

УДК 625.07

к.т.н., доцент Зеленкова Г.Ф.,
Національний авіаційний університет, Київ

ПОКРАЩЕННЯ СТРУКТУРИ ШТУЧНИХ БУДІВЕЛЬНИХ КОНГЛОМЕРАТІВ (ШБК)

Проведено дослідження конгломератів із застосуванням бітумних в'язучих. Висвітлені проблеми, що виникають при застосуванні шлакових пісків, а також напрями покращення якості асфальтобетонних покриттів.

Ключові слова: штучні будівельні конгломерати (ШБК), структура, основні властивості, покриття автомобільних доріг.

Вступ.

Розвиток мережі автомобільних доріг, збільшення обсягів їх реконструкції та поточного і ямкового ремонтів, вимагають значного використання природних ресурсів мінеральної сировини для виготовлення штучних будівельних конгломератів (ШБК) та бітумних і мінеральних в'язучих речовин, виробництво яких за останні роки скоротилося, а вартість значно зросла.

В Україні щорічно добувають близько 1,5 млрд. тон гірських порід, але після їх перероблення близько 70% не споживають, а залишають у відвалах у вигляді різних відходів, які забруднюють навколишнє середовище. З літературних джерел відомо, що відвалами зайнято більше 500 тис. гектарів сільськогосподарських угідь, а для будівництва автомобільних доріг використовують менше 10%, що явно недостатньо [1].

При використанні такої мінеральної сировини із застосуванням бітумних в'язучих речовин, особлива увага приділяється утворенню і вдосконаленню ШБК.

Характер проблем, що виникають при застосуванні вторинних продуктів перероблення мінеральної сировини і застосування її в конгломератах, пов'язане з їх структуроутворенням, що впливає на довговічність покриттів. Виникає потреба розв'язання складних задач, пов'язаних з проектуванням і дослідженням оптимальних складів ШБК з врахуванням фізико-хімічної механіки і оптимізації процесів, що відбуваються протягом експлуатації покриттів автомобільних доріг і аеродромів.

Постановка проблеми.

Фізико-хімічна механіка вивчає залежність структурно-механічних властивостей різних природних і технічних дисперсних систем на поверхнях

розділення фаз і тісно пов'язана з колоїдною хімією, молекулярною фізикою, фізикою та хімією твердого тіла, геологією тощо. Об'єктом дослідження є різні природні і штучні дисперсні системи, що застосовуються для створення ШБК.

Головною задачею є вивчення структури конгломератів, зчеплення між собою компонентів конгломератів і їх впливу на основні властивості покриттів. Природа компонентів, їх хімічний та мінералогічний стан, питома поверхня заповнювачів та інші чинники визначають якість покриттів автомобільної дороги. Дія поверхнево-активних речовин, застосованих в конгломератах при їх виготовленні, а також дія навколишнього середовища при експлуатації покриттів, потребують додаткового наукового дослідження.

Встановлено, що в залежності від структури твердого матеріалу, інтенсивності і характеру напруженого стану, ступеня дії поверхневих сил при фізико-хімічній взаємодії з навколишнім середовищем можуть відбуватися такі явища:

- зменшення міцності за рахунок розвитку макро- та мікро зрушень в суцільності конгломератів;
- збільшення пластичності та зменшення в'язкості системи;
- зменшення процесів диспергування та ін. [2].

Дослідження і рішення проблем покращення якості асфальтобетонних покриттів починають з вивчення основних властивостей та їх взаємозалежностей і утворення структури монолітних ШБК.

Основні властивості раціонально поділити на чотири групи: механічні, фізичні, деформативні та технологічні.

До механічних належить міцність, яка виражає здатність ШБК за певних умов чинити опір внутрішнім напруженням, що виникають від дії на покриття навантажень та інших чинників із збереженням структури покриттів.

Показники міцності різних матеріалів виражають умовним показником "межа міцності" на стиск, розтяг, зсув тощо. При випробуванні зразків матеріалу на всі види навантажень необхідно враховувати фактор часу. Визначення міцності провадяться згідно діючого стандарту.

Міцність ШБК на стиск і розтяг в порівнянні з цементним бетоном невелика і залежить від температури навколишнього середовища. При зниженні температури до -15°C межа міцності при стиску може бути більшою 15,0 МПа, а при збільшенні температури до $+50^{\circ}\text{C}$ – менше 1,0 МПа. На розтяг міцність ШБК в 6...8 раз менше в порівнянні з міцністю на стиск.

Особливістю бітумних ШБК є здатність їх довготривалому в'язкому опору, а також витримувати дії ударних навантажень, що вигідно відрізняється в порівнянні з пружно-крихким руйнуванням цементного бетону [3].

Структура визначає характер зв'язків між компонентами та їх зчеплення між собою. Вона обумовлена хімічними та фізико-хімічними зв'язками між окремими кристалічними агрегатами, їх уламками різної форми і розміру та в'язучими речовинами органічного або мінерального походження.

Вирішення задачі.

Основними показниками фізичних властивостей ШБК є: істинна пористість, водонепроникність, водовбирання, водовіддача, морозостійкість тощо. Числові значення наведених показників в першу чергу залежать від структури ШБК.

Істинну пористість визначають за формулою:

$$P_i = \frac{\rho - \rho_c}{\rho} \cdot 100 ,$$

де: ρ – істинна щільність, кг/м³;

ρ_c – середня щільність, кг/м³.

Величина істинної пористості ШБК знаходиться в межах 5...7 %, але від неї залежить довговічність покриттів. Пори в ШБК можуть бути замкнутими і відкритими. В замкнутих порах залишається повітря, але матеріал залишається водонепроникним при пористості 5–6%. Якщо пори з'єднуються між собою і з навколишнім середовищем, тоді навіть з меншим показником пористості покриття автомобільних доріг недовговічні.

Пористість ШБК залежить від багатьох факторів, а саме: гранулометричного складу мінеральної суміші крупних і дрібних заповнювачів, їх кількості і співвідношення різних фракцій, природи та дисперсності мінерального порошку, якості і товщини плівки в'язучої речовини, утвореної між зернами конгломерату, температури суміші при вкладанні в покриття, впливу навколишнього середовища [3].

Проектування оптимальних складів конгломератів з отриманням мінімальної пористості після ущільнення в покриттях є основним етапом в рішенні проблеми якості покриттів автомобільних доріг.

Водонепроникність – здатність матеріалу не пропускати крізь свою товщину воду під тиском.

Водопоглинення - здатність матеріалу всмоктувати і утримувати воду за певний період часу знаходження у водному середовищі.

Морозостійкість – здатність насиченого водою матеріалу витримувати наперемінне заморожування при температурі -17°C та відтанення у воді при

+20°C. Наведені властивості тісно пов'язані між собою і залежать від наявності пор, в яких утримується вода.

Для бітумних ШБК характерною властивістю є звукопоглинання, яке оцінюють коефіцієнтом звукопоглинання. Він показує долю енергії звукової хвилі, що поглинає поверхня покриття дороги на площі 1м² і знаходиться в межах 0,4...0,5 (у цементних бетонів 0,006...0,1). Асфальтобетонні покриття здатні поглинати механічні та звукові коливання від дії рухомих транспортних засобів. Таку властивість називають демпферувальною здатністю, яка може збільшуватись із зниженням в'язкості бітуму.

До структуроутворення ШБК можна віднести:

- властивості компонентів структурного утворення;
- технологічні фактори і часові режими, за яких відбувається структуроутворення;
- періоди і синтез структуроутворення;
- визначення оптимальних і раціональних структур для покриттів сучасних автомобільних доріг за умови руху сучасних транспортних засобів.

ШБК із застосуванням бітумних в'язучих речовин можна розглядати як дисперсну систему, що характеризується складом, структурою і властивостями. Склад визначає різновиди та кількісне співвідношення елементарних речовин або хімічних сполук, з яких створене фізичне тіло.

Структура визначає характер зв'язків між компонентами та їх зчеплення між собою. Вона обумовлена хімічними та фізико-хімічними зв'язками між окремими кристалічними агрегатами, їх уламками різної форми і розміру та різновидом в'язучої речовини. Склад, структура і властивості ШБК пов'язані між собою та взаємозалежні. Розкриття таких зв'язків і виявлення залежностей зміни властивостей за умови різного складу і структурного співвідношення є основою регулювання якості усіх фізичних тіл, до яких відносяться ШБК [4].

Отримані експериментальні дані механічних, фізичних і технологічних властивостей конгломератів можуть відображати значні структурні процеси, що виникають в конгломератах від дії різних зовнішніх і внутрішніх факторів.

Формування і перетворення структури, зміна властивостей бітумних ШБК пов'язані з подібними явищами і процесами, які розглядаються в основах колоїдної і фізичної хімії дисперсних систем [2]. Структура ШБК може бути вивчена для окремо взятого складу застосованих сумішей матеріалів і бітумних в'язучих речовин.

В лабораторних умовах виготовлялись ШБК на основі стандартного гранітного щебеню, в якого питома поверхня для фракції 10-15 мм знаходилась в межах 0,18...0,25 м²/кг. Достатньо мала питома поверхня і енергетичний

потенціал не сприяють розвитку фізико-хімічних процесів на поверхні взаємодії між бітумом і щебенем.

Щебінь, як структуроутворювальний компонент, займає в ШБК найбільший об'єм моноліту і обумовлює структуру моноліту.

Пісок застосовували кварцовий (Дніпровський) з модулем крупності $M_{кр}=2,5$ для заповнення основного об'єму пустот в щебеновому "каркасі". Відомо, що збільшення кількості піску на один кубічний метр в порівнянні з об'ємом пустот приводить до розсунення зерен щебеню і зменшення контактів між ними, а також збільшується рухомість суміші при ущільненні котками покриттів. Виявлено, що раціонально застосовувати полізерністі піски для збільшення "контактів" між крупним і дрібним заповнювачами. Збільшення питомої поверхні піску сприяє контакту поверхонь мінеральних сумішей і покращенню їх механічних властивостей, але поверхня кварцових зерен має погане зчеплення з бітумом так само як усі заповнювачі, виготовлені з кислих порід. Застосування дрібних природних пісків навіть з питомою поверхнею близько $20 \text{ м}^2/\text{кг}$ не може забезпечити стійку структуру конгломератів.

Мінеральний порошок, виготовлений з шлаків, взятих з відвалів має достатню питому поверхню в межах $250...450 \text{ м}^2/\text{кг}$. На гранулах порошку адсорбуються з навколишнього середовища сторонні речовини і газу, пил, водяна пара тощо.

Позитивна адсорбція молекул, атомів або іонів відбувається інтенсивно у порошоків, які щойно виготовлені, а не взяті з відвалів після тривалого злежування.

Дисперсні гранули мінерального порошку належать до активних адсорбентів і структурних центрів. Їхні властивості обумовлені мінералогічним, кристалографічним і гранулометричним складами. Адсорбційну здатність порошку можна регулювати дисперсністю і створенням раціональної шершавості поверхні зерен, що підвищує їх сорбційну здатність.

Усі мінеральні порошки в ролі адсорбентів поділяють на основні (позитивно заряджені) і кислі (від'ємно заряджені). За енергетичною здатністю порошки можна поділити на такі групи:

- з високим позитивним потенціалом і великою кількістю адсорбційних центрів на поверхні у вигляді катіонів Ca^{+2} , Mg^{+2} (кальцит, доломіт, вапняк);
- з високим потенціалом від'ємного знаку і значною кількістю адсорбційних центрів на поверхні у вигляді іонів кисню O^{-2} ;
- з пониженим потенціалом від'ємного знаку на поверхні часточок, де розміщені компенсуючі катіони різної валентності K^+ , Na^+ , Ca^{+2} , Mg^{+2} , Fe^{+2} , F^{+3} ;
- з нейтральною поверхнею часточок: графіт, тальк тощо.

З літературних джерел відомо, що найактивнішими в асфальтових бетонах можуть бути полімінеральні порошки: вапняково-лесові, подрібнені сумісно з іншими породами. Наші дослідження показали, що до активних порошоків можна віднести металургійні доменні шлаки та інші відходи промисловості.

Мінеральний порошок збільшує поверхню контактів між зернами ШБК завдяки бітумного контакту, який при тепловій обробці розріджується і утворює покриття зерен у вигляді плівок, збільшує щільність мінеральної суміші, гідроізоляційні та теплостійкі властивості ШБК.

Бітум в ШБК виконує в основному функції в'язучої речовини. Хімічний склад бітуму може бути різним в залежності від основної сировини (нафти) і способу його виробництва. Основними хімічними елементами бітуму є: вуглець – 10-78%, водень – 9-15%, сірка – 2-9%, кисень – 1-5%, азот – до 2%, які знаходяться у вигляді високомолекулярних сполук – вуглецеводнів з сіркою, киснем або азотом. В бітумі є залишки масел, смоли, асфальтенові кислоти, високодисперсні асфальтени, мальтени тощо.

Поверхнево-активні речовини бітуму, в основному аніоноактивні, можуть вступати у взаємодію з зовнішнім середовищем і поверхнею мінеральних компонентів [3]. Основними якісними показниками бітуму є: забезпечення зчеплення з поверхнею мінеральних заповнювачів, достатні гідрофобні властивості та опір дії хімічних реагентів, порівняно невисока чутливість до коливань температури в присутності порошкоподібних речовин, здатність змінювати в'язкість в присутності розчинників та емульгаторів. Наведені властивості бітуму мають значну перевагу в порівнянні з іншими в'язучими речовинами для застосування їх в ШБК.

Висновки:

1. Оптимальну структуру ШБК можна отримати за умови урахування усіх чинників впливу його складових елементів.
2. Фізико-механічні властивості ШБК значно залежать від хімічного і мінералогічного складів заповнювачів і їх співвідношення в одиниці об'єму.
3. Застосування шлакових мінеральних порошоків з розвиненою питомою поверхнею дає можливість збільшити теплостійкість ШБК.
4. Максимальне насичення конгломератів бітумними в'язучими речовинами не дає можливість збільшення фізико-механічних і технологічних властивостей ШБК і отриманих на їх основі якісних покриттів автомобільних доріг та аеродромів.

Література:

1. Базжин Л.І. наукові основи проектування дорожніх асфальтобетонів з використанням техногенної сировини і прогнозуюче-оптимізаційних компонентів. Автореферат. Макіївка, 2003. – 36 с.
2. Физико-химическая механика природных дисперсных систем. Под ред. Е.Д.Щукина. – М.: Из-во МГУ, 1985. – 266 с.
3. И.А.Рыбьев. Асфальтовые бетоны. – М. Высшая школа, 1969. – 396с.
4. Братчун В.І., Золотарев В.О., Пактер М.К., Беспалов В.Л. Фізико-хімічна механіка будівельних матеріалів. Під редакцією Братчуна В.І. Донбаська Національна академія. Макіївка-Харків. 2006. – 302 с.

Аннотация

В работе проведено исследование конгломератов с применением битумных вяжущих. Освещены проблемы, что возникают при применении шлаковых песков, а также направления улучшения качества асфальтобетонных покрытий.

Ключевые слова: искусственные строительные конгломераты (ШБК), структура, основные свойства, покрытия автомобильных дорог.

Abstract

In a study of conglomerates using bitumen binders. The problems that arise in the application of slag sand, as well as to improve the quality of asphalt concrete pavement.

Keywords: artificial construction conglomerates (SHBK), structure, basic properties, coating roads.