

ангобированного керамического кирпича в Казахстане не налажено, а исследования в области разработки составов ангоб с широким спектром цветов, текстур с использованием переработанных материалов и экологически чистых производственных процессов являются актуальным и перспективным.

Список использованной литературы

1. ГОСТ 530-2012. Кирпич и камень керамические. Общие технические условия. М.: Стандартинформ, 2013. – С. 6.
2. Цзин Лу. Эффективные энергосберегающие ограждающие конструкции зданий // Промышленное и гражданское строительство. – 2017. – №2. – С. 66-69.
3. Бархатов В.И., Добровольский И.П., Капкаев Ю.Ш. Отходы производств и потребления – резерв строительных материалов. Монография. Ч.: Издательство Челябинского государственного университета, 2017. – С.99-100.
4. Корнилова М.В., Антончик Т.В., Кокарева М.И. Ангобированный кирпич // Проблемы эффективного использования научного потенциала общества: сборник статей Международной научно-практической конференции. Ч.: НИЦ АЭТЕРНА, 2017. – Ч.4 – С.72-74.

УДК 691

АСФАЛЬТБЕТОНДА НАНОМОДИФИКАЦИЯЛАНҒАН КЕУЕКТІ ШИКІЗАТТЫ ПАЙДАЛАНУ ТЕНДЕНЦИЯЛАРЫ ЖӘНЕ БОЛАШАҚ БАҒЫТТАРЫ

Мусахмет Диана Әділқызы
diana.musahmetova@mail.ru

Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ «Өнеркәсіптік және азаматтық құрылыс технологиясы»
кафедрасының магистранты, Астана, Қазақстан
Ғылыми жетекшісі – Ж.А. Шашпан

Аңдатпа. Бұл мақалада құрылыс мақсаттары үшін, жол құрылысы үшін асфальтбетонда наномодификацияланған кеуекті шикізатты пайдаланудың ықтимал артықшылықтары мен проблемалары қарастырылады. Наноматериалдарды пайдалану асфальтбетонның механикалық қасиеттерін, беріктігін және экологиялық тұрақтылығын жақсартып алады. Дегенмен, наноматериалдардың нашар дисперсиясы және жоғары құны сияқты мәселелер бар. Мақалада беттік өзгерту әдістері және өндіріс пен өңдеу технологиясындағы жетістіктер осы қиындықтарды жеңуге көмектесетіні айтылған. Болашақ зерттеулер асфальтбетондағы наноматериалдардың түрі мен таралуын оңтайландыруға және ұзақ мерзімді беріктік пен тұрақтылықты бағалауға бағытталуы мүмкін. Мақалада асфальтбетон жабындарын салуда наноматериалдарды қолдану, олардың битумды тұтқыр заттың реологиялық қасиеттеріне және асфальтбетон қоспасының механикалық қасиеттеріне әсерін қоса алғанда, соңғы зерттеулердің тізімі келтірілген. Зерттеулер жарыққа төзімділік, ылғалдың әсерінен бұзылуға төзімділік, асфальтты тұтқыр заттың тозуы және тотығу деграциясы сияқты тақырыптарды қамтиды. Тұтастай алғанда, асфальтбетонда наномодификацияланған кеуекті шикізатты пайдалану экологиялық және үнемді құрылыс әдістерінің болашағын ашады.

Түйінді сөздер: наномодификацияланған кеуекті шикізат, асфальтбетон, асфальт байланыстырғыш, механикалық қасиеттер, беттік модификация, реологиялық қасиеттер, жарыққа төзімділік.

1. Кіріспе

Асфальтбетон құрылыс индустриясында ең көп қолданылатын материалдардың бірі болып табылады, ол автокөлік жолдардан әуежайлардың ұшу-қону жолақтарына дейін қолданыста. Дегенмен, дәстүрлі асфальтбетонның бірқатар кемшіліктері бар, соның ішінде төмен беріктігі, деформация және крекинг әсерлері және өндіріс пен пайдалану кезінде көмірқышқыл газының жоғары шығарындылары. Бұл мәселелерді шешу үшін зерттеушілер асфальтбетонда наномодификацияланған кеуекті шикізатты пайдалану мүмкіндігін зерттеп жатыр, ол бірқатар ықтимал артықшылықтарды ұсынады, соның ішінде механикалық қасиеттерді жақсарту, қоршаған ортаға әсерді азайту және беріктікті арттыру.

Наноматериалдарды асфальтбетонда қолдану – бұл жаңа зерттеулер үнемі жарияланатын қарқынды дамып келе жатқан сала. Зерттеулердің өсіп келе жатқан көлемі наноматериалдарды асфальтбетонға қосу оның механикалық қасиеттерінің айтарлықтай жақсаруына, соның ішінде беріктігі мен деформация мен крекингке төзімділігінің жоғарылауына әкелуі мүмкін екенін көрсетті [1-3]. Сонымен қатар, наномодификацияланған кеуекті шикізат экологиялық тұрақтылық тұрғысынан артықшылықтарға ие, соның ішінде өндіріс кезінде көмірқышқыл газының шығарындыларын азайту және қайта өңдеуге жарамдылығын арттыру [4-6].

Осы әлеуетті артықшылықтарға қарамастан, асфальтбетонда наномодификацияланған кеуекті шикізатты пайдалану да бірқатар қиындықтарды тудырады. Мысалы, наноматериалдарды өндіру және пайдалану еңбектің қауіпсіздік мәселелеріне, сондай-ақ олардың қоршаған ортаға ықтимал әсеріне қатысты алаңдаушылық тудыруы мүмкін [7-8]. Сонымен қатар, наномодификацияланған кеуекті шикізатты асфальтбетон өндірісіне және техникалық қызмет көрсетуге қосудың экономикалық орындылығы ашық мәселе болып қала береді, оның ішінде жоғары материалдық шығындар мен шектеулі қолжетімділік [9-10].

Бұл мақаланың мақсаты – асфальтбетонда наномодификацияланған кеуекті шикізатты пайдаланудың ағымдағы зерттеу тенденциялары мен болашақ бағыттарына шолу жасау.

2. Наномодификацияланған кеуекті шикізаттың сипаттамалары мен қасиеттері

Асфальтбетонда наномодификацияланған кеуекті шикізатты пайдалану оның механикалық қасиеттерін, соның ішінде беріктігін, беріктігін және деформация мен крекингке төзімділігін айтарлықтай жақсарты алады. Алайда, бұл материалдардың әлеуетін толық түсіну үшін олардың сипаттамалары мен қасиеттерін егжей-тегжейлі зерттеу маңызды.

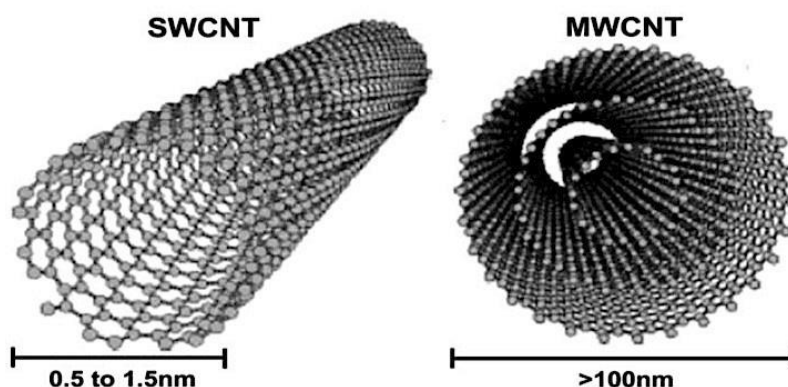
Минералдар мен тау жыныстары сияқты кеуекті шикізат оның қасиеттерін, соның ішінде деформация мен крекингке төзімділігін жақсарту үшін асфальтбетонда бұрыннан қолданылған [7, 11]. Бұл материалдардың кеуекті құрылымы оларға кернеулер мен деформацияларды бүкіл материалға сіңіруге және таратуға мүмкіндік береді, бұл крекинг пен деформация ықтималдығын азайтады [12].

Кеуекті шикізаттың сипаттамалары мен қасиеттері олардың құрамына, кеуектілігіне және басқа факторларға байланысты әр түрлі болуы мүмкін. Мысалы, материалдың кеуектілігі оның механикалық қасиеттеріне айтарлықтай әсер етуі мүмкін, жоғары кеуектілік әдетте деформацияға жақсы төзімділікке әкеледі [13]. Сонымен қатар, материалдың химиялық құрамы оның қасиеттеріне де әсер етуі

мүмкін, кейбір материалдар басқаларға қарағанда асфальт байланыстырғышқа көбірек адгезия беріктігін көрсетеді [14].

Наноматериалдар, соның ішінде нанобөлшектер жақында асфальтбетонда пайдалану үшін кеуекті шикізатты өзгертудің перспективалы әдісі ретінде пайда болды [15]. Бұл материалдар әдетте өлшемдері 1-ден 100 нанометрге дейінгі бөлшектер немесе талшықтар ретінде анықталады [3].

Наноматериалдар дәстүрлі модификаторларға қарағанда бірқатар әлеуетті артықшылықтарға ие. Мысалы, олардың кішігірім мөлшері шикізаттың кеуекті құрылымына тиімдірек енуге мүмкіндік береді, бұл материалдың асфальтбетонда біркелкі таралуына әкеледі [4].



1-сурет. Бір қабырғалы көміртекті нанотүтікшенің және көп қабырғалы көміртекті нанотүтікшенің схемалық бейнесі [1]

Наномодификацияланған кеуекті шикізат дәстүрлі модификаторлардан ерекшеленетін бірқатар қасиеттерге ие болуы мүмкін. Мысалы, кейбір зерттеулер наноматериалдарды қосу қаттылықтың жоғарылауына және асфальтбетонның икемділігінің төмендеуіне әкелуі мүмкін екенін көрсетті [1], ал басқалары деформацияға төзімділіктің жақсарғанын хабарлады [16].

Наномодификацияланған кеуекті шикізаттың қасиеттері бірнеше факторларға, соның ішінде қолданылатын наноматериал түріне, модификация әдісіне және кеуекті шикізаттың өзіне тән сипаттамаларына байланысты болуы мүмкін. Мысалы, асфальтбетон байланыстырғышқа графен оксидін қосу оның қаттылығын арттырады және тұтқырлығын төмендетеді, ал резеңке үгіндісін қосу керісінше әсер етеді [3]. Сол сияқты, наномодификацияланған кеуекті шикізаттың қасиеттері кеуекті шикізат ішіндегі наноматериалдың таралу дәрежесі мен әдісіне байланысты өзгеруі мүмкін [9].

3. Асфальтбетонда наномодификацияланған кеуекті шикізатты пайдаланудың пайдалану артықшылықтары

Наномодификацияланған кеуекті шикізатты асфальтбетонда қолданудың маңызды артықшылықтарының бірі-механикалық қасиеттерді жақсарту мүмкіндігі. Мысалы, nano-TiO_2 , nano-SiO_2 және наносаз сияқты нанобөлшектерді қосу асфальтбетонның қаттылығын, беріктігін және деформация кедергісін жақсартатынын көрсетілген [1, 17].

Сонымен қатар, наномодификацияланған кеуекті шикізатты пайдалану асфальтбетонның шаршау беріктігін арттырып, уақыт өте келе жарықтар мен деформациялардың пайда болу мүмкіндігін азайтады [18]. Асфальтбетонның жақсартылған механикалық қасиеттері техникалық қызмет көрсету шығындарының

төмендеуіне және қызмет ету мерзімінің ұзаруына әкелуі мүмкін, бұл оны тұрақты және үнемді материал етеді [15].

Наномодификацияланған кеуекті шикізатты асфальтбетонда қолданудың тағы бір артықшылығы-беріктіктің жоғарылауы. Мысалы, nano-TiO_2 және nano-SiO_2 сияқты нанобөлшектерді қосу асфальтбетонның қартаюға және тотығу деградациясына төзімділігін жақсартатыны көрсетілген [19].

Сол сияқты, наносаздарды модификатор ретінде пайдалану асфальтбетонның ылғалдан зақымдалуына және стратификацияға төзімділігін жақсартады және оның температурадан туындаған крекингке сезімталдығын төмендетеді [20]. Асфальтбетонның беріктігінің жоғарылауы техникалық қызмет көрсету шығындарының төмендеуіне және қызмет ету мерзімінің ұзаруына әкелуі мүмкін, бұл оның тұрақтылығы мен экономикалық тиімділігін одан әрі арттырады.

Сонымен, асфальтбетонда наномодификацияланған кеуекті шикізатты пайдалану оның экологиялық тұрақтылығын арттыруы мүмкін. Мысалы, қайта өңделген асфальт жабыны және пайдаланылған мотор майы сияқты қалдықтарды шикізат ретінде пайдалану наноматериалдарды пайдаланумен бірге тұрақты және қоршаған ортаға зиянсыз асфальтбетонға әкелуі мүмкін [6].

Сонымен қатар, наномодификацияланған кеуекті шикізатты пайдалану материалдың экологиялық тұрақтылығын одан әрі арттыру арқылы бастапқы материалдарға деген қажеттілікті азайтуы мүмкін [5]. Асфальтбетонның тұрақтылығының жоғарылауы қоршаған ортаға әсердің төмендеуіне және тұрақты құрылыс саласына әкелуі мүмкін.

4. Наномодификацияланған кеуекті шикізатты асфальтбетонда пайдаланудың мәселелері мен болашақ бағыттары

Асфальтбетонда наномодификацияланған кеуекті шикізатты пайдаланумен байланысты негізгі мәселелердің бірі – кеуекті шикізат пен асфальтбетон байланыстырғышында наноматериалдарды агломерациялау және нашар дисперсиялау мүмкіндігі [3]. Нашар дисперсия наноматериалдардың асфальтбетонда біркелкі бөлінбеуіне әкелуі мүмкін, бұл модификация тиімділігін төмендетеді және механикалық қасиеттер мен беріктіктің төмендеуіне әкелуі мүмкін.

Сонымен қатар, наноматериалдардың жоғары құны және оларды өндіру мен өңдеуге қатысты мәселелер оларды асфальтбетонда қаржылық және логистикалық тұрғыдан пайдалануды қиындатуы мүмкін [15]. Сонымен қатар, кейбір наноматериалдардың ықтимал уыттылығы және олардың қоршаған ортаға және денсаулыққа әсерін бағалау үшін стандартталған тестілеу әдістерінің болмауы реттеу мен қауіпсіздік мәселелерін тудыруы мүмкін.

Наноматериалдардың нашар дисперсиясының ықтимал шешімдерінің бірі – олардың асфальт байланыстырғыш және кеуекті шикізатпен үйлесімділігін жақсарту үшін беттік модификация әдістерін қолдану [15]. Беттік модификация наноматериалдар мен асфальтбетон байланыстырғышы арасындағы өзара әрекеттесуді жақсарта алады, бұл асфальтбетон ішінде тиімдірек дисперсия мен таралуға әкеледі.

Ақырында, наноматериалдардың қоршаған ортаға және денсаулыққа әсерін бағалау үшін стандартталған сынақ әдістері мен ережелерін әзірлеу оларды асфальтбетонда және басқа қолданбаларда қауіпсіз және тұрақты пайдалануды қамтамасыз етуге көмектеседі [15].

Наномодификацияланған кеуекті асфальтбетон шикізаты бойынша болашақ зерттеулер бірнеше негізгі бағыттарға бағытталуы мүмкін. Олар беттік модификацияның тиімді әдістерін әзірлеуді, наноматериал түрін, асфальтбетондағы концентрация мен үлестіруді оңтайландыруды және наномодификацияланған

асфальтбетонның ұзақ мерзімді беріктігі мен тұрақтылығын бағалауды қамтуы мүмкін [21].

Болашақ зерттеулер асфальтбетондағы наномодификацияланған кеуекті шикізаттың жағдайы мен өнімділігін жақсырақ түсіну және олардың басқа қолданбаларда қолданылуын оңтайландыру үшін машиналық оқытуды және басқа да озық модельдеу әдістерін қолдануға бағытталуы мүмкін [22].

5. Қорытынды

Шолу көрсеткендей, асфальтбетонда наномодификацияланған кеуекті шикізатты пайдалану механикалық қасиеттерді, беріктік пен тұрақтылықты жақсартудың айтарлықтай әлеуетін ашады. Дегенмен, олардың қауіпсіз және тиімді пайдаланылуын қамтамасыз ету үшін еңсеру қажет бірқатар мәселелер мен кедергілер бар.

Осы саладағы болашақ зерттеулер беттік модификацияның, наноматериалдардың түрі мен таралуын оңтайландырудың тиімді әдістерін әзірлеуге және наномодификацияланған асфальтбетонның ұзақ мерзімді беріктігі мен тұрақтылығын бағалауға бағытталуы мүмкін. Машиналық оқытуды және басқа да озық модельдеу әдістерін қолдану наномодификацияланған кеуекті асфальтбетон шикізатын және басқа қолданбаларды оңтайландыруда маңызды рөл атқаруы мүмкін. Осы мәселелерді шешу және осы зерттеу бағыттарын ұстану арқылы біз наномодификацияланған кеуекті шикізаттың асфальтбетон және басқа құрылыс материалдарын өндіру үшін толық әлеуетін аша аламыз, нәтижесінде тұрақты және үнемді құрылыс индустриясы пайда болады.

Тұтастай алғанда, асфальтбетонда наномодификацияланған кеуекті шикізатты пайдалану құрылыс саласындағы зерттеулер мен әзірлемелердің перспективалы саласын білдіреді. Зерттеулер мен инновацияларды жалғастыра отырып, бұл материалдардың әлеуетті артықшылықтарын толығымен жүзеге асыруға болады, бұл жасыл және үнемді құрылыс әдістеріне әкеледі.

Әдебиеттер тізімі

1. Kutay, M. E., Demirbas, A., Atasoy, Y., & Liao, M. Effect of multi-wall carbon nanotubes and graphene oxide on the rheological and mechanical properties of asphalt binder and mixture. *Construction and Building Materials*, 215, 42-53, 2019
2. Amanzadeh, M., Feizizadeh, B., & Ozer, H. Effects of Graphene and Nano-TiO₂ on Rheological Properties of Asphalt Binder and Mixture. *Materials*, 13(14), 3197, 2020
3. Chen, J., Chen, M., Liu, Y., Yang, K., & Huang, Y. Mechanical and physical properties of asphalt binder modified with graphene oxide and crumb rubber. *Construction and Building Materials*, 237, 117679, 2020
4. Zhang, S., Lu, Q., & Huang, X. Properties and microstructure of crumb rubber-modified asphalt binder and mixture containing nano-TiO₂. *Construction and Building Materials*, 190, 194-204, 2018
5. Luo, J., Wu, S., Wu, L., Xiao, Y., & Gao, Z. Evaluating the potential of incorporating modified asphalt with biochar as a sustainable and environmentally-friendly pavement material. *Journal of Cleaner Production*, 291, 125812, 2021
6. Rezaei, M., Hamed, H., & Ashtari, A. A review on the use of recycled asphalt pavement and waste engine oil in asphalt mixtures. *Journal of Cleaner Production*, 280, 124159, 2021
7. Jafarzadeh, S., Gharaee, M., & Karim, M. R. Nanomaterials in asphalt pavement: A review. *Construction and Building Materials*, 217, 58-73, 2019

8. Ibrahim, R., Li, L., Li, X., Li, X., Jiang, M., & Wang, D. Investigation on the influence of graphene oxide on asphalt binder rheological properties and asphalt mixture performances. *Journal of Cleaner Production*, 316, 128174, 2021
9. Kumar, S., Karim, M. R., & Rahman, M. The potential of nanoclay for the improvement of the properties of asphalt mixtures: A review. *Construction and Building Materials*, 259, 119832, 2020
10. Farhadi, H., Mahdiyar, A., & Zarringhalam, M. The potential of polyethylene glycol modified nanosilica in improving asphalt mixture properties: A laboratory investigation. *Journal of Cleaner Production*, 291, 125967, 2021
11. Lu, X., Cui, P., Zhang, Y., Liu, T., & Han, L. Effects of modified zeolite and nano-SiO₂ on the performance of asphalt mixture. *Construction and Building Materials*, 211, 619-626, 2019
12. Wu, S., Wang, M., & Wu, L. Effects of nanoclay and warm-mix asphalt additives on the properties of asphalt binders and mixtures. *Construction and Building Materials*, 222, 751-759, 2019
13. Xie, J., Chen, Y., Jiang, D., & Yang, C. Influence of Nano-ZnO and Basalt Fiber on the High-Temperature Properties of Asphalt Mixture. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 31(10), 04019275, 2019
14. Yousefi, A. A., Sadeghi, F., & Momeni, S. S. Effect of montmorillonite nanoclay on the rheological properties of bitumen binder and the mechanical behavior of asphalt mixture. *Construction and Building Materials*, 237, 117701, 2020
15. Zhu, Y., & Huang, X. Nanomaterials for sustainable asphalt pavements: A review. *Construction and Building Materials*, 215, 478-489, 2019
16. Zhou, Z., Wang, D., Hu, Y., & Zhang, Y. Effects of nanoclay on rheological properties and cracking resistance of asphalt binder and mixture. *Construction and Building Materials*, 288, 123040, 2021
17. Yang, H., Zhang, J., Li, J., & Yao, X. Effect of nanosilica and SBS on the properties of asphalt binder and mixture at different aging stages. *Construction and Building Materials*, 255, 119310, 2020
18. Gao, S., & Zhao, H. The microstructure and stability of nano-SiO₂ modified asphalt mixture. *Construction and Building Materials*, 252, 119039, 2020
19. Wang, X., Ma, Z., Zeng, M., & Wu, S. Effects of nanomaterials on the aging and oxidative degradation of asphalt binder: A review. *Construction and Building Materials*, 283, 122790, 2021
20. Ran, B., Wang, X., Xiao, Y., & Wu, S. Effects of nanoclay on the moisture damage resistance of asphalt mixtures containing reclaimed asphalt pavement. *Construction and Building Materials*, 269, 121211, 2021
21. Wang, X., Wang, C., Li, C., & Zhang, D. Research progress on asphalt modification with nanomaterials. *Construction and Building Materials*, 201, 567-577, 2019
22. García, A., Schmets, A. J., & García, A. Machine learning methods for predicting the mechanical performance of asphalt mixtures. *Road Materials and Pavement Design*, 22(1), 239-261, 2021