

АНДАТПА

8D07190 – «Балқуы қиын бейметалл және силикатты материалдардың химиялық технологиясы» білім беру бағдарламасы бойынша философия докторы (PhD) дәрежесін алу үшін ұсынылған ҚУАНДЫҚОВА АҚНҰР ЕРХАНҚЫЗЫНЫҢ диссертациялық жұмысының тақырыбы: **«Мырыш және қорғасын зауытының қалдықтарын пайдалана отырып цемент клинкерін өндірудің энергияны аз қажет ететін технологиясы»**

Тақырыптың өзектілігі. Цемент клинкерін өндіру құрылыс индустриясындағы ең көп энергия жұмсалатын және экологиялық тұрғыдан жүктемесі жоғары процестердің бірі болып табылады. Жоғары күйдіру температурасы (шамамен 1450 °C) отын шығынының едәуір артуына және CO₂ шығарындыларының көбеюіне алып келеді. Қазіргі жағдайда аз энергия жұмсайтын және ресурстарды үнемдейтін технологияларды әзірлеу ерекше маңызға ие. Мырыш пен қорғасын өндіру қалдықтарын және басқа да өндірістік қалдықтарды шикізат ретінде пайдалану энергия шығынын азайтуға, ресурстарды ұтымды пайдалануға және техногендік қалдықтарды экологиялық қауіпсіз түрде пайдаға жаратуға мүмкіндік береді.

Оңтүстік Қазақстан – металлургия саласы дамыған және мұндай технологияларды енгізу үшін айтарлықтай әлеуеті бар өңір, өйткені мұнда мырыш пен қорғасын рудаларын өндіру және өндеумен айналысатын ірі кәсіпорындар, сондай-ақ өнімнің өзіндік құнын төмендетуге және өндірістің экологиялық тиімділігін арттыруға мүдделі цемент зауыттары шоғырланған.

Мырыш рудаларын вельцилену клинкерлері мен қорғасын шлактарын пайдалана отырып, цемент клинкерін өндірудің аз энергия жұмсайтын технологиясын әзірлеу цемент өндірісінің энергия тиімділігі мен экологиялық қауіпсіздігін арттырумен қатар, тұтас өңірдің тұрақты дамуына да ықпал етеді.

Осылайша, тақырыптың өзектілігі өнеркәсіптік қалдықтарды пайдалану арқылы цемент клинкерін өндірудің энергия және ресурс үнемдеуді, экологиялық қауіпсіздікті, сондай-ақ экономикалық тиімділікті арттыруға бағытталған инновациялық технологиялық шешімдерді енгізудің өзекті қажеттілігімен айқындалады.

Портландцемент – энергияны көп қажет ететін өнім, себебі цементтің негізі – клинкер – жоғары температурада (шамамен 1450 °C) күйдіріледі. Клинкерді күйдіру – көп сатылы және күрделі процесс. 1 тонна цемент өндіруге шамамен 5 тонна шикізат, қоспалар, отын, су, ауа, отқа төзімді материалдар және т.б. жұмсалады. 1 тонна клинкер өндіруге жұмсалатын отын шығыны сулы әдіспен – 220–240 кг, ал құрғақ әдіспен – 100–120 кг шамасында. Қазақстанда қазіргі уақытта 14 зауыт клинкерді құрғақ әдіспен және 3 зауыт сулы әдіспен өндіреді. Сондықтан клинкерді күйдіру процестері, энергия үнемдеу және экология мәселелері өзекті әрі маңызды болып қала береді.

Бүгінгі таңда Қазақстанда және басқа да елдерде тұрақты дамудың өзекті мәселелеріне, қоршаған орта мен климат жүйесіне антропогендік әсерді азайтуға, соның ішінде негізгі өнеркәсіп салаларында парниктік газдар шығарындыларын төмендетуге айрықша көңіл бөлінуде. Цемент өндіру – материалдық және энергия сыйымдылығы өте жоғары үдеріс болып табылады және ол айтарлықтай мөлшерде көмірқышқыл газының бөлінуімен байланысты.

Цемент өндірісі атмосфераға парниктік газдарды шығаруда жетекші салалардың бірі болып саналады. Әлемдік цемент өнеркәсібі жыл сайын жаһандық CO₂ шығарындыларының шамамен 6–7 %-ын және антропогендік парниктік газдардың 5–7 %-ын өндіреді. Цемент клинкерін өндіру кезінде үлкен көлемде CO₂ парниктік газы түзіледі, ол карбонат құрамдас шикізатты декарбонизациялау кезінде (технологиялық CO₂) және отынның жануы кезінде (энергетикалық CO₂) бөлінеді. Цемент саласында отын-энергетикалық ресурстарға жұмсалатын шығындар дайын өнімнің өзіндік құнының шамамен 40 %-ын құрайды. Нақтырақ айтқанда, 1 тонна клинкер өндіру барысында қоршаған ортаға 840–900 кг CO₂ шығарылады. Сондықтан клинкерді күйдіруге жұмсалатын отын шығынын және CO₂ парниктік газының шығарылуын азайтуға мүмкіндік беретін аз энергия сыйымды, ресурстарды үнемдейтін технологияларды әзірлеу аса өзекті болып табылады.

Диссертациялық жұмыстың мақсаты:

Мырыш және қорғасын өндірісінің, сондай-ақ өзге де техногендік қалдықтарды пайдалана отырып, энергия шығынын азайтатын, экологиялық қауіпсіз және ғылыми негізделген цемент клинкерін алу технологиясын әзірлеу. Бұл технология техногендік материалдарды тиімді пайдаға жаратуға, энергетикалық шығындарды төмендетуге және портландцемент өндіруге жарамды жоғары эксплуатациялық қасиеттері бар клинкер алуға мүмкіндік береді.

Зерттеу міндеттері:

Қойылған мақсатқа жету үшін келесі міндеттер шешіледі:

1. Цемент клинкерін өндіруге арналған шикізат қоспасының құрамдас бөлігі ретінде олардың жарамдылығын бағалау мақсатында мырыш және қорғасын өндіру қалдықтарының, сондай-ақ басқа да өнеркәсіптік қалдықтардың химиялық және минералдық құрамына кешенді талдау жүргізу.

2. Қалдықтарды пайдалана отырып, төмен күйдіру температураларында клинкер алуға мүмкіндік беретін және дайын өнім сапасын төмендетпейтін оңтайлы шикізат қоспаларының құрамын әзірлеу.

3. Энергия шығындарын барынша азайту және клинкердің қажетті сапасын қамтамасыз ету мақсатында күйдіру процесінің оңтайлы технологиялық параметрлерін эксперименттік түрде анықтау.

4. Өнімнің экологиялық қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін алынған клинкер мен цементтің, ауыр металдардың және клинкердің минералды құрылымындағы басқа да зиянды компоненттердің физика-механикалық

және физика-химиялық қасиеттерін бағалау. Әзірленген технологияны енгізу барысында атмосфераға көмірқышқыл газының шығарылуын азайту мүмкіндіктерін айқындау.

5. Өнеркәсіптік қалдықтар негізінде клинкер мен цемент өндірудің қалдықтар кадастрын, технологиялық сызбасын және технологиялық регламентін әзірлеу.

Зерттеу нысаны мен әдістері. Зерттеу нысаны – түсті металлургия қалдықтарын, атап айтқанда Ащысай металлургия зауытының мырыш рудаларын вельцилеу кезінде түзілетін клинкерлерді, қорғасын шлактарын және басқа да қалдықтарды пайдалана отырып, цемент клинкерін өндіру процесі болып табылады.

Бұл қалдықтардың химиялық және минералдық құрамына, олардың клинкер минералдарының түзілуіне әсеріне, сондай-ақ күйдіру процесінің энергия сыйымдылығына және алынатын цемент клинкерінің сапасына ерекше назар аударылады.

Қорғауға шығарылатын негізгі ережелер:

- Табиғи және көптонналық техногендік шикізат негізінде портландцемент клинкерін алу үшін энергия аз жұмсалатын, ресурсты үнемдейтін шикізат қоспаларының құрамдары;

- Портландцемент клинкерін алу үшін шикізат қоспаларында техногендік шикізатты карбонаттық, алюмосиликаттық компонент және түзетуші қоспа ретінде қолдану мүмкіндігі мен тиімділігі;

- Энергияны аз қажет ететін технологияларды пайдалану кезінде атмосфераға CO_2 шығарындыларын есептеу орындалды. Ащысай клинкерін шикізат қоспасында түзетуші темірлі қоспа ретінде қолданғанда атмосфераға CO_2 шығарындылары 1 тонна клинкерге 64 кг (12,08 %) төмендейді, ал қорғасын шлагын қолданғанда 1 тонна клинкерге 42 кг (7,9 %) төмендейді.

- Радиологиялық зертхана бойынша Ащысай металлургия зауытының мырыш рудаларын вельцилеу клинкерін дозиметриялық бақылаудан өткізу жүргізілді. Вельцилеу клинкерінің үлгісінде өлшенген доза қуаты 0,15 мкЗв/сағат, н/сек құрады, бұл радиациялық қауіпсіздік нормаларына сәйкес келеді. Қабылданған доза қуаты 0,2 + фон (мкЗв/сағат, н/сек) болып табылады.

- Клинкерді күйдіру процестерінің негізгі көрсеткіштерін жақсарту мүмкіндіктері, мысалы: сұйық фазаның мөлшері, күйдіруге қабілеттілік индексі, жылу калориметриялық модулі, жентектелу коэффициенті, клинкер түзілуінің жылу әсері, футеровкаға жабысу коэффициенті және т.б.

Зерттеудің негізгі нәтижелері:

Зерттеу пәні — мырыш, қорғасын және басқа да өндіріс қалдықтарының құрамы мен қасиеттерінің цемент клинкерінің түзілу процестеріне, осы қалдықтарды пайдалана отырып жүргізілетін төмен температуралы шикізат қоспаларын күйдіру реакцияларының өту ерекшеліктеріне, сондай-ақ өндірістің энергия тиімділігіне және алынатын портландцемент клинкерінің сапасына әсері.

Алынған нәтижелердің жаңалығы мен маңыздылығын негіздеу:

1. Мырыш және қорғасын өндірісінің қалдықтарын, сондай-ақ басқа да техногендік шикізатты пайдалану арқылы цемент клинкерін өндірудің аз энергия сыйымды және экологиялық таза технологиялары теориялық және эксперименттік тұрғыдан негізделді. Бұл технологиялар дәстүрлі тәсілдермен салыстырғанда күйдіру температурасын 100–150 °C-қа төмендетуге мүмкіндік береді.

2. Түсті металлургия қалдықтарының, қоспа оксидтерінің химиялық және минералдық құрамының төмен температуралы күйдіру жағдайында цемент клинкерінің негізгі минералдарының түзілуіне әсер ету заңдылықтары анықталды.

3. Ащысай металлургия зауытының мырыш рудаларын вельцилеу кезінде түзілетін клинкердің химиялық-минералдық құрамы, шикізат қоспаларының құрамы мен модульдік сипаттамаларының күйдіру кезіндегі отынның меншікті шығынына және атмосфераға шығарылатын көмірқышқыл газының мөлшеріне әсер ету факторлары белгіленді.

4. Мырыш және қорғасын өндірісінің қалдықтарымен дәстүрлі компоненттердің бір бөлігін алмастыру арқылы алынған шикізат қоспаларының оңтайлы құрамдары әзірленді, бұл клинкердің пайдалану сипаттамаларын жақсартуға мүмкіндік береді.

5. Клинкер құрылымында ауыр металдар мен улы компоненттердің бекітілу тетіктері анықталды, бұл өнімнің экологиялық қауіпсіздігін қамтамасыз етіп, қауіпті қалдықтарды тиімді пайдалануға ықпал етеді.

Жұмыстың теориялық маңыздылығы металлургиялық өндіріс қалдықтарын, атап айтқанда мырыш және қорғасын өндірісінің қалдықтарын пайдалана отырып, цемент клинкерінің түзілу процестері туралы ғылыми көзқарастарды кеңейту және тереңдетуде жатыр. Төмен температуралы күйдіру жағдайында вельцилену клинкерінің, қорғасын шлактарының және басқа қалдықтардың құрамының минерал түзілу кинетикасына және цемент клинкерлерінің фазалық құрамына әсері туралы жүйелі деректер алынды.

Шикізат қоспасының компоненттерінің өзара әрекеттесуінің жаңа модельдері әзірленді, олар қалдықтардың кешенді химиялық құрамын және олардың активтілігін ескереді. Бұл аз энергия жұмсалатын күйдіру режимдерін негіздеуге және портландцементтің негізгі минералдарын синтездеудің тиімділігін арттыруға мүмкіндік берді.

Алынған нәтижелер тұрақты ресурстарды пайдалану теориясын және жоғары температуралы процестердің термохимиясын дамытуға ықпал етеді, сондай-ақ құрылыс технологияларында техногендік материалдарды экологиялық қауіпсіз қолдану саласындағы білімді кеңейтеді.

Әзірленген технология оның тиімділігін және Оңтүстік Қазақстандағы цемент зауыттарында өндірістік енгізуге жоғары перспективалық екенін дәлелдейді.

Осылайша, жұмыс материалтану және цемент өндірісі технологиясының негізгі негіздеріне, сондай-ақ өнеркәсіптік қалдықтарды пайдаға жарату және атмосфераға көмірқышқыл газының шығарындыларын азайту теориясына елеулі үлес қосады.

Жұмыстың практикалық маңыздылығы:

1. Мырыш және қорғасын өндірісінің қалдықтарын, сондай-ақ басқа қалдықтарды пайдалана отырып цемент клинкерін аз энергия жұмсалатын технологиямен өндіруді Оңтүстік Қазақстандағы цемент зауыттарына енгізу клинкерді күйдіру температурасын 50–100 °С төмендетуге, күйдіруге арналған отынның меншікті шығынын 10–15 % азайтуға, пештердің өнімділігін 10–12 % арттыруға, өнім шығаруды көбейтуге және кәсіпорындардың экономикалық тиімділігін жақсартуға мүмкіндік береді.

2. Вельцилену клинкерін, қорғасын және басқа шлактарды рационалды пайдалану жаһандық экологиялық мәселелерді шешуге ықпал етеді: цемент өндірісінде көмірқышқыл газының шығарындыларын азайтуға, көптонналық қалдықтарды пайдаға жаратуға, металлургиялық өндіріс пен басқа салалардың қауіпті қалдықтарының жиналуымен байланысты табиғатқа және қоршаған ортаға келетін қауіп-қатерлерді жоюға немесе азайтуға.

3. Табиғи шикізатты өндіріс қалдықтарымен жартылай алмастыру кезінде парниктік газдар мен басқа ластаушы заттардың (NO_x , SO_3 , CO) шығарындылары төмендейді. Бұл 1 тонна клинкер алу үшін шикізаттың меншікті шығынын азайтуға, шикізат қоспасындағы карбонат құрамын төмендетуге, клинкерді күйдіру температурасын және күйдіруге арналған отынның меншікті шығынын азайтуға байланысты жүзеге асады.

4. Металлургиялық өндіріс қалдықтарын және басқа шикізаттарды пайдалана отырып аз энергия жұмсалатын, экологиялық таза шикізат қоспаларын дайындау және күйдіру процесі үшін нормативтік құжаттар мен технологиялық регламенттер әзірленді.

5. Клинкердің құрылымдық-фазалық сипаттамаларын жақсарту арқылы цемент материалдарының сапасы мен беріктігі артады.

6. Зерттеу нәтижелері цемент технологиясы және ресурстарды үнемдеу саласында оқыту процесінде және кадрларды дайындауда қолданылады.

Диссертацияның ғылым дамуы бағыттарына немесе мемлекеттік бағдарламаларға сәйкестігі.

Диссертациялық жұмыс BR21882292 - Бағдарламалық-нысаналы қаржыландыру шеңберінде орындалды – «Тұрақты құрылыс саласының интеграциялық дамуы: инновациялық технологиялар, өндірісті оңтайландыру, ресурстарды тиімді пайдалану және технологиялық парк құру».

Докторанттың әрбір тармақты даярлаудағы жеке үлесі мыналарды қамтиды:

- Ұқсас зерттеулер бойынша әдеби деректер талданды;
- Диссертациялық зерттеулердің мақсаты мен міндеттері қалыптастырылды;
- Клинкерді энергия аз жұмсалатын және экологиялық таза әдіспен өндіру үшін әртүрлі көптонналық өндіріс қалдықтары таңдалып, негізделді;
- Қалдықтардың химиялық-минералдық құрамы зерттеліп, оларды цемент өндірісінде пайдалану жолдары негізделді;

- Өнеркәсіптік көптонналық қалдықтар негізіндегі клинкерлерді жоғары температурада синтездеу процестері зерттелді;
- Қалдықтар мен минерализаторлар қосылған қоспаларда негізгі клинкер минералдарын алу процестерін төмен температурада аяқтау негізделді;
- Цемент клинкерін алу үшін аз энергия жұмсалатын шикізат қоспалары және қалдықтарды кәдеге жарату технологиялық схемалары әзірленіп, негізделді;
- Қолданылған өндірістік қалдықтардың зиянсыз екендігі көрсетілді;
- Орындаған диссертациялық жұмыстың қорытындысы қалыптастырылды.

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:

1. Kuandykova, A., Taimasov, B., Potapova, E., Sarsenbayev, B., Kolesnikov, A., Begentayev, M., et al. Production of composite cement clinker based on industrial waste. *Journal of Composites Science*, 2024, vol. 8, July, pp. 257–275. DOI: 10.3390/jcs8070257. Q-2, процентиль -76.

2. Қуандықова А., Жаникулов Н., Таймасов Б., Жакипбаев Б. Ащысай металлургиялық зауытының клинкерін портландцемент клинкерін алуға реттеуші қоспа ретінде қолдануды зерттеу // ҚР ҰҒА баяндамалары. Химия ғылымдары сериясы. – 2023. – №3. – Алматы. – Б. 146–156. – DOI: 10.32014/2023.2518-1483.232.

3. Қуандықова А., Таймасов Б., Жаникулов Н., Потапова Е. Ащысай металлургиялық зауытының клинкерін белитті клинкер синтездеу үшін қолдану // ҚР ҰҒА хабаршысы. Химия және технология сериясы. – 2024. – №1. – Алматы. – Б. 83–93. – DOI: 10.32014/2024.2518-1491.209.

4. Қуандықова А., Таймасов Б., Потапова Е., Жакипбаев Б., Жаникулов Н. Металлургиялық шлактардан алынатын клинкерлердің микроқұрылымын зерттеу // ҚР ҰҒА баяндамалары. Химия ғылымдары сериясы. – 2025. – №2. – Алматы. – Б. 242–257. – DOI: 10.32014/2025.2518-1483.356.

5. Amiraliyev, B., Kuandykova A., Taimasov, B., Potapova, E., and Ainabekov, N. Modern trends in the development of cement production // *Bulletin of the L.N. Gumilyov Eurasian National University. Technical Science and Technology Series*. – Astana, 2024. – No. 2 (151). – pp. 38–58.

6. Kuandykova, A., Taimasov, B., Potapova, E., Dauletiarov, M., and Amiraliyev, B. Investigation of chemical and mineralogical composition and technological properties of industrial waste for cement production // *Proceedings of the X International Annual Conference «Industrial Technologies and Engineering» (ICITE – 2023)*. – South Kazakhstan Science Herald, vol. 2(30). – Shymkent, Kazakhstan, 2025. – pp. 180–184.

7. Қуандықова А.Е., Таймасов Б.Т., Абдуллин А.А., Амиралиев Б.Б. Клинкер мен портландцемент алу үшін өнеркәсіп қалдықтарын қолдану мүмкіндігін зерттеу // «Заманауи құрылыс материалдары, технологиялары және конструкциялары» атты халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференция материалдары. – Оңтүстік Қазақстан ғылым жаршысы. – Шымкент: М. Әуезов атындағы ОҚУ, 2025. – Б. 215–219.

8. Таймасов Б.Т., Даулетияров М.С., Жаникулов Н.Н., Касимбеков Т.А., Қуандықова А.Е., Абдуллин А.А. и др. Сырьевая смесь для получения портландцементного клинкера: Патент на изобретение №36495. – 08.12.2023.

Диссертацияның құрылымы мен көлемі.

Диссертация машинада басылған 149 бетте ұсынылған және 57 кесте мен 16 суреттен тұрады. Ол кіріспеден, бес тараудан, қорытындыдан, пайдаланылған әдебиеттер тізімінен (115 атау), 4 қосымшадан тұрады.