ISNN 3030-3907

2026/4
VOLUME 6

DEVELOPMENT OF SCIENCE

ILMIY JURNAL



Development of science

Ilmiy jurnal

2026/4 VOLUME 6

ISSN 3030 -3907

Ilmiy jurnal OAK rayosatining 2024 yil 27 sentabrdagi 361-son qaroriga asosan 02.00.00 kimyo fanlari hamda 2025 yil 12 fevral 367- son qaroriga asosan 05.00.00 texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro‘yxatiga kiritilgan.

BOSH MUHARRIR:
Temirov Alisher Hoshim o‘g‘li – texnika fanlari falsafa doktori (PhD),Dotsent.
TAHRIRIYAT KENGASH RAISI:
Fozilov Sadriddin Fayzullayevich – texnika fanlari doktori, professor
TAHRIRIYAT KENGASH A’ZOLARI

TEXNIKA FANLARI/ TECHNICAL SCIENCES/ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Bozorov G‘ayrat Rashidovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Abdurahmonov Olim Rustamovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Adizov Bobur Zamirovich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti, professor
Hayitov Ruslan Rustamjonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Jumayev Qayum Karimovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Berdiyev Dorob Murodovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor
Maxmudov Rafiq Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Tilloyev Lochin Ismatilloyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Raxmonov Qahramon Sanakulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Barakayev Nusratullo Rajabovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor.
Jo‘rayev Xayrullo Fayziyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Panoyev Erali Rajabboyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Ataullayev Sherzod Nabiullyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Malik Negmurodovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Axmedova Ozoda Bahronovna
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti.
Safarov Bahri Jumayevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Xaydarov Axtam Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Safarov Jasur Alijon o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Асадова Раъно Дилмуратовна
Тошкент Давлат техника университети доценти

KIMYO FANLARI/ CHEMICAL SCIENCES/ ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Axmedov Voxid Nizomovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Umarov Baqo Bafoyevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Kodirov Abduaxad Abduraximovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Qurbonov Mingniqul Jumagulovich
Qarshi davlat Universiteti, dotsent
Turemuratov Sharibay Naurizbaevich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Qoraqalpog‘iston bo‘limi Bosh ilmiy kotibi, professor
Tursunov Kaxor Shonazarovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Do‘stov Hamro
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Panoyev Nodir Shavkatovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Olimov Bobur Bahodir o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Kasimov Sherzod Abduazimovich
Termiz Davlat Universiteti, professor.
Aliqulov Rustam Valiyevich
Termiz Davlat Universiteti, professor
Tropov Xamza Tursunovich
Samarqand Davlat Universiteti, professor

IQTISODIYOT FANLARI/ ECONOMICS/ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Nizamov Aslitdin Badreddinovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Boboyev Akmal Choriyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Ergashxojayeva Shaxnoza Djasurovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Saidaxmedova Nodira Ilxomovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Muxsinov Bekzod Toxirovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shakarov Qulmat Ashirovich
Renessans ta'lim universiteti,dotsent.
Jumaeva Zulfiya Qayumovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Norova Salomat Yusupovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Avezova Shaxnoza Maxmudjonovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Jalilov Jamshid G‘anijonovich
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, dotsent
Xasanova Gulruh Djumanazarovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

PEDAGOGIKA FANLARI/ PEDAGOGICAL SCIENCES / ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Siddiqova Sadoqat G‘afforovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Zoyirov Erkin Xalilovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, DSc, professor
Gaffarov Feruz Hasanovich
Puchon Universiteti, *professor*
Ruziyev Davron Yuldashevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Muradova Firuza Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Yunusova Gulandon Samiyevna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
To‘xtayeva Zebo Sharifovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Navro‘zova Gulchixra Nigmatovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Uzoqova Laylo Polvonovna
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.
To‘raqulova Marjona Qiyom qizi
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Muradova Zarina Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Sanjar Aslonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shodiyev Jahongir Jo‘raqulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent
Gaffarov Laziz Hasanovich
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.

Tahririyat a’zolarning to‘liq ro‘yxati jurnalning www.devos.uz saytida keltirilgan.

Tahririyat hay’ati a’zolarining tarkibini o‘zgartirish hamda qo‘shimcha kiritish yoki tahririyat a’zoligidan chiqarish bosh muharrir tomonidan amalga oshiriladi.

ISSN 3030-3907

Development of science ilmiy jurnali 2024 yil 15 aprel kuni №256445 sonli guvohnoma bilan Davlat ro‘yxatidan o‘tgan.

To‘plam elektron ko‘rinishda (pdf formatida) mualliflarga taqdim etiladi. To‘plamga kiritiladigan maqolalarning mazmuni, ulardagi statistik ma’lumotlar va me’yoriy hujjatlarning to‘g‘riligiga hamda har qanday fikr - mulohazalarga mualliflarning o‘zlari mas’ul hisoblanadilar. Talablarga javob bermaydigan maqolalar to‘plamga kiritilmaydi. Tashkiliy qo‘mita maqola matnini qisqartirish, qisman tuzatish kiritish, seksiyalarga joylashtirish huquqiga ega.

ISSN 3030-3907

ELEKTR YOYLI PO‘LAT ERITISH PECHLARIDA PO‘LAT ERITISH SAMARADORLIGINI OSHIRISH ZAXIRALARI VA RESURS TEJAMKORLIGI

Vahobov Azizjon Vohidjon o‘g‘li

Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika Universiteti Metallar texnologiyalari kafedrasi Tayanch doktoranti (PhD)

Abstract. The work presents the results of analysis of heat operation of various steelmaking arc furnaces. The ways of increasing efficiency of steelmaking in EAF by special measures decreasing the waste of metal and rational energy and technological regimes of melting are considered. Waste of metal can be reduced by placing the charge in the basket with account for apparent density of components; supplying the coolant (pellets, slag- formers, fine scrap etc.) to arc burning zone from the moment of formation of liquid bath under the electrodes and to oxygen blowing zones; blowing the bath with oxygen providing distribution of the zone of reactions of melt element oxidation throughout the bath; forced stirring of the metal; decreasing the metal temperature at tapping. Rationalization of operating regimes of the furnace includes increasing the introduced electric power; optimizing current mode; reducing the working time of gas-oxygen burners to 40-50 % of the melting time with oxygen / natural gas ratio maintained 2 : 1, which provides the maximum flame temperature; establishing gas and oxygen consumption taking into account the thermal conditions in the working chamber; synchronized operation of all gas-oxygen devices; balanced consumption of oxygen during melting in order to decrease metal evaporation; application of the regime of afterburning of waste gases; timely injection of carbon-bearing material for sponging the slag, etc.

Keywords: furnace; material balance; heat balance; waste of metal; blowing with oxygen; energy and technological regime.

Annotatsiya. Turli elektr yoyli po‘lat eritish pechlarining issiqlik balansi tahlili natijalari keltirilgan. Metalning kamayishi (ugar)ni pasaytirishga qaratilgan maxsus tadbirlar hamda eritishni olib borishning oqilona energotexnologik rejimlarini ishlab chiqish hisobiga EYPEP (DSP)da po‘lat eritish samaradorligini oshirish yo‘llari ko‘rib chiqilgan. Metalning kamayishini pasaytirishga quyidagilar orqali erishish mumkin: shixtani korzinaga uning tarkibiy qismlarining uyma zichligini hisobga olgan holda joylashtirish, elektrodlar ostida suyuq vanna hosil bo‘lgan paytdan boshlab yoyning yonish zonalariga va kislorod bilan puflash zonalariga sovitgich (galtaklar, shlak hosil qiluvchilar, mayda lom va h.k.) uzatilishini ta’minlash, vanna hajmi bo‘ylab erigan elementlarning oksidlanish reaksiyalari kechadigan zonani tarqoqroq yuritgan holda vannani kislorod bilan

ISSN 3030-3907

puflash, metallni majburiy aralashtirish, metallni quyish (chiqarish) paytidagi haroratini pasaytirish. Pechning ish rejimlarini optimallashtirish quyidagilarni o‘z ichiga oladi: tok rejimini optimallashtirish hisobiga kiritiladigan elektr quvvatini oshirish, gaz-kislorod gorelkalarining ish vaqtini erish vaqtining 40-50 % gacha qisqartirish (bunda fakel mash’alining maksimal haroratini ta’minlaydigan kislorod / tabiiy gaz nisbati 2 : 1 bo‘lishi lozim), pechning ishchi hududidagi issiqlik sharoitlarini hisobga olgan holda tabiiy gaz va kislorod sarfini belgilash, barcha gaz-kislorod qurilmalarining sinxron ishlashi, metallning bug‘lanishini kamaytirish uchun erish jarayonida kislorod sarfini muvozanatlash, chiquvchi gazlarni qo‘shimcha yoqish (dojiganie) rejimidan foydalanish, shlakni ko‘pirtirish uchun uglerod saqlovchi materialni o‘z vaqtida puflab kiritish va boshqalar.

Kalit so‘zlar: pech; material balans; issiqlik balansi; metallning kamayishi (ugar); kislorod bilan puflash; energotexnologik rejim.

Аннотация. Представлены результаты анализа теплового баланса различных электродуговых сталеплавильных печей. Рассмотрены пути повышения эффективности выплавки стали в ЭПЦ (ДСП) за счет специальных мероприятий по снижению содержания металла (углерода) и разработки рациональных энерготехнологических режимов ведения плавки. Снижение усадки металла может быть достигнуто за счет: размещения шихты в корзине с учетом насыпной плотности ее компонентов, с момента образования жидкой ванны под электродами в зоны горения дуги и зоны обдува кислородом теплоносителя (гальки, шлакообразователи, мелкий лом и т.д.).k.) обеспечение передачи, продувка ванны кислородом с более равномерным распределением зоны протекания реакций окисления растворенных элементов по объему ванны, принудительное перемешивание металла, снижение температуры металла при литье (выплавке). Оптимизация режимов работы печи включает в себя: увеличение электрической мощности, включаемой за счет оптимизации режима тока, сокращение времени работы газо-кислородных горелок до 40-50% времени плавления (при этом соотношение кислород / природный газ, обеспечивающее максимальную температуру горелки горелки, должно составлять 2 : 1), Использование природного газа и природного газа с учетом тепловых условий в рабочей зоне печи. установка расхода кислорода, синхронная работа всех газо-кислородных приборов, для уменьшения испарения металла необходимо сбалансировать расход кислорода в процессе плавки, использовать режим дополнительного сжигания (дожигания) отработавших газов, своевременно продувать углеродосберегающий материал для вспенивания шлака и др.

ISSN 3030-3907

Ключевые слова: печь; материальный баланс; тепловой баланс; восстановление металла (угар); продувка кислородом; энерготехнологический режим.

KIRISH.

O‘rtacha va yirik sig‘imli (50-180 t) yoyli po‘lat eritish pechlarida (YPEP) elektr po‘lat eritish ishlab chiqarishni rivojlantirishning zamonaviy bosqichi erish va oksidlanish davrlari birlashtirilgan texnologiya bilan xarakterlanadi. Bunda yarimtayyor mahsulot (yarimmahsulot) olinadi va uning berilgan tarkibli, odatda uglerodli va kam legirlangan po‘latga aylantirilishi pechdan tashqari ishlov berish usullari orqali amalga oshiriladi. Legirlangan va yuqori legirlangan turdagi po‘latlar kichik sig‘imli (3-25 t) pechlarda qayta tiklash davrini o‘tkazgan holda klassik texnologiya bo‘yicha ("yangi" shixtada eritish, legirlangan chiqindilarni qayta eritish) olinadi.

YPEPda eritish jarayonining asosiy maqsadi — minimal xarajatlar bilan agregatning maksimal unumdorligida po‘lat (yarimtayyor mahsulot) olishdir. Hozirgi vaqtda yirik sig‘imli YPEP larning unumdorligi eritish vaqti "quyishdan quyishgacha" 45-55 daqiqa bo‘lganda 150-200 t/soatni tashkil etadi, bunda elektr energiyasi va elektrodlarning solishtirma sarfi mos ravishda 250-450 kVt•soat/t va 1,5-2,5 kg/t ni tashkil qiladi. Bunga ilg‘or texnik va texnologik ishlanmalarni joriy etish natijasida erishildi: yuqori quvvatli transformatorlar, kislorod, TAChBT (ASUTP), suv bilan sovitiladigan futirovka (kladka) elementlari, erkerli quyish, gaz-kislorod gorekkalari va manipulyatorlari, tagidan purkash, lomni oldindan qizdirish, ko‘pikli shlaklardan foydalanish hamda pechdan tashqari ishlov berish usullarini qo‘llash [1-2].

Zamonaviy YPEPlarning ko‘rsatilgan ish ko‘rsatkichlariga erishish "yoy — futirovka — metall" tizimidagi issiqlik almashinuvi sharoitlarining o‘zgarishi bilan kechdi. Metallurgiya korxonalari va mashinasozlik zavodlarining quyuv sexlaridagi kichik quvvatli YPEPlar uchun pech devorlari va gumbazining g‘ishtli futirovkasi xarakterlidir. Erigan metall vannasiga issiqlik elektrod ostidagi, temirning qaynash haroratiga teng bo‘lgan yuqori haroratga ega "issiq nuqta"dan o‘tadi, vannaning qolgan yuzasiga esa — uning yuzasi ustidagi yoyning bir qismi bilan qizdiriladigan shlak orqali hamda devorlar va gumbazning g‘ishtli futirovka aks-nurlanishi (qayta nurlanishi) orqali uzatiladi. Keyinchalik, kiritiladigan quvvatning oshishi sababli g‘ishtli futirovkaning, ayniqsa pech gumbazi va devorlarining elektrodlarga qarama-qarshi joylashgan qismlarining chidamliligi yomonlashdi.

Suv bilan sovitiladigan gumbazning joriy etilishi kiritiladigan quvvat miqdoriga qo‘yilgan cheklovni olib tashladi, biroq shu bilan birga elektr

ISSN 3030-3907

energiyasining solishtirma sarfi 3-10 % ga oshdi [3]. Bundan tashqari, issiqlik almashinuvi sharoitlari ham o‘zgardi. Endilikda shlak yuzasidan suv bilan sovitiladigan gumbazga yo‘naltirilgan issiqlik oqimi ortdi, bu esa metallga tomon yo‘nalgan issiqlik oqimining kamayishiga olib keldi. Pech unumdorligini saqlab qolish maqsadida kiritiladigan quvvat oshiriladi.

Bunda yoydagi kuchlanishning ortishi natijasida uning uzunligi va shlak yuzasining nurlanish darajasi ortadi, bu esa gumbazi va devorlari g‘ishtli futirovka qilingan hamda suv bilan sovitiladigan gumbazli pechlar uchun shlakdan metallga uzatiladigan issiqlik oqimlari miqdorlari o‘rtasidagi farqni kamaytiradi. "Issiq nuqta"dan vanna tubiga kelib tushadigan issiqlik miqdorining ko‘payishiga yoy toki ortishi hisobiga uning maydonini kengaytirish orqali ham erishish mumkin. Bundan tashqari, sovituvchi suv bilan birga chiquvchi qo‘shimcha issiqlik yo‘qotishlarining kiritilayotgan quvvatni oshirish orqali qoplanishi elektrodlarga qarama-qarshi joylashgan pech futirovkasining pastki qismi yanada jadalroq yeyilishiga hamda otkoslar yonidagi elektrodlar oralig‘idagi yuzada shlak qobig‘i hosil bo‘lishiga olib keldi. Metall vannasiga issiqlik uzatish sharoitlari yomonlashdi, chunki shlak harorati to‘liq g‘ishtli futirovka bo‘lgan holatdagiga qaraganda pastroq bo‘lib qoldi.

Devorlarning suv bilan sovitiladigan panellarini qo‘llash sovituvchi suv bilan issiqlik yo‘qotishlarining yanada ortishiga olib keldi. Bu yo‘qotish qo‘shimcha quvvat kiritish bilan qoplandi va devorlarning pastki qismi chidamliligining kamayishiga yordam berdi, chunki pechning metall quyish uchun qisqartirilishi (qiyshaytirilishi) sababli bu qismni sovitiladigan panellar bilan himoya qilib bo‘lmas edi. Issiqlik uzatish sharoitlari yanada yomonlashdi, chunki shlak yuzasining harorati metall bilan chegaradosh qatlamdagi haroratdan past bo‘lib qoldi. Endi issiqlik vannaga faqat elektrodlar ostidagi "issiq nuqtalar" va elektrodlar atrofidagi shlak orqali kelib tushadi, ajralish yuzasining katta qismida esa issiqlik oqimi vanna yuzasidan shlak orqali devorlar va gumbazning sovitiladigan yuzalariga tomon yo‘nalgan bo‘ladi.

Erkerli metall quyish tizimining joriy etilishi devorlarning sovitiladigan panellarini deyarli shlak yuzasigacha tushirish imkonini berdi. Endilikda vanna issiqlikni faqatgina elektrodlar ostidagi "issiq nuqtalar" orqali oladi, butun ajralish yuzasida esa issiqlik oqimi vanna yuzasidan shlak orqali pech devorlari va gumbazining sovitiladigan yuzalariga tomon yo‘naladi. Shu bilan birga, po‘lat panellar pastki qismining tashqi yuzalarida, ko‘chgan qasmoq (okalina) zonalarida o‘tkir chuqurchalar aniqlangan bo‘lib, ular mikrokesiklar vazifasini o‘tashi va davriy qizish hamda sovitish sharoitida yoriqlar paydo bo‘lishiga olib kelishi mumkin. Vaqt o‘tishi bilan po‘lat panellar yemiriladi va ularni mis panellarga

ISSN 3030-3907

almashtirishga to‘g‘ri keladi. Bularning barchasi DSP-150 (YPEP-150) pechida po‘lat devor panellarini ekspluatatsiya qilish amaliyotida tasdiqlangan.

Tavsiflangan hodisalarning oldini olish va sovituvchi suv bilan birga chiquvchi issiqlik yo‘qotishlarini kamaytirish maqsadida ko‘pikli shlak bilan eritishni olib borish texnologiyasi qo‘llaniladi. Bu shlak "metall – shlak" ajralish chegarasiga kislorod oqimidagi ko‘mirni purkab kiritish orqali hosil qilinadi va natijada yoy pechning ishchi hududidan to‘liq to‘siladi. Bunda yoy vanna oynasidagi menisk (suyuqlikning botiq yuzasi), elektrod uchi va ko‘pikli shlak bilan chegaralangan hajm ichida yonadi. Ushbu hajmda ajralib chiqadigan issiqlik vanna oynasidagi menisk haroratini temirning qaynash haroratiga teng darajada ushlab turishga sarflanadi. Issiqlikning bir qismi menisk yuzasidan vanna tubiga issiqlik o‘tkazuvchanlik hamda elektrodinamik kuchlar va ajralib chiqayotgan CO pufakchalari hisobiga vanna barbotaji (gugullashi) tufayli yuzaga keladigan majburiy konveksiya orqali uzatiladi. Yopiq hajmda ajralib chiqadigan issiqlikning qolgan qismi esa metall va shlakning bug‘lanishiga sarflanadi.

"Issiq nuqtalar"dan va shlakdan issiqlik o‘tkazuvchanlik orqali uzatiladigan issiqlik miqdori faqatgina yoy, shlak va metall parametrlariga (yoy toki va kuchlanishi, shlak qatlamining qalinligi va uning issiqlik o‘tkazuvchanligi, metallning qaynash harorati) bog‘liq bo‘lganligi sababli, butun metall massasi tomonidan olinadigan umumiy issiqlik miqdorini oshirishga majburiy konveksiyani jadallashtirish hisobiga erishish mumkin [4].

Eritish texnologiyasi va YPEPdagi issiqlik almashinuvi sharoitlarining o‘zgarishi kichik va yirik sig‘imli pechlardagi eritish jarayonlarining material va issiqlik balanslarida jiddiy farqlarga olib keldi.

Aytilganlarga misol sifatida, keyinchalik pechdan tashqari ishlov berishga yo‘naltiriladigan DSP-160 (YPEP-160) pechida olingan uglerodli yarimmahsulot (~ 0,15 % C) eritish jarayonlarining o‘tkazilgan tahlil ma’lumotlari (1-jadval) [5]. 2-jadvalda sig‘imi 50 dan 180 tonnagacha bo‘lgan zamonaviy YPEPlardagi eritish jarayonlarining issiqlik balanslari keltirilgan.1-jadvaldan ko‘rinib turibdiki, metall shixtasining umumiy sarfiga nisbatan DSP-160 pechida suyuq po‘lat chiqishi 92,7 % ni tashkil etadi.

1-jadval

YPEP-160 dagi yarimmahsulotning material balansi

Yuklandi		Olindi	
Moddalar	kg	Moddalar	kg
Metalshixta,	100,00	Metal	92,70
shu jumladan:		Shlak	11,77
metallom	81,21	Chang	6,04
Qattiq cho’yan	7,75	Gazlar	2,56

ISSN 3030-3907

Issiq briketlangan temir	5.98		
Oldingi eritish metali	5.06		
Elektrod	0,14		
Oldingi eritish (plavka) shlaki	3.85		
Ohak	4,05		
Dolomit	0.41		
Gaz holatidagi kislorod	4,29		
Havo	0,33		
Jami:	113,07	Jami:	113,07

2-jadval

Sig‘imi 50 dan 180 tonnagacha bo‘lgan zamonaviy YPEPlardagi (DSP) eritish jarayonlarining issiqlik balanslari

Nomlanishi	ДСП-50	ДСП-100	ДСП-120
Moddalar issiqlik kelishi	%		
Elektr energiyasi	35-50	40-50	54
Ekzotermik reaksiyalar issiqligi, shu jumladan:	30-45 20-30	30-40 15-20	37 -
Gaz-kislorod gorelkalaridan keladigan issiqlik	5-10	5-10	3
Materiallar bilan birga kiradigan issiqlik	10-15	5-20	6
Moddalar issiqlik sarfi	%		
Metall va shlakning erishi va qizishi	50-60	60-65	60
Sovituvchi suv bilan issiqlik yo‘qotishlar	15-20	15-20	7
Chiquvchi gazlar ва tutun bilan yo‘qotiladigan issiqlik	10-15	10-15	31
Boshqa yo‘qotishlar (elektr tarmog‘idagi yo‘qotishlar, issiqlik yo‘qotishlari (gumbaz ochilganda, ishchi darcha orqali va b.))	5-25	5-10	2
Moddalar issiqlik kelishi	%		

ISSN 3030-3907

Elektr energiyasi	38	50-55	37-40
Ekzotermik reaksiyalar issiqligi, shu jumladan: Temir oksidlanishi	31 20	25-30 15-20	30-50 -
Gaz-kislorod gorelkalaridan keladigan issiqlik	11	5-10	3-6
Materiallar bilan birga kiradigan issiqlik	20	10-15	10-24
Moddalar issiqlik sarfi	%		
Metall va shlakning erishi va qizishi	51	65-75	63-65
Sovituvchi suv bilan issiqlik yo‘qotishlar	20	5-10	24-25
Chiquvchi gazlar ва tutun bilan yo‘qotiladigan issiqlik	10	7-9	9-10
Boshqa yo‘qotishlar (elektr tarmog‘idagi yo‘qotishlar, issiqlik yo‘qotishlari (gumbaz	19	13-16	1-3

Suyuq po‘lat chiqishining pastligi va hosil bo‘layotgan eritish changining katta massasi temirning jadal oksidlanishidan dalolat beradi. Buni 2-jadval ma’lumotlari ham tasdiqlaydi, ya’ni issiqlik kirimining asosiy moddalari quyidagilardan iborat: elektr energiyasi (35-50 %), temirning oksidlanishi (15-30 %), materiallar tomonidan kiritiladigan issiqlik (5-24 %). Olingan issiqlik metall va shlakni qizdirishga (50-75 %) hamda yo‘qotishlarga (25-50 %) sarflanadi. Sig‘imi 50 dan 180 tonnagacha bo‘lgan zamonaviy YPEPlarda issiqlik kirimi va chiqimi moddalari nisbatlaridagi farqlar konstruktiv va texnologik xususiyatlar — cho‘yan (suyuq va qattiq), to‘g‘ridan-to‘g‘ri tiklangan temir (galtaklar, briketlar), skrap (temir-tersak) qo‘llanilishi, metall shixtasini oldindan qizdirishdan foydalanilishi, turli energotexnologik rejimlar va materiallarni uzatish rejimlariga bog‘liqdir.

ISSN 3030-3907

Shunday qilib, elektr energiyasi sarfining pastligi ko‘p jihatdan temirdan yoqilg‘i sifatida foydalanish bilan belgilanadi.

Temirdan yoqilg‘i sifatida foydalanish qanchalik oqilona? Bu savolga iqtisodiyot javob berishi kerak. Bugungi kunda ko‘plab rivojlangan mamlakatlarda energiya resurslarining qiymati yuqori bo‘lib, bu sifatli (birinchi navbatda rangli metallar aralashmalari miqdori bo‘yicha) metallolom narxlarining uzluksiz oshishiga olib kelmoqda.

Metall shixtasining sezilarli darajada kamayishi (ugari) har qanday sig‘imli pechlarda eritilayotgan po‘lat tannarhini oshiradi, shuningdek, eritish jarayonini yanada jadallashtirishni cheklovchi asosiy omillardan biri hisoblanadi.Metallning kamayishiga (ugariga) ta’sir qiluvchi omillarni tahlil qilamiz.

Kichik va o‘rtacha sig‘imli YPEPlarda eritishning birinchi bosqichida shixta ichida quduqlar (kolodeslar) ochiladi (kesiladi). Bunda qo‘ng‘ir tutun jadal ajralib chiqadi — bu qattiq shixtaning metall bug‘lariga sublimatsiyalanishidir (to‘g‘ridan-to‘g‘ri gazga aylanishidir). Sublimatsiyalangan metall miqdori ochilayotgan quduq tezligi bilan belgilanadi, bu tezlik esa maksimal quvvatni kiritish usuliga, shixtaning uyma zichligiga va uning korzinaga joylashtirilish usuliga bog‘liq. Shixtaning issiqlik o‘tkazuvchanlik koeffitsiyenti (λ_{shixta}) uyma zichlikka bog‘liq, biroq u har doim suyuq metallning issiqlik o‘tkazuvchanlik koeffitsiyentidan (($\lambda_{suyuqmetal}$) kichik bo‘ladi, chunki shixta zarralari orasida har doim havo tirqishi mavjud bo‘ladi. Qo‘ng‘ir tutunning ajralishi $\lambda_{suyuqmetal} > (\lambda_{shixta}$ nisbatini tasdiqlaydi. Binobarin, quduqlarni ochish jarayonida metallning maksimal kamayishi (ugari) tayyorlanmagan qirindini (strujkani) zavalika qilish (eng kichik issiqlik o‘tkazuvchanlik koeffitsiyenti) bilan bog‘liq, minimal kamayish esa og‘ir vaznli (yirik) shixtadan foydalanganda kuzatiladi. Suyuq cho‘yan bilan ishlaganda yengil vaznli lom va qirindining katta qismini korzinaning pastki qismida ishlatish imkoniyati paydo bo‘ladi.

Quduq teshilgandan so‘ng, elektr yoyi elektrod uchi bilan vanna yuzasi o‘rtasida barqaror yonadi. Elektrodlarni qamrab oluvchi aylana bilan chegaralangan, hosil bo‘lgan vanna yuzasining harorati metallning qaynash haroratiga teng bo‘ladi. Bu esa metallning jadal bug‘lanishini keltirib chiqaradi, chunki vanna tomonidan qabul qilinayotgan issiqlikning faqat kichik bir qismigina past solishtirma issiqlik sig‘imi (c=1,0–1,75 kDj/kg·K) va issiqlik o‘tkazuvchanligiga (λ = 20–27 Vt/m·K) ega bo‘lgan metall massasi tomonidan o‘zlashtiriladi. Bunday holat pech metall quyish (chiqarish) uchun o‘chirilgunga qadar saqlanib qoladi [8].

Suyuq metallning bug‘lanish hisobiga kuyishi (ugari) jarayoni tahlil qilindi va quyidagi xususiyatlar e’tiborga olindi. Ma’lumki, statsionar sharoitlarda

ISSN 3030-3907

suyuqlik-bug‘ fazalararo yuzasi orqali o‘tuvchi massa oqimining zichligi ushbu fazalar ajralish chegarasining harorati va bug‘ muhitining bosimi bilan belgilanadi. Ushbu muhitning tarkibi bug‘lanish jadalligiga sezilarli darajada ta’sir ko‘rsatadi. Ko‘rilayotgan muammoda uzatilayotgan issiqlik oqimi shunday taqsimlanishi kerakki, unda issiqlikning minimal qismi metallning bug‘lanishiga, maksimal darajadagi imkoniyatli qismi esa ushbu metallni qizdirishga sarflanishi lozim. Bunday talab etilgan uyg‘unlikka bug‘ fazasining muayyan bir aniq bosimi va tarkibida erishish mumkin. Ta’kidlash joizki, ko‘rilayotgan bug‘ fazasi — metall atomlari va klasterlari, gazlar, chang zarrachalari hamda tomchilardan tashkil topgan murakkab muhitdir. Hozirgi vaqtda bunday muhitga metallning bug‘lanish jadalligini hisoblash uchun tayyor metodika mavjud emas.

Temirning (po‘latlarning asosiy komponenti) o‘z xususiy bug‘i muhitiga bug‘lanishi haqidagi model masala hal qilindi.

Bug‘lanish yuzasi yaqinidagi va undan uzoqdagi temir bug‘larining bosimi amalda mos keladigan yoki qiymati bo‘yicha yaqin bo‘lgan holat uchun bug‘lanish oqimining jadalligini hisoblash maqsadida quyidagi bog‘liqlik olindi:

$$jp = \frac{5}{3}\frac{\text{PS}-\text{P}\infty}{(\pi RFeTs)1/2} \qquad (1)$$

bu yerda: j_P - bug‘lanish oqimining jadalligi, (kg/(m^2-s); P_S - temirning to‘yingan bug‘ bosimi, Pa; P_∞ - bug‘lanish yuzasidan uzoqdagi temir bug‘larining bosimi, Pa; R_{Fe} - temir uchun gaz doimiysi, Dj/(kg-K); T_S - fazalararo yuza harorati, K.

Temirning o‘z xususiy bug‘i muhitiga bug‘lanish oqimi jadalligini hisoblash bug‘lanish yuzasi yaqinidagi va undan uzoqdagi temirning to‘yingan bug‘ bosimlari nisbatining bir nechta variantlari uchun amalga oshirildi:

1) P∞ = 0,9PS; 2) P∞ = 0,95PS; 3) P∞ = 0,99PS.

Olingan ma’lumotlarning tahlili quyidagi xulosalarni chiqarish imkonini berdi:

- elektr yoyi bilan kontakt (tutashish) zonasida vanna yuzasi haroratining ortishi bilan metallni qizdirishga sarflanadigan foydali issiqlik oqimining quvvati ortadi, lekin shu bilan birga, bug‘lanish yuzasi yaqinidagi va undan uzoqdagi temir bug‘lari bosimi nisbatlarining barcha variantlari uchun bug‘lanish oqimining jadalligi ham ortadi;

- bug‘lanish yuzasidan uzoqdagi temir bug‘larining bosimi bug‘lanish yuzasi yaqinidagi temir bug‘larining to‘yinish bosimiga yaqinlashganda, bug‘lanish oqimi jadalligining qiymati kamayadi [9].

Tarkibida begona (kondensatsiyalanmaydigan) komponent bo‘lgan muhitga bug‘lanishni hisoblash metodikasi ishlab chiqildi.

Adabiyotlarda kondensatsiyalanmaydigan komponent mavjud bo‘lgan sharoitda jadal kondensatsiyalanish holati uchun masalani hal etish yondashuvi va

ISSN 3030-3907

taqribiy tahliliy hisoblash uchun tegishli formula keltirilgan. Tadqiq etilayotgan vaziyatlarda hosil bo‘lgan bug‘ning harakat tezligi suyuqlanma (melt) haroratidagi tovush tezligidan sezilarli darajada kichikligini nazarda tutib, bunday sharoitlar uchun bug‘lanish va kondensatsiyaning asimmetriyasini birinchi yaqinlashishda ahamiyatsiz deb hisoblash mumkin. Ushbu faraz turli begona gazlar mavjud bo‘lganda bug‘lanish jadalligini hisoblash uchun yuqorida qayd etilgan bog‘liqlikdan foydalanish imkonini beradi. YPEPda (DSP) po‘lat eritishda begona gazlar sifatida quyidagilar qabul qilindi: havo - chunki metallning bug‘lanishi pech atmosferasida sodir bo‘ladi va uning asosiy gaz komponenti aynan havodir, shuningdek, qora metallurgiyada keng qo‘llaniladigan inert gaz - argon.

Yuqoridagilarni hisobga olgan holda, tarkibida begona komponent bo‘lgan muhitga bug‘lanish oqimining jadalligi aniqlandi:

$$jp = \frac{5}{3}\frac{\mathrm{P1}\infty + 0{,}579\mathrm{P2}\infty\left(\frac{\mathrm{M2}}{\mathrm{M1}}\right) - \mathrm{Ps}}{(2\pi RFeTs)1/2} \qquad (2)$$

bu yerda: $P_{1\infty}$ - temir bug‘larining to‘yinish bosimi, Pa; $P_{2\infty}$ - begona komponentning bosimi, Pa; M_1 - temirning molyar massasi, kg/kmol; M_2 - begona komponentning molyar massasi, kg/kmol.

Fazalararo yuza haroratiga bog‘liq ravishda, temir bug‘lari va begona komponent (havo, argon) bosimlarining turli nisbatlarida, tarkibida begona komponent bo‘lgan muhitga temirning bug‘lanish jadalligi hisob-kitoblari o‘tkazildi.

Hisoblash natijalarining tahlili quyidagi xulosalarga olib keladi:

- fazalar ajralish chegarasi harorati va bug‘lanish yuzasidan uzoqdagi temir bug‘larining bosimi bir xil qiymatga ega bo‘lganda, tarkibida begona komponent (havo, argon) bo‘lgan muhitga temir bug‘lanish oqimining jadalligi temirning o‘z xususiy bug‘i muhitiga bug‘lanishiga qaraganda sezilarli darajada kam bo‘ladi, bunda argonning qo‘llanilishi temirning kamroq kuyishini (ugarini) ta’minlaydi;

- bug‘lanish yuzasining harorati bir xil bo‘lgan sharoitda, temir bug‘larining to‘yinish bosimi va havo bosimi ortishi bilan bug‘lanishga sarflangan issiqlik oqimining jadalligi kamayadi [9].

An’anaviy ravishda, metallda uglerodning zaruriy miqdorini olish uchun u 1000-1400 kPa bosim ostida gazsimon kislorod bilan purkaladi. Katta va o‘rta sig‘imli YPEPlarda (DSP) purkash ishlari pechning ishchi darchasi yoki gumbaz va devorlaridagi teshiklar orqali kiritiladigan tovushdan tezkor (supertovushli) furmalar, injektorlar va manipulyatorlar yordamida amalga oshiriladi. Kichik sig‘imli pechlarda esa metall "metall–shlak" fazalararo ajralish chegarasi yaqinidagi ishchi darcha orqali kiritiladigan quvurcha (trubka) yordamida puflanadi. Kislorod oqimining suyuq metall bilan kontakt (tutashish) zonasida,

ISSN 3030-3907

oksidlanish ekzotermik reaksiyalarining borishi hisobiga vanna yuzasida juda katta miqdorda issiqlik ajralib chiqadi. Ajralayotgan issiqlikning metall tomonidan o‘zlashtirilishi jarayoni suyuq metallning issiqlik sig‘imi va issiqlik otkazuvchanligi bilan xarakterlanuvchi energiya issiqlik-massa ko‘chishi (transferi) bilan belgilanadi.Suyuq vanna haroratida ushbu kattaliklarning qiymatlari nisbatan kichik bo‘lganligi sababli, ajralib chiqayotgan issiqlik butun metall massasi tomonidan to‘liq o‘zlashtirilmaydi, buning ustiga issiqlik almashinuvining konvektiv tarkibiy qismi kichik bo‘lib, metall vannasidagi massa almashinuvi suyuq metallning butun hajmi bo‘ylab harorat maydonini tenglashtirish uchun yetarli emas. Shuning uchun kislorod oqimi bilan tutashish zonasida vanna yuzasidagi metallning yupqa qatlami qaynaydi, metall bug‘lari oksidlanadi va chiquvchi gazlar bilan birga olib ketiladi. Kislorod kiritishning an’anaviy usulining umumiy kamchiligi - puflashning vannaning cheklangan (lokal) maydonida amalga oshirilishidir. Binobarin, metall hajmi ichida harorati qaynash nuqtasiga yaqin bo‘lgan lokal (mahalliy) zonalar hosil bo‘ladi. Bu metallning oksidlanishi va bug‘lanishi hisobiga uning jadal kuyishiga (ugariga) olib keladi, chunki suyuqlanma elementlarining oksidlanishida olinadigan issiqlikning sezilarli miqdori vannaning cheklangan hajmida ajralib chiqadi va issiqlikning faqat bir qismi metall massasi tomonidan o‘zlashtiriladi.Bundan tashqari, kislorodning suyuq metall bilan o‘zaro ta’sir zonasidagi issiqlik balansi, suyuq metallning issiqlik sig‘imi hamda issiqlik o‘tkazuvchanligi bir xil darajada pastligi va suyuqlanma elementlarining oksidlanishida ajralib chiqadigan issiqlik miqdori tengligi bois, pechning sig‘imiga bog‘liq bo‘lmaydi. Shunday qilib, kislorodning bir qismi foydasiz sarflanadi va tayyor mahsulot chiqishining kamayishiga, ya’ni metall kuyishining (ugarining) ortishiga olib keladi. Erishning (plavkaning) oksidlanish davridagi metall kuyishi nafaqat puflanayotgan kislorod miqdoriga, balki puflash jadalligiga ham bog‘liq, ya’ni uglerodsizlanish (uglerodning kamayishi) tezligining ortishi to‘g‘ridan-to‘g‘ri metall kuyishining o‘sishi bilan bog‘liqdir.

Shuningdek, metall kuyishi (ugari) miqdoriga metallni pechdan chiqarish (quyish) harorati ham katta darajada ta’sir ko‘rsatadi, chunki bug‘lanish jadalligi haroratga proporsionaldir.

Pechning ishchi makonidan gazlarning majburiy so‘rib olinishi ham metall kuyishining ortishi bilan kechadi. Buning sababi, birinchidan, pech orqali haydalayotgan havo bilan birga pechdan juda katta miqdorda issiqlik olib ketiladi va bu issiqlikni pechga qo‘shimcha ravishda kiritish, ya’ni berilayotgan quvvatni va mos ravishda metall kuyishini oshirish talab etiladi; ikkinchidan, metall yuzasi

ISSN 3030-3907

ustidagi metall bug‘larining parsial bosimi pasayadi, bu esa o‘z navbatida bug‘lanish jadalligini yanada oshiradi.

Metall kuyishi, shuningdek, eritish (plavka) davomiyligiga va ayniqsa, suyuq davr (metall erigan muddat) davomiyligiga bog‘liq. Metall kuyishi miqdori pechning bekor turib qolishlari (prostoylar) bilan ham uzviy bog‘liqdir, chunki bekor turish vaqtidagi issiqlik yo‘qotishlari qo‘shimcha energiya kiritish hisobiga qoplanishi kerak. Buning uchun esa vaqt talab etiladi, natijada eritish davomiyligi uzayadi va metall kuyishi ortib boradi.

Metall kuyishiga ta’sir etuvchi omillarning o‘tkazilgan tahlilini hisobga olgan holda, kichik va o‘rta sig‘imli YPEPlarda legirlangan hamda yuqori legirlangan po‘latlarni eritishda metall kuyishini minimal darajada saqlab eritishni olib borish uchun quyidagilar maqsadga muvofiq hisoblanadi:

- shixtani savatga (badyaga) uning tarkibiy qismlarining uyma zichligini hisobga olgan holda joylashtirish (pastki qismga qirindi va yengil vaznli parchalarning bir qismi, so‘ngra kesindi va o‘rtacha uyma zichlikka ega shixta, yuqoridan esa yengil vaznli parchalar va qirindining kichik bir qismi; bunday joylashtirish yoyning quduqchaga tez kirib borishini ta’minlaydi, shixta erishi jarayonida esa yengil vaznli parchalarning pastki qatlamlari suyuq metall bilan qoplanadi);

- elektrodlar ostida suyuq vanna hosil bo‘lgan paytdan boshlab yoyning yonish zonalariga va kislorod bilan puflash zonalariga sovituvchi materiallar (okatishlar, shlak hosil qiluvchilar, mayda metall parchalari va h.k.) yetkazib berilishini ta’minlash (sovituvchi materiallarning uzluksiz berilishi ko‘rsatilgan maydondagi vanna yuzasi haroratini va metallning bug‘lanish jadalligini pasaytirish imkonini beradi);

- vanna hajmi bo‘ylab suyuqlanma elementlarining oksidlanish reaksiyalari kechadigan zonalarni tarqoq holda taqsimlagan (tarqatgan) holda vannani kislorod bilan puflashni tashkil etish;

- metallni majburiy aralashtirishni amalga oshirish;

- pechning «tashkiliy» bekor turishlarini istisno qilish va metallni pechdan chiqarish haroratini imkon qadar minimal darajagacha pasaytirish [8].

Ma’lumotlarga ko‘ra, DSP-125 (YPEP-125) pechida elektr yoylari ostidagi metall kuyishining (ugarining) jadalligi 30 kg/min ni tashkil etadi. DSP-125 pechi 33 daqiqa davomida tok ostida ishlaganda, metall kuyishi 1000 kg ga teng bo‘ladi. Jami 10600 kg lik umumiy metall kuyishi miqdoridan [qolgan qismi] metallni kislorod bilan puflash zonasida uning oksidlanishi va bug‘lanishi hisobiga yo‘qotiladi. Vanna kislorod bilan 30 daqiqa davomida puflanganda, metall kuyishining jadalligi 350 kg/min ni tashkil etadi. Shunday qilib, bir marta eritish

ISSN 3030-3907

(plavka) davomida metallning umumiy kuyishini kamaytirish uchun, birinchi navbatda, vannani kislorod bilan puflash paytidagi metall yo‘qotishlarini kamaytirish zarur. Metallurgiya zavodlarining elektr po‘lat eritish sexida DSP-10 pechini ekspluatatsiya qilish (ishlatish) jarayonidagi oksidlovchi puflash davrida, metall ichiga botirilgan quvurcha (trubka) uchini gorizontal tekislikda har ikki tomonga 15–20 ^{0} ga hamda po‘lat quyish teshigi yo‘nalishi bo‘yicha uzluksiz ravishda ko‘chirib (surib) turish usuli sinovdan o‘tkazildi. Tajriba eritishlari shuni ko‘rsatdiki, metallni kislorod bilan puflash davomiyligi 8 daqiqaga (30 % ga) qisqardi, uglerodsizlanish tezligi 1,35 baravarga ortdi, tayyor mahsulot chiqishi 220 kg ga (2 % ga) ko‘paydi, bir marta eritish uchun sarflanadigan kislorodning solishtirma sarfi 30 % ga kamaydi va pechning unumdorligi 5 % ga oshdi. Tajriba eritishlarida metall sifatining yomonlashishi qayd etilmadi, ularning natijalari esa kislorod kiritishning ushbu usuli samaradorligini tasdiqlaydi [10].

Metall vannasini an’anaviy usulda, ya’ni vanna oynasi (guri) ustida joylashgan moslamalar orqali kislorod bilan puflash samaradorligi, sarflanadigan (eruvchan) sovitilmaydigan botirma quvurcha orqali puflashga qaraganda pastroqdir. Chunki, birinchidan, kislorod oqimining (oqinchasining) bir qismi vanna yuzasidan qaytadi (aks etadi) va chiquvchi gazlar bilan birga olib ketiladi, ikkinchidan esa, kislorod suyuqlanmaning faqat bitta nuqtasiga kiritiladi, bu esa suyuqlanma vannasining cheklangan (lokal) hajmida issiqlik ajralib chiqishi sababli metall kuyishining (ugarining) ortishiga olib keladi.

Metall kuyishini kamaytirish uchun kislorod oqimining metall bilan kontakt (tutashish) zonalarini kengaytirish zarur. Quvurchani "metall–shlak" fazalararo ajralish chegarasi yaqiniga kiritib puflashda o‘zaro ta’sir zonasini kengaytirish variantlaridan biri - pech devoridagi teshiklar orqali metall vannasiga kiritilgan bir yoki bir nechta sovitilmaydigan metall quvurchalardan iborat moslamadan foydalanish hisoblanadi. Bundan tashqari, botirma quvurchaning suyuqlanma chuqurligi bo‘ylab harakatlantirilishi puflash zonasidagi metallning lokal hajmlari haroratini pasaytirishga xizmat qiladi [11].

Ushbu muammoni hal qilishning boshqa bir varianti - butun puflash davri mobaynida soplar qirqimini (uchini) vanna chuqurligi bo‘ylab va pechning vertikal o‘qi atrofida uzluksiz harakatlantirgan holda, gumbaz furmasining soplarini (soplolarini) metall oynasi ostiga botirib kislorod bilan puflash hisoblanadi [12].

Kislorod oqimining metall bilan o‘zaro ta’sir zonasini kengaytirishga qaratilgan yechimlarning jiddiy kamchiligi quyidagilardan iborat. Kislorod suyuqlanmaga uzatilganda, sop (soplo) qirqimi yaqinida kislorod pufakchasi hosil bo‘ladi va u sop qirqimidan uzilib, "metall–shlak" ajralish yuzasiga qarab suzib chiqishini ta’minlaydigan o‘lchamlargacha kattalashadi. Ushbu yuzada pufakcha

ISSN 3030-3907

parchalanadi (yoriladi) va kislorod qisman shlakka o‘tadi, qolgan qismi esa chiquvchi gazlar bilan birga olib ketiladi. Pufakchaning suyuqlanma komponentlari oksidlanishi sodir bo‘ladigan reaksion yuzasi kichik, shu sababli kisloroddan foydalanish samaradorligi past bo‘ladi. Bu esa puflash vaqtini uzaytiradi va binobarin, metall kuyishini (ugarini) oshiradi.

Metall kuyishini kamaytirish uchun yechimlarning bir nechta variantlari mavjud:

- vanna oynasi (guri) ostiga kiritilgan furma orqali puflash. Furma konstruksiyasi uning gorizontal kesimlarida teshiklari bo‘lgan tashqi po‘lat perforatsiyalangan qobiqni o‘z ichiga oladi [13];

- vanna oynasi ostiga kiritilgan, taroqsimon (grebenka) yoki quvurlar dastasidan iborat furma orqali butun puflash davri mobaynida soplarning uzluksiz qaytuvchi-ilgarilama harakatlanishini ta’minlagan holda puflash.

Kislorod kiritishning taklif etilgan usullaridan foydalanish kislorod oqimining metall bilan kontakt zonasini kengaytirishni, kislorod pufakchalari diametrini kichiklashtirishni va natijada reaksion zona maydonini hamda pufakchalarning suzib chiqish vaqtini oshirishni ta’minlaydi. Ushbu vaqt davomida suyuqlanma komponentlarining oksidlanish reaksiyalari kechadi. Bularning barchasi metall kuyishining kamayishiga va kisloroddan foydalanish samaradorligining oshishiga olib keladi.

Shuni ham unutmaslik kerakki, gumbaz, devorlar, furmalar, gorelka (gorelka)lar va boshqalarni jadal sovitish tizimi unumdorlikni oshirish hamda pechning bekor turishlarini istisno qilish uchun barcha choralarni ko‘rishni talab etadi. Bu ko‘p jihatdan metall shixtasini tayyorlash, uni yetkazib berish va zavalga qilish (pechga tashlash)ni tashkil etish bilan belgilanadi, buning uchun esa zamonaviy uskunalar (shredorlar va h.k.) zarur. Shixtaning uyma zichligi kichik bo‘lganda, shixtani qayta (qo‘shimcha) tashlashlar sonini istisno qilish yoki kamaytirish maqsadida ishchi makon hajmi o‘zgaruvchan bo‘lgan YPEPdan (DSP) foydalanish mumkin [14].

YPEPda (DSP) po‘lat eritishda resurslarni tejash va samaradorlikni oshirishning boshqa bir yondashuvi — po‘lat eritishning oqilona (ratsional) energotexnologik rejimlarini ishlab chiqish va joriy etish hisoblanadi.

YPEPlarning oqilona rejimlarini tanlashga kompleks yondashuv amalga oshirildi, bunda pechning ish rejimlari elektr, issiqlik va texnologik rejimlarning majmuasi (yig‘indisi) sifatida qaraladi hamda ular alohida va o‘zaro majmuaviy tarzda optimallashtiriladi.

Ishlab chiqilgan va joriy etilgan oqilona (ratsional) energotexnologik rejimlarning xususiyatlari quyidagilardan iborat:

ISSN 3030-3907

- tok rejimini optimallashtirish hisobiga kiritilayotgan elektr quvvatini 5–7 % ga oshirish;

- gaz-kislorod mash'alining (fakelining) maksimal haroratini olish hisobiga metall shixtasini qizdirish samaradorligini oshirishni ta'minlaydigan, kislorod / tabiiy gaz nisbatini 2 : 1 qilib belgilash orqali zavalga va podvalgani (shixtani birlamchi va qayta tashlash bosqichlarini) eritish vaqtini qisqartirish;

- pechning ishchi makonidagi moslamalarning joylashuvi va issiqlik sharoitlarini ("issiq" va "sovuq" zonalar) hisobga olgan holda tabiiy gaz va kislorod sarfini belgilash;

- barcha gaz-kislorod moslamalarining avval gorelka (gorelka) rejimida, so'ngra esa kislorod injektori rejimida sinxron (birlashgan) ishlashi;

- metallning bug'lanishi hisobiga yo'qotilishini kamaytirish orqali tayyor mahsulot chiqishini oshirishni, kisloroddan yanada samarali foydalanishni, eritish jarayonida uglerodning bir tekis oksidlanishini va buning natijasi o'laroq, metallni yakuniy tozalash (dovodka) davrining yanada barqaror kechishini ta'minlaydigan, zavalga va podvalgalarni eritishga sarflanadigan kislorod miqdorining muvozanatlashgan (balanslashtirilgan) sarfi;

- chiquvchi gazlarni oxirigacha yoqish (dojiganiye) rejimidan foydalanish;

- zavalga va podvalgani batamom eritish (do-plavleniye) hamda metallni yakuniy tozalash (dovodka) davrida kislorod bilan jadal puflash;

- gaz-kislorod moslamasining soplariga (soplolariga) puflovchi havoni uzatish o'rniga, mash'al hosil qilish uchun tabiiy gazdan foydalanish;

- shlakni ko'pirtirish uchun uglerod saqlovchi materialni o'z vaqtida puflab kiritish.

YPEPning (DSP) oqilona energotexnologik ish rejimlarini joriy etish natijasida quyidagi ko'rsatkichlarga erishildi (3-jadval). Elektr energiyasi, kislorod va tabiiy gazning solishtirma sarfi qiymatlari bir tonna suyuq metallga nisbatan hisoblangan.

3-jadval

YPEPning (DSP) oqilona energotexnologik ish rejimlarini joriy etish natijalari

Obyekt	Tok ostidagi vaqt, min	Elektro energiya sarfi, kV*ts/t	Kislorod sarfi, m^3/t	Tabiiy gaz sarfi, m^3/t	Izoh

ISSN 3030-3907

YPEP(DSP)-30	Amaldagi rejim				-
	40	378	32,2	3,5	
	Oqilona(ratsional) rejim				
	36	372	30,0	3,5	
	Samaradorlik				
	4	6	2,2	-	
YPEP(DSP)-50	Amaldagi rejim				-
	44	409	34,1	5,7	
	Oqilona(ratsional) rejim				
	41,5	408	29,2	2,7	
	Samaradorlik				
	2,5	1	4,9	3,0	
	Metall kuyishining (ugarining) 1,1 % ga kamayishiga erishildi				

gaz-kislorod gorelkalari [ish vaqti] vaqtning 40–50 % igacha

3-jadval

Obyekt	Tok ostidagi vaqt, min	Elektro energiya sarfi, kV*ts/t	Kislorod sarfi, m^3/t	Tabiiy gaz sarfi, m^3/t	Izoh
YPEP(DSP)-100	Amaldagi rejim				Shixta tarkibida qattiq cho‘yan va qaynoq briketlangan temirdan foydalanish
	38	416	37,3	5,3	
	Oqilona(ratsional) rejim				
	36,5	408	36,7	4,3	
	Samaradorlik				
	1,5	8	0,6	1,0	
	Metall kuyishining (ugarining) 1 % ga kamayishiga erishildi				

ISSN 3030-3907

YPEP(DSP)-120	Amaldagi rejim (30 t skrap)				Shixta tarkibida 60 tonnagacha skrapdan foydalanish
	51	419	40,0	7,5	
	Oqilona(ratsional) rejim (30 t skrap)				
	48,5	417	39,5	5,7	
	Samaradorlik				
	2,5	2	0,5	1,8	
YPEP(DSP)-160	Amaldagi rejim				Shixta tarkibida qattiq cho‘yan va qaynoq briketlangan temirdan foydalanish
	42	441	42,2	6,1	
	Oqilona(ratsional) rejim				
	40	433	37,3	4,1	
	Samaradorlik				
	2	8	4,9	2,0	

Shunday qilib, zamonaviy YPEP (DSP) pechdan tashqari ishlov berish usullari bilan yakuniy tozalashga mo‘ljallangan yarimtayyor mahsulotni erituvchi agregat hisoblanadi. Pechga kiritiladigan quvvatning sezilarli qismi ekzotermik reaksiyalar issiqligiga, ya’ni metallning kislorodda yonishiga to‘g‘ri keladi.

Bunday sharoitda, tashkiliy tadbirlar (shixtani tayyorlash bu, ayniqsa, suv bilan sovitiladigan devor va gumbazlardan foydalanishda juda muhim, suv bilan sovitiladigan devor va gumbaz panellarini mahalliy korxonalarda ishlab chiqarish) hamda yuqorida keltirilgan texnik yechimlar hisobiga YPEPlardan (DSP) foydalanish samaradorligini oshirish zaxiralarini izlash zarur.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Кудрин, В.А. Теория и технология производства стали: учеб. для вузов / В.А. Кудрин. - М.: Мир: ООО «Издательство АСТ», 2003. - 528 с.
2. Еланский, Д.Г. Свет и тени российской развивающейся электрометаллургии / Д.Г. Еланский // Электрометаллургия. - 2007. - № 8. - С. 2-9.
3. Сосонкин, О.М. Водоохлаждаемый свод электродуговой печи / О.М. Сосонкин, ВА. Кудрин. - М.: Металлургия, 1985. - 144 с.
4. Сосонкин, О.М. Особенности теплообмена в дуговой сталеплавильной печи/О.М. Сосонкин, М.В. Шишимиров // Сталь. - 2004. - № 8. - С. 34-36.
6. О повышении эффективности производства стали в ДСП / В.А. Кудрин, В.А. Шишимиров, О.М. Сосонкин, М.В. Шишимиров // Электрометаллургия. - 2010. - № 10. - С. 24-29.

ISSN 3030-3907

7. Особенности тепловой работы электропечи ДСП-120 Consteel на Ашинском металлургическом заводе / В.Г. Евстратов, А.Д. Киселев, И.Ю. Зинуров и др. // Электрометаллургия. - 2012. - № 8. - С. 2-6.
8. Особенности материального и теплового балансов ДСП-180 ОАО «ММК» / В.А. Бигеев, А.В. Малофеев, А.В. Пантелеев и др. // Современные проблемы электрометаллургии стали: материалы XIII Междунар. конф. Ч. 2. - Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2007. - С. 207-211.
9. Сосонкин, О.М. Анализ факторов, влияющих на угар металла в дуговой сталеплавильной печи / О.М. Сосонкин, М.В. Шишимиров // Электрометаллургия. - 2002. - № 12. - С. 12-15.
10. Шишимиров, М.В. Снижение угара металла при плавке стали в дуговой сталеплавильной печи за счет уменьшения интенсивности испарения /М.В. Шишимиров, А.П. Крюков, О.М. Сосонкин // Материалы 2-й международной научно-практической конференции «Автоматизированные печные агрегаты и энергосберегающие технологии в металлургии». - М., 2002. - С. 350-352.
11. Исследование возможности повышения производительности дуговой сталеплавильной печи за счет рациональной продувки металла кислородом /М.В. Шишимиров, М.П. Галкин, В.И. Савченко и др. // Сталь. - 2006. - № 1. - С. 31-32.
12. Пат. 2309182 Российская Федерация. Способ выплавки стали в дуговой сталеплавильной печи и устройство для его осуществления / О.М. Сосонкин, С.И. Герцык, М.В. Шишимиров //Б.И. - 2007. - № 30.
13. Пат. 2364631 Российская Федерация. Способ выплавки стали в дуговой сталеплавильной печи и устройство для его осуществления / О.М. Сосонкин, С.И. Герцык, М.В. Шишимиров //Б.И. - 2009. - № 23.
14. Пат. 2343205 Российская Федерация. Способ выплавки стали в дуговой сталеплавильной печи и устройство для его осуществления / О.М. Сосонкин, С.И. Герцык, М.В. Шишимиров // Б.И. - 2009. - № 1.
15. А.с. 287238 СССР. Электродуговая сталеплавильная печь / А.И. Ващенко, В.А. Кудрин, М.Ф. Сидоренко, О.М. Сосонкин //Б.И. -1970. - № 35.

ISSN 3030-3907