

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O‘RTA MAXSUS TALIM
VAZIRLIGI
ABU RAYHON BERUNIY NOMLI TOSHKENT DAVLAT TEXNIKA
UNIVERSITETI**

PO‘LAT VA FERROSPLAV ELEKTROMETALLURGIYASI

fanidan ma‘ruza matni

**5310300 «Metallurgiya» ta‘lim yo‘nalishi
talabalari uchun**

Toshkent - 2015

Po‘lat va ferrosplav elektromertallurgiyasi. Ma‘ruzalar matni. Tuzuvchilar:
Yusupxodjayev A.A., Muhametdjanova Sh.A. –ToshDTU, 2015, 108 – bet.

Ma‘ruzalar matni 5310300 “Metallurgiya”yo‘nalishi bo‘yicha bakalavrlarni tayyorlash bo‘yicha o‘quv ishchi dastur asosida tuzilgan bo‘lib unda qora metallurgiyada qollaniladigan elektr pechlarning tuzilishi, ishlash prinsiplari va ularda olib borilayotgan po‘lat va ferroqotishmalarni ishlab chiqarish texnologik jarayonlarining nazariy asoslari yoritilgan. Ma‘ruzalar matnlarida mamlakatimizda va xorijiy mamlakatlar qora metallurgiyasi amaliyotlaridan olingan ma‘lumotlardan foydalanilgan.

ToShDTU ilmiy-uslubiy kengashi qaroriga asosan chop etildi.

Taqrizchilar: Yakubov M.M.-“Fan va taraqqiyot”DUK raisi o‘rinbosari, professor;
Xudoyarov S.R.- “Metallurgiya” kaf. mudiri.

Kirish

Elektr yoyli pechlarda po‘lat va ferroqotishmalar olish dunyoda keng tarqalgan va hozirgi zamonda dunyo talablariga javob beradigan ekologik toza material va modda tejamkorlik asosida ishlaydigan texnologik jarayonga kiradi. Eski qurilgan pechlarning zamonaviyga aylantirish ana shu usulda dunyo bo‘yicha keng qo‘llanilib kelinyapti. Yoyli pechlarning tuzilish sxemasi 1-rasmda keltirilgan.

Pechlarning asosiy yutuqlari ularning issiqlik olish texnologiyalarining tozalikligi, ularning elektr tejamkorligi, eritish vaqti qisqaligi va boshqalardir.

Hamdo‘stlik davlatlarda elektr yoyli pechlarni tarqalishi XX asr I yarmida boshlangandir. Hozir bu texnologiya MDH davlatlarda Rossiya, Ukraina, Qozog‘iston va bir qancha boshqa davlatlarda keng tarqalgan. Ishlab turgan pechlarning hajmi (suyuq metall bo‘yicha) 3 m dan 250 t. gacha mavjuddir. O‘zbekistonda elektr yoyli pechlarda po‘lat eritish AJ O‘zmetkombinatda boshlangan. Unda 13-fevral 1978-yilda birinchi nomerli e.p.e. pechni ishga tushurilgan. O‘sha yili dekabr oyda 2 e.p.e. pech ishga tushdi. 1979- yil sentabr oyda 3 e/p/e pech ishga tushdi. Va nihoyat 2002-yil avgust oyida AJ “O‘zmetkombinat” eng zamonaviy dunyo talablariga javob beradigan DSP100-UMZ ishga tushurildi. Pechlarni hajmi 100 t tashkil qiladi.

DSP pech dunyo talablariga javob beradi, 1 sutkada 22 po‘lat eritish imkoniyatiga egadir. Pech AKOS agregati bilan birga ishlaydi va 1 yilda 550-600 ming tonna po‘lat eritish qobiliyatiga egadir. Hamma pechlarni ishga tushurilsa, kombinat 1 yilda 1,5-2 mln tonna po‘lat ishlab chiqarish O‘zbekiston talabini to‘liq bajarilsa bo‘ladi.

AJ “O‘zmetkombinat” boshqa elektr yoyli pechlar Navoiy KMK (5ta pech), Olmaliq KMK (2ta pech) va bir qancha Mashinasozlik zavodlarida muayyan ishlab turibdi. 2010-2012- yilda Toshkent shahar Sergeli tumanida O‘zbekiston, Xitoy, Rossiya va AQSH qo‘shma truba ishlab chiqarish zavodida 3 elektr pechi qurilishi rejalashtirilgan va qurulyapti. Ko‘rilgan misollardan ko‘rinib turibdiki, elektr pechlarida po‘lat va ferroqotishmalar olish butun dunyo bilan ham ohangda O‘zbekistonda ham keng tarqalmoqda va bu texnologiya kelajagi porloqdir.

1-ma'ruza Elektr pechlar tasniflashi va elektr pechlarning qo'llaniladigan sohalari.

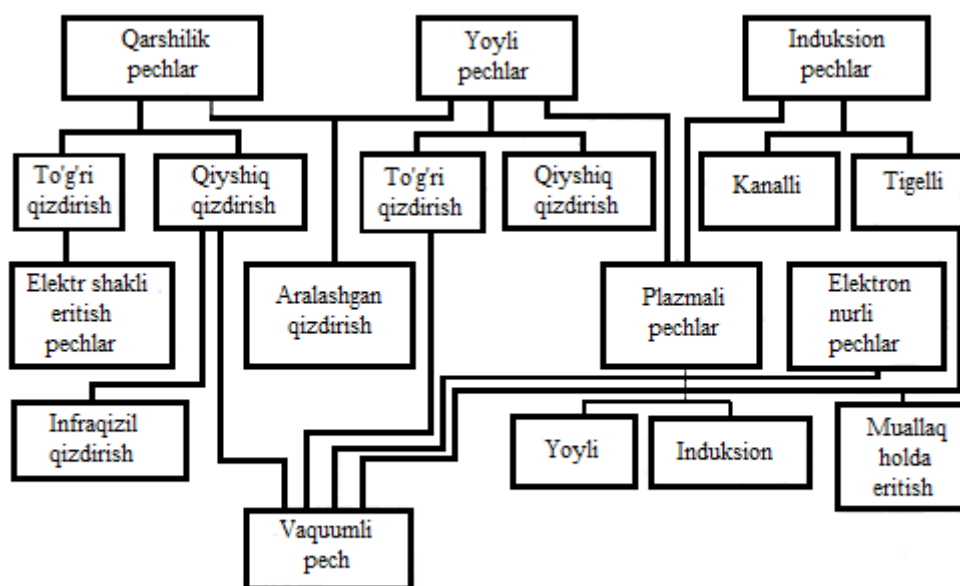
Ma'ruza rejasi:

1. Elektr pechlarning tasnifi.
2. Elektr pechlarni qollanilishi.
3. Elektr pechlarni belgilash misollari.
4. Zamonaviy pechlarni asosiy afzalliklari .
5. Yoyli po'lat eritish pechining ishchi qismining shakli va o'lchamlari.
6. ДСП pechining qurilmasi.

Oddiy turdagi (marka) po'lat eritish texnologiyasida po'lat elektrometallurgiyasi eng istiqbolli yonalishlaridan biri deb hisoblanadi. Elektr pechlar legirlangan po'lat va ferrosplav ishlab chiqrishda almashmaydigan dastgohlari deb hisoblanadi.

Po'lat elektrometallurgiyasida qarshilik, yoyli va induksion pechlar keng qo'llaniladi.

Asosiy turdagi elektr pechlarning tasnifi 1-rasmda keltirilgan. Undan tashqari sanoatda boshqa turdagi elektrik pechlar ham qo'llaniladi.



1- rasm. Elektr pechlarning asosiy turidagi tasnifi

Elektrik pechlarining qo'llash sohalari

Po'lat ishlab chiqarishda eng keng tarqalgan pechlar bu bevosita qizdiradigan yoyli va induksion tigel pechlardir. Po'latni vakuum yoyli va induksion pechlar elektr shlak qayta eritish plazmali pechlarda po'lat ishlab chiqarish ham keng tarqalmoqda.

Ferroqotishma va cho'yanni ishlab chiqarishda asosan aralashma yoyli va qarshilik isitish usullari qo'llaniladi.

Ferroqotishmaning tozalashga esa po'lat eritishga qo'llagan yoyli bevosita qizituvchi pechlar qo'llaniladi.

Induksion tigel pechlardan cho'yanni, rangli metallarni va ularning qotishmalarini eritishga qo'llaniladi.

Plazmali induksion pechlar maxsus sohalarda qo'llaniladi. Masalan, yarim o'tkazgich materialli zonali eritishda, lekin bu pechlar katta ishlab chiqarishdagi sarfdorlik bilan ajarlib turadi. Bevosita qizituvchi qarshilik pechlar metallurgiyada kam qo'llaniladi. Masalan, elektrodlnarni grafitlashda. Bundan istisno shlak qayta eritish pechlar qaysilar po'lat va bir qancha qotishmalarni olishda qo'llanadi. Bilvosita qizitadigan qarshilik pechlar metall va qotishmalarning termik qayta ishlash, yengil metalni eritish. Bunda eritish pechlarning quyidagi afzalliklari asos qilib olingan: oddiy va aniq haroratni boshqarish jarayoni mexanizatsiya va avtorizatsiya qilish, metallni o'ta kuyishidan saqlash va boshqalardir. Qaynab turgan pechlar o'zi bilan induksion pechni bir turi bo'lib elektro magnit yordamida suyuq metallni ko'tarib turib pechlarni devorlarini saqlashda ajralib turadi. Bunda pechlar asosan yengil metallar olishda qo'llanadi. Bu pechlarning asosiy afzalligi bu olinayotgan metallni tozalayotganda chunki bunda metall pechni futerovkasi bilan qo'shilmasidir.

Vakuumli pechlar faqat po'lat va qotishma olishda emas, qiyin eriydigan metallarni eritish uchun, metalli yarim mahsulotlarni termik va plastik qayta ishlashda, qiyin eriydigan va tez oksidlanadigan mahsulotlarni kuydirishda va boshqalarda keng qollanilad. Vakuum pechlarni qo'llash hozirgi zamonda keng tarqalmoqda, chunki bu jarayon toza metall olishda ko'mak beradi.

Elektr echlarning turini belgilash va ularning konstruksiyasi

MDX da eritish pechlarning belgilashda quyidagi turi qabul qilingan.

Birinchi harf pechning turi: Д-yoyli; И-induksion; С-qarshilik; Р-ruda tiklash pechi; Э-elektron nurli; III-elektrshlakli pechi.

Eritish pechlar uchun ikkinchi harf ishlab chiqarilgan metallni belgilaydi:

А-alyuminiy va ularning quymalari; В-bronza; Г-magniy; Д-molibden; К-sirkoniy; Л-latun; М-mis va ularning quymalari; С-po'lat va issiqlikga bardosh qotishmalar; Х-tantal; Ц-rux; Ч-cho'yan.

Uchinchi harf pechning asosiy konstruktiv xususiyatini belgilaydi :

- yoyli po'lat eritish pechlari uchun: П- aylanuvchi shift; В-chiqadigan pech qoplami;

- induksion pechlar uchun: К-kanalli; Т-tigelli.

- qarshilik pechlar uchun: Т-tigelli; К-kamerali; В-doira shakldagi.

- vakuum, yoyli va induksion pechlar uchun: В-vakuum;

- elektron nurli pechlar uchun: П-erituvchi;

- elektr shlakli pechlar uchun: П-quymani ko'ndalang kesimi; Ц-silindirli; К-to'rtburchkli;

П- to'g 'ri to'rtburchak.

To'rtinchi (yordamchi) harf mikserlarni(М), dastgohlarni (А), garnissatli pechlarni (Г) belgilash uchun qoshiladi.

Oxirgi harfdan keyingi raqamlar pechlarning tonnadagi hajmini belgilaydi. Yoyli vakuumli va elektr shlakli pechlardan tashqari, ular uchun raqamlar maksimal diametrli quymaning ishlab chiqarishini belgilaydi.

Po'lat va ferroqotishmalar ishlab chiqarishga mo'ljallangan bir qancha elektr pechlarni misol qilib keltiramiz:

ДСП-50 – hajmi 50 tonna bo'lgan aylanuvchi shiftli yoyli po'lat eritish pechi.

ИСТ-1 – hajmi 1 tonna bo'lgan induksion tigelli po'lat eritish pechi;

ИЧТ-6 – hajmi 6 tonna bo'lgan induksion tigelli pech.

Boshqa kerak bo'lgan ma'lumotlari maxsus adabiyotda keltirilgan bo'lgan.

Po'lat eritish uchun hozirgi zamon yoy pechlari

Zamonaviy yoyli po'lat eritish pechlarining asosiy xususiyatlari:

1. Pechning yuqori qismidan mexanizatsiyali yuklanishi;
2. Alohida ish jarayonlarini mexanizatsiyali uzatish;
3. Ikkilamchi kuchlanish bosqichida o'zgarishni keng diapazonli pech transformatori kuchlanishni kamaytirib ta'minlashi;
4. Eritish jarayonida elektrodni avtomat boshqarilishi;
5. Metallning elektromagnit aralashuvi.

MDH da ishlab chiqarilgan pech tavsiflari:

1-jadval

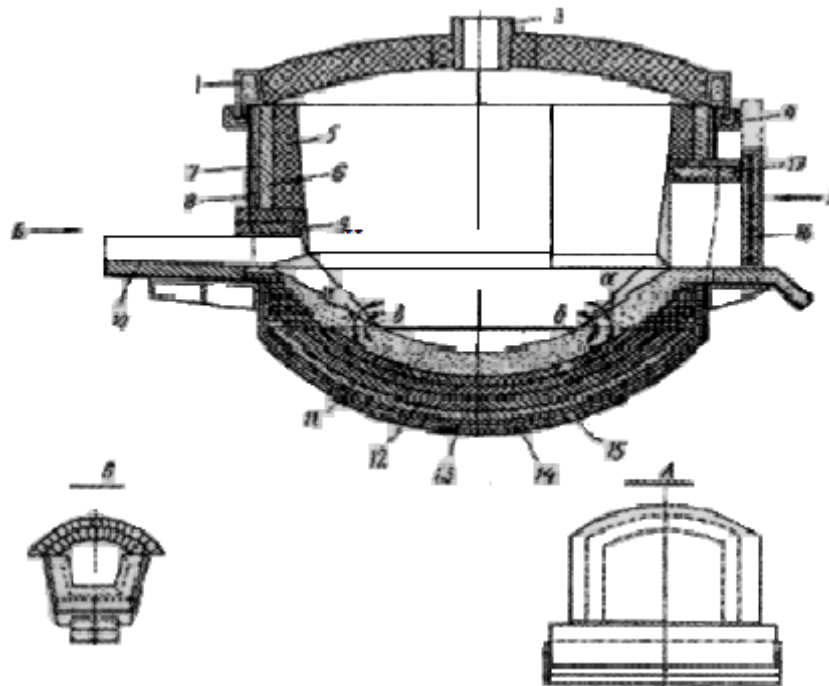
Sonlar tavsifi	Me'yoriy hajm , T		
	50	100	200
1. Pech transformatorining me'yoriy kuchlanishi, MVA.	20	32	50-80
2. Transformatorning ikkilamchi kuchlanish chegarasi, V.	430-116	480-150	
3. Elektrodning eng katta toki, kA.	26,9 kA	38,5 kA	43,3 kA
4. Grafitlangan elektrod diametri, mm.	500	550	
5. 1 tonna shixta eritish uchun solishtirma elektroenergiya sarfi, kVt·s	440	415	400

Hamma pechlarda yuklash badiya yordamida mexanizmlar orqali yuklatiladi, bunda yuklangan to'plam vertikal o'q bo'ylab 90° burchakka aylanadi. Eritish jarayonini tezlatish va pech tubini emirilishini oldini olish uchun pechlar futerovkalangan pech qoplamasini egilishi uchun mexanizmlar bilan ta'minlangan. Barcha pechlar metallni elektromagnitli aralashtirish moslamasi bilan jihozlangan.

Ishchi qismining shakli va o'lchamlari

Uzoq muddat yoyli po'lat eritish pechlar silindr qatlam bilan tayyorlangan. Pech devorlarining futerovka qatlami yoki g'isht terimi bilan (asosli futerovka uchun

magnezitli g'isht, nordon futerovka chun dinas g'ishtidan foydalanadi), yoki pechdan tashqari quritilgan va to'ldirilgan bloklardan bajariladi; bloklar magnezit, dolomit va toshko'mir qumi aralashmasidan tayyorlangan.



Yoyli po'lat eritish pechlarning devorlari po'lat eritish tezligi bilan va baland transvornator quvvati bilan foydalanish natijasida mustahkamligi yetarli bo'lmaydi.

Pech devorlarining futerovkasini eng nozik joyi elektr yoy atrofi bo'lgan past belbog 'i hisoblanadi. Shuning uchun oxirgi yillarda yoyli po'lat eritish pechlarining devor futerovkasini turli xil konstruksiyalari qollanilmoqda. Ba'zi hollarda konstruksiya qollanilishi pech qatlamining shakli o'zgartirishi bilan qo'llaniladi (silindrsimon o'rniga silindr-konussimon va hokazo). Hozirgi zamon silindr-konussimon qatlamli yoyli po'lat eritish pechining futerovkasi moslamasining sxemasi 2-rasmda berilgan.

2-rasm. Pech futerovkasi sxematik rasmi.

Pechning tubi issiqlikga bardosh magnezitxromitli g'ishtidan (2) tayyorlangan suvli sovitish aylanasi (1) va pechga elektrodlar kirish uchun mo'ljallangan yuqori glinozyomli yoki dinas g'ishtidan tayyorlangan halqali moslama (3) bilan ta'minlangan. Ushbu materiallar yuqori haroratlarda magnezitxromitli o'tga chidamli

g'ishtlarga nisbatan yuqori elektr qarshilikka ega bo'lib ular elektrodlar orasida elektr tutashuvini oldini oladi. Devorning ichki (issiqlikga bardosh) qismi (5) magnezitli, xrommagnezitli yoki magnezitxromli g'ishtdan terilgan bo'lib ularning tannarxi va mustahkamligi oshib boradi. Devorning issiqlikga bardosh qatlami shamotli g'ishtlardan (6), issiqlik o'tqazmaydigan qatlam (7), suyuq shisha yordamida pech devoriga mahkamlangan bir necha qavat asbest listlaridan (8) qoplangan.

Metall quyish tuynugi (9) yuqorida ko'rib chiqilgan pechning devorlarida ishlatilgan materiallardan tayyorlanadi. Mahsulot tushirish tarnovi (10) shamotli g'ishtlardan terilgan bo'lib tarnovga qarama-qarshi bo'lgan pech vannasini egilish burchagi yon devorlari α va po'lat quyish davrida pechning egilish burchagidan kichik bo'lish kerak.

Pechning tubi magnezitli materiallardan qoplangan bo'lib (11) bir necha qavat magnezitli (12), bir necha qavat shamotli (13), issiqlik o'tkazmaydigan to'ldiruvchi (14) va asbest listlaridan tashkil topgan (15).

Ishchi oyna suv bilan sovutiladigan ramadan tayyorlangan (17), u esa o'z novbatida ilgari qo'llaniladigan g'ishtga nisbatan pechning ishlash davrini uzaytiradi.

Oyna ichki qismi issiqlikga barosh qatlami futerovkalangan suv bilan sovutuvchi to'siq(16) bilan yopiladi.

Nazorat savollari

1. Elektr pechlar nimalarga asosan sinflarga bo'linadi?
2. Nima uchun elektr pechlar qo'llanadi?
3. DSP-100 nimani anglatadi?
4. Pechga shixta qanday mexanizm orqali yuklanadi?
5. Pechlarda metallarni aralashtirish uchun qanday uskunalar bilan ta'minlangan?
6. Pech devorlarining futerovkasi qanday materiallardan tayyorlanadi?
7. Nima sababdan keyingi yillardan elektr pechlarining qoplamlari o'zgartirilgan?
8. Elektr pechlarining tubi qanday qurilgan?

2-ma'ruza Hajmli 100 tonna bo'lgan yoyli po'lat eritish pechining ishchi maydonining asosiy o'lchamlarini hisobi.

Ma'ruza rejasi:

1. Vanna chuqurligini hisobi.
2. Vanna diametrik hisobi.
3. Pech qoplaminig diametri hisobi.
4. Pechda elektrodlar joylanishi.
5. Issiqlik nurlanish zichligi hisobi.
6. Pech tubining umumiy qalinligini hisobi.

Ishchi oyna chegarasi gacha bo'lgan vanna chuqurligi:

$$H=0,34 \cdot 100^{0,25}=1,08 \text{ m}$$

Metall vannasinig chuqurligi $h=0,88 \cdot 1,08=0,95\text{m}$.

Ishchi oyna chegarasigacha vanna hajmi:

$$V_1=V_m+V_{sh}=100 \cdot 10^3/7100+0,08 \cdot 100 \cdot 10^3/300=14,1+2,7=16,8 \text{ m}^3$$

Metall massasini hisobga olgan holda shlak massasi 8% ga teng deb qabul qilinadi. Sferik shakli uchun $\alpha=45^\circ$ teng bo'lganda ishchi oyna sathidan vanna diametri quyidagicha topiladi

$$H_1=0,8 H; H_2=0,2 H$$

$$\text{bu yerdan : } d_1 = 0,89H + \sqrt{\frac{V_1}{0,71H} - \frac{H_2}{4}} = 0,89 \cdot 1,08 + \sqrt{\frac{16,8}{0,71 \cdot 1,08} - \frac{1,08^2}{4}} = 5,5m$$

Sanoat pechlaridan bu hajmli pechlarni solishtirish uchun $H=1,1$ va $d_1=5,4$ m deb qabul qilamiz, ya 'ni pechning vannasi chuqurroq va diametri kichikroq bo'lishini ko 'rsatadi.

Ishchi yona yuqorisidagi zahirali hajmining balandligi

$$\Delta H=0,12 \cdot 1,08=0,13 \text{ m}$$

Ishchi oynadan yuqorida joylashgan shiftni balandligi

$$K=0,75 \cdot 100^{0,25}=2,38 \text{ m}$$

Devorning konussimon qismining balandligi

$$K=0,4(K-\Delta H)=0,4(2,38-0,13)=0,9 \text{ m}$$

Qiyalikning ustki sathi bilan bir qatorda ishchi maydonining diametri:

$$D_1 = d_1 + 2 \cdot 0,12 \cdot 1,08 = 5,5 + 0,26 = 5,76 \text{ m}$$

Shift sathidagi ishchi maydon diametri

$$D_2 = 5,76 + 2 \cdot 0,9 \tan 15^\circ = 5,76 + 0,48 = 6,24 \text{ m}$$

Magnezitoxromitli shifti uchun shift o'qi balandligi quyidagi tenglamada topiladi:

$$\Delta K = 0,12 D_2 = 0,12 \cdot 6,24 = 0,75 \text{ m.}$$

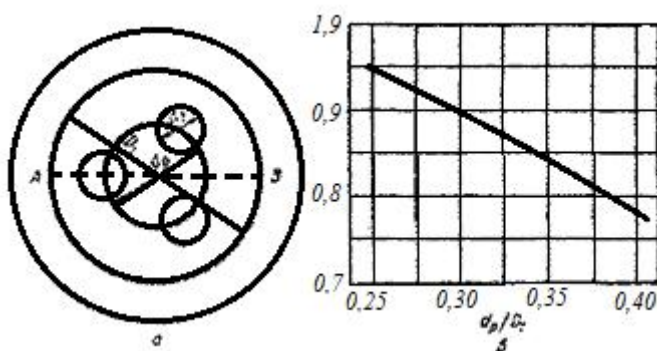
Yuqori sath qiyalikdagi pechning qatlam diametri

$$D_K = D_2 + 2 \Delta D_2 = 6,24 + 2,06 = 7,44 \text{ m.}$$

(ΔD_2 – shu sathdagi devor qalinligi).

Pechda elektrodlar joylanishi

Hozirgi zamon yoyli po'lat eritish pechlarda umumiy qabul qilingan elektrodlar joylashishi uchburchak teng tomonlarining eng cho'qqisida aniqlangan. Bunda elektrodlar parchalanishi diametri D_p ishchi maydon diametri D_1 nisbatiga teng.



3-rasm. Elektr yoy pechi elektrodleri joylanishi (a) va alohida fazalarning yuklanishining notekkis taqsimlanish ko'effitsiyenti qiymatlari (b).

d_p/D_1 nisbat to'g'riligi, pech devorining qiyalik sathi bir tekis isitilishi bilan ta'minlanadi (ko'effitsiyent $n \geq 0,75 : 0,80$) va elektrod ushlagichi, elektrod larni zichlantiruvchilar joylashishi uchun elektrodlar orasidagi masofaga rioya qilinishi kerak.

Elektr yoylar nuqtali issiqlik manbaini deb hisoblansa, elektr yoy bilan bir qatorda bo'lgan devorning ichki yuzasining nuqtasi uchun issiqlik nurlanish zichligini quydagicha hisoblansa bo'ladi.

$$q = \frac{P_D}{4\pi r^2}, \text{ kVt/m}^2 \quad (2.1)$$

bu yerda: P_D – yoy kuchlanishi kVt;

r – elektrod markazidan nurlanish yuzasigacha bo‘lgan masofa, m.

Uch yoydan issiqlik nurlanishini eng katta zichligi A nuqtasida

$$q_A = \frac{P_D}{4\pi} \left[\frac{a}{(R_1 - r_p)^2} + \frac{b + c}{R_1^2 + R_1 r_p + r_p^2} \right], \text{ kVt/m}^2, \quad (2.2)$$

B nuqtasida eng kichik issiqlik nurlanishi miqdori

$$q_B = \frac{P_D}{4\pi} \left[\frac{a}{(R_1 + r_p)^2} + \frac{b + c}{R_1^2 - R_1 r_p + r_p^2} \right], \text{ kVt/m}^2. \quad (2.3)$$

Notekis taqsimlanish ko‘effitsiyenti $n=q_B/q_A$. Bu tenglamalardan a , b , c ko‘effitsiyentlar alohida yoy quvvati yoyning o‘rtacha quvvatiga nisbatini ko‘rsatadi; kichik pechlar uchun $a \approx b \approx c$, yirik pechlar uchun $a=1,2; 1,3; b=1,0; c=0,8; 0,7$.

Oddatda umumiy issiqlik nurlanish miqdori $160-280 \text{ kVt/m}^2$ teng bo‘ladi. Hajmi katta bo‘lmagan pechlar uchun d_p/D_1 nisbatini $0,37-0,40$ deb qabul qilamiz (ayniqsa uchburchak elektrodlar uchun), kattaroq hajmli pechlar uchun devorlarning bir tekis isitishi $0,25-0,30$ nisbati ta’minlab beradi.

Alohida yoylarda kuchlanish notekis taqsimlanishi tok transformatoridan bir yassi tekislikda joylashgan kabellar va shinalar yordamida pechga o‘tqaziladigan bo‘lib bir fazadan boshqa fazaga o‘tqaziladigan quvvat bilan ifodalangan.

Katta bo‘lmagan pech shifti futerovkasining qalinligi $230-300 \text{ mm}$, yirik pechlar uchun bu qiymat $380-460 \text{ mm}$ ni tashkil etadi. Katta hajmdagi pechlar uchun qiyalik sathidagi umumiy devor qalinligi $600-700 \text{ mm}$ teng, xususan o‘tga bardoshli qismi umumiy devor qalinligidan $60-70 \%$ ni tashkil etadi.

Pech tubining umumiy qalinligi formula bilan hisoblanadi:

$$P=0,4G^{1/6} M.$$

Bu yerda: G – pechning nominal hajmi.

Elektromagnitli aralashtirgich bilan ta’minlangan pechlar uchun tubi qalinligi $800-900 \text{ mm}$ dan oshmasligi kerak.

Yoyli po‘lat eritish pechlarining ishini yaxshiligini ta’minlashda vanna chuqurligi katta ahamiyatga ega. Chuqurligi kichik bo‘lgan pechning ishchi qismi va qoplam diametri oshib boradi, shuning natijasida pechning issiqlik uzatuvchi yuza va issiqlik yoqotilishlar o‘tib boradi.

Vanna chuqurligi katta bo‘lsa vannaning solishtirma reaksiya yuzasi kamayadi (matall va shlak o‘zaro tasirlanish yuzasi), metallurgik jarayonlar va metall qizishi sekinlashadi. Vanna chuqurligi 750-800 mm bo‘lganda metallning desulfuratsiya jarayoni kamayadi, shuning uchun elektrmagnitli aralashtirgichlardan foydalaniladi.

Zamonaviy pechlarning chuqurligi pech hajmiga bo‘lgan nisbatini quydagicha aniqlanadi.

$$H=AG^{0,25} m.$$

Asosli pechlar uchun A koeffitsiyent 0,31-0,345 va nordon pechlar uchun 0,38 ga teng bo‘ladi. Balandligi $\Delta H=(0,12; 0,15)$ N.m. teng. Odatda metall vannasining chuqurligi $h=(0,87; 0,89)$ N.m. ni tashkil etadi. Vanna hajmini hisoblashda suyuq po‘latning zichligini $6900-7200 \text{ kg/m}^3$, suyuq shlakni zichligini $2900-3200 \text{ kg/m}^3$ deb qabul qilamiz.

Nazorat savollari

1. Pech vannasining chuqurligini, vannasining hajmini, vanna diametrini, devorning konussimon qismining balandligini, pech shiftining balandligini, pech qoplam diametrini qaysi formula orqali aniqlanadi?
2. Yoyli po‘lat eritish pechlarda elektrodlar qanday joylashgan?
3. Elektr yoy bilan bir tekislikda joylashgan devorlarning ichki yuzasining nuqtalari uchun issiqlik nurlanishi zichligini qanday hisoblab aniqlasa bo‘ladi?
4. Fazalarni kuchlanishini taqsimlovchi koeffitsiyent qanday aniqlanadi?
5. Pechni samarali ishlashi uchun qaysi omillar asosiy hisoblanadi?
6. Pech chuqurligini ishchi hajmiga bo‘lgan nisbatini ko‘rsating.

3-ma’ruza Yoyli pechlar elektrodleri

Ma’ruza rejasi:

1. Yoyli pechlar elektrodlerining sinflanishi.

2. Elektrodlarni olish uchun dastlabki materiallar.
3. Elektrodlar ishlab chiqarish texnologiyasi.
4. Elektrodlarni grafitlash.
5. Elektrodlarga bo'lgan talablar va ularning xususiyatlari.

Yoyli pechlarning elektrodleri sarflanadigan va sarflanmaydigan turlariga bo'linadi. Sarflanmaydigan elektrodlerga uglerodli va qiyin eriydigan metallar (volfram) dan tayyorlangan elektrodler kiradi. Bu turdagi elektrodler, eritish davrida sarflanmaydi, faqat qisman bug'lanadi. Sarflanadigan elektrodler metall va qotishmalardan tayyorlanadi, ularning erish harorati pechning ishchi qismi haroratidan past bo'ladi. Ular ish jarayonida erib, eritish jarayoni mahsulotlari tarkibiga qo'shiladi. Biz faqat uglerodli materiallardan tayyorlangan elektrodleri ko'rib chiqamiz. Boshqa materiallardan tayyorlangan elektrodler esa maxsus elektrpechlar uchun qo'llaniladi.

Elektrodler quyidagi guruhlariga bo'linadi : ko'mirli; grafitsiz; grafitli. Dastlabki ikki guruh elektrodler po'lat eritish pechlarida qo'llaniladi, uchinchi guruhdagi elektrodler esa turg'un ferroqotishma pechlarida qollaniladi.

Elektrodleri olish uchun dastlabki materiallar sifatida antrasit, koks (toshko'mirli, neftli), tabiiy grafitlar va ularni zarrachalarini birlashtirish uchun suvsizlangan toshko'mirli saqichdan foydalaniladi.

Dastlabki qattiq materiallar maydalanadi, qizdiriladi, yanchiladi, yoyiladi va bog'lovchi materiallar bilan aralashtiriladi. Olingan qorishmadan elektrodler presslanib kuydiriladi, grafitlanadi (elektrodler uchun), mexanik qayta ishlanadi va sinalgandan so'ng iste'molchilarga jonatiladi.

Materialleri olovli toblash yoki elektr pechlarida 1200-1250°C haroratda va havo ishtirokisiz olib boriladi. Dastlab materiallar harorati past bo'lgan pech zonasida quritiladi, qizdirilgandan keyin esa bosqichma bosqich 200°C haroratgacha sovutiladi.

Materiallarni aralashishi 120-130°C haroratgacha qizigan pechlarda amalga oshiriladi, chunki odatdagi haroratda saqich qovushqoq, qurum esa qattiq material ko‘rinishda bo‘ladi.

Elektrodlarni presslash odatda, gidravlik presslarda elektrod massasini bosim ostida mundshtukdan o‘tqaziladi.

Kuydirishdan asosiy maqsad – bog‘lovchi materiallarni kokslash va elektrodلarga mexanik mustahkamligini va boshqa qator fizikaviy xususiyatlarni oshirish. Kuydirish 1250-1350°C haroratda havo ishtirokisiz olib boriladi, bu jarayon o‘rta va yirik mahsulotlar uchun 15-20 sutka davom etadi; kuydirishdan so‘ng mahsulot sekin sovutiladi.

Grafitlash jarayoni maxsus elektrpechlarda olib boriladi, bu yerda “kul rang” elektrodلar pechga tahlaniб mayda koksik sepiladi va ustigi qatlamiga qum sepilib qizdiraladi. Bunday holda yuklangan pechdan elektr tok o‘tqazish natijasida elektrodلar asta-sekin 2000°C dan yuqori haroratgacha qiziydi va uglerod kristal grafit shakliga grafitga o‘tadi.

Grafitlash jarayoni maksimal harorati 2300-2800 °C gacha olib boriladi, lekin pech va unda bo‘lgan elektrodلarni bu haroratgacha qizdirilishi va bundan so‘ng sovutilish asta sekinlik bilan o‘tadi. Umuman grafitlash jarayoni davomiyligi bir necha sutka davom etadi. Elektrodلarni grafitlash natijasida unلarning bir qator xususiyatlarini oshirishishiga va unلarni solishtirma qarshiligini kamayishiga olib keladi. Po‘latni elektr eritish natijasida elektrodلarni yoqotilishi kamayishi bilan bir qator afzalliklarga ega, bular qatorida 1 t po‘latga elektrodلarni kam sarflanishi ham kiradi. Shu tufayli bunday elektrodلar po‘lat elektrometallurgiyasida keng qo‘llanilishiga sabab bo‘ladi.

Elektrodلarga bo‘lgan talablar va unلarning hususiyatlari

Elektrodلarga bo‘lgan talablar quyidagicha:

- 1) yuqori elektroo‘tkazuvchanlik;
- 2) kam issiqlik o‘tkazuvchanlik;
- 3) oksidlash davrining boshlanishi harorati balandligi;
- 4) tarkibida kul va ayniqsa oltingugurt miqdorini kam bo‘lishi;

5) mexanik mustahkamligi va ishlov beruvchanligi yetarlicha bo'lishi;

6) narxining arzonligi.

Elektr o'tkazuvchanlik va kam issiqlik o'tkazuvchanlik talablarini bajarilishi elektrodalarda elektr va issiqlik yoqotish ko'rsatgichlarni pasligini ta'minlab beradi. Bu talablar grafitli elektrodalarda yuqori haroratda qoniqarli bajariladi.

Elektrod materiallarining elektro'tkazuvchanligini oshirish natijasida tok ko'ndalang kesim zichligi oshishiga olib keladi, elektr yoy atrofida materiallar sochilishi kamayadi va umuman elektrod sarfi kamayadi. Odatda grafitlangan elektrodlar solishtirma qarshiligi 0°C da $(8-10) 10^{-4} \text{ Om}\cdot\text{sm}$, ko'mirni elektrodleri esa $(40-60) \text{ Om}\cdot\text{sm}$ teng bo'ladi. Hozirgi vaqtda solishtirma elektr qarshiligi kam $(7-8) 10^{-4} \text{ Om}\cdot\text{sm}$ bo'lgan, diametri 500-600 mmli, tok zichligi $12-15 \text{ A/sm}^2$ o'rniga $25-35 \text{ A/sm}^2$ bo'lgan grafitli elektrodlar ishlab chiqarilmoqda.

Oksidlanish jarayoni boshlanish harorati grafitli elektrodalarda ($630-660^{\circ}\text{C}$) ko'mirli elektrodarga ($400-450^{\circ}\text{C}$) nisbatan yuqoriroq bo'ladi. Bu holat yuqori zichligi va kristall strukturasi tartibli joylashishiga bog'liq. Grafitli elektrodlar tarkibida ko'mirli elektrodarga nisbatan kul miqdori (0,1-0,5%) va oltingugurt (0,1% ko'p emas) kamroq. Ularda mexanik qayta ishlovchanlik xususiyati ancha yuqori bo'ladi. Grafitli elektrodlar narxi uglerodli elektrodarga nisbatan 3,0-3,5 qimmatroq. Bu narx tushuntiriladiki ya'ni ularni sarflashda qimmat homashyolardan foydalanish oqibatida yuzaga keladi. Bu narxlar orasidagi katta farq uglerodli elektrodarga nisbatan 2-2,5 barobar kam sarflanishi va boshqa afzalliklari bilan qoplab ketadi.

Grafitli va ko'mirli elektrodlar silindr shakllarda quyidagi standart diametrlar bilan tayyorlanadi: 75, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500 va 555 mm; ko'mirli elektrodlar ham shunday diametrli bo'ladi (faqat 75 va 555 mm dan tashqari) va qo'shimcha diametrlar: 600, 650 va 750mm bo'ladi.

Nazorat savollari

1. Qanday elektrodlar erish sharoitida sarflanmaydiganlar elektrodlar toifasiga kiradi?

2. Sarflanadigan elektrodlar nimalardan tayyorlanadi?
3. Elektrodlar ishlab chiqarish uchun xomashyolarni keltiring.
4. Grafitlash jarayoni tugallaydigan chegarali harorati nechiga teng?
5. Elektrodga nisbatan qanday asosiy talablar qo'yiladi?
6. Grafitli elektrodning ko'mirli elektrodلarga nisbatan afzalliklari.

4 – ma'ruza Pechga shixta yuklash va pech aylantirish uchun qo'llaniladigan mexanizmlar.

Ma'ruza rejasi:

1. Pechga shixta yuklanishi.
2. Elektrodlarni harakatlantirish mexanizimi.
3. Elektrodلar harakatlantirish usukunalarini turlari.
4. Pechdan chiqayotgan gazلarni chiqishi va tozalanishi.
5. Pechdan chiqayotgan gazلarni chiqarish usullari.

Pechga shixta yuklanishi ochirilgan tokda va elektrodلar ko'tarilgan holatda, ya'ni sovutilgan futerovka sezilarli darajada bo'lgan sharoitoda amalga oshadi. Shuning uchun jarayon davomiyligini uni mexanizasiyalash yo'li bilan va ishni to'g'ri tashkillashtirish yordamida minimumga olib kelish kerak. Hozirgi zamonaviy pechlarda badiya yordamida yuklashning mexanizasiyalashgan usuli qo'llaniliniladi. Bunda davomiylik bir badiya uchun 3-5 daqiqa tashkil etadi.

Pech qolipini burilishi ikkita elektrodvigatel va silindirli reduktor tarkibida bo'lgan mexanizim yordamida amalga oshadi.

Elektrodlarni harakatlantiruvchi mexanizmlar

Elektrodalarni harakatlantirish mexanizmi, yoyli elektr pechlarda murakkab ekspluatatsion sharoitlarda ishlaydigan eng ma'suliyatli mexanizmlaridan biri hisoblanadi. Eritish jarayonida ayniqsa shixtaning erish paytida, ular doimiy ravishda reversiv harakatida bo'ladi. Umumiy talablardan ishlashning mustahkamligi,

kichikligi, xizmat ko'rsatishning qulayligi, quvvati kichikligi, ta'mirlashni qulayligi kabi elektrodlar harakatlantirish mexanizmlari uchun quydagi talablar qo'yilgan:

1. Harakatlantirish tezligi ya'ni elektrodlarni tushurishda eng kami (0.02-0.03 m/s), ko'pi bilan esa (0.05-0.08 m/s) bo'lishi kerak.

2. Elektrodlarning o'z erkinligida tushirishning va majburiy tushurish natijasida uning sinishini oldini olish.

3. Mexanizmning harakatlanuvchi qismining kichik inertsionligi.

4. Tez harakatlanish va shu bilan birgalikda tez to'xtatish.

5. Mexanizm alohida qismlari orasida imkoni boricha kichik bo'lishi

6. Mexanizmning harakatlanuvchi va tayanch qismlarida hamda ular orasida harakatchan qismlarda ham deformatsiyaning yo'qligi.

Hozirgi vaqtda elektrodlarni harakatlantirish uchun ikki turli qurilma qo'llaniladi:

1) Pech qolipiga mahkamlangan harakatlanmaydigan kollonnalarda yuradigan karetkalarga elektrod ushlagich englari o'rnatilgan.

2) Pech qolipiga mahkamlangan harakatlanmaydigan korpus ichida yuradigan teleskopik ustunga elektrushlagich o'rnatilgan.

Pech gazlarini chiqarish va tozalash

Yoyli po'lat eritish pechlarida eritish jarayoni natijasida ajralib chiqayotgan issiq gazlar tarkibida chang miqdori yuqori bo'ladi. Gaz chiqarishda va tozalashda bir qancha muammolarni yechish talab qilinadi. Dastlab pechning ishchi qismiga gazlarni to'liqligicha so'rilishini oldini olish kerak va chiqayotgan gaz oqimini rasional yo'li bilan chiqarish kerak. Tajribadan olingan natija bo'yicha pech shifti futeovkasida maxsus o'yilgan joydan gazlarni chiqarish mumkin. Agar pechda ijobiy bosim sharoiti bo'lsa gazlarni ochiq ishchi oynadan chiqarish ham mumkin. Bunday sharoitda gazlarda uglerod oksidi konsentrasiyasi havfli miqdorga etmasligini (60-75%) kuzatib turishi kerak.

Bundan so'ng tarkibda bo'lgan yoqilg'ni yonishi va gazlarni sovutish uchun yaratilgan sharoitda tarkibida chang bo'lgan gazlarni chiqarishni bajarish mumkin va gazlarni changdan tozalashni amalga oshirsa bo'ladi. Yoy pechlarda gazlarni

tozalash qurilmalardan foydalanish murakkab va shu bilan birgalikda qimmat hisoblanadi, bu uskunalarning kapital harajati umumiy qurilmaning harajatidan 15-20% tashkil qiladi.

Pechdan tarkibida chang bo'lgan gazlarni chiqarishini quyidagi usul bilan bajarsa bo'ladi:

- 1) pech joylashgan sexning kuchaytirilgan aerasiyasi.
- 2) pech bilan mexanik bog'lanmagan holda va elektrodlar ustiga o'rnatilgan so'ruvchi zontlar.
- 3) pechga mahkamlangan va unda harakatlangan xil shakildagi so'ruvchi uskunalar.

Pechdan chiqayotgan gazlarning harorati $1000-1400^{\circ}\text{C}$ teng va pech shiftining maxsus tuynukidan chiqariladi. Tuynukning diametirini aniq o'lchash uchun 5-125 tonnali pechlar uchun amaliy nisbatini qo'llash mumkin.

$$d_{(\text{tuynuk})} = (0,16-0,19) D_{k,m}$$

bu yerda D_k – pech qobig'ining tashqi diametri, m.

Pechda gaz bosimining normal holati $5-25 \text{ N/m}^2$ (0,5-2,5 mm.suv ust.) teng, tuynukda gazning harakatlanish tezligi 20-30 m/s ni tashkil qiladi.

Gaz tozalovchi qurilmalarni tanlashda yoyli po'lat eritish pechlarda gaz tarkibidagi changlar xususiyatlariga e'tibor ko'rsatish kerak:

1) mayda dispersli chang (umumiy foizdan 70% ga yaqin 2 mkm ni chang tashkil topgan va shu jumladan changning sezilarli qismi 0,5 mkm dan kichik bo'lgan), suv bilan kam ho'llanadi, materialni filtrlarda qiyin ajratiladi, yuqori elektr qarshilikka ega bo'ladi.

2) changlarning kimyoviy tarkibi eritiladigan po'lat va shlak hosil qiluvchi materiallarga bog'liq; uglerodli po'latrni eritish davrida changlarning kimyoviy tarkibi quyidagicha, %: 35-63 Fe_2O_3 ; 4-18 FeO ; 6-15 CaO ; 4-12 MgO ; 3-13 Al_2O_3 ; 2-14 SiO_2 va boshqalar.

3) changlarning asosiy qismi (75 % gacha) shixtalarning eritish davrida va asosan metall vannasiga kislorodni intensiv purkash davrida ajraladi.

Nazorat savollari

1. Pechga shixta yuklash qanday sharoitlarda amalga oshiriladi?
2. Elektrodlarni harakatlantirish mexanizmlarga qanday maxsus talablar qo'yilgan?
3. Elektrodlarni harakatlantirish mexanizmidagi qarshi og'irlikni qo'llanishi.
4. Gazlarni chiqarish va tozalashda qanday masalalarni yechishga to'g'ri keladi?
5. Changli gazlarni pechdan chiqarish usullarni aytib bering.
6. Gaz tozalovchi uskunalarni tanlashda changning qaysi xususiyatlariga e'tibor berish kerak?

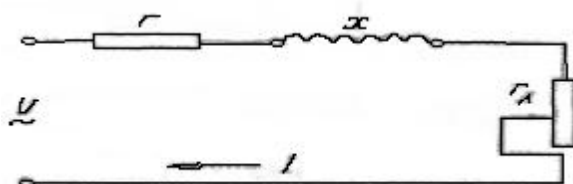
5-ma'ruza Yoyli pechlarning elektr xususiyatlari.

Ma'ruza rejasi:

1. Yoyli elektr pechning oziqlanish sxemasi.
2. Elektr tasnifi tuzishda dastlabki shartlar.
3. X qarshiligi kattaliklarini kamaytirish uchun konstruktiv choralar.
4. Faol qarshilikni r kamaytirish choralari.
5. Yoyli pechlarning nazariy va elektr tasnifi.
6. Yoyli pechning issiqlik tasnifi.
7. Eritish jarayonining davrlarida pechning ishchi qismida issiqlik almashuvining o'zgarishi.
8. Yoyli pechlarning issiqlik yoqolishlarining kattaliklari.
9. Yoyli elektr pechning ishchi diagrammasi.
10. Yoyli elektr pech elektr energiyasining sarflanishi.

Yoyli pechlar meyorida ishlashi uchun elektr va issiqlik xususiyatlarini hamda eritishning texnologik asosini mukammal o'rganish kerak bo'ladi. Pechning ishashining bu uchta tarafi o'zaro bog'liq, lekin har biri o'z xususiyatiga ega bo'lib, ularni alohida ko'rib chiqish zarurdir.

Yoyli pechlarni tok bilan ta'minlash sxemasi 4 rasmda keltirilgan.



4- rasm.Yoyli pechni oziqlantirish sxemasi.

Bu sxemada bir faza uchun pech qurilmalarining (elektr yoydan tashqari) alohida maydonlarining barcha aktiv va induktiv qarshiligi mos ravishda r va x ko‘rinishda birlashtirilgan.

Elektr tasniflanishni tuzish uchun quyidagi boshlang‘ich shartlar qabul qilingan:

- 1) tarmoq kuchlanishi U , r va x qarshiligi tok kuchiga bog‘liq bo‘lmaydi va ular doimiy qiymatga ega;
- 2) tok va kuchlanishning o‘zgarishi sinusoidal chiziq bo‘yicha sodir bo‘ladi;
- 3) bir xil issiqlik sharoitda bo‘lgan elektr yoyi bir jinsli elektrodlar orasida yonadi. Uning qarshiligi faol hisoblanadi;
- 4) shlak va metall qarshiligi nolga teng;
- 5) pech transformatorinig tokini bo‘sh qadami nolga teng;
- 6) toklar, kuchlanishlar va qarshiliklar alohida fazalarda bir xil;

Bu sxema uchun Om qonunini qollash mumkun va bu asosida hamma tegishli kattaliklar olingan.

$$I = \frac{V}{\sqrt{(r + r_g)^2 + x_2}} \quad (5.1)$$

Uch fazali pech qurilmalari uchun:

Umumiy quvvat $S = 3UI \cdot 10^{-3} \text{ kVA.}$

Induktiv quvvat $Q = 3I^2 \cdot 10^{-3} \text{ kVA.}$

Faol quvvat $P = 3I^2 \cdot 10^{-3} \sqrt{\left(\frac{U}{T}\right)^2 - x^2} \text{ kVt}$ (5.2)

Elektr quvvatining yo‘qolishi $R_{e,y} = 3I^2 r \cdot 10^{-3} \text{ kVt}$ (5.3)

Elektr yoylarining quvvati $P_{yoy} = 3I^2 \cdot 10^{-3} \left[\left(\sqrt{\frac{U}{T}} \right)^2 - x^2 - r \right] \text{ kVt}$ (5.4)

Yoylardagi kuchlanish $U_{yoy} = P_{yoy} \cdot 10^{-3} / 3I \text{ V.}$

(5.5)

Quvvat koefitsiyenti $\cos \alpha = P / S .$

Elektrik f.i.k. $\eta_E = P_{yoy} / P$.

Yoy quvvatini, elektr f.i.k.ni va pech qurilmalarining quvvat koeffitsiyentini oshirish uchun kuchlanishni U oshirib, r va x qarshiliklarni kamaytirish zarur. Real sharoitda yoylarning quvvati va kuchlanishi texnologik va issiqlik chegaralanishga ega bo'lishini va induktiv qarshilikni kamayishi yoylarni uzluksiz yonishini buzmasligini va katta ekpluatsion qisqa tutashuvlarni paydo bo'lishini inobatga olish kerak. Katta hajmli pechlar uchun ($>40t$) x kamayishiga bir qator konstruksion choralar qo'llaniladi:

a) transformator pechga yaqinlashishi va tok o'tqazuvchanlik qismlarini ratsional joylashishi yoyli bilan "qisqa tarmoq" ning shinali tok o'tqazuvchining uzunligini qisqarishi;

b) qarama-qarshi tok o'qimi bilan bo'lgan kabel va shinalarni maksimal yaqinlashishi bilan "qisqa tarmoq" larini joylanish mahsus sxemani qo'llash;

v) konstruktiv elementlarda shina uzatishning yonida magnitli po'latni magnitsiz po'latga almashtirilishi;

g) yopiq kontur o'rniga ochiq magnit konturlar qurilmalarini qo'llash;

d) pech transformatorlarining ichki qarshiligini kamaytirish.

Aktiv qarshilikni r kamayish natijasida (doimiy tok sharoitida) elektr yo'qolishining kamayishiga va qurilmaning elektr f.i.k. oshishiga olib keladi. O'rtacha elektr yo'qolishi qurilmaga beriladigan elektr energiyasidan 8-12% ni tashkil qiladi va quyidagicha taqsimlanadi, %:

shinalar, yuqori kuchlanishli apparatlar va

transformatorlarda 2-3,

shinalar va kichik kuchlanishi bo'lgan kabellar 3-4,

elektr saqlagichlarda 0,5-1,

elektrodlarlar 3-4(6).

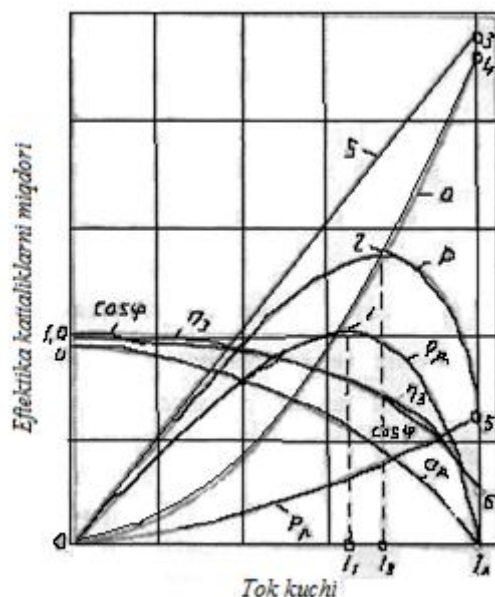
Aktiv qarshilikni r kamaytirish uchun induktiv qarshilik bilan birga bo'lgan choralardan tashqari quyidagilar ham bor:

a) kichik solishtirma qarshilikli elektrodslarni qo'llash va ularni bir biri bilan birlashtirish;

b) tok yoyida barcha kontaktlarni holati yaxshiligi, kontaktlarda svarka qo'llanishi.

v) kichik qarirshiligi bo'lgan elektr ushlagichlarni qo'llash va ularda elektrodلarni mustaqil mahkamlanishi.

Yoyلarning elektr xususiyatlarininig nazariyasi 5- rasmda ifodalangan.



5-rasm. Yoy pechlarining nazariy elektr xususiyatlari .

Yoyli pechlarning issiqlik xarakteristikasi

Issiqlik tasnifi sifatida pechda shlak qatlamidan yuqoriroq bo'lgan devorلarning ichki yuzasining harorati va uning issiqlik yoqotish quvvatlar qabul qilingan. Ichki qismining harorati bir tomondan pechga berilayotgan quvvat va kuchlanishga bog'liq, boshqa tomondan esa pechning ishchi qismidagi issiqlik almashuvini ifodalaydi. Bundan tashqari u shlak va metall harorati bilan bog'liq, ya'ni yoyli pechning texnologik ishlashiga bog'liq. Issiqlik yo'qolish quvvati yoyli pechning ishchi tartibiga asoslanib tanlashga va bundan tashqari issiqlik metallurgiya dastgohi sifatida takomillashtirish darajasini baholashga imkoniyat beradi.

Yoyli pechning ishchi qismida issiqlik almashuvi erish jarayoning alohida davrlarida pechga beriladigan elektr energiya asosiy xususiyati va unda shixta,

metall, shlak holatiga bog‘liq bo‘lib farqlanadi. Dastlabki eritma pechdan quyilgandan so‘ng tok ochadi, pechda zapravka va shixta yuklanish ishlari olib boriladi. Boshida ichki yuzaning harorati tez pasayib, so‘ngra sekinlashib boradi. Shixta yuklangandan so‘ng, shixtani haroratiga nisbatan harorati baland bo‘lgan pech futerovkasi qisman issiqligini shixtaga uzatib boradi. Bu jarayon shixta etitilish davrining boshida boshlanib, ularning harorati tenglashmaguncha amalga oshadi.

O‘rtacha issiqlik yo‘qotish quvvatini taxminan baholash uchun quydagi ifodadan foydalaniladi:

$$P_{i,yo.}=A G^{0,5} \quad (5.7)$$

Bu yerda: A – kichik pechlar uchun 250 kVt va katta pechlar uchun esa 400 kVt ni tashkil qiladi.

Yoyli pechlarning issiqlik yoqotilishlari elektr yoqotilishlardan yuqoriroq bo‘lib, ularning qiymatlari pechning ishchi qismining qurilmalariga, hajmiga va eritmaning texnologik jarayoning asosiy xususiyatlariga bog‘liqdir. Eritish jarayoniga elektr energiya sarfidan kichik hajmli pechlar uchun bu qiymat 45%, katta hajmli pechlar uchun esa 30% tashkil qiladi. Agar bu qiymatlar umumiy issiqlik kelishiga qo‘shilsa (ekzotermik jarayonlar va materiallarning fizik issiqliklar qo‘shilganda) unda ular taxminan 40 va 25 %ni tashkil qiladi.

Pechning tegishli qismlari bo‘yicha issiqlik yo‘qotilishi quyidagicha taqsimlanadi (birinchi qiymatlar katta hajmli pechlar uchun, ikkinchisi esa kichik pechlar uchun)%.

Sovutuvchi suv	6 – 10
chiqib ketuvchi gazlar	8 – 12
pechning tashqi yuzasi bo‘ylab	4 – 6
pech va svod ochiqligi	4 – 6
ishchi oyna	1 – 2
elektrodlar yuzasi	2 – 4

Pechda issiqlik yo‘qotilishi, futerovkalarning yemirilishi, eskirishi oqibatida oshadi. Shu tufayli ortiqcha elektr sarfiga olib keladi.

Yoy pechlarining ishchi diagrammasi

Ishchi diagramma yoy pechining elektr va issiqlik xususiyatlarini eritish jarayoni alohida davrlarining asosiy texnologik xususiyatlarini inobatga olgan holda birlashtiradi. Buning natijasida ular pechning ishlash ko'rsatgichlarini, bu qatorda pech ishlab chiqarish unumdorligi, eritmaga sarflanadigan elektr energiya va boshqalarni aniqlay beradi. Odatda ishchi diagrammalar eritish jarayoning alohida davrlari uchun tuziladi.

Ishchi diagramma tok kuchi yoki pech qurilmasining faol quvvati funksiyasida quriladi. Birinchi sinfli diagramma nazariy xususiyatlariga asosan hisoblash maqsadida qo'llaniladi. Ikkinchi sinfli diagramma odatda fakt diagramma korinishida bo'lib, bevosita amaliy ma'lumotlar asosida quriladi.

Elektr energiyaning umumiy sarfidan foydali sarfi qatoriga metall va shlak qizishi uchun issiqlik, hamda endotermik reaksiya jarayonlari, ekzotermik jarayoninigi issiqlik kelishidan tashqari (elektr energiyaga qayta hisoblanganda) va materiallarning fizik issiqligi kiradi.

Elektroenergiyaning foydali sarfi umumiy ko'rinishda quyidagiga teng:

$$W_{foy} = \omega_M + \omega_{sh} + \omega_{en} - \omega_{ek} - \omega_f \pm \omega_{akk} \quad \text{kV}\cdot\text{s/t}$$

boshqa tomondan

$$W_{foy} = W - W_{e.s.} - W_{i.s.} = PT / G - P_{e.s.}T / C - P_{i.s.}T / G \quad \text{kV}\cdot\text{s/t}$$

bu yerda: $P_{e.s.}$ va $W_{e.s.}$ – elektr yo'qotilishining quvvati va elektr yo'qotishlarni qoplash uchun elektroenergiya sarfi.

$P_{i.s.}$ va $W_{i.s.}$ – issiqlik yo'qotilishlarning quvvati va issiqlik yo'qotishlarni qoplash uchun elektroenergiya sarfi.

P va W – qurmaning faol quvvati va 1 tonna po'lat uchun solishtirma elektrenergiya sarfi.

G – eritmaning og'irligi.

Issiqlikni yo'qotishlarning quvvati quyidagicha topiladi:

$$P_{i.s.} = P_{i.s.} \frac{T + \Delta T}{T} \quad (5.8)$$

bu yerda: $P_{i.s.}$ – pechda eritish jarayoni va uning ishlash davrisining to‘tashlari bilan umumiy davomiyligining issiqlik yo‘qolishlarining o‘rtacha quvvati.

ΔT – eritish jarayonida to‘xtatilishlar davomiyligi.

Tok ostida pechning solishtirma ishlab chiqarish miqdori:

$$g = G/T = (P - P_{e.s.} - P_{i.s.})/W_{foy} = (P_{yoy} - P_{i.s.})/W_{foy} \text{ t/s.} \quad (5.9)$$

Solishtirma elektr energiya sarfi quyidagi formula orqali ifodalanadi:

$$W = W_{foy} + T(P_{e.s.} - P_{i.s.})/G = W_{foy} + [1 + \frac{P_{e.s.} + P_{i.s.}}{P_{yoy} - P_{i.s.}}] \text{ kV}\cdot\text{s/t.} \quad (5.10)$$

Tok kuchi I quyidagi formula orqali ifodalanadi:

$$I = \sqrt{\frac{U_2 P_{i.s.} \cdot 10^3}{3U^2 r + 2x^2 P_{i.s.} \cdot 10^3}} \quad (5.11)$$

Nazorat savollari

1. Yoy pechlarining ishlashi uchun qanday xususiyatlarni inobatga olish kerak?
2. Elektr tasnifini tuzish uchun qanday dastlab sharoitlar mavjud?
3. Yoy pechlarini oziqlantirish sxemasi uchun qanday fizik qonunini qo‘llash mumkin?
4. Qurilmaning elektr yo‘qotilishi kamayishiga va elektr f.i.k ni oshishiga nimalar qo‘llaniladi?
5. Yoyli pechlarda asosiy issiqlik tasnifini keltiring.
6. Yoyli pechning ishchi qismidagi eritish jarayoninig alohida davrlarida issiqlik almashuvi qanday o‘zgaradi?
7. O‘rtacha issiqlik yoqotilishining quvvati taxminiy baholash uchun qanday ifodalardan foydalaniladi?
8. Elektr yoyli pechlarning ishchi diagrammasi nimani ifodalaydi?
9. Birinchi sinfli diagramma nima maqsadida foydalaniladi?
10. Ikkinchi sinfli diagrammani qo‘llanilishi.
11. Elektr yoy pechlarining solishtirma elektr energiyasini aniqlash uchun ifodalarini keltiring.

6- ma'ruza Elektrodlar sarfi va uni kamaytirish chora tadbirlari

Ma'ruza rejasi:

1. Elektr yoy pechlarda elektrodlar sarfi.
2. Elektrodlar sirti haroratini tokka bog'liqligi.
3. Elektrodlar tasnifi va elektrodlar sarfi kamaytirishni chora tadbirlari.
4. Elektrodlar hisobi.
5. Elektrodlarda issiqlik oqimi taqsimlanishi sxemasi.

Elektrodlar sarfi ishlash sharoiti va sifatiga nisbatan katta oraliqlarida o'zgarib turadi.

O'rtacha bir tonna erigan po'lat uchun 5-7 kg grafitli yoki 10-15 kg ko'mirli elektrodlar sarflanadi. Alohida bandlar bo'yicha umumiy sarfi taxminan quyidagicha taqsimlanadi, %:

yuza oksidlanishiga	55-75
yoyda sochilishiga	15-25
elektrodlar kuyindisiga	10-20

Shunday qilib elektrodlar sarfi bandlar bo'yicha yuza oksidlanishida eng katta miqdorini tashkil etadi. Bunda asosiy qism ($\approx 70\%$) elektrod sarfi shixta erish davriga va eritish jarayoning oraliqlaridagi toxtovlar davomiyligiga to'g'ri keladi. Elektrodlar yuzasining oksidlanishini kamaytirish uchun asosiy ahamiyatni pechning germrtikasiga (ayniqsa elektrodlar pechga kirgan joylarda), elektrodlar yuzasining haroratini mumkin bo'lgan ko'rsatgichlar bilan chegaralashga va elektrodning isigan qismining kamaytirishga tushadi.

Elektrod yuzasining harorati berilgan elektr va issiqlik o'tqazuvchanlik qiymatlari bilan tok zichligi va elektrodni pechga kiritish sifatiga bog'liq. Tok zichligining mumkin bo'lgan qiymati elektrod yuzasi harorati berilgan miqdordan oshmaslik sharoitidan qabul qilingan. Elektrod kondalang kesimi diametri d quyidagi tenglama bilan aniqlanadi:

$$S_e = \frac{I}{\delta_{\text{доп}}}, \text{ см}^2 \quad (6.1)$$

$$d_e = 2 \sqrt{\frac{I}{\pi \delta_{\text{доп}}}}, \text{ см} \quad (6.2)$$

bu yerda: I – tok kuchi, A ;

$\delta_{\text{доп}}$ – mumkin bo‘lgan (допустимая) tok zishligi A/sm²;

S_e – elektrod ko‘ndalang kesimi maydoni, sm².

Elektrodlar uzunligi qisqarishi yon yuzasini kamaytiradi va elektrod sarfiga ijobiy ta’sir qiladi, lekin u pech konstruksiyasi asosiy xususiyatlari va erish sharoiti bilan chegaralanadi.

Elektrod materiallari sochilishi sarfi asosan elektr o‘tqazuvchanligi yoki solishtirma elektr qarshiligi bilan ifodalangan elektrod sifatiga bo‘g‘liq. Elektrodlarni umumiy sarfini solishtirma qarshilikga nisbatan o‘zgarishi hajmi 18 tonna bo‘lgan pech misolida ko‘rsatish mumkin:

2-jadval

Solishtirma elektr qarshilik, Om · sm · 10 ⁻⁴	Elektrodlar sarfi, kg/t	
	Diametri 300 mm	Diametri 350 mm
11,0	6,0-9,8	-
9,9	5,1-9,2	6,5-7,4
9,4	4,4-7,7	5,6-6,9

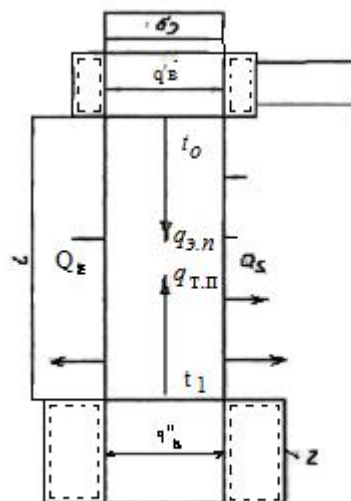
Shunday qilib elektrodlarni solishtirma qarshiligini 9,4 · 10⁻⁴ Om · sm gacha kamayishi natijasida elektrodlar sarfi taxminan 22% tushadi.

Harorati baland bo‘lgan davrda elektrodlar kuyindi va siniqlarga sarflanishi ularning mexanik mustahkamligiga hamda ekspluatasiyaning to‘g‘ri rejalashtirilgan sharoitlari va elektrodlar saqlanishiga bog‘liq. Amaliyot natijasidan bu talablarga rioya qilgan holatda bir tonna po‘lat uchun elktrodlarni kuyindi va siniqlariga sarflanishi 0,2 kg dan oshmasligi aniqlangan.

Elektrodlar hisobi

Hisobotning asosiy qismi bu berilgan tok zichligiga bog‘liq bo‘lgan elektrod diametrini aniqlash.

6-rasmda elktrodlarda issiqlik oqimining taqsimlanishi sxemasi keltirilgan. Issiqlik oqimi Q_{Σ} elektr yo‘qotilishlarning oqimi $q_{e,yo.}$ va issiqlik yo‘qotilishlari oqimlaridan $q_{i,yo.}$ tashkil topgan.



6-rasm. Elektrodda issiqlik oqimi taqsimlanishi.

$q_{v}^{\perp}$ va $q_{v}^{\parallel}$ yo‘qotishlar – elektr ushlagichlarni (1) va elektr halqalar (2) ni sovitish uchun suv bilan yo‘qotilishlar.

Elektrod diametrini quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$d_e = \sqrt[3]{0,406 \frac{I^2 S k n}{q}}, \text{ sm} \quad (6.3)$$

bu yerda k_1 –o‘lchovsiz koeffitsiyent bo‘lib, yuza effektda qarshilik ortishini hisobga oladi (diametri 300,500,750 mm elektrodlar uchun uning miqdori 1,04; 1,10; 1,25 teng).

q –elektrod yuzasidan atrof muhitga beriladigan nisbiy issiqlik uzatilishi(yuzaning harorati 500°C bo‘lganda 2,0-2,1 Vt/sm² teng).

I – tok kuchi, A.

S –solishtirma elektr qarshilik, Om·sm·10⁻⁴

Bu tenglamada tok ko'rsatgichi I —tokning o'rtacha kvadrat qiymati deb hisoblanadi. Hisob natijalariga ko'ra diametrni shunday ko'rsatgichlari bilan qabul qilingan tok zichligiga asosanib taqqoslash kerak va katta farq bo'lgan holatda oxirgi ko'rsatgichda to'xtalish kerak.

Nazorat savollari

1. 1 t eritilgan po'lat uchun elektrod sarfi o'rtacha miqdori qancha?
2. Elektrod sarfining asosiy bandi nima?
3. Tok zichligining mumkin bo'lgan ko'rsatgichlari qanday o'rnatiladi?
4. Elektrod uzunligining qisqarishi nimalarga olib keladi?
5. Elektrod materiallarini sochilishi uchun sarfi nimaga bo'g'liq?
6. Elektrod hisbining asosiy ko'rinishi qanday?
7. Elektrodlarda issiqlik oqimi qanday taqsimlanadi?

7-ma'ruza Elektr pechlarda po'lat eritib olish.

Asosiy yoyli pechlarda oksidlab po'lat eritib olish texnologiyasi

Ma'ruza rejasi:

1. Po'lat to'g'risida tushuncha.
2. Po'lat markalarini harf va son bilan belgilanishi tizimi.
3. Po'lat elektr eritish texnologiyasi turlari.
4. Asosli yoyli pechlarda oksidlab po'lat eritish texnologiyasi.
5. Pech zapravkasi.
6. Shixta tarkibi va pechgga yuklanishi.
7. Shixta eritilishi.

Temirdagi uglerod, marganes, kremniy, xrom va bir qancha boshqa elementlar bilan birga qattiq eritma po'lat deb nomlanadi, ba'zi bir elementlar po'lat tarkibiga mexanik va fizik xossalarini yaxshilash va unda har xil nuqsonlarni paydo bo'lmasligi uchun qo'shiladi.

Bunday elementlar qatoriga uglerod, marganes, kremniy, xrom, nikel, volfram, molibden, vanadiy va boshqalar kiradi.

Po‘lat tarkibida ma’lum miqdorda zararli qo‘shimchalar ham mavjud: P, S, O₂, H₂, va N₂. Bu qo‘shimchalar pech atmosferasidan va shixta materillardan po‘latga o‘tadi.

ГОСТ bo‘yicha po‘latlarni harf sonli belgilash tizimi qabul qilingan. Legirlangan elementlar quyidagi harflar bilan belgilanadi: Г- marganes, С- kremniy, Х- xrom, Н- nikel, М- molibden, В- volfram, Ф- vanadiy, К- kobalt, Ю- alyuminiy, Т- titan, Р- bor, Ё- niobiy.

Birinchi harf oldiga qo‘yilgan son o‘nli yoki yuzli foizlarda uglerodning o‘rtacha qiymatini belgilaydi. Harflar po‘latninig qaysi element bilan legirlanganini ko‘rsatadi. Har bir harfdan keyin qo‘yilgan sonlar po‘latni legirlovchi elementlar miqdorini foizlarda ko‘rsatadi.

Legirlovchi element miqdorining foyizi bir yoki undan kam bo‘lsa, belgilangan harfdan so‘ng bu son tashlab qoldiriladi. Marka oxiridagi qo‘yilgan A harfi po‘lat tarkibidagi fosfor va oltingugurt miqdori bo‘yicha yuqori talablar qo‘yiladi, bu markali po‘latlarda fosfor va oltingugurt miqdori 0,025 % ni tashkil etadi. Agar marka belgilanishi oxirida A harfi bo‘lmasa ligerlangan po‘latda P va S miqdori yuqoriroq, ya’ni 0,035 % gacha bo‘lishi mumkin.

Elektr po‘lat eritish texnologiyasining ko‘p turlari mavjud. Ular bir-biridan qo‘llaniladigan dastgohlari bilan (elektr yoy pech, induksion pech), qo‘llaniladigan futerovka bilan (asosiy, nordon) hamda eritish davrida har xil jarayonlar ketma-ketligi bilan farqlanadi. U yoki bu texnologiyalarni qo‘llash po‘latga qoyilgan talablar, shixta materiallarini qo‘llash usullariga va texnik-iqtisodiy mulohazalarga asoslanadi. Eng keng tarqalgan usul yoyli elektr pechlarda po‘latni oksidlab eritib olish texnologiyasi hisoblanadi.

Asosiy yoy pechlarida oksidlab po‘lat eritish texnologiyasi

Oksidlab po‘lat eritish jarayoni quyidagi bosqichlardan iborat: 1)pechni hozirlash (zapravka); 2)pechga shixta yuklash; 3)shixta eritish; 4)oksidlash davri; 5)tiklash davri; 6)metall chiqishi.

Pechni hozirlash

Erish jarayonida yonbog‘ tayyorlanagan material qisman shlakka o‘tadi. Bu jarayon yonbog‘ qalinligini kamayishiga olib keladi. Pech tubining yuqori qavati shixta yuklanish natijasida mexanik, erish jarayonida elektr yoy va qaynash bilan tiklash davrida suyuq metall ta’siriga uchraydi, buning natijasida pech tubi ancha zararlanadi. Shuning uchun uym solishdan oldin pech eritishga hozirlanadi (zapravka qilinadi). Metall chiqarilganadan so‘ng pech tubi shlakdan va metallardan tozalanadi, va vannani dastlabki shaklgacha tiklash uchun yonbog‘ bilan tubiga magnezitli kukun yuklanadi.

Shixta tarkibi va uni pechga yuklash

Qo‘llaniladigan shixta kimyoviy tarkibga va o‘lchamlarga ajratiladi. Oksidlab eritish uchun shixta materiallari sifatida uglerodli, past legirlangan po‘lat va cho‘yan ishlatiladi. Tarkibida volfram va vanadiy bo‘lgan chiqindilar ishlatilmaydi. Shu sababga ko‘ra yuqori xromli tarkibga ega chiqindilar ham ishlatilmaydi.

Shixta tarkibida uglerod darajasini oshirish uchun shixtada cho‘yan, koks yoki elektrodlar ishlatiladi. Shixta tarkibiga cho‘yan kiritilishi uning tarkibida fosfor miqdorini oshiradi. Shixtada fosfor miqdorining ortib ketmasligi uchun cho‘yandan 10% nigina qo‘shiladi.

Pechda shixta zich joylashib va yaxshi erishi uchun turli o‘lchamda po‘lat lomi ishlatiladi. Odatda mayda shixta bilan bir qatorda qirindilar 20-30%, yiriklari 30% gacha va o‘rtacha o‘lchamli shixtalar 30-40% bo‘lishiga harakat qilinadi.

Pech tubiga odatda temir qirindi va bir qism yengil shixtalar yuklanadi. Shixtaga bu qatlamni solishdan maqsad uni og‘ir lom bo‘laklari zarbasidan asraydi. Yengil shixta ustiga og‘irlom va o‘rta o‘lchamli shixta yuklanadi; tepa qismini esa mayda shixtalar bilan to‘ldiriladi. Yuqori qismida og‘ir lom bo‘lmasligi shixta cho‘kayotgan vaqtda buzilishlar xavfi kamayadi.

Zamonaviy yoy pechlari badya yordamida pech yuqorisidan yuklanadi. Shixta lomi birinchi badyadan yuklanishi bilan pech yoqiladi. Birinchi badyadan tushgan shixta erishi bilan pechda katta hajmli bo'shliq paydo bo'lgandan so'ng ikkinchi badyadan shixta yuklatiladi va hokazo.

Shixta erishi

Hozirgi zamon yoy pechlarining korpusi aylantiruvchi moslama bilan o'rnatilgan. Pechni yoqishdan oldin uni ishchi oynasini normal holatdan 40^0 burchakka og'diriladi. Elektrodlar tagida shixta eriganidan so'ng elektrodlar bilan pech shifti ko'tarilib pech korpusi qarama-qarshi tomonga 80^0 buriladi. Bundan so'ng pech yana yoqiladi. Bu eritish usulda elektr yoy to'xtovsiz ta'sir etgan zona ko'payadi, bu "ko'priklarni" yakson qilib, shixta erish sharoitini yaxshilaydi.

Suyuq metallga kislorod purkab erish davri davoyimligi qisqartirish mumkin. Uchinchi va to'rtinchi shixtaning to'rtidan uch qismi erigandan so'ng hosil bo'lgan suyuq vannaga kislorod yuboriladi. Fe, Mn, Si va boshqa metallar gazli kislorod bilan oksidlanib katta issiqlik ajratadi va buning natijasida skrap erishi tezlashishiga olib keladi. Bu usulda kislorod purkalganda erish davri 10-20 minutda qisqaradi; kislorod sarfi esa $5-10 \text{ m}^3/\text{t}$ ni tashkil etadi.

Elektr yoy ta'sirida erigan shixtadagi metall qisman bug'lanadi. Taxminan 2-3% metall bug'lanadi deb qabul qilsa bo'ladi. Vanna kislorod bilan purkalganda metall bug'lanish intensivligi ortadi. Metall bilan kislorod ta'sir etgan zonalarda katta issiqlik ajralib chiqadi va u yuza qatlamini qizishiga olib keladi. Bu joylarda metall harorati 2000^0C dan oshadi. Bu harorat metall va undagi qo'shimchalarni bug'lanishini oshiradi. Temir va boshqa elementlar bug'lari metall qatlamidan ko'tarilgach, qisman kondensatsiyalanadi, oz miqdorda atmosferaga chiqib bu yerda oksidlanadi. Bu bilan pechda metall kislorod bilan purkalganda ajralib chiqayotgan quyuq gazlar bilan ifodalanadi.

Nazorat savollari

1. Po'latni qanday ifodalasa bo'ladi?

2. Po‘latdagi qaysi qo‘shimchalar zararli hisoblanadi?
3. Po‘lat markalanganda legirlovchi elementlar harf-sonli belgilash tizimi qanday belgilanadi?
4. Po‘lat markalanganda birinchi harf va son nimani bildiradi?
5. Po‘lat markasi oxiridagi “A” harfi nimani bildiradi?
6. Po‘latlarni elektr eritish texnologiyasi turlari nima bilan bir-biridan farq qiladi?
7. Asosiy yoy pechlarda oksidlanishi bilan boradigan eritish jarayonlari nechta bosqichdan iborat?
8. Yoy pechlarda hozirlash qanday amalga oshiriladi?
9. Yoy pechlarga yuklangan shixtalar qaysi belgilariga ko‘ra ajratiladi?
10. Shixtada uglerod miqdorini oshirish uchun nimalardan foydalaniladi?

8-ma’ruza Eritish jarayoning erish va eritmaning oksidlash davrlarining fizik-kimyoviy tavsifi.

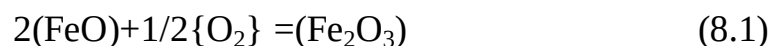
Ma’ruza rejasi:

1. Oksidlovchi eritish davrining oksidlash jarayonlari.
2. Uglerod oksidlanishi.
3. Kremniy oksidlanishi.
4. Marganes oksidlanishi va tiklanishi
5. Fosfor oksidlanishi.
6. Xrom oksidlanishi.
7. Vanadiy oksidlanishi.
8. Volfram oksidlanishi.

Shixta tarkibidagi bir qator qo‘shimchalar tayyor po‘latda mumkin bo‘lgan tarkibi miqdordan ustunlik qiladi. Erish jarayonida bu qo‘shimchalarning ortiqcha miqdori metallardan oksidlab ajratiladi; oksidlanish jarayoni erish davrida va eritmaning oksidlash davrida sodir bo‘ladi. Eritilish davri eritish jarayoni davomiyligi eng uzun deb hisoblanadi, shuning uchun bu davrni po‘lat tarkida bo‘lgan zararli qo‘shimchalarni, ayniqsa fosforni maksimal yoqotish uchun qo‘llashga harakat

qilinadi. Oksidlanish davrida oksidlovchi reaksiyasi yakunlaydi, po‘latdan gazlar ajralib chiqadi va metall kerakli haroratgacha qiziydi. Oksidlovchi jarayon oqimini boshqarish uchun unga to‘sqinlik qilgan yoki amalga oshishiga yordam beradigan sharoitlarni bilish zarur.

Uglerod oksidlanishi. Po‘lat eritish jarayonining eng asosiy reaksiyalaridan biri uglerod oksidlanishi deb hisoblanadi. Bunda metall dan uglerod oksidi pufaklar ko‘rinishida ajralib chiqib, suyuq metall aralashishiga va gazlar ajralib chiqishiga olib keladi. Intensiv aralashuv o‘z navbatida metallarning yaxshi issiqlik yutishiga olib keladi va po‘lat eritish pechlarida barcha jarayonlarni tezlashtiradi. Uglerod metallga gaz fazadan o‘tgan kislorod bilan yoki temir rudalari bilan pech ichiga kiritilganda kislorod bilan oksidlanadi. Gaz fazada toza holatda bo‘lgan kislorod, suv bug‘lari yoki uglekislota ko‘rinishida bo‘lgan kislorod shlak temiri bilan temir achitqisi bilan ta’sirlashadi; buning natijasida shlakning temir achitqisi temir oksidiga aylanadi:



Vannaga temir rudasi qo‘shilsa, shlakda temir oksidi oshirilishiga olib keladi. Shlak metall maydalari bilan o‘zaro ta’sirlashsa metall oksidi achitqiga aylanadi:



Hosil bo‘lgan temir achitqisi shlakda qisman qoladi yoki metall tarkibida kislorod miqdorini oshirib qisman o‘tib ketadi.



Muvozanat sharoitida quyidagicha bo‘ladi:

$$L = [\text{O}] / [\text{FeO}] \quad (8.4)$$

Bu yerda: $[\text{O}]$ – kislorodning metall dagi konsentratsiyasi;

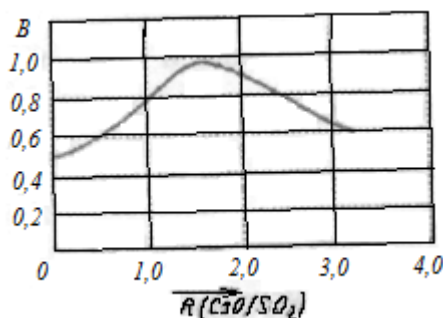
(FeO) – shlakda temir achitqisining konsentratsiyasi;

L – metall bilan shlak orasida kislorodning taqsimlanish koeffitsiyenti.

L koefitsiyenti harorat va shlak asosligini funksiyasi bo'lib quydagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$\lg L = -\frac{600}{T} + B \quad (8.5)$$

Agar [O] va [FeO] massa bo'yicha foizlarda ko'rsatilsa, B ko'rsatgichi 7- rasmdan aniqlansa bo'ladi



7- rasm. B ko'rsatgichi miqdori shlak asosligiga R (CaO/SiO₂) bog'liqligi .

Eritishning oksidlanish davrida metallardan shlakka o'tib brogan kislorod bilan birga uglerod oksidlanish, buning natijasida metallardan qisman kislorod uglerod oksidi ko'rinishda chiqib ketadi. Uglerodning oksidlanishi geterogen reaksiya hisoblanadi. Bu reaksiya suyuq metall yuzasi gaz pufaklari bilan ta'sirlanishi quyidagi reaksiya bilan boradi:



Metallda uglerod va kislorod konsentratsiyalari past bo'lsa ular aktivligi proporsional konsentratsiyalar deb qabul qilinishi mumkin.

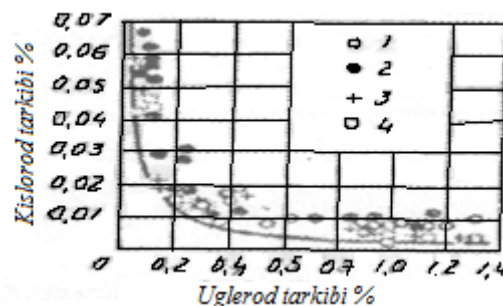
Muvozanat sharoitida tenglama quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$K_C = \frac{P_{CO}}{[C][O]} \text{ yoki } \frac{1}{K_C} = \frac{[O][C]}{P_{CO}} = m \quad (8.7)$$

1550-1650 °C harorat intervalida m ko'rsatgich qiymati haroratga bog'liq bo'lmaydi, lekin uglerod miqdoriga bog'liq bo'lib o'zgaradi.

$$m = 0,002 + 0,001 [C].$$

Gaz fazada uglerod oksidining portsial bosimi 1 atm ga teng bo'lsa, muvozanat sharoitida (1) reaksiya bo'yicha po'latdagi kislorod miqdori faqatgina uglerod miqdoriga bog'liq bo'ladi.



8-rasm. Elektr eritish jarayonida po'lat tarkibda kislorod miqdorining uglerod miqdoriga bog'liqligi.

Eritish jarayonining oksidlash davrida po'lat tarkibida uglerod miqdori 0,1-1,0 % orasida bo'ladi, shuning uchun m ning miqdori oksidlash davri uchun 0,0021-0,003 orasida bo'ladi; o'rtacha miqdorini 0,0015 deb olsa ham bo'ladi. Gazli fazada uglerod oksidining parsional bosimi metall bilan muvozanat sharoitida taxminan quyidagi tenglama bilan aniqlanadi:

$$P_{CO} = \frac{[C][O]}{m} = \frac{[C][O]}{0,0025} \quad (8.8)$$

P_{CO} – uglerod oksidini metallardan chiqishiga intilishini ko'rsatuvchi tavsifi; bu ko'rsatgich uglerod oksidini chiqish tarangligi deyiladi.

Po'latda uglerod oksidlanishi metallardan ajarlib chiqib “qaynash” effektini chaqiruvchi gaz pufaklar hosil bo'lishi bilan o'qib boiradi. Po'latdagi pufaklar metall bilan ta'sirlovchi gaz fazani tashkil qiladi; pufaklar tarkibida uglerod, vodorod, azot oksidlari bor. Suyuq metallda bo'lgan pufakning bosimi, tashqi kuchlar ta'siri bilan aniqlanadi va quyidagi yig'indilarga teng.

$$P_{tashqi} = P_{atm} + P_{shlak} + P_m + P_k \quad (8.9)$$

Bu yerda:

P_{tashqi} – pufakga beriladigan tashqi kuch bosimi;

P_{atm} – atmosfera beradigan bosimi;

P_{shlak} – shlak ustuni harakati bilan beriladigan statik bosim;

P_m –metall ustuni harakati bilan ta'sir etuvchi statik bosim;

P_k –suyuq po'lat sirt tarangligi ta'sir etuvchi kapillyar bosim

Agar po'lat erishi oddiy atmosfera olib borilsa, shunda tashqi kuchlar bosimi quyidagi tenglama bilan aniqlanadi:

$$P_{\text{tashqi}} = 1 + \frac{\gamma_{sh}; h_{shl}}{10} + \frac{\gamma_{sh}; h_{shl}}{10} + \frac{2\sigma}{r} 1,02 \cdot 10^{-6} \text{ atm} \quad (8.10)$$

Bu yerda, $\gamma_{shlak}-\gamma_m$ – metall va shlak zichligi, g/sm^3 ;

h_{shlak}, h_m – shlak va metall qavatlari qalinligi, m;

σ - suyuq metall sirt tarangligi, din/sm ;

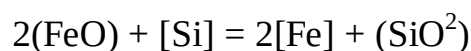
r – pufak radiusi, sm.

Shlak va metall zichliklarini 7 va 3 g/sm^3 deb qabul qilsa bo'ladi, suyuq metall sirt tarangligi 1700 din/sm ga teng. Quyidagi sonlarni tenglamaga qo'yilsa:

$$P_{\text{ichki}} = 1 + 0,3h_{shl} + 0,7h_m + \frac{3,47 \cdot 10^{-3}}{r} \text{ atm.}$$

Eritish jarayonida kremniy, marganes va fosforning oksidlanishi.

Kremniyning oksidlanishi quyidagi reaksiya bo'yicha bo'lib o'tadi:



$$K_{Si} = \frac{a_{SiO_2}}{a_{Fe}^2 a_{Si}} \quad (8.11)$$

Po'lat tarkibida odatda Si miqdori ko'p bo'lmaganligi uchun, kremniyning aktivligi konsentratsiyadan farqlanmaydi. Kremnezyomga boy bo'lgan nordon shlaklar ostida eritish natijasida temir achitqisi aktivligi uning konsentratsiyasiga teng, kremnezyom aktivligi esa birga teng. Shu tufayli nordon shlak ostida eritish jarayonida (1) tenglamani quyidagi qurishda ifodalash mumkin.

$$K_a = \frac{1}{(FeO)^2 [Si]} \quad (8.12)$$

K_{Si} ning haroratga bog'liqligi quyidagi tenglamada ifodalanadi:

$$\text{Lg}K_{\text{Si}}=18200/T-10,64 \quad (8.13)$$

Harorat 1600 °C da $K_{\text{Si}}=0,1$

Misol tariqasida nordon pechlarda po‘lat eritish jarayonida nordon shlakda FeO ning miqdori 8% tashkil qilganda metall tarkibidagi kremniyning muvozanat miqdori (8.2) tenglama bo‘yicha 0,15 % ga teng bo‘ladi. Asosiy shlaklarda kremnezyom kalsiy oksidi bilan mustahkam birikma hosil qiladi, shuning uchun asosli shlaklarda kremnezyom faolligi nordon shlaklarga nisbatan 10 marotaba kamroq bo‘ladi.

Asosli pechlarda (A) reaksiya muvozanati, po‘lat tarkibida kremniy konsentratsiyasi juda kam bo‘lgan hollarda o‘rnatiladi; asosli pechlarda po‘lat eritish jarayonida kremniy oson oksidlanadi. Shixta tarkibidagi hamma kremniy eritish davrida to‘liq oksidlanadi.

Marganesning oksidlanishi va tiklanishi

Oksidlovchi eritish davrida metallda oksidlanishi va shlakdan uning tiklanishi kuzatilishi mumkin. Bu ikki jarayon quyidagi reaksiya bo‘yicha oqib o‘tadi.



Bu jarayonda ta’sir etuvchi moddalar konsentratsiyalarining muvozanat konstantasi:

$$K_{\text{Mn}} = (\text{FeO})[\text{Mn}]/(\text{MnO}) \quad (8.15)$$

K_{Mn} kattaligi haroratga va shlak tarkibiga bog‘liq. Agar shlak faqat FeO va MnO lardan tashkil topgan bo‘lsa, unda K_{Mn} quyidagicha aniqlanadi.

$$\lg K_{\text{Mn}} = -\frac{5550}{T} + 2,34 \quad (8.16)$$

Harorat 1600 °C uchun $K_{\text{Mn}}=0,28$

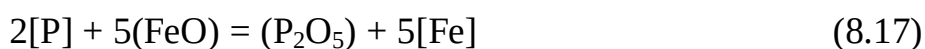
Po‘lat eritish jarayonida hosil bo‘lgan asosiy shlaklar tarkibida FeO va MnO dan tashqari bir qator boshqa oksidlar tarkibida mavjud bo‘lib ulardan eng katta ahamiyatga ega bo‘lgan CaO va SiO₂. K_{Mn} kattaligi shlak tarkibida bu oksidlar mavjudligiga bog‘liq - CaO K_{Mn} oshiradi, kremnezyom esa kamaytiradi. Marganes oksidlanishiga shlak tarkibida FeO oshirilishi, MnO ning shlakda kamayishi, shlak asosligini pasayishi, metall harorati pasayishiga olib keladi.

Odatda elektr pech shixtasi tarkibida marganes miqdori 0,4-0,6% tashkil qiladi. Eritish davrida marganesning asosiy qismi oksidlanadi va eritish davrining ohirida metall tarkibida uning miqdori 0,25% teng; oksidlanish davrida marganes 0,15-0,20% gacha oksidlanadi. Gohida po‘lat tarkibidagi Mn miqdori 0,1% gacha pasayadi. Ba‘zi bir hollarda marganes miqdori kamligi metall harorati pasligini belgilaydi. Lekin ko‘p hollarda marganesning mo‘ljaldan ortiq oksidlanishi shlak tarkibida FeO miqdori ko‘pligi va MnO miqdori kamligi sabab bo‘ladi.

Fosforning oksidlanishi

Fosfor oddiy po‘lat uchun zararli element hisoblanadi. Shu tufayli po‘lat tarkibida fosforning miqdorini iloji boricha kamaytirish talab etiladi. Fosfor asosan shixta materiallari, ayniqsa skrap va cho‘yanlar bilan kiritiladi.

Fosfor suyuq po‘latdan eritish davrida va eritmaning oksidlash davrida yoqo‘tiladi. Fosforning oksidlanishi metall va shlak chegaralarida quyidagi reaksiya bo‘yicha oqib o‘tadi:



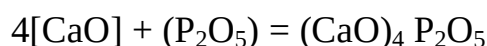
Po‘lat tarkibida fosfor konsentrasiyasi miqdori odatda 0,1 % dan oshmaganligi uchun fosfor faolligi uning po‘lat tarkibidagi miqdoriga teng; po‘lat tarkibida temirning faolligi doimiydir. (7) reaksiya muvozanat konstantasi reaksiyasini quyidagicha ifodalash mumkin:

$$F = \frac{(P_2O_5)}{[P]^2} = \frac{(FeO)^5 \gamma_{FeO}}{K_P \gamma_{P_2O_5}} \quad (8.18)$$

Bu yerda: γ - reaksiyada qatnashuvchi moddalar faollik konsentratsiyasi;

F – shlak tarkibida fosfor angidridi konsentratsiyasining po‘lat tarkibidagi fosfor konsentratsiyasi kvadratiga nisbati. Bu qiymat qancha katta bo‘lsa, shlak tarkibida fosfor angidrid konsentratsiyasi bir hil bo‘lganda, shuncha po‘lat tarkibida fosfor miqdori kam bo‘ladi.

γ_{FeO} va $\gamma_{P_2O_5}$ asosli shlak (CaO/SiO_2) funksiyasi deb hisoblanadi. Shlak tarkibida CaO ko‘p bo‘lsa, unda fosfor angidridi kalsiy oksidi bilan mustahkam birikma hosil qiladi:



Shlak tarkibida qancha CaO konsentratsiyasi yuqori bo‘lsa shuncha P_2O_5 bilan mustahkam bog‘lanadi va uning faolligi shuncha kamayadi.

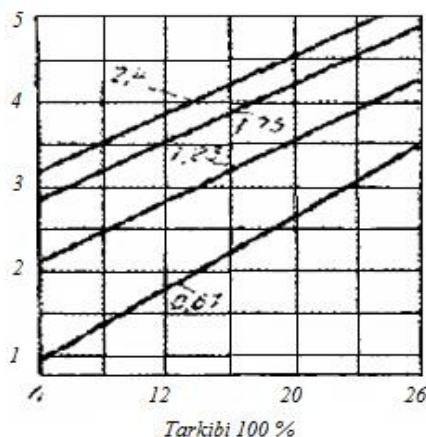
Shlak tarkibida, SiO_2 konsentratsiyasi oshishi natijasida qarama-qarshi holat yuz beradi. Kremnezyom kalsiy silikatlar bilan mustahkam birikma hosil qilib, shlak tarkibida CaO ni bog‘laydi va bu bilan P_2O_5 faolligini oshiradi.

Shlakning asoslgi FeO ning faollik koeffitsiyentiga ham ta’sir qiladi. Shuning uchun yuqoridagi tenglamani quyidagi tenglmaga o‘zgartirish mumkin:

$$F = \frac{P_2O_5}{[P]^2} = f\{(FeO), [\frac{CaO}{SiO_2}], t\} \quad (8.19)$$

Quyidagi 9-rasmda F ning shlak asosligiga va unda $1600^\circ C$ uchun FeO miqdoriga bog‘liqligi ko‘rsatilgan.

$$\lg = \frac{P_2O_5}{[P]^2}$$



9-rasm. $\lg \frac{(P_2O_5)}{[P]^2}$ ning shlakning asosligiga (CaO/SiO_2) va shlak tarkibida FeO ga bog'liq grafigi (chiziqlar yonidagi sonlar-shlak asosligi).

Harorat ham F kattaligiga ta'sir ko'rsatadi.

Haroratni $10^\circ C$ ga pasayishi F kattalikni qiymati 0,05 ga oshirishini taxmin qilsa bo'ladi. 9-rasmdan foydalangan holda po'lat tarkibidagi muvozanat miqdorini, dastlabki fosfor miqdoriga, shlak asosligiga, shlak miqdoriga va uning tarkibida FeO asoslanib aniqlasa bo'ladi. Shixtada fosfor dastlabki miqdori P_{dast} belgilangan, tarkibida fosfor bo'lgan po'lat bilan shlak muvozanatga keltirilgan holda $[P]$, 100 kg metallga shlak miqdori Sh . Oksidlanish kerak bo'lgan fosfo, kg:

$$P_{dast} - [P];$$

Bu miqdordagi $P_{dan} P_2O_5$ hosil bo'ladi, kg.

$$\{P_{dast} - [P] 2,29\}$$

Shlak tarkibidagi P_2O_5 miqdori (%) og'irligi bo'yicha:

$$(P_2O_5) = \frac{\{P_{dast} - [P] 2,29 \cdot 100\}}{sh} \quad (8.20)$$

(11.10) va (11.11) dan quyidagini olamiz.

$$F = \frac{P_2O_5}{[P]^2} = \frac{\{P_{dast} - [P] 2,29 \cdot 100\}}{sh[P]^2} \quad (8.21)$$

bu tenglama quyidagi holda tushuniladi:

$$[P]^2 + \frac{229}{Fsh}[P] - \frac{229P_{dast}}{Fsh} = 0 \quad (8.22)$$

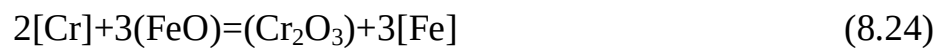
Elektr pechlarda po'lat eritish jarayoni mobaynida eritish davrining va oksidlanish davri oxirida metall va shlak fosforning oksidlanish reaksiyasi munosabatiga ko'ra muvozanat holatiga kelib qoladi. Shuning uchun po'lat tarkibidagi fosforning oxirgi miqdori aniqlashda 9-rasm va (8.22) tenglamadan foydalaniladi. Bunga misol tariqasida quyidagi hisobotni ko'rib chiqamiz. Masalan po'lat tarkibida fosforning dastlabki 0,04 % ni tashkil etadi. Fosforsizlantirish tarkibida 31 % CaO , 18% SiO_2 va 12% FeO bo'lgan shlak bilan amalga oshirildi. Shlak miqdori 4% ga teng, ya'ni 100 kg po'latga 4 rg shlak keladi. Po'lat harorati $1620^\circ C$ bo'lganda 9-rasm bo'yicha

1600°C da tarkibi keltirilgan, shlak uchun (asosligi 1,75) $\lg F=3,6$. Harorat 20°C ga yuqori bo'lganligini inobatga olgan holda $\lg F$ 0,1 ga kamaytirish zarur. Shuning uchun ko'rilayotga misolda $\lg F=3,5$. $F=3,2 \cdot 10^3$.

(8.22) tenglamadan fosforning po'latda oxirgi qiymati 0,02% ga tengligi ko'rinadi.

Xrom, vanadiy va volfram oksidlanishi.

Xrom achitqisi va oksidi xosil bo'lishi quydagi reaksiyalar bo'yicha bo'lib o'tadi:



birinchi reaksiya uchun:

$$K_{Cr} = \frac{[Cr]}{(Cr)(FeO)} \quad (8.25)$$

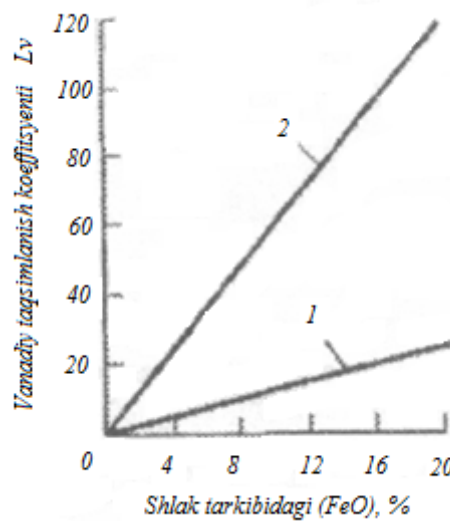
Bu yerda (Cr) shlak tarkibida achitqi va oksid ko'rinishida bo'lgan umumiy xrom tarkibi. Xromning shlak va metall orasidagi taqsimlanishi ko'effitsiyenti shlak tarkibidagi FeO konsentratsiyasiga proporsional.

$$L_{Cr} = \frac{(Cr)}{[Cr]} = K_{Cr}(FeO) \quad (8.26)$$

Asosli shlak ostida po'lat eritish jarayonida 1600 °C uchun proporsionallik ko'effitsiyenti 0,5 ni tashkil qiladi, nordon shlak ostida eirilgan po'lat uchun - 0,4 teng. Xrom oksidlanishi reaksiyasi muvozanatiga harorat ta'sirini quydagicha ifodalash mumkin: harorat 100°C pasaishi xromni taqsimlanish ko'effitsiyentini 2-3 marotaba oshiradi.

Vanadiy ham xrom kabi achitqi yoki oksid hosil qilib oksidlanadi. Shlak va metall orasida vanadiyni taqsimlanish ko'effitsiyenti shlak tarkibidagi FeO konsentratsiyasiga bog'liq.

$$L_V = \frac{(V)}{[V]} = K_V(FeO) \quad (8.27)$$



10-rasm. Vanadiy taqsimlanish koeffitsiyenti shlak tarkibidagi FeO ga bog'liqligi.

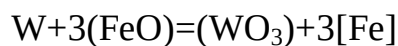
1 – kislotali shlak

2 – asosli shlak.

10-rasmda ko'rinib turibdiki, asosli shlak ostida vanadiyning oksidlanishi nordon shlak ostida oksidlanishiga nisbatan to'liqroq o'tadi.

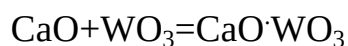
Bu shu narsani bildiradiki asosli shlaklarda vanadiy oksidlari nordon shlaklarga nisbatan faolligi yuqoridir. Vanadiy achitqisi VO hosil bo'lishi bilan, vanadiy oksidi V_2O_3 ham hosil bo'ladi. Asosli shlaklarda vanadiy oksidi kalsiy oksidi bilan turg'un kimyoviy birikma hosil qiladi, buning natijasida vanadiy oksidi faolligi pasayadi.

Volfram oksidlanishi vorfram oksidi hosil qilish bilan sodir bo'ladi:



Shlak tarkibida FeO miqdori qancha yuqori bo'lsa shuncha volfram oksidlanishi to'liqroq bo'lib o'tadi.

Volframning to'liq oksidlanishiga shlak asosligi katta ta'sir qiladi, shlak asosligi qancha yuqori bo'lsa, shuncha volfram oksidlanishi to'liq bo'ladi. Bu reaksiya bo'yicha hosil bo'lgan volfram oksidi kalsiy oksidi bilan o'zaro ta'sirlashish bilan ifodalanadi:



Qanchalik shlak asosligi yuqori bo'lsa, shunchalik shlak tarkibida volfram oksidi kalsiy oksidi bilan mustahkam bog' hosil qiladi va volframni to'liq oksidlanishiga olib keladi.

Ba'zi bir holatlarda volfram oksidlanish darajasini kamaytirish kerak bo'lsa, po'lat eritish jarayonini kam asosli shlak ostida olib boriladi.

Nazorat savollari

1. Erish jarayonida metallardan zararli qo'shimchalarni ortiqcha miqdori qanday yo'qotiladi yo'qotiladi?
2. Erish jarayonining qaysi paytida zararli qo'shimchalar maksimal yo'qotilishi amalga oshiriladi?
3. Temir ruda pech vannasiga nima maqsadda qo'shiladi?
4. Metallarda Mn ning oksidlanishi va shlakdan tiklanishi qanday sodir bo'ladi?
5. Erish jarayonining qaysi davrida suyuq po'latdan fosfor ajralib chiqadi?
6. Xrom oksidlanish reaksiyasini keltiring.
7. Shlak va metall orasidagi vanadiyning taqsimlanish koeffitsiyenti nimaga proporsional?
8. Vanadiyning taqsimlanish koeffitsiyentini nordon shlak tarkibidagi FeO miqdoriga bog'liqligi.
9. Asosli shlakda vanadiy oksidining faolligi nima tufayli kamayadi?
10. Volframning oksidlanishi reaksiyasini keltiring.
11. Volframning to'liq oksidlanishiga nimalar katta ta'sir qiladi?

9-ma'ruza Suyuq po'latdan azot va vodorodni ajratish

Ma'ruza rejasi:

1. Vodorodni eritilishi.

2. Temir tarkibida vodorod miqdorini vodorodning parsional bosimga va harortga bo'g'liqligi.
3. Vodorod ajratib olinishning taranglik miqdori.
4. Po'latdan vodorodning yoqotilishi.
5. Po'latdan azotni yoqotilishi.
6. Po'latdan azotni ajartib olish tarangligi.

Po'latda yoki suyuq temirda vodorod erishi, shuningdek bu eritmalaridan vodorod ajralishi quyidagi tenglama bilan topiladi: $\{H_2\} = 2[H]$.

Suyuq temirda erigan vodorod atom ko'rinishda bo'lib temir atomlari bilan bog'lanadi. Temir va po'latdagi vodorod konsentratsiyasi og'irligi bo'yicha foizlarda yoki 100 g metallga millimetrlarda aniqlanadi. Bu birliklar orasida quyidagiga bog'liqlik bor.

$$[H], \% = 0,89 \cdot 10^{-4} [H] \text{ mm} / 100 \text{ g}.$$

Temirda vodorod miqdori gaz faza bilan muvozanat holati sharoitida gaz fazadagi vodorodning partsial bosimiga va haroratga bog'liq.

$$[H] = K_H \sqrt{P_{H_2}} \quad (9.1)$$

Bu yerda: $[H]$ – gaz fazadagi vodorod konsentratsiyasi;

P_{H_2} - gaz fazadagi vodorodning partsial bosimi;

K_H – gaz fazadagi vodorodning bosimi 1 at. teng bo'lgan holatda vodorodni temirda eritilishini ifodalaydigan koeffitsiyenti.

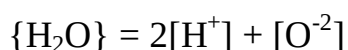
Kislorodning miqdori kam bo'lganda ($<0,01\%$) temirda vodorod erishi $22 \cdot 10^{-4}\%$ ga teng bo'ladi; agar temir tarkibida kislorod miqdori oshsa unda vodorod erishi o'zgarmaydi.

P_H – po'latdan yoki suyuq temirdan vodorod ajralib chiqish harakatini ifodalaydigan ko'rsatgich. Bu po'lat tarkibida vodorodning miqdoriga asoslanib quydagicha aniqlanishi mumkin:

$$P_{H_2} = \left(\frac{[H]}{K_H} \right)^2 \quad (9.2)$$

K_H temirda vodorod eruvchanligiga teng bo'lgan kattalik bo'lgani uchun, vodorod konsentratsiyasi uni temirda erishiga nisbati $\left(\frac{[H]}{K_H} \right)$ vodorod bilan temir to'yinganligi darajasini ifodalaydi. Shunday qilib vodorod ajralish tarangligi, metall vodorod bilan to'yinganlik darajasi kvadratiga teng. Ya'ni vodorod konsentratsiyasini temirda eruvchanligini xarakterlovchi kattalik bo'lib, metallni vodorod bilan to'yinishi darajasini belgilaydi. Shunday qilib, vodorod ajralish tarangligi metallni vodorod bilan to'yinish kvadrati darajasiga teng.

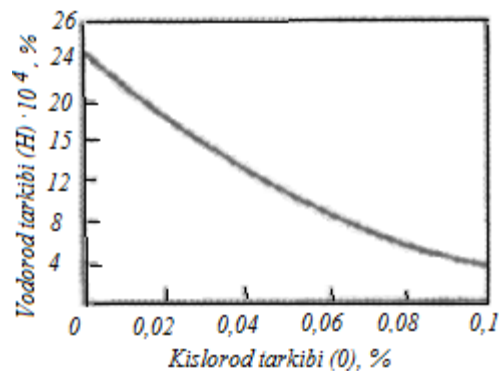
Po'lat va temir tarkibida vodorod miqdori, po'latda suv bug'larining erishi natijasida oshishi mumkin.



Po'lat tarkibida vodorod zararli qo'shimcha hisoblanadi. Vodorod quymalarda qotganda gaz pufaklari hosil qilishiga olib keladi, deformatsiyali po'latda flakonlar hosil bo'lishiga sabab bo'ladi, po'latning mexanik xossalarini pasaytiradi. Shuning uchun erish jarayonida maksimal ravishda po'latdagi vodorodni kamaytirishga harakat qilinadi. Vodorod ajralishi erish jarayonining oksidlanish davrida sodir bo'ladi. Po'latda erigan vodorod atom ko'rinishida bo'lib, gaz pufaklari yuzasi bilan ta'sirlashib gaz pufaklarga o'tadigan molekula hosil qiladi. Bu jarayon pufakda parsional bosim $P_{H_2} = \left(\frac{[H]}{K_H} \right)^2$ tenglama ko'rsatgichlari bilan tenglashmaguncha davom etadi. Gaz pufaklar bilan birga bir qism po'latdan qisman vodorod pech atmosferasiga ketadi. Boshqa teng sharoitlarda po'latdan ajratilgan vodorod miqdori po'latda hosil bo'lgan uglerod oksidiga proporsional bo'ladi. Shunday qilib, po'latdan vodorod ajralib chiqish tezligi uglerod oksidlanish tezligiga proporsional bo'lish kerak.

Po'latdan vodorod ajralishi jarayoniga po'latdagi kislorod miqdori juda katta ta'sir qiladi. Kislorod miqdori 0,006 dan 0,06 % gacha oshsa, po'latdan vodorod ajralib

chiqish tezligi 4 marotaba oshadi. Kislorodning bunday ta'siri vodorod erishiga bog'liq.



11-rasm. Suyuq temirda vodorod eruvchanligiga kislorod ta'sir qiluvchi miqdoriga bog'liqligi.

Po'latda vodorod eruvchanligini kislorod kamaytirib, vodorod ajralishda tarangligini oshiradi va bu eritmadan vodorodni to'liq ajralishiga olib keladi. Tarkibda vodorodni judayam kam miqdorda olish uchun, uglerodni to'liq oksidlanish elektr eritish texnologiyasi qo'llaniladi. Shunday eritish usuli bilan oksidlanish davrida uglerod miqdorini 0,05-0,06% gacha kamaytirilib va bundan so'ng po'lat tarkibida kerakli miqdorgacha uglerod miqdori oshiriladi.

Kislorod va vodoroddan tashqari po'latda azot ham erishi mumkin

$$\{N_2\}=2[N]$$

$$K_N=[N] \cdot P_{N_2}$$

Po'latda azot ajralish tarangligi : $P_{N_2} = ([N]) / (K_{N_2}^2)$ ga teng.

Gaz fazada azotning portsial bosimi atmosferaga teng bo'lsa, temirda azot erishi yoki legirlanmagan po'latda 1600 °C da 0,044 % ni (massa bo'yicha) tashkil etadi. Ko'p po'latlar uchun azot zararli qo'shimcha hisoblanadi, chunki u po'latni mo'rtligini oshiradi, shuning uchun erish davrida azotni maksimal ravishda chiqarib tashlash kerak. Vodorodga oxshab ham azot po'latdan gaz pufaklari orqali chiqib ketadi. Uglerod oksidlanish tezligi oshirilishi po'latdan azotni yoqotish tezligini

oshiradi. Bu bilan oksidlash davri va boshqa eritish davrlarda po‘lat azot bilan yutiladi. Atmosfera, tugamaydigan azot manbasi hisoblanadi.

Po‘lat erishning oksidlash davrida po‘lat tarkibida azot miqdori ikkita jarayon oqish tezligi bilan aniqlanadi:

1. Pech atmosferasidan po‘latga azot yutilishi;
2. Po‘latdagi azot uglerod oksidlanishi natijasida hosil bo‘lgan pufaklar orqali ajralishi .

Po‘lat trkibida azot kam miqdorda bo‘lsa, u atmosferadan yuqori tezlikda yutilib, CO pufaklari bilan juda sekin chiqadi; azot po‘latda ko‘p bo‘lsa, aksincha.

Po‘lat tarkibida azotning oraliq miqdori bo‘lishi mumkin, pech atmosferasidan po‘lat bilan yutingan azot po‘latdan yo‘qolgan azot miqdorga teng bo‘lganda. Shunday qilib, po‘latda “kritik” azot tarkibi oksidlanish davrida o‘zgarmasligi kerak. Odatda erish usulini olib borishda elektrpechlarda azotning “kritik” konsentrasiyasi 0,004-0,05 % ni tashkil etadi.

Nazorat savollari

1. Po‘latda yoki suyuq temirda vodorod erishi qaysi tenglama bilan aniqlanadi?
2. Temirdagi vodorod miqdori gaz fazadagi muvozanat holida nimalarga bog‘liq bo‘ladi?
3. K_H kattalik nimani ifodalaydi?
4. Vodorod ajralish tarangligi deb qaysi qiymatlar aytiladi?
5. Po‘latda va temirda vodorod miqdori nimani hisobiga ortadi?
6. Nimaga vodorod po‘latni zararli qo‘shimchasi deb ataladi?
7. Erish jarayoning qaysi davrida vodorod ajraladi?
8. Po‘latda kislorod miqdori vodorod ajralish jarayoniga qanday ta’sir ko‘rsatadi?
9. Po‘latda azot erishi qanday amalga oshadi?
10. Erish jarayonining oksidlash davrida po‘latda azot miqdori qaysi jarayonlar bilan aniqlanadi?

10-ma’ruza Kukunsimon moddalarni metallga purkab olish yo‘li bilan oksidlanish davrning intensivikasi jarayoni.

Ma'ruza rejasi:

1. Oksidlanish jarayonini tezlashtirish uchun kukunsimon reagentlarini qo'llanilishi.
2. Oksidlangan shlakni ajratib olish.
3. Eritish jarayoning tiklanish davrining masalalari.
4. Po'latni uglerodlantish.
5. Metall va shlakni oksidsizlantirish.

Oksidlash jarayonini tezlashtirish uchun suyuq metallga kukunsimon reagentlarni purkalanadi. Gaz olib keluvchi sifatida kislorod va siqilgan havo qo'llaniladi. Odatda kukunsimon moddalar quydagi tarkibli aralasmasi qo'llaniladi, %:75 ohak, 15 temir oksidi, 10 plavik shpati . Suyuq po'latdning issiqlik natijasida purkaladigan kukun reagent donalari tez erib ketadi. Hosil bo'lgan tomchilar metall ustiga sizib chiqadi. Tomchining sirt yuzasi kattaligi hisobiga o'zaro ta'sirlashuv juda katta tezlikda bo'ladi. Suyuq metallga kukunsimon materiallarini oksidlash davrida purkalishi, qo'shimchalarni oksidlanishini tezlashtiradi, ayniqsa fosfor oksidlanishi. Misol uchun 10-12 minut ichida purkalgan kukunsimon materiallar fosfor miqdorini 0,06 dan 0,01 % gacha tushiradi, quydagi materiallarni solishtirma sarfi bo'lganda: ohak 20kg/t, plavik shpati 4 kg/t, kislorod 3 m³/t. Eritishning oddiy sharoitida defosforasiyaning shunday darajaga etishi 1 soatda kam vaqtda bo'lmasligi kerak bo'ladi.

Po'latda tarkibida uglerod miqdori yetarli miqdorga yetgandan so'ng va fosfor miqdori 0,01-0,015% gacha tushganda, oksidlovchi shlakni ajratishga kirishiladi. Pech yoqilganda bir qism shlak tortib olinadi, bir qism esa shlak pech o'chirilganda va elektrodlar ko'tarilganda olib tashlanadi. Shlakni ajratib olish to'liq bo'lishi kerak, chunki qolgan shlak tarkibida bo'lgan fosfor tiklanish davrida metallga o'tadi. Shlakdan ajratib olish jarayoni erishning oksidlanish davrida tugaydi.

Erish jarayonining tiklanish davri

Erish jarayonining tiklanish davrining asosiy vazifasi po‘latdan kislorod va oltingugurt ajratib olish va po‘lat harorati va kimyoviy tarkibini to‘g‘irlash hisoblanadi.

Oksidlangan shlakni ajratib olgach, metallga po‘lat tarkibida marganes miqdorini past chegarasigacha oshirish uchun kerak bo‘lgan miqdorda ferromarganes qo‘shiladi. Bir vaqtning o‘zida po‘latga kremniyli ferrosplavi qo‘shiladi (0,1-0,15% Si kiritilish uchun) hamda cho‘kmali oksidsizlantirish jarayonini o‘tqazish uchun 0,003-0,1% Al qo‘shiladi. Oksidsizlantiruvchi elementlar po‘latda eritilib va unda erigan kislorod bilan o‘zaro tasirlanadi. Hosil bo‘lgan oksidlar (MnO , SiO_2 , Al_2O_3) lar metall yuzasiga chiqib, shlak bilan yutiladi. Zarurat tug‘ilgan joylarda oksidsizlovchi qo‘shimchalar bilan birga po‘latni uglerod bilan to‘yintiriladi. Tiklanish davrida po‘latda uglerod miqdori eng kam miqdordan 0,03-0,08% kam bo‘lishi kerak; ba’zida po‘latda uglerod miqdori oksidlash davri oxirida talab etilgan darajadan ancha past bo‘ladi. Bu holatda metall tarkibida uglerod miqdorini oshirish uchun, oksidlangan shlak ajratilgandan so‘ng, uning ochiq yuzasiga maydalangan koks va elektrod siniqlari yuklanadi. Koksdan metall uglerodni qabil qilishi 60-70% va elektrod siniqlaridan qabul qilishi 70-80% ni tashkil etadi.

Po‘lat uglerodlanganda va unga oksidsizlantiruvchilar qo‘shilgandan so‘ng pechga metallning umumiy og‘irligidan 3-4% tashkil topgan shlak hosil qiluvchi materiallar qo‘shiladi. Ular erigandan so‘ng pechda, qo‘shilish yo‘li bilan, maydalangan koks, ferrosilisiy, silikokalsiy va kukunsimon alyuminiy bilan oksidsizlangan shlak hosil bo‘ladi. Shlak oksidsizlangandan so‘ng uning tarkibida FeO miqdori 0,5% va undan pastga tushadi.

Shlak oksidsizlantirish bilan birga diffuzion oksidsizlantirish jarayoni ham bo‘lishi mumkin. Agar masalan po‘lat tarkibida kislorod miqdori shlak bilan muvozanatda bo‘lish ko‘rsatgichidan baland bo‘lsa metall va shlak oralig‘ining yuzasida kislorod va temir atomlari FeO ko‘rinishda shlakga o‘tib ketadi, kislorod esa metallning chiqur qatlamaridan metall va shlak oralig‘iga diffuziyalanadi.

Tiklanish davrida metall va shlak oksidsizlanish bilan birga oltingugurtning metalldan shlakga o‘tib ketishi oson kechadi.

Nazariy savollar

1. Nima maqsatda suyuq metallga kukunsimon reagentlar yuklanadi?
2. Fosfor miqdori kukunsimon materiallar qo'shilganda qanchaga kamayadi?
3. Oksidlangan shlakni ajratib olish jarayoni qanday bo'lib o'tadi?
4. Eritish jarayonining tiklanish davri masalalari?
5. Nima maqsatda metallga ferromarganes kiritiladi?
6. Metall elektrod siniqlarining uglerodini qabul qilish ko'rsatgichi qanday kattalikni tashkil qiladi?
7. Tiklanish davrida metall va shlak oksidsizlantirish bilan birga nima qanday jarayon bo'lib o'tadi?

11- ma'ruza Eritish jarayonining tiklanish davri fizik-kimyoviy tasnifi.

Ma'ruza rejasi

1. Oksidlanish davrining oxiridagi po'lat tarkibi.
2. Po'latga kremniy qo'shilishi.
3. Po'latga marganes qo'shilishi.
4. Oksidsizlantiruvchi element bilan kislorodning tasirlanishi.
5. Har xil elementlarni oksidsizlantiruvchi xususiyati.
6. Oksidsizlantiruvchi elementning konsentrasiysi.

Oksidlanish davrining oxiriga kelib po'lat tarkibida bir qancha miqdorda uglerod va kislorod mavjud. Agar bunday po'lat unga dastlab oksidizlantiruvchi elementlar qo'shilmasa, shunda po'lat qotganda uglerod va kislorod o'zaro ta'sirlashish natijasida hosil bo'lgan CO qisman atmosferaga ketadi, quyidan oldin kisloroddan tozalovchilar qo'shilmasa, po'lat qotadigan vaqtda C bilan O_2 o'zaro ta'sirlanib, hosil bo'ladigan CO gazi qisman atmosferaga chiqib ketadi, qolgan qismi esa pufakchalar ko'rinishida po'latda qolib ketadi. Quymalarda pufakchalar hosil bo'lishini oldini olish uchun unga shunday elementlar kiritilishi kerakki, po'lat qotayotgan sharoitida bu element uglerodga nisbatan kislorodga yaqinroq bo'lishi kerak. Kremniy va alyuminiy eng ko'p tarqalgan oksidsizlantiruvchi elementlar

hisoblanadi. Po‘latga 0,18 – 0,23% dan kam bo‘lmagan miqdorda kremniy kiritilganda, po‘lat quymalarida CO pufaklari hosil bo‘lishining oldini oladi. Bunda po‘latni pechdan chiqarishdan oldin unga 0,04 - 0,1% Al ham kiritiladi.

Marganes oltingugurtning zararli ta‘sirini kamaytirish maqsadida barcha po‘lat tarkibiga kiritiladi. Marganes po‘latni oksidsizlantirish jarayonida ham ishtirok etadi. Agar po‘latda yetarli miqdorda O₂ dan tozalovchi elementlar bo‘lsa, CO gazining pufakchalari hosil bo‘lmaydi.

Suyuq po‘lat tarkibida erigan holatdagi kislorod oksidsizlantiruvchi elementlar bilan o‘zaro ta‘sirlanib, turli oksidlar (MnO, SiO₂, Al₂O₃ va boshqalar) hosil bo‘lishiga olib keladi. Po‘latdan bu oksidlar pechning ichida, kovshda, hamda po‘latni qotish vaqtida ajralib chiqadi. Qoliplarga suyuq po‘lat bilan birga kelayotgan oksidlar va qoliplarda po‘latni kristalizasiya vaqtida hosil bo‘lgan oksidlar qisman quymalarda metallmas qo‘shimchalar ko‘rinishida qoladi, qisman quyma yuzasiga qalqib chiqadi. Metallmas qo‘shimchalar po‘latning xususiyatini yomonlashtiradi va shuning uchun oksidsizlanish jarayonini shunday olib borish kerakki, ularning miqdorini kamayib, zararli ta‘sirini pasaysintirsin.

Turli elementlarning oksidsizlantirish xususiyati

Po‘latda erigan kislorod [O] quyidagi tenglama bo‘yicha turli elementlar bilan [Me] o‘zaro ta‘sirlanadi:



Ushbu reaksiya uchun muvozanat konstantasi quyidagicha:

$$K=\frac{a_{Me_n}O_n}{a_{Me}^m \cdot a_{[O]}^n} \quad (11.2)$$

Oksidsizlantiruvchi elementlar va kislorodning konsentrasiyasi po‘lat tarkibida odatda kam bo‘ladi. Shuning uchun ularning faolligini konsentrasiyaga propartsional deb qabul qilish mumkin va bu tenglamani quyidagicha o‘zgartirish mumkin:

$$K=\frac{a_{Me_n}O_n}{[Me]^m [O]^n} \quad (11.3)$$

Po‘lat tarkibidagi oksidsizlantiruvchi elementlar bilan muvozanatda bo‘lgan kislorod va oksidsizlantirish natijasida olingan maxsulot, elementni oksidsizlantirish imkoniyatini ifodalaydi. Qanchali kislorodning muvozanat holati kam bo‘lsa,

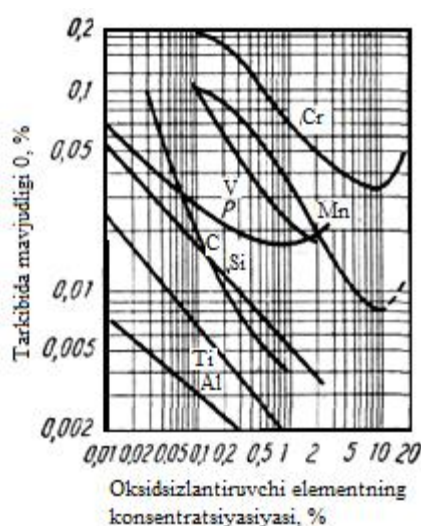
shuncha elementning oksidsizlantirish imkoniyati yuqori bo' ladi. Elementning oksidsizlantirish xususiyatini quyidagi tenglama orqali ifodalash mumkin:

$$[O] = \sqrt[n]{\frac{1}{K[Me]^m}} \quad (11.4)$$

Agar oksidsizlantirish jarayoni bir element bilan olib borilsa, hosil bo'lgan oksidsizlantirish maxsulotlari ko'p holatda bu elementning qattiq oksididan tashkil topadi, uning faollik miqdori o'zgarmas bo'lib birga teng bo'ladi. Bu holatda esa elementning oksidsizlantiruvchi xususiyati harorat va oksidsizlantiruvchi elementning konsentratsiyasi funktsiya deb hisoblanadi:

$$[O] = \sqrt[n]{\frac{1}{K[Me]^m}} \quad (11.5)$$

Har xil elementlarning oksidsizlantiruvchi xususiyati 1600°C bo'lganda 12 rasmda keltirilgan



12-rasm. Elementlarning oksidsizlantiruvchi xususiyati ularning konsentratsiyasiga nisbatan 1600°C bo'lganda.

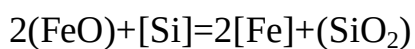
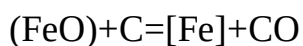
Oksidsizlantiruvchi element konsentratsiyasi

Harorat pasayganda elementning oksidsizlantiruvchi xususiyati oshadi, ya'ni metall tarkibda kislorodning muvozanati kamayadi. Alyuminiy va kremniyga

qollanilsa, po'lat harorati 50°C pasayishi kislorodning muvozanat konsentratsiysi ikki baravarga kamaytirishini taxmin qilsa bo'ladi.

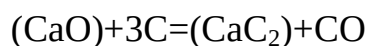
Eritmaning tiklanish davridagi shlakni oksidsizlantirish

Shlak hosil qiluvchilar erigandan so'ng pech ichida quyidagi tarkibga ega bo'ladigan shlak hosil bo'ladi; %: 50-55 CaO; 4-6 CaF₂; 12-15 SiO₂; 6-8 MgO; 4-8 Al₂O₃; 3-4 FeO; 2-3 MnO. Bunday shlakning yuzasiga uglerodli yoki kremniyli tiklovchilar yuklanadi. FeO ning tiklanish quyidagi reaksiyalar orqali sodir bo'ladi:



Huddi shunday reaksiyalar orqali marganes va xrom oksidlarining tiklanishi sodir bo'ladi.

Shlak sovugandan so'ng oq kukun ko'rinishida sochilib ketadi, bu shlakning tarkibida Fe, Mn va Cr oksidlarining kam miqdorda ekanligini bildiradi. Elektr yoylari ostidagi harorat yuqori zonalarda kalsiy oksidining tiklanish jarayoni quyidagi reaksiya orqali sodir bo'ladi:



Hosil bo'ladigan kalsiy karbidi shlakning butun og'irligi bo'yicha yoyilib ketadi. Oq shlakda kalsiy karbidining miqdori juda kam, odatda 0,5% dan yuqori bo'lmaydi. Shlakni oksidsizlantirish uchun qo'llaniladigan mayda koks miqdori oshirilganda kalsiy karbidining miqdori 1,5–2,0% gacha ko'tarilishi mumkin. Bunday shlaklar karbidlari shlaklar deyiladi, havoda sovutilganda kulrang tusga kiradi, havodagi namlik bilan ta'sirlashganda o'zidan asetilen ajratadi. Tiklanish davri shlaklarining tarkibi quyidagicha bo'ladi: %; 55-65% (CaO+CaF₂); 7-12% MgO; 5-10% Al₂O₃; < 0,5% FeO; < 0,5 MnO; < 0,3 Cr₂O₃; CaF₂ < 0,5.

Nazorat savollari

1. Nima maqsatda oksidsizlantirish davri ohirida oksidsizlantiruvchilar qo'shiladi?

2. Keng tarqalgan oksidsizlantiruvchi elementlar qanday elementlar?
3. Elementning oksidsizlantirish xususiyati nima bilan tasniflanadi?
4. Elementning oksidsizlantirishi harorat bilan qanday bog'liq?
5. Eritmaning tiklanish davridagi shlakning oksidsizlantirishi qanday amalga oshadi?
6. FeO ni tiklanishi qanday reaksiya bo'yicha bo'lib o'tadi?
7. Qanday shlaklar karbidli deb nomlanadi?
8. Eritmaning tiklanish davri shlakini tarkibini keltiring.

12 – ma'ruza Po'latdan elektr eritishda oltingugurtni ajratib olish

Ma'ruza arejasi

1. Oltingugurtni po'latdan ajratib olish.
2. Temir va shlak orasida taqsimlangan oltin gugurt koeffitsiyenti.
3. Shlakdan oltingugurtni ajratib olishda SiO_2 ta'siri.
4. CaS shlakda hosil bo'lishi.
5. Oltingugurtni ajratib olishda oltingugurtni ta'siri.

Oltingugurt po'latda zararli qo'shimcha hisoblanadi. Temir bilan oltingugurt erish harorati 1190°C teng bo'lgan FeS birikmasini hosil qiladi. Oltingugurtli temir suyuq temir bilan cheklanmagan miqdorda eriydi, lekin qattiq temirda FeS da erimaydi. Temir va po'lat qotadigan vaqtda oltingugurt dastlabki eritmada konsentratsiyalanadi va evtektika ko'rinishida ajralib chiqadi. Evtektikaning erish harorati 940°C teng. Evtektika prokat davrining haroratida o'zi bilan "zyornalar" atrofida suyuq qoplam hosil bo'lishi bilan, prokatga yoki toblash vaqtida yirtiqalar va dars ketishlar hosil bo'lishi bilan ifodalanadi. Qattiq po'latda oltingugurt sulfidli qo'shimchalar ko'rinishida bo'ladi. Bunday qo'shimchalar po'latning mexanik xususiyatlarini pasaytiradi.

Po'lat eritilayotgan vaqtda oltingugurtni iloji boricha to'liq chiqarib tashlashga harakat qilinadi. Tarkibida oltingugurt bo'lgan temir shlak bilan to'qlashgan holatda bo'lsa, oltingugurtning bir qismi temirdan shlakga o'tib ketadi: $[\text{S}]=(\text{S})$.

Bunday o'tib ketishlar ikki faza o'rtasida muvozanat holatiga kelmaguncha davom etadi.

$$(S)/[S]=L_s \quad (12.1)$$

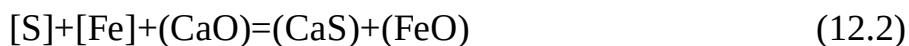
Bu erda L_s - temir va shlak orasida oltingugurtning taqsimlanish koeffitsiyenti, harorat va shlak tarkibi funksiyasi.

Agar shlak faqatgina temir oksidlaridan ($FeO+Fe_2O_3$) tashkil topgan bo'lsa, unda shlakdagi oltingugurt faqatgina temir bilan bog'lanish mumkin. Bu holda L_s 1600⁰ C uchun 3-4 ga teng. Nordon temirli shlaklar tarkibida 40% SiO_2 bo'lsa oltingugurtning yoqotish xususiyati past bo'ladi, bu shlaklar uchun L_s miqdori 0,5 ga teng. L_s miqdori kamligi nordon pechlardan oltingugurtning yo'qotish imkoniyati yoqligini belgilaydi.

SiO_2 miqdori shlakda kamayishi va uning tarkibiga CaO qo'shilishi tufayli shlak oltingugurtning yo'qotish xususiyatini oshiradi; asosiy shlaklarda kalsiy bilan oltingugurt mustahkam birikma hosil qiladi. Erish jarayonining oksidlash davrida shlak asosligi miqdori 2,5-3,5 atrofida bo'ladi, L_s esa 3÷6 nisbatda bo'ladi.

Oksidlash davrida po'lat tarkibida oltingugurt 1/3 ga kamayadi. Masalan, po'lat erigandan so'ng uning tarkibida oltingugurt miqdori 0,025-0,035% bo'lsa, oksidlash davri oxirida esa uning miqdori 0,020-0,025% gacha pasayadi.

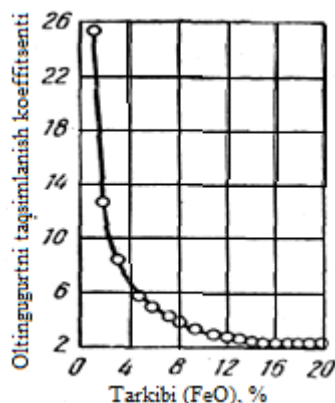
Eritmaning tiklanish davrida oltingugurtning metallardan shlakga o'tqazish sharoiti qulay. Shlakda CaS hosil bo'lishi quyidagi reaksiya orqali amalga oshadi:



$$K_s = \frac{(FeO)(CaS)}{(CaO)[S]} = \frac{(FeO)2,25(S)}{(CaO)[S]}; \quad (12.3)$$

$$L_s = \frac{(S)}{[S]} = \frac{K_s(CaO)}{2,25(FeO)} ; \quad (12.4)$$

Bu tenglama shlak tarkibida CaO dan tashqari oltingugurtni taqsimlanish koeffitsiyentiga FeOni ta'sir qilishini ko'rsatadi. Tarkibda FeO kamayishi L_s oshishiga olib keladi.



13-rasm. Shlak tarkibida bo'lgan FeO oltingugurt taqsimlanish koeffitsiyentiga ta'siri.

Shlak tarkibida FeO miqdori kam bo'lgani uchun tiklanish davrida oltingugurtning taqsimlanish koeffitsiyenti miqdori baland, ba'zi bir hollarda 60 gacha teng bo'lishi mumkin.

Pechdan kovshga po'lat quyilganda, metall va shlak intensiv aralashish natijasida po'lat tarkibida oltingugurt kamayishiga olib keladi.

Po'lat tarkibida uglerod va kremniy miqdori baland bo'lsa oltingugurt ajratib olishi jarayoni to'liq bo'lib o'tadi; po'lat tarkibidagi uglerod va kremniy oltingugurt faolligini oshiradi, buning natijasida oltingugurt shlakga o'tib ketadi.

Nazorat savollari

1. Oltingugurt temir bilan qanday birikma hosil qiladi?
2. Qattiq po'latda oltingugurt qanday ko'rinishda mavjud?
3. Nima uchun oltingugurt po'latdan to'liq ajratib olishga harakat qilishadi?
4. 1600°C uchun L_s koeffitsiyenti nimaga teng?
5. Shlak tarkibida SiO_2 shlakni oltingugurtdan yo'qotish xususiyatiga qanday ta'sir qiladi?

6. Eritish jarayoning oksidlash davrida po'lat tarkibida oltingugurtning miqdori qanday?
7. Eritish jarayoning qaysi davrida oltingugurt metallardan shlakga o'tib ketishi qulay?
8. Oltingugurt taqsimlanish koeffitsiyentiga FeO qanday ta'sir qiladi?
9. Po'lat tarkibida bo'lgan uglerod va kremniy oltingugurt ajratib olishiga qanday ta'sir qiladi?

13- ma'ruza Eritish jarayoni davomida po'latni legirlash

Ma'ruza rejasi:

1. Po'latni nikel, mis va molibden bilan legirlash.
2. Po'lat tarkibiga ferrovolfamni kiritish.
3. Po'lat tarkibiga ferromarganes va ferroxromni kiritish.
4. Po'latni titan va alyuminiy bilan legirlash.
5. Eritish jarayoni davrida metall harorati o'zgarishi.

Po'latni legirlash jarayoni eritish davridan boshlanib bu davrning oxirigicha davom etadi. Ni, Cu va Mo temirga nisbatan kislorodga yaqinligi kichikdir. Bu elementlar shixtaning yuklanish davrida shixta bilan yoki eritish va oksidlash davrlarida pechga kiritiladi; eritish jarayonida bu elementlar asosan oksidlanmaydi. Molibden va nikel ba'zi bir hollarda oksid ko'rinishda kiritiladi-nikel achitqisi (NiO) va kalsiy molibdativ (CaMoO_4). Bu oksidlar FeO nisbatan mustahkamligi kam bo'lgan birikmalar hisoblanib, oksidlanish davrida ham temir bilan tiklanishi mumkin.

Temirga nisbatan volfram kislorodga yaqinroq bo'ladi, shuning uchun ferrovolfam pechdan oksidlangan shlak ajratilgandan so'ng yoki eritish jarayonining tiklanish davrida kiritiladi. Ferrovolfamning zichligini kattaligi va eritish harorati baland bo'lganligi natijasida pech tubiga cho'kadi va po'latda sekin eriydi. Ferrovolfam erishini yaxshilash uchun uni tiklanish davrining boshida yuklash kerak. Po'lat o'ziga volframni qabul qilish darajasi 92-95% tashkil qiladi.

Temirga ko'ra marganes va xrom osonroq oksidlanadi, shuning uchun ferromarganes va ferroxrom vannaga oksidlangan shlak to'kilgandan so'ng qo'shiladi. Tiklanish davrida po'lat tarkibini keltirish uchun qoshimcha ferromarganes va ferroxrom qo'shiladi.

Kremniy eritish jarayonining tiklanish davrida po'latga kiritiladi; shlakni oksidsizlantirish natijasida po'lat tarkibida uning miqdori 0,25-0,35% oshiriladi. Marganes, xrom va kremniyni yonishi po'lat tarkibi bilan legirlash usullariga bog'liq va odatda uning miqdori 5-10% tashkil qiladi.

Vanadiy kremniy kabi kislorodga yaqindir; ferrovanadiy oksidsizlanagan metallga, eritma 25-30 min chiqishidan oldin kiritiladi. Vanadiy yonishi 5-8% tashkil qiladi.

Titan kam markali po'lat tarkibiga kiritiladi. Titan kislorodga yaqinligi baland; u marganes achitqisi bilan oksidlanishdan tashqari, xrom oksidi va kremniy dioksidi bilan ham oksidlanadi. Shuning uchun ferrotitan eritma chiqishdan oldin qoshiladi; ba'zi bir hollarda ferrotitan kovshga qoshilishi mumkin. Titan yonishi 40-60% tashkil qiladi.

Alyuminiy kislorodga eng yaqin bo'lgan elementlardan biri. Po'latni alyuminiy bilan legirlash uning quymalari pechga yoki kovshga qoshilish yoli bilan amalga oshadi. Bunday alyuminiy qoshilish usuli natijasida kremniy shlakdan ko'p miqdorda tiklanishini oldini olish kerak. Bu maqsatda po'latga alyuminiyni qo'shishdan oldin pechdan tiklanish natijasida ajralgan shlakni quyib olib metallga alyuminiy quymalari qoshiladi. Alyuminiy erigandan so'ng metall massasidan 1,5-2% tashkil topgan tarkibida ohak, plavik shpati bo'lgan shlak hosil qiluvchilar qo'shiladi. SiO_2 shlakga o'tishini oldini olish kerak, chunki kremnezyom shlakdan alyuminiy bilan tiklanadi.

Eritish jarayoni davomida metall harorati o'zgarishi

Eritish davrida shixta qizib eriydi va elektr yoy ta'siri atrofida suyuq metallni qizib ketishi sodir bo'ladi. Qizib ketgan metall qatlamlari shixtaga issiqligini uzatadi va buning natijasida ular eriy boshlaydai, eritish davrining oxirida suyuq

metallning harorati uni erish haroratidan baland bo'ladi. Erish davri oxirida harorat uning kimyoviy tarkibiga va erish tartibiga bog'liq bo'lib odatda 1520-1550⁰C teng bo'ladi. Oksidlash davrida metallni qizdirish uchun sharoit qulay, chunki metall va shlak intensiv aralashganda elektr yoyning issiqligini olgan shlak metall hajmiga tez issiqlikni uzatadi. Shuning uchun bu davr metallni maksimal qizishi uchun qo'llaniladi, issiqlik yoqotilishlarni va shlak hosil qiluvchi, legirlovchi qo'shimchalarni kompensasiyalash uchun eritish jarayonining tiklanish davrinni past quvvat bilan o'tqazish mumkin. Eritmani oksidlash davrida metall harorati odatda 1620-1660⁰C teng, kam uglerodli po'latlar o'rtacha uglerodli va baland uglerodli po'latlarga nisbatan baland haroratgacha tez etadi. Tiklanish davri davomida po'latning harorati o'zgarmaydi yoki kam miqdorda kamayadi.

Dastlab ko'rib chiqilgan usul yuqori sifatli po'lat ishlab chiqarish uchun imkon beradi, legirlangan chiqindilarni qo'llash ham imkoni bor, chiqindilardagi legirlovchi elementlardan to'liq foydalanish kerak. Bunday po'lat eritish usulida defosforasiya qilinmaydi, eritish jarayonining davomiyligi kamayadi, lekin pech ishlab chiqarish unumdorligi ikkita shlak olib borish usuliga nisbatan 10-15% oshadi.

Nazorat savollar

1. Po 'lat erishi qaysi davrda boshlanadi?
2. Eritishning qaysi davrlarida po'lat tarkibiga nikel, mis va molibden kabi elementlar qo'shiladi?
3. Nima uchun ferrovolfam pechdan oksidlangan shlak olingandan so'ng yoki eritish jarayoning tiklanish davrda qo'shiladi?
4. Po'lat volframni qabul qilishi necha foizni tashkil qiladi?
5. Marganes, xrom va kremniy yonishi qancha foizni tashkil qiladi va nimadan bog'liq bo'ladi ?
6. Po'lat tarkibiga ferrovanadiy qachon qo'shiladi?
7. Nima uchun ferrovanadiy eritma chiqishidan oldin kiritiladi?
8. Po'latni alyuminiy bilan legirlash qaysi yo'l bilan amalga oshadi?
9. Eritish jarayoni oxirida po'lat harorati nechiga teng va u nimaga bo'g'liq bo'ladi?

14-ma'ruza Elektr pechlarda po'lat eritish jarayonining o'zgarishi.

Ma'ruza rejasi:

- 1.Oksidlash jarayonisiz po'latni eritishda shixta materiallarini yuklash va eritish.
- 2.Eritish jarayoni natijasida hosil bo'lgan shlakning tarkibi.
- 3.Oksidlash davrisiz eritish jarayonida legitrlovchi qimmat baho elementlardan foydalanish.
- 4.Shixta tarkibi.

Dastlab ko'rib chiqilgan po'lat eritish texnologiyasi bo'yicha har xil markali po'lat ishlab chiqarish mumkin. Ba'zi bir holatlarda po'lat sifatiga qo'yilgan shartlar va shixta materiallarining tarkibi bo'yicha eritish jarayonini alohida davrlari soddalashadi va o'zgartiriladi. Bunday soddalashtirishlarning va o'zgarish maqsadi eritish jarayonining qisqartirish, po'lat sifatini yaxshilash va shixta tarkibidagi qimmat bo'lgan materiallaridan to'liq foydalanishdir.

Oksidlanish davrsiz po'lat eritish

Eritish jarayonining oksidlanish davrida Si, Mn, Cr, W, V va boshqalar kabi elementlar to'liq yoki qisman oksidlanadi. Agar shixta tarkibida Al va Ti bo'lsa, shunda ular erish jarayonida to'liq oksidlanib bo'ladi. Hosil bo'lgan oksidlar pechdan shlak bilan birga yo'qotiladi. Chiqindi tarkibida bo'lgan legirlovchi elementlardan maksimal foydalanish uchun, erish jarayonini oksidlash davrsiz olib borish kerak. Bunday eritish usuli uchun shixta tarkibiga ruda qo'shilmaydi va erish jarayonining oksidlanish davrini qisqarishiga intiladi.

Erish jarayonida oksidlanish davri yoqilg'i sababli shixta tarkibidagi uglerod, fosfor, vodorod va azot yo'qolmasligi bilan ifodalandi, shuning uchun shixta tarkibida, bu elementlar tayyor po'lat tarkibida kerak bo'lgan miqdordan past bo'lishi kerak. Shixta tarkibida uglerod miqdori po'latdan 0,03-0,06 % dan kam bo'lishini inobatga olgan holda, metallni uglerodlash o'rni bo'lmaslik kerak. Shixta tarkibida fosfor miqdori 0,015-0,020% oshmasligi kerak. Texnik sharoiti bo'yicha shixta tarkibida legirlangan elementlar berilgan po'lat markasining tarkibining pastgi

chegarasi miqdoriga yaqin bo'lishi kerak. Agar olinayotgan po'lat tarkibiga ferroxrom yoki ferrovolfram qo'llanilishi kerak bo'lsa, shunda bu ferrosplavlar zavolka bilan pechga yuklanadi. Shlak erta hosil bo'lishi uchun zavalkaga 1-1,5 % ohak qo'shiladi.

Shixta materiallarini yuklanish va erishi odatda bo'lib o'tadi. Eritilish jarayonida ba'zi bir elementlar havo kislorodi va shixta materiallar tarkibida bo'lgan oksidlar bilan oksidlanadi. Erish paytida alohida elementlarning yonishi har xil eritish sharoitlar uchun tajriba yo'li bilan aniqlanadi. Taxminiy hisobotlar uchun quyidagi yonish miqdoridan foydalansa bo'ladi %;

Al – 100%	Mn – 15- 25%
Ti – 80-90%	Cr – 10-15%
Si – 40-60%	W - 5-15%
V-15-25%	

Erish jarayoni davrida oksidlangan elementlarni shlaklakga o'tqazish uchun pechga ba'zi bir miqdorida ohak qo'shiladi. Erigan zavalkani tarkibi taxminan quyidagicha: 30-40% CaO; 15-30% SiO₂; 6-15% MnO; 2-4% Al₂O₃; 4-10% FeO; 8-10% MgO.

Erigandan so'ng shlakni to'kib olish kerak emas. Agar erigandan so'ng quyuq shlak hosil bo'lsa, shunda uni qisman yoki to'liq to'kib olish kerak. Shlak tarkibida qimmatbaho legirlovchi elementlar W, Cr, V kabi elementlar mavjud bo'lsa, ular maydalangan ferrosplitsiy yoki koks bilan tiklanadi, bundan so'ng shlak to'kib olinib, uni o'rniga ohak va plavik shpati yordamida yangi shlak hosil bo'ladi. Po'latni oksidsizlantirish, oltingugurtdan tozalash va legirlash odatdagidek bo'lib o'tadi.

Oksidlangan shlakni to'kib olmasdan po'latni oksidlash bilan eritish jarayoni

Erish jarayoni oksidsizlanish davri bo'lib o'tmasa chiqindi tarkibida bo'lgan hamma legirlangan elementlardan foydalansa bo'ladi. Bunday eritish usulda qaynash jarayoni bo'lmaganligi sababli vodorod va azot miqdori po'lat tarkibida oshib borishi mumkin. Buni oldini olish uchun erish jarayoni oksidlash davri bilan oksidlangan

shlakni to'kmasdan bo'lib o'tadi. Shixta tarkibiga legirlangan chiqindilar ham qo'shiladi.

Shixta tarkibini shunday tuzishi kerakki, metall tarkibida uglerod miqdori erigan po'lat miqdoridan 0,1-0,2% baland bo'lishi kerak, fosfor miqdori esa po'lat tarkibida bo'lgan fosfor miqdoridan past bo'lishi kerak. Eritish jarayonini odatda ham olib borish mumkin. Eritish jarayoni davrida Si va qisman Mn, W, Cr, C va boshqa elementlar oksidlanadi. Agar shixta tarkibida volfram mavjud bo'lsa, shunda eritish va oksidlanish davrini yari nordon magnezit kremnezyomli shlakni tagida o'tiqazish kerak. Oksidlanish jarayoni vannaga kislorod purkalish yo'li bilan o'tqaziladi. Vanna qaynashi natijasida gazlar yo'qolishiga va metallni qizishiga olib keladi. Bundan so'ng maydalangan ferrosilitsiy va koks yordamida shlak oksidsizlantiriladi. Legirlangan elementlar (W, Cr, Mn va boshqalar) tiklanib metallga o'tadi. Agar pechda hosil bo'lgan shlak miqdori ko'paysa, shunda oksidsizlantirilgan shlak qisman to'kib olinadi. Bunday jarayon natijasida metall tarkibida gaz miqdori kamayadi. Fosfor eritish jarayoni davrida yo'qotilmaydi, shuning uchun shixta tarkibidagi materiallar tarkibida fosfor kerakli bo'lgan miqdordan past bo'lishi kerak.

Nazorat savollari

1. Eritmaning oksidlanish davrida qanday elementlar to'liq yoki qisman oksidlanadi?
2. Oksidlanish jarayonisiz eritish jarayoni nima maqsatda qo'llaniladi?
3. Oksidlash davrining yoqligining kamchiliklari?
4. Oksidlanishsiz eritish jarayonida shixta materiallari qanday yuklanadi va eritiladi?
5. Eritish davrida alohida elementlarni yonishi kattaliklari nimaga teng?
6. Nima maqsatda eritish jarayoni davrida ba'zi bir miqdorda ohak qo'shiladi?
7. Zavalka eritish jarayonidan so'ng hosil bo'lgan shlakning tarkibi qanday?
8. Shlak tarkibida bo'lgan qimmat baho legirlovchi elementlar nima bilan tiklanadi?
9. Oksidlangan shlak quyib olinmasdan po'lat eritish jarayoni qanday kechadi?
10. Oksidlangan shlak quyib olinmasdan po'lat eritish jarayoni davrida shixta tarkibida fosfor miqdori qanday bo'lish kerak?

15- ma'ruza Katta yuklanishli elektrpechlarda po'lat eritishning o'ziga xos usullari

Ma'ruza matni:

1. Katta yuklanishli elektrpechlarning tavsifi.
2. Katta yuklanishli elektrpechlar uchun shixta tarkibi.
3. Katta yuklanishli elektrpechlarda po'lat eritilish jarayoni.
4. Katta yuklanishli elektrpechlarda oksidzsizlantirish va oksidlash jarayonlari.
5. Har xil hajmli pechlarda eritilayotgan po'lat tarkibida vodorod miqdori.

Po'lat eritish pechlarni sig'imi 100 tonna va undan ortiq bo'lsa, bu pechlar katta yuklanishli pechlar deb hisoblanadi. Katta yuklanishli pechlardagi sharoitlarni yaxshilash uchun jarayonini kattaroq darajada standartlash zarur.

Katta yuklanishli pechlar vanna chuqurligining kattaligi, metall va shlak ta'sirlanishining kichik solishtirma yuzasi bilan tavsiflanadi. Bularni quyidagi jadvaldan ko'rishimiz mumkin.

3-jadval

Pech hajmi, t	Vanna chuqurligi, m	Metall va shlak orasidagi solishtirma yuzasi, m ² /t
10	0,45	1,0
40	0,8	0,3
100	1,2	0,17

Metall va shlak orasida ta'sirlanish bo'lgan solishtirma yuzaning kamayishi po'latni rafinirlash jarayonini sekinlashtiradi. Ko'p yukga mo'ljallangani pechlarning shixtasi tarkibida kichik hajmli pechlarga nisbatan cho'yan miqdori ko'p bo'ladi. Bu esa po'lat olishda lomga bo'lgan muhtojligini kamaytiradi va shixtaning hajmi og'irligini oshirib zavalkaning shroitini engillshtiradi.

Cho'yan miqdori va po'latli lom orasidagi nisbatini shunday tanlashimiz kerakki, shixta erigandan so'ng metal tarkibida uglerod miqdori tayyor po'lat tarkibida uglerod miqdoriga nisbatan oshiq bo'ladi; odatda shixta tarkibida cho'yan miqdori

10-25% ni tashkil qiladi. Eritish jarayonida pechga qo'shimcha issiqlik beriladi. Bu issiqlik svod teshiklaridan kiritilgan gaz-kislorodli garelkalardan keladi. Garelkalardan foydalanish natijasida eritish jarayoni vaqti 22 daqiqaga qisqaradi, bir tonna po'lat uchun gaz sarfi $15 \text{ m}^3/\text{t}$ va kislorod sarfi $34 \text{ m}^3/\text{t}$ bo'lganda elektr energiya sarfi $67 \text{ kVt}^2/\text{t}$ qisqaradi. Katta yukli pechlarda eritish jarayoni davrida oksidlanish jarayonini oqib o'tishiga harakat qilinadi. Buning uchun shixta bilan yuklanayotgan ohak va temir ruda miqdori oshiriladi, hamda erish jarayoni davomida ham oshirishi kerak. 80-90% shixta erigandan so'ng vanna kislorod bilan purkalanadi, buning natijasida eritish va oksidlanish jarayonlar tezlashadi. Eritish jarayoni oxirida metall tarkibidagi fosfor miqdori 0,015-0,02% kamayadi. Shixta to'liq erigandan so'ng shlak ajratib olinadi va kislorod purkalish davom etadi. Oksidlanish jarayonida uglerod kerakli miqdorgacha oksidlanadi, fosfor 0,01% gacha oksidlanadi, po'latdan gazlar yo'qotilish jarayoni ham bo'lib o'tadi. Ko'p yukga mo'ljallangan pechlarda qayta qaynash jarayoni keng qo'llaniladi. Po'latda uglerod kerak bo'lgan miqdorgacha yetsa, shunda vannaga taxminan 1% cho'yan qo'shiladi. Cho'yan uglerodi po'latda erigan kislorod bilan ta'sirlashish natijasida vannani intensiv qaynashiga olib keladi va bu jarayon gazlar to'liq yo'qolishiga olib keladi.

Qayta qaynash uchun vannaga cho'yan qo'shilgandan so'ng oksidlangan shlak yo'qotiladi va erishjarayoning tiklanish jarayoni boshlanadi.

Ko'p yukga mo'ljallangan elektr pechlarda oksidlanish va oltingugurt yo'qotish jarayoni eritma kovshga quyilgandan effektiv bo'lib o'tadi. Kovshda metall bilan shlak intensiv aralashish natijasida ularning o'zaro ta'siri tezlik bilan o'tadi. Po'lat kovshga quyilganda oksidlanish va oltingugurt yo'qotishi jarayoni to'liq o'tish uchun shlak asosli, suyuq va tarkibida FeO miqdori minimal bo'lishi kerak. Asosligi 2,5 dan ($\text{CaO}/\text{SiO}_2 > 2,5$) oshiq bo'lgan shlak qo'llanilsa va FeO miqdori 0,5% kamroq bo'lsa, yaxshi natija beradi. Shlak suyuqligini oshirish uchun uning tarkibiga taxminan 1% ftorli kaliy qo'shiladi.

To'liq oksidlantirish kovshda olib boriladi. Eritilayotgan po'latning markasi bo'yicha har xil oksidlantiruvchilar qo'llanilishi mumkin. Ko'p holatlarda oksidlantirish 0,04-0,1% Al bilan o'tqaziladi.

Ko'p yukga mo'ljallangan pechlarda eritilgan po'lat tarkibida o'rta va kam sig'imli pechlarda olingan po'latga qaraganda gaz miqdori odatda kamroq bo'ladi. Bu holat po'lat pech atmosferasidan shlak orasidan gaz yutish tezligi katta yukga moljallangan pechlarda metall va shlak o'zaro tasirlanish solishtirma yuzasining kamligi natijasida sekinroq o'tadi.

Har xil hajmli pechlarda eritilgan po'latlarning tarkibida vodorod miqdori jadvalda keltirilgan.

4-jadval

Pechning sig'imi, t	Vodorod miqdori, ml/100g			
	Qaynashning oxiri	Tiklanish jarayoni boshlanishida	Chiqishdan oldin	Po'lat quyilganda
10	5,1	5,7	6,1	7,2
40	4,1	5,5	6,0	6,6
100	3,7	4,7	5,0	5,5

Nazorat savollari

- 1.Qanday pechlar ko'p yukga mo'ljallangan pechlar qatoriga kiradi?
2. Ko'p yukga mo'ljallangan pechlar nima bilan ifodalandi?
- 3.Nima uchun ko'p yukga mo'ljallangan pechlarning shixta tarkibida cho 'yan miqdori kichik hajmli pechlarga nisbatan ko'proq bo'ladi?
- 4.Shixta tarkibida cho 'yanning foizli miqdori qancha?
- 5.Erish jarayoning oxirida metal tarkibida fosfor miqdori qancha?
- 6.“Qayta qaynash” digani nima?
- 7.Ko'p yukga mo'ljallangan pechlarda po'lat eritish jarayonining qaysi davrida oksidsizlantirish va oltigugurt yoqotilishi effektiv bo'lib o'tadi?
- 8.Ko'p yukga mo'ljallangan elektr pechlarda kichik hajmli pechlarda eritilgan po'lat tarkibiga nisbatan gaz miqdorining kamligi nima bilan ifodalanadi?
- 9.Har xil hajmli pechlarda eritilgan po'lat tarkibida bo'lgan vodorod qanday o'zgaradi?

16- ma'ruza Zanglamaydigan po'lat eritishni o'ziga xos xususiyatlari

Ma'ruza rejasi:

- 1.Zanglamaydigan po'latni eritilishi.
- 2.Zanglamaydigan po'latning tarkibi.
- 3.Oksidlanish jarayoni bilan zanglamaydigan po'lat eritish usulini kamchiliklari.
- 4.Zanglamaydigan po'lat eritish uchun shixta tarkibi.

Zanglamaydigan po'lat tarkibida xrom miqdori ko'pligi (18-30%) va uglerod miqdori kamligi ($<0,12\%$) bilan tavsiflanadi. Ko'p markali zanglamaydigan po'lat tarkibida Ni(8-20%) va Ti(0,4-0,8%) kabi elementlar ham mavjud. Zanglamaydigan po'latni eritish jarayonining oksidlash bilan birga olish mumkin. Shunday eritish usuli bilan shixta tarkibida legirlangan po'lat va nikel bo'lishi kerak. Oksidlanish vaqtida metall tarkibidagi uglerodni 0,015-0,02% gacha pasaytiradi. Shu bilan birga fosfor ham oksidlanadi. Tiklash jarayonida esa metall va shlakni oksidsizlantirib, metallni xrom va titan bilan ligirlaydi. Bu usulning afzalligi olingan po'lat tarkibida uglerod miqdori kamligidadir. Ba'zi bir holatlarda olingan po'lat tarkibida uglerod miqdori 0,03% dam kamroq bo'lishi mumkin va shu bilan birga po'latning korroziyaga bardoshligi oshadi.

Bu eritish usuli quydagi kamchiliklarga ega:

- 1) shixta tarkibida xrom ko'p bo'lgan chiqindilardan foydalanmaslik. Po'latni xrom bilan legirlash ko'p miqdorda uglerodi past bo'lgan ferroxrom qo'shilish yo'li bilan olib boriladi, bu esa po'lat narxini oshishiga olib keladi.
- 2) tiklanish jarayoni vaqtida ko'p miqdorda ferroqotishmalarni eritish kerak; har bir 100 kg pechda eritilgan po'latga 50 kg gacha ferroqotishmalar qo'shilishi kerak. Bu esa tiklanish jarayonini qiyinlashtiradi.

Agar eritish jarayoni oksidlanish jarayonisiz olib borilsa, shunda zanglamaydigan chiqindilarni shixta tarkibiga qo'shishimiz mumkin bo'ladi. Shixta tarkibiga zanglamaydigan chiqindilar kiradi. Eritish jarayoni davrida titan oksidlanadi; hamda Si va Cr oksidlanish ham mumkin. Shixta erigandan so'ng shlak oksidsizlantiriladi, metall qizdiriladi va uni xrom va titan bilan legirlaydi, so'ngra po'lat tarkibini

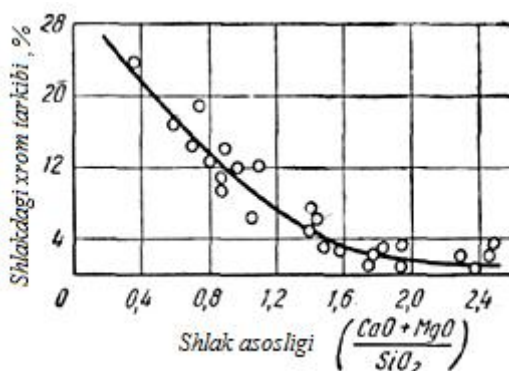
maromiga yetqazib eritma quyib olinadi. Bu usulni kamchiligi po‘lat tarkibida uglerod miqdori balandligida. Masalan, agar shixtani metalli qismida uglerod miqdori 0,12% bo‘lsa, erish jarayonida metall elektrodlar bilan uglerodlanib, uglerod miqdori 0,15% yetishi yoki undan oshishi ham mumkin. Shixta tarkibida zanglamaydigan po‘lat chiqindilarni qo‘llab, kam uglerodli zanglamaydigan po‘lat olish uchun uning tarkibida xrom miqdori baland bo‘lishi bilan uglerod oksidlanish sharoitda o‘tish kerak. Bunday sharoitlar metall kislorod bilan intensiv purkalanishi yo‘li bilan olib boriladi. Bu zanglamaydigan po‘latni ishlab chiqarish uchun keng tarqalgan usuldir.

Shixta tarkibiga 50-70% zanglamaydigan po‘lat chiqindilari kiradi. 70-80% shixta erigandan so‘ng po‘lat kislorod bilan purkalanadi, bu esa eritish jarayonini tezlashtiradi. Kislorod bilan purkash metall erigandan so‘ng ham bo‘lib o‘tadi. Purkash jarayoning boshida kremniy va xrom kabi elementlar oksidlanadi. Shu elementlar oksidlanish natijasida ajragan issiqlik natijasida metall 1700-1800⁰ C qizishi mumkin. Bu haroratda uglerod oksidlanib metall tarkibida pasayadi.

Zanglamaydigan po‘lat kislorod bilan purkalganda, odatda kislorod sarfi 10-15 m³/t ga teng bo‘ladi. Metallda uglerod miqdori purkash jarayoni oxirida kerakli miqdordan 0,01-0,03% kamroq bo‘ladi.

Purkash jarayoni oxirida shlak tarkibi taxminan quyidagicha, %: 15-20 SiO₂, 15-20 MgO, 25-45 Cr₂O₃, 5-10 Al₂O₃, 4-8 CaO, 5-10 MnO, 3-6 TiO₂, 5-8 FeO.

Shlak bilan xrom yo‘qotishini kamaytirish uchun, shlak oksidsizlantiriladi, ya’ni shlakga maydalangan ferrosilitsiy yoki silikoxrom qo‘shiladi. Kremniy shlakdan xromni qisman tiklaydi. Kremniyni tiklash xususiyati shlak asosli oshganda kuchayadi, shuning uchun shlak oksidsizlantirilganda unga ohak qo‘shiladi.



14-rasm. Tiklanish jarayoni oxirida shlak tarkibida xrom miqdorining shlak asosligiga bog'liqligi.

Shlak oksidsizlantirish bilan birga po'latga kerak bo'lgan miqdorida ferroxrom qo'shiladi va boshqa elementlar bo'yicha po'lat tarkibi to'g'irlanadi.

Shlak oksidsizlantirilgandan so'ng pechdan to'kib tashlanib pechga ohak va plavik shpati qo'shilish yo'li bilan yangi shlak hosil bo'ladi. So'ngra metallga ferrotitan qo'shib eritma quyib olinadi. Titan yonib ketishi taxminan 50% tashkil qiladi. Po'latni titan bilan legirlash kovshda ham o'tkazish mumkin.

Nazorat savollari

1. Zanglamaydigan po'lat qanday elementlarni va qaysi miqdorda qabul qiladi?
2. Zanglamaydigan po'latni qanday usul bilan olish mumkin?
3. Oksidlanish bilan zanglamaydigan po'latni eritish jarayonining afzalligi qanday?
4. Oksidlanish bilan zanglamaydigan po'latni eritish jarayonining kamchiligi qanday?
5. Eritish davrida qanday elementlar oksidlanadi?
6. Zanglamaydigan po'lat qanday elementlar bilan legirlanadi?
7. Qanday zanglamaydiga po'lat eritish usuli keng tarqalgan?
8. Zanglamaydigan po'lat kislorod bilan purkalgandan so'ng shlak tarkibi qanday?
9. Tiklanish davri oxirida shlak tarkibida xrom miqdorini shlak asosligiga bog'liqligini ko'rsating.

17- ma'ruza Nordon yoyli eritish pechlarida po'lat eritib olish

Ma'ruza rejasi:

1. Nordon futerovkali elektr pechlarning afzalliklari va kamchiliklari
2. Shixta tarkibini tanlab olish.
3. Shixta yuklanishi va eritilishi
4. Eritmaning oksidlanish davri.
5. Po'latni oksidsizlantirish.

Nordon futerovkali elektr pechlar po'latni fasonli quyish uchun keng qo'llaniladi. Asosiy pechlardan ko'ra nordon elektr pechlarida quyidagi afzalliklar mavjud:

1. Metallni kerak bo'lgan haroratgacha qizdirish, asosli elektr pechlarga nisbatan osonroq kechadi. Nordon shlaklarning elektr o'tkazuvchanligini asosiy shlaklardan ko'ra kamroq, shuning uchun quvvattning bir qismi shlakda ajralib chiqadi. Elektr yoylar kaltaroq, bu esa metallga yaxshiroq issiqlik berilishini ta'minlaydi.
2. Elektr energiyaning sarfi kamligi.
3. Eritish davrining vaqti kamayadi.
4. Nordon issiqlikga bardosh materiallari asosiylarga nisbatan narxi past.
5. Nordon futerovkaning mustahkamligi baland bo'lib, nordon elektr pechlarning devorlari va shifti mustahkamligi asosiy futerovkadan baland bo'ladi.

Afzalliklar bilan ham kamchiliklar ham mavjud. Nordon pechlarda fosfor va oltingugurti yo'qotish mumkin emas, shuning uchun shixta tarkibida kam fosforli materiallar bo'lishi kerak.

Nordon elektr pechlar tarkibida marganes ko'p bo'lgan po'latlarni eritish mumkin emas, chunki baland konsentratsiyali marganes nordon futerovkalardan kremniyni ko'p miqdorda tiklaydi. Shu sababga ko'ra, tarkibida titan va alyuminiy bo'lgan po'lat ham eritilmaydi. Metall tarkibida kremniy mavjudligi po'latda kerak bo'lgan miqdorni oshirish mumkin.

Shixtani yuklanishi va eritilishi. Shixta tarkibini shunday to'g'irlash kerakki, tayyor po'latda fosfor miqdori kerak bo'lgan miqdordan 0,01% ga kam bo'lish kerak. Hamda shixta tarkibida zanglagan metallar ko'p bo'lishi ham kerak emas, chunki temir oksidlari futerovkaning kremnezyomi bilan ta'sirlashiib uning mustahkamligini kamaytiradi. Shixtani hisobini shunday qilish kerakki, erigandan so'ng metall tarkibida uglerodning o'rtacha miqdori berilgan markasi bo'yicha 0,1-0,2% ga oshiqroq bo'lish kerak. Uglerod miqdorini oshirish uchun shixta tarkibiga koks, elektrodlar siniqlari va cho'yan qo'shiladi.

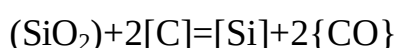
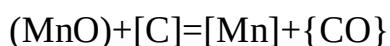
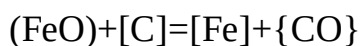
Shixta yuklanishini shunday olib borish kerakki yirik lom elektr yoy zonasi bilan ta'sirlashgan holda bo'lishi kerak, mayda lom esa chetlarda va yirik lom ustida

joylashishi kerak. Bir bo‘lakning og‘irligi zavalkaning umumiy og‘irligi 1/50 qismidan oshish kerak emas.

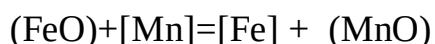
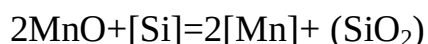
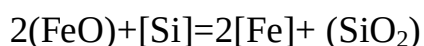
Nordon pechlarda shixta eritishni asosiy pechlar bilan bir xil. Elektr yoylar shixta eritilib chuqurlik hosil qilib va uning ustida yonib turadi. Shunda zavalkaning tepa qismida joylashgan shixta eriy boshlaydi. Erigan metall kerak bo‘lgan miqdordan kamroq bo‘lsa, elektrodlar pech tubiga yetsa, elektr yoylar pech tubi futerovkasiga ta’sir qiladi va shuning natijasida kremnezyom bug‘lanib kremniy tiklanadi. Yuzaki ko‘rinishda pechdan SiO_2 tashkil topgan oq tutun chiqishi boshlaydi. Elektrodلarni futerovkaga ta’siri uni buzilishiga olib keladi. Elektr yoylarni futerovkaga ta’sir qilishi, uni buzilishiga olib keladi. Oq tutun paydo bo‘lganda elektrodلarni ko‘tarib, hosil bo‘lgan chuqurlikga shixtani surib olish yoki mayda shixtani uning ichiga yuklash kerak.

Eritish jarayoni oxirida shlakni tarkibi quyidagicha: 40-50% SiO_2 ; 15-30% FeO ; 10-30% MnO ; 2-6% Al_2O_3 ; 5-15% boshqa oksidlar.

Eritish jarayoning oksidlarni davri. Oksidlarning davrining asosiy reaksiyasi bu uglerodni oksidlash. Bu jarayon vanna qaynashiga olib keladi. Uglerod oksidlanish reaksiyasi



Uglerod oksidlanish bilan birga kremniy va marganes oksidlanishi yoki tiklanishi mumkin.



Oksidlanish davri boshida shlak tarkibi quyidagicha,%: 45-60 SiO_2 ; 30-40 FeO ; 15-25 MnO va boshqa oksidlarning kam qismi. Bunday shlakning suyuqligi baland hisoblanadi.

Oksidlanish davrida shlak tarkibida FeO miqdori kamayadi, SiO₂ esa tarkibida oshib boradi. Bu jarayon metall uglerod bilan shlakni o‘zaro ta’sirlanish natijasida bo‘lib o‘tadi, hamda vannaga qum ko‘pligi natijasida va tubning SiO₂ si shlakda erish natijasida bo‘lib o‘tadi. Oksidlanishning jarayoni oxirida SiO₂ shlak tarkibida 56-60% oshadi va bu shlakni qovushqoqligini oshiradi. Oksidlanish davrida metall tarkibida kremniy miqdori 0,15-0,20% gacha oshadi. Pechda jarayon juda baland haroratda bo‘lib o‘tsa va shlak qovushqoqligi baland bo‘lsa, kremniy intensiv tiklanadi va metallda uning tarkibi 0,5% dan oshishi mumkin. Kremniy ko‘p miqdorda tiklanishini oldini olish uchun vannaga ohaktosh qo‘shiladi. Shlakga CaO qo‘shilishi uni suyuqligini oshiradi va po‘lat tarkibida kremniy miqdorini oshishini oldini oladi. Ligerlangan po‘lat ishlab chiqarishda oksidlanish davri davomiyligi 30-50 min teng, uglerodli po‘lat ishlab chiqarish uchun 20-30 daqiqa kerak bo‘ladi.

Po‘latni oksidsizlantirish. Qoliqli quyish uchun uglerodli po‘lat eritilish jarayonida odatda tiklanish davri mavjud emas. Oksidlanish jaroyoni davomida kremniy tiklanish natijasida qisman oksidlantirish jarayoni ham bo‘lib o‘tadi.

Po‘latni oksidlovchi oksidsizlantirish jarayoni alyuminiy bilan olib boriladi. Chunki alyuminiy kuchli oksidsizlantiruvchi element deb hisoblanib quymalarda g‘ovak paydo bo‘lishiga to‘sqinlik qiladi. Shuning uchun kovshga 0,08-0,12% alyuminiy qo‘shiladi. Oksidsizlantirish uchun qo‘shilgan alyuminiy kichik qismi po‘latda qolishi mumkin; qolgan qismi esa glinozyom ko‘rinishida po‘latdan yo‘qotiladi. Tarkibda bo‘lgan qoldiq alyuminiy miqdori har hil bo‘lishi mumkin va kiritilgan alyuminiy miqdoriga bo‘g‘liq bo‘lishidan tashqari po‘lat eritilish va quyib olish jarayoniga ham bo‘g‘liq bo‘ladi. Taxminiy hisoblar uchun o‘rta uglerodli po‘lat miqdorlari bilan foydalanishimiz mumkin:

Po‘latga qo‘shilgan alyumimniy

miqdori, %:	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,08
-------------	------	------	------	------	------	------

Qoldiqda alyuminiy

miqdori, %:	0,004	0,007	0,01	0,015	0,02	0,03.
-------------	-------	-------	------	-------	------	-------

Nazorat savollari

1. Qanday po 'lat eritish uchun nordon futerovkali elektr pechlar ken tarqalgan?
2. Nordon elektr pechlarning afzalliklari.
3. Nima uchun nordon elektr pechlarda tarkibida marganes miqdori baland bo 'lgan po'latni eritib olish mumkin emas?
4. Nordon elektr pechlarda po'lat eritib olish uchun shixta tarkibini qanday tanlash kerak?
5. Pechga shixta yuklanishini qanday olib borish mumkin?
6. Eritish jarayoni oxirida shlak tarkibi qanday?
7. Eritish jarayonining oksidlanish davri asosiy reaksiyasi.
8. Oksidlanish davri davomiyligida shlak tarkibida FeO va SiO₂ miqdori qanday o'zgaradi?
9. Qolibli quyish uchun po'latni oksidlovchi oksidsizlantirish qaysi element bilan olib boriladi?
10. O'rta legirlangan po'lat uchun qoldiq alyuminiy miqdori ko'rsatkichlari qanday?

18-ma'ruza Po'lat quyish jarayoni. Tinch po'latning quymasini tuzilishi

Ma'ruza rejasi:

1. Pechdan metall va shlak chiqish.
2. Po'lat quyish usullari.
3. Po'latni sifonli quyib olish usulining afzalliklari.
4. Po'latni qotishi.
5. Po'latni qotish tezligi qotgan qatlam qalinligiga bo'g'liqligi.

Pechdan po'lat quyilish jarayonida metall va shlak aralashishi mumkin va po'latdan ko'pincha kislorod va oltingugurt ajralib chiqishiga olib keladi. Eritma chiqish davrida shlak metallning yuzasini butunlay qoplaydi va natijada metall sovushini oldini oladi. Po'lat quyilish vaqtida shlakning ba'zi bir miqdori metallda adashib qolishi mumkin, lekin po'lat kovshda 5-10 daqiqa tinsa, shlak tomchilari metall ichidan yuzaga chiqadi.

Pechdan eritma chiqishi vaqtida, kovshda suyuq metall tingandai va kovsh futerovkasi kerak bo'lgan miqdorgacha isimagan holda quyish jarayoni boshlansa metall 30-50⁰ C intensiv sovutiladi. Metall yuzasi va ichki qatlamlarini harorati kovsh devorlari va tubi atrofidagi metall qatlamlaridan baland bo'ladi. Kuyish jarayonida po'lat harorati pastroq bo'lib, so'ngra harorati oshishi boshlaydi. Erish jarayoni boshlanishidan 6-8 daqiqa o'tgach po'lat harorati eng baland ko'rsatgichga yetadi va undan keyin harorati o'zgarmaydi.

Pechdan chiqayotgan po'lat oqimlari havoning kislorodi bilan o'zaro ta'sirlashadi va buning natijasida suyuq metall yuzasida oksidlangan qoplam hosil bo'ladi. Oksidlangan qoplam tarkibidagi temir oksidlari suyuq metallda erishi mumkin va buning natijasida po'latda kislorod konsentratsiyasi oshadi. Po'latda erigan kislorod bir vaqtda po'lat tarkibida bo'lgan oksidsizlantiruvchi elementlar bilan o'zaro ta'sirlashadi. Bu jarayon natijasida oksidlangan qo'shimchalar paydo bo'lib metalldan shlakga o'tib ketadilar. Bu jarayon natijasida kislorod po'lat tarkibida kamayadi va po'lat tarkibidagi kislorod miqdorini kamaytiradi. Buning natijasida suyuq po'lat tarkibida kovshda chiqadigan davrida, kovshda tindirilganda va quyib olinganda kislorod miqdori oshmasdan kamayadi.

Po'lat quyish usullari

Po'lat yuqoridan yoki sifon yordamida quyiladi. Yuqoridan quyilgan po'lat kovshdan stakanga quyilib, undan keyin esa qolipga quyiladi. Oqimni markazlanishi va po'lat oqish jarayonida sachrash miqdorini kamaytirish uchun qolipga issiqlikga bardosh materialdan tayyorlangan oraliq voronka joylashtiriladi.

Sifonli quyish jarayonida bir necha qolib cho'yandan tayyorlangan tubga joylashtiriladi, buning o'rtasida futerofkalangan markazlashgan qismi joylashgan. Bu qism cho'yan qoliblari bilan sifonli o'tkazuvchi kanali yordamida biriktiriladi. Kovshdan suyuq po'lat markazlash qismiga oqib o'tadi va sifonli o'tkazuvchining kanalidan hamma qoliblarga bir vaqtda quyiladi. Sifonli quyish yuqoridan quyish usulidan afzalliklari quyidagicha:

1) quyish jarayonining bir vaqtda ko'p miqdorda quymalar quyiladi, buning natijasida quyishning umumiy davomiyligi kamayadi

2) to'xtatgich ko'tarilish va tushish soni kamayishi natijasida buzilishlar hosil bo'lish ham taxminan kamayadi.

3) quyish jarayoni kichik tezlik bilan olib borilishi mumkin va shu bilan tezlikni oson boshqarish mumkin.

4) quyma yuzasining sifati oshadi va brak soni kamayadi.

5) qoliblardan foydalanish davri oshadi.

Sifonli quyish jarayonining kamchiligi:

1) sifonli o'tkazuvchilarda metall harorati pasayadi, shuning uchun po'lat sifon yordamida quyilganda baland haroratda bo'lishi kerak.

2) quyish jarayonida metall yo'qotishlari oshib boriladi.

3) quyish uchun moslamalarni tayyorlash qiyinligi va issiqlikga bardosh materiallarni sarfi oshishi.

Po'lat qotish suyuq metall qolibni tubli va devorlari bilan ta'sirlashsa amalga oshib boradi. Dastlab bu jarayon tezlashib boradi, chunki qolibning sovuq devorlari suyuq metallni sovutadi va bundan so'ng bu jarayon sekinlashadi. Qotgan qatlamning qalinligi quyidagi tenglama yordamida aniqlanadi:

$$X = k\sqrt{\tau} \quad (18.1)$$

Bu yerda; x - qotgan qatlamning qalinligi, sm:

τ - qotish vaqti, min:

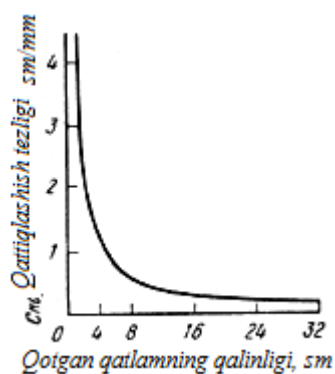
k - qotish koeffitsiyenti, $\text{sm}/\text{min}^{1/2}$

Cho'yanli qoliblarda po'lat qotish koeffitsiyenti k taxminan 2,3-3,5 oralig'ida bo'ladi. Qatlam qalinligiga nisbatan tezlik quyidagi tenglama yordamida aniqlanadi:

$$V = \frac{1}{2} \cdot \frac{k^2}{x} \quad (18.2)$$

Bu yerda V - qotish tezligi, sm/min .

Qotish tezligi qatlam qalinligi oshgan sari tezroq kamayadi (rasm 15).



15 -rasm. Qotgan qatlamga nisbatan po'lat qotish tezligining nisbati.

To'liq qotish davomi quyidagi tenglamada aniqlanadi:

$$\tau = 0,112 R^2 \quad (18.3)$$

Bu yerda R- quymaning kesmasiga joylashgan doira radiusi, sm.

τ - vaqt, min.

Konstruksion po'lat quyib olish davrida pechdan chiqishdan oldin metall harorati 1580 – 1650⁰ C teng bo'ladi. Temir erish harorati 1539⁰ C teng; po'lat tarkibida bo'lgan qo'shimchalar qotish harorati boshlanishini pasaytiradi.

Qanchali po'lat tarkibida uglerod va legirlovchi elementlar miqdori baland bo'lsa, shuncha qotish harorati tezligi past bo'ladi. Har xil po'latlarning qotish harorati quyidagicha:

Yumshoq temir (0,04 % C)	1535-1525
Qaynar po'lat (0,1-0,2% C)	1525-1510
O'rtacha uglerodlangan po'lat (0,3% C)	1510-1490

Kovshda metall harorati odatda likvidus haroratidan 60-100⁰ C oshadi.

Nazorat savollari

- 1.Pechdan metall va shlak quyib olinishi jarayoni qanday bo 'lib o 'tadi?
- 2.Kovshga suyuq po'lat quyilganda uning tarkibida kislorod miqdori nimani hisoboga kamayadi?

3. Po‘lat quyish usullari qanday?
4. Po‘latni yuqoridan quyib olish qanday amalga oshadi?
5. Po‘latni sifonli quyib olish jarayoni o‘zi bilan nimani ko‘rsatadi?

19 - ma’ruza Po‘latni pechdan tashqari rafinirlash

Ma’ruza rejasi:

1. Po‘latni oksidsizlashtirish va oltingugurtdan tozalash uchun qollaniladigan shlaklarning kimyoviy tarkibi.
2. Po‘latni oksidsizlantirish va oltingugurtdan tozalash usuli.
3. Kovshda neytral gaz yordamida purkalish yoyli bilan po‘latni degazasiyasi.
4. Po‘latni gazdan tozalashning hisoboti.

Pechda eritmaning tiklanish jarayoni davrida diffuziyali oksidsizlantirish va po‘latni oltingugurtdan bo‘shatish jarayonlari sekin o‘tib boradi; bu metall va shlakda diffuziyaning tezlik kichikligi sabab. Tiklanish davrida po‘lat kerak bo‘lgan miqdorda aralashmaydi. Agar metall kovshdagi shlak qatlamiga quyilsa, ya’ni metall va shlak pechdan kovshga quyilganda intensiv aralashish jarayoni sodir bo‘ladi. Bu holda metall quyilganda uning mayda tomchilari shlak bilan aralashib kislorod va oltingugurtdan tozalaydi.

Po‘latni oksidsizlantirish va tozalash uchun tarkibida glinazyom va klasiy oksidi bo‘lgan shlakdan foydalanish kerak; shlak tarkibida kremniy dioksidi va FeO miqdori kam bo‘lgani uchun bu shlaklar eng qulay deb hisoblanadi. Bunday shlaklarni futerovkasi ko‘mirli bo‘lgan ferroqotishma turdagi pechlarda olsa bo‘ladi. Shlakning kimyoviy tarkibi oquyidagicha, %: 50-55 CaO; 42-45 Al₂O₃; 1,5-4,0 SiO₂; 0,15-0,25 FeO.

Harorat 1650⁰C bo‘lganda, shlak kovshga quyiladi. Shlak miqdori rafinirlanadigan po‘lat miqdoridan 5-6% ni tashkil qiladi. Kovsh ichida bo‘lgan shlak bilan elektr yoyli pechni oldiga shunday joylashtirish kerakki, metall maksimal balandligidan (3-5m) kovshga qo‘yilishi kerak. Po‘lat quyilishidan oldin pechdan shlak to‘kib olinadi. Metall va shlak o‘zaro ta’sirlashganda, metallni

oksidlantirilishi kremniy yordamida intensiv oksidlanadi. Kremniy oksidlantirish qobiliyati quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$[O]_{Si} = \sqrt{\frac{O_{Si} \cdot O_2}{[Si] K_{Si}}} \quad (19.1)$$

Oksidlash jarayoni metall va shlak yuzasida bo'lib o'tadi.

Shlak tarkibida SiO_2 miqdori CaO miqdoriga qaraganda kam bo'lganligi uchun SiO_2 faolligi past bo'ladi. Shuning uchun metall va shlak o'zaro ta'sirlashganda metall tarkibida bo'lgan kremniy va kislorod shlak tarkibida bo'lgan kalsiy oksidi bilan ta'sirlanib, kalsiy silikati hosil bo'ladi.

Kovshda metall shlak bilan qayta ishlansa eritmaning tiklash davrini texnologiyasi tezlashtiradi. Oksidlantirish va oltingugurtni yo'qotish jarayonlari intensiv bo'lganligi uchun pechda, po'latni oksidlantirishga muhtoj bo'lmaydi va buning natijasida eritish jarayoni 30-50 daqiqa qisqaradi. Kovshda metallni oksidlantirish va oltingugurtni yo'qotish to'liq bo'lib o'tadi. Kovshda metall qayta ishlangandan so'ng oltingugurt 0,005-0,006% gacha kamayadi (pechdan chiqishdan oldin po'lat tarkibida S 0,015-0,025% teng bo'ladi).

Kovshda neytral gaz bilan purkalgan po'latni gazlardan tozalash

Suyuq metall neytral gaz bilan purkatib (argon, geliy) po'latda erigan vodorod va azot neytral gazning pufakchalariga o'tib ketadi va ularning miqdori po'latda kamayadi. Neytral gaz kovsh tubida joylashgan issiqlikga bardosh probkalardan mayda pufakchalar ko'rinishida po'latga purkaladi. Neytral gaz sifatida asosan argon bilan foydalaniladi. Probkalarining kapilyarlaridan o'tib u suyuq metallga diametri 1-2mm dan kam bo'lgan pufakchalar ko'rinishida o'tadi. Argon pufakchalari suyuq metall yuzasiga chiqib, shlak qatlamlaridan o'tib, atmosferaga chiqib ketadi. Pufakchalar ko'tarilgan sari ularning o'lchamlari quyidagi jarayonlar natijasida kattalashadi:

- 1) po'lat tarkibidan uglerod, vodorod va azot oksidlari pufakchalarga o'tishi;
- 2) mayda pufaklar yirik pufaklar bilan birlashishi;
- 3) tashqi bosim kamayishi natijasida gazlarning kengayishi.

Po‘lat argon bilan purkalganda, uni gazdan tozalanishini ifodalaydigan ba’zi bir hisobotlarni bajarish uchun quydagilar qabul qilinadi: shlak qatlamining qalinligi $h_{shl}=0,3$ m, shlak zichligi $\gamma_{shl}=3\text{g/sm}^3$, suyuq po‘latning yuzasi tarangligi $\sigma=1700$ din/sm, metall va shlak bo‘lingan qatlamidan o‘tib pufakning radiusi $r=0,2$ cm.

Metallga keladigan gazli pufak faqat argondan tashkil topgan. Suyuq po‘latda pufak ko‘tarilgan sari unga CO, H₂ va N₂ o‘tadi. Quydagi tarkibli po‘latni gazdan tozalanishini ko‘rib chiqamiz, %: 0,15 [C]; 0,35 [Si]; 0,04 [O]; $6 \cdot 10^{-4}$ [H]; 0,006 [N].

Tashqi kuchlarning bosimi(P_{bH}) hisobotdan aniqlanadi. Metall va shlak bo‘lingan qatlamda ($h_{shl}=0,3$; $h_m=0$) tashqi kuchlarning bosimi quydagicha aniqlanadi:

$$P_{bH} = 1 + \frac{0,3 \cdot 3}{10} + \frac{2 \cdot 1700}{0,2} 1,02 \cdot 10^{-6} = 1,1 \text{at.}$$

CO ajratib olish tarangligi quydagi tenglamadan aniqlanadi:

$$P_{CO} = \frac{0,15 \cdot 0,004}{0,0025} = 0,24 \text{at.}$$

Vodorod ajratib olish tarangligi quydagi tenglamadan aniqlanadi:

$$P_{H_2} = \left(\frac{6 \cdot 10^{-4}}{22,0 \cdot 10^{-4}} \right)^2 = 0,07 \text{at.}$$

Azot ajratib olish tarangligi quydagi tenglamadan aniqlanadi

$$P_{N_2} = \left(\frac{0,006}{0,044} \right)^2 = 0,018 \text{at.}$$

Pufaklarda gazlarning parsional bosimlari bu gazlarni ajratib olish tarangligiga teng. Pufakning ichida hamma gazlarning parsial bosimi jami tashqi bosimga teng bo‘ladi. Metall va shlak bo‘linishi yuzasiga to‘g‘ri keladiganga

$$P_{CO} + P_{H_2} + P_{N_2} + P_{A_2} = 1,1 \text{ at}$$

$$\text{bu yerdan} \quad P_{A_2} = 1,1 - 0,24 - 0,07 - 0,018 = 0,77 \text{ at.}$$

Pufak ichida hajmli gaz miqdori ularning parsional tarangligiga teng:

$$V_{CO}:V_{H_2}:V_{N_2}:V_{A_2} = 0,24:0,07:0,018:0,77$$

Metall 0,1 m³ argon bilan purkalansa u bilan po‘lat tarkibidan quydagi miqdorda gaz ajralib chiqadi, m³:

$$\text{CO} - 0,034; \text{H}_2 - 0,009; \text{N}_2 - 0,0017$$

Po‘lat tarkibida gaz simon elementlar miqdori quydagicha kamayadi:

[O] -0,004 dan 0,0017 % gacha;

[H] - $6 \cdot 10^{-4}$ (6,6 ml/100g) $5,3 \cdot 10^{-4}\%$ (5,7 ml/100g) gacha;

[N] - 0,006 dan 0,0058% gacha.

Po‘lat tarkibida vodorod miqdori kamaysa, uning yoqotilishi to‘liq bo‘lib o‘tadi. Vodorod po‘lat tarkibida 6,5 dan 3ml/100g gacha kamayishi neytral gaz $3 \text{ m}^3/\text{t}$ sarflanganda sodir bo‘ladi.

Nazorat savollari

1. Pechda eritilish jarayonining tiklanish davrida po‘latni diffuzion oksidsizlantirish va oltingugurtdan tozalash jarayoni sekin oqib o‘tishi nima bilan ifodalanadi?
2. Po‘latni oksidsizlantirish va oltingugurtdan tozalash jarayoni uchun qanday shlaklarni qo‘llash mumkin? Kimyoviy tarkibni keltiring.
3. Qanday haroratda shlak kovshga quyib olinadi?
4. Kremniyni oksidsizlantirish xususiyati qaysi tenglama yoqdamida ifodalanadi?
5. Nima maqsatda kovshda metall shlak yordamida qayta ishlanadi?
6. Nima uchun suyuq po‘latda neytral gaz bilan purkalish jarayoni bo‘lib o‘tadi?
7. Qanday gaz neytral gaz sifatida qo‘llaniladi?
8. Kovsh ichida suyuq po‘lat neytral gaz bilan purkalganda gazdan tozalash vaqtida qanday jarayonlar o‘qib o‘tadi?
9. Gazli pufkga ta‘sir qilgan tashqi bosimni aniqlash uchun ifodani keltiring.

20-Ma’ruza Ferroqotishmalar ishlab chiqarishning fizika-kimyoviy reaksiya asoslari

Ma’ruza rejasi:

1. Ferroqotishmalarni olish mexanizmi.
2. Xar xil oksidlarni uglerod bilan tiklash reaksiyalari.
3. Ferroqotishmalarni eritish olish usullari
4. Oksidlarni metalltermik tiklanishi.

Kimyoviy reaksiyalar va har xil fizikaviy jarayonlarning o'rtasida muvozanat hosil bo'lishi uchun yo'naltirilgan.

Agar tizimda reaksiya quyidagi tenglama bo'yicha bo'lib o'tsa



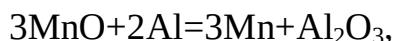
natijada tizimda tanlab olingan izobar potentsiali quyidagi ko'rsatkichga o'zgaradi

$$\Delta G = G_{AB} - (G_A - G_B) \quad (20.2)$$

Ferroqotishmalar tarkibida bo'lgan elementlarning kislorod birikmalari tiklanishi natijasida ferroqotishmalar olinadi. Quyidagi oksidlar ruda yoki boyitma tarkibida mavjud. Tiklantiruvchi sifatida uglerod va ba'zi bir metallarni qo'llash mumkin. Tiklantiruvchi sifatida shunday elementni qo'llash kerakki, u ferroqotishmalar eritilish sharoiti- da tiklanishga moil bo'lgan elementga nisbatan mustahkam oksid hosil qilish kerak. Oksid mustahkamlashni tavsiflovchi o'lcham, bu uni hosil qiluvchi izobar potentsialidir. Qanchalik hosil bo'lgan oksidning izobar potentsial ko'rsatkichi salbiy bo'lsa, shuncha uni mustahkamligi oshadi.

Izobar potentsiali kattaliki bo'yicha metallarni quyidagi qatorga joylashtirishi kerak: Al, Ti, V, Si, Mn, Cr, Mo. Qatorning chap tarafga joylashgan elementlar- metallar, ularni o'ng tarafa joylashgan elementlar uchun tiklovchi sifatida qo'llash mumkin. Hosil qiluvchi va tiklanuvchi oksidlarning izobar potentsiali orasida qanchalik farq katta bo'lsa, shuncha metallotermik reaksiya to'liq o'tadi. Agar reaksiya to'liq o'tmasa, shunda reaksiya natijasida hosil bo'lgan mahsulotlar tarkibida ta'sir etuvchi moddalar miqdori ko'payadi.

Masalan, kremniy bilan MnO quyidagi reaksiya bo'yicha tiklansa, $2\text{MnO} + \text{SiO} = 2\text{Mn} + \text{SiO}_2$ bu yerda, marganes butunlay tiklanmaydi. Tiklanmagan MnO kremnezyom bilan shlak hosil qiladi, kremniyni sarflanmagan qismi marganes bilan erib uni kerak emas bo'lgan elememt bilan ifloslantiradi. Agar MnO alyuminiy bilan quyidagi reaksiya bo'yicha tiklansa,



shunda reaksiya to'liqroq bo'lib o'tadi. Hosil bo'lgan marganes tarkibida alyuminiy kam bo'lib, shlakda tarkibida esa MnO miqdori kam bo'ladi.

Kislorod metallar bilan ta'sirlashish natijasida qattiq va suyuq oksidlar hosil bo'ladi.

Ba'zi bir elementlarning uglerod bilan tiklanish harorati ko'rsatgichlari.

5-jadval

Tiklash reaksiyalari	ΔH , kkal/mol'	ΔS , kkal/(mol'·°K)	Harorat	
			K	°C
$\text{FeO} + \text{C} = \text{Fe} + \text{CO}$	+28730	+32,14	893	620
$\frac{1}{2} \text{SiO}_2 + \text{C} = \frac{1}{2} \text{Si} + \text{CO}$	+79050	+43,7	1810	1537
$\frac{1}{3} \text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{C} = \frac{2}{3} \text{Cr} + \text{CO}$	+60250	+40,3	1490	1217
$\frac{1}{2} \text{TiO}_2 + \text{C} = \frac{1}{2} \text{Ti} + \text{CO}$	+80700	+41,0	1970	1697
$\frac{1}{2} \text{MoO}_2 + \text{C} = \frac{1}{2} \text{Mo} + \text{CO}$	+40400	+39,9	1010	737
$\frac{1}{2} \text{WO}_2 + \text{C} = \frac{1}{2} \text{W} + \text{CO}$	+41470	+41,0	1010	737
$\frac{1}{2} \text{ZrO}_2 + \text{C} = \frac{1}{2} \text{Zr} + \text{CO}$	+99900	+42,2	2360	2087
$\text{MnO} + \text{C} = \text{Mn} + \text{CO}$	+68900	+41,5	1660	1387
$\text{NiO} + \text{C} = \text{Ni} + \text{CO}$	+32650	+45,3	723	450
$\frac{1}{3} \text{V}_2\text{O}_3 + \text{C} = \frac{2}{3} \text{V} + \text{CO}$	+67670	+38,3	1770	1497
$\frac{1}{3} \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{C} = \frac{2}{3} \text{Al} + \text{CO}$	+105230	+45,7	2305	2032

Uglerod oksidi tiklanish davrida entropiya o'zgarishi o'rtacha miqdori 42 kkal/ (mol·K) teng. Oksid tiklanishi sodir bo'lgan taxminiy haroratini reaksiya issiqlik effektini 42 bo'lganda, aniqlasak, bo'ladi:

$$T = \Delta H / 42 \quad (20.3)$$

Ferroqotishmalarni eritib olish usullari

Ferroqotishmalarni ishlab chiqarish uchun ko'mirli termik jarayonlar keng qo'llaniladi, chunki uglerod universal tiklovchi element deb hisoblanadi. Jarayonning harorati o'zgarganda, uglerod yordamida hamma oksidlarni va shular qatoriga kirgan mustahkam kremnezyom va glinozyom birikmalarni tiklash mumkin. Bunday

termik usul bilan ferromarganes, ferroxrom, ferrosilisiy, ferroslikoxrom, selikomarganes va boshqalarni olish mumkin. Eritmaning ko‘mirli termik usulining kamchiligi ferrosplav tarkibida uglerod miqdori balandligi; shixta tarkibida bo‘lgan uglerod olingan ferroqotishmalarda eriydi.

Kam uglerodlangan va uglerodsiz ferroqotishmalarni metalltermik yo‘li bilan olinadi. Tiklovchilar sifatida Al, Si va kremniyli eitmalar-ferrosilisiy, ferrosilkoxrom, silikomarganes va boshqalar qo‘llaniladi.

Uglerod bilan oksidlarni tiklash jarayoni ko‘p miqdorda issiqlik yutishi bilan olib boriladi, shuning uchun bu jarayon elektr pechlarda bo‘lib o‘tadi. Oksidlarni tiklash uchun kerak bo‘lgan issiqlik, hamda eritma va shlakni tiklash uchun kerak bo‘lgan issiqlik reaksiya zonasiga elektr energiya sifatida keltiriladi

Metallotermik tiklanish issiqlik ajralishi bilan olib boriladi. Agar metallotermik reaksiyalar natijasida ajralgan issiqlik, eritma mahsulotlarni eritish uchun kerak bo‘lgan issiqlikdan kam bo‘lsa, jarayon elektr pechlarda bo‘lib o‘tadi. Agar metal termik reaksiyalar natijasida ajralib chiqqan issiqlik metallni va shlakni eritish uchun yetarli bo‘lsa, shunda jarayon shaxtali pechlarda olib boriladi, chunki u yerga energiya berilmaydi. Bunday usul ferroqotishmalarni pechdan tashqari ishlab chiqarish usuli deb hisoblanadi.

Metallotermik jarayoni imkoniyatini taxminan bilish uchun S.F. Jemchujniy qoidasidan foydalansak bo‘ladi: agar metallotermik reaksiyadan ajralgan issiqlik miqdori 1 kg shixtaga 550 kkal dan oshsa, metallotermik jarayon tashqaridan kelgan issiqliksiz amalga oshadi.

Metall termik reaksiyalarning solishtirma issiqliklarining ba’zi bir ko‘rsatkichlari:

6-jadval

Reaksiyalar	Reaksiyalarning issiqlik effekti - ΔH , kkal	1 gr shixtaga solishtirma issiqlik kkal/gr
$2\text{FeO} + \text{Si} = \text{Fe} + \text{SiO}_2$	82500	480
$2/3\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Si} = 4/3\text{Fe} + \text{SiO}_2$	78000	580

$2/3\text{WO}_3 + \text{Si} = 2/3\text{W} + \text{SiO}_2$	75000	410
$2/3\text{MoO}_3 + \text{Si} = 2/3\text{Mo} + \text{SiO}_2$	91000	720
$2/3\text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{Si} = 4/3\text{Cr} + \text{SiO}_2$	28000	220
$2/3\text{V}_2\text{O}_3 + \text{Si} = 4/3\text{V} + \text{SiO}_2$	13000	100
$2/3\text{V}_2\text{O}_5 + \text{Si} = 4/3\text{V} + \text{SiO}_2$	61000	600
$2\text{MnO} + \text{Si} = 2\text{Mn} + \text{SiO}_2$	25400	150
$\text{MnO}_2 + \text{Si} = \text{Mn} + \text{SiO}_2$	85000	740
$2\text{FeO} + \text{Al} + 3\text{Fe} + \text{Al}_2\text{O}_3$	210000	780

Agar metallotermik jarayonning solishtirma issiqligi pechdan tashqari metallotermik jarayon uchun yetarli bo'lmasa, shunda qo'llaniladigan tiklovchini yoki oksidni boshqa moddalar bilan almashtirib, solishtirma issiqlik miqdorini oshirishimiz mumkin. Masalan, MnO ni kremniy bilan tiklansa, issiqlik kam miqdorda ajraladi, shuning uchun bu jarayonni xromni alyuminiy bilan qisman almashtirib o'tkazish mumkin, MnO ni esa MnO₂ bilan almashtiriladi.

Nazorat savollari

1. Kimyoviy reaksiya hamda har xil fizikaviy jarayonlar qaysi yonalishda bo'lib o'tadi?
2. Ferroqotishmalar qaysi usul yordamida bilan olinadi?
3. Ferroqotishmalarni ishlab chiqarish uchun tiklovchi sifatida nimalar qollaniladi?
4. Oksidni mustahkamligini ifodalaydigan olcham nima?
5. Ferroqotishmalarni ishlab chiqarish uchun qaysi reaksiyalar keng tarqalgan?
6. Ferroqotishmalarni ishlab chiqarishda ko'mirli termik usulining kamchiligi nimada?
7. Metall termik usuli bilan qanday ferroqotishmalarni olish mumkin?
8. Ferroqotishmalarni pechdan tashqari ishlab chiqarish usuli nima deb nomlanadi?

21-ma'ruza Ferrosilitsiy. Ferrosilisiy eritish jarayoniga shihta tarkibida bo'lgan tiklovchining ta'siri

Ma'ruza rejasi:

1. Ferrosilisiniy ishlatilish sohalari.
2. Ferrosilisiniy eritish uchun qollaniladigan asosiy homashyo.
3. Ferrosilisiniy eritilish texnologiyasi.
4. Baland kremniyli silisiy eritilganda shlak tarkibi.
5. Ferrosilisiy eritilish davrida elektorenergiya va materiallarni solishtirma sarfi.
6. Ferrosilisiy eritilishning texnik-iqtisodiy ko'rsatgichlarini yaxshilash uchun olib boradigan tadbirlar.

Tinch po'latlar turlarini oksidsizlash uchun va bir qator markali konstruksion po'latlarni legirlash uchun ferrosilisiy qo'llaniladi. MDH davlatlarida quyidagi markali ferrosilitsiy ishlab chiqariladi: fs 18, fs 25, fs 45, fs 65, fs 75 va fs 90; sonlar kremniyni o'rtacha tarkibini foizda belgilaydi. Tarkibida 50-60 % Si bo'lgan qotishmalar havoning namligi bilan ta'sirlanib kukunga maydalanib ketishi mumkin. Ularning maydalanib ketish xususiyati fosfor miqdori ko'paygan sari oshadi. Shuning uchun baland kremniyli ferrosilitsiyda fosfor miqdori 0,03-0,05% gacha bo'lishi kerak.

Ferrosilitsiy ishlab chiqarish uchun asosiy xomashyo bu kvarsitlardir, ular tarkibida SiO_2 96-98%dan kam bo'lmaydi. Kvarsitda Al_2O_3 va CaO jami esa 1,5-2% dan oshmasligi kerak. Ishlab chiqarishda qo'llanilgan kvarsitlar o'lchamlari 80-200 mm teng. Tiklovchi sifatida koks qo'llaniladi.

Tiklovchiga quyidagi shartlar qo'yiladi:

- elektr o'tkazuvchanligi past bo'lishi;
- mustahkamlik balandligi;
- kulda shlak hosil qiluvchilar kam bo'lishi kerak;
- doimiy namlik;
- past narxi.

O'lchami 20-50mm bo'lgan koks keng qo'llaniladi. Tarkibida temir bo'lgan materiallar sifatida uglerodli po'latni qirindisi qo'llaniladi. Cho'yan qirindisi tarkibida esa fosfor ko'p bo'lganligi uchun qo'llanilmaydi. Legirlangan po'lat qirindisi ham qo'llanilmaydi, chunki ular ferrosilitsiyani har xil legirlovchi elementlar bilan ifloslantiradi.

Agar SiO_2 va uglerod aralashmasi baland haroratda qizdirilsa, shunda ular o'rtasida quyidagi reaksiyalar bo'lib o'tadi:

7-jadval

Reaksiya	ΔG_1 , kkal aniqlash uchun tenglamalar	Reaksiya boshlanish harorati ⁰ C
$\text{SiO}_2 + 2\text{C} = \text{Si} + 2\text{CO}$	$\Delta G_1^0 168000 - 87 T$	1657
$\text{C} + \text{Si} = \text{SiC}$	$\Delta G_1^0 27000 - 0,7 T$	2757
$\text{SiO}_2 + 3\text{C} = \text{Si} + \text{CO}$	$\Delta G_1^0 141000 - 78 T$	1537
$\text{SiO}_2 + \text{SiC} = 3\text{Si} + 2\text{CO}$	$\Delta G_1^0 222000 - 105 T$	1847

Agar shixta tarkibida temir bo'lsa, kremniy tiklanish bilan birga temir silinidlari hosil bo'ladi. Quyidagi keltirilgan reaksiyalardan aniqlasa bo'ladi:

8-jadval

Tenglama reaksiyalar	Silinid tarkibida Si miqdori, % (og'irlik bo'yicha)	O'zgarishi ΔG_1 , kal
$3\text{Fe} + \text{Si} = \text{Fe}_3\text{Si}$	14,3	-25000
$5/4\text{Fe}_3\text{Si} + \text{Si} = 3/4\text{Fe}_5\text{Si}_3$	23,0	-12000
$1/2\text{Fe}_5\text{Si}_3 + \text{Si} = 5/2\text{FeSi}$	33,3	-7200
$\text{FeSi} + \text{Si} = \text{FeSi}_2$	50	-2500

Temir silinidlar hosil bo'lishi kremniy tiklanishiga yordam beradi.

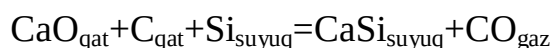
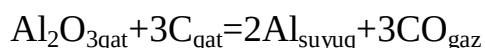
Ferrosilidsiyani eritish texnologiyasi

16,5-22 MBA bo'lgan quvvatli yoyli po'lat eritish pechi keng tarqalgan bo'lib u yerda ferrosilitsiy eritiladi. Ikkilamchi kuchlanish esa 160-200 V teng oralig'ida

bo‘ladi. Futerovkasi ko‘mirli. Shixta tarkibi kvarsit, tiklantiruvchi va temir strujkadan tashkil topgan. Eritish jarayoni uzluksizdir.

Elektrodlar tagida va uning pastki qismi atrofida qattiq yoki yarim erigan aralashma bilan qoplangan o‘yma hosil bo‘ladi. O‘ymalarda tubida shlak, suyuq ferrosilitsiy va qisman erigan shixta aralashmasi mavjud. O‘yma ionlangan gazlar va bug‘lar bilan to‘ldirilgan. Ulardan elektr razryadlar o‘tadi. U yerda harorat 2300°C dan oshadi. Bu zona atrofidagi bo‘lgan shixta qatlamlari tiklanadi, eriydi va ya’ni shixta taqsimlangan qismlar bilan o‘zgartiriladi. Kremniy dioksidi tiklanishi yuqorida keltirilgan reaksiyalar bo‘yicha bo‘lib o‘tadi.

Ferrosilitsiy ishlab chiqarilganda kremniydan tashqari shixta materiallar tarkibida bo‘lgan boshqa oksidlar ham tiklanadi. Temir, marganes, xrom va fosfor oksidlari tez tiklanish xususiyatiga ega bo‘lib kremniyga nisbatan to‘liq tiklanadi. Alyuminiy va kalsiy oksidlari qiyin tiklanuvchilar qatoriga kiradi. Lekin elektr yoy zonasida, baland harorat natijasida, ular quyidagi reaksiyalar bo‘yicha qisman tiklanadi:



Hosil bo‘lgan kalsiy silitsidi va alyuminiy ferrosilitsiyda erib ketadi. Glinozyomni yarmidan ko‘pi va 70% CaO tiklanmaydi; bu oksidlar SiO_2 bilan eritilib shlak hosil qiladi. Baland kremniyli ferrosilitsiy eritilganda shlakning tarkibi quyidagicha: 35-45% SiO_2 ; 30-40% Al_2O_3 ; 8-12% SiC; 6-10% CaO.

Eritish jarayoni davrida olingan shlak miqdori ko‘p emas (metall og‘irligidan 3-4% tashkil qiladi) va u pechdan ferrosilitsiy bilan quyib olinadi. Pechda shlak miqdori ko‘p bo‘lsa, u eritish jarayonini va pechdan metallni quyilishini qiyinlashtiradi. Bunday holatni oldini olish uchun shixta tarkibiga shlak hosil qiluvchilar (Al_2O_3 , CaO) past miqdorda bo‘lgan kvarsit va koks yuklanish kerak. Shlak quyib olish jarayoni qiyinlashsa pechga ba’zi bir miqdorda ohak qoshiladi, u pechdagi shlakni suyuqlashtiradi.

Ferrosilisiy eritish jarayoniga shixta tarkibida bo'lgan tiklovchining ta'siri

Shixta tarkibida tiklantiruvchi elementlarning miqdori shunday bo'lishi kerakki, ular tiklanish jarayonini to'liq o'tishini ta'minlash kerak. Shixta tarkibida ularning kamligi yoki ortiqligi bu jarayon to'liq o'tishiga ta'sir qiladi. Tiklanuvchilar miqdori shixta tarkibida ortig'i bilan bo'lsa, ular tiklash uchun to'liq sarflanadilar va pech gornida koks yig'ilishiga olib keladi. Baland haroratli zonalarda karborundni parchalash uchun SiO_2 yetarli miqdorda bo'lmaydi, chunki kremnezyomning asosiy qismi harorati pastroq bo'lgan zonalarda karborund hosil bo'lishi uchun sarflanadi. Shunday qilib pechda karborund va koks to'planadi. Bu materiallarning elektr o'tkazuvchanligi baland bo'lib, elektrodlar orasida shixtaning elektr qarshiligi pasayadi, tok kuchi esa oshib boradi. Bu esa elektrodlar orasida joylashgan materiallarning harorati ko'tarilishiga olib keladi. Avtomatik to'g'irlagichlar ba'zi bir tok kuchi miqdoriga yo'naltirilga bo'lib, shixtaning elektr o'tkazuvchanligi oshishi natijasida tok kuchi ham oshib borishi bilan elektrodnlarni ko'tarilishiga olib keladi. Baland haroratli zona asta sekin tepaga ko'tariladi, pechning past qismida esa harorat pasayadi. Bu jarayon pechdan po'lat chiqishiga qiyinchilik tug'diradi. Pechda jarayonlarni to'g'irlash uchun, pechga dastlab shixta tarkibida tiklovchi bo'lmagan shixta qo'shilishi kerak, bundan so'ng shixta tarkibida tiklovchining miqdori normal holatga keltiriladi. Pechda jarayon oqimi o'zgarsa, kuchlanishi jarayonning past bo'lgan bosqichi bilan o'tkazilishi kerak. Bu esa elektrodlar shixta ichiga chuqurlashishiga olib keladi.

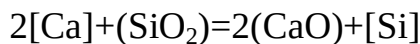
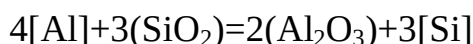
Shixta tarkibida tiklovchi yetmasligi sababli pechning yuklash tuynugida erigan kvars ko'p miqdorda to'planadi. Eritma chiqish davrida tuynuk quyuq, cho'ziluvchan shlak bilan to'ldiriladi. Bu jarayon metall quyilishini qiyinlashtiradi. Pechdagi oqim shunday o'zgarib borsa, pechga ma'lum bir miqdorda tiklovchi qo'shish kerak, shixta tarkibida tiklovchining miqdorini ham oshirish kerak. Pechda jarayon o'zgarmasligini oldini olish uchun eritish jarayonini tarkibiga xossasi bir xil bo'lgan shixta bilan olib borish kerak.

Pech quvvatiga va eritilgan eritmani markasi bo'yicha chiqish soni bir smenada 4-8 ni tashkil qiladi. Shamot g'ishti bilan futerovkalangan kovshga eritma quyib

olinadi. Kovshdan, ferrosilisiy quymalarga quyib olinadi. Quyish mashinaning muldalari ohakli sut bilan qoplanadi.

Ferrosilisiy alyuminiy va kalsiy bilan rafinirlash

Tarkibda bo'lgan alyuminiy va kalsiy miqdorini kamaytirish uchun, kovshda yoki nordon elektr pechlarda ferrosilisiyni rafinirlash jarayoni qo'llaniladi. Kovshda yoki elektr pechda bo'lgan suyuq ferrosilisiyga ohak va qum qo'shiladi. Hosil bo'lgan shlak quyidagi reaksiyalar bo'yicha ferrosilisiy aralashmalarini oksidlaydi:



O'zaro ta'sirni yaxshilash uchun vanna oksidlangan gaz bilan purkalanadi. Rafinirlash natijasida eritma tarkibida alyuminiy miqdori 0,3% pasayadi, kalsiy esa 0,1% gacha kamayadi.

Ferrosilisiy eritish davrida elektr energiya va materiallarning solishtirma sarfi

Kremniy tiklash davri ko'p miqdorda issiqlik yutilishi bilan borib o'tadi, shuning uchun eritma tarkibida kremniy miqdori qanchalik ko'p bo'lsa, shuncha elektr energiya sarfi oshishib boradi. Bundan tashqari, eritmada kremniy miqdori oshib borsa, jarayon baland haroratda o'tishini talab qiladi. Bu esa issiqlik sarfi oshishiga olib keladi, hamda bug'lanish bilan kremniy yo'qotiladi. Shuning uchun elektr energiyaning solishtirma sarfi, eritmada kremniy miqdori oshishiga nisbatan katta bosqichda oshib boradi. Eritma tarkibida kremniy oshishi bilan tiklovchi va kvars sarfini oshishiga olib keladi. 1 tonna ferrosilisiy uchun sarflanadigan materiallar:

Nomlanishi	Ferrosilisiy markasi		
	FS 18	FS 45	FS 75
Kvarsit, kg	410-460	1000-1050	1750-1800
Temir strujkasi, kg	820-900	580-620	190-220
Koks,kg	200-280	450-500	820-860
Elektr energiya, kVt·s	2000-2100	4500-5000	8500-9000

Elektr energiya sarfi ferrosilitsiy eritishda muhim ko'rsatkich deb hisoblanadi. Elektr energiya sarfi kamayishi quymani tannarxini tushiradi, chunki ferrosilitsiyini umumiy tannarxidan elektr energiya sarfi 45% gacha tashkil qilishi mumkin.

Elektr energiya sarfini yaxshilash va boshqa texnik ko'rsatkichlarni yaxshilash uchun quyidagi tadbirlar o'tqaziladi:

1. Pechni quvvati oshirilishi
2. Shixta materiallarni sifatini yaxshilash, ya'ni kvars va tiklovchi materiallar tarkibida shlak hosil qiluvchi elementlarni (CaO , Al_2O_3) kamayishi, hamda optimal granulometrik tarkibli shixta materiallarni qo'llash (kvarsit 80-20mm, koks 2,5-5 mm)
3. Elektr o'tkazuvchanligi past bo'lgan tiklovchini qo'llash (yarim koks, ko'mir kvarsitli koks)
4. Tarkibida qisman tiklangan materiallar bo'lgan shixtani qo'llash (korbarund va grafitli elektrodlar ishlab chiqarishning chiqindilari).

Nazorat savollari

1. MDH da qanday markali ferrosilisiy eritib olinadi?
2. Ferrosilisiy eiritish uchun asosiy xomashyo sifatida nima qo'llaniladi?
3. Ferrosilisiy qanday pechlarda eritib olinadi?
4. Kremniy dioksidi tiklanishi qaysi reaksiya bo'yicha bo'lib o'tadi?
5. Tarkibida kremniy miqdori baland bo'lgan ferrosilisiy eritilganda hosil bo'lgan shlak tarkibini keltiring.

6. Tiklanish jarayoni to'liq o'tishini taminlash uchun, shixta tarkibida tiklovchilar miqdori qanday bo'lishi kerak ?
7. Shixtada elektr o'tqazuvchanlik oshib borishi natijasida nimalar bo'lib o'tadi?
8. Shixta tarkibida tiklovchining etmasligi nimaga olib keladi?
9. Eritma tarkibida kremniy miqdori oshib borishini nimalar ta'minlaydi?
10. 1 tonna ferrosilisiy eritilishi uchun materiallarning tahminiy sarfini keltiring.
11. Jarayonning texnik-iqtisodiy ko'rsatgichlarini yahshilash uchun qanday tadbirlar o'tqaziladi?

22-ma'ruza Ferroxtrom va ferrovanadiy ishlab chiqarish texnologiyalari

Ma'ruza rejasi:

1. Ferroxtromning guruhi, sinfi va markalari.
2. Xromli rudalarni kimyoviy tarkibi.
3. Uglerodli ferroxtrom eritish texnologiyasi.
4. Rudadan vanadiyni olish usullari.
5. Ferrovanadiy eritib olishi.
6. Vanadiyni ishlab chiqarish jarayonlarining texnik-iqtisodiy ko'rsatgichlari.

Ferroxtrom konstruksion, zanglamaydigan va boshqa turdagi po'latlarni legirlash uchun qo'llaniladi. Ferroxtrom tarkibidagi xrom miqdori 65-70% oralig'ida bo'ladi.

Uglerod tarkibi bo'yicha ferroxtrom 4 guruhga bo'linadi:

- uglerodli guruh, 6,5-8% uglerod tarkibi bilan;
- o'rta uglerodli guruh, 1-2% uglerod tarkibi bilan;
- kam uglerodli guruh, 0,1-0,5% uglerod tarkibi bilan;
- uglerodsiz guruh 0,01-0,06% kam bo'lgan uglerod tarkibi bilan.

Fosfor tarkibi bo'yicha ferroxtromning hamma markalari 2 sinfga bo'linadi: A va B. A sinfga tarkibida 0,02-0,04% dan kam bo'lgan fosfor markali ferroxtrom kiradi, B sinfga tarkibiga 0,03-0,06% fosfor bo'lgan ferroxtrom markalari kiradi.

Uglerodsiz ferroxtromda kremniy miqdori 0,8-2,0% bo'lishiga ruxsat etiladi. Kam uglerodlangan, o'rta uglerodlangan va uglerodlangan ferroxtrom tarkibida oltingugrt

miqdori 0,02-0,06% bo'lishi kerak. Hozirda MDH davrlarida xromning o'rtacha tarkibi 0,02-0,06% bo'lgan ferroxxromning 14 markasi eritiladi (FX 0,01-FX 800); sonlar foizning yuzli qismini belgilaydi. Silikoxrom FSX 18, FSX 30 va FSX 40 markalari bilan belgilanadi, bu yerda sonlar kremnini kam miqdorini foizda belgilaydi. Bu markalarda xromning miqdori 45,40 va 30% ni tashkil qiladi.

MDH da asosiy xrom rudalar koni Qozog'istonning Aktyuba viloyatidagi Donskoy ruda konida mavjud. Ruda tarkibida bo'lgan minerallar bu – xrompelenidlar $(\text{Fe, Mg})\text{O} \cdot (\text{Cr, Al, Fe})_2\text{O}_3$.

Rudalarni kimyoviy tarkibi, %: 53-58 Cr_2O_3 ; 13-17 FeO ; 13-15 MgO ; 9-12 Al_2O_3 ; 0,002-0,03 P; 0,005-0,02 S.

Ko'pincha ferroxxromning markalarida xrom miqdori 65-68% dan oshadi. Bunday xrom tarkibli bo'lgan qotishmalarni olish uchun rudaga $\text{Cr}_2\text{O}_3/\text{FeO}$ nisbatining miqdori 3,0 oshib borishi kerak. Donskoy koni rudalarida bu nisbat 3,0-3,3 teng, shuning uchun kerakli bo'lgan qotishmani olish uchun qiyinchilik yaratilmaydi.

Xromli rudalar tarkibida ba'zi bir miqdorda karbonat va organik modda ko'rinishda uglerod mavjud. Uglerodsiz ferroxxrom eritish davrida, eritmada uglerod miqdori ko'payishi ruda tarkibida uglerod mavjudligi sababchi bo'lishi mumkin. Buni oldini olish uchun ruda 800-1000⁰ C qizdiriladi va buning natijasida ruda tarkibida uglerod 0,01-0,03% gacha kamayadi.

Donskoy konining rudalari bo'lak yoki yanchilgan ko'rinishda bo'ladi, yanchilgan rudalarni albatta bo'laklash kerak. Ayrim zavodlarda yanchilgan rudalarni mayda ko'mir bilan aralashtirib okatish holatga keltiriladi va ular 1300⁰ C harorati yuqori bo'lgan truba aylanmali pechlarda kuydiriladi. Kuydirish bilan bir vaqtning o'zida ruda oksidi qisman tiklanadi.

Uglerodli ferroxxrom va ferrosilikoxrom ishlab chiqarishda tiklovchi sifatida koks qo'llaniladi. Tiklovchining tarkibida oltingugurt miqdori 0,4-0,5% dan kam bo'lishi kerak. Ferrosilikoxrom eritish uchun bunday shart qo'llanilmaydi, chunki ko'p miqdorda kremniy qotishmalar eritish natijasida oltingugurt gazsimon birikmalar ko'rinishida yo'qotiladi.

Ferroxrom va ferrosilikoxromni qayta ishlashda shixta tarkibiga kvarsitlar qo'shiladi. Kam uglerodli va uglerodsiz ferroxxrom eritishda flyus sifatida yangi kuydirilgan ohakdan foydalaniladi. Ohakning tarkibida CaO miqdori 90% oshib borish kerak, fosfor miqdori esa 0,018% oshmasligi kerak.

Uglerodli ferroxxrom eritish texnologiyasi

Uglerodli ferroxxrom kuchlanish 140-190 V bo'lgan va katta quvvatga ega bo'lgan (10-21 mVA) elektr pechida eritiladi. Pech futerovkasi magnetzitli g'ishtlardan tashkil topgan. Shixta tarkibida xromli ruda, koksik va kvarsitlar mavjuddir. Eritilish davri uzluksiz. Shixta eritish davrida erigandan so'ng cho'kib boradi va eritmani ustiga yana shixta yuklanadi. Belgilangan vaqtda erigan eritma kovshga quyib olinadi va bundan so'ng qoliblarga quyiladi.

Uglerodli ferroxxrom eritish davrining asosiy jarayonlari bu tiklanish va shlak hosil qilish jarayonlari hisoblanadi.

Shixta qizishi bilan birga tiklanish jarayoni boshlanadi. Temir achitqisi oson tiklanaydigan oksid deb hisoblanadi, shuning uchun xromga nisbatan temir tezroq va to'liq tiklanadi, quyidagi reaksiya bo'yicha



Xrom oksidi metalli xrom yoki xrom karbidlari hosil bo'lishi bilan tiklanadi:

10-jadval

№	Reaksiya tenglamasi	ΔG o'zgarish, kal	Reaksiya boshlanish harorati
1	$\text{Cr}_2\text{O}_3 + 3\text{C} = 2\text{Cr} + 3\text{CO}$	$\Delta G^0 = 186000 - 122 T$	1252
2	$\text{Cr}_2\text{O}_3 + 7/2 \text{Cr}_4\text{C} + 3\text{CO}$	$\Delta G^0 = 177500 - 122 T$	1177
3	$\text{Cr}_2\text{O}_3 + 2/7 \text{Cr}_7\text{O}_3 + 3\text{CO}$	$\Delta G^0 = 173000 - 123 T$	1132
4	$\text{Cr}_2\text{O}_3 + 13/3 = 2/3 \text{Cr}_3\text{C}_{2+} + 3\text{CO}$	$\Delta G^0 = 171700 - 124 T$	1107

Ferroxxrom eritilganda shlak tarkibini to'g'ri tanlash katta ahamiyatga ega. Shlak hosil qiluvchi komponentlar bu magniy oksidi, giltuproq va kremnezyom. Shlak

tarkibini tanlashda $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ tizimining holat diagrammasidan foydalaniladi. Uglerodli ferroxxromning erish harorati 1550°C ga teng. Eritmaning harorati pechdan chiqish davrida 1600°C dan yuqori bo'lishi kerak. Odatda holat diagrammasi bo'yicha $1650\text{-}1700^\circ\text{C}$ da eritilgan shlak yuklanadi. Shlak tarkibida bo'lgan Al_2O_3 va MgO elementlarning nisbati 10 teng, shuning uchun shlak erish harorati tarkibida bo'lgan SiO_2 miqdoriga bog'liq. Ferroxxrom eritmaning shlaklarining tarkibi quyidagicha: 29-34% SiO_2 , 28-32% Al_2O_3 , 32-35% MgO , 1-2% FeO ; 5-7% Cr_2O_3 .

Metall bilan shlak oralig'ida rudali qatlam hosil bo'ladi. Qiyin eriydigan va qiyin tiklanadigan ruda bo'laklari shlakga yuklanadi va u yerda sekin eriydi. Bu esa o'z navbatida shlakning pastki qatlamida xrom oksidi ko'payishiga va ferroxxromni qisman uglerodsizlanishiga olib keladi. Eritma tarkibida bo'lgan uglerod shlak va rudali qatlamidan o'tib, uning miqdori 5-6% gacha kamayadi. Ferroxxrom tarkibidagi uglerod miqdorini ko'rsatgichi kerakli darajagacha tushirishda, po'lat tarkibida uglerod miqdorini kamayishiga ruda qatlami ijobiy ta'sir ko'rsatadi. Shuning uchun uglerodli ferroxxrom eritilganda shixta tarkibida rudali qatlam hosil qiluvchi ruda bo'laklari 40-50% dan kam bo'lmasligi kerak.

Uglerodli ferroxxrom eritish davrida kremniy ham tiklanadi. Bu reaksiya eritma va shlak yuzalari o'zaro ta'sirlashganda quyidagi tenglama bo'yicha o'tadi:



Bu reaksiya natijasida ajralib chiqqan kremniy suyuq ferroxxromda eriydi. Eritmada kremniy miqdori chegaralangan bo'lganligi uchun, bu jarayonni reaksiya faolligi past bo'lgan sharoitda o'tkazish kerak. Olib borilayotgan jarayon shixta tarkibi bilan boshqariladi.

Uglerodli ferroxxrom pechdan kovshga har 2-3 soatda quyib olinadi. Tayyor ferroxxrom kovshdan yassi qoliblarga quyiladi, qayta ishlanadigan ferroxxrom esa granulyatsiyalanadi, chunki ferrosilikoxrom erish jarayoni uchun granulalangan ferroxxrom qo'llanilishi tavsiya qilinadi.

Ferrovanadiy

Tabiatda vanadiyga boy bo'lgan rudalar kam uchraydi. Vanadiy kam miqdorda ba'zi bir temir rudalar tarkibida mavjud bo'lib (0,6-0,8% V_2O_5), uni metallurgik qayta ishlash jarayoni natijasida ishlab chiqarishadi.

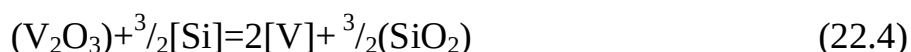
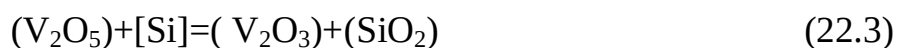
Ruda domna pechida eritiladi va buning natijasida tarkibida 0,5% vanadiy bo'lgan cho'yan ishlab chiqariladi. Boyitmadan vanadiyni ajratib olingan miqdori 80% ni tashkil qiladi. Tarkibida vanadiy bo'lgan cho'yan asosli konvertorda purkaladi; ohak va boshqa flyuslar kovertorga qo'shilmaydi. Purkash jarayoni davrida vanadiy deyarli to'liq oksidlanib, shlakga o'tib ketadi. Cho'yan tarkibida bo'lgan vanadiy bilan bir vaqtda kremniy, titan, marganes va xrom kabi elementlar oksidlanadi. Konvertorda purkash natijasida hosil bo'lgan metallarni quyib olib po'latga qayta ishlash uchun jo'natiladi.

Metall quyilgan vaqtida shlak konvertorda ushlanib turadi va undan so'ng esa quyilib olinadi. Olingan shlak tarkibi quyidagicha: 13-15% V_2O_5 22-25% SiO_2 ; 4-5% MnO , 8-10% Cr_2O_3 .

Shlak tarkibida ko'p miqdorda metall qo'shimchalari mavjuddir. Vanadiy cho'yandan shlakga o'tish miqdori 88-90% tashkil qiladi. Shlak kimyoviy qayta ishlashga jo'natilib, undan vanadiy olinadi. Tarkibida 80-90% V_2O_5 bo'lgan texnik vanadiy besh oksidli olovli pechlarda eritiladi. Erib va quyilgandan so'ng ferrovanadiy eritishda qo'llaniladigan vanadiy besh oksidli yupqa qatlam (plastinalar) ko'rinishida bo'ladi. Qayta ishlash jarayoni natijasida shlakdan vanadiy olinishi 80-85% tashkil qiladi.

Ferrovanadiy eritib olish jarayoni

Ferrovanadiyni 3-5 tonnali po'lat eritish pechlarida silikotermik usuli yordamida eritib olinadi. Dastlabki materiallar texnik vanadiy besh oksidli, ferrosilisiy va ohak hisoblanadi. Vanadiy tiklanishi quyidagi reaksiyalar orqali o'tadi:



Birinchi reaksiya ikkinchi reaksiyaga nisbatan to'liqroq o'tadi. Chunki uch oksidli vanadiy tarkibida kislorod besh oksidli vanadiyni ohirgi ikkita kislorod atomiga nisbatan kuchliroq bog'langan bo'ladi.



Agar vanadiy uch oksidi va vanadiy besh oksidi aralashmasiga ba'zi bir tiklovchi ta'sir qilsa, shunda bu tiklovchi vanadiy besh oksidini vanadiy uch oksidigacha tiklaydi. Aralashmada vanadiy besh oksidianadiy juda ham miqdorda qolsa, vanadiy uch oksidi tiklanishi kechroq bo'lib o'tadi. Bu jarayon ferrovanadiy ishlab chiqarish davrida bo'lib o'tadi. Vanadiy besh oksidi mavjud bo'lgan shlak tarkibiga ferrosilisiy qo'shilishi natijasida (27.1) reaksiya to'liq o'tib boradi va shlak tarkibida vanadiy besh oksidi juda ham kam qoladi (barcha shlakda qolgan vanadiy V_2O_3 ko'rinishda bo'ladi). Vanadiy ishlab chiqarish miqdorini oshirishi uchun eritma ikkita davrga bo'linadi – tiklanish va refinirlash davrlari. Eritish jarayoni quyidagicha o'tadi: pechga past uglerodlangan temir kesmalari yuklanadi; temir erish davrida tarkibida vanadiy besh oksidi, ferrosilisiy va ohak aralashmasi qo'shiladi. Shixta tarkibiga ferrosilisiy ortig'i bilan qo'shiladi. Eritish jarayonini birinchi davri tiklanish davri deb hisoblanadi; bu davrda (22.3) va (22.4) reaksiya bo'yicha vanadiy besh oksidi butunlay tiklanadi. Shu bilan birga kremniy asosiy qismi eritmaga o'tadi; eritmada kremniy miqdori 10-15% tashkil qiladi. Kremniy miqdori baland bo'lish natijasida, uning faolligi baland bo'ladi va shlak tarkibida vanadiy uch oksidi kamaligini ta'minlab beradi. Vanadiy yanada to'liq tiklanish uchun shlak yuzasiga ba'zi bir miqdorida alyuminiy kukuni qo'shiladi.

Shlak tarkibida vanadiy uch oksidi 0,2% gacha pasayshi natijasida pechdan to'kib olinadi. Rafinirlash davrida pechga vanadiy besh oksidi va ohak aralashmasi yuklanadi. Pechda vanadiy besh oksidi ko'p miqdorda metallning kremniysini (27.1) va (27.2) reaksiya bo'yicha oksidlaydigan shlak hosil bo'ladi. Kremniy miqdori kerak bo'lgan ko'rsatgichgacha pasayadi (<2%). Bundan so'ng eritma kovshga chiqariladi va suyuq metall qoliblarga quyiladi. Rafinirlangan shlaklar tarkibida 15% gacha

vanadiy uch oksidi mavjud bo‘ladi; bu shlaklar keyingi eritish jarayonining tiklash davrida qo‘llaniladi. Shunday qilib shlak tarkibida bo‘lgan vanadiy uch oksidi to‘liq sarflanadi. Besh oksiddan vanadiy olinishi umumiy miqdori 95% gacha etadi.

Ferrovanadiy ishlab chiqarish jarayonining muhim texnik-iqtisodiy ko‘rsatgichi, vanadiy ajratib olish koeffitsiyenti hisoblanadi. Elektr pechlarda ikkita shlak bilan ferrovanadiyni besh oksididan ishlab chiqarish koeffitsiyenti yuqori bo‘ladi. Lekin vanadiyning ko‘p miqdori rudalar boyitilganda, boyitmalar domna usulda eritilganda, cho‘yan konverterli qayta ishlanganda va shlaklarga kimyoviy ishlov berganda yo‘qoladi. Boyitmadan vanadiyni ferrovanadiyga ajralib chiqish miqdori 60% ni tashkil qiladi.

Nazorat savollari

- 1.Ferroxrom nima uchun qo‘llaniladi?
- 2.Ferroxrom guruhleri, sinflari va markalari qanday?
- 3.Uglerodsiz ferroxromda kremniyni mumkin bo‘lgan miqdori qanday?
- 4.Uglerodli ferroxrom va ferrosilikohrom eritilganda tiklovchi sifatida nima qo‘llaniladi?
- 5.Shlak tarkibini tanlashda qaysi holat diagrammasidan foydalaniladi?
- 6.Ferroxromli eritmaning real shlaklari qanday tarkibga ega?
- 7.Uglerodli ferroxrom eritilganda qaysi reaksiya bo‘yicha kremniy tiklanish jarayoni bo‘lib o‘tadi?
- 8.Qaysi dastgohda va qanday usul bilan ferrovanadiy eritib olinadi?
- 9.Vanadiyni tiklash reaksiyalarini keltiring.
- 10.Vanadiyni ajratib olish unumdorligini qanday usulda oshirish mumkin?
- 11.Vandiy to‘liq tiklanishiga nima?
12. Rafinirlangan shlak tarkibida vanadiy uch oksidi miqdori qanday?

23-ma’ruza Ferromarganes, silikomarganes va titan ishlab chiqarish texnologiyalari.

Ma’ruza rejasi:

- 1.Ferromarganes markalarini belgilash.

2. Silikomarganes markalarini belgilash.
3. MDXda mavjud bo'lgan marganesli rudalarni koni.
4. Ferromarganes eritib olish uchun qo'llaniladigan dastgohlar.
5. Ferromarganes ishlab chiqarish texnologiyasi.
6. Ferrotitan ishlab chiqarish rudalri.
7. Ferrotitan eiritib olinishi.
8. Ferrotitan olish uchun qo'llaniladigan dastgohlar.

Ferromarganes har xil markali qaynagan va tinchlantirilgan po'latlarni oksidsizlantirish va maxsus po'latlarni ba'zi bir markasi bo'yicha legirlash uchun qo'llaniladi.

MDXda ferromarganesni quyidagi markalari ishlab chiqariladi: FMn 0,5, FMn 1,0, FMn 1,5; hamda uglerodli ferromarganesni quyidagi markali: FMn 75 va FMn 78 (sonlar uglerod va marganes foizli tarkibini belgilaydi). Yana bundan tashqari quyidagi markali silikomarganes ishlab chiqariladi: SMn 10, SMn 14, SMn 17, SMn 20 va SMn 26 (keltirilgan sonlar kremniy tarkibini foizda belgilaydi).

MDXda marganes rudalarga boy bo'lgan konlar bu - Chiaturskoe va Nikopolskoe. Bu konlarda oksidlangan va karbonatli rudalar mavjud.

Oksidlangan rudalar boyitiladi va buning natijasida har xil miqdorli marganes bo'lgan boyitmalar olinadi (odatda 26%-50% oralig'ida). Oksidlangan rudalarda marganes har xil oksid ko'rinishda bo'ladi: MnO_2 ; Mn_2O_3 ; Mn_3O_4 . Karbonatli rudalar bo'lakli bo'lib ularning tarkibida marganes juda kam miqdorda mavjud. Bu rudalarda marganes $MnCO_3$ ko'rinishida bo'ladi.

Marganes rudalar va boyitmalar tarkibida zararli qo'shimcha bu fosfor hisoblanadi. Taxmimnan 75% fosfor rudadan eritmaga o'tadi. Ferromarganes tarkibida fosfor miqdori 0,45%dan kam bo'lishi uchun (FMn 78), ruda tarkibida yoki boyitmada fosfor va marganesning nisbati (P/Mn) 0,0055%dan kam bo'lishi kerak. Oddiy turli, tarkibida 0,35-0,45% fosfor bo'lgan ferromarganes ishlab chiqarish uchun, marganesga boy rudalarni va tarkibida fosfor miqdori kam bo'lgan boyitmalardan foydalaniladi.

Ferromarganes va silikomarganes ishlab chiqarish uchun, tiklovchi sifatida koks (koks-“yong‘oq”) va flyus sifatida ohak yoki ohaktoshdan foydalanish kerak. Ruda tarkibida temir miqdori kam bo‘lsa, shixta tarkibiga temir ruda yoki temirli strujka qo‘shiladi. Tarkibida kremniy bo‘lgan materiallar sifatida, silikomarganes ishlab chiqarish uchun, kvarsitlardan foydalaniladi.

Uglerodli ferromarganes quvvati 7500-16500 kVA, kuchlanishi 120-160 V bo‘lgan yoyli pechlarda eritiladi. Pech futerovkasi ko‘mirli. Ikkita turdagi eritish usuli olib boriladi: flyusli va flyussiz. Flyussiz eritish usuli qo‘llanilganda shixta tarkibiga marganesli ruda, koks va temir ruda yoki strujka qo‘shiladi. Eritish jarayoni uzluksiz.

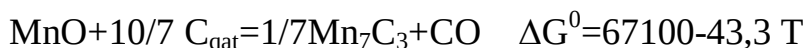
Marganesning yuqori oksidlari quyidagi reaksiyalar bo‘yicha tiklanadi.



Bu reaksiyalar harorat 900°C dan past bo‘lganda oson kechadi. MnO ikkilanishi esa quyidagi reaksiya bo‘yicha bo‘lib o‘tadi:



reaksiya boshlanish harorati 1400°C ($\Delta G^0 = 0$)



reaksiya boshlanish harorati 1270°C ($\Delta G^0 = 0$)

MnO tiklanishi ikkinchi reaksiya bo‘yicha past haroratda olib boriladi va marganes korbidi hosil bo‘lishi bilan o‘tadi. Lekin bu haroratlarda MnO bilan SiO_2 o‘zaro ta’sirlashib marganes suyuq silikatlar $\text{MnO} \cdot \text{SiO}_2$ (marganes bisilikati) va $2\text{MnO} \cdot \text{SiO}_2$ (marganes monosilikati) hosil bo‘ladi. Ferromarganes ishlab chiqarishning shlaki tarkibi bisilikatga yaqin bo‘ladi ($\text{CaO} \cdot \text{MgO}$, MnO) $\cdot \text{SiO}_2$.

Marganesga nisbatan temir va fosfor oson tiklanadigan elementlar deb hisoblanadi, shuning uchun tiklash davrida ular to‘liq tiklanadi. Temir shixtadan eritmaga o‘tishi taxminan 90%ni tashkil qiladi, fosfor po‘latga o‘tishi 60-70% 100ga teng, taxminan 10% fosfor shlakga o‘ib ketadi, qolgan fosfor esa gazlar bilan ajralib chiqadi. Shixta tarkibida bo‘lgan oltingugurt gaz yoki shlakga to‘liq o‘tib

ketadi; oltingugurt va marganes ta'sirlanishi natijasida hosil bo'lgan qotishma eritmada erimaydi.

Pechdan ferromarganes har 1,5-2 soatda chiqadi; quyish jarayoni quyish mashinalarda olib boriladi.

Flyussiz usuli yordamida uglerodli ferromarganesni, tarkibida fosfor miqdori kam bo'lgan boy rudalar bilan ishlab, olsak bo'ladi. Tarkibida marganes kam bo'lgan rudalardan ferromarganes ishlab chiqarish uchun, shlak tarkibida marganes miqdorini kamaytirib, uni metallga o'tishni oshishini ta'minlaydigan etitish usulidan foydalanish kerak. Bu jarayon flyusli eritish usuli deb hisoblanadi.

Shixta tarkibiga marganes ruda va tiklantiruvchidan tashqari ohak va ohaktosh qo'shiladi. Kalsiy oksidi silikat tarkibidan MnO ni siqib chiqarib tashlaydi. Quyda reakisiya bo'yicha:



MnO silikatga bog'lanmagan bo'lsa oson tiklanadi. Shixtaga shunday miqdorida ohaktosh va ohak shunday miqdorida qo'shilishi kerakki, ularning nisbati shlak tarkibida CaO/SiO_2 (shlak asosligi) 1,2-1,3 oralig'ida bo'lishi kerak; asosligi baland bo'lgan shlaklar quyuq bo'lib, ularning pechdan chiqishi qiyinlashadi. Ferromarganes flyusli eritish usulida marganes shixta tarkibidan quyidagicha taqsimlanadi: metallga 80%, shlakga 12%, gazga 8% o'tib ketadi.

1 t uglerodli ferromarganes olish uchun materiallarning va energiyani solishtirma og'irlik sarfi ko'rsatmalari:

11-jadval

Nomlanishi	Flyussiz usul	Flyusli usul
Marganesli ruda (48%Mn) kg	2900-3000	2200-2300
Ohaktosh, kg	-	400-440
Koks, kg	500-600	500-550
Elektr energiya, kBt·s	3000-3100	3100-3300

Marganesli rudani dastlab qizdirish va qisman tiklash usuli yordamida, elektr energiya sarfi kamayib, pechning isg'hab chiqarish unumdorligi oshib borishi

mumkin. Pechga yuklanishdan oldin shixta 1000 °C gacha qizdirilsa, elektr energiya solishtirma sarfi 1,5 kamayadi (3000dan 2000 kVt's/t gacha). Buning natijasida pechning ishlab chiqarish unumdorligi oshadi.

Silikomarganes uglerodli marganes kabi pechlarda eritib olinadi; pechlarning quvvati 63 mVA teng. Shixta tarkibiga marganes rudasining aglomerati, fosfori miqdori kam bo'lgan marganesli shlak, kvarsit va koks kiradi.

Silikomarganes eritilganda, marganes oksidlarini tiklanishi uglerodli ferromarganes eritishda qo'llaniladigan reaksiyalar bo'yicha bo'lib o'tadi.

Kremnezyom tiklanishi quydagi reaksiya bo'yicha o'tadi:



Silikomarganes tarkibida kremnezyom ko'p miqdorda 50-55% gacha bo'lgan shlak tagida eritiladi.

Silikomarganes eritilganda shixtaning 95% fosfori tiklanadi, 70% fosfor eritmaga o'tib ketadi va 25% gazlar bilan ajralib chiqadi. Pechdan silkomarganes har 1,5-2 soatda quyib olinadi.

Tarkibida 17% kremniy bo'lgan silkomarganes eritilganda, quvvati 16,5 MVA pechlarda materiallar va elektr energiyaning solishtirmas sarfi.

12-jadval

Aglomerat, kg/t (48% Mn)	800
Boyitma, kg/t (48% Mn)	950
Kam fosforli shlak, kg/t	100
Kvarsit, kg/t	500
Koks, kg/t	550
Dolomit, kg/t	150
Elektr energiya, kVt's/t	4500

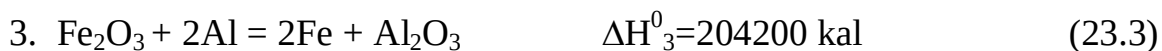
Ferrotitan

Ferrotitan zanglamaydigan po‘latni legirlash uchun qo‘llaniladiga asosiy elementdan biri hisoblanadi. Titan zanglamaydigan po‘latni interkristalli korroziyaga uchrashini kamaytiradi va uning oksidsizlangan darajasini oshiradi.

Ferrotitan ishlab chiqarishda asosiy rudlardan biri titanomagnetitdan foydalaniladi. Titanomagnetitlar boyitilganda ikkita fraksiya hosil bo‘ladi. Bir fraksiya magnitli hisoblanib uning tarkibiga magnetitdan tashqari ruda tarkibida bo‘lgan vanadiy kiradi. Ikkinch fraksiya esa ilmenitdan ($\text{FeO} \cdot \text{TiO}_2$) tashkil topgan. Magnitli fraksiya domna pechida cho‘yan eritib olib va undan po‘lat qayta ishlash davrida vanadiy ajratib olish bilan birga qo‘llaniladi. Ilmenitli fraksiya ferrotitan ishlab chiqarish uchun qo‘llaniladi. Ilmenit boyitmasi tarkibida 0,2-0,3% oltungugurt mavjud. Oltungugurti ajratib olish va temirni oksidlash darajasini oshirish uchun, boyitma oksidlangan kuydiriladi, buning natijasida oltungugurt miqdori 0,01-0,02% kamayadi

Kuydirilgan ilmenitli boyitma tarkibida 45% TiO_2 , 20% FeO va 20% Fe_3O_4 kabi elementlar mavjud.

Ferrotitan metal termik usuli bilan eritib olinadi. Tiklovchi element sifatida maydalangan alyuminiy qollaniladi, tarkibida temir mavjud bo‘lgan material sifatida temir ruda qo‘llaniladi. Ilmenitli boyitmadan vat emir rudadan titan va temir tiklanishi quydagi reaksiya bo‘yicha bo‘lib o‘tadi:



Bir kilogramm o‘zaro tasirlashgan moddalar (oksid plus tiklovchi) uchun ajralib chiqqan issiqlik miqdori quydagicha, kkal/kg:

TiO_2 -354; FeO -780; Fe_2O_3 -940; Fe_3O_4 -900.

Titan alyumotermik tiklanishi natijasida ajralib chiqqan issiqlik miqdori reaksiya natijasida hosil bo‘lgan shlak va metall erishi uchun, hamda issiqlik sarfini qoplash uchun yetarli emas, shuning uchun titan alyumotermik usuli bilan olinishi tashqi issiqliksiz amalga oshmaydi. Temir oksidi va achitqisi alyumotermik tiklanish

natijasida hosil bo'lgan metall va shlak eritish uchun kerak bo'lgan issiqlik miqdoridan ko'proq ajralib olinadi.

Ferrotitan eritilishi bilan bir vaqtda TiO_2 , FeO va Fe_2O_3 elementlar tiklanadi. Temir oksidlari tiklanishi natijasida ajralib chiqqan issiqlik titanni tiklash reaksiyalariga issiqlik etmasligini qoplaydi, shuning uchun tarkibida 25% titan bo'lgan ferrotitanni tashqaridan issiqlik kemasligi bilan eritib olish mumkin. Ferrotitan tarkibida 27-30% titan bo'lishi uchun kam miqdorda issiqlik qo'shilishi kerak, bu issiqlik shixta materiallarni 200-300 °C qizdirish yo'li bilan amalga oshadi.

Ferrotitan metalltermik jarayonlar uchun moljallangan gornlarda eritib olinadi. Shixta futerovkasi kremnezyomli materiallardan tayyorlanadi, chunki alyuminiy va titan kremnezyom yordamida tez tiklanadi, shuning uchun ferrotitan eritib olish uchun magnezitli futerovkadan foydalaniladi. Shixta tarkibiga ilmenitli boyitma, maydalangan alyuminiy va kam miqdorda ohak kiritiladi. Ohak shlakni suyuqligini oshirish uchun, hamda giltuproq mustahkam birikma ($\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$) hosil qilishi uchun qo'llaniladi va bu jarayon titanni tiklanishini engillashtiradi. Titan shixtadan metallga o'tish darajasi 70-80% ni tashkil qiladi.

Ferrotitan eritib olish uchun shixta tarkibi taxminan quydagicha, kg:

Kuydirilgan boyitma -100

Mayadalangan alyuminiy -45

Ohak -8-10

Kukunsimon materiallar yaxshilab aralashtiriladi. Shixtaning bir qismi eritish shahtasi tubiga yuklanadi, shixtaning ustiga jarayon boshlanish sababchi bo'ladigan yonuvchi aralashmasi yuklanadi. Shixta yonuvchi aralashmasi kamerasiga joylashtirib aralashma olovli kuydiriladi; alyumotermik reaksiyalar boshlanagandan so'ng, shixta yuklanishi davom etadi. Shixta to'liq yuklanib va reaksiyalar tugagandan so'ng shahtada metall va shlak toblanib turadi. Shlakdan eritma tomchilarini ajratib olishni yaxshilash uchun, shlakni suyuq holatda ba'zi bir vaqtda ushlab turish kerak, bu esa shlak yuzasiga temirtermitli aralashma qo'shilishi yoki shlak elektr yoy yordamida qizdirilishi yo'li bilan amalga oshadi.

Temirtermitli aralashma tarkibida bo'lgan alyuminiy va temir oksidlarini o'zaro ta'sirlashish natijasida ko'p miqdorda qattiq qizdirilgan temir tomchilari hosil bo'ladi, ular shlakda cho'kib tiklangan titanni yutib olib metall va shlak ajralishini yengilashtiradi. Erish jarayoni tugagandan so'ng metall va shlak eritish shahtada 20 soat toblanadi va bundan so'ng qotishma quyib olinib suv bilan sovutiladi.

TiV va TiV1 marakli ferrotitan induksion tigel pechida metalli titan bilan temir eritilish yo'li bilan olinadi.

Nazorat savollari

1. MDH da ferromarganesni belgilash qanday son harfli tizimi qabul qilingan?
2. Ferromarganes va silikomarganes eritilganda tiklovchi sifatida nima qo'llaniladi?
3. Uglerodli ferromarganes eritilganda qanday eritish usullaridan foydalaniladi?
4. Tarkibida marganes kam bo'lgan rudalardan ferromarganes eritish uchun qanday eritish usulidan foydalaniladi?
5. Ferrotitan ishlab chiqarishda qanday rudalar asosiy ahamiyatga ega?
6. Kuydirilgan ilmenit boyitmasini tarkibini keltirib bering.
7. Ferrotitan qanday usul yordamida eritib olinadi?
8. Ilmenitli boyitmadan va temir rudalardan titan va temir tiklanishi reaksiya misollarini keltiring..
9. Ferrotitan eritish uchun gornlarda qanday futorovkadan foydalaniladi?
10. Ferrotitan eritish uchun shixtaning taxminiy tarkibi qanday?
11. TiV va TiV1 marakli ferrotitan eritib olish uchun qanday usuldan foydalaniladi?

Adabiyotlar ro'yxati:

1. Крамаров А.Д., Соколов А.Н. Электрметаллургия стали и ферросплавов. - М.: Металлургия, 1996. -376с.
2. Свенчанский А.Д., Смелянский М.Я. Электрические промышленные печи. Дуговые печи.- М.: Энергия, 1990.- 130с.
3. Огороков Н.В. Дуговые сталеплавильные печи.- М.: Металлургия, 1991. - 344с.
4. Юсупходжаев А.А., Пирометаллургия жараёнларининг назарияси. 2 қисм- ТошДТУ, 2001.-97 б.
5. Юсупходжаев А.А., Балгабаева Г.Т. Механическое оборудование металлургических заводов. Ч.-2. -: ТашГТУ, 2003.- 36 с.
6. Юсупходжаев А.А., Сулейманова К.И., Синяшина И.В. Производство стали. -: ТашГТУ, 2000. -120с.
7. www.misis.ru.
8. www.edu.ru/db/portal/spe/index.htm.
9. www.weimar.de.

Mundarija:

1-ma'ruza Elektr pechlar tasniflashi va elektr pechlarning qo'llaniladigan sohalari.....	4
2-ma'ruza Hajmli 100 tonna bo'lgan yoyli po'lat eritish pechining ishchi maydonining asosiy o'lchamlarini hisobi.....	10
3-ma'ruza Yoyli pechlar elektrodleri.....	14
4-ma'ruza Pechga shixta yuklash va pech aylantirish uchun qo'llaniladigan mexanizmlar.....	17
5-ma'ruza Yoyli pechlarning elektr xususiyatlari va issiqlik tasniflanishi	20
6- ma'ruza Elektrodler sarfi va uni kamaytirish chora tadbirlari.....	27
7-ma'ruza Elektr pechlarda po'lat eritib olish.Asosiy yoyli pechlarda oksidlab po'lat eritib olish texnologiyasi.....	30
8-ma'ruza Eritish jarayoning erish va eritmaning oksidlash davrlarining fizik-kimyoviy tavsifi.....	34
9-ma'ruza Suyuq po'latdan azot va vodorodni ajratish.....	46
10-ma'ruza Kukunsimon moddalarni metallga purkab olish yo'li bilan oksidlanish davrning intensivikasi jarayoni.....	50
11- ma'ruza Eritish jarayonining tiklanish davri fizik-kimyoviy tasnifi.	52
12 - ma'ruza Po'latni elektr eritishda oltingugurtni ajratib olish.....	56
13- ma 'ruza Eritish jarayoni davomida po 'latni legirlash.....	59
14-ma'ruza Elektr pechlarda po'lat eritish jarayonining o'zgarishi.....	62
15- ma'ruza Katta yuklanishli elektrpechlarda po'lat eritishning o'ziga xos usullari.....	65
16- ma'ruza Zanglamaydigan po 'lat eritishni o 'ziga xos xususiyatlari.	68
17- ma'ruza Nordon yoyli eritish pechlarida po'lat eritib olish.....	70
18-ma'ruza Po'lat quyish jarayoni. Tinch po'latning quymasini tuzilishi...	74
19- ma'ruza Po 'latni pechdan tashqari rafinirlash	78
20-ma'ruza Ferroqotishmalar ishlab chiqarishning fizika-kimyoviy reaksiya asoslari.....	81

21-ma'ruza. Ferrosilisiy eritish jarayoniga shihta tarkibida bo'lgan tiklovchining ta'siri.....	86
22-ma'ruza. Ferroxirom va ferrovanadiy ishlab chiqarish texnologiyalari	92
23-ma'ruza. Ferromarganes, silikomarganes va ferrotitan ishlab chiqarish texnologiyalari.....	98
Adabiyotlar ro'yxati:	106

Muharrir : Sidikova K.A.

Musahhih : Adilxodjaeva Sh.