UDK: 662.74:666.1.

Andijon davlat tibbiyot instituti

Xusanov U.Sh. — kimyo fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD), dotsent

BAZALT MINERAL PAXTA ISHLAB CHIQARISHDA KOKS XOKASIDAN IKKILAMCHI YOQILG‘I SIFATIDA FOYDALANISHNING FIZIK-KIMYOVIY VA TEXNOLOGIK ASOSLARI

Annotatsiya. Maqolada bazalt mineral paxta ishlab chiqarishning vagranka pechida ishlatiladigan koksni tashish va saralash jarayonida hosil bo‘ladigan mayda fraksiyalarni briketlash orqali qayta ishlatish istiqbollari ko‘rib chiqilgan. Koks xokasining dastlabki namlik va yonish issiqligi ko‘rsatkichlari asosida yoqilg‘i resursining texnologik ahamiyati baholangan. Fenol-formaldegid smolasi asosidagi bog‘lovchi bilan briketlash uchun zarur nazorat parametrlarining tizimli sxemasi taklif etilgan. Shuningdek, mavjud xomashyo zaxirasi bo‘yicha shartli iqtisodiy ssenariy ishlab chiqilib, iqtisodiy natijani real tajriba va ishlab chiqarish sinovlari bilan tasdiqlash zarurligi asoslangan. Ish dastlabki tavsiflash va texnologik loyihalash bosqichiga mansub bo‘lib, tayyor briketning vagrankadagi samaradorligi hali isbotlangan deb qaralmaydi.

Kalit so‘zlar: koks xokasi, briketlash, fenol-formaldegid smolasi, vagranka pechi, bazalt mineral paxta, resurs tejamkorlik, yoqilg‘i samaradorligi.

PHYSICOCHEMICAL AND TECHNOLOGICAL BASIS FOR REUSING COKE BREEZE AS SECONDARY FUEL IN BASALT MINERAL WOOL PRODUCTION

Andijan state medical institute

Khusanov U.Sh. — PhD in Chemistry, Associate Professor.

Abstract. This paper examines the potential reuse of coke breeze generated during handling and screening of coke used in cupola furnaces for basalt mineral

wool production. Preliminary moisture and calorific-value data are discussed as indicators of fuel potential. A framework for phenol–formaldehyde resin briquetting is proposed, emphasizing mechanical integrity, permeability, thermal behavior and emissions control. An illustrative economic scenario is presented without claiming verified savings. The study is limited to preliminary characterization and process design; actual briquette performance requires laboratory validation and industrial trials.

Keywords: coke breeze, briquetting, phenol–formaldehyde resin, cupola furnace, basalt mineral wool, resource efficiency, fuel utilization.

KIRISH

Mineral paxta ishlab chiqarish sanoatida xomashyoni eritish bosqichi energiya sarfi yuqori bo‘lgan texnologik jarayonlardan biridir. Bazalt, ohaktosh va boshqa mineral komponentlarni eritishda ishlatiladigan vagranka pechi issiqlik balansining muhim qismi qattiq yoqilg‘i — koks bilan ta’minlanadi. Yoqilg‘ining yirik fraksiyalari pech shaxtasida gaz oqimining o‘tishi, qatlamning mexanik barqarorligi va issiqlik almashinuvi uchun zarur. Shu sababli koksni faqat kimyoviy tarkibi yoki yonish issiqligi bo‘yicha baholash yetarli emas: uning bo‘lak o‘lchami, mustahkamligi va gaz o‘tkazuvchanlikka ta’siri ham hal qiluvchi ahamiyat kasb etadi.

Koksni uzoq masofaga tashish, qayta yuklash, omborlash va ishlab chiqarishga uzatish jarayonlarida mexanik yemirilish tufayli mayda fraksiyalar paydo bo‘ladi. Ularni yirik koks bilan bir xil rejimda pechga yuklash gaz oqimiga qarshilikni oshirishi, chang olib chiqilishini kuchaytirishi va qatlamning notekis ishlashiga olib kelishi mumkin. Shu bois koks xokasini qayta ishlash masalasi oddiy chiqindi utilizatsiyasi emas, balki pechning issiqlik va aerodinamik rejimlari bilan uzviy bog‘langan muhandislik vazifasidir.

Mayda dispersli uglerodli materiallarni briketlash ularni ma’lum shakl va mexanik xossalarga ega bo‘lgan mahsulotga aylantirish imkonini beradi. Ammo har qanday briket pechda yirik koksning to‘liq o‘rnini bosa olmaydi. Briket namlik ta’sirida parchalanmasligi, tashish vaqtida changlanmasligi, qizdirilganda keskin yemirilmasligi va pech shaxtasida yetarli bo‘shliqni saqlashi kerak. Bog‘lovchining kimyoviy tabiati esa issiqlik ta’siridagi parchalanish mahsulotlari, qoldiq kul va emissiyalar bilan bog‘liq yangi cheklovlarni keltirib chiqaradi.

Fenol-formaldegid smolalarining ayrim turlari uglerodli zarrachalarni bog‘lash va termik ishlovdan so‘ng uglerodli qoldiq hosil qilish xususiyati bilan qiziqish uyg‘otadi. Shunga qaramay, fenol-formaldegid asosidagi bog‘lovchining past haroratda mustahkamlik berishi yuqori haroratli vagranka sharoitida tayyor briketning yaxlitligini kafolatlamaydi. Bog‘lovchi parchalanishi, uchuvchan mahsulotlar ajralishi va qoldiq strukturaning mustahkamligi alohida o‘rganilishi shart.

Ushbu maqolaning maqsadi — bazalt mineral paxta ishlab chiqarishda hosil bo‘ladigan koks xokasining dastlabki fizik-kimyoviy ko‘rsatkichlari asosida uni briketlashning ilmiy-texnologik shartlarini aniqlash va keyingi eksperimental tadqiqotlar uchun tekshiriladigan mezonlarni ishlab chiqish. Tadqiqot vazifalari koks xokasining boshlang‘ich holatini tavsiflash, bog‘lovchi tanlashdagi muammolarni ko‘rsatish, briket sifatini baholash dasturini shakllantirish hamda iqtisodiy samaradorlikning hisoblash modelini taklif etishdan iborat.

MATERIALLAR VA TADQIQOT YONDASHUVI

Tadqiqot obyekti sifatida bazalt mineral issiqlik izolyatsiya materiallari ishlab chiqarish texnologiyasida qo‘llanadigan koksni tashish va ishlov berish jarayonlarida hosil bo‘lgan mayda fraksiyali koks xokasi qaraladi. Mavjud dastlabki laboratoriya ma’lumotlariga ko‘ra, namuna namligi 1,17%, yonish issiqligi esa 6530 kkal/kg bo‘lgan. Yonish issiqligi kalorimetrik usulda, namlik esa ST-100A turidagi tezkor

namlik analizatorida aniqlangani qayd etilgan. Tahlil uchun namuna maydalangan va 0,08 mm elakdan o‘tkazilgan. Ushbu qiymatlar mualliflar taqdim etgan dastlabki kuzatuvlardir; ularning takroriy o‘lchovlari, standart og‘ishi va o‘lchash noaniqligi mavjud ma’lumotlarda ko‘rsatilmagan.

Kalorifik ko‘rsatkichni SI birliklarida ifodalash uchun 1 kkal = 4,184 kJ konversiyasi qo‘llanadi. Shunga ko‘ra 6530 kkal/kg taxminan 27,32 MJ/kg ga teng. Ushbu sonning yuqori yoki quyi yonish issiqligiga tegishliligi laboratoriya protokolida aniqlashtirilishi kerak; mazkur maqolada u shunchaki berilgan kalorimetrik natijaning birliklararo qayta hisobidir.

Briketlash uchun bog‘lovchi sifatida fenol-formaldegid smolasining rezol tipidagi tizimlari ilmiy jihatdan ko‘rib chiqiladi. Dastlabki ishlab chiqarish sinovida 1000 kg koks xokasiga 200 kg smola qo‘shish varianti tilga olingan. Bu 20% bog‘lovchi/koks massa nisbati yoki umumiy ho‘l aralashma massasiga nisbatan 16,7% bog‘lovchi ulushiga mos keladi. Biroq smolaning quruq modda miqdori va suv ulushi aniqlanmaganligi sababli mazkur nisbatni quruq bog‘lovchi sarfi sifatida talqin qilib bo‘lmaydi. Ushbu kompozitsiya optimal deb tasdiqlanmagan; u keyingi tajribalar uchun dastlabki solishtirish nuqtasi bo‘lishi mumkin.

Briketlash jarayonini asoslashda zarracha o‘lchamlari taqsimoti, bog‘lovchining qovushqoqligi va quruq qoldig‘i, aralashtirishning bir xilligi, presslash bosimi, ushlab turish davomiyligi, quritish yoki qotirish rejimi kabi omillarni birgalikda hisobga olish zarur. Ularning aniq qiymatlarini tajriba natijalarisiz qat’iy me’yor sifatida keltirish ilmiy jihatdan noto‘g‘ri bo‘ladi. Shu sababli ushbu maqolada ular o‘lchanishi va optimallashtirilishi kerak bo‘lgan omillar sifatida tavsiflanadi.

Taklif etilayotgan tadqiqot dizayni bosqichma-bosqich yondashuvga asoslanadi. Birinchi bosqichda koks xokasining namligi, kul miqdori, uchuvchan moddalari, granulometrik tarkibi va yonish issiqligi o‘lchanadi. Ikkinchi bosqichda

bog‘lovchi sarfi va presslash sharoitlari bo‘yicha tajriba seriyalari shakllantiriladi. Uchinchi bosqichda tayyor briketlarning zichligi, siqilishdagi mustahkamligi, zarbaga va ishqalanishga chidamliligi, suv ta’siridagi barqarorligi va termik parchalanishi baholanadi. To‘rtinchi bosqichda laboratoriya natijalari ijobiy bo‘lsa, nazorat qilinadigan sanoat sinovi o‘tkaziladi.

Statistik ishonchlilik uchun har bir tajriba sharoitida mustaqil tayyorlangan namunalar va takroriy o‘lchovlar zarur. Natijalar o‘rtacha qiymat, standart og‘ish va zarur bo‘lsa ishonch oralig‘i bilan ifodalanishi lozim. Biroq hozircha bunday seriyalar bo‘yicha sonli natijalar taqdim etilmaganligi sababli maqolada ularning mavjudligi da’vo qilinmaydi.

1-jadval. Koks xokasining mavjud dastlabki ko‘rsatkichlari

Ko‘rsatkich	Qiymat	Izoh
Namlik	1,17%	Dastlabki o‘lchov; takrorlar soni noma’lum
Yonish issiqligi	6530 kkal/kg	Kalorimetrik natija; yuqori/quyi turi aniqlashtiriladi
SI birlikdagi ekvivalenti	≈27,32 MJ/kg	6530 × 4,184 / 1000
Tahlilga tayyorlash	0,08 mm elak	Laboratoriya namunasini tayyorlash
Kul va uchuvchan moddalar	Ma’lumot yo‘q	Qo‘shimcha tahlil talab etiladi

NATIJALAR VA ULARNING ILMIY MUHOKAMASI

Dastlabki o‘lchovda aniqlangan 1,17% namlik koks xokasining tekshirilgan paytdagi nisbatan quruq holatini ifodalaydi. Biroq namlikning pastligi o‘z-o‘zidan briketlash uchun optimal holatni anglatmaydi. Ayrim bog‘lovchi tizimlarida suv zarrachalar sirtiga taqsimlanish va qotish jarayoniga ta’sir etadi; boshqa sharoitlarda ortiqcha suv zichlashishni qiyinlashtiradi. Demak, briketlashdan oldingi namlik bilan tayyor briketning mustahkamligi orasidagi bog‘lanish tajribaviy aniqlanishi lozim.

Yonish issiqligining 6530 kkal/kg qiymati koks xokasida energiya resursi mavjudligini ko‘rsatadi. Shu bilan birga, energiya zichligi pechga mos yoqilg‘i yaratish uchun yetarli mezon emas. Bir xil issiqlik qiymatiga ega ikki turdagi yoqilg‘i zarracha kattaligi, reaktivligi, kulning erish xususiyati va gaz oqimiga qarshiligi

bo‘yicha keskin farqlanishi mumkin. Shu sababli briketni pechga tatbiq etishda faqat laboratoriya kalorimetriyasiga tayanish mumkin emas.

Mayda fraksiyalarni yiriklashtirish natijasida materialning geometrik o‘lchami o‘zgaradi, biroq ichki g‘ovaklik, tashqi shakl va zichlik bir-biriga zid ta’sir ko‘rsatishi mumkin. Juda zich briket tashishga bardoshli bo‘lishi mumkin, ammo gaz bilan kontakt yuzasi va reaksion tezligi kamayishi ehtimoli bor. Aksincha, haddan tashqari g‘ovak briket tez reaksiyaga kirishishi, lekin mexanik yuklanishda yemirilishi mumkin. Shuning uchun maqsad bitta maksimal ko‘rsatkichga erishish emas, balki mexanik barqarorlik va termokimyoviy xususiyatlar o‘rtasidagi muvozanatni topishdir.

Fenol-formaldegid bog‘lovchisining afzalligi zarrachalararo bog‘lanishni kuchaytirish imkoniyati bilan bog‘liq. Biroq smolaning kimyoviy turi, qotish darajasi, tarkibidagi erkin fenol va formaldegid miqdori, namlik hamda boshqa modifikatorlar yakuniy xossalarga ta’sir qiladi. Ayniqsa, vagranka kabi yuqori haroratli qurilmada smolaning organik qismi parchalanadi. Shu sababli briketning '1500°C gacha chidamliligi' kabi ifodalar termik sinov natijasisiz ishlatilmasligi kerak; muhim mezon qizdirish davomida yetarli struktura va qatlam o‘tkazuvchanligini saqlashdir.

Termik barqarorlikni baholashda termogravimetrik tahlil, bosqichma-bosqich qizdirish va qizdirilgandan keyingi mexanik sinovlar o‘zaro to‘ldiruvchi usullardir. Termogravimetrik egri chiziq massa yo‘qotilishining haroratga bog‘liqligini beradi, lekin u sanoat pechida briketning mexanik butunligini to‘liq tavsiflamaydi. Shu bois termik tahlil natijalarini haqiqiy yuklanish sharoitidagi sinovlar bilan birga baholash zarur.

Bog‘lovchining ko‘payishi bilan briketning dastlabki mustahkamligi ortishi mumkin, ammo bu yoqilg‘ining sof energetik ulushini kamaytirishi, xarajatlarni oshirishi va qo‘shimcha emissiya xavfini keltirib chiqarishi mumkin. Shu sababli 200

kg/t kabi dastlabki sarfni iqtisodiy jihatdan ma’qul yoki texnologik optimal deb e’lon qilish mumkin emas. Bog‘lovchining quruq modda bo‘yicha aniq sarfi va bir birlik tayyor briketga to‘g‘ri keladigan energiya hamda xarajatlar birgalikda hisoblanishi kerak.

Vagranka pechida yoqilg‘i sifatini baholashda gaz o‘tkazuvchanlik alohida o‘rin tutadi. Shaxta qatlamining haddan tashqari zichlashuvi havo oqimining notekis taqsimlanishiga, ayrim zonalarda yetarli oksidlanmaslikka va jarayonning beqarorlashishiga olib kelishi mumkin. Briketning shakli va o‘lchami, maydalanishga moyilligi hamda yuklashdagi deformatsiyasi pechning gidravlik qarshiligiga ta’sir etishi ehtimoli bor. Ushbu ta’sir laboratoriya kolonnasi yoki kichik miqyosdagi qatlam sinovlari bilan tekshirilishi maqsadga muvofiq.

Briketlarning sanoat sinovi bosqichida bazalt eritmasining harorati, tarkib barqarorligi, eritish unumdorligi, koksning solishtirma sarfi, chang ajralishi va chiqindi gazlar tarkibi monitoring qilinishi kerak. Nazorat davri bilan tajriba davrida mineral xomashyo tarkibi, havo sarfi va yuklama imkon qadar bir xil bo‘lishi talab etiladi. Aks holda kuzatilgan o‘zgarishlarni aynan briket yoqilg‘isining ta’siri bilan bog‘lash qiyinlashadi.

Fenol-formaldegid smolasidan foydalanish mehnat muhofazasi va ekologik xavfsizlik nuqtayi nazaridan ham tekshiruvni talab qiladi. Aralashtirish va qotirish bosqichida uchuvchan organik moddalar ajralishi mumkin; termik parchalanish bosqichida esa gazsimon mahsulotlar tarkibi bog‘lovchi formulasi va yonish sharoitiga bog‘liq bo‘ladi. Shuning uchun shamollatish, mahalliy aspiratsiya, tegishli shaxsiy himoya vositalari va chiqindi gazlarni nazorat qilish texnologik loyihaning ajralmas qismi bo‘lishi kerak.

Resurs tejamkorlik nuqtayi nazaridan koks xokasini briketlashning muhim jihati avval foydalanilmayotgan uglerodli materialni qayta ishlab chiqarish sikliga qaytarish imkoniyatidir. Biroq resursning qayta ishlatilishi avtomatik ravishda

ekologik foyda degani emas. Briket ishlab chiqarish uchun elektr energiyasi, bog‘lovchi, quritish issiqligi va tashish resurslari sarflanadi. To‘liq baholashda ushbu qo‘shimcha sarflar bilan yirik koks xaridining kamayishi va chiqindini boshqarish xarajatlari solishtirilishi zarur.

2-jadval. Taklif etilayotgan tadqiqot dasturida nazorat qilinadigan parametrlar

Bosqich	Nazorat ko‘rsatkichi	Ilmiy vazifasi
Xomashyo	Namlik, kul, granulometriya, yonish issiqligi	Boshlang‘ich sifat va o‘zgaruvchanlik
Briketlash	Bog‘lovchi ulushi, bosim, qotirish rejimi	Struktura hosil bo‘lishini baholash
Mexanik sinov	Siqilish, ishqalanish, zarba, suvga chidamlilik	Tashish va yuklashdagi barqarorlik
Termik sinov	Massa yo‘qotish, qoldiq mustahkamlik	Qizdirishdagi yemirilish xavfi
Pech sinovi	Yoqilg‘i sarfi, gaz qarshiligi, eritish unumdorligi	Sanoat sharoitidagi moslik
Ekologik nazorat	Chang va gazsimon emissiyalar	Xavfsizlik va ekologik baho

IQTISODIY SAMARADORLIKNI BAHOLASHNING HISOBLASH MODELI

Korxona bo‘yicha muhokama qilingan ssenariyda mayda koks xokasi zaxirasi 200–210 tonna, yirik koksning shartli narxi esa 400 AQSH dollari/t deb olingan. Ushbu ko‘rsatkichlar laboratoriya natijasi emas, balki foydalanuvchi tomonidan bildirilgan ishlab chiqarish va narxga oid dastlabki ma’lumotlardir. 200 tonna materialni 400 dollar/t ga ko‘paytirish 80 ming dollar, 210 tonnani shu narxga ko‘paytirish esa 84 ming dollar qiymat beradi. Biroq bu miqdorlar real tejalgan mablag‘ emas, balki nazariy yalpi ekvivalent qiymatdir.

Amaliy iqtisodiy samaradorlikni aniqlash uchun yaroqli briket chiqimi, bog‘lovchi xarajati, presslash va quritish energiyasi, ishchi kuchi, amortizatsiya, ekologik nazorat xarajatlari hamda pechda yirik koksni haqiqiy almashtirish koeffitsiyenti ma’lum bo‘lishi lozim. Masalan, 1 tonna xokasidan 1 tonna tayyor

briket olinishi mumkin deb faraz qilish ham to‘g‘ri emas, chunki bog‘lovchi massasi qo‘shiladi va qotirishda suv hamda uchuvchan komponentlar yo‘qolishi mumkin.

Shartli sof iqtisodiy natijani quyidagicha yozish mumkin: $E = M \times \eta \times P - Cb - Ce - Cl - Cq$. Bu yerda M — qayta ishlangan xoka massasi (t); η — sanoat sinovida aniqlanadigan yirik koksni samarali almashtirish koeffitsiyenti; P — yirik koksning narxi (dollar/t); Cb — bog‘lovchi xarajati; Ce — energiya sarfi; Cl — mehnat va texnik xizmat; Cq — sifat nazorati, ekologiya va boshqa qo‘shimcha xarajatlar. Formula briketlashning iqtisodiy foydasi texnologik samaradorlikka bevosita bog‘liqligini ko‘rsatadi.

Shartli ssenariy natijasini ehtiyotkor talqin qilish lozim: $\eta = 1$ va barcha qo‘shimcha xarajatlar nolga teng degan faraz faqat nazariy yuqori chegara bo‘lib, real ishlab chiqarish sharoitida bunday shartlarning bajarilishi kutilmaydi. Shu bois ushbu maqolada korxona uchun aniq sof foyda yoki tasdiqlangan koks tejalishi miqdori keltirilmaydi. Bunday ko‘rsatkichlar faqat pilot ishlab chiqarish va moliyaviy hisob-kitoblar natijasida berilishi mumkin.

3-jadval. Koks xokasi zaxirasining shartli yalpi qiymat ekvivalenti

Zaxira, t	Narx, dollar/t	Nazariy ekvivalent, dollar	Talqin
200	400	80 000	Sof foyda emas
210	400	84 000	Sof foyda emas

XULOSA

Bazalt mineral paxta ishlab chiqarishida hosil bo‘ladigan mayda koks xokasi energiya resursi sifatida qayta foydalanish imkoniyatiga ega bo‘lgan ikkilamchi uglerodli xomashyodir. Dastlabki namuna uchun namlik 1,17% va yonish issiqligi 6530 kkal/kg deb qayd etilgan; bu natijalar materialni chuqurroq o‘rganish uchun asos bo‘lib xizmat qiladi, ammo briketning vagranka pechiga tayyorligini mustaqil tasdiqlamaydi.

Fenol-formaldegid bog‘lovchisi bilan briketlashning texnologik maqsadga muvofiqligi mexanik mustahkamlik, termik parchalanish, gaz o‘tkazuvchanlik va

ekologik xavfsizlik ko‘rsatkichlari bo‘yicha tekshirilishi kerak. 1000 kg koks xokasiga 200 kg smola qo‘shish dastlabki variant sifatida qaraladi; optimal sarf ekanligi isbotlanmagan.

200–210 tonna koks xokasining 400 dollar/t narxdagi shartli yalpi ekvivalenti 80–84 ming dollarni tashkil etadi. Biroq real iqtisodiy foyda briket chiqimi, ishlab chiqarish xarajatlari va pechdagi almashtirish koeffitsiyenti aniqlangandan keyingina hisoblanadi. Kelgusidagi ilmiy ishlarning ustuvor yo‘nalishi takrorlanuvchi laboratoriya tajribalari, validatsiyalangan sifat nazorati va nazorat guruhi bilan o‘tkaziladigan sanoat sinovlaridan iborat bo‘lishi lozim.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. European Commission. Reference Document on Best Available Techniques in the Glass Manufacturing Industry. Joint Research Centre, 2013. (Mineral wool production bo‘limi).

2. European Commission. Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Production of Iron and Steel. Joint Research Centre, 2013. (Koks va chang hosil bo‘lishiga oid umumiy ma’lumotlar).

3. ASTM D3173/D3173M. Standard Test Method for Moisture in the Analysis Sample of Coal and Coke. ASTM International. (Amaldagi tahririni tekshirish zarur).

4. ASTM D5865/D5865M. Standard Test Method for Gross Calorific Value of Coal and Coke. ASTM International. (Amaldagi tahririni tekshirish zarur).

5. ISO 1928. Solid mineral fuels — Determination of gross calorific value by the bomb calorimetric method and calculation of net calorific value. International Organization for Standardization.

6. ISO 1171. Solid mineral fuels — Determination of ash. International Organization for Standardization.

7. Speight J. G. The Chemistry and Technology of Coal. CRC Press, 3rd ed., 2013.

8. Pilato L. Phenolic Resins: A Century of Progress. Springer, 2010. DOI: 10.1007/978-3-642-04714-5.

9. European Chemicals Agency (ECHA). Phenol and formaldehyde substance information and hazard profiles. https://echa.europa.eu/

10. European Commission. Industrial Emissions Directive 2010/75/EU. Official Journal of the European Union, 2010.