



UDK: 666.942.2

Rustam QODIROV,

Tayanch doktorant, Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti, Termiz, O'zbekiston

E-mail: qodirov_1989@mail.ru

Sahomiddin KJODJAMKULOV,

Dotsent, t.f.d, Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti, Termiz, O'zbekiston

E-mail: saxomiddin@mail.ru

O'ktam BERDIYAROV,

Dotsent, PhD, Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti, Termiz, O'zbekiston

E-mail: berdiyarovu@gmail.com

Professor X.A. Adinayev taqrizi asosida

COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF PORTLAND CEMENT QUALITY INDICATORS BASED ON COAL MINING WASTE

Annotation

This study investigated the production of D20 400 cement at the Sherobod cement plant using waste from the Shargun coal deposit. The aim was to reduce clinker consumption and produce environmentally efficient cement. The best results were obtained with 5% waste addition. The physical-mechanical properties and thermal stability of the cement were analyzed. The results confirmed the effective use of technogenic waste in cement production.

Keywords: Portland cement, technogenic waste, mineral additives, clinker reduction, energy efficiency, cement strength, physical and mechanical properties, thermal analysis, environmental sustainability, cement technology.

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ПОРТЛАНДЦЕМЕНТА НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Аннотация

В данном исследовании изучалась возможность получения цемента марки D20 400 на Шерабадском цементном заводе с использованием отходов Шаргунского угольного месторождения. Целью было снижение расхода клинкера и получение экологически эффективного цемента. Лучшие результаты были получены при добавлении 5% отходов. Были исследованы физико-механические свойства и термическая стабильность цемента. Результаты показали возможность эффективного использования техногенных отходов.

Ключевые слова: портландцемент, техногенные отходы, минеральные добавки, снижение расхода клинкера, энергоэффективность, прочность цемента, физико-механические свойства, термический анализ, экологическая устойчивость, технология цемента.

KO'MIR QAZIB OLISH CHIQINDILARI ASOSIDA PORTLAND SEMENT SIFAT KO'RSATKICHLARINI KOMPLEKS BAHOLASH

Annotatsiya

Mazkur tadqiqotda Sherobod sement zavodida Sharg'un ko'mir koni chiqindilaridan foydalangan holda D20 400 markali sement olish imkoniyati o'rganildi. Maqsad klunker sarfini kamaytirish va ekologik samarali sement ishlab chiqarish edi. Chiqindi 5% miqdorda qo'shilganda eng yaxshi natija kuzatildi. Sementning fizik-mexanik xossalari va termik barqarorligi tahlil qilindi. Natijalar texnogen chiqindilardan samarali foydalanish mumkinligini ko'rsatdi.

Kalit so'zlar: Portland sement, texnogen chiqindilar, mineral qo'shimchalar, klunker sarfini kamaytirish, energiya tejamkorligi, sement mustahkamligi, fizik-mexanik xossalari, termik tahlil, ekologik barqarorlik, sement texnologiyasi.

Kirish. Sement sanoati yuqori energiya sarfi va CO₂ emissiyasi bilan ajralib turadi. Portlandsement klunkerini ishlab chiqarishda katta yoqilg'i sarfi ekologik muammolarni kuchaytiradi, shu sababli klunker miqdorini kamaytirish va texnogen chiqindilarni qayta ishlash dolzarb yo'nalish hisoblanadi.

Mazkur tadqiqotda Sherobod sement zavodi sharoitida Sharg'un ko'mir koni chiqindilaridan foydalangan holda D20 400 markali sement olish imkoniyatlari o'rganildi. Ko'mir chiqindilari sement tarkibiga mineral qo'shimcha sifatida kiritilib, optimal tarkib aniqlandi. Natijalarga ko'ra, 5% qo'shimcha eng yaxshi fizik-mexanik ko'rsatkichlarni berdi. Sement xossalari laboratoriya va instrumental usullar orqali baholandi [1].

Tadqiqot metodologiyasi. Respublikamizda mahalliy xomashyolar asosida portlandsement ishlab chiqarishni rivojlantirish, import o'rnini bosuvchi yuqori sifatli mahsulotlar olish hamda texnogen chiqindilarni qayta ishlashga qaratilgan ilmiy tadqiqotlar keng olib borilmoqda [2].

Mazkur tadqiqot Sharg'un ko'mir koni chiqindilaridan portlandsement tarkibida texnogen mineral qo'shimcha sifatida foydalanish imkoniyatlarini o'rganishga bag'ishlandi. Tadqiqot davomida chiqindi sement tarkibiga turli miqdorlarda qo'shib, tayyorlangan namunalar fizik-mexanik, kimyoviy va mikrostrukturaviy xossalari bo'yicha baholandi. Natijalar ko'mir chiqindilarining sement tarkibida samarali qo'llanishi mumkinligini hamda mustahkamlik va chidamlilik ko'rsatkichlariga ijobiy ta'sir ko'rsatishini tasdiqladi.

Mazkur tadqiqotda Surxondaryo viloyati Sharg'un ko'mir koni chiqindilarini sement tarkibida zola-shlak o'rniga qo'shimcha komponent sifatida qo'llash imkoniyati o'rganildi. Ushbu texnogen qo'shimcha klunker sarfini kamaytirish, ishlab chiqarish xarajatlarini optimallashtirish va sement sifatini yaxshilash maqsadida tanlandi. Chiqindining kimyoviy va mineralogik tarkibi rentgen-fluoresan tahlil yordamida aniqlanib, asosiy oksidlar tarkibi 1-rasmda keltirilgan.

Analyte	Result	[S-signal]	Proc.-Calc.	Line	Int. (cps/uA)
Si	56.779 %	[0.581]	Quan-FP	SiKa	8.7016
Al	23.147 %	[0.498]	Quan-FP	AlKa	1.9241
K	19.272 %	[0.077]	Quan-FP	K Ka	5.3320
Fe	3.941 %	[0.021]	Quan-FP	FeKa	56.2204
Ti	2.077 %	[0.044]	Quan-FP	TiKa	21.3549
Ca	0.769 %	[0.014]	Quan-FP	CaKa	1.1500
S	0.180 %	[0.027]	Quan-FP	S Ka	0.0803
Zr	0.113 %	[0.003]	Quan-FP	ZrKa	24.6310
V	0.105 %	[0.018]	Quan-FP	V Ka	1.8828
Pb	0.091 %	[0.003]	Quan-FP	PbKa	16.8001
Sr	0.092 %	[0.003]	Quan-FP	SrKa	6.3890
Cu	0.082 %	[0.004]	Quan-FP	CuKa	2.1648
Cr	0.028 %	[0.006]	Quan-FP	CrKa	0.1996
Ga	0.019 %	[0.001]	Quan-FP	GaKa	0.1117
Zn	0.016 %	[0.001]	Quan-FP	ZnKa	0.0664
V	0.014 %	[0.002]	Quan-FP	V Ka	2.8796
Th	0.010 %	[0.001]	Quan-FP	ThLa	0.1574
Pb	0.005 %	[0.001]	Quan-FP	PbLb1	0.0348
Au	0.002 %	[0.001]	Quan-FP	AuLa	0.0121

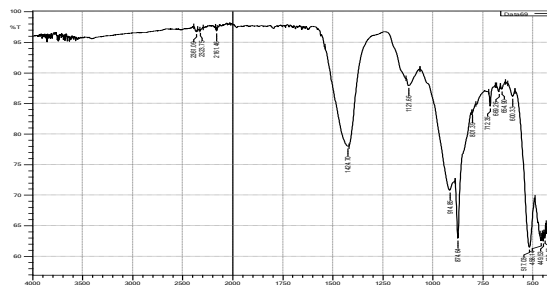
1-rasm. Sharg'un ko'mir koni chiqindisi oksid tarkibi

Sharg'un ko'mir koni chiqindisi tarkibi o'rganilganda, tarkibning asosiy qismi 56,779% SiO_2 va 23,147% Al_2O_3 dan iborat ekanligini ko'rishimiz mumkin. Bu mineral qo'shimcha puzzalon xossaga ega bo'lgan mahsulot hisoblanadi. Oddiy qilib aytganda puzzalon moddalar gidratlangan sementdagi $\text{Ca}(\text{OH})_2$ bilan reaksiyaga kirishib, ikkilamchi mustahkamlovchi fazalarni hosil qiladi [3].

Tahlil va natijalar. Ushbu tadqiqot doirasida Surxondaryo viloyatidagi Sherobod sement zavodida Sharg'un ko'mir koni chiqindisidan foydalanilgan holda sement namunasi ishlab chiqarildi va uning fizik-kimyoviy xossalari IQ-spektroskopiya, termogravimetrik (TGA) hamda differensial termik tahlil (DTA) usullari yordamida o'rganildi.

FTIR (IQ-spektral) tahlil natijalari shuni ko'rsatadiki, 5% ko'mir koni chiqindisi qo'shilgan sement namunasida gidratatsiya mahsulotlari to'liq shakllangan. Asosiy signal C-S-H gel va $\text{Ca}(\text{OH})_2$ mavjudligini tasdiqlaydi, bu esa sementning normal gidratatsiya jarayonini bildiradi.

Karbonat guruhlariga tegishli tebranishlar materialda qisman karbonatlanish sodir bo'lganini ko'rsatadi. Sulfat birikmalariga xos signallar esa gips yoki ettringit kabi fazalarning mavjudligini ifodalaydi. Silikat tuzilmalariga oid tebranishlar C-S-H fazasining barqaror shakllanganini tasdiqlaydi[4].

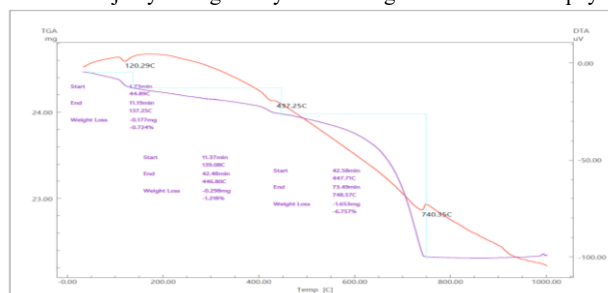


2-rasm. KKCh (5%) bilan tayyorlangan sement namunasi FTIR spektri

TGA va DTA tahlil natijalari 5% ko'mir koni chiqindisi qo'shilgan sement namunasida uch bosqichli termik o'zgarishlar ketma-ketligini ko'rsatdi. Dastlabki bosqichda past harorat oralig'ida massaning kamayishi asosan erkin va bog'langan suvlarning bug'lanishi bilan bog'liq bo'lib, bu sementning normal namlik yo'qotish jarayonini ifodalaydi.

Ikkinchi bosqichda massa yo'qotilishi gidratlangan fazalarning parchalanishi bilan izohlanadi. Bu jarayonda, jumladan, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ va boshqa gidrat birikmalarining termik beqarorlashuvi kuzatiladi, bu esa sementning gidratatsiya mahsulotlariga xos xususiyatidir.

Uchinchi bosqichda esa eng katta massa yo'qotilishi sodir bo'lib, bu karbonat birikmalarining, asosan CaCO_3 ning parchalanishi bilan bog'liq. Kuchli endotermik effekt ushbu jarayonning asosiy termik o'zgarish ekanini tasdiqlaydi[5].



3-rasm. TGA-DTA tahlil

TGA/DTA natijalariga ko'ra umumiy massa yo'qotilishi 8,7% ni tashkil etdi, bu materialda karbonat birikmalar mavjudligini va uning yuqori haroratlarda nisbatan barqarorligini ko'rsatadi. Eng katta yo'qotish 400–750°C oralig'ida kuzatilib, asosan karbonatlarning parchalanishi bilan bog'liq bo'ldi. Umuman, Sharg'un ko'mir chiqindisi sement tarkibida barqaror mineral qo'shimcha sifatida qo'llanishi mumkinligi tasdiqlandi.

Laboratoriya sharoitida 3 kg sement namunasi tayyorlanib, tarkib 78,3% klinker, 13,2% ohaktosh, 3,5% gips va 5% Sharg'un chiqindisidan iborat bo'ldi (mos ravishda 2349 g, 396 g, 105 g va 150 g). Aralashma 1 soat sharli tegirmonda maydalanib, 0,08 mm elakdan o'tkazildi. Olingan namunalar fizik-kimyoviy xossalari Sherobod sement zavodi laboratoriyasida tahlil qilindi[6].

Zichlikning aniqlanishi: Mikrometrics firmasining yuqori aniqlikdagi o'lchov uskunasida olib borildi sinovlar natijasida, tarkibiga 5% miqdorda Sharg'un ko'mir koni chiqindisi qo'shilgan sement namunasi zichligi 3,08 g/sm³ ga teng ekanini aniqlangan. Ushbu ko'rsatkich texnogen qo'shimchaning sement matritsasiga optimal darajada integratsiyalanganligini va materialning zichlik xususiyatlariga salbiy ta'sir ko'rsatmasligini tasdiqlaydi[7].

Qo'shimchali sement va sement xamiri namunasining fizik va mexanik xossalari baholash: Sharg'un ko'mir koni chiqindisi asosida tayyorlangan sement xamirining qotish kinetikasini baholash maqsadida sinovlar o'tkazildi. Sinov uchun 450 g sement namunasi

analitik tarozi yordamida tortilib tayyorlandi. Sement xamirini tayyorlashda suv sement massasiga nisbatan 22–28% oralg'ida qo'shildi. Qotish vaqti aniqlashda standart Vika apparatidan foydalanildi.

Boshlang'ich qotish vaqti aniqlash uchun 300 g massali maxsus igna har 10–15 daqiqada sement xamiriga tushirildi. Ignaning 3–5 mm chuqurlikka kirishi boshlang'ich qotish bosqichining boshlanishini ifodaladi. Yakuniy qotish vaqti esa ignaning 0,05–0 mm oralg'iga kira olmasligi orqali qayd etildi[8].

Amaldagi normativ hujjatlarga muvofiq, portlandsementning boshlang'ich qotish vaqti 45 daqiqadan kech bo'lmasligi, yakuniy qotish vaqti esa 12 soatdan oshmasligi kerak[9]. Tadqiqot davomida olingan sement namunalari qotish vaqti hamda suv sarfi bo'yicha natijalari 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval Sharg'un ko'mir koni chiqindisi asosida olingan sement namunasi uchun qotish vaqti va suv sarfi

№	Namunalar	Qotish boshi (daq)	Qotish oxiri (daq)	Suv miqdori (ml)
1	Klinker	155	200	127 ml
2	An'anaviy sement	170	220	128 ml
3	KKCH asosli sement namunasi	195	250	132 ml

Sement namunalari bosim va egilishga chidamlilik mustahkamligini aniqlash: Sement sinfini aniqlash maqsadida mexanik sinovlar o'tkazildi. Sinov uchun tayyorlangan aralashmalarga 1350 g polifraktsion qum, 450 g sement va 225 g suv qo'shildi, bu esa 3:1:0,5 massa nisbatiga muvofiq ravishda tayyorlandi. Tayyor sement xamiri asosida 40×40×160 mm o'lchamdagi standart prizmatik namuna bloklari quyildi[10].

Tayyorlangan namunalar standart sharoitlarda saqlanib, mexanik mustahkamlik sinovlari mos ravishda 2, 7 va 28 kunlik saqlash muddatlaridan so'ng amalga oshirildi. Barcha bosim va egilishga chidamlilik sinovlari Sherobod sement zavodining zamonaviy press uskunalarida bajarildi. O'tkazilgan mexanik sinovlar natijalari 2-jadvalda umumlashtirilgan holda keltirilgan.

2-jadval. Sharg'un ko'mir koni chiqindisi asosida tayyorlangan sement namunalari bosim va egilishga chidamlilik ko'rsatkichlari.

№	Namunalar	2 kunlik N/mm ²	7 kunlik N/mm ²	28 kunlik N/mm ²
1	Klinker	20,8	32,9	48,7
2	An'anaviy sement	14,9	27,1	32,9
3	KKCH asosli sement namunasi	16,7	27,9	38,9

Tadqiqot davomida olingan eksperimental natijalar Sharg'un ko'mir koni chiqindilaridan tayyorlangan mineral qo'shimchaning portlandsement tarkibida samarali komponent sifatida foydalanish imkoniyatini tasdiqladi. Xususan, SEM II/A-I 32.5N markali sement namunalari ushbu texnologiya qo'shimchaning qo'llanilishi sementning asosiy fizik-mexanik ko'rsatkichlariga salbiy ta'sir ko'rsatmaganligi aniqlandi [11].

Siqilishga chidamlilik bo'yicha o'tkazilgan sinov natijalari tajriba namunalari yuqori mexanik barqarorlikka ega ekanligini ko'rsatdi. Olingan natijalar qo'shimcha qo'llanilgan sementning ekspluatatsion xususiyatlari saqlanib qolishini hamda texnologiya mineral qo'shimcha sement tizimida faol ishtirok etishini tasdiqlaydi. Shu bilan birga, qo'shimcha tarkibidagi faol mineral komponentlar sement gidratatsiyasi mahsulotlari bilan o'zaro reaksiyaga kirishib, ikkilamchi gidrosilikat va gidroaluminat birikmalar hosil qilishi ehtimoli aniqlangan bo'lib, bu esa uzoq muddatli mustahkamlikning oshishiga ijobiy ta'sir ko'rsatishi mumkin[12].

Xulosa va takliflar. Tadqiqot natijalari Sharg'un ko'mir koni chiqindilarining portlandsement ishlab chiqarishda samarali mineral qo'shimcha sifatida qo'llanishi mumkinligini ko'rsatdi. O'tkazilgan fizik-kimyoviy va mexanik tahlillar uning sementning asosiy xossalari salbiy ta'sir ko'rsatmasligini, aksincha mikrostrukturani zichlashtirib, mustahkamlikni oshirishga xizmat qilishini tasdiqladi.

Taklif sifatida Sharg'un ko'mir chiqindilarini sanoat miqyosida sement ishlab chiqarishda kengroq qo'llash, optimal foiz miqdorini ishlab chiqarish sharoitida yanada aniqlashtirish hamda uzoq muddatli chidamlilik ko'rsatkichlarini chuqur o'rganish tavsiya etiladi.

ADABIYOTLAR

- Getachew, E.M., Yifru, B.W., & Yehualaw, M.D. The use of ground recycled concrete cement as an eco-friendly alternative cement material in mortar production. Iranian Journal of Science and Technology, Transactions of Civil Engineering, 2025, 49, 3117–3132. <https://doi.org/10.1007/s40996-024-01606-3>
- Wu, H., Yang, D., Xu, J., Liang, C., & Ma, Z. Water transport and resistance improvement for cementitious composites with eco-friendly powder from various concrete wastes. Construction and Building Materials, 2021, 290, 123247. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.123247>
- Caneda-Martinez, L., Monasterio, M., Moreno-Juez, J., Martinez-Ramirez, S., Garcia, R., & Frias, M. Behaviour and properties of eco-cement pastes elaborated with recycled concrete powder from construction and demolition wastes. Materials, 2021, 14(5), 1299. <https://doi.org/10.3390/ma14051299>
- Kanamarlapudi, L., Jonalagadda, K.B., & Jagarapu, D.C.K. Different mineral admixtures in concrete: A review. SN Applied Sciences, 2020, 2, 760. <https://doi.org/10.1007/s42452-020-2533-6>
- Tebabal, M.G., Yifru, B.W., Getachew, E.M., et al. Influence of termite hill soil as a partial cement replacement in mortar production. Journal of Infrastructure Preservation and Resilience, 2025, 6, 8. <https://doi.org/10.1186/s43065-025-00120-8>
- Qodirov, R.A., Khodjamkulov, S.Z. Use of technogenic waste as an additive in Portland cement production and study of its properties. Scientific Reports, 2025(2), 93–103.
- Qodirov, R.A., Khodjamkulov, S.Z., Toshmamatov, O.A. Study of the physical properties of cement obtained based on asphalt plant filter waste. Universum: Technical Sciences, 2025, No. 35689, 54–56. <https://doi.org/10.32743/UniTech.2025.133.4.19879>
- Qodirov, R.A., Khodjamkulov, S.Z., Shaymardanova, M.A., Shamaev, B.E. Increasing the efficiency of cement based on asphalt plant filter waste. International Journal of Engineering Trends and Technology, 2026, 74(2), 215–222. <https://doi.org/10.14445/22315381/IJETT-V74I2P115>
- Qodirov, R.A., Khodjamkulov, S.Z. Strength and structural properties of Portland cement obtained with the participation of technogenic waste. Proceedings of the International Scientific-Practical Conference, 2026, 803–807. <https://doi.org/10.5281/zenodo.18980693>
- Muqimov, A., Turaev, Kh.Kh. Modern approach to the addition of organomineral additives to increase cement brand: A review. Chemical Review and Letters, 2024, 7, 804–815. <https://doi.org/10.22034/crl.2024.467805.1381>
- Osipov, V.I., Galitskaya, I.V., & Zaikanov, V.G. Landfill technology of waste management. Water Resources, 2022, 49(Suppl. 2), S25–S35. <https://doi.org/10.1134/S0097807822080097>
- Elliott, P., Eaton, N., Shaddick, G., Carter, R. Cancer incidence near municipal solid waste incinerators in Great Britain. Part 2: Histopathological and casenote review of primary liver cancer cases. British Journal of Cancer, 2000, 85(5), 1103–1106. <https://doi.org/10.1054/bjoc.1999.1046>