АҢДАТПА

Ержан Айдананың
«Ферроқорытпа өндірісінің жоғары дисперсті шаңын кесектеу оны кәдеге жарату мақсатында технологиясын зерттеу және әзірлеу»
тақырыбындағы
8D07203 – «Металлургия» білім беру бағдарламасы бойынша философия докторы (PhD) дәрежесін алуға ұсынылған диссертациялық жұмысына

Диссертациялық жұмыс ферросилиций өндірісі кезінде түзілетін жоғары дисперсті шаңды (ЖДШ) кесектендірудің ғылыми негізделген технологиясын әзірлеуге бағытталған. Оның мақсаты — ферроқорытпа өндірісінде қайта пайдалануға жарамды кондициялық өнім алу. Зерттеу ферроқорытпа өндірісінің техногендік қалдықтарын қайталама өндірістік циклге тарту, шикізат ресурстарын пайдалану тиімділігін арттыру және қоршаған ортаға түсетін жүктемені азайту сияқты өзекті міндеттерді шешуге бағдарланған.

Ферроқорытпалар өндірісі кезінде шаң, шлам және қожды қоса алғанда, едәуір мөлшерде техногендік қалдықтар түзіледі. Газ тазарту жүйелерінен алынатын шаңдар — құрамында құнды компоненттер бар ұсақ дисперсті материалдар. Алайда олардың физикалық-химиялық қасиеттері металлургиялық процестерде тікелей тиімді пайдалануға мүмкіндік бермейді. Мұндай қалдықтардың жиналуы экономикалық шығындарға әкеліп, қоршаған ортаға кері әсерін тигізеді.

Қазіргі металлургия ұсақ дисперсті шикізатты пайдалануға едәуір дәрежеде негізделген. Мұндай шикізат шихтаның қажетті газ өткізгіштігін қамтамасыз ету және технологиялық процестердің тұрақтылығын сақтау үшін алдын ала кесектендіруді қажет етеді. Ұсақ бөлшектер тығыздалуға бейім болып, газдардың өту жағдайларын нашарлатады және пештен шаң түрінде газ ағынымен бірге шығарылуы мүмкін. Бұл өндіріс тиімділігін төмендетеді. Осыған байланысты кесектендіру әдістерін қолдану шикізат пен қалдықтарды металлургиялық өңдеуге дайындаудың қажетті кезеңі болып табылады.

Өнеркәсіп саласы энергияны көп мөлшерде тұтынып, табиғи ресурстардың негізгі тұтынушыларының бірі болып табылады. Сонымен қатар, өнеркәсіп қоршаған ортаның ластануына, табиғи ресурстардың сарқылуына және қышқыл жаңбырлар сияқты жағымсыз құбылыстарды қоса алғанда, көп мөлшерде қалдықтардың түзілуіне елеулі үлес қосады. Осылайша, өнеркәсіп жаһандық ауқымдағы экологиялық шиеленістің негізгі факторларының бірі болып табылады.

Осы жұмыстың басқа ғылыми-зерттеу жұмыстарымен байланысы. Диссертациялық жұмыс Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым комитеті қаржыландыратын 2023–2025 жылдарға арналған ғылыми және (немесе) ғылыми-техникалық жобалар бойынша жас ғалымдарды гранттық қаржыландыру жобасы аясында орындалды (ЖТН

AP19576811, 2023 жылғы 17 мамырдағы №114-КМУ4 шарт). Ізденуші аталған жобаның жауапты орындаушысы болды.

Жұмыстың өзектілігі. Қазіргі уақытта Қазақстан Республикасында әртүрлі өнеркәсіптік қалдықтардың едәуір көлемі жинақталған және олардың мөлшері әлі де өсіп келеді. Бұл қалдықтар үлкен аумақтарды алып, атмосфераға, су ресурстарына және топыраққа кері әсерін тигізеді. Соның салдарынан қоршаған ортаның экологиялық жағдайы нашарлап, халықтың өмір сүру сапасы төмендейді. Қажетті қорғаныс жүйелерімен жабдықталмаған қалдық сақтау орындары қайталама ластану көздеріне айналады: зиянды заттар атмосфераға таралып, жауын-шашын мен су тасқыны кезінде өзендер, көлдер және тоғандар сияқты су айдындарына түседі.

Ферроқорытпалар өндірісі барысында басқа да техногендік қалдықтармен қатар жоғары дисперсті шаң (ЖДШ) міндетті түрде түзіледі. Бұл шаңның пайда болуы екі түрлі себепке байланысты: біріншіден, ол ферроқорытпа өнімін түсіру кезінде технологиялық процестің жүзеге асуы нәтижесінде түзіледі; екіншіден, газ тазарту жүйелерінің жұмысы барысында пайда болады.

Шығу тегіне қарамастан, жоғары дисперсті шаңның химиялық құрамы өндірілетін ферроқорытпаның құрамына жақын, сондықтан оны кондициялық өнім алу үшін шикізат ретінде пайдалануға болады.

Металлургия өнеркәсібінің қалдықтарын, атап айтқанда ферроқорытпа өндірісінің жоғары дисперсті шаңын (ЖДШ) қайта өңдеу мәселесіне ерекше назар аудару қажет. Мұндай қалдықтарды тиімді кәдеге жарату үшін оларды алдын ала кесектендіру қажет.

Ферроқорытпа өндірісінің жоғары дисперсті шаңын кәдеге жарату мәселесі жаңа емес, дегенмен Қазақстан Республикасында ол әлі де толық шешімін тапқан жоқ.

Қазіргі уақытта Қазақстанда ЖДШ-ны кәдеге жарату мәселесі іс жүзінде шешілмеген: шаңның едәуір көлемі шетелдерге (Ресей Федерациясына, Қытайға және Өзбекстанға) шикізат ретінде экспортталады, кейіннен Қазақстанға қосылған құны жоғары брикеттелген өнім түрінде қайта импортталады. Өзіміздің кесектендіру технологияларын әзірлеу еліміздің металлургия саласының технологиялық және экономикалық тиімділігін қамтамасыз ету үшін стратегиялық маңызы бар міндет болып табылады.

Жоғары дисперсті шаңның өзі экологиялық қауіп төндіреді, өйткені оны сақтау үшін үлкен аумақтар қажет, ол атмосфералық ауаның ластану көзі болып табылады және меншікті бетінің жоғары дамуына байланысты пирофорлық қасиетке ие.

Қазіргі уақытта әлемде жоғары дисперсті шаңды кәдеге жаратуға арналған қолданыстағы технологиялар жеткілікті, алайда елімізде мұндай технологиялар кеңінен қолданылмайды. Бұл әрбір нақты кәсіпорында түзілетін шаңның өзіндік физикалық-химиялық қасиеттерімен, түйіршіктік құрамымен және қоспалар жиынтығымен ерекшеленуіне байланысты. Сондықтан алынатын шикізатқа қойылатын талаптарға сәйкес келетін белгілі

кесектендіру әдістерін іздестіру және шихтаның жаңа құрамдарын әзірлеу (байланыстырғыш материалдарды таңдау, фракциялық құрамын есептеу) қажет.

Осылайша, жоғары дисперсті шаңды кесектендірудің тиімді режимдерін әзірлеуге және сапалы брикеттелген өнім алуға бағытталған жұмыс экологиялық тұрғыдан да, ғылыми-практикалық тұрғыдан да өзекті әрі уақтылы болып табылады.

Зерттеу нысаны: ферросилиций өндірісінің жоғары дисперсті шаңынан (ЖДШ) алынған брикеттер.

Жұмыстың мақсаты: ферросилиций өндірісі кезінде түзілетін жоғары дисперсті шаңды (ЖДШ) кесектендіру және кондициялық өнім алу технологиясын әзірлеу.

Зерттеу міндеттері:

- ферросилиций өндірісі кезінде түзілетін жоғары дисперсті шаңның (ЖДШ) құрамы мен қасиеттеріне талдау жүргізу;
- кесектендіру технологиясын анықтайтын факторлар ретінде бастапқы шаңның физика-химиялық қасиеттерін (химиялық және фазалық құрамы, фракциялық құрамы) зерттеу;
- брикеттеу процесі үшін оңтайлы байланыстырушы материалды таңдау бойынша эксперименттік зерттеулер жүргізу;
- брикеттеу процесінің оңтайлы технологиялық параметрлерін анықтау;
- алынған брикеттердің сапасын көрсеткіштер жиынтығы бойынша бағалау: сығуға беріктігі, еленді астындағы өнімнің шығымы, кремний мен көміртектің мөлшері;
- тәжірибелік брикеттерді пайдалана отырып, болат балқыту өндірісінің алаңында тәжірибелік-өнеркәсіптік сынақтар жүргізу.

Ғылыми жаңалығы:

- Шихта құрамындағы темір кен концентратының (ТКК) мөлшері мен дайын брикеттің беріктігі арасындағы тәуелділік анықталды: ТКК мөлшері 15% болғанда ең жоғары беріктік көрсеткіші — 25 МПа-ға жетеді;
- Брикеттердің беріктігінің байланыстырушы материалдың түрі мен мөлшеріне тәуелділігі анықталды: 3–5% мөлшеріндегі бентонит сазы сығуға беріктікті 25 МПа-ға дейін қамтамасыз етеді, бұл сұйық шыны немесе каустикалық сода қолданғандағы көрсеткіштен 1,4–1,7 есе жоғары;
- Темір кен концентраты мен бентонит сазы бар шихтадан алынған брикеттердің қасиеттеріне брикеттеу процесінің параметрлерінің (престеу қысымы, кептіру температурасы мен ұзақтығы) әсері анықталды;
- 30ХГС маркалы болатты тотықсыздандыру және легірлеу кезінде кондициялық ФС50 маркалы ферросилицийді ЖДШ-дан алынған брикеттермен толық алмастыру мүмкіндігі механикалық қасиеттері мен химиялық құрамын нашарлатпайтыны эксперименттік түрде дәлелденді.

Практикалық маңыздылығы:

- Брикеттеуге арналған жаңа шихта құрамы әзірленіп, эксперименттік тұрғыдан негізделді. Оның құрамы (масс. %): ЖДШ — 50–55, темір кен концентраты — 15, ұсақ дисперсті кондициялық емес ферросилиций — 25–

30, бентонит — 3, су — 2. Бұл құрам брикеттердің тығыздығын 4,8–4,9 г/см³-ке дейін арттыруды қамтамасыз етеді. Бұл көрсеткіш кесек ферроқорытпаның тығыздығымен салыстырмалы және брикеттердің балқыма бетіне қалқып шығуын болдырмай, олардың еруін жылдамдатады. Сығуға беріктігі кемінде 25 МПа-ға жетеді, ал елеуіш астындағы өнімнің үлесі (10 мм-ден кіші фракция) 10%-дан аспайды. Бұл тасымалдау және пешке тиеу кезіндегі ферросилицийдің механикалық беріктігіне қойылатын ГОСТ 1415-93 талаптарына сәйкес келеді. Брикеттердің химиялық құрамы кремний мөлшері (68–74%), көміртек мөлшері (≤0,1%), күкірт және фосфор бойынша ФС70 маркасының талаптарына толық сәйкес келеді;

- Брикеттеудің оңтайлы технологиялық режимі анықталды: престеу қысымы — 50 кН, кептіру температурасы — 40–60°С, кептіру ұзақтығы — 90 минут, престеу алдындағы шихтаның ылғалдылығы — 2%. Бұл параметрлерді ферроқорытпа зауыттарындағы өнеркәсіптік брикеттеу желілерін жабдықтау кезінде тікелей пайдалануға болады;

- «Пархоменко атындағы ҚМЗ» ЖШС-де жүргізілген тәжірибелік-өнеркәсіптік сынақтар барысында 30ХГС маркалы болатты (ГОСТ 4543-2016) балқыту кезінде кондициялық ФС50 ферросилицийін әзірленген брикеттермен толық алмастыру мүмкіндігі расталды. Алынған болаттың химиялық құрамы (С — 0,32%, Si — 1,2%, Mn — 0,8%, Cr — 1,1%, S және P ≤0,035%) нормативтік талаптарға толық сәйкес келеді;

- ЖДШ-ны брикеттерге қайта өңдеу процесінің технологиялық картасы әзірленіп, өндіріске енгізілді (Д қосымшасы). Ұсынылған шешімнің өнеркәсіптік қолдануға жарамдылығын растайтын енгізу актісі алынды.

Қорғауға ұсынылатын негізгі қағидалар:

– брикеттеу процесінде шихта компоненті ретінде темір кен концентратын пайдалану мүмкіндігі;

– брикеттеуге арналған шихта құрамындағы темір кен концентраты мен бентонит мөлшері және брикеттердің беріктігі арасындағы тәуелділік;

– ферросилиций өндірісінің жоғары дисперсті шаңынан алынатын брикеттердің құрамы;

– темір кен концентраты мен бентонит сазын пайдалана отырып, жоғары дисперсті шаңнан брикеттер алу технологиялық параметрлері.

Ізденушінің қосқан үлесі зерттеудің мақсаты мен міндеттерін қоюдан, ферросилиций өндірісінің жоғары дисперсті шаңын кәдеге жарату мәселелері бойынша ғылыми-техникалық әдебиеттерге талдау жүргізуден, бастапқы шикізаттың химиялық қасиеттерін зерттеуден, сондай-ақ брикеттеу технологиясын әзірлеу бойынша эксперименттік зерттеулерді жоспарлау мен жүргізуден тұрады. Ізденуші шихта құрамы мен байланыстырушы материалдарды таңдауды және негіздеуді жүзеге асырды, брикеттеу процесінің оңтайлы технологиялық параметрлерін анықтады, алынған брикеттердің физика-механикалық қасиеттерін зерттеп, олардың сапасын бағалады.

Ізденуші болат балқыту кезінде брикеттерге жүргізілген тәжірибелік-өнеркәсіптік сынақтарға, алынған нәтижелерді өңдеу мен талдауға, ғылыми

қорытындылар мен практикалық ұсынымдарды тұжырымдауға тікелей қатысты. Сонымен қатар, ізденуші диссертация тақырыбы бойынша ғылыми жарияланымдар дайындады, жоғары дисперсті шаңды брикеттерге қайта өңдеу процесінің технологиялық картасын әзірледі және зерттеу нәтижелерінің практикалық маңыздылығы мен өндіріске енгізу мүмкіндігін растайтын құжаттарды рәсімдеді.

Жұмыстың апробациясы

Зерттеу нәтижелері бойынша 15 ғылыми мақала жарияланды, оның ішінде:

– Хорватияның Scopus дерекқорына кіретін «Metallurgija» журналында 2 мақала (Scopus процентилі – 32);

– Словакияның Scopus дерекқорына кіретін «Acta Metallurgica Slovaca» халықаралық журналында 1 мақала (Scopus процентилі – 52);

– ҚР Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым және жоғары білім саласындағы сапаны қамтамасыз ету комитеті ұсынған журналдарда 3 мақала: «Университет еңбектері» № 3, 2023; «Университет еңбектері» № 4, 2024; «Қазақстанның ғылымы мен техникасы» № 3, 2025 (екінші тізім).

– Екі пайдалы модельге патент алынды:

– № 9155, 2024 жылғы 12 ақпан — «Ферросилиций өндірісі кезінде түзілетін шаң тәрізді қалдықтарды брикеттеу тәсілі»;

– № 10925, 2025 жылғы 25 шілде — «Темір кен концентратын пайдалана отырып, ферроқорытпа өндірісінің жоғары дисперсті шаңын брикеттеу тәсілі».

– «Ферросилиций өндірісінің қалдықтарынан кондициялық өнім алу процесін зерттеу» атты бір монография жарық көрді (ISBN 978-601-12-3322-4).

Отандық және халықаралық ғылыми-практикалық конференцияларда 5 баяндама жасалды:

1. XV Халықаралық ғылыми-практикалық конференция «Ғылым, білім және өндіріс интеграциясы – Ұлт жоспарын іске асырудың негізі» (Сағынов оқулары № 15), университеттің 70 жылдығына арналған, 2023 жылғы 17–19 маусым.

2. XVI Халықаралық ғылыми-практикалық конференция «Ғылым, білім және өндіріс интеграциясы – Ұлт жоспарын іске асырудың негізі» (Сағынов оқулары № 16), 2024 жылғы 13–14 маусым.

3. Жас ғалым-металлтанушылардың XXIII Халықаралық ғылыми-техникалық Орал мектебі-семинары, Екатеринбург қаласы, 2025 жылғы 3–7 ақпан.

4. XVII Халықаралық ғылыми-практикалық конференция «Ғылым, білім және өндіріс интеграциясы – Ұлт жоспарын іске асырудың негізі» (Сағынов оқулары № 17), 2025 жылғы 26–27 маусым.

5. Mechanical Engineering: An International Journal (MEIJ) журналында жарияланған халықаралық ғылыми конференция материалы, 2025 жыл, № 1/2 (12-том), 9–17-бб. DOI: 10.5121/meij.2024.12201.

Зерттеу нәтижелерін өндіріске енгізу және сынақтан өткізу бойынша мынадай актілер алынды:

– «Пархоменко атындағы ҚМЗ» ЖШС-де технологияны өндіріске енгізу актісі;

– «Пархоменко атындағы ҚМЗ» ЖШС-де өнеркәсіптік сынақтар жүргізу актісі;

– «Ж. Әбішев атындағы ХМИ» ҰК ҚПМС орталығының филиалында сынақтар жүргізу актісі;

– «Марганец» ҒӨБ ЖШС-де сынақтар жүргізу актісі.

Диссертацияның құрылымы мен көлемі

Диссертация кіріспеден, 5 бөлімнен тұратын негізгі бөлімнен, қорытындыдан және қосымшалардан тұрады. Диссертацияның көлемі — машинкамен терілген 106 бет. Жұмыста 35 сурет, 31 кесте және 109 атаудан тұратын пайдаланылған әдебиеттер тізімі бар.