

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA
O‘RTA MAXSUS TA‘LIM VAZIRLIGI**

S.A.RASULOV, V.A.GRACHEV

**QUYMAKORLIK QOTISHMALARINI
SUYUQLANTIRISH VA PECHDAN TASHQARI ISHLOV
BERISH**

*O‘zbekiston Respublikasi Oliy va o‘rta maxsus ta‘lim vazirligining
muvofiqlashtiruvchi Kengashi tomonidan
darslik sifatida tavsiya etilgan*

TOSHKENT – 2020

UDK: 621.74
KBK 24.124

RASULOV S.A., GRACHEV V.A.

Quymakorlik qotishmalarini suyuqlantirish va pechdan tashqari ishlov berish.
Darslik. – Toshkent – 2020. –313 b.

KBK 24.124

Darslik oliy o‘quv yurtlari «Quymakorlik texnologiyalari» mutaxassisligi bakalavrlari va magistrleri uchun tavsiya qilinadi. Kitobda «Konstruksion materiallar texnologiyasi» fanidan ham ko‘p ma’lumot keltirilgan. Darslikda quymakorlik qotishmalarini suyuqlantirish jarayonlarning nazariy asoslari, qotishmalarni turli pechlarda suyuqlantirish texnologiyalari, qotishmalarga pechdan tashqari ishlov berib ularni rafinirlash, modifikatsiya qilish, legirlash masalalari ham keng yoritilgan. Darslikda quymakorlik soxasi ishchi va injener xodimlari uchun foydali materiallar berilgan.

Учебник предназначен для бакалавров и магистров специальности «Литейные технологии». В книге много материалов по дисциплине «Технология конструкционных материалов». В учебнике освещаются материалы по теории плавки литейных сплавов, технологии плавки в различных плавильных агрегатах. А также широко освещены вопросы по внепечной обработке литейных сплавов как вопросы рафинирования, модификация и легирования. Книга содержит полезные материалы для рабочих и инженеров литейной специальности.

The textbook is intended for bachelors and masters of the specialty "Foundry technology". The book has a lot of materials on the discipline "Technology of structural materials." The textbook covers materials on the theory of casting alloys, casting technologies in various melting units. The issues of out-of-furnace processing of cast alloys, such as refining, modification and alloying, are also widely covered. The book contains useful materials for workers and engineers in the foundry specialty.

Taqrizchilar: **Dunyashin N.S.** – Payvandlash jihozlari va texnologiyasi kafedra mudiri, t.f.d., professor
Xamroev V. – Quyuv mexanika zavodi bosh metallurgi, Moskva po‘lat va qotishmalar universitetini tamomlagan

Darslik bakalavriyatni 5312800 – Quymakorlik texnologiyalari “Quymakorlik qotishmalarini suyuqlantirish va pechdan tashqari ishlov berish” faniga tayyorlangan, undan tashqari kafedradagi magistraturalar 5A312801 – Quymakorlik ishlab chiqarish texnologiyasi (rangli qotishmalar) rejasidagi 2.04 – Rangli qotishmalarning zamonaviy metallurgik texnologiyalari va 5A310302 – Metallurgiya mashinalari va jixozlari (quymakorlik) magistratura mutaxassisligining 2.01 – Temir va po‘lat metallurgiyasi; 3.01 – Qotishmalarga pechdan tashqari ishlov berish texnologiyasi fanlariga ham to‘g‘ri keladi.

MUNDARIJA

KIRISH.....	10
I BOB QUYMAKORLIK METALLURGIYASINING ASOSIY PRINSIPLARI VA METODLARI.....	11
1.1. Quymakorlik metallurgiyasining umumiy xarakteristikasi	11
1.2. Suyuqlantirishning asosiy prinsiplari va usullari	14
1.3. Shixtani suyuqlantirishning material va issiqlik balansini tuzish hamda hisoblashning asosiy prinsiplari.....	20
1.4. Cho‘yan suyuqlantirishning umumiy xarakteristikasi.....	26
1.5. Po‘lat suyuqlantirishning umumiy xarakteristikasi	30
1.6. Rangli qotishmalarni suyuqlantirishning umumiy xarakteristikasi.....	35
1.7. Quyma qotishmalarga suyuq holatda ishlov berishning asosiy prinsiplari va usullari.....	39
I BOB NAZORAT SAVOLLARI.....	47
II BOB METALLURGIK JARAYONLARNING FIZIK-KIMYOVIY ASOSLARI	48
2.1. Moddalar tuzilishi, xossalari va o‘zaro ta’sirlashishining umumiy xarakteristikasi	48
2.2. Kimyoviy termodinamika asoslari.....	64
2.3. Metallurgik fazalarning tuzilishi	84
2.4. Eritmalar. Komponentlarning eritmalardagi termodinamik funksiyalari....	96
2.5. Fazalar o‘zaro ta’sir jarayonlarining mexanizmi.....	106
2.6. Metallurgik jarayonlar kinetikasi.....	113
II BOB NAZORAT SAVOLLARI.....	118
III BOB QUYMA QOTISHMALARNI SUYUQLANTIRISH.....	119
3.1. Shixta materiallari Metall shixta materiallari	119
3.2. Cho‘yanni suyuqlantirib olish jarayonining fizik-kimyoviy xarakteristikasi	130
3.3. Vagrankalarda cho‘yan suyuqlantirish	156
3.4. Cho‘yanni yoy elektr pechlarida suyuqlantirish.....	173
3.5. Induksion elektr pechlarida cho‘yan suyuqlantirish.....	177
3.6. Cho‘yan suyuqlantirish polijarayonlari	184
3.7. Po‘lat suyuqlantirish jarayonining fizik-kimyoviy xarakteristikasi	189
3.8. Marten pechi va konvertorda po‘lat suyuqlantirish.....	199
3.9. Elektr pechlarda po‘lat suyuqlantirish	206

3.10. Rangli qotishma suyuqlantiriladigan pechlar	215
3.11. Aluminiy qotishmalarini suyuqlantirish	222
3.12. Magniy qotishmalarini suyuqlantirish	230
3.13. Rux qotishmalarini suyuqlantirish.....	235
3.14. Mis qotishmalarini suyuqlantirish	236
3.15. Nikel qotishmalarini suyuqlantirish.....	246
3.16. Titan qotishmalarini suyuqlantirish	249
3.17. Qiyin eriydigan metallar asosida tayyorlanadigan qotishmalarni suyuqlantirish.....	251
III BOB NAZORAT SAVOLLARI	253
IV BOB QUYMAKORLIK QOTISHMALARIGA PECHDAN TASHQARI ISHLOV BERISH.....	255
4.1. Quyma qotishmalarga suyuq holatda ishlov berishning asosiy prinsiplari va usullari.....	255
4.2. Tozalash	261
4.3. Legirlash	275
4.4. Modifikatsiyalash.....	277
IV BOB NAZORAT SAVOLLARI	291
V BOB YUQORI SIFATLI QUYMA QOTISHMALAR OLISH.....	292
5.1. Plastinkasimon grafitli yuqori sifatli cho‘yan olish.....	292
5.2. Sharsimon grafitli yuqori darajada mustahkam (BЧ) cho‘yan olish.....	298
5.3. Bolg‘alanuvchan (KЧ) cho‘yan olish	301
5.4. Legirlangan cho‘yan olish	303
5.5. Quymalar uchun yuqori sifatli po‘lat olish texnologiyasi	306
5.6. Plazma pechlarida po‘lat suyuqlantirish.....	307
5.7. Elektr shlak yordamida po‘latni qayta suyuqlantirish (EShQS)	310
5.8. Yuqori sifatli rangli qotishmalar olish.....	315
V BOB NAZORAT SAVOLLARI	321
VI BOB SUYUQLANTIRISH JARAYONLARINI OPTIMALLASH.....	322
6.1. Suyuqlantirish jarayonlarini hisoblash va optimallashtirish	322
6.2. Aluminiy qotishmalari tayyorlash oqilona texnologiyasini tanlashning asosiy prinsiplari	326
VI BOB NAZORAT SAVOLLARI	329
ADABIYOTLAR	330

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	10
ГЛАВА I. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ И МЕТОДЫ МЕТАЛЛУРГИИ ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА.....	11
1.1. Общая характеристика металлургии литейного производства.....	11
1.2. Основные принципы и методы плавки.....	14
1.3. Основные принципы составления и расчета шихты, материального и теплового баланса плавки	20
1.4. Общая характеристика плавки чугуна.....	26
1.5. Общая характеристика плавки стали.....	30
1.6. Общая характеристика плавки цветных сплавов	35
1.7. Основные принципы и методы обработки литейных сплавов в жидком состоянии	39
ГЛАВА I КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.....	47
ГЛАВА II. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ.....	48
2.1. Общая характеристика строения, свойств и взаимодействия веществ	48
2.2. Основы химической термодинамики	64
2.3. Строение металлургических фаз.....	84
2.4. Растворы. Термодинамические функции компонентов в растворах....	96
2.5. Механизм процессов взаимодействия фаз.....	106
2.6. Кинетика металлургических процессов	113
ГЛАВА II КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.....	118
ГЛАВА III. ПЛАВКА ЛИТЕЙНЫХ СПЛАВОВ	119
3.1. Шихтовые материалы.....	119
3.2. Физико-химическая характеристика процесса плавки чугуна	130
3.3. Плавка чугуна в вагранках.....	156
3.4. Плавка чугуна в дуговых электропечах	173
3.5. Плавка чугуна в индукционных электропечах	177
3.6. Полипроцессы плавки чугуна.....	184
3.7. Физико-химическая характеристика процесса плавки стали.....	189
3.8. Плавка стали в мартеновской печи и конвертере.....	199
3.9. Плавка стали в электропечах.....	206
3.10. Печи для плавки цветных сплавов.....	215

3.11. Плавка алюминиевых сплавов	222
3.12. Плавка магниевых сплавов	230
3.13. Плавка цинковых сплавов.....	235
3.14. Плавка медных сплавов	236
3.15. Плавка никелевых сплавов	246
3.16. Плавка титановых сплавов	249
3.17. Плавка сплавов на основе тугоплавких металлов	251
ГЛАВА III КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ BOB NAZORAT SAVOLLARI	253
ГЛАВА IV. ВНЕПЕЧНАЯ ОБРАБОТКА ЛИТЕЙНЫХ СПЛАВОВ.....	255
4.1. Основные принципы и методы обработки литейных сплавов в жидком состоянии	255
4.2. Рафинирование.....	261
4.3. Легирование	275
4.4. Модифицирование.....	277
ГЛАВА IV КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ	291
ГЛАВА V. ПОЛУЧЕНИЕ ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННЫХ ЛИТЕЙНЫХ СПЛАВОВ.....	292
5.1. Получение высококачественного чугуна с пластинчатым графитом	292
5.2. Получение высокопрочного чугуна с шаровидным графитом	298
5.3. Получение ковкого чугуна.....	301
5.4. Получение легированного чугуна.....	303
5.5. Технология получения высококачественной стали для отливок.....	306
5.6. Плавка стали в плазменных печах	307
5.7. Электрошлаковый переплав стали.....	310
5.8. Получение высококачественных цветных сплавов.....	315
ГЛАВА V КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ	321
ГЛАВА VI. ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ПЛАВКИ.....	322
6.1. Расчет и оптимизация процессов плавки	322
6.2. Основные принципы выбора рациональной технологии приготовления алюминиевых сплавов.....	326
ГЛАВА VI КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ	329
ЛИТЕРАТУРА	330

CONTENT

FOREWORD	10
CHAPTER I. BASIC PRINCIPLES AND METHODS OF METALLURGY OF CASTING	11
1.1. General characteristics of foundry metallurgy	11
1.2. Basic principles and methods of melting.....	14
1.3. The basic principles of the preparation and calculation of the charge, material and heat balance of melting	20
1.4. General characteristics of cast iron melting	26
1.5. General characteristics of steel melting.....	30
1.6. General characteristics of non-ferrous melting	35
1.7. Basic principles and methods of processing cast alloys in a liquid state	39
CHAPTER I CONTROL QUESTIONS.....	47
CHAPTER II. PHYSICAL AND CHEMICAL BASES OF METALLURGICAL PROCESSES	48
2.1. General characteristics of the structure, properties and interactions of substances	48
2.2. Fundamentals of Chemical Thermodynamics	64
2.3. The structure of metallurgical phases.....	84
2.4. Solutions. Thermodynamic functions of components in solutions	96
2.5. The mechanism of phase interaction processes.....	106
2.6. Kinetics of metallurgical processes	113
CHAPTER II CONTROL QUESTIONS	118
CHAPTER III. MELTING OF CAST ALLOYS	119
3.1. Charge materials	119
3.2. Physico-chemical characteristics of the cast iron melting process.....	130
3.3. Melting of cast iron in cupolas	156
3.4. Melting of cast iron in electric arc furnaces	173
3.5. Melting of cast iron in induction furnaces.....	177
3.6. Polyprocesses of melting Cast iron	184
3.7. Physico-chemical characteristics of the steel melting process.....	189
3.8. Steel melting in an open-hearth furnace and convertors	199
3.9. Steel melting in electric furnaces.....	206
3.10. Non-ferrous alloy smelting furnaces	215

3.11. Melting of Aluminum alloys	222
3.12. Melting of Magnesium alloys	230
3.13. Melting of Zinc alloys	235
3.14. Melting of Copper alloys	236
3.15. Melting of Nickel alloys	246
3.16. Melting of Titanium alloys	249
3.17. Melting alloys based on refractory metals.....	251
CHAPTER III CONTROL QUESTIONS	253
CHAPTER IV. EXTERNAL PROCESSING OF CASTING ALLOYS	255
4.1. Basic principles and methods of processing cast alloys in a liquid state ..	255
4.2. Refining	261
4.3. Alloying	275
4.4. Modification.....	277
CHAPTER IV CONTROL QUESTIONS.....	291
CHAPTER V. PRODUCTION OF HIGH-QUALITY CASTING ALLOYS	292
5.1. Getting high quality lamellar cast iron	292
5.2. Getting high-strength nodular cast iron	298
5.3. Getting ductile iron	301
5.4. Getting alloyed cast iron.....	303
5.5. The technology for producing high-quality steel for castings.....	306
5.6. Steel melting in plasma furnaces	307
5.7. Electroslag steel remelting.....	310
5.8. Getting high-quality non-ferrous alloys	315
CHAPTER V CONTROL QUESTIONS	321
CHAPTER VI. OPTIMIZATION OF MELTING PROCESSES	322
6.1. Calculation and optimization of melting processes	322
6.2. The basic principles of choosing a rational technology for the preparation of aluminum alloys	326
CHAPTER VI CONTROL QUESTIONS.....	329
LITERATURE	330

KIRISH

Quymakorlik mashinasozlikning asosiy yarim mahsulot yetkazib beradigan bazasidir va uning rivojlanishi sifatli quyma zagotovkalar olishga bog'liqdir. Quymakorlik qotishmalarining sifatini oshirish turli mashinalar va jixozlarni ekspluatatsion xususiyatlarini ko'taradi. Bugungi kunda mashinalarda quyma detallar massasi bo'yicha 60% dan oshig'ini tashkil qiladi, metal qirqish stanoklarida bu ko'rsatgich 85% dan oshadi, tannarxi bo'yicha 25% ga to'g'ri keladi. Quyma detallari konkurentlik xususiyatlarini ko'tarish turli qotishmalarni ishlatib metallni ishlatish foydali koeffitsientini oshirish aktual masala. Qotishmalarni suyuqlantirish va pechdan tashqari ishlov berish ularni xususiyatlarini shakllantirishga ta'sir qiladi. Qotishmalarni suyuqlantirishda va pechdan tashqari ishlov berishda ko'p nazariy va amaliy ishlar bajarilgan va ular qotishmalarni suyuqlantirish va uni kristallanishiga ta'sir qilib quymalarda kerakli fazaviy va strukturaviy xususiyatlarni amalga oshirib qotishmalarga mo'ljallangan ekspluatatsion xususiyatlar beradi.

Ushbu darslikda suyuqlantirishni asosiy texnologik jarayonlari va pechdan tashqari ishlov berib ularni modifikatsiya qilish va legirlash masalalari yoritilgan, undan tashqari ko'p kerakli lug'atli informatsiya berilgan.

Darslikda vagrankalar, turli electron pechlar qotishmalarni suyuqlantirish usullari keltirilgan.

Taxlil qilinayotgan texnologik jarayonlar asosida fizik- kimyoviy qonunchilik bo'lganini hisobga olinib kitobda qotishmalarni suyuqlantirish haqida asosiy tushunchalar, komponentlarni pechning qoplami, toshkollari va modifikatorlari bilan o'zaro ta'siri ham yoritilgan.

I BOB. QUYMAKORLIK METALLURGIYASINING ASOSIY PRINSIPLARI VA METODLARI

1.1. Quymakorlik metallurgiyasining umumiy xarakteristikasi

Metallurgiya — fan va texnikaning hamda sanoatning ma'dan va boshqa materiallardan metallar olish jarayonlarini, shuningdek, metall qotishmalarning kimyoviy tarkibini, strukturasi, binobarin, xossalarini o'zgartirish bilan bog'liq bo'lgan jarayonlarni qamrab oluvchi sohasidir.

Quymakorlikda suyuq holatdagi quyma qotishmalar tayyorlash va ulami ma'lum tarkibli hamda talab etilgan xossali holatga yetkazish jarayonlari metallurgiyaga kiradi.

Quymakorlik metallurgiyasining asosiy metodlari suyuqlantirish va biror tashqi ta'sir yordamida (bu ta'sirlar xilma-xil bo'lishi mumkin) suyuq quyma qotishmalarga ishlov berishdir.

Quymakorlikda suyuqlantirish atamasi talab etilgan sifatdagi quymalar olishni ta'minlaydigan ma'lum kimyoviy tarkibli, temperaturali va xossali qotishma tayyorlash bilan bog'liq bo'lgan fizik va kimyoviy jarayonlar majmuyini bildiradi.

Jarayonlarning asosini tashkil etuvchi fizik va kimyoviy qonuniyatlar majmuyi suyuqlantirish metodi deyiladi. Suyuqlantirish metodi uni amalga oshirishning asosiy prinsipi bilan belgilanadi. Masalan, vagrankada suyuqlantirish metodi suyuqlantirish agregati sifatida vagrankadan foydalanishga, yoy yordamida suyuqlantirish esa issiqlikni hosil qilish manbayi sifatida yoy razryadidan foydalanishga asoslangan va h.k.

Quyma qotishmalarni suyuqlantirib olishning asosiy xususiyati shundan iboratki, bunda quymaning talab etilgan xossalari unda birdaniga, keyingi metallurgik ishlov berishlarsiz hosil qilinishi zarur. Masalan, metallurgiya zavodlarida suyuqlantirib olinadigan po'k quyma tarzida quyiladi, keyin esa unga bosim bilan ishlov beriladi (uchinchi metallurgik ishlov), quymakorlikda suyuqlantirib olinadigan po'latdan esa talab etilgan sifatdagi quyma detal olishda

foydalaniladi, bu olingan xossalar esa termik ishlov berish yo‘li bilan, biroq metallurgik ishlov bermasdan yaxshilanishi mumkin.

Quyma qotishmalarni suyuqlantirib olish, ba‘zan metallar va qotishmalar olishning metallurgik jarayonidan iborat bo‘lgan birlamchi suyuqlantirishdan farqli ravishda, quymakotiikda ikkilamchi suyuqlantirish deb ataladi. Cho‘yan uchun, masalan, domnada suyuqlantirib olish birlamchi, vagranka yoki elektr pechlarda suyuqlantirib olish esa ikkilamchi suyuqlantirish hisoblanadi.

Ikkilamchi suyuqlantirish uchun dastlabki material sifatida metallurgiyadagi kabi ma‘dandan emas, balki metallar va qotishmalardan foydalaniladi, bular, o‘z navbatida, yo birlamchi suyuqlantirish mahsuloti, yo metall temir-tersagidan iborat ikkilamchi metallar¹ bo‘lishi mumkin. Ba‘zan bu atama «Ikkilamchi rangli metallar» korxonalarida rangli metallar temir-tersagini qayta suyuqlantirish yo‘li bilan olinadigan quyma holdagi rangli metallarni anglatadi.

Suyuqlantirish agregatiga qattiq materiallar solinadi, u yerdan esa suyuq metall yoki qotishma va suyuqlantirishdagi qo‘shimcha mahsulot hisoblangan shlak (tashqol) olinadi (1.1-rasm). Qattiq materiallar aralashmasi shixta deb ataladi. Uning tarkibi tayyor metall yoki qotishmaning talab etilgan xossalariga ko‘ra belgilanadi. Shixtaning asosini metall materiallar tashkil etadi. Qotishma hosil bo‘lishi uchun ma‘lum sharoitlar yaratish maqsadida suyuqlantirish agregatiga fluslar ham solinadi. Ular shlak hosil qilish yoki uning tarkibini rostlash uchun metallurgiya jarayonlarida ishlatiladigan materiallardir.

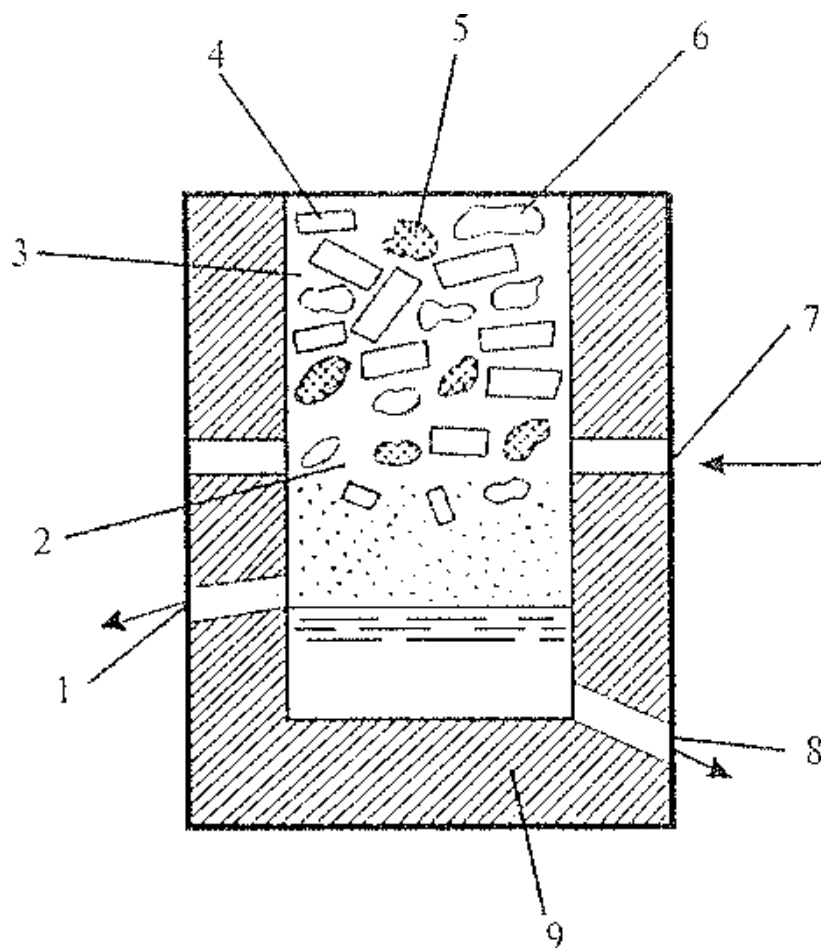
Ko‘pincha quyma qotishmalarni suyuqlantirib olishda alohida faza sifatida ugleroddan foydalaniladi. U vagrankada yoqilg‘i sifatida ishlatiladi, elektr pechlarida karburizator (uglerodlovchi) bolib xizmat qiladi, suyuqlantirish agregatlarining ba‘zi turlarida esa o‘tga chidamli ichki devor qatlami rolini bajaradi. Suyuqlantirishning barcha jarayonlarida gaz fazasi ishtirok etadi, bu fazani gazlar, yoqilg‘ining yonish mahsulotlari, boshqa fazalarning o‘zaro ta’sirlashadigan elementlari, shuningdek, agar suyuqlantirish pechi germetiklangan bo‘lsa, atrof

¹ Quymalar tayyorlashda sof metallardan kamdan kam foydalaniladi, shu boisdan «metall» atamasi ko‘pincha quyma qotishmani bildiradi (suyuq metall, ikkilamchi metallar va h.k.).

atmosfera hosil qiladi. Ba'zi hollarda suyuqlantirish vakuumda olib boriladi.

Suyuqlantirish pechlarining suyuqlantirish jarayoni o'tadigan ichki bo'shlig'i 1800 °C gacha temperaturaga chidaydigan o'tga chidamli ichki qatlam (futerovka) bilan chegaralangan bo'ladi. Bu qatlam qisman suyuqlanishi va boshqa fazalar bilan o'zaro kimyoviy ta'sirlashishi mumkin.

Suyuqlantirish natijasida suyuq qotishma olinadi, undan qoliplarga quyishda foydalanish mumkin. Biroq ko'pchilik quymalarda qotishmaning sifatini talab etilgan darajagacha yetkazish uchun unga suyuq holida ishlov beriladi. Ishlov berish bevosita pechda yoki undan tashqarida olib boriladi (pechdan tashqarida ishlov berish). Ishlov berish jarayonida qotishma zararli qo'shilmalardan tozalanadi, modifikatsiyalanadi va legirlanadi.



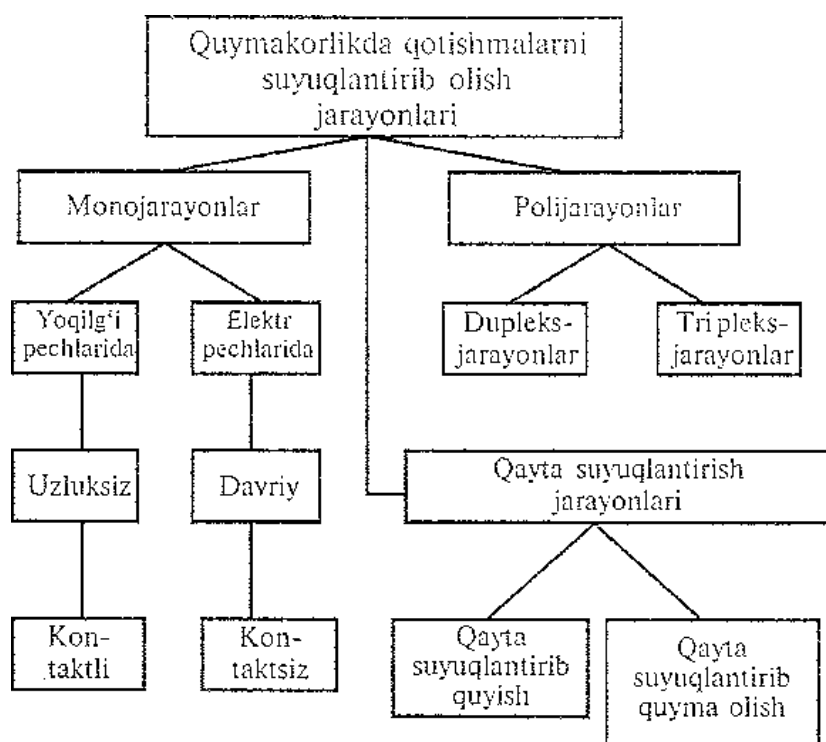
1.1- rasm. Metallarni suyuqlantirish pechining umumiy tuzilishi:

1 — suyuq shlak; 2 — metallni suyuqlantiradigan joy; 3 — chiqib ketadigan gaz; 4 - qattiq metall; 5 - qattiq uglerod; 6 - qattiq flyuslar; 7 - beriladigan gaz;

8 - suyuq metall; 9 – futerovka.

1.2. Suyuqlantirishning asosiy prinsiplari va usullari

Suyuqlantirish jarayonlarining klassifikatsiyasi va ularni amalga oshirish usullari. Barcha mavjud jarayonlar bosqichlari soniga ko'ra monojarayonlar va polijarayonlarga bo'linadi (1.2- rasm). Quymakorlikda monojarayonlar eng keng tarqalgan. Monojarayonda hamma operatsiyalar bitta suyuqlantirish agregatida, polijarayonda esa suyuqlantirish ketma-ket ikkita yoki bir nechta suyuqlantirish agregatida bajariladi. Qayta suyuqlantirish jarayonlari alohida guruhni tashkil etadi, bularda dastlabki quyma (odatdagidek shixta emas) qayta suyuqlantirishdagi ma'lum sharoitlar tufayli ancha yuqori sifatli quymaga aylanadi. Bunda quyma yo bevosita suyuqlantirish jarayonida shakllanadi (uzluksiz jarayon), yo maxsus sharoitlarda, masalan, vakuumda qoliplarga quyish natijasida shakllanadi.



1.2- rasm. Quymakorlikda qotishmalarni suyuqlantirib olish jarayonlarining klassifikatsiyasi.

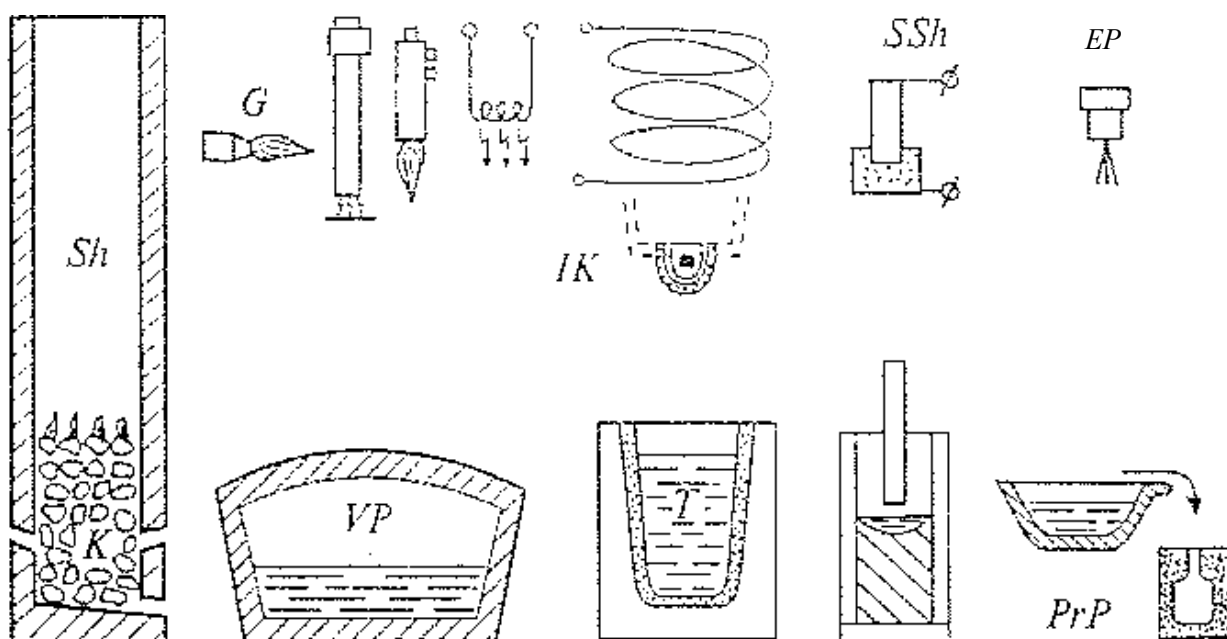
Polijarayonlar dupleks-jarayonlarga va tripleks-jarayonlarga bo'linadi. Dupleks-jarayonda ikki pechdan foydalaniladi: bittasi suyuqlantirish va qisman qizdirish uchun, ikkinchisi uzil-kesil yetiltirish va quyishga uzatish uchun

ishlatiladi. Tripleks-jarayonda aytib o‘tilgan ikki pechdan tashqari, maxsus quyish qurilmasidan iborat bodgan uchinchi pechdan ham foydalaniladi.

Quymakorlikda qotishmalarni suyuqlantirib olish usulining fizik mohiyati dastlabki kristall materiallarni suyuq holatga o‘tkazishdan iboratdir. Bu o‘tkazish issiqlik yutilishi bilan kechadi.

Yoqilg‘i bilan ishlaydigan va elektr pechlarda suyuqlantirib olish jarayonlari ushbu jarayonning o‘tishi uchun zarur bodgan issiqlikni hosil qilish prinsipi bo‘yicha bir-biridan farq qilinadi.

Suyuqlantirish jarayoni uzluksiz va davriy bo‘lishi mumkin. Uzluksiz jarayonda yuklash va chiqarish operatsiyalari ayni bir vaqtda o‘tadi, davriy jarayonda esa bu ikki operatsiyani ayni bir vaqtda olib borib bo‘lmaydi. Issiqlik hosil qilish manbayi suyuqlantirishda reaksiyaga kirishuvchi fazalar bilan kontaktda bo‘lishi yoki ulardan ajratib qo‘yilgan bo‘lishi mumkin, shu boisdan suyuq lantirishning kontakli va kontaktsiz jarayonlari bir-biridan farq qiladi (1.2-rasmga q.). Bitta suyuqlantirish agregatida ikkita issiqlik hosil qilish manbayidan foydalanish mumkin. Bu holda suyuqlantirish jarayonlari kombinatsiyalashgan (aralash) bo‘ladi.



1.3- rasm. Quymakorlik pechlarining ishchi jarayoni asosiy turlarining texnologik sxemalari.

Suyuqlantirish jarayonini amalga oshirish uchun ikkita asosiy element zarur: ishchi bo‘shliq va issiqlik energiyasi hosil qiluvchi manba. Uzluksiz jarayonlarda shaxta shaklidagi ishchi bo‘shliqdan (1.3- a rasm), davriy kontaktli usullarda vanna tarzidagi (1.3- b rasm), kontaktsiz usullarda tigel tarzidagi (1.3-d rasm) ishchi bo‘shliqlardan foydalaniladi.

Issiqlik energiyasi hosil qilish manbalariga quyidagilar kiradi (1.3- rasmga q.): K — qattiq yoqilg‘i (odatda, koks) va G — gaz yoki suyuq yonilg‘i, D — elektr yoy razryadi, P — plazma-yoy razryadi, S — spiralning (nixrom sim va boshqalarning) qarshiligi, I — tigel atrofidagi induktor, IK — kanal tipidagi induktor, SSh — shlak qatlamining qarshiligi, EP — elektron pushka.

Ishchi bo‘shliqlarni va issiqlik hosil qilish qurilmalarini birlashtirish (U)² variantlari quyidagi asosiy suyuqlantirish agregatlarini hosil qilishga imkon beradi.

1. Yoqilg‘idan foydalaniladigan: SH U K=V — vagranka, SH U G = = GV — gazda ishlaydigan vagranka, VP U G = PI — alangali pechlar, bular quyidagilarga bo‘linadi: statsionar PIS, burilma PIP va aylanma PIV hamda T U G = TP — tigelli suyuqlantirish pechlari.

2. Elektrda ishlaydigan; VP U D = DP — yoy pechlari, bular quyidagilarga bo‘linadi: nomustaqil yoyli pechlar DZ (bunda yoy elektrod bilan metall orasida yonadi); mustaqil yoyli pechlar DN (bunda yoy ikkita elektrod orasida yonadi); VP U P = PP — plazma pechlari; VP U S = PSV — vannali qarshilik pechlari; T U I = ITP — tigelli induksion pechlar; T U IK = IKP — kanalli induksion pechlar; T U S = PST — tigelli qarshilik elektr pechlari.

Issiqlik hosil qiluvchi ikkita manbani bitta shakldagi ishchi bo‘shliq yoki ikki shakldagi ishchi bo‘shliq bilan birlashtirilganda kombinatsiyalashgan suyuqlantirish pechlari hosil bo‘ladi. Masalan, T U I U P = IPP — induksion-plazmali pech; SH U V U G = SHP - shaxta-alangali pech va h.k.

Metallni ikkita suyuqlantirish agregatidan foydalanib suyuqlantirish dupleks-jarayon deb ataladi (1.4- rasm). Dupleks-jarayonning turlaridan biri

² «U» alomati bilan bu yerda va keyin pechning ishchi bo‘shlig‘ini va issiqlik hosil qilish manbayini birlashtirish belgilanadi.

vagrakadan konvertorga cho‘yan quyib (1.4-rasmdagi K), undan po‘lat olishdir. Konvertorga quyilgan cho‘yan orqali havo yoki kislorod haydaladi, natijada po‘lat olinadi. Konvertor — yoqilg‘i foy- dalanilmaydigan yagona agregatdir.

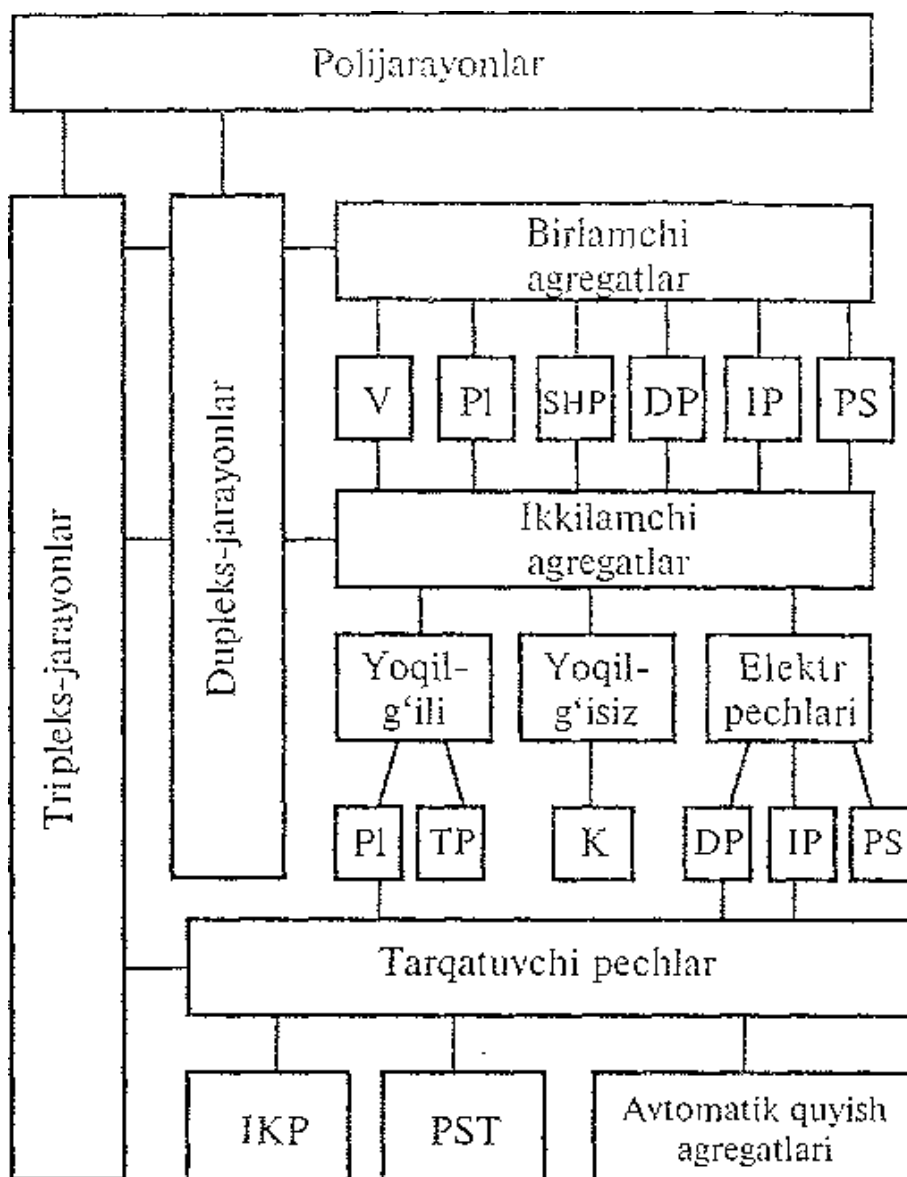
Issiqlik hosil qilish manbalari ishchi bo‘shliqning qayta suyuqlantirish qoliplari bilan birlashtirilganda (PrP, 1.3- e, f rasm) qayta suyuqlantirish jarayonlari sodir bo‘ladi, masalan, $PrP \cup SSH = ESHP$ — elektr-shlak vositasida qayta suyuqlantirish va h.k. Quymakorlikda ESHP pechi yordamida tayyor quyma olish mumkin (suv bilan sovutiladigan kristallizator). Qayta suyuqlantirishning boshqa turlari vakuum (V) bo‘lishini taqozo etadi: $PrP \cup D \cup V = VDP$ — vakuum- yoy yordamida qayta suyuqlantirish; $PrP \cup EP \cup V = ELP$ — elektr- nur yordamida qayta suyuqlantirish. Qayta suyuqlantirish jarayonlariga, shuningdek, vakuumda induksion suyuqlantirishni ham kiritish mumkin ($IP \cup V = IVP$).

Jarayonlarning keltirib o‘tilgan klassifikatsiyasiga muvofiq, qotishmalarning har qaysi guruhi uchun suyuqlantirishning turli usullari mavjud. Masalan, cho‘yanni suyuqlantirib olish uchun vagrankada suyuqlantirish, induksion va yoy yordamida elektr suyuqlantirish, dupleks-jarayonlarda suyuqlantirish, issiqlik hosil qilishning kombinatsiyalashgan manbalaridan foydalanib (masalan, induksion-plazma yordamida) suyuqlantirish qo‘llaniladi.

Suyuqlantirish jarayonining parametrlari. Suyuqlantirish jarayonining intensiv parametrlariga temperatura va bosim kiradi. Ular qotishma turiga va suyuqlantirish agregatining xiliga bog‘liq bo‘ladi. Aynan bir xil qotishma suyuqlantirib olish uchun parametrlari turlicha bo‘lgan turli suyuqlantirish agregatlaridan foydalanish mumkin. Ko‘pgina hollarda suyuqlantirishdagi gaz fazasining bosimi atmosfera bosimiga teng yoki undan ortiq bo‘ladi. Gaz fazasi, suyuq qotishma va shlakning temperaturasi suyuqlantirish jarayonida katta rol o‘ynaydi va u suyuq qotishmaning talab etilgan temperaturasiga ko‘ra belgilanadi, chunonchi u cho‘yan uchun 1400—1450 °C ga, po‘lat uchun 1500—1650 °C ga, mis qotishmalari uchun 1000— 1250 °C ga, aluminiy qotishmalari uchun 700—750°C ga, magniy qotishmalari uchun 650—700 °C ga, rux qotishmalari uchun 420— 480 °C ga, nikel qotishmalari uchun 1400—1650 °C ga va titan

qotishmalari uchun 1650—1800 °C ga teng. Gaz fazasi va shlakning temperaturasi pech tipiga bogʻliq. Yoqilgʻidan foydalaniladigan pechlarda u qotishmaning temperaturasidan yuqoriroq, elektr pechlarida yuqori ham, past ham boʻlishi mumkin, xususan, yoy pechlarida shlakning temperaturasi induksion pechlardagi shlakning temperaturasidan ancha yuqori boʻladi.

Suyuqlantirish jarayonlarining texnologik parametrlariga solishtirma joriy quvvat va solishtirma ish unumdorligi kiradi.



1.4 - rasm. Quymakorlik qotishmalarini suyuqlantirish polijarayonlarining klassifikatsiyasi.

1.3. Shixtani suyuqlantirishning material va issiqlik balansini tuzish hamda hisoblashning asosiy prinsiplari

Mashinasozlikda quyma qotishmalarni suyuqlantirishda shixta birlamchi va ikkilamchi metallardan, maxsus tayyorlangan ligaturalar, flyuslar hamda yoqilg'idan (agar yoqilg'i qattiq bo'lsa) tashkil topadi. Shixtaning tashkil etuvchi materiallari shixta komponentlari deb ataladi. Vazifasiga ko'ra ular metall-shixtaga, flyuslar va yoqilg'iga bo'linsa, maqsadga muvofiq bo'ladi, Shunday qilib, shixta materiallarining ko'pchiligi uchta to'plamdan iborat bo'ladi:

$$M_{sh} = [M_{sh}^m, M_{sh}^{yo}, M_{sh}^f],$$

bu yerda: M_{sh}^m — metall shixta materiallari to'plami, M_{sh}^{yo} — ishlatiladigan yoqilg'i turlari to'plami, M_{sh}^f — flyuslar to'plami.

Metall shixta materiallari to'plami:

$$M_{sh}^m = [M_1, M_2, M_3, \dots, M_j],$$

bu yerda: M_1, M_2 va h.k. — shixtani tashkil etuvchi materiallar.

$M = \{E_1, E_2, \dots, E_i\}$; $M_j = \{E_1, E_2, \dots, E_\rho\}$ — shixta komponentlaridan har birini xarakterlaydi; E_1, \dots, E_i, E_ρ — shixta komponentlarida mavjud ma'lum elementlar simvoli.

Shixta materiallarini tanlash — tanlab olinayotgan to'plamda kimyoviy tarkibi talab etiladigan elementlarning mavjudligi prinsipi bo'yicha amalga oshiriladi, Masalan, agar M_{sh}^{ch} — cho'yanni suyuqlantirish uchun zarur bo'lgan shixta materiallari to'plami bo'lsa, u holda

$$M_{sh}^{ch} \ni M_j = \{E_i | i \in Fe\} \text{ va } M_{sh}^{ch} \ni M_j = \{E_i | i \notin Fe\} = \emptyset$$

bo'ladi. Shixta tarkibiga asosiy komponentlar sifatida shixtani tashkil etuvchi to'plamlar kesishmasida yotuvchi elementlar kiritiladi:

$$M_a = M_1 \cap M_2, E_i \in M_1 \leftrightarrow E_i \in M_2$$

Masalan, cho‘yan va poflat uchun $M_a^{ch} = \{Fe, C, Si, Mn, S, P\}$, jez uchun $M_a^j = \{Cu, Zn\}$ va h.k.

Bir xil elementlar mavjud bo‘lgan shixtada $M_1 = M_2$ bo‘ladi, lekin shixta elementlar miqdori bilan farqlanishi mumkin.

Shixtani tashkil etuvchi $M_{sh} = \{E_1, E_2, \dots, E_\rho\}$ elementlar to‘plami shixta komponentlari to‘plamlarining birlashmasidir:

$$M_{sh} = \bigcup_{j=1}^n M_j$$

Agar suyuqlantirish vaqtida elementlar shixtadan qotishmaga kirmasa (masalan, birorta elementning bug‘lanishi natijasida), u holda qotishma tarkibi shixta materiallari to‘plamining birlashmasidan iborat bo‘ladi:

$$M_q = \bigcup_{j=1}^n M_j = M_{sh}$$

Shixta tarkibini hisoblash

Shixta tarkibi suyuqlantirib olinadigan qotishmaning talab etiladigan kimyoviy tarkibi va mavjud shixta materiallariga asoslanib hisoblanadi.

Umumiy holda shixta komponentlarning n turlari, shu jumladan, shixta materiallarining n_i turlari mavjud. Shixta materiallari har qaysisining tarkibida i -elementning ma‘lum konsentratsiyasi K_i , ya‘ni i -elementning konsentratsiyalari to‘plami bo‘ladi:

$$M_{K_i} = \{K_{i(1)}, \dots, K_{i(n_i)}\}$$

Bunday to‘plam soni hisob elementlari soni ρ ga teng. Shixtani hisoblashdan maqsad — uning komponentlaridan har birining massa ulushini aniqlashdir, ya‘ni X_1, X_2, \dots, X_n .

Suyuqlantirish jarayonida element konsentratsiyasining o‘zgarishi tufayli (kuyindi yoki qirmoch hosil bo‘ladi) shixta tarkibini hisoblashning birinchi bosqichi, suyuq qotishmaning talab etilgan tarkibiga asoslanib, shixtaning o‘rtacha

kimyoviy tarkibini aniqlashdan iborat. Agar kuyindi tajriba ma'lumotlariga ko'ra o'rtacha statik qiymat kabi qabul qilinadigan bo'lsa, u holda hisoblash quyidagi formulaga binoan bajariladi:

$$K_{I(SH)} = K_{I(S)} \frac{100}{100 \pm U_i}$$

bu yerda: $K_{I(SH)}$ — shixtadagi i - elementning o'rtacha miqdori, massasiga ko'ra % hisobida; $K_{I(S)}$ — suyuq qotishmadagi i - elementning zarur bo'lgan miqdori, %; U_i — kuyindi (-), qirmoch (+) ning suyuqlantirish vaqtida i - elementning dastlabki miqdoridan % hisobida.

So'ngra shixtaning o'rtacha tarkibi bo'yicha uning X_1, \dots, X_n lardan tashkil topgan komponentlarining massa ulushi hisoblab topiladi. Bu hisobni uch xil usul bilan bajarish mumkin: grafik, analitik va tanlash usullari. Uch usulning barchasi chiziqli tenglamalar sistemasini yechishga keltiriladi:

$$\left. \begin{aligned} X_1 K_{1(1)} + X_2 K_{1(2)} + \dots + X_n K_{1(n)} &= K_{1(sh)}, \\ X_1 K_{\rho(1)} + X_2 K_{\rho(2)} + \dots + X_n K_{\rho(n)} &= K_{\rho(sh)}, \\ X_1 + X_2 + \dots + X_n &= 1 \end{aligned} \right\} \quad (1.2)$$

(1.2) tenglamalar sistemasini EHM yordamida osongina yechish mumkin. Bunda shixta tarkibini hisoblashni chiziqli dasturlash usulidan foydalanib optimallashtirish bilan birgalikda bajarish mumkin. Buning uchun (1.2) sistema qator cheklanishlar bilan to'ldiriladi, sistema tenglamalaridan har qaysisi esa mazkur elementning shixtadagi yuqorigi $K_{i(sh)}^{yu}$ va pastki $K_{i(sh)}^p$ miqdori chegaralarini ifodalovchi ikkita tengsizlik ko'rinishida tasavvur etiladi:

$$\left. \begin{aligned} X_1 K_{1(1)} + X_2 K_{1(2)} + \dots + X_p K_{1(p)} &\leq K_{(1)sh}^{yu}, \\ X_1 K_{1(1)} + X_2 K_{1(2)} + \dots + X_p K_{1(p)} &\geq K_{(1)sh}^p \end{aligned} \right\} \quad (1.3)$$

Optimallashtirish mezonini qilib, odatda, shixta narxi tanlanadi. Undan optimallashtirish masalasi funksional minimumini topishdan iborat bo'ladi:

$$Z_{min} = \sum_i^n X_j C_j, \quad (1.4)$$

bu yerda: C_j — shixta j - komponentining narxi; X_j — shixtadagi j - komponentning miqdori.

Shixta tarkibini hisoblashda amalda, ko‘pincha, tanlash usulidan foydalaniladi. Bunda komponentlarning massa ulushi, odatda, foizlarda ifodalanadi, masalani yechish esa jadval ko‘rinishida (1.1-jadvalga q.) bajariladi.

1.1-jadval

Shixta tarkibini tanlash usull bilan hisoblash

Shixtani hisoblashdagi ko‘rsatkichlar	Shixta komponentlari, massa bo‘yicha, %	Element i (i = 1, 2, ... , ρ)	
		Shixtaning komponentdagi miqdori	Shixta bilan kiritiladi
Komponent j (j = 1, 2, ... , n)	X_j	$K_{j(n)}$	$a_i = \frac{K_j(n)X_n}{100}$
Jami shixtada	100	-	$\sum_i^n a_i = K_{i(sh)} \pm U_i$
Kuyishi (qirmoch), %	-	-	
Jami suyuq qotishmada	-	-	$K_{i(s)} = K_{i(sh)} \cdot \frac{100 \pm U_i}{100}$

* — quyma qotishmalar, qaytma, temir-tersak va boshq.

Agar shixta turli komponentlarining elementlari kuyindi foizi bir-biridan jiddiy ravishda tafovutlansa, shixtani hisoblash o‘rtacha kuyindilar foizi bo‘yicha emas, balki komponentlardan har biri uchun ularning muayyan qiymatlari bo‘yicha bajariladi. Bunda shixtadagi elementning keltirilgan miqdori aniqlanadi:

$$K_{i(j)}^{kel} = K_{i(j)} \frac{100-U_i}{100} \quad (1.5)$$

Aniqlangan qiymatdan (1.2) va (1.3) sistemalarda $K_{i(j)}$ o‘rnida foydalaniladi. Chiziqli dasturlash masalasini simpleks usuli vositasida yechish dasturi muayyan masalani yechishga tadbiquan tuziladi.

Shixta tarkibini komponentlardan har qaysisi o‘z tarkibiga egaligini hisobga olib, qotishma tarkibiga keltirish — suyuqlantirish funksiyasi hisoblanadi. Turli suyuqlantirish sharoitlarida u yoki bu elementlar bitta faza va komponentdan

boshqasiga o'tadi. Bunda massaning saqlanish qonuniga rioya qilinadi va bu qonun asosida material hamda issiqlik balanslari hisoblanadi.

Material va issiqlik balanslarini hisoblash prinsiplari

Material balansini hisoblash uchun suyuqlantiruvchi pechga soli- nadigan metall materiallarining massasi va kimyoviy tarkibini bilish zarur: shixta bilan birga tushgan qum va oksidlar; flyuslar; qattiq yoqilg'i; suyuqlantirishga qadar va undan keyingi futerovkalar; pechga kirgan gazlar; pechdan chiqib ketgan gazlar; suyuq qotishma va suyuq shlak.

Barcha tashkil etuvchilarning kimyoviy tarkibi, odatda, ma'lum bo'ladi, lekin ularning massasini (kirim va chiqim moddalari bo'yicha) esa har doim aniqlab bo'lmaydi. Masalan, shixta bilan tushadigan qum va oksid massasi, suyuq shlak miqdori, erigan futerovka massasi va hokazolarni aniqlash qiyin bodadi. Bunday vaziyatlarda hisoblashning bilvosita usullaridan foydalaniladi. Masalan, elektr pechda suyuqlantirganda shlak massasini aniqlab bo'lmaydi, lekin uning kimyoviy tarkibi ma'lum. Bunday holda metallardan shlakka o'tadigan element bo'yicha xususiy balans bajarish maqsadga muvofiq bo'ladi.

Shixtadagi i - elementning massasi quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$M_{i(sh)} = K_{i(sh)} \frac{M_{sh}}{100} \quad (1.6)$$

bu yerda M_{sh} — shixtaning umumiy massasi.

Shu elementning suyuq qotishmadagi massasi quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$M_{i(s)} = K_{i(s)} \frac{M_s}{100} \quad (1.7)$$

Shlakka o'tgan i - element miqdori quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$\Delta M_{i(s)} = M_{i(sh)} - M_{i(s)}$$

Shlakdagi oksidlar massasi quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$M_{i(MeO)} = \frac{\Delta M_i M_{MeO}}{A_{Me}}$$

bu yerda: M_{MeO} — MeO oksidning molekular massasi; A_{Me} — metal (Me)ning atom massasi.

Boshqa tomondan olganda, $M_{i(MeO)} = K_{i(MeO)} \frac{M_{sh}}{100}$, bu yerda $K_{i(MeO)}$ — shlakdagi MeO miqdori.

Bundan shlak massasini aniqlash mumkin:

$$M_{sh} = \frac{M_{i(MeO)} \cdot 100}{K_{i(MeO)}} = \frac{\Delta M_i M_{MeO} \cdot 100}{K_{i(MeO)} \cdot A_{Me}} \quad (1.8)$$

Xususiy balanslar usulidan tashqari nisbatlar usulidan foydalanish mumkin. Bu usuldan L.M.Marfyenbax qaytmaga va futerovkaning erigan sirtiga yopishib qolgan qum bilan kiritiladigan oksidlar massasini ajratish uchun foydalangan. Bu materiallarda $Al_2O_3 : SiO_2$, nisbatning turlicha bo‘lishi asosida ikkita noma’lumli ikkita tenglama tuzish va ularni yechish qiyin emas.

Issiqlik balansi material balansi asosida hisoblanadi. Material balansi temperaturalarining eksperimental o‘lchanishini hisobga olib, komponentlar massasi haqidagi ma’lumotlar olinadi. Biror komponent bilan birga kiritiladigan yoki olib ketiladigan issiqlik miqdori quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$Q_i = C_i t_i M_i \quad (1.9)$$

bu yerda: C_i, t_i, M_i — i- komponentning issiqlik sig‘imi, temperaturasi va massasi.

Shixtani qizdirish va eritishga, metallning o‘ta qizdirilishiga, shlak hosil bo‘lishiga, oksidlanish-qaytarilish jarayonlari va hokazolarga qancha issiqlik sarflanganligini (kJ/soat yoki kW va % hisobida) ko‘rsatuvchi jadval yoki diagramma issiqlik balansi natijasi hisoblanadi. Bu ma’lumotlarni tahlil qilib, u yoki bu suyuqlantirish jarayoni haqida fikr yuritish mumkin.

Suyultiruvchi agregatlarning barcha turlarida material va issiqlik balansining quyidagi tenglamalariga rioya qilinadi:

$$M'_m + M_u + M'_g + M_f + M'_{ft} = M''_m + M_{sh} + M''_g + M''_{ft} \quad (1.10)$$

bu yerda: M'_m va M''_m — metall shixta va olingan suyuq metall massasi; M_u — solinadigan uglerod (koks, karbyurizator) massasi; M'_g va M''_g — kiritiladigan va chiqib ketayotgan gazlar massasi; M_f — solinadigan flyuslar massasi; M'_{ft} va M''_{ft} — futerovkaning suyuqlantirishga qadar va suyuqlantirishdan keyingi massasi; M_{sh} — hosil bo'lgan shlak massasi.

$$Q'_m + Q_u + Q'_g + Q_f + Q_{man} = Q''_m + Q_{sh} + Q''_g + Q_{yo'q} + Q''_{ft} + Q_{o'z} \quad (1.11)$$

bu yerda Q'_m , Q_u , Q'_g , Q_f , Q''_m , Q_{sh} , Q''_g , Q''_{ft} - tegishli massa oqimlarining entalpiyasi; Q_{man} — manbadan keladigan issiqlik; $Q_{yo'q}$ — atrofdagi muhitda yo'qoladigan issiqlik; $Q_{o'z}$ — suyuqlantirishda turli fazalar va komponentlarning o'zaro ta'siri natijasida ajraladigan yoki yutiladigan issiqlik.

Issiqlik balansini hisoblash natijalariga ko'ra, suyuqlantirish jarayoni tejamliligining eng muhim ko'rsatkichi, ya'ni FIK aniqlanadi:

$$\eta = \frac{Q''_m - Q'_m}{Q_{man}} \cdot 100\%$$

1.4. Cho'yan suyuqlantirishning umumiy xarakteristikasi

Vagrankalarda istalgan suyuqlantirish jarayoniga xos bo'lgan operatsiya tegishli zonalarda amalga oshiriladi (1.5- rasm). Qizdirish zonasida qizigan gazlar metallni qizdiradi. Bunda metall gaz fazasi bilan o'zaro ta'sirlashadi, buning natijasida metall oksidlanadi; koks qizib uchuvchan moddalarini yo'qotadi va h.k. Suyuqlantirish operatsiyasi metallni qattiq holatdan suyuq holatga o'tishi va bu zonada murakkab o'zaro ta'sir ko'rsatishi bilan xarakterlanadi. O'ta qizish zonasida suyuq metall va hosil bo'ladigan suyuq shlak bir-biri bilan, shuningdek, gaz fazasi koks hamda pech futerovkasi bilan reaksiyaga kirishadi. Va nihoyat, to'planish zonasida suyuq metall shlak va koks bilan reaksiyaga kirishadi.

	Zonalar	Fazalarning o'zaro ta'siri
	Qizdirish	
	Suyuqlanish	
	O'ta qizdirish	
	To'plash	

a)

	Davrlar	Fazalarning o'zaro ta'siri
	Qizdirish va suyuqlanish	
	O'ta qizdirish va me'yoriga yetkazish	

b)

1.5- rasm. Suyuqlantirish zonalar (a) va davrlari (b) bo'yicha fazalar o'zaro ta'siri sxemasi:

1 — qattiq metall; 2 — koks yoki karbyurizator; 3 — flyuslar; 4 — beriladigan gaz; 5 — pech futerovkasi; 6 — suyuq metall; 7 — suyuq shlak; 8 — pechning gaz fazasi.

Cho‘yan elektr pechlarda suyuqlantirilganda jarayon ikkita asosiy davrga bo‘linadi: qizdirish — suyuqlantirish va o‘ta qizdirish — me‘yoriga yetkazish. 1.5-b rasmda induksion pechda suyuqlantirish operatsiyasini amalga oshirish sxemasi ko‘rsatilgan. Pechni yuklash operatsiyasidan keyin bir yo‘la amalga oshiriladigan qizdirish va eritish operatsiyalari sodir bo‘ladi. Shixta, odatda, oldingi suyuqlantirish jarayonidan qolgan suyuq metall qoldig‘iga solinadi, shuning uchun ham qizish va suyuqlantirish suyuq metallning qattiq metall bilan o‘zaro ta’siriga bog‘liq. Bunda ishtirok etgan gaz fazasi metallni oksidlaydi. O‘ta qizdirish davrida barcha metall suyuq holatda bo‘ladi hamda pechning shlaki va futerovkasi bilan o‘zaro ta’sirlashadi. Jarayon oxirida suyuq qotishma hosil bo‘ladi.

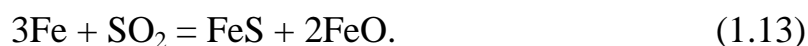
Suyuqlantirish jarayonida fazalarning bir-biriga ta’sir etishi natijasida cho‘yanning kimyoviy tarkibi shakllanadi. Kimyoviy tarkibning shakllanishiga fazalar o‘zaro ta’sirining quyidagi turlari ta’sir ko‘rsatadi: qattiq metallning gaz fazasi bilan oksidlanishi (I Ox bilan belgilaymiz); suyuq metallning gaz fazasi bilan oksidlanishi (II Ox); metallning shlak bilan oksidlanishi (III Ox); elementlarni koks yoki karbyurizator uglerodi vositasida qaytarish (I Red); uglerodni eritish (I R), cho‘yanning bitta elementini boshqasi bilan qaytarish (II Red). Massa uzatish koeffitsiyenti tegishli $k_i^{v I Ox}$ va $k_i^{v II Ox}$ va hokazolar bilan xarakterlanishi mumkin.

Natijada, har qaysi zona yoki davr uchun qotishma kimyoviy tarkibining o‘zgarishini xarakterlovchi massa uzatish koeffitsiyentini topish mumkin. Uning qiymatiga suyuqlantirishdagi termodinamik sharoitlar (atmosfera, shlak tarkibi va suyuqlantirishning konkret usulini amalga oshirish bilan bog‘liq bo‘lgan jarayonlarning sodir bo‘lish mexanizmi) ta’sir etadi.

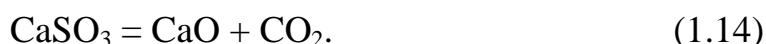
Birinchi zonada (birinchi davrda, 1.5- b rasimga q.) qattiq shixta materiallari gaz fazasi bilan reaksiyaga kirishadi. Bunda atmosfera temirga ta’sir etib, uni oksidlaydi:



Shixta metall bo‘lakchalarining sirtida cho‘yanning boshqa elementlari ham oksidlanishi mumkin. Bundan tashqari, metall gazdagi oltingugurt bilan to‘yinishi mumkin:



Bu zonada ohaktosh quyidagi reaksiya bo‘yicha parchalanadi:



Bunda yoqilg‘i namligini va uchuvchan moddalarini yo‘qotadi.

Ikkinchi zonada (suyuqlanish zonasi) shixtaning metall komponentlari suyuqlanadi va oksidlanish, oltingugurtga to‘yinish hamda uglerodsizlanish jarayonlari birinchi zonaga qaraganda ancha jadal sodir boiadi. Bunda temir (II) oksidi FeO elementlarining ikkilamchi oksidlanish reaksiyasi sodir bo‘ladi, Temir (II) oksidi erigan metall bilan birgalikda oqib quyidagi tipdagi reaksiyalar bo‘yicha Si, Mn va C bilan reaksiyaga kirishadi:



Uchinchi zonada (o‘ta qizdirish zonasi) suyuq metall koks bolakchalari bo‘ylab tomchilar va oqimlar ko‘rinishida oqib tushadi hamda o‘ta qiziydi. Natijada, uglerodlanish, shuningdek C va S larning erib, koksdan ajralish hamda elementlarning quyidagi tipdagi reaksiya bo‘yicha qaytarilish jarayonlari boshlanadi:



Bu zonada shlak hosil bo‘la boshlaydi.

Ozod kislorod tufayli furmalar zonasida $\text{Me} + \frac{1}{2}\text{O}_2 = \text{MeO}$ tipdagi reaksiya bo‘yicha elementlar jadal oksidlanishi mumkin. Birinchi navbatda temir

oksidlanadi. Bunda temir (II) oksidi Mn, Si, C larni oksidlaydi (1.15 reaksiya). Metall tomchilari koks bilan kontaktlashganda (1,15 a) tipdagi reaksiyalar bo'yicha elementlar intensiv uglerodlanadi va qaytariladi. Keyin shlak hosil bo'lishi tugaydi.

To'rtinchi zonada (to'plash zonasi) metall va shlak biroz soviydi. Metall gornda to'planadi va koks bilan kontaktlashib koksdagi uglerod hamda oltingugurt ni eritadi. Vagrankalardan (ularda metall gornda to'planadi) olingan cho'yan tarkibida C va S miqdori ko'proq bo'ladi.

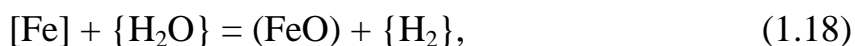
Barcha fizik-kimyoviy jarayonlar natijasida Si va Mn ularning shixtadagi dastlabki miqdoriga qaraganda tegishli 15—25% va 25—30% kamayadi. Natijada uglerod va oltingugurt miqdori ortadi. Temir miqdori ham biroz kamayadi. Uning oksidlari, Si va Mn oksidlari, yoqilg'i kuli hamda futerovkaning erigan sirti vagranka shlakini tashkil etadi.

1.5. Po'lat suyuqlantirishning umumiy xarakteristikasi

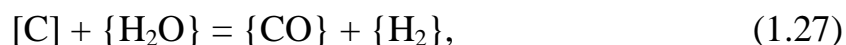
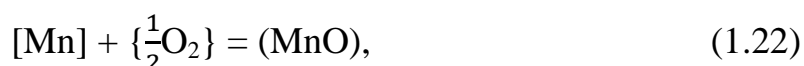
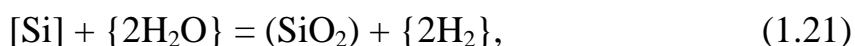
Quymakorlikda tarkibida zararli aralashmalar juda kam bo'lgan po'lat olish muhimdir. Ayniqsa, kislorod, oltingugurt va fosfor miqdorini kamaytirish zarur bo'ladi, chunki bu elementlar po'latda oksid, sulfid va oksisulfid qo'shimchalar hosil qiladi. Zararli aralashmalar miqdori qancha oz bo'lsa, po'lat sifati shuncha yuqori bo'ladi. Fosfor miqdori kamayganda metall matritsasi mustahkamlanadi, oltingugurt miqdori 0,03 dan 0,01% gacha kamayganda esa po'latning zarbiy qovushoqligi 2—3 marta ortadi.

Tayyorlab qo'yilgan po'latni suyuqlantirish pechiga shixta solinadi, so'ngra u qizdiriladi va suyuqlantiriladi, natijada suyuq metall hamda shlak hosil bo'ladi. Bundan keyin suyuq metall shlak ostida ishlanadi va bu shlak chiqarib tashlanadi, so'ngra namuna olinadi va po'lat talab etilgan tarkibgacha (me'yoriga) yetkaziladi. Bunda, masalan, zararli aralashmalarni chiqarib yuborish maqsadida yangi shlak hosil qilish mumkin. Barcha hollarda, yakunlovchi bosqichda po'lat oksidsizlantiriladi. Yuqori sifatli po'lat olish uchun ular nodir-yer metallar silitsidlari bilan modifikatsiyalansa, maqsadga muvofiq bo'ladi.

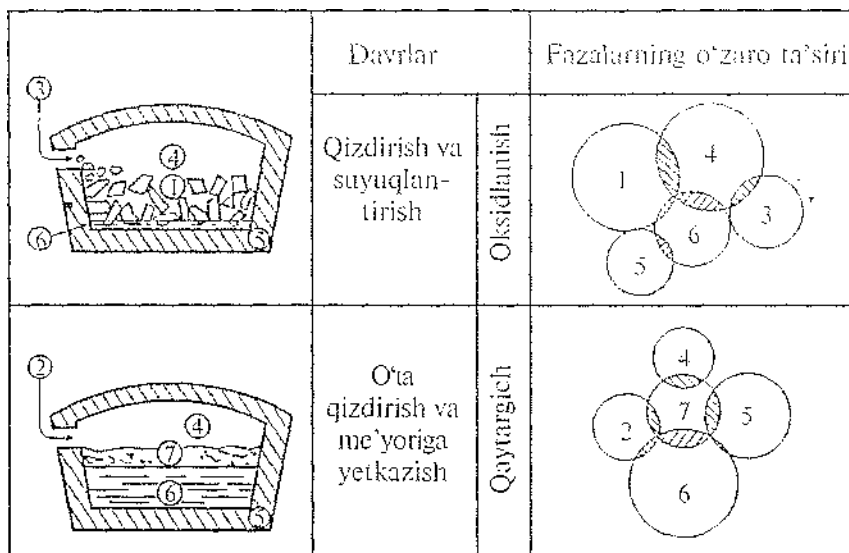
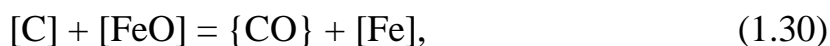
Po‘lat tarkibining shakllanishi suyuqlantirayotganda fazalarning o‘zaro ta’siri natijasida sodir bodadi (1.6- rasm). Har qaysi davrni alohida-alohida ko‘rib chiqamiz. Po‘latni suyuqlantirish uchun shixta tarkibida ko‘p miqdorda po‘lat temir-tersaklari bo‘ladi. Mamlakatimizda 1 t yaroqli po‘lat quymalariga taxminan 150 kg qayta ishlanuvchi cho‘yan sarflanadi. Po‘lat temir-tersaklari qizdirish vaqtidayoq oksidlana boshlaydi, chunki metall bilan o‘zaro ta’sirlashadigan pech atmosferasining tarkibida, birinchi navbatda, temirni oksidlovchi gazlar — oksidlagichlar O₂, CO₂ va N₂O bo‘ladi:



Gaz fazasi metal bilan o‘zaro ta’sirlashganda boshqa elementlar ham oksidlanadi:



Temirga nisbatan kislorodga yaqin bo‘lgan elementlar temir (II) oksidi bilan oksidlanadi:



1.6- rasm. Po'latni suyuqlantirishda fazalarning o'zaro ta'sir sxemasi:

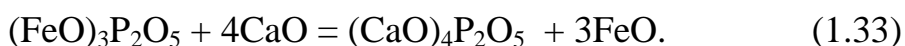
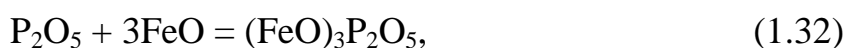
- 1 — qattiq metall; 2 — qaytargichlar (oksidsizlagichlar); 3 — flyuslar;
 4 — gaz fazasi; 5 — pech futerovkasi; 6 — suyuq metall; 7 — shlak;
 8 — pechning gaz fazasi.

Yuqoridagi reaksiyalar faqat asosiy elementlar uchun keltirilgan. Istalgan elementning oksidlanishi termodinamik jihatdan mumkin bo'lsa, uni yuqoridagiga o'xshash tavsiflash mumkin. Oksidlanish davri shlakning yuksak oksidlanish xossalari bilan xarakterlanadi. (1.18)—(1.20) reaksiyalar juda jadal o'tadi. Oksidlanish davri tugagandan so'ng va, ayniqsa, qaytarish jarayonlarini o'tkazishda (masalan, oq yoki karbidli shlak ostida) ularning termodinamikasi keskin o'zgaradi. Po'latni suyuqlantirishning prinsipial tafovuti xuddi shundan iborat.

Po'latni suyuqlantirish agregatining turi va shixta tarkibiga qarab, (1.16)—(1.30) reaksiyalar turli aktivlik darajasiga ega bo'ladi. Masalan, konvertor jarayoni uchun (1.16), (1.19), (1.22), (1.25) reaksiyalar xarakterlidir. Marten pechida (1.17) va (1.18) reaksiyalar ancha aktiv sodir bo'ladi, chunki pech atmosferasining tarkibida CO_2 va H_2O (gaz yoki mazut uglevodorodlari yonib shu gazlarni hosil qiladi) ko'p bo'ladi. Elementlarning temir oksidi bilan oksidlanish (1.28)—(1.30) reaksiyalari

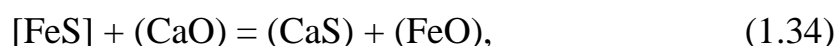
metall oksid qatlami bilan qoplangandagina rivojlanadi. Bu reaksiyalar o‘ta qizish va metalning oksidlovchi shlak ostida me‘yoriga yetish davri uchun xarakterlidir.

Umumiy fizik-kimyoviy qonuniyatlarga muvofiq, oksidlovchi shlak ostida (1.28) va (1.29) reaksiyalar bo‘yicha Si va Mn lar ancha aktiv kuyadi, so‘ngra (1.30) reaksiya bo‘yicha vannaning CO pufakchalarining ajralib chiqishi hisobiga qaynashi boshlanadi. Agar vannaning qaynashi uchun oldin hosil bo‘lgan FeO yetarli bo‘lmasa, u holda pechga temir ruda kiritiladi. Po‘lat suyuqlantirish jarayonining turiga qarab, (1.28)—(1.30) reaksiyalar, yoxud aralashmalarning to‘la oksidlanishigacha yetkaziladi, yoxud qandaydir bosqichda to‘xtatiladi. Asosiy jarayonda oksidlovchi shlak ostida fosfor chiqarib tashlanadi, buning uchun FeO va CaO lar bo‘lishi zarur:



Fosfordan muvaffaqiyatli tozalash uchun yuqori temperatura talab qilinmaydi.

Po‘latga oksidlovchi shlak ostida ishlov berish tugagandan so‘ng, bu shlak nasos bilan chiqarib tashlanadi. Pechda metalning o‘ta qizdirilishi va me‘yoriga yetkazilishi berilgan kimyoviy tarkibdagi po‘lat olishga yordam beradigan maxsus qaytaruvchi shlaklar hamda ferroqotishmalar ishtirokida amalga oshiriladi. Oltinugurtni chiqarib tashlash uchun yuqori asosli, ya‘ni tarkibida CaO ko‘p miqdorda bo‘lgan shlak hosil qilinadi. Bunda sulfidlar ko‘rinishida bo‘lgan oltinugurt shlakka chiqarib yuboriladi:



Oltinugurtni ancha to‘la chiqarib tashlash uchun shlak tarkibidagi CaO ning miqdori yuqori bo‘lishi va yuqori temperatura talab etiladi. Bunda shlak orqali

metallni oksidsizlantirish mumkin. Buning uchun Si va C lar kiritish zarur, ular temir oksidi bilan o‘zaro reaksiyaga kirib ((1.28) va (1.30) reaksiyalar), uning shlakdagi miqdorini keskin kamaytiradi hamda taqsimlanish muvozanati $[\text{FeO}] \rightleftharpoons (\text{FeO})$ ni o‘ngga siljitadi, ya’ni temir oksidining metalldan shlakka o‘tishiga yordam beradi.

Metallni shlak ostida ishlash tugagandan so‘ng shlak nasos bilan so‘rib olinadi, shundan so‘ng po‘lat pechdan chiqariladi. Po‘lat chiqarilayotgan vaqtda turli oksidsizlantirgichlardan foydalanib, u oksidsizlantiriladi. Oksidsizlantirgichlar tarkibida Si, Mn va Al bo‘ladi. Bunda quyidagi reaksiyalar sodir bo‘ladi:



Oksidsizlantirgich-element $[\text{E}_R]$ miqdori bilan qoldiq kislorod $[\text{O}]$ orasida aloqa mavjud bo‘lib, u elementlarning oksidsizlantirish qobiliyati deb ataladi.

Po‘latni suyuqlantirishda sodir bo‘ladigan jarayonlar mexanizmi, dastavval, kislorodning gaz fazasi va shlakdan metallga uzatilishi bilan bog‘liq. Oksidlanishda shlak hosil qiluvchi birikmalarni hosil qiladigan kremniy, marganes, fosfor va boshqa elementlar ajralish sirti (metall—shlak)da sodir bo‘ladigan reaksiyalar bo‘yicha oksidlanadi. Uglerod butun hajm bo‘ylab oksidlanishi mumkin. Professor S.I.Filippov kritik konsentratsiyalar nazariyasini yaratgan [8]. Masalan, $[\text{C}] > [\text{C}_{kr}]$ da jarayon oksidlagichning uglerodning sirtiy oksidlanishga diffuziyasi bilan limitlanadi. $[\text{C}] < [\text{C}_{kr}]$ da uglerodning hajmiy oksidlanishi kuzatiladi. Bu holda CO pufakchalarining metall—futerovka chegarasida vujudga kelish ehtimoli hammadan ko‘p. Qaynash mexanizmi biror suyuqlik qaynatiladigan idish devorlarida bug‘ pufakchalarining vujudga kelishiga o‘xshashdir. Temir oksidi asta-sekin shlakdan ishlab chiqariladi. Temir oksidi metall—shlak ajralish chegarasida elementlarning oksidlanishiga sarflanadi va shlak—gaz ajralish yuzasida o‘zi oksidlanadi. Agar shlak yuqori qovushoqlik va past temperaturaga ega bo‘lsa, u holda oksidlanish

mexanizmi FeO ning quyidagi sxema bo'yicha ishlab chiqilishida to'la tugallanishi mumkin:



Shunday qilib, oksidlash jarayonlarining muvaffaqiyatli o'tishi uchun shlakning temperaturasi va qovushoqligi hamda undagi FeO miqdori yuqori darajada saqlab turilishi kerak.

Po'latning desulfuratsiyalanishini jadallashtirish maqsadida keyingi vaqtda uni maxsus yaratiladigan shlak ostida ishlash hamda uning sifatini yaxshilash operatsiyalarini po'latni suyuqlantirish pechidan tashqariga chiqarib, pechdan tashqarida ishlov berish orqali amalga oshirishga intiladilar. Masalan, suyuq po'latni kovshda oq shlak bilan ishlaganda oltingugurt miqdori dastlabki miqdorga qaraganda 70% kamayadi. Buning uchun maxsus shlak suyuqlantiriladigan pechga ega bo'lish kifoya [3].

Pechdan tashqarida ishlov berish oksidsizlantirishdan tashqari modifikatsiyalashni ham o'z ichiga olishi mumkin. Y.A.Shulte va boshqa tadqiqotchilar qimmatbaho va tanqis elementlar (masalan, Ni, Mo, W) bilan legirlangan po'lat quymalarning katta qismini ishqoriy-yer va noyob-yer elementlari bilan kompleks ligaturalar ko'rinishida modifikatsiyalangan, tejab legirlangan po'latlarga muvaffaqiyat bilan almashtirish mumkinligini ko'rsatganlar.

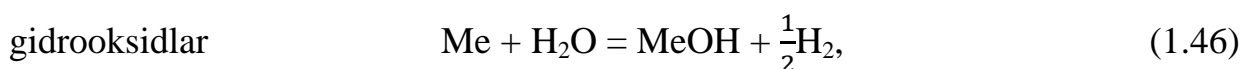
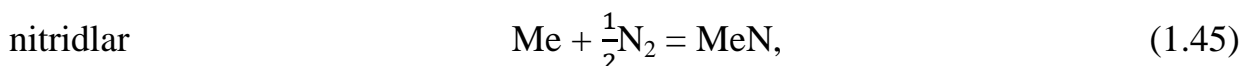
1.6. Rangli qotishmalarni suyuqlantirishning umumiy xarakteristikasi

Rangli qotishmalarni suyuqlantirib olish uchim mo'ljallangan barcha pechlar (bundan shaxta-alangali pechlar istisnodir) davriy ravishda ishlaydigan pechlar hisoblanadi. Ishchi bo'shliq, ya'ni pech vannasi yoki tigelga hisoblangan tarkibli shixta yuklanadi, energiya manbayi ishga tushiriladi, shixta suyuqlantiriladi, suyuqlanma zarur temperaturagacha o'ta qizdiriladi, so'ngra qotishma kerakli

tarkibgacha yetkaziladi, zararli aralashmalardan tozalanadi (rafinirlanadi) va modifikatsiyalanadi (1.7- rasm). Suyuqlantirib olish jarayoni ikkita davrga bo‘linadi: qizdirish va suyuqlantirish, o‘ta qizdirish va me‘yoriga yetkazish.

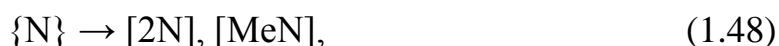
Rangli qotishmalarni suyuqlantirib olishda yuklash va suyuqlantirib olish rejimining ketma-ketligiga rioya qilish ayniqsa muhim, chunki qotishmalarning ko‘pchilik komponentlari oksidlanish hamda gazlarni yutishga (gazlarning erishi, gazlar bilan birikma hosil qilish) yuqori darajada moyil bo‘ladi.

Rangli qotishmalar tarkibiga kiradigan komponentlar gaz fazasi bilan reaksiyaga kirib (1.7- rasmga q.), oksidlar hosil qilishi mumkin:



va boshqa birikmalarni hosil qilishi mumkin.

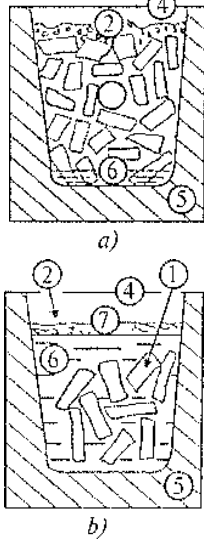
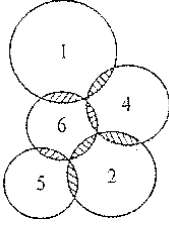
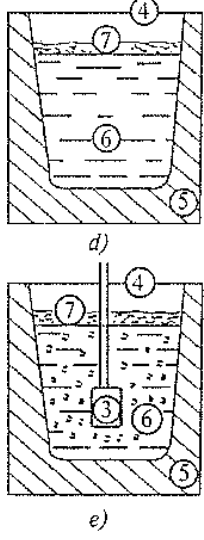
Bundan tashqari, ko‘pchilik rangli metallar gaz yutishga yuqori darajada moyil bo‘ladi:



Aluminiy va rux oksidlanganda yaxshi himoyalash xossalariga ega bo‘lgan Al_2O_3 va ZnO oksidlaridan bir tekis zich parda, magniy oksidlanganda esa bu xossalarga ega bo‘lmagan parda hosil bo‘ladi. Shuning uchun magniyni faqat

qoplama flyus ostida yoki himoya atmosferada suyuqlantirib olish mumkin. Titan bundan ham ancha aktiv. Uni faqat vakuumda suyuqlantirish mumkin.

Rangli qotishmalarni suyuqlantirib olishda nafaqat metall gaz fazasi bilan, balki qattiq metall suyuq metall bilan ham o‘zaro ta’sirlashadi.

	Davrlar	Fazalarning o‘zaro ta’siri
 <p>a)</p> <p>b)</p>	Qizdirish va suyuqlantirish	
 <p>d)</p> <p>e)</p>		O‘ta qizdirish va me’yoriga yetkazish

1.7- rasm. Rangli qotishmalarni suyuqlantirishda fazalarning o‘zaro ta’siri sxemasi:

a — qattiq holatdan suyuqlanish, b — suyuq vannada suyuqlantirish, d — flyus ostida me’yoriga yetkazish, e — tozalash; 1 — qattiq metall, 2 — qoplama flyus; 3 — tozalovchi

flyus; 4 — gaz fazasi; 5 — pech futerovkasi; 6 — suyuq qotishma, 7 — shlak.

Shixtaning qattiq tashkil etuvchilari, odatda, suyuq qotishmada eritiladi. Shu qotishmaning quymasi, ligaturalar yoki boshqa qo‘shimchalar shixtaning qattiq tashkil etuvchilari bo‘lishi mumkin. Suyuq qotishma qoplama flyuslar va hosil bo‘ladigan shlaklar bilan reaksiyaga kiradi. Flyuslar tarkibi shunday tarzda tanlanadiki, bunda oksidlanish reaksiyasi cheklansin. Qotishma tayyorlashning so‘nggi bosqichida (pechda, kovshda yoki tarqatish pechida) aralashmalardan tozalash jarayonida flyuslar yoki boshqa qo‘shimchalar qotishma reaksiyaga kiradi.

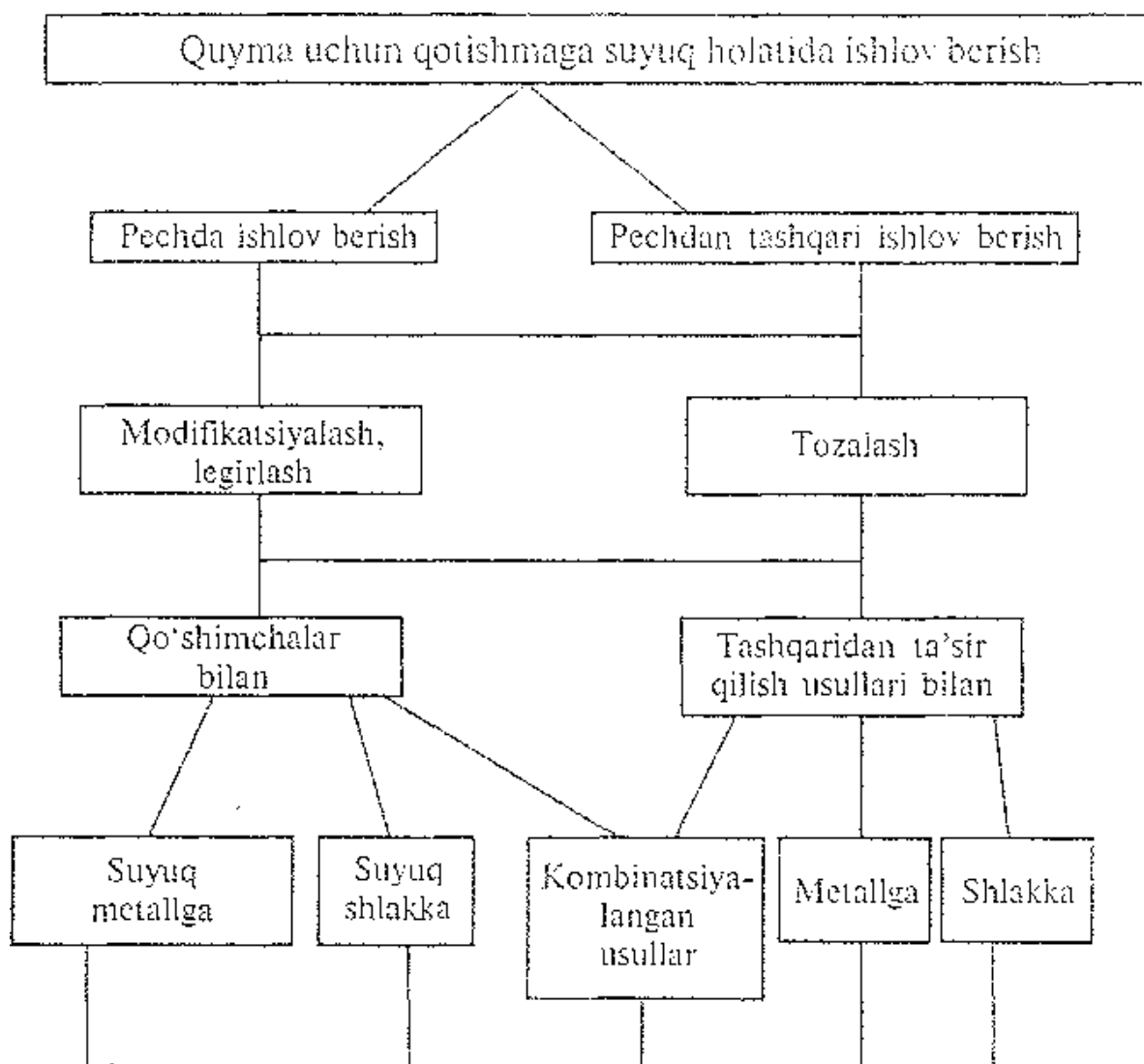
Metaling pechdan chiqarilishi to‘rtta usulda amalga oshiriladi: letka orqali, pechni qiyalatib, magnitogidrodinamik nasoslar vositasida va cho‘michlab olish. Cho‘michlab olish ishlarini maxsus robot- manipulatorlar bajaradi. Ular metallni ish pechidan cho‘michlab olib, uni qolipga quyadi. Katta bo‘lmagan quyish sexlarida mayda quymalarni ishlab chiqarishda tayyor suyuq eritma bevosita tarqatish pechlaridan yoki alanga yoxud shaxta-alanga pechlaridagi asosiy vanna bilan kanallar yordamida ulangan maxsus tarqatish kameralaridan dastali cho‘michlar bilan olinadi.

Rangli qotishmalarni suyuqlantirib olishda tozalash operatsiyasi eng muhim texnologik operatsiyalardan hisoblanadi, chunki quyma sifatini shu operatsiya aniqlaydi. Tozalash usullari qotishma tipi, uning tarkibi, suyuqlantirib olish va quyib chiqish, maxsus flyuslar hamda boshqa qo‘shimchalar ishlatish sharoitlariga qarab tanlanadi.

Yuqori po‘latlar olishda plazma- yoy pechlaridan foydalaniladi. Yoy pechlarida maxsus sifatli suyuqlantirib olinadi.

1.7. Quyma qotishmalarga suyuq holatda ishlov berishning asosiy prinsiplari va usullari

Quyma qotishmalarga suyuq holatda ishlov berish jarayonlarining klassifikatsiyasi va uni amalga oshirish usullari. Qotishmani modi- fikatsiyalash, legirlash yoki tozalash maqsadida unga pechda yoki pechdan tashqarida (novda, cho‘michda, maxsus qurilmalarda) ishlov berilishi mumkin (1.8- rasm).



1.8- rasm. Quyma qotishmalarni suyuq holatda ishlov berish jarayonlarining klassifikatsiyasi.

Ishlov berish turli qo'shimchalar kiritib yoki tashqaridan ta'sir qilib (aralashtirish, vibratsiya, vakuum va shunga o'xshashlar) amalga oshiriladi. Qo'shimchalar bevosita metallga yoki shlakka aralash kiritilishi ham mumkin. Tashqaridan ta'sir qilish usuli ham xuddi shunday bo'ladi.

Pechdan tashqarida ishlov berish usuli suyuq metallga bevosita qo'shimcha kiritib yoki tashqaridan ta'sir qilish uchun mo'ljallangan maxsus qurilmalar yordamida amalga oshiriladi (1.9- rasm). Qo'shimchalar gazsimon (O — kislorod, N — azot, NG — neytral gazlar), qattiq (M — metallar va boshqa texnik sof moddalar, elementlar yoki birikmalar, A — aralashmalar, L — ligaturaiar, ya'ni bir

nechta M qotishmalari, F— flyuslar) va suyuq (F — flyuslar, Sh — shlaklar) bo‘lishi mumkin.

Qo‘shimchalar kiritish uchun turli qurilmalardan foydalaniladi: D — dozator, PGV — gazlarni yuqoridan puflash uchun teshiklari bor truba, PGN — gazlarni pastdan puflash uchun g‘ovak tub yoki po‘kak, MV — modifikator, masalan, chiviqni mexanik tarzda kiritish uchun qurilma, ZK — zaryadlash kamerasi, I — bug‘latgich, K — modifikator joylashtiriladigan qalpoq.

Ishlov beriladigan joy suyuqlantirish pechi (P), pechdan tashqarida ishlov berishda esa suyuqlantirish pechining novi, ochiq cho‘mich, germetik cho‘mich va litnik sistemasida ish kamerasi (RK) bor quyish qolipi (F) bo‘lishi mumkin; ish kamerasida modifikator joylashtiriladi (1.9- rasimga q.). Tashqaridan ta’sir qilish uchun maxsus qurilmalardan foydalaniladi: filtrlash uchun qurilma UF, A — avtoklav, VK — vakuum kamera (ular tuzilishi jihatdan o‘xshash, lekin avtoklavda ortiqcha bosim bo‘lishi mumkin) VU, VZ, MP — vibratsiya, ultratovush va aralashtirish qurilmalari, EU — elektr qurilma.

Pechdan tashqarida ishlov berish 1.9- rasmda ko‘rsatilgan elementlarni birlashtirib amalga oshiriladi. Masalan, modifikatsiyalashning quyidagi metodlari mavjud: L U VJ — novda ligatura bilan modifikatsiyalash, L U D U VJ — shuning o‘zi, lekin dozator ishlatiladi, M U ZK U GK — germetik cho‘michda metall (masalan, magniy) bilan modifikatsiyalash, L U RK U F — qolipda ligatura bilan modifikatsiyalash va h.k. Bu yerda bo‘lishi mumkin bo‘lgan kombinatsiyalar soni ancha ko‘p.

Tozalash. T o z a l a s h deganda metallarni zararli qo‘shimchalardan tozalash tushuniladi. Undan birlamchi metallurgiyada hamda qotishmalar va metallarni ikkinchi marta suyuqlantirishda ham foydalaniladi. Tozalashning pirometallurgik, elektrolitik va kimyoviy metodlari bir- biridan farq qiladi.

Quyimakorlikda yuqori temperaturada amalga oshiriladigan va zararli aralashmalarning bir fazadan boshqasiga o‘tishi bilan bog‘liq bo‘lgan pirometallurgik usul keng tarqalgan; bir fazadan boshqasiga o‘tishga oksidlanish—qaytarilish reaksiyalari, aralashmalarni boshqa faza bilan

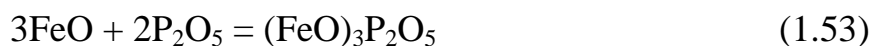
adsorbsiyalash (adsorbsion usul) yoki qo‘shilmalarning metallda bo‘lish sharoitlarini o‘zgartirish, masalan, vakuumdan foydalanish (bu usul ba‘zan noadsorbsion usul deb ataladi) yordamida erishiladi.


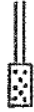
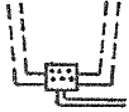

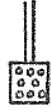


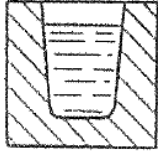



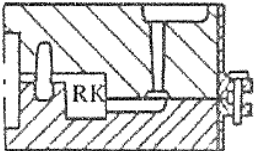
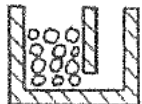
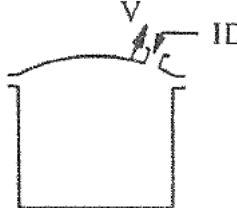
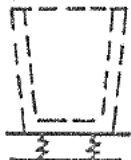
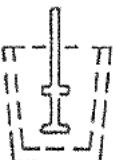
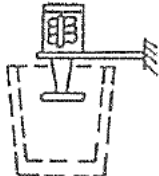
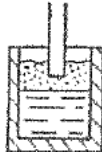
Chiqarib yuboriladigan zararli qo‘shimchalarni uchta turga bo‘lish mumkin: metallda erigan va metallmas qo‘shimchalar yoki gazlar ko‘rinishida bo‘ladigan aralashmalar. Metallda erigan aralashmalar oksidlab tozalash usuli bilan chiqarib yuboriladi. Bu usul aralashmalarning O, S, Cl, F lar bilan asosiy metall shu elementlarning o‘zi bilan hosil qiladigan birikmalarga qaraganda ancha mustahkam birikmalar hosil qilish qobiliyatiga asoslangan. Bu usuldan, masalan, misni tozalashda foydalaniladi. Masalan, suyuq misni havo bilan puflab tozalashda misga nisbatan kislorodga ancha yaqin bo‘lgan Fe, Ni, Zn, Pb, Sb, As, Sn lar vanna yuzasiga suzib chiqadigan va so‘ngra oson chiqarib yuboriladigan oksidlar hosil qiladi.

Temir suyuqlanmalaridan S va P lar temirga qaraganda oltingugurtga ancha yaqin bo‘lgan elementlar yoki birikmalar yordamida chiqarib yuboriladi:



Fosfor oksidlab tozalash yo‘li bilan chiqarib yuboriladi:



Kiritiladigan qo‘shimchalar	Gazsimon O, N, NG	Qattiq M, A, L, F	Suyuq F, SH				
Kiritish qurilmasi	D 	PGV 	PGN 	MV 	K 	ZK 	I 
Kiritish yoki ta‘sir qilish joyi	P 	VJ 	OK 	GK 	F 		
Maxsus qurilmalar	UF 	A, VK 	VU 	MP 	UZ 	EU 	

1.9-rasm. Quyma qotishmalarga suyuq holatda ishlov berish usullarining umumlashgan elementlari.

Oksidlanish-qaytarilish reaksiyalari yordamida tozalash bevosita suyuqlantiruvchi pechlarda amalga oshiriladi. Masalan, suyuqlantirilgan 2 metallni 1 pechda tozalash (1.10- a rasm) ma'lum tarkibli ($PR = SH \cup P$) 3 qo'shimcha shlak hosil qilib amalga oshiriladi. Pechdan tashqarida tozalashni sintetik shlak (1.10- b rasm) yordamida amalga oshirish mumkin. Sintetik shlak maxsus shlakni suyultirish pechlarida suyuqlantirib olinadi, so'ngra cho'michga quyiladi va unga 2 cho'michdan metall quyiladi. U 3 shlak bilan aralashib, zararli aralashmalardan tozalanadi.

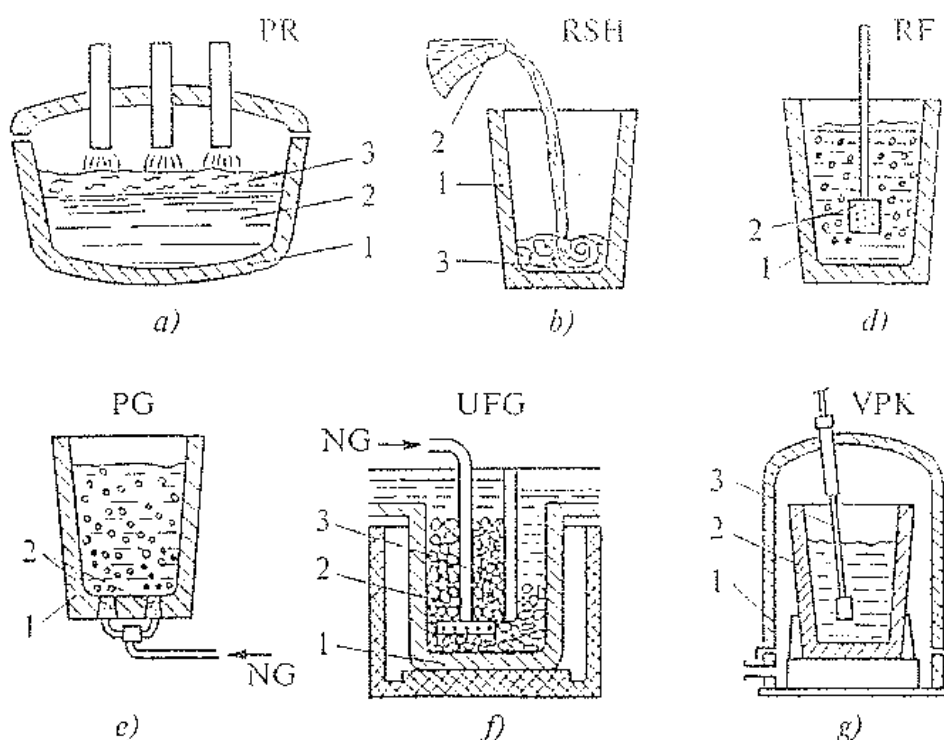
Metallda erigan kislorodni chiqarib yuborish oksidsizlantirish deb ataladi. Bu operatsiya oksidlab tozalashdan so'ng bajariladi. Bunda erigan kislorod oksidsizlantirgichlar deb ataladigan qo'shimchalar yordamida erimaydigan oksidlarga bog'lanadi.

Metallni metallmas qo'shilmalar va gazlar ko'rinishida bo'ladigan aralashmalardan turli qo'shimchalar kiritib yoki tashqaridan ta'sir qilib tozalash mumkin. Metallni zararli aralashmalardan tozalaydigan flyuslar yoki boshqa qo'shimchalar metallga yo uning sirtiga (unda bu shlak bilan ishlov berishga teng kuchli, yo cho'michdagi 2 qalpoqcha yordamida sirt ostiga $RF = F \cup K \cup OK$, 1.10- d rasm) kiritiladi. Bunda flyus qo'shimchalari qotishma bilan reaksiyaga kirishadi va gazlar hosil qiladi yoki bug'lanib ketadi. Hosil bo'lgan gazlar zararli aralashmalarni birlashtirib ularni yuzaga chiqaradi.

Gazlar yuborib tozalash usuli (1.10- e rasm) xuddi shunday tozalash mexanizmiga ega. Gaz yo trubka orqali ust tomondan, yo cho'michdagi g'ovak po'kak orqali beriladi. Neytral gaz pufakchalarida metallda erigan gazlarning parsial bosimi boshlang'ich vaqtda nolga teng bo'ladi va shuning uchun ham ular pufakchalarga o'tadi. Bundan tashqari, gaz pufakchalari metallmas qo'shilmalarni ilashtirib, mexanik tarzda olib chiqib ketadi. Metallmas qo'shilmalardan tozalash ham maxsus qurilmalarda UF (1.9- rasmga q.) filtratsiya qilib bajariladi. Bunda metallmas qo'shilmalar filtrlarda adsorbsiyalanadi. Filtratsiyani gazlar yuborib tozalash bilan birgalikda bajarish mumkin: $NG \cup PGV \cup UF-UFG$ (1.10- f rasm). Buning uchun maxsus qurilma 1 da 2 filtr va gaz yuborish uchun 3 truba

joylashtiriladi.

Erigan gazlardan tozalashda vakuumlash samarali choralardan hisoblanadi. Metall ustida vakuum yaratilganda muvozanat buziladi, buning natijasida gazlar chiqarib yuboriladi. 1.10- g rasmda vakuum- gaz bilan tozalash kamerasi ko'rsatilgan (VPK-NG U PGV U VK U OK). Kamera 1 da 2 cho'mich joylashtiriladi, metall vakuumlanadi va u gaz bilan qo'shimcha tozalanadi. Ultratovush — UZ (1.9- rasmga q.) bilan ham muvozanatni buzish mumkin. Bunda suyuqlanmada kavitatsiya sodir bo'ladi va hosil bo'lgan bo'shliqlarga suyuq metallda erigan gaz intiladi. Gazlar pufakchalar yaratadi, so'ngra ular yuzaga suzib chiqib, suyuq metallni tozalaydi.



1.10- rasm. Quyma qotishmalarni tozalash metodlari.

Suyuq shlaklar, tuz suyuqlanmalarining elektrokimyoviy tabiati va ularda aralashmalarning ion holati tozalash maqsadida elektr maydondan yoki uning suyuqlanmalarni elektroliz qilish va ionlar harakati asosida pirometallurgik

jarayonlar bilan kombinatsiyasidan foydalanishga imkon beradi.

I BOB NAZORAT SAVOLLARI

1. Metallurgiya o'z ichiga qanaqa jarayonlarni qamrab oladi.
2. Ikkilamchi suyuqlantirish deganda nimani tushunasiz?
3. Suyuqlantirishning asosiy prinsiplari va usullari.
4. Suyuqlantirish jarayoni parametrlari.
5. Material va issiqlik balansi deganda nimani tushunasiz?
6. Cho'yanni suyuqlantirishning umumiy xarakteristikasi.
7. Polatni suyuqlantirishning umumiy xarakteristikasi.
8. Quyma qotishmalarga suyuq holatda ishlov berishning asosiy prinsiplari va usullari.
9. Qotishmalarni tozalash metodlari
10. Quymakorlik qotishmalarga suyuq holatda ishlov berish qurilmalarining qanday turlarini bilasiz?

II BOB. METALLURGIK JARAYONLARNING FIZIK-KIMYOVIY ASOSLARI

2.1. Moddalar tuzilishi, xossalari va o‘zaro ta’sirlashishining umumiy xarakteristikasi

Quyma qotishmalarni suyuqlantirishda va suyuq holatda ishlov berganda ularning tarkibi va xossalari shakllanishi suyuqlantirish pechlarida bo‘ladigan kimyoviy va fizik-kimyoviy jarayonlar natijasida sodir bo‘ladi.

Kimyoviy jarayonlar suyuqlantirishda qatnashadigan moddalar tarkibining o‘zgarishiga bog‘liq bo‘lgan aylanishlardan iboratdir. Suyuqlantirish jarayonlari moddalarning agregat holatining o‘zgarishiga chambarchas bog‘liq, holatning o‘zgarishi esa fizik aylanish hisoblanadi. Boshqa fizik aylanishlar ham bo‘lishi mumkin, masalan, strukturaning o‘zgarishi. Shunday qilib, aylanishlar fizik-kimyoviy jarayonlar bo‘lib, bunda moddalarning tarkibi va agregat holati yoki strukturasini o‘zgaradi.

Asosiy tushunchalar va ta’riflar

Fizik-kimyoviy jarayonlarni o‘rganishda «modda», «komponent», «faza» tushunchalari muhim ahamiyatga ega.

Moddalar ularning fizik va kimyoviy jarayonlarga bo‘linadigan xossalari ko‘ra xarakterlanadi. Fizik xossalarga moddaning tashqi ko‘rinishi, uning agregat holati, suyuqlanish va qaynash temperaturalari, issiqlik yoki elektr tokini o‘tkazish qobiliyati, zichligi kiradi. Fizik xossalarni belgilash yoki o‘lchashda moddalar tarkibi o‘zgarmaydi. Kimyoviy xossalarni aniqlashda esa moddalarning tarkibi o‘zgaradi. Masalan, moddaning yonishga moyilligi, kislota bilan reaksiyaga kirishishi yoki qizdirganda yangi modda hosil qilishini aytish mumkin.

Shunday qilib, moddalarning kimyoviy xossalari ularning turli aktiv muhitlarning kimyoviy ta’siriga qarshilik ko‘rsata olish qobiliyati bilan aniqlanadi.

Biror moddaning namunasi bitta yoki bir necha moddalardan tashkil topgan, ya’ni aralashma bo‘lishi mumkin. Aralashmalar ma’lum tarkibga ega bo‘lmaydi va fizik aylanishlar natijasida alohida moddalarga (tashkil etuvchi qismlarga) bo‘linishi

mumkin. Bunda yangi moddalar hosil bo'lmaydi. Aralashmalar gomogen va geterogen bo'lishi mumkin. Gomogen aralashmalarda xohlagan kichik qism istalgan boshqa qismning tarkibi kabi tarkibga ega bo'ladi. Geterogen aralashmalarning tarkibi bir xil bo'lmaydi. Odatda, bunday aralashmaning bir qismi fizik va kimyoviy xossalari bo'yicha qo'shni qismlardan deyarli farqlanadi. Agar aralashtirish molekular darajaga erishsa, ya'ni aralashtirilgan zarrachalar molekular o'lchamlarga ega bo'lsa, unda aralashma qorishma deb ataladi, Shunday qilib, suyuqlantirish jarayonlarida qatnashadigan barcha moddalar sof moddalar y a aralashmalarga bo'linadi. Sof moddalar yoxud elementlar (temir, uglerod, kremniy va shunga o'xshashlar), yoxud birikmalar (oksidlar, nitratlar, karbidlar va shunga o'xshashlar) bo'lishi mumkin.

Komponent tushunchasi «modda» tushunchasiga aynan o'xshashdir, lekin fizik-kimyoda reaksiyada qatnashadigan moddalar va komponentlar soni turlicha bo'ladi. Komponentlar miqdori moddalar sonidan shu moddalarni bog'laydigan reaksiyalar sonining ayirmasi kabi aniqlanadi. Masalan, $\frac{1}{2}\text{O}_2 + \text{H}_2 = \text{H}_2\text{O}$ reaksiyada moddalar soni uchta, komponentlar miqdori esa ikkita.

F a z a deb, atrofdagi muhitdan ajralish yuzasi bilan ayrilgan va ma'lum xossalar kompleksi bilan xarakterlanadigan moddalar maj- muyiga aytiladi.

Elementlar va birikmalar kimyoviy formulalar bilan belgilanadi. Ba'zi bir birikmalar alohida zarrachalar yoki molekulalardan iborat bo'ladi. Ularning formulalari molekuladagi turli navli atomlar sonini ko'rsatadi. Masalan, CO_2 molekula o'lchab bo'ladigan massaga ega va gaz, suyuq hamda qattiq holatlarda alohida zarracha sifatida mavjud. Boshqa birikmalar elektr jihatdan zaryadlangan va i o n l a r deb ataladigan zarrachalardan iborat. Ion — bu bir butundan iborat bo'lgan va elektr zaryadini tashiydigan atom yoki atomlar guruhidir. Musbat zaryadlangan ionlar kationlar deb, manfiy zaryadlangan ionlar esa anionlar deb ataladi. Ionlardan iborat birikmalarning formulalari moddaning mikroskopik hajmida kationlar bilan anionlar orasidagi eng sodda nisbatni ifodalaydi. Masalan, NaCl osh tuzi kristali 1 : 1 da Na^+ va Cl^- ionlaridan, AlF_3 kristali esa 1:3 nisbatda Al^{3+} va F^- ionlaridan iborat. Bu ion birikmalardan birortasida NaCl yoki AlF_3 molekulalarini topib bo'lmaydi.

Ion birikmalarda kationlar va anionlar nisbati har doim shunday bo‘ladiki, bunda formula ko‘rsatayotgan ionlar guruhi umuman elektr jihatdan neytral bo‘ladi.

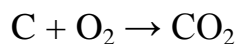
Juda katta molekullardan (tarkibidagi atomlar soni juda katta bo‘lgan molekullar) iborat birikmalarning formulalari mazkur mod- dadagi atomlarning eng sodda nisbatini ifodalaydi. Masalan, SiO_2 kremniy oksidi 1 : 2 nisbatda bo‘lgan kremniy va kislorod atomlaridan tashkil topgan uch o‘lchamli karkasdan iborat. Bunga o‘xshagan moddaning barcha kristalini, masalan, kvars kristalini tarkibidagi atomlarining soni chamasi 10^{23} bo‘lgan juda katta «molekula» sifatida ko‘rib chiqish mumkin.

Kimyoviy birikma formulasini yozish usuli uning strukturasi haqida qo‘shimcha ma’lumot berishga imkon beradi. Masalan, aluminiy sulfati formulasi $\text{Al}_2\text{S}_3\text{O}_{12}$ ko‘rinishida yozilishi mumkin, lekin $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ yozuv bu birikmaning strukturasi haqida ko‘p ma’lumotlar olishga imkon beradi, bu yerda 3 indeks qavslarda ko‘rsatilgan zarrachaga taalluqlidir. Bunday yozuv qavslar ichiga olingan atomlar guruhi ko‘pchilik kimyoviy aylanishlarda o‘zini bir butun «molekula» kabi tutishini bildiradi. Yuqorida keltirilgan formula Al^{3+} va SO_4^{2-} ionlarning eng sodda nisbatini ko‘rsatadi. Bu ionlar birikmaning elektr jihatdan neytralligini ta’minlaydi va sulfat-ion ko‘pchilik kimyoviy reaksiyalarda bo‘linmaydigan guruh sifatida qatnashadi.

Murakkab moddalarning formulalarida moddaning tuzilishi haqida keng ma’lumot olishga imkon beradigan kvadrat qavslardan ham foydalaniladi. Masalan, $\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$ formula har bir zarracha $\text{Fe}(\text{CN})_6^{4-}$ ning tarkibida oltita CN guruhi borligini ifodalaydi. Zarracha, o‘z navbatida, 3 : 4 nisbatda Fe^{3+} ionlar bilan elektr jihatdan neytral bo‘lgan birikma hosil qiladi. Bunday yozuv moddaning tuzilishi haqida $\text{Fe}_7\text{C}_{18}\text{N}_{18}$ sodda formulaga qaraganda ancha to‘liq ma’lumot beradi. Ba’zi hollarda birikmalar formulalarida nuqtalardan foydalaniladi. Masalan, $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ formula modda 1 : 10 nisbatda ikkita ancha sodda Na_2SO_4 va H_2O moddalardan iboratligini ko‘rsatadi. Formulalarni bunday yozish usulidan $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ tipdagi gidratlar (tarkibida suv bo‘lgan birikmalar) hamda berill $3\text{BeO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$ ga o‘xshash minerallar uchun foydalaniladi, chunki bunda ularning

tarkibi haqida qo‘shimcha ma’lumot olish imkoni tug‘iladi. Tarkiblar doimiyliги qonunini bunga o‘xshash moddalarga CO₂ ga nisbatan qo‘llaniladigan darajada qo‘llaniladi, ya’ni birikma formulasining birligi istalgan holda konkret birikma tarkibiga kiradigan atomlar barcha turlarining ma’lum nisbatini to‘la ko‘rsatadi.

Kimyoviy aylanishlar kimyoviy tenglamalar ko‘rinishida yoziladi. Ular reaksiyaga kiradigan moddalar tarkibining o‘zgarishi va massaviy nisbatini aks ettiradi. Tenglamada molekular modda molekular shaklda, ion moddalar esa ion shaklida yoziladi. Masalan, kislorod bilan uglerod orasida uglerod dioksidini hosil qilib o‘tadigan reaksiyada barcha moddalar atomar yoki molekular shaklda bo‘ladi, shu sababli tenglama quyidagi tarzda yoziladi:



Lekin ion shaklida bo‘lgan moddalar orasidagi reaksiya tenglamasida moddalarning ionlashgani aks etgan bo‘lishi kerak. Masalan, cho‘yanni suyuqlantirishda quyidagi reaksiya sodir bo‘ladi:



Bunday yozuv Fe²⁺ ionlari va Mn atomlarining joylari almashadigan (temir ioni atomga aylanadi, marganes atomi esa ionga aylanadi) reaksiyaning elektrokimyoviy mexanizmini tushuntirib bermaydi, Shuning uchun



yo‘zuv o‘tayotgan reaksiya mohiyatini ko‘proq aks ettiradi. Lekin kimyoviy aylanishlarni hisoblash uchun (2.1) yozuv qulayroq, chunki u moddalarning dastlabki va oxirgi massaviy nisbatlarini aks ettiradi.

Kimyoviy reaksiyalarda qatnashadigan moddalarning nisbiy vazn miqdorini hisoblash stexiometriya deb ataladi. Stexiometriyadan kimyo- ning turli sohalarida foydalaniladi, shu sababli suyuqlantirish jarayonlari bilan bog‘liq bo‘lgan masalalarni yechish uchun uni bilish zarur.

**Quymakorlik metallurgiyasida foydalaniladigan kimyoviy
elementlarning atom massasi**

Element	Simvol	Tartib	Atom massasi
Azot	N	7	14,0067
Aluminiy	Al	13	26,9815
Argon	Ar	18	39,9480
Bariy	Ba	56	137,3400
Berilliy	Be	4	9,0122
Bor	B	5	10,8110
Vanadiy	V	23	50,9414
Vismut	Bi	83	208,9806
Vodorod	H	1	1,0080
Volfram	W	74	183,8500
Temir	Fe	26	55,8470
Ittriy	Y	39	88,9059
Kaliy	K	19	39,0983
Kalsiy	Ca	20	40,0800
Kislorod	O	8	15,9994
Kobalt	Co	27	58,9332
Kremniy	Si	14	28,0860
Magniy	Mg	12	24,3050
Marganes	Mn	25	54,9380
Mis	Cu	29	63,5460
Molibden	Mo	42	95,9400
Natriy	Na	11	22,9898
Nikel	Ni	28	58,7100
Niobiy	Nb	41	92,9064
Qalay	Sn	50	118,6900
Qo'rg'oshin	Pb	82	207,2000
Oltinugurt	S	16	32,0600
Tantal	Ta	73	180,9480
Titan	Ti	22	47,9000
Uglerod	C	6	12,0110
Fosfor	P	15	30,9738
Ftor	F	9	18,9984
Xlor	Cl	17	35,4530
Xrom		24	51,9960
Seriy	Ce	58	104,1200
Rux	Zn	30	65,3700
Sirkoniy	Zr	40	91,2200

Kimyoviy reaksiyalarda massa nisbatlarini aniqlashda «mol» tushunchasidan foydalaniladi. Formulalar oldida turgan koeffitsiyentlar mollar nisbatini aniqlaydi, bunda kimyoviy aylanishlar natijasida moddalar hosil bo‘ladi va sarflanadi. Modda molining massasi bevosita uning molekular massasiga bog‘liq bo‘lganligi uchun to‘la kimyoviy tenglama reaksiyada qatnashgan moddalarning massa nisbatini aniqlashga ham imkon beradi.

(2.1) reaksiya uchun quyidagilarni topamiz: FeO ning bitta moli $56+16 = 72$ g, aniqroq qilib aytganda $55,847 + 15,9994$ (2.1- jadvalga q.) massaga ega, lekin amaliy hisoblashlar uchun yaxlitlangan molekular massani olish mumkin (masalan, 1 mol Mn — 55 g, 1 mol MnO — 71 g va 1 mol Fe — 56 g). Shunday qilib, (2.1) tenglama 72 g FeO ma’lum sharoitlarda 55 g marganesni oksidlashini va bunda 71 g MnO va 56 g Fe hosil bo‘lishini tasdiqlaydi. Yozuv (2.2 va 2.3) bu qanday sodir bo‘lishini ko‘rsatadi. Bundan tashqari, u moddalarning ion tuzilishini tasdiqlaydi. Tajribaning ko‘rsatishicha, bu reaksiya moddalar suyuq holatda bo‘lgandagina sodir bo‘ladi.

Moddalarning tuzilishi

Barcha moddalarning elementar yacheykasi atom hisoblanishi kimyo va fizika kurslaridan ma’lum. Molekulalar, komplekslar, klasterlar va ularni tashkil etuvchi ionlar metallurgiya fazalarining elementar yacheykalaridandir. Fazalar xossalarning ma’lum birikmasini saqlaydi va atomlarning turli kombinatsiyalaridan iborat.

Korpuskular-to‘lqin dualizmi atom modelini faqat shartli ravishda tasvirlashga imkon beradi va uning real tuzilishini ma’lum darajada aks ettiradi. Atomdagi mikrozarrachalarning harakati Shredinger tenglamasida tavsiflangan. Lekin uni faqat vodorod atomi uchun aniq yechish mumkin. Ko‘p atomli molekulalar uchun esa turli yaqinlashish metodlaridan foydalaniladi.

Bir elektronli to‘lqin funksiyalari atom orbitalari deb ataladi. Bu matematik tushuncha elektron orbitasini uning ko‘rgazmali tasvirida emas, balki elektronning atomdagi holatini aks ettiradi.

Moddalarning o‘zaro ta’sirlashish jarayonlarini o‘rganish uchun atomlarning

elektron tuzilishi juda katta ahamiyatga ega. Ularning tuzilishiga ko'ra s, p, d va f-elementlar bir- biridan farqlanadi. Molekulalar va ular atomlarining murakkab tuzilishi kimyoviy bog'lanishlarning mavjudligiga asoslangan va ular hozirgi vaqtda ikkita nazariya nuqtayi nazaridan ko'rib chiqilmoqda: valent bog'lanishlar (VB) va molekular orbitallar (MO).

VB nazariyasi ko'p atomli zarrachalarning hosil bo'lishi va strukturasini yaqqol ko'rsatishga imkon beradi, lekin moddalarning magnit xossalarini tushuntirib bera olmaydi. Atomlarni, chunonchi, kristallar orasidagi bog'lanishni VB nazariyasi haddan tashqari sodda tasvirlaydi.

MO nazariyasi shunday tasavvurga asoslanganki, bunda molekula- ning har bir elektroni o'zining funksiyasi — molekular orbital bilan tavsiflanadi. Bu nazariya kimyoviy bog'lanishlarning paydo bo'lishini yadrolar va dastlabki atomlarning elektronlari hosil qilgan maydonda barcha elektronlar harakatining natijasi sifatida qaraydi. Lekin asosiy hissani valent qobiq elektronlari qo'shganligidan, odatda, faqat ularning elektronlarini ko'rib o'tish bilan cheklaniladi. Bunda to'lqin funksiyalari Shredinger tenglamasini turli taqribiy metodlar yordamida yechib topiladi.

Shunday qilib, turli birikmalardagi alohida atomlarning energetik sathlari o'zaro birlashishi natijasida molekulalardagi energetik sathlarni hosil qiladi. Bundan qanday amaliy xulosalar chiqarish mumkinligini keyinchalik ko'ramiz.

Ma'lumki, elementlarning xossalari davriylikka ega (bu D.I.Mendeleyevning elementlar davriy sistemasida aks etgan). Davriy qonunning zamonaviy ta'rifida shunday deyilgan: elementlar tartib (atom) nomerlarining ortib borishi ketma-ketligida joylashganda ularning fizik va kimyoviy xossalarida davriy o'zgarishlar seziladi.

Moddalarning tuzilishi va xossalari faqat ularning tarkibiga emas, balki ularning strukturasiga ham bog'liq. Ko'pchilik elementlar turli kristalik modifikatsiyada bo'ladi. Ular zichligi jihatdan ancha farqlanishi mumkin va bunday holda elementning har bir shakliga o'zining atom hajmi (1 molning sm^3 hisobidagi hajmi) mos keladi. Misol tariqasida uglerod va qalayning atom hajmlari to'g'risidagi

ma'lumotlarni keltiramiz (2.2-jadval).

2.2-jadval

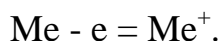
Xossalarning moddalarning tuzilishiga bog'liqligi

Element	Kristalik modifikatsiya	20 °C dagi zichligi, g/sm ³	Atom hajmi, sm ³ /mol
Uglerod	Olmos	3,51	3,42
	Grafit	2,26	5,31
Qalay	Oq	7,31	16,2
	Kulrang	5,75	20,6

Moddalarning tuzilishi moddani tashkil etadigan zarrachalar (atomlar, ionlar) orasidagi kimyoviy bog'lanish turiga bog'liq bo'ladi. Bog'lanishning ikkita asosiy turini ko'rib chiqamiz: ion va kovalent boglanish.

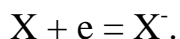
Ion bog'lanishning hosil bo'lishi «ionizatsiyalanish potentsiali», «elektronga yaqinlik» va «elektr manfiylik» kabi tushunchalar bilan xarakterlanadi.

Atomni ionizatsiyalash birinchi potentsiali deb, eng bo'sh bog'langan elektronni shu atomdan to'la chetlatishga sarflanadigan energiyaga aytiladi. Ko'rib o'tilayotgan jarayon ionizatsiyalanish reaksiyasidan iborat:



Ko'pchilik kimyoviy aylanishlarda ionizatsiya muhim rol o'ynaydi va metall elementlarning kationlar hosil qilish qobiliyatini aniqlaydi. Me^+ ionni ionizatsiyalash davom ettirilsa, navbatdagi elektronlarni chetlatish mumkin. Ionizatsiyalashning birinchi potentsiali ta'rifiga o'xshash, mazkur atomning navbatdagi elektronlarining ketma-ket chetlatilishiga mos keladigan ikkinchi, uchinchi va keyingi potentsiallar ta'riflarini oson kiritish mumkin. Ionizatsiyalash potentsiallari, odatda, electron voltlarda ($1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$) ifodalanadi [15].

Elektronga yaqinlik — bu elektron neytral atomga birikkanida ajraladigan yoki yutiladigan energiyadir:



Ion bog‘lanish bitta yoki bir nechta elektronlarni bitta atomdan boshqasiga o‘tkazilganda vujudga keladi, buning natijasida atomlar ionlarga aylanadi. Bunday jarayon elektronini beradigan atom past ionizatsiyalash potensialiga ega bo‘lguncha va elektronni biriktirib oladigan atom esa bu elektronga ancha yaqin bo‘lguncha energetik jihatdan qulay bo‘ladi. Atomlarning bu xarakteristikasining o‘zgarishi elementlarning tabiatiga bog‘liq va Davriy qonunga muvofiq bo‘lganligidan, elementlarning reaksiyalarga qobilligini elektronlarni ko‘chirish va ularning Davriy sistemadagi o‘rni bilan bog‘lash mumkin.

Ionizatsiyalash potensialining eng past qiymatlari 1 A guruh elementlariga, elektronga yaqinlikning eng yuqori qiymati VIIA guruh elementlariga xos. Agar elementlarning faqat shu ikkita xossasi hisobga olinsa, unda elektronlarning ko‘chirilishi bilan bog‘liq bo‘lgan reaksiyaning o‘tishi uchun eng qulay sharoit ko‘rsatilgan ikkita guruh elementlarini o‘zaro birlashtirganda yaratiladi.

Elementning elektrmanfiyligi deb, uning atomlarining elektronlarni o‘ziga tortish nisbiy qobiliyatiga aytiladi. Bu qobiliyatni baholash uchun shartli shkala belgilanadi. Elektrmanfiylikning chetki qiymatlari sezii uchun 0,7 ga va fluor uchun 4,0 ga teng (2.3-jadval).

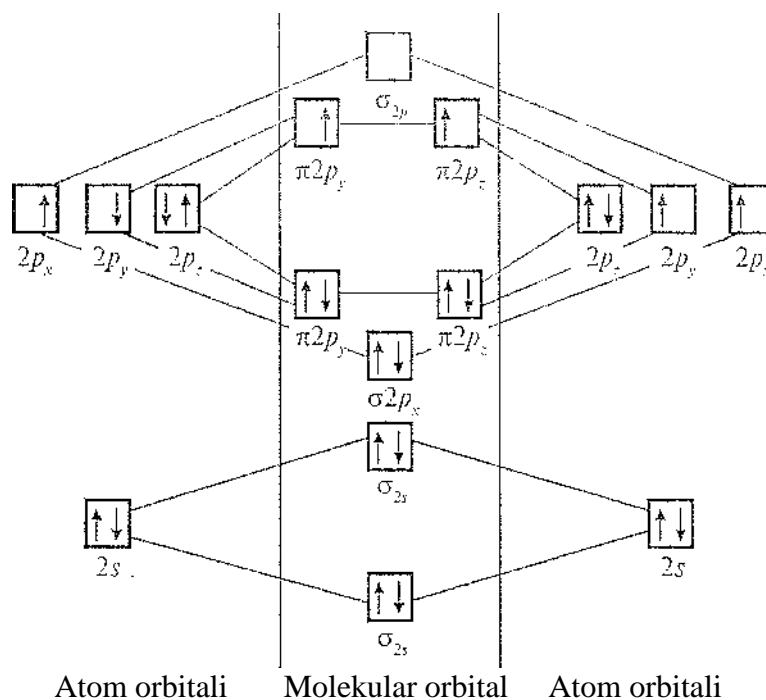
2.3-j adval

Elementlarning elektrmanfiyligi

Element	χ	Element	χ	Element	χ
H	2,10	Na	0,93	K	0,91
Li	0,98	Mg	1,20	Ca	1,04
Be	1,50	Al	1,60	Ga	1,80
B	2,00	Si	1,90	Ge	2,00
C	2,50	P	2,20	As	2,10
N	3,07	S	2,60	Se	2,50
O	3,50			Sr	2,80
F	4,00	Cl	3,00	Cs	0,70

Elementlarning elektrmanfiyligi haqidagi ma'lumotlar birikmada elementlar orasidagi bog'lanish xarakteri to'g'risida fikr yuritishga imkon beradi. Chunonchi, elektrmanfiyligi jihatdan juda farqlanadigan elementlardan iborat birikmalar elektrmanfiylik qiymatlari yaqin elementlardan iborat birikmalarga qaraganda ionliroq hisoblanadi. Masalan, kislorod, kalsiy va kremniyning elektrmanfiyligi (tegishlicha 3,50; 1,04; 1,90) haqidagi ma'lumotlardan foydalanib, CaO ($\Delta\chi = 2,44$) birikma SiO₂ ($\Delta\chi = 1,54$) birikmaga qaraganda ancha ionli ekanligi haqida xulosa chiqarish mumkin. Elektrmanfiylik chegaraviy qiymati $\Delta\chi$ ni 1,9 ga teng deb qabul qilingan, u bundan yuqori bo'lganda birikma ionli deb hisoblanadi.

Kovalent bog'lanish elektronlarni umumlashtirish natijasida vujudga keladi, bunda ular bir yo'la ikkita yadro ta'siri ostida bo'ladi. Kovalent bog'lanishga yadrolar bilan elektronlar orasidagi ancha murakkab o'zaro ta'sir sabab bo'ladi, shuning uchun ularni ionli bog'lanishga qaraganda tasavvur etish ancha qiyin. Kovalent bog'lanishning turg'unligini umumlashtiriladigan elektronlar juftining ikkita atom yadrosiga bir yo'la tortilishi bilan tushuntirish mumkin. Ikkita yadro orasida va o'zaro bog'langan ikkita atomning elektron buluti orasida itarishish kuchlari mavjudligini ham hisobga olish zarur.



2.1-rasm. Kislorod molekulasida molekular orbitalarning hosil bo'lish sxemasi.

Kovalent bog‘lanish hosil bo‘lganda ikkita atom bilan umumlashtiriladigan elektronlar bog‘lovchi orbital deb ataladigan orbitallarni egallaydi. Gaz fazada molekular orbitallarning hosil bo‘lishini ko‘rib chiqamiz. Gaz fazaning shakllanishida C, O, H va N qatnashadi. Azot oksidlanish-qaytarilish jarayonlariga aktiv ta‘sir ko‘rsatmaydi. Uglerod va vodorod qaytargichlar, ularning birikmalari CO, va H₂O esa oksidlagichlar hisoblanadi.

C—O—H sistemaning gaz molekularidagi bog‘lanishlar shubhasiz kovalentlidir, chunki elektrmanfiyliklar ayirmasi quyidagiga teng:

$$\Delta\chi_{C-H} = 0,4; \quad \Delta\chi_{C-O} = 1,0; \quad \Delta\chi_{H-O} = 1,4;$$

Kislorod molekulasining elektron tuzilishi 2.1- rasmda keltirilgan. Kislorod uchun juftlanmagan ikkita elektronning bo‘lishi unga xosdir, lekin ma‘lumki, tarkibida juftlanmagan elektronlari bor zarrachalar (atomlar, ionlar, molekular) yuqori darajada reaksiya qobiliyatiga ega bo‘ladi. H₂ va CO molekularida esa juftlanmagan elektronlar bo‘lmaydi.

CO₂ molekulada elektronlar π_y , π_z va bog‘lanmagan ikkita σ_s orbitallarda, shuningdek, π_y , π_z va bog‘laydigan ikkita σ_x orbitallarda juft-juft bo‘lib, ketma-ket joylashadi. Bu molekulada juftlanmagan molekular bo‘lmaydi. H₂O uchun ham elektronlarning joylashishi shunga o‘xshash bo‘ladi. Molekular orbitallarda juftlanmagan elektronlarning bo‘lmasligi oksidlagichlarga o‘xshagan gazlar kislorodga qaraganda kamroq reaksiya qobiliyatiga ega ekanligi haqida xulosa chiqarishga imkon beradi.

Agregat holatlar. Qorishmalar

Barcha qattiq jismlar ikkita katta klassga bo‘linadi: kristall va amorf. Qattiq kristall holat zarrachalarni to‘g‘ri va takror joylashishi bilan xarakterlanadi. Qattiq kristall jismlarning to‘rtta tipi mavjud: molekular kristall (masalan, ikki o‘lchovli argon), ion kristall (KCl), kovalent kristall (uglerod) va metall. Molekular kristallda zarrachalar orasidagi bog‘lanish Van-der-vaals o‘zaro ta‘sir kuchi hisobiga, ion

kristallda Kulon o‘zaro ta’sir kuchi hisobiga amalga oshadi. Kovalent kristallda kovalent bog‘lanish, metallda esa elektronlarni umumlashtirish hisobiga amalga oshadigan metall bog‘lanish mavjud.

Kristallarning har qaysi tipi o‘ziga xos ma’lum xossalarga ega. Molekular kristall uchun past suyuqlanish temperaturasi, sublimatsiyaga moyillik, mo‘rtlik, elektr o‘tkazmaslik xosdir. Ion kristall yuqori temperaturada suyuqlanadi, mo‘rt, faqat suyuqlantirilgan holatda elektr o‘tkazuvchan bo‘ladi. Kovalent kristallar taxminan xuddi shunday xossalarga ega. Metall kristallar uchun yuqori darajada elektr o‘tkazuvchanlik, egiluvchanlik xos. Atomlarning bir-biriga nisbatan joylashishiga qarab, kristall panjaralarning turlari farqlanadi (2.4-jadval).

2.4-jadval

Kristall panjaralarning asosiy turlari

Turi	Misol
Kub	Osh tuzi, mis
Geksagonal	Grafit, kvars
Tetragonal	Oq qalay
Rombik (ortorombik)	Rombik oltingugurt
Monoklin	Monoklin oltingugurt
Trigonal (romboedrik)	Kalsit

Qattiq amorf moddalar o‘ta sovutilgan suyuqliklardir. Bunday strukturalarda eng yaqin qo‘shni zarrachalar panjarada qariyb to‘g‘ri holatni egallashi mumkin, lekin navbatdagi qo‘shni zarrachalar to‘g‘ri holatlardan ancha ko‘p chetlanadi va shuning uchun bitta elementar zarracha (yacheyka) chegarasidan tashqarida zarrachalarni joylashtirishda yetarli darajada tartib o‘rnatishga erishib bo‘lmaydi. Metallurgiyada moddalarning bu guruhini keng ko‘lamda shlaklar tashkil qiladi. Barcha suyuqlantirilgan metallar ham suyuqliklar jumlasiga kiradi.

Navbatdagi agregat holat gazsimon holat hisoblanadi. Barcha moddalar qattiq holatdan suyuq holatga, so‘ngra gazsimon holatga o‘tishlari mumkin. Biroq bunday holatlar orasidagi masofa turlicha bo‘ladi. Agar A nuqta — qattiq holat, B — suyuq, C esa gazsimon holat bo‘lsa, unda AB kesma, BC kesmaga qaraganda ko‘p marta

kichik bo‘ladi.

Istalgan modda yetarli darajada qattiq qizdirilganda bug‘lanib, gazga aylanadi. Agar temperatura ko‘tarilsa, gaz molekulalari ularni tashkil etadigan atomlarga parchalana boshlaydi, so‘ngra atomlar ionlarga aylanadi. Gaz fazaning bunday holati plazma holati deyiladi. Plazma ionizatsiyalanish darajasi α bilan xarakterlanadi. Ionizatsiyalanish darajasi deganda, ionizatsiyalangan atomlar sonining ularning plazma hajm birligidagi to‘la soniga nisbati tushuniladi. α ning qiymatiga qarab, plazma ozgina, ko‘p yoki to‘la ionizatsiyalangan plazmalarga bo‘linadi.

Plazmaga tatbiqan past temperaturali va yuqori temperaturali tushunchalariga biroz o‘zgacha ma’no beriladi. Temperaturasi $T \leq 10^5$ K bo‘lgan plazmani past temperaturali deb hisoblash qabul qilingan. Metallurgiyada past temperaturali plazma ishlatiladi.

Metallurgiyada moddalar qanday agregat holatda bo‘lmasin, bir- biri bilan sof ko‘rinishda o‘zaro ta’sirlashish jarayonlari juda kam uchraydi. Odatda, eritmalar bilan ish olib borishga to‘g‘ri keladi.

Eritmalarning juda ko‘p turlari mavjud. Ularning xarakteri va xossalari eritmada qanday zarrachalar taqsimlanganligiga, erituvchi muhitning xususiyati qandayligiga va zarrachalar orasidagi o‘zaro ta’sir qaysi tarzda amalga oshishiga bog‘liq bo‘ladi.

Eritmaning unda kam miqdorda bo‘lgan komponentini erigan modda deb, ko‘p miqdorda bo‘lgan komponentini esa eritgich deb atash qabul qilingan. Agar suyuq eritmada taqsimlangan molekulyar yoki ion zarrachalarning undagi miqdorida erishi davom etmasa, unda bunday eritma to‘yingan eritma deyiladi.

Eritmalar erigan moddalarning konsentratsiyasi bilan xarakterlanadi. Konsentratsiya massasi bo‘yicha % hisobida, hajmi bo‘yicha % hisobida, 1 m^3 eritmada mollarda, 1 l eritmada mollarda (molarlik) va mol ulushlarida (eritma komponentlaridan birining mollari sonining eritma mollarining umumiy soniga nisbati) ifodalanishi mumkin.

Metallurgiyada eng ko‘p tarqalgani — metall eritmaları va oksidlar eritmasidir. Ularning o‘zaro ta’siri oksidlanish-qaytarilish reaksiyalarining o‘tishi bilan

xarakterlanadi.

Oksidlanish-qaytarilish reaksiyalari

Bu reaksiyalar oksidlarning hosil bo'lishi va parchalanishi bilan chambarchas bog'liq. Barcha oksidlar ikkita katta klassga bo'linadi: kislotali va asosli. Kislotali oksidlar jumlasiga suvda erib kislota hosil qiladigan, shuningdek, suvda erimaydigan yoki suv bilan reaksiyaga kirishmaydigan oksidlar kiradi. Bu oksidlarning kislota hosil qilish reaksiyasining rasman tenglamasini yozish mumkin. Masalan, SO_2 , SO_3 , P_4O_{10} va CO_2 oksidlar suvda yaxshi eriydi. SiO_2 va B_2O_3 oksidlar esa suvda shunchalik qiyin eriydiki, hatto kislota hosil bo'ladigan reaksiyalarda qatnashmaydi, lekin bu birikmalar asoslarni neytrallaydi va shuning uchun kislotali oksidlar hisoblanadi.

Suv bilan reaksiyaga kirib asoslar hosil qiladigan yoki kislotalar bilan reaksiyaga kirib tuzlar hosil qiladigan oksidlar asosli oksidlar deb ataladi. Masalan, K_2O va CaO oksidlardan KOH va Ca(OH)_2 asoslar hosil bo'ladi. Bu holda asoslarning nisbiy kuchi oksidlar tarkibidagi elementlarning elektrmanfiyligiga bog'liq, lekin kislotalardan farqli o'laroq, eng kuchli asoslar elektrmanfiyligi eng kichik bo'lgan elementlarning oksidlaridan hosil bo'ladi.

Oksidlanish-qaytarilish reaksiyalari elektronlarni bitta reagent (modda)dan boshqasiga ko'chirib amalga oshiriladi. Oksidlanayotganda bitta modda beradigan elektronlarning to'la soni qaytarilish jarayonida boshqa modda ega bo'ladigan elektronlarning to'la soniga teng bo'lishi kerak, bu bilan birinchi jarayon sodir bo'ladi. Bu qonuniyat oksidlanish-qaytarilish reaksiyalarida reagentlar orasidagi o'zaro bog'lanishni aniqlaydi va ularning tenglamalarini tuzish usullarini topishga imkon beradi.

Kimyoviy aylanishda qatnashayotgan, reagentlar yo'qotadigan yoki ega bo'ladigan elektronlar sonini aniqlash uchun molekuladagi, kompleks iondagi yoki erkin holatdagi har bir atomga oksidlanish darajasi deb ataladigan alohida son mansub bo'ladi. Bu son atomning oksidlanish holatini ko'rsatadi va elektronlarning ko'chishini hisobga olish uchun qulay asosdan iboratdir. Lekin uni molekuladagi

atom ega bo'la oladigan haqiqiy zaryad sifatida qarash kerak emas. Oksidlanish-qaytarilish reaksiyasida atomning oksidlanish holatining o'zgarishi yo'qotiladigan yoki ega bo'ladigan elektronlar sonini aniqlaydi.

Erkin holatda bo'lgan elementlarning barcha atomlariga 0 oksidlanish darajasi mansub bo'ladi. Bu erkin element, masalan, Fe, Cu ning atomlari elektronlarini yo'qotmasligi va ularni qo'shib olmasligini ko'rsatadi. Cl^- , S^{2-} , Na^+ , H^+ , Ca^{2+} yoki Fe^{3+} ga o'xshash oddiy ionlar ion zaryadiga teng bo'lgan oksidlanish darajasiga ega bo'lmaydi. Birikmalarda vodorod va kislorod, odatda, tegishli +1 va -2 oksidlanish darajasiga ega. Kompleks ion yoki molekula tarkibidagi barcha atomlarning oksidlanish darajasining yig'indisi butun zarrachaning birgalikdagi to'la zaryadini aniqlaydi va turli atomlarning noma'lum oksidlanish darajasini aniqlashga imkon beradi.

Yana ikkita tushuncha kiritish zarur: oksidlovchi va qaytaruvchi. Bu terminlardan oksidlay olish va qaytara olish qobiliyatiga ega moddalarni ko'rsatish uchun foydalaniladi. Boshqa moddaning oksidlanishiga (ya'ni uning elektron yo'qotishiga) sabab bo'lgan oksidlovchi bu jarayonda qaytariladi (ya'ni elektronlarga ega bo'ladi). Bunda oksidlangan modda qaytaruvchi hisoblanadi.

Oksidlash va qaytarish jarayonlarini bir-biridan ajratib bo'lmaydi, ular miqdoriy-ekvivalent nisbatida amalga oshiriladigan bitta reaksiyaning ikkita bosqichidan iborat. Oksidlash yarim reaksiyasida yo'qotiladigan elektronlar qaytarilish yarim reaksiyasida qaytib beriladi. Bunday yarim reaksiyalar tenglamasini alohida tuzish, so'ngra esa ulardan har qaysisini tegishli koeffitsiyentlarga ko'paytirib kombinatsiyalash mumkin. Natijada oksidlanish-qaytarilish reaksiya tenglamasi hosil bo'ladi. Tenglamada na ega bo'linadigan, na yo'qotiladigan elektronlar bo'lmaydi.

Elektronlarni uzatish, ionlarning harakati, ularning shlakdagi razryadi va metallurgiyada sodir bo'ladigan boshqa jarayonlarni elektrokimyo nuqtayi nazaridan ko'rib chiqish mumkin.

Elektrokimyo haqida asosiy tushunchalar

Jarayonlarni miqdoriy tavsiflash uchun elektrokimyoda elektr hodisalariga nisbatan qo'llaniladigan tushunchalardan foydalaniladi. Elektr hodisalari zaryadlarni katta potensial energiyaga ega bo'lgan nuqtadan kam potensial energiyaga ega bo'lgan nuqta yo'nalishida ko'chirishdan iboratdir. Elektr zaryadi kattaligi kulonlarda (C) o'lchanadi. 1 s vaqt ichida kattaligi 1 C zaryad o'tkazgich orqali o'tganida vujudga keladigan elektr toki 1 A kuchga ega bo'ladi.

Elektrokimyoda ikki tipdagi o'tkazgich bilan ish olib borishga to'g'ri keladi: metall va elektrolit. Metall o'tkazgichlar elektr toki o'tkazish qobiliyatiga ega. Bunda o'tkazgichda birorta kimyoviy aylanishlar bo'lmaydi. Elektrolitlardan elektr toki o'tkazilganda ularning kimyoviy tarkibi o'zgaradi.

Elektrokimyoda metall va elektrolitik o'tkazgichlardan iborat elektr zanjirlar tez-tez uchraydi. Bu tipdagi o'tkazgichlar orasidagi kontakt-lashish yuzasi elektrod deb ataladi. Aslini olganda, elektrod — elektronlar manbayi yoki, aksincha, ularni qabul qiluvchi bo'lib xizmat qiladi: elektronlar elektrodan elektrolitga o'tganda u katod deb, elektronlar elektrolitdan elektrodga o'tganda esa u anod deb ataladi.

Elektr toki elektrod orqali o'tkazilganda unda ma'lum o'zgarishlar sodir bo'ladi. Ulardan eng muhimi anodda sodir bo'ladigan oksidlanish jarayoni va katodda sodir bo'ladigan qaytarilish jarayonidir. Elektrolit orqali elektr toki o'tkazilganda sodir bo'ladigan jarayon elektroliz deb ataladi.

Elektrokimyoning asosiy qonuni Faradey qonunidir: elektrolit orqali o'tadigan va kulonlarda o'lchanadigan elektr miqdori (q) moddaning oksidlanadigan yoki qaytariladigan kimyoviy ekvivalentlari sonining (n) Faradey soni (F) ga ko'paytmasiga teng. 96490 C ga teng bo'lgan Faradey soni mol (ya'ni $6,023 \cdot 10^{23}$) elektronlardan iborat.

Elektrokimyoning boshqa muhim tushunchasi galvanizatsiya (galvanik elementlar) hisoblanadi. U o'zining ma'nosi jihatidan elektrolizning aksi. Elektrolizni amalga oshirish uchun ikkita elektrodda oksidlanish va qaytarilish reaksiyalarini amalga oshirishga imkon beruvchi elektr potensialning tashqi manbayi zarur. Bundan farqli o'laroq, galvanik elementni yaratish uchun shunday elektrodlar va elektr moddalari tanlanadiki, ular elektrokimyoviy energiyaga ega

bo'lsin. Bu energiya oksidlanish va qaytarilish jarayonlarining o'z- o'zidan sodir bo'lishi uchun yetarli bo'lishi kerak.

Istalgan yarim reaksiyaning oksidlanish-qaytarilish potensialini suvli eritmalar uchun qo'llaniladigan standart vodorod elektrodining potentsiali bilan taqqoslab o'lchash mumkin. Metallurgiyada suyuqlanmalar uchun standart kislorod elektrodidan foydalaniladi. Bu haqda metallurgiya jarayonlarida sodir bo'ladigan reaksiyalar mexanizmini o'rganishda ancha batafsil aytib o'tiladi.

U yoki bu reaksiyalarning sodir bo'lishi mumkinligi ularni harakatlantiruvchi kuchlar bilan aniqlanadi. Bu kuchlar bevosita energiya, issiqlik, entropiya va kimyoviy termodinamika o'rganadigan boshqa tushunchalarga bog'liq.

2.2. Kimyoviy termodinamika asoslari

Kimyoviy termodinamika — fizik kimyoning bo'limidir. Unda kimyo sohasidagi termodinamik hodisalar, shuningdek, moddalar termodinamik xossalari ularning tarkibi va agregat holatiga bog'liqligi ko'rib o'tiladi.

Asosiy tushunchalar va tavsiflar. Termodinamika o'rganadigan obyekt termodinamik sistema bo'lib, u modda va energiya bilan almashinib, bir-biri hamda boshqa jismlar bilan o'zaro ta'sirlashadigan fazalar, moddalar (fizik jismlar) majmuyidan iborat.

Izolatsiyalangan, berk va ochiq sistemalar mavjud. Izolatsiyalangan sistema tashqi muhit bilan energiyasi bilan ham, massasi bilan ham almashinmaydi, berk sistema faqat energiyasi bilan, ochiq sistema energiyasi bilan ham, massasi bilan ham almashinadi. Klassik termodinamika berk sistemalarni o'rganadi.

Sistema tarkibidagi fazalar va komponentlarning xossalari ekstensiv hamda intensiv xossalarga bo'linadi. Ekstensiv xossalari additivlikka (masalan, massa va hajm) ega. Alohida qismlar massalarining (hajmlarining) yig'indisi butun jism massasi (hajmi) ga teng. Intensiv xossalari (masalan, bosim va temperatura) har bir nuqtada ma'lum qiymatga ega bo'ladi. Ular sistemaning termodinamik parametrlari deb ataladi.

Sistemalarda sodir bo'ladigan jarayonlar o'zgarmas temperaturada sodir

bo‘ladigan izotermik, o‘zgarmas hajmda sodir bo‘ladigan izoxorik va o‘zgarmas bosimda sodir bo‘ladigan izobarik yoki izobar jarayonlarga bo‘linadi. Bundan tashqari, izolatsiyalangan sistemalarda adiabatik jarayonlar sodir bo‘ladi, bunda sistema bilan atrofdagi muhit orasida issiqlik almashinish istisno qilinadi.

Barcha jarayonlarda termodinamikaning uchta asosiy qonuniga rioya qilinadi. Bu qonunlar termik jarayonlarga tatbiqan tabiat qonunlarini ifodalaydi.

Termodinamikaning birinchi qonuni

Faqat issiqlik va ishni bevosita o‘lchash mumkin. Moddaning ichki energiyasi esa uning holatiga, ya’ni temperatura, bosim va hokazolarga bog‘liq. Agar izolatsiyalangan jism ustida ish bajarilayotgan bo‘lsa, u holda uning ichki energiyasi bajarilgan ishga teng kattalikka o‘zgaradi. Jism temperaturasining xuddi shunday o‘zgarishiga ancha qizdirilgan jism uzatadigan issiqlik sabab bo‘lishi mumkin.

Termodinamikaning birinchi qonuni issiqlik jarayonlari jiddiy rol o‘ynaydigan sistemalar uchun energiyaning saqlanish qonunini ifodalashdan iborat. Bu qonunga muvofiq energiya bir shakldan boshqasiga aylanishi mumkin, lekin vujudga kelishi yoki yo‘q bo‘lishi mumkin emas. Izolatsiyalangan sistemaning to‘la energiyasi o‘zgarmasdir, ya’ni:

$$Q + U + A = \text{const}, \quad (2.4)$$

bu yerda: Q — keltirilgan issiqlik miqdori, J ; U — jami ichki energiya, J ; A — bajarilgan ish miqdori, J .

(2.4) tenglama faqat izolatsiyalangan sistemalar uchun o‘rinlidir. Tabiat hodisalari yoki texnik jarayonlarni termodinamik analiz qilish uchun jismlar ichki energiyasi zaxirasining absolut kattaligini bilish zaruriyati yo‘q, chunki mazkur holda bu funksiyaning o‘zgarishigina ahamiyatga ega. Funksiyaning o‘zgarishi ish va issiqlik effektining bevosita o‘lchab bo‘ladigan kattaligi bo‘yicha aniqlanishi mumkin [2, 3].

Reaksiyaning issiqlik effekti, ya’ni ajralib chiqqan yoki yutilgan issiqlik miqdori

sistemaning entalpiya (H) deb ataluvchi to'la energiyasining o'zgarishiga teng. Entalpiya ish va issiqlik birliklari, ya'ni joullarda o'lchanadi.

Shunday qilib, issiqlik effekti Q ga teng bo'lgan istalgan reaksiya uchun quyidagini yozish mumkin:

$$\Delta H = \Delta U + \Delta A \quad (2.5)$$

(2.4) va (2.5) larni taqqoslashdan ko'rinib turibdiki, reaksiyaning issiqlik effekti va sistema entalpiyasining o'zgarishi qarama-qarshi ishoraga ega:

$$Q = -\Delta H \quad (2.6)$$

Shu sababdan, metallning (Me) issiqlik ajralib sodir bo'ladigan oksidlanish reaksiyasini ikki usulda yozish mumkin:



(2.7) ifoda reaksiya vaqtida issiqlik ajralib chiqishini, (2.8) ifoda esa sistemaning jami energiyasi, ya'ni uning entalpiyasi kamayishini ko'rsatadi.

Termodinamikaning birinchi qonuniga muvofiq ish (issiqliksiz) yoki issiqlik (ishsiz) miqdori izolatsiyalangan jismni bir holatdan boshqasiga o'tkazish uchun zarur bo'lgan jism energiyasining o'zgarishiga teng va o'tish amalga oshirilgan usulga bog'liq bo'lmaydi.

Sistema ichki energiyasining birorta jarayon sodir bo'lishi natijasida o'zgarishini bu jarayon vaqtida uzatilgan ish va issiqlik miqdorini aniqlab topish mumkin. Ichki energiyaga o'xshab, entalpiya boshlang'ich holatdan oxirgi holatga o'tish amalga oshirilgan usulga emas, balki faqat sistemaning holatiga bog'liq bo'ladi. Yangi reaksiyalar uchun entalpiyaning o'zgarishi (ΔH) oldin o'lchangan reaksiyalarda

olingan ma'lumotlar asosida hisoblab topiladi. Agar hosil bo'lish entalpiyasi ($\Delta H_{h.b.}^o$) tushunchasi kiritilsa, hisoblashlar ancha soddalashadi. Bu tushuncha modda moli standart holatda elementlardan tashkil topadigan reaksiya uchun entalpiyaning o'zgarishidan iborat. Bunda elementlarning har biri, shuningdek, standart holatda bo'lishi kerak. Hosil bo'lish entalpiyasidan reaksiya entalpiyasini hisoblashda ham foydalanish mumkin:

$$\Delta H = \sum v_i \Delta H_{h.b.} - \sum v_j \Delta H_{h.b.}$$

bu yerda: $\sum v_i \Delta H_{h.b.}$ — reaksiya mahsulotlarining hosil bo'lish entalpiyalari yig'indisi; $\sum v_j \Delta H_{h.b.}$ — reaksiyaga kiradigan moddalarning hosil bo'lish entalpiyalari yig'indisi; v_i va v_j — reaksiya tenglamasida stexiometrik koeffitsiyentlar.

Termodinamika birinchi qonunining qo'llanilishi. Yuqorida ko'rsatib o'tilganidek, reaksiyaning issiqlik effekti ichki energiyaning o'zgarishiga va ishning bajarilishiga bog'liq. Agar kimyoviy aylanishlarda ish bajarilmasa ($A = 0$), u holda $\Delta H = \Delta U$. Masalan, agar bu metallning oksidlanish jarayoni bo'lsa,



(bu yerda $Q = 20000 \text{ J/mol}$), u holda (2.9) ifoda 1 mol MeO oksid hosil bo'lganda issiqlik ko'rinishida 20000 J energiya ajralishini ifodalaydi. Binobarin, MeO bir molining ichki energiyasi kislorod $\frac{1}{2}$ molining va metall 1 molining ichki energiyasidan 20000 J kam bo'ladi.

Agar reaksiya o'zgarmas bosimda sodir bo'lsa, hajm esa o'zgarsa, bunda quyidagi formula bilan ifodalanadigan kengaytirish ishi bajariladi:

$$\Delta H = \Delta U + p\Delta V = -Q \quad (2.10)$$

Agar reaksiyada faqat qattiq jismlar va suyuqliklar (kondensatsiyalangan fazalar) qatnashsa, u holda $p\Delta V$ kattalik Q ga nisbatan juda kichik va uni hisobga olmasa bo‘ladi. Bunda

$$\Delta H = \Delta U = -Q$$

Reaksiyaning issiqlik effekti temperaturaga bog‘liq. Shuning uchun ularning qiymatlari ma’lum temperaturaga oid. Masalan, ΔH_{298} yozuv issiqlik effekti $T = 298 \text{ K}$ ($25 \text{ }^\circ\text{C}$) da o‘lchanganligini ifodalaydi. Issiqlik effektining temperaturaga bog‘liqligi ikkita tenglamada ifodalanadigan Kirxgof qonuni vositasida tavsiflanadi:

$$\left[\frac{\partial(\Delta H)}{\partial T} \right]_{p=\text{const}} = \Delta c_p, \quad (2.11)$$

$$\left[\frac{\partial(\Delta U)}{\partial T} \right]_{V=\text{const}} = \Delta c_V \quad (2.12)$$

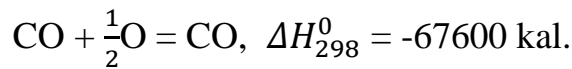
bu yerda c_p va c_V — tegishli o‘zgarish bosim va hajmdagi issiqlik sig‘imi.

Kirxgof qonuni istalgan temperatura uchun ΔH ni hisoblab topishga imkon beradi. Tenglama (2.11) ni T_0 dan T gacha chegaralarda integrallab, quyidagiga ega bo‘lamiz:

$$\Delta H_T = \Delta H_{T_0} + \int_{T_0}^T \Delta c_p \cdot dT, \quad (2.13)$$

bu yerda: T_0 — ΔH ma’lum (ΔH_{T_0}), masalan, ΔH_{298} bo‘lgan temperatura; T — Δc_p aniqlanishi kerak bo‘lgan temperatura; Δc_p — T_0 dan T gacha temperaturalar oralig‘ida c_p ning o‘zgarishi.

Kirxgof tenglamasining qo‘llanilishini misolda ko‘rsatish mumkin [12]. Uglerod oksidining oksidlanish reaksiyasi uchun ΔH ning temperaturaga bog‘liqligi ifodasini topamiz:



Bu reaksiyada qatnashayotgan moddalarning uy temperaturasidan yuqori temperatura atrofidagi mol issiqlik sig'implari uchun taqribiy tenglama quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$c_p^{CO} = 6,50 + 0,001T; c_p^{O_2} = 6,50 + 0,001T;$$

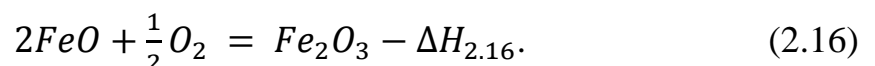
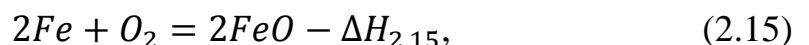
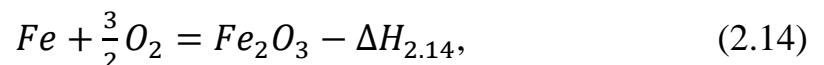
$$c_p^{CO_2} = 7,00 + 0,0071T - 0,00000186T^2.$$

Bundan $\Delta s_p = -2,75 + 0,0056T + 0,00000186T^2$ ekanligi kelib chiqadi. Bu ifodani (2.13) tenglamada Δs_p uchun qo'yib va $T_1 = 298^\circ$ bilan T_2 orasida integrallab, quyidagiga ega bo'lamiz:

$$\begin{aligned} \Delta H_{T_2}^0 = & -67600 - 2,75(T_2 - 298) + 0,0028(T_2^2 - 298^2) + \\ & + 0,00000062 \cdot (T_2^3 - 298^3) \end{aligned}$$

Issiqlik effektlariga bog'liq bo'lgan boshqa muhim qonun Gess qonuni hisoblanadi. Bu qonunga muvofiq reaksiyaning issiqlik effekti reaksiyaning o'tish yo'li, ya'ni uning oraliq bosqichlariga emas, balki sistemaning boshlang'ich va oxirgi holatiga bog'liq bo'ladi.

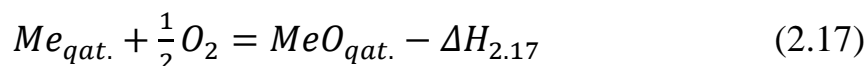
Masalan, temirning oksidlanishi bir nechta reaksiyalar bo'yicha sodir bo'lishi mumkin:



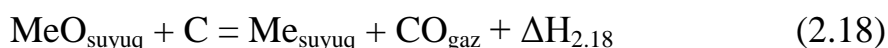
Gess qonuniga muvofiq $\Delta H_{2.14} = \Delta H_{2.15} = \Delta H_{2.16}$. Bu holatni eksperimental ma'lumotlar tasdiqlaydi. Reaksiya alohida bosqichlarining ΔH i ma'lum bo'lsa, Gess

qonuni bo'yicha uning issiqlik effektini hisoblab topish mumkin.

Reaksiyaning issiqlik effekti kimyoviy va fizik-kimyoviy aylanishlarning energetik balanslarini tuzishga hamda analiz qilishga imkon beradi. Masalan, quyidagi



tenglama qattiq metallning (Me), oksidlanishi qattiq oksidning hosil bo'lishi va $\Delta H_{2.17}$ J issiqlikning ajralishi bilan sodir bo'lishini ifodalaydi. Quyidagi



tenglama MeO ning suyuq oksidi $\Delta H_{2.18}$ J issiqlik miqdori sarflab, uglerod bilan qaytarilishini ifodalaydi. Lekin bu jarayonlar sodir bo'ladimi? Bu savollarga termodinamikaning birinchi qonuni javob bermaydi.

Termodinamikaning ikkinchi qonuni

Umumiy termodinamikaning birinchi qonuni abadiy dvigatelning, ya'ni uzluksiz energiya yaratadigan mashinaning mavjudligi ehtimolini rad etadi, lekin mashinaga keltirilgan barcha issiqlikni amalda foydali ishga aylantirishga qobiliyatli uzluksiz ishlaydigan mashina yaratish mumkinligini istisno etmaydi.

Termodinamikaning ikkinchi qonuni bunday mashina yaratilishi mumkinligini rad etadi. Tajriba shuni ko'rsatadiki, issiqlikning bir qismi atrofdagi muhitga tarqalishi muqarrardir.

Termodinamika ikkinchi qonunining eng umumiy ta'rifini Klauzius bergan: sistemaning entropiya deb ataladigan holat funksiyasi mavjud, uning dS orttirmasi sistemaga qaytuvchan issiqlik berilganda quyidagiga teng:

$$dS = \frac{\delta Q}{T} \quad (2.19)$$

Real (qaytmas) adibatik jarayonlarda entropiya ortib, muvozanat holatda eng katta qiymatga ega bo‘ladi. Entropiya ekstensiv kattalikdir.

1 holatdan 2 holatga eng so‘nggi o‘tish uchun entropiyaning o‘zgarishi quyidagi formuladan hisoblab topiladi:

$$\Delta S = S_2 - S_1 = \int_1^2 \frac{dQ}{T} = \frac{Q_{1-2}}{T} \quad (2.20)$$

bu yerda Q_{1-2} — holat 1 dan holat 2 ga o‘tish uchun keltirilgan issiqlik miqdori.

Jarayonning har bir cheksiz kichik sohasida yutilgan issiqlik dT temperatura differensialiga ko‘paytirilgan c issiqlik sig‘imiga teng. Bundan

$$dS = \frac{cdT}{T} \quad (2.21)$$

Bu tenglamani integrallab quyidagiga ega bo‘lamiz:

$$\int_{S_2}^{S_1} dS = \int_{T_2}^{T_1} \frac{cdT}{T} \quad (2.22)$$

Temperaturaning ortishi bilan entropiya har doim ortadi, bu esa temperatura ortganda molekulalar harakati tartibsizligining kuchayishi bilan moslashadi.

Entropiyaning o‘zgarishi (2.20) tenglama yordamida hisoblanadi. Masalan, suyuqlanish issiqligi $\rho = 320$ J/g, suyuqlanish temperaturasi $T_s = 1000$ K bo‘lgan metall (Me) uchun entropiyaning o‘zgarishini aniqlash talab etiladi:

$$\Delta S = S_{Me_{suyuq}} - S_{Me_{qat.}} = \frac{M_{Me}\rho}{T_s}$$

Mol massasini $M_{Me} = 60$ g deb qabul qilamiz. Unda $\Delta S_s = \frac{320 \cdot 60}{1000} = 19,2$ J/mol bo‘ladi.

Qizdirganda entropiyaning o'zgarishi (2.22) tenglama yordamida hisoblanadi. Uni integrallab, quyidagiga ega bo'lamiz:

$$S_1 - S_2 = \Delta S = c \ln \frac{T_1}{T_2}$$

Bu formula bo'yicha qizdirganda entropiyaning o'zgarishini osongina hisoblab topish mumkin.

Termodinamika ikkinchi qonunining qo'llanilishi. Entropiyaning hisoblab topilgan qiymatlaridan izolatsiyalangan sistemalarda muvozanatga erishilganlik darajasini baholash uchun foydalanish mumkin. Lekin metallurgik jarayonlar izolatsiyalanmagan, boshqacha aytganda, ochiq sistemalarda sodir bo'ladi. Bu sistemalar termodinamik analiz uchun ma'lum darajada taxminan berk hisoblanadi.

Bunday sistemalarda muvozanatni baholash uchun Gibbs energiyasi (G) tushunchasidan (avvallari bu tushuncha erkin energiya yoki izobar-izotermik potensial sifatida ma'lum edi, shuning uchun 1984- yilgacha nashr etilgan adabiyotda eski ta'rifni uchratish mumkin) foydalaniladi. Gibbs energiyasining ichki energiya va entalpiyaga bog'liqligi quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$G = U - T \cdot S + A = H - T \cdot S$$

Gibbs energiyasi uchun, xuddi ichki energiya kabi, absolut qiymati emas, balki uning u yoki bu jarayondagi o'zgarishi muhim. Gibbs energiyasining asosiy xususiyati shimdan iboratki, qaytar jarayonlarda uning kattaligi o'zgarmaydi, qaytmas jarayonlarda esa faqat kamayadi. Binobarin, izobar-izotermik sistemalarning muvozanatda bo'lishlik sharti Gibbs energiyasining minimum bo'lishidan iborat. Gibbs entropiyasi va energiyasi holat parametrlariga bog'liq bo'ladi:

$$dG = dU - TdS - SdT + pdV + Vdp$$

Tenglamaga TdS qiymatini qo'yib, erkin energiyaning bosim va temperaturaga bog'liqligini topamiz:

$$dG = V \cdot dp - SdT. \quad (2.24)$$

Bundan quyidagilar kelib chiqadi:

$$\left(\frac{\partial G}{\partial p}\right)_T = V \quad (2.25)$$

va

$$\left(\frac{\partial G}{\partial T}\right)_p = -S \quad (2.26)$$

(2.26) tenglamadan S ning qiymatini (2.23) ifodaga qo'yib quyidagi tenglamaga ega bo'lamiz:

$$G = H + T \left(\frac{\partial G}{\partial T}\right)_p \quad (2.27)$$

Bu tenglama Gibbs—Gelmgols tenglamasi deb ataladi va o'zgarmas bosimda Gibbs energiyasining temperaturaga bog'liqligini xarakterlaydi.

$\Delta G = f(T)$ bog'lanish metallurgik jarayonlarni amalda termodinamik analiz qilishda to'g'ri chiziq tenglamasi ko'rinishida ifodalanadi:

$$\Delta G = A + BT \quad (2.28)$$

Bunda, agar dastlabki moddalar va reaksiya mahsulotlari standart holatda olinsa, ΔG «nolinchi» indeksi bilan to'ldiriladi (G°). Standart holat dastlabki moddalar va reaksiya mahsulotlari atmosfera bosimi hamda $T = 298 \text{ K}$ da eritmalar, aralashma va shunga o'xshashlar ko'rinishida emas, balki sof holda olinganligini ifodalaydi, ya'ni

$$\Delta G^{\circ} = \Delta H_{298}^{\circ} - T \cdot \Delta S_{298}^{\circ} \quad (2.29)$$

A G° qiymati bo'yicha reaksiyaning sodir bo'lishi mumkinligi haqida filer yuritish mumkin. Masalan, mazkur temperatura va bosimda grafitning olmosga aylanishi mumkinligi yoki yo'qligini aniqlab olish zarur. Agar bu sharoitlarda olmosning erkin energiyasi (G_o), grafitniki (G_{gr})dan ortiq va ΔG musbat bo'lsa, u holda bunday jarayonning sodir bo'lishi mumkin emas. Lekin p va T larning boshqa qiymatlarida ΔG manfiy bo'lishi mumkin. Hozirgi vaqtda bu jarayon, chamasida 3000 K temperatura va 100 000 atm bosimda amalga oshiriladi [12].

Oksidlar, xloridlar, ftoridlar, sulfidlar, karbonatlar va silikatlarining hosil bo'lish va parchalanish termodinamikasi. Qiyosiy analiz uchun, odatda, ΔG° ning qiymati kJ/mol O_2 yoki J/g-atom O larda keltiriladi. Eng muhim elementlar uchun bunday taqqoslash 2.2- rasmda berilgan, bu yerda fazaviy o'tish nuqtalarida sinishlarga ega bo'lgan $\Delta G^{\circ} = f(T)$ chiziqlardan tashqari, kislorod muvozanat bosimining va ayni sharoitlar uchun muvozanatda bo'lgan CO/ CO_2 va H_2/H_2O nisbatlar darajasining qiymatlari keltirilgan. Bu diagrammadan foydalanib, ΔG° ning qiymatinigina emas, balki p_{O_2} ni ham, shuningdek, C—O—metall va H—O—metall sistemalardagi muvozanat nisbatini aniqlash mumkin. Diagrammani qurish prinsipi rasmda keltirilgan.

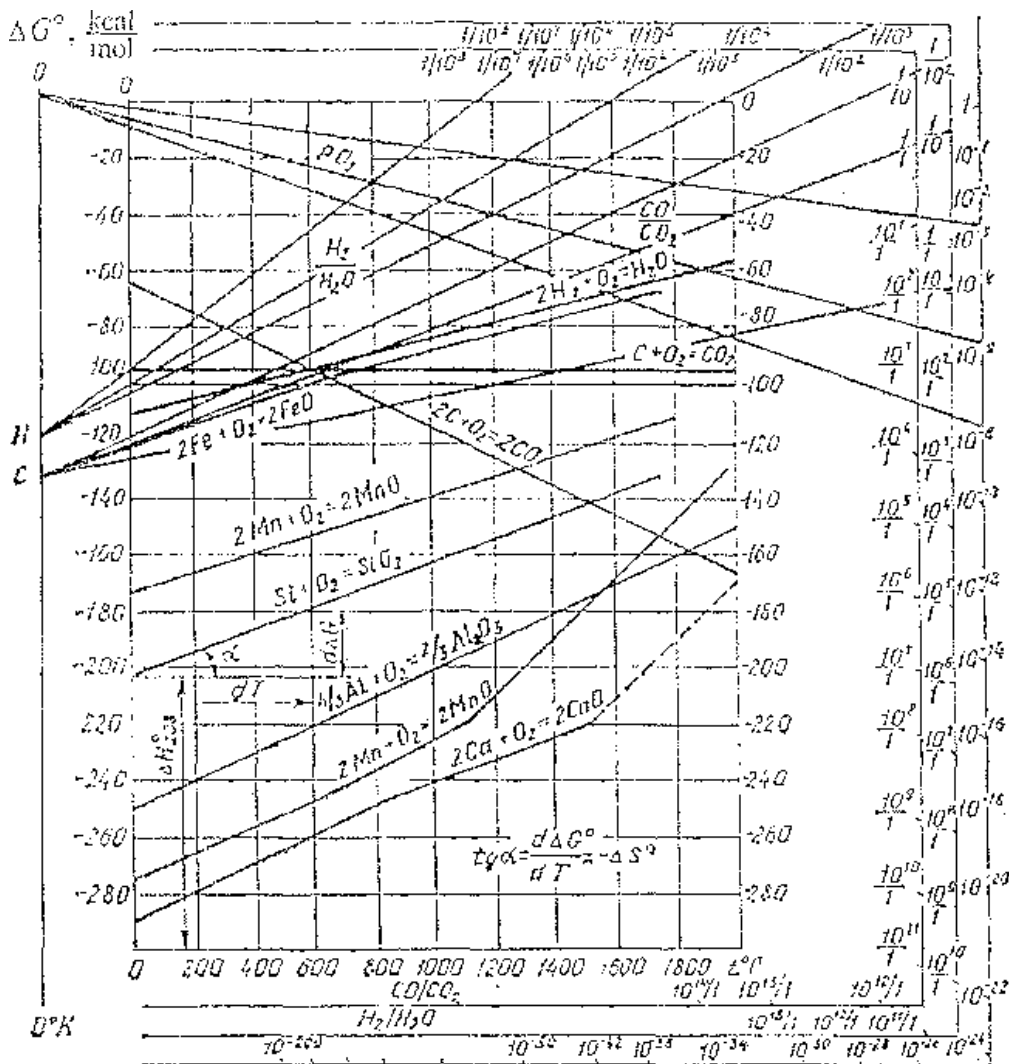
Gibbs energiyasi tushunchasi oksidlarning nisbatan mustahkamligi haqida mulohaza yuritishga imkon beradi, lekin uni juda katta ehtiyotlik bilan qo'llash lozim. Shuni nazarda tutish zarurki, Gibbs energiyasi haqidagi ma'lumotlar muvozanat holatlarga taalluqlidir. Agar reaksiya mahsuloti reaksiya zonasidan doim chiqarib turilsa, muvozanat hech qachon bo'lmaydi. Bunda reaksiya tezligi va aktivlash to'sig'i katta ahamiyatga ega. Masalan, $C + O_2 \rightleftharpoons CO_2$ reaksiya uchun $\Delta G = -94$ kkal/mol, lekin agar ko'mir yondirilmasa, ya'ni unga aktivlash energiyasi berilmasa, u yonmaydi. Past temperaturada esa reaksiya tezligi shunchalik kichik bo'ladiki amalda reaksiya sodir bo'lmaydi.

$\Delta G^{\circ} = f(T)$ chiziq qiyaligi reaksiya entropiyasining o'zgarishini xarakterlaydi, chunki $d\Delta G^{\circ}/dT = -\Delta S$. To'g'ri chiziq $\Delta G = f(T)$ ning uzunligi dastlabki moddalar

yoki reaksiya mahsulotlarining fazaviy aylanishlari nuqtalari (suyuqlanish, qaynash, fazaviy o'tish) bilan cheklanadi. Fazaviy aylanish vaqtida entropiya o'zgaradi va to'g'ri chiziq o'z qiyaligini o'zgartiradi. ΔG — Tdiagrammadagi to'g'ri chiziqlar (2.2- rasmga q.) o'xshash qiyaliklarga ega, chunki gazsimon kisloroddan qattiq oksidga o'tishda entropiyaning o'zgarishi barcha hollarda qariyb bir xil bo'ladi.

Metall kislorod bilan o'zaro ta'sirlashib qattiq oksid hosil qilganda entropiya kamayadi, chunki qattiq oksid metall va gazga nisbatan

ancha tartiblangan strukturaga ega bo'ladi. $\frac{d(-\Delta G^{\circ})}{dT} = \Delta S^{\circ}$ bo'lgani uchun diagrammada to'g'ri chiziqlar musbat qiyalikka ega bo'lishi kerak, ya'ni temperatura ortgan sayin ΔG° kattalik kamroq manfiylikka ega bo'lib qoladi. Fazaviy aylanishlarda chiziqlar o'z qiyaligini o'zgartiradi. Qaynash temperaturalari va sublimatsiyada chiziqning egilish qiyaligi suyuqlanish nuqtasidagiga qaraganda deyarli tik bo'ladi.



2.2-rasm. Oksidlar uchun $\Delta G^\circ = f(T)$ diagrammasi.

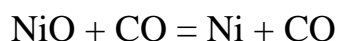
Sababi, qattiq holatdan suyuq holatga o'tishda qattiq yoki suyuq holatdan gazsimon holatga o'tishdagiga qaraganda tartibsizlik kam bo'ladi. Oksidlar uchun $\Delta G^\circ = f(T)$ diagrammadan quyidagi muhim xulosa chiqadi: ΔG° ning manfiy zonasida joylashgan metallar o'z- o'zidan oksidlanadi, shu vaqtning o'zida esa undan yuqori joylashgan metallar oksidlanmaydi. Qariyb barcha metallar $\Delta G^\circ < 0$ zonada joylashadi.

Oksidning turg'unligi bevosita ΔG° ning qiymatiga bog'liq bo'ladi. Turg'unligi kamroq bo'lgan oksidlar son qiymati uncha katta bo'lmagan ΔG° ga, ancha turg'un oksidlar esa uning absolut kattaligining yuqori qiymatiga ega bo'ladi. Shunday qilib, ΔG° ning musbat zonasiga erishilganda oksidlanish tugaydi yoki turg'unmas oksid hosil bo'ladi. Masalan, $4\text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{O}_2 \rightarrow 6\text{Fe}_2\text{O}_3$ reaksiyada 1500 °C dan yuqori temperaturada Fe_2O_3 ning oksidlanishi murnkin emas, chunki Fe_2O_3 bunday va undan yuqori temperaturada turg'un bo'lmaydi. Ag_2O va HgO ni shunday tarzda oddiy qizdirish yo'li bilan metallga aylantirish mumkin [15, 29].

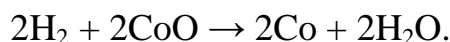
Oksid faqat $\Delta G^\circ = f(T)$ chiziqlari diagrammada bu qiymatdan pastda joylashadigan metallar bilan qaytarilishi mumkin. $\text{C} + \text{O}_2 = \text{CO}_2$ reaksiya chizig'i qariyb gorizontal joylashgan, ya'ni uning qiyaligi taxminan nolga teng, bundan bu reaksiya uchun entropiya amalda o'zgarmaydi, degan xulosa kelib chiqadi. Buni quyidagilar bilan tushuntirish mumkin: amalda dastlabki va oxirgi hajmlar (amalda tegishlicha O_2 va SO_2 gazlarning hajmi shunday hajmlardandir) bir xil, binobarin, qattiq moddalarning entropiyasi uncha katta bo'lmaydi.

$2\text{C} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{CO}$ reaksiya chizig'i pastga qarab yo'nalgan, ya'ni manfiy qiyalikka ega. Bu entropiyaning ko'p ortishi hisobiga sodir bo'ladi: gazsimon CO ning ikkita hajmi kislorodning bitta hajmidan tashkil topadi. CO hosil bo'lish chizig'ining manfiy qiyalikligi katta ahamiyatga ega, chunki metallning qariyb barcha metall-oksid chiziqlari CO chizig'i bilan yuqori temperaturada kesishib o'tadi. Bu hol yuqori temperaturada ko'pchilik metall oksidlarining uglerod bilan qaytarilishi mumkinligini ifodalaydi.

Uglerod oksidi CO_2 dan yuqorida joylashgan barcha oksidlarni qaytarishi mumkin. Masalan, NiO 700°C da CO bilan qaytarilishi mumkin:



Bunda H_2O chizig'idan yuqorida joylashgan barcha oksidlar vodorod bilan qaytarilishi mumkin. Masalan, 700°C temperaturada



Oksidlarga nisbatan metallarning xloridlari past suyuqlanish temperaturasiga va yuqori uchuvchanlikka ega bo'ladi. Xloridlarning hosil bo'lishi va ularning metallgacha qaytarilishi — rangli qotishmalarni suyuqlantirishda muhim jarayondir. Xlorid uchun ΔG° ning manfiy qiymati qanchalik katta bo'lsa, uning turg'unligi shunchalik yuqori bo'ladi. Oltin va simob xloridlarining turg'unligi past, ishqor hosil qiladigan va ishqoriy-yer metallarning turg'unligi yuqori bo'ladi.

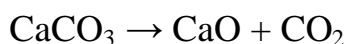
Diagrammadagi ko'pchilik egri chiziqlar bir-birini kesib o'tadi, bu esa temperatura ortgan sayin xloridlar nisbiy turg'unligining o'zgarishi haqida guvohlik beradi. Temperatura ortganda xloridda fazaviy aylanishlar sodir bo'lganda reaksiya entropiyasi manfiyroq va chiziqlar qiyaligi kam bo'ladi. Agar fazaviy aylanishlar metallda sodir bo'lsa, teskari effekt kuzatiladi. Metall oksidlari uchun uglerod yaxshi qaytargich hisoblanadi, lekin xloridlarni qaytarish uchun u yaroqsizdir, chunki $\frac{1}{2}\text{C} + \text{Cl}_2 \rightarrow \frac{1}{2}\text{CCl}_2$ reaksiya chizig'i diagrammaning yuqorigi zonasida bo'ladi.

Ftoridlar uchun ham $\Delta G = f(T)$ diagramma mavjud [15]. Eng turg'un ishqor hosil qiladigan va ishqoriy-yer metallarning ftoridlaridir. Masalan, magniy TiF_4 , BeF_2 , ZrF_4 larni qaytaradi. Egri chiziqlari HF egri chiziq ustida joylashgan ftoridlarni vodorod vositasida metallgacha qaytarib bo'lmaydi. Metallar ftoridlarini qaytarish uchun uglerod mutlaqo yaroqsizdir.

Suffidlar uchun $\Delta G = f(T)$ diagramma analiz qilinganda, u eng turg'un seriy,

kalsiy va magniy sulfidlari ekanligini ko'rsatadi. Bu metallar desulfirator bo'lishi mumkin.

Karbonatlar mustahkam birikma hisoblanmaydi. Masalan, CaCO_3 uchun $\Delta G^\circ = f(T)$ chiziq $t = 850 \text{ }^\circ\text{C}$ da $\Delta G^\circ = 0$ chiziqni kesib o'tadi. Binobarin, qizdirganda u parchalanadi:



Silikatlar uchun chiziqlarning juda kam qiyalikka ega bo'lishi xosdir, ya'ni entropiyasi juda kam o'zgaradi, buni ularning hosil bo'lishida faqat kondensatsiyalangan fazalar qatnashishi bilan tushuntirish mumkin [15].

Termodinamika qonunlari metallurgik sistemalarda muvozanatning har xil turlarini hisoblashga imkon beradi. Kimyoviy va fazaviy muvozanatlar mavjud.

Kimyoviy muvozanat. Kimyoviy reaksiyalar dastlabki moddalarning to'la yo'q bo'lishigacha o'tmasdan, balki kimyoviy muvozanat ma'lum holatga erishganda to'xtaydi. Amaliy nuqtayi nazardan, muvozanat qaysi tomonga siljiganini bilish muhimdir, chunki bu reaksiyani amalga oshirish mumkinligi haqida, shuningdek, turg'unlik hamda eng ko'pi bilan qancha oxirgi mahsulot hosil bo'lishi to'g'risida guvohlik beradi. Bunga o'xshash masalalarni yechish uchun muvozanatni tavsiflab bera olish va u bog'liq bo'lgan parametrlarni topa bilish zarur.

Masalan, marten pechi atmosferasida boshqa gazlar bilan bir qatorda karbonat anhidrid gazi, uglerod oksidi va kislorod qatnashadi. Reaksiya



ning yo'nalishi birinchi navbatda, temperaturaga bog'liq bo'ladi. Nisbatan past temperaturalarda muvozanat CO_2 hosil bo'ladigan tomonga siljiydi, yuqori temperaturalarda esa bu gaz dissotsiatsiyasi ustunlik qiladi. (2.30) reaksiya bitta fazaning o'zida o'tadi, ya'ni reaksiyaga kiradigan moddalar orasida ajralish sirti

bo‘lmaydi. Bunday reaksiyalar gomogen reaksiyalar deb ataladi. Uchta gaz aralashmasida umumiy bosim uchta parsial bosim yig‘indisiga teng:

$$p_{\Sigma} = p_{CO} + p_{O_2} + p_{CO_2} \quad (2.31)$$

Jami bosim suyuqlantirish pechidagi bosimga teng va, odatda, atmosfera bosimiga teng bo‘ladi, ya’ni $p_{\Sigma} = 0,1 \text{ MPa} = \text{const}$.

Muvozanat holatida parsial bosimlardan har biri qat’iy ma’lum kattalikka ega bo‘ladi. Reaksiya mahsuloti parsial bosimining dastlabki gazlarning parsial bosimlariga nisbatining stexiometrik koeffitsiyentlar darajalaridagi ko‘paytmasi K muvozanat konstantasi deb ataladi. Ayni holdagi parsial bosimlar nisbati ta’sir etuvchi massalar qonunining xususiy holi hisoblanadi. Umumiy holda



reaksiya uchun ta’sir etuvchi massalar qonuni muvozanat konstantasini moddalarning konsentratsiyasi orqali aniqlaydi:

$$K_m = \frac{[C]^c \cdot [D]^d}{[A]^a \cdot [B]^b} \quad (2.33)$$

Muvozanat konstantasi Gibbs energiyasi bilan Vant-Goff tenglamasi vositasida bog‘lanadi. Bu tenglama kimyoviy reaksiya tenglamasi deb ham ataladi:

$$\Delta G = -RT \ln K_m + RT \ln \frac{p_D^d \cdot p_C^c}{p_A^a \cdot p_B^b} \quad (2.34)$$

Agar (2.32) reaksiya gaz fazasida sodir bo‘lsa, (2.34) ifoda haqiqiy bo‘ladi. Standart holatda (bunda dastlabki moddalar ham, reaksiya mahsulotlari ham sof ko‘rinishda qatnashadi), ya’ni ularning bosimi (konsentratsiyasi) birga teng bo‘lganda, (2.34) tenglamaning ikkinchi hadi nolga teng bo‘ladi va

$$\Delta G^\circ = -RT \ln K_m \quad (2.35)$$

Binobarin, muvozanat konstantasi temperaturaga bog‘liq. Agar Gibbs—Gelmgols tenglamasiga (2.35) tenglama qo‘yilsa, quyidagiga ega bo‘lamiz:

$$\frac{d(\ln K_m)}{dT} = \frac{\Delta H^\circ}{RT^2} \quad (2.36)$$

Bu tenglamani xuddi (2.34) tenglama kabi Vant—Goff keltirib chiqargan va kimyoviy reaksiyaning izobara tenglamasi deb ataladi.

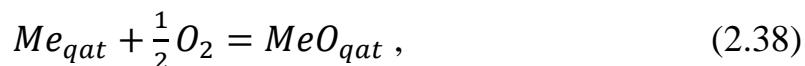
Agar muvozanat konstantasi konsentratsiya orqali ifodalangan bo‘lsa, unda kimyoviy reaksiyaning izoxora tenglamasi deb ataladigan

$$d \ln K_m / dT = \Delta U^\circ / RT^2 \quad (2.37)$$

munosabat o‘rinli bo‘ladi. (2.36) va (2.37) tenglamalardan issiqlik yutib hosil bo‘ladigan birikmalar yuqori temperaturalarda, ekzotermik birikmalar esa past temperaturalarda ancha turg‘un bo‘lishi kelib chiqadi.

Metallurgik jarayonlar muvozanatini ko‘rib o‘tayotganda Le-Shatelye prinsipi muhim ahamiyatga ega. Bu prinsipga ko‘ra, muvozanat holatidagi sistemaga uning birorta parametrining o‘zgarishiga olib keladigan ta’sir sistemada bu parametrning o‘zgarishiga qarshi ta’sir ko‘rsatadigan jarayonlarga sabab bo‘ladi. Muvozanat o‘rnatilgandan keyin komponentlardan biri konsentratsiyasining ixtiyoriy ravishda ortishi reaksiyaning o‘tish yo‘nalishini o‘zgartiradi, bu esa Le-Shatelye prinsipiga to‘la mos keladi. Kimyoviy muvozanatning siljuvchan xarakteri sistemada muvozanatning konsentratsiyadan chetga chiqishiga sabab bo‘ladi. Bu spontan (o‘z-o‘zidan) chetga chiqishlar fluktuatsiya deb ataladi. Ajralish sirtiga ega bo‘lgan sistemalardagi muvozanat (bunday sistema geterogen sistema deb ataladi) yuqoridagi (2.33—2.35) tenglamalar yordamida tavsiflanadi. Standart holatda kondensatsiyalangan fazalar birga teng bo‘lgan bosim va konsentratsiyaga ega

bo‘ladi. Shu sababdan elementlarni, masalan, quyidagi reaksiya bo‘yicha oksidlanishi uchun



$$K_m = \frac{1}{p_{O_2}^{1/2}} \text{ va } \Delta G^o = RT \ln p_{O_2} \quad (2.39)$$

bo‘ladi. Bunday holda p_{O_2} bosim oksidning dissotsiatsiya elastikligi deb ataladi.

Agar reagentlar konsentratsiyasi birga teng bo‘lmasa, unda reaksiyalar eritmalarda sodir bo‘ladi. Bunday holda termodinamik potentsiallar deb ataluvchi H, U, G termodinamik kattaliklardan tashqari, muvozanatga moddalarning konsentratsiyasi ham ta’sir etadi. Bunday holda eritmalar va aralashmalar uchun termodinamik funksiyalar va konsentratsiyalarni birlashtiradigan «kimyoviy potentsial» tushunchasidan foydalanilsa qulay bo‘ladi. Hozircha muvozanat holati kimyoviy potentsiallarning tengligi bilan aniqlanadi degan postulat kiritamiz.

Fazaviy muvozanat. Geterogen sistemalardagi aylanishlarni o‘rganishda termodinamika ikkinchi qonunining muhim qo‘llanishlaridan biri, ko‘pincha Gibbsning fazalar qoidasi deb ataladigan, fazaviy muvozanatning asosiy qonuni hisoblanadi (bu sistemalarda kimyoviy va fizik- kimyoviy aylanishlar bo‘lishi mumkin). Uni misolda ko‘rib chiqamiz.

Sistema F fazalardan iborat va uning tarkibida barcha fazalarda ishtirok etadigan K mustaqil komponentlar bor deylik. Muvozanat holatidagi sistemada temperatura va bosim, shuningdek, har qaysi komponentning kimyoviy potentsiallari barcha fazalarda bir xil bo‘ladi. Har qaysi fazaning holati temperatura, bosim va barcha mustaqil komponentlarning konsentratsiyasi bilan aniqlanadi. O‘z ichiga K mustaqil komponentlarni olgan istalgan fazaning tarkibini aniqlash uchun ularning miqdorini (K - 1) ko‘rsatish yetarli. Sistemadagi F fazalar holatini tavsiflash uchun tarkibi bo‘yicha F(K - 1) o‘zgaruvchan kattalik va temperaturasi hamda bosimi bo‘yicha ikkita o‘zgaruvchan kattalik talab etiladi. Binobarin, F(K - 1) + 2 o‘zgaruvchi zarur. Lekin barcha bu o‘zgaruvchilar mustaqil bo‘lmasdan ba’zilar bir-biriga bog‘liq bo‘ladi, chunki muvozanatda har bir komponentning turli fazalar orasida

taqsimlanishi uning kimyoviy potentsiallarining barcha fazalarda teng bo'lishlik shartini qoniqtirishi kerak.

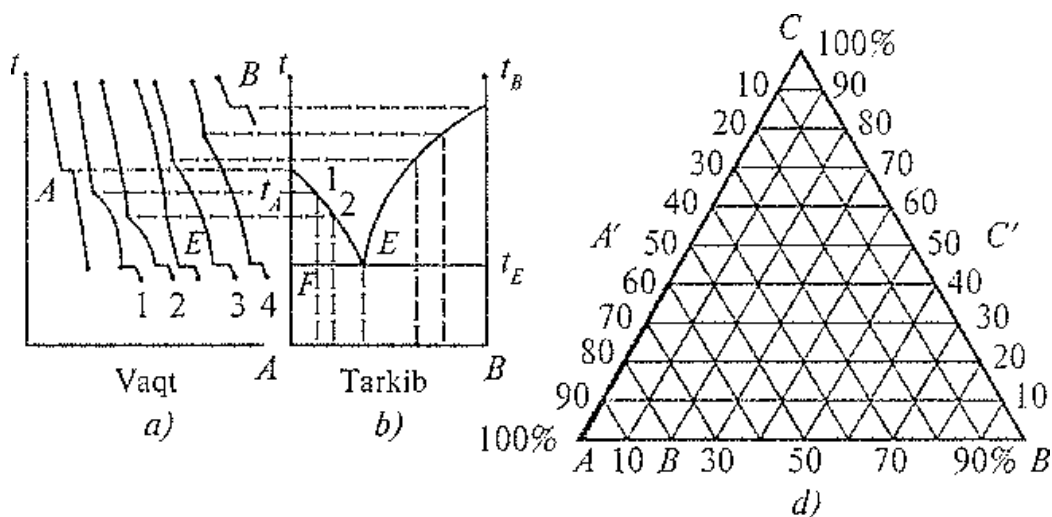
Mustaqil o'zgaruvchilar sonini yoki erkinlik darajalari sonini C orqali belgilab, quyidagiga ega bo'lamiz:

$$C = F(K - 1) + 2 - (F - 1)K \text{ yoki } C = K - F + 2. \quad (2.40)$$

Bu munosabat fazaviy aylanishlarning asosiy qonuni yoki Gibbs tenglamasi deb ataladi. Bu qonundan quyidagilar kelib chiqadi: komponentlar soni ortishi bilan erkinlik darajalari soni ortadi va fazalar sonining ortishi bilan kamayadi. $C=0$ da ayni sistema uchun fazalarning eng ko'p soni muvozanatda bo'ladi.

Klassifikatsiyalashda sistemalarni fazalar soni bo'yicha (bir fazali, ikki fazali va h.k.), komponentlar soni bo'yicha (bir komponentli, ikki komponentli va h.k.) va erkinlik darajalari soni bo'yicha [variantsiz ($C = 0$), bir variantli ($C = 1$), ikki variantli ($C = 2$) va h.k.] bo'lish qabul qilingan.

Ko'p fazali, ko'p komponentli sistemalar (metall, shlak va boshqalar), odatda, ikki qismdan iborat yoki uch qismdan iborat holat diagrammalari bilan xarakterlanadi. 2.3- rasmda termik analiz yordamida holat diagrammasini qurish (suyuqlanuvchanlik diagrammalari) usuli ko'rsatilgan. 2.3- a rasmda suyuqlanmalar yoki tarkibi turlicha bo'lgan eritmalarni sovitish egri chiziqlari tasvirlangan, 2.3- b rasmda esa sovitish egri chiziqlari bo'yicha ikki komponentli sistemaning holat diagrammasi ko'rsatilgan.



2.3-rasm. Ikki komponentli (a, b) va uch komponentli (d) holat diagrammalarini tuzish sxemalari.

Gibbsning fazalar rauvozanati asosiy qonunidan fazali kon- densatsiyalangan ikki komponentli sistema uchun o'zgarmas bosimda erkinlik darajalarining $K = 2$ sonida (2.40) tenglamaga muvofiq $C = 3 - F$ bo'ladi. Bunda muvozanatda bo'lgan fazalar soni $F = 3$ dan ($C = 0$ da), erkinlik darajalari soni esa $C = 2$ dan ($F = 1$ dan) ortiq bo'lishi mumkin emas. Temperatura va fazalar tarkibi o'zgaruvchan kattalikdir.

Uch komponentli sistemada bosim, temperatura va ikkita kon- sentratsiya o'zgaruvchan kattalik hisoblanadi. Odatda, uch komponentli kondensatsiyalangan sistemalar o'zgarmas bosimda tekshiriladi. Sistema xossalari uchta o'zgaruvchiga bog'liqligini uch qirrali to'g'ri burchakli prizmadan iborat fazoviy diagramma ko'rinishida tasvirlash mumkin. Prizmaning asosi bo'lib uch qismdan iborat sistema tarkibini xarakterlovchi teng yoqli uchburchak, temperatura esa balandlik bo'lib xizmat qiladi. Teng yoqli uchburchakning uchlari sof A, B, C moddalarga mos keladi (2.3- rasmga q.). Uchburchak ichida joylashgan barcha nuqtalar uch komponentli sistemalarning tarkibini xarakterlaydi. Berilgan nuqta uchburchakning tegishli uchiga qanchalik yaqin joylashgan bo'lsa, sistema tarkibidagi komponentlardan har birining protsent hisobidagi miqdori shunchalik ko'p bo'ladi.

Termodinamikaning uchinchi qonuni

Termodinamikaning bu qonuni temperatura absolut nolga yaqinlashganda entropiyaning nolga intilishini ko'rsatadi. Bu ta'rif quyidagiga ekvivalent: c_p va c_v lar $T = 0$ da nolga teng bo'lib qoladi.

Muvozanatlarni hisoblash uchun termodinamika uchinchi qonunining ahamiyati shundan iboratki, u moddalar reaksiyasida qatnashadigan entropiya kattaligini topishga imkon beradi. Absolut nolda sof kristalik modda entropiyasi S_0° nolga teng. Istalgan boshqa temperaturada esa uning qiymatini quyidagi tenglamadan topish mumkin:

$$S_T^0 = \int_0^T c_p d \ln T$$

Absolut nolga yaqinlashadigan temperaturadagi issiqlik sig'imi Debay tenglamasi yordamida hisoblab topiladi. Ushbu tenglamaga muvofiq bu zonadagi issiqlik sig'imi absolut temperaturaning uchinchi darajasiga proporsionaldir.

Shunday qilib, barcha moddalarning entropiyasini termik ma'lumotlardan topish mumkin, bu esa faqat kalorimetrik o'lchovlar yordamida istalgan reaksiya uchun muvozanat shartlarini topishga prinsipial imkoniyat beradi.

2.3. Metallurgik fazalarning tuzilishi

Oldingi paragrafda kimyoviy va fazaviy muvozanatga qiymatlari moddalar konsentratsiyasiga bog'liq bo'ladigan termodinamik (H, U, G) va kimyoviy potentsiallarning qanday ta'sir qilishi ko'rsatilgan edi. Ushbu paragrafda esa komponentlarning eritmalar va fazalarda bir-biri bilan o'zaro ta'siriga bog'liq bo'lgan potentsiallarning ta'siri ko'rib chiqiladi. Bu o'zaro ta'sirga fazalarning o'zining tuzilishi hamda ularning tarkibi sezilarli ta'sir qiladi.

Qattiq va suyuq metallarning tuzilishi va xossalari. Metallar va qotishmalar qattiq holatda ularning xossalarini aniqlaydigan polikristall strukturaga ega bo'ladi. Ular tarkibining o'zaro ta'siri, strukturasi va xossalarini o'rganish bilan metallshunoslik shug'ullanadi.

Metallurgik jarayonlar uchun suyuq metallarda kristall struktura qanday darajada saqlanishi juda muhimdir, chunki u suyuqlanmalar qotgandan keyin ham ularning xossalariga ta'sir qiladi. Buni shu narsa bilan tushuntirish mumkinki, suyuq qotishmalar nomuvozanat sistemadan iborat bo'ladi. Bu sistema mikroeterogen strukturaga ega bo'lib, unda atomlarning uzoq joylashish tartibi buzilgan va yaqin joylashish tartibi saqlanib qolgan.

Kristall strukturaning saqlanish darajasi irsiyatni, ya'ni dastlabki metallar va qotishmalar suyuqlantirilib, quymada qotgandan keyin ular xossalarining biron darajada saqlanib qolishini aniqlaydi. Suyuqlantirish jarayonlari uchun metallar xossalaridan suyuqlanish temperaturasi, zichlik, qovushoqlik va sirt taranglik eng

katta ahamiyatga ega (2.5-jadval).

2.5-jadval

Ba'zi metallarning xossalari

Metall	Suyuqlanish	Zichligi,	t+ 50 °C	Sirt
Temir	1539,0	7,8	0,00540	1,85
Aluminiy	660,1	2,7	0,00113	0,94
Magniy	650,0	1,7	0,00107	0,57
Mis	1083,4	8,9	0,00410	1,35
Rux	419,5	7,1	0,00282	3,81
Qo'rg'oshin	327,4	11,6	0,00109	0,48
Qalay	231,9	7,3	0,00175	0,57
Nikel	1455,0	8,9	0,00500	1,80
Kobalt	1492,0	8,9	0,00480	1,89
Titan	1667,0	4,5	0,00520	1,60

Karbofaza xarakteristikasi. Metallurgik jarayonlarda uglerod keng ko'lamda ishlatiladi. Uglerodning to'rtta kristalik modifikatsiyasi malum: grafit, olmos, karbid va lonsdeylit. Tabiatda qattiq uglerod grafit va olmos tarkibida bo'ladi. Normal sharoitlarda olmos turg'un bo'lmaydi va uning mavjudligini quyidagilar bilangina tushuntirish mumkin: olmos kristall panjarasidagi atomlar orasidagi bog'lanish energiyasi yetarli darajada katta va bu energiya uning turg'un holatga olishiga to'sqinlik qiladi. Grafit metall kabi yaltiraydigan, kulrang- qora, shaffof bo'lmagan, tangachasimon yaltiroq massadan iborat. U geksagonal strukturali kristallardan tashkil topgan, normal sharoitlarda termodinamik turg'un. Koks, pistako'mir va qurumda qattiq uglerod mayda kristall grafitning tartibsiz strukturasi ega bo'lgan «amorf» ugleroddan iborat. Metallurgiyada koks va boshqa uglerodli materiallar keng ko'lamda ishlatiladi. Ularning barchasi strukturasi u yoki bu darajada tartiblangan kristall tuzilishga ega.

O'tga chidamlilar xarakteristikasi. Suyuqlantirish pechlarining o'tga chidamli futerovkasi suyuqlantirish jarayonida qatnashadi. Odatda, futerovkaning asosiy massasini tashkil qiluvchi oksidlar ular sirtining erishi natijasida shlakka o'tadi va

metallurgik jarayonlarga ta'sir qiladi.

Kislotali o'tga chidamlilarning asosini SiO₂ kremniy oksidi tashkil qiladi. Glinozyomli o'tga chidamlilar (asosi Al₂O₃) o'zlarining xossalariga ko'ra neytral o'tga chidamlilarga yaqin bo'ladi. Ular SiO₂ bilan bog'langanda yarim kislotali bo'lib qoladi.

Asosiy o'tga chidamlilar tarkibida MgO, CaO va boshqa asosli yoki amfoter oksidlar bo'ladi. Buyumlarning qisqacha klassifikatsiyasi 2.6 -jadvalda keltirilgan.

2.6-jadval

O'tga chidamli buyumlarning kimyoviy tarkibi bo'yicha klassifikatsiyasi

Turi	Gruppasi	Aniqlovchi kimyoviy komponentlar miqdori (qizdirilgan moddada), %
1	2	3
Kremniy-yer	Kvars shisha	SiO ₂ kamida 99
	Turlicha bog'langan turli qo'shilmali dinasli (tridimi- tokristobolitli)	SiO ₂ kamida 80
	Ohaktosh bog'lanishli dinasli (tridimitokristobalitli)	SiO ₂ kamida 93
Aluminosilikatli (past, o'rta va yuqori glinozyomli)	Yarim kislotali	Al ₂ O ₃ kamida 28
	Shamotli	SiO ₂ 65-85
	Mullitokremniyli	Al ₂ O ₃ 28-45
	Mullitli	Al ₂ O ₃ 46-62
	Mullitokorundli	Al ₂ O ₃ 63-72
	Korundli	Al ₂ O ₃ 90 dan ortiq

Magnezialli	Magnezitli (pereklazolli) Turli bog‘lanishdagi magnezitli	MgO kamida 90 MgO 80 dan ortiq
Magnezial-ohakli	Magnezitodolomitli (pereklaзоohaktoshli) Dolomitli (ohaktosh pereklazli) Dolomitli stabillashtirilgan (pereklaзоalitli) Ohaktoshli	MgO 50 dan ortiq CaO kamida 10 MgO 35-50 CaO 45-70 MgO 35-65 SiO ₂ 6-15 CaO 15-14 CaO: SiO ₂ 2,7-2,9 CaO 70 dan ortiq
Magnezial-shpinelidli	Magnezitoxromitli (pereklaзoxromitli) Xromomagnezitli (xromotopereklazli) Xromitli Pereklaзoshpinelli Spinelli	MgO 60 dan ortiq Cr ₂ O ₃ 5-18 MgO 40-60 Cr ₂ O ₃ 15-30 MgO 40 dan kam Cr ₂ O ₈ 25 dan ortiq MgO 41-80 Al ₂ O ₃ 15-55 MgO 25-40 Al ₂ O ₃ 56-70
Magnezial-silikatli	Pereklaзoforsteritli Forsteritli	MgO 65-80 SiO ₂ kamida 10 MgO 50-65 SiO ₂ 25-35

Uglerodli	Grafitlangan uglerodli Uglerodli grafitlanmagan (ko‘mir) Tarkibida uglerod bor	C 98 dan ortiq C 85 dan ortiq C 5-70
Karbid-kremniyli	Karbid-kremniyli rekristallizatsiyalangan Turli bog‘lovchilar asosida karbid-kremniyli Tarkibida karbid va kremniy borlar	SiC 90 dan ortiq SiC 70 dan ortiq SiC 20-70
Sirkoniyli	Sirkoniyli (baddeleitli) Baddeleit-korundli Har xil qo‘shimchalar qo‘- shilgan turli bog‘lovchilar asosida sirkoniyli	ZrO ₂ 90 dan ortiq ZrO ₂ 30 dan ortiq Al ₂ O ₃ 65gacha ZrO ₂ 35 dan ortiq Al ₂ O ₃ 18 dan ortiq
Oksidli	Oksidlardan tayyorlangan buyumlar (MgO, CaO, Al ₂ O ₃ , ZrO ₂ , TiO ₂)	Tarkibidagi aniqlovchi oksidlar maksimal yuqori miqdorda bo‘ladi
Nokislorodli	Nitridlar, boridlar, karbidlar (SiC dan tashqari), silitsidlar va boshqa kislorodsiz birikmalardan tayyorlangan buyumlar	Tarkibidagi kislorodsiz birikmalar maksimal yuqori miqdorda bo‘ladi

Qattiq silikatlar strukturasida zamonaviy tasavvurlarga ko'ra, kremniy-kislorodli tetraedrlardan tashkil topgan kristall panjara hisoblanadi. Silikat strukturasida kremniy atomi koordinatsion son 4 ga ega bo'lib, kislorodning to'rtta atomi bilan o'rab olingan. Ko'pchilik asosli oksid- larning (MgO, CaO, BaO va boshqalar) kristall panjaralarini tipik ionlilar jumlasiga kiritish mumkin. Oksidlarning xossalari 2.7- jadvalda keltirilgan.

Suyuq shlaklarning tuzilishi va xossalari. Shlaklar tarkibida kremniy, aluminiy, kalsiy, magniy, temir, marganes oksidlari, shuningdek, fterovka va flyuslar tarkibiga kiradigan elementlar bo'ladi. Shlak suyuqlanmalari tuzilishining bir nechta nazariyasi mavjud. Dastlab molekular, nazariya ishlab chiqilgan edi. Unga muvofiq shlak SiO_2 , Al_2O_3 , CaO, FeO, MgO, MnO va boshqa oksidlar molekulasidan iborat. Bu nazariya amaliy jihatdan qulay bo'lgan, chunki oksidlarning xossalari va ularni birga qo'shishni shlaklar tarkibini molekula nuqtayi nazaridan ta'riflash uchun mo'ljallangan ma'lumotnoma adabiyotdan osongina aniqlash mumkin. Lekin shlakda elektr zaryadlangan zarrachalar mavjudligi tajriba ma'lumotlari yordamida aniqlangan, bu esa shlaklar tuzilishining ion nazariyasini rivojlantirish uchun asos yaratgan. Bu nazariyaga muvofiq shlaklar tarkibida Ca^{2+} , Fe^{2+} , Mg^{2+} , Mn^{2+} kationlar, shuningdek SiO_4^{4-} , AlO_3^{3-} , PO_4^{3-} , O^{2-} , TiO_4^{4-} , VO_4^{3-} , CrO_4^{2-} , MoO_4^{2-} , WO_4^{2-} , MnO_4^- , MnO_4^{2-} , FeO_4^{2-} anionlar va boshq. bo'lgan ion eritmasidan iborat.

U yoki bu ionlarning mavjud bo'lishi mumkinligini kimyoviy bog'lanishlar xarakteriga asoslanib ko'rib chiqish lozim. Kimyoviy bog'lanishlarda qatnashadigan atomlarning elektrmanfiyligi ayirmasi qanchalik katta bo'lsa, ular shunchalik qutbiy bo'ladi. Boshqacha qilib aytganda, $\Delta\chi$ ning ortishi bilan bog'lanishning ionlik darajasi, ya'ni atomlardagi effektiv zaryad q ortadi. Agar q ning elektron zaryadining ulushlaridagi absolut qiymati 0,5 dan ortiq bo'lsa, atomlar ionlarga aylangan va bog'lanish ion orqali bo'lgan, deb hisoblanadi. Bu hol $\Delta\chi = 1,9$ da sodir bo'ladi. Bog'lanishning ionlik darajasi p ni quyidagi formula yordamida hisoblab topish mumkin:

$$p = \frac{q}{e} \cdot 100\% = 33,3 (\Delta\chi - 0,4)$$

O'tga chidamli materiallar va shlak tarkibiga kiradigan oksidlarning fizik-kimyoviy xossalari

Xossalari	Belgilanishi	O'lchov birligi	Oksidlar					
			SiO ₂	FeO	Al ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO
Molekular massasi	M	uglerod birligi	46,055	71,8464	101,9612	70,9350	40,3114	56,0794
Zichligi	ρ	kg/m ³	2651 ⁽¹⁾ 2260 ⁽²⁾ 2320 ⁽³⁾	5870	3970 2400	5430-5460	3650	3370
Hosil bo'lish issiqligi	$-H_{298}^{\circ}$	$\frac{kJ}{kmol}$	911550 ⁽¹⁾ 908970 ⁽³⁾	265020	1676810 1662200	385250	602230	635514
Standart entropiya	S_{298}°	$\frac{kJ}{kmol \cdot K}$	41,868 ⁽¹⁾ 42,663 ⁽³⁾ 1720 ⁽³⁾	60,79	50,95	61,56(5) 226,5(6)	26,921	39,78
Suyuqianish temperaturasi	t	°C	1610 ⁽¹⁾ 1680 ⁽²⁾	1374*	2046	1785	2800	2587
(...) °C da sirt tarangligi	σ	$\frac{mJ}{m^2}$	304,7 (1800 °C)	—	690 (2050 °C)	—	—	—

Izoh: (1) - kvars, (2) — tridimit, (3) - kristobalit, (5) — geksogonal, (6) — kub,

* - t_{suyuq} Fe_{0,947}O uchun ko'rsatilgan.

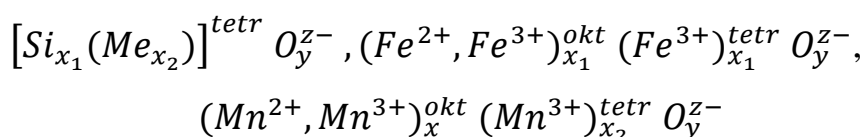
2.8- jadvalda ba'zi bir oksidlardagi bog'lanishning ionlilik darajasi to'g'risidagi ma'lumotlar keltirilgan. Bu ma'lumotlardan ko'rinishicha, FeO, MnO, Al₂O₃ lar bamisoli ion va kovalent birikmalar chegarasida bo'ladi.

2.8-jadval

Oksidlardagi ion bog'lanishlarning xarakteristikasi

Oksid	Me va O elektrmanfiyliklarining farqi	Bog'lanishning ionlilik darajasi, %
FeO	1,7	43
MnO	2,0	53
Al ₂ O ₃	2.0	53
MgO	2,3	63
CaO	2,5	70
SiO ₂	1,7	43

O'z tarkibida kremniy oksidlarining katta miqdoriga ega bo'lgan shlaklarning tuzilishi silikatlarining (eng muhim va juda ko'p tarqalgan minerallar) tuzilishi bilan chambarchas bog'langan. Bunday minerallar soni to'rt yuztaga yaqin. Barcha silikatlar va silikat shlaklarining asosiy strukturaviy birligi kremniy-kislorodli tetraedr SiO_4^{4-} hisoblanadi. Silikatlar tuzilishining o'ziga xos xususiyati ular suyuqlanmasining tuzilishi va xossalari ta'sir qiladi, chunki suyuq silikatlarda yaqin tartibni saqlab qoluvchi katta guruhlar (klasterlar) bo'ladi. Kvantokimyoviy va difraksion tadqiqotlar asosida shlakda o'zgaruvchan tarkibli klasterlar bor, deb taxmin qilish mumkin. Klasterlar $Me^{\Sigma z+}$ kationlar bilan elektr muvozanatda bo'lgan kompleks koordinatli birikmalar sifatida klassifikatsiyalanadi:



Bunda x_1 — 250 ga, x_2 — 20—25 ga erishadi.

Odatdagi kimyoviy hisoblashlarda anionlarning bunday katta formulalari bilan ish ko‘rish qiyin. Shu sababli, tarkib va xossalarni umumiy xarakterlash uchun shlaklarning molekular tuzilishi degan tushunchadan foydalaniladi. Bu tushunchalarga muvofiq shlaklar tarkibida kislotali oksidiar (SiO_2 va boshq.), asosli oksidlar (CaO , MgO , FeO , MnO) va amfoter oksidlar (Al_2O_3) bo‘ladi.

Shlakning kislotaliligi kislotalilik darajasi bilan xarakterlanadi:

$$C_k = \frac{\Sigma KO}{\Sigma OO}$$

bu yerda: ΣKO — kislotali oksidlar yig‘indisi, ΣOO — asosli oksidlar yig‘indisi.

C_k ga teskari bo‘lgan kattalik asoslilik darajasi yoki oddiy qilib asoslilik deb ataladi:

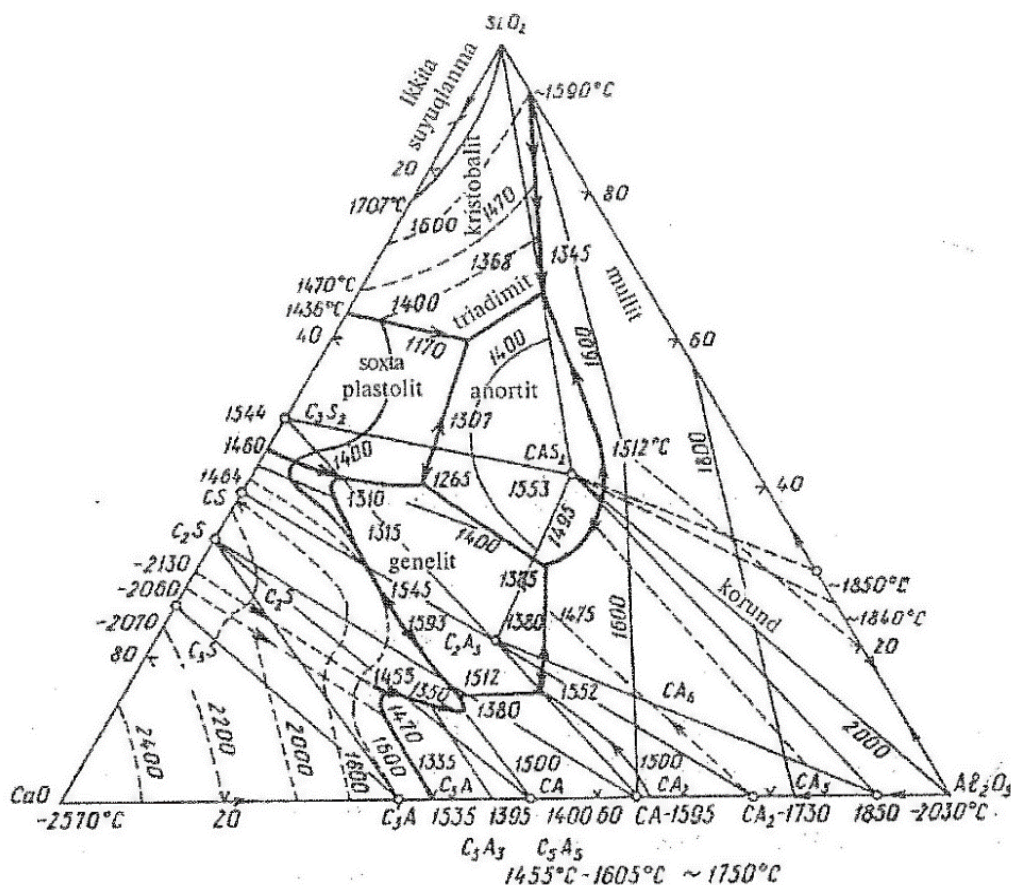
$$C_a = \frac{1}{C_k} = \frac{\Sigma OO}{\Sigma KO}$$

Bunda shlak $C_k \leq 0,5$ da kuchli asosli; $0,5—1,0$ da asosli; $1,0—1,5$ da o‘rtacha asosli; $1,5—3,0$ da kislotali va $C_k \geq 3,0$ da kuchli kislotali hisoblanadi. Tarkibiga qarab, shlaklarning xossalari ikki, uch va ayrim hollarda esa olti komponentli diagrammalar ko‘rinishida ham tasvirlanadi. Shlakli suyuqlanmalar uchun ikki komponentli diagrammalar ikki komponentli qotishmalar uchun qurilgan diagrammalar kabi quriladi (2.3- rasmga q.). Shlakli sistemalar uchun, odatda, uch komponentli diagrammalar quriladi (2.3-d rasm).

$\text{CaO—Al}_2\text{O}_3\text{—SiO}_2$ sistemaning holat diagrammasi 2.4- rasmda ko‘rsatilgan. Bu sistemada kongruent suyuqlanadigan ikkita uchlama kimyoviy birikma (1823 K da suyuqlanadigan anortit $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ va 1863 K da suyuqlanadigan genelit $2\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$) mavjud. 2.9- jadvalda bu sistemaning uchlama evtektikining tarkibi va suyuqlanish temperaturasi keltirilgan [2, 4].

CaO—Al₂O₃—SiO₂ sistema uchlama evtektiklarining tarkibi va suyuqlanish temperaturasi

Tarkibi	Suyuqlanish temperaturasi							
	1618	1443	1538	1583	1653	1778	1608	1608
SiO ₂	70,4	62,0	42,0	41,0	31,8	9,3	6,8	16,8
Al ₂ O ₃	19,8	14,75	20,0	11,8	39,0	53,2	43,7	41,2
CaO	9,8	23,25	38,0	47,2	29,2	37,5	49,5	52,0



2.4- rasm. CaO—Al₂O₃—SiO₂ sistema.

Temir qotishmalarini ikkilamchi suyuqlantirish shlaklarining suyuqlanmalari qovushoqlikka ega bo‘lib, bu qovushoqlik ishqor hosil qiladigan metallarning tipik ion suyuqlanmalar hisoblanadigan suyuqlantirilgan galogenlarining

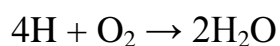
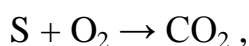
qovushoq-ligidan ancha ortiq bo‘ladi. SiO₂ ning qovushoqligi temperaturaga quyidagicha bog‘langan:

$$\lg \eta = \frac{2074}{t - 182} = 6,991$$

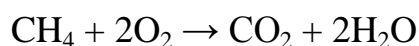
Qovushoqligi 0,9 Pa·s dan kam bo‘lgan shlaklar juda suyuq oquvchan, qovushoqligi 0,9—1,1 Pa·s shlaklar suyuq oquvchan, qovushoqligi 1,5—1,8 Pa·s shlaklar suyuq oquvchanligi yetarli bo‘lmagan shlaklar jumlasiga kiradi. Shlaklarning qovushoqligi sezilarli darajada temperaturaga bog‘liq bo‘ladi. Masalan, tarkibida 40% SiO₂, 10% Al₂O₃, 35% CaO va 15% MgO bo‘lgan shlak uchun t= 1330 °C da $\eta = 10$ Pa·s, t= 1400 °C da esa $\eta = 0,6$ Pa·s bo‘ladi. Shlak tarkibidagi FeO va MnO larning miqdori ortishi bilan ularning qovushoqligi ancha kamayadi, bu esa ularning kompleksni vayron qilish qobiliyati to‘g‘risida dalolat beradi. Oksidlar uchun sirt taranglik qiymati 200—500 kJ/m² ni tashkil qiladi. Suyuqlantirilgan silikatlarining o‘tkazuvchanligi, odatda, 0,1 —1,0 Om⁻¹ · sm⁻¹ chegarasida bo‘ladi,

Gaz fazasining tuzilishi va xossalari. Suyuqlantirish pechlarining gaz fazasi metallurgik jarayonlarning o‘tishida muhim, ayrim hollarda esa hal etuvchi rol o‘ynaydi. Gaz fazasida oddiy atomli gazlar (O₂, N₂, H₂), gazlar-oksidlar (H₂O, CO₂, CO, NO) va boshqa gazlar (CH₄, NH₃, H₂S, PH₃ va boshq.) qatnashishi mumkin.

Gaz fazasi maxsus yaratiladigan, ya’ni metallurgik jarayonda aniq bir maqsadga qaratilgan (masalan, issiqlik tashigich yoki kimyoviy reagent sifatida) bo‘lishi ham, yuzaga kelgan sharoitlar tufayli (masalan, induksion pechdagi gaz fazasi) suyuqlantirishda qatnashadigan ham bo‘lishi mumkin. Aktiv gaz fazasining hosil bo‘lish manbayi — asosiy tashkil etuvchilari uglerod va vodoroddan iborat yoqilg‘ini yoqish:



Bu reaksiyalar yoqilg'ining barcha turlari (qattiq, suyuq va gazsimon) uchun to'g'ri, chunki uglevodorodlar ham yonib CO₂ va H₂O larni hosil qiladi:



Gaz fazas komponentlarning parsial bosimlari bilan xarakterlanadi. Parsial bosimlar o'zlarining termodinamik potentsiallari bilan birgalikda u yoki bu komponentlarning boshqa fazalar va komponentlarga nisbatan aktivligini xarakterlaydi. Murakkab eritma hisoblanadigan metall va shlak suyuqlanmalari uchun termodinamik hamda kimyoviy potentsiallarni aniqlash ishi murakkabroq bo'ladi.

2.4. Eritmalar. Komponentlarning eritmalardagi termodinamik funksiyalari

Erish jarayonlari, odatda, ΔH issiqlik effekti bilan birgalikda sodir bo'ladi. Agar $\Delta H = 0$ bo'lsa, u holda eritma ideal hisoblanadi. Ideal eritmalarda komponentlar aktivligi (a) uning konsentratsiyasi (N) bilan aniqlanadi: $a = N$. Ideallik talablariga javob bermaydigan eritmalarda

$$a = \gamma \cdot N \quad (2.41)$$

bu yerda γ — aktivlik koeffitsiyenti.

1 mol erigan modda konsentratsiyasi N_0 dan N gacha o'zgarganida uning entropiyasining o'zgarishi quyidagicha:

$$\Delta S = \ln(N_0/N)$$

toza holatdan ideal holatga o'tganda ($N_0 = 1$) esa:

$$\Delta S = R \ln \frac{1}{N} = -R \ln N$$

Regular eritmalar ideal eritmalardan farqli o‘laroq, issiqlikni yutib yoki ajratib ($\Delta H \neq 0$) hosil bo‘ladi, biroq ulardagi entropiya o‘zgarishi modda konsentratsiyasining o‘zgarishi natijasida ideal eritmalardagi kabi bo‘ladi [3].

Real eritmalarda entropiyaning o‘zgarishini faqat modda konsentratsiyasining o‘zgarishi munosabati bilan emas, balki erigan moddaning eritgich bilan o‘zaro ta’siri tufayli ham hisobga olish zarur (ΔS_n), ya’ni

$$\Sigma \Delta S = -R \ln N + \Delta S_n ,$$

$$\Delta G = \Delta H + RT \ln N - T\Delta S_n$$

$\Delta G = RT \ln a$ bo‘lgani uchun tenglamani quyidagi ko‘rinishda yozish mumkin:

$$RT \ln a = \Delta H + RT \ln N - T\Delta S_n ,$$

$$\ln a = \Delta H / RT + \ln N - \Delta S_n / R .$$

Turli eritmalar hosil bo‘lganda termodinamik funksiyalarning o‘zgarishi 2.10-jadvalda ko‘rsatilgan [3].

2.10-jadval

Turli eritmalar yuzaga kelishida termodinamik funksiyalarning o‘zgarishi

Eritmaning turi, ΔH	Termodinamik funksiyalar				Eritma
	ΔS	ΔG	a	γ	
Ideal $\Delta H = 0$	$\Delta S = -R \ln N$	$\Delta G = RT \ln N$	$a = N$	$\gamma = 1$	Ni — Fe Co — Fe Mn — Fe
Muntazam $\Delta H \neq 0$	$\Delta S = -R \ln N$	$\Delta G = \Delta H + RT \ln N$	$a \neq N$ $a = \gamma N$	$lg \gamma = \frac{\Delta H}{RT}$	Si — Fe Al — Fe Cu — Fe
Real $\Delta H \neq 0$	$\Delta S = -R \ln N + \Delta S_n$	$\Delta G = \Delta H + RT \ln N + T\Delta S_n$	$a \neq N$ $a = \gamma N$	$lg \gamma = \frac{\Delta H}{RT} - \Delta S_n$	S — Fe C — Fe

Eritmalardagi kimyoviy va fizik-kimyoviy aylanishlarni tavsiflash uchun matematik ifodasi quyidagi ko‘rinishga ega bo‘lgan kimyoviy potensial tushunchasidan foydalaniladi:

$$\mu_i = \left(\frac{\delta G}{\delta n_i} \right)_{p, t, n, j (j \neq i)}$$

Bu yozuv i- komponentning kimyoviy potentsiali o‘zgarmas bosim, temperatura va qolgan komponentlarning o‘zgarmas mollar sonida ayni komponentning mollar soni bo‘yicha Gibbs energiyasi o‘zgarishining xususiy hosilasi ekanligini ifodalaydi.

μ_i kattalik komponentning eritmada chiqib ketishga intilishini, ya’ni i- komponentning kimyoviy potentsiali kichik bo‘lgan boshqa fazaga yoki, aksincha, bu kattalik katta bo‘lgan boshqa fazadan eritmaga o‘tishga intilishini xarakterlaydi.

Quyma qotishmalar suyuqlantiriladigan real sharoitlarda ko‘pincha Gibbs energiyasi tushunchasidan foydalaniladi. Unga muvofiq tenglamada konsentratsiya muvozanati konstantalari aktivliklar bilan almashtiriladi. Masalan, $2\text{Me} + \text{O}_2 = 2\text{MeO}$ reaksiya uchun muvozanat konstantasi

$$K_m = \frac{a_{\text{MeO}}^2}{a_{\text{Me}}^2 \cdot p_{\text{O}_2}}, \quad (2.42)$$

$$\Delta G = \Delta G^o + RT \ln \frac{a_{\text{MeO}}^2}{a_{\text{Me}}^2 \cdot p_{\text{O}_2}} \quad (2.43)$$

yoki
$$\Delta G = \Delta G^o + RT 2 \ln a_{\text{MeO}} - RT 2 \ln a_{\text{Me}} - RT \ln p_{\text{O}_2} \quad (2.44)$$

ga teng.

Ikkita metall uchun



almashish reaksiyasida shunday daqiqa bo‘lishi mumkinki, bunda Me, va Me_I ,

elementlar aktivligining o'zgarishi tufayli $\Delta G_I = \Delta G_{II}$, bo'ladi. Reaksiyaning o'tishida sharoitning keyingi o'zgarishi uning teskari yo'nalishda o'zgarishiga olib keladi.

Metall oksidlari uglerod bilan o'zaro ta'sirlashganda ΔG ning o'zgarishini ko'rib chiqamiz. Bu holda MeO uchun $\Delta G = f(T)$ bog'lanish va uning joylashishiga a_{Me} va a_{MeO} aktivliklarning ta'siri bilan birgalikda bu bog'lanishga nisbatan $2C + O_2 = 2CO$ uglerod oksidi hosil bo'ladigan (2.2- rasmga q.) $\Delta G - T$ chiziqning joylashishini ko'rib o'tish zarur.

$2Me + O_2 = 2MeO$ va $2C + O_2 = 2CO$ reaksiya chiziqlari kesishib o'tadigan nuqta uglerod oksidi qaytarilish reaksiyasidagi muvozanat holatga mos keladi:



Kesishib o'tish nuqtasidan o'ngroqda CO ning erkin energiyasi MeO hosil bo'ladigan erkin energiyaga qaraganda ko'proq manfiy qiymatga ega bo'ladi, binobarin, metall uglerod vositasida qaytariladi.

(2.46) uchun muvozanat konstantasi quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$K_m = \frac{a_{Me} \cdot p_{CO}}{a_{MeO} \cdot a_C} \quad (2.47)$$

Muvozanat sharti quyidagi tenglama bilan aniqlanadi:

$$\begin{aligned} \Delta G_{MeO}^o - RT \ln a_{Me} + RT 2 \ln a_{MeO} = \\ = \Delta G_{CO}^o - RT 2 \ln a_C + RT 2 \ln p_{CO} \end{aligned} \quad (2.48)$$

Uglerod aktivligining kamayishi ($a_C < 1$) muvozanat nuqtasining muvozanat temperaturasining ortish tomoniga siljishiga, uglerod aktivligining ortishi va qaytarilayotgan metall aktivligining kamayishi esa muvozanat nuqtasining temperatura pasayadigan tomonga siljishiga olib keladi. Hosil bo'ladigan uglerod oksidi bosimining ta'siri muvozanatni ikkala tomonga siljitishi mumkin. Muvozanat

temperaturasining ortishiga uglerod oksidi bosimining ortishi va aktivligining kamayishi ($a_{MeO} < 1$) yordam beradi. Ancha past temperaturalar zonasida siljishga CO bosimini pasaytirib erishiladi.

Shunday qilib, muvozanat nuqtasi qatnashayotgan komponentlarning termodinamik aktivligiga qarab, juda katta migratsiya zonasiga ega bo'ladi. Shunga o'xshash mulohazalar fluoridlar, sulfidlar, karbonatlar va boshqa birikmalar uchun ham to'g'ri. Eritmalardagi komponentlarning aktivligini aniqlash shu boisdan muhim ahamiyatga ega. Real eritmalarda aktivlik va mol ulush (2.41) ifoda yordamida bog'langan. Mol ulush va aktivlik orasidagi o'zaro bog'lanish Raul hamda Genri qonunlari vositasida aniqlanadi.

Raul qonuni ideal eritmada mol ulush bilan aktivlik orasidagi bog'lanishni aniqlaydi, ya'ni $\gamma = 1$, $a = N$. Raul qonuni $a - N$ koordinatalarda grafik ravishda 0 dan $a = 1$ va $N = 1$ nuqtaga 45° burchak ostida boradigan to'g'ri chiziqni xarakterlaydi. Agar $a = f(N)$ egri chiziq bu to'g'ri chiziq pastidan o'tsa, u holda ko'rib o'tilayotgan eritmada Raul qonunidan manfiy chetlanishlar, agar yuqoridan o'tsa, musbat chetlanishlar kuzatiladi.

Genri qonuni $a = \gamma N$ bog'lanishni ifodalaydi, bu yerda $\gamma = \text{const}$, ya'ni $a = f(N)$ — to'g'ri chiziq tenglamasi.

Aktivlikni aniqlash uchun standart holatni tanlash muhim ahamiyatga ega. Umumiy holda aktivlik o'rganilayotgan komponent bug'ining eritma ustidagi parsial bosimlari kattaligi p_i ning komponentning standart holati uchun shunday kattalikka bo'lgan nisbati bilan aniqlanadi: $p_i^0: a_i = p_i/p_i^0$.

Agar standart holat uchun sof komponent holati qabul qilinsa, u holda $a_i^{\text{max}} = 1$. Agar i - elementning qandaydir K_i^0 konsentratsiyasida $a_i = 1$ bo'lsa, u holda $K_i = K^0$ da $a_i = 1$ bo'ladi.

Metal suyuqlanmalaridagi komponentlar aktivligini aniqlash. Metall suyuqlanmalaridagi komponentlarning aktivligini aniqlash uchun ikkita standart holatdan foydalaniladi: $N_i = 1$ da $a_i = 1$ va $K_i = 1\%$ da $a_i' = 1$. Birinchi holda koeffitsiyent γ_i orqali, ikkinchi holda esa f_i orqali belgilanadi. Aktivlik koeffitsiyentlarini aniqlash uchun cheksiz suyul- tirilgan eritmada aktivlik

koeffitsiyenti (γ_i^∞) tushunchasidan foydalaniladi [8].

Ko‘p komponentli eritmalar, masalan, temir uglerodli qotishmalar uchun eritma komponentlarining o‘zaro ta’sirini hisobga olish zarur. Bu maqsadda aniqlanadigan tenglamaga kiradigan va o‘zaro ta’sir parametrlari deb ataladigan parametrlardan foydalaniladi:

$$\ln \gamma_i = \ln \gamma_i^\infty + \sum_{j=2}^n \varepsilon_i^j N_j + \sum_{j=2}^n \rho_i^j N_j^2 + \sum_{j=2}^n \sum_{k=2}^n \rho_i^{j,k} N_j \cdot N_k \quad (2.49)$$

j<k

bu yerda: $\varepsilon_i^j, \rho_i^j, \rho_i^{j,k}$ — o‘zaro ta’sir parametrlari.

$K_i = 1\%$ bo‘lgan standart holat uchun

$$\lg f_i = \sum_{j=2}^n e_i^j K_j + \sum_{j=2}^n r_i^j K_j^2 + \sum_{j=2}^n \sum_{k=2}^n r_i^{j,k} K_j \cdot K_k \quad (2.50)$$

j<k

bu yerda e_i^j, r_i^j va $r_i^{j,k}$ — shuningdek, o‘zaro ta’sir parametrlari.

Metall suyuqlanmalardagi komponentlarning aktivligini hisoblash uchun γ_i ning son qiymatlari va o‘zaro ta’sir parametrlarini bilish zarur.

Temir uglerodli qotishmalar uchun 2.11-jadvalda ba’zi bir ma’lumotlar keltirilgan. 1873 K da γ_i^∞ ni aniqlash uchun kerak bo‘lgan ma’lumotlar shu jadvalning o‘zidan topiladi. Boshqa temperaturalarda hisob quyidagi formula bo‘yicha bajariladi:

$$\Delta G^\infty = RT \ln \gamma_i^\infty + RT \ln N_i \quad (1\%) \quad (2.51)$$

va undan γ_i^∞ aniqlanadi.

Bu yerda

$$N_{i(1\%)} = \frac{M_1}{100 \cdot M_i}$$

bunda M_1 — eritgich (temir)ning atom massasi; M_i — elementning massasi.

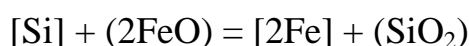
2.11- jadval

**Temirdagi ba'zi bir elementlar eritmalarining
termodinamik ma'lumotlari**

Eritgan element	γ_i^∞ 1873 K da	Temperaturo- raviy bog'liqlik ΔG_i^∞ , J/g · atom	j- element uchun 1873 K da $e_i^j - 100$ o'zaro ta'sir parametrlari						
			C	Si	Mn	Cr	Ni	S	P
C	0,57	22609 -42,29 T	14	8	-1,2	-2,4	1,2	4,6	5,1
Si	0,0013	-31884 -17,33 T	18	11	0,2	-0,03	0,5	5,6	11
Mn	1,3	5527 -39,15 T	-7	0	0	—	—	-4,8	-0,35
Cr	1,0	37,68 T	-12	-0,43	—	-0,03	0,02	-2	-5,3
Ni	0,66	-18003 -32,66 T	4,2	0,57	—	-0,03	0,09	-0,37	-0,35
S	—	-72013 -10,26 T	11	6,3	-2,6	-1,1	0	-2,8	29
P	—	-131884 -17,33 T	13	12	0	-3	0,02	2,8	6,2

Shlak suyuqlanmalaridagi komponentlar aktivligini aniqlash. Shlak komponentining aktivligi birinchi yaqinlashuvda uning eritmadagi konsentratsiyasiga teng: $a_{KA} = N_{KA}$ (bu yerda: K— kation, A — anion) yoki $a_{MeO} = N_{MeO}$ va h.k. Shlak suyuqlanmalari tuzilishining molekular nazariyasida komponentlar aktivligini aniqlashda cheklanish erkin va erkinmas konsentratsiyalar ko'rinishida kiritiladi, ya'ni $a_{MeO} = N_{MeO}^{erkin}$. Erkin konsentratsiyalarni Shenk konstantasi asosida hisoblab topish mumkin [9]. Qiyinchilik shlakda mavjud bo'lgan kimyoviy birikmalarni tanlashdan, shuningdek, tenglamalarning juda ko'p

sonini birgalikda yechish zaruriyatidan iborat. Shunga qaramasdan, ma'lum aniqlik darajasi bilan foydalaniladigan konstantalar hisoblab topilgan sharoitlarga yaqin bo'lgan sharoitlarda shlak komponentining aktivligini aniqlashga erishiladi. Shlak komponentlarining aktivligiga oid tajriba ma'lumotlari ularning molekular tarkibi uchun keltiriladi, chunki bu amalda foydalanishda qulay bo'ladi. Masalan,



reaksiya uchun spravochniy ma'lumotlardan [8] a_{FeO} ni aniqlab va Shenk konstantalari bo'yicha $a_{\text{SiO}_2} = N_{\text{SiO}_2}^{\text{erkin}}$ ni hisoblab topib, bu reaksiyaning muvozanat konstantasi bo'yicha [Si] muvozanat konsentratsiyani hisoblash mumkin:

$$K_m = \frac{a_{\text{Fe}}^2 \cdot a_{\text{SiO}_2}}{a_{\text{Si}} \cdot a_{\text{FeO}}}$$

Lekin buning uchun avval a_{Si} aniqlanadi, so'ngra esa $a_{\text{Si}} = \gamma_{\text{Si}} N_{\text{Si}}$ bog'lanish bo'yicha $RT \ln K_m = -\Delta G^\circ$ ekanligini nazarda tutib [Si] aniqlanadi yoki teskari masala yechiladi: metallidagi kremniyning ma'lum bo'lgan muvozanat miqdori bo'yicha a_{SiO_2} aniqlanadi.

Molekular nazariya nafaqat shlaklar tarkibini tavsiflash uchun, balki barcha termodinamik hisoblashlar uchun asos bo'lib xizmat qiladi, chunki istalgan nazariyadan foydalanilganda a_{MeO} kattalik muvozanatlarni hisoblash uchun qo'llaniladi.

Shlaklar tuzilishining ion nazariyasi ikkita asosiy modelga ega: takomillashgan ion eritmaları va muntazam ion eritmaları. Birinchi modelga muvofiq

$$a_{K_i A_j} = x_{K_i} \cdot x_{A_j}$$

Bunda:

$$x_{K_i} = \frac{n_{K_i}}{\sum n_K} \text{ va } x_{A_j} = \frac{n_{A_j}}{\sum n_A},$$

bu yerda: x_{K_i} va x_{A_j} — mos ravishda K_i va A_j larning mol ulushlari; n_{K_i} va n_{A_j} — mos ravishda kation va anionlarning soni; $\sum n_K$ va $\sum n_A$ — 100 kg shlakdagi kationlar va anionlarning umumiy soni.

Sof oksid suyuqlanmasi uchun $x_{A_i} = \frac{n_0}{n_0} = 1$ va $a_{K_i A_j} = a_{K_i}$.

Aktivliklarning shunday tarzda hisoblab topilgan qiymatlaridan foydalanib, birinchi yaqinlashishda reaksiya muvozanatini hisoblash mumkin. Lekin ko‘pchilik shlaklar uchun tajriba ma’lumotlaridan sezilarli chetga chiqishlar kuzatilgan. Bir maromli ion eritmaları nazariyasidan foydalanib, aktivlikni ancha aniq aniqlash mumkin. Bu nazariya turli ionlarning siljish energiyasini hisobga oladi. Masalan, binar suyuqlanmadagi FeO uchun

$$\mu_{FeO} = \mu_{FeO}^0 + RT \ln x_{Fe} + x_{Mn}^2 \cdot Q_{Mn-Fe}$$

bu yerda: x — Temkin bo‘yicha ion ulushlari; Q_{Mn-Fe} — siljish energiyasi.

Bir maromli ion eritmaları nazariyasidan foydalanish V.A.Kojeurovga [16] asosli shlaklar uchun quyidagi formulani olishga imkon berdi:

$$\lg \gamma_{FeO} = \frac{1000}{T} [2,18x_2x_5 + 5,9(x_3 + x_4)x_5 + 10,5x_3x_6],$$

$$\lg \gamma_{MnO} = \lg \gamma_{FeO} - \frac{2180}{T} x_5,$$

$$\lg \gamma_{SiO_2} = -3,15(x_1 + x_2 + x_5)x_5$$

bu yerda: x — ion ulushlar (indekslar: 1 — Fe; 2 — Mn; 3 — Ca; 4 — Mg; 5 — Si; 6 — P) ni ifodalaydi.

Kislotali shlaklar uchun ideal eritmalaridan ishorasi o‘zgaravchan chetlanishlar xarakterlidir va ularni, albatta, hisobga olish zarur. Masalan, CaO—SiO₂—Al₂O₃ sistema uchun quyidagi formulalar keltiriladi:

$$\begin{aligned} \lg \gamma_{CaO} = & -(8x_2 + 4,5x_3)(1 - x_1) + (7x_2^2 + 5,5x_3^2)(1 - 2x_2) + \\ & + 4x_2x_3 + 0,3 \end{aligned}$$

bu yerda indekslar: 1 — Ca, 2 — Si, 3 — Al ni ifodalaydi.

A.G.Ponamarenko [9] shlakning kation komponentlarining aktivligini quyidagi formula bo'yicha hisoblashni taklif qiladi:

$$a_{(i)} = C_{(i)} \cdot \Psi_i ,$$

bu yerda: $C(i)$ — shlakdagi i - elementning atom ulushlarida ifodalangan to'la analitik konsentratsiyasi; Ψ_i — aktivlikning atom koeffitsiyenti:

$$\Psi_i = \left(\sum_{j=1}^k C(j) e^{\frac{-\varepsilon_{ij}}{RT}} \right)^{-1} ,$$

bu yerda; k — shlak komponentlarining to'la soni; ε_{ij} — almashinish energiyasi,

$$\varepsilon_{ij} = \frac{1}{2} (\chi_i^{\frac{1}{2}} - \chi_j^{\frac{1}{2}})^2 .$$

i va j elementlarning atom parametrlari va χ_i va χ_j bilan belgilanadi. χ ning qiymatlari 2.12- jadvalda keltirilgan.

Shlak suyuqlanmalaridagi komponentlar aktivligini aniqlash metodlaridan qaysi birini tanlash hisob ma'lumotlari qanchalik eksperimental ma'lumotlarga to'g'ri kelishiga bog'liq.

2.12- jadval

Elementlarning energetik parametrlari

Element	χ	Element	χ	Element	χ	Element	χ
O	300	Al	30	S	189	Fe	80
F	369	Si	41	Ca	25	Cu	100
Mg	35	P	49	Mn	60	Zn	58

2.5. Fazalar o‘zaro ta’sir jarayonlarining mexanizmi

Suyuqlantirish vaqtida quyma qotishma tarkibining shakllanishi suyuqlantirishda qatnashadigan turli fazalar komponentlarining qator ketma-ket yoki parallel o‘tadigan geterogen o‘zaro ta’sirlari natijasida sodir bodadi.

Geterogen o‘zaro ta’sir quyidagi bosqichlardan iborat:

- dastlabki komponentlarning ajralish sirtida diffuziyalanishi;
- ajralish sirtida adsorbsiyalanish;
- kimyoviy akt (yoki komponentlarning erishi);
- reaksiya mahsulotlarining desorbsiyasi;
- reaksiya mahsulotlarining bitta yoki ikkita fazaga diffuziyalanishi.

Har qaysi bosqich mexanizmini ketma-ket ko‘rib chiqamiz.

Diffuziya — bir-biriga tegib turgan moddalar zarrachalarining issiqlik harakati natijasida o‘zaro bir-birining ichiga kirishidan iborat. Diffuziya modda konsentratsiyasining kamayish yo‘nalishida sodir bo‘ladi va uning butun hajm bo‘ylab bir tekis taqsimlanishiga (kimyoviy potensialning to‘g‘rilanishiga) olib keladi .

Jismlarda bo‘lgan begona moddalarning zarrachalari ham, xususiy zarrachalari ham diffuziyalanishi mumkin (o‘z-o‘zidan diffuziyalanish). Diffuziya gazlarda juda tez sodir bo‘ladi. Gazda zarrachalarning harakati tartibsiz bo‘lishi tufayli, haqiqiy yo‘l uzunligi konsentratsiya kamayadigan yo‘nalishdagi to‘g‘ri yo‘l uzunligidan sezilarli kattadir. A.Eynshteyn istalgan diffuzion jarayonlar uchun to‘g‘ri bo‘lgan quyidagi munosabatni olgan:

$$\bar{L}^2 \sim Dt ,$$

bu yerda: \bar{L} — zarrachaning o‘rtacha siljishi; D — proporsionallik koeffitsiyenti; t — diffuziya vaqti.

Suyuqliklarda diffuziya molekularning bitta turg‘un holatdan boshqasiga

sakrab o'tishi natijasida amalga oshadi. Energetik jihatdan foydali bo'lgan yangi holatga har bir sakrash molekulalar orasidagi masofadan katta bo'lmaydi. Suyuqlikdagi diffuziyaga ishqalanish bilan bo'ladigan harakat deb qaraladi va unga Eynshteynning ikkinchi munosabatini qo'llash mumkin:

$$D \sim U k T$$

bu yerda: U — diffuziyalanuvchi zarrachalarning harakatlanuvchanligi; k — Bolsman doimiysi.

Qattiq jismlarda ham diffuziya sodir bo'ladi, lekin uning tezligi juda kichik bo'ladi. Qattiq jismlardagi diffuziyaning bir nechta sababi bo'lishi mumkin: atomlarning vakansiyalar bilan o'rin almashishlari, atomlarning tugunlar orasida siljishi, bir nechta atomning bir yo'la siklik siljishi, ikkita qo'shni atomning o'rin almashishi. Masalan, qattiq eritmalar hosil bo'lganda o'rin egallash atomlar bilan vakansiyalar orasidagi o'rin almashtirishdan ustunlik qiladi. Joriy etiladigan qattiq eritmalarining hosil bo'lishida atomlarning tugunlararo siljishi ustunlik qiladi. Qattiq jismlarda diffuziya koeffitsiyenti D kristall panjara nuqsonlariga nihoyatda ta'sirchan bo'ladi. Nuqsonlar sonining ortishi diffuziyaning o'sishiga olib keladi. Temperatura ortganda D ning qiymati juda ortadi. Masalan, misning ruxga diffuziyalanishi temperatura 20 dan 300 °C gacha ortganda kuzatiladi, ya'ni D kattalik 10^{14} marta ortadi.

Diffuziya massa uzatish usullaridan biri hisoblanadi. Uning kinetikasi quyida ko'rib o'tiladi. Diffuzivani harakatlantiruvchi kuch konsentratsiyadan tashqari temperatura (termodiffuziya), bosim (barodiffuziya), elektr maydon (elektr diffuziya) bo'lishi mumkin. Qattiq jismlarda diffuziya faza hajmida sodir bo'ladi. Fazalarning ajralish chegarasidan o'tish esa sirtiy hodisalar va kimyoviy akt mexanizmi yoki erishga bog'liq.

Quyma qotishmalarni suyuqlantirish jarayonida sirtiy hodisalar juda katta rol o'ynaydi. Fazalarning ajralish chegarasidagi sirtiy hodisalar bilan po'lat qaynayotganda va metallmas qo'shilmalarning degazatsiyalanishida murtak hosil

bo‘lish jarayonlari, shuningdek, ularning yiriklanishi, chiqarib yuborilishi va boshqa ko‘p hodisalar bog‘liq.

Moddaning sirtqi qatlamlaridagi xossalari uning hajmidagi xossalardan juda farq qiladi. Parchalanish darajasi ortganda sirtning ta’siri ancha sezilarli bo‘ladi. Masalan, agar qirrasining uzunligi 1 sm bo‘lgan kubni olsak, uning sirti 6 sm^2 ga teng bo‘ladi. Agar uni qirrasining uzunligini 10 \AA ga teng kubchalarga «ajratsak», unda sirt 6000 m^2 ga teng bo‘ladi. Hajm ichida zarrachalarga ta’sir qiladigan zarrachalararo kuchlar muvozanatlashgan, sirtida esa muvozanatlashmagan bo‘ladi. Natijada suyuqlik sirti o‘z yuzasini eng kichik o‘lchamgacha qisqartirishga intiladi. Bu hodisa sirt taranglik deb ataladi. Ma’lum shakldagi tomchilarning hosil bo‘lishi, suyuqlikning kapillarlarida ko‘tarilishi, ularning g‘ovak qattiq jismga kirishi sirt taranglik kuchlarining ta’siri natijasida sodir bo‘ladi.

Sirt taranglik koeffitsiyenti σ uzunlik birligiga ta’sir qiladigan kuch (N/m) yoki yuza birligining hosil bo‘lishiga sarflangan ish (J/m^2) sifatida aniqlanadi. Oxirgi holat adgezjya kattaligini, ya’ni ikkita suyuq fazani (masalan, metall va shlakni) ajratishga sarflangan ishni aniqlashga imkon beradi:

$$A_a = \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_{1-2} ,$$

bu yerda: σ_1 — suyuqlik 1 ning sirt tarangligi; σ_2 — suyuqliklarning gaz fazasi bilan chegarasida 2 suyuqlik uchun sirt taranglik; σ_{1-2} — ajralish yuzasi 1—2 dagi fazalararo taranglik.

Kogeziya, ya’ni bir jinsli muhitni buzish uchun sarflangan ish adgezianing xususiy holi hisoblanadi. Bu ish ikkita yangi ajralish sirtlari suyuqlik — gazning hosil bo‘lishi uchun sarflangan ishga teng:

$$A_k = 2\sigma_1 ,$$

bu yerda: σ_1 —suyuqlik 1 ning gaz fazasi bilan chegarasidagi sirt taranglik.

Reaksiyaga kiradigan fazalar sirt qatlaminin tarkibi ularning hajmdagi tarkibidan tafovutlanadi, bu esa adsorbsiya hodisalariga bog‘liq. Kondensatsiyalangan faza yuzasi gaz bilan kontaktlashganda bo‘ladigan adsorbsiya natijasida uning ozroq miqdori qattiq modda sirtida ushlab qolinadi. Adsorbsiyaning ikkita turi mavjud: fizik adsorbsiya va xemosorbsiya.

Fizik adsorbsiya barcha qattiq moddalarda kuzatiladi. Uning ta’siri natijasida gaz molekulari sirtida ushlab qolinadi. Jarayon biror miqdorda (adsorbsiyalangan gazning 40 J/mol igacha) issiqlik ajralib chiqish bilan sodir bo‘ladi. Gaz bosimi ortishi bilan empirik tenglamaga muvofiq adsorbsiyalanish darajasi ortadi:

$$\omega = k \cdot p^n$$

bu yerda: ω — adsorbentning birlik massasi bilan adsorbsiyalangan gaz miqdori; k va n — konstantalar ($n < 1$).

Temperatura ortishi bilan adsorbsiya darajasi kamayadi. Shu sababli, adsorbsiyaning bu turi past va o‘rtacha past temperaturalarda, ayniqsa, muhimdir. Sirtida adsorbsiyalangan gaz bir nechta molekular qatlamlarni hosil qiladi, deb hisoblanadi, chunki Van-der-Vaals kuchlari molekularning bitta qatlamidan boshqasiga tarqalishi mumkin.

Xemosorbsiya elektron juftlarning hosil bo‘lishida yoki gaz molekulari bilan adsorbent orasidagi kimyoviy bog‘lanish natijasida elektronlarning almashinishida sodir bo‘ladi. Elektronlar gaz molekularidan qattiq moddaga va aksincha, qattiq moddadan gaz molekulariga o‘tishi mumkin. Bunda qattiq moddaning elektron xossalari o‘zgaradi.

Eritma sirtidagi adsorbsiya Gibbs formulasi yordamida tavsiflanadi:

$$G_i = - \frac{C_i}{RT} \cdot \frac{d\sigma}{dC_i}$$

bu yerda: G_i — adsorbsiyalangan modda miqdori, mol/m²; C_i — konsentratsiya,

mol/m^3 ; σ — sirt taranglik, J/m^2 ; R — universal gaz doimiysi, $\text{J/mol} \cdot \text{K}$.

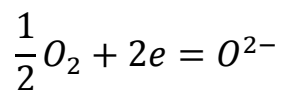
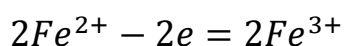
Metallurgik jarayonlar uchim eritmalar jumlasiga kiritish mumkin bo'lgan suyuqlanmalar sirtidagi adsorbsiya juda katta ahamiyatga ega,

Erish jarayoni termodinamik muvozanatdagi sistema hosil qiluvchi ikkita yoki undan ortiq komponentlarning makroskopik bir jinsli aralashmalarining hosil bo'lish jarayonidan iboratdir.

Eritmada barcha komponentlar molekular-dispers holatda bo'ladi. Ular alohida atomlar, molekulalar, ionlar yoki bu zarrachalarning uncha katta bo'lmagan sonidan iborat guruhlar ko'rinishida bir tekis taqsimlangan. Eritmalar gazsimon, suyuq va qattiq bo'lishi mumkin. Suyuqlantirish jarayonlari uchim suyuq metalli va shlakli eritmalarining hosil bo'lishi muhim ahamiyatga ega.

Erish mexanizmi eritgich va eritiladigan komponentlarning xusu- siyatiga bog'liq. Erish kimyoviy, solvatatsion va dispers erish turlari bilan farqlanadi.

Kimyoviy erish turida eritgich va eriydigan modda reaksiyaga kirishadi, buning natijasida uning komponentlaridan biri eritmada qoladi. Masalan, rux xlorovodorod kislotasida o'zining H^+ ionlarini elektroneytral vodorodgacha qaytara olish qobiliyati hisobiga eriydi. Bunda rux eritmaga ionlar ko'rinishida o'tadi. Tarkibida o'zgaruvchan valentli ionlari bo'lgan shlak suyuqlanmasida kislorodning erishi shu mexanizmning o'ziga asoslangan:



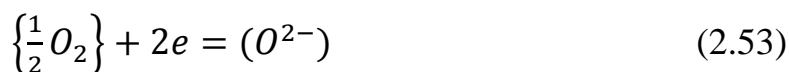
Eriydigan modda va eritgich zarrachalarning assotsiatsiyalangan guruhlarini tashkil etadigan holdagi jarayon solvatatsiya (suvli eritmalarda gidrotatsiya) deb ataladi. Bunda eriydigan modda zarra- chalari bamisoli eritgichning zarrachalari bilan o'rab olinadi va kompleks hosil qiladi. Masalan, ohak kislotali shlaklarda eritilganda Ca^{2+} ion SiO_4^{4-} ionlarning qurshoviga tushib qoladi. Natijada $\text{Ca}_{x_1}\text{Si}_{x_2}\text{O}_y^{z-}$ komplekslar hosil bo'ladi.

Uchinchi erish mexanizmiga dispersion effekt sabab bo‘ladi. Ba’zi bir gazlar, suyuqliklar va hatto qattiq jismlarda molekulalar bir-biri bilan molekulalararo ta’sir kuchlari bilan shunchalik bo‘sh bog‘langanki, o‘rinlarini o‘ziga o‘xshash moddalarning molekulalari bilan almashtirib siljishlari mumkin. Bunda energetik o‘zgarishlar juda kam bo‘ladi.

Ajralish sirtidagi kimyoviy akt — fazalarning o‘zaro ta’sir mexanizmidagi markaziy momentdir. Ko‘pchilik geterogen reaksiyalar o‘zining tabiati bo‘yicha elektrokimyoviy hisoblanadi. Masalan, temirning oksidlanish reaksiyasi



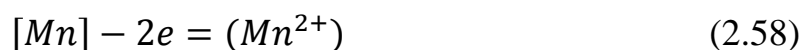
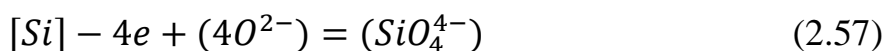
katod (2.53) va anod (2.54) bosqichlardan iborat:



Shlakda Fe^{2+} ionlarning bo‘lishi C, Si, Mn kuyindining ion almashinuv reaksiyasining rivojlanishiga imkon beradi. Bunda katod bosqichi endi temirning qaytarilishi hisoblanadi:



anod bosqichi esa mazkur temperaturada tarkibidagi ΔG ning qiymati kichik bo‘lgan aralashmaning oksidlanishidan iborat:



Har bir $Me - ze \rightarrow Me^{z+}$ elektrod jarayoni uchun elektrod potensialining ma'lum qiymati mavjud:

$$\varphi_{Me} = \varphi_{Me}^0 + \frac{RT}{zF} \ln \frac{a_{Me}^{z+}}{a_{Me}} \quad (2.59)$$

bu yerda: φ_{Me}^0 — berilgan metall uchun standart elektrod potentsiali; F — Faradey soni; a_{Me}^{z+} va a_{Me} — mos ravishda shlak va metalldagi metall ionlari va atomlarining aktivligi.

Elektrod potentsiallarining qiymati erkin energiya kattaligi bilan quyidagi ifoda vositasida bog'langan:

$$\Delta G = -zF(\varphi_0^0 - \varphi_{Me}^0) \quad (2.60)$$

bu yerda: φ_0^0 — kislorodning elektrod potentsiali (amaliy maqsadlar uchun $\varphi_0^0 = 0$ qabul qilinadi va unga nisbatan φ_{Me}^0 shkalasi beriladi).

Konkret suyuqlantirish sharoitlari uchun φ_{Me}^0 kattalik elementning shlakdan metallga va aksincha, metallan shlakka o'tishi bilan bog'liq. Shu sababli, $Me \rightarrow [Me]$ jarayon uchun, ya'ni elementlarning suyuqlanmaga o'tishi uchun oksiddan tashqari, ΔG kattalik hisobga olinishi kerak.

Elektrokimyoviy muvozanat holatida, ya'ni $[Fe] - 2e = (Fe^{2+})$ reaksiya uchun i_{Fe} nolga teng bo'lganda fazalarning ajralish chegarasida elektr potentsial sakrashi paydo bo'ladi. Natijada metallning chegaradagi qatlami musbat zaryadlanadi, shlakning ionli suyuqlanmasida esa qo'sh elektr qatlami hosil bo'ladi. Ionlar orasidagi tortishish birinchi qatlamdan keyin qarama-qarshi belgili ortiqcha zaryadlarning paydo bo'lishiga olib keladi. Bu hodisa elektrostatik kuchlar bo'shashgan sari sekin-asta so'nuvchi manzarani yaratgan holda yana bir necha bor suyuqlanma ichkarisi tomon takrorlanib boradi.

Diffuziya, erish, kimyoviy akt ma'lum tezlikda odadi. Ularni o'rganish bilan kinetika shug'ullanadi.

2.6. Metallurgik jarayonlar kinetikasi

Geterogen reaksiyalar kinetikasi. Tezliklarning uchta bosqichi farqlanadi: reaksiyaga kiradigan moddalarni fazalarning ajralish sirtiga ko‘chirish, reaksiyalarning o‘zi va reaksiya mahsulotlarini reaksiya bo‘ladigan zonadan chetlatish.

Jarayonning umumiy tezligi eng sekin odadigan bosqichning tezligiga teng (agar bu tezlik qolganlaridan ancha kichik bo‘lsa). Agar barcha tezliklar bir tartibda bo‘lsa, unda jarayonning tezligi taqqoslanayotgan tezliklarning eng sekini bilan aniqlanmaydi.

Agar reaksiyaga kiradigan moddalarni keltirish yoki reaksiya mahsulotlarini olib ketish tezligi reaksiyaning o‘zining tezligidan kichik bo‘lsa, unda jarayon diffuzion zonada, agar sekin bosqich reaksiyaning o‘zi bo‘lsa, unda jarayon kinetik zonada sodir bo‘ladi, deb hisoblanadi.

Massa uzatish jarayonlarining tezligi massa oqimi M (kg/s) yoki moddalar miqdorining oqimi J (mol/s), shuningdek, ularning massa oqimining zichligi m (kg/s · m²) va modda miqdori j (mol/s · m²) deb ataladigan solishtirma qiymatlari bilan baholanadi. Biror vaqt ichida Ω yuza orqali uzatilgan massa $M_\tau = m\Omega\tau$ formula bo‘yicha aniqlanadi. Mos ravishda $J_\tau = j\Omega\tau$ modda miqdori aniqlanadi.

Ko‘chirishning asosiy qonunlaridan biri Fik qonuni hisoblanadi, unga muvofiq oqim zichligi massa uzatish harakatlantiruvchi kuchining gradiyentiga proporsional:

$$dm = -D \frac{d\rho}{dx} \text{ yoki } \frac{dM_\tau}{d\tau} = -D\Omega \frac{d\rho}{dx} \quad (2.61)$$

bu yerda: ρ — diffuzion komponentning parsial zichligi, kg/m³; D — diffuziya koeffitsiyenti, m²/s; x — diffuziya yo‘li.

Modda miqdori oqimining zichligi quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$dj = -D \frac{dC}{dx} \text{ yoki } \frac{dJ_\tau}{d\tau} = -D\Omega \frac{dC}{dx} \quad (2.62)$$

bu yerda C — konsentratsiya, mol/m^3 .

(2.61) va (2.62) tenglamalardagi minus ishora Fik qonuniga muvofiq moddaning siljishi konsentratsiyaning kamayishi tomon sodir bo'lishini ko'rsatadi.

Konsentratsiya gradiyenti diffuzion qatlamning δ_d qalinligi bilan xarakterlanadi, bu qatlam chegarasida konsentratsiya C hajmiy qiy- matdan C^ω sirtiy qiymatgacha o'zgaradi.

Agar taqsimlanish chiziqli deb hisoblansa, unda

$$\frac{dC}{dx} = \frac{C^\omega - C}{\delta} \text{ yoki } j = \frac{D}{\delta} (C^\omega - C) = \beta (C^\omega - C), \quad (2.63)$$

bo'ladi, bu yerda: δ — diffuzion qatlamning effektiv qalinligi; $\frac{D}{\delta} = \beta$ — diffuziya yordamida massa uzatish koeffitsiyenti, m/s .

Umumiy holda, ya'ni massa uzatishning barcha uchta bosqichi uchun massa uzatish koeffitsiyenti quyidagicha bo'ladi:

$$k = \frac{1}{1/\beta_1 + 1/\alpha + 1/\beta_2},$$

bu yerda; α — fazalararo massa uzatish koeffitsiyenti, u kimyoviy reaksiya yoki erish tezligini xarakterlaydi.

Harakatlanayotgan muhitda modda nafaqat diffuziya bilan, balki konveksiya bilan ham ko'chiriladi. Biror ρ zichlikka ega bo'lgan ara- lashmaning qandaydir hajmini v tezlik bilan siljitganda massa ko'chishi sodir bo'ladi: $m_k = \rho v$. Molekular va konvektiv ko'chirish hisobiga massa oqimining yig'ma zichligi quyidagi tenglamadan aniqlanadi:

$$m = m_k + m_d.$$

Bu holda konvektiv diffuziyaning differensial tenglamasidan foydalaniladi:

$$\frac{\partial \rho}{\partial \tau} = D \nabla^2 \rho - \left(v_x \frac{\partial \rho}{\partial x} + v_y \frac{\partial \rho}{\partial y} + v_z \frac{\partial \rho}{\partial z} \right) - \rho \operatorname{div} v . \quad (2.64)$$

$v = \text{const}$ bo'lganda (2.64) da o'ng qismning oxirgi hadi nolga teng. Unda

$$\frac{\partial \rho}{\partial \tau} + v_x \frac{\partial \rho}{\partial x} + v_y \frac{\partial \rho}{\partial y} + v_z \frac{\partial \rho}{\partial z} = D \nabla^2 \rho . \quad (2.65)$$

Shunga o'xshash, (2.65) tenglamani quyidagi ko'rinishda tasavvur etish mumkin:

$$\frac{\partial C}{\partial \tau} + v_x \frac{\partial \rho}{\partial x} + v_y \frac{\partial \rho}{\partial y} + v_z \frac{\partial \rho}{\partial z} = D \nabla^2 C . \quad (2.66)$$

Bir o'lchovli masala uchun (2.66) tenglamadan Fikning ikkinchi tenglamasi chiqariladi:

$$\frac{\partial C}{\partial \tau} = D \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} , \quad (2.67)$$

bu formuladan, odatda, eksperiment ma'lumotlari bo'yicha diffuziya koeffitsiyentini hisoblab topish uchun foydalaniladi.

(2.61) — (2.67) tenglamalar bo'yicha barcha hollar uchun hisoblashlar o'tkazib bo'lmaydi. Ba'zan tuyulma massa uzatish koeffitsiyenti k^v tushunchasidan foydalaniladi. U element massa oqimi zichligining uning bir protsent K konsentratsiyasiga bo'lgan nisbatidan iborat:

$$k^v = \frac{dM_\tau}{\Omega \cdot d\tau \cdot K} , \quad (2.68)$$

k^v kattalik $\text{kg/m} \cdot \text{s} \cdot \%$ larda o'lchanadi (konsentratsiya protsenti shu sababli kiritilganki, amaliy hisoblashlarda qotishma tarkibini xarakterlash uchun ayni shu kattalik ishlatiladi).

Metalining massasi M_{Σ} o'zgaras bo'lgan suyuqlantirish zonasida i- element massasining o'zgarishi quyidagi tenglamadan aniqlanadi:

$$dM_i = M_{\Sigma} \cdot dK_i \cdot 10^{-2} \quad , \quad (2.69)$$

bu yerda $M_i = \frac{M_{\Sigma} K_i}{100}$ — i- element massasi.

$$dK = 10^2 \cdot k^v \frac{K}{M_{\Sigma}} \cdot \Omega d\tau \quad , \quad (2.70)$$

$k^{v'} = k^v \cdot 10^2$ belgilash kiritamiz, unda $dK = k^{v'} \cdot K \frac{\Omega}{M_{\Sigma}} d\tau$ yoki $\frac{dK}{K} = k^{v'} \cdot \frac{\Omega}{M_{\Sigma}} d\tau$ bo'adi. Bu tenglamani K^0 dan K gacha va 0 dan τ (massa uzatish vaqti) gacha integrallab, shuningdek, shixta materiallarining solishtirma yuzasi $\omega = \frac{\Omega}{M_{\Sigma}}$ (m^2/kg) ni kiritib, quyidagiga ega bo'lamiz:

$$K = K^0 \exp(k^{v'} \omega \tau) \quad (2.71)$$

Tuyulma massa uzatish koeffitsiyenti uning haqiqiy konstantalari bilan quyidagi munosabatlar yordamida bog'langan:

$$k^v = \frac{\beta(C_0 - C_{\omega})M_m}{K}$$

bu yerda M_m — komponent molining massasi, kg/mol;

$$k^v = \frac{a \cdot C \cdot M_m}{K}$$

k^v koeffitsiyent yordamida real suyuqlantirish jarayonlarining murakkab sharoitlari uchun massa uzatishning matematik modelini yasash mumkin.

Yuqorida ko‘rsatib o‘tilganidek, o‘zaro ta’sirning ko‘p turlari elektrokimyoviy hisoblanadi. Bu o‘zaro ta’sirlar kinetikasi elektro-kimyoviy xarakteristikalar yordamida tavsiflanadi.

Elektrokimyoviy kinetikaning asosiy holatlari

Elementlarning shlak ostida oksidlanish kinetikasi elektrokimyoviy kinetika tenglamasiga bo‘ysunadi [5]:

$$i = \nu_n F = i_0 \frac{C_{Red}^\omega}{C_{Red}} e^{\frac{\beta n F}{RT}(\varphi - \varphi_p)} - i_0 \frac{C_{Ox}^\omega}{C_{Ox}} e^{\frac{-\alpha n F}{RT}(\varphi - \varphi_p)}, \quad (2.72)$$

bu yerda: i — almashinuv toki; n — stexiometrik koeffitsiyent; F — Faradey soni; i_0 — koeffitsiyent α ning analogi bo‘lgan «nolinchi» almashinuv toki, ya’ni massa ko‘chirish koeffitsiyenti; C_{Red} — ionlar qaytarilish shaklining konsentratsiyasi; C_{Ox} — ionlar oksidlanish shaklining konsentratsiyasi; C^ω — sirtiy konsentratsiyalar; α va β — ko‘chirish sonlari; φ va φ_p — potenciallar.

Shunday qilib, elektrod reaksiyasining tezligi potensialning haqiqiy va muvozanat qiymatlari orasidagi ayirmaga bog‘liq. Qutbiylik η deb ataladigan bu ayirma jarayonning qaytmovchanlik o‘lchovidir. Qutbiylik qiymati kichik bo‘lganda sistema muvozanatga yaqin bo‘ladi va razryad kvaziqaytar o‘tadi. Agar qutbiylik qiymati katta bo‘lsa, qaytaruvchi reaksiya tezligini hisobga olmasa bo‘ladi va (2.72) tenglamaning o‘ng qismidagi birinchi qo‘shiluvchinigina hisobga olish mumkin.

II BOB NAZORAT SAVOLLARI

1. Moddalar tuzilishi, xossalari haqida asosiy tushunchalar va ta'riflar.
2. Moddalarning tuzilishi.
3. Oksidlanish va qaytarilish reaksiyalari deganda nimani tushunasiz?
4. Termodinamikaning qanaqa qonunlarini bilasiz?
5. Metallurgik fazalarning tuzilishi.
6. Shlaklarning tuzilishi va xossalari.
7. Qattiq fazalar deganda nimalarni tushunasiz?
8. Gaz fazalarining tarkibi.
9. Suyuq metall fazasi.
10. Fazalarning o'zaro ta'siri jarayonining mexanizmi.
11. Diffuziya nima?
12. Kogeziya, adsorbsiya nima?

III BOB. QUYMA QOTISHMALARNI SUYUQLANTIRISH

3.1. Shixta materiallari Metall shixta materiallari

Klassifikatsiyasi va umumiy xarakteristikasi. Metall shixta uchun asos sifatida birlamchi va ikkilamchi qora va rangli metallar hamda ligaturalardan foydalaniladi. Birlamchi — metallurgiya sanoatining ruda materiallaridan olinadigan va quyma ko‘rinishida yetkazib beriladigan mahsulotidir. Ikkilamchi — temir-tersak va metall hamda qotishma chiqindilari, shuningdek, temir-tersak va chiqindilardan suyuqlantirib olingan rangli metallarning qotishmalaridan iborat. Temir-tersak ko‘rinishidagi ikkilamchi qora metallardan po‘lat va cho‘yanni suyuqlanti- rishda keng foydalaniladi. Ikkilamchi rangli metallar qotishmalarni quyma ko‘rinishida chiqaradigan «Vtorsvetmet»ning ixtisoslashtirilgan korxonalarida qayta suyuqlantiriladi, lekin ba‘zan mashinasozlik korxonalarida temir-tersak va chiqindilardan bevosita foydalaniladi. Chiqindilar ular hosil bo‘ladigan korxonalarda bevosita ishlatilganda iqtisodiy samaradorlik yuqori bo‘ladi, lekin buning uchun korxonalar zaruriy shixta tayyorlash va metallurgiya bo‘limlariga ega bo‘lishi kerak.

Tayyor qotishmalar ko‘rinishida aluminiy quymalari, bosim ostida quyish uchun magniy va rux qotishmalari, antifriksion rux qotishmalari, shuningdek, badiiy quymalar uchun bronza, qalayli va qalaysiz quyma bronzalar va qalayli quyma jezlar yetkazib beriladi [7].

Cho‘yan quymalari quyiladigan, qayta ishlanadigan va tabiatan legirlangan cho‘yanlarga bo‘linadi. Quyiladigan cho‘yanlar (ГОСТ 4832—80)ning odatdagi (JI) va magniy bilan tozalangan (JIP) turlari chiqariladi. Bundan tashqari, quyiladigan cho‘yanlar tarkibidagi krem- niyga qarab JI1 (Si 3,2—3,6%) ... JI6 (Si 1,2—1,6%) markalarga, tarkibidagi Mn ning miqdoriga qarab I (0,3% gacha) ... IV (0,9 dan 1,5% gacha) gruppalariga va A (0,08% gacha), Б (0,12% gacha), В (0,3% gacha), Г (0,7% gacha), Д (0,12% gacha) klasslarga va tarkibidagi S miqdoriga qarab 1 (0,05%)... 5 (0,05% gacha) kategoriyalarga bo‘linadi.

Qayta ishlanadigan (ГОСТ 805—80) choʻyanning 10 ta markasi chiqariladi: П1 va П2 — qayta ishlab poʻlat olish uchun; ПЛ1 (Si 0,8— 1,2%) va ПЛ2 (Si 0,5—0,8%) — quymakorlik uchun, ПФ1, ПФ2, ПФ3 — fosforli, ПБК1, ПБК2, ПБК3 — yuqori sifatli. Marka xuddi quyma choʻyanniki kabi tarkibidagi Si miqdori bilan aniqlanadi, lekin Si qayta ishlanadigan choʻyanlarda ancha kam boʻladi. Bundan tashqari, qayta ishlanadigan choʻyanlar Mn boʻyicha gruppalariga, P boʻyicha klasslarga va S boʻyicha kategoriyalarga boʻlinadi.

Tabiatan legirlangan choʻyanlar uch turga boʻlinadi: xrom-nikelli (ТУ 14-15-84-79), titanli va titan-misli (ТУ 14-15-4-74). Xrom-nikelli choʻyanning 10 ta markasi chiqariladi: ЛХН1 (Ni + Co 0.2%; Cr 0,4— 1,2%) dan ЛХН10 (Ni + Co 1%; Cr 2,3-3,2%) gacha. Titanli choʻyan (БТЛЗ—БТЛ7) tarkibida 0,3—1,2% Ti, titan- misli choʻyan (БТМЛЗ—БТМЛ7) tarkibida 1-3% Cu va 0,3-1,2% Ti boʻladi. Ular shixtaga qoʻshilsa, kam legirlangan konstruksion choʻyanlarni suyuqlantirib olish uchun imkon tugʻiladi.

Ikkilamchi qora metallar (ГОСТ 2787-75). Ular jumlasiga choʻyan va poʻlatning temir-tersagi, poʻlat va choʻyan qirindisi, metall qirqmasi, shtampovka qilingan detal va shunga oʻxshashlar kiradi. Ikkilamchi qora metallar klassifikatsiyasi 3.1-rasmda tasvirlangan. Ular kategoriyalarga (А — uglerodli va Б — legirlangan), klasslarga (poʻlat va choʻyan) va turlarga boʻlinadi. Turi fizik holati va sifat koʻrsatkichlari bilan aniqlanadi: boʻlak-boʻlak, presslangan, qirindi; gabaritli, nogabarit va h.k. Domnaga kiritiladigan qoʻshimcha, metall zaki (kuyindi) va payvand shlaki klassga boʻlinmaydi, ular suyuqlantirishda quymakorlikda ishlatilmaydi. Legirlangan chiqindilar va temir- tersak kimyoviy tarkibi boʻyicha 67 ta gruppaga boʻlinadi.

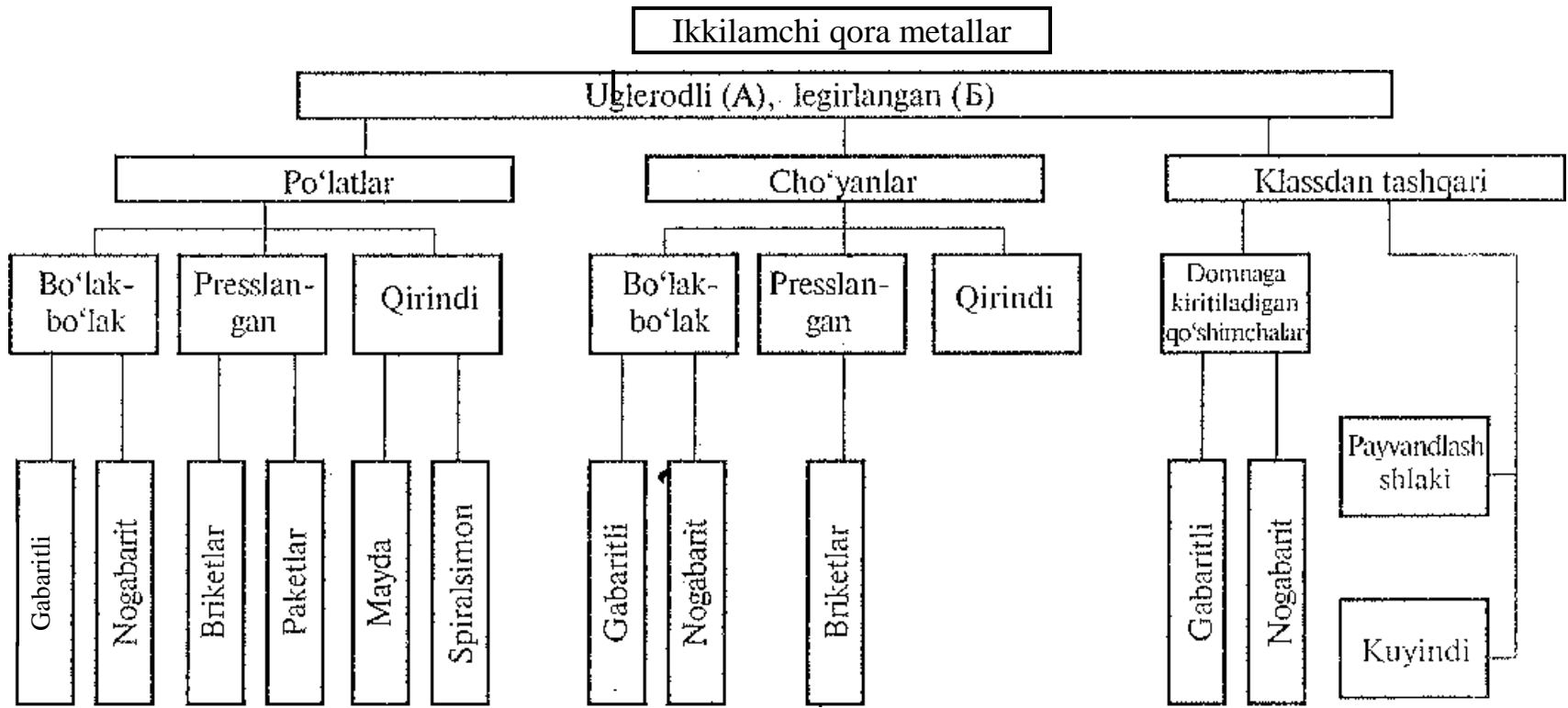
Ferroqotishmalar. Metall shixta materiallarining bu keng gruppasi bitta yoki bir nechta legirlovchi elementlari boʻlgan temir qotishmalarni oʻz ichiga oladi. Asosiy legirlovchi element, odatda, qotishmalarning nomida koʻrsatiladi: ferrosilitsiy — Si, ferromarganes — Mn, ferroxrom — Cr va h.k.

Ferromarganes (ГОСТ 4755-80) kam uglerodli (C = 0,5%), oʻrta uglerodli (C = 1—2%) va koʻp uglerodli (C = 7%) qotishmalarga boʻlinadi. Kam uglerodli,

oʻrtacha uglerodli ferromarganesning tarkibida 85% Mn (tarkibidagi Mn miqdori 75% bodgan Φ_{MH} 2,0 dan tashqari) boʻladi. Kam uglerodli ferromarganes markasining raqamli belgisida tarkibidagi uglerodning oʻrtacha miqdori koʻrsatiladi (masalan, Φ_{MH} 1,5 tarkibida 1,5% C boʻladi), koʻp uglerodlida esa marganesning oʻrtacha miqdori (masalan, Φ_{MH} 75 tarkibida 75% Mn boʻladi) koʻrsatilgan. Ferromarganes markasida A harfi tarkibdagi fosfor miqdorining kamligini (masalan, Φ_{MH} 78A tarkibida 0,05% P boʻladi), K harfi tarkibdagi kremniy miqdorining kamligini (kremniy 1% gacha), C harfi tarkibdagi kremniy miqdorining yuqorligini ifodalaydi, C harfidan keyingi raqam kremniy miqdorini koʻrsatadi (masalan, Φ_{MH} 75AC6 tarkibida 6% kremniy boʻladi).

Ferroxrom (ГОСТ 4757-89E) kam uglerodli (0,01—0,5% C), oʻrtacha uglerodli (1—4% C), koʻp uglerodli (6,5—8% C) va markasiga N half belgisi kiritilgan azotlangan (1—6% N) ferroxromga boʻlinadi. Ferroxromning barcha markalarida xrom miqdori 60—68% boʻladi. Kam uglerodli, oʻrtacha uglerodli va koʻp uglerodli ferroxromning markalaridagi raqamli belgi tarkibdagi C miqdorini koʻrsatadi (masalan, $\Phi X006A$ tarkibida 0,06% C bor). Azotlangan ferroxrom markasidagi raqamli belgi tarkibdagi azot miqdorini koʻrsatadi (masalan, ΦXH 200A tarkibida 2% azot bor). Ferroxrom tarkibidagi Si miqdori 0,8—2,0% atrofida boʻladi. Markadagi C harfi tarkibdagi Si miqdorining koʻpligini (masalan, $\Phi X800CA$ tarkibida 5,0—10,0% Si bor), A va B harflari tarkibdagi P miqdorining kam yoki koʻp boʻlishini koʻrsatadi (A harfi boʻlsa, tarkibdagi P miqdori 0,02—0,03%; B harfi boʻlsa, P miqdori 0,03—0,05% atrofida boʻladi).

Ferrosilitsiyning (ГОСТ 1415—78) 11 ta markasi chiqariladi. Ferrosilitsiy markasidagi raqamli belgi tarkibdagi silitsiyning oʻrtacha miqdorini koʻrsatadi (masalan, $\Phi C45$ tarkibida 41—47% Si boʻladi).



3.1- rasm. Ikkilamchi qora metallar klassifikatsiyasi.

Ferrotitan (ГОСТ 4761—80)ning 5 ta markasi chiqariladi. Ti0, Ti1, Ti2 markali ferrotitan tarkibida 25—35% Ti, TiB, TiB1 markalar tarkibida esa 60% dan ziyod Ti bo‘ladi.

Ferrovolfraamning (ГОСТ 17293—82) 6 ta markasi chiqariladi. Ular tarkibidagi volfram miqdori 65% (ФВ65) dan 80%(ФВ80а) gachani tashkil qiladi. Markadagi a harfi tarkibda aluminiy borligini ko‘rsatadi.

Ferrobor (ГОСТ 4848—69) ning 4 ta markasi chiqariladi. Ular tarkibidagi bor miqdori 6% (ФБ3 markali) dan 20% gacha va undan yuqori (ФБ0 markali) bo‘ladi. Turli markadagi ferrobor tarkibidagi kremniy miqdori 2 dan 15% gachani, aluminiy miqdori esa 3 dan 15% gachani tashkil qiladi.

Ferrosilikoxromning (ГОСТ 11861—77) 6 ta markasi chiqariladi. Ularning turli markalaridagi xrom miqdori 28% (ФСХ 48 markali) dan 55% gacha va undan yuqori (ФСХ13) bo‘ladi. Ferrosilikoxrom markasidagi raqam belgisi uning tarkibidagi kremniyning o‘rtacha miqdorini ko‘rsatadi (masalan, ФХС 33 tarkibida 30—37% kremniy bo‘ladi).

Ferromolibdenning (ГОСТ 4759—79) tarkibida 55—58%Mo bo‘lgan uchta markasi (ФМ1, ФМ2, ФМ3) chiqariladi.

Ferroqotishmalardan shixtani korrektirovka qilish, cho‘yan va po‘latni legirlash va modifikatsiyalash uchun foydalaniladi.

Birlamchi rangli metallar. Bu shixta materiallari ГОСТ va ТУ ga muvofiq quymalar, yombilar va granullar ko‘rinishida yetkazib beriladi. Ular tozalik darajasiga qarab markalanadi. Quyma ko‘rinishidagi juda toza birlamchi (ГОСТ 11069-74) aluminiy A999 (99,95% Al) kabi, texnik toza aluminiy A85 va h.k. A0 gacha (99%A1) marka bilan belgilanadi. Birlamchi suyuqlantirib olingan quymalar ko‘rinishida silumin (ГОСТ 1571—76) ham yetkazib beriladi. Lining tarkibida 10— 13% kremniy bo‘ladi. Harflardan keyingi raqamlar aralashmalardan tozalanish darajasini belgilaydi. Eng tozasi — СИЛ-00. СИЛ-2 tarkibida Fe - 0,7%; Mn - 0,5%; Ca - 0,2%; Cn - 0,3%; Zn - 0,08% bo‘ladi.

Quymalar ko‘rinishidagi birlamchi magniy (ГОСТ 804-72) ham tozalik darajasiga qarab markalanadi — Mr 96 (99,96% Mg) dan Mr 90 (99,9% Mg) gacha.

Mis (ГОСТ 859-78) tayyorlash usuliga qarab markalanadi: kislorodsiz toza mis M0 O6 (99,99% Cu) kabi, kisloroddan tozalangan mis M1p (99,9% Cu), olovda tozalangan mis M2 (99,7% Cu) va M3 (99,5% Cu) kabi belgilanadi.

Boshqa barcha birlamchi rangli metallar ham shunga o'xshash markalanadi. Rux (ГОСТ 3640-79): ЦВ00 (99,99% Zn), ЦВ0, ЦВ1, ЦВ, ЦОА, Ц0, Ц1, Ц2, Ц3 (97,5% Zn). Qalay (ГОСТ 860-75) ОВЧ-000 (99,999% Sn) dan ОЧ (96,43% Sn) gacha. Qo'rg'oshin (ГОСТ 3778-77): С000 (99,999% Pb) dan С3 (99,9% Pb) gacha. Nikel (ГОСТ 849-70): Н0 (99,99% Ni) dan НЧ (97,6% Ni) gacha. Xrom (ГОСТ 5905-79): Х00 (99% Cr): Х0, Х2, Х3 (97% Cr) va h.k.

Quyma ko'rinishidagi rangli qotishmalar. Quyma holatdagi alyuminiy qotishmalarining (ГОСТ 295—79E) 19 ta markasi chiqariladi. A dan keyingi harflar legirlovchi elementlarni (К — kremniy, М — mis, N — nikel va h.k.), bu harflardan keyingi raqamlar bu elementlarning o'rtacha miqdorini ifodalaydi. Masalan, AK9 tarkibida 9% Si; AK2IM2, 5H2,5 tarkibida 21% Si, 2,5% Cu va 2,5% Ni bor.

Quyma holatdagi magniy qotishmalari (ГОСТ 2581—78) yuqori- dagiga o'xshash markalanadi: M dan keyin keladigan harflar legirlovchi elementlarni ifodalaydi (M — marganes, A — aluminiy, Ц — rux, Цp — seriy, H — neodim va h.k.). Masalan, MA5Ц1 marka qotishma tarkibida 5% Al va 1% rux borligini ifodalaydi.

Antifriksion rux qotishmalari (ГОСТ 19424—74) qotishmalarning o'zi kabi markalanadi, quyma ko'rinishida yetkazib beriladigan antifriksion qotishmalar esa 4 (chushka) harfi qo'shib markalanadi. Masalan, ЦAM9-1, 54 (Al - 9%, Cu - 1,5%).

Quyma ko'rinishidagi qalayli (ГОСТ 614—73) va qalaysiz (ГОСТ 17328—78) bronza quyiladigan qotishmaning o'ziga o'xshash markalanadi: harflardan keyin tarkibidagi elementning o'rtacha miqdorini ifodalaydigan raqamlar keladi (A — Al, Ж — Fe, Мц — Mn, O — Sn, Ц — Zn, C — Pb, H — Ni). Masalan, quyma ko'rinishidagi qalayli bronza quyidagicha ifodalanadi: Бр. 03Ц8C4H1 va h.k.

ГОСТ 1020—77 da quyma ko'rinishida quyiladigan jezga jezning qaysi markasi uchun u yoki bu quyma markasi qo'llanilishi aniq ko'rsatiladi. Quyma ko'rinishidagi jezlarning markasida harflar quyidagilarni ifodalaydi: S - Pb, O - Sn,

K - Si, M_ц - M, Ж - Fe, A - Al.

Rangli metallar hamda qotishmalarning temir-tersagi va chiqindilari (ГОСТ 1639—78). Rangli metallar va qotishmalarning chiqindilari (bo‘lak- bo‘lak temir- tersak, qirindi, kukunsimon chiqindilar, sim) u yoki bu metall asosidagi temir- tersak va chiqindilarga bo‘linadi (3.2- rasm). Fizik alomatlariga ko‘ra temir- tersak va chiqindilar klasslarga bo‘linadi. A — bo‘lak- bo‘lak temir- tersak, Б — qirindi, sim va mayda temir- tersak, В — kukunsimon chiqindilar, Г — boshqa chiqindilar), kimyoviy tarkibi bo‘yicha esa gruppalar va markalarga bo‘linadi. Gruppalar miqdori rangli metallar va qotishmalarning asoslariga qarab o‘zgaradi. Sifat ko‘rsatkichlari bo‘yicha temir-tersak va chiqindilar navlarga bo‘linadi.

Shixta materiallarining fizikaviy xarakteristikalarini. Quyiladigan qotishmalarni suyuqlantirib olishda faqat shixta komponentlarining kimyoviy tarkibi emas, balki ularning erish temperaturalarini, zichligi, solishtirma sirti, to‘kma zichligi (3.1- jadval) muhim ahamiyatga ega. To‘kma zichligi haqidagi ma’lumotlardan (6) suyuqlantirish pechida shixta egallaydigan ishchi bo‘shliqning hajmini aniqlash uchun, yuklash qurilmalarini hisoblash va shunga o‘xshashlar uchun foydalaniladi.

3.1- jadval

Shixta materiallari asosiy turlarining xarakteristikalarini

Material turi	Xossalari			
	Zichligi ρ , kg/m ³	Suyuqlanish temperaturasi	Solishtirma yuzasi ω , m ² /kg	To‘kma zichligi ρ_t ,
1	2	3	4	5
Cho‘yan quymasi	7000-7300	1150-1250	0,0074-0,013	3000-3500
Cho‘yan temir- tersagi	7000-7600	1200-1400	0,005-0,02	1500-2500
Cho‘yan qirindisi	7000-7600	1200-1400	0,14-0,16	1800-2200
Briketlangan cho‘yan qirindisi	7000-7600	1200-1400	0,05-0,10	2000-5000

Po‘lat temir- tersagi	7500-8000	1400-1550	0,005-0,14	500-2000
Maydalangan po‘lat qirindisi	7500-8000	1400-1550	0,14-0,16	1800-2000
Briketlangan po‘lat qirindisi	7500-8000	1400-1550	0,05-0,10	2000-5000
Quyma ko‘rinishidagi aluminiy va aluminiy qotishmalari	2500-2700	590-665	0,014-0,025	1000-1500
Aluminiy va aluminiy qotishmalarining temir-	2550—2700	590-665	0,01-0,04	500—1500
Aluminiy qotishmalarining maydalangan qirindisi va	2550-2700	590-665	0,28-0,32	400-800
Quyma ko‘rinishidagi magniy va magniy	1740-1850	590-650	0,02-0,05	700-1000
Magniy qotishmalarining temir- tersagi	1740-1850	590-650	0,015-0,07	600-1000
Quyma ko‘rinishidagi rux va rux qotishmalari	7000-7200	419-430	0,0074-0.013	3000-3500
Rux qotishmalarining temir- tersagi	7000-7200	412—430	0,005-0.02	1500-2500
Quyma ko‘rinishidagi qo‘rg‘oshin	1 1340	327	0.0050-0.01	4500-5500
Quyma ko‘rinishidagi qalay	7300	232	0,074-0.013	3500-4200
Mis va quyma ko‘rinishidagi mis	7800-8950	900-1 150	0,0074-0,013	5000
Mis va mis qotishmalarining temir -tersagi	7800-8950	900-1 1 50	0,005-0.02	1500—3000
Mis qirindisi va mis qotishmalari	7800-89500	900— 1 150	0,14-0,16	2000—2500

Shixta komponentlarining solishtirma sirti bir-ikkita tartibga farqlanishi mumkin, bu esa elementlar kuyindisiga ta'sir qiladi. Qirindi va mayda temir-tersakning solishtirma yuzasi kalta, yirik bo'lak-bo'lak shixtaning solishtirma yuzasi kichik bo'ladi. Shu boisdan suyuqlantirib olishda ularning oksidlanishini pasaytiruvchi chora-tadbirlar ko'rish zarur.

Yoqilg'i

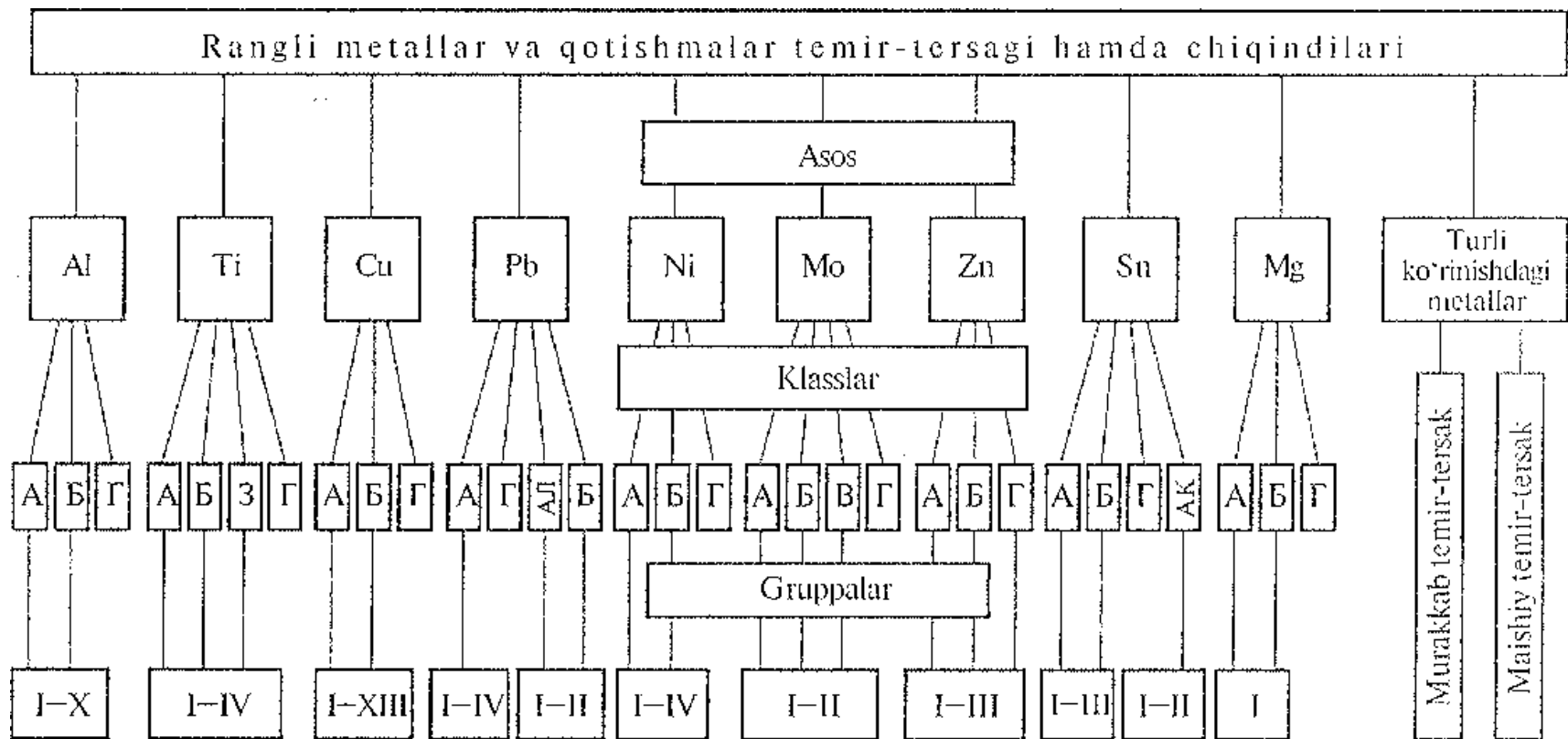
Quyiladigan qotishmalarni suyuqlantirib olishda yoqilg'i sifatida koksdan, mazut va tabiiy gazdan foydalaniladi.

Quymakorlikda ishlatiladigan toshko'mir koksi tarkibidagi oltingugurt miqdoriga qarab KJI-1, KJI-2 va KJI-3 bilan belgilanadigan markalarga (3.2-jadval), fraksiyalarining o'lchamiga ko'ra klasslarga (80 va undan ortiq; 60 va undan ortiq; 40 va undan ortiq; 60 dan 80 gacha va 40 dan 60 mm gacha) bo'linadi. Koksning mexanik mustahkamligi ko'rsatkichlari namunani diametri 1000 mm va uzunligi 1000 mm hamda 4 minut davomida 0,45 s⁻¹ chastota bilan aylanadigan maxsus barabanda sinab ko'rilgandan keyin kataklari 40 va 10 mm bo'lgan elakdagi namuna qoldiqlari bilan aniqlanadi.

3.2- jadval

Quymakorlikda ishlatiladigan toshko'mir koksining kimyoviy tarkibi, %

Ko'rsatkichlari		Marka uchun normalar		
		KJI-1	KJI-2	KJI-3
Tarkibidagi oltingugurt miqdori	o'rtacha	0,45	0,8	1,2
	ko'pi bilan	0,6	1,0	1,4
Kuli	o'rtacha	10,5	9,5	10,5
	ko'pi bilan	12,0	11,0	12,0
Namligi	ko'pi bilan	5,0	5,0	5,0
Uchuvchan moddalar miqdori	ko'pi bilan	1,2	1,2	1,1



3.2- rasm. Ikkilamchi rangli metallar klassifikatsiyasi.

Quymakorlikda ishlatiladigan termoantratsit (ГОСТ 7749—65) fraksiyalarining o'lchamlariga ko'ra ikkita klassga bo'linadi: 40—80 mm va 80—120 mm. Termoantratsit sifat ko'rsatkichlari bo'yicha quyidagi talablarni qoniqtirishi kerak: namligining massa ulushi — 2% gacha, birinchi nav uchun kul miqdori — 6% gacha, ikkinchi nav uchun — 10% gacha; birinchi nav uchun tarkibidagi oltingugurt miqdori — 1 % gacha, ikkinchi nav uchun — 1,75% gacha; uchuvchi moddalar miqdori 40 sm³/g gacha; mayda- chuydalar — 5 % gacha.

Quymakorlikda mazutning, odatda, ikkita markasidan foydalaniladi: 40 va 100 (ГОСТ 10585—75). Mazutlar tarkibidagi oltingugurt miqdori kam bo'lgan (oltingugurtning massa ulushi 0,5% gacha), o'rtacha bo'lgan (2% gacha) va ko'p bo'lgan (3,5% gacha) mazutlarga bo'linadi. Kul miqdori 40 markali mazut uchun ko'pi bilan 0,1% va 100 markali mazut uchun ko'pi bilan 0,14%; tarkibidagi mexanik aralashmalar mos ravishda ko'pi bilan 0,8 va 1,5% bo'lishiga yo'l qo'yiladi. Quruq yoqilg'iga qayta hisoblaganda yonishidan ajraladigan issiqlik 39800—40600 kJ/kg ga ekvivalent.

Tabiiy gaz koks- gaz va gaz vagrankalarida, shuningdek, quymakorlikda qo'llaniladigan qotishmalarning ko'p turlarini suyuqlantirib olish uchun ishlatiladi. Tabiiy gaz, asosan, metan CH₄ dan iborat bo'lib, uning issiqlik chiqarish qobiliyati 33500—35600 kJ/m³ ga teng.

Fluslar

Cho'yan vagrankada suyuqlantirilganda flus sifatida, asosan, tarkibida CaO (1 navda 52%, 2 navda 50% va 3 navda 49%), CO₂ (qizdirganda bug'lanib ketadi) va 10% ga yaqin boshqa aralashmalari (SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, MgO, P₂O₅, SO₂) bo'lgan ohaktosh ishlatiladi.

Suyuqlantirishda ohaktoshdan tashqari quyidagi fluslardan foydalaniladi: bo'r va marmar (tarkibi bo'yicha ohaktoshga o'xshaydi), ohak (CaO 88—93%), apatitonefelin ruda Ca(PO₄)₂ (tarkibida P miqdori ko'p bo'lgan cho'yan olishda foydalaniladi), plavik shpat (tarkibida CaF kamida 75% bo'ladi), asosiy

suyuqlantirish jarayonida ishlatiladigan dolomit (30% CaO, 20% MgO, 45% CO₂),

Elektr shlak texnologiyasida tarkibida oksidlar ya ftoridlar bo'lgan fluslar ishlatiladi. Masalan, po'latni elektr shlak usulida quyish uchun ishlatiladigan AHΦ-1, AHΦ-6 standart fluslar tarkibida 70—90% CaF₂, shuningdek, CaO va Al₂O₃ bo'ladi.

Rangli metallarni suyuqlantirib olishda fluslar sifatida xlorli va ftorli birikmalar keng qo'llaniladi.

3.2. Cho'yanni suyuqlantirib olish jarayonining fizik-kimyoviy xarakteristikasi

Termodinamika, Cho'yanni suyuqlantirib olishda u yoki bu reaksiyalarning sodir bo'lish ehtimolini baholash uchun ΔG° va ΔG kattaliklardan foydalaniladi. Turli faktorlarning (fazalar tarkibi, konsen- tratsiyalar, aktivlik, temperatura) reaksiyalar sodir bo'lishi ehtimoligiga ta'sir qilishini miqdoriy baholashni Gibbs energiyasi o'zgarishining ayirmasi yordamida amalga oshirilsa, maqsadga muvofiq bo'ladi:

$$\Delta_1 G = \Delta G_1^\circ - \Delta G_2^\circ, \quad (3.1)$$

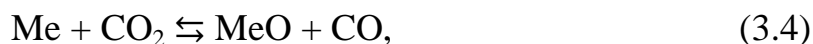
$$\Delta_2 G = \Delta G_1 - \Delta G_2, \quad (3.2)$$

$$\Delta_3 G = \Delta G_1^\circ - \Delta G_1, \quad (3.3)$$

bu yerda: $\Delta_1 G$ — Gibbs energiyasi o'zgarishining birinchi ayirmasi. U (2) reaksiyada (1) reaksiyaga nisbatan ΔG° ning miqdoriy chetlashishini xarakterlaydi; $\Delta_2 G$ — Gibbs energiyasi o'zgarishining ikkinchi ayirmasi. U (2) reaksiyada (1) reaksiyaga nisbatan ΔG° ning miqdoriy chetlashishini xarakterlaydi; $\Delta_3 G$ — Gibbs energiyasi o'zgarishining uchinchi ayirmasi. U bitta reaksiyaning o'zida biror omilning o'zgarishi natijasida ΔG ning ΔG° dan miqdoriy chetlashishini xarakterlaydi.

U yoki bu reaksiyalarning bo'lish ehtimolini baholash uchun Gibbs energiyasi o'zgarishining birinchi ayirmasi to'g'risidagi tushuncha ko'pdan beri qo'llanib

kelinadi, lekin u reaksiyalarning real sodir bo‘lish ehtimoli haqida to‘la tasavvur bermaydi, chunki komponentlarning aktivligi $\Delta G=f(T)$ chiziqlarning joylashishini jiddiy o‘zgartirib yuboradi. Ikkita reaksiyadan birining bo‘lish ehtimoli haqida energiya o‘zgarishining ikkinchi ayirmasi to‘g‘risidagi tushuncha ancha aniq tasavvur beradi. Muallif tomonidan kiritilgan energiya o‘zgarishining uchinchi ayirmasi to‘g‘risidagi tushuncha turli omillarning $\Delta G = f(T)$ chiziqlarning siljishiga ko‘rsatadigan ta‘sirini yetarli darajada aniq baholashga imkon beradi. Cho‘yanni suyuqlantirishda oksidlanish- qaytarilish reaksiyalari eng katta ahamiyatga ega, chunki cho‘yan, odatda, oksidlovchi atmosferada bajariladi va amalda barcha metallar uchun $Me + \frac{1}{2} O_2 = MeO$ reaksiyaning ΔG° si noldan kichik (2.2- rasmga q.).



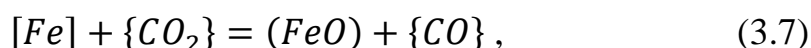
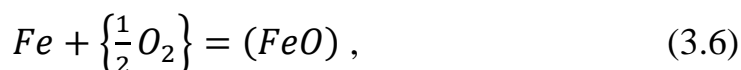
reaksiyalar bo‘yicha oksidlanish ancha sust o‘tadi. Masalan, Ni bu gazlar bilan oksidlanmaydi. Bundan tashqari, ΔG o‘zgarishni a_{Me} , a_{MeO} , p_{CO_2} , p_{H_2O} larni hisobga olgan holda suyuqlantirishning konkret shart- sharoitlariga tatbiqan ko‘rib chiqish kerak. Masalan, turli suyuqlantirish sharoitlarida tarkibida 3,2% S, 1,8% Si va 0,6% Mn bo‘lgan cho‘yandan temir oksidlanishini termodinamik analiz qilish talab etiladi (3.3-jadval).

3.3- jadval

Turli suyuqlantirish pechlari uchun gaz va shlak fazalarining tarkibi

Suyuqlantirish pechi	Gazning parsial bosimi, p/p _{umum}			Shlaktarkibi, %					
	O ₂	CO	CO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	MnO	CaO	MgO
Vagranka	-	0,15	0,1	45	10	10	5	25	5
Yoy pechi	0,07	0,11	0,015	60	10	10	2	15	3
Induksion pech	0,21	0,0003	-	70	5	8	7	2	8

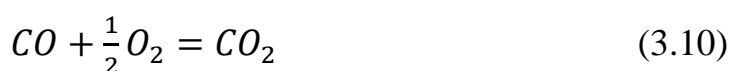
Oksidlanish reaksiyalari:



$$\Delta G_{3.6} = \Delta G_{5.6}^o + RT(\ln a_{FeO} - \ln p_{O_2} - \ln a_{Fe}) , \quad (3.8)$$

$$\Delta G_{3.7} = \Delta G_{3.7}^o + RT(\ln a_{FeO} + \ln p_{CO} - \ln p_{CO_2} - \ln a_{Fe}) , \quad (3.9)$$

Bor bo'lgan ma'lumotlarga ko'ra ΔG^o ni aniqlaymiz [14]. Shu maqsadda (3.7) reaksiyani ketma- ket sodir bo'ladigan jarayonlarning ayirmasi kabi tasvirlaymiz. Masalan, is gazi oksidlanganda hosil bo'ladigan uglerod ikki oksidining hosil bo'lish reaksiyasi



ni uglerod kislorod bilan oksidlanganda karbonat anhidrid va is gazlari hosil bo'lish reaksiyalarining ayirmasi sifatida ko'rib chiqish mumkin:



Binobarin,
$$\Delta G_{3.10}^o = \Delta G_{3.11}^o - \Delta G_{3.12}^o . \quad (3.13)$$

Bu holda (3.7) reaksiyani temirning kislorod bilan oksidlanish reaksiyasi



va is gazining oksidlanishida uglerod ikki oksidi hosil bo'luvchi (3.11) reaksiyaning ayirmasi kabi tasvirlash mumkin. Bundan

$$\Delta G_{3.7}^o = \Delta G_{3.14}^o - \Delta G_{3.10}^o = \Delta G_{3.14}^o - \Delta G_{3.11}^o + \Delta G_{3.12}^o . \quad (3.15)$$

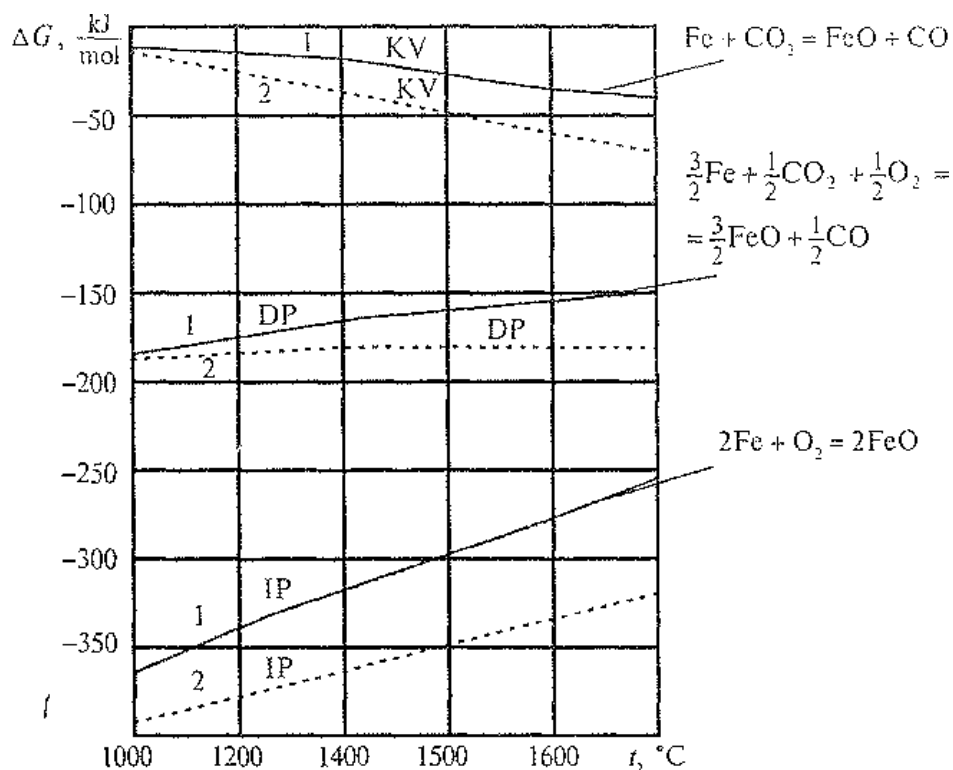
Hisoblash natijalari 3.3- rasmda keltirilgan. Rasmdan ko‘rinishicha, eng oksidlovchi sharoitlar induksion pechda ochiq suyuqlantirishda yaratiladi.

Bitta reaksiyaning o‘zini turli sharoitlarda miqdoriy baholash uchun energiya o‘zgarishining to‘rtinchi ayirmasi tushunchasini kiritish maqsadga muvofiq bo‘ladi:

$$\Delta_4 G = \Delta G_I - \Delta G_{II} \quad (3.16)$$

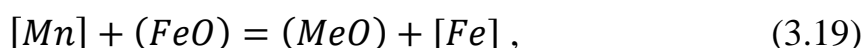
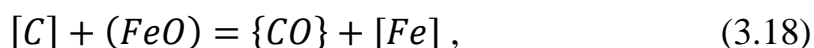
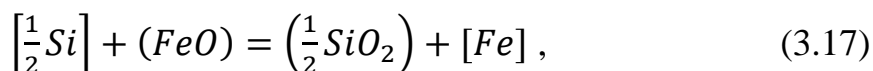
bu yerda: ΔG_I — I sharoitlarda Gibbs energiyasining o‘zgarishi; ΔG_{II} — II sharoitlarda xuddi shuning o‘zi.

Ko‘rib o‘tilayotgan holda I sharoit temirning vagrankaning, II sharoit temirning induksion pechning gaz fazasi bilan oksidlanish reaksiyasining o‘tishini xarakterlaydi. Bunda $\Delta_4 G_{1600^\circ C} = -50 - (-350) = 300$ kJ/mol. Metall va shlakning bir- biriga ta‘sirini termodinamika nuqtayi nazaridan analiz qilishda metall va shlakning barcha komponentlarini hisobga olgan holda ΔG qiymatlari hisoblanadi.



3.3-rasm. Turli suyuqlantirish agregatlarida suyuqlantirishda temirning cho‘yanda oksidlanishida Gibbs energiyasining o‘zgarishi (KV — koks vagrankasi, DP — Yoy pechi, IP — induksion pech; 1 — ΔG° ; 2 — ΔG)

Temir uglerodli qotishmalarning asosiy komponentlarining shlak fazasi bilan oksidlanishini ko‘rib chiqamiz. Cho‘yanda erigan Si, Mn va C larning temirning chala oksidi bilan oksidlanish reaksiyasi quyidagi formulalar bilan tavsiflanadi:

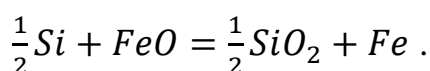
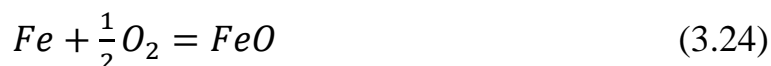


$$\Delta G_{3.17} = \Delta G_{3.17}^{\circ} + RT(\ln a_{\text{Fe}} + \frac{1}{2} \ln a_{\text{SiO}_2} - \ln a_{\text{FeO}} - \frac{1}{2} \ln a_{\text{Si}}), \quad (3.20)$$

$$\Delta G_{3.18} = \Delta G_{3.18}^{\circ} + RT(\ln a_{\text{Fe}} + \ln p_{\text{CO}} - \ln a_{\text{FeO}} - \ln a_{\text{C}}), \quad (3.21)$$

$$\Delta G_{3.19} = \Delta G_{3.19}^{\circ} + RT(\ln a_{\text{Fe}} + \ln a_{\text{MnO}} - \ln a_{\text{FeO}} - \ln a_{\text{Mn}}). \quad (3.22)$$

(3.17) — (3.19) reaksiyalarni cho‘yanda erigan komponentlarning va temirning sof kislorod bilan oksidlanish reaksiyalarining ayirmasi ko‘rinishida tasvirlaymiz, ya’ni (3.17) uchun:



Bu reaksiya uchun Gibbs standart energiyasining o‘zgarishi quyida- giga teng:

$$\Delta G_{3.17}^{\circ} = \Delta G_{3.23}^{\circ} - \Delta G_{3.24}^{\circ}$$

(3.18) va (3.19) reaksiyalarni shunga ckkxshash yozish mumkin. ΔG° ni aniqlashda, agar cho‘yanda erigan Si, C va Mn lar uchun (a) aktivlik 1% li eritmaning standart holatida aniqlansa, komponentlarni bitta fazadan boshqasiga o‘tishdagi ΔG° ni ham hisobga olish zarur, ya’ni (3.17) uchun



$\Delta G_{3.25}^0$ va $\Delta G_{3.26}^0$ larni [14] adabiyotdan topamiz, $\Delta G_{3.23}^0$ ni quyidagi formuladan aniqlaymiz:

$$\Delta G^0 = \frac{1}{2} \Delta G_{3.27}^0 = \frac{1}{2} \Delta G_{3.25}^0 - \Delta G_{3.26}^0$$

t = 1600 °C da (3.17) reaksiya uchun Δ_3G analizi quyidagi natijalarni ko'rsatdi:

1. Reaksiya (3.17) ning muvozanat holatiga N_{Fe} ning ta'siri juda kichik, $\Delta_3G = 2,18 \text{ kJ/mol}$, bu esa termodinamika ma'lumotlari aniqligidan (u 3 kkal/mol , ya'ni $3 \cdot 4,1868 = 12,5 \text{ kJ/mol}$ ga teng) kichik.

2. SiO_2 aktivligining o'zgarishi $a_{\text{SiO}_2} = 1$ dan $a_{\text{SiO}_2} = 0,1$ gacha bo'lganda chetlashish $\Delta_3G = 18,2 \text{ kJ/mol}$ ni tashkil qiladi.

Chetlashish musbat bo'lganda reaksiyaning sodir bo'lish ehtimoli ortadi (bu grafik ravishda $\Delta G = f(T)$ chiziqning $\Delta G^0 = f\{T\}$ chiziqdan $18,2 \text{ kJ/mol}$ pastda joylashishi bilan ifodalanadi).

3. a_{Si} sezilarli ta'sir ko'rsatadi; tarkibida 1,8% Si bo'lgan cho'yanda a_{Si} uchun $\Delta_3G = -60,9 \text{ kJ/mol}$ (minus belgisi reaksiyaning sodir bo'lish ehtimoli pasayganligini ko'rsatadi).

4. FeO ning aktivligi ham (3.17) reaksiyaning sodir bo'lish ehtimolligiga sezilarli ta'sir ko'rsatadi; $a_{\text{FeO}} = 0,02$ bo'lganda $\Delta_3G = 70 \text{ kJ/mol}$ bo'ladi. Cho'yanni suynqlantirishda sodir bo'ladigan istalgan reaksiya uchun shunga o'xshash analiz o'tkazish mumkin.

Cho'yanni suyuqlantirib olishda suyuqlanmaning uglerod bilan o'zaro ta'siri katta ahamiyatga ega, chunki uglerod metallda erishi yoki u bilan o'zaro ta'sir qilib karbidlar hosil qilishi, yoki oksidlarni qaytarishi mumkin. Yuqori temperaturalarda

ko'pchilik metallar quyidagi reaksiya bo'yicha uglerod bilan qaytarilishi mumkin:



Sof oksid $a_{\text{MeO}} = 1$) qaytariladigan sharoitlar uchun termodinamik analizni bevosita $\Delta G - T$ diagramma bo'yicha (2.2- rasmga q.) osongina o'tkazish mumkin. Grafikda $2\text{C} + \text{O}_2 = 2\text{CO}$ va $2\text{MeO} + \text{O}_2 = 2\text{Me}$ reaksiyalar uchun $\Delta G^\circ - T$ chiziqlar kesishib o'tadigan nuqtadan o'ngroqda ko'rsatilgan temperaturalarda metallar qaytariladi.

Agar oksid eritmada, masalan, shlakda bo'lsa, u holda uning aktivligini hisobga olish zarur.

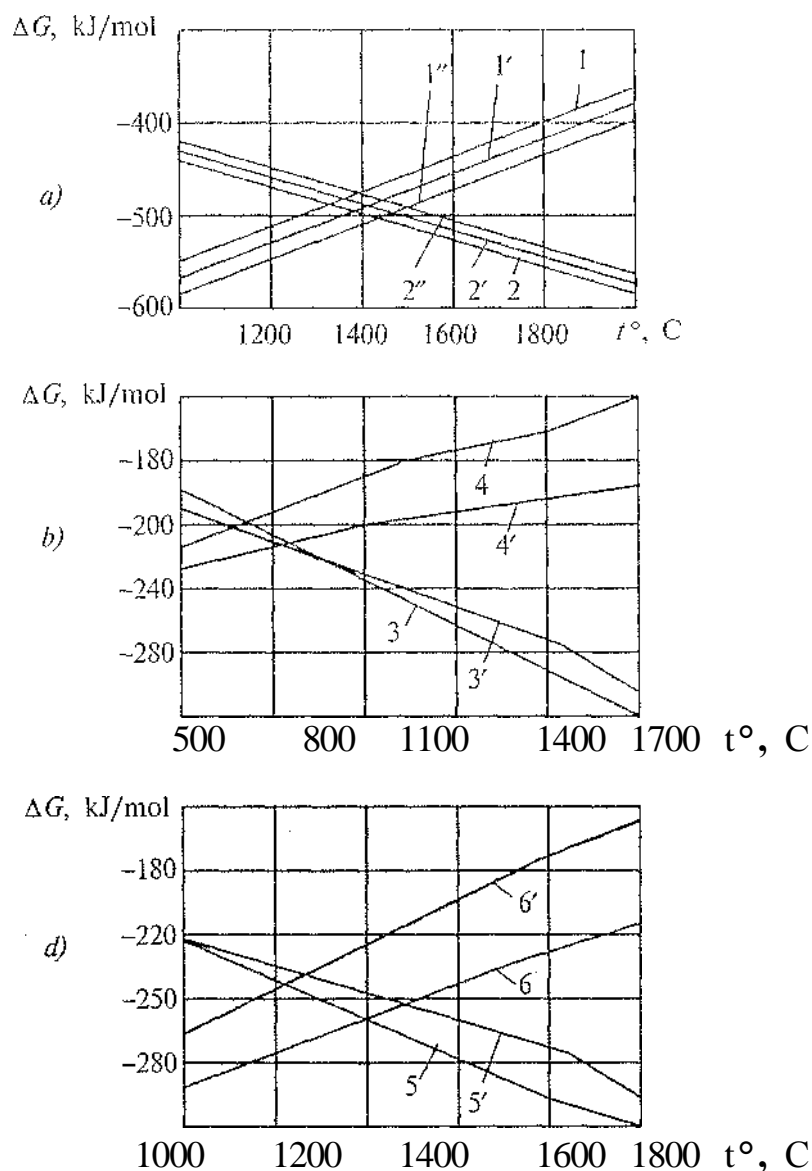
Si ning geteregon uglerod bilan qaytarilishi 3.4- a tasmda ko'rsatilgan. Bu yerda $a_{\text{S}} = 1$, $p_{\text{CO}} = 0,1$ uchun; tarkibida 1,8% Si bo'lgan suyuq cho'yan uchun 0,15 va 0,3 MPa, $a_{\text{SiO}_2} = 0,6 - 0,2$ va a_{Si} ni hisoblashlar natijasi keltirilgan. $a_{\text{C}} = 1$ va $a_{\text{SiO}_2} = 0,6 - 0,2$ bo'lganda 1400—1500°C oralig'ida Si qaytarilishi mumkin. a_{SiO_2} qancha yuqori bo'lsa, qaytarilish ehtimoli shuncha yuqori bo'ladi.

Fe va Mn ning uglerod bilan qaytarilishining shunga o'xshash analizi 3.4- b, d rasmlarda bajarilgan. Rasmdan ko'rinishicha, Fe uchun muvozanat temperaturalari past temperaturalar atrofida bo'ladi. Bu tahlildan quyidagilar kelib chiqadi: cho'yan va po'latni suyuqlantirishda temirning shlakdan qaytarilishi cho'yan elementlarining (3.17)— (3.19) reaksiyalar bo'yicha oksidlanishi hisobiga ham, shuningdek, suyuqlanma tarkibida alohida faza ko'rinishida bo'lgan uglerodning oksidlanishi hisobiga ham sodir bo'ladi.

Marganes uchun (3.4- d rasm) $\Delta G^\circ - T$ chiziqlarning kesishib o'tadigan joyi 1250—1450 °C atrofida bo'ladi. Mn va MnO aktivligini hisobga olishda bu nuqta taxminan 1300 °C gacha chapga siljiydi, bu esa Mn ning uglerod bilan nisbatan oson qaytarilishi haqida guvohlik beradi.

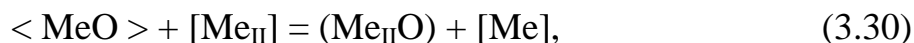
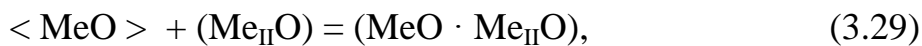
Shlak va metall, odatda, oksidli olovbardosh materiallardan $\langle \text{MeO} \rangle$ (bunday qavslar bilan futerovkaga tegishlilik belgilanadi; dumaloq qavslar — shlak, kvadrat qavslar — metall) ishlanadigan pech futerovkasi bilan o'zaro ta'sirlashishi mumkin.

Bunda quyidagi reaksiyalarni kuzatish mumkin:



3.4- rasm. Si (a), Fe (b) va Mn (d) ning uglerod bilan qaytarilish reaksiyalarining termodinamik analizi

$1 - a_{SiO_2} = 1,0$; $1' - a_{SiO_2} = 0,6$; $1'' - a_{SiO_2} = 0,2$; $2 - p_{CO} = 0,1$;
 $2' - p_{CO} = 0,15$; $2'' - p_{CO} = 0,3$; $3 - a_C = 1$; $3' - p_{CO} = 1$; $4 - a_{FeO} = 1$;
 $4' - a_{FeO} = 1$ И-1 shlakda; $5 - a_C = 1$; $5' - p_{CO} = 1$; $6 - a_{MnO} = 1$;
 $6' - a_{MnO}$ И-1 shlakda.



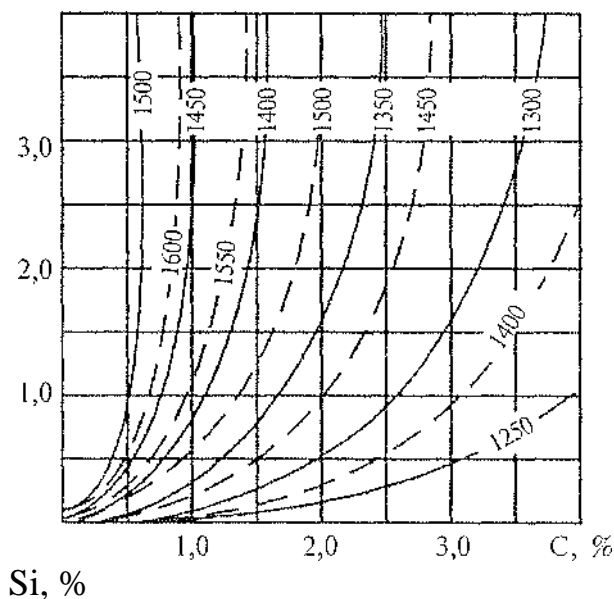


(3.29) va (3.33) reaksiyalar futerovkaning shlak oksidlari bilan o‘zaro ta’sirini tavsiflaydi. Bunda yoxud kimyoviy o‘zaro ta’sir (3.29) sodir bo‘ladi, yoxud oksid shlakda eriydi (3.33). Bunday o‘zaro ta’sir vagrankalarda keng tarqalgan. Vagrankalarning futerovkasi «yonib tushadi», chunki shlak devorlardan oqib tushayotganda futerovkani (3.29) reaksiya va (3.33) lar bo‘yicha yeb ishdan chiqaradi. Futerovkaning metall bilan (3.30)—(3.32) reaksiyalar bo‘yicha sodir bo‘ladigan o‘zaro ta’siri ham futerovkaning yeyilishiga va turli elementlarning metallga o‘tishiga olib keladi.

Cho‘yanni tigelli induksion pechlarda (ITP) suyuqlantirib olishda tigel reaksiyasining muvozanatda bo‘lishi katta ahamiyatga ega bo‘ladi:



bu metall temperaturasiga qarab, [Si] va [C] larning muvozanat diagrammalari bilan xarakterlanadi (3.5- rasm).



3.5- rasm. Tigel reaksiyasi diagrammasi (tutash chiziq – $p_{\text{CO}} = 0,03 \text{ MPa}$,

punktir chiziq – $p_{CO} = 0,15$ MPa).

Ushbu diagramma a_{SiO_2} , a_S , a_{Si} va p_{CO} larning (3.34) reaksiya-ning muvozanatiga ta'sirini hisobga olib yasaladi. Mazkur reaksiyaning muvozanatda bo'lish konstantasi quyidagi ko'rinishga ega:

$$K_M = \frac{a_{Si} \cdot p_{CO}^2}{a_C^2 \cdot a_{SiO_2}}, \quad (3.35)$$

$$\lg K_M = -\frac{\Delta H^0}{19,155T} + \frac{\Delta S^0}{19,155}. \quad (3.36)$$

Konstantaning har bir qiymatiga ma'lum muvozanat temperaturagi mos keladi:

$$T_M = \frac{\Delta H^0}{\Delta S_0^0 - 19,55(\lg a_{Si} + 2 \lg p_{CO} - 2 \lg a_C - \lg a_{SiO_2})}. \quad (3.37)$$

Tigel reaksiyasi ikkita rejimda o'tishi mumkin:

— CO ning mavjud gaz pufakchasida ajralib chiqishi

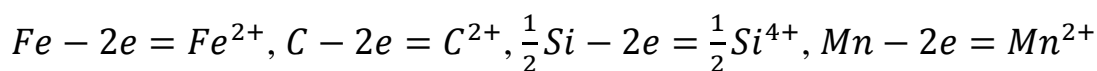
$$p_{CO} = p_{CO_{pars}} \approx 0,03 \text{ Mpa}$$

— CO ning gazning paydo bo'layotgan pufakchasida ajralib chiqishi ($p_{CO} \approx 0,15$ MPa, 0,1 MPa — atmosfera bosimi va $\Delta p \approx 0,05$ MPa — sirt taranglikni yengish uchun zarur bo'ladigan bosim).

Lekin suyuqlantirib olish shart- sharoitlarini to'la baholash uchun hamma vaqt ham termodinamik analiz olkazish yetarli bo'lavermaydi. Masalan, qayta suyuqlantirishda briketlanmagan qirindining yuzasi katta bo'lishi tufayli koks vagrankasining ancha kam oksidlash sharoitlarida ham elektr pechlaridagiga qaraganda ko'p oksidlanadi, chunki bu yerda jarayon mexanikasi va kinetikasi ma'lum rol o'ynaydi.

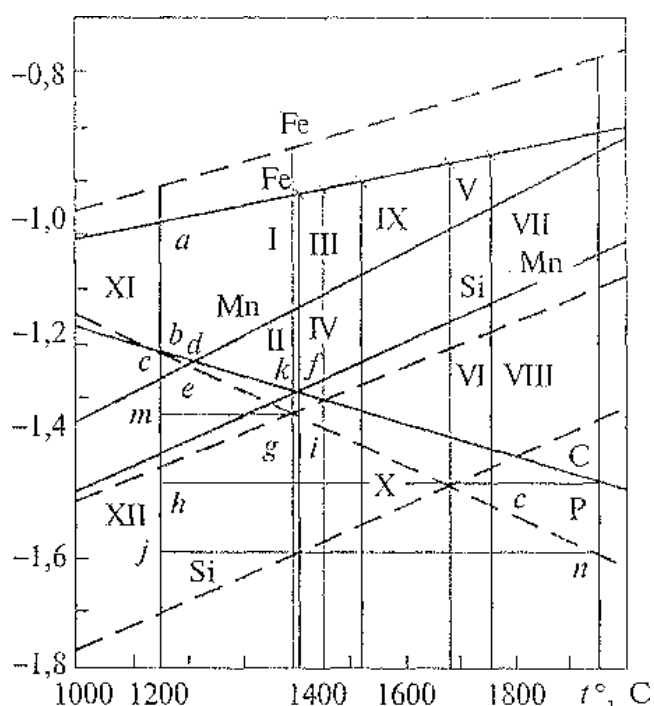
Jarayon mexanizmi. Cho'yanni suyuqlantirishda sodir bo'ladigan reaksiyalar elektr kimyoviy reaksiyalar hisoblanadi. Real suyuqlantirish sharoitlari uchun $\varphi =$

$f(T)$ bog'lanishni ko'rib chiqamiz. Elektrod jarayonlari uchun bu bog'lanishlar



vagrankada suyuqlantirishda ishlatiladigan shlak uchun 3.6-rasmda keltirilgan. Hisoblashlar tarkibida 3,2%C; 1,85% Si va 0,6 % Mn bo'lgan cho'yan uchun bajarilgan.

Metall, shlak va uglerodning o'zaro ta'sir temperaturali intervali 1150—1950 °C chegaralarida bo'ladi. Intervalning pastki chegarasi cho'yan aralashmalari (Si va Mn) qaytarilish jarayonlarining sust rivojlanishi bilan xarakterlanadi. Temir uchun $\varphi = -0,98$ (3.6- rasmda a nuqta), C uchun $\varphi = -1,22 - 1,23$ (cho'yandagi uglerod uchun b nuqta va koksdagi uglerod uchun c nuqta), ya'ni temir hatto intervalning pastki chegarasida uglerod bilan qaytariladi. Bundan koks vagrankasida koks uglerodi istalgan sharoitlarda temir oksidlarini qaytaradi, degan xulosa kelib chiqadi. Bu xulosa qaytarilish jarayoni kuchayadigan temperatura maydonining bir tekisda emasligiga bog'liq emas, chunki $\varphi = f(T)$ bog'lanishlar tafovutlanadi. Agar hozirgina qattiq metallardan uzilgan va temir oksidi bilan qoplangan tomchi temperaturasi 1400 °C bo'lgan (salt koloshaning yuqorigi qismidagi koks sirtining tempera-turasi) koks bo'lagiga tushsa, u holda quyidagi jarayonlar sodir bo'ladi:



3.6- rasm. $\text{Me} - 2e = \text{M}^{2+}$ ($\text{Me} = \text{Fe}, \text{C}, \text{Si}, \text{Mn}$) elektrodli jarayonlar uchun $\varphi^\circ = f(T)$ (punktir chiziqlar) va $\varphi = f(T)$ (tutash chiziqlar) bog'lanishlar.

1. Katodda $\text{Fe}^{2+} + 2e = \text{Fe}$; 1150 °C da $\varphi = -0,98 \text{ V}$ va 1400 °C da $\varphi = -0,93 \text{ V}$.

2. Anodda $\text{C} - 2e = \text{C}^{2+}$; 1150 °C da $\varphi = 1,23$ va 1400 °C da $-1,30 \text{ V}$. Bunda $E_{\min} = -0,92 + 1,22 = 0,3 \text{ V}$; $E_{\max} = -0,83 + 1,30 = 0,47 \text{ V}$, ya'ni ancha yuqori, bu esa temperatura maydoni notekisligining ta'sirini son jihatdan tasdiqlaydi.

Marganes uchun 1400 °C da $\varphi_{\text{Mn}} = -1,14 \text{ V}$, cho'yanda eriydigan uglerod uchun $\varphi_{\text{C}} = -1,30 \text{ V}$, koks uglerodi uchun $\varphi_{\text{C}} = -1,33 \text{ V}$, ya'ni $\varphi_{\text{Mn}} > \varphi_{\text{C}}$. Bundan marganesning uglerod bilan qaytarilishi salt koloshaning yuqorigi chegarasidan boshlab sodir bo'lishligi kelib chiqadi. $a_{\text{C}} = 1$ da C uchun, ya'ni koks uglerodi uchun va cho'yanda erigan uglerod uchun $\varphi = f(T)$ chiziqlar 1100 °C da bir- birini kesib o'tadi. Bu hol $t > 1100 \text{ °C}$ da temir va boshqa elementlar, asosan, koks uglerodi hisobiga qaytarilishi haqida guvohlik beradi. Marganesning uglerod bilan qaytarilishi bir yo'la uning temir ikki oksidi bilan oksidlanishi bilan sodir bo'ladi. Bu jarayonlarning EYK (elektr yurituvchi kuch)lari bir- biriga teng bo'lgandagina ular muvozanatda bo'ladi. Bu temperaturani grafik (3.6- rasm) bo'yicha aniqlash mumkin: u 1410 °C ga teng (I va II kesmalar teng). Cho'yanda erigan uglerod uchun 1440 °C temperaturada oksidlanish va qaytarilish ehtimoli bir xil (III va IV kesmalar teng, 3.6- rasmga q.). Marganesning bir tekis temperatura maydonida qaytarilishi a va e nuqtalarning (mos ravishda erigan uglerod va koks uglerodi uchun) temperaturasidan yuqori temperaturalarda sodir bo'ladi. Notekis temperatura maydonida potentsiali 1,33 V bo'lgan anodda (i nuqta) marganes barcha temperaturalarda qaytariladi, chunki h nuqta marganes chizig'iga yetmaydi.

Bir tekis temperatura maydonida Si ning koks uglerodi bilan qaytarilishi $t > 1360 \text{ °C}$ dan (k nuqta) boshlanadi. Cho'yanda erigan C va Si lar uchun muvozanat temperaturasi 1400 °C ga (f nuqta) teng. Notekis temperatura maydonida cho'yanda erigan uglerod bilan qaytarilish salt koloshaning yuqori qismida $t = 1310 \text{ °C}$ dan (g nuqta) boshlanadi. Koks uglerodi bilan Si ning oksidlanishi va qaytarilishi teng ehtimollik bilan $t = 1680 \text{ °C}$ da (V va VI kesmalarning tengligi) kuzatiladi. Cho'yanda erigan uglerod uchun bu temperatura 1760 °C ga teng. Notekis temperatura maydonida (p va n nuqtalar — potentsiallarning eng manfiy chetki qiymatlari) metallning eng past temperaturasi 1520 °C ga teng. Bu temperaturada

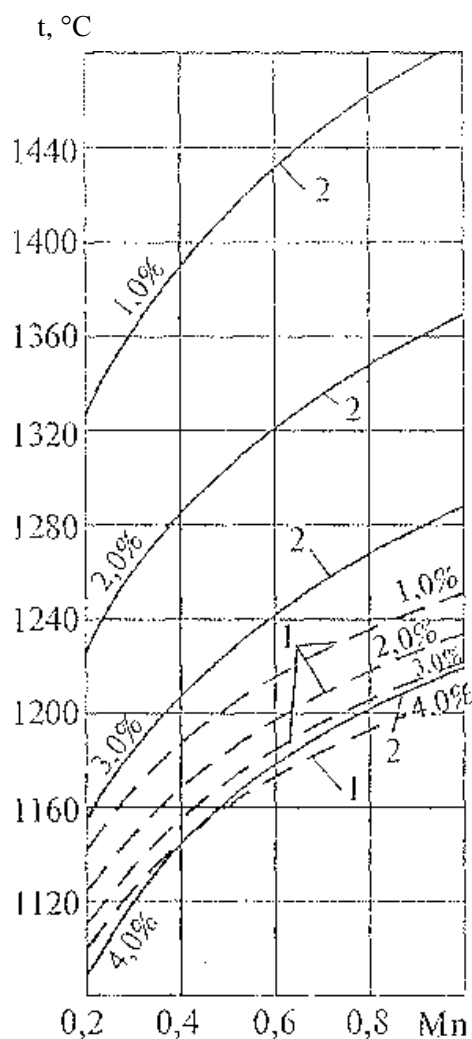
qaytarilish jarayoni oksidlanish jarayonidan ustunlik qiladi. Bu — kremniyning vagrankada qaytarilish jarayonining pastki chegarasi.

Metall va shlak fazalarida komponentlarning aktivligini hisobga olib aniqlanadigan muvozanat potentsillarining ishlab chiqilgan hisoblash metodikasi notekislik darajasi turlicha bo'lganda bir tekis hamda notekis temperatura maydonlarida elementlarning qaytarilish muvozanat temperaturalarini hisoblab topishga imkon beradi.

Muvozanat temperaturalarining qiymati metall va shlak tarkibiga sezilarli darajada bog'liq bo'ladi. Masalan, uglerod bilan Mn ning qaytarilishi muvozanat temperaturasi metall tarkibiga qarab 1090—1490 °C chegaralarida bo'lishi mumkin, bu 3.7- rasmdan ko'rinib turibdi (C element 4% va Mn element 2% bo'lganda $t=1090$ °C; C — 1% va Mn — 1% bo'lganda $t= 1490$ °C). Bu temperatura shlak tarkibidagi MnO = 1% bo'lganda 1440 °C dan (qaytargich — erigan uglerod, C = 3,2%) tarkibdagi MnO = 15% bo'lganda 1110 °C gacha (qaytargich — koks uglerodi) o'zgaradi. Shlak tarkibida MnO = 5% bo'lganda MnO dan Mn ni qaytarish uchun koks uglerodi va 4% miqdorida cho'yanda erigan uglerod adekvatdir. Boshqa sharoitlar bir xil bo'lganda cho'yan tarkibidagi Mn miqdori har bir 0,1% Mn ga muvozanat temperaturasini 10—20°C ga o'zgartiradi. Katta qiymatlar cho'yanda erigan uglerod bilan qaytarishga taalluqlidir.

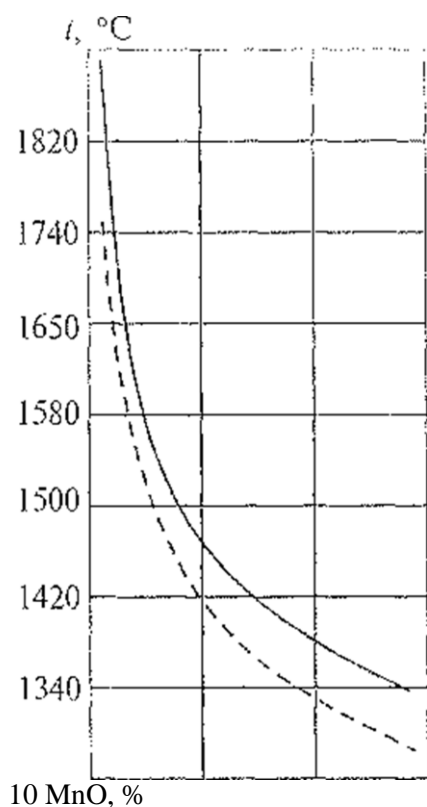
Kremniy qaytariladigan muvozanat temperaturasi ham shlak tarkibidagi Si, C va SiO₂ miqdoriga ham bog'liq bo'adi. Muvozanat temperaturasi tarkibdagi Si = 0,5% bo'lganda 1250 °C dan (qaytargich — koks uglerodi, C = 1,0%) tarkibda Si = 3% bo'lganda 1580 °C gacha (qaytargich — erigan uglerod, C= 1,0%) o'zgaradi. Tarkibdagi SiO₂ miqdoriga qarab koks bilan qaytarishda muvozanat temperaturasi 1440 °C dan (SiO₂ = 5%) 1330 °C gacha (SiO₂ = 75%; Si = 1,8; C = 3,2%) o'zgaradi. Cho'yanda erigan uglerod bilan qaytarishda bu temperaturalar tarkibdagi C miqdoriga bog'liq bo'ladi.

Ishlab chiqilgan metodika temir ikki oksidi bilan Si va Mn ni oksidlash ehtimoli ularni uglerod bilan qaytarish ehtimoliga teng bo'ladigan temperaturani ham



3.7- rasm. Mn koks uglerodi bilan (1) va cho‘yanda erigan uglerod bilan (2) qaytariladigan t_{muv} muvozanat temperaturasining Mn va C ning cho‘yandagi miqdoriga bog‘liqligi.

aniqlashga imkon beradi. Bu temperaturalar cho‘yan va shlakning kimyoviy tarkibiga ham bog‘liq bo‘ladi. Masalan, Mn uchun bu temperatura (uni oksidlanish va qaytarilish reaksiyalari EYK larining tenglik temperaturasi deb ataymiz — t_{re}) 1270 °C dan (Mn = 0,2%, qaytargich — koks uglerodi) 1740 °C gacha (Mn = 1,0%, qaytargich — erigan uglerodning 1% i) o‘zgaradi. 1740 °C chamasi temperaturalar faqat temperatura maydonining notekisligini hisobga olish sharti bilan ko‘rib chiqilishi mumkin. Masalan, koks sirti 1950 °C temperaturaga ega bo‘ladi. Binobarin, metallning FeO va MnO oksidlar bilan qoplangan tomchilari kontaktlashadigan joyda Mn ning qaytarilish ehtimoli uning temir ikki oksidi bilan oksidlanish ehtimolidan ancha yuqori bo‘ladi. Si uchun koks uglerodi bilan qaytarilishda $t_{\text{re}} = 1500$ °C dan (Si = 0,5%) 1780 °C gacha (Si = 3,0%) va erigan



3.8- rasm.

uglerod bilan qaytarilishda 1680 °C dan 1920 °C gacha o'zgaradi. Biroq bunday holda ham notekis temperatura maydoni sharoitlarida kremniyning qaytarilishi sodir bo'ladigan mahalliy zonalar bo'lishi mumkin.

t_{re} ning qiymati shlakning tarkibiga ham bog'liq bo'ladi, Masalan, $SiO_2 = 5\%$ bo'lganda t_{re} kremniy uchun 2040 °C ga, $Si = 15\%$ bo'lganda esa 1740 °C ga (cho'yann uglerodi bilan qaytarish uchun $C = 3,2\%$) va 1890 °C ga (koks uglerodi bilan qaytarish uchun) teng.

t_{re} marganes uchun $MnO = 1\%$ bo'lganda 1860 °C ga, $MnO = 15\%$ bo'lganda esa 1330 °C ga teng (3.8-rasm).

Marganes bir tekis temperaturalar maydonida ham, notekis maydonda ham nisbatan oson qaytariladi. Kremniy esa cho'yanni suyuqlantirishda yuqori temperaturali zonlardagina (koks bo'lakchalari sirtida) qaytariladi.

t_{re} ning qiymati shlakdagi FeO miqdoriga ham bog'liq bo'ladi. Masalan, marganes uchun $FeO = 5\%$ bo'lganda $t_{re} = 1430$ °C, $FeO = 20\%$ bo'lganda esa $t_{re} = 1510$ °C bo'ladi.

Kinetika. Kinetik tenglamalarni faqat cho'yanni induksion tarzda suyuqlantirish sharoitlari uchun aniq yechish mumkin. Induksion suyuqlantirishda massa uzatishga v_z , tezlik juda katta ta'sir qiladi deb faraz qilib, massa uzatish tenglamasini soddalashtirish mumkin (II bobga q.):

$$D \frac{\partial^2 c}{\partial z^2} - v_z \frac{\partial c}{\partial z} = 0 . \quad (3.38)$$

$\frac{\partial c}{\partial z}$ ni P orqali belgilaymiz. Unda $D \frac{\partial c}{\partial z} = v_z P$ bo'ladi.

O'zgaruvchilarni bo'lib, $D \frac{dP}{P} = v_z dz$ ga ega bo'lamiz. Tenglamani integrallab,

$D \ln P = z v_z + A_1$ ni hosil qilamiz, bu yerda A_1 — integrallash doimiysi.

$$\text{Bundan } P = e^{\left(\frac{z v_z + A_1}{D}\right)}.$$

Bu ifodani integrallab va $P = \frac{dC}{dz}$ — qiymatni o‘rniga qo‘yib

$$C = \int f e^{\left(\frac{z v_z + A_1}{D}\right)} dz$$

ga ega bo‘lamiz, bu yerda $A_2 = \frac{A_1}{D} = \text{const}$

$x = \frac{v_z}{D} \cdot z + A_2$ deylik, unda $dx = \frac{v_z}{D} dz$ va

$$C = \int e^x \frac{D}{v_z} dx$$

bo‘ladi. Bundan
$$C = \frac{D}{v_z} e^{\left(\frac{v_z}{D} z + A_2\right)} + A_3. \quad (3.39)$$

Integrallash konstantalarini aniqlaymiz: $z = 0$ da $C = C^\omega$, $z = h$ da $C = C^k$.

Bu ma’lumotlar asosida sistema tuzamiz:

$$\left. \begin{aligned} C^\omega &= \frac{D}{v_z} e^{A_2 + A_3}, \\ C^k &= \frac{D}{v_z} e^{\left(\frac{v_z}{D} h + A_2\right) + A_3}. \end{aligned} \right\} \quad (3.40)$$

(3.40) sistemani yechib, quyidagiga ega bo‘lamiz:

$$A_2 = \ln \frac{(C^k - C^\omega) v_z}{\left(e^{\frac{v_z}{D} h} - 1\right) D}; \quad A_3 = C^\omega - \frac{C^k \cdot C^\omega}{\left(e^{\frac{v_z}{D}} - 1\right)}. \quad (3.41)$$

Olingan bog‘lanishlar statsionar rejim, masalan, uzluksiz miksirlash sharoitlarida massa uzatilishini xarakterlaydi. Lekin real sharoitlarda induksion pechlardagi massa uzatish nostatsionar rejimda amalga oshiriladi.

Istalgan pech uchun massa uzatishning matematik modeli massa uzatishning tuyulma koeffitsiyenti (k^v) asosida qurilishi mumkin (II bobga q.).

Vagrankalarda cho‘yanni suyuqlantirib olish uchun massa uzatish quyidagi

formula bilan ifodalanadi:

$$\Delta M_{Fe} = K_{Fe}^{o'r} [k_{Fe}^{v(sh)} \omega_{(sh)} M_{\Sigma}^{sh} \tau_{(sh)} + k_{Fe}^{v(sk)} \Omega_{(tom)} \tau_{(sk)} + k_{Fe}^{v(to'p)} \Omega_{(to'p)} \tau_{(to'p)}]$$

bu yerda: ΔM_{Fe} — temir kuyindisi, kg; $K_{Fe}^{o'r}$ — temirning cho‘yandagi o‘rtacha konsentratsiyasi, %; ω — shixtaning solishtirma yuzasi, kg/m²; τ — vaqt, s; k^v — massa uzatishning tuyulma koeffitsiyenti, kg/m² · s · %,

$$k_{Fe}^{v(sk)} = k_{Fe}^{vII Ox} + k_{Fe}^{v Red} + k_{Fe[C, Si, Mn]}^{vII Red},$$

$$k_{Fe}^{v(to'p)} = k_{Fe}^{vIII Ox} - k_{Fe[C, Si, Mn]}^{vII Red},$$

Ω_{tom} va ω_{tom} — tomchilardagi umumiy va solishtirma yuza. Indekslar va darajalar quyidagilarni ifodalaydi: sh — shixta; sk — salt kolosha (salt koloshasi bo‘lmagan vagrankalar uchun sk o‘rnida o‘.q.k. — o‘ta qizdirish kamerasi ko‘rsatiladi), to‘p — to‘plagich, I Ox — qattiq metallning gaz fazasi bilan oksidlanishi, II Ox — suyuq metallning gaz fazasi bilan oksidlanishi, III Ox — shlak bilan oksidlanishi, I Red — koks uglerodi bilan qaytarish, II Red — cho‘yan elementlari bilan qaytarish.

Indekslashdan ko‘rinishicha, model konstruktiv zonalar (shaxta, salt kolosha, to‘plagich) bo‘yicha quriladi, bu esa cho‘yanni zonalar bo‘yicha aniq kimyoviy analiz qilish qiyinchiliklari bilan bog‘langan. Shuning uchun i- element konsentratsiyasining o‘zgarishi ham, shuningdek, bu uchta konstruktiv zonalar bo‘yicha aniqlanadi:

$$K_i^{(sh)} = K_i^o \exp [k_i^{v'(sh)} \omega_{(sh)} \tau_{(sh)}], \quad (3.42)$$

bu yerda

$$k_i^{v'(sh)} = k_i^{v' IOx} + k_i^{v' II Red};$$

$$K_i^{(sk)} = K_i^{(sh)} \exp [k_i^{v'(sk)} \omega_{(tom)} \tau_{(sk)}], \quad (3.42)$$

bu yerda

$$k_i^{v'(sk)} = k_i^{v' IOx} + k_i^{v' I Red} + k_i^{v' II Red};$$

$$K_i^{(v)} = \frac{1}{k_i^{v'(to'p)} \Omega_{(to'p)} - g^{vx}} \left\{ \frac{K_i^{(sk)} k_i^{v'(to'p)} \Omega_{(to'p)}}{k_i^{v(to'p)} \Omega_{(to'p)} - g^{vx}} * [M_0 + (g^{vx} - g^{ux}) \tau_{(to'p)}] \frac{k_i^{v(to'p)} \Omega_{(to'p)} - g^{vx}}{g^{vx} - g^{ux}} - g^{vx} K_i^{(sk)} \right\}, \quad (3.44)$$

bu yerda $k_i^{v'(to'p)} = k_i^{v'IIIox} + k_i^{v'IIRed} + k_i^{v'IRed}$.

Ishlab chiqilgan matematik modelning qollanilishi gaz vagranka- sidagi massa uzatilishini tajriba ma'lumotlari va ω ning hisob qiymatlari asosida hisoblab topishga imkon berdi. Olingan massa uzatish koef- fitsiyentlari ustida o'tkazilgan analiz shuni ko'rsatdiki, qizdirish va suyuqlantirishda shixtada 20—30% uglerod (jami kuyindidan), 60% ga yaqin Si va 70% Mn kuyadi, bunda marganes bo'yicha olingan ma'lumotlar qarama- qarshi. Olovbardosh nasadkali gaz vagrankasida uglerodning kuyishi shaxtada to'la shakllanadi, to'plagichda esa hatto biroz «qirmoch» hosil bo'ladi. Kremniy esa shaxtada aksincha, hech kuymaydi, bu esa elementlar kuyindisining shakllanishida temperatura maydonining bir jinsli bo'lmasligi katta ahamiyatga ega ekanligi to'g'risida guvohlik beradi.

Uglerodi bo'lmagan koloshada C ning ko'p va Si ning kam kuyishi ekstremal hodisa hisoblanadi, chunki bunday sharoitlarda fazalar orasidagi yuza olovbardosh salt koloshi bo'lmagan gaz vagrankalariga qaraganda katta bo'ladi. Salt kolosha tarkibiga uglerodli materiallarning kiritilishi Si va Mn lar ozgina kuyganda C ning ko'p kuyishining oldini olishga imkon beradi.

$\Delta M_{Fe}^{IRed} = 1,1979$ kg ekanligi aniqlangan, u avval oksidlanadi, so'ngra esa shlakdan qaytarilgan. Fe ning dastlab oksidlanishi, so'ngra shlakdan ancha aktiv C, Si va Mn elementlar bilan qaytarilishi unumdorligi 7 t/soat bo'lgan gaz vagrankasidan olingan shlakni analiz qilib va ular bo'yicha ΔM_{Fe}^{IRed} ni hisoblab tasdiqlangan.

Fe uchun olingan tuyulma yig'ma massa uzatish koeffitsiyentining ($k_{Fe}^{v\Sigma}$) qiymatini analiz qilib, quyidagicha xulosalar chiqarish mumkin: olovbardosh materiallar bo'lmagan nasadkali gaz vagrankasida temir tashqi o'ta qizdirish kamerali vagrankalarga qaraganda 1,5 marta ko'p kuyadi, bu hol metallni o'ta qizdirish uchun yaxshi sharoitlar yaratilganligi bilan bog'liq. Nasadkaga uglerodli materiallar kiritilganda $k_{Fe}^{v\Sigma}$ ning qiymati qariyb 100 marotaba kamayadi. Bu C, Si va Mn larning oksidlanishi hisobiga $\Delta M_{Fe[C, Si, Mn]}^{IRed}$ dan tashqari nasadka uglerodning oksidlanishi hisobiga $\Delta M_{Fe<C>}^{IIRed}$ ning ham mavjudligi to'g'risida guvohlik beradi, ya'ni bevosita $k_{Fe}^{v\Sigma} \approx 2 \cdot 10^{-3}$,

$$k_{Fe}^v = (0,09 - 0,08) \cdot 10^{-3} = k_{Fe}^{v\Sigma} - k_{Fe<C>}^v$$

Massa uzatish koeffitsiyentlari ustida olkazilgan analizning ko'r- satishicha, ular, asosan, 10^{-3} — 10^{-2} kg/m · soat · % tartibga ega. Masalan, o'ta qizdirish vaqtida barcha elementlarning kuyishi bitta tartibning o'zi $k^v = (1—4) \cdot 10^{-3}$ kg/m · soat · % bilan xarakterlanadi. Si va C lar bundan mustasnodir, ular uchun uglerodning nasadkaga kiritilishi bilan ularning kuyish mexanizmi o'zgaradi, chunki quyidagi reaksiyalar sodir bo'ladi:



bular esa uglerodli materiallar gaz vagrankasining nasadkasiga kiritilsa, maqsadga muvofiq bo'lishligi haqida guvohlik beradi.

Yoy pechidagi massa uzatish haqida bajarilgan hisob shixta tarkibining elementlarning kuyishiga ta'sirini aniqlashga imkon berdi. Massa uzatishning tuyulma koeffitsientlarini topish uchun tuzilgan programmada quyidagi qiymatlar olingan:

$$\begin{aligned}
k_C^{v'IOx} &= -2,743 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{soat}; & k_C^{v'IIIIOx} &= -14,865; \\
k_{Si}^{v'IOx} + k_{Si}^{v'IRed} &= -3,47; & k_{Si}^{v'IIIIOx} + k_{Si}^{v'IIRed} &= -41,2; \\
k_{Mn}^{v'IOx} + k_{Mn[C]}^{v'IIRed} &= -6,584; & k_{Mn}^{v'IIIIOx} + k_{Mn[C]}^{v'IIRed} &= -155,83
\end{aligned}$$

va elementlar kuyishining shixta tarkibidagi cho‘yan qirindisi miqdoriga bog‘liqligi aniqlangan:

$$\begin{aligned}
U_{Fe} &= 0,0524 \chi_{qir} + 0,1, & U_{Si} &= 0,5 \chi_{qir} + 15, \\
U_C &= 0,43 \chi_{qir} + 12, & U_{Mn} &= 0,75 \chi_{qir} + 25.
\end{aligned}$$

Shixtadagi qirindi miqdorining ortishi elementlar kuyishini 60% gacha orttiradi: Fe — 3,243% gacha, C — 38,3% gacha, Si — 46,6% gacha, Mn — 71% gacha. Bu ma’lumotlar qirindini yoy pechida qayta suyuqlantirish maqsadga muvofiq emasligi haqida dalolat beradi. Ayni paytda hisoblar elektr shlak rejimida

$$k_C^{v'IIRed} = -0,821, \quad k_{Si}^{v'IIRed} = 1,132 \quad \text{va} \quad k_{Mn}^{v'IRed} = 1,415 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \cdot \text{soat} \cdot \%$$

bo‘lishligini ko‘rsatdi. Qirindini yoy va elektr shlak rejimlarida qayta suyuqlantirish bo‘yicha o‘tkazilgan eksperimentlar hisob ma’lumotlarini tasdiqladi (3.4- jadval) va elektr shlak rejimida qayta suyuqlantirish maqsadga muvofiq ekanligini ko‘rsatdi.

3.4- jadval

Elektr shlak pechda cho‘yan qirindidan sintetik cho‘yan olishdagi - kuyindi

(—) va qirmoch (+) (shixtadagi dastlabki miqdoridan % hisobida)

Element	Yoy rejimi	Elektr shlak rejim
Umumiy	-20,8	+ 1,2
C	-4,51	+10,6
Si	-23,9	+20,55
Mn	-46,0	-16,0

S	-8,33	-50,0
P	-9,09	-9,09

Cho‘yan suyuqlantirish jarayonlari klassifikatsiyasi va pechlarning texnologik sxemalari

Quyimakorlikda cho‘yanni suyuqlantirish yoki cho‘yanni ikkilamchi suyuqlantirish deb ataladigan jarayon vagrankalarda (3.9- d rasm), induksion elektr pechlar (3.9- e rasm) va elektr yoy pechlarida (3.9- g rasm) amalga oshiriladi. Cho‘yanni tegishlicha vagrankalarda, induksion va yoy pechlarida suyuqlantirish metodlari bir-biridan farqlanadi.

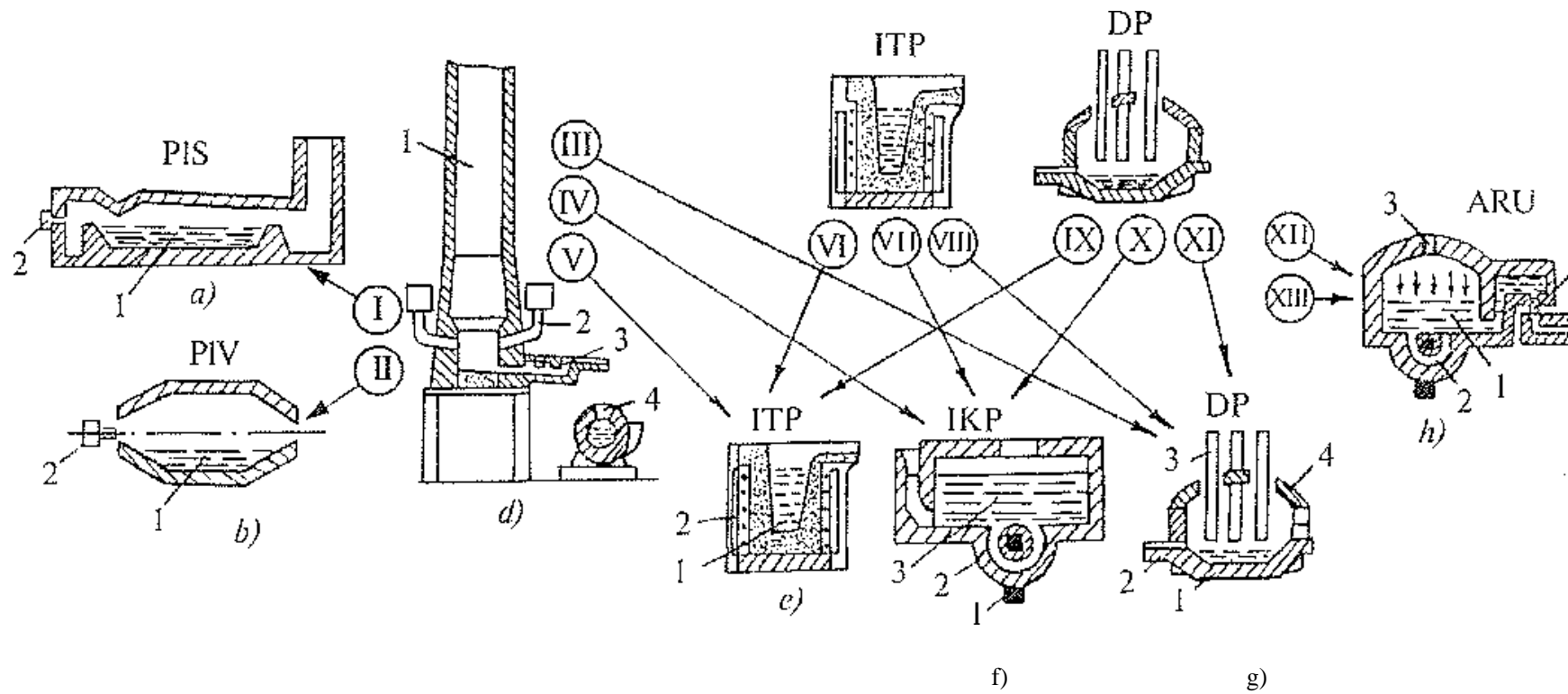
Alangali pechlar (PIS, P1V) keng tarqalmadi. Monojarayonda ular faqat katta olchamli temir- tersak, masalan, prokatka cho‘yan valkalarni qayta suyuqlantirishda yoki bir yola katta metall massalarini olishda ishlatiladi. Avval ular KЧ cho‘yan olish uchun dupleks- jarayonlarda keng foydalanilar edi. Bu agregatlar hozir ba’zi bir quyish sexlarida ishlamoqda, lekin, asosan, elektr pechlar ishlatiladi.

Quymalarni yirik seriyalab va ko‘plab ishlab chiqarishda cho‘yan suyuqlantirishning dupleks va tripleks- jarayonlari keng tarqalgan. 3.9- rasmda pechlarning ikki turidagi o‘n bitta dupleks- jarayon ko‘rsatilgan. Suyuqlantirish pechlaridan birini ARU orqali qo‘shish (3.9- h rasm), shuningdek, tripleks- jarayonlarini amalga oshirish mumkin. Tripleks- jarayonda cho‘yan pechlardan birida suyuqlantiriladi, boshqa pechda nihoyasiga yetkaziladi va qolipga quyish ARU yordamida bajariladi. Bu holda III—XI duplekslarni birga qo‘shish, ya’ni tripleks- jarayonlarning to‘qqiz turi bolishi mumkin.

Bundan tashqari, dupleks- jarayon: domna pechi — elektr pechidan foydalanish mumkin va bu energetika jihatidan tejamli. Bunda suyuq cho‘yan nihoyasiga yetkazish uchun domna pechdan induksion yoki yoy pechiga quyiladi. Polijarayonlardan foydalanib suyuqlantirish metodlarining ko‘p bo‘lishiga qaramasdan, suyuqlantirish texnologiyasi suyuqlantirish pechlarining yetti turining (V, PIS, P1V, ITP, DP, IKP va ARU) ishlashiga bog‘liq.

Cho‘yan suyuqlantiriladigan agregatlardan eng ko‘p tarqalgani vagrankadir. U shaxta 1 dan (3.9- d rasmsga q.) iborat bo‘lib, shaxtaning pastki qismida havo

beriladigan firma 2 lar, shlakdan ajratuvchi 3 qurilma 4 to'plagich joylashgan.



3.9- rasm. Suyuqlantirish jarayonlarining klassifikatsiyasi va cho‘yan suyuqlantiradigan pechlar asosiy turlarining texnologik sxemalari.

Shaxtaga furnalar sathidan shaxta diametriga teng balandlikkacha koksning salt koloshasi, shuningdek, metall shixta, koks va flusning ishchi koloshalari yuklanadi. Cho‘yan koks yonishi natijasida ajraladigan issiqlik hisobiga suyuqlanadi, shaxtaning gorn deb ataladigan pastki qismiga oqib tushadi va yo shu yerda to‘planadi, yo uzluksiz to‘plagichga ketadi, bu yerda quyishga chiqarish uchun ma’lum porsiya yig‘iladi.

Alangali pechlar (P1S va P1V, 3.9- a va b rasrn) davriy ishlaydi. Ishchi bo‘shliq 1 ga qattiq shixta yuklanadi yoki vagrankadan suyuq metall quyiladi, gorelkalar yoki forsunka 2 lar isliga tushiriladi va suyuqlantirish ishlari olib boriladi.

Tobora keng ko‘lamda tarqalayotgan induksion pechlar (ITP) konstruksiyasi jihatidan juda sodda (3.9- g rasmga q.). Metall tigel 1 da joylashtiriladi. Shixta «botqoq» deb ataladigan, ya’ni oldingi suyuqlantirib olish jarayonidan qolgan suyuq metallga (suyuqlantirilgan cho‘yan massasining 1/3 qismiga yaqin) yuklanadi. Induksion toklar metallda tigelni o‘ram ko‘rinishida qamrab olgan induktor 2 vositasida yaratiladi. Tayyor cho‘yan pechni qiyalatib tarnov 3 orqali chiqarib yuboriladi.

Yoy pechlari (DP, 3.9- e rasm) shixta bilan ust tomondan yuklanadi, bunda gumbaz 4 chekkaga chetlatiladi, shixta, so‘ngra esa suyuq metall vanna 2 da bo‘ladi. Suyuqlantirish elektrodlar 3 bilan yaratiladigan yoy razryadlari yordamida bajariladi. Tayyor cho‘yan pechni qiyalatib tarnov 2 orqali chiqarib yuboriladi.

Kutish pechi sifatida IKP dan foydalanilsa, juda maqsadga muvofiq bo‘ladi, chunki ularning FIK boshqa elektr pechlarining FIK idan ancha yuqori bo‘ladi. Bu pechlarda issiqlik suyuq metall to‘ldirilgan va transformator o‘rami singari birlamchi o‘ramli o‘zak 1 ni qamrab oladigan kanal 2 da hosil qilinadi (39- f rasm).

ARU da (3.9- h rasm) ham, odatda, issiqlik hosil qiladigan kanalli induksion manbadan foydalaniladi (IKP dagidek). Metall 1 kanal 2 da joylashib doimo isitilib turiladi. Avtomatik tarzda quyish uchun gumbazdagi tuynuk 3 orqali siqilgan havo vositasida metall ustida bosim hosil qilinadi. Bunda asosiy sig‘imdagi sath pasayadi va metall teshik 4 orqali ARU dan siqib chiqariladi va qolipga quyiladi.

3.3. Vagrankalarda cho‘yan suyuqlantirish

Fizik-kimyoviy xususiyatlari. Vagrankada cho‘yan suyuqlantirishning o‘ziga xos xususiyati fazalarning o‘zaro ta’sir qilish jarayonlarining uzluksizligi va salt koloshaning qalin qatlami hamda ishchi koloshalarning yupqa qatlami ko‘rinishidagi koksning bo‘lishidir [28]. Koks III zonaning (3.10- rasm) pastki qismida quyidagi reaksiya bo‘yicha yonadi:



Unda erkin kislorod bo‘lishi ehtimoli bor, shu boisdan uni salt koloshaning kislorod zonasi deb ataydilar. Yonish mahsulotlari salt koloshaning yuqori qismiga ko‘tariladi, bu yerda ular qaytadan koks bilan quyidagi reaksiya bo‘yicha reaksiyaga kirishadi:



Bu reaksiya endotermik reaksiyadir, shu sababdan gazlarning temperaturasi biroz pasayadi.

Vagrankaga kimyoviy tarkibi bo‘yicha bir- biridan prinsip jihatdan tafovutlanadigan ikkita komponentdan iborat shixta yuklanadi (3.10- rasm), ular 1 po‘lat (po‘lat temir- tersagi, chiqindilar) va 2 cho‘yan (quyma ko‘rinishdagi cho‘yanlar, cho‘yan temir- tersagi) komponentlarga, shuningdek, 3 va 4 ferroqotishmalarga bo‘linadi. Suyuqlantirishda elementlar miqdorining o‘zgarishi suyuq fazalar, elementlar kuyindisining aralashishi va ferroqotishmalar kiritilishi hisobiga sodir bo‘ladi. Vagrankada suyuqlantirishda suyuq metallning salt koloshaning koksi tarkibidagi uglerod va oltingugurt bilan to‘yinishi xarakterlidir.

Vagrankada cho‘yan suyuqlantirish texnologiyasi

Vagrankaning texnologik ish sikli quyidagi operatsiyalarni o‘z ichiga oladi: vagrankani suyuqlantirish uchun tayyorlash, qizitish, yuklash va ishga tushirish,

ishlash vaqtida vagrankaga xizmat ko'rsatish, vagrankani to'xtatish

ГОСТ 24774-81 vagrankalar quyidagi turlarga bo'linadi:

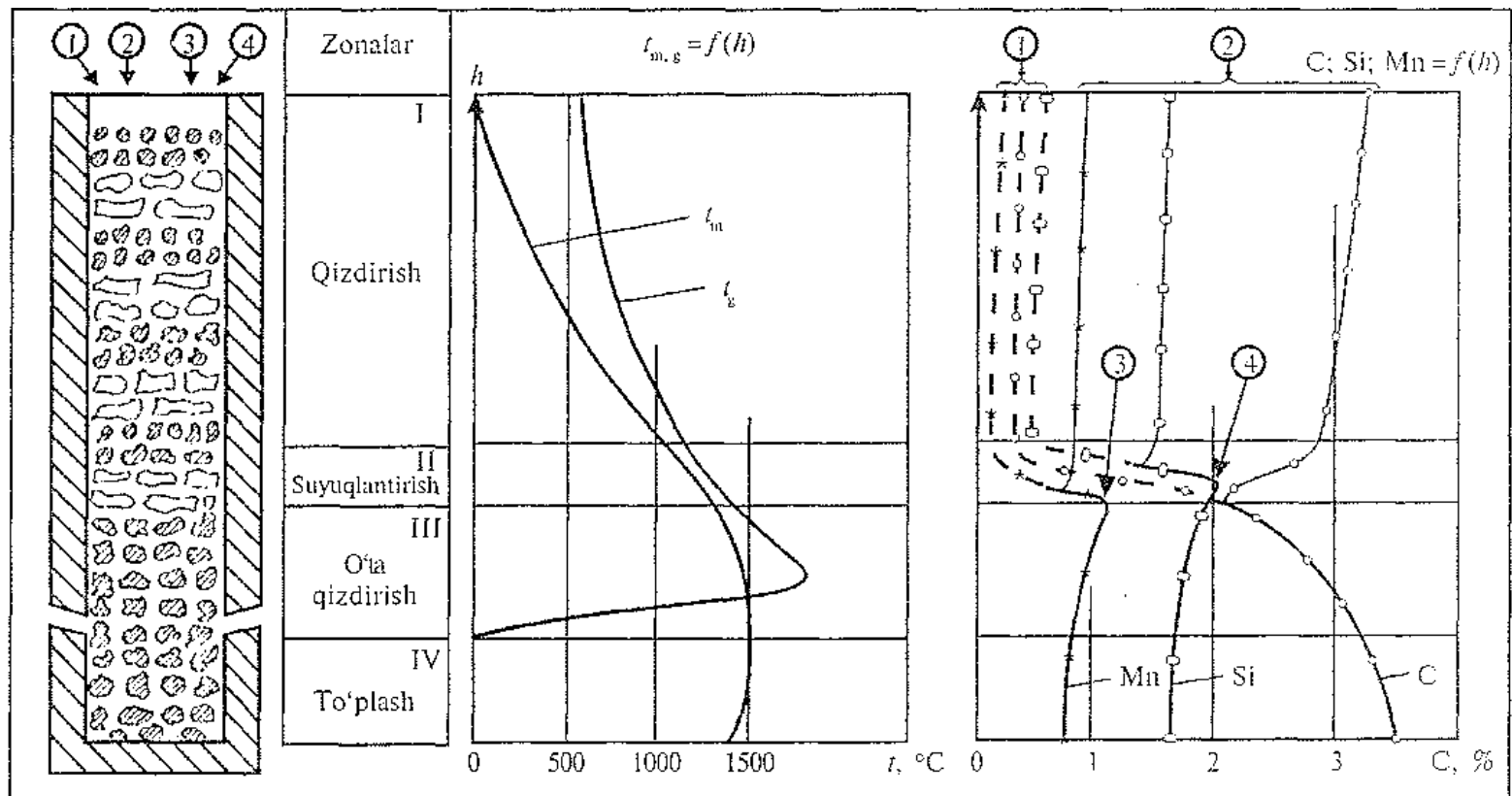
- Ochiq, unda gazlarning jami atmosferaga chiqib ketadi (3.11- rasm);
- Yopiq vagrankalar, bularda vagrankadan chiqadigan gazlarni majburiy tozalash qurilmalaridan o'tkazib, atmosferaga 1 m³ gazlarda 100 mg changi va 0,1 % CO chiqariladi. Bu ko'rsatgich normaga to'g'ri keladi.

Qisman koksni gaz bilan almashtirish kokso- gaz vagrankalarida ko'rsatilgan (3.12- rasm) va koksdan tamoman voz kechish gaz vagrankalarida amalga oshiriladi (3.13- rasm). Amaliyotda eng yaxshi gaz vagrankalari bu Penza kompressor zavodida V.A.Grachev rahbarligida ishlab chiqilgan vagrankalar hisoblanadi. Bugungi kunda bu vagrankalar ko'plab korxonalarda ishlatilmoqda. 3.14- rasmda hozirgi zamon yopiq vagranka kompleksi keltirilgan. Bu vagranka Giprostanok instituti tomonidan yaratilgan (Rossiya).

Vagrankani suyuqlantirishga tayyorlash, asosan, olovbardosh futerovkani ta'mirlashdan iborat bo'ladi. Ta'mirlash kapital, o'rtacha vajoriy ta'mirlash bo'lishi mumkin. Kapital ta'mirlashda vagrankaning butun olovbardosh futerovkasi almashtiriladi, o'rtacha ta'mirlashda eng zo'riqqan joylardagi futerovka (suyuqlantirish zonasi, furma mintaqasi, o'tish letkasi va ancha vayron bo'lgan boshqa zonalardagi) almashtiriladi, joriy ta'mirlash har bir suyuqlantirishdan keyin bajariladi. Joriy ta'mirlash hajmi suyuqlantirishning qancha davom etishi va undan keyin futerovkaning holati bilan aniqlanadi

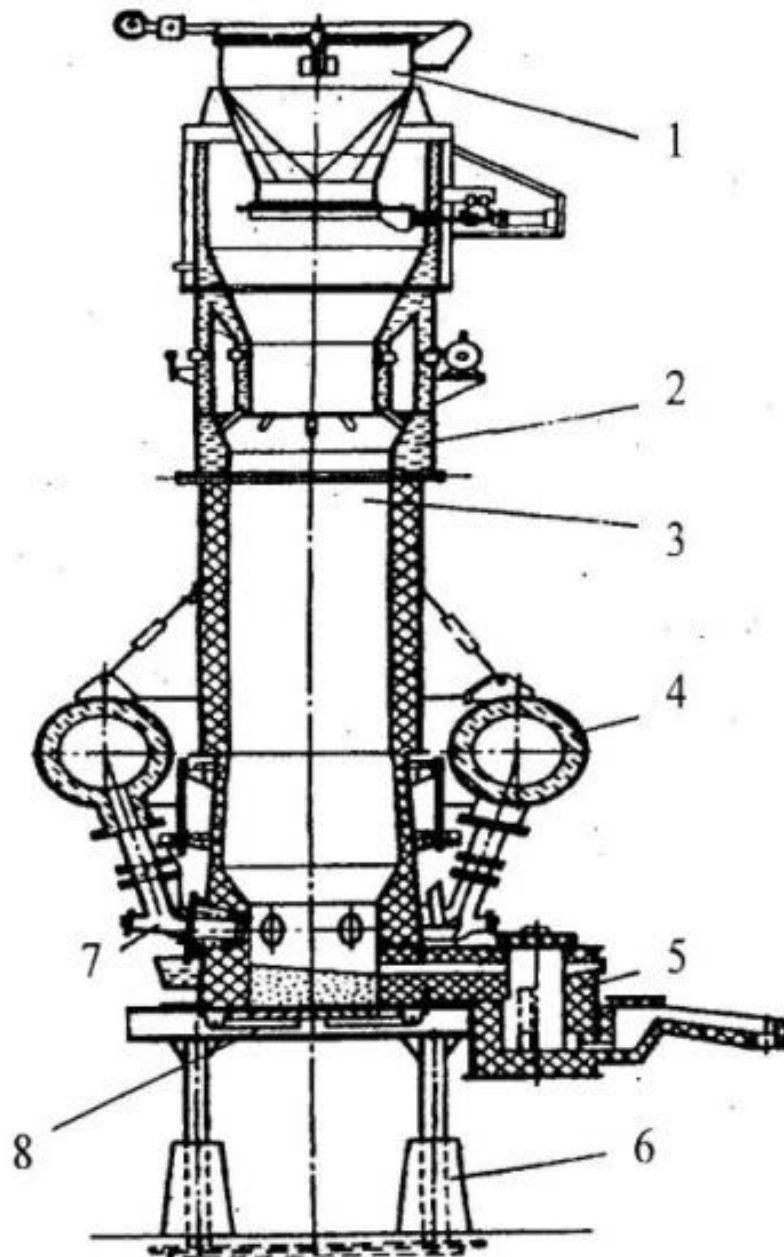
Suv bilan sovitilmaydigan vagrankalar ish siklining davom etish vaqti — 8 dan 20 soatgacha. Suv bilan sovitish sistemasidan foydalanilganda vagranka ish siklini 1 oygacha yetkazish mumkin.

Olovbardosh futerovka 25—30% olovbardosh gil va 70—75% may- dalangan shamot yoki kvars qumdan iborat qorishmada tayyorlangan shamot g'ishtdan terib bajariladi. Vagrankalar futerovkasini tiqma yordamida yoki torkretlab (changlatib) ham amalga oshirish mumkin.



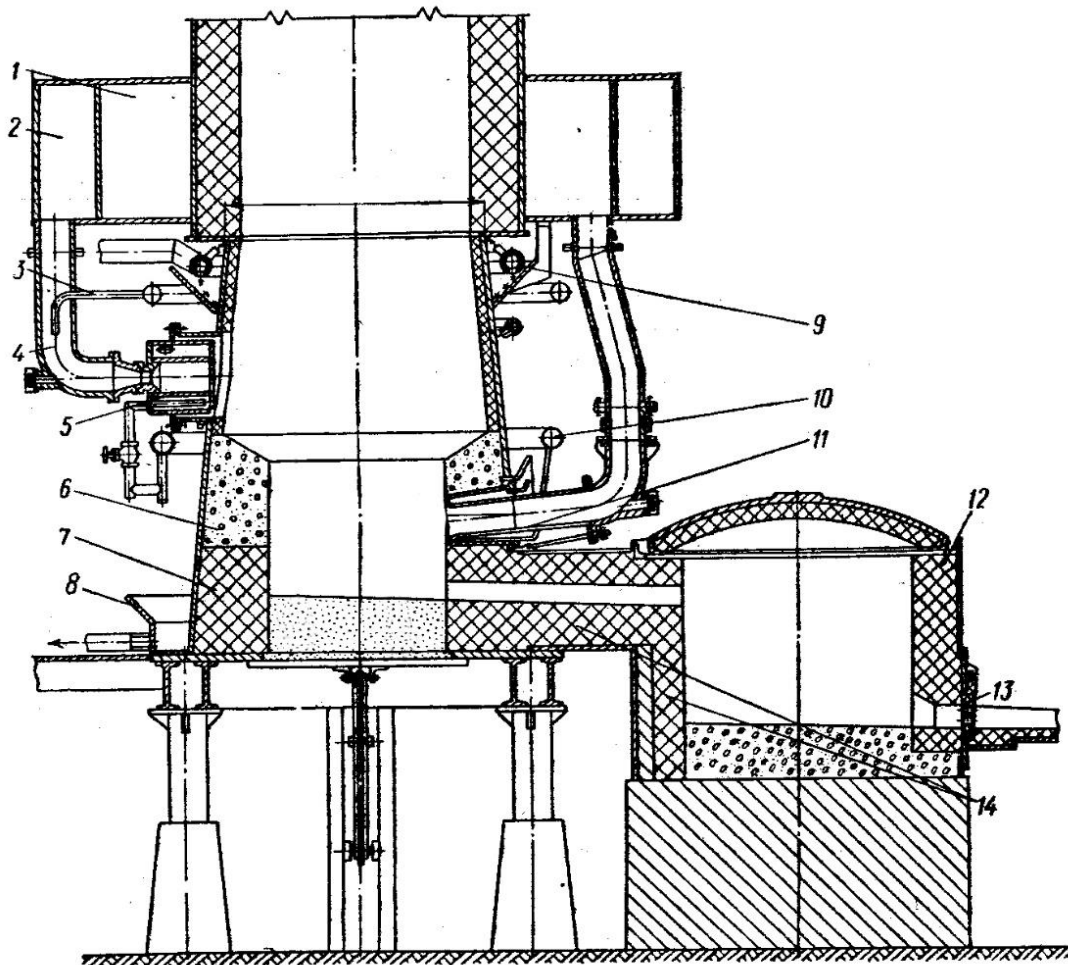
3.10- rasm. Vagranka balandligi bo'yicha metall (t_m) va gaz (t_g) temperaturalari hamda metall tarkibining o'zgarishi:

- 1 — shixtaning po'lat komponentlari, 2 — shixtaning cho'yan komponentlari, 3 — ferromarganes qo'shimcha,
4 — ferrosilitsiy qo'shimcha.



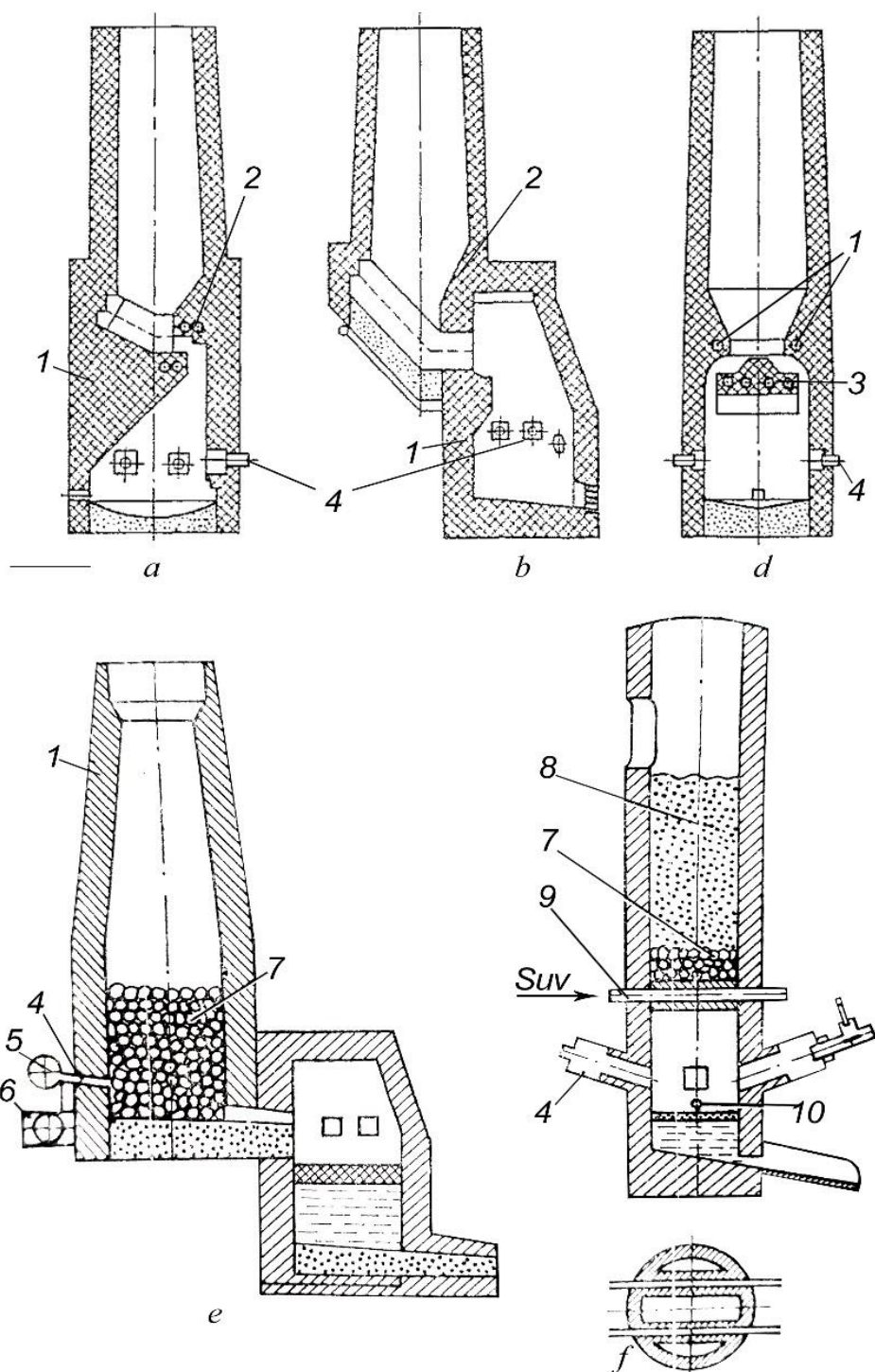
3.11- rasm. Koks vagrankasi:

1 — germetik shixta yuklash qurilmasi, 2 — suvda sovutiladigan koloshnikli qurilma, erigan gazlarni tortib oladi, 3 — shaxta, 4 — havo kollektori, 5 — sifonli shlak ajratuvchi, 6 — tag qismi ustunlari, 7 — furmalar



3.12- rasm. Kokso- gaz vagranka konstruktsiyasi:

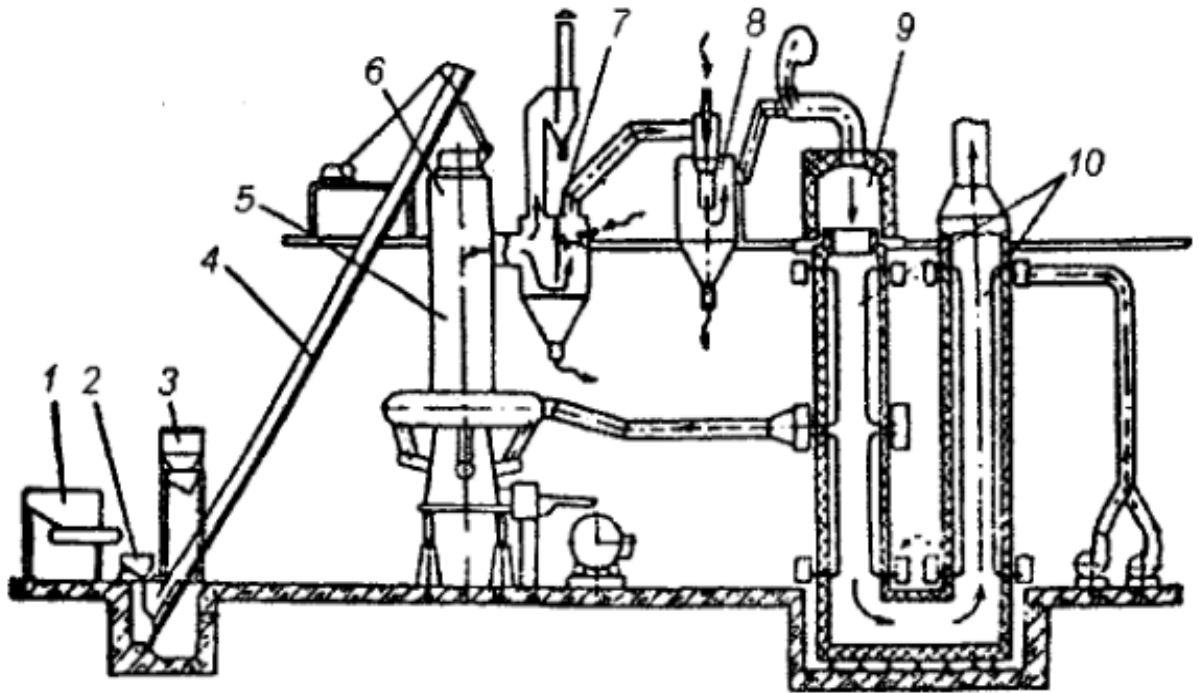
1 — furlar uchun havo kollektori, 2 — tabiiy gaz kollektori, 3 — gaz gorelkasi, 4 — gaz-havo qo‘shilmasini keltiradigan qurilma, 5 — gaz furmasi, 6 — suyuqlantirish zonasining o‘tga chidamli qoplami, 7 — shamot- g‘ishtli futerovka, 8 — shlakni maydalash qurilmasi, 9 — suyuqlantirish zonasini suv bilan sovitish qurilmasi, 10 — suv kollektori, 11 — havo furmasi, 12 — kopilnik, 13 — lechka, 14 — suyuq metal o‘tadigan kanalning futerovkasi



3.13- rasm. Gaz vagranka turlari:

a — shaxtasida ustunli, b — chiqarilgan qizitish kamerali, d — shaxtasida peremichkali, e — o‘tga chidamli nasadkali, f — kolosikli va o‘tga chidamli nasadkali;

1,2 — pastki va yuqoridagi shaxtadagi ustunlar, 3 — peremichka, 4 — gaz gorelkalari, 5 — gaz kollektori, 6 — havo kollektori, 7 — o‘tga chidamli nasadka, 8 — shixta materiallari, 9 — sovutgich, 10 — shlak uchun letka [5]



3.14- rasm. Giprostanok instituti ishlab chiqargan yopiq vagranka sxemasi:

1 — shixta uchun bunker estakadasi, 2 — toroz telejkasi, 3 — koks va ohaktoshni o‘lchab beruvchi qurilma, 4 — shixta ko‘tarish qurilmasi, 5 — vagranka, 6 — shlyuz kamerasi, 7 — changni yig‘ish kamerasi, 8 — ejetorli scrubber, 9 — to‘la yondirish kamerasi, 10 — radiatsion rekuperator

Buning uchun vagrankaning tagi (shaxta tubi) kuygan qoliplash tuprog‘i, kuyindi (uchqin so‘ndirgichda qolgan chiqindilar) va ishlatilmagan yangi qoliplash materiallarining muayyan miqdori bilan tiqib to‘ldiriladi. Futerovkani torkretlash metodi vositasida ta‘mirlash eng ilg‘or metodlardandir, lekin hozircha u kam qo‘llaniladi. Ta‘mirlashdan keyin, ayniqsa, o‘rtacha va kapital ta‘mirlashdan keyin futerovkani quritish zarur. Aks holda, suyuqlantirish jarayonida ajralib chiqadigan bug‘lar vagranka jarayonining ketishiga ta‘sir qilishi va futerovkaning yorilishiga sabab bo‘lib, uning vaqtidan ilgari ishdan chiqishiga olib kelishi mumkin. Futerovkani yaxshisi gaz gorelkalari yoki o‘tin yoqib quritish kerak.

Quritilgandan keyin vagranka tagligiga salt kolosha koksini yondirish uchun o‘tin teriladi. Salt kolosha koksi yondirilgandan keyin havo berish mashinasi ishga tushiriladi va vagrankaga havo yuboriladi. Havo bilan tozalash 2—3 minut davom

etadi. Havo bilan tozalash jarayonida koks changi va mayda- chuyda narsalar uchirib chiqariladi. Bunda koks gurullab yona boshlaydi. Endi shixtani yuklash mumkin.

Vagrankaning unumdorligi va suyuqlantirilayotgan cho‘yan temperaturasi bog‘liq bo‘ladigan eng muhim texnologik faktorlardan biri — salt koloshaning balandligidir. U furmalarning asosiy qatoridan 1,2—1,5 m baland bo‘lishi kerak.

Vagrankada suyuqlantirish texnologiyasi ko‘p empirik tavsiyalarga ega. Masalan, salt kolosha balandligining to‘g‘ri tanlanganligini furmalar zonasida cho‘yanning birinchi tomchilarining paydo bo‘lish vaqti bo‘yicha nazorat qilish tavsiya etiladi [8]. Agar havo birinchi ustun to‘ldirilgan zamonok berilsa, furmalarda birinchi tomchi 15— 20 minutdan keyin paydo bo‘lishi kerak. Agar ular oldin paydo bo‘lsa, salt kolosha balandligi yetarli emas. Salt kolosha uchun koksning o‘lchami 100—150 mm bo‘lgan yirik bo‘laklari tanlab olinadi. Yuklash qat‘iy ketma- ketlikda amalga oshiriladi: yoqilg‘i — fluslar— metall. Biror muddat saqlagandan keyin shixtani qizitish uchun havo beriladi va suyuqlantirish jarayoni boshlanadi.

Yoqilg‘i ishchi koloshada qalinligi 150—200 mm bo‘lgan koks qatlamidan iborat bo‘lishi kerak. Yoqilg‘i koloshaga bo‘ladigan yoqilg‘i sarfi 8 dan 18 % gachani (odatda, yoqilg‘i sarfi 10—12%) tashkil qiladi. Masalan, koks qatlamining qalinligi 150 mm bo‘lganda. 700 mm diametrli vagranka uchun yoqilg‘i koloshaning massasi 27 kg, metall koloshaniki esa 270 kg ni, ya‘ni vagrankaning bir soatdagi unumdorligining 1/10 qismiga yaqinini tashkil qiladi.

Havo ancha jadal berilganda salt koloshaning ustki sathining pastga tnsib ketishiga yo‘l qo‘ymaslik uchun koksni ko‘proq yuklash zarur, aks holda cho‘yanning temperaturasi keskin pasayishi va uning sifati yomon bo‘lishi mumkin. Ishchi koloshalarda yoqilg‘ining ortiqcha bo‘lishi natijasida salt koloshaning yuqorigi sathi ko‘tarilishi va suyuqlantirish jarayoni sekinlashishi mumkin. Metall va ishchi koks koloshalarining tavsiya etiladigan massalari 3.5- jadvalda keltirilgan.

Vagranning diametriga qarab ishchi koloshalarda tavsiya etiladigan koks va to'ldirma metall massalari

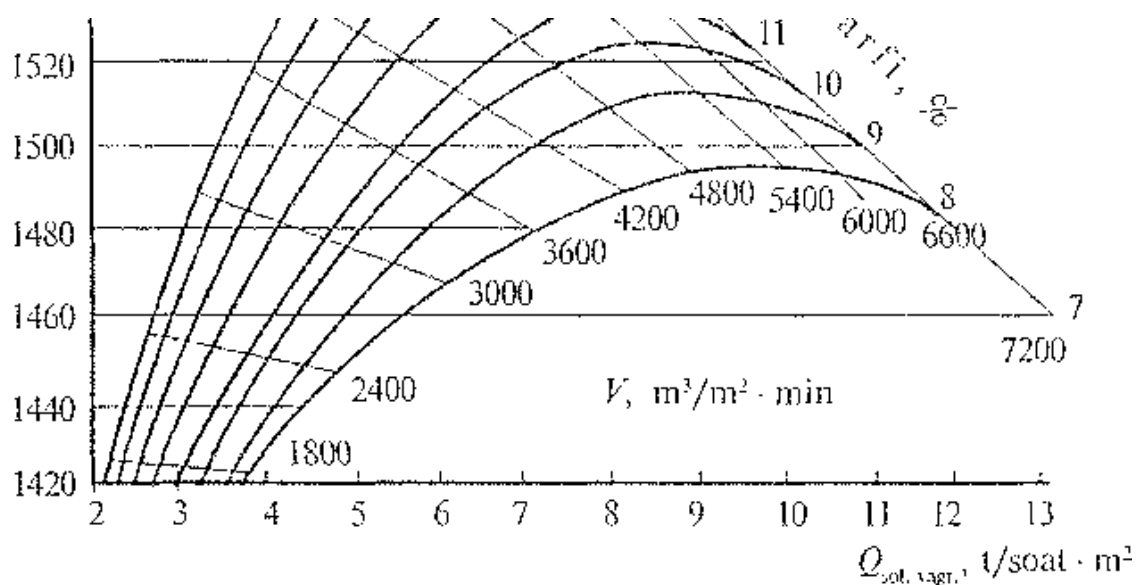
Diametr, m	Unumdorlik, t/soat	To'ldirma metall massasi, kg	Koksni sarflashda ishchi koloshdagi koks massasi (kg), %		
			10	12	14
0,5	2	150	15	18	21
0,7	3-4	300	30	36	42
0,9	4-6	500	50	60	70
1,1	7,5-9	700	70	84	98
1,3	9-12	900	90	108	126
1,5	14-17	1350	135	162	189
1,8	18-22	1800	180	216	252
2,1	25-30	2500	250	300	350

Suyuqlantirishning borishi beriladigan havo miqdori va koks sarfining to'g'ri nisbatiga bog'liq. Vagranga beriladigan havo miqdori vagranka bo'sh ko'ndalang kesimi yuzasining 1 m^2 iga m^3/min hisobida topiladi. Vagranga beriladigan havo normasi o'rta hisobda $100\text{—}130 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{min}$, ayrim hollarda, masalan, kam uglerodli cho'yanni suyuqlantirishda $160\text{—}180 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{min}$ ni tashkil qiladi. Olinadigan cho'yanning temperaturasining va vagranka solishtirma unumdorligining beriladigan havo va koks sarfiga bog'liqligi, odatda, nomogrammalar ko'rinishida ifodalanadi. Bunday nomogrammalardan bittasi 3.15- rasmda keltirilgan.

Vagrankada suyuqlantirish vaqtida shixta to'g'ri tortilgan va yuklanganligiga rioya qilish lozim. Vagranga shaxtasida shixtaning bir joyda muallaq turishiga yoki uning to'ldirish tuynugidan ko'pi bilan ikkita kolosha pasayishiga yo'l qo'yib

bo‘lmaydi. Suyuqlantirishda beriladigan havo miqdorini, uning bosimini va cho‘yanning temperaturasi nazorat qilib turish zarur, shuningdek, furnalar shlaklanib qolmasligini kuzatib turish, buning uchun ularni muntazam ravishda tozalab turish kerak. Avariya holatlarida shlakni suyultirish uchun plavik shpati qo‘shish lozim

Vagrunkada suyuqlantirish vaqtida shixta to‘g‘ri tortilgan va yuklanganligiga rioya qilish lozim. Vagrunka shaxtasida shixtaning bir joyda muallaq turishiga yoki uning to‘ldirish tuynugidan ko‘pi bilan ikkita kolosha pasayishiga yo‘l qo‘yib bo‘lmaydi. Suyuqlantirishda beriladigan havo miqdorini, uning bosimini va cho‘yanning temperaturasi nazorat qilib turish zarur, shuningdek, furnalar shlaklanib qolmasligini kuzatib turish, buning uchun ularni muntazam ravishda tozalab turish kerak. Avariya holatlarida shlakni suyultirish uchun plavik shpati qo‘shish lozim.



3.15- rasm. Vagrunka jarayoni parametrlari o‘zaro bog‘lanishining nomogrammasi (t_{Me} — metall temperaturasi, °C; $Q_{sol.vagr}$ — vagrunkaning solishtirma unumdorligi, t/soat · m²).

Vagrunkada suyuqlantirish tugagach havo beradigan mashina (vozduxoduvka) to‘xtatiladi, shlak va suyuq cho‘yan chiqarib yuboriladi, vagrunka tubi ochiladi (bunda tag va salt kolosha ag‘dariladi) va koks suv bilan o‘chiriladi.

Vagrunka ishlab turgan vaqtda turli buzuvchiliklar bo‘lishi mumkin. Ularning

vujudga kelish sabablari va bartaraf qilish choralari 3.6- jadvalda keltirilgan.

Shlak hosil bo‘lishi va uning vagranka jarayoniga ta’siri.

Kislotali va asosli jarayonlarning o‘ziga xos xususiyatlari

Shlak hosil bo‘lishi — metallurgiya jarayonida ishtirok etadigan asosiy fazalardan biridir, shuning uchun uning tarkibi va xossalari suyuqlantirishning borishiga va olinadigan metall xossalariga sezilarli ta’sir qilishi mumkin.

Vagranka shlakining hosil bo‘lish manbalari quyidagilardir: Si, Mn, Fe va boshqa elementlar kuyindisi, futerovka sirtining erishi, shixtaning ifloslanishi (shixtadagi qum va begona aralashmalar), yoqilg‘i kuli, fluslar. Odatda, vagrankada metall massasidan 5—10% shlak hosil bo‘ladi. Shlak tarkibiga CaO, SiO₂, Al₂O₃, MnO, FeO, MgO oksidlar,

3.6-jadval

Vagrankada suyuqlantirishda bo‘ladigan buzuvchiliklar va ularni bartaraf qilish choralari

Buzuvchiliklar	Sabablar	Bartaraf qilish choralari
1	2	3
Suyuqlantirish boshida metallning temperaturasi past	Salt koloshaning boshlang‘ich balandligi past; mayda koksning mexanik mustahkamligi kichik; uzoq vaqt yoki jadal qizdirilishi tufayli salt kolosha balandligining ko‘p pasayishi	Bitta yoki ikkita (qo‘shaloq) yoqilg‘i koloshasi yuklansin; beriladigan havo sarfi vaqtincha kamaytirilsin (suyuqlantirish zonasiga to‘ldirma kelguncha)
Chiqarilayotgan metallning temperaturasi pasaygan	Suyuqlantirish zonasining sathi va qizdiriladigan havo temperaturasi pasaygan	Ikkita (qo‘shaloq) yoqilg‘i koloshasi yuklansin; koks va metall kolosha vazifasining va dozalanishining to‘g‘ri tanlanganligi tekshirilsin; beriladigan havo temperaturasi ko‘tarilsin

Metall vagranka tagini yorib o'tgan	Tag tiqmasining sifati past; suv tagni vagrankaning suv bilan sovitiladigan uzellarining zich bo'lmagan joylari orqali kelayotganda o'pirib ketgan; suyuqlantirish boshida beriladigan havo bosimi katta	Vagrankaga havo berish to'xtatilsin; undagi jami metall chiqarib yuborilsin (shlakka qadar); o'tga chidamli gil (letka tarkibli) bilan yorib o'tilgan joy berkitilsin; vagrankaga suv tushishiga yo'l qo'yilmasin
Metall letkada yoki suyuqlantirish boshida sifonli shlak ajratgichning o'tish zonasida qotib qolgan	Metallning temperaturasi pasaygan; letka yoki o'tish kanali yomon tiqilgan (butun uzunligigacha emas); o'tish kanali va shlak ajratgich yetarli darajada quritilmagan; koks bo'laklari o'tish kanaliga tushib qolgan	Vagrankaga havo berish to'xtatilsin; letka kislorod bilan kuydirib teshilsin. Zarur bo'lsa, metallning temperaturasini ko'tarish choralari ko'rilsin
Sifonli shlak ajratgichning o'tish kanali orqali metallning oqib tushishi to'xtagan	Metall temperaturasi keskin pasaygan; o'tish kanaliga koks bo'lagi yoki sirti kuygan g'isht tushgan	Havo berilishi to'xtatilsin: shlak ajratgichdan metall chiqarib yuborilsin; o'tish kanali lomcha bilan tozalansin yoki kislorod bilan kuydirib teshilsin
		yoki vagranka darhol urib sindirilsin; metalining tempotaturasini oshirish uchun choralar ko'rilsin
Vagrankada shlak furalarga ko'tarilgan va lining sifonli shlak ajratgich orqali chiqishi to'xtagan	Vagrankadagi havo bosimi yetarli emas; sifonli shlak ajratgich o'lchamlariga rioya qilinmagan; o'tish kanaliga koks bo'lagi tushib qolgaii	Beriladigan havo bosimi eng katta qiymatgacha ko'tarilsin; letka «igna» bilan tozalansin, agar bu chora natijalar bermasa, vagrankaga havo berish to'xtatilsin va metall pastki letka orqali chiqarib yuborilsin; shlak va metall ostonalari pasaytirilsin

<p>Shixta yuqorida muallaq turib qolgan</p>	<p>Yirik shixta ishlatilgan; vagranka shaxtasining futerovkasida o'yoq joy va chiqiqlar bor</p>	<p>Vagrankaga havo berish to'xtatilsin; xavfsizlik texnikasiga rioya qilgan holda shixtani yuklash tuynugi orqali yoki berk vagrankalar shaxtasidagi luklar urib teshilsin. Bunda oldindan ulardagi gaz tozalash sislemasida siyraklashish hosil qiladigan qurilmalar to'xtatilsin va shaxtaning yuqorigi qismidagi luklar ochilsin. Nuqson bartaraf qilingandan so'ng ikki hissa oshirilgan yoqilg'i koloshasi berilsin</p>
<p>Shixta pastda muallaq turib qolgan (shixta shlak nastilida muallaq turib qolgan)</p>	<p>Tarkibida kul ko'p bo'lgan mayda koks yoki sifatsiz flus ishlatilgan; ta'mirlash sifatsiz bajarilishi tufayli futerovkaning ayrim joylari qulab tushgan</p>	<p>Yirik koks yoki oson suyuqlanadigan flusdan bilta yoki ikkita yoqilg'i koloshasi berilsin; agar nuqsonni bartaraf qilib bo'lmasa, «kozol» hosil bo'lishining oldini olish uchun vagranka urib sindirilsin</p>

shuningdek, Cr_2O_3 , TiO_2 , V_2O_5 , P_2O_5 , K_2O , Na_2O va sulfidlar (FeS va boshq.) kiradi. Lekin shlakning asosiy tashkil etuvchilari — kremniy- yer (SiO_2), glino- yer (Al_2O_3) va kalsiy oksidlari (CaO). Shlak tarkibi qo'llaniladigan futerovkaning tipiga, fluslarning miqdori va tarkibiga bog'liq.

Suyuqlantirishning kislotali va asosli jarayonlari bir- biridan farq- lanadi. Kislotali jarayonda vagranka shamot bilan futerovka qilinadi, flus sifatida esa 2—3% li ohaktoshdan foydalaniladi. Suyuqlantirish jarayonida kislotali shlak hosil bo'lib, uning tarkibida SiO_2 (40—60%) ko'p bo'ladi. Bundan tashqari, uning tarkibida 10—20% Al_2O_3 va 10—30% $\text{CaO} + \text{MgO}$ bo'ladi. Asosli jarayonda futerovkada asosli olovbardosh materiallardan foydalaniladi. Flus sifatida 7—10% li ohaktosh qo'shiladi. Bunda quyidagi tarkibli shlak hosil bo'ladi: 20-30% SiO_2 , 5-10% Al_2O_3 , 40-50% CaO va 10-15% MgO .

Fizik- kimyoviy jarayonlarning umumiy qonuniyatlariga muvofiq, oksidlanish jarayonida kislotali oksidlar bo'ladigan elementlar asosli shlaklar bilan ancha jadal

oksidlanadi. Shu sababli asosli jarayonda kremniy kislotali jarayonga qaraganda ko‘p oksidlanadi, marganes esa, aksincha, kislotali jarayonda asosli jarayonga qaraganda ko‘p oksidlanadi. Bundan asosli jarayonda olingan cho‘yan tarkibida uglerod ko‘p bo‘ladi, degan xulosa kelib chiqadi.

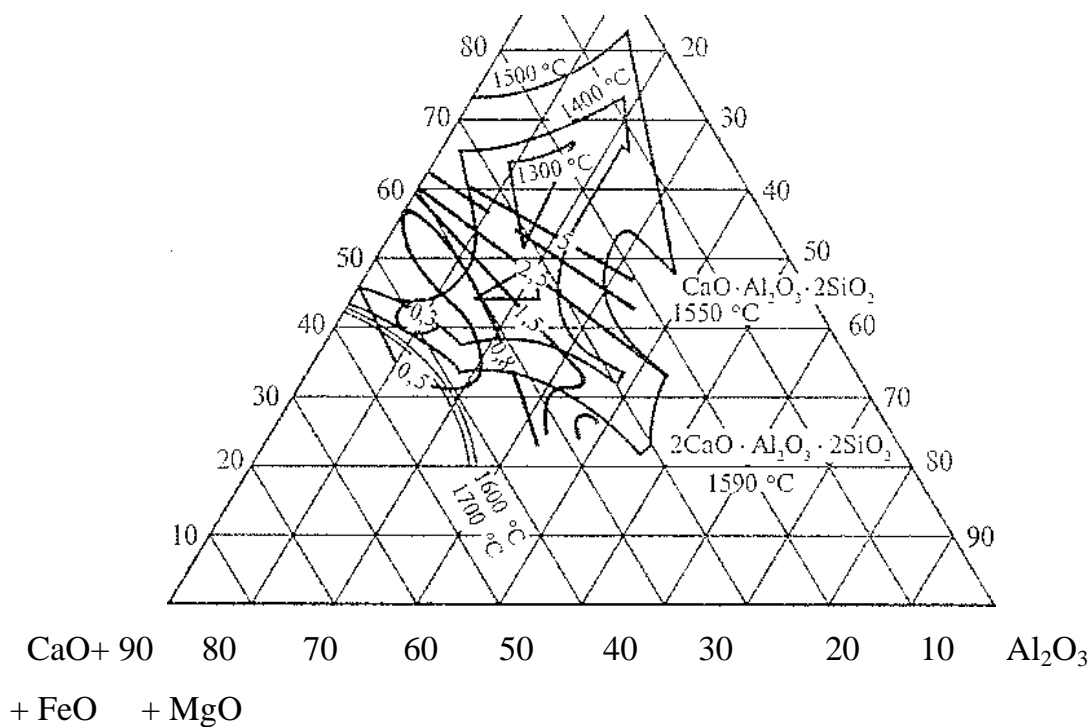
Asosli jarayonning muhim afzalligi metallardan 40—50% oltingugurt va 30—40% fosfor chiqarib tashlash imkoniyatiga egaligidir. Asosli shlaklarda tarkibidan S ni chiqarishga yordam beradigan erkin kalsiy oksidi bo‘ladi. Metallning temperaturasi va shlakdagi CaO va SiO₂ ning nisbati yuqori, shuningdek, FeO ning miqdori qancha kam bo‘lsa, desulfuratsiya shuncha samarali bo‘ladi.

Shlak tarkibida CaO va FeO miqdori qancha ko‘p bo‘lsa, fosfor shuncha jadal chiqariladi. Past temperaturalarda bu jarayon juda jadal sodir bo‘ladi.

Shunga qaramasdan, vagrankalarda cho‘yan, odatda, kislotali shlaklar bilan suyuqlantiriladi, chunki bunda jarayon sodda, futerovka esa arzon bo‘ladi. Vagranka jarayonining olishiga nafaqat shlak va metallning kimyoviy reagentlar sifatidagi o‘zaro ta’siri, balki suyuq fazadagi shlakning «xatti- harakati» ham ta’sir qiladi. Tarkibga qarab, shlak turli suyuqlanish temperaturasiga va qovushoqlikka ega bo‘lishi mumkin. Qovushoqligi yuqori bo‘lganda hatto suyuq shlak vagranka jarayonining borishini buzishi mumkin, chunki nastillar hosil bo‘ladi (ayniqsa, temperatura biroz past bo‘lgan formalar ustida). Qovushoq shlak metallardan yomon ajraladi, chunki ba’zan shlakda metall qo‘shilmalari — korolkilar qoladi, bu — qaytarib bo‘lmaydigan metall yo‘qotishlaridir.

Tajriba shuni ko‘rsatadiki, shlakning qovushoqligi 0,3—0,8 Pa · s bo‘lishi kerak. 3.16- rasmda psevdouchlik sistema SiO₂—Al₂O₃—Σ CaO, MgO, FeO ning 1500 °C temperaturadagi qovushoqligi haqida ma’lumotlar keltirilgan. Shu diagrammaning o‘zida SiO₂ —Al₂O₃ — CaO uchlik sistemaning holat diagrammasidan chiziqlar chizilgan.

SiO₂



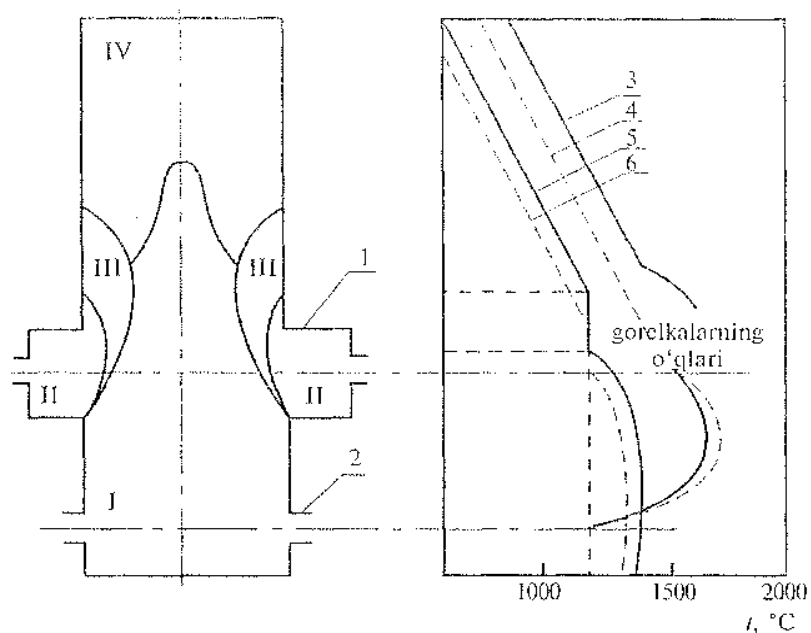
3.16- rasm. Shlak qovushoqligi va suyuqlanish temperaturasining uning tarkibiga bog‘liqligi.

Keltirilgan ma’lumotlardan ko‘rinishicha, qovushoqligi eng kichik bo‘lgan zona past suyuqlantirish temperaturali zonalarga to‘g‘ri kelmaydi. Bu diagrammaga muvofiq eng kichik qovushoqlikka 50% Σ CaO, MgO, FeO, 10% Al_2O_3 va 40% SiO_2 dan iborat shlak ega. Shlaklar tarkibini fluslar yordamida rostlash mumkin.

Koks- gaz vagrankalarida cho‘yan suyuqlantirishning o‘ziga xos xossalari

Koks- gaz vagrankalarida cho‘yan suyuqlantirish jarayoni koks vag- rankasida suyuqlantirish jarayonlari bo‘ysunadigan qonuniyatlarning o‘ziga bo‘ysunadi. Koks- gaz vagrankasida suyuqlantirishning o‘ziga xos xususiyatlari koksning qandaydir miqdorini tabiiy gazning ekvivalent miqdoriga almashtirishdan iborat (3.12- rasmga q.).

Ikki xil yoqilg‘ining yonish shartlariga ko‘ra, vagranka to‘rtta zonaga bo‘linadi (3.17- rasm).



3.17- rasm. Koks- gaz vagrankasining zonalarga bo‘linish sxemasi:

1 — gorelkalarning tunellari; 2 — furlalar, 3 — KGV da gazlarning temperaturasi, 4 — KV da gazlarning temperaturasi, 5 — KGV da metall temperaturasi, 6 — KV da metall temperaturasi.

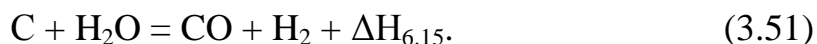
I zona. Barcha jarayonlar koks vagrankasida sodir bo‘ladigan jarayonlarga o‘xshash. Gazning zona oxiridagi o‘rtacha tarkibi quyidagicha: CO₂ - 15%, CO - 10% va N₂ - 75%.

II zona. Asosan, metan (CH₄) dan iborat bo‘lgan gaz yonadi:



Metan gazi yonib bo‘lgach, 9,5% CO₂, 19% H₂O, 71,5% N₂ hosil bo‘ladi.

III zona. Tabiiy gazning yonish mahsulotlari quyidagi reaksiya bo‘yicha koks bilan reaksiyaga kirishadi:



IV zonada koks va gaz yonish mahsulotlarining aralashmasi bo‘ladi. Gazlar aralashmasining tarkibi taxminan quyidagicha: CO₂ — 7%, CO — 20%, H₂ — 3% va N₂ — 70%. Suv bug‘lari ishtirok etishi mumkin.

Koks- gaz vagrankasi uchun shaxta balandligi bo‘yicha taqsimlashda

temperaturaning ikkita maksimumi bo'lishi xarakterlidir (3.17- rasmga q.). Bu vagrankalarda koks sarfi kamayishi bilan cho'yan tarkibidagi oltingugurt miqdori kamayadi. Koks- gaz vagrankalarida sodir bo'ladigan fizik- kimyoviy jarayonlar koks vagrankalarida sodir bo'ladigan jarayonlarga aynan o'xshash bo'ladi. Chiqib ketayotgan gazlarda CO miqdorining juda ko'p bo'lishi koks- gaz vagrankalarining kamchiligidir.

Cho'yanni gaz vagrankalarida suyuqlantirish

Gaz vagrankalarining to'rtta tipi mavjud: shaxtada chiqiqlari bor; shaxtada peremichkasi bor; chiqarma o'ta qizdirish kamerali va o'tga chidamli salt koloshali (3.13- rasmga q.). Bu rasmda ko'rsatilgan vagrankalarda (a, b, d) suyuq cho'yan shaxtaning 1 — 1,5d balandligidagi suyuqlantirish zonasidan o'ta qizdirish kamerasi basseyniga tushayotganida unga o'ta qizdirish prinsipi qo'llaniladi.

Gaz vagrankalarida cho'yan suyuqlantirish jarayonining fizik- kimyoviy xususiyatlari koksning kimyoviy reagent sifatida bo'lmasligiga bog'liq. Gaz fazasi taxminan 10% — CO₂, 20% — H₂O va 70% — N₂ dan iborat. Oksidlovchi atmosferaning bo'lishi tufayli shaxtada quyidagi reaksiyalar bo'yicha oksidlash jarayonlari sodir bo'ladi:



Suyuqlantirish va o'ta qizdirishda temir ikki oksidi C, Si va Mn ni quyidagi tipdagi reaksiyalar bo'yicha oksidlaydi:



Natijada 8-12% C, 10-15% Si va 15-20% Mn kuyadi. Koks uglerodi ishtirok etmasligi tufayli kuyish yuqori bo'lishi ham mumkin, chunki uglerod qaytarilish jarayonlarining mikrohajmlarda rivojlanishiga yordam beradi.

Koks bo'lmaganligi tufayli metallning oltingugurt bilan to'yinish jarayoni sodir

bo‘lmaydi, aksincha, oltingugurtning dastlabki miqdoridan 30—40% qismi kuyadi. Natijada cho‘yanda 0,02—0,05% oltingugurt qoladi.

Cho‘yanni gaz vagrankalarida suyuqlantirib olish quyidagi afzalliklarga ega: chiqarib tashlanadigan zararli moddalar juda kam, olingan cho‘yan tarkibidagi oltingugurt juda oz miqdorda bo‘lib, cho‘yanning sifati yuqori va tannarxi past bo‘ladi. Futerovkaning ancha murakkab bo‘lishi va o‘tga chidamli materiallarning ko‘p sarflanishi — kamchiligidir.

O‘tga chidamli salt koloshali gaz vagrankalarida (3.13- f rasmga q.) uning tarkibiga o‘tga chidamli materiallar bilan birgalikda koks yoki boshqa uglerodli material kiritiladi, bu esa quyidagi tipdagi reaksiyaning o‘tishiga imkon beradi:



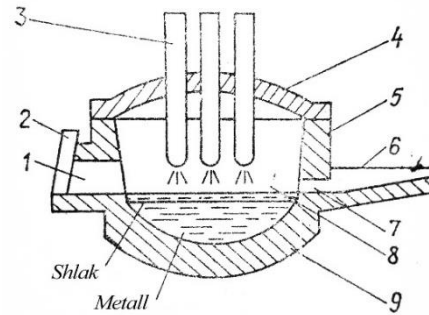
Bunda kuyindilar kamayadi, cho‘yan uglerodlanadi, salt koloshaning ishlash sharoitlari yaxshilanadi, chunki uglerodli material bo‘laklari o‘tga chidamli material bo‘laklarini ajratadi va yopishib qolishiga hamda cho‘kishiga imkon bermaydi; bundan tashqari, gaz fazasi kam oksidlovchi bo‘lib qoladi. Gaz vagrankalarida cho‘yanni o‘ta qizdirish koks vagrankalaridagidek amalga oshiriladi: metall tomchilari o‘tga chidamli salt kolosha bo‘laklaridan oqib tushadi va ular bilan kontaktlashib hamda uglerodli material bo‘laklariga tushib samarali o‘ta qiziydi. Bunda metall uglerodni eritadi va oksidlar uglerodli material bilan kontaktlashib qaytariladi. Bunday vagrankalarda temirning kuyishi ancha kam bo‘ladi.

3.4. Cho‘yanni yoy elektr pechlarida suyuqlantirish

Cho‘yanni yoy yordamida suyuqlantirishning fizik- kimyoviy xususiyatlari. Yoy elektr pechlari kislotali futerovkaga ham, asosli futerovkaga ham ega bo‘lishlari mumkin. Mos rayishda, suyuqlantirish, jarayoni ham kislotali yoki asosli bo‘ladi. 3.18U yoki bu shlaklarda fazalarning o‘zaro ta’siri haqida keltirilgan barcha holatlar cho‘yanni yoy pechlarida suyuqlantirish uchun ham o‘rinlidir, ya’ni kislotali jarayonda asosli jarayonga qaraganda Si kam kuyadi, Mn esa ko‘p kuyadi.

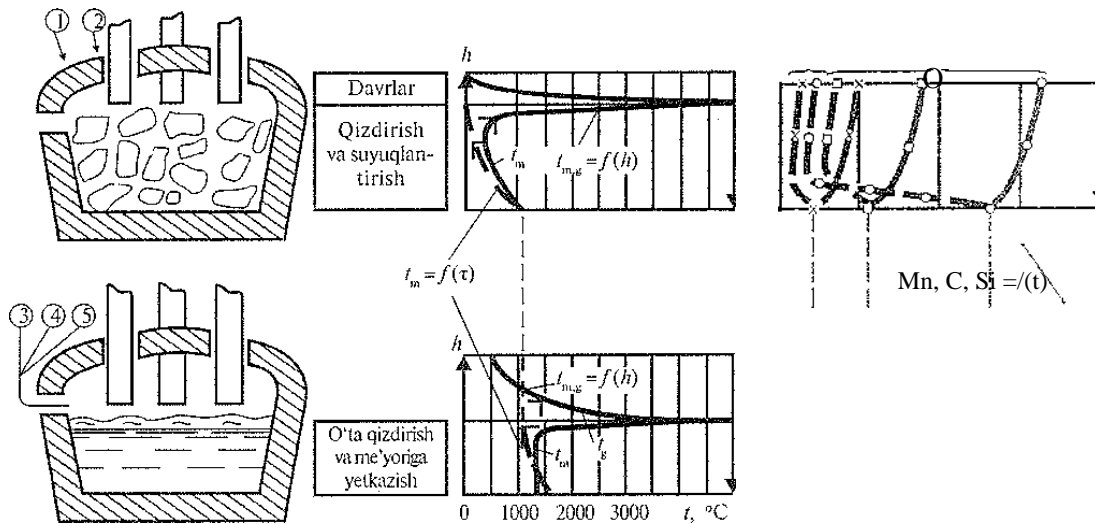
Shixta yuklangandan keyin elektrodlar tushiriladi va suyuqlantirish jarayoni boshlanadi. Jarayon yoyni barcha tomondan o‘rab olgan shixtaning issiqlikni yuqori darajada o‘zlashtirib olishi bilan xarakterlanadi (suyuqlanish davrida FIK 85% ga yetadi). Yoy razryadlari sohasida temperaturalar juda yuqori bo‘lishi mumkin (3.19-rasm). Bunda elementlar kuyibgina qolmasdan (3.19-rasmdagi grafiklarga q.), balki bug‘lanib ketishi ham mumkin. Bu — yoy elektr pechlarida suyuqlantirishning asosiy xususiyatidir. Barcha metall suyuqlangandan keyin yoy sokin yona boshlaydi va issiqlik uzatilishi suyuqlangan metall yuzasidagina sodir bo‘ladi, bunda yoy razryadlari sohasida issiqlik ancha jadal, qolgan yuzada esa sustroq uzatiladi. Shu sababdan, o‘ta qizdirishda FIK past bo‘ladi. Elementlar yuqori temperaturalarda va pech atmosferasida kislorod bo‘lganda kuyadi. Oldin temir oksidlanadi, so‘ngra temir (II) oksidi elementlar (C, Si, Mn) ni oksidlaydi:





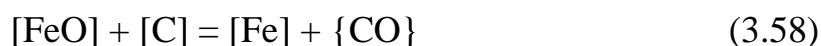
3.18- rasm. Yoy pechi sxemasi:

1 — ishchi darcha, 2 — zaslodka, 3 — elektrodlar, 4 — svod, 5 — devorlar,
6 — jelob, 7 — letka, 8 — elektr yoyi, 9 — pech podi



3.19- rasm. Yoy pechida t_m , t_g va metall tarkibining o'zgarishi (1—4 larni 3.10- rasmdan qarab oling, 5 — karburizator).

Yoy yordamida cho‘yan suyuqlantirishning o‘ziga xos xususiyati vannaning qaynashiga, ya’ni



reaksiyaning o‘tishiga yo‘l qo‘ymaslik. Shuning uchun shlak tarkibidagi FeO 12% dan ortiq bo‘lmasligi kerak, bunga karbyurizator kiritish hisobiga shlakni muntazam oksidsizlantirib erishiladi:



Shu boisdan taqsimot muvozanati (FeO) [FeO] chapga siljiydi va vannaning qaynashi, ya’ni (3.59) reaksiya bo‘yicha CO ning ajralib chiqishi sodir bo‘lmaydi.

Yoy pechida cho‘yanni monojarayon yordamida suyuqlantirish texnologiyasi. Shixta sifatida, asosan, cho‘yan yoki po‘lat temir- tersaklari va qaytarilgan metall, shuningdek, biror miqdorda quyma ko‘rinishidagi yangi cho‘yandan foydalaniladi. Shixta mavjud shixta materiallarining kimyoviy tarkibiga va kuyindiga asoslanib hisoblanadi. Odatda, uglerodning kuyishi 10%, kremniyning kuyishi 10% va marganesning kuyishi 20% deb qabul qilinadi. Shixtada qirindidan foydalanilganda elementlarning kuyishi sezilarli darajada ortishini hisobga olish lozim.

Har bir suyuqlantirish oldidan futerovkani mayda ta’mirlesh zarur. Shu maqsadda tag va qivaliklar zapravka qilinadi, ya’ni tag va qiyaliklardagi chuqurchalarga oldingi suyuqlantirish jarayoni tugagan zamonq, 90—92% kvars qumdan, 5—6% suyuq shisha va 3—4% suvdan iborat aralashma surtiladi. Futerovka asosli bo‘lganda zapravka dolomit yoki magnezit massa bilan amalga oshiriladi.

Shixta ixtisoslashtirilgan qovg‘a yordamida yuklanadi. Shixtaning hovlisiga massasi pech sig‘imining qariyb yarmini tashkil qiladigan shixta porsiyasi yuklanadi. Shixtani pech vannasiga yuklash uchun gumbaz chetga suriladi, qovg‘a

pech vannasi bilan o'qdoshtirilib o'rnatiladi va tubi ochiladi. Yuklash oldidan karbyurizatorning (elektrod siniqlari, elektrod uvoqlari va shunga o'xshashlar) hisob miqdoridan 75%i qovg'a yoki pechga uzatiladi.

Yuklangan va gumbaz bilan berkitilgan pech suyuqlantirish uchun ishga tushiriladi, ya'ni kuchlanish ostida bo'lgan elektrodlar shixta bilan kontaktlashgunga qadar pechga kiritiladi. Yoy razryadlarini turg'un o'tishi yo'lga qo'yilgandan keyin pech quvvati yuqori bosqichga o'tkaziladi. Shixta suyuqlangan sayin suyuqlanmagan bo'laklar hosil bo'lgan quduqlarga itarib tushiriladi. Shlak hosil qilish uchun uni hosil qiluvchi komponentlar ohak va qum kiritiladi. Ularning massasi shunday tarzda tanlanadiki, suyuqlantirish oxirida metall qalinligi 50 mm ga yaqin shlak qatlami bilan qoplansin. Shlakning qovushoqligi yuqori bo'lmasligi kerak (sinov qoshig'idan oson to'kilsin), qotgandan keyin, esa yashilroq sirtli zich siniq joyiga (siniqqa) ega bo'lishi kerak. Qattiq holatda shlak singan joyining qora rangli va pufakchasimon bo'lishi uning yuqori darajada oksidlanganligi haqida guvohlik beradi. Bunday holda shlakni qisman chiqarib tashlash va shlak hosil qiluvchi yangi komponentlar qo'shish kerak.

Asosiy shlakni hosil qilish uchun pechga 1 t metallga 0,15 kg miqdorda ohak kiritiladi, natijada 0,001% oltingugurt chiqarib yuboriladi. To'la suyuqlangandan keyin kimyoviy analiz qilish va oqarganligini tekshirish uchun namunalar olinadi, pech esa ikkinchi bosqichga ulanadi va metall 1400—1450 °C gacha o'ta qizdiriladi. So'ngra shlak chiqarib yuboriladi, pechga karbyurizatorning umumiy hisob massasidan qolgan 25%i hamda ohak va qum kiritiladi. Birinchi ekspress-analiz natijalariga ko'ra pechga ferroqotishmalar beriladi. So'ngra metall 1440—1480 °C gacha o'ta qizdiriladi va kovshga chiqariladi.

3.5. Induksion elektr pechlarida cho'yan suyuqlantirish

Induksion pechda cho'yan suyuqlantirishning fizik-kimyoviy xususiyatlari. Vagrankalar va yoy pechlaridan farqli o'laroq, induksion pechlarda suyuqlantirish oldingi suyuqlantirishdan qolgan suyuq metallga shixta yuklab olib boriladi. Shu sababli, shixtaning qizishi va suyuqlanishi uning komponentlarining

suvuq metallda erishiga bog'liq. Bunda fazalar orasida massa ko'chirish va issiqlikning faqat qizitishga ernas, balki eritishga ham yutilishi sodir bo'ladi. 3.20 va 3.21- rasmlarda 12 t va 6 t li ИЧТ- 12 va ИЧТ- 6 induksion tigel pechlari ko'rsatilgan.

Tigelning o'rta qismida temperaturalarning taqsimlanishiga ta'sir qiladigan devor oldi aralashtirish zonasida yuqorigi va pastki konturlar orasida «o'lik» zona yaratilishi hisobiga temperaturaning mahalliy ortishi sodir bo'ladi (3.22- rasm). Yuqori temperaturali zonaning mavjudligi tigel reaksiyasining o'tishiga ta'sir qiladi:



Bu (3.60) reaksiyaning o'tishi, shuningdek, uglerod va boshqa elementlarning erishi — induksion pechda suyuqlantirishning o'ziga xos xususiyatidir.

3.7- jadvaldan ko'rinishicha, uglerodning erishi issiqlikning sezilarli yutilishi, kremniyning erishi esa issiqlik ajralishi bilan sodir bo'ladi. Binobarin, induksion pechlarda kam kremniyli shixta materiallaridan foydalanish, undagi kremniy miqdorini talab darajasiga ferroqotishmalar yordamida yetkazish energetik jihatdan foydalidir.

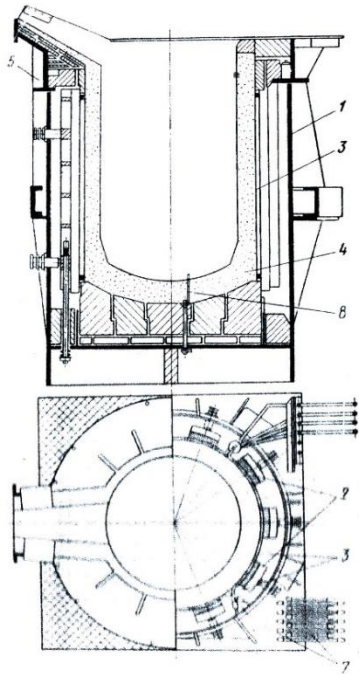
3.7- jadval

Erishning issiqlik effektlari

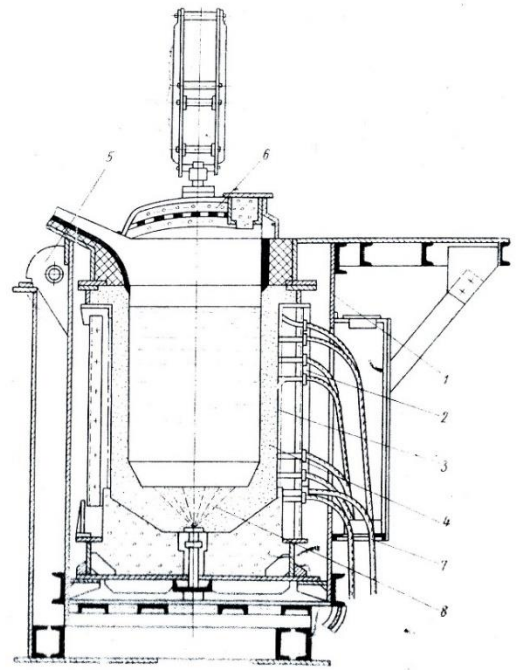
Eritgich	Eriydigan komponent	Entalpiyaning o'zgarishi $\Delta H, \text{J/g} \cdot \text{atom}$
Cho'yan (3,3% C)	Po'lat (0,6%)	1360
Cho'yan (3% C)	Koks	11723
Cho'yan (3% C)	ΦC-75	-3893

Elementlar kuyindisi va futerovkasi kislotali bo'lgan induksion pechdagi butun suyuqlantirish jarayoni tigel reaksiyasining muvozanatda bo'lishi bilan chambarchas bog'langan. C va Si larning turli temperaturalardagi muvozanat

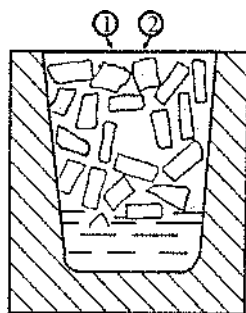
qiymatlarining diagrammasi 3.5- rasmda keltirilgan.



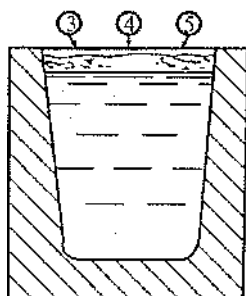
3.20- rasm. 12 t sanoat chastotali induksion tigel pechi (qopqog'i ochilgan)



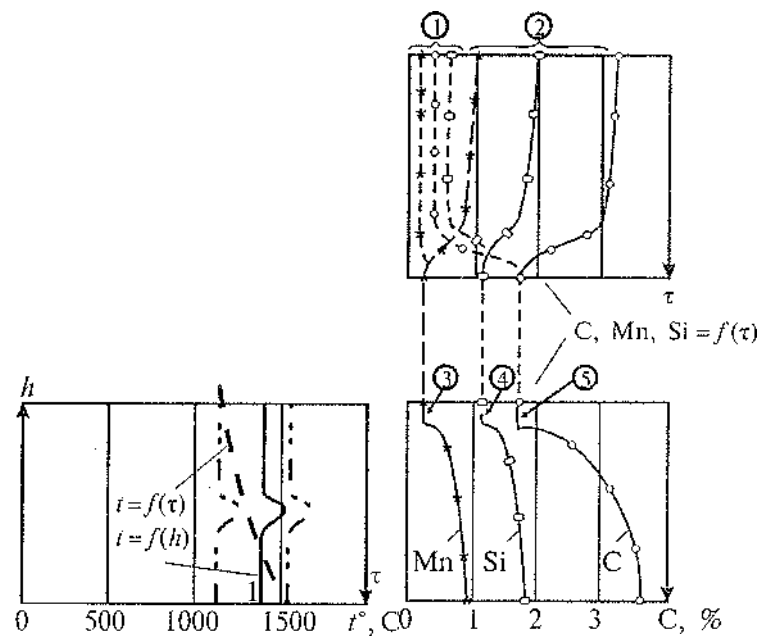
3.21- rasm. ИЧТ- 6 induksion tigel pechi



Davrlar
Qizdirish va suyuqlantirish



O'ta qizdirish va me'yoriga yetkazish



3.22- rasm. Induksion elektrpechda metall temperaturasining va tarkibining o'zgarishi (1-5 larni 3.18- rasmdan qarab oling).

Agar induksion pechda tarkibida kremniy kam bo'lgan va uglerod miqdori ko'p bo'lgan cho'yan suyuqlantirilsa, C va Si ning berilgan konsentratsiyalari uchun muvozanat temperaturaga erishilganda tigel reaksiyasi boshlanadi, bu esa pech tigelingining ko'p yeyilishiga olib keladi. Shuning uchun futerovkasi kislotali pechda suyuqlantirishning temperatura rejimini o'ta qizdirilayotgan suyuq cho'yanning kimyoviy tarkibiga qarab tanlash zarur.

Induksion pechda suyuqlantirish texnologiyasi. Induksion pechda suyuqlantirishning texnologik jarayoni shixtani yuklash, uni qizdirish va suyuqlantirish, o'ta qizdirish, uglerodlash va cho'yanning kimyoviy tarkibini berilgan tarkibgacha yetkazish, shuningdek, termovaqtlilikni berish (saqlab turish) ni o'z ichiga oladi. Yuklanadigan shixta qisman suyuqlanmaga botirilib elektr o'tkazadigan uzluksiz muhit yaratadi va bu muhitda induktor bilan uyurmaviy toklar hosil qilinadi. Suyuq metallga (oldingi suyuqlantirishdan qolgan zumpf yoki «botqoq» deb ataladigan qoldiq) yuklash shuning uchun ham bajariladiki, sanoat chastotali elektr tokidan foydalanilganda shixtaning diskret elementlarida uyurmaviy toklar hosil qilish kam samarali bo'ladi, chunki ular metallni qizdiradi va u suyuqlanadi.

Zumpf massasi pechdagi metall umumiy massasining 50%ini tashkil qiladi va mos ravishda, suyuqlantirish davrlarining davomiyligiga ta'sir qiladi. «Botqoq»qa yuklash bir necha bosqichlarda amalga oshirilishi mumkin. Masalan, sig'imi 12 t bo'lgan pechda va sig'imi 5 t bo'lgan zumpfda suyuqlantirishda quyidagi ketma-ketlikka va davrlarning davomiyligiga rioya qilinadi: 5—6 t ni yuklash (qaytarishdan tashqari) — 15 min, suyuqlantirish — 1 soat 5 min, kimyoviy tarkibni me'yoriga yetkazish — 40 min, qaytarilgan metallni (2 t) yuklash — 10 min, qaytarilgan metallni suyuqlantirish — 15 min, temperatura bo'yicha me'yoriga yetkazish va shlakni nasos bilan chiqarib tashlash — 25 min. Shunday qilib, pechning soatlik unumdorligi uning sig'imining taxminan 1/3 qismini tashkil qiladi.

Ba'zan suyuqlantirish sikli bayon etilganidan sezilarli farqlanadi. Masalan, sig'imi 65 t bo'lgan tigelli induksion pechlarda suyuqlantirishda hajmi 58 t ni tashkil qiladigan «botqoq»qa yuklash har biri 7 t bo'lgan porsiyalar bilan amalga oshiriladi.

Yuklanadigan 7 t qattiq metal 500 °C gacha qizdirilganda tez suyuqlanadi va 10 minut o'tgach 1550 °C temperaturali 7 t suyuq metal chiqarib beriladi.

Shixtani qizdirish va suyuqlanirish vaqtida temirning oksidlanish jarayonlari sodir bo'ladi. Havo kislorodi temir aralashmalarini ham oksidlaydi. Temir, kremniy va marganes oksidlari shlak hosil qiladi.

Induksion pechlarda cho'yanni suyuqlantirishda FeO dan temirni qaytarish uchun karburizator ishlatish va ferroqotishmalarni tejash maqsadga muvofiq bo'ladi. Suyuqlantirishni suyuqlanmadagi kremniy va marganes miqdori kam va uglerod miqdori ko'p bo'lganda bajarish lozim. Buning uchun karburizatorni tigel tubidagi uyumga kiritish, suyuqlangan va o'ta qizdirilgan suyuq cho'yanga esa ferrosilitsiy va ferromarganes kiritish zarur. Tarkibida uglerod bo'lgan $\Phi C 75$ va $\Phi M H 5$ qo'shilmalarni yuklagichga yuklaganda C, Si va Mn larning kuyindilari, tegishlicha, 18—25, 30—32 va 52—55% ni tashkil qiladi. Agar yuklash joyiga karburizator kiritilsa, $\Phi C 75$ va $\Phi M H 5$ esa pech 1550 °C gacha qizdirilib, 1440—1460 °C gacha sovitilgandan keyin qo'shilsa, C ning kuyindisi 30—35% gacha. Si va Mn ning kuyindisi esa, tegishlicha, 5—7% hamda 13—24% gacha kamayadi. Shu boisdan, shuningdek, komponentlarning erish issiqlik effektlarini (3.8- jadval) hisobga olib, birinchi navbatda, karbyurizator va po'latning temir- tersaklarini, ular suyuqlangandan va erib ketgandan keyin esa cho'yanning temir- tersaklari hamda qaytarmani yuklash lozim. Ferroqotishmalar eng oxirida (me'yoriga yetkazishda) kiritiladi [8].

Induksion pechda suyuqlantirishda shlaklar katta qovushoqlikka ega bo'ladi, chunki ularning tarkibida 60—70% SiO_2 bo'ladi (3.16- rasmga q.) va past temperaturaga ega bo'ladi, bu esa shlak bilan birgalikda metallning ko'p yo'qolishiga olib kelishi mumkin. Ularning tarkibi suyuqlantirish rejimi, elementlarning kuyishi va oksidlarning futerovkaning sirt qatlamidan shlakka o'tishiga bog'liq. Shlaklarning kislotaliligi suyuqlantirish boshidagi 0,9—1,1 dan 1500 °C temperaturaga erishilganda 6—8 gacha ortadi, shlakdagi temir oksidlarining miqdori 40 dan 10% gacha kamayadi. SiO_2 ning miqdori esa 40 dan 70% gacha ortadi. Qolgan komponentlarning miqdori deyarli o'zgarmaydi (2—3%

CaO; 0,5—2,5% Mn; 7—14% Al_2O_3). SiO_2 miqdorining ortishini past suyuqlanish temperaturasi ega bo'lgan ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{FeO} \cdot m\text{MnO}$) tipidagi murakkab birikmalarning hosil bo'lishi hisobiga uning futerovkadan o'tishi, shuningdek, FeO ning kamayishi hisobiga uning shlakdagi solishtirma ulushining ortishi bilan tushuntirish mumkin. FeO yuqori temperaturada, asosan, cho'yan uglerodi bilan qaytariladi.

Cho'yanning uglerodlanishi va uni ma'lum kimyoviy tarkibgacha yetkazish — induksion pechda cho'yan suyuqlantirish operatsiyalaridan eng muhimidir. Kimyoviy tarkibi ma'lumotnomalarda keltirilgan hisob ma'lumotlari bo'yicha korrektirovka qilinadi. Induksion pechda cho'yan suyuqlantirishni yakunlovchi operatsiyasi termovaqt ishlov berishdir. Bit operatsiya suyuqlanmani gomogenizatsiyalash va dastlabki shixta materiallarining zararli irsiy ta'sirini kamaytirish maqsadida bajariladi. Termovaqt ishlov berish tigel reaksiyasining muvozanat temperaturasidan 50 °C ortiq temperaturada tutib turishdan iboratdir. Tutib turish CЧ 18 cho'yan uchun 5 min dan 20 min gacha (CЧ 45 cho'yan uchun) davom etadi.

3.6. Cho'yan suyuqlantirish polijarayonlari

Birlamchi agregatlarda (V, DP, ITP) sodir bo'ladigan barcha jarayonlar monojarayonlar vositasida suyuqlantirishning tegishli metodlari uchun yuqorida ko'rib o'tilganlarga aynan o'xshashdir. Ikkilamchi agregatlarda (DP, ITP, IKP) cho'yan kimyoviy tarkibining o'zgarishi suyuq metallning shlak va pech futerovkasi bilan o'zaro ta'siriga bog'liq. ARU bilan dupleks yoki tripleksda barcha jarayonlar birlamchi agregatlar va kutish pechida o'tadi. ARUda kimyoviy tarkibi deyarli o'zgarmaydi.

Dupleks-jarayonlar kimyoviy tarkibni g'oyat sezilarli darajada o'zgartirib va hatto qattiq shixta materiallarini (masalan, qaytarilgan metall va BЧ ni suyuqlantirishdagi boshqa chiqindilar) qo'shib amalga oshiriladi. Bunday jarayonlar faqat DP va ITP da amalga oshirilishi mumkin. Bunday holda suyuqlantirish jarayonini qattiq shixtani suyuq quyim bilan qisman almashtiriladigan

monojarayonga o'xshash ko'rib chiqish lozim, bu esa induksion suyuqlantirishda monojarayon uchun ham xarakterlidir.

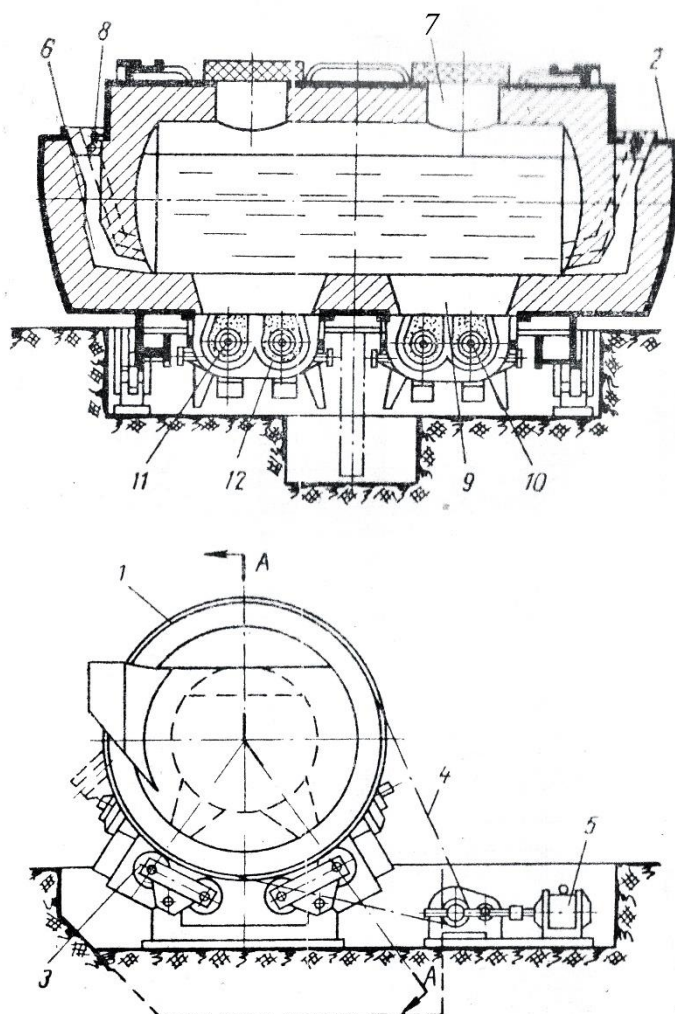
Shixta va boshqa qo'shilmalar kiritilmaydigan dupleks-jarayonda kimyoviy tarkibning o'zgarishi kuyindi, shuningdek elementlarning qirmochi va metall porsiyasining quyilishi va olinishiga bog'liq.

Birinchi dupleks-jarayon uchun vagrankaning yoy pechi bilan birga qo'shilishidan foydalanilgan edi. Uni bir necha o'n yillar muqaddam KЧ ni suyuqlantirish uchun qo'llay boshladilar. Bu dupleks-jarayon vositasida suyuqlantirish texnologiyasi quyidagidan iborat: shay qilib qo'yilgan yoy pechiga quyib chiqishdan 1—2 soat oldin vagrankadan suyuq cho'yan quyiladi. Chiqindilardan foydalanilganda (BЧ ishlab chiqishda amalda qo'llaniladi) ular pech tubiga to vagranka cho'yani oqib tushmaguncha yuklanadi. Cho'yan DPga quyilgandan keyin jarayon me'yoriga yetkazish davrida monojarayon olib borilishiga o'xshash olib boriladi. Yoy pechlarida cho'yanning kimyoviy tarkibi sezilarli o'zgarishi tufayli uni ekspress- analiz natijalariga ko'ra, korrektirovka qilish zarur. Kanalli pechlardan foydalanilganda cho'yanning kimyoviy tarkibi juda kam o'zgaradi. 3.23- rasmda ASEA firmasi ishlab chiqqan YFB induksion kanalli pechi keltirilgan.

Vagranka— kanalli induksion pech dupleks-jarayoni jahon amaliyotida keng tarqalgan. U Rossiyaning ZIL, GAZ va boshqa zavodlarida joriy qilingan. Bunday suyuqlantirish usulining qo'llanilishi tarkibi va temperaturasi bo'yicha turg'un metall katta ko'lamlarda talab etiladigan hollarda, masalan, avtomobillar va traktorlar ko'plab ishlab chiqariladigan sexlarda maqsadga muvofiq bo'ladi [40].

Kanalli pechlarda cho'yan, odatda, berilgan tarkibgacha yetkazilmaydi. Undan faqat suyuq cho'yan tarkibini o'rta hisobga keltirish va qizdirish uchun foydalaniladi.

Zarur bo'lganda qo'shilmalar uzatish kovslilari yoki tarnovga kiritiladi. Cho'yanning tarkibi va temperaturasi bo'yicha o'rta hisobga keltirilishini ta'minlash uchun uning miqdorini doimo pechning 2/3 hajmi baravarida saqlab turish zarur.



3.23- rasm. ASEA firmasi ishlab chiqqan YFB induksion kanalli pechi:

1 — payvandlab olingan silindr, 2 — silindr devorlari, 3 — roliklar, 4 — zanjirli o'tkazgichlar, 5 — asinxron motor, 6 — sifonlar, 7 — svoddagi teshik, 8 — metal chiqaradigan kanallar, 9 — teshiklar, 10 — induktorning o'rtadagi qurilmasi (serdechnik), 11 — birlamchi g'altak, 12 — kanallar;

Bunday dupleks-jarayonlarda ko'pchilik hollarda bitta kanalli pech bilan ishlaydigan ikkita vagranka ishlatiladi. Suyuqlantirish kompaniyasi uzoq vaqt davom etadigan (bir hafta va undan ortiq) yangi vagranka odatdagi ikkita vagrankaning o'rnini bosadi.

Suyuq cho'yanni kanalli induksion pechga uzatishda shlakni yaxshilab ajratib olish kerak. Agar unga shlak tushsa, futerovkaning yeyilishi keskin ortadi. Kanalli

pechda to‘planib qolgan shlakni vaqti- vaqti bilan chiqarib tashlash zarur.

Dupleks- jarayon V—ITP ham mashinasozlik zavodlarining quyish sexlarida keng tarqalgan. Tigelli induksion pechlarning ikkilamchi agregatlar sifatida qo‘llanilishi smena davomida cho‘yaning bir nechta markasini olish zarur bo‘lgan hollarda maqsadga muvofiq bo‘ladi. Bu pechlarda ferroqotishmalar, karburizatorlar yoki po‘lat- chiqindilar qo‘shib cho‘yan tarkibini korrektirovka qilish oson bo‘ladi.

Dupleks- jarayon ITP—IKP da cho‘yan mayda po‘lat siniqlari va chiqindilaridan iborat shixtalardan olinadi. Bu jarayon tigelli induksion pechlarning texnologik afzalliklaridan foydalanishga imkon beradi.

VAZda kulrang cho‘yan ishlab chiqarishda sig‘imi 25 t bo‘lgan tigelli induksion pechdan va foydali sig‘imi 45 t bo‘lgan kanalli pechdan iborat dupleks-jarayondan foydalaniladi [35]. Shixta sifatida temirchilik- presslab ishlab chiqarish chiqindilari, qaytarilgan metall va biroz quyma cho‘yandan foydalaniladi. Metall bitta pechdan boshqasiga tarnov yordamida uzatiladi. Shixtaning o‘rtacha kimyoviy tarkibi (%) C - 2,179; Si - 2,078; Mn - 0,624; S - 0,05; P - 0,058; Cr — 0,184; Sn — 0,035; Ni — 0,0183; Cu — 0,089. Suyuqlantirish jarayoni 3 soatga yaqin davom etadi. Butun quyma massasi taxminan 26 t ni tashkil qiladi. Yuklashni boshlagandan keyin 3 soat 25 minut o‘tgach, 20 t cho‘yan kanalli pechga qayta quyiladi. Bu cho‘yaning tarkibi (%): C - 3,35; Si - 1,97; Mn - 0,61; S - 0,045; P - 0,05; Cr — 0,15; Sn — 0,038; Ni — 0,29. Suyuqlantirish shlaki tarkibida Fe_2O_3 - 30-42%, SiO_2 - 42-53% va MnO - 4,5-5,2% bo‘ladi. Saqlab turish kanalli pechida cho‘yaning kimyoviy tarkibi ko‘p

O‘zgarmaydi: C — 3,325 dan 3,33% gacha; Si — 1,935 dan 1,90% gacha; Mn — 0,595 dan 0,59% gacha. Tigelli pechdan 20 t metallni kanalli pechga quyungga qadar pechda suyuq metall qoldig‘i (20 t ga yaqin) boladi.

Dupleks- jarayon DP—ITP ham VAZda qo‘llaniladi. Bu yerda qattiq shixta suyuqlantiriladigan 40 t sig‘imli yoy pechi o‘rnatilgan. Tigelli induksion pechlarda metall zarur bo‘lgan kimyoviy tarkibgacha yetkaziladi va quyish jarayonida yuqori temperaturada saqlab turiladi. CЧ, KЧ, BЧ cho‘yanlarni suyuqlantirib olish uchun tarkibida, asosan, po‘lat chiqindilari va qaytarilgan metall, shuningdek 11% gacha

quyma cho‘yan (CЧ uchun) va turli qo‘shimchalar (ΦC , ΦM_H , grafit) bo‘lgan shixtalardan foydalaniladi.

Grafitni ancha to‘la o‘zlashtirish va tigelli pechga quyishda issiqlik yo‘qotishlarni to‘ldirish uchun metall pechdan quyish kovshlariga beriladigan temperaturasidan 50 °C ortiq o‘ta qizdiriladi. O‘ta qizdirish temperaturasi 1520—1580 °C diapazonda o‘zgaradi.

Kimyoviy tarkib kremniy va marganes bo‘yicha yoy pechida, uglerod bo‘yicha — metall qabul qilgichga grafit kiritib, metallni induksion pechga berishda quyish tarnovida korrektirovka qilinadi.

Dupleks-jarayon ITP—DP dan cho‘yanni chuqur desulfuratsiya qilish zarur bo‘lganda foydalaniladi. Avtomobil zavodi (GAZ)da bu jarayon sharsimon grafitli juda mustahkam cho‘yandan tirsakli vallar ishlab chiqarishda qo‘llaniladi. Cho‘yanni suyuqlantirish uchun sanoat chastotali tigelli induksion pechlar LFD- 12 dan, desulfuratsiyalash uchun esa asos futerovkali yoy pechi DChM-10 dan foydalaniladi.

Dupleks-jarayon DP—DP KAMAZ da qo‘llaniladi. Cho‘yan sig‘imi 50 t yoy pechlarida suyuqlantiriladi va sig‘imi 75 t bo‘lgan xuddi shunday pechlarga qayta quyiladi. Pechda berilgan kimyoviy tarkibli suyuqlantirilgan cho‘yan olinadi. Masalan, CЧ-20 uchun quyidagi tarkibdagi cho‘yan olinadi (%): C — 3,3—3,45; Si — 1,95—2,10; Mn-0,5-0,7; S -0,1; P-0,2; Sr-0,2-0,4; Ni-0,1-0,2. Shixta sifatida, asosan, qaytarilgan metall va po‘lat chiqindilari, shuningdek, 10—15% quyma ko‘rinishidagi cho‘yan hamda 10% ga yaqin cho‘yan temir- tersaklaridan foydalaniladi.

Suyuqlantirish asosli shlaklarda olib boriladi. CaO/SiO_2 nisbat 0,9—1,2 chegaralarida saqlab turiladi. Cho‘yan temperaturasi 1430— 1450 °C ga erishganda kimyoviy analiz qilish uchun namuna olinadi. So‘ngra cho‘yan 1540—1560 °C gacha o‘ta qizdiriladi, shlak nasos bilan so‘rib olinadi va cho‘yan kovshga chiqarib yuboriladi. Agar kimyoviy analiz berilgan qiymatga to‘g‘ri kelmasa, unda zarur bo‘lgan qo‘shilmalarning hisob miqdori kiritiladi. Kutish pechiga 60—80 kg kvars qumi yoki shamot siniqlari, 40—50 kg ohaktosh va 20—30 kg koks yuklanadi.

Saqlab turish pechlarida choʻyan temperaturasi, uning kimyoviy tarkibi va oqartirilish kattaligi nazorat qilinadi. Pechdan chiqarilayotgan choʻyan temperaturasi 1440—1480 °C, kimyoviy tarkibi esa talab darajasiga mos kelishi kerak.

Amalda suyuqlantirish pechlarining muayyan ishlab chiqarish sharoitlariga ancha toʻgʻri keladigan boshqa birikmalari ham uchraydi. Domna pechi—elektr pechdan iborat dupleks-jarayondan foydalanish eng samaralidir [8].

3.7. Poʻlat suyuqlantirish jarayonining fizik-kimyoviy xarakteristikasi

Termodinamika. Poʻlatni suyuqlantirish uchun boshlangʻich bosqichda oksidlash jarayonlarining jadal oʻtishi (oksidlash davri) va poʻlat olishning yakunlovchi bosqichida metallardan oksidlarni chiqarib tashlash (oksidlantirish) xarakterlidir.

Oksidlanish reaksiyalari termodinamikasi kislorodning suyuq temirda eruvchanligi va aktivligiga bogʻliq [9].

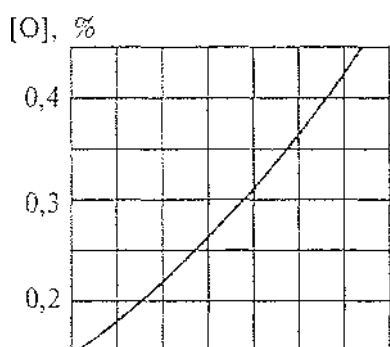
Kislorodning eruvchanligi toʻgʻrisida turli eksperimental sharoit- larda olingan maʼlumotlar bir- biriga yaxshi toʻgʻri keladi va quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$\lg[\% \text{ O}] = -6320/T + 2,734, \quad (3.61)$$

1600 °C da kislorodning eruvchanlik eksperimental qiymatlari 3.24- rasmda keltirilgan.

Suyuq temir eritmasida kislorod miqdorining kamayish darajasi metallga kiritiladigan elementning oksidlantirish qobiliyatiga bogʻliq.

Bu qobiliyat berilgan temperaturada oksidlantirgichning maʼlum konsentratsiyasi bilan muvozanatda boʻlgan kislorod miqdori bilan baholanadi [9]. Kislorodning suyuq temirdagi oksidlantirgich element bilan oʻzaro taʼsir reaksiyasini umumiy koʻrinishda quyidagi tenglama bilan tasavur etish mumkin:



3.24- rasm. Suyuq temirda kislorodning erishi.

Kislorod va oksidsizlantirgichning muvozanat miqdori orasidagi munosabat (3.62) reaksiyaning muvozanati konstantasi bilan aniqlanadi. Bu konstanta suyuq temirda hosil bo‘ladigan oksid erimaydigan hollarda, quyidagi tenglama yordamida aniqlanadi:

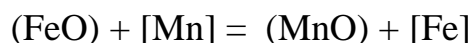
$$K = a_R^y a_O^x = f_R^y [\%R]^y f_O^x [\%O]^x$$

bu yerda: a_R va f_R — tegishli element-oksidsizlantirgichning aktivligi va aktivlik koeffitsiyenti. f_R va f_O kattaliklar quyidagi tenglamadan aniqlanadi:

$$f_R = f'_R \text{ va } f_O = f'_O f'_R,$$

bu yerda: f'_R va — mos ravishda temir juda ko‘p qo‘shilgan binar qotishmalarda element- oksidsizlantirgich va kislorodning aktivlik koeffitsiyenti; f'_R va f'_O — uch komponentli suyuqlanma Fe—R—O larda kislorod va oksidsizlantirgichning aktivlikka ularning o‘zaro ta’sirini hisobga oladigan aktivlik koeffitsiyenti.

Po‘latning asosiy oksidsizlantirgichlari Mn, Si va Al hisoblanadi. Temirni marganes bilan oksidsizlantirish reaksiyasi



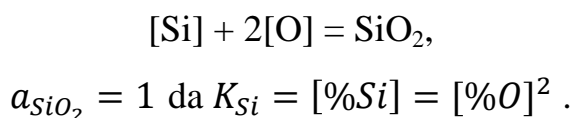
tenglama bilan, reaksiya muvozanati konstantasi esa quyidagi formula bilan ifodalanadi:

$$K_{Mn} = \frac{(MnO)}{(FeO)[\%Mn]}$$

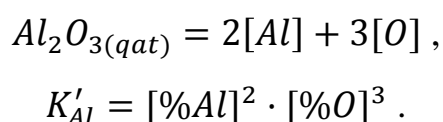
bu yerda: (FeO) va (MnO) — temir ikki oksidi va marganesning shlakdagi

konsentratsiyasi. U massa yoki molar ulushlari bo'yicha protsentlarda ifodalanadi. Ulardan aktivlik o'rnida foydalanishni FeO — MnO sistemada qorishmalarning ideal holatda bo'lishi bilan oqlash mumkin.

Suyuq temir eritmasida kremniyning kislorod bilan o'zaro ta'sir reaksiyasi quyidagi ko'rinishga ega:



Aluminiy uchun muvozanat konstantasi quyidagi tenglamalar bilan ifodalanadi:



3.8- jadvalda V.I.Yanovskiy bo'yicha [3] muvozanat konstantalarini temperaturaviy bog'lanishining taqqoslanishi berilgan. Jadvaldan ko'rinishicha, aluminiy eng katta oksidsizlantirish qobiliyatiga ega.

Jarayon mexanizmi. Quymakorlikda po'lat suyuqlantirish yoy elektr pechlarida amalga oshiriladi. Yoy pechida suyuqlantirish uchun $\varphi = f(T)$ bog'lanish 3.25- rasmda tasvirlangan. Keltirilgan ma'lumotlardan ko'rinishicha, $t \geq 2100^\circ\text{C}$ da komponentlar qaynaydigan temperaturalar zonasi boshlanadi. Yoy pechlari uchun 2000°C gacha zonada yuqorida keltirilgan barcha mulohazalar haqiqiydir (3.6- rasm, a,b,c,d,f nuqtalarga q.). Yoy razryadida yuqori temperaturalarning mavjudligi yoy yonidagi bo'shliqda quyidagi zonalarni ajratishga imkon beradi:

- 1) suyuqlanma barcha komponentlarining bug'lanish zonasi, $t > 3700^\circ\text{C}$;
- 2) barcha oksidlar bug'lanadigan zona, $t > 2500^\circ\text{C}$;
- 3) barcha metallar bug'lanadigan zona, $t > 2100^\circ\text{C}$;
- 4) cho'yanning barcha elementlarining erigan uglerod bilan qaytarilish zonasi, $t > 1720^\circ\text{C}$ (nuqta p_2);
- 5) barcha elementlarning sof uglerod bilan qaytarilish zonasi, $t > 1550^\circ\text{C}$ (nuqta q_2);

- 6) Fe va Mn larning erigan uglerod bilan qaytarilish zonasi, $t > 1440^{\circ}\text{C}$ (nuqta p_1);
 7) Fe va Mn larni sof uglerod bilan qaytarilish zonasi, $t > 1360^{\circ}\text{C}$ (nuqta q_1).

3.8- jadval

**Po‘latni oksidsizlantirish reaksiyalari muvozanat ,
 konstantalarining temperaturaviy bog‘lanishi**

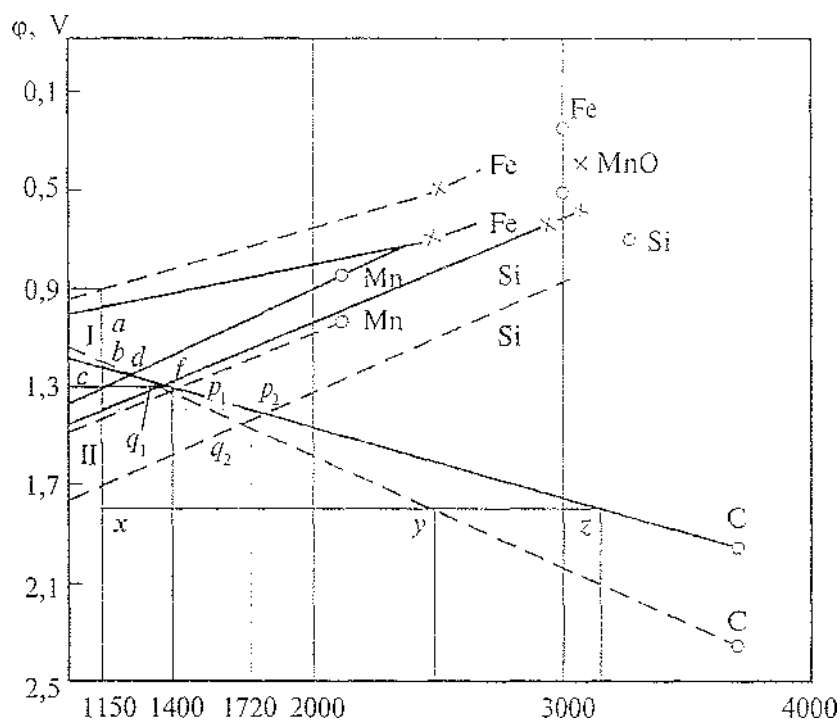
Oksidsizlan- tirgichlar	Tenglama $lg K = \frac{A}{T} + B$	K qiymati	
		1550°C da	1600°C da
Mn	$lg K_{Mn} = \frac{10900}{T} + 4,06$	$1,2 \cdot 10^{-2}$	$1,73 \cdot 10^{-2}$
Si	$lg K_{Si} = \frac{26050}{T} + 9,51$	$1,66 \cdot 10^{-5}$	$4,0 \cdot 10^{-5}$
Al	$lg K_{Al} = \frac{82580}{T} + 33,96$	$4,57 \cdot 10^{-12}$	$7,41 \cdot 10^{-11}$

Temperatura maydoni notekis sharoitlarda oksidlash jarayonidan qaytarish jarayoniga o‘tish hozirgina suyuqlangan metall uchun mumkin, chunki a—x chiziqdagi I va II qirg‘malar (3.25- rasm) y nuqta 2480°C ga muvofiq bo‘lgan holatda va z nuqta (erigan uglerod) 3170°C ga muvofiq bo‘lgan holatda teng. Yoy yaqinidagi bo‘shliqda bunday temperaturalar bo‘lishi mumkin.

Kinetika. Termodinamikada po‘lat suyuqlantirish jarayonlari kinetikasida oksidlash davri vaqtida elementlarning oksidlanishi va oksidsizlantirish vaqtida qaytarilishini o‘rganishga katta ahamiyat beriladi. Suyuqlanmani uglerodsizlantirish kinetikasi alohida ahamiyatga ega [1]. Uglerodsizlantirish tezligi suyuqlanmaga kislorodning qaysi usulda keltirilishiga bog‘liq. Agar shlakka kislorod ruda ko‘rinishida berilsa, unda oksidlanish tezligi soatiga 0,5—1% ni tashkil qiladi; agar suyuqlanma gazsimon kislorod bilan puflab tozalansa, unda uglerodsizlantirish tezligi soatiga 2—3% ga yetadi.

Uglerodsizlantirish kinetikasining muhim masalasidan biri — limitlovchi bosqichni aniqlashdir. Ba’zi tadqiqotchilar limitlash bosqichi (yoki diffuziya, yoki

kimyoviy bo‘g‘in) tabiatiga keskin nuqtayi nazarda asoslanadilar. Oksidlanish qonuniyatlarini esa berilgan sharoitlarda ko‘rib chiqish lozim [1].



3.25- rasm. Yoy elektr pechidagi (x — oksidlarning, o — metallarning qaynash temperaturasi) $Me - 2e = Me^{2+}$ ($Me \equiv C, Si, Mn, Fe$) elektrod jarayonlar uchun $\phi^{\circ} = f(T)$ (punktir chiziq) va $\phi = f(T)$ (tutash chiziq) bog‘lanishlar.

S.I.Filippov ishlab chiqqan kritik konsentratsiyalar nazariyasi [28] eksperimental ma’lumotlarni yetarli darajada yaxshi tushuntirib beradi. Bu nazariyaga ko‘ra, uglerod yuqori darajada konsentratsiyalanganda uglerodsizlantirish jarayoni oksidlagichning diffuziyalanishi bilan limitlanadi. Bunda sirtiy (pufakchalarsiz) uglerodsizlantirish kuzatiladi. Uglerodning oksidlanish tezligi uning konsentratsiyasi va metall suyuqlanmasining tarkibiga bog‘liq bo‘lmaydi. Uglerodsizlanish reaksiyaga kirishuvchi uglerod ortiqcha bo‘lganda va kislorod yetishmaganda sodir bo‘ladi.

Tajriba ma’lumotlari to‘g‘ri chiziq tenglamasi bilan yaxshi approxsimatsiyalanadi:

$$-\frac{dC}{d\tau} = 1/V (\eta\omega p_{O_2})$$

bu yerda: V — metall vannasining hajmi, t ; η — oksidlagichdan foydalanish koeffitsiyenti; ω — oksidlagich oqimining tezligi, m/s; p_{O_2} — kislorodning parsial bosimi, Pa.

Erigan kislorod konsentratsiyasi $[C]_{kr}$ dan kichik qiymatgacha pasayganda oksidlanish qonuniyatlari sezilarli darajada o'zgaradi. Bunday sharoitlarda oksidlashning makroskopik tezligi uglerod konsentratsiyasi bilan aniqlanadi:

$$-\frac{d[C]}{d\tau} = K [\%C] .$$

Bu davr uglerodning kichik tezliklarda oksidlanishi, metallda kislorod konsentratsiyasining ortishi, temir oksidlanishi jarayonining sezilarli rivojlanishi bilan xarakterlanadi. Uglerod konsentratsiyasi kritik konsentratsiyadan past bo'lganda hajmiy uglerodsizlanish jarayoni rivojlanadi.

Po'lat suyuqlantirish jarayonlari uchun shlakdagi komponentlarning massa ko'chirishi katta ahamiyatga ega. Shlakdagi aralashmaning diffuzion oqimi Fik qonuniga muvofiq uning konsentratsiya gradiyenti bilan aniqlanadi. Lekin real sharoitlarda aralashmalar shlakda qanday holatda bo'lishi konsentratsiya gradiyentigagina emas, balki oksidlar suyuqlanmasining oksidlanganlik gradiyentiga ham bog'liq bo'ladi. i - komponentning jami oqimi quyidagi munosabat yordamida aniqlanadi:

$$P_i = KB_i RT C_i \left(\frac{d \ln C_i}{dx} + \frac{v_i}{4} + \frac{d \ln p_{O_2}}{dx} \right) , \quad (3.63)$$

bu yerda: B_i — diffuziyalanadigan zarrachalarning harakatchanligi; v_i — valentiligi; C_i — konsentratsiya.

Tenglama (3.63) dan shlak komponentlari massa ko'chirishining ikkita turli variantini osongina olish mumkin. Birinchisi bir tekis oksidlanganligiga javob beradi:

$$\frac{d \ln p_{O_2}}{dx} = 0$$

va Fik qonuniga olib keladi. Ikkinchisini azotning suyuqlantirilgan shlak qatlami orqali ko‘chirilishi misolida ko‘rib chiqamiz. Ikkita gaz hajmi qalinligi $\Delta x = 1$ bo‘lgan shlak pardasi bilan ajratilgan deylik. Gaz hajmlarida azot parsial bosimlarining farqi o‘zgarmas $\Delta p_{N_2} = const$ (masalan, inert gaz bilan suyultirilganda) va kislorod bosimi bir xil saqlab turiladi. Agar Fik tenglamasida hosilani oxirgi ayirmaga almashtirsak, quyidagiga ega bo‘lamiz [8]:

$$P_{(N)} = D_{(N)} \Delta C_{(N)} = D_{(N)} (C'_N - C''_N) .$$

Lekin (5.63) tenglamaga muvofiq $C_{(N)}$ kattalik p_{O_2} ga bog‘liq:

$$C_{(N)} = K p_{N_2}^{1/2} p_{O_2}^{vN/4}$$

Binobarin,

$$P_{(N)} = D_{(N)} p_{O_2}^{-3/4} \Delta p_{N_2}^{1/2}$$

Shunday qilib, agar $\Delta p_{N_2} = const$ da p_{O_2} o‘zgartirilsa (uni ikkala hajmda bir xil saqlab), unda shlak qatlamining azotga nisbatan singdiruvchanligi ham o‘zgaradi. Masalan, po‘lat suyuqlantirish jarayonlari sharoitlarida pech atmosferasi ($\Delta p_{O_2} \approx 10^{-1} atm$) bilan qamrab olingan shlak qatlamlarining singdiruvchanligi metall bilan kontaktlanadigan qatlamlarga ($p \geq 10^{-9} atm$) qaraganda 10^6 marta kichik. Shuning uchun diffuzion qarshilik shlakning yupqa sirt qatlamida to‘planib qolar ekan, shu vaqtning o‘zida qolgan hajm azot ko‘chirilishini limitlamaydi. Boshqa elementlarga nisbatan ham shunga o‘xshash xulosalar chiqarish mumkin.

Po‘lat suyuqlantiriladigan pechlar

Jarayonlar klassifikatsiyasi va pechlarning texnologik sxemalari umumiy

klassifikatsiyaga muvofiq (1.3- rasmga q. quymakorlikda po‘lat suyuqlantirish jarayonlari, asosan, yoqilg‘i va elektr pechlarda amalga oshiriladigan monojarayonlar jumlasiga taalluqlidir (3.26- rasm). Dupleks- jarayon (V—K) va qayta suyuqlantirish jarayonlari ham qo‘llaniladi.

Davriy kontaktli monojarayon marten pechida amalga oshiriladi. Davriy tipdagi elektr pechlardagi monojarayonlar kontaktli ham (DP, PP) va kontaktsiz (ITP) ham bo‘lishi mumkin. Quymakorlikda eng ko‘p tarqalgani elektr yoy yordamida suyuqlantirish metodidir.

Po‘lat quymalar olish uchun IVP da qayta suyuqlantirish jarayonlari va elektr vositasida qizdiriladigan shlak ostida qayta suyuqlantirib quyma olinadigan va elektr shlakli quyish (ESHQ) nomini olgan jarayon ham qo‘llaniladi.

Marten pechi (3.26- a rasm) 6 gumbaz bilan yopilgan futerovka qilingan 4 vannaga ega. Vannaga 5 tuynuk orqali shixta yuklanadi. Pechning yon tomonlarida yoqilg‘i yoqish uchun (gaz yoki mazut) 3 kallaklar joylashgan. Gaz va havo 2 regeneratordagi isitiladi, ularga gaz va havo regeneratordagi navbatma- navbat ishlashini ta‘minlaydigan (havo isitishda chap regeneratordagi ishlaganda o‘ng tomondagilar chiqib ketayotgan gazlar bilan isitiladi va aksincha) 1 tashlama klapanlari bor kanallar sistemasi orqali beriladi.

Dupleks-jarayon vagranka — konvertor (3.26- b rasm) 3 vagrankada suyuqlantirib olish va keyinchalik suyuq metallni 1 konvertorda furma orqali havo bilan tozalash vositasida amalga oshiriladi.

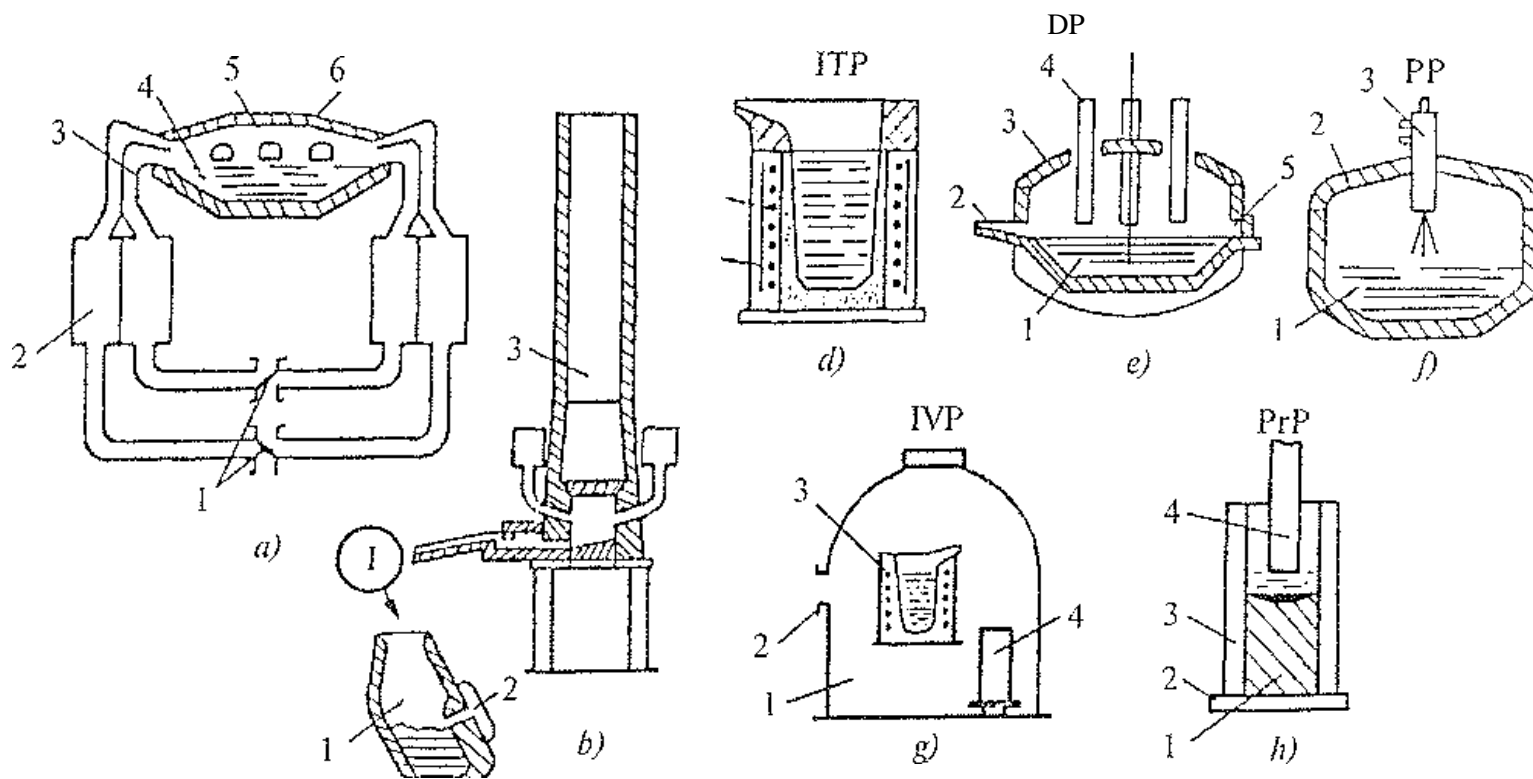
Induksion pechlar (3.26- d rasm) 2 induktorli 1 tigeldan iborat; u cho‘yan suyuqlantirish pechiga o‘xshaydi.

Yoy pechlari (3.26- e rasm) shixta yuklanadigan 1 vannaga ega; bunda 4 elektrodli gumbaz chetga chetlantiriladi. Ish tuynugi 5 dan qo‘shimcha ravishda shlak hosil qilish, qo‘shimchalar kiritish va shunga o‘xshashlar uchun foydalaniladi, 2 tarnovdan tayyor po‘lat chiqarib yuboriladi. Plazma pechlari (PP) ham (3.26- f rasm) shunga o‘xshash qurilmaga ega. Pech vannasiga shixta yuldanadi, 2 gumbazda plazmatron o‘rnatilgan.

Induksion vakuum pech (3.26- g rasm) vakuum- nasosga 2 patrubok

yordamida biriktirilgan 1 vakuum kameradan iborat; 3 pechning o‘zi va 4 qolip kamera ichida joylashgan.

Qayta suyuqlantirish jarayoni (3.26- h rasm) dastlabki 4 quymani elektr shlak pechining 3 kristallizatoridagi 2 taglikda qoliplanadigan 1 quymaga qayta suyuqlantirish yordamida amalga oshiriladi.



3.26-rasm. Po'lat quyish pechlarining texnologik sxemalari.

3.8. Marten pechi va konvertorda po‘lat suyuqlantirish

Marten pechida po‘latni suyuqlantirib olish pechni ishga tayyorlash (zapravka qilish), shixta yuklash va uni suyuqlantirish, oksidlash (qaynash), o‘ta qizdirish, me‘yoriga yetkazish va oksidsizlantirish, chiqarishdan tashkil topgan ketma- ket jarayonlardan iboratdir.

Asosli marten jarayoni. Pechni ishga tayyorlash futerovkaning shikastlangan, uchastkalariga asosli o‘tga chidamli materiallarni surib amalga oshiriladi. O‘tga chidamli material sifatida magnezit va pishi- rilgan dolomitdan foydalaniladi. Zapravka qilish 10—15 min davom etadi, issiqlik nagruzka maksimal nagruzkaning 70 - 80% ini tashkil qiladi (maksimal issiqlik quvvat pech tagi yuzasining 1 m^2 iga $2,1 \cdot 10^7 \text{ kJ/soat}$ to‘g‘ri keladi), butun suyuqlantirish davri ichida o‘rtacha issiqlik quvvati 1 m^2 ga $(1,26—1,47) \cdot 10^7 \text{ kJ/soat}$. Zapravka qilish tuggach, po‘lat chiqariladigan teshik magnezit kukuni bilan berkitiladi.

Marten pechida po‘lat suyuqlantirishda ishlatiladigan shixta tarkibida 30% gacha qayta ishlanadigan cho‘yan va 10—15% po‘lat qirindisi, qolgani — po‘lat temir- tersaklari va shaxsiy ishlab chiqarishdan qaytgan metall bo‘ladi. Shixtani hisoblashda shu narsaga asoslaniladiki, bunda kremniy miqdori eng kam bo‘lsin (u me‘yoriga yetkazish va oksidsizlantirishda kiritiladi), marganes miqdori 1% ga yaqin, uglerod po‘latda talab etilganidan 0,3—0,6% yuqori, fosfor ko‘pi bilan 0,3%, oltingugurt — 0,05—0,06% gacha bo‘ladi. Shixtada uglerod miqdorining yuqori bo‘lishi va qayta ishlanadigan cho‘yanning uglerod bilan aniqlanadigan ulushi normal qaynash, oksidlanish davrida yetarli darajada jadal qaynashni ta‘minlash uchun zarur.

Metall komponentlarining oksidlanishi shixta qizdirilayotgandayoq boshlanadi, shixta oksidlovchi atmosfera bilan kontaktlashadi. Bunda (1.16) — (1.27) reaksiyalar sodir bo‘ladi. Shixta bilan birgalikda ohaktosh yuklanadi. Pech tagiga dastlab umumiy massadan 10—25% miqdorida yengil vaznli sof temir- tersak, so‘ngra ohaktosh (yoki boksit) beriladi, jami massa 20 minut davomida qizdiriladi, shundan keyin cho‘yan yuklanadi. Shunday qilib, yuklash qisman qizdirishga to‘g‘ri keladi. Yuklashning davom etish muddati pechning sig‘imiga bog‘liq. Quyim

massasi 60 t boʻlgan pech uchun vaqt 1 dan 3 soatgachani tashkil qiladi. Bunda yuklash operatsiyasi qancha tez bajarilsa, umuman 8—10 soat davom etadigan umumiy suyuqlantirish vaqti shuncha kam boʻladi. Ulardan 3 soatga yaqini yuklash, qizdirish va suyuqlantirishdan tashqari barcha davrlarga sarflanadi. Shu sababdan, qizdirish va suyuqlantirishni jadal, toʻla issiqlik quvvatida olib borish kerak. Suyuqlantirish jarayonini tezlashtirish uchun havo kislorod bilan boyitiladi. Buning uchun gumbazli yoqilgʻi- kislorod garelkalaridan foydalaniladi yoki mahalliy konvertor zonalarini yaratib, jarayonni jadallashtirish uchun pechga bevosita kislorod kiritiladi. Konvertor zonalarida suyuqlantirilgan metall (1.16), (1.19), (1.22) va (1.25) reaksiyalar boʻyicha reaksiyaga kirishadi.

Suyuqlantirish tugagach, poʻlat ekspress- analiz qilinadi. Agar uglerod yetarli boʻlmasa, unda pechga qayta ishlanadigan choʻyan kiritiladi. Bu davrda shlak aktiv boʻlib (tarkibida koʻp temir oksidlari boʻlishi kerak), asosliligi — 1,5—2,5 ga teng. Bunday shlak yaratish uchun 4—9% ohaktosh, 1,5% ga yaqin boksit va 2% temir rudasidan foydalaniladi. Agar shlak navbatdagi suyuqlantirish davri sharoitlarini qoniqtirmasa, uni nasos bilan qisman yoki toʻla soʻrib olib va yangi shlak hosil qilib korrekcirovka qilinadi.

Masalan, (1.31) — (1.33) reaksiyalarga muvofiq defosforatsiyalash uchun shlakning tarkibida FeO va CaO lar miqdori juda koʻp boʻlishi zarur, buning uchun temir rudasi kiritiladi. Defosforatsiya uglerod oksidlanish davrining boshlanishi (qaynash)ga toʻgʻri keladi. Qaynash qanchalik jadal boʻlsa, defosforatsiya shunchalik yaxshi oʻtadi. U 1 soatga yaqin davom etadi. Bu suyuqlantirish davrining oxirida fosfor miqdori 0,025% gacha pasayadi. $(\text{CaO})_4\text{P}_2\text{O}_5$ bilan boyitilgan shlak soʻrib olinadi va pechga qaytadan ohak va boksit qoʻshiladi.

Yangi shlakni hosil qilish ham bir soatga yaqin davom etadi. Qaynash kiritilayotgan ruda kislorodi yoki gaz fazasidan kislorodning shlak orqali uzatilishi hisobiga sodir boʻladi. Yangi shlak hosil qilish tugagach, ruda kiritilmasdan sodir boʻladigan sof qaynash deb ataluvchi qaynash boshlanadi. Bunda shlakdan asta-sekin temir ikki oksidi ishlab chiqiladi, desulfuratsiya uchun sharoitlar yaratiladi, shlakning asosliligi 2,2—3,5 ga yetadi va (1.34) — (1.35) reaksiyalar keta

boshlaydi. Ularning ketishi uchun eng qulay sharoitlar oksidsizlanish davri boshida yuzaga keladi, u ikki bosqichda bajariladi.

Birinchi bosqichda uglerodning berilgan miqdoriga erishgach, vannada 0,1—0,17% Si bo‘lishi hisobidan pechga silikomarganes yoki ferrosilitsiy kiritiladi. Bu oksidsizlantirish bosqichini ferromarganes yordamida ham bajarish mumkin. Ushbu holda ferromarganes shunday hisobdan kiritiladiki, bunda marganes miqdori suyuqlantirib olinadigan po‘lat markasi uchun quyi chegaraga teng bo‘lishi kerak.

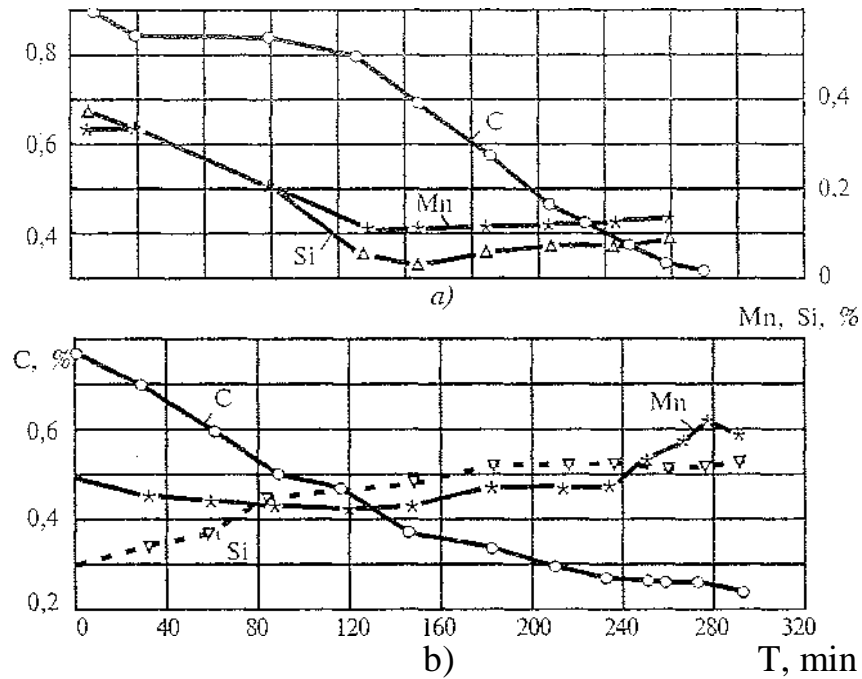
Ferroqotishmalar bilan oksidsizlantirish po‘latning kimyoviy tarkibini talab etiladigan darajagacha yetkazish bilan birgalikda bajariladi. Legirlangan po‘latlarni suyuqlantirishda legirlovchi komponentlarning bir qismi, masalan, nikel shixta bilan kiritiladi. Ferroxtrom ko‘rinishidagi xrom birinchi oksidsizlantirish bosqichidan keyin me‘yoriga yetkazishda; ferromolibden deformatsiyalash va shlak hosil qilish davrida; marganes esa birinchi oksidsizlantirish bosqichidan keyin kiritiladi.

Ikkinchi oksidsizlantirish bosqichi po‘lat kovshga chiqarilayotgan vaqtda bajariladi. Shu maqsadda tarnovga maydalangan Φ C 75 ferrosilitsiy beriladi. Uzil-kesil oksidsizlantirish uchun kovshga 0,8—1 kg/t miqdorida aluminiy kiritiladi.

Kislotali marten jarayonining xususiyatlari. Pechlarning futerovkasi kislotali, tagi kvarts qumdan yasalgan. Shu boisdan kislotali jarayonda oltingugurt va fosforni chiqarib yuborish mumkin bo‘lmaganligidan, ularning shixtadagi miqdori juda kam bo‘lishi kerak. Suyuqlantirishning kislotali jarayoni asosli jarayon kabi tagni zapravka qilishni, yuklash va suyuqlantirishni, oksidlash, me‘yoriga yetkazish va oksidsizlantirishni o‘z ichiga oladi. Shlak pechga suyuqlantirish oborotidagi shlakdan 3—4%, shamot sinig‘idan 0,3—0,5% kiritib hosil qilinadi, asosiligi ohaktosh qo‘shib rostlanadi.

Kislotali jarayon uchun kremniy- qaytarilish reaksiyalarining o‘tishi va shlakning oksidlash qobiliyatining pastligi xarakterlidir, shular tufayli metallidagi kislorod konsentratsiyasi ancha past bo‘ladi.

Kislotali marten jarayonining ikkita turi mavjud: aktiv (kremniy qaytarilishi cheklangan) va passiv (kremniy qaytariladigan).



3.27- rasm. Aktiv (a) va passiv (b) kislotali jarayonda po‘latni suyuqlantirishda metall kimyoviy tarkibining o‘zgarishi.

Aktiv suyuqlantirish jarayoni ko‘p jihatdan yuqorida bayon etilgan jarayonga o‘xshash. Pechga ruda beriladi, elementlar oksidlanadi va kremniyning metall uglerodi bilan quyidagi reaksiya bo‘yicha qaytarilishi sodir bo‘ladi:



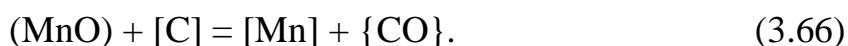
U po‘latda 0,1 —0,2% Si gacha cheklanadi. Elementlar miqdorining o‘zgarish xarakteri 3.27- a rasmda ko‘rsatilgan. Si va Mn larning miqdori suyuqlantirish mobaynida kamayadi.

Passiv jarayonda Si va Mn lar miqdori ortadi (3.27- b rasm). Suyuq- lantirish tugagach, polatdagi uglerod miqdori talab etilganidan kamida 0,8% ortiq bo‘lishi kerak. Ruda kichik porsiyalar bilan qo‘shiladi va oksidsizlantirishga 2 soat qolganda to‘xtaliladi. Ohaktosh faqat boshlan- g‘ich davrda qo‘shiladi.

Kremniyning qaytarilishi uchun yuqori temperatura zarur. Bunda kremniyning (3.64) reaksiyadan tashqari, quyidagi reaksiya bo‘yicha qaytarilishi sodir bo‘ladi:



ya'ni kremniyning temir ikki oksidi bilan oksidlanish reaksiyasi o'z yo'nalishini o'zgartiradi. Bundan tashqari, marganes qaytariladi:



Kremniy qaytariladigan jarayonda po'lat oksidsizlantirgichlar kiri- tilmagan holda qisman oksidsizlantiriladi. Po'lat pechdan chiqari- layotganda aluminiy bilan oksidsizlantiriladi.

Konvertorda po'lat olish

Barcha po'lat suyuqlantirish jarayonlaridan farqli o'laroq, konvertorda po'lat olish dastlabki material sifatida vagrankada suyuqlantirib olingan suyuq cho'yandan foydalanilgan holda amalga oshiriladi. Po'lat quyish korxonasida, odatda, havo yon tomondan beriladigan kichik bessemer konvertorlardan foydalaniladi. Po'latni shakldor qilib quyish uchun havo ust tomondan beriladigan kislorod konvertorlaridan foydalanish mumkin. 3.28- rasmda bessemer va kislorod konvertorlari sxemalari keltirilgan.

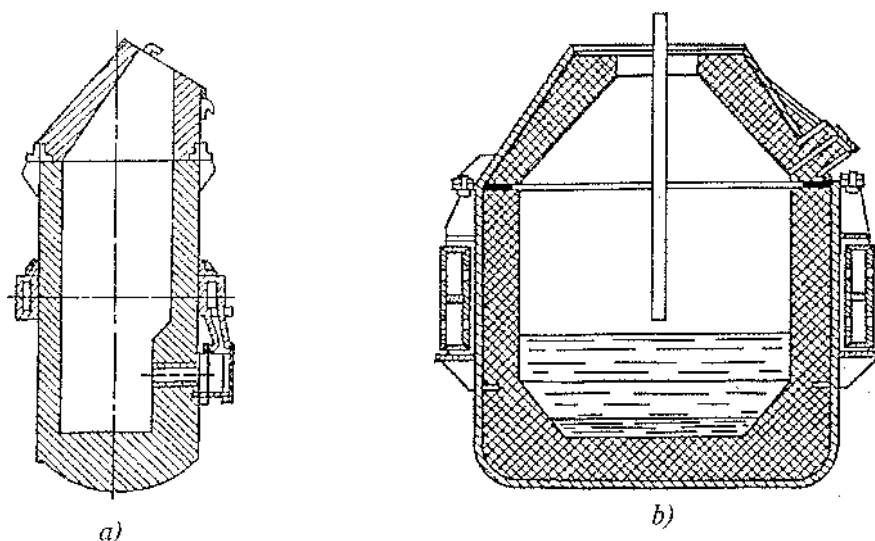
Konvertorning ishlash prinsipi quyidagidan iborat: havodagi kislorod suyuq metall bilan kontaktlashib Pe, Si, Mn va dastlabki metallda bor bo'lgan boshqa elementlarni oksidlaydi, buning natijasida issiqlik ajralib chiqadi, metalning temperaturasi ortadi va qisqa vaqt ichida (15 min) cho'yan po'latga aylanadi.

Kichik bessemer konvertorlarning sig'imi 11 dan 5 t gacha bo'ladi. Konvertor retortasining shakli vertikal o'qqa nisbatan nosimmetrik. Og'iz qiyaligining 30° ga yaqin bo'lishi konvertor gorizontol holatda bo'lganida unga suyuq metall quyishga imkon beradi. Konvertor futerovkasi — dinas g'ishtdan, kislotali. Suyuqlantirish oldidan konvertor futerovkasini 1000—1100 °C temperaturagacha qizdirish zarur. Qizdirish suyuq, gazzimon yoqilg'i yoki koks bilan bajariladi.

Suyuqlantirish konvertorga suyuq cho'yan quyishdan boshlanadi. Cho'yanning kimyoviy tarkibi va temperaturasi jarayonning ketishiga, olingan po'latning temperaturasiga va uning sifatiga jiddiy ta'sir ko'rsatadi. Odatda, suyuq cho'yan

quyidagi tarkibga ega bo‘ladi (%): C - 2,8-3,5; Si - 0,9-2,2; Mn - 0,7-1,0; S < 0,06; P < 0,07. S va Si larning miqdori qanchalik kichik bo‘lsa, quyiladigan cho‘yanning temperaturasi shunchalik yuqori bo‘lishi kerak. Odatda, bu temperatura 1300—1400 °C chegarasida o‘zgaradi. Suyuq cho‘yan konvertorga quyilayotganda taxminan 50 °C issiqlik yo‘qotiladi, shuning uchun vagrankadan temperaturasi 1350—1450 °C bo‘lgan cho‘yan olish kerak.

Vagrankada po‘lat suyuqlantirish uchun qo‘llaniladigan shixta 40—60% po‘lat temir- tersaklaridan va 60—40% qayta ishlanadigan cho‘yandan (fosforit kam bo‘lsa, ko‘ngildagidek bo‘ladi) iborat. Konvertorga quyilgan suyuq cho‘yan maxsus havo berish mashinalari bilan 1 t ga 720—800 m³ miqdorida 0,02—0,04 MPa bosim ostida havo berib tozalanadi. Havo berish jadalligi 75—100 m³/min.



3.28- rasm. Konvertorlar

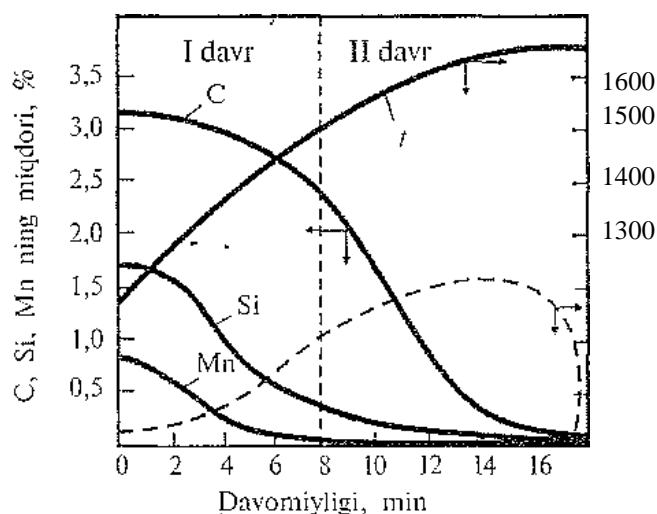
Havo metall bilan kontaklashib, birinchi navbatda (1.16) reaksiya bo‘yicha temirni oksidlaydi. Kremniy va marganes (1.19), (1.22) reaksiyalar bo‘yicha kislorodda, shuningdek, temir ikki oksidi bilan (1.28), (1.29) reaksiyalar bo‘yicha oksidlanadi. Metallning temperaturasi ko‘tarila boshlaydi va (1.25) hamda (1.30) reaksiyalar bo‘yicha uglerodning yonishi boshlanadi. Havo berib tozalashning bu davri konvertor og‘zidan chala CO ning yonishidan hosil bo‘ladigan alanga ajralib chiqishi bilan xarakterlanadi:



Metall va shlak tarkibini, shuningdek, metall temperaturasining o'zgarishi 3.29-rasmda ko'rsatilgan.

Havo berib tozalash oxirida alanga pasayadi, bu esa metallni me'yoriga yetkazish va uni oksidsizlantirishni boshlashga imkon beradi. Yetishmagan uglerod miqdori tarkibida 7% gacha C bo'lgan ferromarganes bilan kiritiladi. Bir yo'la Mn bo'yicha me'yoriga yetkazish va (1.37) reaksiya bo'yicha oksidsizlantirish operatsiyalari bajariladi. Chiqarishdan oldin yoki chiqarilayotgan vaqtda ferrosilitsiy, so'ngra aluminiy qo'shiladi. Po'lat (1.36) va (1.38) reaksiyalar bo'yicha oksid- sizlantiriladi. Oltinugurt va fosforni chiqarib yuborish imkoniyatining yo'qligi kislotali konvertorda havo berib po'lat olishning jiddiy kamchiligidir.

Suyuq cho'yanni tagi ochilmaydigan konvertorda vertikal furma orqali 0,8—1,2 MPa bosim ostida beriladigan kislorod bilan tozalash mumkin. Bu konvertorning asosli futorovkasi oltinugurt va fosforni chiqarib yuborishga imkon beradi. Kislorodning qo'llanilishi jarayonni jadallashtiradi, po'lat temir-tersaklari qo'shishga imkon beradi, uning cho'yan tarkibiga bog'liq bo'lmasligini ta'minlaydi.



3.29- rasm. Metallni konvertorda havo bilan puflashda kimyoviy tarkibining va temperaturasining

o'zgarishi.

Kislorod konvertorlariga qayta ishlanadigan suyuq cho'yan quyiladi. Bu cho'yanning tarkibida, odatda, 3,7 – 4,4% C; 0,3 – 1,7% Si; 0,4 – 2,5% Mn; 0,3% P va 0,03 – 0,08% S bo'ladi. Konvertorga yuklanadigan po'lat temir-tersaklarining miqdori Si va Mn lar miqdori hamda quyiladigan cho'yanning temperaturasiga bog'liq. Po'lat temir-tersagining miqdori, odatda, quyiladigan cho'yan massasining 25 – 30% ini tashkil qiladi. Shlaklar hosil qilish uchun metal shixta massasining 9% i miqdorida ohakdan foydalaniladi. Jarayonlarning fizik- kimyoviy mohiyati (1.16), (1.19), (1.22), (1.25), (1.28) - (1.38) reaksiyalar yordamida tavsiflanadi.

Kislorod-konvertor jarayonining yuqori darajada unumdorligi va keng metallurgik imkoniyatlari uni po'latdan shakldor quymalar olish uchun ham qo'llashga imkon beradi.

3.9. Elektr pechlarda po'lat suyuqlantirish

Quymakorlikda po'latning asosiy massasi davriy ishlaydigan agregat hisoblanuvchi yoy elektr pechlarida suyuqlantiriladi. Yirik seriyali konveyer korxonalarining quyish sexlarida juda ko'p miqdorda kichik sig'imli pechlar o'rnatiladi. Bunda 3—4 ta pechni metall bilan bitta konveyer ta'minlaydi. Yuklash usuliga ko'ra, yoy pechlari ikkita tipga bo'linadi: g'ildiratib chiqariladigan vannali va buriluvchi gumbazli. Pech vannasi gumbazdan bo'shatiladi va maxsus qovg'a yordamida ust tomondan unga shixta yuklanadi. Shixta tarkibida 55—65% po'lat temir-tersagi, 37—40% qaytgan metall va 2—3% qayta ishlanadigan cho'yan bo'ladi.

Kislotali va asosli jarayonlar bir- biridan farq qiladi. **Asosli jarayon** metallardan oltingugurt va fosforni chiqarib tashlashga va oq shlak deb ataladigan, ya'ni yaxshi oksidsizlashtirilgan, tarkibida temir oksidlari bo'lmagan shlak ostida diffuzion oksidsizlantirishni bajarishga imkon beradi.

Futerovkasi asosli bo'lgan yoy pechlarida shakldor qilib quyish uchun elektr pechlarda suyuqlantiriladigan barcha po'latning 35% ga yaqini olinadi; ulardan

20%i yuqori marganesli po‘latlarga, 5% i yuqori xromli va xrom- nikelli po‘latlar ulushiga, qolgan 10%i uglerodli va kam legirlangan po‘latlarning mas’uliyatli markalariga to‘g‘ri keladi [21]. Asosli jarayonda po‘lat yoxud aralashmalarni oksidlab, yoxud qayta suyuqlantirish usuli bilan, ya’ni oksidsizlantirmasdan suyuqlantiriladi.

Aralashmalarni oksidlantirib suyuqlantirish. Bunda shixta shunday tarzda hosil qilinadiki, suyuqlantirgandan keyin lining tarkibidagi uglerod mazkur markali po‘lat uchun yuqori chegaradan 0,2—0,3% yuqori bo‘lsin, Yuklashga 3% ohak va 2% temir rudasi uzatiladi. Ular suyuqlantirilgandan keyin, darhol, fosfordan tozalaydigan shlak hosil qiladi, chunki (1.31)—(1.39) reaksiyalar shlakda FeO bo‘lishini talab qiladi va nisbatan past temperaturalarda o‘tadi. Shlak tarkibidagi fosfor ancha ortadi: suyuqlantirgandan keyin u 1,5% ni (P_2O_5 ga qayta hisoblaganda) tashkil qiladi. Bu shlak chiqarib tashlanadi va pechga qaytadan ohak va ruda yuklanadi. Oksidlanish (1.28)—(1.30) reaksiyalar bo‘yicha boshlanadi. CO pufakchalari shlakni ko‘pirtiradi, uni uzluksiz chiqarib (yo‘qotib) turgan ma’qul. Oksidlanishning boshlang‘ich davrida defosforatsiya davom etishi tufavli shlak qaytadan so‘rib olinadi. Oksidlanish davrida so‘rib olinadigan shlak tarkibida, odatda, 40 — 50% CaO, 10 — 25% SiO_2 , 12 — 15% FeO, 4 — 10% Mg, 0,5 — 10% MnO, 2 — 4% Al_2O_3 , 0,5 — 2% P_2O_5 bo‘ladi.

Oksidlanishni jadallashtirish uchun ba’zan suyuq metall 1 MPa ga yaqin bosim ostida kislorod bilan tozalanadi. Kislorod 15—25 mm diametrli truba orqali kiritiladi, u tashqi tomondan shamot trubkalar bilan himoyalangan (ular po‘lat trubaga kiydiriladi). Ruda jarayonida uglerodning yonib tugash tezligi soatiga 0,3 dan 0,6% gacha va kislorod berib tozalashda soatiga 1,5% gacha ortadi.

Qaytarish davri desulfuratsiyani, temperatura va po‘lat tarkibini berilgan qiymatlargacha yetkazishni va oksidsizlantirishni o‘z ichiga oladi. Desulfuratsiya davrida pechga qaytadan ohak kiritiladi. Bunda (1.34) — (1.35) reaksiyalar sodir bo‘ladi. Desulfuratsiya uchun shlak hosil qiluvchi aralashma tarkibida ohakdan tashqari plavik shpati va qum (yoki shamot siniqlari) bo‘ladi. Aralashmaning umumiy miqdori metall massasining 3—5% ini tashkil qiladi. Shlak

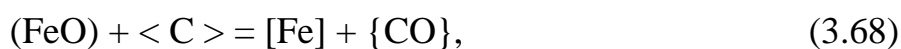
suyuqlantirilgandan keyin u maydalangan ferrosilitsiyning koks bilan aralashmasi vositasida oksidsizlantiriladi. Kiritiladigan aralashma miqdori 1:1 nisbatda 10 kg/t. Oksidsizlantirilgandan keyin shlak oq rangga ega bo‘ladi va havoda sovitilgandan so‘ng poroshok bo‘lib sochiladi.

Shlak tarkibidagi (3.9- jadval) temir oksidlarining miqdori ancha kamayadi, chunki ular uglerod va kremniy bilan qaytariladilar.

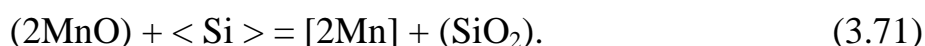
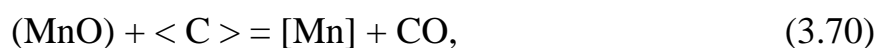
3.9- jadval

Shlakning kirayoviy tarkibi, %

Shlak	CaO	SiO ₂	FeO	MnO	MgO	Al ₂ O ₃	CaF ₂	CaS	CaC ₂
Oq	60-65	14-16	1,5 gacha	0,6 gacha	10-12	2,5-4,0	5-10	1,5 gacha	—
Karbidli	65-66	7-8	0,5 gacha	0,1 gacha	13-14	2,0-3,0	8-12	2-3	2-5



Bunda $[\text{FeO}] \rightleftharpoons (\text{FeO})$ muvozanat buziladi va temir ikki oksidi metall dan shlakka o‘tadi va shlakning oksidsizlanishi vaqti- vaqti bilan takrorlanadi. Marganes oksidlari ham qaytariladi:

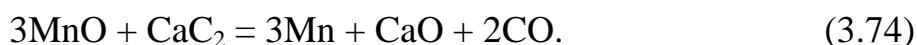
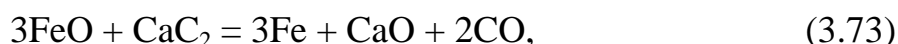


Qaytarish davri vaqtida po‘lat berilgan kimyoviy tarkibgacha yetkaziladi, shundan keyin u pechdan chiqariladi va aluminiy bilan oksidsizlantiriladi. Metallning chiqarilishini shlak bilan birgalikda amalga oshirish mumkin. Bunda metall va shlakning aralashishi hisobiga qo‘shimcha desulfuratsiya sodir bo‘ladi. Shunday qilib, oltingugurt miqdorini 50% ga pasaytirish mumkin.

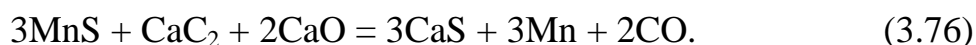
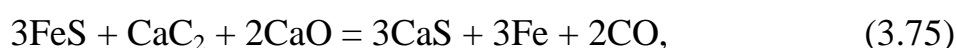
Oq shlakning turlaridan biri karbidli shlakdir (3.9- jadvalga q.). U koks birmuncha ortiq bo‘lganda hosil bo‘ladi. Uni yaratish uchun oksidlovchi shlak so‘rib olingandan keyin metall massasining 3—4%i miqdorida ohakli shlak (CaO va CaF₂ mos ravishda 80% va 20%) hosil qilinadi, so‘ngra shlakka metall massasining 0,6—0,8% miqdorida maydalangan koks beriladi. Koks butun yuza bo‘yicha bir tekis sepiladi, pech germetizatsiyalanadi va yoy razryadlari tarmoqqa ulanadi. Razryadlarning ta’sir zonasida yuqori temperaturada kalsiy karbidining hosil bo‘lish reaksiyasi o‘tadi:



Bunda oksidsizlantirish ikkita yo‘ldan (3.68)—(3.71) reaksiyalar bo‘yicha oq shlak ostida va kalsiy karbidi hisobiga quyidagi reaksiyalar bo‘yicha boradi:



Oltingugurtni chiqarib tashlash quyidagi reaksiyalar natijasida amalga oshadi:



Karbid shlaki ostida suyuqlantirish faqat yuqori uglerodli va legirlangan instrumental po‘lat olish uchun bajariladi.

Aralashmalarni oksidlamasdan po‘lat suyuqlantirish. Ushbu metod o‘rtacha va yuqori legirlangan po‘latlarni suyuqlantirish uchun qo‘llaniladi. Bu holda po‘lat ruda qo‘shmasdan suyuqlantiriladi. Oksidlash jarayonining bo‘lmasligi legirlovchi elementlardan iqtisodiy jihatdan qulay foydalanish imkonini beradi, chunki ular kuymaydi. Lekin zararli aralashmalarning to‘planish havfi tug‘iladi. Biroq, bu metod yordamida olingan po‘latning sifati aralashmalarni oksidlab

suyuqlantirishda olingan po‘latning sifatidan qolishmaydi [21]. Ishlab chiqarish tajribasi shuni ko‘rsatadiki, bunda zararli aralashmalar to‘planmaydi. Havodan azotni jadal yutadigan yuqori marganesli po‘latlar bundan istisnodir, lekin bu po‘latlar uchun azot foydali komponent ekan. Yoy pechida aralashmalarni oksidlamasdan po‘latni suyuqlantirish texnologiyasi xuddi oksidlashdagidek bo‘ladi. U barcha asosiy operatsiyalarni o‘z ichiga oladi, faqat oksidlovchi shlaklar hosil qilinmaydi, suyuqlantirish shlaki esa chiqarib tashlanadi va oksidsizlantirishni yo oq shlak ostida, yo ferroqotishmalar yordamida amalga oshiriladi. Ba‘zan jarayonni jadallashtirish uchun vanna kislorod berib tozalanadi. Lekin ushbu jarayon endi aralash jarayon hisoblanadi.

Kislotali jarayon xususiyatlari. Bu jarayon eng ko‘p tarqalgan jarayondir. U eng unumdor va uglerodli hamda kam legirlangan po‘latlar uchun keng ko‘lamda qo‘llaniladi.

Kislotali shlakning elektr o‘tkazuvchanligi asosli shlakka nisbatan kichkina bo‘ladi: yoylar shlak qoplamasini yoradi va bevosita metall bilan kontaktlashadi, bu esa o‘ta qizishni jadallashtiradi. Ayni paytda, shlak ancha past temperaturaga va asosli jarayondagiga nisbatan qaytarish qobiliyatiga ega bo‘ladi. Aytganlarning hammasi FIKning va pech futerovkasi xizmat qilish muddatining ortishiga yordam beradi.

Kislotali shlakning hosil bo‘lishi uchun pechga, odatda, kvarts qum va oz miqdorda temir rudasi hamda ohak kiritiladi. Shlakdagi $\text{SiO}_2/\text{FeO} + \text{MnO}$ nisbat 1 ga yaqin. Bunday shlak ostida vanna yaxshi qaynaydi, lekin bunda qaynash jarayoni uzoq davom etmaydi. Qaynash jarayoni tugagach, shlak qum qo‘shib quyultiriladi va qaytarish davri boshlanadi.

Kislotali marten pechidagiga o‘xshash suyuqlantirish jarayoni aktiv va kremniy qaytarilishli bo‘lishi mumkin. Aktiv jarayonda metallga 1% ga yaqin ruda kiritiladi, kremniy qaytarilish jarayonida oksidlanish ilgari tugaydi va kremniyning (3.64) reaksiya bo‘yicha qaytarilishi boshlanadi.

Kislotali jarayonda metall oksidlovchi shlak chiqarib yuborilgandan keyin oksidsizlantiriladi. Shlakni chiqarib yubormasa ham bo‘ladi, lekin uning tarkibini

o'zgartirish kerak. Yangi shlak yuqori sifatli po'latni tayyorlashda pechga shamot bo'laklari, qum va ohak kiritib hosil qilinadi. Oksidsizlantirish ikkita bosqichda: suyuqlantirish jarayonida — silikomarganes yoki ferrosilitsiy bilan, po'latni chiqarishda esa aluminiy bilan amalga oshiriladi.

Misol sifatida, po'latni ДС5МТ tipidagi kislotali elektr yoy pechda suyuqlantirishni ko'rib chiqamiz. 25ЛI markali po'lat uchun metall shixtaning tarkibi: 58% po'lat temir- tersaklari, 40% qaytgan metall va 2% ПІВК-1.

Po'lat suyuqlantirish uchun pech quyidagi tarzda tayyorlanadi. Po'latni chiqarib bo'lgandan keyin pech tagi va futerovka otkoslari suyuq metall va shlak qoldiqlaridan tozalanadi. So'ngra futerovka ko'zdan kechiriladi, uning holati va navbatdagi po'latni suyuqlantirishda qatnashish imkoniyati aniqlanadi. Agar pechning futerovkasi devorlari, otkoslari va tagida o'yiqli joylar, g'adir- budurliklar, mahalliy chuqurchalar bo'lsa, ular qum va suyuq shisha aralashmasi bilan zapravka qilinadi. Zapravkani mumkin qadar tez bajarish kerak, aks holda po'lat chiqarilgandan keyin futerovkaning temperaturasi pasayib ketishi mumkin. Temperatura yuqori bo'lsa, zapravka materiali yaxshi payvandlanib yopishadi. Sovuqlayin ta'mirlashda yoki futerovkaning sezilarli shikastlangan joylari ta'mirlangandan keyin ahamiyati kamroq quymalar uchun suyuqlantirib yuvish operatsiyasi bajariladi. Pechni suyuqlantirish uchun ishga tushirishdan oldin ish tuynugi ostonasi ta'mirlanadi va uning po'lat chiqariladigan teshigi berkitiladi.

Shixta materiallari yuklashdan oldin tarozida tortiladi. Pech vannani g'ildiratib chiqarib, uning ustki tomoni orqali yuklanadi. Yuklashda shixta urilib pech tagini shikastlamasligi uchun qovg'a mumkin qadar pastga tushiriladi. Mayda shixta va qirindi pastga — pech tagiga yuklanadi. Yuklashni, shixtani zich yotqizib, jadal olib borish lozim. Yuklash tugagach, pech boshlang'ich holatda o'rnatiladi, vanna qulflari bekitiladi va gumbaz pastga tushiriladi. Agar pech sovuq bo'lsa, ishga tushirish oldidan elektrodning har birining tagiga yondirishni osonlashtirish va elektr yoylarning osoyishta yonishi uchun koks bo'lakchalari qo'yiladi.

So'ngra pech tarmoqqa ulanadi va maksimal tok kuchi beriladi. Elektrodlar ostida suyuqlantirilgan metall ko'lchalari paydo bo'lishi bilan shlak hosil qilish va

yoyning yanada osoyishta yonishi uchun 6—8 kurak qum va 2—3 kurak ohaktosh beriladi. Shixtaning suyuqlanishi uni kislorod bilan qirqib va otkosdan vanna markaziga itarib tushirib, jadallashtiriladi. Kulrang pag‘ali oq tutun ajralib chiqqanida (bu holda pechda «qor yog‘yapti» deyilar), ushbu hol elektr yoy pech tagiga yaqin bo‘lgan holatda sodir bo‘lgani uchun, pech darhol to‘xtatilishi va elektrodni ko‘tarib, elektrodlar ostida hosil bo‘lgan quduqchalarga shixtani surib tushirish kerak.

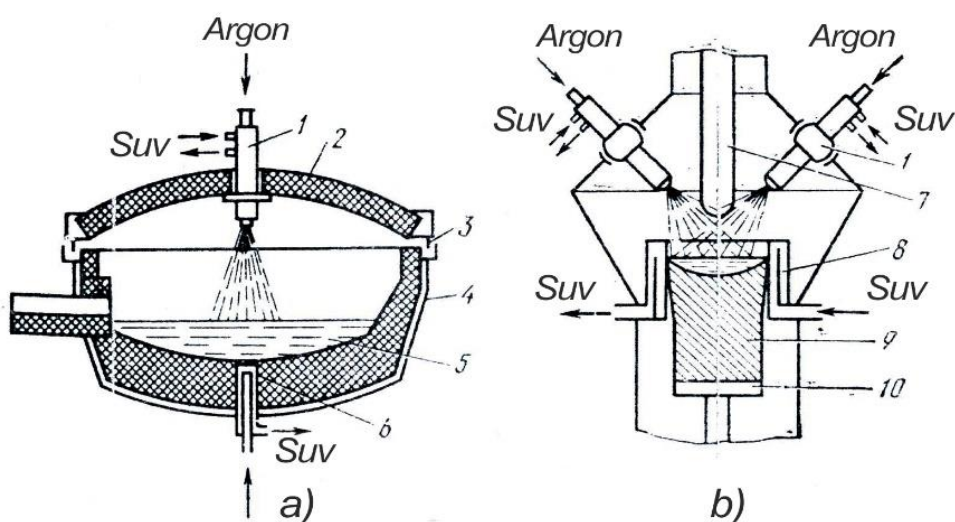
Shixta to‘la suyuqlanganda, C, Mn, S, P lar miqdorini ekspress- analiz qilish uchun metall namunasi olinadi. Oksidlash davrining boshlanishi oldidan po‘lat tarkibidagi C ning optimal miqdori 0,45— 0,70%. Uglerodni oksidlash uchun yaxshi qizdirilgan metallga kichik porsiyalar bilan temir rudasi kiritiladi: har qaysi porsiya orasida 5—10 min vaqt o‘tishi kerak. Metall butun yuza bo‘ylab qaynashi lozim. Vanna qattiq qaynaganda pech ishi to‘xtatiladi va shlakka bir necha kurak qum solinadi. Oksidlash davrining davom etishi ko‘pi bilan 40 min bo‘lishi kerak, shu jumladan, qaynash vaqti ham birnga kiradi.

Berilgan analiz bo‘yicha uglerodning o‘rtacha miqdoriga erishilgach, shlak normal suyuq qo‘zg‘aluvchanlikka, zichlikka ega bo‘lishi, ip kabi chozilishi va singan joyida yashil rangga ega bo‘lishi kerak. So‘ngra metallni oksidsizlantirish uchun talab etilgan uglerod miqdoriga erishilganda vannaga Φ C45 ferrosilitsiy qo‘shiladi. Bunda vanna yaxshilab aralashtiriladi. 10—15 minutdan keyin vanna ikkinchi marta aralashtiriladi va oksidsizlanish hamda temperaturani aniqlash uchun namuna olinadi. Kremniy bilan yaxshi oksidsizlantirilgan va stakanga quyilgan metall namunasi uchqunlanmasligi kerak. Qotayotganida metall kichrayishi kerak. Metallni chiqarishdan oldin vannani obdan aralashtirish zarur, yana bir marta oksidsizlanishi va temperaturaga namuna olish va po‘latni oldindan 800—900 °C gacha qizdirilgan kovshga chiqarib quyish kerak. Po‘lat chiqariladigan tarnov oldindan yaxshilab tozalanishi va quritilishi lozim. Tarnovga chiqarishdan oldin silikokalsiy kiritiladi. Normal temperatura va kremniy bilan normal oksidsizlantirilganda kovshga chiqarishgacha 4—5 min qolganda zarur bo‘lgan miqdorda ferrpmarganes qo‘shiladi.

Po‘latning uzil- kesil oksidsizlantirilishi kovsh tubiga beriladigan aluminiy bilan (1 t suyuq po‘latga 1,0—1,2 kg) amalga oshiriladi. Tarnovda temperatura optik pirometr bo‘yicha tuzatma kiritmasdan 1500—1580 °C bo‘lishi kerak. Kovshdagi metall shlakning 100—150 mm qalinlikdagi himoya qatlami bilan qoplangan bo‘lishi kerak.

Oxirgi yillarda po‘lat suyuqlantirib olish va sifatli metal olish uchun plazma- yoy pechlari qo‘llanilmoqda. Bu pechlar o‘tga chidamli qoplamli, yoki keramik tigelli bo‘lishlari mumkin (yoy pechlariga o‘xshagan). Plazma- yoy pechi keramik tigelli 3.30- rasmda keltirilgan. Pech o‘tga chidamli qoplam bilan futerovka qilingan va 2 svod bilan yopilgan. Plazmatron 1 suyuqlantirish kamerasiga svod orqali kiritiladi. O‘tga chidamli qoplamida 6 tag qismi elektrodi o‘rnatilgan. Bu elektrod tokni suyuq metallic vannaga keltiradi. Svod qismini 4 kojuxga o‘tkazgich joyida zatvor 3 qismi bilan zichlshtirilgan. 3.30- b rasmda kristallizatorli plazma- yoy pechi sxemasi ko‘rsatilgan. Pechlar keng diapason bosimda ishlashi mumkin 0,3 MPa dan to 10^{-1} Pa gacha.

Induksion elektr pechlarda po‘lat suyuqlantirish. Kislotali induksion pechlarda po‘lat suyuqlantirishda shixta tarkibida oltingugurt



3.30- rasm. Keramik tigelli plazma pechi. a) keramik tigelli; b) kristallizatorli;
 1 – plazmatron, 2 – svod, 3 – qumli zatvor, 4 – korpus, 5 – suyuq metal vannasi,
 6 – tag qismi elektrodi, 7 – qayta suyuqlantiriladigan yarim mahsulot,
 8 – kristallizator, 9 – paddon.

va fosfor miqdori juda kam bo'lgan oksidlanmagan materiallardan tashkil topgan bo'lishi kerak. Asosli pechlarda suyuqlantirishda shixta tarkibidagi oltingugurt va fosfor miqdoriga qo'yiladigan talab uncha qat'iy bo'lmaydi, chunki bu pechlar defosforatsiya va desulfuratsiya o'tkazisliga imkon beradi. Suyuqlantirish jarayoni yuklashdan, suyuqlantirishdan, me'yoriga yetkazishdan, suyuqlanmani oksidsizlantirish va chiqarishdan iborat. Tigelni yirik bo'laklar bilan urilishdan saqlash uchun tigel tagiga shixtaning mayda qismini (yaxshisi qirindini), so'ngra kam oksidlanadigan ferroqotishmalar va yirik shixta joylashtirish maqsadga muvofiq bo'ladi. Yirik bo'laklarni tigelning devorlariga yaqin yuklash va zich joylashtirilsa, ko'ngildagidek bo'ladi.

Suyuq metallning ko'rinadigan uchastkalari paydo bo'lganda tigelga shlak aralashmasi kiritiladi, buning natijasida oksidlanish va suyuq metallning atmosferadan gazlar yutishi kamayadi. Shlak hosil qilish uchun kislotali pechga quyidagi komponentlar kiritiladi: 10% maydalangan shisha, 65% shamot va 25% ohak yoki kvarts qumi. Asosli tigelda suyuqlantirishda shlak aralashmasi quyidagi komponentlardan hosil qilinadi: 60—65% ohak, 15—20% magnezit va 20—25% plavik shpati.

Shixtaning asosiy massasi (80—95%) suyuqlantirilgandan keyin metall namunasi kimvoviy analizga olinadi. Asosli tigelda shixtani suyuqlantirish jarayonida metallning qisman defosforatsiyalanishi sodir bo'ladi. Fosforning qaytarilishini oldini olish uchun shlak chiqarib yuboriladi va yangisi hosil qilinadi.

Shixta to'la suyuqlantirilgandan keyin iste'mol qilinadigan quvvat eng yuqori qiymatidan 30—40% gacha pasaytiriladi, bunda o'ta qizishga yo'l qo'ymaslikka harakat qilish lozim. Metallning analizi olingandan keyin oksidsizlantirish va legirlash boshlanadi.

Induksion pechlarda po'lat suyuqlantirishda ferroqotishmalar ma'lum tartibda qo'shiladi. Ferrovolfram, ferroxrom va ferromolibdenning asosiy miqdori yuklagichga kiritiladi. Korrektirovka qilish uchun bu qotishmalar chiqarishgacha 20 minutdan ortiq kechiktirmay tigelga yuklanadi, bu esa ularning suyuqlanishi va legirlovehi elementning metall hajmi bo'yicha bir tekis taqsimlanishini ta'minlaydi.

Ferromargenes, ferrosilitsiy va ferrovanadiy metallni chiqarishga 10 min qolganda qo‘shiladi. Kuyindini kamaytirish maqsadida ferrovanadiy eng so‘nggi navbatda qo‘shiladi. Metallga aluminiy va titan bevosita chiqarish oldidan yoki kovshga kiritiladi. Legirlovchi elementlarning kuyishi po‘latning tarkibi va ularni kiritish usuliga bog‘liq. Metallni yuqorida bayon etilgan legirlash va oksidsizlantirish texnologiyasida volframning kuyindisi 2% ga yaqinni, marganes, xrom va vanadiyniki 5—10% ni, kremniyniki 10—15% ni va titanniki 70% ni tashkil qiladi.

Induksion suyuqlantirish pechlari legirlangan elementlar eng kam yo‘qotiladigan holda po‘latning o‘rtacha va yuqori legirlangan markalarini suyuqlantirishga imkon beradigan tejimli suyuqlantirish agregatlaridan iboratdir.

3.10. Rangli qotishma suyuqlantiriladigan pechlar

Jarayonlar klassifikatsiyasi

Rangli qotishmalar ularni suyuqlantirish sharoitlariga ko‘ra uch guruhga bo‘linadi: aluminiy, magniy va rux qotishmalari; mis va nikel qotishmalari; titan va qiyin eriydigan metallar asosida tayyorlangan qotishmalar.

Aluminiy, magniy va rux qotishmalarini suyuqlantirib olish uchun yoqilg‘i va elektr pechlarida monojarayonlar ham, shuningdek, poli- jarayonlar ham qo‘llaniladi (3.31- rasm). Polijarayonlardan quymalarni yirik seriyalab va ko‘plab ishlab chiqarishda foydalaniladi. Bunday holda suyuqlantirish jarayoni yoqilg‘i pechlarida (odatda, bu statsionar alanga pechi — PIS), me‘yoriga yetkazish va aralashmalardan tozalash operatsiyalari esa tarqatish pechlarida (odatda, ular tigelli qarshilik pechlari — PST) bajariladi. Bunda dupleks- jarayondan tashqari tripleks- jarayon ham (3.31- rasm, VIII) mumkin. Tripleks- jarayonda suyuqlantirish operatsiyasi PIS da bajariladi, so‘ngra kutish pechiga quyiladi (bu ham PIS) va bundan keyin tarqatish pechlariga quyiladi. Ishlab chiqarish hajmi katta bo‘lmaganda kontaktsiz suyuqlantirish metodlari afzal bo‘ladi: dupleks ITP-PST, IKP va boshqalar. Buning ustiga hatto yoqilg‘i jarayonlari ham kontaktsiz metodda (3.31- a rasm, TP) realizatsiya qilinadi. Magniy qotishmalari uchun kontaktsiz suyuqlantirish qo‘llash zarur, chunki magniy juda aktiv metall, oson oksidlanadi va

havo bilan kontaktlashishni cheklashga oid choralarni hatto quyish vaqtida ham nazarda tutishga to'g'ri keladi.

Rangli qotishmalar suyuqlantirish uchun so'nggi vaqtgacha faqat davriy jarayonlar (2- rasmga q.) qo'llanilar edi. Lekin energetik jihatdan uzluksiz jarayonni amalga oshirish foydali bo'lganligi uchun rangli qotishmalarni suyuqlantirib olishda shaxta- alanga pechlaridan (3.31- rasm, ShP) foydalana boshladilar.

Mis va nikel qotishmalarni suyuqlantirib olishda, asosan, mono- jarayonlar qo'llaniladi. P1S va P1V yoqilg'i pechlari o'zining konstruksiyasi jihatidan aluminiy qotishmalarni suyuqlantirib olishda foydalaniladigan yoqilg'i pechlaridan tafovutlanadi (3.31- rasm, P1S), chunki mis qotishmalari uchun ancha yuqori temperatura talab etiladi. Bronzani suyuqlantirish uchun yoy pechlarini va ba'zi nikel qotishmalari uchun uch fazali po'lat suyuqlantirish pechlarining ishlatilishi shuning o'zi bilan tushuntiriladi (3.26- rasm q.). Tarkibida oson oksidlanadigan elementlar bor nikel qotishmalarini suyuqlantirib olish uchun induksion vakuum pechlaridan foydalaniladi. Jezlarni suyuqlantirish uchun induksion suyuqlantirish metodlari (3.32- d va e rasm, ITP, IKP) keng qo'llaniladi. Titan qotishmalari va qiyin suyuqlanadigan metallarni suyuqlantirish uchun faqat qayta suyuqlantirish jarayonlari: vakuum-yoy, elektron-nur va plazma-yoy qayta suyuqlantirish jarayonlari qo'llaniladi (3.33- rasm).

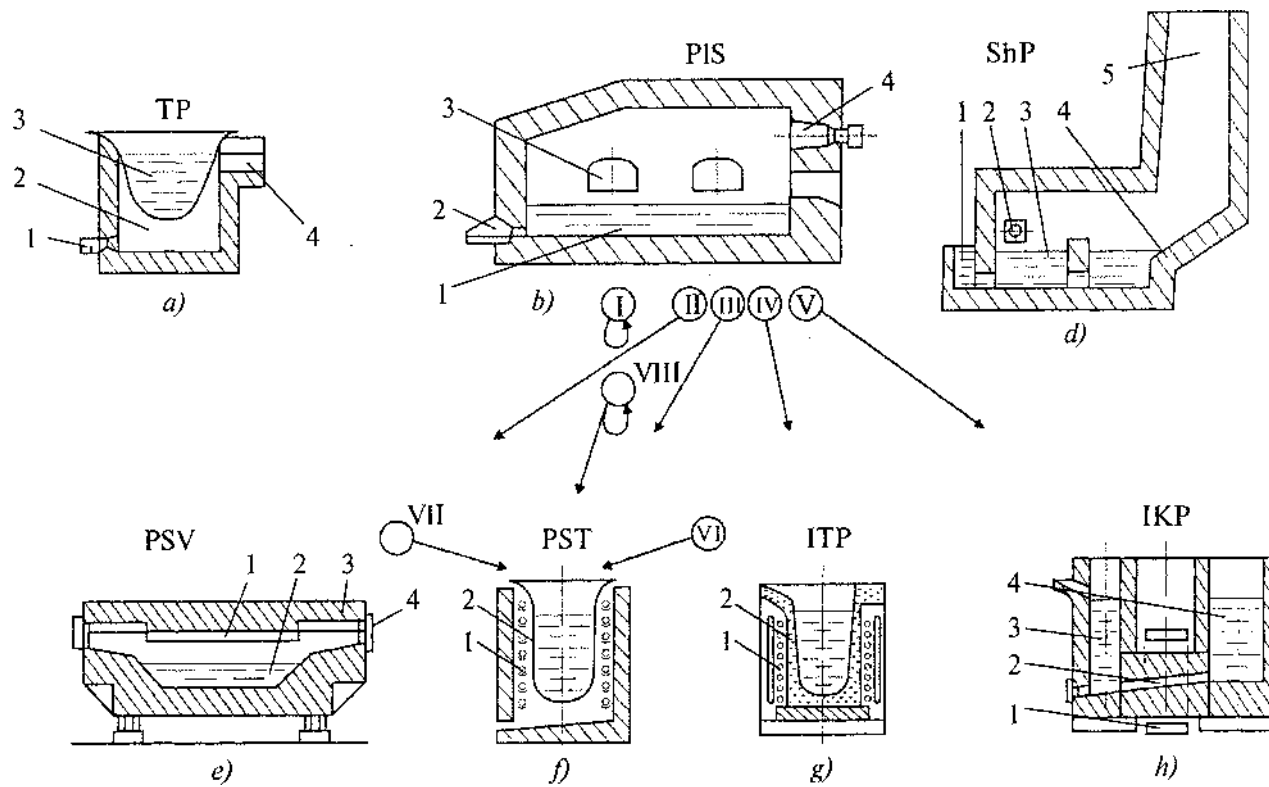
Pechlarning texnologik sxemalari

Tigelli yoqilg'i pechi (3.31- a rasm) metall uchun grafit, po'lat yoki cho'yan 3 tigelga ega. Bo'shliq 2 da 1 gorelkalar yordamida gaz yoki mazut yoqiladi, yonish mahsulotlari 4 tutun yo'lga ketadi. Shixta materiallari tigelga yuklanadi, suyuqlantiriladi, so'ngra qotishma talab etilgan konditsiyagacha yetkaziladi.

Alanga pechining (3.31- b rasm) tigelli pechdan farqi shundan iboratki, 1 vannadagi suyuqlanma pech atmosferasi bilan kontaktlanadi. Bu pechlar 3 tuynuk orqali yuklanadi, gaz 4 gorelkalar yordamida yoqiladi, suyuq metallni chiqarib yuborish uchun 2 lyotka bor.

Shaxta- alanga pechi (3.31- d rasm) shixta suyuqlantiriladigan 4 taglikli 5

shaxtaga va metall to'planadigan 3 vannaga ega. Vanna ustida 2 garelka joylashgan. Metallni tarqatish uchun 1 kamera xizmat qiladi. Bu pechlar aluminiy qotishmalarini



3.31- rasm. Suyuqlantirish jarayonlarining klassifikatsiyasi va aluminiy, magniy va rux qotishmalarini suyuqlantirish pechlarining texnologik sxemalari.

suyuqlantirish uchun ishlatiladi.

Mis qotishmalarini suyuqlantirish uchun mo'ljallangan statsionar yoqilg'i pechlari (3.32- a rasm) 1 vanna ustida joylashgan gorelkalar yoki 2 forsunkalar vositasida isitiladi. Shixta materiallari 3 tuynuk orqali yuklanadi, tutun gazlari 4 gaz yo'liga ketadi. Bu pechlarning sig'imi odatda katta bo'ladi va ishlab chiqarishning tegishli hajmlarida ishlatiladi.

Ishlab chiqarish hajmi katta bo'lmaganda grafit tigelli yoqilg'i pechlaridan yoki baraban tipidagi burilma pechlardan (3.32- b rasm) foydalaniladi. Bu pechda suyuq yoqilg'i 2 forkamerada 1 forsunka yordamida yoqiladi; gazlar 3 kanaldan 5 ishchi bo'shlig'iga keladi; yuklash 4 og'iz orqali amalga oshiriladi.

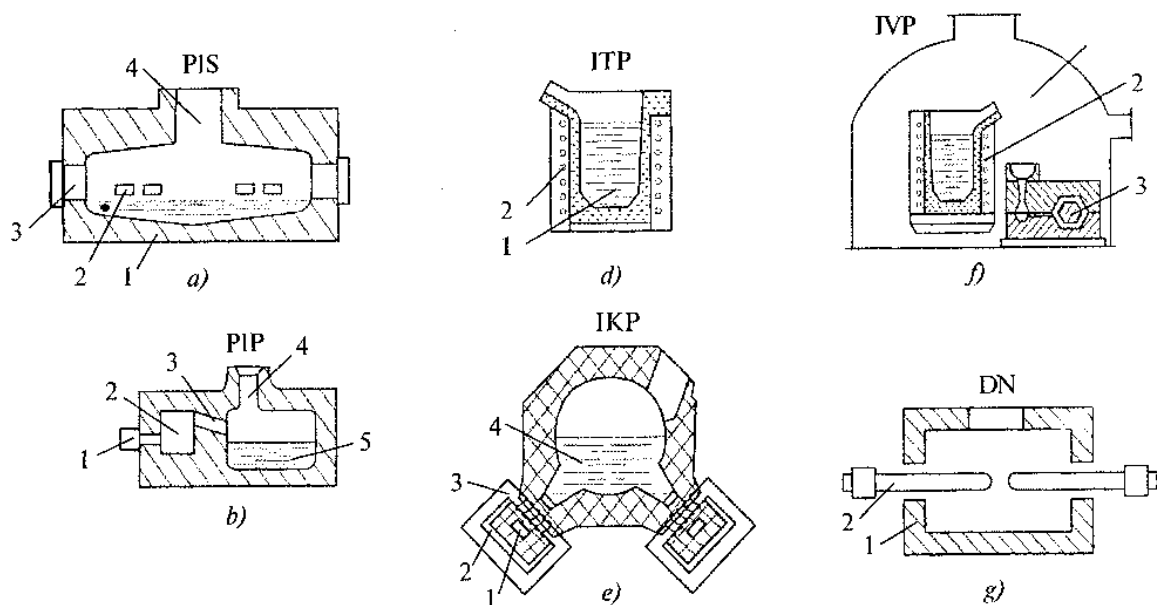
Mis qotishmalarni suyuqlantirish uchun shaxta- alanga pechlari (3.31- d rasm) ularning issiqlik FIK deyarli yuqori bo'lishiga qaramasdan, hozircha kamdan kam ishlatiladi. Elektr pechlari (3.32- d, e, f, g rasm) mis qotishmalarini ham, nikel qotishmalarini ham suyuqlantirib olish uchun ishlatiladi.

Tigelli qarshilik elektr pechlari (3.31- f rasm) uncha katta bo'lmagan quyish sexlarida suyuqlantirib olishda, shuningdek, tarqatish pechlari sifatida juda keng ko'lamda tarqalgan. Tigel 2 da qotishma tayyorlanadi, 1 spiral yordamida qizdiriladi.

Vannali qarshilik pechi deb ataladigan pechda (3.31- e rasm) 2 vanna 3 gumbaz yonida joylashgan 1 qizdirish elementlari vositasida qizdiriladi. Vanna 2 ga 4 tuynuk orqali shixta yuklanadi. Metall pechni qiyalatib to'kiladi.

Tigelli induksion pech odatdagidek tuzilgan (3.32- d rasm). Tigel 1 da metall joylashadi, 2 induktor tigelni qamrab olgan va metall massasida issiqlik energiyasini generatsiyalab uyurma toklarni hosil qiladi. Mis qotishmalarini suyuqlantirish uchun pechlarning ILT seriyasidan, nikel qotishmalarini suyuqlantirish uchun esa IST seriyasidan foydalaniladi.

Kanalli induksion pechlar tigel yoki baraban tipida, bitta yoki ikkita tigelli bo'lishi mumkin. 3.31- h rasmda ikkita tigelli pech ko'rsatilgan. O'zak 1 dagi induktor issiqlik ajralib chiqadigan 2 kanallarni qamrab olgan. Bu kanallar 3 va 4 tigellarni birlashtiradi. Metall 3 tigeldan tarqatiladi, 4 tigelga esa yuklanadi.



3.32- rasm. Mis va nikel qotishmalarini suyuqlantirish pechlarining texnologik sxemalari.

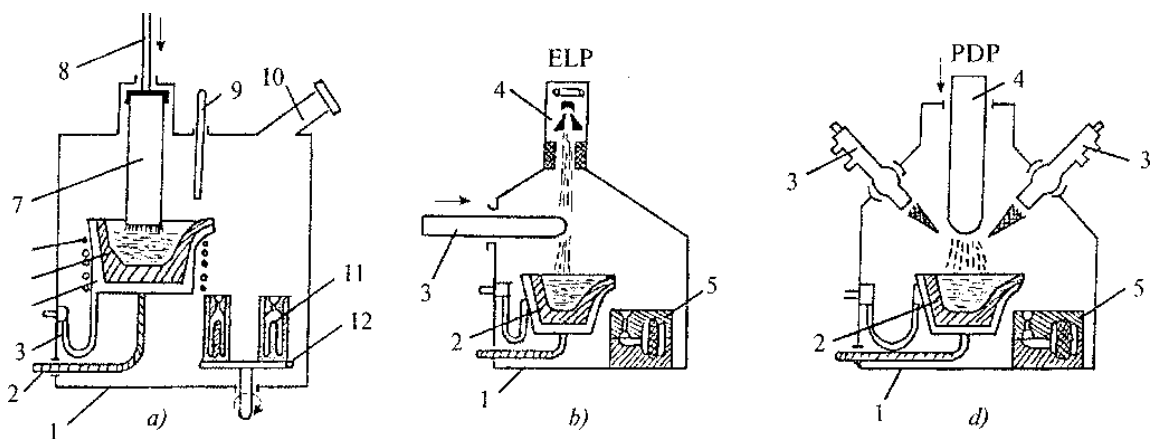
Tigel yoki baraban tipidagi kanalli pechlar, asosan, jezlarni suyuqlantirish uchun ishlatiladi (ILK seriyali pechlar). Baraban tipidagi pechlar (3.32- e rasm) sig‘imi tigel tipidagi pechlar sig‘imiga nisbatan katta bo‘ladi. Metall joylashgan 4 barabanning pastki qismida, odatda, bir nechta induksion elementlar bo‘ladi: 3 birlamchi o‘ramli 2 o‘zak suyuq metalli 1 kanalni qamraydi. Suyuq metall ikkilamchi o‘ram vazifasini o‘taydi va unda issiqlik energiyasi generatsiyalanadi.

Induksion vakuum pechlari (3.32- f rasm) nikel qotishmalarini suyuqlantirish uchun qo‘llaniladi. Vakuum kamerasida 2 pechning o‘zi ham, 3 qolip ham joylashadi.

Yoy pechlari, asosan, bronzani suyuqlantirish uchun qo‘llaniladi. Ular mustaqil yoyli pechlardir (3.32- g rasm). Ular baraban tipidagi 1 ishchi bo‘shlig‘iga ega, unga yon tomonlaridan grafitlantirilgan 2 elektrodlar kiritilgan, bu elektrodlar orasida yoy yonadi.

Titan qotishmalari va qiyin eriydigan metallarni suyuqlantirish uchun pechlarning uchta tipidan foydalaniladi: vakuum- yoy, plazma va elektron- nur pechlari.

Elektrod sarflanadigan vakuum- yoy pechi (3.33- a rasm) suv bilan sovutiladigan



3.33- rasm. Titanli qotishmalarni va qiyin eriydigan metallarni suyuqlantirish pechlarining texnologik sxemalari.

4 mis tigel joylashgan 1 vakuum kamerasiga ega. Tigel tashqi muhit bilan 2 elektr kabeli va suv bilan sovitish shlangasi 3 vositasida bogʻlangan. Tigel atrofida yoy razryadini fokusga toʻplash va suyuq metallni aralashtirish uchun moʻjallangan 6 solenoid joylashgan. Qayta suyuqlantiriladigan metall va suv bilan sovitiladigan tigel devorlarida qotib qolgan qotishma qatlamidan iborat 5 garnisaj tigel futerovkasi boʻlib xizmat qiladi. Elektrod vazifasini, odatda, shixta yombisi oʻtaydi. Lekin baʼzan sarflanmaydigan elektroddan foydalaniladi, shixta yombisi esa alohida uzatiladi. Shixta yombisi 8 elektrod tutgichga mahkamlangan va u erigan sayin uni pastga siljitadi. Qiyin eriydigan massani eritish uchun tigelning quyish burnida sarflanmaydigan 9 yordamchi elektrod boʻladi. Jarayon 10 tuynukcha orqali kuzatib turiladi. Qolip 11 lar 12 burilma stolda joylashgan.

Elektron- nur pechi (3.33- b rasm) shunga oʻxshash qurilgan boʻlib, faqat issiqlik energiya manbasi 4 elektron toʻp boʻladi. Vakuum kamera 1 da, shuningdek, suv bilan sovitiladigan 2 garnisaj tigel va 5 qolip joylashgan. Shixta yombisi yon tomondan uzatiladi.

Qayta suyuqlantiruvchi plazma pechlarida (3.33- d rasm) ham 1 vakuum kamerasi, 2 tigel va 4 shixta yombisini eritadigan bir nechta 3 plazmatron bor. Suyuq metall 5 qolipga, shuningdek, 2 burilma tigeldan quyiladi.

3.11. Aluminiy qotishmalarini suyuqlantirish

Jarayonning fizik-kimyoviy xarakteristikasi. Aluminiy nisbatan oson suyuqlanadigan va yengil metall ($t_{er} = 660 \text{ }^\circ\text{C}$, zichligi $2,7 \cdot 10 \text{ kg/m}^3$) bo‘lib, yuqori darajada issiqlik o‘tkazuvchanlikka, katta yashirin suyuqlanish issiqligiga ega.

Suyuqlantirish vaqtida aluminiy gaz fazasining komponentlari bilan (1.42—1.46) tipdagi reaksiyalar bo‘yicha reaksiyaga kirishadi. Bu reaksiyalar uchun ΔG ning qiymati manfiy zonada bo‘ladi (3.34- rasm), ya’ni barcha bu reaksiyalar chapdan o‘ng tomon o‘tadi. Sodir bo‘lish ehtimoli eng katta bo‘lgan reaksiya (1.42) dir: uning uchun ΔG ning qiymati 600 dan 800 kJ/mol gacha zonada bo‘ladi. (1.45) reaksiyaning bo‘lish ehtimoli juda kam. (1.44) reaksiya 350 dan 420 kJ/mol gacha intervaldagi ΔG ga ega bo‘ladi. Binobarin, suyuqlantirilgan holatdagi aluminiy vodorodni eritishga yuqori daraja qobiliyatga ega bo‘ladi. Vodorod aluminiy suyuqlanmasining suv bug‘lari bilan o‘zaro ta’sirlashganda ajralib chiqadi. Suv bug‘larining hosil bo‘lish manbayi shixta materiallari, pech futerovkasi, tigel materiali, fluslar, suyuqlantirishda ishlatiladigan asbob- uskuna, gazsimon va suyuq yoqilg‘ining yonish mahsulotlari hamda atmosfera bo‘lishi mumkin.

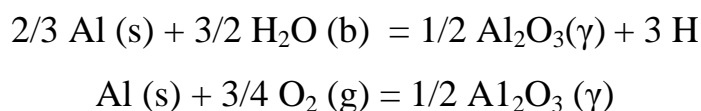
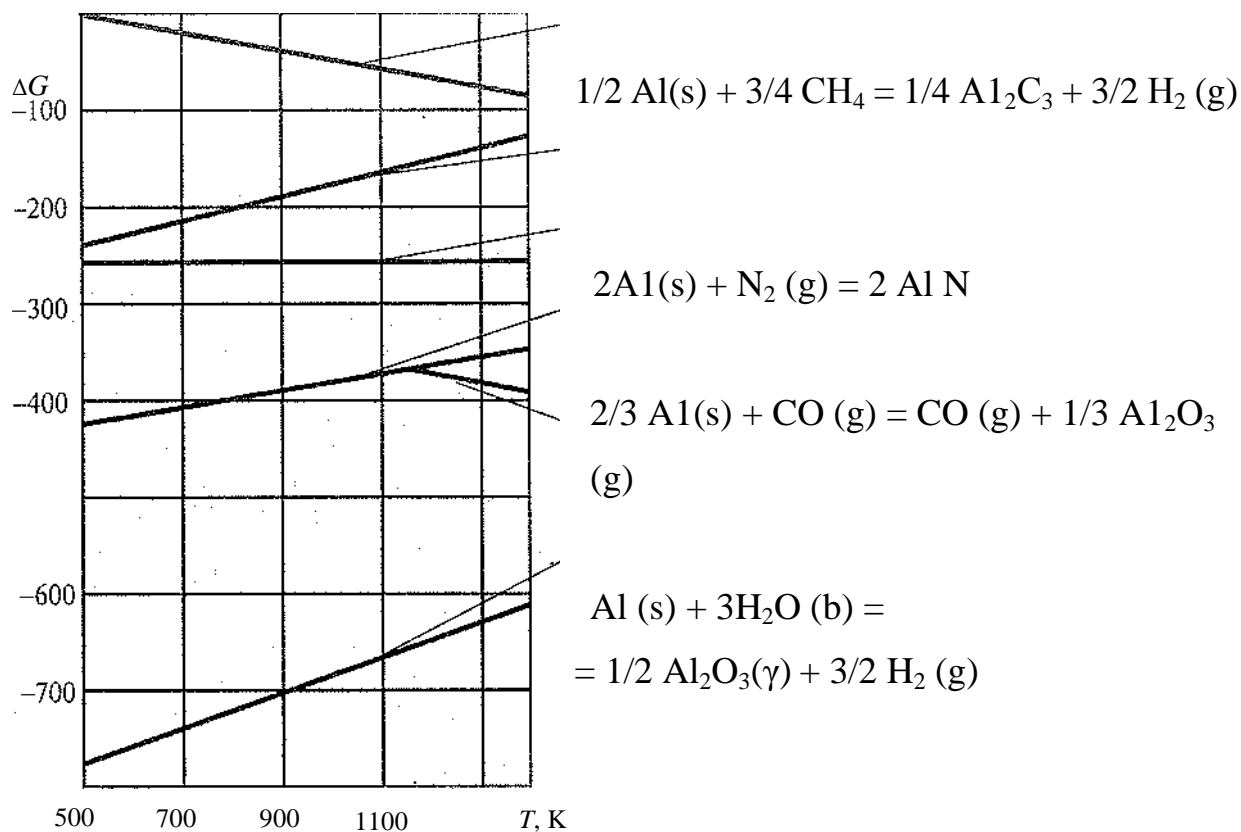
Suyuqlanmaga vodorodning katta miqdori ligaturalar bilan kiritilishi mumkin. Masalan, aluminiy-sirkoniyli ligatura (5% Zr) tarkibida 100g ga 45 sm^3 gacha, aluminiy-titanli ligatura (3% Ti) tarkibida 100 g ga 30 sm^3 gacha vodorod bo‘lishi mumkin.

Aluminiyni suyuqlantirish temperaturasi $660 \text{ }^\circ\text{C}$ bo‘lgani uchun bu qotishmani yoqilg‘i va elektr pechlarda suyuqlantirish mumkin. Toshkentdagi Uzauto-INZI korxonasi aluminiyni shaxtali gaz pechlarida suyuqlantiriladi. UAT elektr induksion pechlari ham ko‘p ishlatiladi. UAT pechi aluminiyni suyuqlantirish uchun mo‘ljallangan.

Aluminiy qotishmasi o‘tga chidamli futerovka va fluslar bilan ham o‘zaro ta’sirlashishi mumkin. Odatda, oksidlardan bajariladigan futerovka bilan o‘zaro ta’sirlashish ularning aluminiy bilan qaytarilishiga olib kelishi mumkin. Ko‘pchilik oksidlar uchun bu reaksiyalar rivojlanishi mumkin, lekin Al_2O_3 pardasi futerovka

sirtini o‘rab olib, uni himoya qilishi tufayli u tormozlanishi mumkin. Biroq futerovka ishchi bo‘shlig‘ini parda bosib qolish muammosi vujudga keladi.

Suyuqlanmalarining fluslar va qo‘shimchalar bilan o‘zaro ta’siri aluminiy qotishmalarini tozalash bilan bog‘liq.



3.34- rasm. Aluminiyning gaz fazasining komponentlari bilan o‘zaro ta’sirlashuv reaksiyalarining $\Delta G^\circ = f(T)$ bog‘lanishlari.

Tozalash. Aluminiy qotishmalarini suyuqlantirishda pechda tozalash usuli ham, turli usullar bilan pechdan tashqarida ishlov berib tozalash ham qo‘llaniladi. Aluminiy qotishmalarini eng ko‘p tarqalgan tozalash usullari – tozalovchi fluslar va boshqa qo‘shimchalar bilan ishlov berish, gazlar yuborib tozalash va filtrlash; ba’zan elektr flus yordamida tozalash qo‘llaniladi (1.10- rasmga q.) [20, 23, 24].

Fluslarning tarkibi 3.10- jadvalda keltirilgan. Ularning barchalarining tarkibida

xlorli va fluorli birikmalar bo‘ladi. Suyuqlantirilgan metallni pech atmosferasi bilan o‘zaro ta‘sirlashishdan saqlash uchun qoplama fluslar ishlatiladi. Ular mumkin qadar kichik solishtirma massaga va eng kam gigroskopiklikka ega bo‘lishi, metall sathi bo‘yicha tekis qatlam bo‘lib joylashishi va shlak olinayotganda uning yuzasidan oson ajralishi kerak. Qoplama fluslar pechga shixta yuklanayotganda kiritiladi. Al—Mg sistema qotishmalarini suyuqlantirishda 4, 5, 6- fluslar, qolgan barcha qotishmalar uchun 1 - va 2- fluslar ishlatiladi (3.10-jadval).

3.10- jadval

**Aluminiy qotishmalarini suyuqlantirishda
foydalaniladigan fluslar**

Flus №	NaCl	KCl	Na ₃ AlFe ₆	CaF ₂	MgF ₂	MgCl · KCl	NaF
1	45	55					
2	37	50	6,5	6,4			
3	35	50	15				
4						100	
5				15		85	
6					15	85	
7	30	47	23				
8				40		60	
9					15	85	
10	47,5	47,5	5				
11	35	40	10				15
12	56,5	11,5	7				25
13	50	10	10				30

7 – 11 – tozalaydigan fluslarni bevosita tarqatish pechining kovshi yoki tigeliidagi suyuqlanma yuzasiga kiritish mumkin. Lekin bu kam samarali, chunki ular bu holda qoplama fluslar rolini o‘ynaydi va suyuqlanmani faqat qisman tozalaydi. Suyuqlanmaga ular qalpoq (1.9, 1.10- rasmlarga q.) yordamida kiritilsa, ancha samarali bo‘ladi. Masalan, ZILda bu usul bilan 10, 11- suyuq fluslar kiritiladi.

Universal fluslar alohida gruppani tashkil etadi. Ularga ishlov berish qotishmani tozalash va modifikatsiyalash operatsiyalarini birga bajarishga imkon beradi (12- va 13- fluslar). Ularning tarkibida, odatda, NaF qatnashadi, flusning modifikatsiyalovchi ta'siri NaF ning bo'lishi bilan tushuntiriladi. Flus tarkibidagi NaF miqdori 60% ga yetishi mumkin.

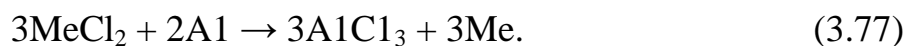
Xlorini gazlar bilan tozalash operatsiyasi 5—20 min davomida 720—730 °C temperaturalarda bajariladi. Bunda inert gaz sarfi ishlov berilayotgan metall massasidan 0,3—1% ni tashkil qiladi. Qotishmani inert gaz bilan ishlash jarayoni metallda erigan gazning pufakchalarda diffuziyalanishi, shuningdek, pufakchalarning suyuqlanmada bo'lgan boshqa muallaq metallmas aralashmalarga nisbatan flatatsion ta'siriga asoslangan.

Suyuqlanmani xlor bilan ishlash yuqori darajada tozalashni ta'min- laydi. Lekin xlor zaharli, shu boisdan tozalash ishlarini bajarish uchun maxsus qurilmalar (germetik kameralar, kovshlar, yaxshi ventilatsiya, izolatsiyalangan xona va shunga o'xshashlar) talab etiladi, bular esa ushbu jarayonning qo'llanilishini cheklaydi. Shu boisdan aluminiy qotishmalaridan shakldor quymalar ishlab chiqarishda suyuqlanmalarning xloridlar (xlorli rux, xlorli marganes, geksaxloreten, xlor to'rt titan va boshq.) bilan ishlanishiga bog'liq bo'lgan jarayonlar keng qo'llaniladi.

Xloridlar yuqori darajada gigroskopik bo'lgani uchun foydalanish oldidan, albatta, quritilishi kerak va suyuqlanmaga qalpoqda kiritiladi, chunki zichligi kichik bo'ladi. Ularning sarfi ishlov beriladigan suyuqlanma massasidan 0,5—2% ni tashkil qiladi. Jarayonning temperaturasi 700—730 °C. Shuni hisobga olish lozimki, past temperaturalar tozalash samarasini pasaytiradi, yuqori temperaturalar esa qotishmaning jadal oksidlanishiga olib keladi. Geksaxloreten zichligi $2,09 \cdot 10^3$ kg/m³ va suyuqlanish temperaturasi past bo'lgan (186,5 °C) organik moddadir. Geksaxloreten sarfi 0,3—0,7% ni tashkil qiladi, 740—750 °C da ishlov beriladi. Xlorli tuz, C₂Cl₆ lardan farqli o'laroq, gigroskopik emas va u uchun maxsus saqlash sharoitlari talab etilmaydi.

Quyish sexlarida «Degazer» preparati tabletkalari qo'llaniladi, tab- letkalar tarkibida geksaxloreten va xlorli bariy bo'ladi (massasidan 10 %).

Suyuqlanmada xlorli birikmalar aluminiy bilan o‘zaro ta’sirlashadi:



Pufakchalar ko‘rinishidagi xlorli aluminiy suyuqlanmadan o‘tayotganida metallmas aralashmalarni o‘zi bilan olib ketadi. Bundan tashqari, suyuqlanmadagi vodorod pufakchaga diffuziyalanadi, natijada metallning metallmas aralashmalaridan tozalanishi ta’minlanadi.

Aluminiy qotishmalarini tozalash filtratsiyalab ham amalga oshirilishi mumkin. Bu usul metall—filtr ajralish chegarasida suyuqlan- maning fizik va kimyoviy adsorbsiyaga hamda suyuqlanmadagi muallaq metallmas aralashmalarni mexanik tarzda ushlab qolishga asoslangan. Filtrlash uchun turli materiallar ishlatiladi. Masalan, shisha to‘qima qotishmaning metallmas aralashmalar bilan ifloslanganligini taxminan 2-2,8% kamaytirishga imkon beradi; donalarining kattaligi 3—6 mm bo‘lgan maydalangan glinozyom qotishmadagi metallmas aralashmalar miqdorini pasaytiradi, lekin vodorod miqdorini kamaytirmaydi. Aluminiy qotishmalarini tozalash uchun vakuum, ultratovush va boshqalardan ham foydalaniladi.

Aluminiy qotishmalarini suyuqlantirish texnologiyasi. Shixta materiallari sifatida quymalar ko‘rinishidagi birlamchi aluminiy va silumin, quymalar ko‘rinishidagi aluminiy qotishmalari, qaytgan metall, aluminiy temir- tersaklari va chiqindilari, shuningdek, ligaturalar ishlatiladi.

Ligaturalar aluminiy qotishmasiga qiyin eriydigan komponentlar (Cu, Ni va boshq.) yoki yo‘qotishlar eng kam bo‘ladigan, oson oksidlanadigan aktiv komponentlar kiritish maqsadida tayyorlanadi. Ligaturaning suyuqlanish temperaturasi suyuq qotishma temperaturasiga yaqin bo‘lishi kerak (3.11- jadval).

Ligaturalarni istalgan suyuqlantirish pechida tayyorlash mumkin. Qiyin eriydigan ligaturalar (Ti, Be, Zr, Cr) grafit tigellarda suyuqlantiriladi. Ligatura quyidagi tartibda tayyorlanadi: avval aluminiy suyuqlantiriladi, so‘ngra uncha katta bo‘lmagan porsiyalar bilan ma‘lum temperaturali legirlovchi qo‘shilma kiritiladi

(3.11- jadval), soʻngra suyuqlanma aramshtiriladi, bu esa legirlovchi qoʻshilmalarning tez oʻzlashtirilishiga yordam beradi, suyuqlanmani oksidlanishdan saqlaydigan qoplama fluslar kiritiladi va u tozalanadi.

Barcha aluminiy qotishmalari (alummiy-magniyli qotishmalar bundan mustasnodir) shunga oʻxshash suyuqlantiriladi. Temperatura ortgan sari gazlarning yutilishi jadallanishiga asoslanib, aluminiy qotishmalarini suyuqlantirish tezlashtirilgan tarzda va optimal temperaturalarda olib borilishi tavsiya etiladi (3.12- jadval) [7].

Tigelli induksion pechlarda suyuqlantirish jarayonini koʻrib chiqamiz, chunki ulardan barcha gruppalar qotishmalari uchun foydalanish mumkin.

Induksion pechlarda suyuqlantirishda tozalangan tigelga ehtiyotlik bilan, zarbalarsiz shixta yuklanadi: tigel tagiga qaytarilgan xususiy metall zich yotqiziladi, soʻngra quyma koʻrinishidagi metall va uning ustiga mayda qaytgan xususiy metall yuklanadi. Pech ishga tushiriladi va suyuqlantirish operatsiyasi boshlanadi. Shixtaning birinchi porsiyalari suyuqlanayotganda qolgan qismi yuklanadi. Induksion pechlardagi suyuqlantirish jarayonini jadallashtirish uchun suyuqlantirish tigelning uchdan bir hajmini tashkil etadigan «botqoq» bilan olib boriladi. Metall otilib chiqishining oldini olish uchun yuklanadigan shixta nam, moy va emulsiyadan tozalangan boʻlishi kerak.

ZILDagi induksion pechlarda AJI4 qotishma suyuqlantiriladi. Kokilga quyish (№ 11) va bosim ostida quyish (№ 10) uchun qotishma suyuq fluslar bilan tozalanadi (3.10- jadvalga q.). Suyuq fluslar bilan ishlangandan keyin qotishmadagi gazlarning qoldiq miqdori texnologik vakuum- namuna bilan kontrol qilinadi. Agar tarkibdagi gaz miqdori katta boʻlsa, qotishma flus bilan takror ishlanadi yoki suyuqlanmani 3-5 soat davomida saqlab turish yoʻli bilan gazdan tozalash uchun u kanalli induksion mikserga qayta quyiladi. Suyuqlanmani atmosfera bilan oʻzaro taʼsirlashishdan № 3 tarkibli qoplama flus vositasida himoya qilinadi (3.10- jadvalga q.).

Qo'sh aluminiy ligaluralarining xarakteristikasi

Ligatura	Legirlovchi komponent miqdori, %	Temperatura, °C	
		Ligaturaning suyuqlanishi	Legirlovchi qo'shilma kiritilayotganda suyuqlanmani
Al—Cu	45-50	575	750
Al—Mn	10	780	850-900
Al—Ni	20	780	850-900
Al—Ti	3-4	800-850	1200-1300
Al—Mg	9-11	560-640	700-750

Aluminiy qotishmalarini suyuqlantirish temperatura rejimlari

Qotishma	Temperatura. °C	
	o'ta qizdirishda	quyishda
Al—Si	730-750	700-710
Al—Si—Mg	750	680-720
Al—Cu	740-780	690-730
Al—Cu—Si	750	680-730
Al—Cu—Zn	700-750	670-710

Ko'pchilik aluminiy qotishmalari ikki komponentli shixta: quyma ko'rinishidagi aluminiy qotishmasi va xususiy ishlab chiqarishdan qaytgan metall asosida suyuqlantiriladi. Masalan, ZILda tarkibida 9% Si bo'lgan Al—Si qotishma 25 t sig'imli vannali gaz pechlarida suyuqlantiriladi, shixta esa qaytarilgan metall va quyma ko'rinishidagi AK9 markali qotishmadan iborat.

Al—Cu—Si qotishmalar ham gaz pechlarida suyuqlantiriladi. Masalan, VAZda gaz pechlari uchun mo'ljallangan shixta 40% AK6M2 va 60% qaytarilgan metall dan

iborat bo‘ladi. Qotishma gaz pechida 850 °C temperaturada qoplama flus ostida suyuqlantiriladi, bunda qotishma ko‘pi bilan 780 °C temperaturagacha qizdiriladi. Tayyor qotishma suyuqlantirish pechidan letka orqali tarnov bo‘yicha kutish pechiga chiqariladi, bu pechdan pnevmo qayta quyish quriknasi yordamida kovshga quyiladi. Kovshda gazdan tozalovchi tabletka joylashtirilgan (87% geksaxloretan, 12,7% NaCl va 0,3% ultramarin) qalpoq yordamida metall tozalanadi. Kovsh transportirovka qilinayotgan vaqtda metallning yuzasi qoplama flus bilan bekitiladi. Qotishma kovshdan tarqatish pechiga quyiladi, u bu yerda ham qoplama flus ostida bo‘ladi.

Tarkibida 9,5—11,5% magniy bo‘lgan Al—Si—Mg qotishmani suyuqlantirish qator xususiyatlarga ega. Unda shixta materiallari sifatida yuqori darajada toza bo‘lgan aluminiydan (A995, A99, A97, A95), magniy va ligaturadan (aluminiy-berilliy, aluminiy- titan va aluminiy- sirkoniydan), shuningdek, xususiy ishlab chiqarishdan qaytarilgan metallardan foydalaniladi.

700 °C gacha qizdirilgan toza tigelga quyma ko‘rinishidagi aluminiy va aluminiy- berilliy ligatura yuklanadi; metall suyuqlantirilgandan va 700 °C gacha qizdirilgandan keyin aluminiy- titan hamda aluminiy- sirkoniy ligaturalar kiritiladi. Tola suyuqlantirilgandan so‘ng qotishma shlakdan tozalanadi, obdan aralashtiriladi va titandan tayyorlangan qalpoqcha yordamida magniy kiritiladi. Qotishmani 750 °C dan yuqori o‘ta qizdirishga yo‘l qo‘yilmaydi. Qotishmada berilliy va titan bo‘lsa, suyuqlantirish operatsiyasini himoyalovchi flussiz bajarish mumkin. Qolgan hollarda 4, 5 va 6- qoplama fluslardan foydalaniladi (3.10- jadvalga q.). Metall yuzasi ustida to‘q qo‘ng‘ir rangli dog‘larning paydo bo‘lishi qotishmaning oksidlanganligini ko‘rsatadi. Quyma yuzasida qora qatlamning yoki namunalarning singan joyida qoramtir to‘q rangning paydo bo‘lishi qotishmaning normadan tashqari o‘ta qizdirilganligi haqida guvohlik beradi.

Barcha komponentlar kiritilgandan so‘ng qotishma 8 va 9- fluslar (3.10-jadvalga q.) bilan tozalanadi, so‘ngra shlakolinadi va qoliplarga quyiladi. Qotishmani qoliplarga quyish quyiladigan buyum devorla- rining qalinligiga qarab 660—770 °C temperaturalar oralig‘ida bajariladi.

Tarkibida 3—4% dan ortiq magniy bodgan aluminiy-magniyli qotishmalar kislorod va vodorodni yutishgagina moyil bo‘lmasdan, balki havodagi azot va pech atmosferasi bilan o‘zaro ta’sirlashadi. Azotning magniy bilan reaksiyaga kirishi natijasida nitridlar hosil bo‘ladi. Nitridlar hosil bo‘lishining oldini olish uchun maxsus fluslar ishlatiladi. Ularning tarkibida boshqa xloridlar bilan bir qatorda magniy xloridi bo‘ladi, u magniyning kuyib tugashiga to‘sqinlik qiladi.

Suyuqlantirish vaqtida suyuqlanma temperaturasi va metall tarkibidagi gazlar miqdori texnologik namunalari bo‘yicha, shuningdek, vakuum ekstraksiyasi metodi yordamida nazorat qilinadi. Aluminiy qotishmalari olishning yakunlovchi bosqichida ular modifikatsiya qilinadi.

3.12. Magniy qotishmalarini suyuqlantirish

Jarayonning fizik- kimyoviy xarakteristikasi. Magniy yengil va nisbatan oson eriydigan metallar ($t_{er} = 650 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $\rho = 1738 \text{ kg/m}^3$) jumlasiga kiradi. Suyuqlantirilgan holatda magniy va uning qotishmalarining o‘ziga xos xususiyati — ularning yuqori darajada kimyoviy aktivligidir: hosil bo‘ladigan g‘ovak oksid pardasi suyuqlanmani jadal oksidlanish va yonib ketishdan saqlamaydi. Shu sababli magniy qotishmalarni suyuqlantirishda ma’lum qiyinchiliklar tug‘iladi.

Kislorod va azot amalda magniyda erimaydi, balki u bilan suyuqlanmaga qaraganda ancha yuqori zichlikka ega bo‘lgan MgO va MgN₂ birikmalar hosil qiladiki, bu esa ularga suyuqlanma vannasining tagiga cho‘kishga imkon beradi. Suyuqlantirish va quyish jarayonlarida magniy qotishmalari ko‘p miqdorda vodorod yutadi. Magniy qotishmalarini nodir- yer metallari ittriy va seriy bilan suyuqlantirishda ajralish yuzasi suyuqlanma — flusda legirlovchi elementlar bilan fluslar komponentlari orasida almashinuv reaksiyalari sodir bo‘ladi, bu esa qimmat turadigan komponentlarning yo‘qolishiga olib keladi:



Oksid pardasining zichligini oshirish va alangalanib ketishining oldini olish uchun xloridli fluslar bilan tozalangandan keyin suyuqlanma yuzasiga, odatda, tarkibida MgF , CaF_2 , AlF_3 , B_2O_3 bo'lgan xloridsiz fluslar beriladi. Magniy qotishmalarida ittriy, seriy, lantan, neodim, toriy va kalsiy bo'lganda yo'qotishlarni kamaytirish uchun xlorsiz fluslardan foydalanish yoki flussiz himoya atmosferasida suyuqlantirish tavsiya etiladi.

Tozalash. Hozirgi vaqtda magniy qotishmalarining quyidagi tozalash usullari qo'llaniladi: tindirish, qattiq va suyuq fluslar bilan ishlov berish, gazlar (argon, xlor, karbonat angidrid gazi, geliy, to'rt xlorli uglerod) kiritib tozalash, filtrlash, aktiv metallar (sirkoniy, kalsiy, titan, marganes) qo'shish va h.k. Tindirish metodi eng sodda, $750\text{ }^\circ\text{C}$ temperaturada bajariladi, lekin unumdorligi kam va tejamsiz.

Magniy qotishmalarini suyuqlantirishda flus ВИ 2 (38—46% $MgCl_2$, 32-40% KCl , 10% gacha $NaCl + CaCl_2$, 5-8% $BaCl_2$, 3-5% CaF_2), ВИ 3 lardan foydalaniladi. ВИ 3 ВИ 2 dan tarkibida CaF_2 (15—20%) va MgO (7—10%) lar miqdorining ko'proq bo'lishi va $BaCl_2$ ning bo'lmasligi bilan tafovutlanadi. Bulardan tashqari, xloridsiz flus ВИАМ 5 (17,5% MgF_2 , 15% AlF_3 , 50% B_2O_3 , 17,5% CaF_2) va ФЛ1 (32% MgF_2 , 40% AlF_3 , 15% B_2O_3 , 13% CaF_2) lardan ham foydalaniladi.

Magniy qotishmalarini fluslar bilan taxminiy tozalash rejimi quyidagicha: $700\text{—}720\text{ }^\circ\text{C}$ temperaturada suyuqlanma 5—6 min davomida aralashtiriladi. Foydalanilgan flus chiqarib tashlanadi va yangi flus hosil qilinadi, suyuqlanma $750\text{—}780\text{ }^\circ\text{C}$ gacha qizdiriladi, shu temperaturada 10—15 min tindiriladi hamda $700\text{—}680\text{ }^\circ\text{C}$ temperaturagacha, ya'ni quyish temperaturasigacha pasaytiriladi.

Suyuqlanmaning metallmas aralashmalardan tozalanish darajasi texnologik namunaning singan joyi bo'yicha nazorat qilinadi: unda qora dog'larning bo'lishi magnit oksidlarining borligini ko'rsatadi, kulrang dog'lar esa fluslar aralashganligi haqida guvohlik beradi.

Fluslar bilan ishlanganda qotishmalarning qisman degazatsiyalanishi ham sodir bo'ladi. Ancha chuqur degazatsiyalash uchun gazlar bilan ishlash usuli qo'llaniladi. Azot kiritib tozalash ko'pi bilan $660\text{—}685\text{ }^\circ\text{C}$ temperaturada bajariladi, chunki

bundan yuqori temperatu- ralarda qotishmani ifloslantiradigan magniy nitridlari hosil bo‘ladi. Argon va xlor berib tozalash jarayoni 740—760 °C da bajariladi.

Tozalash ba‘zan modifikatsiyalash bilan birgalikda bajariladi, bunda xlor oqimiga uglerod (IV)-xlorid kiritiladi. Xlor kiritib tozalashda xlorli magniy hosil bo‘ladi, u metall dan oksid aralashmalarini chiqarib yuborishga yordam beradi. Amalda suyuqlanmalarni ko‘pkarrali ishlash usuli qo‘llaniladi. Masalan, suyuqlanmani karbonat angidrid gazi va geliy yoki uglerod (IV)-xlorid va geliy bilan ketma- ket ishlash qotishma tarkibidagi vodorod miqdorini eng kichik miqdorgacha kamaytirishga (8—10 sm³/100 gr metall) imkon beradi.

Sirkoniy, titan yoki marganesning qo‘shilishi magniy qotishmalarini temir aralashmalaridan tozalashga yordam beradi. Temir aralash- malarining miqdorini protsentning mingdan bir ulushigacha kamaytirish mumkin. Bu usulda tozalash operatsiyasi, odatda, 800—850 °C temperaturada bajarilib, keyinchalik suyuqlanma 700 °C temperaturada 20—30 min davomida saqlab turiladi. Bunda tarkibida temir va qo‘shimchalar bo‘lgan qattiq fazaning kristallizatsiyalanishi va cho‘ki- shi sodir bo‘ladi.

Filtratsiya magniy qotishmalarini aralashmalardan tozalashda yaxshi natijalar beradi. Shu maqsadda donador va to‘rsimon filtrlardan foydalaniladi. Eng nafis tozalashni donador filtrlar ta‘minlaydi. Ularda filtrlovchi materiallar sifatida magnezit, grafit, koks va ular bilan birgalikda boshqa materiallar ishlatiladi. Qotishmaning tozalanish dara- jasi dona o‘lchami va filtrlash qatlamining qalinligi bilan aniqlanadi: dona qanchalik mayda va qatlam qalinligi qanchalik katta bo‘lsa, qotish- ma shunchalik nozik tozalanadi. Magnezit filtrlari qotishma tarkibidagi metallmas aralashmalarni eng kam miqdorgacha pasaytirishga imkon beradi. To‘rsimon filtrlar sifatida kataklari 1x1 mm bo‘lgan to‘rdan foydalaniladi. Po‘lat to‘r ifloslanishni 3—7 marotaba kamaytiradi.

Magniy qotishmalarini suyuqlantirish texnologiyasi. Magniy qotishmalarini suyuqlantirish — ishlab chiqarishning seriyaliligi va quymalarning massasiga qarab yo tigelli pechlarda (yoqilgri yoki elektrda ishlaydigan), yo dupleks- jarayon: alanga pechi—tigelli pech yoki induksion pech—tigelli pech (3.31- rasmga q.) yordamida

bajariladi. Mayda quymalar tigelli statsionar pechlarda suyuqlantiriladi. Yirik quymalar uchun to'siqqa ega bo'lgan po'lat tigeli olinadigan pechlardan yoki dupleks- jarayonlardan foydalaniladi.

Tigelda suyuqlantirish bilan bir yo'la qotishmalarni tozalash va modifikatsiyalash amalga oshiriladi. Statsionar tigellarda suyuqlantirishda BИ 2 flus, tigeli olinadigan pechlarda suyuqlantirishda esa BИ 3 markali flus ishlatiladi. BИ 3 ning zichligi kichik bo'ladi, shu sababli u yuzaga qalqib chiqadi. Statsionar tigeldan tayyor qotishma kovshlar yordamida quyiladi, olinadigan tigellar pechdan chiqarib olinadi va quyiladigan joyga transportirovka qilinadi.

Tigelli pechlarda qotishma ma'lum ketma- ketlikda suyuqlantiriladi: tigel 400—500 °C gacha qizdiriladi va unga shixta massasidan 10% gacha miqdorda flus (jarayonga qarab BИ 2 yoki BИ 3) yuklanadi. Barcha shixta suyuqlangandan keyin suyuqlanma 700-720 °C gacha qizdiriladi va tozalanadi hamda modifikatsiya qilinadi. Suyuqlanma 10—15 min vaqt davomida saqlab turiladi, kimyoviy va spektral analiz uchun, shuningdek, sinishga sinash uchun texnologik namunalar olinadi, shundan keyin metall quyish uchun transportirovka qilinadi. Metallni quyishda uni flus bilan ifloslantirmaslik uchun tigelda suyuqlanmaning 20—30% hajmi qoldiriladi. Qolgan iflos metall izlojnitsa (qolip)larga quyiladi va tayyorlov qotishmasi uchun foydalaniladi.

Suyuqlantirish texnologiyasining ikkita turi bir- biridan farqlanadi: quyma ko'rinishidagi qotishmani qaytgan metallni qo'shib qayta suyuqlantirish va ikkita bosqichda suyuqlantirish (dastlabki va ishchi qotishmalarni tayyorlash). Birinchi holda, quyma ko'rinishidagi magniy qotishmalari shixta materiallari bo'lib xizmat qiladi. Ular pechga qaytarilgan metall bilan birgalikda yuklanadi, atmosfera ta'siridan himoyalangani, suyuqlantiriladi, qotishma talab etilgan temperaturagacha yetkaziladi, so'ngra tozalanadi va modifikatsiya qilinadi, shundan keyin quyishga kirishiladi.

Ikkinchi holda, birlamchi metallar va ligaturalar shixta materiallari bo'lib xizmat qiladi. Shu sababli, oldin shixta hisoblab chiqiladi, so'ngra ligatura tayyorlanadi va dastlabki qotishma suyuqlantiriladi. Uni tayyorlash uchun

tozalangan va 500 °C gacha qizdirilgan tigelga shixta massasidan 0,25—1,0% miqdorda flus yuklanadi va suyuqlantiriladi. Soʻngra metall shixta yuklanadi, suyuqlantiriladi, suyuqlanma 700—720 °C gacha qizdiriladi va tozalanadi.

Tozalash jarayoni shundan iboratki, tigel yuzasiga metall massasidan 1% miqdorda maydalangan quruq flusning yangi porsiyalari beriladi va qotishma kapgir bilan 4—6 minut davomida obdan aralashtiriladi. Bu davr ichida qotishma nomaqbul aralashmalardan tozalanadi, bir jinsli boʻladi va uning sirti koʻzgudek yaltiroq boʻlib qoladi. Yuqori temperatura chegarasini maʼlum vaqt davomida saqlab turish muallaq zarrachalarning ancha toʻla suzib chiqishi hamda ajralishiga yordam beradi. Tozalash oxirida shlak yaxshilab soʻrib olinadi, yangi flus qatlami hosil qilinadi va qotishma temperaturesi 750—780 °C gacha koʻtariladi. Bu temperaturada qotishma 10—15 minut saqlab turiladi va kimyoviy analiz qilish uchun namuna olinadi. Soʻngra temperatura 680—700 °C gacha pasaytiriladi va qotishma 120—150 °C gacha qizdirilgan izlojnitsa (qolip)larga quyiladi.

Ishchi qotishma ham xuddi shunday ketma- ketlikda suyuqlantiriladi: pechga flus yuklanadi, soʻngra oldindan 120—150 °C gacha qizdirilgan shixta (quyma koʻrinishidagi magniy qotishmalari yoki dastlabki qotishma quymalari) yuklanadi. Yuklash operatsiyasi yuklanayotgan komponentlarning erishiga qarab, davriv ravishda amalga oshiriladi. Shixta har gal yuklangandan keyin metall oksidlanishining oldini olish uchun vanna yuzasiga flus sepiladi. Qotishma 760—800 °C gacha qizdiriladi va suyuqlangan metall yuziga sepiladigan flus bilan tozalanadi. Magniy qotishmalari tarkibidagi mexanik aralashmalar, oksidlar va nitridlar 750 °C temperaturada yetarli darajada tez tigel tagiga choʻkadi.

Magniy qotishmalarini quyish xususiyattari. Tayyor boʻlgan qotishma qoliplarga quyish uchun kovshlar bilan beriladi. Kovshlar oldindan qizdiriladi va eritilgan karnalit yoki flus BИ 2 bilan yuviladi. Magniy qotishmalari maʼlum temperaturada quyiladi: MJI 2 qotishma 720-800 °C da; MJI 5, MJI 6 - 690-780 °C da va MJI 3, MJI 4 - 690—790 °C da. Qoliplarga quyish tugagach, kovshda 10—15% qotishma qoldiriladi (qolipga flus tushishi oldini olish uchun). Quyish vaqtida qotishma alanganishining oldini olish uchun magniy qotishmasining

oqimi oltingugurt yoki oltingugurtning bor kislota aralashmasi bilan changlatiladi (1: 1).

3.13. Rux qotishmalarini suyuqlantirish

Jarayonning fizik-kimyoviy xarakteristikasi. Rux oson eriydigan og'ir metallar jumlasiga kiradi ($t_{er} = 419,7 \text{ } ^\circ\text{C}$, $\rho = 7133 \text{ kg/m}^3$), qaynash temperaturasi esa past bo'ladi ($907 \text{ } ^\circ\text{C}$). Gaz fazasi bilan o'zaro ta'sirlashganda $\text{ZnO}_3 \cdot 3\text{Zn(OH)}_2$ dan iborat zich himoya pardasi bilan qoplanadi. Temperatura ortgan sayin pardaning himoyalovchi qobiliyati pasayadi va ruxning (1.42)—(1.44) reaksiyalar bo'yicha oksidlanishi uchun qulay sharoit yaratiladi.

Oksidlanishni kamaytirish uchun rux va uning qotishmalari himoya yoki sust qaytaruvchi atmosferada suyuqlantiriladi. Suyuqlantirayot- ganda himoya atmosferasi sifatida azotdan foydalaniladi. Havo so'rilishiga yo'l qo'ymaslik uchun pech bo'shlig'ida azot bosimi 0,12— 0,15 MPa chegarasida saqlab turiladi. Suyuqlantirish suyuqlanma temperaturasi $440\text{—}480 \text{ } ^\circ\text{C}$ da olib boriladi. O'ta qizdirish $480 \text{ } ^\circ\text{C}$ dan ortmasligi kerak, chunki bu temperaturada jadal oksidlanish va qotishmaning gazlar bilan to'yinishi boshlanadi, cho'yan yoki po'lat tigelda suyuqlantirilganda esa qotishma temirga to'yinishi mumkin.

Tozalash. Rux qotishmalari gazlar aralashmalaridan va metallmas qo'shilmalardan rux xloridi, aluminiy xloridi, geksaxloretan yoki tuzlar kompleksi yordamida tozalanadi. Rux qotishmalari zararli metall aralashmalaridan tindirish usuli bilan tozalanadi. Bu usul qotishma tarkibidagi qo'rg'oshin va temir miqdorini kamaytirishga imkon beradi. Rux qotishmalari azot va xlor bilan tozalanganda vodorod miqdori sezilarli darajada kamayadi (50% gacha), lekin gaz bilan ishlov berilgandan keyin mustahkamligi va qattiqligi biroz kamayadi, elastikligi esa ortadi.

Rux qotishmalarini suyuqlantirish texnologiyasi. Rux qotishmalarini suyuqlantirish, asosan, tigelli yoqilg'i va elektr pechlarida amalga oshiriladi (3.31- a, f, g rasm). Ba'zan vannali alanga pechlari ishlatiladi (3.31- b rasm).

Shixta sifatida, odatda, quyma ko'rinishidagi quyiladigan rux qotishmalari, bosim ostida quyish uchun quyma ko'rinishidagi rux qotishmalari va ishlab chiqarishdan qaytgan qotishmalar ishlatiladi. Sof birlamchi metallar ham ishlatiladi.

Masalan, Msensk aluminiy quyish zavodida IqAM-1 qotishma olish uchun quyma ko‘rinishidagi qotishma, IqAM10-5 qotishma uchun esa birlamchi rux va ligaturalar ishlatiladi [3].

IqAM4-1 tipidagi rux qotishmasini tigelli induksion pechda suyuqlantirishda shixta sifatida shu tipdagi quyma ko‘rinishidagi qotishmadan 50% va ishlab chiqarishdan qaytgan materiallardan 50% (litniklar, brakka chiqarilgan quymalar, past sifatli chiqindilarning qayta suyuqlantirmalari) ishlatiladi. Zarur bo‘lganda qotishma magniy bilan qo‘shimcha shixtalanadi. Shixtaning barcha komponentlari diet aralashmalar (namlik, moy va boshqa qo‘shilmalar) dan tozalanadi. Tigelning uchdan bir sig‘imini to‘ldiradigan suyuq qotishma chiqib ketishining oldini olish uchun shixtani ehtiyotlik bilan yuklash kerak.

Vannaga dastlab yengil vaznli shixta (qaytarilgan mayda qotishma), so‘ngra quyma ko‘rinishidagi materiallar yuklanadi. Suyuqlantirish jarayoni jadal olib boriladi. Metall eritiladi va 440—460 °C gacha o‘ta qizdiriladi, bundan keyin shlak olib tashlanadi va ekspress- analiz uchun namuna olinadi. Zarar bo‘lganda qalpoq yordamida suyuqlanmaga magniy kiritiladi. Agar kimyoviy analiz ijobiy natija bersa, metallning temperaturasi 440—460 °C ga yetkaziladi va metall 400—450 °C gacha qizdirilgan kovshga quyiladi, so‘ngra uni transportirovka qilib, tortib oluvchi zont ostiga o‘rnatiladi. Bu yerda qotishma tozalanadi. Tozalash uchun kovshga suyuqlanma massasidan 0,4% miqdorda tabletkalar kiritiladi. Tabletkalar tarkibiga 87% geksaxloretan, 0,3% ultramarin va 12,7% NaCl kiradi. Qotishma yaxshilab aralashtiriladi, shlak tozalanadi va metall qoliplarga quyish uchun transportirovka qilinadi.

3.14. Mis qotishmalarini suyuqlantirish

Jarayonning fizik-kimyoviy xarakteristikasi. Misning suyuqlanish temperaturasi 1083 °C, jezniki 950 dan 1050 °C gacha, bronzalarni quyish temperaturasi 1150 dan 1200 °C gacha. O‘ta qizdirish qotishmalarning gazlar bilan to‘yinishiga olib keladi, qotish jarayonida gazlarning jadal ajralib chiqishi

quymalarning g'ovakli bo'lishiga olib keladi, ularning zichligi va germetikligini yomonlashtiradi.

Qotishmalarning gazlar bilan to'yinishi qotishmaning kimyoviy tarkibiga bog'liq bo'ladi. Metallar uchun eng zararli gazlardan biri vodorod hisoblanadi. U metallga suv bug'lari tarkibida bo'ladigan pech atmosferasidan kiradi. Ba'zi legirlovchi elementlar erigan vodorod miqdorini kamaytiradi, ba'zilar esa ko'paytiradi. Masalan, sof qo'sh qotishma Cu—Al lar gazlarni yutishga kam moyil bo'ladi, lekin u qotishmaga qo'shimcha legirlovchi komponentlar kiritilganda va qotishmada aralashmalar bo'lganda keskin ortadi.

Qotishmalarning komponentlari gaz fazasi bilan (1.42)—(1.44) reaksiyalar bo'yicha oksidlanadi. Oksidlar shlakka o'tkaziladi. Masalan, qalay oksidi qotishmadan suvsizlantirilgan soda yordamida shlakka o'tkazilib, chiqarib yuboriladi:



Temir qotishmani kuprit bilan oksidlab tozalash yo'li bilan chiqarib tashlanadi:



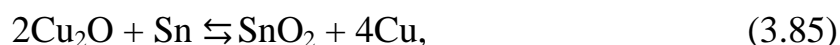
Bronzalarni suyuqlantirishda talab etilgan kimyoviy tarkibni ta'minlash alohida qiyinchilik tug'dirmaydi. Qotishmalarning gazlarga minimal to'yinishini ta'minlash murrakkabroq bo'ladi, chunki gazlar suyuqlantirish jarayonida suyuqlanma tomonidan jadal yutiladi va g'ovakliklarning paydo bo'lishiga sabab bo'ladi. Shuning uchun suyuq-lamnani himoyalovchi qoplama tanlash alohida ahamiyatga ega bo'lib qoladi. Himoya qotishmani oksidlanishdangina saqlaydi, lekin suyuq metallda erigan gazlarni chiqarib yubormaydi.

Tozalash. Vodorodni suyuqlanmadan chiqarib yuborishning bir nechta usullari mavjud: vakuumdan foydalanish, metall vannasini kislorod bilan boyitish va

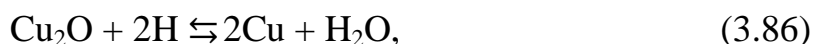
suyuqlanmaga degazatsiyalovchi qo‘shimchalar kiritish. Vakuumdanda foydalaniladigan bo‘lsa, qimmatbaho asbob- uskunalar talab etiladi, shuning uchun bu usul cheklangan. Kislorod bilan boyitish qotishma tarkibidagi vodorodni deyarli kamaytiradi, lekin metallning kislorod bilan to‘yinishiga olib keladi, bu esa oksidsizlantirish jarayonini o‘tkazish zaruriyatini tug‘diradi. Suyuqlanmaga havo yoki sof kislorod yuborib va suyuq metallga oksidlovchi fluslar kiritish yordamida oksidlab degazatsiyalash eng yaxshi samara beradi. Bunda bronza suyuqlanmasida quyidagi reaksiyalar sodir bo‘ladi:



qotishmada qalay bo‘lganda esa



Cu_2O va SnO_2 vodorod bilan reaksiyaga kirishib suv bug‘larini hosil qiladi:



Suyuqlanmadan kislorodni chiqarib yuborish uchun oksidsizlantirishdan foydalaniladi. Fluslar bilan oksidlab tozalash 1180—1200 °C da amalga oshiriladi. Bunda oksidlagichlar sarfi metall massasidan 0,5—1,0% ni tashkil qiladi.

Mis qotishmalarini qo‘rg‘oshin va qalay bilan suyuqlantirishda keng ko‘lamda ishlatiladigan oksidsizlagichlar jumlasiga fosfor kiradi. Tarkibida rux, aluminiy, berilliy va kremniy bo‘lgan mis qotishmalari berilliy bilan oksidsizlantiriladi, chunki bu elementlarning oksidlari fosfor yordamida qaytarilmaydi. Berilliy metallni tola oksidsizlantirishga va yuqori darajada zich bo‘lgan quymalar olishga iinkon beradi.

Mis qotishmalarini oksidsizlantirish uchun tarkibida 90—93% Cu va 7—10% P

bo‘lgan mis fosfidi ham ishlatiladi:



Oson eriydigan ($t_{er} = 563 \text{ }^\circ\text{C}$) fosfor besh oksidi suyuqlantirilgan metall vannasining yuzasiga ko‘tariladi va suyuqlantirilgan metallardan o‘tayotganida mis oksidlari bilan reaksiyaga kirishadi:



Hosil bo‘ladigan mis metafosfati — suyuq modda, u vanna yuzasiga suzib chiqadi.

Oksidsizlantirgichlar sifatida fosfatdan tashqari Zn, Al, Sn, Mg, Ba, Ce va boshqa elementlar ishlatiladi, lekin ularning hammasi umumiy kamchilikka ega: oksidsizlantirish reaksiyalarining to‘la o‘tishi uchun bu elementlarni biroz ortiqcha kiritish kerak, bunga esa hamma vaqt ham yo‘l qo‘yib bo‘lavermaydi.

Yetarli darajada to‘la oksidsizlantirish oksidsizlantirgich tarkibida mis—bor ligatura ko‘rinishidagi bor kiritish hisobiga amalga oshiriladi (2-4% B).

Kiritiladigan oksidsizlantirgichlar miqdori vannaning oksidlanish darajasi bilan aniqlanadi va odatda, quyim massasidan 0,1—0,3% ni tashkil qiladi. Oksidsizlantirgichlar vanna ichiga qalpoq yoki kajom- burlar bilan himoya flusi qatlami ostiga kiritiladi.

Sirt oksidsizlagichlari sifatida magniy boridi, kalsiy karbidi va bor shlakidan foydalaniladi. Eng samaralisi — bor kislotasi yoki bura hamda 95 : 5 nisbatda olingan magniy kukunidan iborat bor shlakidir. Aralashma 1000—1100 °C da suyultiriladi, izlojnitsalarga quyiladi, so‘ngra esa maydalanib, kukunsimon ko‘rinishda qotishma massasidan 1—1,5% miqdorda unga kiritiladi. Qotishma yaxshilab aralashtiriladi.

Tozalashdan oldin suyuqlanma 1200—1250 °C gacha qizdiriladi, shlak olinadi, metall yuziga maydalangan flyus kukuni sepiladi va 10—15 min davomida obdan aralashtiriladi, shundan keyin suyuqlanma 10—15 min davomida tindiriladi,

shlakdan tozalanadi va quyish uchun transportirovka qilinadi.

Fluslar bilan mis qotishmasiga ishlov berishdan qalayli va alu- miniyli bronzalardan zararli aralashmalarni, chunonchi, aluminiy hamda kremniyni chiqarib yuborish uchun foydalaniladi. Bu maqsadlar uchun, masalan, tarkibida 33% $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$, 33% Cu_2O va 34% SiO_2 bo'lgan flus ishlatiladi.

Qalayli bronzalarning kompleks oksidsizlantirgichlari sifatida litiy va bor aralashmasidan foydalaniladi. Ularning oksidlari oson eriydigan shlak hosil qiladi. Litiy bilan bor aralashmasining kiritilishi modifikatsiya qilishni ham ta'minlaydi.

Mis qotishmalari azot, xlor, geliy va argon bilan degazatsiya qilinadi. Mis va uning qotishmalarini gaz berib tozalashda vodorod atomlari gaz pufakchasining ichiga diffuziyalanadi. Qotishmaning temperaturasi ortgan sayin degazatsiyalanish jarayoni jadallashadi. Degazatsiyani 1270—1370 °C larda o'tkazish tavsiya etiladi. Mis qotishmalari aluminiy qotishmalari kabi geksaxloretan bilan ham degazatsiya qilinadi. U degazatsiyalash qobiliyatiga ko'ra inert va neytral gazlardan qolishmaydi.

Qotishmaning xlor bilan tozalanishi uning aktivligi hisobiga sodir bo'ladi. Metallda erigan gazlar bilan reaksiyaga kirishadigan xlor keyinchalik metalldan chiqarib yuboriladigan xloridlar hosil qiladi. Inert gazlar bilan tozalash suyuqlanmaning temperaturasi 1150—1200 °C bo'lganda 5—10 minut davomida amalga oshiriladi. 1t suyuqlanmaga 20—30 kPa da 0,25—0,5 m³ gaz sarflanadi. Qotishma tozalangandan keyin gaz pufakchalarini yo'qotish uchun u 10—15 min saqlab turiladi va quyish uchun transportirovka qilinadi.

Tozalash uchun qotishmalarni, masalan, aluminiyli bronzalarni filtrlash usuli ham qo'llaniladi. Shu maqsadda donador keramik filtrlardan (masalan, CaF_2 singdirilgan magnezitdan), metall to'rlardan (masalan, molibdendan) ham foydalaniladi. Suyuqlanmaga kompleks ravishda ham ishlov berish mumkin. 1250 °C da 10 min davomida 0,6—1,3 kPa siyraklanish ostida filtrlash vodorod miqdorini 80% ga, kislorod miqdorini 40—50% ga kamaytirishga imkon beradi. Biroq, tarkibida qo'rg'oshin va rux bo'lgan qotishmalar uchun vakuumlash yaramaydi, chunki bu — elementlarning qotishmadan jadal chiqib ketishiga sabab bo'ladi.

Shuning uchun vakuumlash mis qotishmalari uchun cheklangan holda foydalaniladi.

Mis qotishmalarini suyuqlantirish texnologiyasi. Bronza, odatda, mustaqil yoyli elektr yoy pechlarida yoki alanga pechlarida (3.32- a, b, g rasm), jezlar esa tigelli induksion pechlarda hamda kanalli pechlarda (3.32- d, e rasm) suyuqlantiriladi.

Shixta sifatida birlamchi materiallar, qaytarilgan metall, temir- tersak va quyma qotishmalar (jezlar va bronzalar) ishlatiladi. Qotishmani kimyoviy tarkibi bo'yicha me'yoriga yetkazish uchun birlamchi sof metallar yoki ligaturalardan foydalaniladi (3.13- jadval).

Mis qotishmalarini suyuqlantirishda qoplama materiallar sifatida pistako'mir va qoplama fluslardan foydalaniladi (3.14- jadval).

3.13- jadval

**Mis qotishmalarini suyuqlantirishda foydalaniladigan
ligaturalar tarkibi**

Ligatura	Massa ulushi, %	Suyuqlanish temperaturasi, °C
Mis—marganesli	73 Cu, 27 Mn	860
Mis—berill Lyli	85-95 Cu, 5-15 Be	900
Mis—kremniyli	84 Cu, 16 Si	800
Mis-qalayli	50 Cu, 50 Ni	780
Mis—nikelli	67-85 Cu, 15-33 Ni	1050-1080
Aluminiy—mis— nikelli	50 Al, 40 Cu, 10 Ni	670

Ligaturalarni istalgan pechda tayyorlash mumkin, lekin induksion pechlardan foydalanish ma'qulroq bo'ladi, chunki ularda suyuqlanishning aralashishi ta'minlanadi va qimmatbaho rangli metallar juda kam yo'qotiladi. Mis- aluminiyli ligaturalarni tayyorlash texnologiyasini ko'rib chiqamiz. Pechga aluminiyning hisob miqdoridan taxminan 2/3 qismi yuklanadi, u suyuqlantiriladi va 800—1000 °C temperaturagacha o'ta qizdiriladi, shundan keyin 150—200 °C gacha qizdirilgan mis porsiya- porsiyalab yuklanadi. Qotishma yaxshilab aralashtiriladi va barcha mis suyuqlangandan keyin aluminiyning qolgan qismi kiritiladi, qaytadan aralashtiriladi

va 720—750 °C gacha tutib turiladi, soʻngra suvsizlantirilgan xlorli rux yoki xlorli marganes bilan tozalanadi. 670— 700 °C temperaturada tayyorlangan ligatura 150—200 °C gacha qizdirilgan choʻyan izlojnitsaga quyiladi.

3.14- jadval

Mis qotishmalari uchun qoplama va tozalovchi fluslar

(massasidan % hisobida)

Tarkibi	Vazifasi
41-47 SiO ₂ ; 25-32 MnO ₂ ; 10-15 Na ₂ O; 11-14 Al ₂ O ₃ 50 SiO ₂ ; 30 Na ₃ B ₄ O ₇ ; 20 C ₄ O	Shamot futerovkali pechlarda jezli bronzalar uchun qoplama -//-
10-30 SiO ₂ ; 90-70 Na ₃ B ₄ O ₇ 7 Na ₃ B ₄ O ₇ ; 60 Na ₂ CO ₃ ; 33 CaF ₂	Magnezit futerovkali pechlar uchun shuning oʻzi Qalayli bronzalar uchun tozalovchi
50 Na ₂ CO ₃ ; 50 — shisha siniqlari 30 SiO ₂ ; 30 Na ₂ CO ₃ ; 40 CaF ₂	Aluminiyli bronzalar uchun qoplama Kremniyli va oddiy jezlar uchun qoplama
50 Na ₂ CO ₃ ; 50 CaF ₂	-//-
50 CaF ₂ ; 50 MgF ₂	Bronza va jezlar uchun qoplama- tozalovchi
20 CaF ₂ ; 60 NaF; 20 Na ₃ AlF ₆	Aluminiyli bronzalar uchun tozalovchi
6 Na ₃ B ₄ O ₇ ; 70 Na ₂ CO ₃ ; 12 Na ₃ AlF ₆ ; 12 K ₂ CO ₃	-//-

Jezlar yoy va vakuum pechlardan boshqa pechlarning barcha tiplarida suyuqlantiriladi (bu ikkita pechda rux koʻp kuyadi). Tayyor qilingan shixta tozalangan va qizdirilgan pechga yuklanadi. Agar suyuqlantirish shixtaning birlamchi komponentlaridan amalga oshirilsa, u holda avval quritilgan flus (masalan, metall massasidan 0,25% miqdorda bura) va sof mis yuklanadi. Mis suyuqlangandan keyin u 1130—1150 °C gacha oʻta qizdiriladi va quyimdan 0,3—0,4% hisobida fosforli mis bilan oksidsizlantiriladi. Qotishma obdan aralashtiriladi va shlak ostiga hisob boʻyicha oldindan 200—250 °C gacha

qizdirilgan mis—kremniy ligaturasi (15—20% Si) kiritiladi. Ligatura bo‘laklarining shlaklanishiga yo‘l qo‘yilmaydi. Ligatura to‘la suyuqlangandan so‘ng qizdirilgan rux, so‘ngra qo‘rg‘oshin kiritiladi va suyuqlanmani grafit qorg‘ich bilan aralashтира borib, uning temperaturasi 1050— 1100 °C gacha yetkaziladi. So‘ngra namuna olinadi. Qotishmaning tayyor bo‘lganligi quyilgan namunalarning singan joyi bo‘yicha baholanadi. Mayda donador siniq va namuna sirtida likvatsion do‘ngliklarning yo‘qligi qotishma yuqori darajada sifatli ekanligidan darak beradi, bu esa qoliplarga quyishga kirishish mumkinligini ko‘rsatadi. Qotishmaning gazlar bilan yuqori darajada to‘yinganligi payqalsa, u degazatsiya qilinadi, buning uchun azot kiritib yoki o‘ta qizdirib tozalash usuli qohlaniladi.

ИЛТ—2,5 markali pechda ЛС 59— 1Л jez quyidagi tarzda suyuqlantiriladi. Pechda oldin suyuqlantirib olingan qotishmadan 30% (botqoq) qoldiriladi. Iflosliklar, namlik, moy va boshqa chet qo‘shilmalardan yaxshilab tozalangan shixta materiallari (50% quyma ko‘rinishidagi jez va 50% qaytarilgan qotishma) ehtiyotlik bilan pechga yuklanadi. Bunda, birinchi navbatda, ishlab chiqarish chiqindilari (litniklar va quyma braklari), so‘ngra quyma ko‘rinishidagi jez yuklanadi. Shixta cho‘g‘latilgan pistako‘mir qatlami bilan qoplanadi. Yuklangan shixta suyuqlantiriladi, metallning temperaturasi 960— 980 °C gacha yetkaziladi, shlakdan tozalanadi va ekspress- analiz qilish uchun namuna olinadi. Zarur bo‘lganda rux bilan shixtovka qilinadi. Tayyor bo‘lgan qotishma 700—800 °C gacha qizdirilgan kovshga quyiladi va qoliplarga quyish uchun transportirovka qilinadi.

Qo‘sh jez, masalan, Л 68 ni suyuqlantirish uncha qiyinchilik tug‘dirmaydi. Qizdirilgan pechga mis yuklanadi, u suyuqlantiriladi, shundan keyin tarkibida rux bo‘lgan chiqindilar va ikkilamchi jez kiritiladi. Qotishmaning temperaturasi 1000—1050 °C gacha yetkaziladi, ruxning yetishmagan miqdori kiritiladi va qoliplarga quyish boshlanadi. Rux a‘lo darajadagi oksidsizlantirgich bo‘lgani uchun suyuqlantirib olingandan keyin mis oksidsizlantirilmaydi. Rux kuyindisini kamaytirish uchun suyuqlantirish operatsiyasi qoplama flus qatlami ostida bajariladi.

Ko'p komponentli murakkab jezlarni suyuqlantirish shu bilan farqlanadiki, bunda legirlovchi komponentlar, masalan, aluminiyni kiritishdan oldin jez fosforli mis bilan oksidsizlantiriladi. Metallmas qo'shilmalarni chiqarib tashlash uchun qotishmalar xlorli marganes bilan tozalanadi yoki donador filtrlar orqali filtrlanadi.

Qalayli bronza birlamchi materiallar, ishlab chiqarishdan qaytgan materiallar va quyma ko'rinishidagi bronza asosida suyuqlantiriladi. Qizdirib tayyor qilingan pechga shixtaning katta qismi yuklanadi va uning ustiga quritilgan pistako'mir to'kiladi. Suyuqlantirilgan mis massadan 0,2% miqdorda fosforli mis bilan (9—10% P) oksidsizlantiriladi, suyuqlanmaning temperaturasi 1100—1150 °C gacha yetkaziladi, so'ngra shixtaning qolgan tashkil etuvchilari navbatma- navbat (rux, qalay va qo'rg'oshin) kiritiladi, qotishmaning temperaturasi 1100—1200 °C gacha yetkaziladi, xlorli marganes yoki azot bilan tozalanadi, modifikatsiyalanadi (masalan, tarkibida 0,05% Zn, 0,06% B va 0,2% Ti bo'lgan kompleks modifikator bilan), texnologik namuna olinadi va quyish uchun transportirovka qilinadi.

Qalayli bronzalarni suyuqlantirib olishda fosforli mis yordamida oksidsizlantirish bilan bir qatorda, 100 kg qotishmaga 500 g fosforli mis va 500 g rux hisobidan rux bilan oksidsizlantirish qo'llaniladi. Fosforli mis bilan oksidsizlantirish ikki bosqichda bajariladi: dastlab 250 g fosforli mis kiritiladi va qotishma aralashtiriladi (agar birlamchi materiallar asosida suyuqlantirilsa, unda qalay qo'shishdan oldin), so'ngra 500 g rux qo'shiladi va qotishmani chiqarishdan oldin qolgan 250 g fosforli mis kiritiladi.

Tarkibida qalay bo'lmagan, masalan, aluminiyli bronzalar, odatda, elektr yoy pechlarida yoki induksion pechlarda jadallashtirilgan rejimda suyuqlantiriladi. Yoqilg'i pechlaridan kamroq foydalaniladi. Aluminiyli bronzalar o'ta qizdirishga nihoyatda sezgir bo'ladi va gazlar yutishda yuqori aktivlikka ega, shuning uchun ular qotishmaning temperaturasi ko'pi bilan 1200 °C bo'lganda flus qatlami ostida (3.14- jadvalga q.) oksidlovchi atmosferada suyuqlantiriladi.

Nikel, marganes yoki temir bilan legirlangan aluminiyli bronzani suyuqlantirishda dastlab mis suyuqlantiriladi va u fosforli mis (0,05—0,1 %) bilan oksidsizlantiriladi, shundan keyin aluminiy yoki Al—Cu ligatura kiritiladi.

Aluminiyni marganes va temirdan oldin kiritish lozim, chunki aks holda, qotishmani quyish uchun yaroqsiz holga keltiruvchi plenlar hosil bo'ladi.

Qotishma 1150—1200 °C temperaturagacha yetkaziladi va xlorli marganes yoki suyuqlanma massasidan 0,1 —0,3% hisobida kriolit bilan tozalanadi. Plenlarni chiqarib tashlash uchun qotishma donador filtrlar orqali filtrlanadi.

Mayda donador struktura olish uchun metall vannadiy, bor, volfram, sirkoniy yoki titan bilan suyuqlanma massasidan 0,05—0,015% miqdorda modifikatsiyalanadi, so'ngra Cu—Ni, Cu—Mn, Cu—Fe ligaturalar kiritiladi, qotishma qaytadan fosforli mis bilan oksidsizlantiriladi.

Mis va aluminiyning kiritiladigan komponentlarining zichligi bir- biridan ancha farq qiladi. Bu farqning zonal likvatsiyaga yordam berishini hisobga olib, suyuqlanma yaxshi aralashtiriladi. Suyuqlantirish operatsiyasi flus ostida bajariladi (3.14- jadval). Aluminiyli bronzalar tolali metallmas aralashmalar pardasini hosil qilishga moyil bo'ladi. Ulardan ozod etish uchun suyuqlanma filtrlansa, maqsadga muvofiq bo'ladi.

Qo'rg'oshinli bronzalarni (БрС30) suyuqlantirish ma'lum qiyin- chiliklar tug'diradi. Ularning tarkibiga kiradigan komponentlar zich- ligining bir- biridan ancha farqlanishi bu qotishmalarning likvatsiyaga moyilligini oshiradi. Likvatsiyani pasaytirish uchun qotishmani induksion pechlarda suyuqlantirish tavsiya qilinadi, chunki bu pechda suyuqlanma yaxshi aralashadi, shuningdek, bronzani nikel bilan (massasidan 2—2,5%) legirlash va qotishmani metall qoliplarga quyish mumkin bo'ladi. Qoliplarda quymalarning tez kristallanishi uchun sharoitlar yaratiladi.

Berilliyli bronzalarni suyuqlantirish jarayoni qalayli bronzalarni suyuqlantirish jarayoni kabi bo'ladi. Lekin shuni nazarda tutish kerakki, berilliy zaharli va maxsus ehtiyot choralarini ko'rishni talab qiladi. Shuning uchun qotishma izolatsiya qilingan, havo berib so'radigan mashinalar bilan yaxshi jihozlangan xonalarda suyuqlantirilishi kerak.

Kremniyli bronzalarni suyuqlantirish ham qalayli bronzalarni suyuqlantirishga o'xshash bo'ladi. Qotishmalarni vodorod bilan to'yinishini oldini olish uchun suyuqlanmani 1250—1300 °C dan yuqori temperaturagacha qizdirishga yo'l

qo'yilmaydi. Mis qotishmalari olishning so'nggi bosqichlarida modifikatsiyalash qo'llanilsa, maqsadga muvofiq bo'ladi.

3.15. Nikel qotishmalarini suyuqlantirish

Jarayonning fizik-kimyoviy xarakteristikasi. Nikel 1455 °C da suyuqlanadi, zichligi $8,9 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$. Suyuqlantirish jarayonida suyuq nikel yuzasida (masalan, ochiq induksion yoki yoy pechida, ya'ni tarkibida kislorod bo'lgan atmosferada) NiO dan iborat zich parda hosil bo'ladi. Bu parda qotishmani oksidlashdan saqlaydi. Lekin nikel qotishmalarining tarkibida Cr, Si, Al, Ti va boshqa elementlar bo'ladi. Ular pardani quyidagi tipdagi reaksiya bo'yicha tiklaydilar:



Bunda suyuq nikel qotishmasining yuzasida murakkab oksid parda (shlak) hosil bo'ladi, u endi qotishmani himoyalamaydi va kislorodga kimyoviy yaqin bo'lgan elementlarning oksidlanishiga to'sqinlik qilmaydi. Vodorod va azotning erishi ham sodir bo'ladi. Shuning uchun tarkibida aluminiy hamda titan bo'lgan nikel qotishmalari vakuum pechlarida suyuqlantiriladi, qolganlari uchun esa gazlarning suyuq qotishmaga kirishini cheklaydigan qoplama fluslardan foydalaniladi va tozalash operatsiyasi bajariladi. Fluslar tarkibiga SiO_2 , CaF_2 , CaO , MgF_2 va boshqa birikmalar, masalan, bura, natriy karbonat (soda), potash bilan kvars qum aralashmasi kiradi.

Qotishmalarni havoda ochiq pechlarda suyuqlantirganda quyish oldidan ular oksidsizlantiriladi. Shu maqsadda, CaC_2 , Mg_3B_2 , bor shlaki va misni oksidsizlantirish uchun ishlatiladigan boshqa oksidsizlantirgichlar, shuningdek, Al, Si, Mg, Mn lar qo'llaniladi.

Nikel qotishmalarini suyuqlantirish texnologiyasi. Nikel qotishmalari, asosan, induksion, shu jumladan, induksion- vakuum pechlarda suyuqlantiriladi. Ba'zi hollarda yoqilg'i pechlari va yoy elektr pechlaridan foydalaniladi. Shixta materiallari sifatida birlamchi metallar va xususiy ishlab chiqarishdan qaytarilgan

metallar, shuningdek, tegishli qotishmaning temir- tersaklaridan foydalaniladi.

Shixta hisoblashda shuni nazarda tutish lozimki, Ni, Co, Cu larning kuyindilari uncha ko'p bo'lmaydi. Ti ning kuyindilari esa, masalan, ochiq pechlarda suyuqlantirilganda 50—70% ga yetishi mumkin.

Nikel qotishmalarni suyuqlantirishning temperatura intervali 1270—1300 °C dan (H65M17X15B5JI) 1400-1500 °C gacha (ЭИ418, monel va boshqalar) bo'ladi. Qolipga quyish temperaturasi 1560 °C ga yetadi. Ularni suyuqlantirish texnologiyasi yuqori legirlangan po'latni suyuqlantirish texnologiyasiga yaqin bo'ladi. Shixta bilan birgalikda qoplama flus (masalan, shisha siniqlari) hamda 50% CaO va 50% CaF₂ yoki MgF₂ aralashmasi yuklanadi; Si va Mn ligaturalar ko'rinishida kiritiladi. Shixtaning birinchi porsiyasi (qaytgan qotishma, temir-tersaklar, nikel va misning bir qismi) suyuqlangandan keyin katod nikeli qismlarga bo'lib qo'shiladi. Bunda butun suyuqlantirish davomida metall qalinligi 10—15 mm bo'lgan flus qatlami bilan qoplangan bo'lishini diqqat bilan nazorat qilib turiladi. Shixtaning barcha komponentlari suyuqlangandan keyin metallning temperaturasi talab etilgan darajaga yetkaziladi va kompleks oksidsizlantirish jarayoni amalga oshiriladi.

Uglerod asosiy oksidsizlantirgich hisoblanadi, u yoxud tarkibida 1,5—2% C bo'lgan Ni—C ligatura, yoxud grafitning siniq bo'lakchalari bilan, ya'ni boshqa oksidsizlantirgichlar bilan kompleks kiritiladi. Uglerod miqdori 0,05—0,1% dan ortmasligi kerak. Uning ortiqcha bo'lishiga yo'l qo'yilmaydi, chunki qotishmaning mo'rtligi ortadi. Oksidsizlantirish uchun tarkibida 20% gacha kalsiy bo'lgan silikokalsiy ishlatilishi ham mumkin. U metall massasidan 0,05—0,1% miqdorda kiritiladi. Murakkab legirlangan qotishmalarni suyuqlantirib olishda marganes (0,02—0,06%) va magniy (quyim massasidan 0,1—0,2%) ham ishlatilishi mumkin. Oksidsizlantirilgandan keyin metall nikeldan tayyorlangan qorgich bilan aralashtiriladi va bir necha minut saqlab turiladi. So'ngra shlak tigel yoki kovshga magnezit qo'shib (suyuqlanma massasidan 0,2% gacha) quyuqlantiriladi va qoliplarga quyiladi.

Ba'zi o'tga chidamli qotishmalarning mexanik xossalarini yaxshilash va

strukturasi mayda donador bo‘lishi uchun ular bor (0,01—0,03%) hamda sirkoniy (0,03—0,1%) qo‘shib modifikatsiya qilinadi.

Nikel qotishmalarini vakuumda suyuqlantirish juda afzal ko‘riladi, chunki u tarkibida gazlar va metallmas qo‘shilmalar juda kam bo‘lgan holda yuqori mexanik hamda maxsus xossali qotishmalar olishga imkon beradi.

Induksion- vakuum pechda suyuqlantirilganda (3.32- f rasm) yuklash oldidan uning tigeli oldingi suyuqlantirish qoldig‘idan yaxshilab tozalanadi, ta‘mirlanadi va qizdiriladi. Tigelni futerovka qilish uchun o‘tga chidamli magnezit materiallari yoki elektr korund ishlatiladi. Yuqori chastotali pechlarni futerovka qilish uchun tarkibida 80% suyuqlantirilgan magnezit, 8% suyuq shisha va 12% suv bo‘lgan aralashma ishlatiladi. Tigel shixta materiallari bilan ma‘lum ketma- ketlikda, mumkin qadar, zich va keskin zarbasiz yuklanadi. Tigel tubiga avval nikelning mayda bo‘laklari, so‘ngra yirikroq bo‘laklari yuklanadi, keyin kobalt, xrom, volfram va molibden qo‘shiladi. Oson oksidlanadigan va C, Ti, Al, Ce, B uchuvchan qo‘shimchalar maxsus dozatorga yuklanadi, undan tigelga uzatiladi. Yuklangandan so‘ng kamera bekitiladi va vakuum- nasos vositasida havo so‘rib olinadi. Vakuum hosil qilingandan keyin, havoni so‘rib olish uchun yuqori darajada vakuum yaratadigan busterli nasos ishga tushiriladi. Talab darajasidagi vakuum olingach, tigel qizdira boshlanadi.

Vakuumba suyuqlantirilganda qotishma, imkon boricha, 1600 °C dan yuqori o‘ta qizdirilmasligi kerak, chunki, aks holda, metall bilan olovbardosh materialning o‘zaro ta‘sirlashish reaksiyasi kuchayadi, bu esa qotishmaning qaytadan qaynashida namoyon bo‘ladi.

Shixta to‘la suyuqlangandan va suyuqlanma 1580 — 1600 °C temperaturagacha o‘ta qizdirilgandan keyin oksidsizlantirish uchun dozatordan uglerod beriladi, shundan keyin suyuqlanmaning tempe- raturasi 1380—1400 °C gacha pasaytiriladi va dozatordan aluminiy qo‘shiladi. Oxirida mishmetall tarkibida bo‘ladigan seriy va ligatura ko‘rinishidagi bor kiritiladi. So‘ngra metall 1480—1500 °C gacha qizdiriladi va metall qoliplarga quyiladi.

3.16. Titan qotishmalarini suyuqlantirish

Jarayonning fizik-kimyoviy xarakteristikasi. Titan va uning qotishmalarini suyuqlantirish qator o'ziga xos xususiyatlarga ega. Qizdirganda titan turli muhitlarga nisbatan yuqori darajada aktivlik ko'rsatadi, kislorod, azot va vodorod bilan o'zaro aktiv ta'sirlashadi. Kislorod bilan o'zaro ta'sirlashib, u TiO, TiO₂, Ti₂O₂ oksidlar hosil qiladi. Titan kislorod bilan kristallizatsiyalanganda qator qattiq eritmalar hosil bo'ladi, chunki kislorod α - fazani stabillashtiradi. Azot titan bilan birikib, kirishma eritmalarni hosil qiladi va shuningdek, eritmani mustahkamlab α - fazani stabillashtiradi. Kislorod va azotning titanda erishi qaytmas jarayon hisoblanadi. Vodorod titanda erib, TiH₂ titan gidridlarini hosil qiladi, gidridlar esa elastiklikni keskin pasaytiradi. Shu sababli, vodorod eng zararli aralashmalardan biri hisoblanadi.

Titan amalda ishlatiladigan barcha o'tga chidamli materiallar bilan o'zaro ta'sirlashadi. Bunda u oksidlarni qaytaradi va TiC turg'un karbidni hosil qiladigan uglerodni eritadi. Shuning uchun titanni suyuqlantirishda uni boshqa fazalar bilan o'zaro ta'sirlashish imkoniyatini to'la mustasno qilish zarur.

Suyuqlantirish texnologiyasi. Titan qotishmalari, asosan, elektrodi sarflanadigan va sarflanmaydigan vakuum yoyi pechlarida suyuqlantiriladi. Elektron- nur pechlari ham qo'llaniladi (3.8- rasmga q.) Sarflanmaydigan elektrodlar sifatida torirlangan volfram va elektrod grafiti sterjenlaridan foydalaniladi. Elektrodi sarflanmaydigan yoy pechida suyuqlantirishning kamchiligi — qotishmaning elektrod materiali bilan ifloslanishi va jarayonning metallning to'la degazatsiyalanishiga bog'liq holda uzoq davom etishidir. Shu sababli bu tipdagi pechlar kamdan- kam ishlatiladi.

Sarflanadigan elektrodni tayyorlash uchun dastlabki materiallar sifatida titan gubkasi, legirlovchi elementlar (sof holda va ligaturalar ko'rinishida) va titan qotishmalarining chiqindilari xizmat qiladi. Aluminiy, xrom, mis, marganes, vanadiy, sirkoniy, temir va kremniy sof holatda kiritiladi. Aluminiyli ligaturalar bilan molibden va qalay kiritiladi. Ba'zan ligaturalar ko'rinishida xrom, vanadiy va temir kiritiladi (masalan, AXMK ligatura tarkibida 30—34% Mo, 23—27% Cr,

3—6% Fe, 2,5—4% Si va qolgani aluminiy bo‘ladi).

Garnisaj pechidagi ish jarayonini ko‘rib chiqamiz (3.33- a, 3.35- rasmlar). Pech yonidagi olingan qopqoq qo‘yiladigan maxsus stendda elektrod tutgichga sarflanadigan elektrod biriktiriladi. Qopqoq stenddan kran bilan olinadi va vakuum kamerasiga o‘rnatiladi. Bunda sarflanadigan elektrod tigel o‘qi bo‘ylab joylashtiriladi. Pechda vakuum yaratiladi, elektrod tutgich va tigelga o‘zgarmas tok bilan ta‘minlash manbayidan kuchlanish beriladi, elektrod qisqa tutashgunga qadar pastga tushiriladi va yoy razryadi uyg‘otiladi. Kichik quvvatda elektrod va tigel biroz qizdiriladi, so‘ngra yoy quvvati ishchi parametrlargacha ko‘tariladi va elektrod eritiladi.

Suyuqlantirishda chiqindilardan (30% gacha) va xususiy ishlab chiqarishdan qaytarilgan metallardan (litnik sistemasi elementlari, hovuraklar, quymalar braki) foydalaniladi. Sinchiklab tozalangan chiqindilar tigel tagiga yuklanadi, so‘ngra elektrod o‘rnatiladi. Pech germetizatsiya qilinadi va 1,33 Pa bosimgacha vakuum yaratiladi. Qizdirish past rejimlarda bajariladi. Suyuqlantirish 14—35 kA tok kuchida va 30—50 V kuchlanishda amalga oshiriladi. Avtomatik rejimda 60—80 mm yoy uzunligi saqlab turiladi. Suyuqlantirish jarayonida suyuqlanma solenoid yordamida aralashtiriladi. Qotishmani suyuqlantirish tezligi 8—15 kg/min ni tashkil qiladi. Zarur bo‘lgan hajm suyuqlantirilib olingandan keyin metall talab etilgan temperaturagacha o‘ta qizdiriladi va vakuumda qoliplarga quyiladi.

Titan va uning qotishmalarini suyuqlantirish jarayonida element- larning kuyishi sodir bo‘ladi: 0,1—0,2% gacha Ti, 2,0—2,5% gacha Al va 10—15% gacha Mn. Ikkinchi qayta suyuqlantirishda sodir bo‘ladigan barcha yo‘qotishlar qotishma massasidan 0,3—0,6% ni tashkil qiladi.

Elektron- nur pechlarida (3.33- b rasm) titan chuqur vakuumda (0,013 Pa) suyuqlantiriladi. Metallning suyuqlanishi elektronlar kinetik energiyasining issiqlik energiyasiga o‘tishi hisobiga amalga oshiriladi. Katodi volfram yoki tantaldan tayyorlangan, 2000—2500 °C gacha qizdirilgan elektron pushka elektronlar manbayi bo‘lib xizmat qiladi. Elektronlar oqimi magnit linzalari yordamida to‘planadi va yo‘naltiriladi. Bu tipdagi suyuqlantirish qurilmalari suyuqlanmani

talab etilgan temperaturagacha qizdirishga va shu temperaturada saqlab turishga imkon beradi. Lekin chuqur vakuum yaratish zarurligi va suyuqlantirish jarayonida ba'zi bir oson eriydigan elementlarning jadal bug'lanishi titanni suyuqlantirish uchun elektron- nur pechlarining qo'lanilishini cheklaydi.

Titan va uning qotishmalarini suyuqlantirishda portlash xavfsizligini ta'minlash uchun alohida ehtiyot choralarini ko'rish talab qilinadi. Suyuqlantirish qurilmalarini ularni vakuum nasoslaridan ajratib qo'yadigan va sovitish uchun beriladigan suv miqdorini kamaytiruvchi, tez ishlaydigan avtomatik sistema bilan ta'minlash zarur. Pechlarni masofadan boshqariladigan maxsus kameralarda joylashtirish lozim. Garnisaj yoy pechining sxemasi 3.35- rasmda keltirilgan.

3.17. Qiyin eriydigan metallar asosida tayyorlanadigan qotishmalarni suyuqlantirish

Qiyin eriydigan metallar jumlasiga xrom, vanadiy, niobiy, molibden, tantal, volfram va boshqa metallar kiradi. Metallarning bu gruppasi faqat yuqori suyuqlanish temperaturasi (1860—3400 °C) bilan emas, balki suyuqlantirilgan holatda kislorod, vodorod, azot, uglerod va olovbardosh materiallar bilan o'zaro ta'sirlashganda katta kimyoviy aktivlikka ega bo'lishi bilan ham xarakterlanadi. Shu sababli qiyin eriydigan metallar va ularning qotishmalari vakuumda yoki neytral gazlar muhitida suyuqlantiriladi.

Suyuqlantirish uchun vakuum-yoy, elektron-nur va plazma pechlaridan (3.33- rasmga q.) foydalaniladi. Suyuqlanmaning metallmas aralashmalar bilan biroz ifloslanishiga yo'l qo'yiladigan hollardagina induksion-vakuum pechlardan foydalaniladi. Tigellarni tayyorlash uchun o'tga chidamli materiallar sifatida sirkoniy ikki oksidi, yuqori magnezitli o'tga chidamli materiallar va aluminiy oksididan foydalaniladi.

Qiyin suyuqlanadigan metallar (niobiy, molibden, volfram) ni suyuqlantirishda ko'p umumiylik bor, lekin ular elektrodlarning suyuqlanish tezligi va sifati yaxshi metall olish uchun zarur bo'ladigan siyraklanish darajasi bilan tafovutlanadi. Vakuum- yoy va garnisaj tigelli electron-nur pechlarida suyuqlantirish juda keng

ko‘lamda qo‘llaniladi.

Shixta materiallari sifatida poroshok metallurgiyasi metodi bilan tayyorlanadigan shtabiklar (shtabik o‘lchami 16x18x500 mm) ishlatiladi. Sarflanadigan elektrod hosil qilish uchun shtabiklar 1,5—2,5 m uzunlikkacha flus qatlami ostida uchma- uch qilib payvandlanadi, qumqayroq bilan tozalanadi hamda 4—12 donadan (suyuqlantirish agregatining quvvatiga qarab) paket qilib yig‘iladi. Polosalar yoki bo‘lakchalar ko‘rinishidagi legirlovchi elementlar sarflanadigan elektrodlarga ulanadi. Qiyin suyuqlanadigan metallarni suyuqlantirish jarayoni titan qotishmalarini suyuqlantirish jarayoniga o‘xshash bo‘ladi.

Niobiy vakuumda, shuningdek, argon yoki geliy atmosferasida suyuqlantiriladi. Qotishma uglerod, seriy yoki ittriy vositasida oksidsizlantiriladi. Molibden va uning qotishmalari shunga o‘xshash usulda suyuqlantiriladi. Oksidsizlantirish uglerod yoki aluminiy vositasida bajariladi.

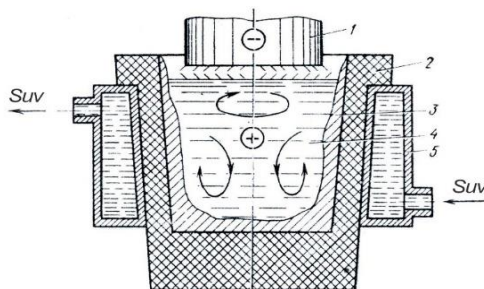
Qiyin suyuqlanadigan metallarni elektron- nur pechlarida suyuqlantirish — eng istiqbolli suyuqlantirish usullaridan biridir. Bu usul vakuum-yoy va induksion usullarga nisbatan afzalliklarga ega: elektron- nurlar yuqori darajada bir joyda to‘plangan isitish energiyasini olishga, suyuqlantirish jarayonini keng chegarada boshqarishga, istalgan ko‘rinishdagi shixta komponentlarini ishlatish va qotishmaning tigel materiali bilan ifloslanishiga yo‘l qo‘ymaslikka imkon beradi, shuningdek, kichik suyuqlantirish tezligi va chuqur vakuumda suyuqlantirilgan metallni o‘ta qizdirishga imkon beradi.

Elektron-nur pechlarida suyuqlantirish niobiy, molibden va ular asosida tayyorlanadigan qotishmalar, shuningdek, boshqa metallardan quymalar olishga imkon beradi, chunki u suyuq vannada fizik-kimyoviy jarayonlarning o‘tishi va qiyin suyuqlanadigan metallarning oksidsizlanishi uchun qulay sharoitlar yaratadi. Bunda oksidsizlantirish uchun suyuqlantiriladigan elektrodlar tarkibiga kislorodga ancha yaqin bo‘lgan sirkoniy yoki seriy qo‘shiladi.

Elektron-nur pechlarida ko‘p marotaba qayta suyuqlantirish metall tarkibidagi zararli aralashmalar (kislorod, azot, vodorod va metallmas qo‘shilmalar) miqdorini sezilarli darajada kamaytirishga imkon beradi, bu esa metall sifatini ancha

yaxshilaydi.

Qiyin suyuqlanadigan metallarni suyuqlantirish uchun plazma pechlari ham ishlatiladi.



3.35- rasm. Garnisaj usulida suyuqlantirish yoy pechining sxemasi;

1 – ishlatiluvchi elektrod (katod), 2 – tigel, 3 – garnisaj, 4 – suyuq metal vannasi (anod), 5 – pechning suv bilan sovutiladigan korpusi.

III BOB NAZORAT SAVOLLARI

1. Shixta materiallariga nimalar kiradi?
2. Cho'yanni suyuqlantirishning fizik - kimyoviy xarakteristikasi.
3. Po'latni suyuqlantirishning fizik - kimyoviy xarakteristikasi.
4. Rangli qotishmalarni suyuqlantirishning fizik - kimyoviy xarakteristikasi.
5. Koks vagranka turlari.
6. Gaz vagranka turlari.
7. Elektr – yoy pechlarida qaysi qotishmalarni suyuqlantiriladi?
8. Qanaqa markali induksion pechlarni bilasiz?
9. Kanalli pechlar qayerda va nimaga ishlatiladi?
10. Elektroshlak jarayoni deganda nimani tushunasiz?
11. Vakuum pechlari qayerda va nimani suyuqlantirishda ishlatiladi?
12. Induksion pechda suyuqlantirish texnologiyasi.
13. Yoy pechida suyuqlantirish texnologiyasi.
14. Konvertor pechlarida qanaqa metallni suyuqlantirib olinadi va qanaqa yoqilg'ida Konvertor pechlari ishlaydi?
15. Plazma – yoy pechlarida asosan qanaqa qotishmalar tayyorlab olinadi?
16. Aluminiy qotishmalarini suyuqlantirish texnologiyasi va pechlari.

17. Mis qotishmalarining suyuqlantirish pechlari va texnologiyalari.
18. Titan qotishmalarini suyuqlantirish texnologiyalarining farqlanishi.
19. Magniyni suyuqlantirish texnologiyasi.
20. Nikelni suyuqlantirish texnologiyasi.

IV BOB. QUYMAKORLIK QOTISHMALARIGA PECHDAN TASHQARI ISHLOV BERISH

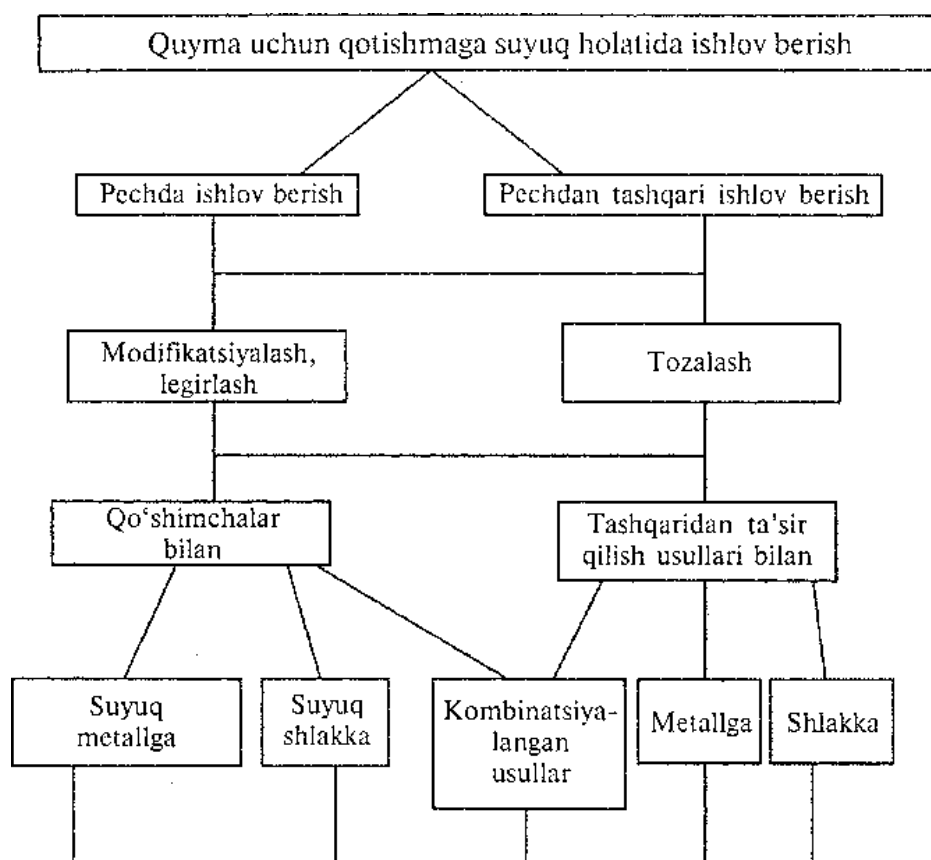
4.1. Quyma qotishmalarga suyuq holatda ishlov berishning asosiy prinsiplari va usullari

Quyma qotishmalarga suyuq holatda ishlov berish jarayonlarining klassifikatsiyasi va uni amalga oshirish usullari. Qotishmani modifikatsiyalash, legirlash yoki tozalash maqsadida unga pechda yoki pechdan tashqarida (novda, cho‘michda, maxsus qurilmalarda) ishlov berilishi mumkin (4.1- rasm). Ishlov berish turli- qo‘shimchalar kiritib yoki tashqaridan ta’sir qilib (aralashtirish, vibratsiya, vakuum va shunga o‘xshashlar) amalga oshiriladi. Qo‘shimchalar bevosita metallga yoki shlakka aralash kiritilishi ham mumkin. Tashqaridan ta’sir qilish usuli ham xuddi shunday bo‘ladi.

Pechdan tashqarida ishlov berish usuli suyuq metallga bevosita qo‘shimcha kiritib yoki tashqaridan ta’sir qilish uchun mo‘ljallangan maxsus qurilmalar yordamida amalga oshiriladi (4.2- rasm). Qo‘shim- chalar gazsimon (G — kislorod, N — azot, NG—neytral gazlar), qattiq (M — metallar va boshqa texnik sof moddalar, elementlar yoki birikmalar, A — aralashmalar, L — ligaturalar, ya’ni bir nechta M qotishmalari, F— flyuslar) va suyuq (F — flyuslar, Sh — shlaklar) bo‘lishi mumkin. Qo‘shimchalar kiritish uchun turli qurilmalardan foydalaniladi: D — dozator, PGV — gazlarni yuqoridan puflash uchun teshiklari bor truba, PGN — gazlarni pastdan puflash uchun g‘ovak tub yoki po‘kak, MV — modifikator, masalan, chiviqni mexanik tarzda kiritish uchun qurilma, ZK — zaryadlash kamerasi, I — bug‘latgich, K — modifikator joylashtiriladigan qalpoq.

Ishlov beriladigan joy suyuqlantirish pechi (P), pechdan tashqarida ishlov berishda esa suyuqlantirish pechining novi, ochiq cho‘mich, germetik cho‘mich va litnik sistemasida ish kamerasi (RK) bor quyish qolipi (F) bo‘lishi mumkin; ish kamerasida modifikator joylashtiriladi (4.2- rasmga q.). Tashqaridan ta’sir qilish uchun maxsus qurilmalardan foydalaniladi: filtrlash uchun qurilma UF, A —

avtoklav, VK — vakuum kamera (ular tuzilishi jihatdan o‘xshash, lekin avtoklavda ortiqcha bosim bo‘lishi mumkin) VU, VZ, MP — vibratsiya, ultratovush va aralashtirish qurilmalari, EU — elektr qurilma.



4.1- rasm. Quyma qotishmalarni suyuq holatda ishlov berish jarayonlarining klassifikatsiyasi.

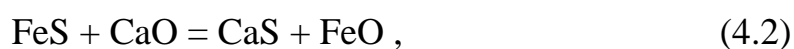
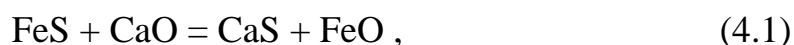
Pechdan tashqarida ishlov berish 4.2- rasmda ko‘rsatilgan elementlarni birlashtirib amalga oshiriladi. Masalan, modifikatsiyalashning quyidagi metodlari mavjud: L U VJ — novda ligatura bilan modifikatsiyalash, L U D U VJ — shuning o‘zi, lekin dozator ishlatiladi, M U ZK U GK — germetik cho‘michda metall (masalan, magniy) bilan modifikatsiyalash, L U RK U F — qolipda ligatura bilan modifikatsiyalash va h.k. Bu yerda bo‘lishi mumkin bo‘lgan kombinatsiyalar soni ancha ko‘p.

Tozalash. Tozalash deganda metallarni zararli qo‘shimlardan tozalash tushuniladi. Undan birlamchi metallurgiyada hamda qotishmalar va metallarni ikkinchi marta suyuqlantirishda ham foydalaniladi. Tozalashning pirometallurgik, elektrolitik va kimyoviy metodlari bir- biridan farq qiladi.

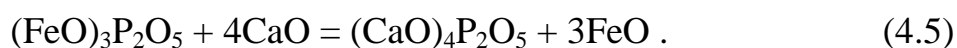
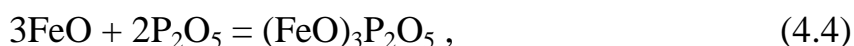
Quymakorlikda yuqori temperaturada amalga oshiriladigan va zararli aralashmalarning bir fazadan boshqasiga o'tishi bilan bog'liq bo'lgan pirometallurgik usul keng tarqalgan; bir fazadan boshqasiga o'tishga oksidlanish—qaytarilish reaksiyalari, aralashmalarni boshqa faza bilan adsorbsiyalash (adsorbsion usul) yoki qo'shilmalarning metallda bo'lish sharoitlarini o'zgartirish, masalan, vakuumdan foydalanish (bu usul ba'zan noadsorbsion usul deb ataladi) yordamida erishiladi.



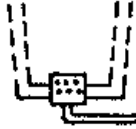






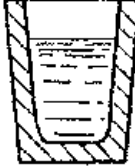
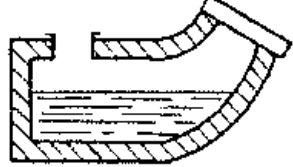
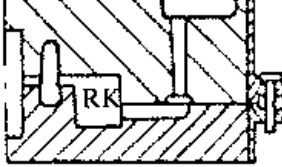
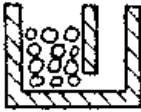
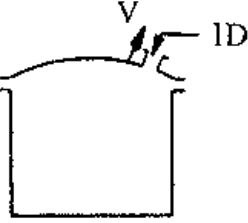


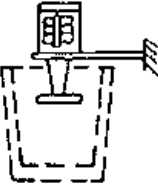

Chiqarib yuboriladigan zararli qo'shimchalarni uchta turga bo'lish mumkin: metallda erigan va metallmas qo'shimchalar yoki gazlar ko'rinishida bo'ladigan aralashmalar. Metallda erigan aralashmalar oksidlab tozalash usuli bilan chiqarib yuboriladi. Bu usul aralashmalarning O, S, Cl, F lar bilan asosiy metall shu elementlarning o'zi bilan hosil qiladigan birikmalarga qaraganda ancha mustahkam birikmalar hosil qilish qobiliyatiga asoslangan. Bu usuldan, masalan, misni tozalashda foydalaniladi. Masalan, suyuq misni havo bilan puflab tozalashda misga nisbatan kislorodga ancha yaqin bo'lgan Fe, Ni, Zn, Pb, Sb, As, Sn lar vanna yuzasiga suzib chiqadigan va so'ngra oson chiqarib yuboriladigan oksidlar hosil qiladi.

Temir suyuqlanmalaridan S va P lar temirga qaraganda oltingugurtga ancha yaqin bo'lgan elementlar yoki birikmalar yordamida chiqarib yuboriladi:



Fosfor oskidlab tozalash yo'li bilan chiqarib yuboriladi:



Kiritiladigan qo'shimchalar	Gazsimon O, N, NG	Qattiq M, A, L, F	Suyuq F, Sh				
Kiritish qurilmasi	D 	PGV 	PGN 	MV 	K 	ZK 	I 
Kiritish yoki ta'sir qilish joyi	P 	VJ 	OK 	GK 	F 		
Maxsus qurilmalar	UF 	A, VK 	VU 	MP 	UZ 	EU 	

4.2- rasm. Quyma qotishmalarga suyuq holatda ishlov berish usullarining umumlashgan elementlari.

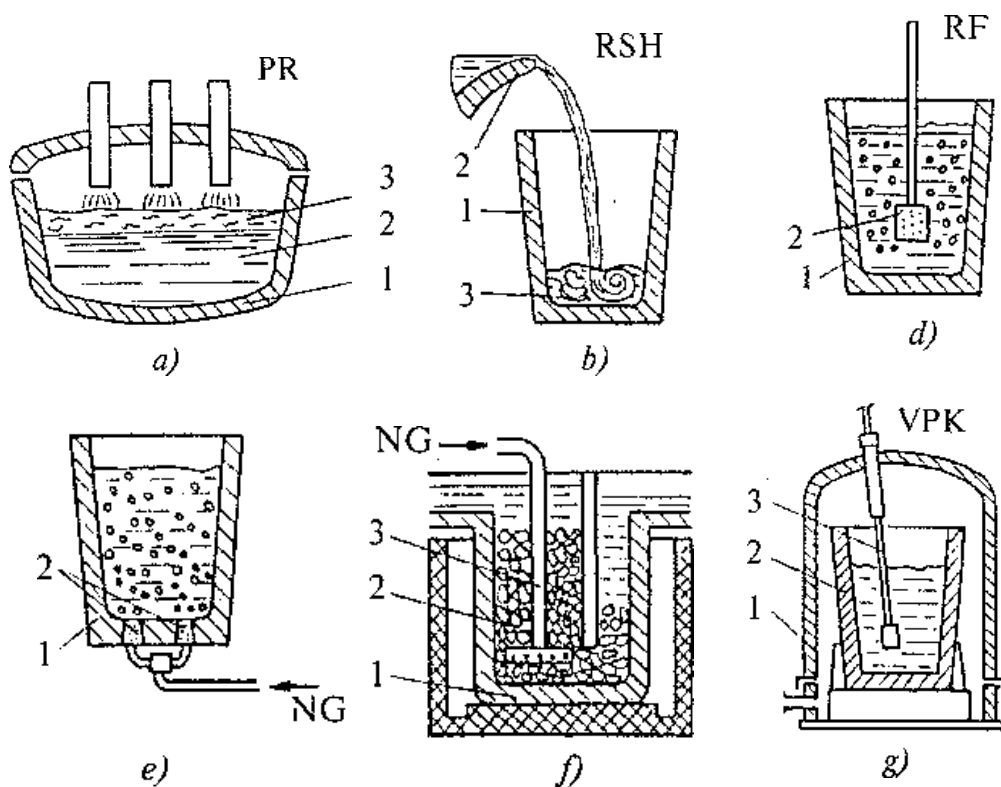
Oksidlanish-qaytarilish reaksiyalari yordamida tozalash bevosita suyuqlanti-ruvchi pechlarda amalga oshiriladi. Masalan, suyuqlantirilgan 2 metallni 7 pechda tozalash (4.3- a rasm) ma'lum tarkibli ($PR = SH \cup P$) 3 qo'shimcha shlak hosil qilib amalga oshiriladi. Pechdan tashqarida tozalashni sintetik shlak (4.3- b rasm) yordamida amalga oshirish mumkin. Sintetik shlak maxsus shlakni suyultirish pechlarida suyuqlantirib olinadi, so'ngra cho'michga quyiladi va unga 2 cho'michdan metall quyiladi. U 3 shlak bilan aralashib, zararli aralashmalardan tozalanadi.

Metallda erigan kislorodni chiqarib yuborish oksidsizlantirish deb ataladi. Bu operatsiya oksidlab tozalashdan so'ng bajariladi. Bunda erigan kislorod oksidsizlantirgichlar deb ataladigan qo'shimchalar yordamida erimaydigan oksidlarga bog'lanadi.

Metallni metallmas qo'shilmalar va gazlar ko'rinishida bo'ladigan aralashmalardan turli qo'shimchalar kiritib yoki tashqaridan ta'sir qilib tozalash mumkin. Metallni zararli aralashmalardan tozalaydigan flyuslar yoki boshqa qo'shimchalar metallga yo uning sirtiga (unda bu shlak bilan ishlov berishga teng kuchli, yo cho'michdagi 2 qalpoqcha yordamida sirt ostiga ($RF = F \cup K \cup OK$, 4.3- d rasm) kiritiladi. Bunda flyus qo'shimchalari qotishma bilan reaksiyaga kirishadi va gazlar hosil qiladi yoki bug'lanib ketadi. Hosil boigan gazlar zararli aralashmalarni birlashtirib ularni yuzaga chiqaradi.

Gazlar yuborib tozalash usuli (4.3- e rasm) xuddi shunday tozalash mexanizmiga ega. Gaz yo trubka orqali ust tomondan, yo cho'michdagi g'ovak po'kak orqali beriladi. Neytral gaz pufakchalarida metallda erigan gazlarning parsial bosimi boshlang'ich vaqtda nolga teng bo'ladi va shuning uchun ham ular pufakchalarga o'tadi. Bundan tashqari, gaz pufakchalari metallmas qo'shilmalarni ilashtirib, mexanik tarzda olib chiqib ketadi. Metallmas qo'shilmalardan tozalash ham maxsus qurilmalarda UF (4.2- rasmga q.) filtratsiya qilib bajariladi. Bunda metallmas qo'shilmalar filtrlarda adsorbsiyalanadi. Filtratsiyani gazlar yuborib tozalash bilan birgalikda bajarish mumkin: $NG \cup PGV \cup UF-UFG$ (10- f rasm). Buning uchun maxsus qurilma 1 da 2 filtr va gaz yuborish uchun 3 truba joylashtiriladi.

Erigan gazlardan tozalashda vakuumlash samarali choraladan hisoblanadi. Metall ustida vakuum yaratilganda muvozanat buziladi, buning natijasida gazlar chiqarib yuboriladi. 10- g rasmda vakuum- gaz bilan tozalash kamerasi ko'rsatilgan (VPK-NG U PGV U U VK U OK). Kamera 1 da 2 cho'mich joylashtiriladi, metall vakuumlanadi va u gaz bilan qo'shimcha tozalanadi. Ultratovush — UZ (4.2- rasmga q.) bilan ham muvozanatni buzish mumkin. Bunda suyuqlanmada kavitatsiya sodir bo'ladi va hosil bo'lgan bo'shliqlarga suyuq metallda erigan gaz intiladi. Gazlar pufakchalar yaratadi, so'ngra ular yuzaga suzib chiqib, suyuq metallni tozalaydi.



4.3- rasm. Quyma qotishmalarni tozalash metodlari.

Suyuq shlaklar, tuz suyuqlanmalarining elektrokimyoviy tabiati va ularda aralashmalarining ion holati tozalash maqsadida elektr maydondan yoki uning suyuqlanmalarni elektroliz qilish va ionlar harakati asosida pirometallurgik jarayonlar bilan kombinatsiyasidan foydalanishga imkon beradi.

4.2. Tozalash

Tozalash jarayonlarining fizik-kimyoviy asoslari. Tozalashning termodinamik shart- sharoiti — aralashmani chiqarib yuborish reaksiya- sida ΔG ning yuqori darajada manfiy qiymatga ega bo'lishidir:

$$[E_i] \rightarrow (E_i), \{ E_i \}.$$

Ushbu jarayon mexanizmi tozalash usuliga bog'liq bo'ladi. Masalan, umumiy bosimni pasaytirib vakuumlashda gazlarni eruvchanligi keskin kamayadi va ular suyuqlanmadan ajralib chiqa boshlaydi. Ya'ni mexanizm usul mohiyatining negizida va uning termodinamik xarakteristikasiga bog'liq. Masalan, desulfuratsiya shunga asoslanganki, desulfuratsiya reaksiyasining natijasida hosil bo'ladigan kalsiy sulfidi barcha sulfidlardan eng kichik ΔG qiymatga ega bo'ladi.

Tozalash kinetikasi ham uning mexanizmiga uzviy bog'langan va tozalash qaysi usulda bajarilishiga bog'liq. Bir-biridan prinsip jihatdan farqlanadigan ikkita jarayon mavjud. 4.4- a rasmda ichida V hajmni egallaydigan va M_0 massaga ega bo'lgan tozalanadigan qotishma bo'lgan muayyan sig'imda amalga oshiriladigan jarayon sxemasi ko'rsatilgan. Tozalash Ω yuza orqali amalga oshiriladi. Oqimdagi aralashmalar massasi Fik qonuni bo'yicha aniqlanadi:

$$\frac{dM_{i(\tau)}\omega^2}{d\tau} = -k \cdot \Omega(K_i - K_i^\omega), \quad (4.6)$$

Yoki
$$\frac{dI_{i(\tau)}}{d\tau} = -\beta \cdot \Omega(C_i - C_i^\omega), \quad (4.7)$$

bu yerda: $M_{i(\tau)}$ — τ vaqt ichida chiqarib yuborilgan i - komponent massasi, kg; k — massa uzatish koeffitsiyenti, $\text{kg/s} \cdot \text{m}^2 \cdot \%$; K_i va K_i^ω — hajmda va ajralish sirtida i — aralashma konsentratsiyasi, massadan % hisobida; Ω — ajralish sirti yuzasi, m^2 ; I_i — vaqt τ_0 ichida chiqarib yuborilgan i - komponent moddalari miqdori, mol; β —

massa uzatish koeffitsiyenti; C_i va C_i^ω — i- komponent konsentratsiyasi, mol/m³.

Tozalash jarayonining bunday tipi kinetik tip deb atalgan [3].

Amaliy hisoblashlar uchun (4.6) va (4.7) ifodalarni

$$\left(1 - \frac{C^\omega}{C}\right) = const$$

deb qabul qilib, soddalashtirish mumkin. U holda:

$$\frac{dI_{i(\tau)}}{d\tau} = -\beta^e \cdot \Omega \cdot C_i . \quad (4.8)$$

$V=const$ da 0 - τ_t va $C_i^0 - C_i$ chegaralarida integrallangandan so‘ng quyidagiga ega bo‘lamiz:

$$C_i = C_i^0 \exp\left(\beta^e \frac{\Omega}{V} \tau_t\right) , \quad (4.9)$$

bu yerda: τ_t — tozalash vaqti, s; C_i^0 — i- komponentning boshlang‘ich konsentratsiyasi, %.

Oqim massasini kg/s da ifodalab ($M_i = \frac{M_{i(\tau)}}{\tau}$), quyidagiga ega bo‘lamiz:

$$\frac{dM_{i(\tau)}}{d\tau} = -k^v \cdot \Omega \cdot K_i , \quad (4.10)$$

$$K_i = K_i^0 \exp\left(k^v \frac{\Omega}{M_0} \cdot \tau_t\right) , \quad (4.11)$$

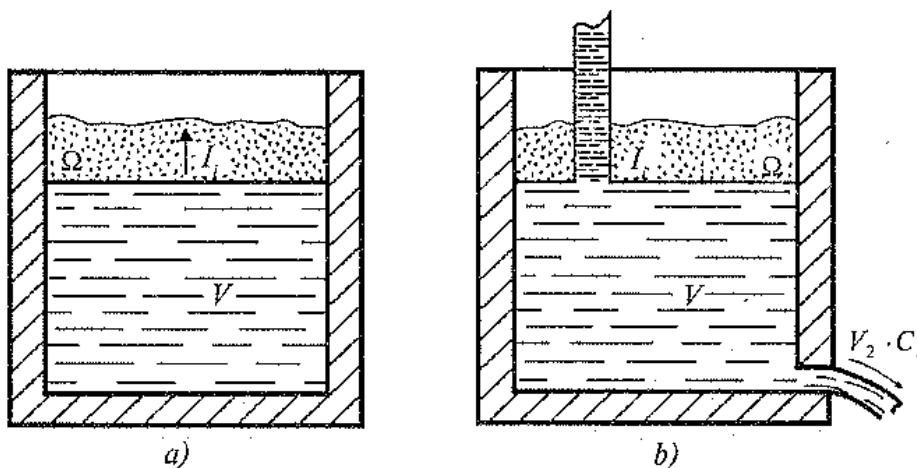
Ya’ni tuyulma massa uzatish koeffitsiyenti k^v ga ega soddalashtirilgan ifoda.

Tozalash jarayonining ikkinchi tipi (4.4- b rasm) kvazimuvozanat tip deb atalgan [3]. U uzluksiz amalga oshiriladi, ya’ni metall uzluksiz tozalash sig‘imiga — reaktorga tushib, o‘zi bilan v_1 tezlikda C_i^0 aralash-ma oqimini olib kiradi va aralashmaning C_i qoldiq miqdorini olib, v_2 tezlikda undan uzluksiz chiqib ketadi.

U holda:
$$\frac{dI_i(\tau)}{d\tau} = v_1 \cdot C_i^0 - v_2 \cdot C_i - \beta \cdot \Omega \cdot (C_i - C_i^\omega) . \quad (4.12)$$

Tozalashning bunday tipi barcha qayta suyuqlantirish jarayonlari uchun xarakterlidir. Bunda, odatda, $v_1 = v_2 = v$. Demak,

$$\frac{dI_i(\tau)}{d\tau} = v(C_i^0 - C_i) - \beta^e \cdot \Omega \cdot C_i . \quad (4.13)$$



4.4- rasm. Kinetik (a) va kvazimuvozanat (b) tozalash sxemalari.

Agar jarayon boshlanishida reaktor tarkibida *i*- komponent bo‘lmagan deb qabul qilinsa (masalan, jarayon bo‘sh sig‘imda qayta suyuqlantirishdan boshlangan) va (4.13) tenglama integrallansa, quyidagiga ega bo‘lamiz:

$$\frac{C_i^0}{C_i} = 1 + \frac{\beta^e \Omega}{v} . \quad (4.14)$$

v/Ω nisbat solishtirma unumdorlik, ya’ni reaksiya sodir bo‘ladigan yuza birligi *P* ga to‘g‘ri keladigan unumdorlik deb ataladi. Bunda

$$C_i = \frac{C_0}{1 + \frac{\beta^e}{P}} . \quad (4.15)$$

Shunday qilib, kvazimuvozanat jarayonining tozalash qobiliyati uning solishtirma unumdorligiga bog‘liq. Binobarin, Ω va ν larning qiymati C_i ning talab etiladigan qoldiq darajasiga bog‘liq bo‘ladi. Kinetik usulda tozalashda talab etiladigan C_i qiymatga τ_t va Ω larni o‘zgartirib erishiladi.

Tozalash usuli ko‘rib o‘tilayotgan jarayonning imkoniyatlarini termodinarnik analiz qilish, uning mexanizmini analiz qilish va uning parametrlarini kinetika jihatidan aniqlash asosida tanlanadi.

Tozalash sirtida sodir bo‘ladigan hodisalarga sezilarli darajada bog‘liq. Unga sirtiy aktiv moddalar, ya’ni fazalarning ajralish yuzasida to‘planishga va uning erkin energiyasini pasaytirishga qobil bo‘lgan moddalar jiddiy ta’sir ko‘rsatadi. Bunda yuzada to‘plangan moddalar hajmda to‘plangan moddalardan ancha farq qilishi mumkin:

$$N_i^\omega = N_i + \omega \cdot \Gamma_i . \quad (4.16)$$

bu yerda: Γ_i — adsorbsiyalangan modda miqdori (2.43 formulaga q); N_i^ω va N_i — yuza va hajmdagi i- komponentning mol ulushi; ω — 1 molga to‘g‘ri keladigan sirt yuzasi, m²/mol.

Masalan, oltingugurt uchun uning hajmiy konsentratsiyasi 0,05 bo‘lganda, sirtiy konsentratsiya 20% ga yetadi [9].

Agar jarayon diffuziya bilan limitlansa, unda sirtiy aktiv moddalar uning tezligiga ta’sir qilmaydi. Shu holning o‘zida sirtiy aktiv moddalarning o‘zi ajralish sirtida reaksiyaga kirishsa, jarayon ikkita variantga ega bo‘lishi mumkin:

— kimyoviy akt bilan limitlanish (kinetik tenglamaga adsorbsiyani hisobga olib sirtiy konsentratsiya qiymati qo‘yiladi);

— diffuziya bilan limitlash (yuqori darajadagi sirtiy konsentratsiya ishlab chiqiladi va C^ω kattalik hajmdagi konsentratsiyaga qaraganda past bo‘ladi).

Shu boisdan bittasi sirtiy aktiv modda hisoblangan komponentlarning o‘zaro ta’sirlashish katta tezliklari diffuzion tormozlash uncha sezilarli bo‘lmagan hollarda kuzatiladi.

Metallmas qo'shilmalarning hosil bo'lishi va chiqarib tashlanishi.

Qo'shilmalarning hosil bo'lish jadalligi vaqt birligi ichida hajm birligida ularning hosil bo'ladigan miqdori bilan baholanadi [9]:

$$I = [n^\omega \left(\frac{\sigma_{m-q}}{kT}\right) \cdot \left(\frac{2V}{9\pi}\right)^{1/3} n \frac{kT}{h}] e^{-\frac{\Delta G}{kT}}, \quad (4.17)$$

bu yerda: I – qo'shilmalarning hosil bo'lish jadalligi, dona/m³ · s; n^ω – kritik o'lchamli qo'shilma sirtidagi atomlar soni; n — dastlabki fazaning hajm birligidagi atomlar soni; σ_{m-q} — metall- qo'shilma chegarasidagi fazalararo taranglik; V — hosil bo'ladigan fazaning mol hajmi; ΔG — kritik o'lchamli kurtaklar hosil bo'layotganida erkin energiyaning o'zgarishi:

$$\Delta G = \frac{16\pi\sigma_{m-q}^3 V^2}{3(kT)^2 (\ln \alpha)^2}. \quad (4.18)$$

α — o'ta to'yinish darajasi (element- oksidsizlantirgich va kislorodning amaldagi konsentratsiyasi ko'paytmasining muvozanat konsentratsiyaga nisbati).

Qo'shilmalar suyuqlanmadan ikkita bosqichda: qo'shilmalarni hajmdan ajralish sirtiga ko'chirishda va ularning fazalararo chegaradan o'tishida chiqarib yuboriladi. Qo'shilmalarning fazalar orasidagi chegaraga ko'chirilishi suzib chiqish va konvektiv oqimlar, shuningdek, gaz pufakchalari hisobiga amalga oshirilishi mumkin. Birinchi va uchinchi yo'llar qaytmasdir. Konvektiv ko'chirish esa qaytar yo'ldir, ya'ni konvektiv oqimlar metallmas qo'shilmalarni suyuqlanmaga faqat kiritishi emas, balki chiqarishi ham mumkin. Masalan, induksion pechlarda aluminiy qotishmalarini suyuqlantirishda jadal aralashtirish himoya pardasi Al_2O_3 ni ilib ketishi mumkin. Qo'shilmalarning suzib chiqishi Stoks qonuniga bo'ysunadi:

$$v = \frac{2}{9} \cdot g \cdot r^2 \frac{\rho_m - \rho_q}{0,1\eta}, \quad (4.19)$$

bu yerda: v — suzib chiqish tezligi, m/s; r — qo‘shilishlar radiusi, m; ρ_m va ρ_q — metall va qo‘shilmalar zichligi, kg/m³; η — qovushoqlik, Pa · s.

Fazalarning ajralish chegarasidan o‘tishi sirtiy hodisalarga bog‘liq. Metalldan shlakka o‘z- o‘zidan o‘tish sharti quyidagidan iborat:

$$\sigma_{m-q} + \sigma_{m-sh} > \sigma_{sh-q} . \quad (4.20)$$

Yomon ho‘llanadigan qo‘shilmalar (Al₂O₃, ZnO₂ va boshq.) ajralish chegarasini qarshiliksiz o‘tadi. Metall bilan yaxshi ho‘llanadigan qo‘shilmalar (po‘lat uchun bu FeO, MnO, SiO₂) ajralish chegarasida to‘planishi mumkin, u yerdan konvektiv oqimlar ularni qaytadan suyuqlanma hajmiga olib ketishi mumkin. Bunda konvektiv oqimlarning tezligi jiddiy ahamiyatga ega. Bu tezlik induksion pechlarda juda yuqori (3—8 m/s) va alanga pechlarida juda kichik (0,1—1 m/s) bo‘ladi.

Suyuqlanmalarda gaz pufakchalarining hosil bo‘lishi va undan chiqarib yuborilishi sirtiy hodisalarga hamda ko‘rib o‘tilayotgan sistemada bosim kattaliklariga bog‘liq. Suyuqlanma ichida radiusi r bo‘lgan pufakchaga gazning ajralib chiqishi uchun zarur bo‘lgan eng kichik bosim quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$p_{min} = p_{atm} + \gamma_m h_m + \gamma_{sh} h_{sh} + \frac{2\sigma}{r} , \quad (4.21)$$

bu yerda: γ_m va γ_{sh} — metall va shlakning solishtirma og‘irligi, g/sm³;

$$\gamma_m(\gamma_{sh}) = \rho_m(\rho_{sh}) \cdot 9,8 \frac{N}{m^3}$$

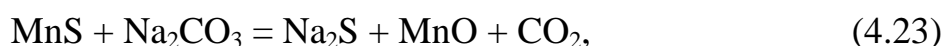
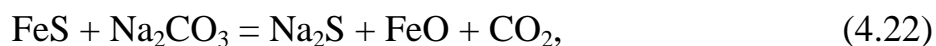
ρ_m va ρ_{sh} — metall va shlak zichligi, g/sm³; h_m va h_{sh} — metall va shlak qatlamining balandligi, m; p_{atm} — 98065 Pa — atmosfera bosimi; σ — sirt taranglik, N/m.

Pufakchalarning hosil bo‘lishi va ularning chiqarib yuborilishi bilan, masalan,

po‘latning $\text{FeO} + \text{C} = \text{Fe} + \text{CO}$ reaksiya bo‘yicha qaynashi va aluminiy qotishmalarining xloridlar bilan tozalanishi $3\text{ZnCl}_2 + 2\text{Al} = 2\text{AlCl}_3 + 3\text{Zn}$ xarakterlanadi, bunda gazsimon AlCl_3 ning suzib chiqadigan pufakchalari tozalagich rolini bajaradi.

Tozalash samaradorligi termodinamik va kinetik faktorlar qanchalik to‘g‘ri hisobga olingan va tanlangan tozalash usulida jarayon mexanizmi qo‘yilgan masalaga qanchalik javob berishiga bog‘liq bo‘ladi.

Pechdan tashqarida tozalash metodlari va usullari. Pechdan tashqarida tozalash zararli qo‘shimmalardan ancha chuqur tozalashga yordam beradi. Cho‘yanni suyuqlantirishda pechdan tashqarida tozalash usuli kam qo‘llaniladi, chunki uning tarkibida geterogen fazalar miqdori ancha bo‘ladi va uni tozalash zaruriyati tarkibida oltingugurt kam bo‘lgan maxsus cho‘yanlarni olishdagina vujudga keladi. Bunday holda cho‘yan odatdagi kovshda yoki maxsus qurilmalarda (4.5- rasm) ishlanadi. Tozalash operatsiyasi aralashtirilayotgan cho‘yanga turli qo‘shimchalar kiritib amalga oshiriladi. Qo‘shimchalar sifatida soda va kalsiy karbididan foydalaniladi. Oltingugurt quyidagi reaksiyalar bo‘yicha chiqarib yuboriladi:



Lekin shuni hisobga olish kerakki, kalsiy karbidini kiritishda cho‘yan uglerodlanishi mumkin:



Chet el firmalarining tajribasi shuni ko‘rsatadiki [17], cho‘yan kovshda tozalanganda (4.5- a rasm) uning tarkibidagi oltingugurtni 0,1% dan 0,005% gacha kamaytirish mumkin. 3 min davomida tozalash sharsimon grafitli juda puxta

cho‘yan olish maqsadida keyinchalik modifikatorlar bilan ishlov berish uchun yetarli bo‘ladigan darajagacha oltingugurt miqdorini kamaytirishga imkon beradi.

Metallmas qo‘shilmalarning miqdori va tuzilishi po‘latning sifatiga jiddiy ta‘sir qiladi, shuning uchun pechdan tashqarida tozalash uning sifatiga ta‘sir qilishga imkon beradi [5, 18].

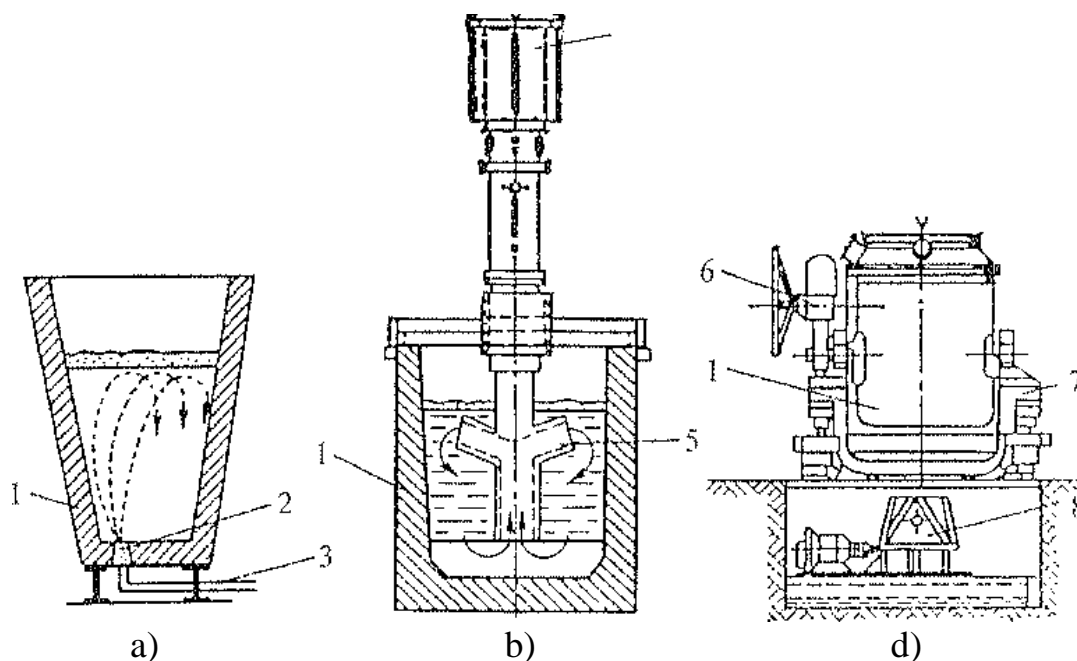
Suyuqlantirib olinayotgan po‘latlar sortamenti va foydalaniladigan asbob-uskunalariga qarab: po‘latga suyuq oq yoki sintetik shlaklar, fluslar poroshogining aralashmalari bilan, shuningdek, neytral gazlar yordamida tozalab, injektor vositasida poroshok kiritib tozalab, vakuumlash hamda kovshda ishlov berish turlarini vakuumlash bilan birgalikda bajarib, suspensiyani quyib kompleks yoki alohida-alohida ishlov berish amalga oshiriladi.

Elektr pechlarda asosliligi 2,5 dan ortiq va tarkibida 1% gacha FeO bo‘lgan (FeO kuchli desulfuratsiyalovchi reagent hisoblanadi) oq shlaklardan foydalaniladi. Po‘lat bu shlaklar ostida saqlab turilganda diffuziya jarayonlari suyuqlantirib olingan po‘latni kovshga chiqarish vaqtida uning shlak bilan tez siljishi hisobiga tezlashtirilishi mumkin. Avval unga shlakning katta qismi quyiladi, so‘ngra esa balandlikdan kuchli po‘lat oqimi beriladi. Bunda shlak po‘latning butun massasi bilan o‘zaro ta‘sirlashadigan tomchi ko‘rinishidagi emulsiyaga aylanadi va oltingugurt hamda kislorod miqdori 2—3 marta kamayadi. Sintetik suyuq shlak alohida agregatda tayyorlanadi. Optimal ishlov berish sharoitlari uchun shlak miqdori metall massasidan 3—5% ni tashkil qiladi, shlakning tarkibi 60% CaO va 40% Al₂O₃, suyuqlanish temperaturasi 1410°C. Sintetik shlaklar bilan ishlangandan keyin kislorod miqdori 0,003% gacha, oltingugurt esa 0,005—0,01% gacha kamayadi.

Ishlov berish uchun yangi so‘ndirilgan ohak (80%) va plavik shpati (20%) poroshoklari aralashmasidan ham foydalaniladi. Aralashma 2—3% miqdorida po‘lat oqimiga beriladi. Bunda oltingugurt miqdori 1,5—2 marta kamayadi. Lekin bu holda chiqarilayotgan po‘latning temperaturasini 20—30 °C ga oshirish zarur.

Po‘latga neytral gazlar bilan ishlov berish pech tubida o‘rnatilgan o‘tga chidamli g‘ovak magnezit quyma- bloklar, soxta stopor yoki o‘tga chidamli material bilan

qoplangan maxsus choʻktirma furnalar orqali bajariladi. 3- 7 minut quritilgandan (tozalangandan) keyin tarkibdagi kislorod miqdori 10—20% ga, vodorod miqdori 15—30% ga kamayadi, azot biroz chiqarib yuboriladi. Ishlov berish natijasida poʻlatning mexanik xossalari sezilarli darajada yaxshilanadi. Nisbiy uzayish va siqilishi 10—25% ga, zarbiy qovushoqligi 15—30% ga ortadi.



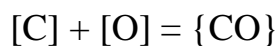
4.5- rasm. Choʻyanni kovshda tozalash uchun qurilma:

a — havo oqimi bilan tozalanadi; b — kovshda qorgich bilan aralashtiriladi;

d — buriladigan kovshda aylanuvchi mexanizm bilan aralashtiriladi;

1 — kovsh, 2 - gʻovak tiqin, 3 — azot yoki boshqa gazni uzatish, 4 — qorgich uzatmasi, 5 — naysimon qorgich, 6 — burish uzatmasi, 7 — aylanuvchi mexanizm, 8 — uzatma.

Poʻlatning sifatini yaxshilash uchun vakuumdan foydalanish. Bu maqsadda vakuumda suyuqlantirish va pechdan tashqarida vakuumlash usullaridan foydalaniladi. Pechdan tashqarida vakuumlash shundan iboratki, istalgan poʻlat suyuqlantirish pechida olingan suyuq poʻlat quyish oldidan vakuumda saqlab turiladi, buning natijasida unda erigan vodorod hamda azot chiqarib yuboriladi. Bu holni bosim pasayganda gazlar eravchanligining kamayishi bilan tushuntirish mumkin. Sunday sharoitlarda poʻlat tarkibida boʻlgan kislorod va uglerod oʻzaro toʻlaroq taʼsirlashadi. Hosil boʻladigan uglerod oksidi



gaz fazasiga o'tadi. Bu reaksiyaning muvozanati umumiy bosimning pasayishi hisobiga o'ng tomonga siljiydi. Bu reaksiyaning muvozanat konstantasi quyidagi korinishga ega:

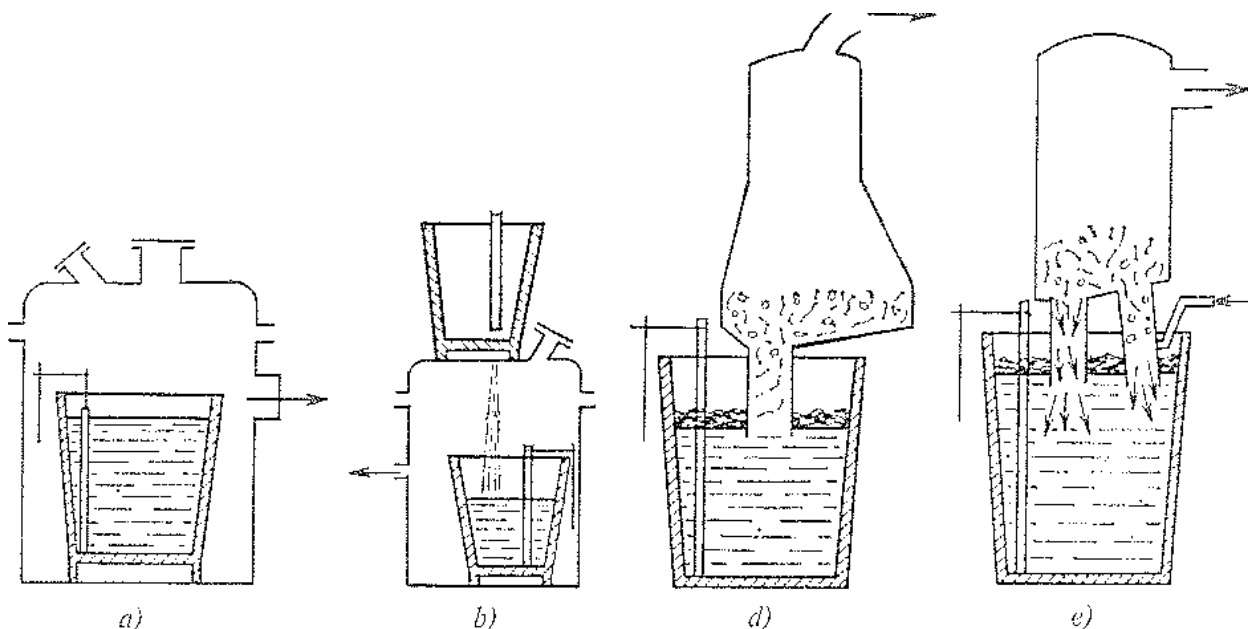
$$K_m = \frac{p_{CO}}{a_C \cdot a_O},$$

bu yerda: p_{CO} – CO ning parsial bosimi (parsial bosim umumiy bosimdan ulush ko'rinishida aniqlanadi, shuning uchun vakuumlashda p_{CO} keskin pasayadi).

Po'latni pechdan tashqarida vakuumlashning to'rtta usuli mavjud:

1) maxsus kamerada kovshda (po'latli kovsh kameraga joylash- tiriladi, u germetik bektiladi va unda vakuum yaratiladi, 4.6- a rasm);

2) metallni kovshdan kovshga quyishda (bo'sh kovsh kamerada o'rnatiladi, u yerda vakuum yaratiladi va saqlab turiladi, 4.6- b rasm); metall to'kib bo'shatiladigan kovsh tegishlicha zichlanib, vakuum kamerasi ustida o'rnatiladi;



4.6- rasm. Po'latni pechdan tashqarida vakuumlash usullari:

a — kovshda (kamerada); b — kamerada kovshdan kovshga qayta quyishda;

d — parsial vakuumlash, e — sirkular kamerada vakuumlash.

3) po‘latni parsial vakuumlash (metall kichik porsiyalar bilan vakuum kamerasi orqali o‘tkaziladi, 4.6- d rasm; vakuumlash po‘latni pastga tushadigan va ko‘tariladigan kameraga vaqt- vaqti bilan olish natijasida sodir bo‘ladi);

4) sirkulatsion kamerada vakuumlash (metallni sirkulatsiya qilish neytral gaz bilan puflash hisobiga amalga oshiriladi, 4.6- e rasm).

Vakuumba metallni pechdan tashqarida degazatsiya qilish vodorodning miqdorini dastlabki miqdordan 40—60% ga, kislorodni 50—70% ga, azotni 5—10% ga pasaytirishga, shuningdek, metallmas qo‘shilmalar miqdorini kamaytirishga imkon beradi. Po‘latni vakuumda ishlash natijasida uning elastikligi, zarbiy qovushoqligi, sovuqqa chidamliligi ortadi va darzlar hosil bo‘lishga moyilligi pasayadi.

Agar barcha suyuqlantirish jarayoni vakuumda sodir bo‘lsa, vakuumda ishlov berish samaradorligini oshirish mumkin [25]. Bu jarayon induksion vakuum pechlarida (IVP) amalga oshiriladi. Po‘lat chuqur degazatsiyalanadi, vakuumda uzoq muddat saqlab, ancha tola oksidsizlantiriladi va elektr magnit vositasida aralashtiriladi. Bunda po‘latdan yengil uchuvchan rangli metallar aralashmasi chiqarib yuboriladi.

Induksion vakuum pechida amalda istalgan kimyoviy tarkibli po‘latni suyuqlantirib olish mumkin (yengil uchuvchan metallari bo‘lgan legirlangan po‘latlar bundan mustasno). IVPda, odatda, olovbardosh va yuqori legirlangan po‘latlar suyuqlantiriladi. Ulardan ba’zi birlarini oddiy pechlarda olib bo‘lmaydi, chunki havoda suyuqlantirish imkoniyati cheklangan. Faqat vakuumda suyuqlantirish usuli qo‘llanilgandagina tarkibida aluminiy, titan, bor va shular kabi elementlari bo‘lgan murakkab tarkibli qotishma hamda po‘lat ishlab chiqarish imkoni bo‘ladi.

Vakuumba suyuqlantirishda suyuq metallda sodir bo‘ladigan jarayon bir- biri bilan o‘zaro bog‘langan hamda bir yo‘la sodir bo‘ladi. Metallni uglerod bilan oksidsizlantirish (bunda uglerod oksidi yoki uglerod ikki oksidi ajralib chiqadi) azot va vodorodning ajralib chiqishi, metallmas aralashmalarining suzib chiqishi hamda qaytarilishi, tez uchuvchan komponentlar aralashmalarining bug‘lanishi va

hokazolar bilan birgalikda sodir bo‘ladi. Bu jarayondan foydalanilganda tarkibida kislorodi kam metall olish imkoniyati tug‘iladi. Oksidsizlantirishda qariyb metallda erimaydigan uglerod oksidi va uglerod ikki oksidi hosil bo‘ladi. Ular reaksiya zonasidan chiqib ketadilar va suyuq metallardan ajralib chiqadilar, bu esa uglerod bilan oksidsizlantirishning kislorod bilan o‘zaro ta’sirlashish mahsulotlari metallda qoladigan boshqa oksidsizlantirgichlardan foydalanishga qaraganda afzal ekanligini ko‘rsatadi. Vakuum qanchalik chuqur va CO bosim qanchalik past bo‘lsa, uglerodning oksidsizlantirish qobiliyati shunchalik yuqori hamda uglerodning berilgan konsentratsiyasi bilan shunchalik oz miqdordagi kislorod muvozanatda bo‘lishi kerak.

Lekin oksidsizlantirgich sifatida bitta uglerodning ishlatilishi po‘latning, ayniqsa kam uglerodli po‘latning to‘la oksidsizlanishini ta’minlamaydi. Chuqur oksidsizlantirish uchun metall oksidsizlantirgichlardan ham foydalanish kerak. Vakuumda oksidsizlantirganda odatdagi ochiq sharoitlarda suyuqlantirishdagi oksidsizlantirishga qaraganda (bunda kiritiladigan elementlar shlak va oksidlovchi atmosfera bilan oksidlanadi) metall oksidsizlantirgichlar ancha kam talab etiladi.

Legirlash uchun, odatda, sof materiallardan foydalaniladi. Agar ferroqotishmalar ishlatilsa, ularni pechga yuklashdan oldin adsorbsiyalangan gazlar va namlikni chiqarib yuborish hamda vannaga materialning sovuq bo‘laklari tushganda suyuq metallning qattiq chayqalib sepilishining oldini olish uchun yaxshilab qizdiriladi. Yirik IVPlarda suyuq holda quyish usulidan foydalaniladi. Yarim (chala) mahsulot sifatida yoy pechida suyuqlantirib olingan yarim oksidsizlantirilgan po‘latdan foydalaniladi. Sovuq tigel gaz gorelkasi bilan 700 °C gacha qizdiriladi. Suyuq metall pech ichida o‘rnatilgan maxsus quyish trubasi yordamida quyiladi. Truba po‘lat oqimini bevosita tigelga yo‘nlatiradi va metall siyraklashtirilgan atmosferaga tushganda uning sachrashini kamaytiradi; bosim bundan oldin 300—330 Pa gacha pasaytiriladi. Suyuq metall yuklab ishlaganda suyuqlantirib olish vaqti qisqaradi [25].

Eng muhim davr tozalash davri hisoblanadi. Bu davr metallardan eriydigan gazlar, uglerod va oltingugurtni chiqarib yuborish uchun zarur bo‘lgan texnologik

operatsiyalarni o‘z ichiga oladi. Bu davr ichida metall shixta tarkibidagi uglerod hisobiga ham, shuningdek, grafit, cho‘yan, uglerodli ferroqotishmalar hisobiga ham uglerod bilan oksidsizlantiriladi. Uglerod bilan oksidsizlantirishda saqlab turish vanna to‘la tinchimaguncha davom ettiriladi. Vakuumlash metalldan vodorod, azot va kislorodni chiqarib yuborishga yordam beradi.

Metalldagi kislorod konsentratsiyasini pasaytirish uchun yakunlovchi bosqichda metall oksidsizlantirgichlar: aluminiy seriy bilan, shuningdek, ligaturalar ko‘rinishidagi kalsiy yoki magniy ishlatiladi.

Rangli qotishmalarni pechdan tashqarida tozalash kovshda xlorli va fluorli tuzlar bilan ishlov berish, vakuumlash hamda filtrlash yo‘li bilan bajariladi. Ayrim hollarda elektr flus yordamida tozalash qo‘llaniladi. Vakuumlashda eng yuqori darajada degazatsiyalashga erishiladi. Vakuumda metall 1330 Pa bosimda 10—30 min davomida saqlab turiladi; bunda suyuqlanmaning temperaturasi 720—740 °C atrofida saqlab turiladi. Vakuumlash qizdirmasdan olib boriladigan hollarda suyuqlanma ishlov berish oldidan 760—780 °C gacha o‘ta qizdiriladi.

Aluminiy suyuqlanmalarini metallmas qo‘shilmalardan tozalash uchun to‘r donador va g‘ovak keramik filtrlar orqali filtrlash, shuningdek, elektr flus yordamida tozalash qo‘llaniladi. To‘r filtrlar suyuqlanmalarni yirik qo‘shilmalar hamda pardalardan tozalash uchun keng ko‘lamda qo‘llaniladi. Ular o‘lchami to‘r katagidan katta qo‘shilmalarni ajratadi. To‘r filtrlarni tayyorlash uchun katagining o‘lchamlari 0,5 x 0,5 dan 1,5 x 1,5 mm gacha bo‘lgan shisha matodan va titandan tayyorlangan metall to‘rdan foydalaniladi. Shisha matodan tayyorlangan filtrlar litnik kanallarida o‘rnatiladi: ularning ishlatilishi yirik metallmas qo‘shilmalar va pardalarni 1,5—2 marta kamaytirishga imkon beradi, lekin ular dispers qo‘shilmalar hamda vodorod miqdoriga ta‘sir qilmaydi. Donador filtrlar yordamida tozalash ancha sezilarli natija beradi, chunki ular metallga tegib turadigan yuzasining kattaligi hamda o‘zgaruvchan kesimli, uzun ingichka kanallarga ega ekanligi bilan farqlanadi.

Aluminiy suyuqlanmalarini pardalar va yirik qo‘shilmalardan eng samarali tozalash usullaridan biri — elektr flus yordamida tozalashdir. Bu jarayonning

mohiyati shundan iboratki, suyuqlanmaning ingichka oqimlarini suyuq flus qatlami orqali bir yo‘la metallni qoplab o‘tkazilganda va o‘zgarmas hamda o‘zgaruvchan tok maydonining flusi qo‘shilmalarni flus bilan adsorbsiyalanishi uchun qulay sharoitlar yaratishidan iborat. Buning natijasida metall bilan chegaradosh zonada fazalararo taranglikpasayadi [23].

4.3. Legirlash

Temir- uglerodli qotishmalarni legirlash. Temir- uglerodli qotishmalar uchun legirlovchi elementlar sifatida Cr, Ni, Mo, W, V, Ti, Al, Nb, Co, Cu va boshqa elementlar, shuningdek, odatdagi miqdorga qaraganda orttirilgan miqdorda Mn va Si ishlatiladi.

Legirlangan po‘latlarni suyuqlantirish jarayonini to‘g‘ri olib borish uchun suyuq temirda elementlarning erish darajasini va ularning suyuqlanma xossalariga ta‘sirini bilish zarur. 4.1- jadvalda po‘lat suyuqlantirish jarayonlari temperaturasida (1400—1550 °C) suyuq temirda turli elementlarning eruvchanligi xarakteristikasi haqidagi ma’lumotlar keltirilgan [24, 26].

Suyuq po‘latda eriydigan legirlovchi elementlar uning qotgan holatdagi xossalarigagina ta‘sir qilib qolmasdan, balki suyuq suyuqlanmaning xossalarini (termodinamik xarakteristikalarini, likvidus—solidus temperaturasini, quyilish xossalarini va boshq.) ham o‘zgartiradi. Legirlovchi elementlarning o‘zi esa suyuqlanmaga kirib, o‘zining individual xossalarini yo‘qotadi.

Turli legirlovchi elementlar ularning konsentratsiyasiga, atom massasiga hamda qotayotganida yoki suyuqlanayotganida suyuq va qattiq fazalar orasida taqsimlanishiga qarab po‘latning suyuqlanish temperaturasini ma’lum darajada pasaytiradi. Legirlangan po‘latlarni suyuqlantirish vaqtida ayrim hollarda aralashganda ajraladigan ozgina issiqlik effektini (masalan, marganesni temir bilan aralashtirganda) hisobga olmasa ham bo‘ladi, boshqa hollarda (masalan, suyuqlantirilgan temirga kremniy qo‘shganda) uni hisobga olish lozim, chunki juda ko‘p miqdorda issiqlik ajraladi.

Ba’zi bir legirlovchi elementlar boshqa elementlar yoki aralashmalar bilan

o‘zaro ta’sirlashadi.

4.1- jadval

To‘la	Qisman	Erimaydi	Gazsimon holatda bo‘ladi (eruvchanligi noma’lum)
Aluminiy*		Qo‘rg‘oshin	Natriy
Mis		Kumush	Litiy
Marganes	Molibden**	Vismut	Magniy
Nikel	Volfram**		Kalsiy
Xrom*	Bor		Rux
Kremniy*			Kadmiy
Surma*	Uglerod*		Qo‘rg‘oshin
Titan*	Oltinugurt*		
Seriy*	Fosfor*		
Berilliy*	Kislorod		
Qalay*	Azot*		
Vanadiy	Vodorod		
Sirkoniy*	Mishyak*		

* Temir bilan kimyoviy birikma hosil qiladi.

** Ancha yuqori temperaturalardagi to‘la aralashuvchanlik.

Masalan, suyuq suyulmadagi titan, aluminiy va ba’zi boshqa elementlar kislorod, azot, oltinugurt va boshqalar bilan o‘zaro ta’sirlashadi. O‘zaro ta’sirlashmaydigan elementlarga legirlovchi ta’sir ko‘rsatishi mumkin. Shu sababli legirlangan po‘latlarni suyuqlantirib olishda suyuqlanmada sodir bo‘ladigan fizik- kimyoviy jarayonlarni termodinamik baholash ayniqsa muhimdir. Suyuqlanmaga ko‘pchilik legirlovchi qo‘shimchalar qotishmalar ko‘rinishida kiritiladi, buni issiqlik effektini hisobga olishda nazarda tutish lozim. Suyuqlanmaga ko‘p miqdorda kremniy yoki ferrosilitsiy kiritilganda suyuqlanma ancha issiqlik yo‘qotishiga qaramasdan (atrofdagi muhitga, futerovka orqali va h.k.), uning temperaturasi sezilarli darajada ortishini hisobga olish lozim. Legirlovchi qo‘shimchalarning yo‘qotilishi suyuqlantirish sharoitlariga bog‘liq. Po‘lat vakuumda suyuqlantirilganda elementlar oksidlanmaydi, lekin nisbatan oson bug‘lanadigan elementlar miqdori (marganes, qo‘rg‘oshin va rux kabi elementlar) kamayishi mumkin. Himoya inert gazi muhitida qayta suyuqlantirganda po‘latda

legirlovchi elementlarning asosiy qismi saqlanib qoladi, lekin ularning qandaydir miqdori bug‘lanish natijasida baribir yo‘qoladi.

Rangli qotishmalarni legirlash. Aluminiy qotishmalarida asosiy legirlovchi elementlar sifatida Mg, Cu, Si va boshqalar, magniy qotishmalarida Sn, Al, Zn, Ni va boshqalar, mis qotishmalarida Zn, Sn, Sb, Al, Ti, Si, Be va boshqalar ishlatiladi. Rangli qotishmalarni legirlash suyuqlantirishda asosiy operatsiyalardan biri hisoblanadi va tarkibi maxsus tanlangan ligaturalar yordamida yoki tayyor ligaturalardan foydalanib bajariladi. Quymakorlikda rangli qotishmalar sof komponentlar bilan kamdan kam legirlanadi; ko‘pincha, ligaturalar yoki legirlovchi elementlar quyma qotishmalarni tayyorlash jarayonida kiritiladi. Bu qotishmalarning tarkibida asosiy komponentlar ham, legirlovchi komponentlar ham bundan oldin bo‘lgan.

4.4. Modifikatsiyalash

Umumiy xarakteristikasi. Modifikatsiyalash deb, qotishmaning kristallanishi va strukturasi maxsus qo‘shimchalar — modifikatorlar kiritib ta’sir etilishiga aytiladi. Modifikatsiyalash oitiqcha fazalarni dispers yoki koagulatsiyalangan ajratmali mayda donador struktura (intermetallidlar, karbidlar, grafit va h.k.) olish maqsadida amalga oshiriladi. Modifikatsiyalovchi effektning namoyon bo‘lishiga qarshilik ko‘rsatadigan qo‘shimchalar yoki aralashmalar demodifikatorlar deb ataladi.

Modifikatsiyalovchi qo‘shimchalar ularning kristalik kurtaklarning hosil bo‘lish jarayoniga fizik- kimyoviy ta’sir etish tabiatiga ko‘ra I va II tur modifikatorlarga bo‘linadi. I tur modifikatorlar jumlasiga suyuqlanmada kristallizatsiyalanish markazlari shakllanadigan va yuqori dispers qattiq zarrachalar hosil qiladigan moddalar kiradi. II tur modifikatorlar jumlasiga esa kristalik kurtak qirralarida tanlab adsorbsiyalanadigan hamda fazalararo sirt taranglikni va kristallarning o‘shish xarakterini o‘zgartiradigan eruvchan moddalar kiradi. Aluminiy qotishmalari uchun I tur modifikatorlar jumlasiga titan yoki vanadiy qo‘shimchalari, po‘lat uchun — aluminiy va titan qo‘shimchalari kiradi.

Yangi qotishmalar uchun modifikatorlar ishlab chiqishda ko‘pincha turli elementlarning oldindan ma’lum bo‘lgan ta’sir etish qonuniyalariga amal qilinadi. Masalan, I gramma elementlari (Li, Na, K, Pb, Cs) ning qo‘shimchalari aluminiy qotishmalarining strukturasi; noyob- yer elementlariniki po‘latning strukturasi; III gramma elementlari (Sc, Y, La) ning qo‘shimchalari cho‘yan strukturasi ijobiy ta’sir qiladi.

Eng maqsadga muvofiqi — kompleks modifikatorlardan foydalanishdir. Bunda qo‘shimcha yoki bir nechta qo‘shimcha (tayyor ligatura ko‘rinishida) bir yo‘la I va II tur modifikatorlar tipi bo‘yicha qotishmaga ijobiy ta’sir ko‘rsatadi. Kompleks modifikatorlar eng samarali modifikator sifatida sanoatda keng qo‘llaniladi (masalan, kulrang cho‘yanlarni modifikatsiyalash uchun qo‘llaniladigan Fe—Si—Ca asosida Al, Ti, Ce va La qo‘shib tayyorlangan modifikator).

Modifikatorlarni qotishmalar strukturasi ta’sir qilish xususiyati modifikatsiyalashning texnologik sharoitlari va kiritiladigan modifikator miqdoriga bog‘liq. Modifikatsiyalashda qotishmalar strukturasi o‘zgarishi mexanik xossalari kompleksining o‘zgarishiga olib keladi. Bunda metallning gazlar bilan ifloslanishi kamayadi va quyma zichligi ortadi. Modifikatsiyalash effektiga turli tashqi ta’sir metodlari bilan ham erishish mumkin: ultratovush yordamida ishlov berib, vibratsiya yordamida, elektr magnit maydonlari bilan ta’sir qilib va shunga o‘xshashlar.

Cho‘yanlarni modifikatsiyalash. Modifikatsiyalovchi qo‘shimchalari sifatida Φ C75 ko‘rinishida Si (kulrang cho‘yan uchun), Mg, Ce va boshqa. (B Ψ uchun), Bi, B, Al, Te va boshqa. (K Ψ uchun) dan keng foydalaniladi. Piroeffekt bermaydigan modifikatsiyalovchi qo‘shimchalari cho‘yan chiqarilayotganda suyuqlantirish pechining tarnoviga yoki kovshga kiritiladi.

Cho‘yanga modifikatorlar kiritishning katta miqdordagi usullari ma’lum. Yakkalab va seriyalab ishlab chiqarishda kichik sig‘imli kovshga modifikator metall bilan to‘ldirish vaqtida dozatoridan foydalanmasdan kiritiladi. Katta sig‘imni to‘ldirish uchun shu operatsiyaning o‘zi bajariladi, lekin bunda dozatoridan foydalaniladi. Modifikatorni vagranka korpusiga mahkamlangan dozator yordamida

kiritish usuli mavjud. Modifikator kovsh to'ldirilayotgan vaqtda vagrankaning kovshiga kiritiladi. Bu usul, asosan, ko'plab va seriyalab ishlab chiqarishda mayda hamda o'rtacha kovshlar uchun qo'llaniladi.

Modifikatorni oraliq kovsh- eritgich orqali kiritish usuli ham ma'lum. Kovshga modifikator dozatoridan yoki tebranib siltaydigan tarnovdan keladi. Bu usul yakka yoki seriyalab ishlab chiqarishda katta sig'imli (11 dan ortiq) kovshlar uchun qo'llaniladi. Modifikatorni metall yuzasining ostiga ham qalpoq yoki cho'ktirish uchun maxsus qurilma yordamida kiritish mumkin. Bu usuldan, asosan, katta sig'imli kovshlarni bitta suyuqlantirib olingan metall bilan to'ldirish mumkin bo'lmagan hollarda foydalaniladi. Yakka yoki seriyalab ishlab chiqarishda yirik quymalar uchun va seriyalab ishlab chiqarishda mayda hamda o'rtacha quymalar uchun modifikator maxsus konstruksiyali litnik jomiga (to'siq) yoki litnik sistemasidagi maxsus cho'ntakka kiritiladi. Qolipda modifikatsiyalash (inmold jarayon deb ataluvchi jarayon) tobora keng ko'lamda tarqalmoqda. Cho'yanni kovshda va litnik sistemasida kombinatsiyalangan tarzda modifikatsiyalash ham qo'llaniladi. Donalarining o'lchami 0,2—1 mm bo'lgan maydalangan ferrosilitsiydan 1350—1410°C quyish temperaturasida 0,1—0,3% miqdorda sarflab foydalanilganda optimal natijalarga erishiladi. Bunda quymalarni oqartirish amalda bajarilmaydi, qattiqligi esa 197—218 HB ni tashkil etadi.

Kimyoviy tarkibi turlicha bo'lgan ikkita suyuq cho'yanni yoki cho'yanni suyuq po'lat bilan birga quyganda modifikatsiyalashga o'xshash murakkab jarayonlar sodir bo'ladi, bu esa strukturaning maydalanishiga va mexanik xossalarning yaxshilanishiga yordam beradi. Ba'zan cho'yanga gazlar, uglevodorodlar va chang gaz aralashmalari bilan ishlov berish usuli qo'llaniladi. Bu maqsadda kislorod, azot, argon, karbonat angidrid gazi va uglevodorodlar ishlatiladi. Gaz oqimiga kukunsimon qo'shimchalar ham kiritilishi mumkin. Cho'yanga kislorod kiritib tozalash usulining qo'llanilishi uning kimyoviy tarkibi va xossalariga sezilarli ta'sir qiladi. Cho'yanni boshqa gazlar kiritib tozalashda uning tarkibidagi gaz miqdori o'zgaradi. Gaz miqdori, o'z navbatida, uning xossalariga ta'sir qiladi, chunki grafitizatsiyalanish jarayonining kuchayishi yoki bostirilishi sodir bo'lishi mumkin

(kuchayish suyuqlanmadan vodorod va azotni chiqarib yuborishda, bostirish esa kristallizatsiyalanish markazlarining kaogulatsiyalanishida sodir bo‘ladi). Suyuq cho‘yanni gazlar bilan ishlash grafit qo‘shilmalar shakliga va evtektiv dona o‘lchamlariga ham ta’sir qiladi: ba’zi hollarda u dendritlararo grafit hosil bo‘lishiga, boshqa hollarda esa kurtaklar sonining ortishiga hamda dendritlararo grafit miqdorining kamayishiga yordam beradi. Argon va azot bilan ishlov berishda effektiv dona yiriklashadi: vodorod, karbonat anhidrid gazi, kislorod va tabiiy gaz bilan ishlov berganda maydalashadi [17].

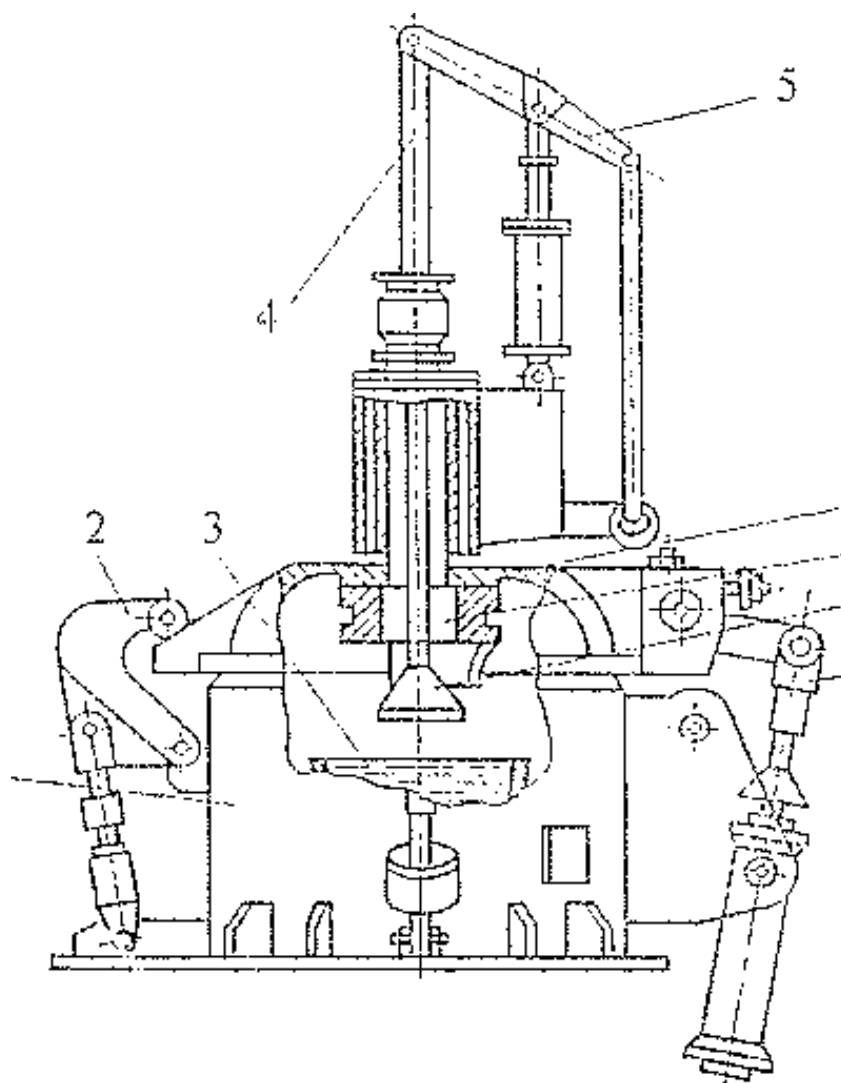
Suyuq metallni neytral gaz yordamida barbotaj bilan ishlash turini fransuz firmasi Gazal-protsess ishlab chiqqan. Bu jarayondan cho‘yanni kovshda, tarnovda yoki induksion pechda desulfuratsiyalash va ugle- rodlash uchun, shuningdek, cho‘yanni mikserda aralashtiriyotganda skrap va ferroqotishmalar qo‘shimchalarining erishini yaxshilash maqsadida foydalaniladi.

Tarkibi quyidagicha bo‘lgan (%): 2,9—3,2 C; 0,8—1,0 Mn; 1,5— 1,6 Si; 0,4—0,6 Cr; 0,2—0,3 Ni; 0,008 S; 0,08 P kam legirlangan cho‘yanni 0,8% Φ C-75 bilan modifikatsiyalab hamda C_3H_8 propan kiritib, birgalikda ishlov berish ancha samaralidir. Propan bilan ishlov berilmagan, 0,8% Φ C-75 bilan modifikatsiyalangan cho‘yanda quyidagi xossalarga erishilgan: qattiqligi HB 212—248; cho‘zilishdagi mustahkamlik chegarasi — 33—39 kg/mm²; bukilishdagi mustahkamlik chegarasi — 65—70 kg/mm²; egilish strelasi — 4,0—4,7 mm. Uni propan berib 2—4 min davomida tozalab va keyinchalik 0,8 Φ C-75 bilan modifikatsiyalaganda mustahkamligi 10—15% ortadi. Bunda perlitli dispers sistema hosil bo‘ladi va grafit propan bilan tozalanmagan cho‘yanga qaraganda ancha tekis taqsimlanadi.

Tarkibida oltingugurt miqdori kam bo‘lgan suyuq cho‘yanni ba’zi uglevodorodlar bilan ishlaganda grafit sharsimon shaklda kristalli- zatsiyalanishi mumkin. Bunda ishlatiladigan uglevodorodlarda C : H nisbat qanchalik katta bo‘lsa, kristallizatsiyalanish shunchalik yuqori darajada bo‘ladi. Cho‘yan naftalin ($C_{10}H_8$) bilan ishlanganda eng yaxshi natijalarga erishiladi, lekin grafitning to‘la sharsimon shakli faqat cho‘yan karbid sistemasi bo‘yicha kristallizatsiyalanadigan sharoitlarda

hamda keyinchalik yumshatilganda hosil bo‘ladi. Suyuq cho‘yanga siqilgan havo oqimida kukunsimon grafit yoki uning asosida tayyorlangan aralashmalar bilan ishlov berilganda ferrosilitsiy bilan ishlov berilgandagiga qaraganda oqarishi ancha kamayadi, lekin quymalarda grafit spelini topish mumkin [17].

Piroeffekt beradigan qo‘shimchalar (masalan, Mg) maxsus qurilmalarda kiritiladi (1.9- rasmga q.). Qo‘shimchalar qalpoqqa joylashtiriladi, so‘ngra u metallga maxsus avtoklavdagi kovshda (4.7- rasm) yoki yig‘gichda kiritiladi.

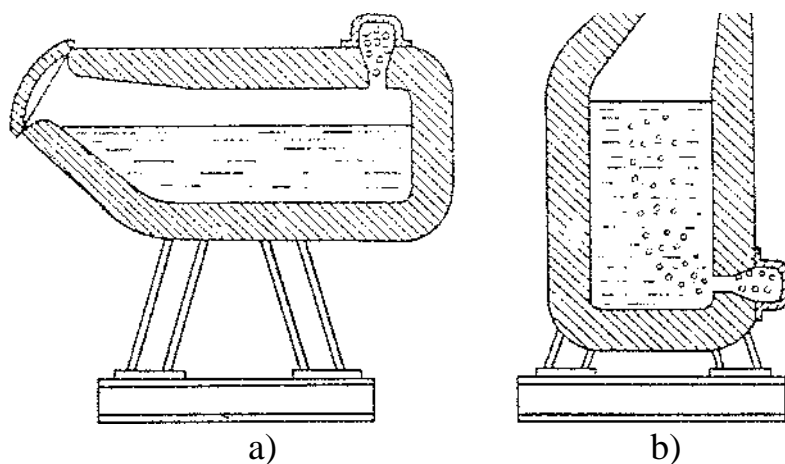


4.7- rasm. Avtoklavdagi suyuq cho‘yanga Mg kiritish qurilmasi:

- 1 — avtoklav, 2 — kamerani yopuvchi mexanizm, 3 — kovsh, 4 — qalpoqchani kovshga uzatuvchi shtok, 5 — uzatish va aralashtirish mexanizmi, 6 — qopqoq, 7 — magniy uchun bo‘shliq, 8 — qorgich, 9 — qopqoqni ochuvchi mexanizm.

Cho‘yanni magniy bilan modifikatsiyalash uchun ЦНИИТМаш instituti

tomonidan ishlab chiqilgan germetiklashtirilgan kovshlardan foydalaniladi (4.8-rasm).



4.8- rasm. Cho‘yanni ЦНИИТМаш da kontraksiyalangan germetik kovshda modifikatsiyalash qurilmasi.

Kovshning holati: a — isilov berishdan oldin; b — ishlov berish vaqtida.

Po‘latlarni modifikatsiyalash. Zamonaviy po‘lat metallurgiyasida modifikatsiyalash jarayonlari nihoyatda katta rol o‘ynaydi. Modifikatsiyalash suyuqlantirishni me‘yoriga yetkazish va uni oksidsizlantirish bilan uzviy ravishda birga qo‘shilib, kristallizatsiyalanish xarakteri hamda po‘latning kompleks xossasini yuqori darajada aniqlaydi [45].

Po‘latni suyuqlantirib olishda II tur modifikatorlar sifatida metall suyuqlanma bilan o‘zaro ta’sirlashadigan va oksidlar, sulfidlar hamda nitridlarning qiyin suyuqlanadigan kristalik suspenziyasini tashkil qiladigan kuchli oksidsizlagichlar ishlatiladi. Bunday modifikatorlar suyuqlanmada yuqori dispersli, ba’zan esa kolloid- dispers sistemani hosil qiladi, bu esa suyuq metalining hajm birligida kurtaklar sonining keskin ortishiga olib keladi. Kristallanishning majburiy markazlarini hosil qilish yo‘li bilan modifikatsiyalash suyuq metalining kristallizatsiyalanish sharoitlarini o‘zgartiribgina qolmasdan, balki qattiq holatdagi aylanishlar jarayoniga ham jiddiy ta’sir qiladi.

Keng ko‘lamda qo‘llaniladigan po‘latni aluminiy bilan oxirgi oksidsizlantirish jarayoni uning qoniqarli sifatini ta’minlaydi, lekin optimal jarayon hisoblanmaydi, chunki po‘latda ajralib chiqadigan o‘tkir burchakli oksisulfid qo‘shilmalar zo‘riqishni bir joyga to‘playdi va mikrodarzlarning hosil bo‘lishiga qulaylik yaratib beradi, bu esa metall matritsaning mo‘rtlashishiga sabab bo‘ladi. Quyilgan po‘latda

qo‘shilmaning eng yaxshi shakli — mikrodarzlarning vujudga kelishini so‘ndiradigan yumaloq globullardir. Bu po‘lat sifatining yanada oshirilishiga, aluminiy bilan oksid- sulfid mahsulotlarini globularizatsiyalashga qodir bo‘lgan element- modifikatorlarni birgalikda qo‘llab, kompleks oksidsizlantirish natijasida erishish mumkin. Bu jihatdan eng istiqbollisi — kislorod, oltingugurt, azot va boshqa elementlarga kimyoviy jihatdan nihoyatda yaqinligi bilan xarakterlanadigan ishqoriy- yer hamda noyob- yer metallaridir. Po‘lat quyimakorligida ishqoriy- yer metallaridan, odatda, silikokalsiy qotishmalari CK10, CK15, CK20, CK25, CK30 (ГОСТ 4762-71) ko‘rinishidagi kalsiy ishlatiladi. Bu markadagi raqamlar qotishmadagi kalsiy miqdorining pastki chegarasini ifodalaydi.

Aluminiy qotishmalarini modifikatsiyalash. Evtektikaga qadar va evtektiv qotishmalar (AJI2, AJI4, AJI9, AK9 va boshq.) suyuqlanmaga natriy yoki stronsiy kiritib modifikatsiyalanadi. Natriydan natriy tuzi sifatida foydalaniladi (4.2- jadval). Qotishma turli temperaturalarda qizdiriladigan kovshda modifikatsiyalanadi. Temperatura modifikator tarkibiga bog‘liq bo‘ladi. Kiritishdan oldin modifikatorni quritish va maydalash lozim. Modifikatsiyalash jarayonining davom etish vaqti 6 dan 15 minutgacha. Jarayonni jadallashtirish uchun suyuqlanmani aralashtirib turish zarur. Sodir bo‘ladigan reaksiyalar natijasida natriy ajralib chiqadi, bu natriy metallga modifikatsiyalovchi ta’sir ko‘rsatadi. Bunda quyidagi reaksiya sodir bo‘lishi mumkin:



Modifikatsiyalash jarayoni tugagach, shlak natriy ftoridlari va xloridlari qo‘shib quyultiriladi va chiqarib tashlanadi, shundan so‘ng namuna olinadi hamda ularning singan joyiga qarab modifikatsiya effekti aniqlanadi. Olingan suyuqlanma 25—30 min davomida qoliplarga quyilgan bo‘lishi kerak, chunki modifikatsiyalash effekti vaqt jihatdan cheklangan. Modifikatsiyalovchi effektni 2—3 soat davomida saqlab qolish uchun stronsiy, ittriy va surmadan foydalaniladi.

Tarkibida 13% dan ortiq Si bo‘lgan siluminlar kremniyning yirik zarrachalarini

ajratib, kristallizatsiyalanadi. Bu zarrachalar qotishmalar- ning mexanik xossalarini yomonlashtiradi va yuqori darajada qattiq bo'lgani uchun mexanik ishlov berishni qiyinlashtiradi [23]. Kremniyning birlamchi kristallarini maydalash kremniyga nisbatan sirtiy- aktiv bo'lgan fosforni (0,05—0,1%) suyuqlanmaga kiritib, amalga oshiriladi (4.9- rasm). Foydalaniladigan modifikatorlar 4.2- jadvalda ko'rsatilgan.

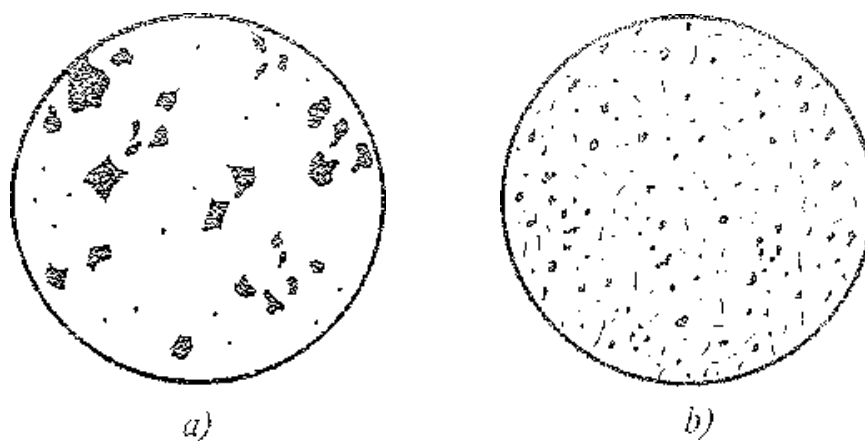
Magniy qotishmalarini modifikatsiyalash o'ta qizdirish yoki qo'shimchalar kiritish bilan amalga oshiriladi. O'ta qizdirish yordamida modifikatsiyalash tozalashdan keyin amalga oshiriladi: po'lat tigelda qotishma 850—925 °C gacha qizdiriladi, 10—15 min saqib turiladi va tezlikda 680—720 °C gacha sovutiladi, shundan keyin qoliplarga quyiladi.

4.2- jadval

Aluminiy qotishmalari uchun modifikatorlar tarkibi va modifikatsiyalash rejimlari bo'yicha tavsiyalar

Tarkibi	Modifikatorlar miqdori, massadan % hisobida	Modifikatsiyalovchi Elementlar-ni ng hisob miqdori, massadan % hisobida	Jarayon temperaturasi, °C	Izoh
Ligatura Al — Ti (2—5% Ti)	1-3	0,06-0,15 Ti	720-750	Deformatsiyalanadigan qotishmalarning makrodonini maydalash uchun
Ligatura Al-Ti-B (5% Ti, 1% B)	1-2	0,05-0,1 Ti	720-750	
«Zernolit» (55% K ₂ TiF ₆ + 3% K ₂ SiF ₆ + 27% KBF ₄ +	0,2-0,5	0,01-0,02 B	720-750	

15% C ₂ Cl ₆)				
Flus (35% NaCl + 35% KCl	0,5-0,1			
+ 20% K ₂ TiF ₆ + 10% KBF ₄)	0,05-0,1			
Metall natriy	1-2	0,01-0,02 B		
Flus (67% NaF + 33% NaCl)	0,05-0,1	0,05-0,1 Ti		
Flus (62,5% NaCl + 25% NaF + 12,5% KCl)	0,6-0,8	0,01-0,02 B		
Flus (50% NaCl + 30% NaF + 10% KCl + 10% Na ₃ AlF ₆)	—	0,05-0,1 Ti	720-750	
Ligatura Al — Sr (10% Sr)		0,05-0,1 Na		
Ligatura Cu — P (9-11% P)		0,05-0,1 Na	750-780	Evtektivga qadar aluminiy- kremniy qotishmalarining evtektivlarini modifikatsiyalash uchun
		0,05-0,1 Na	780-810	
		0,06-0,085 Sr	730-750	
		0,05-0,1 P	720-750	
			750-780	
			—	
20% qizil fosforning 10% K ₂ ZnF ₆ va 70% KCl bilan aralashmasi	1,5-2			Evtektiv siluminlar uchun
58% Li ₃ PO ₄ ning 34% aluminiy kukuni va 8% qizil fosfor bilan aralashmasi	0,3-0,4	0,05-0,1 P	750-850	
Fosfororganik moddalar (xlorofos, trifenilfosfat)	0,4-0,6	0,05-0,1 P	760-7,80	

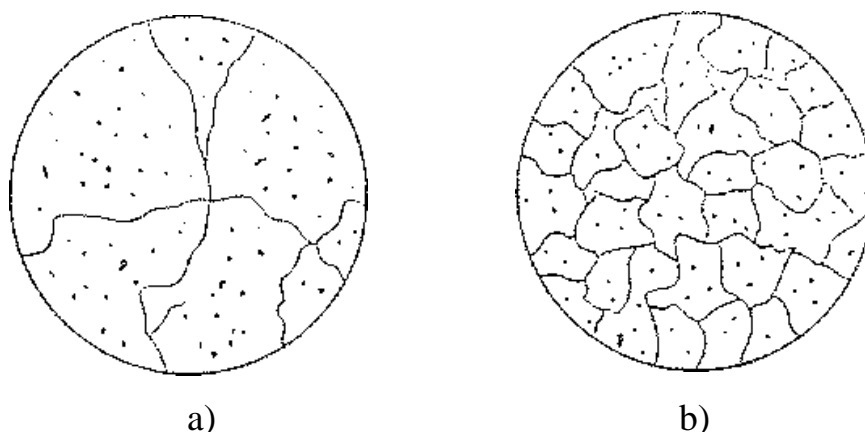


4.9- rasm. Evtektiv orti siluminining (20% Si)x90) mikrostrukturasi:
a - modifikatsiyalanmagan; b - fosfor bilan modifikatsiyalangan.

Ikkinchi usul suyuqlanmaga ishlov beriladigan metall massasidan 0,3—0,6% miqdorda tarkibida uglerod bo‘lgan va boshqa maxsus qo‘shimchalarni kiritishdan iborat. Modifikatorlar sifatida bo‘r, marmar, magnezit, geksaxloretan, karbonat anhidrid gazi va asetilendan foydalaniladi. Qattiq modifikatorlar kukunsimon holatgacha maydalaniladi, quritiladi va suyuqlanmaga yo qalpoqda, yo aluminiy folgada, yoki gaz oqimi bilan kiritiladi. Modifikatsiyalashdan oldin qotishma 720—780 °C gacha o‘ta qizdiriladi. Modifikator kiritilgandan keyin qotishma 5—12 min davomida yaxshilab aralashtiriladi, 15—40 min davomida tindiriladi va quyish temperaturasigacha yetkaziladi.

Tarkibida aluminiy bo‘lmagan magniy qotishmalari sirkoniy yoki kalsiy bilan (mos ravishda 0,5—0,7% va 0,1—0,2% miqdorda olib) modifikatsiyalanadi. Sirkoniy kiritish uchun magniy- sirkoniy (12% Zr) ligatura va kalsiy ftorsirkonatidan foydalaniladi. Sirkoniy bilan modifikatsiyalanganda qotishma 850—930 °C gacha, kalsiy bilan modifikatsiyalanganda 770—780 °C gacha o‘ta qizdiriladi. Modifikator kiritilgandan keyin qotishma 20—30 min ichida obdan aralashtiriladi va sirkoniy bilan modifikatsiyalangandan so‘ng 20—30 min hamda kalsiy bilan modifikatsiyalangandan so‘ng 10—15 min tindiriladi. MJ15 qotishmani modifikatsiyalashdan oldingi va undan keyingi tipik strukturasi 4.10- rasmda keltirilgan [23]. Eng ko‘p qo‘llaniladigan moddalar bilan modifikatsiyalash rejimlari 4.3- jadvalda keltirilgan.

Mis qotishmalarini modifikatsiyalash. Tarkibida aluminiy boʻlgan qotishmalar (БрАЖМц, БрАЖ, ЛАЖ, ЛАЖМц va boshqa tipdagi) qiyin eriydigan elementlar Ti, V, Zr, B, W, Mo qoʻshib modifikatsiyalanadi. Lekin qiyin suyuqlanadigan elementlar qoʻshimchasining modifikatsiyalovchi taʼsiri koʻp jihatdan qotishmada temirning bor- yoʻqligi bilan aniqlanadi. Tarkibida temir boʻlmagan qotishmalarda titan, bor va volframning modifikatsiyalovchi taʼsiri namoyon boʻlmaydi [23].



4.10- rasm. Magniyli M15 (x90) qotishmaning mikrostrukturasini: a — modifikatsiyalanmagan; b — geksaxlorethan bilan modifikatsiyalangan.

4.3- jadval

Modifikatorlar va magniy qotishmalarini modifikatsiyalash rejimlari

Modifikator	Modifikator miqdori, massadan % hisobida	Boʻlakchalar oʻlchami, mm	Modifikatsiyalash temperaturasi, °C	Aralashtirish vaqti, min	Tindirish vaqti, min	Izoh
Mis	0,5—0,6	Knlain	760-780	5-8	15-40	Kiritish oldidan quritish zarur
Marmar	0,5—0,6	Ushoq	760-780	5-8	15-40	
Magnezit	0,3—0,4	10-25	720-730	8-12	15-40	

Geksaxlor- etan	0,3—0,5	Kukun	720-760	8-12	15-40	Quruq ho- latda qo‘l- lanilsin Tarkib-id a aluminium bo‘lmagan an qotishma- lar uchun
Xlorli temir	0,4—0,5	Kukun	720-760	5-8	10-40	
Sirkoniy	0,5—0,8	—	—	—	—	
Ligatura	10	5-10	850-900	19-20	10-15	
Mg+12% Zr						
Kaliy ftorsirkona- ti						
	8—10	Kukun	930	20-30	20-30	
Kalsiy	0,08—0,15	—	770-780	—	10-15	

Tarkibida aluminium va temir bo‘lmagan qotishmalar (БрС30, Бр06Ц6С3, jez Л68) ko‘rsatilgan modifikatorlardan 0,05% iga 0,02% bor qo‘shib birgalikda kiritib modifikatsiyalanadi. Ba’zi mis qotishmalari uchun modifikatorlarning optimal konsentratsiyasi 4.4- jadvalda keltirilgan.

**Metal izlojnitsalarga (qoliplarga) quyishda mis qotishmalari uchun
modifikatorlarning optimal konsentratsiyalari**

Qotishma markasi	Modifikatsiyalovchi qo‘shimcha konsentratsiyasi, %	1 sm ² shlif yuzasidagi donalar soni
БрА10 (0,3% Fe)	Qo‘shimchasiz	25-30
	0,2V	200-230
	0,5V + 0,2B	350-370
БрА10Ж3Мц1,5	Qo‘shimchasiz	40-50
	0,05-0,1 V	350
	0,02V + 0,02B	450
	0,01W + 0,02B	500
	0,5-0,1B	420
Бр06Ц6С3	Qo‘shimchasiz	25-30
	0,02B + 0,04Ti	550-600
	0,05B + 0,05V	450-470
	0,10Zr + 0.05B	450-500
	0,10 Zr	250-270
Л68	Qo‘shimchasiz	10-15
	0,02V + 0,02B	350-400
	0,05Ti + 0,05B	270-300

IV BOB NAZORAT SAVOLLARI

1. Qotishmalarga pechdan tashqari nimaga ishlov beriladi?
2. Pechdan tashqari ishlov berishning klassifikatsiyasi.
3. Pechdan tashqari ishlov berishni amalga oshirishning usullari.
4. Suyuq holatda ishlov berish qurilmalari va elementlari.
5. Tozalash deganda nimani tushunasiz?
6. Tozalash metodlari.
7. Modifikatsiya qilish jarayoni va maqsadi.
8. Modifikatorlar turlari va ularni ishlatish usullari.
9. Cho'yanni modifikatsiya qilish metodlari.
10. Avtoklav qanday ishlatilinadi?
11. Legirlash nima uchun qilinadi?
12. Legirlovchi materiallar.

V BOB. YUQORI SIFATLI QUYMA QOTISHMALAR OLISH

5.1. Plastinkasimon grafitli yuqori sifatli cho‘yan olish

Yuqori sifatli kulrang cho‘yan olish uchun yaxshilab tayyorlangan, kimyoviy tarkibi bo‘yicha navlarga ajratilgan va toza shixta materiallaridan foydalaniladi, bu esa vagrankada suyuqlantirishda ayniqsa muhimdir. Mayda va oksidlangan shixta yuqori sifatli cho‘yan uchun asos bo‘la olmaydi, cho‘yan yoki po‘lat temir-tersaklarining haddan tashqari yirik bo‘laklarini ham ishlatib bo‘lmaydi, chunki ular suyuqlanish zonasida suyuqlanmasdan furnagacha yetib boradi va vagranka jarayonining borishini buzadi.

Elektr pechlardagi suyuqlantirishda cho‘yanning talab etilgan temperaturasiga erishish va uni kimyoviy tarkibi bo‘yicha (shu jumladan, xossalarini yaxshilaydigan va stabillashtiradigan turli qo‘shimchalar kiritish) me‘yoriga yetkazish imkoniyati kengayadi.

Sifati talab darajasida bo‘lgan cho‘yan olish uchun dastlabki shixta materiallarini, fluslar, karburizatorlar, kimyoviy tarkibi, temperaturasi, oqartirish kattaligi, qattiqligini nazorat qilish ham katta ahamiyatga ega.

Dastlabki shixta materiallarining sifati FOCTlarga muvofiq namunalar olib hamda namunalarni kimyoviy analiz qilib nazorat qilinadi. Ularning xarakteristikalarini FOCTning tegishli shixta materiallariga bo‘lgan talablarini qoniqtirishi kerak (V bobga q.).

Tayyor cho‘yanning kimyoviy tarkibini nazorat qilish yo spektral ekspress-analiz yordamida, yo maxsus asboblardan, masalan, uglerodni ekspress-analiz qilish uchun mo‘ljallangan AH-29 bilan amalga oshiriladi. Kremniyning TEPC kattaligi bo‘yicha aniqlash mumkin. Eng samaralisi kvantometrdan foydalanishdir.

Uglerod ekvivalentini cho‘yanning sovish egri chizig‘i bo‘yicha termografik metod bilan aniqlash mumkin. Buning uchun suyuq cho‘yan namuna olish uchun mo‘ljallangan maxsus qolipga quyiladi. Qolipda sovish egri chizig‘ini qayd qiladigan termopara o‘rnatilgan. Likvidus temperaturasining kattaligi va qotish

temperaturasining intervali bo'yicha uglerod ekvivalenti aniqlanadi:

$$C_e = 12,8 - 0,0075 t_L, \quad (5.1)$$

$$C_e = 4,28 - 0,0072 \Delta t_{int}. \quad (5.2)$$

Bu formulalar universal emas. Ular faqat modifikatsiyalanmagan cho'yanlarning uglerod ekvivalentlarini aniqlash uchun yaroqlidir.

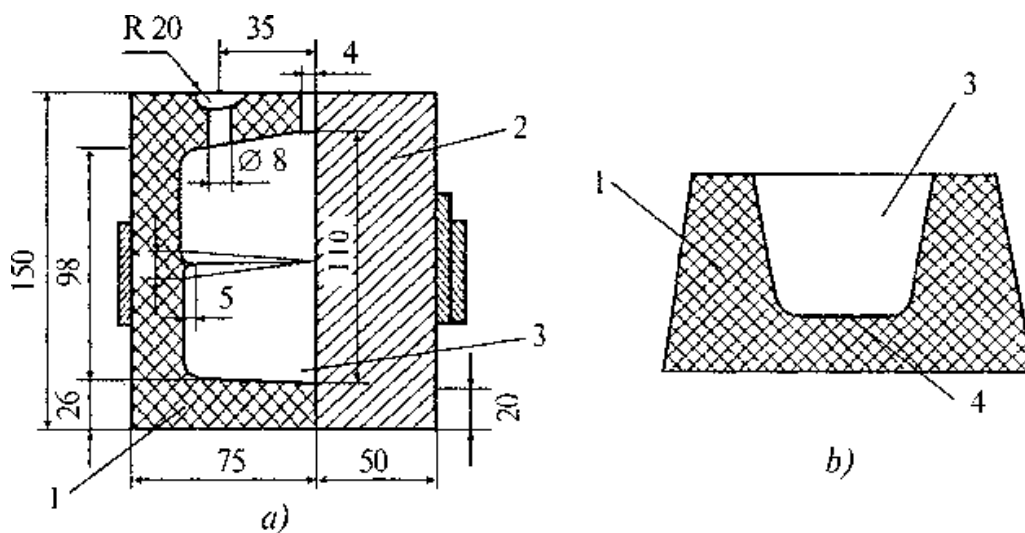
Suyuqlantirishda kutiladigan mexanik xossalarning nazoratini namuna metallning oqarish kattaligi va qattiqligi bo'yicha amalga oshirish mumkin. 5.1-rasmda oqarish kattaligi va qattiqligini aniqlash uchun mo'ljallangan namunalar, 5.1-jadvalda esa kulrang cho'yanning eng ko'p tarqalgan markalari uchun oqartirish chuqurligi va qattiqligi haqidagi ma'lumotlar keltirilgan. Suyuq cho'yanning temperaturasi botiriladigan optik pirometrlar va termoparalar yordamida nazorat qilinadi.

5.1- jadval

Namunalardagi oqarish kattaligi va qattiqligi bo'yicha ba'zi kulrang cho'yan (CЧ) markalarining xarakteristikalari

ГОСТ 1412-79 bo'yicha cho'yan markasi	Oqarish chuqurligi, mm		Qattiqligi, HB
	Modifikatsiya- lashga qadar	Modifikatsiya- langandan keyin	
CЧ 20	5-10	-	217-235
CЧ 25	10-15	2-6	235-248
CЧ 30	15-25	2-8	248-277

Qotishma olishning hal etuvchi bosqichida suyuq cho'yanni pechdan tashqarida ishlash, ya'ni cho'yanni qo'shimcha kiritiladigan moddalar (modifikatorlar va boshqa qo'shimchalar) bilan ishlash yoki tashqi ta'sir metodi bilan ishlash juda ham muhim.



5.1- rasm. Namuna shakllari:

- a — qarishni tekshirish ponasi; b - qattqlikni tekshirish ponasi;
 1 — sterjen, 2 — metall plastina, 3 — namuna, 4 — qattqlikni o‘lchash joyi.

Cho‘yanni modifikatorlar va boshqa qo‘shimchalar bilan ishlash o‘zining soddaligi va yuqori darajada samaradorligi tufayli quymakorlikda keng ko‘lamda tarqalgan. Hozirgi vaqtda juda ko‘p turli modifikatorlar ishlab chiqilgan. Eng ko‘p tarqalgani ferrosilitsiydir. Uning kiritilishi mayda donador strukturali cho‘yan tayyorlashga imkon beradi, oqarishini kamaytiradi va mexanik xossalarini yaxshilaydi. Aluminiy va ferrosilitsiy yoki aluminiy va grafit aralashmalari bilan ishlaganda oqarish eng samarali olinadi. Tarkibida RZM (nodir- yer metallari) bor modifikatorlar ham oqarishni samarali oladi (ma’lum sarflash chegarasigacha). 0,2% dan ortiq kiritilganda oqarish ortadi. Ba’zi bir elementlarning hatto juda oz miqdorda kiritilishi cho‘yan strukturasining va xossasining shakllanishiga jiddiy ta’sir ko‘rsatadi. Grafitdan boshqa barcha modifikatorlar uning mustahkamligini oshiradi. Silikobariyning ishlatilishi ayniqsa samaralidir.

Odatdagi modifikatorlar tarnovga, metall oqimiga yoki kovshga kiritiladi. Modifikator sarfi uning tarkibiga, shuningdek, cho‘yanning tarkibi va markasiga, shixta materiallarining tabiatiga, suyuqlantirish sharoitlariga, kiritish texnologiyasiga, quyma konstruksiyasiga bog‘liq bo‘ladi hamda, masalan, Φ C75 da metall massasidan 0,1%—1,5% gacha chegarada o‘zgaradi. Odatda, Φ C75 markaning 0,1%i oqarishni 1 mm ga kamaytiradi, deb hisoblanadi. Oqarish

kattaligining talab etilgan pasayishiga asoslanib kiritiladigan modifikator miqdori aniqlanadi. Modifikator kiritilgandan keyin metall mexanik tarzda, vibratsion, barbotaj yoki boshqa metodlar bilan aralashtirilsa, maqsadga muvofiq bo'ladi. Modifikatsiyalashda cho'yan markasi qanchalik yuqori bo'lsa, uni shunchalik yuqori temperaturagacha o'ta qizdirish kerak, odatda, u 1370—1430 °C chegaralarida bo'ladi. Modifikatsiyasizlantirishning oldini olish uchun cho'yanni saqlab turish vaqti modifikatorning ta'sir qilish vaqtidan ortiq bo'lmasligi kerak. Masalan, kovshdagi metall massasi 0,5 t bo'lganda Φ C75 uchun saqlab turish vaqti 5 min dan, massasi 0,5 dan 2 t gacha bo'lganda 8 min dan, massasi 2 dan 10 t gacha bo'lganda 10 min dan, massasi 10 dan 25 t gacha bo'lganda 15 min dan, massasi 25 t dan ortiq bo'lganda 20 min dan ortmasligi kerak. Cho'yanning modifikatsiyasizlanish alomatlari paydo bo'lganda modifikator bilan takror ishlov berish tavsiya qilinadi. Modifikatsiyalash sifati ponasimon namunaning oqarish balandligi bo'yicha nazorat qilinadi.

Silikobor asosida ЦНИИТМаш (Rossiya) ishlab chiqqan yangi kompleks modifikatorlar uzoq vaqt ta'sir qilish xossasiga ega. Ular cho'yanning evtektivligiga qaramasdan, jarayonning yuqori darajada barqaror bo'lishini ta'minlaydi va modifikatsiyalash effektining davom etish vaqtini 2—3 marta oshiradi [8].

Ba'zan suyuq qo'shimchalar bilan modifikatsiyalash usuli qo'llaniladi. Tarkiblari turlicha bolgan ikkita suyuq cho'yanni yoki cho'yanni suyuq po'lat bilan aralashtirganda kimyoviy tarkibning o'rta qiymatgacha rostlanishi emas, balki ancha murakkab, modifikatsiyalashga o'xshash jarayonlarning sodir bo'lishi kuzatilgan. Bu jarayonlar strukturaning maydalanishiga va mexanik xossalarini yaxshilashga yordam beradi.

Cho'yanni gazlar va chang- gaz aralashmalari bilan ishlash uchun kislorod, azot, argon, karbonat angidrid gazi va uglevodorodlar ishlatiladi. Gaz oqimiga changsimon qo'shimchalar (modifikatorlar va shunga o'xshashlar) kiritilishi mumkin. Cho'yanni gaz kiritib tozalash uchun kisloroddan foydalanilsa, u cho'yanning kimyoviy tarkibi va xossalariga sezilarli darajada ta'sir qiladi. Cho'yan boshqa gazlar kiritib tozalansa, cho'yan tarkibidagi gaz miqdori o'zgaradi, bu ham

uning xossalariga ta'sir qiladi. Bunda grafitlanish jarayonining aktivlanishi yoki bostirilishi sodir bo'lishi mumkin (suyuqlanmadan vodorod va azot chiqarib yuborilganda — kuchayish, kristallanish markazlari koagulyatsiyalanganida bostirish sodir bo'ladi). Suyuq cho'yanga gazlar bilan ishlov berish grafit qo'shilmalarining shakliga va eitektiv donalar o'lchamlariga ta'sir qiladi. Donalar argon va azot bilan ishlov berilganda yiriklashadi hamda vodorod, karbonat angidrid gazi, kislorod va tabiiy gaz bilan ishlov berilganda maydalashadi.

Desulfuratsiya pechdan tashqarida bajarilsa, cho'yanga 5—10% plavik shpati, 20—30% elektrokorund, 60—70% ohak aralashmasidan hosil qilinadigan sintetik shlaklar bilan ishlov berish mumkin. Bunday ishlov berish oltingugurt miqdorini dastlabki miqdordan 90% ga kamaytirishga imkon beradi. Sintetik shlak maxsus shlak suyuqlantiriladigan pechda tayyorlanadi, so'ngra u kovshga quyiladi, unga suyuq cho'yan ham quyiladi, cho'yan shlak bilan aralashib desulfuratsiyalanadi.

Cho'yanga fizik metodlar bilan ham ishlov beriladi. Mexanik tarzda aralashtirish va vibratsiya parrakli aralashtirgichlarda, aylanadigan kovshlarda va vibroqurilmalarda bajariladi. Bunda metall yuzasiga tarkibida ohak, plavik shpati, kalsiy karbidi bolgan tozalovchi aralashma kiritiladi. Suyuq cho'yan shunday tarada 2—4 minut davomida ishlanganda kovshdagi oltingugurt miqdori 0,1 dan 0,01—0,02% gacha kamayadi.

Quymakorlikda cho'yanni modifikatorlar bilan pechdan tashqarida ishlash eng ko'p tarqalgan. Yuqori sifatli kulrang cho'yan olish sanoat texnologiyasining eng yaxshi varianti elektr pechlarda yoki dupleks- jarayon yordamida suyuqlantirib olishdir. Bunda kerakli kimyoviy tarkibli, birlamchi agregatda suyuqlantirib olingan cho'yan kutish pechiga quyiladi, undan oqarganligini tekshirishga namuna olinadi. Agar oqarish modifikatsiyalashgacha talab etilganidan ortiq bo'lsa, unda pechga Φ C75 va grafit aralashmasi kiritiladi.

Modifikatsiyalash bo'yicha eng yaxshi natijalarga Φ C75 (0,15— 0,6%), silikokalsiy (0,1 —0,2%) va donador grafit (metall massasidan 0,1 —0,25%) aralashmasi kiritilganda erishiladi. Modifikatsiyalash cho'yanda grafitning vermikular shaklni olishga imkon beradi. Bunday holda suyuqlantirish uchun yoy va

induksion pechlardan, ba'zi hollarda esa dupleks- jarayon (vagranka—induksion pech)dan foydalaniladi.

Dastlabki cho'yan sifatida evtektiv va unga yaqin bo'lgan tarkibli cho'yandan (3,4-3,6% S; 2,0-2,8% Si; 0,3-0,6% Mn; <0,2% P; < 0,02% S) juda keng ko'lamda foydalaniladi. Modifikatsiyalash uchun cho'yan desulfuratsiya qilinsa, maqsadga muvofiq bo'ladi. Desulfuratorlar sifatida ohak, soda, texnik kalsiy karbidi yoki ular asosida tayyorlangan aralashma ishlatiladi.

Cho'yanni tarkibida elementlar — sferoidizatorlar (Mg, Y, Ce), shuningdek, Al va Ti kiradigan ligaturalar; Ni — Mg — Ce, Ce — Y, Ce — Mg — RZE lar; JKMK va boshqa ligaturalar bilan modifikatsiyalash grafitning vermikular shaklini olish asosi hisoblanadi.

Grafitning eng barqaror vermikular shakli suyuqlanmani tarkibida RZE bo'lgan (masalan, tarkibida 25—30% nodir- yer elementi bo'lgan ЦЦЕМШШ va СИИТМИШШ) ligaturalar bilan modifikatsiyalab olish mumkin. Bu jarayon ЦНИИТМаш instituti tomonidan ishlab chiqilgan va qator zavodlarda joriy qilingan.

Ishlab chiqarish sharoitlariga qarab, ligaturani 1350—1400 °C da bevosita pechga, shuningdek, 1430—1480 °C da quyadigan kovsh tubiga yoki metall oqimiga kiritish mumkin (cho'yanda RZE ning qoldiq- miqdorini 0,1—0,15% chegaralarda olish hisobidan). Qo'shimcha ligatura massasi undagi RZE miqdori bilan aniqlanadi va dastlabki suyuqlanma tarkibidagi oltingugurt miqdoriga bog'liq bo'ladi. Tarkibida 0,015—0,3% oltingugurt bo'lgan cho'yan uchun qo'shiladigan ligatura miqdori suyuq- metall massasidan 0,7—0,8% ni tashkil qiladi. Vagrankada suyuqlantiriladigan cho'yan uchun (oltingugurt miqdori 0,08— 0,1%) qo'shiladigan ligatura miqdori 2,0—2,5% gacha ortadi. Bunda vagranka cho'yanini oldindan desulfuratsiyalash maqsadga muvofiq bo'ladi. Ligatura bilan ishlangandan keyin quymalarda ledeburit yoki strukturaviy- erkin sementit hosil bo'lishining oldini oladigan grafitizatsiyalovchi qo'shimchalar bilan (ФС75 va h.k.) qo'shimcha ravishda modifikatsiyalash talab qilinadi.

5.2. Sharsimon grafitli yuqori darajada mustahkam (BЧ) cho‘yan olish

Sharsimon grafitli yuqori darajada mustahkam cho‘yan olish texnologiyasi ikkita asosiy bosqichni o‘z ichiga oladi: suyuqlantirish va cho‘yanga grafitni sferoidizatsiyalaydigan qo‘shimchalar bilan ishlov berish. Talab etilgan mikrostrakturaga yoxud bevosita quyilgan holatda, yoxud termik ishlov berib erishiladi.

Shixta tarkibi cho‘yanning talab etilgan kimyoviy tarkibini olishni ta’minlashi kerak. Vagrankada suyuqlantirilganda shixtada quyma cho‘yanlarning orttirilgan miqdoridan foydalaniladi.

Yuqori darajada mustahkam cho‘yan olishda cho‘yan elektr pechlarda suyuqlantirilsa va ayniqsa, dupleks- jarayonlar qo‘llanilsa, juda maqsadga muvofiq bo‘ladi. VAZda BЧ olish uchun cho‘yan dupleks- jarayonda yoy pechi—induksion pech vositasida suyuqlantirib olinadi. Shixta tarkibiga qaytarilgan metall, po‘lat chiqindilari, grafit, ferrosilitsiy, ferromarganes kiradi. Cho‘yan induksion pechga qayta quyilavotganda quyidagi kimyoviy tarkibga ega bo‘ladi (%): 3,6—3,8 C; 1,7—1,8 Si; 0,3—0,4 Mn; <0,012 S; <0,06 P; <0,05 Cr; 0,4—0,65 Ni; 0,01—0,03 Cu. Kulrang cho‘yanga nisbatan unda uglerod 0,4% ko‘p, marganes 0,2—0,3% kam va oltingugurt miqdori esa juda ham kam bo‘ladi.

Suyuqlantirish jarayoni berilgan temperaturali cho‘yan olishni ta’minlashi kerak. VAZda pechdan chiqarilayotgan cho‘yanning temperaturasi 75-3 marka uchun 1530°C ni; 56-5 marka uchun 1480 °C ni (botiriladigan termopara bo‘yicha), quyish boshidagi temperatura pirometr bo‘yicha tegishlicha 1400 va 1370°C ni tashkil qiladi.

Cho‘yanda sharsimon shakldagi grafit olish uchun suyuqlanmani tarkibida Mg, Ce, Y va boshqa RZE bo‘lgan turli modifikatorlar bilan ishlov berish usuli qo‘llaniladi, lekin Mg element deyarli barcha qo‘llaniladigan modifikatorlarda ishtirok etadi.

Yuqori darajadagi puxta cho‘yanda grafitni sferoidizatsiyalash uchun

Ni — Cu — Mg, Ni — Cu — Si — Mg, Ni — Si — Ca — Mg ligaturalar va shuningdek, tarkibiga Mg, Ca, Si va RZE lar kiradigan kompleks JKMK, KM modifikatorlar ishlatiladi.

Yuqori darajada mustahkam cho‘yan olish uchun seriyli modifikatorlar ham ishlatiladi. Ular jumlasiga ferroserviv 140—55% Ce, 18—25% La, 10—12% Na, 5—7% Pr), mishmetall (52% Ce, 24% La, 18% Na, 5% Pr), МЦ40, МЦ65, МЦ75 markali (raqamlar tarkibidagi Ce ning eng kam miqdorini ifodalaydi) seriyli mishmetall, shuningdek, tarkibida shu elementlarning o‘zi va 4,5—7,0% Mg bo‘lgan МЦМ-5 modifikatorlar kiradi. «СИИТМИШ» va «СЦЕМИШ» tipidagi kremniy- seriyli ligaturalar ham ishlatiladi. Lekin ligaturalar yordamida cho‘yanda grafitning barqaror sharsimon shaklini faqat yupqa devorli quyma uchun yoki kokilga quyishda olish mumkin.

ЦНИИТМаш ilmiy ishlab chiqarish birlashmasida quyidagi tarkibdagi kompleks modifikatorlar ishlab chiqilgan (%): Ц1 (6—15 RZE, 2—4 Mg, 4—12 Ba, 10—18 Al, 17—29 Si, qolgani temir) va Ц2 (11-18 RZE, 1,5—3,5 Mg; 0,5—5,0 Al; 0,2—1,8 Zr, 12—27 Fe, qolgani Si). Bu modifikatorlar sharsimon grafitli cho‘vanning barqaror olinishini va devorlarining qalinligi 150 mm gacha bo‘lgan quymalarda metall xossalari qaytadan tiklanishini ta’minlaydi. Yuqori darajada mustahkam po‘lat olish uchun bu modifikatorlar sarfi metall massasidan 1,2—2,0% ni tashkil qiladi. Modifikator 0,6—0,8% kiritilganda vermikular grafitli cho‘yan hosil bo‘ladi [8].

Sferoidizatsiyalovchi modifikatorlarga qarama- qarshi o‘laroq, ba’zi elementlar demodifikator bo‘ladi, shu boisdan ularning cho‘yandagi miqdori quyidagidan ortiq bo‘lmasligi kerak (%): 0,009 Pb; 0,003 Bi; 0,026 Sb; 0,08 As; 0,04 Ti; 0,13 Sn; 0,3 Al. Demodifikatorning ta’siri remodifikatorlar, masalan, Ce ni qo‘shib qisman yoki to‘la bartaraf qilinadi.

Cho‘yanga magniy kiritilganda uning jadal bug‘lanishi sodir bo‘ladi. Magniy bug‘lari yonib oq tutun ajratib chiqaradi. Reaksiya juda tez o‘tadi va shiddatli xarakterga ega. Piroeffektini kamaytirish uchun tarkibida ko‘pi bilan 12—15% Mg bo‘lgan ligatura yoki tarkibida Ni va Cu lar bo‘lgan zichligi katta aralashmalar ham,

tarkibida Si va Ca lar bo‘lgan ancha yengil aralashmalar ham qo‘llaniladi.

Oqarmagan quymalar olish uchun sferoidizatsiyalaydigan modifikator kiritilgandan keyin ikkilamchi grafitlaydigan modifikatsiyalash o‘tkaziladi, natijada kichrayish oqibatida hosil bo‘ladigan nuqsonlar hamda ichki zo‘riqishlar kamayadi. Bunda modifikator sifatida $\Phi C75$ ferrosilitsiy ishlatiladi.

Ligaturalar bilan kovshda modifikatsiyalash eng sodda usul hisoblanadi. Masalan, VAZda Ni — Mg — Ce ligatura bevosita quyadigan kovshga kiritiladi. Ligatura bilan birgalikda ferrosilitsiy va legirlovchi qo‘shimchalar kiritiladi. Lekin Ni — Mg — Ce ligatura qimmatbaho bo‘lganligidan, sof magniy bilan modifikatsiyalash keng tarqalgan.

Cho‘yanni modifikatsiyalashda oltingugurtsizlantirish va gazzsizlantirish jarayonlari sodir bo‘ladi, shuning uchun modifikatorni dozlash uning bu jarayonlarga, asosan, oltingugurt bilan birikishga sarflanishi bilan aniqlanadi. Zarur bo‘lgan magniy miqdorini quyidagi formula bo‘yicha aniqlash mumkin:

$$Mg = [(0,04 - 0,1) + 0,26(S_d - S_q)] \cdot A^{-1} \quad (5.3)$$

bu yerda: S_d va S_q — dastlabki va qoldiq oltingugurt miqdori; 0,04 — 0,1% — cho‘yandagi qoldiq Mg (0,04 — quyma ko‘rinishidagi yuqori sifatli cho‘yanlar uchun; 0,05 — irsiy xususiyatlari yomon cho‘yanlar uchun va 0,1 gacha — qalin devorli quymalar uchun); A — magniyning o‘zlashtirish koeffitsiyenti (modifikatsiyalash usuli va cho‘yan temperaturasi bog‘liq; 1400 °C da Ni — Mg ligatura kiritilganda $A = 0,6 - 0,7$; 1500 °C da $A = 0,4 - 0,5$).

Qoldiq magniy miqdori yetarli bo‘lmaganda aralash yoki vermikular grafit, ortiqcha bo‘lganda esa qisman yoki to‘la oqarish hosil bo‘ladi. Ochiq tipdagi kovshga yoki to‘plagichga qalpoqcha yordamida sof magniy ko‘rinishidagi modifikator kiritilganda magniy sarfi cho‘yan temperaturasi qarab 0,4—0,7% ni tashkil qiladi, bunda metallning temperaturasi qancha yuqori bo‘lsa, magniy sarfi shuncha kam bo‘ladi.

Ligatura tarkibiga magniy metall massasidan 2—2,5% miqdorda kiritiladi. Agar

magniy va ligaturalar maxsus avtoklavlar yoki kovshlarda bosim ostida kiritilsa, ularning sarfi kamayadi (4.7, 4.8- rasmlarga q.). Bunda magniyning qaynash temperaturasi ortadi, bug'ning sekin hosil bo'lishi ta'minlanadi va uni mumkin qadar ko'p o'zlashtirish uchun sharoitlar yaratiladi. Avtoklavlarda yoki germetizatsiyalangan kovshda modifikatsiyalaganda magniy sarfi ishlov berilayotgan metall massasidan 0,2—0,35% gacha kamayadi.

5.3. Bolg'alanuvchan (KЧ) cho'yan olish

Bolg'alanuvchan cho'yan tayyorlash texnologiyasi ikkita bosqichga bo'linadi: oq cho'yandan quymalar olish va grafitlaydigan yumshatish. Bolg'alanuvchan cho'yan olish uchun shixta tarkibi shunday tarzda hisoblanadiki, suyuq cho'yanda 2,3—3,0% C va 0,9—1,6 Si bo'lsin. C va Si ning aniq miqdori talab etiladigan xossalari, ya'ni bolg'alanuvchan cho'yan markasi va sovitish sharoitlarini hisobga olgan holda quymalar devorlarining qalinligiga qarab aniqlanadi.

Bolg'alanuvchan cho'yan suyuqlantirishning birinchi bosqichi dupleks- jarayon vagranka— elektr yoy pechi vositasida olib boriladi. Bunda vagrankada tarkibida quyidagi elementlar bo'lgan cho'yan suyuqlantirib olinadi (%): 2,6—2,85 C; 0,8—1,0 Si; 0,2—0,25 Mn; 0,12—0,17 P va 0,12 gacha S. So'ngra bu cho'yan kislotali elektr yoy pechiga quyiladi va 1450—1500 °C gacha o'ta qizdiriladi. Shu yerning o'zida cho'yan tarkibini to'g'rilash mumkin, masalan, po'lat bo'laklar qo'shib uglerod miqdorini kamaytirish yoki ferroqotishmalar qo'shib Si va Mn miqdorlarini oshirish mumkin.

Bolg'alanuvchan cho'yan olish uchun dupleks-jarayonning ancha takomillashtirilgan varianti — yoy pechini induksion pech bilan birlashtirishdir. Bu holda kutish pechidagi cho'yanning kimyoviy tarkibi kam o'zgaradi va xossalari ancha barqarorligicha qoladi. Yoy pechi— induksion pechdan iborat dupleks-jarayon VAZda qo'llaniladi. Shixtada asosiy tashkil etuvchilar sifatida qaytarilgan metall va po'lat chiqindilaridan foydalaniladi. Kutish pechiga quyidagi kimyoviy tarkibga ega bo'lgan 1550—1570 °C temperaturali metall quyiladi (%): 2,8-2,9 C; 1,1-1,2 Si; 0,3-0,35 Mn; <0,06 S va P; <0,05 Sr; <0,15 Ni va Cu. Induksion pechga

qayta quyilgandan keyin suyuqlanma yuzasidan shlak chiqarib yuboriladi va og'irligi 8—12 kg bo'lgan elektrod bo'lagi kiritiladi (kulrang va juda mustahkam cho'yan olish uchun ham shunday qilinadi), u yuqori temperaturada metall bilan kontaktlashib, Si va Mn larning qattiq uglerod bilan geterogen qaytarilishi hisobiga ularning kuyindisini kamaytiradi va elektrod siniqlaridan uglerodning erishi hisobiga uning kuyindisini kompensatsiyalaydi. Cho'yan kutish pechidan chiqarilayotganda 1520 ± 10 °C temperaturaga ega bo'lishi kerak. Kovshga qo'shimchali paketlar kiritiladi. Garchi bu jarayon ko'proq mikrolegirlash jarayoniga taalluqli bo'lsada, bu qo'shimchalar modifikatorlar deb ataladi. VAZda chiqari- layotgan suyuq cho'yanga ВНО markali vismutdan 0,01% va ФР-В markali ferrobordan 0,0058% beriladi, bu esa yumshatish siklining davomiyligini qisqartirishga yordam beradi.

Siniq joyi oq, qalin devorli quymalar olishga va yumshatish vaqtini sezilarli qisqartirishga imkon beruvchi eng yaxshi qo'shimchalar quyidagi qo'shilmalar hisoblanadi: 0,02—0,0004% Bi; 0,01—0,02% Al va 0,002—0,004% B, shuningdek, Te — Си, Te — S, Te — Я., Te — Pb, Te — Bi, Te - B — Al, Te — Bi — Си — Al ligaturalar, elementlarning dozirovkalanishi Te va Bi uchun 0,0001—0,005% hamda Al uchun 0,01—0,03%.

Bolg'alanuvchan cho'yan suyuqlantirishning ikkinchi bosqichi — grafitlovchi yumshatish — maxsus pechlarda amalga oshiriladi va 30—40 soat davom etadi. Ferritli bolg'alanuvchan cho'yan olish uchun quymalarni o'ziga xos yumshatish rejimi quyidagi operatsiyalarni o'z ichiga oladi: 930—1050 °C gacha qizdirish, grafitlashning birinchi bosqichi to'la tugallanmaguncha shu temperaturada saqlab turish, 760 °C gacha oraliq sovitish (ya'ni kritik temperaturalar intervalidan biroz yuqori), ko'pi bilan 5 °C/soat tezlik bilan 700 °C gacha nazorat qilinuvchi sovitish (ya'ni butun kritik temperaturalar orqali yoki perlitni parchalanishi uchun shu temperaturaning o'zida tegishlicha saqlab turish), 550—600 °C gacha sovitish (sekin, so'ngra esa «oq siniq» hosil bo'lishining oldini olish uchun tez).

5.4. Legirlangan cho‘yan olish

Legirlangan cho‘yan suyuqlantirishning asosiy xususiyati — qo‘llanilayotgan suyuqlantirish metodlari sharoitlarida oksidlanishga turlicha moyil bo‘lgan legirlovchi elementlarni kiritishdan iborat.

Kam legirlangan cho‘yanlarni suyuqlantirish vagrankalarda va elektr pechlarda amalga oshiriladi. Legirlovchi elementlarni ikkita usulda kiritish mumkin: a) tabiatda legirlangan cho‘yanlarni shixtalab va b) ferroqotishmalar qo‘shib. 5.2-jadvalda legirlovchi elementlarni kiritish bo‘yicha asosiy tavsiyalar keltirilgan.

Tarkibida Ct va Ni bo‘lgan, kam legirlangan konstruksion cho‘yanlar olishda JIXH1—JIXH10 markali (1% gacha Ni va 2,3— 3,2% Cr) quyma ko‘rinishidagi tabiatda legirlangan cho‘yanlardan foydalaniladi. Kam legirlangan cho‘yanlarga titan va mis BTMJ ti pidagi tabiatda legirlangan cho‘yanlar bilan kiritiladi. Masalan, dvigatellarning gilzalari uchun kam legirlangan cho‘yanni dupleks-jarayon vagranka—elektr pechi vositasida suyuqlantirib olishda vagranka shixtasida legirlovchi elementlarning dastlabki miqdoriga qarab 7 dan 10% gacha JIXH va BTMJ dan foydalaniladi. Suyuq cho‘yan vagrankadan elektr pechga qayta quyiladi, bu pechda u o‘ta qizdiriladi va, agar zarur bo‘lsa, kimyoviy tarkibi korrekcirovka qilinadi. Pechdan chiqarib, kovshga quyish vaqtida cho‘yan ferrosilitsiy bilan modifikatsiyalanadi. Ko‘p legirlangan cho‘yanlarni suyuqlantirish o‘ziga xos xususiyatlarga ega, lekin barcha hollarda uni elektr pechlarda suyuqlantirilsa, maqsadga muvofiq bo‘ladi.

5.2- jadval

Legirlangan cho‘yanlarni suyuqlantirishda legirlovchi elementlarni kiritish bo‘yicha tavsiyalar

Legir- lovchi element	Legirlanish darajasi	Legirlovchi qo‘shimchalar	Kiritish usuli	Suyuqlan- tirish usuli	O‘zlash- tirish koef-ti
1	2	3	4	5	6

Cr	Past	Tabiatda legirlangan cho‘yan	Shixtaga	Vagranka, elektr pechi	0,8-0,9
	O‘rtacha va yuqori	Ferroxrom	-//- Suyuqlan-tirish oxirida pechga	Vagranka Elektr pechi	0,8-0,85 0,9-0,95
Ni	Past	Tabiatda legirlangan cho‘yan LXN	Shixtaga	Vagranka, elektr pechi	0,9-0,95
	O‘rtacha va yuqori	Ferro nikel ligaturalar, barcha markadagi metall nikel	-//- -//-	Vagranka Elektr pechi, vagranka	0,88-0,92 0,92-0,96
Cu	Past	Tabiatda legirlangan cho‘yan	Shixtaga	Vagranka, elektr pechi	0,9-0,95
	O‘rtacha va yuqori	Barcha markadagi metall mis	-//- -//-	Elektr pechi, vagranka	0,9-0,95
Ti	Past	Tabiatda legirlangan cho‘yan	Shixtaga	Vagranka, elektr pechi	0,6-0,7
	Past va o‘rtacha	Ferrotitan	Suyuqlan-tirish oxirida pechga yoki kovshga	Elektr pechi	0,45-0,55

Mo	Past va o'rtacha	Ferromolibden	-//-	Elektr pechi	0,92-0,97
Al	Past	Metall aluminiy	Kovshga	Elektr pechi, vagranka	0,7-0,75
	Yuqori	-//-	Suyuqlantirish oxirida pechga yoki kovshga	Elektr pechi	0,7-0,75
W	Past	Ferrovolfam	Kovshga	Vagranka, elektr pechi	0,92-0,96
	O'rtacha	Ferrovolfam	Suyuqlantirish oxirida elektr pechga	Elektr pechi	0,92-0,96
V	Past	Ferrovanadiy	Kovshga	Elektr pechi, vagranka	0,88-0,92
	O'rtacha	Ferrovanadiy	Suyuqlantirish oxirida pechga	Elektr pechi	0,88-0,92

5.5. Quymalar uchun yuqori sifatli po‘lat olish texnologiyasi

Quymadagi po‘latning sifati uni olish texnologiyasiga sezilarli darajada bog‘liq bo‘ladi. Texnologiya metallmas qo‘shilmalarning miqdori, tarkibi, shakli va taqsimlanishini aniqlaydi. Po‘latning sifatiga uning tarkibidagi oltingugurt, fosfor, kislorod, azot va vodorod katta ta‘sir ko‘rsatadi. Shuning uchun tayyorlash texnologiyasi zararli aralashmalar miqdorining juda kam bo‘lishini, metallmas qo‘shilmalarning eng kam zararli shaklini va talab etilgan strukturani ta‘minlashi kerak.

Yuqori sifatli po‘lat olish jarayoni uchta bosqichdan iborat: suyuqlantirish, pechdan tashqarida ishlov berish va termik ishlash. Quymadagi po‘latning sifati shixta sifatiga bog‘liq bo‘ladi. Kislotali jarayonda shixta tarkibidagi zararli aralashmalar miqdorining juda oz bo‘lishini ta‘minlash ayniqsa muhimdir, chunki u pechdan oltingugurt va fosforni chiqarib yuborishga imkon bermaydi.

Suyuqlantirish jarayonida po‘latning sifatiga oksidlash davri (qaynash jadalligi va uning davom etishi, shlakning tarkibi) va qaytarish davri (uning davom etishi, shlak tarkibi, oksidsizlantirgichlar hamda modifikatorlarning tarkibi va miqdori) rejimlari ta‘sir qiladi.

Po‘latning sifatini yaxshilashda po‘latni modifikatsiyalash, zararli aralashmalar miqdorini kamaytirish va metallmas qo‘shilmalarning miqdori, tarkibi, shakli hamda taqsimlanishiga jiddiy ta‘sir ko‘rsatishga imkon beruvchi pechdan tashqarida ishlov berish usuli katta ahamiyatga ega.

Shunga o‘xshash, lekin po‘latning sifatiga ancha chuqur ta‘sir ko‘rsatishni maxsus elektr metallurgiya metodlari ta‘minlaydi. Bu metodlar yuqori sifatli po‘lat quymalar olishda keng qo‘llaniladi va po‘lat quymakorligida foydalana boshlanmoqda.

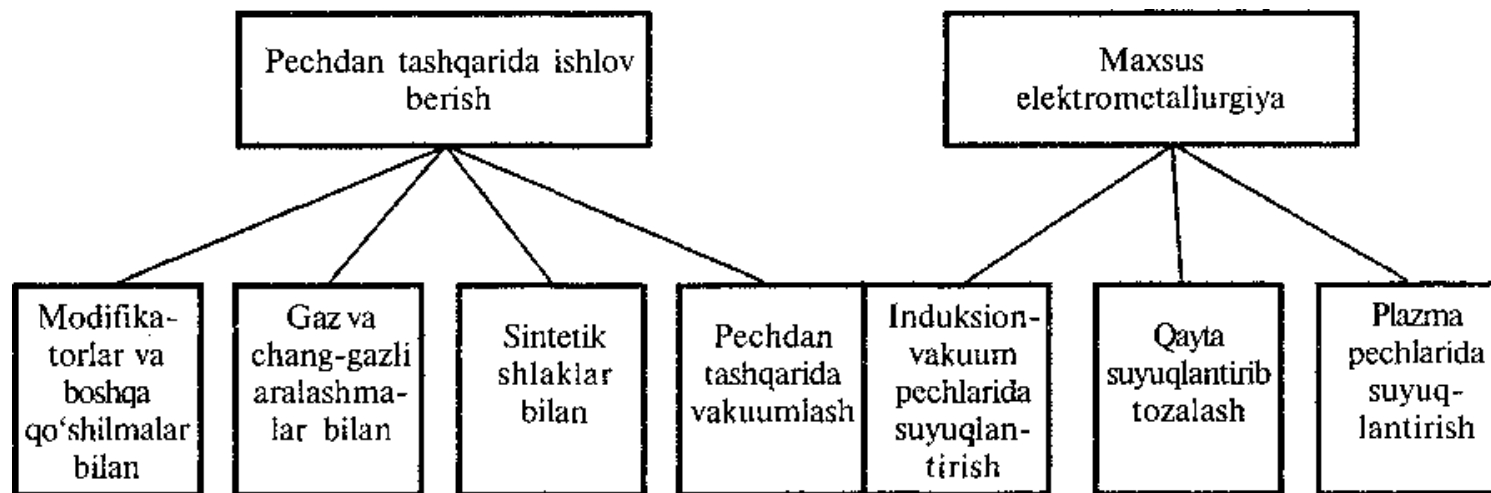
5.2- rasmda quyiladigan po‘lat sifatini yaxshilash uchun qo‘llaniladigan pechdan tashqarida ishlov berish va elektr metallurgiya asosiy usullarining klassifikatsiyasi keltirilgan. Pechdan tashqarida ishlov berishning eng oddiy turi modifikatsiyalashdir. Modifikatsiyalangan uglerodli po‘lat xossalari bo‘yicha tejamliligi legirlangan po‘latlarga, modifikatsiyalangan tejamliligi legirlangan po‘lat esa

qimmatbaho va nodir qo‘shimchalar (Ni, Mo va shunga o‘xshashlar) bilan legirlangan po‘latlarga yaqinlashadi. Ishqor hosil qiladigan va ishqoriy- yer metallar bilan modifikatsiyalash po‘latning xossasini sezilarli darajada yaxshilashga imkon beradi. RZE silitsidlarning ittriy bilan ishlatishi, ayniqsa, samaralidir. Kompleks modifikatorlarning kiritilishi oksidsiz- lantirish, tozalash va modifikatsiyalashni amalga oshirishga imkon beradi, chunki RZE po‘latning asosiy komponentlariga nisbatan oltingugurt va kislorodga yuqori darajada kimyoviy yaqin bo‘ladi. Po‘latning sifatiga nitrid hosil qiluvchi modifikatorlar jiddiy ta’sir ko‘rsatadi. Ko‘p modifikatorlar metallmas qo‘shimchalarning globulizatsiyalanishiga yordam beradi. Bu jihatdan eng samaralasi kalsiy va RZE dir.

5.6. Plazma pechlarida po‘lat suyuqlantirish

Shakldor quyma uchun podatning eng ko‘p miqdori elektr yoy pechlarida suyuqlantirib olinadi. Lekin ular juda ko‘p tutun ajratadi va shovqin hosil qiladi. Plazma pechlarida bu kamchiliklar bo‘lmaydi. Ular ishchi bo‘shliqning konstruksiyasi bo‘yicha yoy pechlariga o‘xshash, lekin elektrodlar o‘rniga ularning gumbazida plazmatron o‘rnatilgan. Bu pechlarning odatdagi yoy pechlariga nisbatan afzalliklaridan biri — grafit elektrodning bo‘lmasligidir, bu esa metallni uglerodlanishdan to‘la mustasno qiladi va kam uglerodli po‘lat suyuqlantirib olishga imkon beradi. Plazma yoyi plazmatron elektrodi bilan suyuqlantirilgan metall vannasi oralig‘ida yonadi. Vanna pech o‘zgarimas tok bilan ta‘minlanganda anod vazifasini o‘taydi, uch fazali tok bilan ta‘minlanganda esa sxemaning nol nuqtasi bo‘ladi [4]. Kombinatsiyalangan tarzda qizdirish pechlari ham mavjud: plazma-induksion va yoqilg‘i- plazma pechlari.

Plazma pechlarining asosiy xususiyati - pech bo‘shlig‘ini yaxshi germetiklash va binobarin, suyuqlantirishni nazorat qilinadigan atmosferada o‘tkazish imkonini berishidir. Neytral atmosferada suyuqlantirish mumkinligi legirlovchi qo‘shimchalarni amalda tola o‘zlashtirib, yuqori legirlangan po‘latlar chiqindisidan foydalanishga imkon beradi.



5.2- rasm. Po‘latning sifatini yaxshilash usullarining klassifikatsiyasi.

Sanoatda suyuqlantirish jarayonida 10 tonnali pechda legirlovchi elementlarning, masalan, quyidagicha o'zlashtirilishiga erishiladi (%): 97-99 Mn, 96-98 Cr, 98—100 Ni, 98-100 Mo, 60-80 Ti. Plazma pechlarining shunday afzalliklaridan yana biri — atrofdagi muhitning kam ifloslanishi va mehnat gigiyenasining oshishidir.

Lekin plazma pechlarida argon ishlatilishi va elektr energiyaning ko'p sarflanishi natijasida ularda suyuqlantirish narxi yoy pechlariga qaraganda yuqori bo'ladi. Shu sababli, plazma pechlaridan yuqori legirlangan po'latlar va qotishmalarni suyuqlantirishda foydalanilsa, maqsadga muvofiq bo'ladi. Bunda kuyindining kamayishi va po'lat sifatining yaxshilanishi hisobiga legirlovchi elementlarning kamayishi hal qiluvchi ahamiyatga ega [4].

Shixta plazma pechlariga po'lat suyuqlantiriladigan pechlardagiga o'xshash yuklanadi, ya'ni ust tomondan (buning uchun pechlar buriladigan gumbazlar yoki yumalatib chiqariladigan vanna bilan jihozlanadi). Kichik sig'imli (6 t gacha) pechlarda pech tubida o'rnatiladigan elektrodlarning bo'lishi elektrod bilan qattiq shixta orasida puxta elektr kontakti ta'minlanishi zaruriyatini yaratadi. Gumbaz yopiladi va pechga plazmatronlar shunday tarzda kiritiladiki, bunda soplo uchi va shixta orasida millimetrning yuzdan bir necha ulushlari qadar oraliq o'rnatilsin. Pechga kuchlanish beriladi va elektrod bilan plazmatronlarning soplolari orasida start yoyi yonadi. So'ngra plazmatron yoy alangasi shixtaga urmaguncha shixta tomon siljiriladi. Ishchi yoy yongandan keyin plazmatronlar ish holatiga qaytariladi va pech ishlilab turgan vaqtda qo'zg'almaydigan qilib qoldiriladi. Suyuqlantirish vaqtida pech operativ tarmoqdan uzilganida, yoyni yondirish uchun plazmatron qaytadan metall yaqiniga siljiriladi.

Po'latni suyuqlantirishda plazma pechida sodir bo'ladigan metal- lurgik jarayonlar yoy pechlarida sodir bo'ladigan jarayonlarga o'xshash bo'ladi, ya'ni jarayon aralashmalarni oksidlantirmasdan sodir bo'ladi; suyuqlantirish jadal olib boriladi, bu esa legirlovchi elementlarni yaxshi saqlab qolishga imkon beradi. Plazma pechi atmosferasining tarkibida juda ko'p miqdorda argon bo'ladi, shuning uchun kislorod, azot va vodorod suyuqlanmadan gaz fazasiga odishi mumkin, ya'ni

ayni holda gaz fazasi tozalagich hisoblanadi.

5.7. Elektr shlak yordamida po‘latni qayta suyuqlantirish (EShQS)

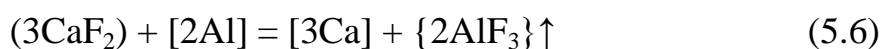
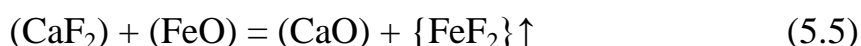
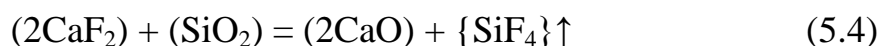
Elektr shlak yordamida qaytauyuqlantirish VDP, ELP va PDP bilan bir qatorda, yuqori sifatli po‘lat olishning zamonaviy metodi hisoblanadi. Elektr shlak yordamida qaytauyuqlantirish (EShQS) shundan iboratki, sarflanadigan elektrod ko‘rinishidagi qaytauyuqlantiriladigan po‘lat elektr odkazuvchi suyuq shlak vannasiga solinadi. Bu shlak suv bilan sovitiladigan kristallizatorida unda shlak aralashmasini suyuqlantirib yoki maxsus shlak suyuqlantirish pechida tayyorlangan suyuq shlak quyib hosil qilinadi. Elektrod va shlakdan o‘tkaziladigan o‘zgaruvchan yoki o‘zgarimas elektr toki shlakni 1600—1800 °C temperaturada suyuqlantirilgan holatda saqlab turadi, buning hisobiga sarflanadigan elektrod suyuqlanadi va elektrod uchidan oqib tushadigan metall tomchilari kimyoviy aktiv shlak qatlami orqali o‘tadi hamda metallmas qo‘shilmalar va zararli aralashmalardan tozalanadi. Shlak vannasidan pastda to‘planadigan suyuq metall vannasi asta-sekin qotadi va kristallizatorida quyma ko‘rinishida shakllanadi.

Jarayon uzluksiz amalga oshiriladi. Suyuqlantirilgan elektrod metallining muntazam kelib tushishini ta‘minlagan holda quyma (yombilar)ni yo‘naltirilgan holda qotirish quymada kirishish g‘ovaklari bo‘lmasligini ta‘minlaydi va bir jinsli zich struktura hosil qiladi. Shlak suyuq metallni atmosfera ta‘siridan sezilarli darajada saqlaydi. Qaytauyuqlantirish jarayonida quymaning yon sirtida qalinligi 1—3 mm bo‘lgan shlak qobig‘i (garnisaj) hosil bo‘ladi. Qobiq kristallizatoridan tabiiy issiqlik va elektr izolatsiyasini hamda quyma sirtining silliq, toza bo‘lishini ta‘minlaydi.

Elektr shlak yordamida qaytauyuqlantirishning fizik-kimyoviy xarakteristikasi. Elektr shlak yordamida qaytauyuqlantirishning po‘lat tozalashning yuqori samaradorligini aniqlaydigan asosiy xususiyatlari quyidagilardan iborat: yuqori temperatura, juda rivojlangan kontaklashish yuzasi, tarkibida SiO₂, FeO, MnO miqdori kam bo‘lgan yuqori asosli shlak va quymaning

yoʻnaltirilgan kristallanishi.

Elektr shlak yordamida qayta suyuqlantirishda fazalarning oʻzaro taʼsiri ham qator xususiyatlarga ega. Ular shulardan iboratki, shlak tarkibida kislorodni atmosferadan metallga koʻchira oladigan oʻzgaruvchan valentli oksidlar deyarli boʻlmaydi. Bundan tashqari, shlaklar tarkibida CaF_2 boʻladi, ular esa elementlarning quyidagi reaksiyalar boʻyicha gaz fazasiga oʻtishiga yordam beradi:



Tarkibida CaF_2 boʻlgan shlaklar, masalan, AHΦ-6, AHΦ-7, AHΦ-8 lar oson suyuqlanadi (suyuqlanish temperaturasi 1200—1350 °C), uncha yuqori boʻlmagan qovushoqlikka va yaxshi elektr oʻtkazuvchanlikka ega boʻladi, lekin ulardan foydalanilganda elementlarning bir qismi (5.4)—(5.7) reaksiyalar boʻyicha gaz fazasiga oʻtadi hamda zararli ftoridlar ajralib chiqadi va bundan tashqari, kislorodning atmosferadan shlak orqali oʻtishi yengillashadi. Bu kamchiliklar tarkibida ftor boʻlmagan fluslar, masalan, AH-209, AH-292 da boʻlmaydi.

Elektr shlak yordamida qayta suyuqlantirishda oltingugurtni chiqarib yuborish sulfidlarning bevosita oʻtishi $[\text{FeS}] \rightarrow (\text{FeS})$ ga ham, (1.34) va (1.35) reaksiyalarga ham bogʻliq. Bu reaksiyalar yuqori temperaturalar, shlakni yuqori darajada asoslilik va reaksiyaga kiradigan yuzaning rivojlanganligi tufayli samarali oʻtadi.

Oʻzgarmas tokdan foydalanilganda, oltingugurt quyidagi reaksiya boʻyicha elektr kimyoviy usulda chiqarib yuborilishi sodir boʻlishi mumkin:



Metallmas qoʻshilmalarni chiqarib yuborish ham elektr shlak yordamida qayta suyuqlantirishning (EShQS) koʻrsatilgan xususiyatlariga asoslanadi va sezilarli

darajada sirtiy hodisalar hamda texnologik jarayonning o'zining parametrlariga bog'liq bo'ladi.

Metallmas qo'shilmalami chiqarib yuborishning kinetik tenglamasi quyidagi ko'rinishga ega:

$$\ln \frac{K_{m.q.}^{dast} - K_{Al_2O_3}^{min}}{K_{m.q.}^{oxir} - K_{Al_2O_3}^{min}} = \frac{\beta_{ef}}{\nu_0} \quad (5.9)$$

bu yerda: $K_{m.q.}^{dast}$ va $K_{m.q.}^{oxir}$ — metallmas qo'shilmalarning dastlabki va oxirgi konsentratsiyasi, %; $K_{Al_2O_3}^{min}$ — $K_{Al_2O_3}^{min}$ ning eng kam konsentratsiyasi, %,

$$K_{Al_2O_3}^{min} = \frac{2}{3} (0,0029 + 9 \cdot 10^{-4} \cdot a_c^2 + 2,6 \cdot 10^{-3} \cdot a_{Si}^{3/2});$$

ν_0 — quymaning suyuqlanish tezligi, m/s; (β_{ef} — effektiv massa ko'chirish koeffitsiyenti.

Metallmas qo'shilmalarni effektiv chiqarib yuborish uchun kichik radiusli qo'shilmalar bo'lishi, shuningdek, shlakning sirt tarangligi yuqori va ular shlakni yaxshi ho'llashi zarur.

Quymakorlikda elektr shlak yordamida qayta suyuqlantirish (ESHQS)ning sanoat texnologiyasi. ESHQdan suv bilan sovitiladigan kristallizatorlarda bevosita shakldor quymalar olish uchun foydalaniladi. Elektr shlak yordamida quyish (ESHQ) deb ataladigan bu metod o'zida elektr shlak yordamida qayta suyuqlantirish (yuqori sifatli metall olish) va quyish (murakkab shakldagi buyumlar olish) afzalliklarini muvaffaqiyatli mujassamlantiradi. Elektr shlak yordamida quyishda odatdagi quyishdan farqli o'laroq, quyish qolipi bilan birlashgan agregatda suyuq metallning uzluksiz tayyorlanishi hamda sarflanishi ta'minlanadi.

Suyuq metallning quyish qolipi bilan o'zaro ta'sirlashmasligi, shlak vannasi esa suyuqlantirish vaqtida uni himoyalagich bo'lib xizmat qilishi — elektr shlak yordamida quyishning katta afzalligi hisoblanadi. Elektr shlak yordamida quyishda jarayonning ikkita asosiy sxemasi qo'llaniladi. Birinchi sxema bo'yicha (5.3- a

rasm), po‘lat quymani, quymada elektr shlak yordamida qayta suyuqlantirishda bo‘lganidek (joylashishi bo‘yicha metall elektrod quyilgan buyum bilan o‘qdosh bo‘lganda), bevosita quyish qolipida suyuqlantiriladi va kristallizatsiyalanadi. Ikkinchi sxema bo‘yicha (5.3- b rasm), quyma suyuq metallni suyuqlantirish sig‘imidan (idishidan) suv bilan sovitiladigan qolipga uzluksiz qayta quyish bilan olinadi. Bunda suyuqlantirish sig‘imi qo‘zg‘almas, quyish qolipining metall bilan to‘lishiga qarab, unga nisbatan siljiydi. Qayta quyish natijasida suyuq metallning tozalanish darajasini oshirishga, chunonchi, uning gazdan tozalanishini jadallashtirishga, jumladan, vodorodni chiqarib yuborishga ham erishiladi. Metallni qayta quyish murakkab va turli- tuman shakldagi quymalar olish bo‘yicha elektr shlak yordamida quyish (ESHQ) imkoniyatini sezilarli darajada kengaytiradi. Bundan tashqari, bimetall, umuman olganda esa ko‘p qatlamli quymalar olish imkoniyati paydo bo‘ladi.

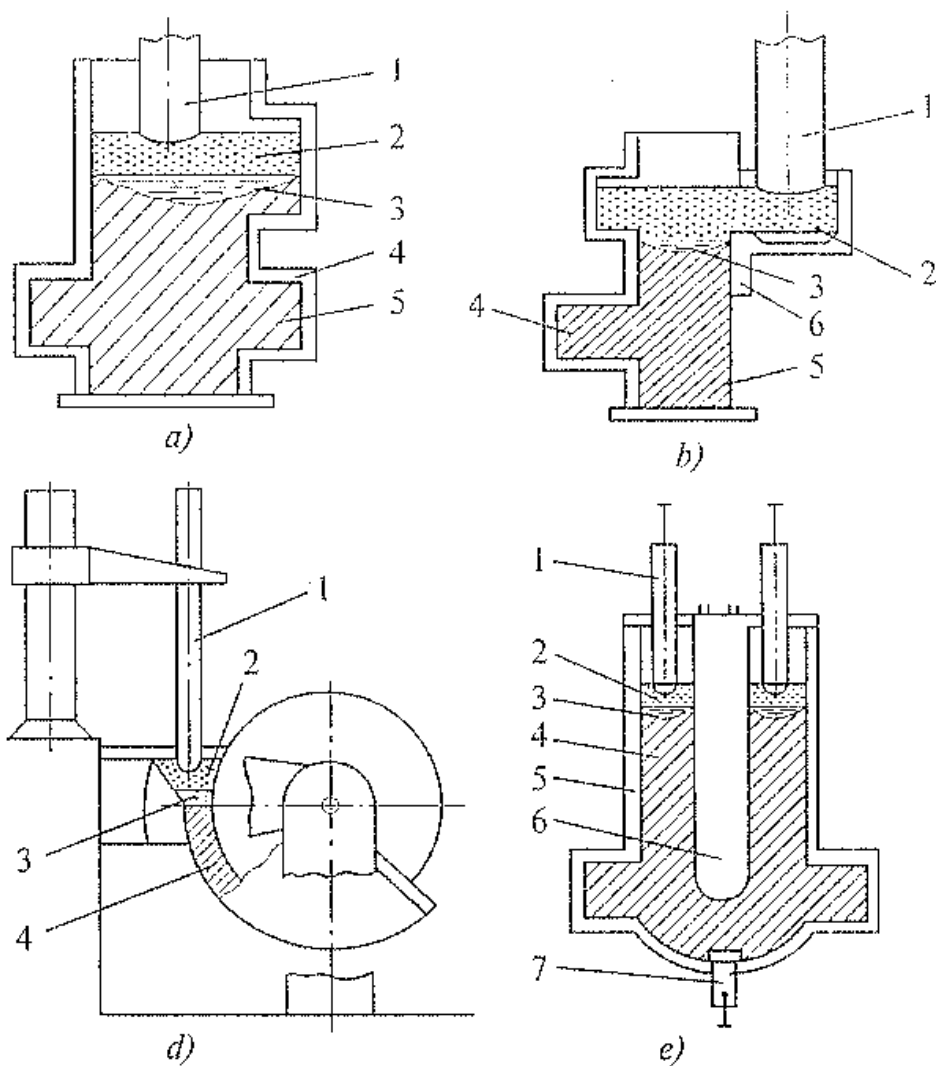
Elektr shlak yordamida quyishda quyma pribil (qo‘shilish) qismisiz bo‘ladi, chunki kristallanish sharoitlari kirishish kovaklari va o‘q bo‘yicha g‘ovaklikning hosil bo‘lishiga yo‘l qo‘ymaydi. Suyuqlantirish agregatining quyish qolipi bilan birlashtirilishi litnik sistemasiga metall sarflanishiga yo‘l qo‘ymaydi. Ichki bo‘shliqlar hosil qilish uchun quymalarda, odatda quyish qolipi sterjeni rolini o‘ynaydigan qo‘zg‘almas dronlardan foydalaniladi. Elektr shlak yordamida quyish jarayonlari yuqori bosim ostida ishlaydigan detallarni quyish uchun keng qo‘llaniladi (5.3- d rasm).

Elektr shlak yordamida quyish texnologiyasi quyidagi operatsiyalarni o‘z ichiga oladi: sarflanadigan elektrodلarni shay qilish, pechni tayyorlab qo‘yish, flusni tayyorlash, start va stabillash, qayta suyuq lantirish, quymaning yuqori qismini shakllantirish (xot- topping [48]), kristallizatorda sovitish va quymani chiqarib olish. Bu — quyma pechdan «chiqarib olinadigan» yagona jarayondir.

Sarflanadigan elektrodلarni tayyorlash uchun metall odatdagi po‘lat suyuqlantiriladigan pechlarda suyuqlantirib olinadi. Elektrodلar tayyorlashning eng ilg‘or usullaridan biri — uzluksiz quyib chiqishdir. Sarflanadigan elektrodلarga qo‘yiladigan texnik shartlarda kimyoviy tarkib, dastlabki metallni suyuqlantirib

olish texnologiyasi, elektrod yuzasiga qo'yiladigan talablar, egri chiziqlilik hamda qalinligining turlicha bo'lishiga qo'yimlar aytib o'tiladi.

Suyuqlantirish qattiq yoki suyuq holatda bo'lishi mumkin bo'lgan startdan boshlanadi. Qattiq startda shlak vannasi hosil qilish bevosita kristallizatorida start ekzotermik aralashmasini suyuqlantirib bajariladi.



5.3- rasm. EShQS jarayonining sxemasi:

a — bevosita kristallizatorida: 1 — sarflanuvchi elektrod, 2 — shlak vannasi, 3 — metall vannasi, 4 — qo'zg'almas kristallizator, 5 — quyma; b — metallni qayta quyish bilan: 1 - sarflanuvchi elektrod, 2 — shlak vannasi, 3 - metall vannasi, 4 — qo'zg'almas kristallizator, 5 - quyma, 6 — harakatlanuvchi suyuqlantirish sig'imi; d — sferik tubning ESHQ sxemasi: 1 — sarflanuvchi elektrod, 2 — shlak vannasi, 3 — metall vannasi, 4 — quyma; e — qulflash armaturasi korpusining ESHQ sxemasi: 1 - sarflanuvchi elektrod, 2 — shlak vannasi, 3 — metall vannasi, 4 — quyma, 5 — kristallizator; 6 — dron, 7 — pilik.

Suyuq startda shlak maxsus shlak suyuqlantiriladigan pechda suyuqlantiriladi. Jarayonni barqarorlashtirish uchun shlak vannasini qizdirish zarur. Bunda elektrod qiziydi, u suyuqlana boshlaydi va zarur bo'lgan suyuqlantirish elektr rejimi o'rnatiladi. Erib borayotgan elektrod shlak vannasiga uzatiladi, vanna sathi metall sathi bilan birgalikda ko'tariladi, lekin elektrodning erishiga qaraganda sekinroq ko'tariladi. Uzatish avtomatik yuritma yordamida amalga oshiriladi.

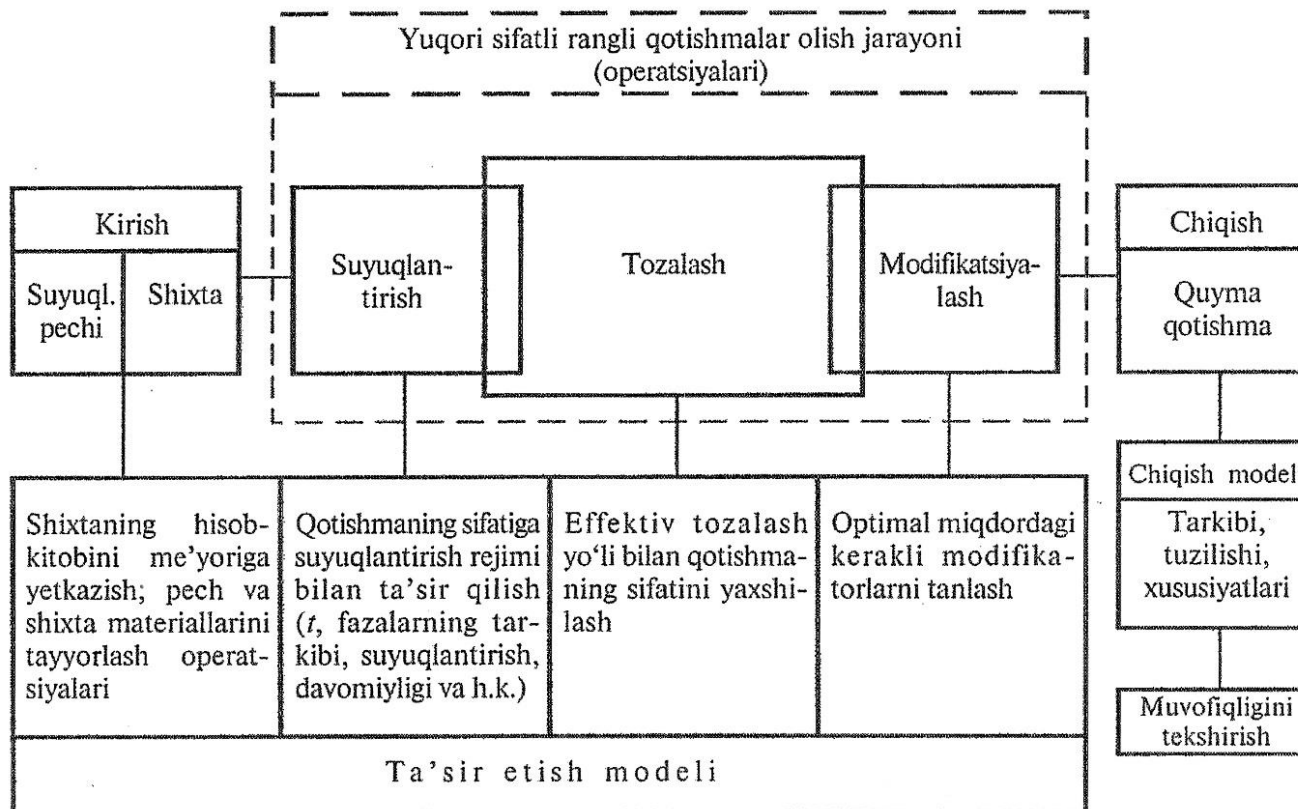
Asosiy suyuqlantirish davridan keyin, ya'ni butun quyma suyuqlantirib bo'lingach, quvvat kamaytiriladi va bosh qismni ta'minlash amalga oshiriladi (xot-toping); kirishish natijasida paydo bo'ladigan nuqsonlar minimumga keltiriladi. Elektr shlak yordamida quyish metodi — zararli aralashmalardan tozalangan, zich, bir tekis strukturali metall tayyorlashga imkon beradi, bu esa boshqa suyuqlantirish usullari yordamida olib bo'lmaydigan xossali, murakkab quymalar tayyorlash imkoniyatini ta'minlaydi.

5.8. Yuqori sifatli rangli qotishmalar olish

Rangli qotishmalar sifati temir- uglerodli qotishmalar singari kimyoviy tarkibi, suyuqlantirilgan holatdagi temperaturasi va tozaligi, ya'ni gaz hamda metallmas qo'shilmalar va zararli aralashmalarning bo'lmasligi bilan aniqlanadi. 5.4- rasmda quyiladigan yuqori sifatli rangli qotishmalar olish sistemasini analiz qilish sxemasi keltirilgan. Jarayonning markaziy operatsiyasi — tozalashdir. Olinadigan qotishmaning sifati bu operatsiyaga sezilarli darajada bog'liq bo'ladi. Lekin u faqat tozalash bilan aniqlanmaydi. Qotishma sifatiga shixta tarkibi ham, suyuqlantirish jarayonining barcha texnologik parametrlarga rioya qilinishi ham ta'sir qiladi. Yuqori sifatli qotishmalar olish texnologik jarayonning har bir elementini sinchiklab bajarish natijasida ta'minlanadi. Ulardan asosiylari quyidagilardir:

1. Suyuqlantirish pechi va shixtani tayyorlash. Pech shlakdan, metall qoldig'i va hokazolardan tozalanadi. Shixtani nam tigelga yuklashga yo'l qo'yilmaydi. Shixta begona qo'shilmalardan tozalangan, quritilgan bo'lishi kerak, noma'lum tarkibli temir- tersakdan foydalanishga, shuningdek, shixta tarkibida moy, axlat va

shunga o'xshashlarning bo'lishiga yo'l qo'yilmaydi. Yuqori sifatli rangli qotishmalarni olish uchun shixtani talab etilgan tarkibdagi quyma materiallar va



5.4- rasm. Yuqori sifatli rangli qotishmalar olishning sistemali analiz sxemasi.

qaytgan metallardan tashkil etish maqsadga muvofiq bo‘ladi, chunki temir- tersak va chiqindilar muqarrar qotishma sifatini yomonlashishiga olib keladi.

2. Suyuqlantirishning texnologik rejimiga rioya qilish (temperatura, fazalar tarkibi, jarayonning va ayrim operatsiyalarning davomiyligi). Rangli qotishmalar o‘ta qizdirishga sezgir bo‘ladi (qotishma «keragidan ortiqcha qizishi» mumkin, bu esa sifatning yomonlashishiga olib keladi). Yuqori temperaturalarda va uzoq vaqt saqlab turilganda qotishmalar tarkibidagi gaz miqdori ortadi. Ko‘p qotishmalar ular suyuqlantiriladigan atmosferaga sezgir bo‘ladilar. Shu sababli suyuqlantirish sharoitlarini to‘g‘ri tanlash juda muhim (III bobga q.).

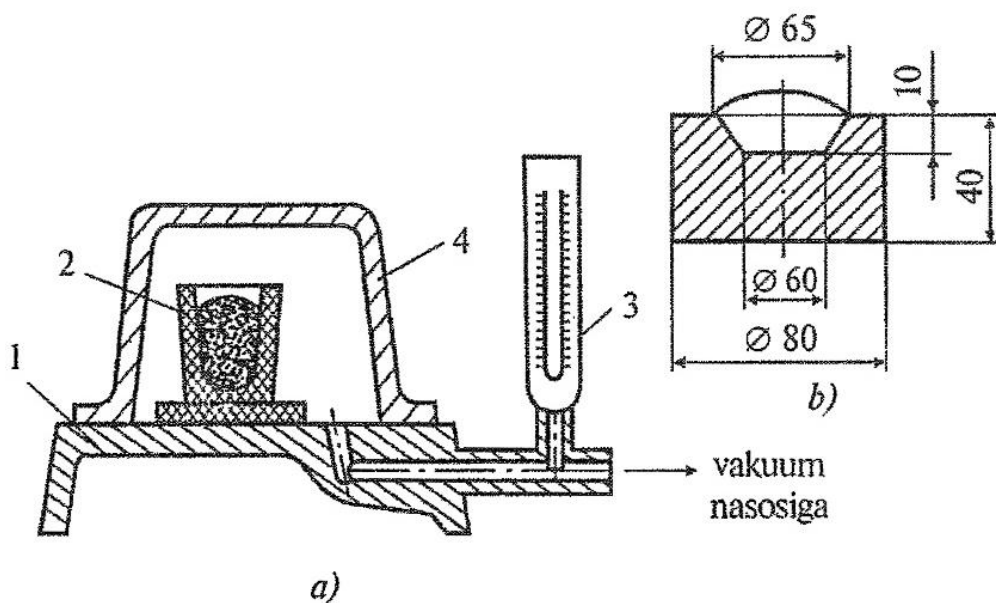
3. Qotishmani tozalash. Tozalashning samaraliligi haqida gazlar va metallar qo‘shilmalarning qoldiq miqdoriga qarab fikr yuritish mumkin (mukammalroq III, IV boblarga q.).

Suyuqlanma qotayotganida vodorodning pufakchalar ko‘rinishida ajralib chiqadigan «aktiv» qismi quymalarda g‘ovaklikning rivojlanishini aniqlaydi. Bu «aktiv» qismni sifat jihatdan baholash vakuum namuna yordamida bajariladi (5.5-rasm). Namunani analiz qilishga tayyorlangan suyuqlanma porsiyasi qalpoqcha ostiga joylashtiriladi, unda 30—60 s ichida qoldiq bosimi $0,67 \cdot 10^2$ Pa ga teng siyraklashish yaratiladi: bunda suyuqlanma «qaynay» boshlaydi. Gazning ajralib chiqish darajasi haqida qotgan quymaning ustki yuzasining holati bo‘yicha fikr yuritish mumkin. Gaz ajralib chiqishi yuqori darajada jadal bo‘lganda yuza sal ko‘tarilgan bo‘ladi va yoriq joylar hosil qiladi. Qotgan quymalarning kesik joylari ham ishonarli manzarani ko‘rsatadi. Agar faqat «qaynash» jarayonining borishi va ustki yuza holatini kuzatish bilan cheklanilsa, unda bu namunani ishlab chiqarish sharoitlarida qo‘llash mumkin. Odatda, bu namuna bilan gazning pufakcha ko‘rinishida ajralib chiqish jadalligining sifat xarakteristikasi o‘lchanadi, lekin undan miqdoriy xarakteristikalarni olish uchun ham foydalanish mumkin. Buning uchun vakuum qozoniga pech joylashtiriladi, pechda esa ichiga suyuq namuna quyilgan tigel bo‘ladi. Havo so‘rib olinayotganda suyuqlanmaning temperaturasi va qozondagi bosim uzluksiz o‘lchanadi, tuynukcha orqali esa suyuqlanma yuzasining holati kuzatiladi. Olingan qiymatlar qotishma tarkibidagi vodorod miqdorini

quyidagi eruvchanlik tenglamasi bo'yicha hisoblab topishga imkon beradi:

$$\lg S = -\frac{A}{T} + B + \frac{1}{2} \lg p,$$

bu yerda: S — eruvchanlik, $\text{sm}^3/100 \text{ g}$ metall; T — o'lchangan temperatura, K; p — qozondagi o'lchangan qoldiq bosim, Pa; A va B — konstantalar.



5.5- rasm. Rangli qotishmalarni nazorat qilish uchun vakuum- namuna:

1 - plita, 2 - suyuq metalli tigel, 3 - manometr, 4 - shisha qopqoq.

Ajralib chiqadigan vodorodning absolut miqdorini bayon etilgan metod yordamida berilgan qotishma uchun eruvchanlik tenglamasiga kiradigan A va B o'zgarmas kattaliklarning qiymati ma'lum bo'lgan holdagina aniqlash mumkin. Agar kattaliklarning qiymati ma'lum bo'lmasa, birinchi pufakcha metodidan ajralib chiqadigan vodorod miqdorining nisbiy o'zgarishini kuzatib borish uchun foydalanish mumkin.

4. Modifikatorlar tanlash. Modifikatsiyalash qotishmalar sifatini yaxshilash uchun (IV bobga q.) bajariladi. Yuqori sifatli istalgan qotishma (xoh po'lat, cho'yan yoki rangli qotishma bo'lsin) modifikatsiyalanadi.

Rangli qotishmalarda aralashmalar alohida ahamiyatga ega bo‘ladi. Shu bilan birga, bir xil qotishmalarda foydali bo‘lgan aralashmalar boshqa qotishmalarda zararli bo‘lishi mumkin. Masalan, aluminiy qotishmalarida temir zararli aralashma hisoblanadi; u amalda aluminiyda erimaydi va hatto tarkibida juda kam miqdorda bo‘lganda ($< 0,005\%$) ham ignasimon shaklga ega bo‘lgan intermetallid FeAl_3 ajralib chiqishiga va shuning uchun aluminiy hamda uning qotishmalarining elastikligi pasayib ketishiga olib keladi. Quyiladigan qotishmalarda temirning yo‘l qo‘yilgan chegaraviy miqdori quyish usuliga bog‘liq. Qum qoliplarga quyishda $0,5\text{—}1,0\%$ Fe ishtirok etilishiga yo‘l qo‘yiladi. Kokilga quyishda katta tezlikda sovitilish hisobiga FeAl_3 qo‘shilmalar maydalanadi, shu sababdan qotishma tarkibidagi temirning ruxsat etilgan chegaraviy miqdorini $0,8\text{—}1,4\%$ gacha oshirish mumkin.

Magniy qotishmalarida ko‘pchilik zararli aralashmalar qattiq magniyda ozgina eriydi, shuning uchun ham yoxud erkin holatda (Fe, Na, K) ajralib chiqadi, yoxud hatto juda oz miqdorda bo‘lganda ham donalar chegarasi bo‘ylab mo‘rt intermetallid qo‘shilmalar (Cu, Ni) hosil qiladi. Bu elementlar magniyning korroziyaga turg‘unligini juda pasaytirib yuboradi. Shuning uchun quyiladigan qotishmalarda zararli aralashmalar miqdori cheklangan bo‘ladi: ko‘pi bilan $0,08\%$ Fe, $0,01\%$ Ni va $0,1\%$ Cu.

Titan qotishmalari uchun kirishma aralashmalari (C, O_2 , N_2 , H_2) alohida rol o‘ynaydi. Ular qotishmalarning mustahkamligi va qattiqligini keskin oshiradi ($0,01\%$ kirishma aralashmalari kichik konsentratsiya zonasida mustahkamlikni $7\text{—}20$ MPa ga oshiradi) va elastikligini pasaytiradi (aralashmalar miqdori $0,5\text{—}0,7\%$ dan ortiq bo‘lganda u nol qiymatga ega bo‘ladi va natijada mo‘rtlik vujudga keladi). Shu boisdan kirishma aralashmalarining miqdori qat’iy cheklanadi: $\text{O}_2 < 0,1\text{—}0,15\%$; $\text{C} < 0,5\text{—}0,1\%$; $\text{N} < 0,04\text{—}0,15\%$. Eng xavflisi vodorod aralashmalaridir, chunki ular α - qotishmalarda plastinka sirpanadigan tekisliklarda gidrid fazasi hosil qiladi. Vodorod mo‘rtligi vujudga kelishining oldini olish uchun vodorod miqdori $\sim 0,01\%$ gacha cheklanadi.

Oxirgi $10\text{—}15$ yillarda tiksoquyma va reoquyma jarayonlari rivojlanib ketdi.

Ushbu usulda aluminiy qotishmalaridan 2000- yilda 1% quymalar olindi. SSP (Semi- Solid Processing) va SSM (Semi- Solar Merol) jarayonlarida qotishmalarga qattiq, suyuq holatida maxsus ishlov beriladi. Tiksoquyma jarayonida qotishma qotgandan so'ng qisman bo'shashtiriladi va ishlov beriladi. Reoquyma usulida qotishmaga qisman qotgan holatda ishlov beriladi. Tiksoquyma va reoquyma texnologik jarayonlari barqarorligi va mahsulotining mexanik xususiyatlari yuqoriligi bilan ajralib turadi.

V BOB NAZORAT SAVOLLARI

1. Plastiksimon grafitli cho'yanni xarakteristikasi.
2. Sharsimon grafitli cho'yan deganda nimani tushunasiz?
3. Sharsimon grafitli cho'yan olish texnologiyasi.
4. Nima uchun sharsimon grafitli cho'yanlar boshqa qotishmalar o'rniga tavsiya etiladi?
5. Bolg'alanuvchan cho'yan olish texnologiyasi.
6. Oq cho'yan deganda nimani tushunasiz?
7. Cho'yanlar nima uchun legirlanadi?
8. Yuqori sifatli cho'yanlar olish texnologiyalari.
9. Elektroshlak pechlarida po'latni olishdagi yutuqlar.
10. Rangli qotishmalar olish yuqori texnologiyalari.

VI BOB. SUYUQLANTIRISH JARAYONLARINI OPTIMALLASH

6.1. Suyuqlantirish jarayonlarini hisoblash va optimallashtirish

Quyiladigan qotishmalar xossalarini optimallashtirish quyidagi tayyorlangan detalning konstruksiyasi va vazifasiga to'liq javob beradigan tarkibni aniqlash uchun zarur. Odatda, masala quyidagi tarzda qo'yiladi: eng yuqori mustahkamlikda va nisbiy uzayish hamda qattqlikning berilgan kattaliklarida komponentlar miqdorini aniqlash talab qilinadi. Xossalarni optimallashtirish jarayonini qotishmalardan birining misolida ko'rib chiqamiz. Masalan, AK5M2 qotishma uchun komponentlar miqdori quyidagi chegaralar bilan cheklangan:

$$\left. \begin{array}{l} 4 \leq Si \leq 6 \\ 2,5 \leq Cu \leq 3,5 \\ 0,2 \leq Mg \leq 0,8 \\ 0,2 \leq Mn \leq 0,8 \end{array} \right\} \quad (6.1)$$

Mustahkamlik σ (MPa), nisbiy uzayish 5(%) va qattqlik HB quyidagi funksiyalar bilan tavsiflanadi:

$$\sigma = 1,66X_1 - 0,4 X_2 - 5 X_3 - 2,333 X_4 + 13,567 , \quad (6.2)$$

$$\delta = 0,695X_1 - 0,6 X_2 - 3,6067 X_3 - 1,233 X_4 + 2,245 , \quad (6.3)$$

$$HB = 0,25X_1 + 5,75 X_2 + 1,667 X_3 + 1,667 X_4 + 59,6587 , \quad (6.4)$$

bu yerda X_1, X_2, X_3, X_4 — qotishmadagi kremniy, mis, magniy va marganes konsentratsiyasi.

Cheklashlar (6.1) ni qoniqtiradigan optimal kimyoviy tarkibni topish talab etiladi, bunda $\delta \geq 1,5$, $HB \geq 70$ shart bajarilganda mustahkamlik eng katta qiymatga ega bo'ladi.

Masala chiziqli programmalash metodi bilan yechiladi. Qotish- maning quyidagi kimyoviy tarkibi olingan (%): Si — 6; Cu — 1,5; Mg — 0,2; Mn — 0,2 ($\delta = 21,46$ kgs/mm² da).

Agar (6.2)—(6.4) tenglamalar chiziqli bo‘lmasa, u holda masala murakkablashadi. Ushbu holda masalani [29] da keltirilgan gradiyent metodi yordamida yechish mumkin.

Shixtani hisoblash va optimallashtirish. Optimallashtirish masalasini yechish uchun shixtani hisoblashda kimyoviy tarkib bo‘yicha cheklashlarni, shixtaning tarkibi va narxini hamda suyuqlantirish pechlarida undan foydalanishning ruxsat etilgan chegaralarini bilish zarur [33]. Turli suyuqlantirish agregatlarida po‘lat suyuqlantirishning o‘ziga xos xususiyatlari, shuningdek, suyuqlantirish shartlari diapazoni shixtani optimallashtirishda, cho‘yan uchun qilinganidek, elementlar kuyishining o‘rtacha hisobidan kelib chiqishga imkon bermaydi. Shuning uchun shixtani hisoblash va optimallashtirishning birinchi bosqichida shixta tarkibidagi elementlarning keltirilgan miqdorini konkret suyuqlantirish sharoitlari hamda bu sharoitlar uchun metall shixta va ferroqotishmalar uchun alohida- alohida kuyindilar kattaligi ko‘rinishida keltirilgan tajriba ma’lumotlari asosida aniqlanadi:

$$K_{i(j)}^{kel} = K_{i(j)} \frac{100-U_i}{100}, \quad (6.5)$$

bu yerda $K_{i(j)}$ — shixtaning j- komponenti tarkibidagi i- element miqdori.

Bundan tashqari, C, S va P uchun suyuqlantirish agregati turi va jarayonga qarab (kislotali yoki asosli, aralashmalarining oksidlanishi yoki oksidlanmasligi), barcha shixta materiallari uchun umumiy bo‘lgan ma’lum qonuniyatlar mavjud. Ularga asoslanib shixta tarkibidagi talab etilgan elementlar miqdori hisoblab topiladi. Elementlarning kuyishi 4.4- jadvalda keltirilgan.

Oksidlab suyuqlantirishda uglerod uchun, odatda, quyidagi bog‘lanishlar qabul qilinadi:

$$K_{C(s)} = K_{C(s)}^p + 0,3 \text{ — asosli jarayon uchun,}$$

$$K_{C(s)} = K_{C(s)}^p + 0,2 \text{ — kislotali jarayon uchun,}$$

bu yerda $K_{C(s)}^p$ — suyuq po‘latdagi uglerodning oxirgi miqdori.

Oksidsizlantirmasdan suyuqlantirishda, aksincha, shixtadagi uglerod miqdori tayyor po‘latdagiga qaraganda kam bo‘lishi kerak:

$$K_{C(s)} = K_{C(s)}^p - 0,15 . \quad (6.6)$$

Asosli pechlarda po‘lat suyuqlantirilganda oltingugurt va fosfor dastlabki miqdordan 50—70% kuyadi. Kislotali pechlarda ularning miqdori o‘zgarmaydi.

6.1- jadvalda keltirilgan ma’lumotlardan va S, C va P bo‘yicha keltirilgan tavsiyalardan foydalanib, kimyoviy tarkibi bo‘yicha cheklash tenglamasini tuzish mumkin:

$$K_{i(s)}^n \leq \sum_{j=1}^n K_{i(j)}^{kel} \cdot x_j \leq K_{i(s)}^v , \quad (6.7)$$

$$K_{S(s)} \leq \sum_{j=1}^n K_{S(j)} \cdot x_j \leq \frac{100-U_S}{100} , \quad (6.8)$$

$$K_{P(s)} \leq \sum_{j=1}^n K_{P(j)} \cdot x_j \leq \frac{100-U_P}{100} , \quad (6.9)$$

(6.7)—(6.9) tenglamalar sistemasi texnologik cheklash tenglamalari bilan to‘ldiriladi va ular shixtaning eng kam narxi aniqlanadigan tenglama bilan birgalikda yechiladi:

$$Z_{\min} = \sum_{j=1}^n C_j \cdot x_j \rightarrow \min , \quad (6.10)$$

bu yerda: C_j — shixtaning preyskurant bo‘yicha j- komponentining narxi, so‘m; x — shixtadagi komponentlar miqdori, %.

Po‘lat elektr pechlarda suyuqlantirilganda metall shixta va ferro-qotishmalarda elementlarning kuyishi (dastlabki miqdoridan % hisobida)

Elementlar	Yoy pechi		Induksion pech	
	metal shixtadan	ferro-qotishmadan	metal shixtadan	ferro-qotishmadan
Uglerod	25	10-20	10	10-20 '
Kremniy	$\frac{40^*}{100}$	10	20	5
Marganes	$\frac{20}{70}$	5-10**	20	10
Xrom	$\frac{15^*}{20}$	5	15	5
Nikel	5	3	3	1
Vanadiy	$\frac{15^* - 50^{***}}{50 - 80}$	10	15	5
Volfram	10	5	5	5
Molibden	5	3	3	1
Mis	5	3	3	1
Titan	$\frac{90^*}{100}$	50	50	10
Kobalt	5	3	5	3

Izoh: * suratda - aralashmalarni oksidlamasdan suyuqlantirish uchun;

maxrajda — oksidlab (kislotali jarayonda suyuqlantirishning konkret sharoitlariga bog‘liq holda Si qirmochi kuzatiladi):

** — Mn > 5% uchun;

*** — Y < 1% uchun.

Shundan keyin chiziqli programmalash metodi yordamida po‘lat uchun shixtaning optimal tarkibi topiladi. Xuddi shunday tarzda cho‘yan uchun shixtaning optimal tarkibi va suyuqlantirish jarayonining parametrlarini aniqlash mumkin [19].

6.2. Aluminiy qotishmalari tayyorlash oqilona texnologiyasini tanlashning asosiy prinsiplari

Aluminiy va uning qotishmalarining xossalarini, shuningdek, ularni qizdirishda va suyuqlantirishda sodir bo‘ladigan issiqlik-fizika hamda fizik-kimyoviy jarayonlarni ko‘rib chiqish shuni ko‘rsatadiki, bu qotishmalarni olish uchun amalda bo‘lgan barcha suyuqlantirish usullari yaroqlidir. Oson bug‘lanuvchi komponentlarning sezilarli yo‘qolishi kuzatiladigan vakuumda suyuqlantirish jarayonigina bundan mustasno.

Aluminiy qotishmalarini olish usuli unumdorlikning juda yuqori bo‘lishini, suyuqlanma kerakli kimyoviy tarkibga, temperaturaga va sifatga ega bo‘lishini ta’minlashi kerak. Qotishma mumkin qadar qisqa muddat ichida tayyorlanishi kerak. Shu boisdan tubli pechlarda energiya manbai bilan shixta (suyuqlanma) orasida konveksiya yordamida uzatiladigan issiqlik ulushini oshirish hisobiga issiqlik almashinuvini jadallashtirish maqsadga muvofiq bo‘ladi. Bu bilan bir qatorda, pech vannasidagi issiqlik va massa almashtirish jarayonlarini suyuqlanma aralashtirish uchun har xil vositalardan foydalanish hisobiga jadallashtirish mumkin. Bunda temperaturani o‘zgarmas saqlash va uning aniq rostlanishini ta’miniash (ayniqsa, tarqatish pechlarida) muhim shartlardan hisoblanadi.

Qotishma tayyorlash jarayonida oksidlanish hisobiga metallning eng kam yo‘qotilishiga harakat qilinsa yaxshi bo‘ladi. Shu sababli, shixtani va ayniqsa, oson oksidlanadigan qo‘shimchalarni suyuqlanmaga botirib suyuqlantirish maqsadga muvofiq bo‘ladi, chunki bunda tomchilab suyuqlanish sodir bo‘lmaydi. Tarqatish pechlarida suyuqlanmani saqlab turishda uning gaz bilan to‘yinishiga yo‘l qo‘ymaslik lozim. Tarkibidagi qattiq va gazzimon metallmas qo‘shilmalar miqdori bo‘yicha suyuqlanmaning talab etilgan sifat darajasi suyuqlantirish agregatida ham va undan tashqarida ham effektiv tozalash vositalaridan foydalanib ta’minlanadi.

Kimyoviy jihatdan suyuqlanma bilan o‘zaro ta’sirlashmaydigan, o‘tga chidamli materiallar qo‘llangani ma’qul. Fluslar, gazlar va tozalovchi moddalar atrofdagi muhitni iflos qilmasligi kerak. Qotishmalar tayyorlash uchun foydalaniladigan texnologiya va asbob- uskunalar shixtaning oson yuklanishini, pechni tozalashning, vannadagi suyuqlanmani aralashtirishning, shlak olinishining qulay bo‘lishini ta’minlashi kerak va h.k. Alohida operatsiyalarni mexanizatsiyalash va avtomatlashtirish yaxshi ta’sir ko‘rsatadi. Aluminiy qotishmalarini tayyorlash usuli chiqarilayotgan mahsulot tannarxining past bo‘lishini va asbob- uskunalarni ekspluatatsiya qilish xarajatlarini uncha yuqori bo‘lmasligini, shuningdek yoqilg‘i va energiyani juda kam yo‘qotilishini ta’minlashi kerak. Shu sababli suyuqlantirish qurilmalarining FIKini mumkin qadar yuqori qiymatga erishishiga intilish zarur. Deformatsiyalanadigan aluminiy qotishmalarini tayyorlash uchun turli tipdagi pechlarning kelajakda qo‘llanilishini ko‘rib o‘tilayotganda elektr pechlardan eng takomillashtirilgani — kanalli- induksion pechning quyish sexlarining kelajakdagi asosiy suyuqlantirish agregati deb hisoblashga imkon bermaydigan kamchiliklarga ega ekanligini nazarda tutish lozim. Bu kamchiliklar jumlasiga shixtani pechga yuklashdan oldin uni tanlab olish va quritish, shuningdek, kanallarni vaqti- vaqti bilan tozalash kiradi.

Qattiq shixtani suyuq vannaga yuklashning o‘ziga xos xususiyatlari bilan bog‘langan birinchi kamchilik, yirik seriyalab ishlab chiqarishda jiddiy muammoga aylanadi, chunki oldindan quritish sistemasining tashkil etilishi tutun chiqarib yuborish sistemasiga ega qizdirish qurilmalarini joylashtirish uchun qo‘shimcha maydon talab qiladi, bu esa tayyor mahsulot tannarxini sezilarli oshiradi. Ikkinchi kamchilik, avtomatlashtirish darajasi past hamda ko‘p mehnat sarflanadigan, olib qo‘yiladigan induktorlarni ta’mirlash va futerovka qilish bo‘yicha maxsus sexlar yaratish zarurligiga olib keladi.

Aluminiy qotishmalarini uzluksiz suyuqlantirish jarayonlarining yuqori darajada jadal o‘tishi va suyuqlantirish agregatlarining maydoni hamda hajmidan ancha to‘la foydalanishga erishilishidan, quyish sexlarida jarayonni yuqori darajada avtomatlashtirish, mehnat unumdorligini keskin oshirish va mehnat sharoitlarini

yengillashtirish mumkinligidan iborat potensial afzalliklari shunchalik kattaki, shixtali pechlarni deformatsiyalanadigan aluminiy qotishmalarini tayyorlash uchun suyuqlantirish pechlarining eng istiqbolli turi deb hisoblashga imkon beradi.

Yaqin kelajakda yangidan kiritiladigan quvvatlarning katta qismini uzluksiz suyuqlantirish mumkin bo'lgan shixta tipidagi pechlar bilan jihozlash nazarda tutilgan. Uzluksiz suyuqlantirishga to'la o'tish esa aluminiy qotishmalari metallurgiyasining rivojlanishida sifat jihatdan yangi bosqich bo'lib qoladi.

6.2- jadvaldan alanga yordamida qizdiriladigan shixta tipidagi va metall eng kam kuygan holda shixtani oksidsizlantirmasdan suyuqlan- tirishni ta'minlaydigan himoya atmosferasida suyuqlantiriladigan pechlardan foydalanish istiqbolliligi ko'rinib turibdi. Aluminiy qotishmalarini tayyorlashda yo'qotishlarni keskin qisqartirish zaruriyati hozirgi vaqtning o'zidayoq bunga o'xshagan pechlarni yaratish maqsadga muvofiq deb hisoblashga imkon beradi [1].

6.2- jadval

**Deformatsiyalanadigan aluminiy qotishmalari tayyorlash
uchun mo'ljallangan pechlar asosiy tiplarining
texnik xarakteristikasi**

Pech tipi	Sig'imi, t	Unumdorlik, t/soat	FIK, %	Kuyindi, %
Alangali qaytaruvchi	30-40	2-4	30	1,5
Gumbazi olinadigan yumaloq	15-25	2-4	25	1,5
Shaxta tipidagi	40-60	4-12	60	1,0
Elektr qarshilikli	7-10	0,5-0,8	70 (28)	1,2
Kanalli- induksion	6-25	1,3-3,0	60-75 (24-30)	0,8
Plazmali	40-60	4-12	60 (24)	0,3

E s l a t m a. Qavs ichidagi qiymatlar elektr stansiyaning FIKini hisobga olib ko'rsatilgan.

VI BOB NAZORAT SAVOLLARI

1. Nima uchun suyuqlantirish jarayonlarini optimallashtiriladi?
2. Aluminiy qotishmalarini optimal suyuqlantirish texnologiyalarini tanlash.
3. Shixtalarni hisoblash usullarini tanlash.
4. Qotishmalarni kuyishi deganda nimani tushunasiz va pechlarda kuyish foizlari.
5. Nima uchun shixta materiallariga suyuqlantirishdan oldin turli usullarda ishlovlar beriladi.
6. Po'lat suyuqlantirish uchun suyuqlantirish agregatlarini tanlash.

ADABIYOTLAR

1. Баландин Г.Ф., Васильев В.А. Физико-химические основы литейного производства. М., 2001.
2. Вашенко К.И., Шумихин В. С. Плавка и выпечная обработка чугуна. Киев, «Вища школа», 1992, 246 с.
3. Воздвиженский В.М., Грачев В.А., Спасский В.В. Литейные сплавы и технология их плавки в машиностроении. Москва, «Машиностроение», 2004, 432 с.
4. Высококачественные чугуны для отливок. (В. С.Шумихин, В.П.Кутузов, Ю.Г.Бобро и др.) Под ред. Н.Н.Александрова. Москва, «Машиностроение», 1982, 222 с.
5. Индукционные печи для плавки чугуна/Б.П.Платонов, А.Д.Акименко, С.М.Богущая и др. Москва, «Машиностроение», 2006, 176 с.
6. Котиков Г.А. Основы литейного производства. Издательство СПбГТУ, 2001, 210 с.
7. Кудрямов А.В., Ликунов М.В., Чурсин В.М. Литейное производство цветных металлов. Москва, «Металлургия», 1982, 352 с.
8. Леви Л.Н., Мариенбах Л.М. Основы теории металлургических процессов и технология плавки литейных сплавов. Москва, «Машиностроение», 1996, 496 с.
9. Сегодня и завтра литейного производства, тезисы докладов. 26—28 июня, 2001, Санкт-Петербург, 184 с.
10. Пелых С.Г., Семесенко М.П. Оптимизация литейных процессов. Киев, «Вища школа», 1977, 192 с.
11. Rasulov S.A. Quymakorlikda metallami suyuqlantirish usullari. Toshkent, 1998, 190 b.
12. Семенов Б.Н., Мельников Н.А. Принципы и техпроцессы получения точных заготовок из сплавов, находящихся в твердожидком состоянии. «Металлургия машиностроения», 2001.

13. Справочник по чугуному. Под. ред. Н.Г.Гиршовича. Москва—Ленинград, «Машиностроение», 1978, 758 с.
14. Су харчу к Ю.С., Юдкин А. К. Плавка чугуна в вагранках. Москва, «Машиностроение», 1981, 143 с.
15. Шульте Ю.А. Производство отливок из стали. Киев—Донецк. «Биша школа», 1999, 184 с.
16. Электрошлаковые печи. Под. ред. Б.Е.Патона и Б.Н.Медовара. Киев, «Наукова думка», 1976, 415 с.
17. Трухов А.П., Моляров А.И. Литейные сплавы и плавка, М.: Академа, 2005
18. Лабораторные работы по технологии литейного производства учебник, под ред. Козлова Л.Я. – М.: МиСИС. 2003, 210 с.
19. Rasulov S.A., Grachev V.A., Quymakorlik Metallurgiyasi. Toshkent: “O’qituvchi”, 2004, 320 с.
20. Rasulov S.A., Turaxodjaev N.D., Metallurgiyada quyish texnologiyasi. Toshkent, 2007.
21. Производство стальных отливок, учебник, под ред. Козлова Л.Я. – М.: МиСИС. 2003, 240 с.
22. Мамина Л.И. Теоретические основы литейного производства. Красноярск ИПК СФУ 2009.
23. I.M.Sahoo and S.Sanu. PRINCIPLES OF METAL CASTING 3rd edition McGraw-Hill UK 2014. 763 p.
24. John Campbell. THE METALLURGY OF CAST METALS CASTINGS. 2003. 334 p.
25. Можарин В.П. Литейное производство, 2 том. Томск, изд. Томск. университета, 2011, 462 с.
26. Чернышев Е.А. Технология литейного производства. Учеб. пособ. Чернышев Е.А., Евлампиев А.А. М.: Абрис, 2012, 388 с.
27. Некрасов Г.Б., Одарченко И.Б. Основы технологии литейного производства. Плавка, заливка металла, кокильное литье. Минск, Вышэшая школа, 2013, 221 с.

28. Костенко Ю.И., Филипенков А.А., Миляев В.М., Афанаскин А.В., Чуркин Б.С., Гофман Э.Б., Чуркин А.Б. Технология литейного производства. Учебник, Екатеринбург, РГТПУ, 2018, 682 с.
29. Rasulov S.A. Quyma mahsulotlarni loyihalash va ishlab chiqarish. Toshkent: "Fan va texnologiya", 2019, 183 b.