

TECHNICAL SCIENCES

FORMATION OF STRUCTURE FORMATION AND STRENGTH OF ARBOLITOBETON COMPOSITES UNDER THE INFLUENCE OF LONG-TERM LOADS BASED ON ACTIVE IRON-SULFUR COMPOUNDS

Isakulov B.

Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Design and Construction at Baishev University, Aktobe, Kazakhstan

Issakulov A.

PhD, Senior Lecturer at the Department of Transport Engineering, Transportation Management and Construction, Aktobe Regional University named after K. Zhubanov, Aktobe, Kazakhstan.

БЕЛСЕНДІ ТЕМІР-КҮКІРТ ҚҰРАМДЫ ТҮТҚЫРЛАР НЕГІЗІНДЕ ҰЗАҚ МЕРЗІМДІ ЖҮКТЕМЕ ӘСЕРІНЕ АРБОЛИТОБЕТОН КОМПОЗИТТЕРІНІҢ ҚҰРЫЛЫМ ТҮЗУІ МЕН БЕРІКТІГІНІҢ ҚАЛЫПТАСУЫ

Исакулов Б.Р.

Техника ғылымдарының докторы, Баишев университетінің «Дизайн және құрылыс» кафедрасының профессоры, Ақтөбе, Қазақстан.

Исакулов А.Б.

PhD, Қ.Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университетінің «Көлік техникасы, тасымалдауды ұйымдастыру және құрылыс» кафедрасының аға оқытушысы, Ақтөбе, Қазақстан.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.20448101>

Abstract

The article examines the problems of obtaining iron-sulfur viscous substances by the method of mutual neutralization and detoxification, as a result of their mechanochemical processing, as well as the stages of formation and solidification of arbolitobeton composites prepared on the basis of oil production and metallurgical industry waste under long-term load conditions. The method of mutual neutralization and detoxification of toxic components of industrial waste by mechanochemical processing at low temperatures was used to obtain iron-containing astrin-gents. If the oxidative properties are performed by pyrite annealing, then the regenerating properties are acquired by technical elemental sulfur.

Аннотация

Мақалада темір-күкірт құрамды тұтқыр заттарды өзара бейтараптандыру және детоксикациялау әдісі арқылы, олардың механохимиялық өңдеу нәтижесінде алу мәселелері, сондай-ақ мұнай өндіру және металлургия өнеркәсібі қалдықтары негізінде дайындалған арболитобетон композиттерінің құрылым түзу және қату сатылары ұзақ мерзімді жүктеме жағдайында зерттеледі.

Темір-күкірт құрамды тұтқырларды алу үшін өнеркәсіптік қалдықтардың уытты компоненттерін төмен температурада механохимиялық өңдеу арқылы өзара бейтараптандыру және детоксикациялау әдісі қолданы. Тотығу қасиеттерін пирит күйдірілдісі атқарса, қалпына келтіруші қасиетке техникалық элементтік күкірт ие болады.

Keywords: iron-sulfur, arbolitobeton, mechanochemical processing.

Кілт сөздер: темір-күкірт, арболитбетон, механохимиялық өңдеу

Кіріспе

Құрылыс көлемінің үнемі артуына байланысты құрылыс материалдары мен бұйымдарына деген сұраныс та күннен-күнге өсіп келеді. Осыған орай, құрылыс конструкцияларының, әсіресе қоршаушы элементтердің массасын азайту үрдісі байқалуда. Бұл жеңіл бетондарды, соның ішінде төмен тығыздықпен ($550-650 \text{ кг/м}^3$) және жергілікті жоғары беріктікпен (тиісінше $3,0-5,0 \text{ МПа}$) сипатталатын жеңіл арболитобетон композиттерін қолдану есебінен жүзеге асырылады [1-5].

Алайда аталған еңбектерде жоғары тұтқыр зат шығыны кезінде дайын материалдың салыстырмалы түрде төмен беріктігі мәселесі шешілмеген. Сондай-ақ бұйымдардың қалыптан босату беріктігін алу мәселесі толық шешілмеген, соның салдарынан оларды қосымша түрде жылы жерде

кемінде 7 тәулік (жаз мезгілінде) және 7 тәуліктен артық (қыс мезгілінде) ұстау қажеттілігі туындайды.

Соңғы уақытта өндірістік қалдықтардың көлемін азайтып, оларды барынша тиімді пайдалануға мүмкіндік беретін технологиялық процестер мен схемаларды әзірлеуге ерекше көңіл бөлінуде [5-10]. Бұл, әсіресе, өнеркәсіп пен ауыл шаруашылығы қалдықтары мол өңірлер үшін өзекті мәселе болып табылады. Мұндай өңірлерге Қазақстанның батыс және шығыс аймақтары жатады, мұнда жыл сайын металлургия, мұнай-химия және тау-кен өнеркәсібінен шыққан көп тоннажды улы қалдықтар жиналып, қоршаған ортаны ластауда [10-12].

Бұл қалдықтарды, әсіресе мұнай-газ өндірістерінің қалдығы болып табылатын техникалық күкіртті қайта өңдеу және пайдалану құрылыс материалдары өндірістерінде екінші реттік шикізатты қолдану мүмкіндігін зерттеу тұрғысынан үлкен қызығушылық тудырады.

Әдеби дереккөздерге жасалған талдау мен алдыңғы тәжірибелік-зертханалық жұмыстардың нәтижелері техникалық күкірт негізінде жоғары тиімді құрылыс материалдарын алудың және олардың өндіріс технологияларын әзірлеудің өзектілігін көрсетеді. Осы себепті, құрылыс материалдарының құрамында қолданылатын күкіртқұрамды уатты қалдықтарды детоксикациялау бойынша қосымша эксперименттік зерттеулер жүргізу, сондай-ақ ұзақ уақыт әсер ететін жүктеме жағдайында темір-күкіртқұрамды арболитобетон композиттерінің беріктік түзілуін, деформация және бұзылу механизмін зерттеу қажет.

Шешілмеген ғылыми мәселелерді талдай отырып, осы зерттеудің мақсаты – механохимиялық өңдеу әдәсі арқылы темір-күкіртқұрамды тұтқыр заттарды әзірлеу, сондай-ақ ұзақ мерзімді жүктеме әсеріндегі арболитобетон композиттерінің құрылым түзілуі мен қату сатыларын зерттеу болып табылады.

Мақсатқа жету үшін келесі міндеттер қойылды: арболитобетон композиттері құрамында қолдану үшін механохимиялық өңдеу әдісімен алынған темір-күкіртқұрамды тұтқыр заттардың құрамын әзірлеу және олардың қасиеттерін зерттеу.

Материалдар мен тәжірибелік-зертханалық жұмыстарда қолданылған әдістер

Тәжірибелік-зертханалық зерттеулер жүргізу үшін мемлекеттік стандарт ГОСТ 31108-2003 талаптарына сәйкес келетін Шымкент цемент зауытының 500 маркалы портландцементі пайдаланылды.



Зерттеулер барысында сондай-ақ Қазақстан кәсіпорындарының өндірістік қалдықтары – шламдар мен қатты заттар қолданылды. Қосымша қоспа ретінде бұрынғы «Фосфохим» АҚ кәсіпорнының пиритті күйдіріндісі пайдаланылды.

Пиритті күйдіріндінің химиялық құрамы (массалық үлесі, %):

CaO – 10,5%;

SiO₂ – 19,7%;

Fe₂O₃ – 66,1%;

Al₂O₃ – 2,3%;

MgO – 1,2%;

Басқа түрлі қоспалар – 0,2%.

Модификациялаушы қоспа ретінде техникалық күкірт қолданылды – бұл Қазақстан Республикасының Атырау облысындағы жоғары күкіртті мұнай кен орнын қайта өңдеу нәтижесінде алынған екіншілік өнім. Сұрып нөмірі - №9998, мемлекеттік стандарт 127.1-93 бойынша.

Техникалық күкірттің химиялық құрамы:

Күкірттің массалық үлесі – 99,060%;

Күлдің массалық үлесі – 0,400%;

Органикалық заттардың массалық үлесі – 0,053%;

Судың массалық үлесі – 0,010%.

Зерттеулерде қолданылған өндірістік қалдықтардың сыртқы түрлері – техникалық күкірт (а) және пиритті күйдірінді (б) – 1-суретте көрсетілген.

Темір-күкірт құрамды арболитобетон композитін алу үшін органикалық толтырғыш ретінде Ақтөбе облысының қамыстарынан алынған ұсақталған талшықтар пайдаланылды (2-сурет).

Ұсақталған қамыс талшығының химиялық құрамы төмендегідей:

Целлюлоза – 39,1%;

Лигнин – 19,2%;

Пентозандар – 17,7%;

Полисахаридтер – 24%.



1-сурет. Техникалық күкірттің (а) және пиритті күйдіріндінің (б) сыртқы түрлері



2-сурет. Ұсақталған қамыстың сыртқы түрі

Пиритті күйдірілді мен техникалық күкірт негізіндегі темір-күкірт құрамды қоспаларды цементпен бірлескен механо-химиялық белсендіру

Зерттеу жұмыстарын жоспарлау барысында ғылыми гипотеза іске асырылды, оған сәйкес қоспа бөлшектерінің әрқайсысын қосымша белсендіру әсеріне жеткізу үшін олар бірлескен ұнтақтау әдісімен өңделді. Нәтижесінде, химиялық қасиеттері жағынан бір-біріне қарама-қарсы сипатты қатты қалдықтардың өзара детоксикациясы жүзеге асты.

Темір-күкірт құрамды қоспалардың құрамын алдын ала анықтау және оларды белсендіру бойынша тәжірибелік жұмыстар жүргізу кезінде ұнтақтау ЛШМ-750 шарлы диірмені құрылғысында орындалды. Бұл процесте негізгі әсер ету механизмдері – үйкеліс пен соққы күші.

Шарлы диірменнің техникалық сипаттамалары төмендегідей:

- Ұнтақтау принципі – үйкеліс;
- Біліктердің диаметрі – 45мм, ұзындығы – 170мм және 370мм;
- Айналу жиілігі – 100-750 айн/мин;
- Орнатылатын барабандардың массасы – 12 кг дейін;
- Қуат тұтынуы – 300Вт;
- Габариттік өлшемдері – 1000x325x265 мм;
- Жалпы салмағы – 35кг.

Техникалық күкірт мен пиритті күйдірілді цемент ерітіндісімен бірге механохимиялық белсендіру әдісімен өңдеу мүмкіндігін және оның темір-күкірт құрамды қоспаның қасиеттері мен

темір-күкірт цемент тасының беріктігіне әсерін зерттеу үшін үш компонентті тұтқыр қоспаның ерітіндісін кезең-кезеңімен зерттеу әдістемесі қабылданды.

Осы процестердің дәйекті түрде өтуін талдау нәтижесінде бастапқы тұтқыр материалдың белсенділігін арттыру себептері анықталды.

Үлгілер келесі технологиялық тізбектілікпен дайындалды:

- Пиритті күйдірілді мен техникалық күкірт негізіндегі темір-күкіртқұрамды қоспаларды фракциялық құрамы мен меншікті беті бойынша дайындау және мөлшерлеу;

- Портландцементті дайындау және мөлшерлеу;

- Байланыстырғыштың жалпы массасынан белгілі мөлшерде суды дайындау және араластыру;

- Пиритті күйдірілді мен техникалық күкірт негізіндегі темір-күкіртқұрамды қоспаларды 100:200, 100:250, 150:250 массалық қатынаста диірменге тиіп, №008 електе 8-10% қалдықпен сипатталатын ұсақтыққа дейін ұнтақтау және 20 минут бойы араластыру;

- Темір-күкіртқұрамды қоспаға 67-70% цемент және су-цемент қатынасы В/Ц=0,6 болатындай жетпейтін су мөлшерін қосу;

- Темір-күкіртқұрамды қоспаларды цементпен бірлесе 10 минут бойы бірге ұнтақтау;

- Диірменді тоқтатып, күкіртқұрамды байланыстырғыш қоспаны түсіру.

Шарлы диірменде ұнтақталғаннан кейінгі темір-күкіртқұрамды құрғақ қоспалар компоненттерінің меншікті беттері 1-кестеде келтірілген.

1-кесте. Темір-күкіртқұрамды компоненттердің меншікті беттері

Күкірт қоспасы, %	Пиритті күйдірілді, м ² /кг	Цемент, м ² /кг	Күкірт, м ² /кг
18	298	400	583
12	297	420	577
13	265	450	602

Темір-күкірт құрамды байланыстырғыштарды алу әдістері

Темір-күкіртқұрамды цементтік тастың беріктік сипаттамаларына техникалық күкірт қоспасының әсерін анықтау бойынша зерттеу жүргізу үшін 100x100x100мм өлшемді үлгілер дайындалды. Су-цемент қатынасы 0,385 болған

жағдайда күкіртқұрамды ерітінді қоспасының жайылуы дірілдеткіш үстелді 200мм деңгейінде қамтамасыз етілді.

Бастапқы және активтендірілген байланыстырғыштардың сипаттамалары 30515-97, 31108-2003 және 7473-2010 мемлекеттік стандартына сәй-

кес анықталды. Күкіртқұрамды байланыстырғыштардың созылу және иілу кезіндегі беріктік шектері 40x40x160мм өлшемдегі үлгі-балкаларда ИП-2710 аспабы арқылы анықталды.

Одан әрі әзірленген темір-күкіртқұрамды байланыстырғыштардың құрамдары бойынша темір-күкіртқұрамды арболитобетон үлгілері дайындалады. Темір-күкіртқұрамды байланыстырғыштардың әзірленген құрамдары 2-кестеде келтірілген.

2-кесте. Темір-күкіртқұрамдары байланыстырғыштардың әзірленген құрамдары

Техникалық күкірт, %	Пиритті күйдірілді, %	Цемент, %	Су, %	Тығыздық, кг/м ³
18	18	64	30	1580
12	18	70	30	1585
13	20	67	30	1590

Қорытынды

Қоспа құрамына техникалық күкіртті енгізу темір-күкіртқұрамды тұтқырлардың беріктік сипаттамаларына оң әсер етіп олардың сығылуға беріктік шегін 73,5МПа-ға дейін арттырды. Темір-күкіртқұрамды керамзитбетондармен салыстырғанда, темір-күкіртқұрамды арболитбетонның жылжымалылығы айтарлықтай төмен, бұл бірдей кернеу деңгейінде сіресу деформациясының азаюына әкеледі.

Қаржыландыру: Бұл зерттеу жұмысын Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігі ғылым комитеті қаржыландырды (ЖТН АР25794879 Қамыс-қабатты құрылыс материалын алу үшін байланыстырушы ретінде полиэтилен пленкасының қалдықтарын кәдеге жарату).

Әдебиеттер тізімі:

- Slizneva, T.E., Akulova, M.V., Razgovorov, P.B. Influence of mechanomagnetic activation of solutions CaCl_2 and $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ on phase structure of cement stone. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Khimiya i Khimicheskaya Tekhnologiya*. 2019; 62 (12), 101-107. DOI: 10.6060/ivkkt.20196212.6114
- Vyshar, O., Stolboushkin, A., Rakhimova, G., Stanevich, V., Rakhimov, M. Study of the properties of overburdened rocks from coal mining: overburden – as a raw material in the production of ceramic bricks. *International Journal of GEOMATE*. 2023; 25 (107), pp 86–94. DOI 10.21660/2023.107.377
- Sokolova, Y., Akulova, M., Isakulov, B., Sokolova, A., Isakulov, A. The Study of the Impact of Iron and Sulfur Containing Additives on the Strength Properties of Sulfur Containing Binders. *Solid State Phenomena*. 2022; 334, pp 195–201. DOI: 10.4028/p-25n3i8.
- Sokolova, Y.A., Akulova, M.V., Isakulov, B.R., Kul'sharov, B.B., Isakulov, A.B. The study of creep and deformation properties of sulfur-containing arbolit exposed to various compression stresses. *Key Engineering Materials*. 2021; 899 KEM, pp 137–143. DOI: 10.4028/www.scientific.net/KEM.899.137
- Sokolova, Y., Akulova, M., Isakulov, B., Sokolova, A., Tukashev, Z., Konysbaeva, Z. Improvement of Strength Properties of Arbolite Concrete Composites by Impregnation with Sulfur—By-Products of Oil and Gas Industry. *Lecture Notes in Civil Engineering*. 2023; 282, pp 1–8. DOI: 10.1007/978-3-031-10853-2_1.

6. Stanevich, V.T., Bulyga, L.L., Vyshar, O.V., Girnis, S.R., Rakhimova, G.M. Analysis of Energy Efficiency of Building Envelopes of JSC "Station EGRES-2". *AIP Conference Proceedings*. 2022; 2559, 050006, DOI 10.1063/5.0100151

7. Abdykalykov A., Bolotov T., Kurbanbaev A., Matyeva A., Zhumabaev R. Optimisation of composition and strength properties of slag-alkali binders based on fuel slags. *Abdykalykov A., Bolotov T., Kurbanbaev A., Matyeva A., Zhumabaev R. Architectural Studies*. 2024. Volume 10. № 1. Page 125-135. DOI:10.56318/as/1.2024.125

8. Isakulov, B.R.; Dzhumabaev, M.D.; Abdullaev, Kh.T.; Konysbaeva, Zh.O.; Shalabaeva, S.I. Detoxication and neutralization of toxic industrial waste components for production of sulfur-containing binding construction materials. *International Journal of Engineering Research and Technology*. 2020; Volume 13, Issue 12, 1 December, pp. 4880-4884. <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-85099298768&partnerID=MN8TOARS>

9. Rakhimova, G., Stolboushkin, A., Vyshar, O., Stanevich, V., Rakhimov, M., Kozlov, P. Strong Structure Formation of Ceramic Composites Based on Coal Mining Overburden Rocks. *Journal of Composites Science*. 2023; 7(5), 209. DOI 10.3390/jcs7050209.

10. Tazhentayeva, E.; Vighio, A.A.; Saha, K.M.; Rakhimov, M.; Zakaria, R.; Wen, T.J.; Rakhimov, A.; Rakhimova, Z.; Imanov, Y.; Maikotova, K.A. Renovation Framework for Energy Efficient Dilapidated Building Retrofitting in Kazakhstan // *Chemical Engineering Transactions*. 2024; 113, pp. 613-618. DOI: 10.3303/CET24113103.

11. Mohamed Abdellatif, Yasser M. Ahmed, Mohamed Taman, Ezzat Elfadal, Yunchao Tang, Aref A. Abadel. Physico-mechanical, thermal insulation properties, and microstructure of geopolymer foam concrete containing sawdust ash and egg shell. *Journal of Building Engineering*. Volume 90, 1 August 2024, 109374. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2024.109374>

12. Kairakbaev, A. K., Abdrakhimova, E. S., Abdrakhimov, V. Z., Tukashev, Z. Rheological characteristics of the ceramic mixture and physical mechanical properties of acid-resistant materials based on man-made waste and pyrophyllite. *AIP Conf. Proc.* 2999, 020011. 2023. <https://doi.org/10.1063/5.0158515>