

УДК 622.35:621.93.025.7

***РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА
ДЕКОРАТИВНЫХ БЕТОННЫХ ПЛИТ***

Еличев К.А.,

к.т.н., доцент

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

Россия, г. Пенза

Пинт Э.М.,

к.т.н., профессор

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

Россия, г. Пенза

Петровнина И.Н.,

к.т.н., доцент

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

Россия, г. Пенза

Дашкин Р.М.,

студент

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

Россия, г. Пенза

Аннотация

Из большого количества различных строительных материалов необходимо выбрать те материалы, которые являлись бы наиболее приемлемыми с точки зрения их характеристик для изготовления декоративных бетонных плит. Обоснование сделанного выбора является одной из задач настоящей работы. Проводились исследования различных свойств выбранных компонентов. Основное внимание уделялось оценке их физико-механических свойств, таких как стойкость к удару, истираемость, морозостойкость и т.д., являющихся

важнейшими эксплуатационными свойствами готовых бетонных плит. Полученные результаты позволили выработать рекомендации по подбору состава декоративного бетона. Другой задачей работы стали экспериментальные исследования по оптимизации параметров технологического процесса резания бетона с точки зрения обеспечения высокой производительности при минимальных затратах. Установлена взаимосвязь между потребляемой мощностью и скоростью подачи инструмента. Кроме того, проведена оценка интенсивности изнашивания инструмента в зависимости от свойств обрабатываемого материала. Определены оптимальные параметры режима резания: скорость подачи инструмента S и окружная скорость резания V_p . Получение декоративных бетонных плит распиливанием алмазными отрезными круглыми пилами без значительных капитальных затрат позволит организовать их массовое производство.

Ключевые слова: облицовочные материалы, алмазные пилы, портландцементы, декоративность бетонных плит, карбонатные горные породы.

PRODUCTION TECHNOLOGY DEVELOPMENT DECORATIVE CONCRETE PLATES

Elichev K.A.,

Ph.D., associate professor

Penza State University of Architecture and Construction

Russia, Penza

Pint E.M.,

Ph.D., professor

Penza State University of Architecture and Construction

Russia, Penza

Petrovnina I.N.,

Ph.D., associate professor

Penza State University of Architecture and Construction

Russia, Penza

Dashkin R.M.,

student

Penza State University of Architecture and Construction

Russia, Penza

Annotation

From a large number of different building materials, it is necessary to choose those materials that would be the most acceptable in terms of their characteristics for the manufacture of decorative concrete slabs. Justification of the choice made is one of the objectives of this work. Various properties of the selected components were investigated. The main attention was paid to the assessment of their physical and mechanical properties, such as impact resistance, abrasion, frost resistance, etc., which are the most important operational properties of finished concrete slabs. The results obtained made it possible to develop recommendations for the selection of the composition of decorative concrete. Another task of the work was experimental research to optimize the parameters of the technological process of cutting concrete from the point of view of ensuring high productivity at minimal cost. The relationship between power consumption and tool feed rate has been established. In addition, an assessment was made of the tool wear intensity depending on the processing properties of the material. The optimal parameters of the cutting mode have been determined: the tool feed rate S and the peripheral cutting speed V_p . Obtaining decorative concrete slabs by sawing with diamond cutting circular saws without significant capital costs will allow organizing their mass production.

Key words: facing materials, diamond saws, Portland cements, decorative concrete slabs, carbonate rocks.

Постоянный рост объемов строительства требует применения большого количества разнообразных облицовочных материалов. Практические работы показывают, что из всей массы горной породы для облицовочного камня полезно используется не более 20÷25%, остальная же часть фактически представляет собой отходы, которые тем не менее можно использовать для изготовления различных облицовочных материалов. Однако, в настоящее время, технология их получения не достаточно совершенна. По-видимому, наиболее перспективной и эффективной является технология формования крупных блоков с последующим их распиливанием многодисковыми алмазными пилами на облицовочный материал всевозможного размера и назначения. Такая технология позволила бы использовать отходы в значительном количестве. На сегодняшний день рациональная технология формования крупных блоков для получения изделий с высокими декоративными свойствами, а также режимы их распиловки не достаточно подробно освоены. В случае же внедрения перспективной технологии может быть получен большой экономический эффект, а стоимость выпускаемых новых изделий должна быть ниже примерно в 10÷15 раз. В связи с вышеизложенным, целью настоящей работы является разработка технологии использования отходов облицовочного камня для получения декоративных бетонных плит методом формования блоков с их последующим распиливанием, применяемых для облицовки полов и площадок.

До настоящего времени существует несколько технологий получения бетонных плит [3, 9, 12, 13]. Одна из них заключается в поштучном прессовании плит размером от 150×150 и 800×800 мм при толщине от 25 до 80 мм соответственно. Плиты изготавливаются двухслойными, с нижним «подкладочным» и верхним лицевым декоративным слоями. Толщина лицевого слоя составляет от 3 до 12 мм. Бетон для декоративного слоя изготавливают на основе цветных или обычных цементов с мраморным или кварцевым песком в Дневник науки | www.dnevniknauki.ru | СМИ Эл № ФС 77-68405 ISSN 2541-8327

качестве заполнителя. Кроме мелких плиток формуется бетонные блоки больших размеров. Наибольшее применение указанные изделия нашли при устройстве полов в вестибюлях, коридорах, залах общественных зданий, в метрополитенах др.

Существует еще несколько способов получения декоративных бетонных плит. Основными из них являются поштучное прессование и формование плит с последующей шлифовкой лицевой поверхности и распиловка бетонных блоков – полуфабрикатов. Однако, отсутствие отечественного оборудования для производства плит препятствует широкому внедрению этих технологий и приводит к удорожанию изделий. Применение этих технологий на мелких предприятиях имеет ряд существенных недостатков, а именно, преобладание ручного труда, большой расход цемента, применение стальной проволоки и т.д.

Наиболее прогрессивным следует считать способ получения плит формованием блоков – заготовок с последующей распиливанием их на плиты. Данная технология может дать наиболее рациональный метод массового производства бетонных блоков и плит из них с использованием отходов добычи камня в карьерах и камнедобывающих предприятий.

Анализ литературных данных [6-8, 14] показывает, что отходы камня в карьерах составляют 70÷80%, а на камнеобрабатывающих заводах – 20÷30%. Это создает предпосылки для организации массового и экономичного производства плит.

Способ получения плит формованием блоков с их последующей распиловкой наиболее прогрессивен по сравнению с существующими технологиями. Однако, сама технология получения блоков не достаточно освоена, не определены параметры режима резания, не изучены свойства компонентов и самих плит. Решению отмеченных задач и посвящена настоящая работа.

ЭЛЕКТРОННЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ «ДНЕВНИК НАУКИ»

Первым шагом в производстве блоков является выбор исходных компонентов декоративного бетона [4, 10, 11]. Отбор горных пород производился из разрабатываемых месторождений карбонатных пород с высокими декоративными и требуемыми физико-механическими свойствами. Декоративность бетонных плит должна обеспечиваться заполнителями из горных пород, т. к. их зерна составляют 70÷75% открытой поверхности.

Для экспериментальной оценки свойств были использованы портландцементы: обычный (серый М500), белый (М400) и цветные (М400). Их декоративные и физико-механические свойства проверялись в лабораторных условиях в соответствии с ГОСТ: ГОСТ 10180-90 Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам; ГОСТ 13015-2003 Изделия железобетонные и бетонные для строительства. Общие технические требования; ГОСТ 8267–93 Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия; ГОСТ 8269.0–97 Щебень и гравий из плотных горных пород и отходов промышленного производства для строительных работ. Методы физико-механических испытаний. Декоративные свойства цемента являются дополнением к цветовой гамме заполнителя. Кроме того, плиты для пола должны быть изготовлены из высокомарочного бетона. Следовательно, и цементы в них должны применяться высоких марок.

Исследования свойств горных пород и заполнителей для декоративного бетона с учетом особенностей метода производства бетонных блоков проводилась на образцах, вырезанных на камнерезном станке с алмазными круглыми пилами. При оценке физико-механические свойства горных пород. необходимое количество испытуемых образцов на каждый вид испытаний составило: для определения прочности при сжатии – 15 кубиков (5×5×5 см); для оценки прочности при изгибе – 4 балочки (4×4×16 см); при испытании на

ЭЛЕКТРОННЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ «ДНЕВНИК НАУКИ»

истираемость – 4 кубика (7×7×7 см) и по 4 диска диаметром 2,53 см и высотой 1,2 см. Водопоглощение испытывалось на 4 кубиках (5×5×5 см).

При оценке свойств заполнителей отобранные горные породы измельчались на лабораторной щековой дробилке. Количество отобранного крупного заполнителя (щебня) на каждый вид испытаний составляло: определение прочностных показателей образцов – 10 кг; удар копром – 1,6 кг; испытание на дробимость при сжатии в цилиндре – 6 кг; исследование морозостойкости – 3 кг; степень измельчения при дроблении на лабораторной дробилке – 6 кг.

Для декоративного бетона, в дальнейшем подвергающегося резке на плиты, подбирались наиболее плотные составы смеси заполнителя. Вырезанные из изготовленных бетонных призм кубики с ребром 7 см по 9 штук на каждый вид заполнителя испытывались на прочность при сжатии и изгибе.

Для формования бетонных блоков – полуфабрикатов были изготовлены образцы при обычном и раздельном бетонировании в одинаковых условиях.

Исследования основных свойств декоративных бетонов проводились на вырезанных из блоков образцах согласно ГОСТ 6927-2018. На каждый вид заполнителя количество испытываемых образцов составило: при испытании на прочность на сжатие – 6 кубиков (7×7×7 см); для определения предела прочности при изгибе – 4 балочки (4×4×16 см); при испытании на ударную вязкость – 5 полосок (1,2×2×7 см); для определения сопротивления к удару падающего шарика – 1 образец (4×7×15 см); для испытания на истираемость – 4 кубика (7×7×7 см); для установления морозостойкости от 6 до 18 кубиков (7×7×7 см); при определении водопроницаемости – 6 цилиндров диаметром 4 и высотой 15 см; трещиностойкость оценивалась испытаниями на попеременное увлажнение и высушивание – 4 кубика (7×7×7 см).

ЭЛЕКТРОННЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ «ДНЕВНИК НАУКИ»

Экспериментальные исследования по резанию декоративных бетонных блоков алмазным инструментом проводились на камнерезном станке, оснащенном алмазным сегментным диском диаметром 500 мм.

Были изготовлены блоки на мраморном заполнителе 50×30×14,5 см – 1 шт.; 50×29,5×15 см – 1 шт.; 50×30×12 – 1 шт. Для сравнительной оценки параметров режима резания были также произведены блоки на различных заполнителях горных пород: граните, туфе, мраморовидном известняке, обычном портландцементе марки М500 Д0.

Абразивность декоративных блоков определялась для каждого вида бетона на двух образцах размерами 7×10×15 см.

При выборе горных пород ориентировочно руководствовались следующими требованиями:

- плотность – 2,5÷2,6 г/см³;
- предел прочности при сжатии – 600÷1000 кг/см²;
- истираемость – 3÷3,5 г/см²;
- ударная вязкость – 5÷6 кг/см²;
- водопоглощение (по массе) – 5÷6%;
- морозостойкость – не менее 25 циклов;
- долговечность – не менее 20 лет.

Экспериментальное исследование, главным образом, предусматривало использование отходов декоративных карбонатных горных пород при их добыче.

В качестве исходных материалов применялись малоабразивные карбонатные породы; мраморы – коелгинский белый; бараканский – белый и розовый; газганский – серый; мраморовидные известняки – салиэтский буровато – красный; лондоковский – серый.

ЭЛЕКТРОННЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ «ДНЕВНИК НАУКИ»

Декоративными признаками горных пород для заполнителей отделочных бетонов являются: цвет, блеск или матовость, в некоторых породах полная или частичная прозрачность и форма зерен [1, 2, 5].

Результаты исследований физико-механических свойств горных пород приведены в таблице.

Таблица

Основные свойства горных пород

№ п/п	Материал и его месторождение	Плотность, г/см ³	Прочность при сжатии, кг/см ²	Водопоглощение по массе, %	Истираемость, г/см ²
1	Мрамор газганский (серый)	2,67	970	0,157	2,39
2	Мраморовидный известняк лондоковский	2,66	893	0,27	2,17
3	Мрамор коелганский	2,70	860	0,87	2,85
4	Мраморовидный известняк салиэтский	2,68	815	0,206	2,08
5	Туф арктический	1,43	158	24	187
6	Известняк бодракский	1,84	149	15	521
7	Мрамор бараканский	2,87	1040	0,34	2,72

Указанные породы при истирании показали абразивность от 0,05 до 3,1 мг. Испытания обнаружили хорошую морозостойкость пород. Основные свойства (прочностные, декоративные и др.) исследуемых пород отвечали всем требованиям, предъявляемым к ним, как к материалу заполнителя, применяемого в декоративных бетонах.

При резании бетонных блоков на плиты важнейшей характеристикой является степень износа алмазного инструмента, которая, наряду с другими факторами, зависит от абразивности бетона, а абразивность последнего – от его состава.

В качестве режущего инструмента в экспериментальных исследованиях применялись алмазные круги диаметром 320 и 400 мм со сплошной режущей кромкой и алмазный сегментный диск диаметром 500 мм для пробных резов. Исследование параметров резания проводилось при распиливании бетонов с временным сопротивлением на сжатие 200 кг/см^2 и более, в соответствии с прочностью бетонных плит, применяемых в покрытиях полов и наружных площадок.

Математически были определены: необходимая минимальная мощность силовой установки для выполнения операции по резанию бетонов (N_p), окружная скорость резания (V_p), окружное усилие подачи на диске (P), работа совершаемая в процессе резания (A) и износ алмазного диска (q). Основываясь на полученных результатах были выбраны оптимальные параметры условия резания при минимальной степени износа алмазного инструмента.

Из вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

1. Установлено, что из исследованных декоративных заполнителей (мраморов и мраморовидных известняков) наиболее приемлемыми для изготовления блоков с точки зрения декоративности, долговечности, водопоглощения, водонепроницаемости и т.д. являются мраморы бараканский, газганский и салиэтский мраморный известняк. Остальные разновидности декоративных карбонатных пород могут быть использованы для производства облицовочных изделий.

2. Для получения изделий с износостойкостью, удовлетворяющей техническим требованиям на отделочные материалы необходимо использовать портландцементы (серый, белый, цветной) марок не ниже М400.

3. Анализ исследуемых параметров технологического режима резания при соблюдении оптимальных условий обеспечивает получение качественных плит, которые в дальнейшем должны подвергаться шлифованию и полировке.

4. Оптимальные условия резания декоративных блоков являются:

ЭЛЕКТРОННЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ «ДНЕВНИК НАУКИ»

$V_p = 38 \div 40$ м/с при скорости подачи инструмента $S = 0,55$ м/мин. В этих условиях может быть обеспечена производительность при работе одной пилой диаметром 1100 мм – 5,29 м²/час при минимальном расходе инструмента.

5. Износ инструмента, выраженный в кар/м² (алмазного порошка) при резании бетонов на гранитном заполнителе 3,04, а при резании бетонов на мраморном заполнителе – 0,175.

Библиографический список

1. Баженов Ю.М., Коровяков В.Ф., Денисов Г.А. Технология сухих строительных смесей. - М.: АСВ, 2003. - 95 с.
2. Безбородов Е.Н., Белан В.И., Мешков П.И. и др. Сухие смеси в современном строительстве. - Новосибирск: НГАСУ, 1998. -94 с.
3. V. Bespalov, O. Gurova, O. Paramonova, N. Samarskaya, E. Lysova, N. Yudina, MAT. Web of Conf., 73 (2016) <https://doi.org/10.1051/mateconf/20167303008>
4. Вилкул Ю.Г., Азарян А.А., Азарян В.А., Трачук А.А. Проблемы переработки минерального сырья техногенных месторождений Украины // Горная промышленность (спец. выпуск). - М., 2011. - С. 13-15.
5. Гончаров М.А., Чернышев Е.М. Формирование систем. Горное дело, твердения композитов на основе техногенного сырья // Строительные материалы. - 2013. - № 5. - С. 60-65.
6. Дворкин Л.И., Дворкин О.Л. Строительные материалы из отходов промышленности. - Ростов-на-Дону: Феникс, 2007. -368 с.
7. Евтехов В.Д. Техногенные месторождения: от использования имеющихся - к созданию более совершенных // Геолого-минералогический вестник. - 2003. - № 1. - С. 19-25.
8. Жарко В.И., Гузов В.А. Сырьевая база вторичных ресурсов в производстве строительных материалов // Междунар. аналит. обозрение - Цемент. Бетон. Сухие смеси. - 2011. - №2(19). - С.11-27.

9. Jiang Shi, Feng He, Chuqiao Ye, Lan Ni, JunlinXie, Ni Yang, Xiaoqing Liu. Preparation and characterization of CaO-Al₂O₃-SiO₂ glass-ceramics from molybdenum tailings // Materials Chemistry and Physics. - 2017. - Vol. 197. - P. 57-64.
10. Корнеев В.М., Зозуля П.В. Сухие строительные смеси, 2010. - 320 с.
11. Техногенное минеральное сырье рудных месторождений Казахстана: справочник. - Алматы, 2000. - 122 с.
12. Salguero F., Grande J.A., Valente T., Garrido R., M.L. de la Torre, Fortes J.C., Sanchez A. Recycling of manganese gangue materials from waste-dumps in the Iberian Pyrite Belt - Application as filler for concrete production // Construction and Building Materials. - 2014. - Vol. 54. - P. 363-368.
13. Sensogut C., Ozdeniz A.H. Bricks manufactured from colliery wastes: a case study // International Journal of Mining, Reclamation and Environment. - 2006. - Vol. 20, Iss. 4. - P. 267-271.
14. Щипцов В.В. Природные строительные материалы Республики Карелия // Проблемы рационального использования природного и техногенного сырья Баренцева региона в технологии строительных материалов. - Петрозаводск, 2005. - С. 198-201.

Оригинальность 93%