

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O'RTA
MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI
O'RTA MAXSUS, KASB-HUNAR TA'LIMI MARKAZI

H. R. VALIYEV

METALLURGIYADA ISSIQLIK TEXNIKASI ASOSLARI

Kasb-hunar kollejlari uchun o'quv qo'llanma

*Cho'lpon nomidagi nashriyot-matbaa ijodiy uyi
Toshkent — 2007*

*Oliy va o'rta maxsus, kasb-hunar ta'limi o'quv metodik
birlashmalar faoliyatini muvofiqlashtiruvchi
Kengash nashrga tavsiya etgan*

Taqrizchilar:

I. K. Umarova — Toshkent Davlat texnika universiteti «Konchilik ishi»
kafedrası dotsenti, kimyo fanlari nomzodi,
E.A. Imomberdiyev — Olmaliq sanoat kasb-hunar kolleji direktori,
O.R. Xodjayev — Olmaliq sanoat kasb-hunar kolleji o'qituvchisi

34.3
V 19

Valiyev H. R.

Metallurgiyada issiqlik texnikasi asoslari: Kasb-hunar kollejlari
uchun qo'll./ — T., Cho'lpon nomidagi nashriyot-matbaa ijodiy uyi,
2007 — 112 b.

O'quv qo'llanmada metallurgiyada issiqlik texnikasining asosiy tushunchalari berilgan bo'lib, pechlarda materiallarning fizik-kimyoviy o'zgarishi, gazlar va materiallarning harakatlanish qonuniyatlari hamda issiqlik almashuv jarayonlari yoritilgan. Shuningdek, metallurgik pechlarni isitish uchun qo'llaniladigan yoqilg'ilarning tasnifi, ularning yonishi, elektr energiyasini issiqlik energiyasiga aylantirish usullari, pechlarning asosiy qismlari, ularni qurishda ishlatiladigan o'tga chidamli materiallar haqida ma'lumotlar berilgan.

Qo'llanmaning so'nggi bobida respublikamiz va xorijiy mamlakatlar metallurgiya korxonalarida qo'llanilayotgan zamonaviy pechlar haqida fikr yuritilgan.

Metallurgiya yo'nalishidagi kasb-hunar kollejlari tahsil olayotgan talabalarga mo'ljallangan ushbu o'quv qo'llanmadan oliy o'quv yurtlari talabalari va ishlab chiqarishdagi mutaxassislar ham foydalanishlari mumkin.

BBK 34.3 ya 722

V 0301080000-1 — 2007
360/04/-2007

ISBN 978-9943-05-040-2

© Cho'lpon nomidagi nashriyot-matbaa ijodiy uyi, 2007-y.

KIRISH

Yurtboshimiz Islom Abdugʻaniyevich Karimov «Oʻzbekiston XXI asr boʻsagʻasida: xavfsizlikka tahdid, barqarorlik shartlari va taraqqiyot kafolatlari» nomli asarida taʼkidlaganlaridek, Oʻzbekiston zaminida mavjud boʻlgan boyliklarga ega davlatlar jahon xaritasida koʻp emas. Oʻzbekiston yer osti boyliklari bilan haqli ravishda faxrlanadi — bu yerda Mendelev davriy sistemasidagi deyarli barcha elementlar topilgan.

Har qanday mamlakatning iqtisodiy va mafkuraviy salohiyati unda mavjud tabiiy boylik, energiya resurslari va shu mamlakat egasi boʻlgan har bir insonning bu boyliklardan oqilona foydalanishga yoʻnaltirilgan munosabati bilan belgilanadi, desak mubolagʻa boʻlmaydi.

Bugungi kunda Respublikamiz oʻzida ishlab chiqarilayotgan rangli, qimmatbaho, noyob va qora metallari bilan dunyo bozorida yetakchi oʻrinlardan birini egallab kelmoqda.

Qadimdan maʼlumki, insoniyat tosh (ruda)dan metall ajratib olishda issiqlikdan foydalanib kelgan. Texnika va texnologiyalar rivojlangan hozirgi davrda ham metallurgiyani issiqlik energiyasiz tasavvur etish qiyin. Chunki har qanday metallurgik (pirometallurgik, gidrometallurgik) jarayon issiqlik yutish yoki chiqarish bilan boradigan fizik-kimyoviy oʻzgarishlar orqali amalga oshiriladi. Metallurgik jarayonlar katta miqdorda issiqlik talab etadigan, yuqori haroratlar (800°C – 1500°C)da ishlaydigan agregatlarda olib boriladi. Metallurgiyada issiqlik xomashyodan metall olishda, ulardan turli qotishma mahsulotlar tayyorlashda, shuningdek, shu mahsulotlarning tannarxini belgilashda asosiy omillardan biri hisoblanadi, chunki metallurgik jarayonlarni issiqlik bilan taʼminlash uchun juda katta miqdorda yoqilgʻi (tabiiy gaz, mazut, koʻmir) va elektr energiyasi sarflanadi. Shuning uchun ham bu sohada issiqlik energiyasidan unumli foydalanish mutaxassisidan

metallurgiyada issiqlik bilan boradigan jarayonlar, issiqlik manbalari, ularni jarayonlar boradigan agregatlarga yetkazib berish, agregatlarda issiqlik almashuvi, issiqlik sarfi, agregatlarda issiqlikga chidamli materiallarning qo'llanilishiga oid va boshqa bilim va malakalarga ega bo'lishni talab etadi. Bularning barchasini «Metallurgiyada issiqlik texnikasi asoslari» fani o'zida mujassamlashtirgan bo'lib, mutaxassislar tayyorlashda katta ahamiyatga ega.

Rasm, sxema hamda jadvallar bilan boyitilgan, 12 bobdan tashkil topgan ushbu o'quv qo'llanma kollej talabalarini maktabda olgan bilim va kollejda yo'nalish bo'yicha o'qitilayotgan fundamental fanlar (fizika, kimyo va metallurgik jarayonlar)ga asoslangan holda tuzilgan.

I BOB.

METALLURGIK PECHLAR TO‘G‘RISIDA

UMUMIY TUSHUNCHALAR

Dunyo miqyosida hozirgi paytda bir yilda 500 mln tonna po‘lat va 20 mln tonna har xil rangli metallar olinadi. Xomashyodan metall olish, asosan, pirometallurgiya jarayonlari yoki yoqilg‘i sarflanadigan metallurgik pechlarda amalga oshiriladi. Zamonaviy metallurgik pechlar – yirik mexanizatsiyalashgan va avtomatlashtirilgan agregatlar bo‘lib, ularning o‘lchamlari ishlab chiqarish unumdorligiga qarab, uzunligi 250 m, eni 15 m, balandligi 30 m ni tashkil qiladi. Bu pechlarda bir sutka davomida bir necha yuzdan minglab tonnagacha dastlabki xomashyo qayta ishlanadi va yuzlab tonna yoqilg‘i yoki minglab kVt elektr energiyasi sarflanadi. Pechlarning me‘yorida ishlashi uchun katta hajmli omborlar, shixta tayyorlaydigan joylar, transport xo‘jaligi, gaz tarmoqlari, kichik elektrostansiyalar va boshqa kerakli qurilmalarni jihozlash lozim. Pechni qurishga ketadigan mablag‘ bir necha yuz million so‘mni tashkil etadi.

Pechning ichki devori o‘tga chidamli g‘ishtlardan teriladi, ular 2000°C haroratga chidamli bo‘ladi.

Metallurgik pechni faqat yoqilg‘i yonadigan dastgoh deb tushunish mutlaqo noto‘g‘ri. Zamonaviy pech – mukammal fizik-kimyoviy jarayonlar boradigan agregat bo‘lib, unda issiqlik texnikasi jarayonlari bilan bir paytda boshqa jarayonlar ham kechadi: ya‘ni yoqilg‘ining yonishi, elektr quvvatining issiqlikka o‘tishi, materiallarning fizik-kimyoviy o‘zgarishlari, qattiq, suyuq, gaz fazalarining harakatlanishi va hokazo. Zamonaviy pechlarning ishlashini bir-biriga chambarchas bog‘langan va bir-biridan kelib chiqadigan jarayonlar tashkil etib, ularga quyidagilar kiradi.

1. Yoqilg‘ining yonishi yoki elektr quvvatining issiqlikka aylanishi, ya‘ni energetik jarayon.

2. Xomashyo va mahsulotlarning fizik-kimyoviy o‘zgarishlari texnologik jarayoni.

3. Issiqlik almashuv, ya'ni sirtqi va ichki, gaz, eritma va qattiq fazalar o'rtasida issiqlik almashuv jarayoni.

4. Eritma va gazning harakatlanishi, ya'ni gidroaeromexanik jarayoni.

5. Qattiq moddaning harakatlanishi mexanik jarayoni.

Bundan ko'rinib turibdiki, zamonaviy pechning ishlashi o'ta murakkab jarayonlardan tashkil topgan bo'lib, har bir jarayon o'ziga xos ma'lum qonuniyatga asoslangan holda o'tadi. Shuning uchun metallurgik issiqlik texnikasi asoslarini fundamental fanlar: fizikaviy-kimyoy, mutaxassislik fanlar, matematika, fizika, metallurgiya jarayonlari asoslari, texnologik fanlar va boshqa shu kabi fanlarga asoslanib o'tish maqsadga muvofiqdir.

1.1. Metallurgik pechlarning asosiy turlari

Metallurgiyada qo'llanadigan pechlar turlicha bo'lib, ularni quyidagi ko'rsatkichlar asosida sinflarga ajratish mumkin:

1. Texnologik maqsadi: quritish, kuydirish, eritish, isitish, termik qayta ishlash;

2. Issiqlik manbai: uglerodli yoqilg'ilarda ishlaydigan pechlar, elektropechlar.

3. Issiqlik almashuv asosida: isitilayotgan materiallarning ichidan issiqlik chiqishi, issiqlik manbai alohida bo'lib, issiqlik almashuvi orqali isitilishi.

4. Ishchi hajmining tuzilishiga asosan: vertikal-shaxtali pech, gorizontol-olovli pech, silindr shakldagi, to'g'ri burchak shaklidagi pechlar.

5. Ishlash usuli bo'yicha: davriy va uzluksiz.

Metallurgiyada xomashyoni quritish va kuydirishga mo'ljallangan pechlarning to'rt turi mavjud, ular quyidagilardir.

1. **Ko'p tubli pech** vertikal silindr shaklida bo'lib, uning diametri 4–8 m, balandligi bo'yicha gorizontall tublarga bo'lingan. Tublar pech markazidan o'tgan po'lat o'qqa mahkamlangan bo'lib, jarayon davomida o'z o'qi atrofida aylanma harakat qiladi (1- rasm).

Dastlabki shixta yuqoridagi pudga yuklanadi va pudlarning aylanma harakati hisobiga birin-ketin pastda joylashgan pudga tushiriladi. Yoqilg'i va havo har pud qarshisida joylashgan oynadan beriladi.

2. **Quvuri aylanadigan pech** gorizonta silindr shaklida bo'lib, diametri 2–5 m, uzunligi 20–200 m (1- *b* rasm).

Shixta va yoqilg'i pechning qarama-qarshi tomonlaridan yuklanib bir-biriga qarab harakatlanadi. Shixta, pechning ma'lum qiyalikda joylashish va uning aylanishi hisobiga harakatlanadi.

3. **Aglomeratsion mashina** eni 1–4 m, uzunligi 10–50 m bo'lgan bir-biriga jipslashgan po'lat aravachalardan tuzilgan. Shixta qatlam-qatlam tarzda aravaga solinadi va yondiriladi, yonishga kerak bo'lgan havo shixta orqali so'riladi (1- *d* rasm).

4. **Qaynar qatlamli (QQ) pech** eni 2–8 m, balandligi 3–15 m silindr shaklidagi kamerani eslatadi. Pechning pastki qismidan ko'tariladigan havo kuydirilayotgan materialni qaynar qatlam holda ushlab turadi (1- *e* rasm).

5. **Yallig' qaytaruvchi pech** ruda va boyitmalarni eritish hamda yarim mahsulotlarni tozalash uchun qo'llaniladi. Yallig' qaytaruvchi pechning eni 4–10 m, uzunligi 10–35 m bo'lib, kamera gorizonta joylashgan (2- *a* rasm). Dastlabki shixta pechga pechning yon devorida joylashgan oynalardan yoki yuqoridagi maxsus tuynuklar orqali yuklanadi. Eritma mahsulotlar esa pechning vannasida to'planadi.

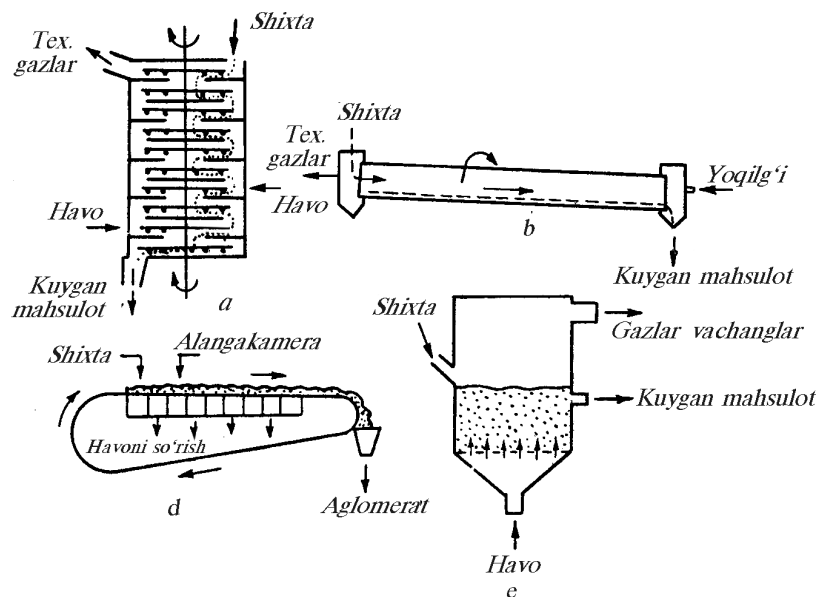
Yoqilg'i pechning bosh tomonidan beriladi, gazlar esa pechning oxiridan chiqariladi. Jarayonning mahsulotlari (shlak, shteyn) pechdan vaqti-vaqti bilan chiqarib turiladi.

6. **Shaxtali pech** eni 1–2 m, uzunligi 5–15 m, balandligi 5–8 m bo'lgan vertikal shaxta shaklida yasalgan.

Yirik shixta va yoqilg'i pechning tepa qismidan yuklanadi, havo pechning pastki qismiga joylashgan maxsus qurilmali naychalar — furalardan beriladi. Jarayon mahsulotlari pechning yig'indixonasiga tinimsiz chiqariladi.

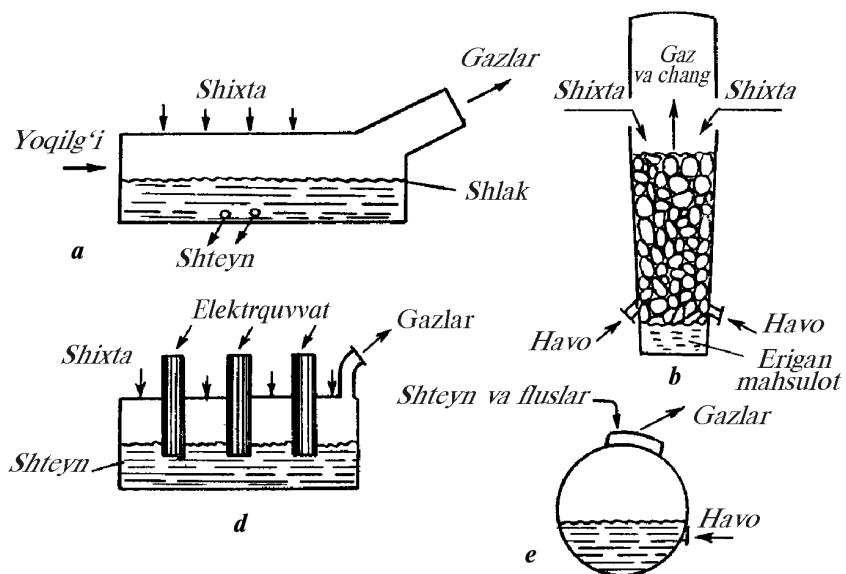
7. **Elektropech** — yallig' qaytaruvchi pechga o'xshash shaklda bo'lib, pechning yuqori qismidan grafitdan yasalgan elektrod tushirilgan, uning diametri 0,6–1,4 m. Shixtani solish va erigan mahsulotlarni chiqarish yallig' qaytaruvchi pechga o'xshashdir.

8. **Konverter** diametri 2–4 m, uzunligi 4–10 m bo'lgan gorizonta silindrni yodga soladi. Konverter aylanishi mumkin (gorizonta o'qi atrofiga). Erigan shteyn va flus pechning yuqori qismidagi maxsus darchadan solinadi, havo esa to'g'ridan-to'g'ri eritmaga pechning yon qismidan vannaga purkaladi.



1- rasm. Kuydirish va quritish pechlarining sxemasi:

a—ko'p pudli pech; b—quvurli aylanuvchi pech;
d—aglomeratsion mashina; e—qaynar qatlamli pech.



2- rasm. Ruda va boyitmalarni eritish pechlarining sxemasi:

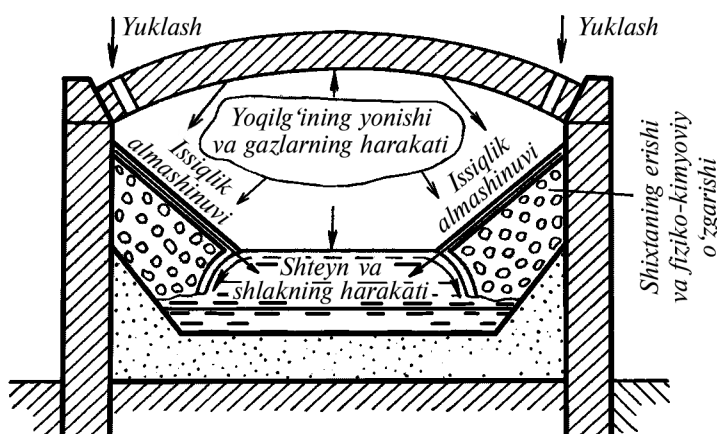
a—yallig' qaytaruvchi pech; b—shaxtali pech;
d—ruda-termik elektropech; e—konverter.

II BOB.

METALLURGIK PECHLARNING KOMPLEKS NAZARIYASI TO'G'IRISIDA UMUMIY MA'LUMOTLAR

Metallurgik pechlarning ishlashi bir paytda o'tadigan besh xil jarayondan iboratdir; ya'ni texnologik, energetik, aeromexanik, mexanik va issiqlik almashinuvlari. Bularning asosiysi – texnologik jarayondir. Boshqa jarayonlar unga bo'ysunadi, ya'ni boshqa jarayonlarning rivojlanishi texnologik jarayonning sifatli va samarali o'tishini ta'minlashi kerak. Amaliyotda barcha jarayon bir vaqtda kechadi, bu jarayonlar bir-biri bilan o'zaro bog'liqdir, bittasini jadallashtirish boshqalarining jadallashuviga olib keladi. Bunday qonuniyatlarni amalda ishlab turgan yallig' qaytaruvchi pechda ko'rib chiqamiz (3- rasm).

Rasmda, yallig' qaytaruvchi pechning ko'ndalang kesimida asosiy jarayonlarning o'tish o'rni ko'rsatilgan. Unda uglerodli yoqilg'i pechning ishchi hajmida yonadi va yuqori haroratli gazlar paydo bo'ladi – bu energetik jarayon. Paydo bo'lgan gazlarning



3- rasm. Yallig' qaytaruvchi pechda eritish jarayoni sxemasi.

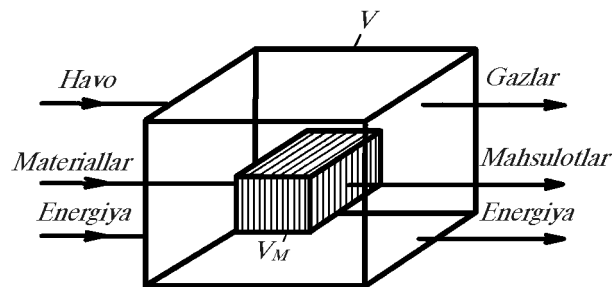
pech ichida harakatlanishi — aeromexanik jarayonni tashkil etadi. Harakat davrida issiq gazlar issiqlikni sovuq shixtaga beradi — bu issiqlik almashuv jarayonidir. Olingan issiqlik natijasida shixta eriydi, natijada ma'lum fizik-kimyoviy o'zgarishlar ro'y berib, mahsulot paydo bo'ladi (shteyn va shlak). Bu hol texnologik jarayon deb ataladi.

Shixta ustida hosil bo'lgan eritma pastga qarab siljiydi, pechning hovuzida shteyn va shlakka ajralib, ikki qatlam paydo bo'ladi. Bu jarayon mexanik jarayon deb nomlanadi.

Pechda yoqilg'i qancha shiddat bilan yonsa, shuncha ko'p gaz paydo bo'ladi va pechning harorati ortadi. Bu esa gaz yordamida qattiq moddaga issiqlik uzatishni jadallashtiradi va fizik-kimyoviy jarayonlarning tezroq o'tishiga olib keladi. Zamonaviy pechlarda boradigan jarayonlarni o'rganish uchun kompleks nazariyani bilish shart.

Kompleks nazariya yuqorida keltirilgan jarayonlarning umumiy qonuniyatlari va ularning pechlarda o'tadigan jarayonlarga ko'rsatadigan turli ta'sirini o'rganadi.

Quyida metallurgik pechlarning ishchi hajmida yuqorida sanab o'tilgan asosiy jarayonlarni sonli bog'liqligini aniqlaymiz. Buning uchun pechda o'tadigan jarayonlarning umumlashtiruvchi matematik sxemasi tasvirini chizamiz (4- rasm).



4- rasm. Metallurgik pechlar jarayonlarining umumiy sxemasi.

Pechning V hajmida qattiq, eritma materiallar va mahsulotlar joylashgan, ular pechda V_M hajmini egallagan. Pechning ishchi hajmiga havo, materiallar va quvvat beriladi, pechdan esa gazlar, mahsulotlar va quvvat (gazlar bilan tashqariga chiqib ketayotgan, isrof bo'layotgan issiqlik va boshqalar) chiqib ketadi. Pech

sxemasidan bir-birining soniga bog'liq bo'lgan, asosiy jarayonlarning umumlashgan tenglamasini keltirib chiqaramiz.

2.1. Texnologik jarayon — ruda yoki boyitmadan lozim darajada sifatli metall olish uchun dastlabki materiallarni fizik-kimyoviy o'zgartirishdir. Texnologik jarayonning sonli o'lchovi kimyoviy va diffuzion o'zgarishlarning tezligi hamda materiallarning miqdori bilan belgilanadi, uni quyidagi tenglama orqali ifodalasa bo'ladi:

$$A = V_M \varphi C_{\Sigma}^{\max} \tau, \quad (1)$$

bunda: A — pechning ishlab chiqish unumdorligi, t/ sutkada;

V_M — pechning ishchi hajmida texnologik jarayonda qatnashayotgan material va mahsulotlarning egallagan qismi, m;

φ — materiallarni aralashtirish yoki bir-biri bilan to'qnashish koeffitsiyenti bo'lib, massa almashish jarayoni bilan belgilanadi.

$C_{\Sigma}^{\max}$ — ideal sharoitida ($\varphi=1$) materiallar fizik-kimyoviy o'zgarishlar yig'indisining maksimal tezligi;

Tezlik o'lchami materiallarni yakunlovchi mahsulotlarga o'tishi bilan baholanadi, t/sm³.

τ — pechning sutka davomida ishlash vaqti, s/sutka. Tenglamada asosiy ko'rsatkichlarni ishlab turgan pechning tajribasidan aniqlash mumkin.

2.2. Energetik jarayon pechdagi eritish jarayoniga yetmagan issiqlikni berish va ortiqcha issiqlikni pechdan chiqarib yuborish bilan ifodalanadi. Shuningdek, pechdagi issiqlikning atrof-muhitga sarfi ham inobatga olinadi. Energetik jarayon pechning bir soat davomida ishlash davridagi issiqlik balansi tenglamasi bilan aniqlanadi:

$$\frac{A}{\tau} (q_m + \Sigma Q_{sarf}) = Ex, \quad (2)$$

bunda: q_m — materiallarning issiqlik yutishi, kkal/t yoki shixtaning yakunlovchi mahsulotga o'tishi uchun kerak bo'ladigan issiqlik quvvati miqdori, bu ko'rsatkich pechda boradigan endotermik yoki ekzotermik reaksiyalar hisobiga manfiy va musbat bo'lishi mumkin.

ΣQ_{sarf} — gaz va sovitish dastgohi orqali pechdagi issiqlikning sarfi (atrof-muhitga), kkal/t;

E – pechning ishchi hajmida yoki undan chiqayotgan solishtirma issiqlik energiya miqdori, kkal/t;

x – yoqilg'i, elektroenergiya yoki energiya tashuvchining sarfi (t/s, m³/s yoki kVt/s).

2.3. Issiqlik almashish jarayoni – fizik-kimyoviy o'zgarishlarga duch kelgan materiallarga issiqlik berish yoki undan issiqlik ajratishdan iboratdir, bunda sistemaning energetik tizimi o'zgarishi ro'y beradi. Har ikkala holda ham issiqlikning almashuvi quyidagi tenglama bilan aniqlanadi:

$$\frac{A}{\tau} q_m = \alpha_{\Sigma} (t_n - t_m) F_m. \quad (3)$$

Bunda: α_{Σ} – pechdan materialga yoki aksincha, materialdan pechga beriladigan umumiy issiqlik almashish koeffitsiyenti, kkal/ (m. s. gradt);

t_n – issiqlik oladigan yoki beradigan pech elementlarining o'rtacha harorati, °C;

t_m – issiqlik oladigan yoki beradigan material sirtining o'rtacha harorati, °C;

F_m – issiqlik almashuvida qatnashayotgan yuza, m².

Bu tenglamadan ko'rinib turibdiki q_m ning qiymati manfiy yoki musbat bo'lishidan qat'i nazar, metallurgik pech har doim issiqlik almashuv agregati bo'lib hisoblanadi.

2.4. Gazlar aeromexanik harakatining ahamiyati nihoyatda katta bo'lib, gazning hajmi qattiq va suyuq moddalarning hajmidan bir necha marotaba ortiq. Shuning uchun pechning asosiy o'lchamlari gazning me'yorida harakatlanishi shartidan aniqlanishi lozim.

Gazning harakatini pech o'lchamlari bilan bog'laydigan asosiy tenglamani pechning material balansiyasi yoki pechda bir soat davomida paydo bo'layotgan va harakatlanayotgan gazning hajmi orqali aniqlash mumkin:

$$\left(\frac{A}{\tau} V_1 + V_2 x + V_3\right)(1 + \beta t) = 3600 Fr \omega_p. \quad (4)$$

Bunda: V_1 – normal sharoitda (0°C va 760 mm sm.us.) shixtadan ajralib chiqayotgan gazning solishtirma hajmi, m³/t;

V_2 – normal sharoitda energetik jarayondan ajralib chiqayotgan gazning solishtirma hajmi, m³/t;

V_3 – normal sharoitda pechga beriladigan havoning hajmi, m^3/s ;

t – gazning pech ichidagi oʻrtacha harorati, $^{\circ}C$;

$\beta = \frac{1}{273}$ – gazlarning hajmiy kengayishi koeffitsiyenti $1/^{\circ}C$;

F_r – pechning gazga toʻla yuzasi kesimi, m^2 ;

ω_p – pechdagi gazning haqiqiy oʻrtacha tezligi, m/sek .

x – yoqilgʻi yoki elektr energiyaning maʼlum vaqt ichidagi sarfi $m^3/soat$ yoki $kVt/soat$.

Bu tenglamada eng muhim koʻrsatkich – gaz harakatining tezligi va uning qiymati quyidagilar, yaʼni:

– alangali pechda chang chiqishi;

– shaxtali pechda pechdagi shixta ustunining mustahkamligi;

– qaynab turgan pechda – materiallarni qaynash sharti va boshqalar bilan belgilanadi.

2.5. Mexanik jarayon – qattiq materiallar (shixta) va eritmalar (shlak va shteyn)ning pechdagi harakati boʻlib, oldingi tenglamalarda maʼlum darajada hisobga olingan edi, bular:

t_p – materiallarni aralashtirish koeffitsiyenti;

α_{Σ} – issiqlik berish koeffitsiyenti;

F_m – issiqlik almashuvda qatnashayotgan materialning yuzasi;

ω_p – pechdagi gazning tezligi va boshqalardir. Ayrim hollarda materiallarning harakatlanishi pechning asosiy oʻlchovlariga mustaqil taʼsir etishi mumkin, u quyidagi tenglama orqali ifodalanadi:

$$\frac{A}{\tau\rho} = F_{T.J.} \cdot W_m. \quad (5)$$

Bunda: $F_{T.J.}$ – pechning qattiq va eritma materiallarning harakatlanadigan kesimi, m^2 yuza;

W_m – materiallar (yoki mahsulotlar) harakatlanishining chiziqli tezligi, m/s ;

Yuqorida keltirilgan tenglamalar sistemasi turli pechlarga nisbatan qoʻllanishi mumkin, shuning uchun bu sistema universal hisoblanadi. Bu qonuniyatlar metallurgik issiqlik texnikasining kompleks nazariyasi asoslarini belgilaydi.

III BOB.

METALLURGIK PECHLARDA MATERIALLARNING FIZIK-KIMYOVIY O'ZGARISHI

Metallurgik pechlar ishini belgilab olish texnologik jarayonlar natijasi bo'lib, u o'zida qolgan to'rtta jarayonning borishini baho-
laydi. Texnologik va boshqa jarayonlarning samarali o'tishi pechga
berilayotgan issiqlikka uzviy bog'liqdir. Shu sababli metallurgiyada
issiqlik texnikasi asoslarini o'rganish va o'zlashtirishni texnologik
jarayonlar bilan tanishishdan boshlash maqsadga muvofiqdir.

Metallurgik pechda materiallarning fizik-kimyoviy o'zgarishi
quyidagi jarayonlarni o'zida jamlaydi:

- sulfid, sulfat, oksid, gidrat, karbonatlar va boshqa murakkab
birikmalarning termik parchalanishini;
- komponentlarning oksidlanishini;
- komponentlarning tiklanishini;
- komponentlarning o'zaro o'rin almashuvini;
- eritmaning paydo bo'lishi va bo'linishini;
- shixtaning fizikaviy holati o'zgarishi, erishi, bug'lanishi va
hokazoni.

Bu o'zgarishlar metallurgik pechda qattiq, suyuq va gaz
fazalarda, asosan bir vaqtda ikki yoki uch fazali sistemalarda
ro'y beradi.

Metallurgik jarayonlar – bir paytda o'nlab har xil, bir-biriga
bog'liq va bir-biriga ta'sir etuvchi kimyoviy hamda fizikaviy
murakkab kompleks jarayonlardir.

Ma'lumki, kimyoviy reaksiyalarning sonli va sifatli bog'liq-
liklarini hamda ularning borishini aniqlovchi qonuniyatni kimyo-
viy termodinamika o'rganadi. Termodinamik tahlil yordamida
kimyoviy reaksiyaning yo'nalishi, uning yakunlovchi ko'rsat-
kichlari, fizikaviy holati va energetik tasniflarini aniqlash mumkin.

Termodinamikada asosiy ko'rsatkichlardan biri Gibbs ener-
giyasi bo'lib, reaksiya davomida izobar-izotermik potentsiallarning
o'zgarishini aniqlaydi:

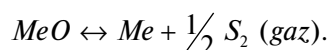
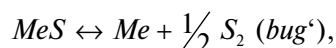
$$\Delta G^0 = -2,303RT \lg Kp.$$

Bunda: R – universal gaz doimiyligi, 1,987 kkal/(grad.stol);

T – absolut harorat, K.

ΔG^0 – ning qiymati reaksiyaning issiqlik effekti – ΔH^0 va entropiyaning o'zgarishi ΔS^0 ga bog'liqdir.

Agarda xomashyoni eritish jarayoni mahsulotning gaz holida bo'lsa, masalan,



U holda ΔG^0 qiymatini shu gazning parsial bosimi P orqali aniqlasa bo'ladi:

$$\Delta G^0 = -2,303 RT \lg P(\text{gaz}).$$

Metallurgik nazariyaning muhim qismi kimyoviy kinetika bo'lib, u kimyoviy reaksiyalarning tezligini o'rganadi. Kimyoviy reaksiyalarning tezligi jarayonning harorati, bosimi va miqdoriy o'zgarishlariga bog'liqdir. Masalan, oddiy gomogen reaksiyaning tezligi jarayonda ishtirok etayotgan materialning massasi va haroratga bog'liq bo'lib, uni Vant-Goff va Arrenius tenglamasi orqali ifodalash mumkin:

$$v = Z e^{-\frac{E}{RT}} C_1^m C_2^m;$$

bunda:

E – aktivlanish quvvati;

R – universal gaz doimiyligi, kkal/(grad. mol): $R=1,987$

T – absolut harorat, K;

C_1^m – pechda qayta ishlanayotgan materiallar massasi;

C_2^m – pechda hosil bo'lgan materiallar massasi;

Z – reaksiya doimiyligi;

e – natural logorifm.

Metallurgik jarayonlar murakkab geterogen reaksiyalar asosida o'tadi, shuning uchun ularning tezligi faqat reaksiya tezligi bo'libgina qolmay, ular faol yuzada gazlarning almashuvini ta'minlovchi diffuziyaga ham bog'liq. Bunda komponentlarning o'zaro kimyoviy reaksiya tezligi harorat eksponenti bo'yicha o'zgaradi:

$$v_{kun} = Ae^{-\frac{E}{RT}}.$$

Fizik-kimyoviy o'zgarishlarning samarali o'tishi shixtada moddalarning o'zaro to'qnashishi va aralashishiga bog'liq bo'ladi, ya'ni moddalar qancha to'liq o'zaro to'qnashsa, jarayon shuncha tez va to'la o'tadi. Materiallar qancha mayda bo'lsa, erisa yoki bug'lansa, ularning to'qnashishi shuncha to'liq bo'ladi. Bunday holatlar qaynar qatlamli, shaxtali va elektropechlarda, shuningdek, avtogen sharoitida ishlaydigan zamonaviy eritish pechlarida kuzatiladi.

3.1. Termik parchalanish va murakkab birikmalarning paydo bo'lishi

Metallurgik pechlarda qayta ishlanayotgan ruda, boyitma, yarim mahsulot, flus va reagentlar moddiy tarkibi jihatdan ancha murakkab bo'lib, ular har xil kimyoviy birikmalardan iboratdir. Xomashyo tarkibida ko'p uchraydigan birikmalarga quyidagilar kiradi:

Karbonatlar — MeCO_3	Gidratlar — $\text{Me}(\text{OH})$
Sulfidlar — MeS	Silikatlar — $\text{MeO} \cdot \text{SiO}_2$
Sulfatlar — MeSO_4	Xloridlar — MeCl
Oksidlar — MeO	

Pechning ishchi hajmiga berilgan shixta yuqori harorat ta'sirida bu murakkab birikmalardan oddiy birikmalar yoki erkin elementlarga parchalanadi — bu jarayon termik parchalanish deb ataladi. O'z navbatida pechda hosil bo'lgan erkin elementlar kislorod va oltingugurt bilan birikib, oksidlar va sulfidlarni hosil qiladi.

Termik parchalanishga kerak bo'lgan issiqlikning miqdori kimyoviy reaksiyalarning issiqlik effektidan olinadi. Metallurgiyada tez-tez uchraydigan reaksiyalarning issiqlik effekti maxsus adabiyotlarda jadval va diagrammalar shaklida berilgan.

Bu jadvallarda standart sharoitda (25°C , 1 at) karbonat, sulfid, sulfat, oksid, gidrat va xloridlar paydo bo'lish reaksiyalarining issiqlik effektlari keltirilgan. Ma'lumotlardan foydalanib har qanday reaksiyaning issiqlik effektini hisoblash mumkin. Gess qonuniga

ko‘ra reaksiyaning issiqlik effekti reaksiyaga kirishayotgan moddalarning stixometrik koeffitsiyentlarini hisobga olgan holda oxirgi mahsulotning paydo bo‘lishi issiqlik effekti yig‘indisi dastlabki moddalarni hosil bo‘lishdagi issiqlik effekti yig‘indisiga tengdir.

Masalan, 1kg 1mol CaCO_3 parchalanishiga kerak bo‘ladigan issiqlik miqdorini aniqlash lozim. Dastlab jarayon reaksiyasini yozib olamiz:



So‘ngra jadvaldan birikmalarning hosil bo‘lishdagi issiqlik miqdorini topamiz:

CaO uchun – 633,3 kJ/mol;

CO_2 uchun – 392,9 kJ/mol;

CaCO_3 uchun – 1205,5 kJ/mol

va kerak bo‘lgan umumiy issiqlikni Q miqdordan hisoblaymiz:

$$Q = (633,3 + 392,9) - 1205,5 = - 179,3 \text{ kJ/mol.}$$

Misoldan ko‘rinib turibdiki, 1 mol. CaCO_3 termik parchalanishi uchun $Q = 179,3 \text{ kJ/mol}$ issiqlik talab etilar ekan.

3.2. Komponentlarning oksidlanishi

Oksidlanish metallurgiyada muhim ahamiyat kasb etib, sulfidli xomashyo va metallarni oksidlash, olovli tozalash hamda boshqa jarayonlarda tez-tez uchrab turadi. Komponentlarning oksidlanish qatorini ham Gibbs energiyasining o‘zgarish diagrammasidan olish mumkin.

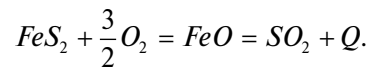
Sulfidlarning alanga olish harorati – sulfidlarning oksidlanish harorati bo‘lib, uning havoda yonishi sulfidning tabiati va faol sirtiga bog‘liqdir. Sulfidlar qancha mayda bo‘lsa, ularning yonish harorati shuncha past bo‘ladi.

Misol tariqasida quyidagilarni keltiramiz: °C

Sulfidlarning yirikligi, mm	CuFeS	FeS_2	ZnS
+0,0 – 0,05	280°C	290°C	554°C
+0,05 – 0,075	335°C	345°C	605°C
+0,075 – 0,10	357°C	405°C	623°C
+0,10 – 0,15	364°C	442°C	637°C

Oksidlanish jarayonlarining tezligi singari, pechdagi gaz tarkibi ham muhim ahamiyatga ega, ayniqsa, kislorodning miqdori. Gazda kislorodning miqdori qancha ko'p bo'lsa, oksidlanish jarayonlari shuncha yuqori tezlikda o'tadi.

Sulfidlarning oksidlanish jarayonlari issiqlik ajralish bilan o'tadi. Unda issiqlik effekti Gess qonuniga asosan hisoblanadi. Masalan, quyidagi reaksiyaning issiqlik effektini aniqlaymiz:



Jadvaldan moddalardan elementlarning paydo bo'lishi issiqlik effekti qiymatini olamiz:

kJ/molga: $FeS_2 - 95,3$; $FeO - 268,8$; $SO_2 - 296,4$.

$$Q = 268,8 + 296,4 - 95,3 = 469,9 \text{ kJ/mol}.$$

Misoldan ko'rinib turibdiki, 1 mol FeS_2 pirit minerali oksidlanganda 469,9 kJ issiqlik ajralar ekan.

3.3. Komponentlarning tiklanishi

Komponentlarning tiklanishi — metallurgik xomashyodan toza metall olishning asosiy jarayonlaridan biridir. Metallarni tiklash maxsus tiklovchilar yordamida amalga oshiriladi.

Asosiy tiklovchi reagentlarga: C , CO , CH_4 , Me , H_2 misol bo'lib, metallurgiyada asosiy qo'llaniladigan reagentlarga ko'mir va tabiiy gaz kiradi. Tiklanish jarayoniga oid dastlabki ma'lumot (termodinamik ko'rsatkichlar)ni bilgan holda tiklanish jarayonining muvozanat doimiyligini quyidagicha aniqlash mumkin.

Asosiy tiklanish reaksiyasi: $MeO + CO \leftrightarrow Me + CO_2$.

$$K_p = \frac{P_{CO_2}}{P_{CO}} \text{ yoki } \lg K_p = \lg \frac{P_{CO_2}}{P_{CO}}$$

$\lg \frac{P_{CO_2}}{P_{CO}}$ qiymati qanchalik katta bo'lsa, metall oksidi osonroq tiklanishi mumkin. Bundan shuni ko'rish mumkinki, eng oson tiklanadigan oksidlar: mis, qo'rg'oshin va nikeldir. Ularning

tiklanishi uchun past harorat va kam miqdordagi CO gazi yetarlidir. Tiklanish haroratlariga oid ayrim ma'lumotlar: °C:

$Fe_3O_4 \rightarrow FeO$	400–800°C	$NiO \rightarrow Ni$	400–900°C
$FeO \rightarrow Fe$	800–1200°C	$PbO \rightarrow Pb$	300–700°C
$CuO \rightarrow Cu$	500–800°C	$ZnO \rightarrow Zn$	800–1300°C

Ko'pchilik tiklanish reaksiyalarida issiqlik effekti manfiy ko'rsatkichga ega, ya'ni issiqlik yutish bilan boradi. Shuning uchun tiklanish jarayoni tashqaridan qo'shimcha issiqlik berilishni talab etadi.

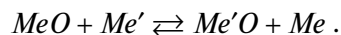
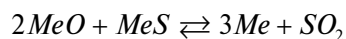
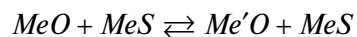
Masalan, $NiO + C = Ni + CO$ tiklanish reaksiyasiga kerakli issiqlikni quyidagicha aniqlasa bo'ladi: Jadvaldan CO va NiO moddalarning paydo bo'lishi uchun talab etiladigan issiqlikni aniqlaymiz: kJ/mol:

$$CO - 110,3; NiO - 240,3.$$

$$Q_m = 110,3 - 240,3 = -130,0 \text{ kJ/mol.}$$

3.4. O'rin almashish jarayonlari

Almashinuv reaksiyalari rangli metallurgiyada asosiy jarayonlardan bo'lib, ular oksidlar bilan sulfidlar va oksidlar bilan metallar orasida boradi:



Birinchi ikkita reaksiya mis, nikel, qo'rg'oshin va boshqa rangli metallar boyitmalarini eritib shteyn olishda va shteynni qayta ishlashda katta ahamiyatga ega. Uchinchi reaksiya xomaki metallni olovli tozalash va metall sifatini maromiga yetkazishda amalga oshadi.

IV BOB.

GAZLAR VA MATERIALLARNING HARAKATLANISHI

Metallurgik pechlarning ish jarayoni davomida katta hajmda issiq gazlar paydo bo'ladi. Ko'pincha jarayon davomida ajralayotgan gazning miqdori qayta ishlanayotgan materiallar massasidan ko'proq bo'ladi. Masalan, yallig' qaytaruvchi pechda bir sutkada 1500 t shixta qayta ishlansa, undan 2500 t gaz paydo bo'ladi, 1200°C haroratda uning hajmi 9,2 mln m³/sutkani tashkil qiladi. Pechning ishchi hajmida gazning harakatlanishi texnologik jarayonning borishiga, yoqilg'i yonishiga, issiqlik almashuviga, qattiq va suyuq moddalarning harakatlanishiga sezilarli ta'sir etadi. Gazning harakatlanishi pechning o'lchami, shakli va gaz harakatlanuvchi yo'laklar shakli kabi boshqa dastgohlarni ham belgilaydi. Shuning uchun pechni loyihalash va ishlatishda gaz mexanikasining asoslarini bilish lozim.

Gaz mexanikasida keng qo'llaniladigan asosiy ko'rsatkichlarga quyidagilar kiradi:

a) Real sharoitda gazlarning haqiqiy solishtirma og'irligi γ_p ;

$$\gamma_p = \frac{\gamma_o}{(1 + \beta t)760},$$

bunda: β – gaz hajmining kengayish koeffitsiyenti,

γ_o – 0°C va bosim 760 mm simob ustuni bo'lganda gazning solishtirma og'irligi.

b) Real sharoitda gazlarning hajmi V_p :

$$V_p = \frac{V_o(1 + \beta t) \cdot 760}{P},$$

bunda: V_o – 0°C va bosim 760 mm simob ustuni bo'lganda gazning nisbiy hajmi, p – gazning bosimi, mm suv ust.

d) W – 0°C va bosim 760 mm simob ustuni bo'lganda gazning nisbiy harakatlanish tezligi, m/sek.

$$W = \frac{V_0}{F},$$

bunda: F – pech yoki gaz harakatlanish yoʻlagining perpendikular kesimi, m.

W_{tp} – t °C va P bosimda gazning real harakatlanish tezligi:

$$W_{tp} = \frac{W(1+t) \cdot 760}{P}.$$

Pech ichidagi bosim atmosfera bosimidan katta farq qilmasligi sababli gazning real solishtirma ogʻirligi, hajmi va tezligi qoʻshimcha koʻrsatkichsiz aniqlanadi:

$$\gamma_t = \frac{\gamma}{1+\beta t}; \quad V_t = V_0(1+\beta t); \quad W_t = W_0(1+\beta t),$$

bunda: P – gaz bosimi, 1 mm suv ust. = 1kg/m.

ρ – zichlik, kg/m.

γ – kinematik qovushqoqlik, m/sek.

$$\gamma = \frac{\mu}{\rho}$$

bunda: μ – dinamik qovushqoqlik, m²/sek; $q = 9,81$ m/sek

d – pech yoki gaz harakatlanish yoʻlagining gidravlik diametri, m

$$d = \frac{4F}{S}$$

bunda: F – pechning perpendikular kesimi, m;

S – kesimning perimetri, m.

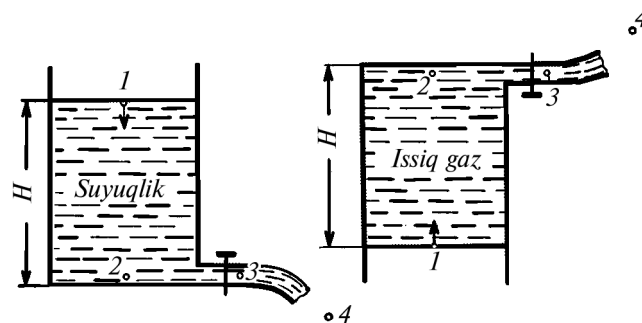
4.1. Gazning bosimi va oʻlchovi

Metallurgik jarayonlar davomida ajralayotgan gazlar harakati pechdagi haroratni boshqarib turadi. Shuning uchun metallurgiyada issiqlik texnikasini oʻrganishda gazlarning mexanikasini oʻrganish katta ahamiyatga ega.

Pechda harakatlanayotgan gazlar potensial va kinetik quvvatga ega, shu quvvat evaziga gaz harakat davomida hamma qarshiliklarni yengib oʻtadi. Gazlar harakat, quvvat, uning bosimi bilan oʻlchanadi. Pechlardagi gazlarning harakatini oʻrganishda, suyuq-

liklarning ma'lum hajmidagi harakatlanish qonuniyatlariga asoslanamiz. Chunki suyuqlik va gazning biror-bir hajmdagi qarshilikni yengib o'tishi ularning qovushqoqligiga bog'liqdir. Real sharoitda suyuqlik va gazlarning qovushqoqligi bir xil harakatlanadi. Shuning uchun pechdagi gazning harakatini o'rganishda gidravlika qonuniyatlariga asoslanamiz.

Gidravlikada to'rt xil bosim ma'lumdir: geometrik, pezometrik, dinamik va yo'qotilgan. Quyidagi 5- rasmda gidravlik bosimlar bilan tanishib chiqamiz.



5- rasm. Bosim turlari.

Rasmdagi 1- nuqta geometrik bosim bo'lib, bunda — h_g suyuqlikning pastga va issiq havoning esa yuqoriga harakati ko'rsatilgan. Bu nuqta suyuqlikning potensial quvvatini aniqlaydi. Suyuqlik ustunining balandligi H qanchalik yuqori, ko'p bo'lsa, potensial quvvat — h_p shuncha katta bo'ladi.

2- nuqta pezometrik bosimni yoki statik bosimni ko'rsatadi — h_p . Suyuqlik yoki gazni idishdan chiqib ketishga intilishini ko'rsatadigan bosimdir. Pezometrik bosim ham suyuqlikning potensial quvvatini ko'rsatadi.

3- nuqta idishdan chiqib ketayotgan suyuqlik yoki gazning dinamik yoki tezlik bosimini — h_d ko'rsatadi va harakatda bo'lgan suyuqlik yoki gazning kinetik quvvati aniqlanadi.

Idishdan tashqarida joylashgan 4- nuqta yo'qotilgan bosimni — $h_{yo'q}$ aniqlaydi — hamma qarshilikdan o'tgan gaz real bosimlar $h_{yo'q}$ ga o'tgan.

1- nuqta 1 gazning geometrik bosimi h_g tashqaridagi havoning og'irlik ustuni va idish ichidagi gaz og'irlik ustunlarining farqi orqali aniqlanishi mumkin.

$H_r = H(\gamma_x - \gamma_r)$ kg/m² yoki mm suv ust.

Bunda: $(\gamma_x - \gamma_r)$ havo va gazning solishtirma og'irligi;

Pezometrik bosim – statik bosim bo'lib – P, matematik qiymati aniq emas. Dinamik bosim h_d harakatlanayotgan 1m³ gazning kinetik quvvatidan olinishi mumkin:

$$E_{kin} = \frac{m\omega_t^2}{2}$$

1m³ gazning massasi shu gazning zichligidan aniqlanadi:

$$m = \rho_t = \frac{\gamma_r}{q}, \text{ u holda } E_{kin} = \frac{\omega_t^2}{2q} \gamma_r.$$

Yo'qotilgan bosim $h_{yo'q}$ dinamik bosim bilan bog'liq bo'lib, quyidagicha aniqlanadi:

$$h_{yo'q} = K \frac{\omega_t^2}{2q} \gamma_r,$$

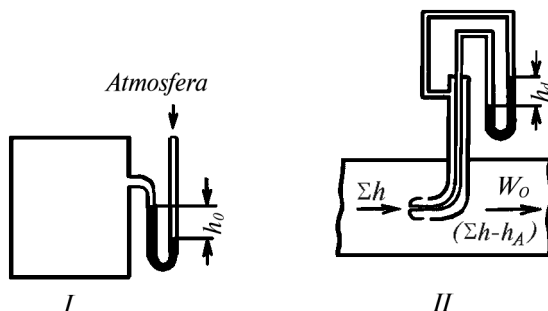
bunda: ω_t – idishdagi qizigan gaz hajmi, m²;

K – gaz harakatlanadigan yo'lakning qarshiligini hisobga oladigan o'lchovsiz koeffitsiyent.

Dinamik va yo'qotilgan bosimlar $\gamma_i = p_i q$ hisobga olgan holatda boshqa turda tasavvur qilinishi mumkin:

$$h_D = \frac{\omega_t^2}{2} \rho_t; \quad h_{yo'q} = K \frac{\omega_t^2}{2} \rho_t.$$

Pechlarda harakatlanayotgan gazning bosimi U ga o'xshagan mikromonometrda o'lchanadi. Pezometrik bosim I sxema bo'yicha o'lchanadi (6- I rasm).



6- rasm. Gaz bosimini o'lchash usuli.

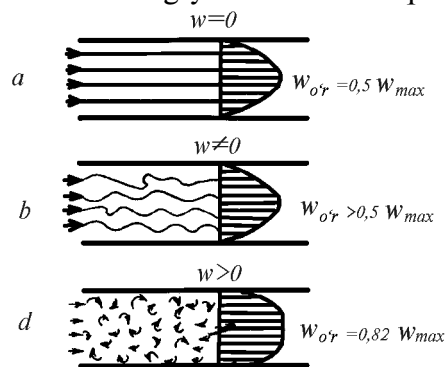
Geometrik bosimni to'g'ridan-to'g'ri o'lchab bo'lmaydi, lekin ayrim hollarda pezometrik bosimga o'xshatib o'lchasa bo'ladi (masalan, nayning pastki qismida).

Dinamik bosim *II* sxema bo'yicha o'lchanadi, (6- *II* rasm). Bunda pnevmometrik trubka va monometr qo'llaniladi. Pnevmetrik trubka bir-biriga kiritilgan ikkita trubkadan iborat bo'lib, ichki trubka oqimga qarab ochiqdir. Tashqi trubka esa teshikli bo'lib, oqimga perpendikular joylashgan. Trubkalarining turli tomonlari monometrga ulanib pechdagi dinamik bosimning (h_d) o'lchami aniqlanadi.

4.2. Gaz harakatlanishining xarakteri

Pech va gaz harakatlanish yo'lagida gaz harakati ikki turda bo'lishi mumkin, ya'ni qatlamli (laminar) harakatlanish va aralashgan (turbulentli) harakatlanish (7- rasm).

Laminar harakatda gaz parallel qatlamlar bilan aralashmasdan oqadi. Gazning maksimal tezligi uni geometrik o'qida bo'ladi, devorning oldida esa tezlik 0 ga teng. Laminar oqimning tezlik epurasi parabola shaklida bo'lib, gazning kesim bo'yicha o'rtacha tezligi maksimal tezlikning yarmini tashkil qiladi.



7- rasm. Gaz harakatining turlari.

Laminar oqimda gaz o'tadigan kanalning devorlariga yaqin joyda gaz deyarli harakatlanmaydi, ya'ni devorga yopishgan gaz qatlami paydo bo'ladi. Buning nomi chegara qatlami yoki prandtl qatlami deyiladi. Bu qatlam issiqlik va gaz almashuviga o'ta salbiy ta'sir ko'rsatadi.

Turbulent harakatlanishda gaz qatlamlari bir-biri bilan aralashib oqadi.

Gazning bu harakatlanishining epurasi kesilganda parabolani tasvirlaydi va uning o'rtacha tezligi umumiy tezlikning $0,82 \omega_{\max}$ ga teng bo'ladi (7- d rasm).

Turbulent harakatlanishda chegara qatlam ancha kam bo'ladi, chunki gazning aylanma, kuchli oqimi bu qatlamni yuvib ketadi. Bu o'z navbatida gaz oqimlari, issiqlik va gaz almashuviga ijobiy ta'sir ko'rsatadi.

Pechlarda gazning harakatlanishi — issiqlik almashuv jarayoniga, gaz harakatlanishi qarshiligiga va materiallarning fizik-kimyoviy o'zgarishlariga muhim ta'sir etadi. Shuning uchun gaz harakatining xarakterini, uning nimalarga bog'liqligini bilish lozim.

O.Reynoldsning aniqlashi bo'yicha, gaz harakatlanishining xarakteri, asosan, uchta omilga bog'liqdir: gazning tezligi W_t , m/sek, gaz kanalining gidravlik diametri d , m va gazning kinematik yopishqoqligi — γ , m^2/sek . Gaz harakatlanishining xarakterini aniqlash uchun O.Reynolds o'lchovsiz funksiyani taklif etdi. Ushbu funksiya Reynolds kriteriysi deb yuritiladi va quyidagicha ifodalanadi:

$$Re = \frac{\omega_t \cdot d}{\gamma}.$$

Agar $Re = 2300$ bo'lsa — gaz harakati laminar bo'ladi. Turbulent harakatlanish $Re = 2300$ dan boshlanadi $Re = 2000 - 2300$ larda o'tish rejimi hisoblanadi, (7- d rasm). O.Reynolds funksiyasiga 2300 ni qo'yib, gaz harakatining bir tartibdan ikkinchisiga o'tishining kritik tezligini aniqlash mumkin:

$$\omega_t^{kp} = \frac{2300\gamma}{d}.$$

Turbulent harakati metallurgik pechlarda gazlar harakatining keng tarqalgan turiga kiradi. Ularda Reynolds kriteriysi $10000 \div 100000$ ga o'zgaradi.

Shuning bilan bir qatorda pech, gaz yo'laklari va boshqa qo'shimcha dastgohlarning ayrim qismlarida gazlarning laminar oqimi ham uchrab turadi.

4.3. Gazning harakatlanishiga qarshiliklar

Metallurgik pechlarda issiqlikning sarfini belgilovchi asosiy omillardan biri — texnologik gazlarning harakati bo‘lganligi sababli ushbu bo‘limda gazlarning harakatlanishiga qarshilik ko‘rsatuvchi omillar bilan batafsil tanishib chiqamiz.

Gaz har qanday real material turidek, harakatlanish davomida o‘z yo‘nalishida qarshilikka uchraydi. Bu qarshilikni bartaraf etish uchun quvvat sarflanadi, qarshilik bosim kamayishi bilan belgilanadi.

Pechlar sistemasiga pech, gaz harakatlanadigan yo‘laklar, gazdagi changlarni tutish, gazlarni sovitish va zararsizlantirish uskunalari hamda tozalangan gazni atmosferaga chiqarib yuboruvchi quvur kiradi. Pechdagi jarayon davomida hosil bo‘ladigan gaz pech sistemasida turli qarshilikka uchraydi. Gazlarning qarshilikni yengib o‘tishga sarflanadigan quvvati — sarflanadigan bosim h_{sarf} deb ataladi. Bu gazlar sistemada ishqalanish hisobiga amalga oshadi.

Mahalliy qarshiliklar — gaz harakat yo‘lagi sistemasining ayrim (gaz harakati yo‘lidagi burilishlar, gaz harakat yo‘lagining kengayishi yoki torayishi qismlari)da uchraydi. Mahalliy qarshiliklarni yengib o‘tishga sarflanadigan bosim ham h_{sarf} bilan belgilanadi va xuddi shunday nom bilan ataladi.

Har xil pech sistemalari me’yorda ishlashi uchun gazning bosimi hamma qarshiliklarni yengib o‘tadigan bo‘lishi kerak.

Ishqalanish natijasida sarflanadigan bosim dinamik bosim orqali aniqlanadi:

$$h_{sarf} = K \frac{\omega_r^2}{2q} \gamma_t = K \frac{\omega_0^2}{2q} \gamma_0 (1 + \beta t).$$

Ishqalanish koeffitsiyenti K quyidagilarga bog‘liq:

$$K = \zeta \frac{L}{d}.$$

Bunda: ζ — ishqalanishda yo‘qotiladigan bosim;

L — hisoblanayotgan uchastkaning uzunligi, m;

d — uchastkaning gidravlik diametri, m.

K ning qiymatini tenglamaga qo‘ysak, yo‘qotilgan bosim quyidagi ko‘rinishda bo‘ladi:

$$h_{yo'q} = \varsigma \frac{l}{d} \cdot \frac{\omega_t^2}{2q} \gamma_t = \varsigma \frac{l}{d} \cdot \frac{\omega_0^2}{2q} \gamma_0 (1 + \beta t) .$$

ς — koeffitsiyentning qiymati Reynolds kriteriysi bilan bog'liq:

$$\varsigma = \frac{A}{\text{Re}} \eta .$$

ς — koeffitsiyentning qiymati gazlar harakatlanuvchi yo'laklarning qanday materiallardan tayyorlanganiga bog'liq. Masalan, g'ishtli yo'laklarda $A=0,175$, metall yo'laklarda $A=0,129$.

Texnikaviy hisoblashlarda koeffitsiyentning qiymati 0,05 ga teng. Mahalliy qarshiliklarda bosimning yo'qotilishini quyidagi tenglama orqali aniqlasa bo'ladi:

$$h_{yo'q} = K \frac{\omega_t^2}{2q} \gamma_t = K \frac{\omega_0^2}{2q} \gamma_0 (1 + \beta t) .$$

K — koeffitsiyentning qiymati ko'pchilik qarshiliklar uchun tajriba orqali topilgan va maxsus jadvalda keltirilgan.

Geometrik bosimni yo'qotish (issiq gazning pastga harakati) quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$h_G = H (\gamma_{20}^{havo} - \gamma_t^{gaz}) .$$

Bunda: H — gazning tushadigan balandligi, m;

γ_{20}^{havo} — havoning solishtirma og'irligi, kg/m³;

γ_t^{gaz} — gazning t haroratda solishtirma og'irligi, C, kg/m³.

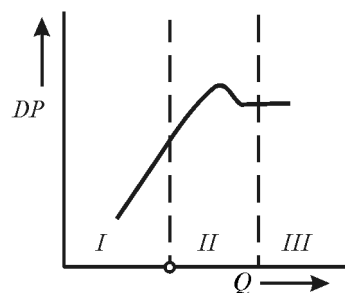
Texnikaviy hisoblashda amaliyotda aniqlangan ushbu gaz bosimi sarfidan foydalanish mumkin:

Burilish, o'tish, kengayish, kamayish	1–3 mm suv ust.
Utilizator — qozon	25–50
Elektrofiltr	25–40
Siklon va multitsiklon	50–80
Chang yig'uvchi kamera	5–10
Rekuperator	30–50
Filtrli chang yig'uvchi	50–200
Suvli (ho'l) chang yig'uvchi	50–100
To'g'ri gaz yo'lak, borov, quvur	0,1–0,3/1 pog.m.

Gidravlik qarshilik qaynar qatlamli pechlarda uchraydi va qatlamdagi qattiq zarrachalar harakati gaz o'tishiga qarshilik ko'rsatadi. Yo'qotilgan bosim dinamik gaz bosimining funksiyasi sifatida aniqlanadi:

$$h_{yo'q} = k \frac{H}{l_{o'r}} \cdot \frac{\omega_t^2}{2q} \gamma_t, \text{ kg/m}^2,$$

bunda: H – qatlamning balandligi, m;
 $l_{o'r}$ – materialning o'rtacha diametri, m;
 ω_t – bo'sh pech shaxtasidagi gazning tezligi, m/sek;
 γ_t – gazning real solishtirma og'irligi, kg/m³;
 k – o'lchovsiz qarshilik koeffitsiyenti tajriba orqali topiladi (jadval, chizma).



8- rasm. Qaynash holatigacha o'tadigan qatlamning bosim o'zgarishi:
 I – muntazam holat;
 II – o'zgaruvchan holat;
 III – qaynash holati.

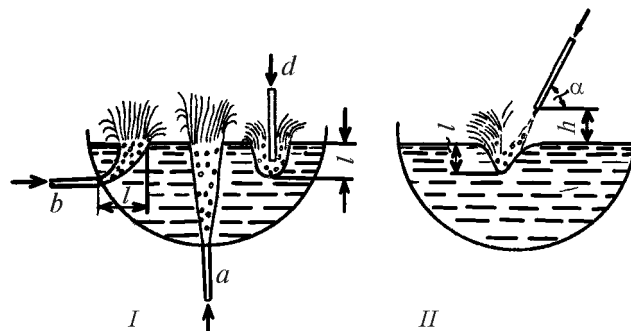
Bunda gidravlik qarshilik gazning hajmi va tezligi oshishi bilan tobora o'sadi. Bu o'zgarmas (doimiy) holat buzilguncha davom etadi. Qatlamning qaynash holatiga o'tish davrida qatlam ichidagi bosimning o'zgarishi biroz oshgan (sakrash)dan, qayta tiklashdan stabillashadi va bu gazning miqdoriga bog'liq emas. Bosimning o'zgarishi (qatlam ichidagi) havo sarfi bilan bir qatorda pechning ishlashi to'g'risida ma'lumot beradi va boshqarishga imkon yaratadi. Qatlamdagi bosimning P o'zgarishi quyidagi tenglama orqali aniqlanadi:

$$\Delta P = H(\gamma_{lv} - \gamma_{gaz})(1 - \delta), \text{ mm suv ust.}$$

Bunda: H – qatlamning balandligi, m;
 γ_{lv} – qattiq materialning solishtirma og'irligi, kg/m³;
 γ_{gaz} – oqib o'tayotgan gazning solishtirma og'irligi, kg/m³;
 δ – qatlamning gazning umumiy hajmiga nisbati.

4.4. Eritmalarda gazning harakati

Rangli va qora metallurgiyada xomashyoni eritish konverterlarda, metallni olovli tozalashda va shu kabi boshqa texnologik jarayonlarda pechlarda erigan massa(shteyn, metall, shlak va metall qotishmalar)ni qayta ishlash gaz yoki havo berish bilan boradi. Pechlarda eriyotgan massaga havo berishning ikki turi mavjud, ya'ni ichki va sirtqi havo purkash (9- rasm). Bu usullar metallurgiyada texnologik talablardan kelib chiqqan holda tanlanadi.



9- rasm. Metall eritmalarga havo purkash usullari.
I ichki purkash, II sirtqi purkash.

Ichki usul bilan gaz berilganda havo berish nayi to'g'ridan-to'g'ri eritmaga pastdan, agregatning yonidan yoki tepasidan berilishi mumkin (I).

Bu usulda havo oqimi to'g'ri eritmaga beriladi va havo suyuqlik bilan aralashib ketib aeroaralashma hosil qiladi. Aeroaralashma Arximed kuchiga asoslanib eritmadan ajralib chiqadi va o'zi bilan yirik suyuq zarrachalarni ergashtirib ketadi. Arximed kuchi katta bo'lganligi sababli havo yoki gazning erigan massa hajmiga o'tishi juda kam bo'ladi. Shu sababli eritma yuqorisidan havo bilan qayta ishlanadigan qatlam yuzasi kichik bo'ladi. Bunda havoni eritma tagidan purkash samarasi yuqori hisoblanadi (9- rasm, I). Bu usulning eng katta yutug'i — havo yoki gazning eritmada to'liq yuqori darajada o'zlashtirishdir, ular 95–100% gacha yetadi va deyarli baland gaz bosimi talab qilmaydi. Kamchiligi — havo berish joyida qattiq qatlam paydo bo'lishi va shu qatlamning vaqt davomida o'sishidir. Bundan

tashqari, agregatning havo beriladigan joyida futerovka va havo berish nayining tezda ishdan chiqishi ro'y beradi.

Sirtidan havo berilganda (II) nay vannaning yuqorisida joylashadi, uning balandligi taxminan $h=0,3-0,5$ m va gorizontga nisbatan $\alpha=30-90^\circ$ burchak ostida bo'ladi. Usulning afzalligi havo beradigan nayda yopishma bo'lmasligi, futerovkaning uzoq vaqt ishlashi va havo berish tizimining eritish agregatiga bog'liq emasligi. Kamchiligi: berilayotgan havo yoki gazning yuqori bosimda bo'lishi talab qilinadi va havoni eritmada kam o'zlash-tiriladi.

Eritmaga ichki usulda beriladigan havoning hajmi (kon-verterlarda) quyidagi formula orqali aniqlanishi mumkin:

$$V_0^{sol} = 27,3 \sqrt{\frac{(P_1 - P_2)(P_1 - P_0)}{C \cdot T}}.$$

Bunda: V_0^{sol} — formadan eritmaga berilayotgan (normal sharoitda 0°C va 760 mm sim. ust.) havoning solishtirma hajmi; $\text{m}^3/\text{sm}^2 \cdot \text{min}$.

P_1 — havo beriladigan kollektordagi havoning ortiqcha bosimi, kg/sm^2 ; ($P = 1, 1-1, 3 \text{ kg}/\text{sm}^2$).

P_2 — eritma qatlamining berilayotgan havoga ko'rsatayotgan qarshilik bosimi, kg/sm^2 . Odatda $P_2 = 0,3 \text{ kg}/\text{sm}^2$.

P_0 — atmosfera bosimi, kg/sm^2 ; $P_0 = 1 \text{ kg}/\text{sm}^2$.

T — kollektordagi havoning harorati, odatda $T = 333 - 343 \text{ K}$;

C — gidravlik qarshilikning koeffitsiyenti ($C = 3-7$).

Konverterning me'yorda ishlashi uchun eritma ichiga beriladigan havoning bosimi $0,9-1,2 \text{ kg}/\text{m}^2$ bo'lsa yetarli hisoblanadi. Agarda havo chetdan berilsa, u holda havoning ortiqcha bosimi $4-10 \text{ kg}/\text{sm}^2$ bo'lishi kerak.

V BOB.
METALLURGIK PECHLARD A ISSIQLIK
ALMASHINISH JARAYONI ASOSLARI

**5.1. Issiqlik almashuvi nazariyasining asosiy
tushunchalari**

Metallurgik pechlarda boradigan jarayonlarning barchasini belgilovchi omil bu — issiqlik almashuvidir. Issiqlik almashuvi issiqlik texnikasining asosi bo‘lib, u jismlar o‘rtasidagi issiqlikning tarqalishini o‘rganadigan fandir.

Issiqlik energiyasi boshqa barcha energiya turlari kabi yuqori potensial (energiya zaxirasi)dan o‘zidan past bo‘lgan potensial tomon yo‘naladi. Issiqlik energiyasining potentsiali harorat bilan belgilanadi. O‘z navbatida issiqlikning tarqalishi uning harorat maydoni deb nomlanadi va matematik ifodasi — fazoni har qanday nuqtasidagi harorat, uch o‘lchamli koordinatalar x, y, z sistemasi va vaqtning τ funksiyasi hisoblanadi.

$$t = f(x, y, z, \tau).$$

Agar issiqlik maydonida vaqt davomida harorat o‘zgarmasa bunday maydon statsionar maydon deyiladi. Maydonda vaqt davomida harorat o‘zgarsa bunday maydon nostatsionar hisoblanadi.

Statsionar hollarda issiqlik almashuv tenglamasini keltirib chiqarish uchun bir koordinatali statsionar harorat maydonini olamiz, $t = f(x)$, ya’ni harorat o‘zgarishi (Δt) izotermalar o‘zgarishiga (Δh) nisbati bilan ifodalanadi:

$$\lim\left(\frac{\Delta t}{\Delta h}\right)_{\Delta h \rightarrow 0} = \frac{dt}{dn} = \text{grad}t.$$

Ushbu bog‘liqlik *harorat gradiyenti* deb ataladi. Maydon birligidan vaqt birligiga o‘tkazilgan issiqlik oqimining sirt zichligi q [kkal/m³·s] deb ataladi. Issiqlik o‘tadigan sirtni F (m²) deb, vaqtni T deb belgilasak, o‘tgan issiqlikning umumiy miqdori quyidagicha aniqlanadi:

$$Q = qFT, \text{ kkal.}$$

Fure qonuniga asosan, sirtidan o'tayotgan issiqlikning miqdorini quyidagi matematik ifoda orqali yozish mumkin:

$$Q = \lambda \text{ grad } t.$$

λ – issiq o'tkazgichlik koeffitsiyenti.

λ – moddaning fizik xarakteristikasi, tuzilishi, hajm massasi, namligi bosim va haroratga bog'liqdir. Haroratni hisobga olish katta ahamiyatga ega, chunki harorat o'zgarsa λ ning qiymati ham o'zgaradi:

$$\lambda_t = \lambda_0(1 \pm Vt).$$

Bunda: λ_0 – O°C haroratda materiallarning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti.

V – tajriba orqali topiladigan doimiylik.

Texnik hisoblarda λ_t – ning qiymati [kkal/(m · ch · S)] moddalarning o'rtacha issiqlik o'tkazuvchanligining matematik ifodasi; gazlar uchun – 0,05 – 0,5; havo uchun O°C da – 0,02; suyuqlik uchun – 0,08 – 0,6; O°C da suv uchun – 0,48; issiqlikka chidamli material uchun – 0,6 – 6,0; issiqlikka izolatsiya materiali uchun – 0,05 – 0,20;

Nostatsionar holatda issiqlik almashuvchanlik fazoning har bir nuqtasida haroratni o'lchash va vaqt davomida bir nuqtadan ikkinchi nuqtaga uzatilgan issiqlik miqdori bilan belgilanadi. Bunda bog'liqlikning matematik ifodasini issiqlik uzatishning umumiy differensial tenglamasi orqali aniqlash maqsadga muvofiq bo'ladi:

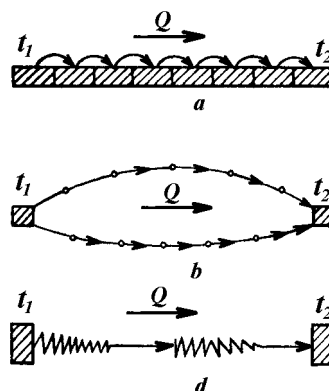
$$dQ_x = dQ_1 - dQ_2.$$

Ushbu tenglamaga asosan, nostatsionar holatda almashilgan issiqlik miqdori Q_x uch o'lchamli fazoda dx , dy , dz ; hamda Q_x materialga berilayotgan Q_1 va materialdan ajralayotgan Q_2 issiqlik miqdorlarining farqi bilan aniqlanadi.

5.2. Issiqlik almashinish usullari

Issiqlik almashuvi murakkab jarayon bo'lib, uning uchta usuli mavjud, ularga jismlarning issiqlik o'tkazishi, konveksiya va nurlanish kiradi.

Issiqlik o'tkazuvchanlik – bu birin-ketin joylashgan va bir-biriga tegib tinch holatda turgan qattiq jismlarning o'zidan issiq-



10- rasm. Issiqlik uzatilish usullari:

a —issiqlik o'tkazuvchanlik; b —konveksiya; d —nurlanish.

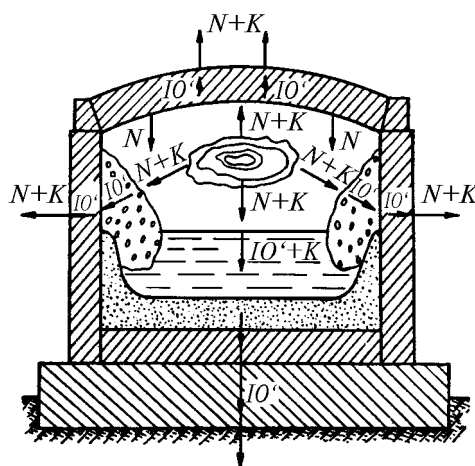
likni o'tkazish hisobiga issiqlik energiyasining uzatilishi (10- a rasm). Bunda qattiq jismlar (dielektriklar) va suyuqliklarda issiqlikning uzatilishi ultrato'liqlar orqali, metallarda elektronlarning diffuziyasi, gazlarda esa atom yoki molekulalarning diffuziyasi orqali amalga oshadi.

Konveksiya deganda, gaz, eritma va erigan metall qotishmalarda harakatlanayotgan zarrachalarning issiqlik uzatilishi tushuniladi. (10- b rasm). Bu jarayonda suyuqlik va gazlarning holati hamda ularning harakatlanish xarakteri katta ahamiyatga ega.

Nurlanish — bu issiqlik energiyasining elektromagnit to'liqlar orqali tarqalishidir. U o'z navbatida energiyani bir turdan ikkinchi turga, ya'ni issiqlik energiyasining nurli energiyaga, aksincha, nur energiyasining issiqlik energiyasiga o'zgarishi bilan amalga oshadi.

Odatda metallurgik pechlarda issiqlik uzatishning uchala usuli ham uchraydi. Ayrim hollarda bu usullar murakkab holatda, ya'ni bir vaqtda amalga oshadi. Bu jarayon bilan yallig' qaytaruvchi pech ishi orqali tanishib chiqamiz.

11- rasmda ko'rsatilgandek, pechning ishchi hajmida yonayotgan alanga issiqlik shixtaga, pech devorlariga va erigan materialga nurlanish (N) konveksiya (K) orqali uzatiladi. Shixta ichiga devor, va futerovkalarga issiqlik materiallarni issiqlikni o'tkazuvchanlik xususiyatiga asosan (Io') issiqlik almashadi.



11- rasm. Yallig' qaytaruvchi pechda issiqlik almashuv sxemasi.

Umuman, yallig' qaytaruvchi pechlarda eritish jarayoni issiqlik almashuvining barcha — uchta usuli ishtirokida amalga oshadi. Pechda harakatlanayotgan qizigan gazdan va pech devorlaridan issiqlik shixtaga asosan nurlanish orqali uzatiladi.

5.3. Turli metallurgik pechlarda issiqlik almashuvi

Metallurgiyada qo'llaniladigan pechlarning turi ko'p bo'lib, ularning har birida o'ziga xos issiqlik almashuvi jarayonlari bo'lib o'tadi.

Alangali eritish va yallig' qaytaruvchi pechlarda issiqlik almashuvi, asosan, issiqlik tashuvchi gazlar bilan issiqlik yutuvchi qayta ishlanayotgan material orasida o'tadi. Pech devorlari bu jarayonda faol qatnashadi. Pech devorlari va material orasidagi issiqlik almashuvi bir oz sust bo'lib, bunga sabab ular orasidagi to'qnashuvning zaifligidir. Ular orasidagi issiqlik almashuvi — nurli issiqlik uzatish hisobiga amalga oshib, u issiqlik almashuvining 90 % ini tashkil etadi.

Yallig' qaytaruvchi pechlarda konveksiya usulda issiqlik uzatish ikkilamchi ahamiyatga ega bo'lib, bu usulda faqat 5—10 % issiqlik uzatiladi.

lariga nisbatan konus shaklida joylashadi. Agar pechning $\frac{2}{3}$ qismini shixta egallasa, u holda issiqlik almashuvida ishtirok etayotgan faol sirt yuzasi quyidagicha aniqlanadi:

$$F_{sh} + F_h = 0,66L \left(\frac{2h_3}{\sin \alpha} + \beta - 2h_3 \operatorname{ctg} \alpha \right),$$

bunda: L va β – pech vannasining uzunligi va eni, m;

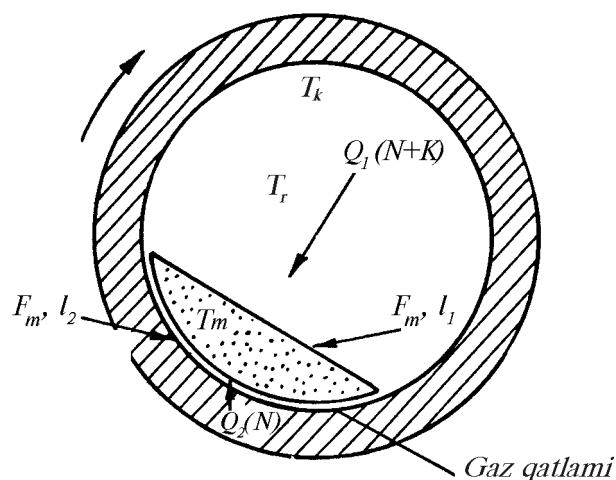
h_3 – vanna ustidagi shixta balandligi, m;

α – pechdagi materialning joylashish burchagi, grad.

Mis tozalaydigan pechlarda qayta ishlanayotgan material van-
naning to‘la sirtiga beriladi va qo‘shimcha sirtlar hisobga
olinganda (shixta hisobidan) yuqoridagi formulani quyidagicha
yozish mumkin:

$$(F_{sh} + F_h) = 1,2 F_v.$$

Xomashyolarni kuydirishda qo‘llaniladigan **quvurli aylanuvchi pechlarda** issiqlik almashuvi gaz, pech devori va qayta ishlanayotgan materiallar orasida boradi.



**13- rasm. Quvurli aylanuvchi barabanli pechda
issiqlik almashuvi sxemasi.**

Ammo pechning aylanma baraban harakati hisobiga issiqlik almashuvi jarayoni murakkab kechadi.

Materialni ochiq sirti qabul qiladigan issiqlik miqdorini quyidagi formula orqali topish mumkin:

$$Q_1 = 1,1C_{gdm} \left[\left(\frac{T_g}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_m}{100} \right)^4 \right] F_m \tau, kkal,$$

bunda: C_{gdm} – gaz va devordan materialga nur berish koef-fitsiyenti, $kkal/(m \cdot ch \cdot K)$

T_g, T_m – gaz va materialning harorati.

Materialning yopiq sirti qabul qiladigan issiqlik miqdori esa quyidagicha aniqlanadi:

$$Q_2 = C_{kk} \left[\left(\frac{T_d}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_m}{100} \right)^4 \right] F'_m \tau, kkal,$$

bunda: C_{kk} – devor va materialni o‘zaro issiqlik berish koefitsiyenti (nurlanish orqali);

T_d, T_m – devor va materialning harorati, K .

F'_m – issiqlik almashuvda qatnashayotgan sirtning yuzasi, m .

t – issiqlik almashuvi vaqti, S .

Quvurli aylanuvchi doira pechda umumiy olinadigan issiqlik-ning miqdori:

$$Q = Q_1 + Q_2.$$

Shaxtali pechlarda issiqlik almashuvi yirik materiallar qatlami-dan qizigan gazning o‘tishi orqali amalga oshadi, bunda gaz katta tezlik bilan harakatlanadi.

Qizigan gaz bilan sovuq material to‘qnashishi natijasida issiqlik almashuvi samarali o‘tadi. Issiqlik almashuvi nurlanish va konveksiya orqali oqib o‘tadi. Materialning sirtiga berilgan issiqlik material hajmiga issiq o‘tkazish orqali tarqaladi.

Demak, shaxtali pechda uch xil issiqlik o‘tkazish ro‘y beradi.

Shaxtali pechda gazdan qattiq moddaning sirtiga issiqlik berishni hisoblash uchun quyidagi tenglama tavsiya qilingan:

$$Q_v = A \frac{W_0^{0,9} \cdot T^{0,3}}{d^{0,75}} M \text{ kkal}/(m^3 \cdot S \cdot ^\circ C),$$

bunda: W – bo‘sh hajmda gazning tezligi, m/sek ;

T – gazning harorati, K ;

d – shixtani tashkil etuvchi materiallarning diametri, m ;

M – shixtada materiallarning shaklini hisobga oluvchi koeffitsiyent. Yirik materiallar uchun $M=1$, agar qayta ishlanayotgan shixtada mayda moddaning qiymati 20 % ni tashkil etsa, $M=0,5$ hosil bo‘ladi.

A – turli materiallar uchun tajribadan olingan koeffitsiyentlar; rudalarga 160, ohakka 166, koksga 170 ga teng.

Gazdan shixta sirtiga beriladigan umumiy issiqlik miqdorini quyidagi tenglama orqali aniqlasa bo‘ladi:

$$Q = Q_v (t_g - t_{sh}) V_{sh} \tau, \text{ kkal.}$$

Bunda: t_g va t_{sh} – gaz va shixta sirtining harorati, °C;

V_{sh} – shixtaning hajmi, m;

τ – issiqlik berish vaqti, S;

τ – ning qiymati quyidagi ifoda orqali aniqlanadi: $\tau = \frac{H}{\omega_1}$.

Bunda: H – shaxtali pechda material balandligi;

ω_1 – pechdagi shixtaning pastga tushish tezligi, m/s.

Kuydirish qaynar qatlamli pechlarda (QQ) issiqlik almashuvi – asosan, konveksiya orqali o‘tadi. Shu bilan birga yuqori haroratlarda qisman issiqlik nurlanish yo‘li bilan ham almashish mumkin.

QQ pechida umumiy issiqlik almashuvi quyidagi tenglama orqali aniqlanadi:

$$Q = \alpha (t_1 - t_2) F_m \tau, \text{ kkal.},$$

bunda: α – issiqlik berish koeffitsiyenti, kkal/(m² · S · °C)

t_1 – issiqlik beruvchi muhitning harorati, °C;

t_2 – issiqlik qabul qiluvchi materialning harorati, °C;

F_m – issiqlik almashuv sirti, m²;

τ – vaqt, sek.

Elektrodli, shixta erituvchi elektropechlarda issiqlik almashuvi issiqlik manbai – o‘ta qizitilgan shlak va issiqlik qabul qiluvchi-eritilayotgan shixta o‘rtasida o‘tadi. Bu pechlarda gazli faza issiqlik almashuv jarayonida deyarli qatnashmaydi.

Issiqlik asosan elektrod atrofidagi shlakda paydo bo‘ladi. Bu yerdan issiqlik vannaning hajmiga tarqatiladi va pechga yuklangan shixtaga konveksiya orqali yetkaziladi.

Bundan xulosa qilish mumkinki, elektropech vannasida harorat bir tekisda emas, ya'ni elektrod atrofidagi muhitda maksimal qiymatlarga ega. Amaliyotda o'lchovlar shuni ko'rsatadiki, haroratning eng katta miqdori – vannaning tagida bo'ladi. Masalan, shlakning yuqori qismi 1500–1700°C bo'lsa, pastki qismi faqat 1250–1400°C bo'ladi, xolos.

Pechning gorizontaal yuzasida shlakning shiddatli konveksion harakatlanishi natijasida dastlabki shixta haroratining farqi kamayadi, ya'ni ularning farqi 100–150°C ni tashkil etadi, o'rta-cha harorat esa shixtaning erish haroratiga yaqinlashadi.

5.4. Metallurgik pechlarning issiqlik balansi

Pechlarning issiqlik balansi deb – pechlarga keladigan va sarflanadigan issiqlik miqdorining har bir manba bo'yicha to'liq solishtirishga aytiladi. Energiyaning saqlanish qonuniga asosan, har qanday pech uchun ham barcha manbalardan keladigan issiqliklar yig'indisi barcha manbalar bo'yicha sarflanadigan issiqlik miqdori yig'indisiga teng bo'lishi shart. Bu formula orqali ifodalansa, issiqlik balansi tenglamasi quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$\Sigma Q_{\text{kelgan}} = \Sigma Q_{\text{sarfl}}.$$

Pechlarning issiqlik balansi hisoblangan yoki loyihalashtirilgan ma'lumotlar holida bo'ladi. Hisoblangan yoki loyihalashtirilgan issiqlik balansi yangidan loyihalanayotgan pechlar uchun tayyorlanadi. Haqiqiy issiqlik balansi esa hozirda metallurgik korxonalarda ishlayotgan pechlarning issiqlik ishini har tomonlama mukammal o'rganish, bir necha ko'rsatkichlarini o'lchash va to'plash natijalari orqali tuziladi.

Issiqlik balansi pechlarning ma'lum ish vaqti oralig'ida olingan ko'rsatkichlari asosida hisoblanadi, ya'ni bir soatda, bir sutkada yoki xomashyoni qayta ishlash vaqtida va hokazo.

Pechlarning issiqlik balansini tuzishda 100 kg xomashyoni qayta ishlash vaqtidan foydalanish ancha qulaydir. Chunki material balansi 100 kg xomashyoni qayta ishlab ma'lum miqdorda tayyor mahsulot olishga mo'ljallangan bo'lib, bunda xomashyo bilan keladigan va jarayon davomida ajraladigan barcha issiqlik manbalarini hisobga olish qulay. Bunda 100 kg xomashyo-

ni qayta ishlash uchun ketgan vaqt quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$\tau = \frac{24 \cdot 0,1}{A} = \frac{24}{A}, \text{ soat.}$$

Bunda: A — metallurgik pechlarni bir sutka davomidagi xomashyo bo'yicha ishlab chiqarish unumdorligi, 0,1 — qayta ishlanayotgan material miqdori T hisoblanadi.

Pechlarning issiqlik ishini tahlil qilishda issiqlik balansi katta ahamiyatga ega. Issiqlik balansi ko'rsatkichlarining tahlili yangidan loyihalalanayotgan pechlarning issiqlik ishini yaxshilashga, yoqilg'i sarfini tejash usullarini ishlab chiqishga va pechlarning ishlash samaradorligini oshirishga yordam beradi. Pechlarning issiqlik balansi quyidagi asosiy issiqlik manbalari orqali tuziladi.

Issiqlik keladigan manbalar

1. Yoqilg'ining yonishidan ajraladigan issiqlik Q_1 kkal, bir kilogramm ishchi yoqilg'i yondirilganda ajralgan issiqlik miqdori $Q_H^{ish} x$ kkal/kg va issiqlik balansini tuzish vaqti davomida sarflangan yoqilg'i miqdori x , kg/m³ bilan ifodalanib, ushbu formula orqali aniqlanadi:

$$Q_1 = Q_H^{ish} x.$$

Elektropechlarda Q_1 elektr energiyasi issiqlikka aylangan elektroenergiyasi ekvivalenti orqali aniqlanadi. $E = 860$ kkal (kVt·soat) va balans tuzish vaqtida sarflangan elektroenergiyasi, kVt·soat orqali hisoblanadi:

$$Q_1 = E_y.$$

2. Yoqilg'ining fizik issiqlik miqdori Q_2 kkal yoqilg'ining o'rtacha issiqlik sig'imi, C , kkal/(kg·°C) yoqilg'ini pechga kelib tushish davridagi harorati t va yoqilg'i sarfi x , kg/m³ orqali aniqlanadi:

$$Q_2 = C_{yo} t_{yo} X.$$

3. Havoning fizik issiqlik miqdori Q_3 , kkal — 1 kg yoqilg'ining yonishi uchun sarflanadigan havo V_x , m³/kg, havoning o'rtacha issiqlik sig'imi C_x kkal/(m³·°C), pechga berilayotgan havoning harorati t_x , °C va yoqilg'i sarfi x , kg orqali aniqlanadi:

$$Q_3 = V_x \cdot C_x \cdot t_x \cdot X.$$

4. Qayta ishlanayotgan xomashyo va qo'shimchalar (shixta)ning fizik issiqlik miqdori Q_4 kkal — shixtani tashkil etuvchilarning massasi $P'_{sh}, P''_{sh}, P'''_{sh}$ va h.k, kg tashkil etuvchilarning issiqlik sig'imi $C'_{sh}, C''_{sh}, C'''_{sh}$ va h.k, kkal/(kg, °C), ularni pechga solinishi davridagi harorati $t'_{sh}, t''_{sh}, t'''_{sh}$ va h. k, °C orqali hisoblanadi:

$$Q_4 = \Sigma P_{sh} \cdot C_{sh} \cdot t_{sh}.$$

5. Ekzotermik jarayonlar hisobiga ajraladigan issiqlik q kkal — jarayon davomida kimyoviy reaksiyalarda ajralayotgan issiqlik effektini hisoblash bilan aniqlanadi:

$$Q_5 = \Sigma Q_{ekz}.$$

Pechlarga keladigan umumiy issiqlik miqdori barcha manbalarda kelayotgan issiqliklar yig'indisini tashkil etadi:

$$Q + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 = Q_H^{ish} X + C + lex + Vx \cdot x Cx \cdot tx + \Sigma P_{sh} C_{sh} t_{sh} + \Sigma Q_{ekz}.$$

Issiqlik sarflanadigan manbalar

1. Jarayonda chiqayotgan asosiy mahsulotning issiqlik miqdori Q_1 kkal mahsulotlarning (kuyindi, shlak, shteyn, metall) massasi $P'_{mah}, P''_{mah}, P'''_{mah}, \dots$, kg, ularning o'rtacha issiqlik sig'imi $C'_{mah}, C''_{mah}, C'''_{mah}, \dots$ kkal/(kg·°C) va mahsulotlarning pechdan chiqish vaqtidagi harorati $t'_{mah}, t''_{mah}, t'''_{mah}, \dots$, °C orqali aniqlanadi:

$$Q_1 = \Sigma R_{mah} C_{mah} t_{mah}.$$

2. Endotermik jarayonlar hisobiga yutiladigan issiqlik Q'_2 kkal — jarayon davomida kimyoviy reaksiyaning issiqlik effekti orqali Q_5 kabi aniqlanadi:

$$Q'_2 = \Sigma Q_{end}.$$

3. Pechlardan chiqayotgan texnologik gazlarning fizik issiqligi kkal Q'_3 yoqilg'i yonishi va texnologik jarayonlar natijasida hosil bo'lgan gazlarning hajmi, ularning o'rtacha issiqlik sig'imi, yoqilg'ining miqdori x , kg/m³ va pechlardan chiqayotgan gazlarning harorati t °C orqali aniqlanadi:

$$Q'_3 = V_{g,yoq} \cdot x \cdot C_{g,yoq} \cdot t_{g,yoq} + V_{g,sh} \cdot C_{g,sh} \cdot t_{g,sh}.$$

4. Yoqilg'ining to'liq yonmaganligi hisobiga sarflanadigan issiqlik Q'_4 kkal – yoqilg'i beradigan issiqlik miqdori (1kg yoqilg'i yonganda) Q_H^{ish} kkal/kg jarayonga sarflangan yoqilg'i massasi kg; m^3 va yoqilg'ini to'liq yonmaslik koeffitsiyenti R yordamida aniqlanadi:

$$Q'_4 = Q_H^{ish} \cdot XR.$$

5. Tashqi muhitni isitish uchun sarflanadigan issiqlik Q'_5 – kkal quyidagi formula yordamida hisoblanadi:

$$Q'_5 = Q_{devor} + Q_{tuyuk},$$

bunda: Q_{devor} – pechning fundamenti, atrof devorlari orqali sarflanadigan issiqlik, kkal.

Q_{tuyuk} – pechkaga xomashyo soladigan va mahsulotni oladigan tuyuklarda sarflanadigan issiqlik, kkal.

6. Pechlarda sovitish sistemalarida ishlatiladigan (suv yoki havoni isitish uchun sarflanadigan issiqlik) Q'_6 , kkal – suvning yoki havoning massasi P_{suv} , kg, m^3 suvning issiqlik sig'imi C_{suv} , kkal/(kg °C) va pechlar sovitish moslamalariga berilayotgan va chiqayotgan suv (yoki havo) haroratining farqi $(t_1 - t_2)$ °C orqali aniqlanadi:

$$Q'_6 = P_{suv} \cdot C_{suv} (t_1 - t_2).$$

7. Pech devorlarini qizdirishga sarflanadigan issiqlik Q'_7 kkal – devorlarning umumiy massasi P_{devor} kg, devor materiallarining o'rtacha issiqlik sig'imi C_{devor} (kkal/kg°C) va balansni tuzish vaqtida pech devorlarining boshlang'ich va oxirgi haroratining farqi °C orqali aniqlanadi:

$$Q'_7 = P_{devor} \cdot C_{devor} (t'_1 - t'_2).$$

Issiqlik balansini tuzishda umumiy sarflanadigan issiqlik miqdori quyidagi ifoda orqali aniqlanadi:

$$\begin{aligned} Q'_1 + Q'_2 + Q'_3 + Q'_4 + Q'_5 + Q'_6 + Q'_7 = & \Sigma P_{mah} C_{mah} t_{mah} + \\ & + \Sigma Q_{end} + V_{yoq} \cdot XC_{yoq} \cdot t_{yoq} + V_{um} C_{um} t_{um} + \\ & + Q_N^{ish} \cdot XR + Q_{devor} + Q_{tuy.} + P_{suv} \cdot C_{suv} (t_1 - t_2) + P_{devor} \cdot C_{devor} \end{aligned}$$

Issiqlik kelishi va sarflanishini barcha manbalar bo'yicha hisoblash natijalari asosida issiqlik balansi jadvali tuziladi (1- jadval).

Pechlarning issiqlik ishi samaradorligi ularning termik foydali ishi koeffitsiyent ko'rsatkichi bilan baholanadi. Rangli metallurgiyada qo'llaniladigan pechlar uchun bu ko'rsatkich issiqlik balansi natijalaridan foydalanilgan holda quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$h_{nazariy} = \frac{Q_{foydali}}{Q_{keladi}} \cdot 100;$$

$$Q_{foydali} = Q_1 + Q_2;$$

$$Q_{keladi} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5.$$

1- jadval

Metallurgik pechlar uchun issiqlik balansini tuzish tartibi

Issiqlik kelishi				Issiqlik sarflanishi			
T.r.	Kelish manbalari	kkal	%	T.r.	Sarflanish manbalari	kkal	%
1.	Yoqilg'ining yonishidan yoki elektrenergiyadan ajralgan issiqlik	Q_1		1.	Mahsulot bilan chiqadigan issiqlik	Q'_1	
2.	Yoqilg'ining fizik issiqligi	Q_2		2.	Endotermik jarayonlarga yutiladigan issiqlik	Q'_2	
3.	Havoning fizik issiqligi	Q_3		3.	Pechdan chiqayotgan texnologik gazlarning issiqligi	Q'_3	
4.	Shixtaning fizik issiqligi	Q_4		4.	To'liq yonmagan yoqilg'iga sarflanadigan issiqlik	Q'_4	
5.	Ekzotermik jarayonlar issiqligi	Q_5		5.	Tashqi muhitni isitish uchun sarflanadigan issiqlik	Q'_5	
				6.	Sovitish sistemalariga (suv yoki havo) sarflanadigan issiqligi	Q'_6	
				7.	Pech devorlarini qizdirishga sarflanadigan issiqlik	Q'_7	
	Jami	ΣQ	100		Jami	ΣQ	100

VI BOB.

YOQILG'ILARNING UMUMIY TASNIFI VA ULARNING ASOSIY XOSSALARI

Metallurgik pechlarni issiqlik energiyasi bilan ta'minlashda asosiy manba yoqilg'i hisoblanadi. Yoqilg'i deb shunday moddaga aytiladiki, u kislorodli muhitda qizdirilganda shiddat bilan oksidlanib (yonib) ma'lum miqdorda issiqlik chiqaradi. Bunday moddalarga elementar oltingugurt, sulfidli minerallarning oksidlanishi va uglerod miqdori yuqori bo'lgan birikmalar kiradi.

Sanoatda uglerodli yoqilg'ilardan keng foydalaniladi, ular tabiiy va sun'iy bo'lib, qattiq, suyuq va gaz holida mavjuddir. Ko'mir, neft va tabiiy gaz shular jumlasiga kiradi.

Tabiiy yoqilg'ilar har doim ham metallurgik jarayonlar talablariga javob beravermaydi. Yoqilg'ilarning sifatini yaxshilash maqsadida ularga maxsus ishlov beriladi. Ishlov berish jarayonlariga qattiq yoqilg'ini boyitish, qattiq yoqilg'ini gaz holidagi yoqilg'iga keltirish, ko'mirlarni kokslash, ko'mir changlaridan briketlar tayyorlash, neftni qayta ishlash, tabiiy gazni konversiyalash va boshqalar kiradi.

Yoqilg'i xossalariga uning kimyoviy tarkibi, qizdirishga munosabati, issiqlik darajasi va yoqilg'i yonishining kollorometrik harorati kabilar kiradi.

Yoqilg'ining kimyoviy tarkibini uglerod, vodorod, azot, kislorod va oltingugurtdan tashqari suv W va yonish natijasida hosil bo'ladigan kul A, ya'ni turli mineral birikmalar tashkil etadi. Uglerod yoqilg'ining asosini tashkil etib, uning yonishi natijasida issiqlik ajraladi.

Uglerod yoqilg'ida organik birikmalar holida bo'lib, uning miqdori 85–90% gacha yetadi. Kislorod bilan bog'lanmagan ma'lum miqdordagi vodorod yonganida ham ma'lum miqdorda issiqlik ajraladi.

Azot, kislorod bilan bog'langan vodorod yoqilg'i uchun unsur birikma bo'lib, yoqilg'ining energetik tasnifiga salbiy ta'sir

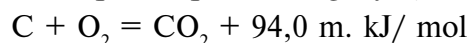
ko'rsatadi. Yoqilg'ida oltingugurt uch xil birikma, ya'ni organik S_{or} , sulfid (oltingugurt kolchadoni) S_k va sulfat S_{st} holida bo'ladi. Organik va sulfid oltingugurt yonganda ma'lum miqdorda issiqlik ajraladi, shunga qaramay ularning yoqilg'i tarkibida oz miqdorda bo'lishi maqsadga muvofiq. Sababi, ularning yonishi natijasida atmosfera havosini zaharlovchi SO_2 gazi hosil bo'ladi.

Yoqilg'i tarkibidagi namlik uning sifatini pasaytiradi. Yoqilg'i tarkibidagi namlik tashqi va ichki (yoki gigroskopik) namliklarga ajratiladi. Ularning birinchisini yoqilg'ini $40^{\circ}C$ haroratda quritish bilan, ikkinchisini yoqilg'ini $100^{\circ}C$ haroratgacha qizdirish usuli bilan yo'qotish mumkin.

Qattiq yoqilg'ilarning yonishi natijasida ma'lum miqdorda yonmaydigan chiqindi ajraladi — u kul deb yuritiladi. Bu chiqindining tarkibini, asosan, metallar oksidlari, kremniy, alumi-niy, magniy, kalsiy va boshqa elementlar tashkil etib, ular yoqilg'ining sifatini pasaytiradi.

Yoqilg'ining qizdirishga munosabati. Ma'lumki, ba'zi yoqilg'ilar qizdirilganda tarkibi ma'lum darajada o'zgaradi. Shunga asosan yoqilg'ilar qizdirishga chidamli va issiqlikka chidamsiz guruhlariga ajraladi. Tabiiy yoqilg'ilarning hammasi qizdirishga chidamli yoqilg'ilar guruhiga kiradi, bularga asosan qattiq holdagi yoqilg'ilar misol bo'la oladi. Yoqilg'ilarning katta ahamiyatga ega xususiyati ularni qayta ishlash mumkinligidir, ya'ni ulardan yonuvchi gazlar olish, koks tayyorlash, shunindek, haydash, yoqish mumkin.

Yoqilg'ining issiqlik darajasi Q — uning eng asosiy ko'rsatkichi bo'lib, aniq birlikdagi yoqilg'ini to'liq yondirishda, ya'ni oksid-lanishda ajralgan issiqlik miqdorini belgilaydi, masalan,



1kg C uchun 7,83 kkal



1kg H_2 uchun 28,9 kkal.

Qattiq va suyuq yoqilg'ilar uchun bu ko'rsatkich kkal/kg da, gazlar uchun kkal/ m^3 da ifodalanadi.

Yoqilg'ining kolarometrik issiqligi, C — bu yoqilg'i yongandagi eng yuqori darajada beradigan issiqligi bo'lib, yonish davrida unga berilishi kerak bo'lgan havo nazariy jihatdan uning to'liq yonishiga sarflanadi:

$$t_k = \frac{Q_n^{ish}}{\sum V_r C_r},$$

bunda: V_r – yonilg‘ini to‘liq yonishidan hosil bo‘lgan mahsulot hajmi, m^3 / kg .

C_r – yonilg‘ining $0^\circ C$ dan t_k oralig‘idagi o‘rtacha issiqlik sig‘imi, $kkal / (m^3 \cdot ^\circ C)$.

6.1. Yoqilg‘ilarning turlari, ularni metallurgik pechlarda ishlatish

Qattiq yoqilg‘ilar odatda tabiiy va sun‘iy bo‘ladi. Tabiiy yoqilg‘ilarga o‘tin, torf, qo‘ng‘ir ko‘mir, toshko‘mir, antratsit va yonuvchi slanets kiradi, sun‘iylariga esa – pistako‘mir, koks, briketlar, ko‘mir kukunlari va changlari kiradi. Metallurgik pechlarda qattiq yoqilg‘i turlaridan koks va ko‘mir kukunlari keng qo‘llaniladi, boshqalari esa cheklangan miqdorda ishlatiladi.

O‘tin – daraxtsimon o‘simlik yoqilg‘isidir. Tabiatdagi daraxtlarning turi xilma-xil bo‘lishiga qaramay ularning organik massasi umuman bir xil bo‘lib, tarkibi taxminan 50% C, 43% O_2 va 6% H dan tashkil topgan. O‘tinning yonishidan qoladigan chiqindi kul 1–2 % ni tashkil etadi.

O‘tin yoqilg‘ilar, asosan, metallurgik pechlarni yangidan ishga tushirish jarayonida, ya‘ni yangi qurilgan pechlarni, ta‘mir qilingan pechlarni va ma‘lum vaqtgacha to‘xtatilgan pechlarni ishlatishda qizitish uchun qo‘llaniladi.

Torf ham tabiiy yoqilg‘ilar turkumiga kiradigan foydali qazilmalardan hisoblanadi. Torf tarkibida uglerod moddasining kamligi, issiqlik energiyasining pastligi va mineral chiqindisi miqdori ko‘pligi sababli metallurgik pechlarda deyarli ishlatilmaydi. Torf, asosan, ikkilamchi yoqilg‘i olishda elektrostansiya va kimyo sanoatida keng ishlatiladi.

Qo‘ng‘irko‘mir torfga nisbatan ancha keyin paydo bo‘lgan o‘simlik yoqilg‘ilari turkumiga kirib, uning tarkibi yoshiga qarab o‘zgaradi va «yetilgan» hamda «yetilmagan» sinflarga bo‘linadi.

Qo‘ng‘irko‘mir tarkibida namlikning yuqori bo‘lishi, chiqindi minerallarining ko‘pligi hamda beradigan issiqlik energiyasining kamligi tufayli undan metallurgik pechlarda cheklangan miqdorda

foydalaniladi. Qo'ng'irko'mir metallurgik pechlarda, asosan, generator yoqilg'i gazini yoqib CO gazini olish va past haroratda ishlaydigan pechlarni isitish uchun ishlatiladi.

Toshko'mir – qo'ng'ir ko'mirdan ancha farq qiladi, tarkibidagi uglerod miqdori 70–80 % gacha yetib, kislorod miqdori 6–10% bo'ladi. Toshko'mir zichligining yuqoriligi, havodagi namlikni tortib olish xususiyatining pastligi va tarkibida uchuvchi elementlarning kamligi bilan qo'ng'irko'mirdan farq qiladi. Toshko'mir tarkibidagi elementlarning miqdoriga va energetik tasnifiga asosan, bir necha sinflarga ajraladi, jumladan, D – uzun alangali, G – gazli, M – moyli, K – koksli va h. k. Metallurgik pechlarda yoqilg'i sifatida D va G markali toshko'mirlar chang holida ishlatiladi, K va M markalari esa metallurgik koks olishda qo'llaniladi.

Antrotsit – yoshi jihatdan qattiq yoqilg'ilar orasida oxirgi o'rinda bo'lib, tarkibidagi uglerodning miqdori 84–94 % gacha va uchuvchi moddalar 3–7 % gacha bo'lishi mumkin. Antrotsit asosan rangli metallurgiyada shaxtali pechlarda koks o'rnida ishlatiladi, shuningdek, metallurgik pechlar uchun gaz holidagi yoqilg'ini olishda qo'llaniladi.

Yonuvchi slanets – qo'ng'ir ko'mirlar turiga mansub bo'lib, uning tarkibidagi chiqindi minerallarining miqdori 40–70 % va uglerodining miqdori 10–30 % bo'ladi. Shu sababli metallurgik pechlarda yonuvchi slanetslarni qayta ishlashdan paydo bo'lgan suyuq va gazsimon mahsulotlardan foydalaniladi.

Pistako'mir – yog'och mahsulotlarini juda kam havo bo'lgan muhitda, 400–500°C haroratda qizdirish orqali tayyorlanadi. Pistako'mir yuqori gigroskopik xususiyatga egadir. Uning tarkibida 10 % gacha namlik bo'lib, ochiq havoda saqlansa namligi 40 % gacha ortadi. Pistako'mirning tarkibida oltingugurtning yo'qligi va chiqindi minerallarining kamligi sababli metallarni tozalashda qaytaruvchi, tiklovchi sifatida va erigan metallni quyishda qoliplarga muhofaza qatlam sifatida qo'llaniladi. Pistako'mirni qora metallurgiyada domna pechlarida yoqilg'i sifatida ishlatish mumkin.

Koks – toshko'mirni havosiz sharoitda 1000–1100°C haroratda quruq qizdirish orqali olinadi. Kimyo sanoatida koks tayyorlash jarayoni maxsus texnologiya asosida koks tayyorlash batareyalarida

olib boriladi. Kokslash jarayoni natijasida quyidagi mahsulotlar olinadi. Massaga nisbatan % hisobida 78 % koks, 15 % koks gazi, 3,5 % toshko‘mir moyi, 0,3 % ammiak, 0,7 % xomaki benzol va 2,5 % yog‘li suv.

Kokslash jarayonida ajralib chiqqan gazning issiqlik sig‘imi taxminan 4500 kkal/m³ ni tashkil etadi. Koks tayyorlash pechlari-da yoqilg‘i sifatida ishlatiladi.

Koks toshko‘mirga nisbatan mexanik mustahkam, issiqlik berish energiyasi (1 = 6600 kg/kkal) va kollorimetrik harorati 700°C ga teng.

Koksning bu ko‘rsatkichlari undan metallurgik pechlarda shaxtali, domna hamda metallurgik jarayonlarda qaytaruvchi sifatida keng foydalanishda asosiy omil bo‘ladi.

Ko‘mir kukuni toshko‘mir yoki qo‘ng‘ir ko‘mirni 0,05–0,07 mm yiriklikda maydalab tayyorlanadi. Tayyor mahsulot tarkibida namlik miqdori 0,5 % dan kam bo‘lmasligi shart.

Metallurgik pechlarda yoqilg‘i sifatida qo‘llaniladigan ko‘mir kukunining o‘lchami quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$R = 6 + 0,5L,$$

bunda: R – ko‘mir kukunining yirikligi, mm;

L – yoqilg‘i tarkibidagi uchuvchi moddaning miqdori, massasiga nisbatan hisobda.

6.2. Suyuq holdagi yoqilg‘ilar

Neft — yagona tabiiy suyuq yoqilg‘i hisoblanadi. Sun‘iy suyuq yoqilg‘ilarning turlari esa xilma-xil bo‘lib, ularning asosiylari neftni qayta ishlash natijasida olinadigan benzin, kerosin, motor yoqilg‘isi, mazut; qattiq yoqilg‘ini qayta ishlashdan olinadigan smola va motor yoqilg‘isi, kolloidli yoqilg‘ilar hamda sintetik suyuq yoqilg‘ilardir.

Suyuq yoqilg‘ilarning qattiq yoqilg‘ilarga nisbatan afzalliklari quyidagilardan iboratdir, ya‘ni yuqori issiqlik energiyasiga egaligi ($Q_H^{sh}=8500-1000$ kkal/kg), chiqindi miqdorining pastligi ($A^{ish}=0,3\%$), alanga oldirishning soddaligi, po‘lat quvurlar orqali bir joydan ikkinchi joyga uzatilishi mumkinligi va hokazo.

Metallurgik pechlarning ishlashida suyuqlik yoqilg'ilardan mazutdan keng foydalaniladi. Mazut neftni haydash natijasida olinadigan mahsulot bo'lib, yuqori haroratda ishlaydigan kuydirish, eritish va metallarni tozalash pechlarida ishlatiladi.

Mazut sifati uning qovushqoqligi, undagi chiqindining miqdori va alangalanish harorati bilan belgilanadi. Mazutning qovushqoqlik darajasini shartli ravishda 80°C haroratda belgilash qabul qilingan. Jumladan, yuqori sifatli mazutning qovushqoqlik darajasi $2,5\div 6,0$ gacha, past sifatli mazutning qovushqoqlik darajasi esa $13\div 13,5$ oralig'ida. Mazut tarkibida chiqindining miqdori $0,1\div 0,63\%$, namligi $1\div 4\%$, solishtirma og'irligi $0,91-0,99\text{ g/sm}^3$ ga teng. Kam oltingugurtli mazut tarkibida oltingugurt miqdori $0,5$ foizgacha, yuqori oltingugurtli lilarida esa bu ko'rsatkich $3,5$ foizgacha bo'lishi kerak.

Mazut moysimon modda bo'lib, u uzoq vaqt sifati buzilmay maxsus joylarda saqlanishi mumkin. Metallurgik zavodlarda pechlarni doimiy yoqilg'i bilan ta'minlash maqsadida tabiiy gaz, ko'mir, koksdan tashqari ma'lum miqdorda mazut yoqilg'isi ham saqlanadi.

6.3. Gaz holiday yoqilg'ilar

Zamonaviy metallurgik pechlarning asosiy yoqilg'ilaridan biri — gaz holiday yoqilg'ilar hisoblanadi. Ular o'z navbatida tabiiy va sun'iy bo'lib, birinchisi Yer ostidan olinayotgan tabiiy gaz, ikkinchisi esa qattiq va suyuq yoqilg'larni qayta ishlash natijasida ulardan olingan gazlar hisoblanadi.

Gaz holiday yoqilg'larni boshqa turdagi yoqilg'ilardan bir qator afzalliklari mavjud, ularga:

1. Issiqlik energiyasining yuqoriligi $Q > 3000\text{ kkal/m}$;
2. Tarkibida chiqindi mineral va changlarning kamligi;
3. Ularni yondirishda jarayon haroratini boshqarish mumkinligi;
4. Uzoq masofalarga quvurlar orqali uzatish mumkinligi;
5. Past sifatli qattiq yoqilg'larni qayta ishlab olish mumkinligi va boshqalar kiradi.

Gaz holiday yoqilg'ilardan metallurgiyada nafaqat yoqilg'i sifatida, balki metall ajratib olish jarayonida qaytaruvchi sifatida

ham foydalaniladi. Quyida metallurgiyada qo'llaniladigan gaz holdagi asosiy yoqilg'ilarning tasnifi bilan tanishib chiqamiz.

Tabiiy gaz. Tabiiy gaz Yer bag'rida paydo bo'lib, asosini metan CH_4 tashkil etadi. U tabiatda:

1. Haqiqiy gaz konlarida (CH_4 – 93 % gacha)
2. Neft konlarida (CH_4 – 54 % gacha) birlikda uchraydi.

Tabiiy gaz quritish, kuydirish, eritish va tozalash pechlarida yoqilg'i sifatida ishlatiladi.

Koks gazi – toshko'mirdan koks tayyorlashda olinadi. Koks gazining issiqlik energiyasi $Q = 4000 \text{ kkal/m}^3$ bo'lib, pechlar uchun sifatli yoqilg'i hisoblanadi. Koks gazi qora metallurgiyada asosiy yoqilg'i va metallni tozalashda qaytaruvchi sifatida foydalaniladi.

Domna va koloshnik gazlari domna pechlari va rangli metallurgiya pechlarining ikkilamchi mahsuloti hisoblanadi. Bu gazlar asosan past haroratda ishlaydigan pechlarda, suv qaynatish qozonlarida va boshqa dastgohlarni isitish uchun ishlatiladi.

VII BOB.

YONISH NAZARIYASI ELEMENTLARI

Yonish — bu yoqilg‘ining shiddatli oksidlanishi bo‘lib, ma’lum vaqt davomida ko‘p miqdorda issiqlik ajralish jarayonidir. Yoqilg‘ining yonishi murakkab hodisa bo‘lib, u bir vaqtning o‘zida bir qancha fizikaviy va kimyoviy jarayonlarni o‘z ichiga oladi, ularga:

1. Yoqilg‘ining yanchilishi;
2. Yoqilg‘ining alanga olish haroratigacha qizdirilishi;
3. Yoqilg‘ining termik parchalanishi va uni tashkil etuvchilarning qisman gaz holiga o‘tishi;
4. Yoqilg‘ining havo bilan aralashishi;
5. Yoqilg‘ini tashkil etuvchi elementlarning oksidlanishi;
6. Yonish mahsulotining ajralishi;
7. Yonish chegarasida va atrof-muhitda issiqlik almashinishi kiradi.

Metallurgik pechlarning turiga qarab yoqilg‘ini yondirishni uchta asosiy jarayon turlari orqali amalga oshirish mumkin:

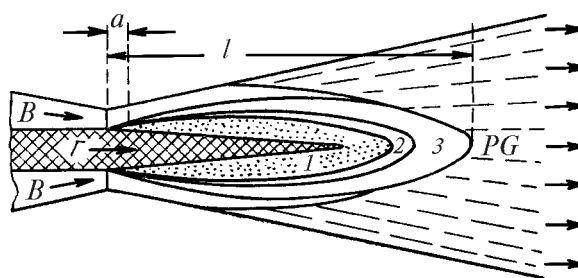
1. Mash‘alali yonish. 2. Quyunli yonish. 3. Qatlamli yonish.

Mash‘alali yonishda gaz holidagi, suyuq va kukun holidagi yoqilg‘ilar havo bilan aralashtirilib pechning ishchi qismiga purkaladi. U yerda yoqilg‘i alanganing chegara zonasini hosil qilib yonadi. Bunday yonish jarayoni alangali pechlarda qo‘llaniladi. Quyunli yonishda yanchilgan qattiq yoqilg‘i havo bilan aralashtirilib bosim orqali spiralsimon, aylanma harakat bilan yonish bo‘limiga yuboriladi. Yoqilg‘ini bunday yondirish usulidan materialni muallaq holda qayta ishlaydigan pechlarda va yoqilg‘ini siklonli yondirish moslamalarida foydalaniladi.

Qatlamli yonish yaxlit bo‘lakli qattiq yoqilg‘ilarga havo purkash orqali amalga oshirilib, bu usul shaxtali pechlarni qizdirishda, qattiq yoqilg‘ilardan gazsimon yoqilg‘i olishda keng qo‘llaniladi. Mash‘alali yonish — gaz, suyuqlik va kukun holidagi yoqilg‘ilarning yonishida asosiy jarayon hisoblanadi.

7.1. Gaz holidagi yoqilg'ilarning yonishi

Gaz holidagi yoqilg'ilarning yonishi boshqa turdagi yoqilg'i-larga nisbatan oddiy bo'lib, u quyidagi jarayonlar yig'indisidan iborat (14- rasm):



14- rasm. Gaz holidagi yoqilg'ilarning mash'alali yonish sxemasi.

1. Yoqilg'i yondirish moslamasida chiqayotgan gaz havo bilan aralashadi, ya'ni bu jarayon alanganing birinchi chegarasida boradi;

2. Ikkinchi chegarada gaz-havo aralashmasi qiziydi va alanga oladi.

3. Yonish, xususan, yoqilg'ini tashkil etuvchilarning oksidlani-shi, yoqilg'ining shiddatli yonishi chegarasida sodir bo'ladi. Alanga mash'alasi aniq kontur va uzunlik bo'ylab tarqaladi. Yonishning shiddatli borishi gorelkaning uchidagi (a) oraliqdan keyin bosh-lanadi. Bu oraliqda gaz-havo aralashmasi alanga olish haroratigacha qiziydi.

Yoqilg'ining to'liq yonishi alanga konfiguratsiyasiga — shakli va mash'ala uzunligiga uzviy bog'liq bo'lib, metallurgik pechlarda haroratni boshqarishda ularning roli katta. Alanga konfiguratsiyasi va mash'ala uzunligi gaz va havo oqimining tezligiga, ularning aralashish sharoitiga, ya'ni aerodinamikasiga bog'liq.

7.2. Suyuq va kukun holidagi yoqilg'ilarning yonishi

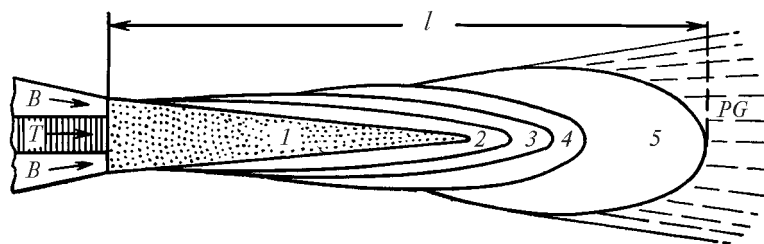
Suyuq va kukun holidagi yoqilg'ilarning yonishi ancha murakkab bo'lib, quyidagi jarayonlardan iborat.

1. Yoqilg'ining maydalanishi va havo bilan aralashishi.

2. Aralashmaning qizishi va qisman ikkilamchi gazlarning hosil bo'lishi.

3. Ikkilamchi gazlarning alangalanishi.
4. Ikkilamchi gazlardan qolgan suyuq va qattiq yoqilg'ining alangalanishi.
5. Suyuq va kukun-chang qoldiqlarning yonishi.

Quyida suyuq va kukun-chang yoqilg'ilar yonishidan hosil bo'lgan mash'alaning soddalashtirilgan sxemasi ko'rsatilgan (15-rasm).

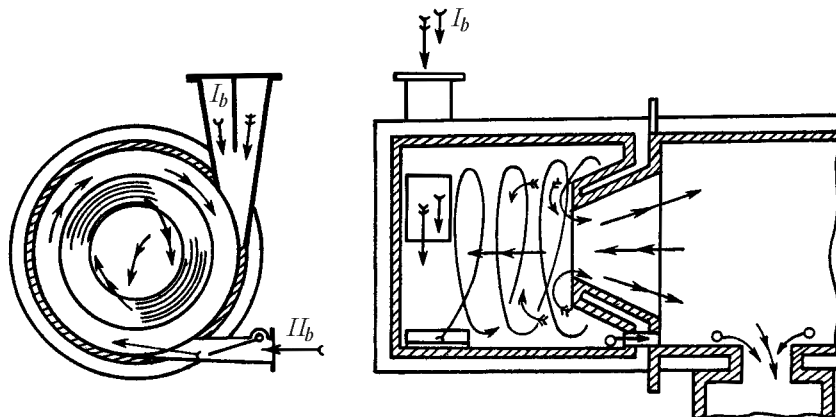


15- rasm. Suyuq va chang holidagi yoqilg'ilarning mash'alali yonish sxemasi.

Bunda suyuq yoqilg'i tomchisi yoki 0,05–0,07 mm o'lchamdagi qattiq yoqilg'i zarrachalari dastlab birinchi chegarada havo bilan aralashadi, hosil bo'lgan aeroaralashma mash'ala va pechning harorati ta'sirida 300–600°C harorat oralig'ida qiziydi. Bunda yoqilg'ini quruq haydash jarayoni sodir bo'lib, ikkinchi chegarada ikkilamchi yonuvchi gazlar hosil bo'ladi.

Bunday havo aralashmasi uchinchi chegarada alanga oladi. Ikkilamchi yoqilg'i gazlarning hosil bo'lishidan qolgan suyuq va qattiq yoqilg'ining alangalanishi 600–800°C haroratda mash'alaning to'rtinchi chegarasida boradi va beshinchi chegarasida jadallashib nihoyasiga yetadi.

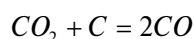
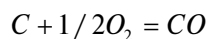
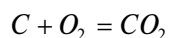
Quyuni yonish yoqilg'ini yoqishning yangi jarayoni bo'lib, bu jarayondan kukun holidagi qo'ng'ir va toshko'mirlarni, torfni, yog'och chiqindilarini yoqishda samarali foydalaniladi. Shuningdek, quyunli yonishni metallurgiyada kuydirish, sulfidli ruda va boyitmalarni muallaq holda eritish pechlarida qo'llash yaxshi natijalar beradi. Yuqorida ko'rib chiqqanimizdek, yoqilg'ining yonish jarayoniga ta'sir etuvchi asosiy omil uning havo bilan aralashishidir. Shu nuqtayi nazardan quyunli yonish samaralidir, chunki unda havo bilan yoqilg'i sxemada ko'rsatilgan usulda to'liq aralashadi (16- rasm).



16- rasm. Yanchilgan qattiq yoqilg'ilarning quyunli yonish sxemasi.

Qatlamli yonish yirik bo'lakli qattiq yoqilg'ilar — koks, qo'n-g'irko'mir, toshko'mir, torf, yog'ochlarni yondirishda asosiy jarayon hisoblanadi. Bu jarayon rangli metallurgiyada ishlatiladigan shaxtali pechlarga koks yoqishda, qora metallurgiyada, domna pechlarida va qattiq yoqilg'ilardan sun'iy yoqilg'i gazini olishda gazogeneratorlarning ishlashida katta ahamiyatga ega.

Qatlamli yonish qattiq yoqilg'i qatlamlari orasiga havo berish orqali amalga oshiriladi. Yonish jarayoni, asosan, yoqilg'i bo'lagining yuzasida boradi, shu sababli qatlamli yonishda reaksiya yuzada gaz almashinish va diffuziya jarayonlarining ahamiyati katta. Qatlamli yonish ikki bosqichli bo'lib, o'z navbatida ular — kislorodli yonish chegarasi va qaytarish chegaralarida amalga oshadi. Oksidlanish va qaytarilish jarayonlari bir-birlari bilan uzviy bog'liq bo'lib, biridan ikkinchisiga o'tish jarayoni uzluksiz kechadi, uni quyidagi reaksiya orqali ifodalash mumkin:



Qatlamli yonishda bu reaksiyalarning intensiv borishi yuqorida aytib o'tilgan yoqilg'i yuzasida gaz almashinish va diffuziya jarayonlariga bog'liq bo'lib, bunda, yoqilg'i tarkibidagi chiqindi mineral birikmalarning turi va miqdori ham katta ahamiyatga egadir.

VIII BOB.

METALLURGIK PECHLARNI ELEKTR ENERGIYASI YORDAMIDA QIZDIRISH ASOSLARI

Elektr energiyasini issiqlik energiyasiga aylantirish hisobiga qizdiriladigan pechlar *elektropechlar* deyiladi.

Pechlarni qizdirish uchun elektr energiyasidan foydalanish XX asrdan boshlab, ya'ni elektr energiyasini ulkan miqyosda ishlab chiqarishga erishilgandan so'ng keng yo'lga qo'yildi. Elektr qizdirishda elektr energiyasi juda ko'p miqdorda sarf bo'lishiga qaramasdan elektropechlar texnikaning turli sohalarida tez va ko'plab qo'llanila boshlandi.

Metallurgiyada elektropechlar katta ahamiyatga ega bo'lib, ular ba'zi metallurgik korxonalarda asosiy turdagi pechlar hisoblanadi.

Jumladan, qora metallurgiyada elektr qizdirish po'lat, ferra qotishma ishlab chiqarish va cho'yan eritishda keng qo'llaniladi. Rangli metallurgiyada elektr qizdirish dastavval qotishmalar ishlab chiqarishda va metallarni turli xil aralashmalardan tozalashda qo'llanilar edi. Keyinchalik esa rangli metallarni ishlab chiqarishda, ruda xomashyosi va shlakni qayta ishlashda qo'llanila boshlandi. Elektr qizdirish metall quyishda, ularga ishlov berishda keng qo'llaniladi.

Elektropechlarni bu qadar keng qo'llanilishining bir qancha afzalliklari mavjud bo'lib, ularning asosiylariga quyidagilar kiradi:

1. Kichik hajmdagi pechlarda yuqori quvvatda ishlash va juda yuqori haroratga (3000°C va undan ortiq) erishish mumkinligi;
2. Pechning ishchi hajmida mahsulotni erish ko'rsatkichlari va haroratni taqsimlanishini boshqarish mumkinligi;
3. Ish joyining tozaligi, yoqilg'i chiqindilari, gazlar va turli xil aralashmalardan xoliligi;
4. Ishchi agregatni zich berkitish va unda vakuum yoki himoya qatlamini hosil qilish mumkinligi;

5. Metallni shlak, chang, gaz va kuyindilar bilan isrof bo'lishining kamligi;

6. Issiqlikning foydali ish koeffitsiyentining yuqoriligi (70–85 % ga yetadi);

7. Gazlar va changlarning kam miqdorda hosil bo'lishi;

8. Jarayonni kompleks mexanizatsiyalash va avtomatlashtirish imkoniyatlarining kattaligi;

9. Ish joyida yuqori tozalik va estetik madaniyatning mavjudligi.

Elektropechlar bir qancha kamchiliklarga ham ega, ularga:

1) boshqa xalq xo'jaligi tarmoqlariga qaraganda elektr energiyasini juda ko'p talab qilishini;

2) bir qancha turdagi elektropechlar uchun ishlab chiqarishning unumdorligi va quvvatning konstruksion cheklanganligini misol qilib keltirish mumkin.

Elektrostansiyalarning quvvati va sonining o'sishi, elektr energiya narxining ortib borishi va boshqalar ham o'ziga xos rol o'ynaydi. Metallurgik pechlarda elektr qizdirishni quyidagi sharoitlarda qo'llash maqsadga muvofiq bo'ladi:

1. Zavod joylashgan hududga yaqin joylarda yuqori sifatli uglerodli yoqilg'ilarning, ayniqsa, neft yoki gazning yo'qligi;

2. Ushbu hududda yoqilg'ilarga qaraganda arzon narxdagi elektr energiyasining mavjudligi;

3. Pechlarni elektr bilan ta'minlash natijasida qo'shni korxonalarni elektr ta'minotiga salbiy ta'sir ko'rsatmasligi.

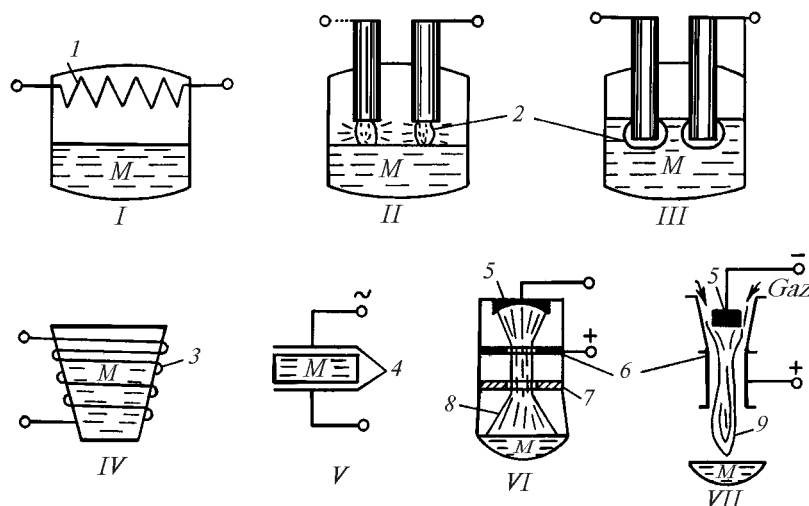
Metallurgik pechlarda elektr energiyasi issiqlik energiyasiga turli xil usullarda o'tadi.

Energiyaning bir turdan ikkinchisiga o'tkazishda hozirgi vaqtda qo'llanilayotgan elektropechlarni asosan yettita guruhga ajratish mumkin (17- rasm).

I. Qarshilikli elektropechlar – bunda elektr energiyasi issiqlik energiyasiga elektrzanjiriga ulangan qattiq yoki suyuq qarshilik hisobiga amalga oshadi:

1) bilvosita ishlaydigan pechlar – bunda elektrzanjirga alohida ulangan maxsus qarshilik ishchi hajmidagi materialni qizdiradi.

2) bevosita ishlaydigan pechlar – bunda elektr energiyasi qayta ishlanayotgan materialdan o'tadi va uning qarshiligi hisobiga issiqlik ajraladi.



17- rasm. Sanoat pechlarining elektrqizdirish sxemalari:

I—qarshilikli pech; II—yoyli pechlar; III—aralash qizdirgichli (yoy qarshilikli) pechlar; IV—induksion pechlar; V—dielektrik qizdirish; VI—elektron-nurli qizdirish; VII—plazmali yondirgich (gorelka);
1—qarshilik; 2—elektroyoy; 3—induktor; 4—kondensator; 5—katod; 6—anod; 7—magnitli linza. 8—elektronlar oqimi; 9—yuqori haroratli plazma.

II. Elektroyoyli pechlarda elektr energiyasi qizigan gazli muhitda maxsus elektrodlarda issiqlik energiyasiga aylanadi:

1) elektroyoy elektrodlar bevosita ishlaydigan pechlarda elektroyoy elektrodlar bilan qizdirilayotgan material orasida paydo bo‘lib, uni qizdiradi;

2) bilvosita ishlaydigan pechlarda elektroyoy elektrodlar qizdirilayotgan material o‘rasida paydo bo‘lib, issiqlik qizdirilayotgan materialga nurlanish orqali uzatiladi.

III. Aralash qizdiriladigan pechlar (elektroyoydan qarshilik), ya’ni ruda-termik pechlar.

IV. Induksion pechlar — bunda elektr energiyasi issiqlik energiyasiga, tez o‘zgaruvchan magnit maydonida joylashgan qattiq yoki suyuq materialga o‘tish natijasida amalga oshadi.

V. Yangi turdagi elektr qizdirgichlar bilan ishlaydigan pechlar.

VI. Elektron-nurli qizdirgich pechlar.

VII. Plazma-gorelkali pechlar.

8.1. Elektroqarshilik hisobiga qizdirish

Qarshilik hisobiga qizdirishning bir nechta turi mavjud bo'lib, ular pechlarni qizdirishda katta ahamiyatga ega. Eng keng tarqalganlari bilvosita qizdirish hisoblanadi. Pechlarning ishchi hajmidagi haroratga qarab ular, past haroratli ($100-700^{\circ}\text{C}$), o'rta haroratli ($700-1200^{\circ}\text{C}$) va yuqori haroratli ($1200-2000^{\circ}\text{C}$) bo'ladi.

Qarshilik hisobiga qizdirish materiallarni quritish va kuydirishda, metall va qotishmalarga termik ishlov berishda; qo'rg'oshin, rux, qalay, aluminiy, magniy va ularning qotishmalarini eritishda keng qo'llaniladi.

Elektroqarshilikli pechlarda elektr energiyasini issiqlik energiyasiga aylantirish qarshiliklar yordamida amalga oshirilib, undan chiqayotgan issiqlik miqdori Joule-Lens qonuniga asosan quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$Q = 0,00024 I^2 R \tau,$$

bunda: I – tok kuchi, A ;

R – o'tkazgichning qarshiligi, om ;

τ – vaqt, sek.

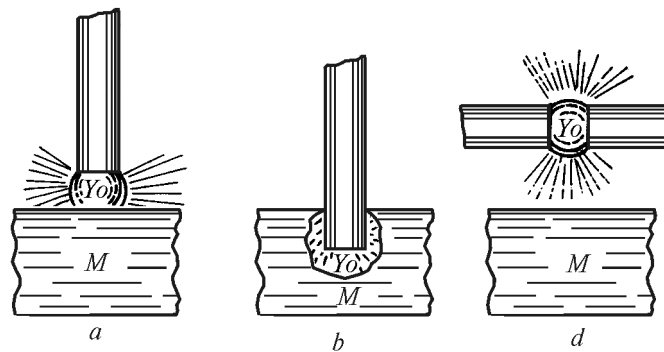
Formuladan ko'rinib turibdiki, ajralayotgan issiqlik miqdori asosan tok kuchi bilan o'tkazgichning qarshiligiga bog'liq.

8.2. Yoyli elektr qizdirgichlar

Yoyli elektr qizdirgichlar yuqori haroratli va katta quvvatli elektropechlar turiga kirib, turli materiallarni eritishda qo'llaniladi. Quyidagi rasmda yoyli elektr qizdirish usullari va ishlash sxemasi ko'rsatilgan. (18- rasm)

Metallurgik pechlar ishida issiqlikning foydali ish koeffitsiyenti yuqori bo'lgani to'g'ridan to'g'ri ta'sir etuvchi yopiq turdagi yoyli qizdirgichlar hisoblanadi. Ulardan po'lat va ferroqotishmalarni eritishda, mis va nikelni tozalashda hamda turli rudalarni qayta ishlashda foydalaniladi.

Yoyli elektr qizdirish quyidagi jarayonlar yig'indisi natijasida amalga oshadi:



18- rasm. **Yoyli qizdirish usullari:**

- a* – to‘g‘ridan to‘g‘ri ta‘sir etuvchi ochiq yoyli;
b – to‘g‘ridan to‘g‘ri ta‘sir etuvchi yopiq yoyli;
d – bilvosita ta‘sir etuvchi betaraf yoyli.

1. Alohida o‘tkazgichlar (elektrodlar yoki elektrod hamda material)ga berilayotgan kuchli elektr quvvati chaqmoq sifatida yoy hosil qilib issiqlik quvvatiga aylanadi.

2. Issiqlik quvvatini eritilayotgan materialga, pech devorlariga uzatish turli issiqlik almashish usullari orqali amalga oshadi.

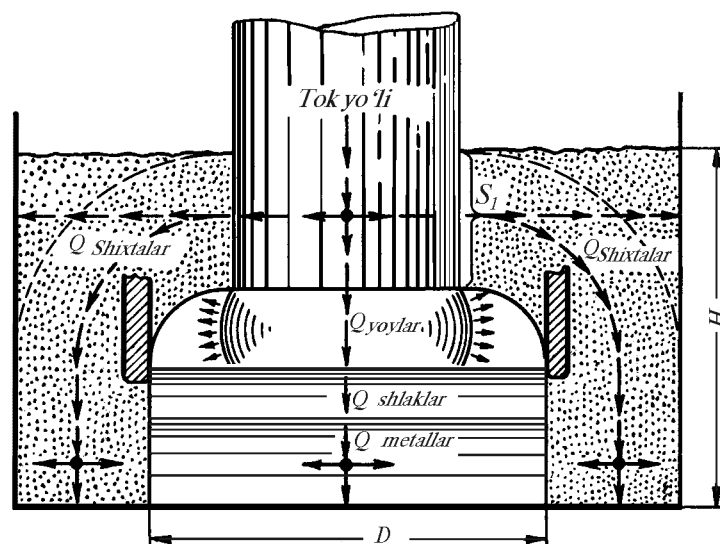
Yopiq yoyli qizdirgichlar asosan qarshiligi ma‘lum darajada cheklangan, metall bo‘lmagan materiallarni qayta ishlashda qo‘llaniladi. Bunda elektr energiyasi nafaqat yoyning o‘zida, balki shixta yoki erigan massaning qarshiligi hisobiga issiqlik energiyasiga aylanadi.

Ochiq yoyli qizdirgichlardan metallar va metall qotishmalarini eritishda foydalaniladi. Bunda elektr yoy eritilayotgan materialga tegmagan holda ishlaydi, aks holda qisqa tutashish vujudga keladi.

8.3. Aralash elektr qizdirgichlar

Aralash elektr qizdirgichlarda issiqlik energiyasi bir vaqtning o‘zida shixta yoki eritma qatlamida joylashgan elektrodning qarshiligi va erigan material o‘rtasida hosil bo‘lgan elektroyoy hisobiga ajraladi (19- rasm).

Aralash elektr qizdirgichlar po‘lat ferroqotishmalar va cho‘yan eritishda, rangli metallurgiyada hamda kimyo sanoati-



19- rasm. Aralash elektr qizdirish sxemasi.

ning chala mahsulotlarini eritadigan ruda-termik pechlarda keng qo'llaniladi.

Bunday elektr qizdirgichlardan ajralib chiqayotgan umumiy issiqlik miqdori elektroyoyda ajralayotgan issiqlik Q_{yoy} , shixta Q_{shixta} , shlak Q_{shlak} va metall Q_{metall} ning qarshiligi hisobiga ajralib chiqayotgan issiqlik miqdorlari yig'indisidan iborat:

$$Q_{umum} = Q_{yoy} + Q_{shixta} + Q_{shlak} + Q_{metall}$$

Rangli metallurgiyada ruda-termik pechlarning ahamiyati katta. Bu pechlarning elektrodleri shixtaga chuqur botirilgan bo'ladi. Unda pechni qizdirish aralash holda bo'lib, elektr energiyasi elektroyoydan, shixta va shlak qarshiligi hisobiga issiqlik energiyasiga aylanadi.

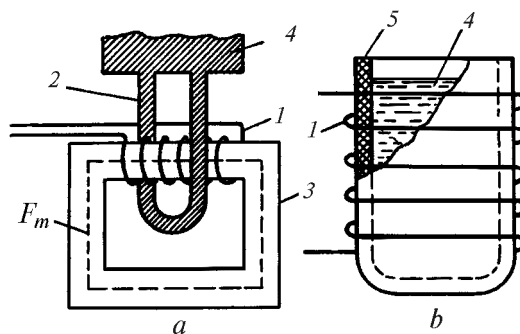
Bunday usul orqali qizdirishda nazariy jihatdan issiqlik energiyasidan to'liq foydalaniladi.

8.4. Induksion elektr qizdirish

Induksion elektr qizdirish — elektr transformatorlarining ishlash tamoyiliga asoslangan bo‘lib, birlamchi g‘altakka berilayotgan elektr tok ikkilamchi g‘altakda induksionlashib issiqlik energiyasiga aylanadi. Bunda ikkilamchi g‘altak sifatida qizdirilayotgan material qo‘llaniladi. Induksion elektr qizdirishda birlamchi g‘altak (induktor)ka berilayotgan elektr energiyasi zudlik bilan o‘zgaruvchan magnit maydoni energiyasiga va o‘z navbatida, ikkilamchi g‘altakda, ya’ni eritilayotgan materialda elektr energiyasiga aylanadi, natijada materialning qarshiligi hisobiga issiqlik energiyasi ajrab chiqadi. Agar eritilayotgan material ferromagnit bo‘lsa o‘zgaruvchan magnit maydon energiyasining bir qismi to‘g‘ridan - to‘g‘ri issiqlik energiyasiga o‘tadi.

Texnikada keng tarqalgan induksion pechlarning ikki turi bo‘lib, ular: temir o‘zakli va o‘zaksiz yuqori chastotali induksion elektr qizdirish sistemasi bilan farq qiladi (20- rasm).

Rasmda ko‘rsatilganidek, temir o‘zakli induksion pechlarning ishlash tamoyili oddiy elektr transformatoriga o‘xshab birlamchi g‘altak temir o‘zakka o‘rnatilgan bo‘lib, ikkilamchi g‘altak yopiq holdagi nayga metalli shixta solingan. Halqasimon naydagi erigan metall qotishma shiddatli aylanish natijasida pechning ishchi hajmiga o‘tadi va yuqoridagi shixta bilan to‘qnashib uni qizdirib, eritadi. O‘zaksiz induksion pechlarning sxematik ko‘rinishi ham transformatorlarga o‘xshash, ular birlamchi g‘altak misdan tayyorlangan



20- rasm. Induksion qizdirishning prinsipial sxemasi:
a—temir o‘zakli; b—temir o‘zaksiz; 1—birlamchi g‘altak (induktor);
2—metall bilan to‘ldirilgan kanal; 3—temir o‘zak; 4—shixta; 5—tigel.

(induktor) bo'lib, ikkilamchisi esa tigelga joylashtirilgan metalli shixtadan iborat. O'zaksiz induksion qizdirish asosida ishlaydigan pechlar metallurgiyada keng qo'llanilmoqda, bunga uning:

- issiqlik qizdirilayotgan materialning o'zida ajralishi, bunda butun yuza bo'ylab issiqlikni tekis almashish jarayonini ta'minlanishi, ya'ni ajralib chiqayotgan issiqlikdan foydalanish koefitsiyentining yuqoriligi;

- qizdirish elementlari va elektrodlar bilan metallning ifloslanmasligi, ya'ni yuqori darajadagi tozalikka ega bo'lgan metall olishning mumkinligi;

- pechning ishchi hajmini tashqi muhitdan to'liq ajratish, ya'ni yopish mumkinligi hamda eritish jarayonini vakuum yoki atmosfera gazidan saqlangan holda amalga oshirilishi;

- qizdirilayotgan materialning xususiyati va o'tga chidamli qoplamalarning imkoniyatlariga qarab yuqori haroratda erishi mumkinligi;

- induksion pechlarning solishtirma ishlab chiqarish unumdorligining yuqoriligi, material qizishi va erishining tezligi;

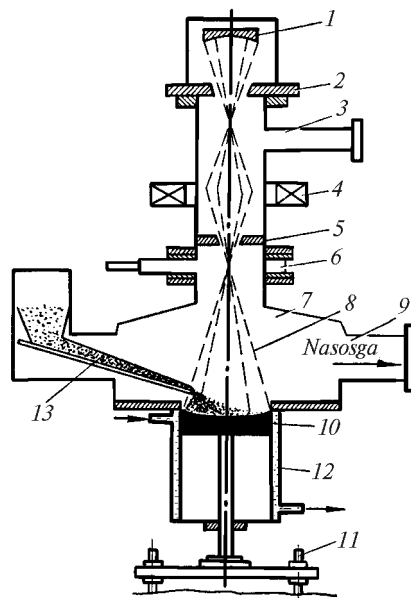
- metall yo'qotilishining kamligi va pechlarning boshqarish texnik jihatdan yuqori saviyaliligi kabi bir qator afzalliklari sabab bo'lmoqda.

8.5. Yangi turdagi qizdirgichlar

Elektron-nurli qizdirgichlar. Elektron-nurli qizdirgichlarning mohiyati shundan iboratki, bunda havosi so'rib olingan kamera (vakuum)ga ikkita elektrod-anod va katod joylashtirilgan bo'lib, ularga yuqori kuchlanishdagi o'zgarmas tok beriladi. Qizigan katoddan o'tilib chiqayotgan kuchli elektronlar oqimi maxsus sistemalar yordamida yig'iladi va qizdirilayotgan metall yuzasiga yo'naltiriladi, natijada elektronlarning kuchli kinetik energiyasi issiqlik energiyasiga aylanadi (21- rasm).

Elektron-nurli qizdirgich bir qancha afzalliklarga ega bo'lib, bulardan asosiylari: suyuq metall yuzasidagi haroratning yetarlicha nazorat qilinishi; jarayonning sezilarli vakuumda ($1 \cdot 10^{-4}$ mm. sim. ust.) olib borilishi; metallni uzoq vaqt davomida suyuq holda ushlab turish mumkinligidir. Yuqori haroratda eriydigan metall va ularning qotishmalarini sifatli tozalashda hamda yaxshi

tuzilishga ega bo'lgan metall quymalar olishda bunday ko'rsatkichlarning ahamiyati katta. Hozirgi kunda elektron-nurli qizdirgichlar niobiy, molibden, volfram, titan va boshqa metallarni hamda ularning qotishmalarini eritishda keng qo'llanilmoqda.



21- rasm. Elektron-nurli qizdirgich qurilmasi sxemasi:

- 1—katod, elektron to'pi; 2—anod elektron to'pi; 3—havoni so'rib olish nayi;
- 4—magnitli linza; 5—taqsimlovchi diafragma; 6—taqsimlovchi sheber;
- 7—eritish kamerasi; 8—elektronlar oqimi;
- 9—yuqori vakuum hosil qilish yo'lagi; 10—eritilayotgan material;
- 11—tayyor mahsulotni olish mexanizmi; 12—suv bilan sovitish sistemasi;
- 13—xomashyo uzatish mexanizmi.

IX BOB.

O'TGA CHIDAMLI MATERIALLAR VA METALLURGIK PECHLARNING ASOSIY QISMLARI

Zamonaviy metallurgik pechlar qurilishida ko'p miqdorda turli materiallar qo'llash talab qilinadi, ularning asosiylari: issiqlikka va o'tga chidamli materiallar, metallar, metall qotishmalar va oddiy qurilish materiallaridir. Issiqlik va o'tga chidamli materiallar pechlarning ishchi qismlarini, ya'ni yuqori haroratli jarayonlar boradigan ishchi bo'limlarini yig'ishda ishlatiladi. Metall va metall qotishmalari pechning tashqi qoplamalarini mahkamlash ustunlarida, harakatlanuvchi qismlarda, sovitish sistemalarida qo'llaniladi. Oddiy qurilish materiallari: g'isht, sement, qum, harsangtosh va shag'aldan pechlarning asosini tayyorlashda, texnologik gazlarning harakatlanuvchi qismlarini yig'ishda foydalaniladi.

O'tga chidamli materiallar deb uzoq vaqt davomida 1000 °C dan yuqori bo'lgan haroratga dosh berib, o'zining mexanik mustahkamligi va shaklini saqlab turuvchi materiallarga aytiladi. Quyidagi texnik talablar o'tga chidamli materiallarga xosdir, ya'ni:

1. O'tga chidamliligi – 1580 °C dan kam emas.
2. 1000°C dan yuqori haroratda ham yetarli darajada texnik mustahkamlikka ega.
3. Jarayon harorati o'zgarishiga chidamli.
4. Metallurgik jarayonlar borishi davomida kimyoviy mustahkamligi barqaror.
5. Qizdirish natijasida o'zining shakli va hajmini saqlab qola oladi.
6. Fizikaviy xususiyatlari – issiqlik o'tkazuvchanlik, g'ovaklik, solishtirma og'irlikka va hokazolarga javob beradi.
7. Ko'plab ishlab chiqarishda tannarxi arzon.

Metallurgik pechlarni qurishda qo'llanilayotgan o'tga chidamli materiallar oksidli yoki uglerodli birikmalardan tayyorlanadi.

Ular o'zining tarkibiga ko'ra 20 ta guruhdan iborat 8 ta sinfga bo'linadi:

I. Kremniy oksidli

a) dinasli bo'lib, tarkibida SiO_2 ning miqdori 90 % dan kam bo'lmasligi kerak;

b) kvarsli shisha, SiO_2 ning miqdori 99 % dan oshmasligi kerak.

II. Alumosilikatli

a) yarim kislotali, tarkibida 70–80 % SiO_2 va Al_2O_3 30 % dan kam bo'lmasligi kerak;

b) shamotli, tarkibining 30 % dan 45 % gachasini Al_2O_3 tashkil etadi;

d) yuqori alumosilikatli, tarkibida Al_2O_3 45 % dan kam bo'lmasligi kerak.

III. Magnezitli

a) tarkibida magniy oksidi MgO ning miqdori 85 % dan kam emas.

b) tarkibidagi dolomitli CaO va MgO larning miqdori (molekular miqdorda) bir-biriga yaqin yoki MgO ning miqdori ortiqroq;

d) forsterli, tarkibi MgO va SiO_2 dan iborat bo'lib, ularning molekular nisbati taxminan 1ga teng yoki MgO ning miqdori ortiqroq;

e) shpinelli $\text{MgO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ va Cr_2O_3 dan tashkil topgan.

IV. Xromli

a) Tarkibida 30 % oralig'ida Cr_2O_3 bo'ladi;

b) xrom-magnezitli, tarkibi 10–30 % Cr_2O_3 va 30–70 % MgO dan iborat.

V. Uglerodli

a) grafitli, tarkibining 30–60 % ini uglerod (C) tashkil etadi;

b) koksli, tarkibining 70–90 % ini uglerod (C) tashkil etadi.

VI. Sirkoniyli

a) sirkoniyli, $\text{ZrO}_2 \cdot \text{SiO}_2$ mineralidan tayyorlanadi;

b) sirkonli ZrO_2 dan tayyorlanadi.

VII. Oksidli

a) berilli oksididan tayyorlangan mahsulot;

b) toriy oksididan tayyorlangan mahsulot;

d) seziiy oksididan tayyorlangan mahsulot.

VIII. Karbidli va nitritli

- a) korborundli, tarkibida 30 % dan 90 % gacha SiC mavjud;
- b) nitrid, karbid va baritdan tashkil topgan mahsulotlar.

O'tga chidamli materiallar issiqlikka chidamli, xossasiga ko'ra uchta guruhga ajratiladi:

- 1) o'tga chidamli – 1580°C dan 1770°C gacha,
- 2) yuqori haroratga chidamli 1770°C dan 2000°C gacha;
- 3) o'ta yuqori haroratga chidamli 2000°C dan yuqori.

O'tga chidamli mahsulotlar termik ishlov berilishiga ko'ra uch guruhga bo'linadi:

- 1) kuydirilmaydigan, ya'ni shakl berilgan mahsulot kuydirilmaydi;
- 2) kuydiriladigan va 3) ma'lum shakl berib erish haroratiga yaqin haroratda ishlov beriladi.

Metallurgik pechlarni qurishda asosan tabiiy xomashyolar va maxsus tayyorlangan o'tga chidamli materiallar ishlatiladi. Tabiiy o'tga chidamli materiallar tayyorlashda: qum, kvarsli qum SiO_2 , slanets temir xromati $\text{FeO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$, asbest $3\text{MgO} \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, kaolin $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ va boshqalardan foydalaniladi. Shuningdek, bu materiallarga qayta ishlov bermagan holda ham pechlarni qurishda ishlatish mumkin. Masalan, asbest va slanets issiqlik o'tkazmaydigan materiallar sifatida qoplamalar orasini to'ldirishda, kvarsli qum, kaolin va sement qorishmasidan pechlarning g'ishtlarini terish, choklarini suvash va mahsulot chiqadigan tuynuklarni yopishda foydalaniladi.

O'tga chidamli materiallarni tanlash, ulardan mahsulot tayyorlash va ishlatish mutaxassisdan yuqori bilim va mahorat talab qiladi, chunki yo'l qo'yilgan xatolar qurilgan metallurgik pechlarning mustahkamligini pasaytiribgina qolmay, hatto baxtsiz hodisalarga ham olib keladi. Shu sababli issiqlikka chidamli mahsulotlar tayyorlash qat'iy texnologik talablar asosida olib borilishi shart. Bu talablar:

— xomashyoni tayyorlash. Tabiiy xomashyoni saralash, unsur elementlardan tozalash maqsadida uni boyitish, kuydirish orqali uning tarkibidagi karbonatlarni, gidratlarni, organik birikmalarni parchalash va mustahkam birikma olish, uni maydalash, yanchish va yirikligi bo'yicha saralash;

— dastlabki aralashma — shixta tayyorlash (bu jarayonda tayyorlanayotgan mahsulot tarkibini tashkil etuvchi moddalar

aniq miqdorda solinib, yaxshi aralashtiriladi, so'ngra ma'lum miqdorda suv bilan namlanadi);

— mahsulotni quritish, ya'ni uning gigroskopik namligini ma'lum haroratda parchalash;

— mahsulotni kuydirish (bu jarayon g'isht pishirish pechlarida yoki to'g'ridan to'g'ri metallurgik pechlarning o'zida amalga oshiriladi);

— tayyor mahsulotning texnik nazorati (bu vazifa korxonaning maxsus bo'limiga yuklatilgan bo'lib, bunda tayyorlangan issiqlikka chidamli mahsulotlar sifati tekshirilib, saralanib maxsus konteynerlarga joylanadi yoki ehtiyot choralari inobatga olingan holda iste'molchiga jo'natiladi) dan iboratdir.

9.1. O'tga chidamli mahsulotlarning tasnifi va metallurgik pechlar qurilishida ishlatilishi

O'tga va issiqlikka chidamli materiallar deb, metallurgik pech qurishda ishlatiladigan maxsus tayyorlangan turli g'ishtar va qoplamalar tushuniladi. Ular aynan o'tga chidamli materiallardan tayyorlangan bo'lib, ularga asosan quyidagilar kiradi:

Dinasli mahsulotlar.

Dinasli o'tga chidamli mahsulotlarga quyidagi tarkibli mahsulotlar kiradi:

93 – 94,5 % SiO_2 , 1,5 % Al_2O_3 , 2 – 2,8 % CaO

Issiqlikka chidamlilik harorati:

$t - 1690 - 1710^\circ\text{C}$

Dinasli mahsulotlardan qora va rangli metallurgiyada yuqori haroratda ishlaydigan eritish, yallig' qaytarish, elektropech va metallni olovli tozalash pechlarining ishchi qismlari yig'iladi.

Shamotli. Shamotli o'tga chidamli materiallar tarkibida 30–45 % Al_2O_3 bo'lib, ular uch turda bo'linadi.

1. Asosiy — tarkibida Al_2O_3 30 % dan kam bo'lmasdan qo'shimcha TiO_2 mavjud.

2. Nordon — tarkibida $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2$ 30% dan kam bo'lishi kerak.

3. Ko'mirli — ko'mir va organik birikmalar miqdori 16–20 % dan ko'p bo'lmasligi kerak. $t = 1300\text{--}1690\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Shamotli mahsulotlar kuydirish pechlarida, gaz harakatlanish yo'laklarida, kovsh (cho'mich) va pech sistemasining boshqa qismlarida qo'llaniladi.

Magnezitli va xromli. O'tga chidamli bu materiallar 6 ta guruhdan iborat:

1) magnezitli MgO ; 2) dolomitli MgO va CaO ; 3) forsterli $2\text{MgO}\cdot\text{SiO}_2$; 4) shpinelli $\text{MgO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$ va $\text{MgO}\cdot\text{Cr}_2\text{O}_3$; 5) xromatli $\text{FeO}\cdot\text{CrO}_3$; 6) xrom-magnezitli MgO va CrO_2 .

Ular 1550°C dan 2000°C haroratgacha chidamli bo'lib, pechlarning turli qismlarida qo'llaniladi.

Uglerodli o'tga chidamli materiallar. Ularning uchta turi bo'lib, koborundli, grafitli va uglerodli bo'ladi.

Korb olinadi mahsulot tarkibida 85–90 % SiC bo'lib, ulardan tayyorlangan materiallar oksidlanish reaksiyasiga chidamli va eritish pechlari uchun o'tga chidamli plitalar tayyorlashda ishlatiladi. Bunday materiallar 2000°C haroratda ham o'zining fizikaviy xususiyatini saqlab qoladi.

Issiqlik o'tkazmaydigan materiallar. Tabiatda issiqlik o'tkazmaydigan modda — havodir, uning issiqlik o'tkazish koeffitsiyenti juda kam $0,02\text{ kkal}/(m\cdot\text{soat}\cdot\text{grad})$. Shuning uchun sanoat qurilishi va texnikada orasida havo bo'lgan g'ovak materiallar qo'llaniladi. Metallurgik pechlar qurishda issiqlik o'tkazmaydigan yuqori g'ovaklikka ega materiallardan keng foydalaniladi. Ular yengil o'tga chidamli materiallar deb nomlanib, ikki xil bo'ladi: tabiiy va sun'iy.

Tabiiylariga dolomit, infuzor turpoq, turpoq va asbest kiradi. Dolomit va infuzor tuproq tarkibining asosini 80–95 % SiO_2 tashkil etadi. Ular yuqori g'ovaklikka, kichik sig'im va kichik issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyentga — $0,05\text{--}0,12\text{ kkal}/(m\cdot\text{soat}\cdot\text{grad})$ ega.

Dolomit amorf ko'rinishdagi kremniy oksidi bo'lib, g'ovak tuproq tuzilishiga ega. Infuzor tuproq dolomitdan tuzilishi jihati-dan farq qiluvchi tog' jinsidir.

Bu materiallar izolatsion g'ishtlar tayyorlashda, oraliqlarni to'ldirishda va pechning tashqi isitish ishchi qismi bo'lmagan devorlarini suvashda qo'llaniladi. Asbest — magniyning tabiiy

suvli silikati bo'lib, issiqlik o'tkazish koeffitsiyenti $0,13 \text{ kkal}/(m \cdot soat \cdot grad)$ bo'lgan, yuqori darajali o'tga chidamli materialdir. U to'ldiruvchi sifatida kukun, karton, paxta va arqon hoida ishlatiladi.

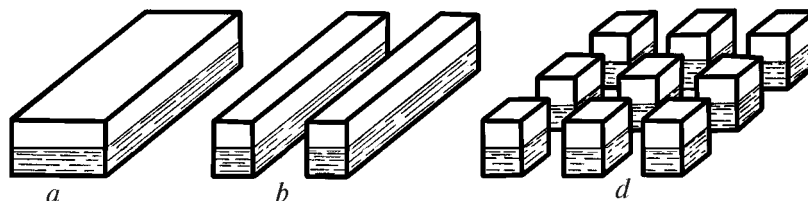
Sun'iy issiqlik o'tkazmaydigan materiallar, ya'ni yengil, o'tga chidamli materiallar shamot, oksidlar va qisman dinas materiallaridan tayyorlanadi. Bu tayyorlangan materiallarning g'ovakligi $50-85 \%$ ni tashkil etadi, oddiy o'tga chidamli materiallarniki esa $5-30\%$ dan iborat bo'ladi. Yengil, o'tga chidamli materiallarning zichligi $0,27-1,3 \text{ g/sm}^3$ bo'lib, issiqlik o'tkazish koeffitsiyenti $0,09-0,7 \text{ kkal}/(m \cdot soat \cdot grad)$. Bu materiallar qo'llanilishiga ko'ra ikki sinfga bo'linadi, ya'ni ichki izolatsiyaga va tashqi izolatsiyaga qo'llaniluvchi materiallarga.

Yengil, o'tga chidamli materiallar pechlarning turli konstruksiyasida qo'llaniladi, jumladan, shamotli materiallar pechlarning kam mexanik kuch ta'sir qiluvchi, shlak ta'siriga uchramaydigan, harorati $1200-1350^{\circ}\text{C}$ dan oshmaydigan qismlarida qo'llaniladi.

Pechlar qurishda issiqlik o'tkazmaydigan materiallar, shuningdek, shlakli paxtalardan foydalaniladi. Shlakli paxtalar rangli va qora metallurgiyada ajrayotgan, erib turgan shlakka havo purkash yo'li bilan olinadi. Ulardan to'ldiruvchi sifatida yengil, o'tga chidamli blok, plitalar tayyorlanadi.

9.2. Pechlarning asosiy qismlari

Metallurgiyada qo'llaniladigan pechlarning asosiy elementlaridan biri, uning asosi — fundamentidir. Pechlarning fundamenti statik va dinamik kuchlarga bardosh beradigan bo'lishi kerak. Statik kuchlarga pechlarning devorlari, ishchi va metallardan tayyorlangan barcha qismlari kiradi. Dinamik kuchlarga esa, pechlarga



22- rasm. Metallurgik pechlar asoslarining turlari.

shixta material solinganda, eritish jarayoni davomida hosil bo'ladigan, tayyor mahsulot olinayotganda va pechlarning o'zi harakatlanayotganda hosil bo'ladigan mexanik kuchlanishlar kiradi.

Pechlar fundamentlari turli konstruksiyada bo'lib, ularning asosiylari: a) butun yuza bo'ylab, b) tasma shaklida, ya'ni ensiz, uzun plitalar holida va d) alohida-alohida blok plitalar shaklida tayyorlanadi.

Butun yuza bo'yicha tayyorlanadigan asoslar asosan yallig' qaytaruvchi, marten kabi va boshqa pechlar uchun qo'llaniladi, bunday pechlar tagining sovishi maqsadga muvofiq emas.

Tasma shaklida, shuningdek, bloklar holida tayyorlangan asoslar esa, aksincha, tagi sovitiladigan pechlar (masalan, metall boyitma eritiladigan pechlar)da qo'llaniladi.

Pechlarning fundamenti, ya'ni asoslari harsangtoshlar, beton, qurilish g'ishtlari, o'tga chidamli g'ishtlar hamda chiqindi shlaklardan tayyorlanadi.

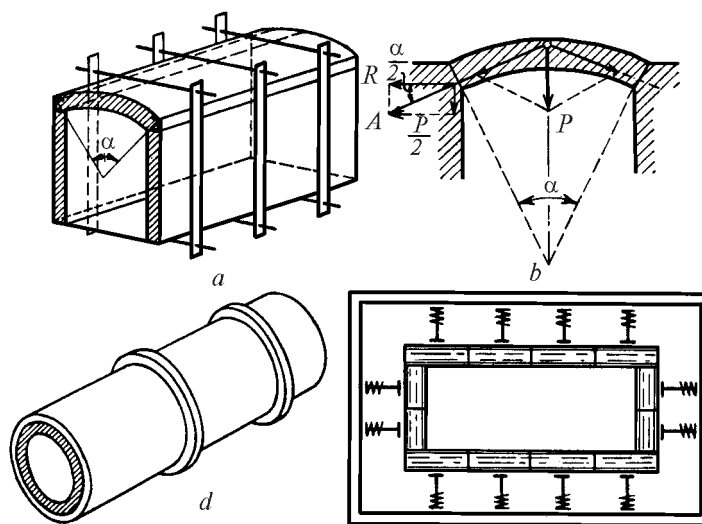
Eritish pechlarini qurishda, ularning atrofiga suv to'planishidan nihoyatda ehtiyot bo'lish shart. Suv to'planishi natijasida portlash yuz berishi, pechlar yemirilishi, ishchilar jarohatlanishi mumkin. Shularning oldini olish maqsadida pechlar suv inshootlari (suv quvuri, kanalizatsiya)dan yiroqda quriladi, shuningdek, pechlarning atrofiga drenajlar o'rnatiladi.

Pechlarning korpusi. Pechlarning korpusini futerovka (o'tga chidamli g'ishtlardan terilgan devori), tashqi mahkamlagich, xomashyo solinadigan va tayyor mahsulot olinadigan hamda gazlar harakatlanadigan yo'lakdan tashkil topgan.

Pech korpusini mahkamlagich pechlarning turiga qarab, alohida-alohida metallardan tayyorlangan, metall belbog'lar holida yoki pech asosini to'la qoplagan metall qobig'dan iborat bo'ladi (23- rasm *a, b, d, e*).

Qoplamaga ishlatiladigan metall listlarning qalinligi 8 mm dan 30 mm gacha bo'ladi.

Pechdagi issiqlik nurini eritilayotgan mahsulot tomon yo'naltirish maqsadida to'g'ri to'rtburchak shaklidagi pechlarning svodi (shipi) yarim oy shaklida quriladi (23- rasm). Pechlarning svodini tayyorlash katta javobgarlikni talab qilib, yoyini qurishda unga tushadigan tayanch kuchi R , kg , t quyidagi formula orqali hisoblanadi:



23- rasm. Metallurgik pechlar asosini mahkamlash usullari.

$$R = A \cos \frac{\alpha}{2}; \quad A = \frac{\alpha}{2 \sin \frac{\alpha}{2}}; \quad R = \frac{P}{2} \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2}.$$

bunda: P – pechning yoyli shipiga tushayotgan kuch, kg, t.
 α – sektor burchagi, *gradt*.

Pech qizdirilganda devorlari issiqlikdan sezilarli darajada kengayadi, shu kengayishni hisobga olib asosiy formulaga k – koeffitsiyent kiritamiz. U holda formulamiz quyidagi ko‘rinishda bo‘ladi:

$$R = k \frac{P}{2} \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2}.$$

Harorat $t = 1000^{\circ}\text{C}$ bo‘lganda $k = 2,5$ va harorat $t = 1200 \div 1500^{\circ}\text{C}$ bo‘lganda $k = 3 \div 3,5$ qabul qilinadi.

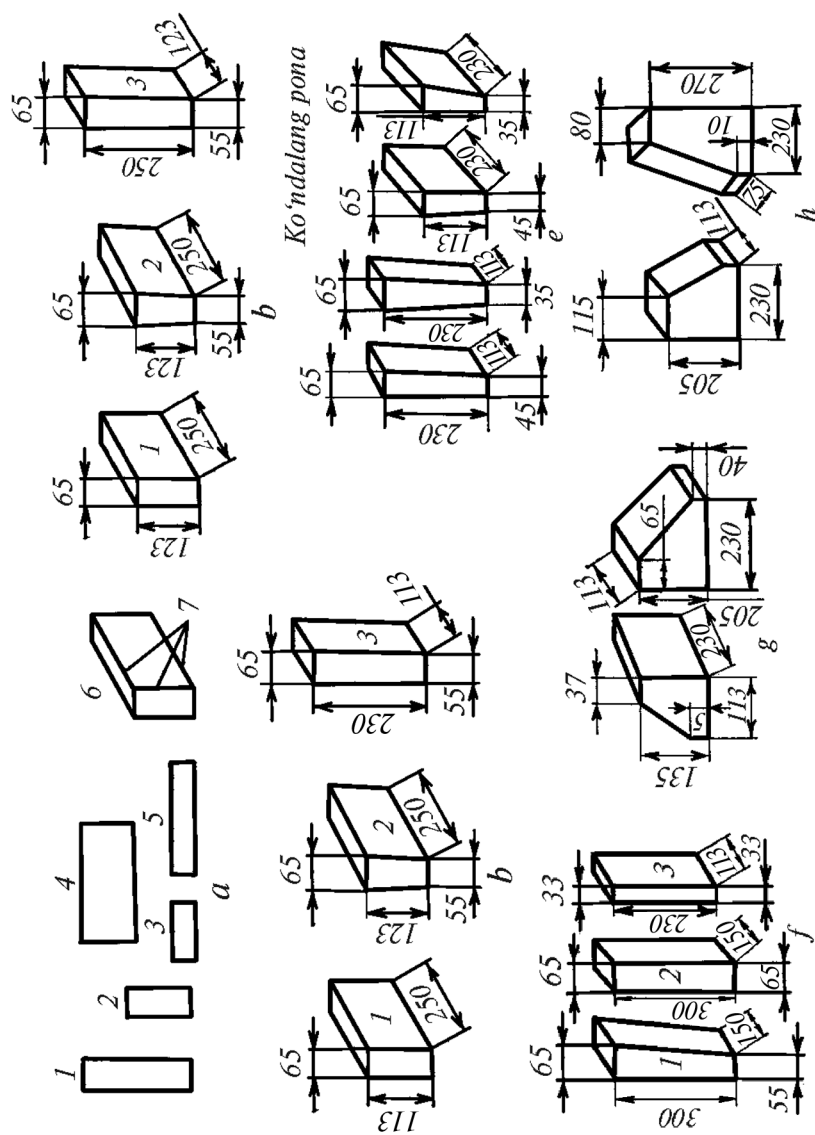
Silindr shaklidagi pechlar to‘liq metall qobiqdan iborat bo‘lib, ular ustidan bir nechta qalin metall dan tayyorlangan belbog‘ (bondaj) bilan mahkamlanadi.

Shaxtali pechlar suv yordamida sovitiladi. Shu sababdan pech devorlari atrofida suv harakatlanish uchun maxsus tayyorlangan moslamalar – kessonlar joylashtiriladi. Kessonlar bir-biri bilan o‘zaro bog‘liq bo‘lib, (suv harakatlanishi uchun) tashqi metall belbog‘larga mahkamlanadi.

9.3. Pechlarning o'tga chidamli g'ishtlardan teriladigan elementlari

Pechlarning teriladigan elementlari yoki futerovkasi metallurgik pechlarning asosiy qismi bo'lib, uzoq vaqt davomida ishlashi, pechda boradigan jarayonlarning texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlarining yaxshi bo'lishi ko'p jihatdan ularning sifatiga bog'liq. Shu sababli pechlarning futerovkasi uchun ishlatiladigan o'tga chidamli g'isht, beton va boshqa materiallarni tayyorlash, transportirovka qilish (bir joydan ikkinchi joyga ko'chirish) va saqlashda ma'lum qoida hamda talablarga qat'iy rioya qilish shart. Pechlarning teriladigan yoki yig'iladigan elementlariga yon devorlari, svodi, tag qismi va har xil tuynuklar kiradi. Ular o'tga chidamli turli shakl va o'lchamga ega bo'lgan standart g'ishtlardan terib tayyorlanadi (24- rasm).

Pechlar devorlari tekis yuza yoki radial yuza holida teriladi. Pechlarning devorlariga ishlatiladigan standart g'ishtning o'lchami 230 mm deb qabul qilingan bo'lib, pechning devorlari texnik talabga asosan 1;1,5 va 2 g'isht qilib terilishi mumkin. Metallurgik pechlarning devorlari ikki tomonlama bo'ladi, ya'ni ichki va tashqi. Ichki qismi futerovka deyilsa, tashqi qismi asosi deb qabul qilingan.



24- rasm. Metallurgik pechlarni yig'ishda ishlatiladigan o'tga chidamli g'ishtlarning shakli va standart o'lchamlari.

X BOB.

YOQILG'INI YOQISH MOSLAMALARI

Metallurgik korxonalarda yoqilg'ilarni yoqish jarayoni maxsus qurilma yoki alohida tayyorlangan moslamalarda olib boriladi. Bu jarayon yoqilg'ining yonish nazariyasi va metallurgik zavodlarning amaliy ishlaridan olingan tajribalarga asoslangan holda bajariladi, ya'ni:

- yoqilg'i har jihatdan yoqishga tayyorlanadi (maydalash, suvsizlantirish, qizdirish va hokazo);
- yoqilg'ini yonish chegarasida uni to'liq havo bilan aralashishi ta'minlanadi;
- yonish kameralarida yoqilg'i to'liq yondirilib issiqlik pechlarga uzatiladi;
- yonish jarayonida yoqilg'i sarfini boshqarishning yengil va bir maromda bo'lishi ta'minlanadi;
- bajariladigan ishlar sodda, oson tarzda tashkillashtiriladi.

10.1. Qattiq yoqilg'ilarni yoqish

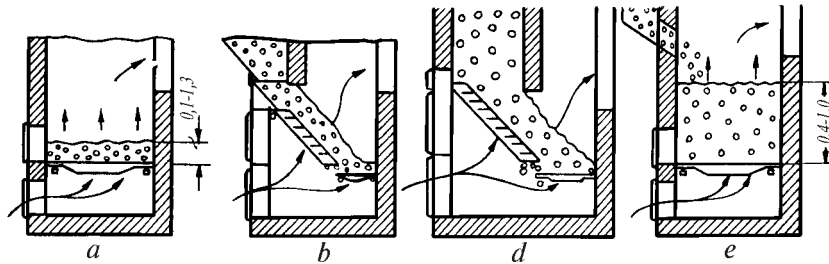
Qattiq yoqilg'ilarga ko'mir, koks, o'tin va torf kiradi. Metallurgik pechlarda qo'llaniladigan qattiq yoqilg'ilar ma'lum o'lchamli bo'laklar yoki maxsus tayyorlangan kukun holida tayyorlanadi.

Bo'lakli yoqilg'ilarni yoqish metallardan tayyorlangan panjaralar (kolosnik) ustida maxsus kameralarda amalga oshiriladi. Bu kameralar pechlardan alohida bo'lib, issiqlik pechlarga maxsus yuqori haroratga chidamli materiallardan ishlangan quvurlar orqali haydaladi (25- rasm), bunda yoqilg'ini qizdirish uchun pechlardan chiqayotgan texnologik gazlar issiqligidan foydalaniladi.

Qattiq yoqilg'ilarni yoqish uchun moslamalar — yoqish kameralari o'zining konstruksiyasi, ishlash tamoyiliga asosan oddiy va mexanizatsiyalashgan bo'ladi.

Qattiq yoqilg'ilarni yoqish kameralari metallurgik pechlardan tashqari alohida kamera holida qurilgan bo'lib, ularni bir g'isht devor ajratib turadi. Rasmda ko'rsatilganidek, qattiq yoqilg'i maxsus tuynuklar orqali kamera ichidagi panjara ustiga berib turiladi. Panjaraning pastki va ustki qismi (kameraning pechga qarama-qarshi devorlari)da havo kiritish tuynuklari mavjud. Pechdan chiqayotgan yuqori haroratli texnologik gazlar yoqilg'ini qizdirish uchun pastki tuynukdan va yoqilg'ining yonishi uchun havo panjaradan yuqorida joylashgan tuynukdan beriladi.

Yoqilg'i kamera sathida yonib, undan chiqayotgan issiqlik tutash devorlardagi tuynuklar orqali pechning ishchi qismiga haydaladi.



25- rasm. Metallurgik pechlarda qattiq holdagi yoqilg'ilarni yoqishning oddiy sxemasi:

a—gorizontal panjarali; *b*—pog'ona panjarali; *d*—shixtali; *e*—gazogeneratorli.

Qattiq yoqilg'i yonishidan hosil bo'lgan chiqindi panjara ostiga yig'ilib vaqti-vaqti bilan tozalanib turiladi.

Qattiq yoqilg'ilarni yondirish kameralarini qurish va ishlatish jarayonlarining ahamiyati shundaki, bunda panjara ustidagi yoqilg'i qatlamining qalinligi 0,1–0,3 metrdan oshmaydi, yoqilg'ini qizdirish uchun berilayotgan texnologik gazlar miqdori kameraga berilayotgan havoning 10–20 % ini tashkil etishi va uning berilish tezligi 35–60 m/sek dan yuqori bo'lmasligi lozim.

Bunda kameraga berilayotgan birlamchi havoning bosimi 0 dan to 100 mm suv ust. oralig'ida ushlab turiladi. Panjarasi ma'lum burchak ostida joylashgan kameralarda yoqilg'i o'z og'irligi hisobiga panjara ustida erkin harakatlanadi, natijada yonish kamerasi yoqilg'i bilan bir me'yorda ta'minlanadi. Yoqilg'ining erkin harakatlanishi va yoqilg'i qatlamining belgilan-

gan qalinligi doimiy ushlab turish maqsadida yondirish kamerasi ichidagi panjara 35–45 li burchak ostida oʻrnatiladi.

Boʻlakli yoqilgʻini bunday usulda yondirishda asosiy koʻrsatkich yonish oqimi boʻlib, uning kolosnik panjara yuzasi F m, yondirish kamerasining hajmi V m orqali aniqlanadi:

$$F = \frac{BQ^{ish}}{q_1},$$

bunda: B – yoqilgʻi sarfi, t/soat.

Q^{ish} – yoqilgʻining issiqlik sigʻimi, kkal/kg.

q_1 – yoqilgʻining issiqlik kuchlanishi, M kal/(m² soat)

qoʻngʻir koʻmir uchun $q = 700 \div 900$; yogʻoch va torf uchun $q = 1000$.

Yoqilgʻi yoqish kamerasining ishchi hajmini quyidagi formula orqali aniqlaymiz:

$$V = \frac{BQ^{ish}}{q_2},$$

bunda: q_2 – kamera muhitining issiqlik kuchlanishi, M kkal/(m³. soat), oddiy yoqishda $q_2 = 250 \div 300$ ga teng.

Oddiy yonish kamerasi asosan qoʻl mehnati bilan boshqarilib, kolosnik panjarasining boʻyi 1–2,7 m, eni 0,7–3,5 m, yuzasi 0,7–9 m ga teng, uning yoqilgʻi yonishi boʻyicha ishlab chiqarish unumdorligi oʻrtacha 0,1–3,0 t/soatni tashkil etadi. Metallurgiyada boʻlakli yoqilgʻilar past haroratli, kam quvvatli va shaxtali pechlarda ishlatiladi. Bu usulning bir qator kamchiliklari mavjud:

1) yoqilgʻidan olinadigan issiqlik koʻp miqdorda behuda sarf boʻladi;

2) yoqilgʻining kimyoviy va mexanik toʻliq yonmasligi 3–15 % ni tashkil etadi;

3) haroratni boshqarishning qiyinligi;

4) yoqilgʻining yonish moslamasi, yaʼni pech kamerasining kattaligi.

10.2. Kukun holidagi yoqilgʻilarni yondirish moslamalari

Hozirgi kunda metallurgik pechlarda qattiq yoqilgʻi kukunchang holida keng qoʻllanilmoqda, kelajakda undan yanada unumli foydalanish koʻzda tutilmoqda. Bunga sabab:

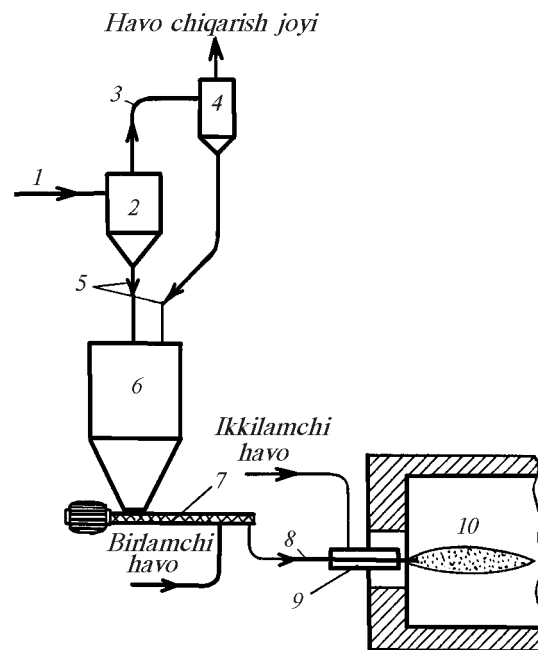
1. Kukun holidagi yoqilg'ilarning tannarxi arzon, saqlanish vaqti chegaralanmagan va nisbatan xavfsizligi;

2. Suyuq va gaz holidagi yoqilg'ining kamayib borishi, saqlash qiyinligi va hokazolardir.

Kukunli yoqilg'ilar metallurgiyada quvurli aylanuvchi kuydirish pechlarida, qaynar qatlamli yallig' qaytaruvchi va zamonaviy avtogen sharoitida ishlaydigan pechlarda keng qo'llanilmoqda.

Yondirishga tayyorlangan ko'mir kukuni yoki changli aeroaralashma 15–20 m/sek tezlik bilan quvurlar orqali metallurgik pechlarga uzatiladi. Yoqilg'ini yondirish oddiy sxema asosida amalga oshiriladi (26- rasm).

Siklondan chiqadigan va filtrda to'planadigan yonilg'i changi pech yoniga o'rnatilgan bunkerlarga yig'iladi. So'ngra sarflovchi bunkerlardan shnekli taqsimlovchiga uzatiladi. Taqsimlovchiga bir



26- rasm. Metallurgik pechlarda ko'mir changini yoqish sistemasining sxemasi:

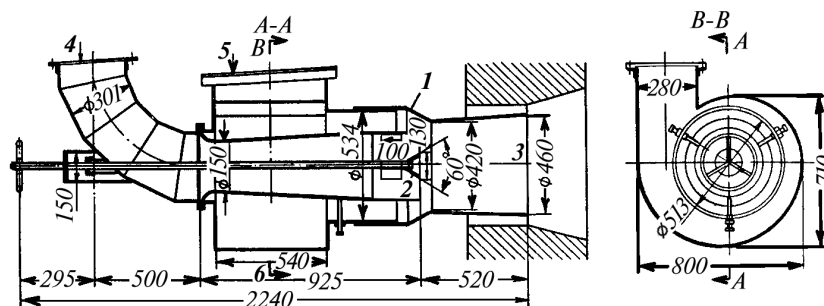
1 – yoqilg'i uzatish tizimi; 2 – siklon; 3 – chang aralashgan havoni uzatish tizimi; 4 – filtr; 5 – yoqilg'i va chang harakatlanuvchi quvurlar; 6 – bunker; 7 – shnekli ta'minlovchi; 9 – ko'mir changini yondiruvchi moslama (gorelka).

vaqtning o'zida chang bilan birga birlamchi havo beriladi. Ular o'zaro aralashtirilib aeroaralashma holida pechgga o'rnatilgan yondirgichga uzatiladi va u yerda yonish jarayoni boshlanadi.

Kukun — changsimon yoqilg'ilarni yoqish to'g'ridan-to'g'ri pechlarning ichida, ya'ni ishchi hajmida amalga oshirilib, yonish jarayonining intensiv borishi va pechlarning yuqori harorat bilan ta'minlanishi yoqilg'ining havo bilan yaxshi, to'liq aralashishiga bog'liqdir.

Kukunli yoqilg'ilarni havo bilan to'liq aralashtirib aerodinamik talablarga javob beradigan yoqilg'i-havo aralashmasini tayyorlab pechlarga uzatishda trubolent yondirgichlardan foydalanilmoqda.

Trubolent yondirgichlar ko'mir changini yoqishga mo'ljallangan bo'lib, yallig' qaytaruvchi va quvurli aylanuvchi pechlarda keng qo'llaniladi. Ularning ko'mir changini yoqish bo'yicha unumdorligi 1–1,2 t/soat (27- rasm).



27- rasm. Metallurgik pechlarda ko'mir changini yoqish uskunasiining sxemasi:

1 — harakatlanuvchi nasadka; 2 — changni purkab beruvchi moslama (diafragma); 3 — diffuzor; 4 — markaziy quvur; 5 — tangensial chig'anoq.

Yondirgichning ishlash usuli oddiy bo'lib, unga ko'mir changi va birlamchi havo aralashmasi markaziy quvur (4) orqali va ikkilamchi, qizdirilgan (texnologik gaz) havo esa unga tangensial yo'nalishda joylashtirilgan quvur (5) orqali beriladi. Bunda birlamchi havo-yoqilg'i aralashmasi ikkilamchi qizdirilgan havo bilan yondirgichga o'rnatilgan parrakli, o'z o'qi atrofida aylanma harakat qiluvchi chig'anoqli mexanizm (6) yordamida aralashib yondirgichning tugashi qismidagi diafragma (2) orqali pech ichiga purkaladi. Yondirgichga beriladigan birlamchi havo bosimi 200 mm suv ustini va ikkilamchi havo bosimi 100–150 mm suv ustunini

tashkil etadi. Yondirgichdan chiqayotgan yoqilg'i-havo aralashmasining aerodinamik tezligi taxminan 28–32 m/sek ga teng.

Kukun holdagi yoqilg'ilarni yoqish uchun qo'llaniladigan yondirgichlarni tanlashda asosiy omil yondirgichdan chiqayotgan yoqilg'i havo aralashmasining bosimi h , mm suv ustuni bo'lib, u quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$h = K \frac{\omega_t^2}{2q}, Vt,$$

bunda: ω_t – yondirgichga beriladigan birlamchi va ikkilamchi havoning tezligi, m/sek. $\omega_t = 20 \div 50$ m/sek yoqilg'i havo aralashmasining solishtirma og'irligi, kg/m³. q – zarraning erkin tushish tezligi, $q = 9,8$ m/sek.

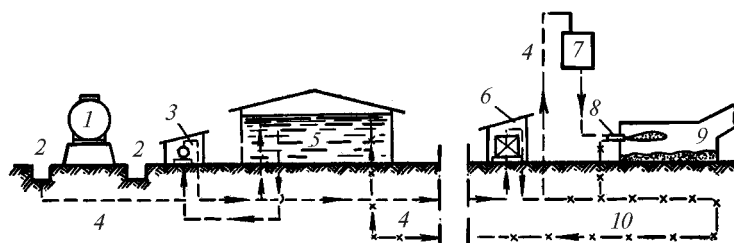
K – yondirgichning aerodinamik qarshiligini inobatga oluvchi koeffitsiyent. U yondirgich modellarida tajriba yo'li bilan aniqlanib, 2–10 gacha bo'lishi mumkin.

10.3. Suyuq yoqilg'ilarni yoqish

Metallurgik pechlarda suyuqlik yoqilg'i turlaridan asosan – mazut qo'llaniladi. Mazut kuydirish, ruda va boyitma eritish metallarni tozalash pechlarida ishlatiladi. Metallurgik zavodlarga mazut temir yo'llar orqali sisternalarda keltirilib, zavodlarda maxsus qurilgan va jihozlangan mazut saqlash xo'jaligida saqlanadi va pechlarga taqsimlanadi (28- rasm).

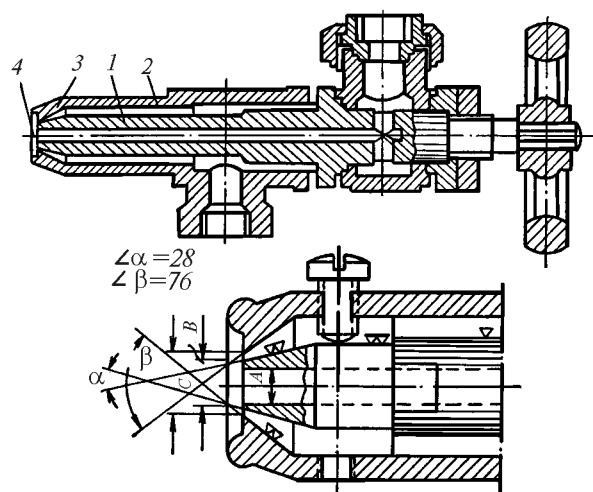
Pechlarda mazutni yoqish uchun qo'llanadigan maxsus moslama – forsunka deyiladi. Forsunkada mazut mayda tomchilarga parchalanib havo bilan to'liq aralashadi, so'ngra yoqilg'i havo aralashmasi ma'lum bosim ostida pechning ishchi qismiga purkaladi. Yoqilg'i-havo aralashmasini purkash usuliga qarab forsunkalar bir necha sinflarga ajraladi, ya'ni mexanik, bug'li, havoli va kombinatsiyalashgan. Metallurgik pechlarda suyuq yoqilg'ilarni yondirishda yuqori bosimda ishlaydigan forsunkalar keng qo'llaniladi (29- rasm).

Forsunkalar yuqori bosimga chidamli metall qotishmalaridan tayyorlanib, bir-biriga kiygazilgan ichki (1) va tashqi (2) naydan iborat. Mazut forsunkaning ichki nayiga va havo (yoki bug') tashqi nayga ma'lum bosim ostida beriladi. Yoqilg'i bilan havo



28- rasm. Metallurgik zavodlarda mazut saqlash xo'jaligining sxemasi:

- 1 – temiryo'lda keladigan sisterna; 2 – mazut qabul qilish kanali;
 3 – nasos stansiyasi; 4 – mazut oquvchi asosiy quvur; 5 – mazut saqlanadigan ombor;
 6 – mazutni yoqishga tayyorlash uskunasi; 7 – ta'minlovchi hajm; 8 – mazutni yoquvchi moslama-forsunka;
 10 – mazut aylanma harakatlanishi tizimi.



29- rasm. Yuqori bosimda ishlaydigan forsunka sistemasining sxemasi.

forsunkaning uchida, ya'ni ichki va tashqi naylar ma'lum burchak ostida qisqargan qismida (3) to'qnashadi. Forsunkaning uchi (4) ichki va tashqi nayiga nisbatan keskin kengaytirilgan, forsunkaning shu qismida ichki naydan kelayotgan suyuqlik yoqilg'i (mazut) tashqi nayda yuqori bosimda berilayotgan havo (yoki bug') bilan to'qnashib, mayda tomchilarga parchalanadi va pechning ichki kamerasiga purkaladi.

Purkalanayotgan ishchi yoqilg'ining bosimi havoli forsunkalarda 0,5–8 atmosferaga, bug'li forsunkalarda 3–12 atmosferaga

teng bo'ladi. Yoqilg'ini yondirish uchun $0,8-1,2 \text{ m}^3/\text{kg}$ havo yoki $0,4-0,6 \text{ kg/kg}$ bug' sarflanadi.

Sanoatda suyuqlik holdagi yoqilg'ilarni yoqishda qo'llaniladigan forsunkalarning bir necha turi ishlab chiqariladi. Ular davlat standartlari talabiga javob bergan holda o'lchamlari, texnik ko'rsatkichlari va ishlatilish sohalariga ko'ra bir-biridan farq qiladi. Masalan: qora metallurgiyada marten pechlarining yoqilg'ini yoqish sistemasida turli markadagi forsunkalar qo'llaniladi. Ularning boshqa forsunkalardan farqi – mazutni bir va ikki bosqichli purkashga moslashtirilgan bo'lib, yoqilg'ining yoqish bo'yicha ishlab chiqarish unumdorligi $3,0 \text{ t/soatni}$ tashkil etadi. Ularda yoqilg'i keng ko'lamda tarqalib bir maromda yonadi va pechni yuqori harorat bilan ta'minlaydi.

10.4. Gaz holdagi yoqilg'ilarni yoqish

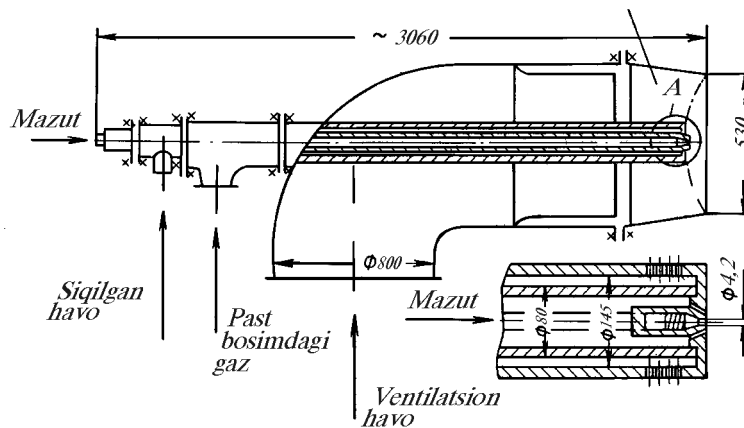
Rangli metallurgiyada pechlarni issiqlik bilan ta'minlashda tabiiy gaz va ikkilamchi yoqilg'i gazlari alohida ahamiyatga ega.

Pechlarni qizdirishda gazli yoqilg'ilardan foydalanish boshqa turdagi yoqilg'ilardan foydalanishga nisbatan afzalliklarga ega. Bularga:

- gazli yoqilg'ini quvur yordamida uzoq masofalarga uzatish mumkinligi;
- yoqilg'ini yondirishning sodda va qulayligi;
- yuqori kaloriyaligi va chiqindisizligi;
- yonish jarayonining boshqarish osonligi;
- yuqori iqtisodiy samaradorligi kiradi.

Gazli yoqilg'ilarni yoqishda gazli yondirgichlardan foydalaniladi. Ular yordamida gaz havo bilan aralashtirilib ma'lum aerodinamik ko'rsatkichlar bilan pechning ishchi hajmiga purkaladi. Gazli yondirgichlar bir necha xil bo'lib, ular gazning bosimi, gaz bilan havoni aralashtirish va konstruksiyasiga asosan bir nechta sinflarga ajraladi. Gazning bosimiga asosan yuqori bosimli yondirgichlar 500 mm suv ust.dan yuqori bosimda ishlaydi. Past bosimli yondirgichlar $80-300 \text{ mm}$ suv ust. bosimida ishlaydi (30- rasm). Yondirgichlar – gaz bilan havoni aralashtirish usulida asosan quyidagicha sinflanadi:

- 1) dastlabki aralashtirish, ya'ni gaz yondirgichdan oldin;

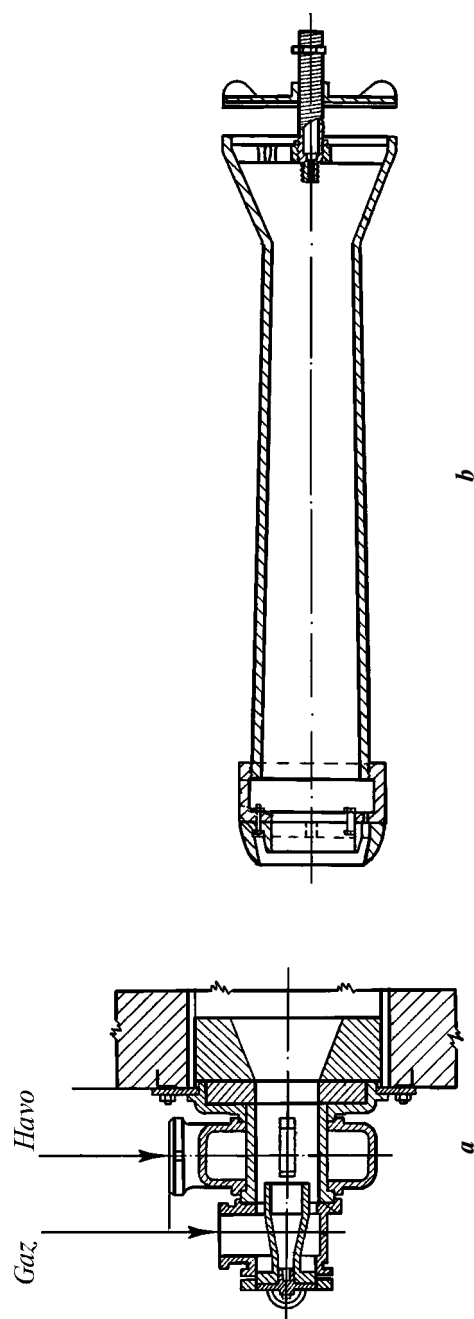


30- rasm. Gaz-mazutli gorelka.

- 2) aralashtirish — gaz yondirgichining oʻzida aralashtirish;
- 3) gaz — yondirgichdan keyin pechning ichida aralashtirish.

Gaz bilan havoni dastlabki aralashtirish yuqori bosimli yondirgichlar uchun qoʻllaniladi, chunki yuqori bosimda gaz va havoning juda katta tezlikda harakatlanishi natijasida portlash sodir boʻlishi mumkin. Bunday gazli yondirgichlarning alangasi juda qisqa boʻlganligi sababli ular *alangasiz yondirgichlar* deyiladi.

Agar gaz bilan havo yondirgichning oʻzida kuchli oʻrama hosil qilib aralashsa — bunday yondirgichlar *trubolentli yondirgichlar* deyiladi. Gaz bilan havo yondirgichdan chiqishda aralashsa, unday yondirgich *diffuziyali yondirgich* deb ataladi. Ularda alanga uzun boʻlib yonadi. Agar yondirgichdan harakatlanayotgan gaz oqimining kinetik energiyasi hisobiga yondirgich yoki pechkaga havo soʻrilsa, bunday yondirgichlar *injektorli* deyiladi, bu esa yuqori bosimda ishlaydigan yondirgichlarga xosdir.



31- *rasm.* Metallurgik pechlarda gazli yoqilg'ilarni yondirishda qo'llaniladigan yondirgichlarning namunalari:
a – past bosimda ishlaydigan ГТН markali trubolentli gaz yondirgich, yondirgichni yoqilg'ini yoqish bo'yicha ishlab chiqarish unumdorligi $45 \div 1000 \text{ m}^3/\text{soat}$; *b* – yuqori bosimda ishlaydigan injektorli gaz yondirgich ishlab chiqarish unumdorligi $5 \div 25000 \text{ m}^3/\text{soat}$.

XI BOB.

ELEKTR ENERGIYASINI ISSIQLIK ENERGIYASIGA AYLANTIRIB BERUVCHI QURILMALAR

Elektr toki yordamida ishlaydigan metallurgik pechlarda elektr energiyasini issiqlik energiyasiga aylantirish pechlarning ishchi hajmida maxsus moslamalar yordamida amalga oshiriladi. Bunday moslamalar pechlarning turi, tuzilishi va ishlash sharoitiga ko'ra turlicha bo'ladi. Shunga asosan metallurgik pechlar quyidagicha nomlanadi: qarshilikli, elektroyoyli, ruda-termik; induksion va plazmali. Ularning elektr-isitish moslamalariga esa: qarshilikli pechlarda – qizdirish yoki qarshilik elementlari; yoyli va ruda-termik pechlarda – elektrodli qurilmalar; induksion pechlarda – induktorlar; plazmali pechlarda-elektron to'plar kiradi.

Quyida bu qurilmalar bilan qisqacha tanishib chiqamiz.

11.1. Qizdirish va qarshiliklar elementlari

Qarshilikli pechlarda qizdirish va qarshiliklar elementlari yuqori haroratda, turli gazlar oqimida materiallarni yemirilish tezligi yuqori bo'lgan muhitda ishlaydi.

Elektr energiyasini issiqlik energiyasiga aylanish jarayoni to'liq borishi va qizdirish elementlarining bir maromda uzoq vaqt ishlashi uchun ular:

- 1) Qizdirish elementi yuqori solishtirma elektroqarshilik, tegishli ko'ndalang kesim va mumkin qadar cheklangan uzunlik;
- 2) Elektr tokini o'tkazuvchanligi yaxshi bo'lib uzoq vaqt ishlaganda o'zgarmasligi;
- 3) Yuqori harorat va muhit o'zgarishga chidamli;
- 4) Yuqori haroratda ham mexanik mustahkamligini saqlashi;
- 5) Yaxshi egiluvchanlik xususiyati kabi sifat ko'rsatkichlariga ega bo'lishlari kerak.

Qarshilikli pechlar uchun qizdirish elementlari maxsus standart asosida tayyorlanib, metall va metalli sinflarga ajratiladi.

Nometall qizdirish elementlari asosan SiC – karbid, C – uglerod, C – kriptol, sifatli ko‘mir va MoSi₂ – molibden disilistinidan naycha shaklida tayyorlanadi. Ular beradigan harorat darajasi 2000°C va undan ortiq qilishi mumkin. Metall qizdirish elementlari mo‘rtligi, tez oksidlanishi va elektr toki o‘zgartkichlariga ulanishining murakkabligi tufayli ulardan metallurgik pechlarda cheklangan miqdorda foydalaniladi.

Metalli qizdirish elementlari rangli va qora metallar qotishmalaridan tayyorlanadi.

Bunday qotishmalar maxsus talablarga javob bergan holda aniq standart asosida tayyorlanishi kerak (2- jadval).

2- jadval

Qizdirish elementi materialining turlari va asosiy tasnifi

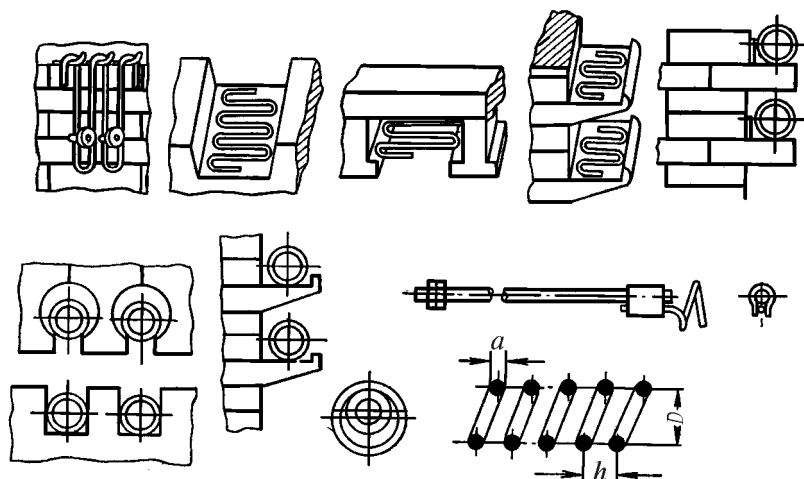
T.r.	Materiali va markasi	Kimyoviy tarkibi, %	Tavsiya qilinayotgan harorati °C	Qizdirgichning solishtirma elektro qarshiligi, t°C, Com mm²/m
1	Nixrom X 20H80 (EXH 80)	20—23 Cr, 75—78 Ni, < 1,5 Fe, < 0,15C	1050—1150	1,1+8,5·10 ⁻⁵ t
2	Nixrom X 20H80 TZ	19—23 Cr, 69—75 Ni, 2—2,9 Ti, 0,4 —1,1 Al, < 2,5 Fe, 0,5Mn	1100—1200	1,27+4·10 ⁻⁵ t
3	Nixrom X 15H60 (EXH 60)	15—18 Cr, 55—61 Ni, 22—27 Fe, < 0,15C	950—1050	1,1+14·10 ⁻⁵ t
4	Po‘lat X 25H20 C2 (EI 283)	23—27 Cr, 17—20 Ni, 2—3 Si, 50—53 Fe	850—1000	0,92+38·10 ⁻⁵ t
5	Po‘lat EI 595 (mukammalla-shgan qotishma)	21,5—23,5 Cr, 4,3 —4,8 Al 0,05C	1050—1200	1,4+5·10 ⁻⁵ t
6	Fexralx 131-04 (EI 60)	12—15 Cr, 3,5 —5,5Al, 80—83 Fe, < 0,15C	750—900	1,26+6·10 ⁻⁵ t

2- jadvalning davomi

7	Volfram	W	3000	$2,6 \cdot 10^{-3} t + 1,74 \cdot 10^{-5} t$
8	Globar yoki slit	Korborund (SiC)	1250—1450	800—1900
9	Grafit	C	2000—3000	8—13
10	Ko'mir	C	2000—3000	40—60
11	Kriptol	C	1400—1800	600—2000
12	Molibden disilistidi	MoSi ₂	1700	0,2—04

Qarshilikli pechlarda ishlatiladigan qizdirish elementlari sim yoki tasma holida bo'lib, quyidagi o'lchamlarda tayyorlanadi: simning diametri 0,01 mm – 14 mm, tasmaning qalinligi 0,2–3,2 mm, eni esa 6–100 mm bo'ladi. Sanoat pechlarida asosan diametri 3 – 6 mm bo'lgan simli va qalinligi 1–2 mm, eni 10 – 20 mm dan kichik bo'lmagan tasmali qarshiliklar ishlatiladi.

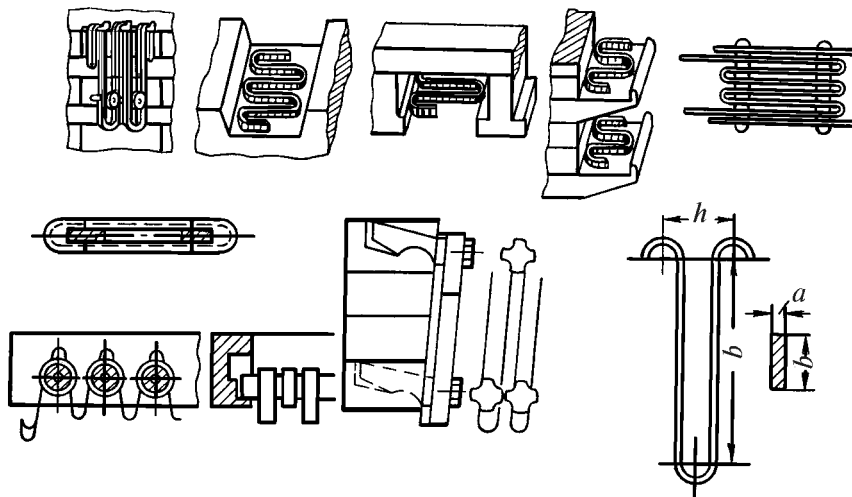
Qarshiliklar pechlarning ichki devorlariga spiral (simli qarshiliklar) (32- rasm) yoki ilon izi shaklida (tasmali qarshiliklar) mahkamlanadi (33- rasm). Spiral tayyorlash uchun diametri



32- rasm. Metalldan tayyorlangan simli qarshiliklarni pechlarga joylashtirish sxemasi.

3–7 mm bo‘lgan simli qarshiliklar ishlatilib spiralning qadami turlicha bo‘ladi. Masalan, nixrom – X 20H80 sim uchun $h \geq 2d$, spiral aylanasi diametri $D = (6-8)d$ va nixrom X 20H80T3 uchun $D = (4-6)d$ ga teng.

Tasmali qizdirgich elementlari, odatda, ilon izi shaklida ixchamlashtirilib, pechning ichki devorlariga metall yoki sopolli ilmoqlarga mahkamlanadi. Qizdirish darajasining yuqori va haroratning pech sathida bir xilda bo‘lishi qizdirgich elementi yig‘masi o‘lchamlariga bog‘liq bo‘lib, bu o‘lchamlar quyidagicha bo‘lishi kerak: tasma enini uning qalinligiga nisbati $v/a = 5-20$; qadami $H \geq 1,8d$, tasma bukilishi radiusi $g \geq 3a$. Pechlardagi harorat 1000°C bukilgan tasmaning balandligi $v = 150 - 600$ mm oralig‘ida qabul qilingan.



33- rasm. Metalldan tayyorlash tasmali qarshiliklarni pechlarga joylashtirish sxemasi.

Pechlar uchun qizdirish elementlarining hisobi material tanlash, qizdirgichning shakli, asosiy o‘lchamlari – ko‘ndalang kesim yuzasi va uzunligini aniqlashdan iborat. Qizdirish elementlarining o‘lchamlarini aniqlashda ushbu formuladan foydalaniladi:

$$Pq = \frac{10^5 \rho R_{pr}^2}{U^2 \omega},$$

bunda: P – qizdirish elementining perimetri, mm
 q – qizdirish elementining ko‘ndalang kesim yuzasi, mm.
 ρ – tanlangan qizdirgich materialning jarayon harorati davridagi solishtirma elektroqarshiligi, $\text{om} \cdot \text{mm}^2/\text{m}$;
 R_{pr} – qizdirish elementining quvvati, kv;
 U – qizdirish elementi ulanadigan elektr manbaning kuchlanishi,
 ω – qizdirgich yuzasining solishtirma quvvati, vt/sm^2 (diagrammadan olinadi).

11.2. Elektrodli qurilmalar

Yoyli va ruda-termik pechlarda issiqlik maxsus elektrodلarga berilayotgan elektr energiyasining issiqlik energiyasiga aylanishi hisobiga ajraladi.

O‘z navbatida elektrodلar ko‘mir, grafit va metalldan tayyorlangan bo‘ladi. Quyidagi jadvalda elektrodلarning asosiy tasniflari keltirilgan.

3- jadval

Elektrod-larning turlari	Elektrod diametri, mm	Elektrod uzunligi, mm	Solishtirma elektro-qarshiligi, P_1 , $\text{Om} \cdot \text{mm}^2/\text{m}$	Mustahkamlik darajasi, kG/sm^2
Grafitli	75—500	1000—2000	9—14	50—85
Ko‘mirli	100—1200	1000—2500	40—70	30—70
Metalli	500—800	1000—3000	—	—

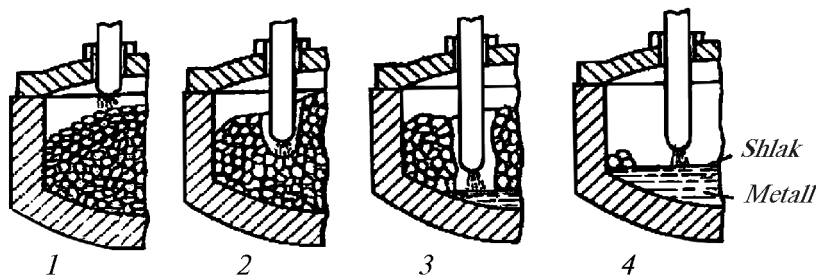
Ko‘mirli-grafitli va metalldan tayyorlangan elektrodلar asosan xomashyo (shixta)ni eritishda, metallarni va metall qotishmalarni tozalashda keng qo‘llaniladi.

Elektrodلar pechlarning ustki qismida maxsus elektrodلarni ushlab turuvchi ustunلarga o‘rnatilgan bo‘lib, ularni vaqti-vaqti bilan almashtirish uchun sharoitlar yaratilgan. Qora metallurgiyada qo‘llaniladigan elektropo‘lat eritish pechlari qozon sifat bo‘lib, elektrodلar pechning qopqog‘iga o‘rnatilgan. O‘z

navbatida, pech xomashyo bilan yuklanganda pechning qopqog'i bilan birgalikda elektrodlar ham harakatda bo'ladi.

Bu esa o'z navbatida pechlarda ishlayotgan mutaxassislardan yuqori mahorat talab etadi.

Quyidagi sxemalarda elektrodning pechlarga joylashtirilishi va ishlash tamoyili ko'rsatilgan.



34- rasm. Elektrodli qizdirgichlarni pechlarga joylashtirish va ishlash tamoyili sxemalari:

1 – erishning boshlanishi; 2 – aylana hosil qilib elektrodning pastga tushirilishi; 3 – shixta erishining dastlabki bosqichi; 4 – shixtaning to'liq erigan holati.

Sxemalardan ko'rinib turibdiki, metallurgik pechlarda qo'llaniladigan elektrodlar shixtani eritish davomida vertikal (yuqoridan pastga) yo'nalishda harakatlanadi. Shuning uchun uning uzunligini tanlash katta ahamiyatga ega. Elektrodning uzunligi diametriga bog'liq bo'lib, u quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$d = 0,01 \sqrt{\frac{4J}{\pi \Delta}},$$

bunda: J – elektrodga beriladigan tok kuchi, a

Δ – elektrodlardagi tok zichligi, a/sm², tajriba orqali $\pi = 3,14$ aniqlanadi.

XII BOB.

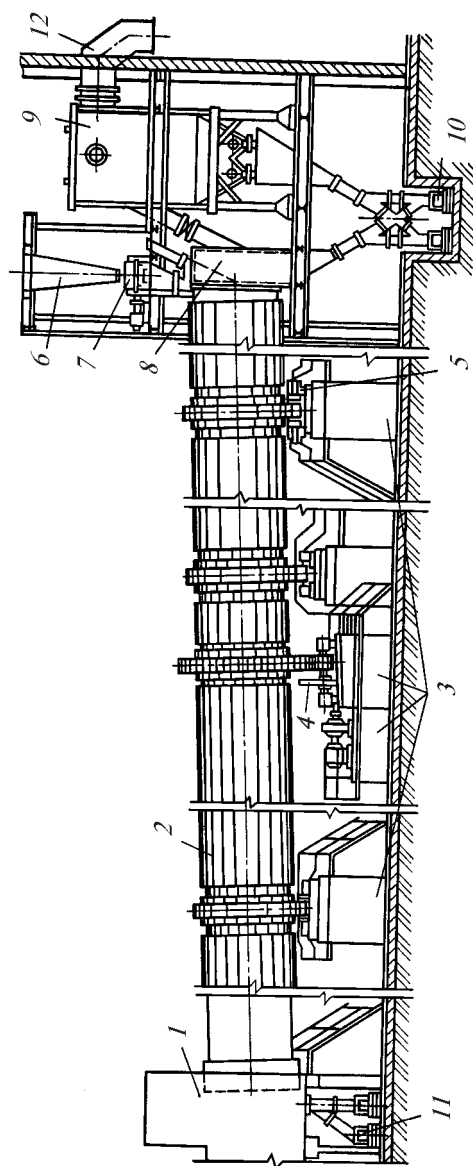
METALLURGIK PECHLAR

Metallurgiyada xomashyoni eritib metall olishda yuqori haroratda ishlaydigan pechlar qo'llaniladi. Bu pechlarda katta miqdorda issiqlik sarflanib tayyor mahsulot olinadi. Hozir metallurgik zavodlarda qo'llanilayotgan pechlarning turlari ko'p bo'lib, ularni umumlashtirib to'rtta guruhga, ya'ni xomashyoni quritish, kuydirish, eritish va metallarni tozalash pechlariga ajratish mumkin. Texnologik talablarga asosan metallurgik pechlar tuzilishi va ishlash tamoyili bo'yicha ham turlichadir. Ushbu bobda rangli va qora metallurgiyada keng foydalaniladigan zamonaviy pechlar bilan tanishib chiqamiz.

12.1. Quritish va kuydirish pechlari

Metallurgiyada eritishga uzatilayotgan ruda, boyitma (konsentrat) va shixta tarkibini tashkil etuvchi fluslarning namligini kamaytirish maqsadida ular 110–120°C haroratda maxsus pechlarda quritiladi. Bu maqsadda metallurgik zavodlarda quvurli aylanuvchi pechlar keng qo'llaniladi (35- rasm). Bunday pechlarning asosi metallardan tayyorlangan silindr shaklida bo'lib, uzunligi 30 m ga, diametri 1,5–2 m ga yetadi. Pech gorizontga nisbatan 1–2° burchak ostida o'rnatiladi va uning aylanish tezligi 3–5 ayl/min ni tashkil etadi. Bu o'z navbatida pechda quriyotgan materiallning pech uzunligi bo'ylab harakatlanishini ta'minlaydi.

Pechning ichki qismi uning aylanasi bo'yicha 300 mm gacha issiqlikni o'tkazmaydigan asbest va issiqlikka chidamli konusli g'ishtlar bilan qoplangan. Pechdagi materialni aralashtirish maqsadida pechning ishchi qismining parametri bo'ylab lapaklar mahkamlangan. Pechni isitish uchun qizigan yoqilg'i gazidan foydalaniladi yoki tabiiy gaz va mazut yoqiladi. Rangli metallur-



35- rasm. Quvur aylanmali quritish pechi:

1 – yoqilg'i yoqish bo'limi; 2 – pechning asosi; 3 – fundament; 4 – elektrodvigatel va harakatni uzatgich; 5 – tayanch g'altaklari; 6 – shixta uchun bunker; 7 – shixtani taqsimlovchi;

8 – o'tkazgichli kamera; 9 – siklonli changtutgich; 10-11- transportor; 12 – gaz harakatlanuvchi yo'lak.

giyada quvur aylanmali pechlar dastlabki xomashyoni kuydirish va oraliq mahsulotlarini qayta ishlashda ham qo'llaniladi.

Metallurgiyada qayta ishlanayotgan xomashyoga qo'yiladigan texnologik talablarga, ko'ra oksidlovchi, sulfidlovchi va xlorlovchi kuydirish usullari mavjud. Bu jarayonlarni amalga oshirishda metallurgik zavodlarda ko'p tubli va qaynar qatlamli pechlar hamda aglomeratsion mashinalardan foydalaniladi. Qaysi bir turdagi kuydirish dastgohini tanlash xomashyoning turiga, tarkibiga, olinadigan tayyor mahsulotning keyingi qayta ishlash jarayonidagi kerakli xususiyatlariga, dastgohning kam energiya sarf qilishiga va ishlab chiqarish unumdorligiga asoslanadi.

Qaynar qatlamli pechlardan – rangli metallurgiyada sulfidli ruda va boyitmalarni oksidlovchi kuydirishda keng foydalanilib kelinmoqda. Chunki bunday pechlarning ishlab chiqarish unumdorligi yuqori bo'lib, tashqaridan issiqlik berilishi talab etilmaydi. Aksincha, pechning ishchi hajmidagi harorat xomashyo tarkibidagi sulfidli minerallarning shiddatli oksidlanishi-(yonishi)dan ajraladigan issiqlik (ekzotermik reaksiya) orqali amalga oshadi.

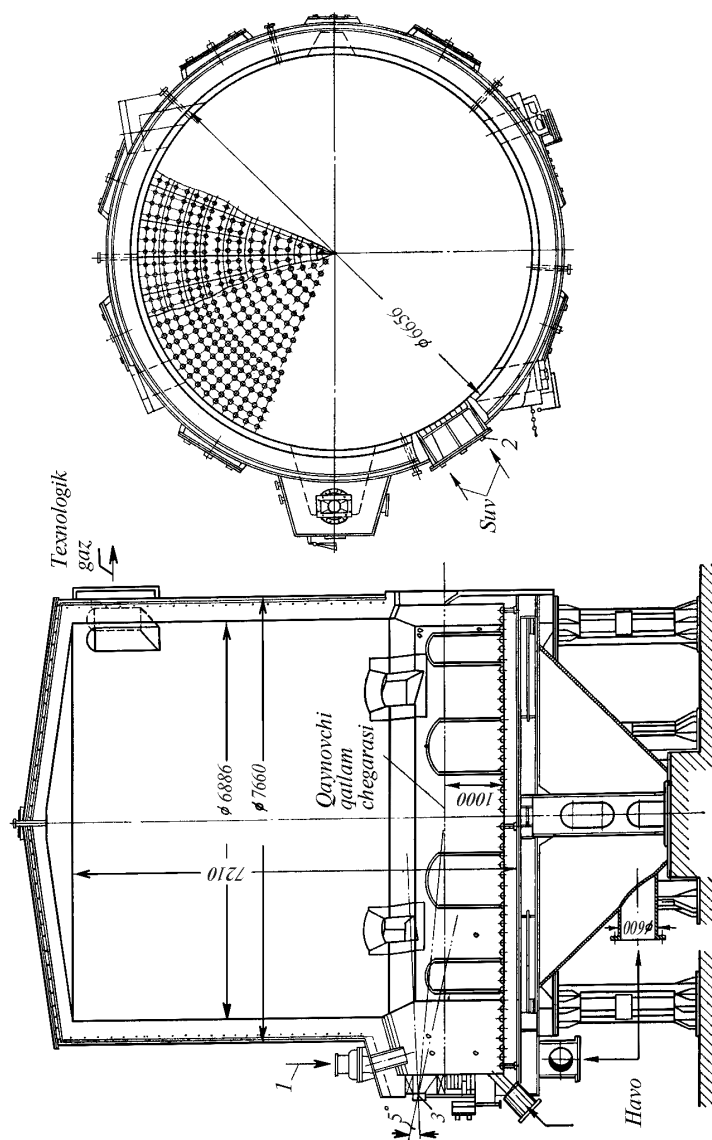
Qaynar qatlamli pechlar vertikal holatda silindr shaklida bo'lib, diametri 5–7 m, balandligi 7–12 m va ostki qismining yuzasi 20–40 m² ni tashkil etadi (36- rasm).

Pechning bir sutka davomidagi ishlab chiqarish unumdorligi ostki qismining yuzasi bo'yicha 3,5–6 t/m² ni tashkil etadi. Pechning bunday nomlanishiga sabab, yirikligi 0,074–0,2 mm bo'lgan boyitma pechning ishchi hajmida uning tagidan ma'lum bosimda berilayotgan havo hisobiga bamisoli qaynayotgan qatlamga o'xshash harakatlanadi.

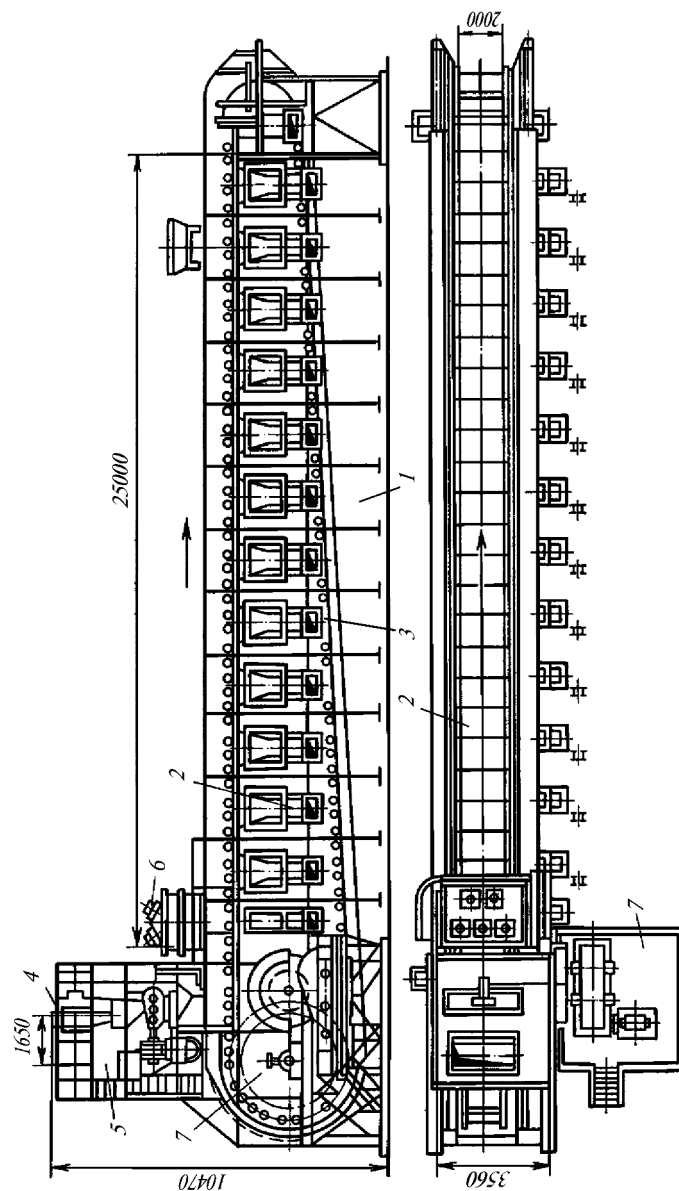
Pech asosining qalinligi 10–16 mm bo'lgan temirdan tayyorlangan bo'lib, uning ichki qismi o'tga chidamli loy va shamotli g'isht bilan qoplangan.

Pechning ishchi hajmini qizigan kislorodga to'yingan havo bilan ta'minlash maqsadida uning tag qismining butun yuzasi bo'ylab 800 dan 1000 tagacha naychalar joylashtirilgan.

Aglomeratsion mashinalardan – qora va rangli metallurgiyada boyitma (konsentrat)larni kuydirib aglomerat qotishmalar tayyorlashda keng foydalaniladi. Aglomeratsion mashinalar tasmali va aylana shaklda bo'ladi.



36- rasm. Sulfidli boyitmalarni kuydirish uchun qo'llanadigan qaynar qatlamli pech:
 1 – boyitma yuklash tuynugi; 2 – kessonlar; 3 – forsunka.



37- *rasm.* Aglomeratsion mashinaning tuzilishi:

1 – karkas; 2 – qutili aravachalar; 3 – havo soʻrish kamerasi; 4 – shixta yuklash qismi; 5 – shixtani qutilarga joylashtirish;
6 – yondirish kamerasi; 7 – mashinani harakatga keltiruvchi dvigatel.

Aglomeratsion mashina uzunligi 35–40 m bo‘lgan po‘lat tasmaga maxsus qutilar joylashtirilgan bo‘lib, tasma zanjirli konveyer kabi harakatlanadi. Tasmaga uzunligi bo‘ylab metallardan tayyorlangan qutuli aravachalar joylashtirilgan (37- rasm). Qutilar-ning ichki qismi panjara bilan tugab, pastki qismi konus shaklidagi bo‘shliqdan iborat bo‘lib, havo so‘rishga yoki berishga moslashtirilgan.

Mashinaning boshlanish qismi (ya’ni qutilar usti)da shixta yuklash moslamasi va shixtani yondirish uskunasi joylashtirilgan. Qutilarga to‘ldirilgan shixta o‘t olish kamerasidan o‘tadi. Bunda shixta tarkibidagi koks hisobiga alanga oladi va shu tariqa unda yuqori haroratli issiqlik vujudga keladi. Yonish va oksidlanish jarayonini davom ettirish maqsadida qutilarga havo beriladi yoki pastki qismdan havo so‘riladi.

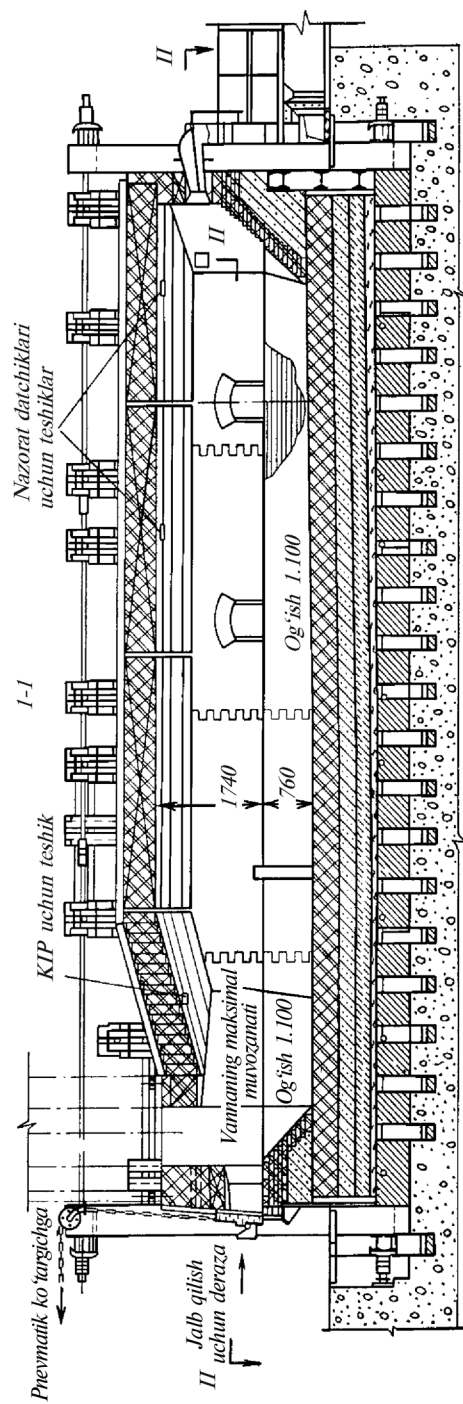
Bu, o‘z navbatida, havo so‘rish yoki purkash orqali amalga oshiriladi. Tasmaning harakatlanishi bo‘ylab mashinaning oxirgi qismigacha kuyish va aglomeratsiyalash jarayoni amalga oshiriladi. Hosil bo‘lgan mahsulot konveyerning burilishi hisobiga aglomerat qolipdan ko‘chiriladi.

Aglomeratsion mashinadagi tasmaning harakatlanish tezligi 1–4 m/min ni tashkil etadi. Uning uzunligi 6 m dan 75 m gacha bo‘lishi mumkin. Mashinaning mahsulot bo‘yicha umumiy ish hajmi 6–300 m² ni tashkil etadi. Uning ishlab chiqarish unumdorligi qora metall konsentratlari uchun 32 t/m² sutkani, rangli metall boyitmalari uchun 18 t/m² ni tashkil etadi.

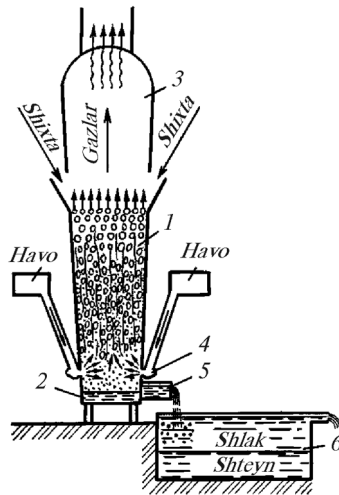
12.2. Eritish pechlari

Metallurgiyada eritish pechlari alohida o‘rin tutadi. Chunki ularda quritish va kuydirish jarayonlarida olingan, tayyorlangan xomashyoni eritib xomaki metall olinadi. Metallurgiyada qo‘llaniladigan eritish pechlarining turlari ko‘p bo‘lib, ularni tanlash va qo‘llash qayta ishlanayotgan mahsulotning tarkibiga va texnologik talablarga asoslangan holda amalga oshiriladi.

Hozirgi kunda zamonaviy metallurgiya zavodlarida eritish pechlarining bir necha turi qo‘llanib kelinmoqda. Shu bilan bir qatorda amaliyotda ko‘p yillardan buyon foydalanilayotgan, samaradorligi yuqori bo‘lgan pechlar ham metallurgik korxona-



38- rasm. Yallig' qaytaruvchi pechning ko'rinishi:
 1 — asos (fundament); 2 — leshit; 3 — devori; 4 — svod (pechning shipi).



39- rasm. Shaxtali pechning ishlash tamoyili sxemasi:

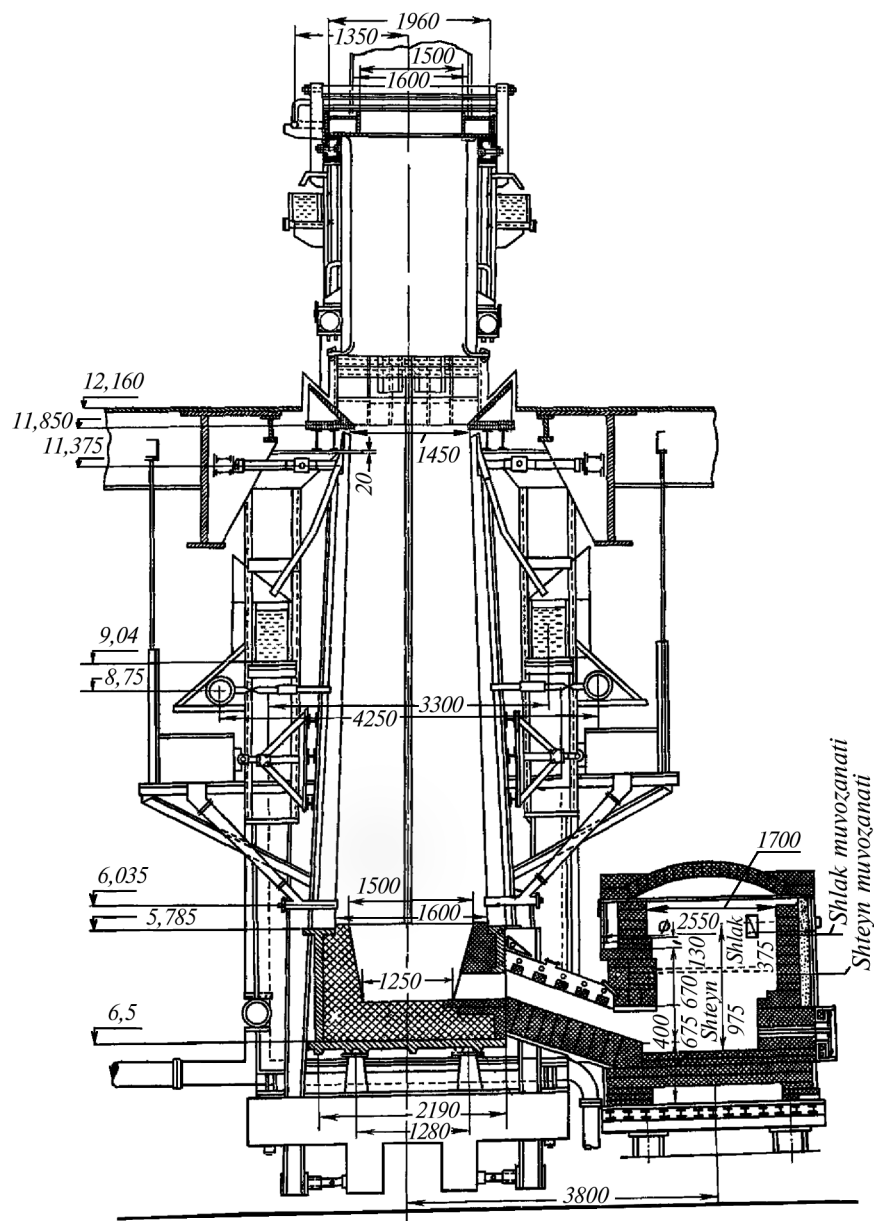
1 – pechning asosi; 2 – ichki gorn; 3 – kolosnik; 4 – furma;
5 – mahsulot olinadigan tarnov; 6 – tashqi mahsulot yig‘uvchi gorn.

larda mavjuddir. Yallig‘ qaytaruvchi pechlar, shaxtali pechlar, Marten pechlari bu turdagi pechlarga misol bo‘lib, ular zamonaviy kislorod alangali eritish pechlari, ruda-termik pechlar, elektro-po‘lat eritish pechlari bilan birgalikda ishlatilib kelinmoqda.

Yallig‘ qaytaruvchi pechlar. Bu turdagi pechlar ishchi qismida yongan alanganing issiqligi pechning linza shaklidagi shipidan qaytarilib, eritilayotgan shixtaga uzatilishi hisobiga shunday nomlangan.

Yallig‘ qaytaruvchi pechlar mis, nikel metallurgiyasidagi asosiy agregatlardan biri hisoblanadi. Ular rudalarni, kam miqdorda metalli va sulfidli minerali bo‘lgan boyitmalarni eritishda, konverter shlak (toshqol)larni qayta ishlashda qo‘llanib kelinmoqda.

Yallig‘ qaytaruvchi pechning asosi bir necha qavatdan iborat bo‘lib, qalinligi 2–4 m ni tashkil etadi. Ustki qismi devorlari bir necha qator o‘tga chidamli g‘ishtlardan terilgan bo‘lib, qalinligi 0,75–1,5 m gacha yetadi. Pech butun perimetri bo‘ylab temir balkalar bilan mahkamlanib tortiladi. Texnologik talablarga asosan yallig‘ qaytaruvchi pechlarining uzunligi 5 m dan 30 m gacha, eni 2 m dan 6 m gacha bo‘lishi mumkin. Ularning ishchi yuzasi 300–400 m² ni tashkil etadi. Pechning bir yonboshida o‘t yoqish forsunkasi o‘rnatilgan bo‘lib, ikkinchi yonboshidan texnologik



40- rasm. Shaxtali pechning ko'rinishi va asosiy o'lchamlari.

gazlar ajrab chiqadi (38- rasm). **Shaxtali eritish pechlari** (39-rasm)dan metallurgiyada yirik ruda, aglomerat va briketlarni eritishda keng foydalaniladi. Xususan, bunday pechlardan qo'rg'oshin, nikel metallurgiyasida keng qo'llanilib kelinmoqda. Pechlar vertikal holda joylashtirilgan bo'lib, xomashyo ularning yuqori qismidan yuklanadi. Yoqilg'i pastki qismidan yondiriladi. Bunda eriyotgan material bilan qizigan havo bir-biriga qarama-qarshi harakatlanadi. Shaxtali pechlarning bunday ishlashi shixtaning ketma-ket yuklanib undan mahsulot olishni ta'minlaydi. Bu, o'z navbatida, issiqlikning tejalishi bilan xarakterlanadi. Bu jarayon quyidagi sxemada ko'rsatilgan (40- rasm).

Shaxtali pechlarning afzallik tomoni quyidagilardan iborat: yuqori ishlab chiqarish unumdorligi ($30-120 \text{ t/m}^2$ sutka), desulfurizatsiya darajasining yuqoriligi ($30-80\%$), issiqlik energiyasidan foydalanish koeffitsiyentining yuqoriligi $40-60\%$, yoqilg'i sarfining kamligi.

Shaxtali pechlar quyidagi qismlardan tashkil topgan: asos, leshid (pechning ishchi qismi), ichki gorn, koloshnik ustidagi qurilma, havo va suv sistemasi, shixta yuklash va mahsulot ajratish qurilmalari.

12.3. Avtogen jarayonida ishlaydigan pechlar

Keyingi yillarda rangli metallurgiyada energiya tejankor bo'lgan avtogen jarayonida ishlaydigan pechlar qo'llanila boshlandi. Avtogen sharoitida ishlaydigan pechlarni isitish xomashyo tarkibidagi oltingugurt (S) va sulfidli minerallarning (MeS) yonishi (oksidlanishi) natijasida ajralgan issiqlik hisobiga amalga oshiriladi.

Bunday pechlarga kislorod — mash'al, suyuq vannada eritish pechlari (Vanyukov jarayon), konverterlar va hokazolar kiradi.

Kislorod-mash'al pech (KMP)da eritish. KMP jarayoni dunyoda ikkita zavodda qo'llaniladi: Kanadaning «Kopper-Klif» va Olmaliq kon-metallurgiya kombinatida. Jarayon «avtogen» nomini olgan bo'lib, tashqaridan yoqilg'i va elektr energiya sarflanmaydi. Kerak bo'lgan issiqlik miqdori qayta ishlanayotgan shixta tarkibidagi sulfidlarning yonishidagi ekzotermik reaksiyalar natijasida hosil qilinadi.

Olmalik mis zavodida KMP jarayoni 1968- yildan beri qo'llaniladi. Pechning hajmi 580 m³, foydali maydoni 120 m², xomashyo bo'yicha solishtirma ishlab chiqish unumdorligi sutkasiga 12 t/m³. Pech bir sutkada 2000 t shixtani qayta ishlay oladi.

KMPda eritish jarayonida moddalarning fizik-kimyoviy o'zgarishlari natijasida shteyn va shlak paydo bo'ladi.

KMP jarayonini amalga oshirishning qat'iy sharti — shixtani o'ta quritishdir. Quritilgandan so'ng shixtaning namligi 0,5 % dan ko'p bo'lmasligi kerak, chunki bundan-da namroq shixta KMPda sulfidli ruda va boyitmalarni eritish talabiga javob bermaydi.

Yirikligi 0,147 mm dan 0,043 mm gacha bo'lgan shixta havo bilan aralashtirilib qizigan pechning yon tomoniga joylashgan furma (yondirgich) orqali pechning ishchi hajmiga purkaladi, natijada sulfidli minerallar alanga olib, pechda harorat ko'tariladi va erish jarayoni boshlanadi.

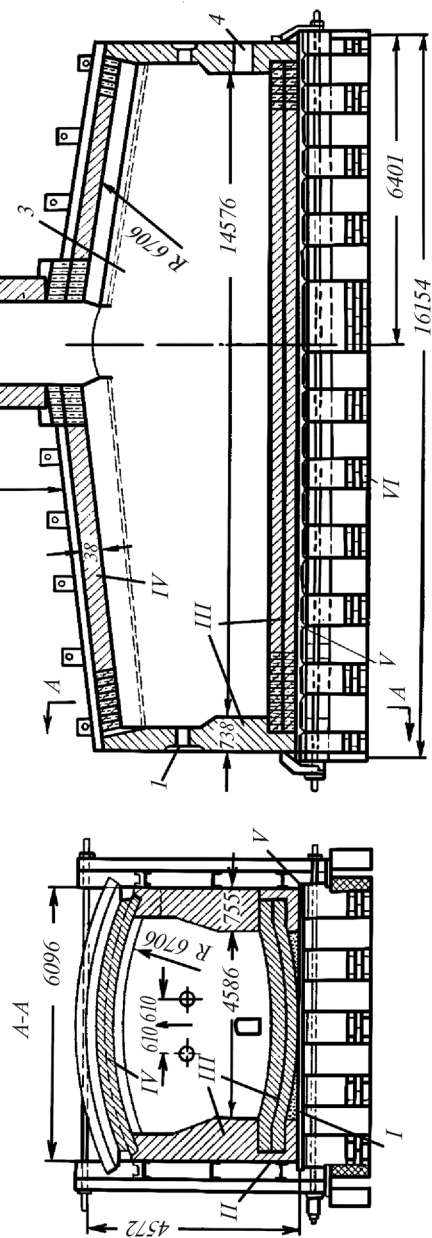
Pechning tuzilishi. Pechning fundamenti (asosi) monolit temir-betondan tayyorlangan. Fundamentning ustiga qalinligi 50 mm bo'lgan cho'yan plitalar joylashtirilgan. Plitalarga betondan tayyorlangan qatlam qo'yilgan (41- rasm).

Pechning asosiga uch qator issiqlikka chidamli g'ishtlar terilgan bo'lib, dastlab: — eni 230 mm bo'lgan shamot, o'rta qismi — 230 mm magnezitoxromitli va ishchi qatlami 460 mm bo'lgan magnezitoxromitli g'ishtlardan teriladi. Pechning yon devorlari magnezitoxromit g'ishtdan terilgan bo'lib, enining qalinligi 810 mm dan 920 mm gacha bo'ladi. Pechning ustki qismi (svod) 460 mm qalinlikdagi magnezitoxromitli g'ishtdan terilgan.

Pechning asosini mustahkamlash uchun qalinligi 15 mm bo'lgan po'lat qoplamalar, 55 mm li po'lat ustunlar ishlatiladi.

Shlak pechdan uning yon tomoniga joylashtirilgan tarnovdan shlak tashish cho'michlari (kovsh)ga chiqariladi. Shteyn sifonlar orqali cho'michga quyiladi, cho'michlardagi shteyn maxsus kran bilan konvertor pechiga uzatiladi.

Hozirgi kunda rangli metallurgiyada avtogen sharoitida, ya'ni erish jarayoni xomashyodagi sulfidlarning oksidlanishi hisobiga o'zidan ajralayotgan issiqlik bilan ishlaydigan zamonaviy pechlar-ning turlari ko'p. Ularga muallaq holatda mash'alli eritish pechi



41- rasm. Mis boyitmasini eritishga mo'ljallangan kislorod-

mash'al pechi:

I – kislorodli gorelkalar o'rnatiladigan joy; 2 – gaz chiqish joyi; 3 – pech; 4 – pirrotin purkash gorelkasi; 5 – apteka.

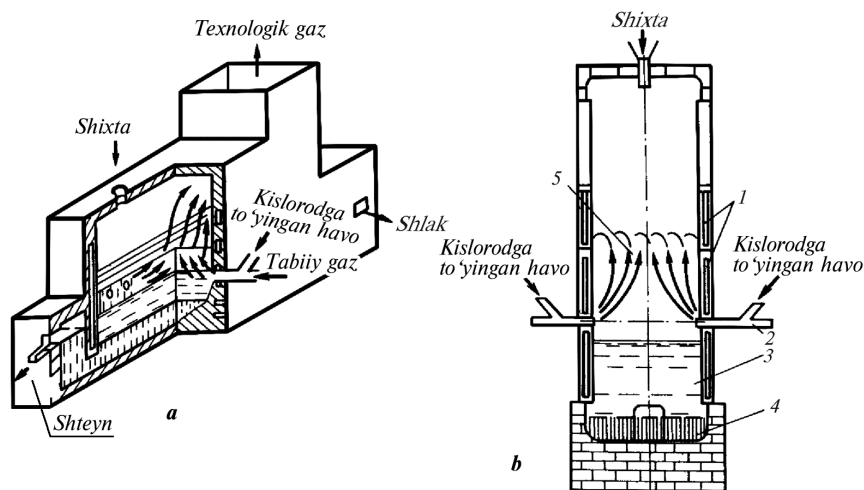
va kislorodli muallaq elektrotermik pechi, shaxtali avtogen eritish pechi va suyuq vannada boradigan avtogen eritish pechlari, Vanyukov pechi (42- rasm) kiradi.

Xorijiy davlatlarda metallurgik xomashyoni avtogen eritish jarayonlari bir necha usulda amalga oshiriladi, bular quyidagilardir: «Noranda» (Kanada), «Mitsubisi» (Yaponiya), «El-Teniyente» konverterlarida eritib tozalash, YuHPAK (yuqoridan havo purkaluvchi aylanuvchi konverter) hamda hozirgacha ishlab chiqarishga tadbiiq etilmagan «Q-S», «Sirosmlet» jarayonlaridir.

Bu jarayonlarda ishlatiluvchi agregatlarning konstruksiyalari turlicha. «Noranda» (43- rasm), «El-Teniyente» va «Q-S» jarayonlarida gorizontaal cho'zilgan silindr va kalta bochka shaklidagi agregatlarda «Mitsubisi»da (44- rasm, 104- betda) uncha katta bo'lmagan dumaloq va oval shaklidagi elektropechlar, «Sirosmlet»da ancha uzun bo'lgan silindrsimon agregatlar qo'llaniladi.

3- jadvalda turli eritish pechlarining texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlari keltirilgan.

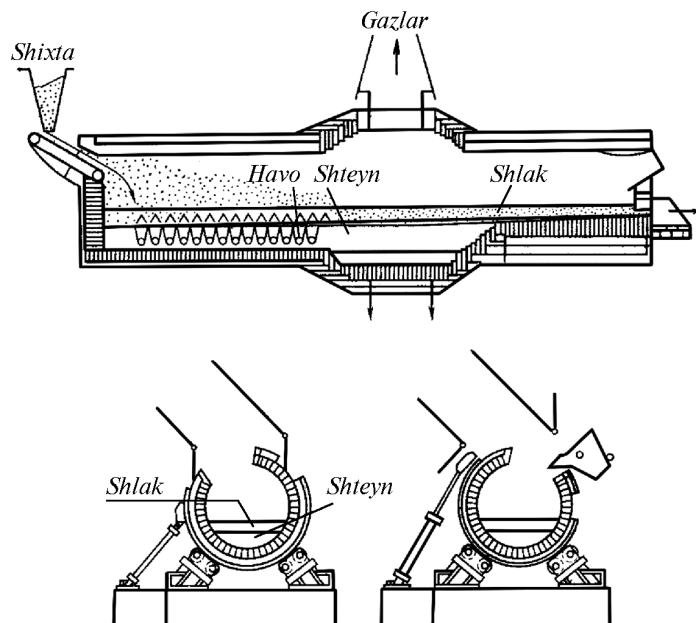
Xomashyoni eritish natijasida olingan shteynlarni tozalash maqsadida og'ir rangli metallurgiyada konverterlardan foydalaniladi — jarayon esa konverterlash deb ataladi. Konverter gorizontaal holda silindr shaklida bo'lib, metall qoplamada tayyorlangan.



42- rasm. Vanyukov pechining ko'rinishi (suyuq vannada eritish) va ishlash tamoyili:

a) umumiy ko'rinishi; b) ko'ndalang kesimi;

1 — kessonlar; 2 — furma; 3 — shlak; 4 — shteyn; 5 — emulsiya.



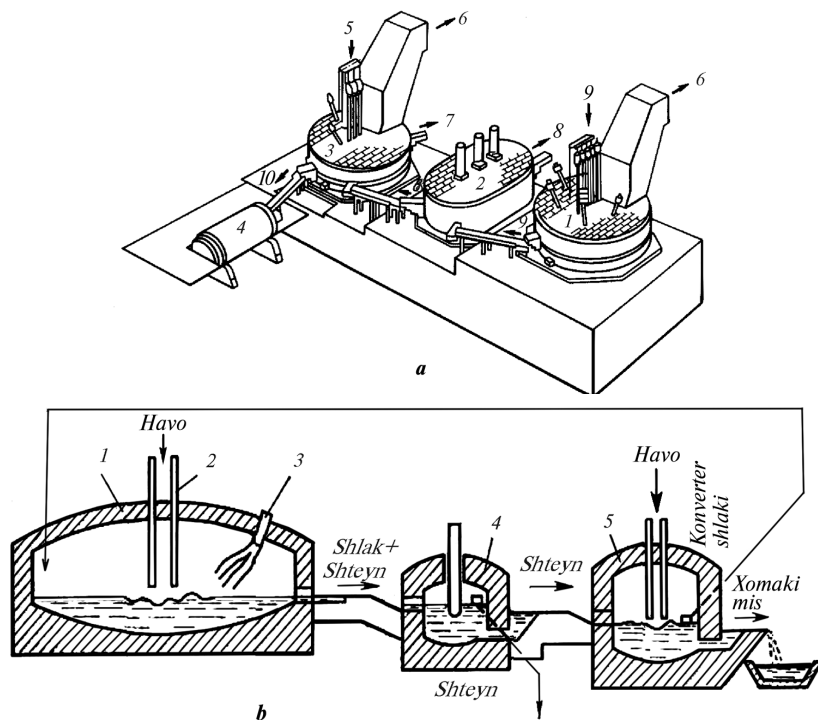
43- rasm. Mis boyitmalarini eritish «Naronda» agregatining bo'ylama (yuqorida) va ko'ndalang (pastda) kesimi ko'rinishlari.

Konverter ikki tomondan ustunlarga mahkamlangan bo'lib, u o'z o'qi atrofida aylanadi. Uni mustahkam tishli uzatgichlar orqali elektrodvigatel harakatga keltiradi (45- rasm, 105- betda).

Konverterning yonboshida jarayonga havo purkash uchun furmalar joylashtirilgan. Pechning ichki qismi xromagnezitli g'ishtlar bilan futerovka qilingan. Ergan shteyn pechning yuqori qismidan quyiladi. Hozirda mis ishlab chiqarish amaliyotida gorizontall konverterlar keng qo'llanilib kelinmoqda. Ularning ishchi sig'imi 40, 75, 80 va 100 t ga yetadi. Konverterning uzunligi 6–12 m gacha, diametri 3–4 m, furmalar soni 32–62 ta, diametri 40–50 mm bo'ladi.

12.4. Elektr energiyasida ishlaydigan pechlar

Elektroeritish pechlari rangli metallurgiyada qotishmalar, metallar olishda va xomashyoni eritishda qo'llaniladi. Hozirgi kunda rudalarni elektroeritishda quyidagi turkumdagi pechlar qo'llanilmoqda. Bular:



44- rasm. «Mitsubisi» usulida mis boyitmalarini bir necha bosqichli eritish pechlarining umumiy koʻrinishi (a) va ishlash prinsipi (b):

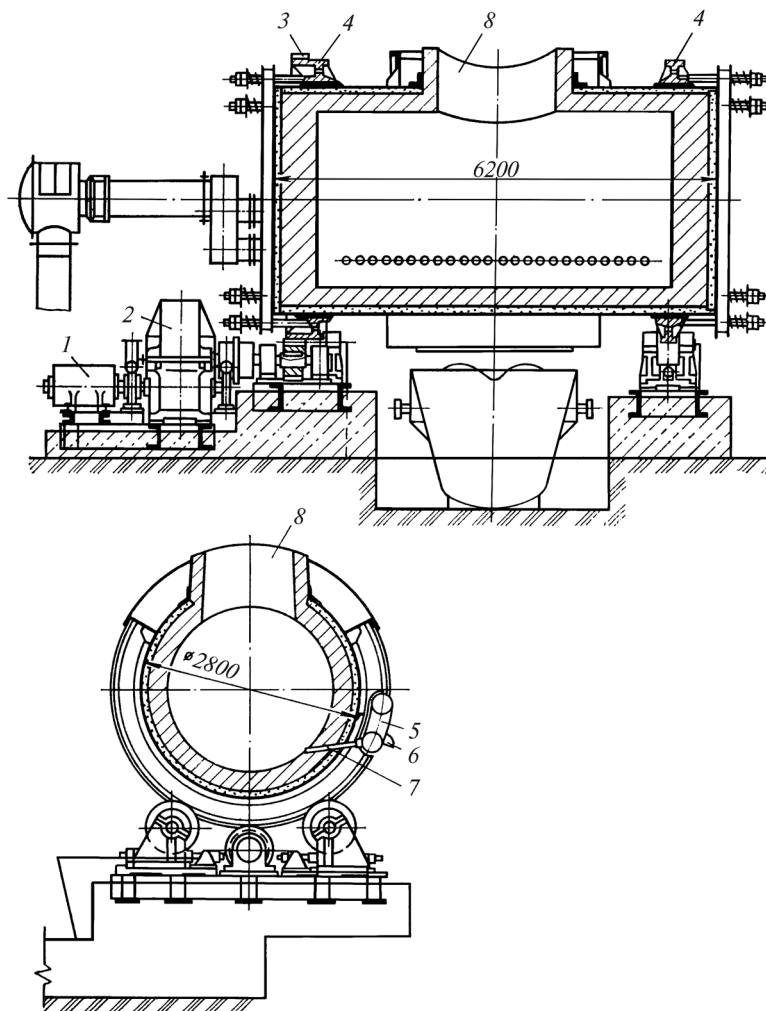
- a) 1 – eritish pechi; 2 – shlakdagi misni kamaytirish pechi;
 3 – konverterlash pechi; 4 – mikser; 5 – flus, havo va kislorod;
 6 – texnologik gazlar; 7 – konverter shlakini qayta ishlash; 8 – shlak;
 9 – shixta, flus, havo va kislorod; 10 – xomaki mis; b) 1 – eritish pechi;
 2 – furma (sopla); 3 – pechni qizdirish uchun gorelka; 4 – shlak va shteynlarni ajratish uchun elektropech; 5 – konverterlash pechi.

– pechlarda boradigan jarayonlarga asosan oksidlovchi va tiklanuvchi elektroeritish pechlari;

– pechlarda eritilayotgan xomashyoga koʻra: ruda va boyitmalarni aglomerat va briketlarni eritish pechlari;

– oxirgi mahsulot: shteynga nisbatan xomaki metall olishda ishlatiladigan pechlar.

Barcha elektroeritish pechlari 3 yoki 6 ta elektroddan tashkil topgan boʻlib (46- rasm), pechlarning geometrik koʻrinishi toʻgʻri toʻrtburchak va silindr shaklida boʻlishi mumkin. Bunday pechlar ruda-termik pechlar deb ham nomlanadi.



45- rasm. Mis shteynlarini tozalash uchun mo'ljallangan
gorizontal konverter:

1 – elektrodvigatel; 2 – reduktor; 3 – tishli uzatgich;
4 – tayanch bandajlari; 5 – furma-kollektor; 6 – sharikli klapan;
7 – furma trubkalari; 8 – pechning og'zi.

Bu pechlarning asosiy texnik ko'rsatkichi issiqlikning foydalanish koeffitsiyenti 60–80% gacha yetib, vanna ichidagi haroratni 1500–1700°C gacha ko'tarish mumkin.

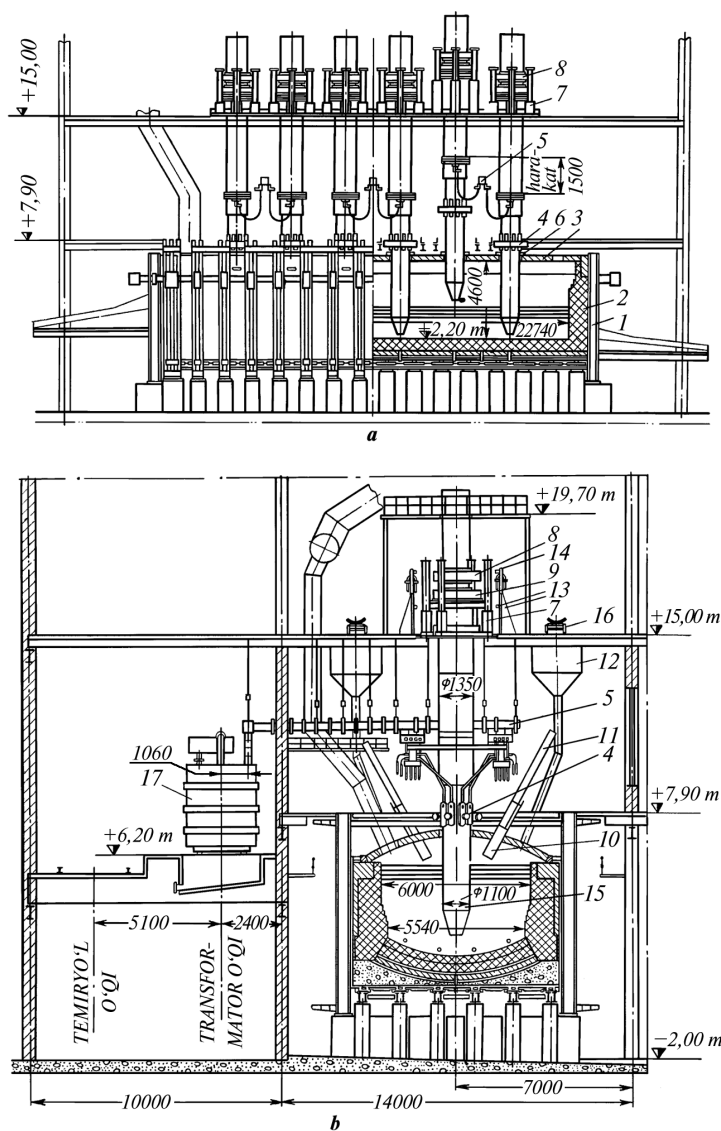
Pechlar devorining qalinligi 900–1200 mm gacha bo'lib, u o'z navbatida 3–4 qator magnezitli, xrommagnezitli va shamotli

Pechlarning iqtisodiy ko'rsatkichlari

Ko'rsatkichlar	Vanyu- kov pechi	Mit- subisi	Mual- laq holatda	KIV- SET agregat	«No- ran- da»	Yallig' qayta- ruruchi eritish pechi	KMP
Bir kv.metrda unumdorligi t/(m ² sut.)	60-80	20 gacha	7,5	3-5	11	5—6	10—12
Shteyn mis tarkibi,%	50	65	45—50	50	80	30	40
Toshqolda mis tarkibi (qayta ishlovsiz),%	0,5 —0,6	0,5	1,0—1,5	0,5—1	4—7	0,4—0,5	0,9
Misning shteyn va toshqol tarkibida bo'lish nisbati	85	75	50	12,5	13	75	35
Shixta(aralashma) namligi,%	6—8	1	1,0	1,0	10-13	6-8	1,0
Shixta yirikligi mm	50 gacha	1	0,1	0,1	10 gacha	1,0	0,1
Chang chiqish miqdori,%	1,0	3—5	6—10	5-7	5	1—2	6—10
Purkalayotgan havodagi kislorod miqdori,%	95 gacha	45	40 gacha	95	25 gacha	25 gacha	95 gacha
Gaz tarkibidagi SO ² miqdori,%	40—60	35	10—12	50+75	3,7	1—2	75
Misni ajratib olish darajasi,%	80 —94,0	—	95—99	93	95,5	96—97,8	96—98
Oltin ajralish darajasi, %	30—40	—	98—99	79,1	—	—	99,5

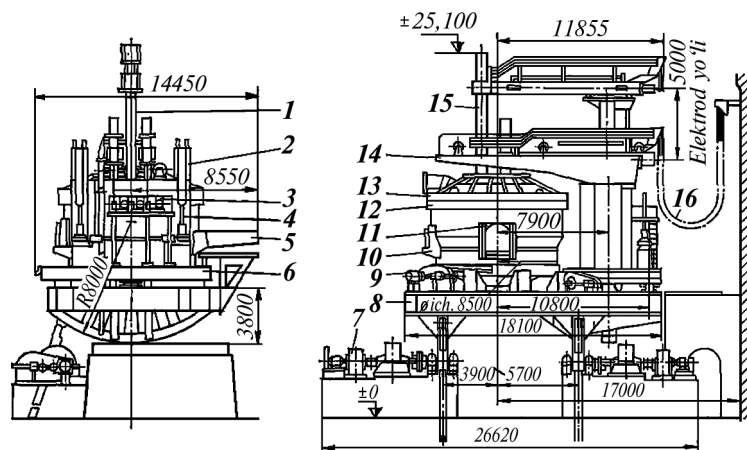
o'tga chidamli g'ishtlardan terilgan. Pechlarning asosi metall ustunlar bilan mahkamlangan bo'lib, ular texnika xavfsizligini ta'minlash uchun juda zarur.

Pechlarning elektrodleri grafit yoki tozalangan ko'mirdan tayyorlanib, ularning uzunligi 800 mm dan 1400 mm gacha bo'ladi. Elektrodlar maxsus uskunalarga o'rnatilib, gidro-



46- rasm. Mis – nikel ruda va boyitmalarni erituvchi to‘g‘ri to‘rtburchak shaklidagi elektropechlar.

a) pechning bo‘ylama kesimi bo‘yicha ko‘rinishi; b) pechning ko‘ndalang kesimi bo‘yicha ko‘rinishi; 1 – elektrodلarni ko‘targich; 2 – futerovka; 3 – svod; 4 – o‘ramali shnek; 5 – shinopaketlar; 6 – elektrodلarning qoplarnasi; 7 – elektrodلarni harakatga keltiruvchi gidroko‘targich; 8–9 – ustki va ostki prujinalar – elektrodلarni o‘rnatish uchun; 10 – 11 – shixta yuklash qismi.

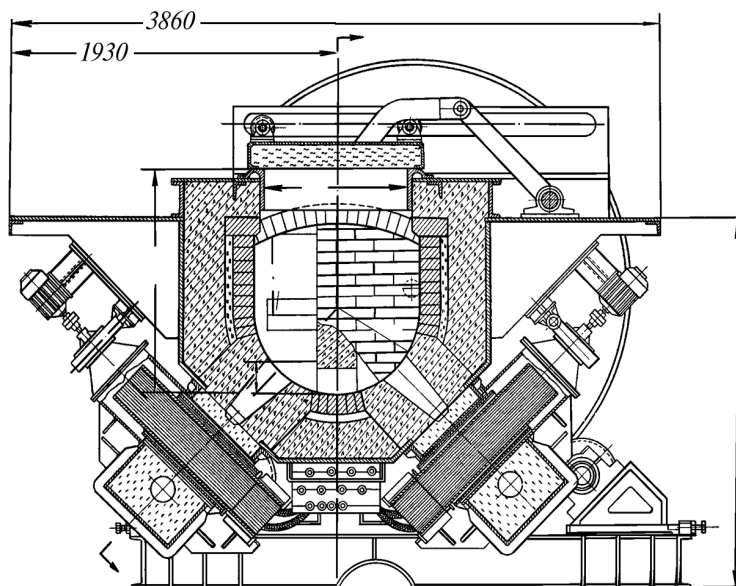


47- rasm. ДСП-200 markali yoyli po'lat eritish pechi.

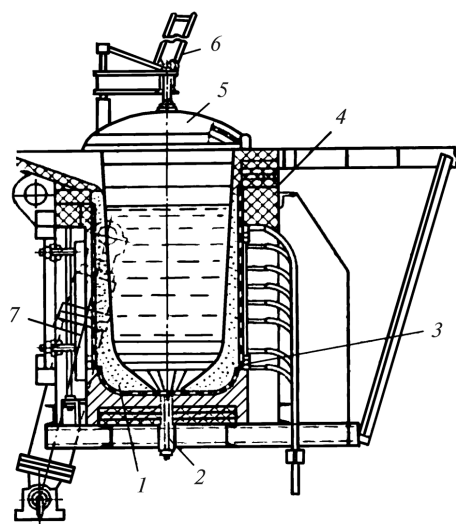
1 – Elektrodlarni mahkamlash sistemasi; 2 – vertikal ustun;
3 – elektrodlarni harakatga keltiruvchi mexanizm; 4 – pech svodini ko'taruvchi mexanizm; 5 – nasos; 6 – aylanuvchi nay; 7 – pechni harakatlantiruvchi mexanizm; 8 – lulka; 9 – aylantirish mexanizmi; 10–11 ishchi ko'zgu; 12– pechning asosi; 13 – svodning karkasi; 14 – portal; 15 – elektronlar; 16 – egiluvchan kabel.

ko'targichlar yordamida pechning ishchi hajmiga avtomatlashgan va mexanizatsiyalangan boshqaruv orqali tushiriladi. Rangli metallurgiyada ko'p hollarda silindr shaklidagi ruda-termik pechlar qo'llaniladi. Ularning o'ziga yarasha qulay tomonlari mavjud. Masalan, elektropech kichik yuzani egallaydi, uni boshqarish nihoyatda qulay. Hozirgi kunda qora metallurgiyada yoyli po'lat eritish pechlari keng qo'llanilib kelinmoqda (47-rasm). Ularning ishlab chiqarish unumdorligi yuqori bo'lishi bilan birga boshqarish to'liq avtomatlashtirilgan. Pech ikkita mustahkam balkaga o'rnatilgan bo'lib, u butun konstruksiyani ko'tarib turadi. Pechning ustki qismi harakatlanuvchi svoddan iborat, u harakatga keltirish uchun maxsus mexanizm bilan ta'minlangan. Undan tashqari pech yon tomoniga 45–60° burilish imkoniyatiga ega. Bu esa jarayonda olingan mahsulotni cho'michlarga quyish imkonini beradi. Pechning ishchi qismi 500–800 mm gacha o'tga chidamli materiallar bilan qoplangan. Pechga elektrodlar o'rnashtirish alohida ahamiyatga ega. Chunki bu elektrodlar jarayon davomida vertikal, ya'ni yuqoridan pastga va aksincha, pastdan yuqoriga harakatlanadi.

Rangli va qora metallurgiyada xomashyoni eritish va xomaki metallarni tozalashda zamonaviy hisoblangan induksion pechlar qo'llaniladi (48, 49- rasmlar). Bu pechlar asosan, aluminiy, mis va qo'rg'oshin, po'lat ishlab chiqarish sanoatida qo'llaniladi.



48- rasm. Xomaki misni tozalashga mo'ljallangan ИЭП-6 markali induksion pechning ko'rinishi.



49- rasm. ИСП markali po'lat eritishga mo'ljallangan induksion pech:

- 1 – футеровка;
- 2 – jarayonning borishini ko'rsatuvchi datchik;
- 3 – induktor; 4 – asos va karkas; 5 – qopqoq;
- 6 – qopqoqni ko'taruvchi mexanizm; 7 – pechni harakatga keltiruvchi mexanizm.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. *I.A.Karimov*. «O‘zbekiston XXI asr bo‘lag‘asida: xavfsizlikka tahdid, barqarorlik shartlari va taraqqiyot kafolatlari» T.: «O‘zbekiston», 1997.
2. *Филимонов Ю.П* и др. «Металлургическая теплотехника». Т II. М.: «Металлургия», 1994.
3. *Диомидовский Д.А.* Metallurgicheskie pechi cvetnoy metallurgii. 3-e izd. M.: «Metallurgiya», 1987.
4. *Кривандин В.А, Марков Б.Л.* Metallurgicheskie pechi. 3-e izd. M.: «Metallurgiya», 1992.
5. *Егоров А.В.* Электроплавильные печи черной металлургии. М.: «Металлургия», 1990.
6. *Китаев Б.И.* и др. Теплообмен в шахтных печах. 2-е изд. «Металлургия», 1987.
7. *Куталедзе С.С.* и др. Справочник по теплопередачи. 2-е изд. М.: «Энергоиздат», 1989.
8. *Стригин И.А* и др. Основы металлургии. Т.I. М.: «Металлургия», 1981.
9. *Гудима Н.В., Шейн Я.П.* Краткий справочник по металлургии цветных металлов. М.: «Металлургия», 1987.
10. *Уткин Н.И.* Металлургия цветных металлов. М.: «Металлургия», 1985.
11. *Мечов В.В.* и др. Автогенные процессы в цветной металлургии. М.: «Металлургия», 1991.
12. *Купрянов Ю.П.* Автогенная плавка медных концентратов во взвешенном состоянии. М.: «Металлургия», 1989.
13. *Сизов В.А.* Газодинамика и теплообмен газовых струй в металлургических процессах. М.: «Металлургия», 1987.
15. H.Mining Journal – 1986 vol 296 № 7685 – P. 3
16. WWW.misis.ru

MUNDARIJA

Kirish.....	3
I bob. Metallurgik pechlar to'g'risida umumiy tushunchalar.....	5
1.1. Metallurgik pechlarning asosiy turlari.....	6
II bob. Metallurgik pechlarning kompleks nazariyasi to'g'risida umumiy ma'lumotlar.....	9
2.1. Texnologik jarayon.....	11
2.2. Energetik jarayon.....	11
2.3. Issiqlik almashish jarayoni.....	12
2.4. Gazlar aeromexanik harakati.....	12
2.5. Mexanik jarayon.....	13
III bob. Metallurgik pechlarda materiallarning fizik-kimyoviy o'zgarishi	14
3.1. Termik parchalanish va murakkab birikmalarning paydo bo'lishi.....	16
3.2. Komponentlarning oksidlanishi.....	17
3.3. Komponentlarning tiklanishi.....	18
3.4. O'rin almashish jarayonlari.....	19
IV bob. Gazlar va materiallarning harakatlanishi.....	20
4.1. Gazning bosimi va o'lchovi.....	21
4.2. Gaz harakatlanishining xarakteri.....	24
4.3. Gazning harakatlanishiga qarshiliklar.....	26
4.4. Eritmalarda gazning harakati.....	29
V bob. Metallurgik pechlarda issiqlik almashinish jarayoni asoslari	
5.1. Issiqlik almashuvi nazariyasining asosiy tushunchalari.....	31
5.2. Issiqlik almashinish usullari.....	32
5.3. Turli metallurgik pechlarda issiqlik almashuvi.....	34
5.4. Metallurgik pechlarning issiqlik balansi.....	39
VI bob. Yoqilg'ilarning umumiy tasnifi va ularning asosiy xossalari	44
6.1. Yoqilg'ilarning turlari, ularni metallurgik pechlarda ishlatish.....	46
6.2. Suyuq holdagi yoqilg'ilar.....	48
6.3. Gaz holdagi yoqilg'ilar.....	49
VII bob. Yonish nazariyasi elementlari.....	51
7.1. Gaz holdagi yoqilg'ilarning yonishi.....	52
7.2. Suyuq va kukun holdagi yoqilg'ilarning yonishi.....	52
VIII bob. Metallurgik pechlarni elektr energiyasi yordamida qizdirish asoslari	55
8.1. Elektroqarshilik hisobiga qizdirish.....	58
8.2. Yoyli elektr qizdirgichlar.....	58
8.3. Aralash elektr qizdirgichlar.....	59

8.4. Induksion elektr qizdirish.....	61
8.5. Yangi turdagi qizdirgichlar.....	62
IX bob. O'tga chidamli materiallar va metallurgik pechlarning asosiy qismlari...	64
9.1. O'tga chidamli mahsulotlarning tasnifi va metallurgik pechlar qurilishida ishlatilishi.....	67
9.2. Pechlarning asosiy qismlari.....	69
9.3. Pechlarning o'tga chidamli g'ishtlardan teriladigan elementlari.....	72
X bob. Yoqilg'ini yoqish moslamalari.....	74
10.1. Qattiq yoqilg'ilarni yoqish.....	74
10.2. Kukun holdagi yoqilg'ilarni yondirish moslamalari.....	76
10.3. Suyuq yoqilg'ilarni yoqish.....	79
10.4. Gaz holdagi yoqilg'ilarni yoqish.....	81
XI bob. Elektr energiyasini issiqlik energiyasiga aylantirib beruvchi qurilmalar	
11.1. Qizdirish va qarshiliklar elementlari.....	84
11.2. Elektrodli qurilmalar.....	88
XII bob. Metallurgik pechlar	
12.1. Quritish va kuydirish pechlari.....	90
12.2. Eritish pechlari.....	95
12.3. Avtogen jarayonida ishlaydigan pechlar.....	99
12.4. Elektr energiyasida ishlaydigan pechlar.....	103

HUSAN RAZZOQOVICH VALIYEV

**METALLURGIYADA ISSIQLIK
TEXNIKASI ASOSLARI**

Kasb-hunar kollejlari uchun o'quv qo'llanma

*Muharrir **Abdurahmon Akbar**
Badiiy muharrir **Shuhrat Odilov**
Texnik muharrir **Yelena Tolochko**
Musahhih **Shahnoza Nabixo'jayeva***

Bosishga ruxsat etildi 07. 07. 2007. Bichimi 60×90¹/₁₆. Tayms TAD garniturasi. Shartli b.t. 6,0. Nashr b.t. 6,87. Shartnoma № 1—2007. 1000 nusxada. Buyurtma № .

Cho'lpon nomidagi nashriyot-matbaa ijodiy uyi. 100129, Toshkent, Navoiy ko'chasi, 30-uy.

«TOSHKENT TEZKOR BOSMAXONASI» ma'suliyati cheklangan jamiyati bosmaxonasida chop etildi. Toshkent, Radialniy tor ko'cha, 10.