

AYLANMA QUVURLI PECHDA DISPERS METALL CHIQINDILARNI QAYTA ISHLASH JARAYONIDA GAZ OQIMI AERODINAMIKASI VA ISSIQLIK ALMASHINUVI XUSUSIYATLARINI TADQIQ ETISH

Egamberdiyev Baxtiyor Barat o'g'li

Qarshi davlat texnika universiteti, assistent.

Email: egamberdiyevbaxtiyor885@gmail.com

Annotatsiya: Ushbu maqolada metallurgiya va mashinasozlik sanoatida hosil bo'ladigan dispers chiqindilarni qayta ishlashning yangi texnologik yondashuvi tahlil qilinadi. Aylanma quvurli pech (AQP) asosida ishlab chiqilgan tizimda gazlarning halqasimon harakati va material zarrachalarining uzluksiz vintsimon aralashuvi issiqlik almashinuvi va qaytarilish jarayonlarini sezilarli darajada tezlashtiradi. Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatadiki, gaz oqimining aylanish tezligi chiziqli ilgarilanma tezligidan 5–8 marta yuqori bo'lib, bu holat gazning ishchi fazoda bo'lish vaqtini oshiradi hamda issiqlik uzatish samaradorligini kuchaytiradi.

Kalit so'zlar: aylanma quvurli pech, gaz oqimi, issiqlik almashinuvi, dispers zarrachalar, modellashtirish, metall chiqindilar.

So'nggi yillarda yuqori sifatli shixta materiallariga bo'lgan talab ortib borayotgan, ularning bozordagi narxi esa sezilarli darajada oshayotgan sharoitda, temir tarkibli dispers chiqindilarni qayta ishlash masalasi alohida ahamiyat kasb etmoqda. Metallurgiya va mashinasozlik tarmoqlarida hosil bo'ladigan qirindi, qipiq, aspiratsiya va abraziv changlar, loyqalar singari chiqindilar hajmi bugungi kunda ruda qazib olish ko'lamiga tenglashib, atrof-muhit uchun jiddiy ekologik xavf tug'dirmoqda.

An'anaviy quymakorlik va metallurgiya pechlari dispers holatdagi materiallarni eritish uchun moslashtirilmaganligi sababli, mavjud qayta ishlash texnologiyalari odatda chiqindilarni dastlabki aglomeratsiyalashni, ya'ni briketlash, sharlash yoki presslash jarayonlarini talab qiladi. Biroq, hatto po'lat va cho'yan qirindilarini briketlash orqali ham zichligi va mexanik barqarorligi bo'yicha to'liq zaryadlash materialiga teng bo'lgan mahsulotni olishning imkoni yo'q.

Metall chiqindilarni qayta ishlashdan avval ularning ko'p bosqichli dastlabki tayyorlov jarayoni amalga oshiriladi, bu esa umumiy tannarxning katta qismini tashkil etadi. Shu bois, yangi yondashuv sifatida kam tonnajli, moslashuvchan texnologiyalarni qo'llash maqsadga muvofiqdir. Bunday tizimlar turli tarkibdagi metall chiqindilarni ularning dastlabki holatida, qo'shimcha donadorlashtirishsiz qayta ishlash imkonini beradi. Natijada yuqori sifatli shixta materiallari yoki metall qotishmalari olinadi. Ushbu jarayon aylanma qiya pechlarda amalga oshiriladi; ularning konstruktsiyasi boshqariladigan gaz oqimi yo'nalishi va qiya aylanish o'qi

bilan ajralib turadi. Bunday pechlar an'anaviy to'g'ri oqimli barabanli qurilmalarga nisbatan yuqoriroq qizdirish tezligi va kamroq chang yo'qotilishini ta'minlaydi.

Taqdim etilgan texnologiya material zarrachalarini individual qayta ishlash tamoyiliga asoslangan bo'lib, bu yondashuv fizik va kimyoviy jarayonlarning kechish tezligini sezilarli darajada oshiradi. Qayta ishlanayotgan zarrachalarning o'lchami, odatda, 1–3 mm dan oshmaydi. Bunday mayda dispers struktura materialga rivojlangan reaksiya yuzasi va yuqori darajadagi g'ovaklik beradi.

Ushbu morfologik xususiyatlar issiqlik almashinuvi, qaytarilish (reduksiya) va eritish jarayonlarini an'anaviy texnologiyalarga nisbatan bir necha baravar tezroq amalga oshirish imkonini yaratadi. Zarrachalarning kichik o'lchami ularning ichki tuzilmasida reaksiya yuzaning ko'pligini ta'minlab, issiqlik va massa almashinuv jarayonlarining intensivligini oshiradi. Natijada, energiya sarfi kamayadi, qayta ishlash jarayoni esa yuqori samaradorlik bilan kechadi.

Mazkur texnologiya yirik hajmdagi chiqindilarni qayta ishlashda ham qo'llanilishi mumkin bo'lib, metall hosil bo'lishi va eritma hosil bo'lish bosqichlarida optimal parametrlarni ta'minlaydi. Shu orqali energiya tejamliligi, ekologik xavfsizlik va mahsulot sifati o'rtasida muvozanatga erishiladi.

Aylanma quvrli pech dispers materiallar harakati va gaz oqimining xususiyatlari

Bugungi kunda texnogen metall chiqindilarining qariyb 60 foizdan ortig'i tarqoq holatdagi materiallardan — qirindi, shlak, loyqa, abraziv va aspiratsion chang kabi dispers komponentlardan iborat. Zich lom bo'laklari esa an'anaviy ravishda qimmatli zaryad materiali sifatida foydalanilib kelinadi va ularni qayta ishlash texnologik jihatdan murakkablik tug'dirmaydi. Shu bilan birga, tarqoq metall chiqindilarini, ayniqsa oksidli va ko'p tarkibli materiallarni eritish masalasi ancha murakkab bo'lib, hozirgi kunga qadar bunday jarayon uchun to'liq ishlab chiqilgan universal texnologiya mavjud emas.

Dispers holatdagi materiallarni bevosita eritishga urinish, jumladan, ularning eng qimmatli qismini tashkil etuvchi po'lat yoki cho'yan qirindilarini to'g'ridan-to'g'ri vagranka yoki elektr pechlarda eritish, ko'pincha katta yo'qotishlarga olib keladi. Bunday holatda 50 foizgacha metall bug'lanib uchib ketadi yoki tutun shaklida chiqindi holatiga o'tadi.

Qirindilarni sovuq holda briketlash esa yuqori sifatli shixta materialini olish imkonini bermaydi. Yuqori sifatli briketlar faqatgina oldindan tozalash, saralash, bog'lovchi hamda qaytaruvchi moddalar qo'shish, keyin esa yuqori haroratda qizdirish va katta solishtirma bosim ostida presslash natijasida olinadi. Biroq, hatto bunday sharoitda ham briketlarning zichligi va mexanik mustahkamligi zich lom bo'laklariga teng kelmaydi. Aksincha, ularni ishlab chiqarish jarayoni iqtisodiy jihatdan qimmatga tushadi, bu esa texnologik jihatdan ularning keng miqyosda qo'llanilishini cheklaydi.

Ma'lumki, issiqlik va massa almashinuvi jarayonlarining tezlashishi, avvalo, gazsimon qaytaruvchi moddalarning (CO va H_2) zarracha ichki tuzilmasiga chuqur kirib borishi bilan bog'liq. Bu holat dispers g'ovakli materiallarga ishlov berishda reaksiya yuzasining kengayishiga olib keladi va natijada to'g'ridan-to'g'ri qaytarish jarayonining samaradorligi ortadi. Bunday effektni yuzaga keltirish uchun zarrachalar qatlamini issiqlik tashuvchi va qaytaruvchi gaz oqimi bilan intensiv yuvish talab etiladi.

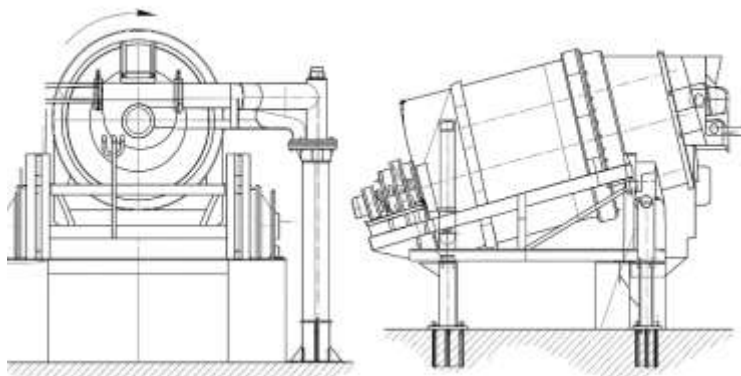
Ushbu jarayonni "qaynayotgan qatlam" tipidagi qurilmalarda yoki bir xil o'lchamli (mono-dispers) materiallar uchun pnevmatik oqim tizimlarida amalga oshirish mumkin. Ammo tarkibi va o'lchami jihatidan turlicha (poli-dispers) metall chiqindilar uchun samarali massa almashinuvni faqat materialning o'zini mexanik aralashtirish orqali tashkil etish mumkin. Bunday sharoitga eng samarali tarzda aylanuvchi barabanli pechlar — ya'ni qisqa barabanli eritish agregatlari yordamida erishiladi.

Shunga qaramay, to'g'ridan-to'g'ri o'tuvchi barabanli pechlarda gaz-issiqlik tashuvchining tezligi cheklangan bo'lib, u material zarrachalarining uchish tezligidan (odatda 3–5 m/s) oshmasligi kerak. Bu esa issiqlik uzatish koeffitsiyentining yuqori qiymatlariga erishish imkonini bermaydi, chunki $\alpha = f(\text{Re}, \text{Nu}, \text{Pr})$ bog'lanishiga ko'ra, Reynolds, Nusselt va Prandtl sonlari bilan ifodalanuvchi issiqlik almashinuvi jarayoni cheklangan bo'ladi. Natijada, bunday pechlarning issiqlik samaradorligi odatda 10–15% dan oshmaydi.

Aylanma pechlarda issiqlik samaradorligini oshirish maqsadida ularning konstruktiv uzunligini oshirish tendensiyasi mavjud (40–160 metr va undan ortiq, masalan, quvurli pechlar). Bunday yechim issiqlik balansini yaxshilaydi, biroq chiqindilarni eritish uchun bu tizimlar yaroqsiz, chunki jarayonni boshqarish qiyinlashadi va eritish barqarorligini ta'minlash mushkul bo'ladi.

So'nggi yillarda ishlab chiqarish jarayonlariga joriy etilayotgan gazlarning halqasimon harakatiga ega aylanma quvrli pechlar dispers holatdagi metall materiallarni qayta ishlashda mutlaqo yangi texnologik imkoniyatlarni taqdim etmoqda (1-rasm). Ushbu pechlarning asosiy xususiyati shundan iboratki, ularning ichida gaz oqimi halqasimon yo'nalishda harakatlanadi va bu zarrachalarning spiral trajektoriya bo'ylab bir tekisda harakatlanishini ta'minlaydi. Bunday aerodinamik tuzilma issiqlik va massa almashinuv jarayonlarini bir necha baravar tezlashtiradi, chunki zarrachalar doimiy ravishda gaz oqimi bilan o'zaro ta'sirda bo'ladi. Natijada, materialning bir tekis

qizdirilishi, qaytarish reaksiyalarining chuqurlashuvi hamda eritish jarayonining umumiy samaradorligi sezilarli darajada oshadi.



1-rasm. “Texnolit” unitar korxonasi tomonidan ishlab chiqarilgan, gazlarning halqasimon harakati bilan ta’minlangan AQPning umumiy ko‘rinishi

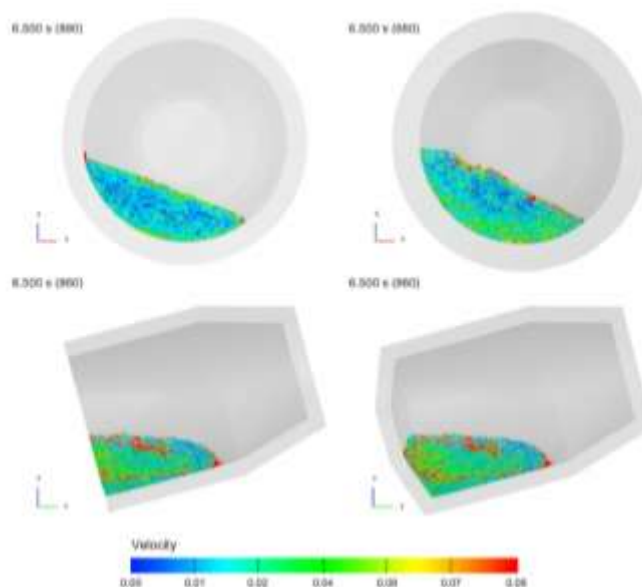
Gaz oqimining halqasimon harakatlanishi pech ichidagi harorat maydonini barqarorlashtirib, lokal qizib ketish xavfini kamaytiradi va energiya resurslaridan yanada tejamkor foydalanish imkonini beradi. Shu sababli, AQP turidagi pechlar hozirgi vaqtda tarqoq metall chiqindilarni qayta ishlashning eng istiqbolli uskunalaridan biri sifatida e’tirof etilmoqda.

AQP tipidagi pechlarda gazlarning izotermik bo‘lmagan oqimi, harorat maydonlari va issiqlik almashinuvi intensivligi to‘liq masshtabli qurilmalar hamda kompyuter simulyatsiyasi asosida o‘rganildi. Tadqiqotlar natijasida bunday pechlardagi gaz oqimlarining murakkab aylanma xarakterga ega ekani aniqlandi.

Aniqlanishicha, gaz oqimining aylanish tezligi uning chiziqli ilgarilanma tezligidan 5–8 marta yuqori bo‘lib, bu holat gazning ishchi fazoda bo‘lish vaqtini uzaytiradi va issiqlik uzatish samaradorligini oshiradi. Shu bilan birga, dispersli va ultradispersli zarrachalarning yo‘qotilishi kamayadi.

Tadqiqot natijalaridan ko'rinadiki, gaz oqimining aerodinamikasi va uning material bilan o'zaro ta'siri gurellalarning joylashuvi, ularning soni, hujum burchagi hamda qatlam konfiguratsiyasiga bevosita bog'liqdir. Shuningdek, ma'lum sharoitlarda gaz oqimining aylanish yo'nalishini o'zgartirish mumkinligi qayd etildi. Bu omillar pech ichidagi issiqlik almashinuvi jarayonining intensivligi va samaradorligini belgilovchi asosiy parametrlar sifatida qaraladi.

2 – rasm. AQP qurilmasidagi material qatlamida tarqalgan zarrachalar tezligining taqsimlanishi: pech 5 ayl/min tezlikda aylanayotganda;



An'anaviy turdagi qurilmalardan farqli o'laroq, AQP tipidagi pechlarda qo'zg'almas qatlam yoki yirik bo'lakli materiallar bilan ishlash o'rniga, material uzluksiz vintsimon ilgarilanma-qaytma harakat qiladi. Bunday harakat jarayonida material zarralari faol aralashadi va yuqori tezlikda harakatlanuvchi turbulent gaz oqimi bilan doimiy o'zaro ta'sirga kirishadi. Natijada, pechning ishchi hajmida gaz va qattiq zarrachalarning halqasimon aylanishi kuzatiladi.

Material qatlamining doimiy yangilanib turishi va intensiv aralashtirilishi issiqlik almashinuvi jarayonini sezilarli darajada tezlashtiradi. Shu bilan birga, yuqori tezlikli oqimning tozalovchi ta'siri issiqlik uzatish samaradorligini oshiradi hamda qatlam ichida haroratning bir tekis taqsimlanishini ta'minlaydi.

AQP jarayonida ishlatiladigan zarrachalarning kichik o'lchamlari — taxminan $3 \cdot 10^{-2}$ dan $1 \cdot 10^{-4}$ m gacha — issiqlik uzatish jarayonining intensivligiga bevosita ta'sir ko'rsatadi. Bundan tashqari, oksid zarrachalarining g'ovak va mikrog'ovak tuzilishi (0,05–1,0 mkm gacha) ularning ichki yuzasida faol issiqlik va massa almashinishni kuchaytiradi. Shu sababli, dispers zarrachalardan tashkil topgan qatlamning umumiy reaksiya yuzasi ancha katta bo'ladi. Masalan, qipiqsimon material uchun reaksiya yuzasi 0,5–2,5 m²/g oralig'ida bo'lishi aniqlangan. Bu omil issiqlik o'tkazish tezligini

oshirib, AQP pechlarida materiallarni qayta ishlash samaradorligini an'anaviy usullarga nisbatan yuqori darajaga ko'taradi.

XULOSA

O'tkazilgan tadqiqotlar natijalari shuni ko'rsatadiki, aylanma quvurli pech (AQP) asosida ishlab chiqilgan texnologiya dispers metall chiqindilarni qayta ishlashda yuqori samaradorlikni ta'minlaydi. Gaz oqimining halqasimon harakati va material zarrachalarining uzluksiz vintsimon aralashuvi pechning ishchi hajmida bir tekis harorat maydonini shakllantiradi hamda issiqlik almashinuvi jarayonlarini sezilarli darajada tezlashtiradi. Tajriba va kompyuter modellashtirish natijalariga ko'ra, gaz oqimining aylanish tezligi chiziqli ilgarilanma tezligidan bir necha marta yuqori bo'lib, bu holat gazning ishchi fazoda bo'lish vaqtini uzaytiradi, energiya sarfini kamaytiradi va metall hosil bo'lish jarayonining termodinamik barqarorligini ta'minlaydi. Shuningdek, zarrachalarning kichik o'lchamlari hamda ularning g'ovak tuzilishi issiqlik va massa almashinuvi intensivligini oshirib, materialning tez va to'liq qaytarilishiga imkon yaratadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. **С.Л. Ровин, А.С. Калинин, Л.Е. Ровин.** «Recycling of Dispersed Metal Wastes in Rotary Furnaces» // *Journal of Casting & Materials Engineering*, Vol. 3, No. 2, 2019, pp. 43–49.
2. Abdisamiyevich, S. A., Mamarasulovich, R. Z. U. B., & Rasul o'g'li, X. S. (2025). RUDADAN GLINOZYOMNI AJRATIB OLISH. *INTELLECTUAL EDUCATION TECHNOLOGICAL SOLUTIONS AND INNOVATIVE DIGITAL TOOLS*, 3(34), 4-7.
3. Абдисамиевич С.А., Мамарасулович Р.У., Азаматугли К.О. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ГЛИНОЗЕМИЯ ИЗ МЕСТНОГО СЫРЬЯ // *Sanoatda raqamli texnologiyalar/Цифровые технологии в промышленности.* – 2025. – Т. 3. – №. 2. – С. 105-111.
4. O'G'Li T. S. S., Mamarasulovich R. Z. U. B., O'G'Li E. U. X. KALSIY TARKIBLI QO 'SHIMCHALAR TARKIBIDAGI ALYUMOGETIT VA BOKSITDAN GLINOZEMNI AJRATIB OLISH // *Строительство и образование.* – 2024. – Т. 3. – С. 203-210.
5. Mamarasulovich, R. U. (2025). INFLUENCE OF ULTRASOUND ON NITRIC ACID LEACHING OF ALUMINA FROM KAOLIN CLAYS. *Лучшие интеллектуальные исследования*, 46(5), 338-348.
6. Mamarasulovich, R. U. (2025). INFLUENCE OF ULTRASOUND ON NITRIC ACID LEACHING OF ALUMINA FROM KAOLIN CLAYS. *Лучшие интеллектуальные исследования*, 46(5), 338-348.
7. Khojakulov, A., Ruziyev, U., Boymurodov, N., Shernazarov, I., Mashaev, E., & Shoyimova, K. (2024). Research and determination of parameters for extracting valuable components from technological waste. In *BIO Web of Conferences* (Vol. 149, p. 01049). EDP Sciences.