

БД073000 «Құрылыс материалдарын, бұйымдарын және конструкцияларын өндіру» мамандығы бойынша, философия докторы (PhD) дәрежесін алуға арналған Әнуарова Аяулым Дәлелбекқызының диссертациясына

АНДАТПА

«Құрамында кальций және силикат бар химиялық қалдықтар негізінде цемент өндіру технологиясы»

Жұмыстың өзектілігі. Мемлекет басшысы Қасым-Жомарт Кемелұлы Тоқаевтың 2022 жылғы 01 қыркүйекте өткен Қазақстан халқына «Әділетті мемлекет. Біртұтас ұлт. Берекелі қоғам» атты жолдауындағы бірінші бағдары «Жаңа экономикалық саясат» болды, Президентіміз айтқандай: «Біз экономикамызда қордаланған мәселелерді жақсы білеміз. Мысалы, шикізатқа әлі де тәуелдіміз. Еңбек өнімділігі төмен, инновация жеткіліксіз. Ұлттық табыстың игілігін жұрттың бәрі бірдей көріп отырған жоқ. Әрине, мұның барлығы – күрделі мәселелер. Бірақ, оны шешудің нақты жолдары бар. Атап айтсақ, бұл – макроэкономикалық тұрақтылықты қамтамасыз ету, экономиканы әртараптандыру және цифрландыру. Сондай-ақ, шағын және орта бизнес пен адам капиталын дамыту, заң үстемдігін орнықтыру. Сондықтан, тың тәсілдер қажет екені сөзсіз».

Қазақстан Республикасының әлеуметтік-экономикалық дамуы, басқа өркениетті елдердегідей, ғылыми-техникалық прогреске негізделуге тиіс. Экономикалық даму шешуші түрде қоршаған ортаны қорғау проблемаларымен тығыз байланысты, шикізат пен отын-энергетикалық ресурстарға байланысты.

Осыған байланысты қазіргі уақытта технологияның даму жолдарын анықтауда өнім сапасын арттырумен қатар, отынды, энергияны үнемдеуге, барлық салаларда, соның ішінде цемент өндірісінде шикізатты пайдалануды оңтайландыруға көп көңіл бөлінеді. Бұл мәселені тиімді шешу үшін цементтегі алит мөлшерін көбейту керек, оның түзілу реакциясының жылдамдығын тездетіп, бірақ клинкердің күйдіру температурасын көтермеу қажет, ол үшін портландцемент шикізатының дәстүрлі саз компонентінің орнына кальций силикаттары зерттелді. Мұндай заттар ретінде түйіршікті электротермофосфорлы (ЭТФ) қожы зерттелді. Бұл формада материал бұрын зерттелмеген. Эктас-саз қоспасындағы ЭТФ қожының 10%-на дейін қоспаның клинкертүзілу процесіне минералдандырушы әсері бар екені белгілі. Жұмыста эктастың орнына карбидті эк-пушонкасы зерттелген. Сазды шихтадағы эктасты карбитті эк-пушонкасымен алмастырудың оң әсері, негізінен осы жұмысқа дейін де белгілі болған.

Зерттеу әлемдік нарықта сұранысқа ие шикізат ресурстарымен байланысты. Сары фосфорды электротермиялық жолмен өндіргенде, қожды жою түйіндік мәселеге айналады.

Осылайша, цемент өндірісінде кәсіпорындардың қалдықтары түрінде жоғары реактивті кальций силикаттарын қолдану табиғатты ұтымды пайдалану мәселелерін шешіп қана қоймай, мақсатты өнімнің бәсекеге қабілеттілігін арттырып, ел экономикасына инвестициялардың түсуіне ықпал етеді.

Диссертациялық жұмыс «Тұрғын үй-коммуналдық дамудың 2020 – 2025 жылдарға арналған «Нұрлы жер» мемлекеттік бағдарламасын бекіту туралы» Қазақстан Республикасы Үкіметінің 2019 жылғы 31 желтоқсандағы № 1054 қаулысы; «Энергия үнемдеу және энергия тиімділігін арттыру туралы», Қазақстан Республикасының 2012 жылғы 13 қаңтардағы № 541-IV заңы; «Отын-энергетикалық кешенін дамытудың 2030 жылға дейінгі тұжырымдамасын бекіту туралы», Қазақстан Республикасының 2014 жылғы 28 маусымдағы № 724 қаулысына сәйкес орындалды.

Жұмыстың мақсаты - құрамында табиғи кремнезем бар материалдарды түйіршікті ЭТФ қожбен алмастыру арқылы әртүрлі цемент клинкерлерін алудың физика-химиялық негізделген ресурс үнемдейтін технологиясын әзірлеу болып табылады.

Зерттеу міндеттеріне мыналар кіреді:

- температураға байланысты әкті құрамдастармен әрекеттесу кезінде шикізаттың жаңа түрінен клинкер фазаларының және олардың ыдырау өнімдерінің пайда болуының термодинамикалық мүмкіндігін талдау;

- жаңа шикізат қоспаларының реакциялық қабілетін зерттеу, компоненттердің өзара әрекеттесуінің химиясын орнату, температураға байланысты екі- және үшкальцийлі силикаттар түзілу кинетикасын анықтау;

- цементтердің қасиеттерінің өзгермелілігіне құрамы мен күйдіру жағдайларының әсерін зерттеу;

- тұрақтандырылған белиттік клинкер алу үшін шикізат қоспаларын зерттеу;

Зерттеулер нәтижесінде жаңа цементтерді өндіру үшін энергияны үнемдейтін және экономикалық тиімді технологиялық шешімдерді әзірлеу.

Қойылған міндеттерге қол жеткізу әдістері.

Өнертабыстар мен пайдалы модельдерді, патенттерді, авторлық куәліктерді зерделеу, отандық және шетелдік дереккөздерге әдеби шолу, химиялық, оптикалық, рентгендік және термиялық талдау әдістерін жүргізу, аккредиттелген зертханаларда сынақтар жүргізуді қамтиды.

Қорғауға шығарылатын ғылыми нәтижелер (ғылыми ережелер):

- әктас пен фосфор өндірісінің қожынан тұратын шихтадан тұрақты шикізатті шламды алу мүмкіндік шарттарын бағалау және анықтау;

- тұрақтандырылған белиттік клинкер алу үшін жаңа шикізат қоспаларын зерттеу;

- белитті отқа төзімді бұйымдарды дайындаудың технологиялық параметрлерін анықтау.

Диссертацияның ғылыми жаңалығы:

- шикізаттың жаңа түрлерінде күрделі құрамды минералдардың жоғары температурада ыдырауына термодинамикалық талдау. Температураға

байланысты минералдардан, сондай-ақ олардың ыдырау өнімдерінен клинкер фазаларының эккұрамдас бөліктерімен әрекеттесу кезінде пайда болуының термодинамикалық мүмкіндігі анықталды;

- жоғары температуралы клинкер процестері сипатталған. Өртүрлі ҚЕ қоспаларын күйдіру үшін екі- және үшкальцийлі силикаттардың түзілу реакцияларының кинетикасының температураға тәуелділіктері анықталған;

- шламның құрылымдық-механикалық қасиеттері олардың құрамына, ылғалдылығына және дисперсиясына байланысты ЭТФ қожы негізіндегі шикізат қоспаларына қатысты зерттелді. Тұрақтылыққа баға беріледі, шламның орнықтылығын арттыру жолдары (қажет болған жағдайда) көрсетіледі. Ұзақ уақыт сақтау кезінде ЭТФ қождарының дисперстілігі, еруі және гидратациялануы, шламдардың қоюлануы және қатуы зерттелді;

- цементтің жаңа физика-механикалық қасиеттері, сонымен қатар ЭТФ қожынан цементтердің құрылысы мен техникалық қасиеттері зерттелді. Қоспалардың құрамына, клинкердің құрамы мен құрылымына байланысты қасиеттерінің өзгеруі бақыланды;

- өнеркәсіптік айналмалы пештерде әктас-қож шламын күйдіру ерекшелігі белгіленді;

- ЭТФ қожынан жоғары алитті цементтің фазалық құрамының, гидратациясының және катаюының ерекшелігі белгіленді. Термодинамикалық талдауды қамтитын эксперименттік әдістер цемент гидратациясының бастапқы сатысына фосфор пентоксиді қоспасының баяулататын әсерінің себебін анықтады;

- түйіршіктелген ЭТФ қождарынан цементтердің үнемді технологиялары әзірленді, отқа төзімді материалдарды өндіруге жарамды ЭТФ қождарынан тұрақтандырылған белиттік клинкер алу технологиясы ұсынылды.

Диссертацияның практикалық маңыздылығы:

Сазды-әктас қоспаларынан тұратын дәстүрлі портландцемент технологиясына қарағанда, шикізаттың жаңа түрінен (ЭТФ қожы, химиялық өндіріс қалдықтары) цемент алудың үнемді технологиялары әзірленді. Автоклавты немесе төмен сұрыпты ($C_3S \sim 30\%$) байланыстырғыш болып табылатын тұрақтандырылған белиттік клинкер үшін технологиялар жасалды. Сонымен қатар, бұл клинкерлер отқа төзімді материалдарды өндіруге жарамды.

Түйіршіктелген ЭТФ қожы негізінде жоғарыалиті цемент өндірудің технологиялық картасы әзірленді және бекітілді. Бұл технология «Asia central Cement» АҚ Қарағанды цемент зауытында (ҚЦЗ) енгізуге қабылданды. Технологияны енгізуден күтілетін экономикалық тиімділік жылына 240 млн. теңгені құрайды.

Жұмыс нәтижелерін өндіріске енгізу тәжірибесі.

Технология ҚЦЗ-да тәжірибелік-өнеркәсіптік сынақтардан өтті, нәтижесінде портландцемент өндірудің қағидаттық мүмкіндігі белгіленді, осы технология есебінен айтарлықтай экономикалық оңтайлы әсері

байқалды, олар клинкерді күйдіруге отын шығынын азайтып, цемент маркасын және цемент күйдіру пештерінің өнімділігін арттырды.

Ғылыми ережелердің, қорытындылар мен ұсынымдардың негізділігі мен дұрыстығы.

Зертханалық зерттеулер келесі аккредиттелген зертханаларда жүргізілді: Ж. Әбішев атындағы РМК «ҚР МШКҚӨ ҰО» ХМИ зертханалары, Қарағанды қ.; ЖШС «КазЦентрЭкспертиза» базасында «Техникалық құрылғылар мен материалдарды бұзбай бақылау, өлшеу және сынау зертханасы» заманауи жабдықтармен жарақтандырылған сынақ зертханасы, Қарағанды қ.; Гедиминас атындағы ВМТУ құрылыс материалдары институтының зертханалары, Вильнюс қ., Литва. Зертханалық зерттеулердің нәтижелері қорытындылар мен ұсынымдарға сәйкес негізделген, тәжірибелік-өнеркәсіптік сынақтармен расталған.

Жұмыстың қысқаша мазмұны.

Кіріспе жұмыстың өзектілігін негіздейді және зерттеу мақсатын нақты көрсетеді.

Диссертацияның бірінші тарауында ЭТФ қожының сазды құрамдас бөлігін қожбен толық ауыстыру арқылы дәстүрлі емес шикізаттан портландцемент алу мүмкіндігіне талдау жасалды.

Екінші тарауда мақсаттарға жету әдістері сипатталады. Эксперименттік мәліметтер талдаудың химиялық, оптикалық, рентгендік және термиялық әдістерімен алынды.

Үшінші тарауда температураға байланысты әкті құрамдас бөліктермен әрекеттесу барысында жаңа шикізат түрінен клинкер фазаларының және олардың ыдырау өнімдерінің түзілуінің термодинамикалық мүмкіндігіне талдау жүргізіледі;

Төртінші тарауда әктас пен фосфор өндірісінің қожынан тұратын шихтадан тұрақты шикі шламды алу мүмкіндігі мен шарттары бағаланып, нақтыланған. Бұл жағдайда тұрақтылық шламның шихтаның қатты фазаларын суспензияда ұстау қабілетін білдіреді. ЭТФ қожын пайдалана отырып, клинкер және портландцемент өндірудің технологиялық параметрлерін тәжірибелік сынауды әзірлеу нәтижелері ұсынылған.

Бесінші тарау тұрақтандырылған белиттік клинкер алу үшін жаңа шикізат қоспасын зерттеуге арналған, сонымен қатар белиттік отқа төзімді өндірістің технологиялық параметрлері анықталған.

Бұл жұмыс арқылы шешілген көптеген ғылыми-техникалық мәселелер ҚЦЗ технологиялық процестерімен байланысты болды.

Автордың ғылымға қосқан жеке үлесі:

Диссертациялық жұмыстың негізгі нәтижелері 8 баспа жұмысында жарияланған, пайдалы модельге ҚР патенті және 2 авторлық құқық алынды. Нәтижелерді автор өздігімен алды.

Жұмысты апробациялау.

Диссертацияның негізгі ғылыми-техникалық нәтижелері Қарағанды техникалық университетінің профессор-оқытушылар құрамының конференцияларында; жыл сайынғы «Ғылым, білім және өндіріс

интеграциясы – Ұлт жоспарын жүзеге асырудың негізі» Халықаралық ғылыми-практикалық конференциясында (№7 Сағынов оқулары), Қарағанды – 2015 ж.; Халықаралық ғылыми-практикалық конференциясы «Құрылыстағы ғылым, техникалық реттеу және инжиниринг: жағдайы, болашағы», Қарағанды – 2016 ж., жыл сайынғы «Ғылым, білім және өндіріс интеграциясы — Ұлттық жоспарды жүзеге асырудың негізі» атты Халықаралық ғылыми-практикалық конференциясы (Сағынов оқулары №11), Қарағанды – 2019 ж.

Диссертациялық жұмыстың негізгі ережелері 8 баспа жұмыстарында жарияланды, пайдалы модельге ҚР патенті және 2 авторлық құқық алынды. Мақалалар Scopus Shaikezhan A., Anuarova A.D. Belite-containing clinkers from phosphoric slags for refractory materials. Magazine of Civil Engineering. 2022. No. 02. Pp. 11010. doi: 10.34910/MCE.110.10; Shaikezhan A., Anuarova A.D., Antonovic V. Cement slurry from electro-phosphoric slag. Magazine of Civil Engineering. 2020. No. 06. Pp. 9806–9806. doi: 10.34910/MCE.98.6.

Зерттеу нәтижелері оқу үдерісіне енгізілді, атап айтқанда: дәрістерде, курстық және дипломдық жобаларда, «Құрылыс материалдар химиясы», «Цементтің жаңа түрлері», «Өндірістік қалдықтарды бетон және керамика материалдарының технологиясында қолдану». «Прогрессивті құрылыс материалдары мен технологиялары» пәндері бойынша.

Диссертацияның құрылымы мен көлемі:

Диссертация кіріспеден, бес бөлімнен, жалпы қорытындылардан және 128 беттен, 26 суреттен, 44 кестеден, 126 пайдаланылған дереккөздердің тізімінен тұрады.

Жұмыстың нәтижелерін автор өз бетінше алды.

Автор Қарағанды техникалық университетінің «Құрылыс материалдары және технологиясы» кафедра ұжымына, Ж. Әбішев атындағы РМК «ҚР МШКҚӨ ҰО» ХМИ зертханаларына, ЖШС «КазЦентрЭкспертиза» базасында «Техникалық құрылғылар мен материалдарды бұзбай бақылау, өлшеу және сынау зертханасы» сынақ зертханасына, Гедиминас атындағы ВМУ құрылыс материалдары институтының зертханаларына шексіз алғысын білдіреді.

Негізгі қорытындылар:

1. Құрамында кремнезем бар цемент шикізатының жаңа түрі ретінде түйіршіктелген ЭТФ қождары зерттелді. Эктас пен карбидті эк эк құрамдас бөлігі ретінде қызмет етті.

2. Химиялық, кинетикалық және технологиялық зерттеулердің алдында минералдардың қатты фазалық термиялық ыдырауын және клинкер фазаларының түзілуін қамтитын гипотетикалық жоғары температуралық реакциялардың термодинамикалық талдауы жүргізіледі. Талдау шикізаттың жаңа түрін құрайтын барлық негізгі минералдар мен заттарды қамтиды.

3. Алғаш рет портландцемент алу үшін пайдаланылған эктас пен фосфор өндірісінің қожынан тұратын шихтаның дисперсті фазасының концентрациясының реологиялық және серпімді-пластикалық-тұтқырлық

қасиеттеріне әсерін зерттеу, шламның шихтаның қатты фазаларын суспензияда ұстау қабілетін көрсетті.

4. Шикізатты дайындаудың ылғалды әдісімен цемент өндіру үшін фосфор зауыттарының қождарын қолдануға болады. Түйіршікті қож цемент шикізаты ретінде құйылған қождан жақсырақ.

5. Қожды шламның ұнтақталу жұқалығын 02 және 008 електердегі қалдықтардың мөлшерімен бақылау ұсынылады. 008 електегі қалдық 8-14% аралығында болуы керек. Електегі қалдық 02 қолданыстағы нормалардан аспауы керек.

6. Шлам ылғалдылығының төменгі шегіне 37% алу ұсынылады.

7. Қож шламының тұрақтылығына шламды араластырудың қолданыстағы әдістерімен қол жеткізіледі.

8. Тік шлам бассейндеріндегі араластыру режимі қож шламының ерекшеліктерін ескере отырып жүзеге асуы тиіс.

9. Эквивалентті отын шығыны, дымқыл өндіру әдісімен ҚЦЗ-ның әктас-саз қоспасымен салыстырғанда ЭТФ қож қоспаларынан 1 тонна портландцемент клинкерін жағу үшін кемінде 15%-ға азаяды, бұл пилоттық жағдайда расталған.

10. Цемент шикізаты қоспасындағы белгілі табиғи кремнеземді құрамды материалдарды ЭТФ қождармен алмастыру арқылы тұрақтандырылған белиттік отқа төзімділікті алу мүмкіндігін зерттеуге арналған тәжірибелер дәлелденді. Жүктің екінші ингредиенті ретінде әктас та, ауамен сөнген әк те пайдаланылды.

- түйіршіктелген ЭТФ қож негізінен псевдоволластонит шынымен ұсынылғаны көрсетілген. Қождың кристалды фазалары волластонит пен кварцпен ұсынылған;

- құрамында әк бар компоненттері бар ЭТФ қождар қоспаларындағы ЭТФ қождағы термиялық түрлендірулер және клинкер түзілу процестері зерттелген. Химиялық қасиет және кинетика процестері сипатталған. Отқа төзімді материалдарды алудың параметрлері анықталды;

11. $КЕ=0,60-0,85$ болатын белит клинкері зерттелді. Отқа төзімді материалдарды алу үшін $КЕ=0,70$ және $0,75$ күйдіру температурасы $1350-1400^{\circ}\text{C}$ болатын клинкерлер оңтайлы болып табылады;

12. Құрамында белит бар клинкерлер негізінде отқа төзімді материалдар өндірісінің технологиялық параметрлерін анықтау үшін математикалық модель құрастырылды. Оңтайландыру параметрлері ретінде көрінетін тығыздық пен көрінетін кеуектілік таңдалды, ал факторлар өлшем құрамы, қалыптау қысымы, күйдіру температурасы және ұстау ретінде таңдалды.

13. Ең жақсы физикалық және техникалық сипаттамалары бар отқа төзімді материалдарды алу үшін 25% ұсақ фракциясы (0,5 мм-ден аз), 5% орташа - (1-0,5 мм) және 70% ірі - шикізат қоспасын пайдалану қажет. (3-1 мм), 100 МПа қалыптау қысымын қолдану және 1450°C температурада жағу.

14. Тәжірибелік деректер мен математикалық модель негізінде мынадай есептелген физикалық және техникалық параметрлері бар

құрамында белиті бар клинкерлерден жасалған отқа төзімділік ұсынылды: $QE=0,70-P_0 = 22,82\%$, $\rho=2,47 \text{ г/см}^3$; $QE=0,75-P_0 = 23,05\%$, $\rho=2,49\text{г/см}^3$ болғанда. Белиттік клинкерлер отқа төзімді өнімдерді шығару үшін сынақтан өтті, бұл зерттеу нәтижелерін растады.

Теориялық және тәжірибелік зерттеулердің нәтижелері бойынша түйіршіктелген ЭТФ қожынан алиттік клинкерді, сонымен қатар белиттік клинкерді алудың ұтымды технологиялық регламенті әзірленді. Технологиялық және экологиялық тұрғыдан алғанда дәстүрлі технологиямен салыстырғанда ұсынылып отырған өндірістің тиімділігін арттырудың негізгі факторлары белгіленді.