

УДК 691.3:662.613

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ БЕТОНА МЕТОДОМ ПРИНУДИТЕЛЬНОЙ КАРБОНИЗАЦИИ



FEATURES OF CONCRETE PRODUCTION TECHNOLOGY FORCED CARBONIZATION METHOD

Кириченко Виктор Алексеевич

Кубанский государственный технологический университет
acusticvictor@mail.ru

Касьянов Геннадий Иванович

Кубанский государственный технологический университет
g_kasjanov@mail.ru

Аннотация. Наступающее глобальное потепление является серьезной проблемой для окружающей среды и требует участия ученых различных специальностей в снижении выбросов парниковых газов в атмосферу. Известно, что от выбросов парниковых газов в атмосферу страдает озоновый слой, защищающий планету от космической радиации. На цементную промышленность приходится 5–7 % выбросов в атмосферу диоксида углерода. В среднем по стране годовой выброс CO_2 в атмосферу от производства бетона составляет более 2,9 млрд т. Возникла проблема улавливания и утилизации углекислого газа, образующегося при изготовлении цемента. Целью работы является оценка технологических приемов эмиссии углекислого газа бетонной смесью. В статье проанализированы проблемы рационального использования диоксида углерода, образующегося при обжиге известняка в процесс получения прочного бетона. Представлена структурная схема этапов изготовления CO_2 -бетона. Разработана экологическая схема производства бетона с карбонатом Ca. Даны рекомендации по рациональному использованию углекислого газа выделяемого при обжиге известняка и выделяемого в атмосферу промышленными предприятиями.

Ключевые слова: парниковый эффект, углекислый газ, цемент, бетон, карбонат кальция.

Kirichenko Viktor Alekseevich

Kuban State Technological University
acusticvictor@mail.ru

Kasyanov Gennady Ivanovich

Kuban State Technological University
g_kasjanov@mail.ru

Annotation. The upcoming global warming is a serious problem for the environment and requires the participation of scientists of various specialties in reducing emissions of greenhouse gases into the atmosphere. It is known that the ozone layer, which protects the planet from cosmic radiation, suffers from emissions of greenhouse gases into the atmosphere. The cement industry accounts for 5–7 % of carbon dioxide emissions into the atmosphere. On average in the country, the annual emission of CO_2 into the atmosphere from the production of concrete is more than 2.9 billion tons. There was a problem of capturing and utilizing carbon dioxide generated during the manufacture of cement. The aim of the work is to evaluate the technological methods of carbon dioxide emission by concrete mix. The article analyzes the problems of rational use of carbon dioxide formed during the burning of limestone in the process of obtaining durable concrete. A block diagram of the stages of production of CO_2 -concrete is presented. An ecological scheme for the production of concrete with Ca carbonate has been developed. Recommendations are given on the rational use of carbon dioxide released during the burning of limestone and released into the atmosphere by industrial enterprises.

Keywords: greenhouse effect, carbon dioxide, cement, concrete, calcium carbonate.

Глобальное потепление планеты, по мнению экологов, связано с резким ростом количества парниковых газов в атмосфере выбросов парниковых газов в атмосферу и разрушением озонового слоя. Производство цемента дает ежегодный прирост парниковых газов в объеме 5–7 %. Проблема утилизации сбросного углекислого газа является актуальной. В статье А.Е. Вакурова и И.П. Абросимова описано техническое решение канадской компании CarbonCure Technologies, позволяющее выпускать бетон из кристаллизованного диоксида углерода, с минимальным нанесением вреда окружающей среде [1]. В другой работе приведены доводы в пользу ресурсосберегающих «зеленых» технологий производства бетонов из портландцемента и бетонных отходов разрушенных зданий [2]. Проанализирована возможность использования химических добавок, обуславливающих прочность бетона, включая карбонат Ca [3]. Если изготавливать трехслойные панели с внутренней изоляцией из полистиролбетона, то такая технология приведет к меньшим затратам и позволит повысить производительность труда [4].

В работе [5] показано, что в случае последовательного пропаривания и последующей карбонизации пористого бетона можно достигнуть эффекта с кристаллическими гидратными и карбонатными образованиями.

Ускоренный набор прочности свежесделанного бетона с применением способа карбонизации, направлен на получение изделий с высокими эксплуатационными свойствами [6].

На кафедре технологии, организации, экономики строительства и управления недвижимостью КубГТУ обоснована экономическая целесообразность применения газообразных отходов, образующихся при сжигании твердого топлива при производстве бетонных изделий [7, 8]. На рисунке 1 показана схема образования твердых минералов карбоната кальция.

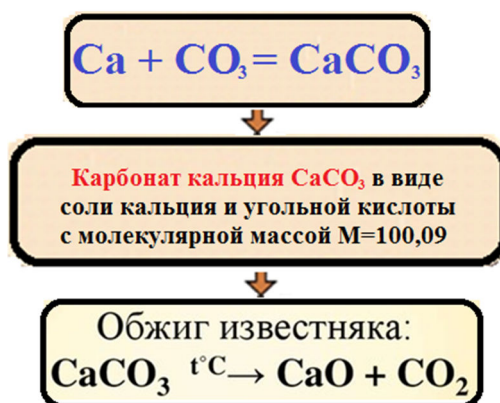


Рисунок 1 – Схема образования твердых минералов карбоната кальция

Исследовано влияние ускоренного способа карбонизации на физико-механические свойства: прочность на сжатие, прочность на изгиб и долговечность, глубина карбонизации [9]. Перечисляются преимущества изготовления «зеленого» бетона, которые заключаются в большей твердости бетона, экологичности и получении экономического эффекта.

Для изучения поведения фронта карбонизации бетона при различном содержании воды выбраны следующие значения водосвязывающего отношения: 0,35, 0,50 и 0,65. Отмечено, что объем порицаемых пустот бетона уменьшался с увеличением прочности на сжатие, прочности при изгибе и глубины карбонизации по мере увеличения срока воздействия на бетонный образец высокого содержания углекислого газа. На рисунке 2 приведена структурная схема этапов изготовления CO_2 -бетона.



Рисунок 2 – Структурная схема этапов изготовления CO_2 -бетона

Известен процесс обжига известняка, при котором из карбоната кальция CaCO_3 образуется CaO и диоксид углерода CO_2 . Реакция протекает по схеме: $\text{CaCO}_3 + 42,52 \text{ ккал} = \text{CaO} + \text{CO}_2$. По такой реакции получают негашёную известь, цемент и вяжущие вещества. Обжиг известняка даёт на одну молекулу извести одну молекулу CO_2 . Если улавливать выделяемый при обжиге углекислый газ и принудительно карбонизировать им слой бетона, то можно производить бетонные изделия с очень плотной, стойкой к истиранию поверхностью.

В технологии получения портландцементного клинкера при обжиге известняка CaCO_3 на каждую молекулу извести высвобождается одна молекула CO_2 . При обратной реакции восстановления, удастся не только исключить выделение углекислого газа, но и получить гораздо более прочный материал.

Газообразный диоксид углерода вводится определёнными дозами в смеситель камнеформовочной машины.

Модернизированная схема производства бетона с карбонатом кальция

Конверсия диоксида углерода в карбонат кальция позволяет связать CO_2 в прочные соединения с поверхностью бетона. По данным ряда специалистов можно получать образцы бетона с глубиной карбонизации 7,5...10,0 мм. Использование процесса карбонизации позволяет повысить его прочность на 11...19 %.

Представляет интерес идея конверсии диоксида углерода, сбрасываемого в атмосферу из экстракционных CO_2 -установок ООО «Компания Караван» (г. Краснодар). Если связать с бетонной смесью сбросной диоксид углерода, то можно повысить экологичность процесса CO_2 -экстракции ценных компонентов из растительного сырья. Сбрасываемый из установок газ имеет в сорбированном на молекуле CO_2 остаточное содержание пряно-ароматических веществ и весьма вероятно, что эксклюзивные здания, построенные с использованием карбонизированного бетона, будут обладать приятным пряным ароматом.

На рисунке 3 показана схема производства бетона с карбонатом Ca.

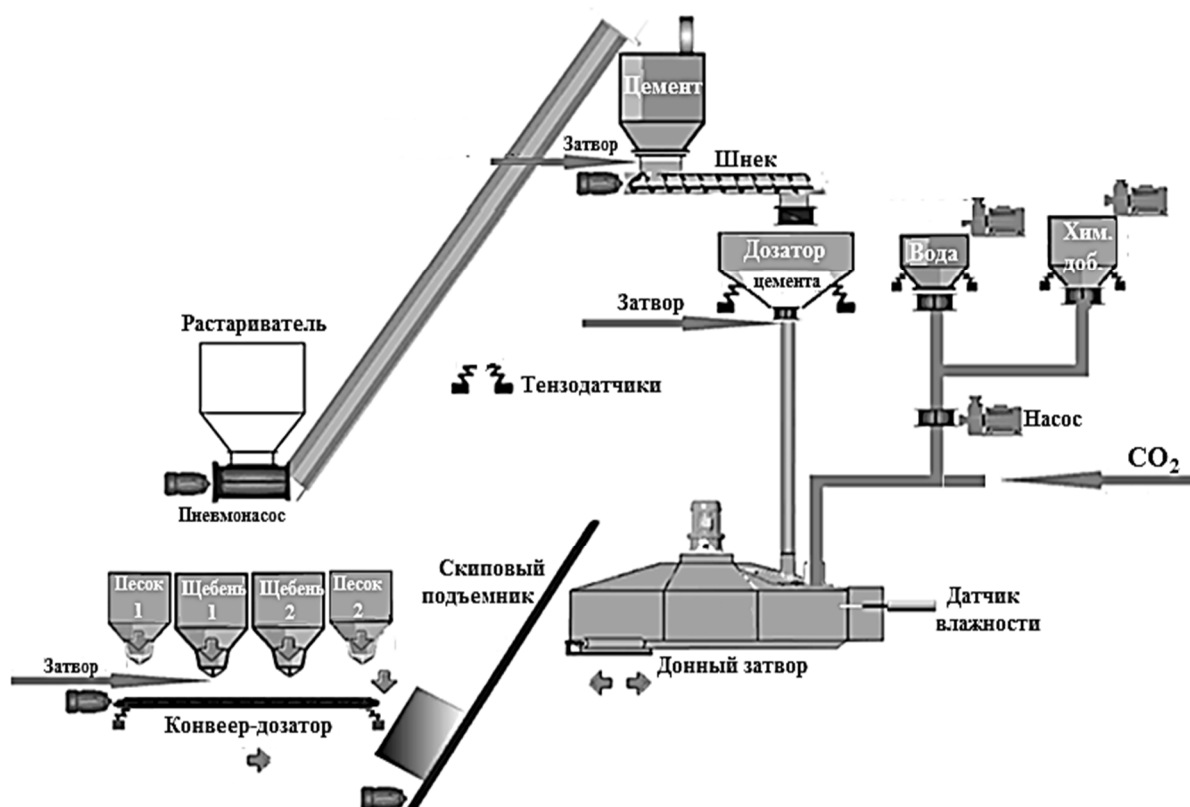


Рисунок 3 – Схема производства бетона с карбонатом Ca

При производстве бетона появляется возможность утилизировать углекислый газ, сбрасываемый цементными заводами, с целью улучшения его свойств. Масштабирование производства принудительно карбонизированного бетона позволяет революционизировать процесс его получения.

Во-первых, в крупных городах страны ведется активное строительство жилых и промышленных зданий с использованием бетона, что в сочетании с вредными выхлопами автотранспорта, повышает содержание диоксида углерода в воздухе и ухудшает экологию. Производство экологичного бетона снижает эту проблему. Во-вторых, бетон становится доступнее благодаря низкой себестоимости и повышенной прочности возводимых сооружений.

Таким образом, метод карбонизации изготовленного бетона, при помощи которого можно достигать ускоренный набор прочности, а также получать изделия с лучшими эксплуатационными характеристиками; позволяет применять газообразный диоксид углерода из печей цементных заводов и получать положительный экономический эффект при использовании способа ускоренной карбонизации.

Данный метод необходимо применять в строительстве, при изготовлении трехслойных стеновых панелей, а также при производстве теплоизоляционных блоков, применяющихся в стеновых ограждениях [4].

Испытания образцов бетона на сцепление между слоями

При эксплуатации теплоизоляционных панелей и блоков важным фактором является сцепление между наружными слоями из керамзитобетона и внутренним теплоизоляционным слоем. Поскольку метод карбонизации изготавливаемого бетона влияет положительно на прочность бетона, следовательно его необходимо применять при электропрогреве вышеуказанных теплоизоляционных изделий. Это позволит улучшить сцепление между слоями из керамзитобетона и внутренним теплоизоляционным слоем. В КубГТУ были отработаны составы полистиролбетона D350, D340, D250 и керамзитобетона D850 (рис. 4).



Рисунок 4 – Образцы для испытания на сцепление между слоями

Было проведено испытание образцов в 6-летнем возрасте. Для определения сил сцепления между слоями были изготовлены металлические пластины размерами 100 × 100 × 100 мм, к которым были приварены металлические стержни диаметром 22 мм длиной 200 мм. Пластины крепились с помощью эпоксидного клея к образцам с обеих сторон так, чтобы с одной стороны оказывался слой полистиролбетона, с другой – слой керамзитобетона. После суточного твердения клея, проводились испытания на разрыв на разрывной машине (рис. 5)

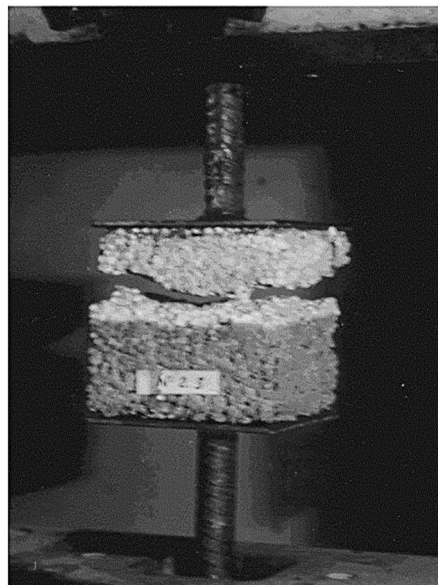


Рисунок 5 – Образец после испытания на разрыв между слоями

В образцах, прошедших термообработку электрическим током, разрыв происходил по центру сечения полистиролбетона.

Как показали испытания, во всех образцах естественного твердения границей разрыва была граница раздела слоев.

Следовательно, улучшить прочностные свойства таких изделий можно применяя метод карбонизации, совместив с методом термообработки электрическим током. Руководству цементных предприятий рекомендовано встраивать в процесс производства цемента установки для улавливания и сжижения диоксида углерода. Жидкий CO_2 в баллонах пользуется спросом у потребителей и позволяет снизить себестоимость производства карбонизированного бетона.

Выводы.

Появилась возможность решить проблему улавливания и утилизации углекислого газа, образующегося при изготовлении цемента. Известны способы ускоренной карбонизации бетона с использованием сбросного диоксида углерода. Целью работы явилась оценка технологических приемов эмиссии углекислого газа бетонной смесью. Проанализированы способы решения задач рационального использования диоксида углерода, образующегося при обжиге известняка в процесс получения стойкого к истиранию, прочного бетона. Представлена структурная схема этапов изготовления экологически чистого CO_2 -бетона. Даны рекомендации по рациональному использованию углекислого газа выделяемого при обжиге известняка и выделяемого в атмосферу промышленными предприятиями.

Литература

1. Вакуров А.Е. Описание и преимущества технологии производства бетона из диоксида углерода в строительстве / А.Е. Вакуров, И.П. Абросимов // Бюллетень науки и практики. – 2018. – Т. 4. – № 8. – 6 с.
2. Коровкин М.О. «Зеленые» технологии бетона / М.О. Коровкин, Д.М. Гринцов, Н.А. Ерошкина // Образование и наука в современном мире. Инновации. – 2017. – № 3. – С. 169–179.
3. Кравцов А.А. Применяемые методы анализа использования химических добавок в бетонах и применение их в условиях Краснодарского края / А.А. Кравцов, В.А. Кириченко // Электронный сетевой политематический журнал «Научные труды КубГТУ». – 2020. – № 8. – С. 218–223.
4. Крылов Б.А. Изготовление трёхслойных панелей наружных стен для различных зданий с высокими теплоизоляционными свойствами при малых затратах энергоресурсов / Б.А. Крылов, В.А. Кириченко // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия строительство и архитектура. – 2013. – Вып. 31 (50). – Ч. 2. – С. 119–123.

5. Процессы структурообразования газобетона неавтоклавного твердения при принудительном взаимодействии с углекислым газом / Н.В. Любомирский, Е.Ю. Николаенко, В.В. Николаенко, А.С. Бахтин // Строительство и техногенная безопасность. – 2018. – № 11. – С. 89–95.
6. Рузавин А.А. Применение метода ускоренной карбонизации в технологии бетонного производства / А.А. Рузавин // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Строительство и архитектура. – 2017. Т. 17. – № 3. – С. 72–75.
7. Секисов А.Н. Экономико-экологические аспекты применения углекислого газа в производстве бетона, бетонных изделий и конструкций. В сборнике: Технологические особенности производства и применения CO₂-экстрактов из растительного сырья. Сборник материалов международной научно-практической конференции. 2018. – С. 88–92.
8. Секисов А.Н. Обоснование использования цементации оснований фундаментов в строительстве зданий и сооружений / А.Н. Секисов, Е.О. Терещенко // В сборнике: Строительство и экономика: проблемы и решения. Сб. ст. по материалам региональной науч.-практ. конф. студентов, аспирантов, магистрантов и преподавателей, 21 марта 2018 г. – Краснодар, 2018. – С. 63–64.
9. Шиян Д.В. Технология конверсии диоксида углерода при производстве «зеленого» бетона / Д.В. Шиян, С.А. Удодов // В сборнике материалов конф. «Векторы развития технологии переработки животного и растительного сырья». – Краснодар : КубГТУ, 2022. – С. 72–75.

References

1. Vakurov A.E. Description and advantages of the technology of production of concrete from carbon dioxide in construction / A.E. Vakurov, I.P. Abrosimov // Bulletin of Science and Practice. – 2018. – Vol. 4. – 6 p.
2. Korovkin M.O. «Green» concrete technologies / M.O. Korovkin, D.M. Grintsov, N.A. Eroshkina // Education and science in the modern world. Innovation. – 2017. – № 3. – P. 169–179.
3. Kravtsov A.A. Applied methods of analysis of the use of chemical additives in concrete and their application in the conditions of the Krasnodar Territory / A.A. Kravtsov, V.A. Kirichenko // Electronic network polythematic journal «Scientific works of KubSTU». – 2020. – № 8. – P. 218–223.
4. Krylov B.A. Production of three-layer panels of external walls for various buildings with high thermal insulation properties at low energy costs / B.A. Krylov, V.A. Kirichenko // Bulletin of the Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Construction and architecture series. – 2013. – Iss. 31 (50). – Part 2. – P. 119–123.
5. Processes of structure formation of aerated concrete of non-autoclave hardening under forced interaction with carbon dioxide / N.V. Lyubomirsky, E.Yu. Nikolaenko, V.V. Nikolaenko, A.S. Bakhtin // Construction and Technogenic Safety. – 2018. – № 11. – P. 89–95.
6. Ruzavin A.A. Application of the accelerated carbonation method in concrete production technology / A.A. Ruzavin // Bulletin of the South Ural State University. Series: Construction and Architecture. – 2017. – Vol. 17. – № 3. – P. 72–75.
7. Sekisov A.N. Economic and ecological aspects of the use of carbon dioxide in the production of concrete, concrete products and structures / A.N. Sekisov // In the collection: Technological features of the production and use of CO₂-extracts from plant raw materials. Collection of materials of the international scientific and practical conference. – 2018. – P. 88–92.
8. Sekisov A.N. Justification of the use of cementation of foundations in the construction of buildings and structures / A.N. Sekisov, E.O. Tereshchenko // In the collection: Construction and Economics: Problems and Solutions. Collection of articles based on the materials of the regional scientific and practical conference of students, postgraduates, undergraduates and teachers, March 21, 2018. – Krasnodar, 2018. – P. 63–64.
9. Shiyani D.V. Technology of carbon dioxide conversion in the production of «green» concrete / D.V. Shiyani, S.A. Udodov. In the collection of materials of the conference «Vectors of development of technology for processing animal and vegetable raw materials». – Krasnodar : KubSTU, 2022. – P. 72–75.