

8D07190 – «Балқуы қиын бейметалл және силикатты материалдардың химиялық технологиясы» білім беру бағдарламасы бойынша философия докторы (PhD) дәрежесін алу үшін Қуандықова Ақнұр Ерханқызының «Мырыш және қорғасын зауытының қалдықтарын қолдана отырып цемент клинкерін өндірудің энергияны аз қажет ететін технологиясы» тақырыбындағы мамандығы бойынша дайындалған диссертациялық жұмысына ғылыми жетекшінің жазбаша пікірі

1. Зерттеу тақырыбының өзектілігі.

Портландцемент өндіру — энергияны көпқажет ететін үдеріс болып табылады. 1 тонна клинкерді күйдіруге шамамен 100–120 кг шартты отын жұмсалады. Ал 1 тонна цемент өндіруге 120–140 кВт·сағ электрэнергиясы қажет.

Әлемдік цемент өнеркәсібі жыл сайын жаһандық CO_2 шығарындыларының 6–7 % - ын құрайды. Бұл шығарындылардың бір бөлігі карбонат құрамды шикізаттың ыдырауы кезінде (технологиялық CO_2), ал екінші бөлігі отынның жануының нәтижесінде (энергетикалық CO_2) түзіледі.

Цемент саласында отын-энергетикалық ресурстарға жұмсалатын шығындар дайын өнімнің өзіндік құнының шамамен 40 %-ын құрайды. Бір тонна клинкер өндіру барысында атмосфераға шамамен 840–900 кг CO_2 шығарылады. Сондықтан қазіргі уақытта энергияны аз қажет ететін, ресурсты үнемдейтін және экологиялық тиімді технологияларды әзірлеу аса өзекті болып отыр. Мұндай технологиялар клинкерді күйдіруге жұмсалатын отын шығынын да, парниктік газдар — CO_2 шығарындыларын да айтарлықтай төмендетуге мүмкіндік береді.

Диссертациялық жұмыста Қуандықова А.Е. мырыш, қорғасын, фосфор өндірісінің қалдықтарын, көмір өндіру және әктас ұсату қалдықтарын пайдалана отырып, цемент клинкерін алудың мүмкіндігі зерттелді.

Зерттеу барысында мырыш кендерін вельцилеу қалдықтарының, қорғасын шлактарының және басқа да өндірістік қалдықтардың клинкер түзілуіне әсерін айқындау мақсатында кешенді химиялық-минералогиялық талдау жүргізілді.

Нәтижесінде бұл қалдықтардың құрамында кремний, алюминий, кальций және темір оксидтері – яғни цемент клинкерінің негізгі компоненттері жоғары мөлшерде кездесетіні, сондай-ақ клинкер минералдарының түзілуіне қатыса алатын қосымша екіншілік қоспалар бар екені анықталды.

Зерттеу нәтижелері көрсеткендей, вельцилеу клинкері мен қорғасын шлағы құрамындағы элементтердің балансы бойынша тапшы темір құрамды түзетуші қоспаны толықтай алмастыра алады. Белсенді компоненттері бар өндірістік қалдықтарды пайдалану есебінен күйдіру температурасын төмендетіп, цемент клинкерін алу технологиясы әзірленіп және ғылыми негізделді. Бұл әдіс дәстүрлі технологиямен салыстырғанда энергия шығынын 15–20 %-ға дейін азайтуға мүмкіндік береді.

Мырыш рудаларын вельцилеу қалдықтары, фосфор және қорғасын шлактары, көмір өндіру қалдықтары және басқа да техногендік материалдар негізінде алынған клинкерлер мен цементтерге жан-жақты зерттеу жүргізілді.

Нәтижесінде олардың минералогиялық құрылымы қалыпты портландцемент клинkerіне сәйкес келетіні және бұл материалдардың аз энергия жұмсайтын портландцемент өндіру технологиясында қолдануға жарамдылығы ғылыми түрде дәлелденді.

2. Ғылыми нәтижелер және олардың дұрыстығы.

Алғаш рет мырыш және қорғасын өндірісінің қалдықтарын, сондай-ақ басқа да техногендік шикізатты пайдалану арқылы цемент клинkerін өндірудің энергияны аз қажет ететін және экологиялық тиімді технологиялары әзірленді. Бұл технологиялар дәстүрлі әдістермен салыстырғанда күйдіру температурасын 100–150 °C-қа төмендетуге мүмкіндік береді.

Түсті металлургия қалдықтарының химиялық және минералогиялық құрамы, қоспа оксидтері, қанығу коэффициенті мен шикізат қоспасының модульдері клинkerдің негізгі минералдарының төмендетілген күйдіру температурасында түзілуіне әсер ететін заңдылықтар анықталды.

Қанығу коэффициенті (ҚК) мен силикаттық модульдің шамасы артқан сайын клинker түзілу процестері баяулап, сіңбеген бос СаО мөлшері көбейетіні анықталды.

Шикізат құрамындағы жылумен өңделген өнеркәсіп қалдықтарының үлесі артқан сайын, 1 тонна клинker алуға жұмсалатын шикізаттың меншікті шығыны азаяды. Бұл өз кезегінде 1 тонна клинkerді күйдіруге қажетті отын шығынын төмендетуге мүмкіндік береді. Өнеркәсіп қалдықтарын пайдалану арқылы дәстүрлі компоненттердің бір бөлігін немесе барлығын алмастыратын шикізат қоспаларының оңтайлы құрамы әзірленді. Мұндай құрамдар жоғары пайдалану сипаттамалары бар клинker алуды қамтамасыз етеді.

Алғаш рет ауыр металдар мен улы компоненттердің клинker құрылымында бекітілу механизмдері анықталды. Бұл өнімнің экологиялық қауіпсіздігін қамтамасыз етіп, қауіпті өндірістік қалдықтарды тиімді утилизациялауға мүмкіндік береді.

Автор металлургия өнеркәсібі қалдықтарын пайдалану жағдайында цемент клинkerінің түзілу процестері туралы ғылыми түсініктерді кеңейтіп, тереңдетті. Алғаш рет мырышты вельцилеу клинkerінің, қорғасын шлактарының және басқа да өндірістік қалдықтардың құрамының төмендетілген күйдіру температураларында клинkerдің минерал түзілу кинетикасына және фазалық құрамына әсері жөнінде жүйелі деректер алынды.

3. Диссертациялық жұмыстың практикалық маңыздылығы.

Жұмыстың практикалық маңызы әзірленген технологиялардың арқасында клинkerді күйдіру температурасын 100–150 °C-қа төмендетуге, күйдіруге жұмсалатын отынның меншікті шығынын 10–15 %-ға азайтуға, пештердің өнімділігін 10–12 %-ға арттыруға, цемент өндірісіндегі көмірқышқыл газының шығарындыларын азайтуға, сондай-ақ қоршаған ортаны ластайтын көптоннажды өндірістік қалдықтарды тиімді түрде утилизациялауға мүмкіндік беретінімен сипатталады.

Сонымен қатар, Ленгер кеніштерінің көмір өндіру қалдықтарын пайдалану кезінде шикізат құрамына қосымша 2–3 % көмір енгізу клинкерді күйдіру барысында форсункалық отынның шығынын төмендетуге мүмкіндік береді.

Әктас ұсату қалдықтары, көмір өндіру қалдықтары, тефритобазальт, фосфор және қорғасын шлактары Оңтүстік Қазақстандағы үш ірі цемент зауытының – «Стандарт Цемент» ЖШС, «Шымкентцемент» ЖШС және «Састөбе Технолоджис» ЖШС – тікелей маңында орналасқан, бұл өз кезегінде олардың утилизациясын іс жүзінде жүзеге асыруға мүмкіндік береді.

Жалпы құрылыс және арнайы мақсаттағы цементтерге арналған клинкерлер алу үшін энергияны аз қажет ететін, ресурсты үнемдейтін шикізат қоспалары әзірленді. Бұл қоспаларда табиғи шикізаттың 30–100 %-ына дейінгі бөлігі техногендік өнімдермен алмастырылып, 1 тонна клинкер өндіруге жұмсалатын шикізаттың меншікті шығыны 0,1–0,2 т/т-ға дейін азайтылды.

Фосфор және қорғасын шлактары, мырыш рудаларын вельцилеу клинкері, тефритобазальт клинкер минералдарының түзілу процестеріне минерализаторлық әсер етеді, нәтижесінде клинкердің жентектелуі 1300–1350 °C температура аралығында толық аяқталады, ал бос СаО мөлшері 2 %-дан аспайды.

Қорғасын шлағы мен вельцилеу клинкерінің құрамындағы фтор, P_2O_5 , мырыш пен қорғасын оксидтері клинкердің қатуы мен құрылымына минерализатор, модификациялаушы және легирлеуші әсер етеді.

Электронды микроскопиялық зерттеулер нәтижесінде алынған клинкерлердің жоғары сапалы синтезделгені анықталды, бұл химиялық, рентгенфазалық және растрлы электронды микроскопиялық талдау әдістерімен дәлелденді.

Клинкердегі минералдардың кристалдануы айқын, олардың таралуы негізінен біркелкі және зоналы сипатта. Алит әртүрлі мөлшер мен пішіндегі кристалдар түрінде кездеседі, кейде алит кристалдарының бірігуі байқалады. Белит көбіне дөңгелек немесе сопақ кристалдар түрінде кристалданады. Кальций алюмоферриттері – ашық түсті және ине тәрізді кристалдар, ал кальций алюминаты – қараңғы түсті кристалдар түрінде байқалады.

Қорғасын шлактары мен вельцилеу клинкерінің құрамындағы мырыш оксидінің минерализдеуші әсері клинкер минералдарының төмен температурада күйдірілуіне және айқын кристалдануына ықпал етеді. Бұл қосылыстардың әсерінен төмен балқитын эвтектиктер түзіледі, нәтижесінде балқыған фаза мөлшері артады, ол төмен температурада пайда болып, клинкердің қасиеттерін жақсартады. Сонымен қатар, балқыған ортаның беттік керілуі, тұтқырлығы мен тығыздығы төмендеп, диффузия жылдамдығы артады, бұл өз кезегінде шикізат қоспаларындағы минералдардың түзілу процесінің жылдам әрі толық аяқталуына мүмкіндік береді.

Зерттеу нәтижелері бойынша Оңтүстік Қазақстан аймағындағы цемент өндірісіне жарамды көп тоннажды минералды қалдықтардың кадастры әзірленді. ТОО «Састөбе Технолоджис» кәсіпорнына бейімделген энерго- және ресурсүнемдегіш портландцемент өндіру технологиясының схемасы мен

регламенті жасалды, бұл технология карьерлік шикізатты өнеркәсіптік қалдықтармен толық алмастыруды қарастырады.

Ащісай металлургия зауытының мырыш рудаларын вельцилеу клинкерінің радиологиялық талдауы оның экологиялық қауіпсіздігін дәлелдеді.

Ащісай клинкерін түзетуші қоспа ретінде қолдану кезінде атмосфераға шығарылатын CO_2 көлем бір тонна клинкерге шаққанда 64 кг-ға (12,08 %) азаяды, ал қорғасын шлағын қолдану бұл көрсеткішті 42 кг-ға (7,9 %) төмендетеді.

Зерттеу нәтижелері «Цемент өндірісінің технологиясының негіздері» пәні бойынша оқу процесіне енгізілді, бұл туралы №21 енгізу актісі (17.09.2025 ж.) ресімделді.

Диссертациялық жұмыс Қазақстан Республикасының Ғылым және жоғары білім министрлігі Ғылым комитетінің ғылыми жобасы аясында орындалды (Грант № BR21882292 – «Құрылыс салаларының тұрақты дамуының кешенді жүйесі: инновациялық технологиялар, өндірісті оңтайландыру, ресурстарды тиімді пайдалану және технологиялық парк құру»).

4. Диссертациялық жұмыстың материалдарын жариялаудың толықтығы.

Диссертациялық жұмыс материалдары бойынша 8 ғылыми еңбек жарияланды, оның ішінде 1 мақала — халықаралық Scopus ақпараттық базасына кіретін журналда, сондай-ақ 4 мақала — ҚР БҒМ Ғылым комитетінің ҒЖБССҚК ұсынған ғылыми басылымдарда, және 2 баяндама мен баяндамалар тезистері — халықаралық және шетелдік ғылыми конференциялар еңбектерінде жарық көрді. Сонымен қатар, 1 өнертабысқа Қазақстан Республикасының патенті алынды.

5. Диссертациялық жұмысты қорғауға ұсыну.

Докторант Қуандықова Ақнұр Ерханқызының «Мырыш және қорғасын зауытының қалдықтарын қолдана отырып цемент клинкерін өндірудің энергияны аз қажет ететін технологиясы» тақырыбындағы диссертациялық жұмысы өзектілігі, ғылыми жаңалығы және практикалық маңыздылығы тұрғысынан Қазақстан Республикасының Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым және білім саласындағы сапаны қамтамасыз ету комитетінің талаптарына толық сәйкес келеді және 8D07190 – «Балқуы қиын бейметалл және силикатты материалдардың химиялық технологиясы» білім беру бағдарламалары бойынша PhD философия докторы ғылыми дәрежесіне лайықты деп санаймын.

Ғылыми жетекшісі,

М. Әуезов атындағы Оңтүстік
Қазақстан Университеті, «Силикаттар
технологиясы және металлургия»
кафедрасының профессоры, т.ғ.д.

Таймасов Б.

