

УЛУЧШЕНИЕ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ СВОЙСТВ ДРОБЛЕННОГО ДОЛОМИТА

IMPROVEMENT OF CRUSHED DOLOMITE CONSUMER PROPERTIES

А. В. Бусел, доктор технических наук, профессор, директор ГУ «БелИСА», г. Минск, Беларусь

Л. О. Кулина, инженер республиканского дочернего унитарного предприятия «Белорусский дорожный научно-исследовательский институт «БелдорНИИ», г. Минск, Беларусь

Т. А. Чистова, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры «Технология бетона и строительные материалы» Белорусского национального технического университета, г. Минск, Беларусь

А. Н. Буко, консультант отдела научно-технического развития Департамента «Белавтодор», г. Минск, Беларусь

Применение доломитового щебня в асфальтобетоне ограничено его низкой морозостойкостью и высоким водопоглощением. В статье рассмотрен вариант оптимизации условий дробления доломита и обработки свежобразованной поверхности водным раствором неорганических веществ. Это позволит существенно улучшить свойства доломитового щебня и качество асфальтобетона на его основе.

Application of dolomite aggregate in asphalt concrete is limited by its freeze-thaw durability and high water absorption. The article describes the way to optimize conditions of dolomite crushing and fresh surface treatment with inorganic matters aqueous solution. That allows to significantly improve dolomite aggregate properties and quality of dolomite-based asphalt concrete.

ВВЕДЕНИЕ

Доломит карьера «Руба» в качестве сырья является перспективным каменным материалом для дорожного строительства. Действующий в Республике Беларусь СТБ 1033-2004 [1] регламентирует применение осадочных карбонатных горных пород для асфальтобетонов марки 400 при условии предварительной обработки их смесью битума с поверхностно-активными веществами анионного типа. Использование доломита сдерживается вследствие низкой прочности и морозостойкости.

Одним из способов активного регулирования и улучшения свойств малопрочных каменных материалов является направленное разрушение ма-

лопрочных частиц и модификация их поверхности различными активаторами [2–4].

Направленное разрушение малопрочных частиц щебня возможно путем мощного физико-механического воздействия в процессе ударного дробления в центробежных мельницах. При ударе частицы доломита разрушаются по плоскостям с наибольшим количеством дефектов, в результате чего образующиеся фракции щебня имеют максимальную прочность и минимальную пористость.

Традиционное применение в качестве активаторов поверхности доломита органических веществ [5] имеет существенный недостаток – они выгорают на поверхности щебня при прохождении его через сушильный барабан на асфальтобетонном заводе при производстве асфальтобетонных смесей. В связи с этим авторами была рассмотрена возможность получения термостойких неорганических соединений на поверхности доломита при его обработке специальными химическими реагентами, обеспечивающими коагуляцию пор и тем самым повышающими морозостойкость щебня.

Объединение указанных процессов физико-химической обработки доломита открывает перспективы получения высококачественного материала для дорожного строительства.

ХИМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ПОВЕРХНОСТИ ДОЛОМИТОВОГО ЩЕБНЯ

С целью улучшения свойств поверхности щебня, обеспечивающих снижение водопогло-

щения и увеличение его марки по морозостойкости, ранее авторами было предложено модифицировать поверхность каменного материала водным раствором солей фосфорной кислоты, способным вступать в ионообменные реакции с образованием водонерастворимых соединений с доломитом [6]. Достигнутый положительный эффект не в полной мере удовлетворял потребителей, поскольку стоимость и доступность активатора ограничивали его практическое применение.

В настоящем исследовании наравне с фосфатами были использованы водные растворы сульфатов, сульфитов и фторидов. Количество неорганических солей, содержащихся в водных растворах, колебалось от 0,3 % до 1,3 % по массе сухого вещества (рис. 1). Эффективность обработки оценивалась по величине водопоглощения щебня. Количество раствора во всех опытах составляло 2 % от массы щебня, что обеспечивало полную смачиваемость его поверхности.

Рассматриваемые добавки вступали в химическое взаимодействие с доломитом и образовывали водонерастворимые соединения, которые частично коагулировали поры материала [6].

Проведенные электронно-микроскопические исследования показали, что обработка поверхности доломита рассматриваемыми добавками не приводит к изменению структуры каменного материала. На поверхности наблюдается относительно равномерное покрытие в виде округлых, кривогранных сростков кристаллов (рис. 2, 3). Причем новообразования устойчивы к воздей-

вию влаги (рис. 4), что позволяет хранить щебень на открытых площадках.

Наилучшие результаты достигнуты при использовании водного раствора на основе сульфатов с концентрацией 0,8 %, водопоглощение щебня при этом снижается в 1,3 раза (таблица 1). Обработка приводит к созданию барьера из водонерастворимых соединений, перекрывающих поры минеральных частиц и ограничивающих доступ в них воды. Поскольку проникновение воды в поровое пространство частиц щебня и ее последующее замерзание является основной причиной растрескивания минеральных частиц, создание защитного барьера на поверхности доломита обеспечивает увеличение его морозостойкости (таблица 1).

Однако предложенный способ обработки позволяет решить лишь часть проблемы, обеспечивая коррозионную стойкость материала. Для повышения прочностных свойств доломитового щебня и улучшения формы его зерен предлагается использовать метод ударно-центробежного дробления в установках НПО «Центр».

МЕТОД УДАРНО-ЦЕНТРОБЕЖНОГО ДРОБЛЕНИЯ ДОЛОМИТА

Доломит, залегающий в карьере «Руба», имеет неоднородную структуру – от рыхлой в верхних слоях до плотной ниже уровня грунтовых вод. Эта неоднородность проявляется в свойствах щебня

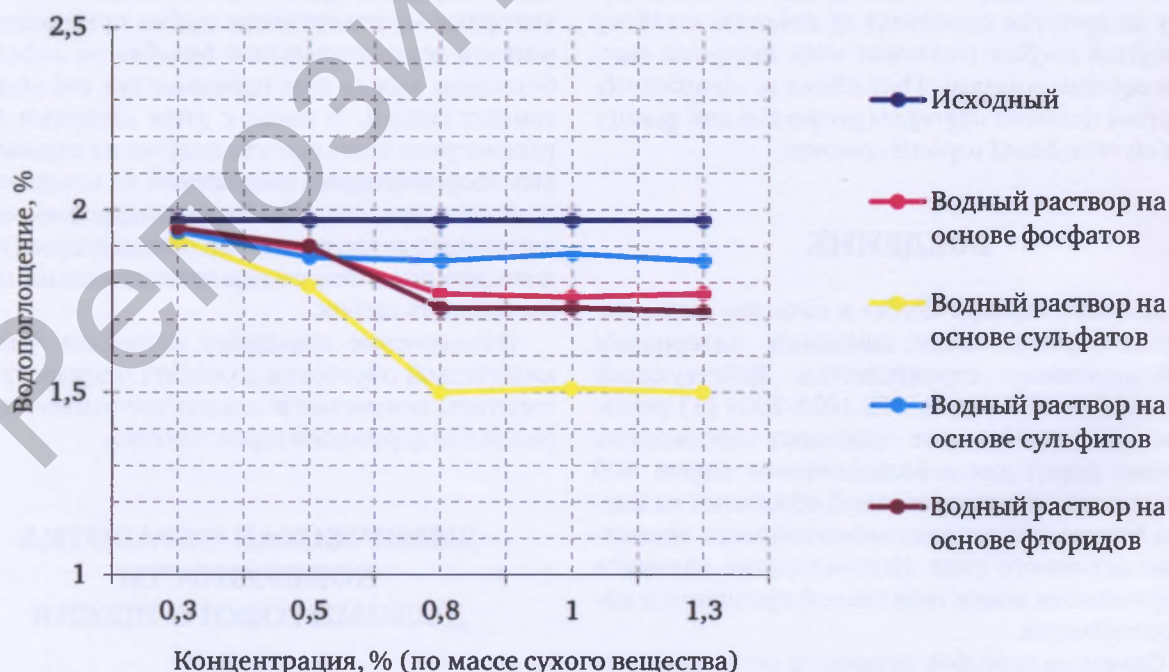


Рисунок 1 - Влияние концентрации водных растворов солей на водопоглощение доломитового щебня

Таблица 1 – Значение показателей щебня, измельченного в ударно-центробежной дробилке

Вид активатора	Водопоглощение $W_{\text{полг.}}$ % по массе	Марка по морозостойкости
Без активатора	1,97	F25
Водный раствор на основе фосфатов	1,77	F100
Водный раствор на основе сульфатов	1,50	F100
Водный раствор на основе сульфитов	1,86	F100
Водный раствор на основе фторидов	1,73	F100

при получении его в щековых дробилках, установленных на ОАО «Доломит». Марка по дробимости колеблется в пределах от 300 до 800.

На экспериментальной базе НПО «Центр» в 2010 г. были выполнены опытно-технологические работы по дроблению крупной фракции доломита 20–60 мм с целью оптимизации ударно-силового воздействия для получения щебня более высокой прочности и улучшенной кубовидной формы.

В основу конструкции центробежной техники НПО «Центр» заложен принцип разрушения материалов по плоскостям минимальной спайки и окатывания до кубовидной формы. В дробилке ДЦ-1,0 (рис. 5) измельчение осуществляется на двух стадиях: при ударе материала о кольцевую броню и при прохождении зазора между молотками и футеровочным кольцом. Исходный материал через загрузочный лоток 1 подается на распределительный конус ускорителя 2, где его частицы разгоняются лопастями и выбрасываются с высокой скоростью в камеру дробления. Разрушение происходит вследствие ударов частиц об отбойные поверхности и друг о друга в камере дробления 3. Продукт дробления удаляется из дробилки по разгрузочным каналам 4. Технические характеристики применяемой при экспериментальных работах ударно-центробежной дробилки приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Технические характеристики ударно-центробежной дробилки

Характеристика	Значение
Производительность по исходному питанию	до 60 т/ч
Максимальный размер загружаемого материала	до 60 мм
Режим дробления	самофутеровка
Диаметр ускорителя	0,9 м
Электродвигатель	75 кВт, 1500 об./мин

Фракционные составы продуктов дробления доломитового щебня при различных скоростях удара приведены в таблице 3. Из представленных результатов видно, что оптимальный режим обеспечивается при измельчении частиц, вылетающих из ускорителя со скоростью удара 53 м/с. При этом наблюдается минимальный выход отсева дробления (фракции менее 5 мм) – 9 %, а также самая низкая потребляемая мощность на



Рисунок 2 – Исходная поверхность доломитового щебня, неактивированная



Рисунок 3 – Поверхность доломита после ее обработки сульфатом натрия

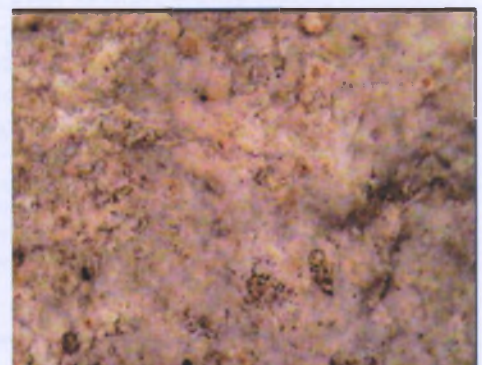
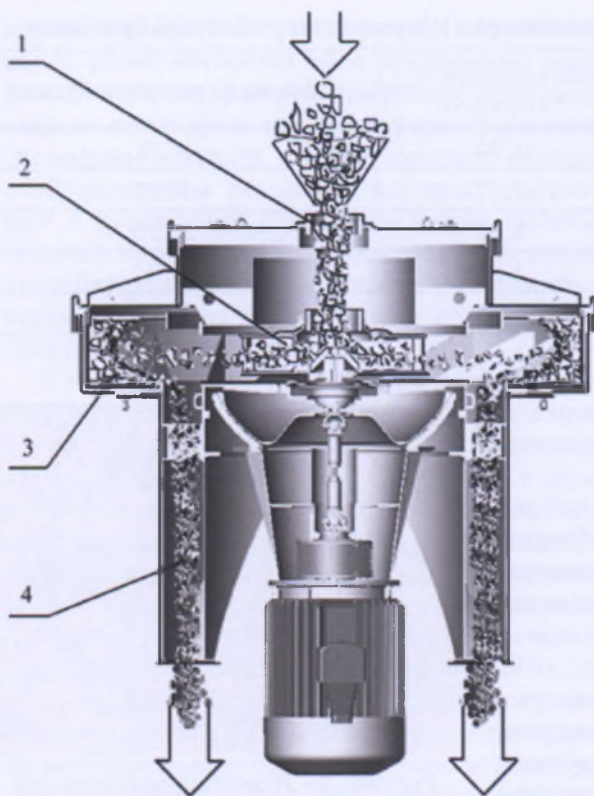


Рисунок 4 – Отмытая поверхность доломита после ее обработки сульфатом натрия



1 - загрузочный лоток; 2 - распределительный конус ускорителя; 3 - камера дробления; 4 - разгрузочные каналы

Рисунок 5 – Ударно-центробежная дробилка

Таблица 3 – Фракционные составы доломитового щебня, дробленого на ДЦ-1,0

Продукты отсева	Скорость удара, м/с		
	53	57	64
	Выход фракций, %		
крупнее 40 мм	4,16	2,84	2,76
от 20 до 40 мм	55,42	51,08	47,84
от 10 до 20 мм	22,73	21,29	22,50
от 5 до 10 мм	8,45	9,27	11,29
менее 5 мм	9,24	15,52	15,61

Таблица 4 – Физико-механические показатели

Щебень фракции, мм	Потери массы при дробимости, %	Марка по дробимости в соответствии с [7]	Потери массы при истирании, %	Марка по истираемости в соответствии с [7]	Содержание зерен пластинчатой и игловатой формы, %	Группа щебня по содержанию зерен пластинчатой и игловатой формы
5–10	10,2	1200	23,1	И-1	5,6	1
10–20	9,1	1200	24,3	И-1	4,5	1
Исходный материал	13,2	800	35,1	И-3	8,2	1

тонну перерабатываемого продукта – 4,47 кВт/ч. Это объясняется тем, что в этом режиме разрушение частиц происходит максимально в дефектных местах, а получаемый щебень имеет плотную структуру и соответственно высокую прочность. Повышение энергии измельчения приведет к излишнему дроблению частиц, а снижение энергии не обеспечит эффективное разделение исходного материала на частицы требуемой фракции.

В результате ударно-центробежного дробления доломита получен щебень фракций 5–10 мм и 10–20 мм с повышенной маркой по дробимости 1000–1200 и содержанием в материале зерен пластинчатой и игловатой формы менее 5 %–6 % (таблица 4), что соответствует щебню I группы [7]. При этом истираемость щебня уменьшается в 1,4 раза и соответствует марке И-1. В улучшенном щебне содержание частиц изометрической кубообразной формы составляет 94 %–95 %, а насыпная плотность при этом повышается на 5 %–8 %, что свидетельствует об улучшении упаковки частиц в объеме. Это предопределяет снижение расхода битума в асфальтобетоне за счет уменьшения пустотности минерального остова.

Были проведены работы по исследованию влияния вышеуказанных водных растворов неорганических веществ на минеральную поверхность доломита, дробленного в оптимальном режиме. Сравнение полученных данных (таблицы 1 и 5) показало, что одновременное измельчение и химическая обработка в ударно-центробежной дробилке позволяют снизить водопоглощение на 30 %, в то время как обработка поверхности доломита, дробленного в щековой дробилке, снижает его водопоглощение лишь на 20 %. Марка щебня по морозостойкости при измельчении и обработке в ударно-центробежной дробилке увеличивается до F100.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования по водопоглощению доломита показали, что щебень, измельченный в щековой дробилке, обладает повышенной

Таблица 5 – Значение показателей щебня, измельченного в щековой дробилке

Вид активатора	$W_{\text{полн}}$, % по массе	Марка по морозостойкости
Без активатора	2,90	F25
Водный раствор на основе фосфатов	2,10	F50
Водный раствор на основе сульфатов	2,04	F50
Водный раствор на основе сульфитов	2,42	F50
Водный раствор на основе фторидов	2,25	F50

пористостью (таблица 1). Причем поры имеют большой диаметр и плохо коагулируются при обработке доломита химическими добавками. Более плотный щебень, полученный ударно-центробежным способом, имеет меньший размер пор, которые легко блокируются неорганическими соединениями (таблица 5).

Применение ударно-центробежного способа дробления доломитового щебня в установках НПО «Центр» и последующая его обработка растворами неорганических веществ позволяют существенно улучшить его качественные характеристики, что способствует расширению области применения в дорожном строительстве.

Наиболее перспективным и эффективным направлением может быть обработка минераль-

ной поверхности дробленого доломитового щебня водными растворами на основе сульфатов, что обеспечивает наименьшее водопоглощение и наибольший эффект увеличения марки по морозостойкости.

В дальнейшем для определения конкретных областей применения улучшенного доломитового щебня необходимо изучить физико-механические характеристики асфальтобетона на его основе с учетом эксплуатационно-технических воздействий и влияния погодных-климатических факторов. Также следует выполнить опытно-технологические работы в производственных условиях по устройству конструктивных слоев автомобильных дорог с использованием улучшенного доломитового щебня.

ЛИТЕРАТУРА

1. Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия : СТБ 1033-2004.
2. Строительство асфальтобетонных покрытий с применением активированных минеральных материалов // Труды СоюздорНИИ. – М., 1978.
3. Исследование дробимости пропитанного гудроном известнякового щебня в песчано-порошковой смеси / М. Г. Салихов ; Мар. гос. техн. ун-т. – Йошкар-Ола, 2000. – 6 с. – Библ. назв. – Рус. – Деп. ВИНИТИ 04.02.2000. № 270-ВОО.
4. Способ приготовления асфальтобетонной смеси : пат. 1588726 SU / Таращанский Е. Г., Галдина В. Д.; заявитель Сибирский автомобильно-дорожный институт им. В. В. Куйбышева. – № 4365175/23-33; заявл. 20.11.87; опубл. 30.08.90, Бюл. № 32.
5. Чистова, Т. А., Кулина, Л. О. Повышение коррозионной стойкости доломитового щебня и асфальтобетона на его основе // Автомобильные дороги и мосты. – 2010. – № 2(6).
6. Способ модификации доломитового щебня : пат. № 13579 Республика Беларусь: МПК С 04В 41/45 / Чистова Т. А.; Старостина О. И.; Кулина Л. О.; заявитель и патентообладатель республиканское дочернее унитарное предприятие «Белорусский дорожный научно-исследовательский институт «БелдорНИИ». – № а20081632; заявл. 18.12.08.
7. Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия : ГОСТ 8267-93.

Статья поступила в редакцию 15.03.2012.