






https://doi.org/10.51885/3134-8041_IACS_2026_1_10

XFTAP 67.15.00

ҚҰРЫЛЫС МАТЕРИАЛДАРЫН ӨНДІРУДЕ МЕТАЛЛУРГИЯЛЫҚ ӨНЕРКӘСІП ҚАЛДЫҚТАРЫН ПАЙДАЛАНУДЫ ТАЛДАУ

АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТХОДОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В ПРОИЗВОДСТВЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

ANALYSIS OF THE USE OF METALLURGICAL INDUSTRY WASTE IN THE PRODUCTION OF BUILDING MATERIALS

Ж.К. Ракижанова ^{1,2*}, Г.М. Рахимова ², А.К. Адунгарова ³,
Ж.Б. Рахимова ², А.Б. Есиркепова ²

¹Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті, Өскемен қ., Қазақстан

²Ө. Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті, Қарағанды қ., Қазақстан

³ХБК Қазақ бас сәулет-құрылыс академиясы, Алматы қ., Қазақстан

*Жауапты автор: Ракижанова Жанар Каримовна, e-mail: janarrak@mail.ru

Түйінді сөздер:

металлургия қалдықтары,
шлак, бетон, құрылыс
материалдары, радиация
өткізбеу, тығыздық,
беріктік.

ТҮЙІНДЕМЕ

Бұл мақалада құрылыс материалдарын өндіруде металлургиялық қалдықтарды, атап айтқанда болаттың, домналық және мыс қождарын пайдалануға арналған ағымдағы ғылыми жарияланымдарға аналитикалық шолу берілген. Осы қалдықтардың физикалық-химиялық қасиеттерін және олардың цементті композиттердің құрылымы мен өнімделік сипаттамаларына әсерін зерттейді. Қожды қайта өңдеудің экологиялық және технологиялық аспектілеріне назар аударылады. Қождарды бетон құрамына қосқандағы механикалық қасиеттері, беріктігі, суғатөзімділігі және белсенділігі бойынша зерттеулердің салыстырмалы талдауы жүргізіледі. Соның нәтижесінде кейінгі зерттеудің негізгі тенденциясы мен бағыттары анықталды, аязға төзімділік-бетонның қату және еріту кезіндегі мыс қожымен әрекеті, қожды енгізу кезінде аса ауыр бетонның радиациялық сәуле өткізбейтіндігі және оның иондаушы сәулелерден қорғану қабілеті бойынша зерттеулерді жүргізуді қажет етеді.

Ключевые слова:

металлургические отходы
шлак, бетон, строительные
материалы, радиационная
непроницаемость,
плотность, прочность.

АННОТАЦИЯ

В статье представлен аналитический обзор современных научных публикации, посвященных использованию отходов металлургической промышленности, в частности стальных, доменных и медных шлаков, в производстве строительных материалов. Рассмотрены физико-химические свойства данных отходов, их влияние на структуру и эксплуатационные характеристики цементных композитов. Особое внимание уделено экологическим и технологическим аспектам вторичного использования шлаков.



© 2026 Ж.К. Ракижанова, Г.М. Рахимова, А.К. Адунгарова, Ж.Б. Рахимова, А.Б. Есиркепова

Бұл жұмыс Creative Commons Attribution 4.0 халықаралық лицензиясы

(CC BY 4.0) бойынша таратылады.

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Проведен сравнительный анализ исследований по механическим свойствам, долговечности и карбонизационной активности шлаков. Определены основные тенденции и направления дальнейших исследований, морозостойкость – поведение бетонов с МШ при замораживании и оттаивании, радиационную непроницаемость особо тяжелого бетона при введении МШ и его способности защищать от ионизирующего излучения не были исследованы и требуют уточнения, дальнейшего исследования.

keywords:

metallurgical waste, slag, concrete, building materials, radiation resistance, density, strength.

ABSTRACT

The article provides an analytical review of modern scientific publications on the use of metallurgical industry waste, particularly steel, blast furnace, and copper slag, in the production of building materials. The article examines the physical and chemical properties of these wastes and their impact on the structure and performance of cement composites. Special attention is given to the environmental and technological aspects of the secondary use of slag. A comparative analysis of studies on the mechanical properties, durability, and carbonization activity of slag is conducted. The main trends and directions for further research have been identified. The frost resistance of concretes with MS during freezing and thawing, as well as the radiation impermeability of heavy concrete with MS and its ability to protect against ionizing radiation (gamma rays and neutrons), have not been studied and require further research.

КІРІСПЕ

Заманауи құрылыстағы өзекті мәселелердің бірі айналмалы экономика қағидағарына негізделген және қоршаған ортаға тигізетін әсерін барынша азайтуға негізделген тұрақты өндіріске көшу болып табылады. Металлургия өндірісінің өсуімен миллиондаған тонна қалдықтар – қож, күл қалдықтары шаң көбейіп келеді. Дәстүр бойынша, бұл қалдықтар айтарлықтай кеңістікті алып экологиялық қауіп тудырады. Қазақстанның тау-кен өнеркәсібіндегі өзекті мәселелердің бірі – техногенді-минералды түзілімдерді өңдеу. Соңғы 80-90 жылда тау-кен және металлургия өнеркәсібінің қалдықтары өнеркәсіптік алаңдарға төгіліп келді. Бұл тек өнеркәсіп салаларымен шектелмейді, энергетикалық сектордың қалдықтары экономикалық бағытына қарамастан, барлық аймақтарда кездеседі. Байыту үрдісінің қалдықтары, жер бетіне шығарылған тқмен сапалы кен, металлургиялық өндіріс кезінде пайда болған қож, клинкер және кек, сондай ақ энергетика секторында қатты отынның жануынан қалған күл мен қож сақталатын қоймалары да елдің барлық аймақтарында бар.

Қазақстанда металлургиялық қалдықтарды, әсіресе қожды құрылыс материалдарына қайта өңдеу өзекті мәселе болып табылады, ол ғылыми-зерттеулерге негізделген, оларды цемент, бетон, жол жабындары және қожблоктың өндәру үшін құнды шикізатқа айналдыратын технологияларды әзірлеу және қолдану арқылы шешіледі, осылайша қоршаған ортаға әсерді азайтады және табиғи ресурстарды сақтайды.

Металл рудаларын балқытқаннан кейінгі қалдықтары металлургиялық қождар деп аталынады. Олардың өндіріс процесіне, руданың химиялық құрамына және басқа да факторларға байланысты әртүрлі қасиеттері бар. Бұл жасанды силикаттар темір, алюминий, кремний, магний, кальций, күкірт, марганец және басқа да оксидтерден тұрады. Бұл оксидтердің пайыздық мөлшеріне және қождың салқындату жылдамдығы мен жағдайларына байланысты олар жанартау пемзасының немесе қатты граниттің қасиеттеріне ие болуы немесе ұнтаққа айналуы мүмкін. Олардың түстері тау

жыныстарының түстеріне ұқсас болуы мүмкін: ақ, сары, қара, жасыл, сұр, қызғылт және тағы басқа түстерде болады. Олардың тығыздығы мен кеуектілігі әртүрлі және ауыр немесе жеңіл болуы мүмкін, салмағы табиғи тастардың салмағына жақын.

Металлургиялық қождар бірнеше санатқа бөлінеді:

Болат шлактары – құрамында кальций, кремний, темір және магний оксидтері бар болат балқыту пештерінің жанама өнімі. Дұрыс термиялық өңдеуден өткенде ол бетондағы толтырғышты жартылай ауыстыра алады, тығыздық пен тозуға төзімділікті арттырады [Li, Y., et al. 2024].

Түйіршіктелген домна шлактары цементке минералды қоспа ретінде кеңінен қолданылады (70 % ға дейін алмастырады). Ол су сіңіруін азайтады және сульфат пен хлорид коррозиясына төзімділігін арттырады (Chen L., 2024).

Мыс қождары ұсақ жіне ірі толтырғыш немесе минералды ұнтақ ретінде пайдаланылады. Ұсақ толтырғышты 30 % ға дейін алмастырғанда беріктіктің жоғарылауы байқалады, бірақ ауыр металдардың шайылу мүмкіндігін ескеру қажет (Jin, Q., et al., 2022).

Қазіргі кезде дүние жүзі бойынша қоқыс үйінділерінде миллиондаған тонна орасан зор құнды қара және түсті металлургия қождары жиналған (Nadine M., 2015), түсті металлургия зауыттарында өндірілетін қождар қара металлургия қождарына қарағанда қоршаған ортаға теріс әсер етуі мүмкін. Сондықтан олардан құнды құрамдастарын алып, немесе олардың мөлшері шамалы болған жағдайда – қожды құрылыс материалдарында қолданып өңдеу мәселесі қазіргі таңда маңызды болып тұр (Caijun Shi, 2008).

Құрылыс индустриясы табиғи ресурстардың (құм, қиыршық тас, цемент) тапшылығына тап болып, өндірістік қалдықтарды құрылыс материалдарына қайта өңдеуге қызығушылық тудыруда. Соңғы жылдардың зерттеулері металлургиялық қождардың жеткілікті беріктікті қамтамасыз ете отырып, дәстүрлі бетон компоненттерін ішінара немесе толығымен алмастыра алатынын растайды. Дегенмен, мұндай материалдар ғылыми негіздеуді – қаіпсіз пайдалану шарттарын анықтауды, химиялық тұрақтылық және олардың қоршаған ортаға әсерін бағалауды талап етеді.

МАТЕРИАЛДАР МЕН ЗЕРТТЕУ ӘДІСТЕРІ

Ғылыми зерттеудің теориялық әдістері- жаңа модельдерді, тұжырымдамаларды, гипотезалар мен идеяларды әзірлеу және құру мақсатында бұрыннан бар ақпарат пен теорияларды тереңірек зерттеу кезінде қолданылды.

Аналитикалық шолу 2008-2025 жылдар аралығындағы Scopus, Web of Science және ScienceDirect халықаралық дерекқорларында индекстелген жарияланымдарды талдауға негізделген. Талдау жетекші журналдардың: Construction and Building Materials, Cement and Concrete Composites, Resources, Conservation and Recycling, Journal of Cleaner Production, Materials, Resources, Conservation & Recycling және т.б жарияланымдарын қамтыды.

Әдістемелік зерттеулер: металлургиялық қождардың түрлері бойынша мәліметтерді жүйелеуге, олардың физикалық-химиялық қасиеттерін салыстыруға, бетонның беріктігіне, су сіңіргіштігіне әсерін талдауға, экологиялық тәуекелдер бойынша нәтижелерді жалпылауға (ауыр металдың шайылуы), сәйкес зерттеу бағыттарын анықтауға мүмкіндік берді.

Түсті металлургиялық қож ретінде КАЗЦИНК мыс өндірісінің қожы қолданылды, жақты ұсатқышта ұсатылып, шарлы диірменде ұнтақтау жүргізілді.

Күрделі тербелмелі жағы бар жақты ұсатқыш, ол материалды қысу және ығысу деформациясы арқылы бұзады. Ұсақталған материалдың өлшемі түбіндегі жақтар арасындағы саңылаумен және материалдың физикалық қасиетімен анықталады. Ол ұсатқыш тиеу бункерінен, корпустан, негіз бен оған орнатылған шатуннан, қабылдау контейнерінен және электр қозғалтқышынан тұрады. Корпустың ішінде негізге және шатунға бекітілген екі жағы бар (1-сурет).



а)



б)

1-сурет. а – жақты ұсатқыш, б – шарлы диірмен

Ескерту – автордың сынау нәтижесінде зертханада түсірілген суреттер

Мыс қожының нақты тығыздығы МЕМСТ 8735-88 «Құрылыс жұмыстарына арналған құм. Сынақ әдістері» бойынша пикнометриялық әдіспен анықталды.

Пикнометриялық әдіс материалдың нақты тығыздығын анықтауға арналған: Сынаққа дайындық- қождың сынамасын шамамен 30г алынады, ол диаметрі 5мм болатын тесіктері бар електен өткізіледі, тұрақты салмаққа дейін кептіріледі, бөлме температурасына дейін салқындатылады, араластырып екіге бөлінеді. Сынақты жүргізу: материалдың әрбір бөлігі таза кептірілген және алдын-ала өлшенген пикнометрге салынады, ол материалмен бірге өлшенеді. Содан кейін пикнометрге тазартылған су құйылады, пикнометр оның көлемінің шамамен 2/3 бөлігін толтырады, ішіндегі материал араластырылады және оны құмды ваннаға сәл көлбеу күйде қойылады. Ауа көпіршіктерін кетіру үшін пикнометрдің ішіндегі материал 15-20 минут қайнатылады. Ауа шығып біткен соң пикнометр сүртіліп, бөлме температурасына дейін салқындатылады, пикнометрдегі белгіге дейін тазартылған су құйылады да өлшенеді. Соңында пикнометр материалдан босатылып жуылады.

Ұнтақталған қождың меншікті беті ПСХ-10А құрылғысымен ау өткізгіштігі әдісін қолдана отырып, ұнтақталған материалдың меншікті бетін анықтау жүргізілді. Ұнтақ үлгісі арнайы кюветаға салынып, белгілі бір биіктік пен тығыздыққа дейін тығыздалады. Тығыздалған қабат арқылы ауаның өту уақыты арқылы есептеледі.

НӘТИЖЕЛЕР ЖӘНЕ ОЛАРДЫ ТАЛҚЫЛАУ

Түсті металлургияның қалдықтары қара металлургияның қалдықтарына қарағанда байланыстырғыш және бетон бұйымдарын өндіруде минералды қоспалар ретінде кеңінен қолданыс таба алмады (Jushkov B.S., Semenov S.S, 2014). Қазіргі уақытта мыс балқыту қождарының негізгі кәдеге жаратылуы оларды химия және керамика өнеркәсібінде пайдалану болып табылады. Мыс қождары -цемент немесе толтырғыштарды ішінара және толық ауыстыру ретінде құрылыс индустриясында болашағы зор болуы мүмкін қалдық болып саналатын материал. Бұл штейнді балқыту және мысты тазарту кезінде алынатын жанама өнім. Өндірілетін әрбір тонна мыс үшін жанама өнім ретінде шамамен 2,2-3 тонна мыс қожы түзіледі. Бұл қоршаған ортаға теріс әсер етеді және қайта өңдеуді, яғни оны өндірісте қайта қолдануды қажет етеді. Қайта өңдеудің негізгі бағыттары мен технологияларын қарастырсақ: цемент өнеркәсібінде- металлургиялық қождар цемент қоспаларындағы клинкердің бір бөлігін алмастыра алады, бұл белсенді түрде зерттеліп және қолданылып келеді; құрылыс композиттерін өндіруде - қождар қож-полимерлі

бетон, жеңіл толтырғыштар, қож блоктарын жасауда, сондай-ақ ауыр бетонға қоспа ретінде қолданылуда; жол құрылысында – түйіршіктелген қождар асфальт бетон қоспаларына, жол негіздері мен жағалауларға толтырғыш ретінде қожды портланд-цементтерде – қожды цемент қоспаларына өңдеп қосу бағыттарында қолданылыс табуда.

Қазіргі уақытта ұсақ ұнтақталған мыс қождарын минералды қоспа ретінде пайдаланғанда бетон құрылымының және беріктігінің көрсеткіштеріне әсерін анықтау бойынша зерттеулер жүргізілуде (Kravcov A.V., 2015).

Әдебиеттерді шолу, көптеген елдердің ғалымдарының байланыстырғыш заттарды металлургиялық қалдықтармен ауыстыру мәселелерімен айналысқанын көрсетеді, олардың кейбіреулері (Jin, Q., et al., 2022, Khalifa S. 2009) құмның орнына мыс қожын қосып жоғары эксплуатациялық сипаттамалары бар бетон қасиеттеріне әсерін зерттеген. Мұнда мыс қожының мөлшері жоғарылағанда өнімділігі жоғары бетонның тығыздығы 5 % артады, ал мыс қожының пайыздық сипаты жоғарылағанда жұмыс қабілеттігі тез артады. Құмды мыс қожымен 50 % дейін алмастырғанда, бастапқы бақылау қаспасымен бірдей беріктік берген. Зерттеушілер Мостафа Ханзади және Али Бехнуд (Mostafa Khanzadi, Ali Behnoud, 2009) мыс қожын беріктігі жоғары бетонда ірі толтырғыш ретінде қолдану мүмкіндіктерін қараған, мыс қожын ірі толтырғыш ретінде пайдалану жоғары тығыздықты, берік және жақсы өнімділік сипаттамалары бар бетон алуға болады деген қорытындыға келген. Табиғи қиыршықтасты мыс қожымен оңтайлы ауыстыру қысу кезіндегі беріктігін арттырады және толтырғыш бөлшектері мен цемент тасы арасындағы адгезияны жақсартады. Дегенмен, толық ауыстыру бетонның кейбір қасиеттерінің – су сіңіргіштігінің, созу беріктігінің нашарлауына әкелген. Martyna Nie зерттеуі өздігінен тығыздалатын бетонда ірі толтырғыштың орнына мыс қождарын пайдалану экономикалық пайда әкелетінін көрсетті. Талдау көрсеткендей, өздігінен тығыздалатын бетонда мыс қождарын ірі толтырғыш ретінде пайдалану техникалық және экономикалық тұрғыдан тиімді, ірі толтырғышты қожбен толық ауыстырған қоспа ең жақсы беріктік қасиеттерін көрсеткен - 28 күннен кейін қысу беріктігі бақылау үлгісімен салыстырғанда 27 %-ға артқан, мыс қождарын пайдалану өндіріс шығындарын 19 %-ға төмендеткен. Одан әрі тағы зерттеушілер (Kravcov A.V., 2015, Yimmi Fernando Silva, 2024) мыс балқыту қожының бетондағы қосымша байланыстырғыш зат ретінде әсерін және оның бетонның физикалық-механикалық қасиеттеріне қысқа мерзімді қатаю кезеңдерінде цемент тасының құрылымды қалыптастыру процесіне минералды қоспа түрінде әсерін зерттеген. Ұсақ ұнтақталған мыс балқыту қожын қолдану арқылы бетонның беріктігінің өсу динамикасын зерттеудің алынған нәтижелері қоспаның портландцементпен белсенді химиялық реакцияларға түсуін көрсетеді, бұл бетонның беріктік сипаттамаларына оң әсер еткен. Келесі авторлар (Chen, L., 2024, Ахметжанов Т.Б., 2019) қара металлургия қалдықтарынан цементсіз байланыстырғыш ретінде домна пешінің түйіршіктелген қожын 30-70-90 % ретінде пайдаланады. Зерттеу нәтижесінде түйіршіктелген қожды, әкті, гипсті және С-3 суперпластификаторын байланыстырғыш ретінде бетонға қолдану суды аз қажет ететін жаңа әк-шлакты байланыстырғыш алған. Li Y. et al., 2024 ауыр бетон үшін толтырғыш ретінде 0-100 % дейін алмастырумен болат қожын зерттеген, 30-50 % ауыстыру кезінде қысу беріктігі 10-15 %-ға, тығыздығы артқан, қожды термиялық өңдеу мен карбонизациялауды ұсынады.

Металлургиялық шлак құрылыс индустриясы үшін болашағы зор қайталама шикізат болып табылады. Аналитикалық талдау 15-50 % аралығында оңтайлы мөлшерлеу бетонның физикалық және механикалық қасиеттерін жақсартатынын көрсетеді. Қолдану алдын ала өңдеуді қажет етеді (ұсақтау, ұнтақтау, белсендіру).

Аналитикалық зерттеу нәтижелері мыс қожын зерттеген ғалымдардың келесі оң аспектілерін көрсетеді: экологиялық пайдасы- өнеркәсіптік қалдықтардың көлемін және табиғи ресурстарды тұтынуды төмендетеді; ұзақтөзімділіктің жақсартылуы бетонның

тығыз микроқұрылымының қалыптасуына ықпал етеді, өткізгіштігін төмендетіп және агрессивті ортаға төзімділігін арттырады, мыс қожының кедір-бұдыр бетінің арқасында шлак бөлшектері мен цемент матрицасы арасындағы жақсы адгезия болады, пуцоландық белсенділік және толтырғыш әсеріне байланысты қатаюдың соңғы кезеңдерінде беріктіктің жоғарылауы, қоспаның жайылымдылығының жақсаруы және су қажеттілігінің төмендеуі; пайдалану қауіпсіздігі: қатайғаннан кейін мыс шлактарынан ауыр металдар цемент тасының құрылымында бекітіледі және шайылып кетпейді. Ал кемшіліктеріне: қождың төмен белсенділігіне байланысты бетонның алғашқы беріктігінің төмендеуі, шамадан тыс қож мөлшері кеуектілікті арттырып, механикалық қасиеттерін нашарлатуы, су сіңіруінің жоғарылауы және кеуектердің пайда болуы, қышқылдық жағдайда ауыр металды шаймалаудың ықтимал қаупі, қождың реактивтілігін арттыру үшін қосымша белсендіру қажеттілігі, қождың физикалық-химиялық қасиеттерінің алған жеріне байланысты құрамын және сапасын бақылауын талап етілуі. Нәтижесінде келесі бағыттар бойынша: аязға төзімділігі – бетонның қату және еріту кезіндегі қожбен әрекеті; аса ауыр бетонның құрамына қожды енгізгенде радиациялық сәуле өткізбейтіндігі және оның иондаушы сәулелерден (гамма – сәулелер, нейтрондар) қорғау қабілеті бойынша зерттеулер жүргізілмеген.

Қазіргі уақытта ядролық технологиялар әртүрлі салаларда, соның ішінде ауыл шаруашылығында, өнеркәсіпте, ғылыми-зерттеу зертханаларында және медицинада кеңінен қолданылады. 1990 жылдардан бастап Қазақстанда атом элетр станциясын салу аймақтың өзін-өзі энергиямен қамтуды қамтамасыз ететін маңызды экономикалық жоба болып саналды. Жоспар бойынша құрылыс кезінде ең жоғары халықаралық стандарттарға сәйкес келетін заманауи технологиялар мен материалдарды қолдану болып табылады. АЭС құрылысы-бұл сапа мен қауіпсіздіктің халықаралық стандарттарына сәйкестікті талап ететін ұзақ мерзімді жоба. Қазақстанда АЭС салу үшін, барлық жердегі сияқты, ерекше жоғары сапалы материалдар қажет болады: жоғары маркалы бетон, реактор мен қорғаныс қабаттары үшін арнайы болаттар, сондай ақ қазіргі заманғы гидроқшаулағыш және жылуқшаулағыш материалдар; сонымен қатар құрылыс секторындағы отандық ресурстар мен күзіреттерді барынша пайдалануды көздейді. Әсіресе құрылымдық материалдарға талаптар жоғары: радиациялық сәуледен қорғауға арналған жоғары беріктіктегі арнайы бетон маркалары, іргетастар. Осыған орай атом элетр станциясын салу үшін иондаушы сәулелерді(гамма-сәулелер, нейтрондар) әлсірететін сәуле өткізбейтін материалдар қажет. Гамма - сәулеленуден қорғаудың тиімділігі ең алдымен материалдың тығыздығына және ауыр элементтердің болуына байланысты.

Тығыз толтырғыштарды қолдану есебінен аса ауыр бетон жоғары тығыздыққа ие. Гидратталған бетон түрлерінде химиялық байланысқан судың жоғарылығы сонымен қатар нейтрондарды тиімді баяулатады және жұтады. Аса ауыр бетонның сәуле өткізбейтіндігі оның иондаушы сәулеленуді бөгеуі немесе әлсіретуі, адамдарды, жабдықты және қоршаған ортаны оның зиянды әсерінен қорғау қабілетін білдіреді.

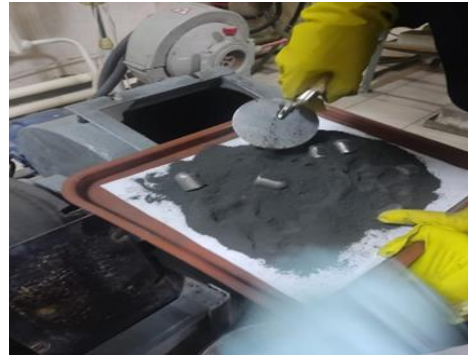
Бұл қасиет материалдың жоғары тығыздығына (2500 кг/м^3 -тан астам) және ауыр толтырғыштарды қолданатын арнайы композицияға байланысты.

Мыс қожының тығыздығын анықтау үшін жақты ұсақтағышта ұсақтап, содан кейін шарлы диірменде 8 сағат ұнтақтау жүргізілді. 2-суретте КАЗЦИНК өнеркәсібінің мыс қождары көрсетілген.

Пикнометриялық әдіс – пикнометр деп аталатын арнайы калибрленген шыны ыдыста үлгіні өлшеу арқылы сұйықтықтардың, қатты заттардың және газдардың тығыздығын анықтауға арналған дәл зертханалық әдіс. Әдіс берілген көлемді алып жатқан заттың массасын өлшеуді және оны Архимед принципі мен ығысу заңына негізделген сол температурадағы сол көлемдегі тазартылған судың массасымен салыстыруды қамтиды.



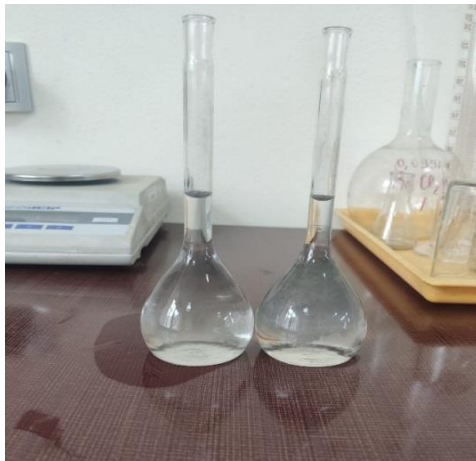
а)



б)

2-сурет. а – Мыс балқыту қождары, б – шарлы диірменде ұнтақтау
Ескерту – автордың сынау нәтижесінде зертханада түсірілген суреттер

Мыс балқыту қожының нақты тығыздығы пикнометриялық әдіспен анықталды, нәтижелер материалдың жоғары нақты тығыздығын көрсетті (3-сурет).



3-сурет. Пикнометриялық әдіспен нақты тығыздықты анықтау
Ескерту – автордың сынау нәтижесінде зертханада түсірілген суреттер

Пикнометриялық әдіс бойынша нақты тығыздық (ρ) г/см³ келесі формула бойынша анықталады:

$$\rho = \frac{(m - m_1)\rho_B}{m - m_1 + m_2 - m_3}$$

Мұнда m – пикнометрдің қожбен бірге салмағы, m_1 – бос пикнометрдің салмағы, m_2 – тазартылған сумен пикнометрдің салмағы, m_3 – ауа көбіктерін кетіргеннен кейінгі пикнометрдің қожбен және тазартылған сумен салмағы, ρ_B – судың тығыздығы, 1 г/см³ тең. Сынаудың орташа мәнін табу үшін, сынақ екі пикнометрде бірдей жүргізілді.

№ 1 ші пикнометрдің мәндері: $m = 48,8$, $m_1 = 34,0$, $m_2 = 135,2$, $m_3 = 146,0$

$$\rho = \frac{(48,8 - 34,0) * 1}{48,4 - 34,0 + 135,2 - 146,0} = \frac{14,4 * 1}{3,6} = 4$$

№ 2 ші пикнометрдің мәндері: $m = 53,0$, $m_1 = 37,8$, $m_2 = 137,8$, $m_3 = 149,0$

$$\rho = \frac{(53,0 - 37,8) * 1}{53,0 - 37,8 + 137,8 - 149,0} = \frac{15,2 * 1}{4} = 3,8$$

Сынаудың орташа мәнін табу:

$$\rho_{cp} = \frac{4 + 3,8}{2} = 3,9 \text{ г/см}$$

Нәтижесі осы тектес қождардың стандартты мәндерінің жоғарғы шекарасына жақсы сәйкес келеді, бұл өлшеудің жоғары дәлдігін және қож үлгісіндегі ауыр металл оксидтерінің жоғары мөлшерін көрсетеді. Оның жоғары тығыздығы аса ауыр бетондар өндірісінде ірі толтырғыш ретінде қолдануға жарамдылығын көрсетеді.

Ары қарай ПСХ-10А аспабының көмегімен материалдың меншікті беті анықталды.

Жаңа материалдар химиялық және физикалық қасиеттерін мұқият бақылауды қажет ететін салаларда барған сайын қолданылуда. Мұндай материалдардың сапасы мен тиімділігін бағалаудың маңызды параметрлерінің бірі – олардың меншікті бетінің ауданы.

Меншікті бет ауданы – дисперсті материалдардың сипаттамасы, ол дисперсті фазаның бірлік массасына немесе көлеміне шаққандағы бетаралық бет ауданын көрсетеді. Меншікті бет ауданы неғұрлым жоғары болса, химиялық реакциялар мен сұйықтықтар мен газдармен әрекеттесуді қоса алғанда, әртүрлі процестер үшін қолжетімді белсенді бет ауданы соғұрлым көп болады. Меншікті бет ауданы сорбенттердің, катализаторлардың, құрылыс материалдарының, ұнтақтардың және наноматериалдардың қасиеттерінде маңызды рөл атқарады. Меншікті бет ауданы материалдың кеуектілігіне тікелей байланысты: кеуектілік неғұрлым жоғары болса, сыртқы әсерлерге қолжетімді бет ауданы соғұрлым көп болады.

Меншікті бетін анықтауға арналған мәліметтер: салмағы $m = 10,5$ грамм сынама дайындау, тығыздығы 3,9 г/см³ тең, материал қабатының биіктігі $h = 0,8$ тең. Құрылығның тұрақты мәнін, сынама салмағын, қабат биіктігін, материалдың тығыздығын және ұнтақ қабаты арқылы берілген ауа көлемінің өту уақытын қолдана отырып, құрылғы автоматтандырылған әдіспен материалдың меншікті бетін анықтады, меншікті бетінің көрсеткіші 724 см²/г тең болды (3-сурет).



а)



б)



в)

3-сурет. ПСХ-10А құрылғысымен меншікті бетті анықтау:

а – сынама тығыздалған аспап құрылғысы кювета, б – мыс қожы,

в – ПСХ-10А құрылғысы есептеу көрсеткішімен

Ескерту – автордың сынау нәтижесінде зертханада түсірілген суреттер

Меншікті бетінің төмен көрсеткіші материалдың ірі ұнтақталғанын көрсетеді. Меншікті бетінің ауданы ұсақтау дәрежесіне тура пропорционал. Бөлшектер неғұрлым ұсақ болса, соғұрлым олардың бірлік салмақтағы жалпы бетінің ауданы артады, ал меншікті бетінің ауданы жоғары болады.

ҚОРЫТЫНДЫ

Мыс балқыту зауытының қождары (МК), әдетте, ауыр металл құрамына қойылатын экологиялық талаптарға сай келеді және құрылыс материалдарында қауіпсіз пайдаланылуы мүмкін. Зерттеулер көрсеткендей, МК цемент негізіндегі композиттерге қосылған кезде, ауыр металдар адсорбция, капсуляция және иондық алмастыру арқылы материал құрылымында мықтап бекітіліп, олардың шайылуы мен қоршаған ортаға қауіптерін іс жүзінде жояды.

Мыс қождары – мысты балқыту мен тазартудың жанама өнімі. Мыс қождарын қолданудың кең таралған әдістеріне қайта өңдеу, металды қалпына келтіру және абразивті құралдар, шатыр түйіршіктері, кескіш құралдар, абразивтер, плиткалар, әйнек, жол негізін салу, теміржол балласты және асфальт төсемдері сияқты қосылған құнды өнімдерді өндіру жатады. Мыс қождарын қайта пайдалану қарқынының артуына қарамастан, оның жылдық өндірісінің көп бөлігі әлі күнге дейін қоқыс полигондарына немесе қоймаларға тасталады. Мыс шлағын қайта пайдаланудың ең перспективалы қолданылу салаларының бірі – цемент және бетон өндірісі. Көптеген зерттеушілер цемент, ерітінді және бетон өндірісінде мыс қождарын клинкер, цементті алмастыру және ірі және ұсақ толтырғыштар үшін шикізат ретінде пайдалануды зерттеді. Цемент пен бетонда мыс қождарын пайдалану барлық байланысты салаларға, әсіресе мыс қожының айтарлықтай мөлшері өндірілетін аймақтарға әлеуетті экологиялық және экономикалық пайда әкеледі.

Бетондағы ұсақ толтырғыштың орнына мыс балқыту зауытының қожын - оңтайлы мөлшерлеу (30-40%), жеткілікті су/ц қатынасы және қатаю уақыты сақталған жағдайда пайдалану перспективалы және негізделген. Бұл экологиялық және техникалық артықшылықтарды ұсынады. Дегенмен, қож сапасымен, қоспаның қасиеттерінің тұрақтылығымен және рұқсат етілген пропорциялардан асып кеткен кездегі ықтимал нашарлаумен байланысты тәуекелдерді ескеру қажет.

Мақаланы қорытындылай келе, көптеген зерттеушілердің мыс қождарын бетон құрамына қосу зерттеулерінің әртүрлі этапта жүргізілгендігін, бетонның эксплуатациялық қасиеттеріне әсерін анықтағандарын және де қай бағытта зерттеулердің болмағанын қарастырдық.

Мыс қожы бойынша ары қарай зерттеулер -оны аса ауыр бетон үшін ірі толтырғыш ретінде қолданудың теориялық және эксперименттік бағытында оның радиациялық сәулелерді (гамма-сәулелер, нейтрондар) өткізбеушілігін, қорғау қабілетін айқындайтын болады.

МҮДДЕЛЕР ҚАҚТЫҒЫСЫ: Авторлар мүдделер қақтығысының жоқтығын айтады.

ҚАРЖЫЛАНДЫРУ: Қаржыландыру көзі болмады

АЛҒЫС: Авторлар әріптестеріне әдістемелік қолдау және пайдалы талқылаулар үшін, сондай-ақ мақаланың сапасын жақсартуға ықпал еткен құнды ескертулер үшін анонимді рецензенттерге алғыс білдіреді.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- Piatak N. M., Parsons M. B. & Simons R. R. (2015). Characteristics and environmental aspects of slags: A review. *Applied Geochemistry*, 57, 236–266.
- Shi C., Meyer C. & Benoud A. (2008). The use of copper slags in the production of cement and concrete. *Resources, Conservation & Recycling*, 52(10), 1115–1120.
- Юшков Б. С., Семенов С. С. Применение отходов металлургических предприятий для производства бетона // Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе. 2014. Т. 1. С. 556–558. // Jushkov B. S. & Semenov S. S. (2014). Primenenie othodov metallurgicheskikh predpriyatii dlya proizvodstva betona [Application of metallurgical enterprise waste for concrete production]. *Modernizatsiya i nauchnye issledovaniya v transportnom komplekse*, 1, 556–558. (In Russ.).
- Кравцов А. В., Виноградова Е. А., Бородин А. М., Цыбакин С. В. Исследование динамики набора прочности бетона с использованием отходов медеплавильного производства // Промышленное и гражданское строительство. 2015. № 9. С. 47–50. // Kravtsov A. V., Vinogradova E. A., Borodina L. M. & Tsybakin S. V. (2015). Issledovanie dinamiki nabora prochnosti betona s ispol'zovaniem otkhodov medeplavil'nogo proizvodstva [Study of

- strength gain dynamics of concrete using copper-smelting waste]. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*, 9, 47–50. (In Russ.).
- Li Y. et al. (2024). A review of the application of steel slag in concrete. *Construction and Building Materials*.
- Ren Z. et al. (2023). Application of steel slag as an aggregate in concrete. *Journal of Cleaner Production*.
- Jin Q. et al. (2022). A review of the influence of copper slag on the properties of concrete. *Materials*.
- Biava G. et al. (2024). Accelerated carbonation of steel slag and their valorisation. *Resources, Conservation & Recycling*.
- Godbole P. et al. (2025). Industrial slags: Hazard potential and reuse options. *Environmental Materials Review*.
- Chen L. (2024). Conversion of waste into sustainable construction materials: A comprehensive review. *ScienceDirect*.
- Al-Jabri K. S., Hisada M. & Al-Saidi A. H. (2009). Copper slag as a substitute for sand for high-performance concrete. *Cement and Concrete Composites*.
- Khanzadi M. & Behnoud A. (2009). Mechanical properties of high-strength concrete with the addition of copper slag as a coarse aggregate. *Construction and Building Materials*, 23(6), 2183–2188.
- Silva Y. F., Burbano-Garcia C., Araya-Letelier G. & Gonzalez M. (2024). Short- and long-term experimental characteristics of concrete with copper slag: Evaluation of mechanical and physical properties. *Case Studies in Construction Materials*, 20.
- Aubakirova Z., Rakhimov M., Rakhimova G., Kulisz M. & Muzdybayeva T. (2024). Development of composition of fine-grained concrete based on ash-and-slag wastes for additive technology of manufacturing small architectural forms. *Technobius*, 4(4), 69. <https://doi.org/10.54355/tbus/4.4.2024.0069>
- Rahimov M.A., Aubakirova Z.A., Bakirbaeva A., Kulisz M. & Aldungarova A.K. (2023). Fine-grained concrete based on waste from thermal power plants and metallurgical enterprises of the East Kazakhstan region. *Bulletin of D. Serikbayev East Kazakhstan Technical University*, 1, 313–323. https://doi.org/10.51885/1561-4212_2023_4_313

Авторлар туралы мәліметтер
Информация об авторах
Information about authors



Ракижанова Жанар Каримовна – Ә. Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университетінің докторанты, Қарағанды қ., Қазақстан

Ракижанова Жанар Каримовна – докторант Карагандинского технического университета имени Ә. Сағынова, г. Караганда, Казахстан

Rakizhanova Zhanar – PhD student at A. Sagynov Karaganda Technical University, Karaganda, Kazakhstan

e-mail: janarrak@mail.ru,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9930-7007>,



Рахимова Галия Мухамедиевна – техника ғылымдарының кандидаты, «Ә.Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті», Қарағанды, Қазақстан

Рахимова Галия Мухамедиевна – кандидат технических наук, Карагандинский технический университет имени А. Сагинова, Караганда, Казахстан

Rakhimova Galiya Mukhamedievna – Candidate of Technical Sciences, A.Saginov Karaganda Technical University, Karaganda, Kazakhstan,

e-mail: g.rakhimova@ktu.edu.kz,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0947-0212>



Алдунгарова Алия Кайратовна – Қауымдастырылған профессор, доктор (PhD), халықаралық білім беру корпорациясының (ХББК, ҚазБСҚА) құрылыс мектебінің зерттеуші профессоры, Алматы қ., Қазақстан

Алдунгарова Алия Кайратовна – Ассоциированный профессор, доктор (PhD), Профессор-исследователь Школы строительства Международной образовательной корпорации (МОК, КазГАСА), г. Алматы, Казахстан

Aldungarova Aliya Kairatovna – Associate Professor, Doctor (PhD), Research Professor at the School of Construction of the International Educational Corporation (IOC, KazGASA), Almaty, Kazakhstan

e-mail: Liya1479@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9248-7180>



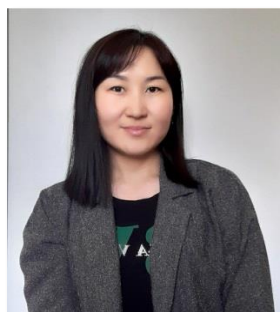
Рахимова Жанара Байболсыновна – техника ғылымдарының магистрі, «Ә. Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті», Қарағанды қ., Қазақстан

Рахимова Жанара Байболсыновна – магистр технических наук, Карагандинский технический университет имени А. Сагинова, г. Караганда, Казахстан

Rakhimova Zhanara Baybolsinovna – Master of Technical Sciences, A.Saginov Karaganda Technical University, Karaganda, Kazakhstan,

e-mail: zh.rahimova@ktu.edu.kz,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9263-4278>



Есиркепова Айым Бакытбековна – PhD докторы, «Ә. Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті», Қарағанды қ., Қазақстан

Есиркепова Айым Бакытбековна – доктор PhD, Карагандинский технический университет имени А. Сагинова, г. Караганда, Казахстан

Yessirkepova Aiyim Bakytbekovna – Doctor of PhD, A.Saginov Karaganda Technical University, Karaganda, Kazakhstan,

e-mail: yessirkepova85@mail.ru ,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4524-5135>