THE CONCRETE TREATMENT WITH THE USE OF MICROWAVE RADIATION

Nefedov V. N., Mamontov A. V.
National Research University Higher School of Economics
Moscow Institute of Electronics and Mathematics, Higher School of Economics (MIEM HSE)
123458, Moscow, str. Tallinskya 34, E-mail: vnefedov@hse.ru

Abstract — The article deals with the method of concrete products' thermal treatment using microwave electromagnetic energy as a source of heat. The advantages of microwave method are shown in comparison with traditionally used steam curing. The experimental research results of rapid concrete hardening are presented. The perspectives of the microwave radiation use for the rapid concrete hardening are shown.

ПРИМЕНЕНИЕ МИКРОВОЛНОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ДЛЯ ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКИ БЕТОНА

Нефёдов В. Н., Мамонтов А. В.
Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»
Московский институт электроники и математики
Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики»
123458, Москва, ул. Таллинская, 34
E-mail: vnefedov@hse.ru

Аннотация — В статье рассмотрен метод тепловой обработки изделий из бетона с использованием в качестве источника тепла энергии электромагнитного поля сверхвысоких частот. Показаны преимущества микроволнового метода по сравнению с традиционной тепловлажностной обработкой бетона с использованием пара в качестве теплоносителя. В работе приведены результаты экспериментальных исследований по ускоренному твердению изделий из бетона. Показаны перспективы использования микроволнового излучения для ускоренного твердения бетона.

I. Введение

При производстве изделий из бетона широко используются различные виды тепловой обработки. Научные исследования по использованию электрофизических методов с целью сокращения длительности термообработки материалов показали высокую эффективность использования энергии микроволнового излучения, так как достигаемый при этом объёмный характер нагрева изделий позволяет значительно интенсифицировать процесс термообработки, повысить качество обрабатываемых материалов, уменьшить площадь, занимаемую нагревательными установками, повысить экономические показатели технологического процесса.

Основные преимущества микроволнового нагрева:

- микроволновый нагрев является экологически чистым методом нагрева;
- при микроволновом нагреве не происходит загрязнение обрабатываемого материала, так как энергия микроволнового излучения может подводиться к обрабатываемым материалам через защитные оболочки из твёрдых диэлектриков с малыми потерями (фторопласт, полипропилен и др.);
- микроволновый нагрев обладает отсутствием тепловой инерции, то есть возможностью практически мгновенного включения и отключения теплового воздействия на обрабатываемый материал, что обеспечивает высокую точность регулирования процесса и его воспроизводимость;
- возможность сочетания микроволнового нагрева материалов с другими методами, в частности, с обработкой паром. В этом случае эффективный поверхностный нагрев достигается за счёт использования пара, а глубинный нагрев - за счёт микроволнового нагрева. Сочетание различных методов нагрева материалов способствует созданию технологических процессов, обеспечивающих выпуск изделий наивысшего качества;
- высокий коэффициент полезного действия (КПД) преобразования энергии электромагнитного поля сверхвысоких частот в тепловую энергию, выделяемую в объёме нагреваемого материала - не менее 80%. Тепловые потери в подводящих трактах обычно невелики, стенки волноводов и рабочих камер устройств остаются практически холодными, что создаёт комфортные условия для обслуживающего персонала.

Необходимость широкого использования СВЧ - энергии в промышленности диктуется не только соображениями экономического и экологического характера. Благодаря свойству микроволнового излучения проникать в диэлектрические материалы на значительную глубину обеспечивается равномерное распределение тепла по всему объёму обрабатываемого изделия независимо от его теплопроводности.

II. Основная часть

В настоящей статье приведены результаты экспериментальных исследований по ускоренному твердению бетона с помощью микроволнового излучения. Целью работы являлось изучение основных особенностей микроволновой термообработки изделий из бетона с тем, чтобы в перспективе создать технологический режим ускоренного изготовления бетонных изделий по производству тротуарной плитки, малоразмерных бетонных и железобетонных блоков.

Оборудование для проведения экспериментальных исследований включало в себя конвейерную установку СВЧ нагрева максимальной мощностью 5 кВт, набор форм для формовки бетона в виде кубов и плит, выполненных из радиопрозрачного материала, термометры для измерения распределения тем-

2015 25th Int. Crimean Conference "Microwave & Telecommunication Technology" (CriMiCo'2015). 6—12 September, Sevastopol, Crimea
© 2015: CriMiCo'2015 Org. Com. ISBNs: 978-1-4673-9413-0, 978-1-4673-9414-7, 978-1-4673-9415-4. IEEE Cat. Nr. CFP 15788

пературы по объёму изделия. Для определения прочности бетона на сжатие использовался пресс заводской лаборатории завода ЖБИ.

Установка СВЧ - нагрева изделий из бетона состояла из камеры, выполненной из металла, размерами 600x600x600 мм. К камере присоединён источник СВЧ - энергии, который имел волноводный вывод энергии, работал на частоте колебаний электромагнитного поля 2450 МГц и позволял изменять значение выходной мощности от 2 до 5 кВт. Рабочая камера имела по бокам два окна, связанные со шлюзовыми камерами, предназначенными для поглощения микроволнового излучения до безопасного уровня. При этом часть микроволнового излучения выходила из камеры через эти окна, что снижало значение коэффициента полезного действия установки.

Проведена серия экспериментов с изделиями из пескобетона марки ПБ-300; кубов размерами 100x100x100 мм, плит размерами 304x217x37 мм.

Суммарное время общего цикла термообработки изделий из бетона для достижения проектной прочности 300 кг/см^2 составило 6 часов. Нагрев изделий из бетона проводился с периодической выдержкой изделия и последовательным снижением мощности источника СВЧ энергии: при 5 кВт - 2 мин, при 1,3 кВт - 7 мин, при 0,65 кВт - 33,4 мин. Суммарное время нагрева изделия из бетона составило 42,4 мин. В течение всего технологического процесса значение температуры изделия поддерживалось в диапазоне от 50 до 60^{0}С.

Динамика роста прочности бетонной плиты размерами 304x217x37 мм, обрабатываемый по описанной технологии, показана на рисунке 1.

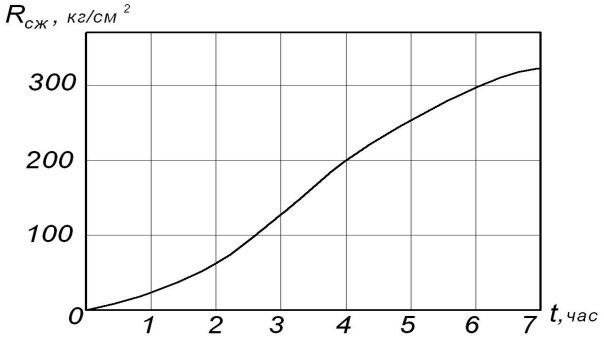


Рис. 1. Динамика роста прочности бетонной плиты размером 304x217x37мм (средняя температура плиты 53^{0}С).

Fig. 1. The growth of strength of the concrete plate size 304x217x37mm (average plate temperature 53^{0}C)

Получены результаты экспериментальных исследований ускоренного твердения изделий из бетона в виде кубической формы, объёмом 1 дм^3.

В качестве СВЧ установки была использована камера лучевого типа, размерами 600x600x600 мм, на верхней крышке которой расположен источник микроволновой энергии, мощностью 0,6 кВт, работающий на частоте колебаний электромагнитного поля 2450 МГц.

При проведении экспериментов было использовано: опалубка из фторопласта объёмом 1 дм^3, бетонная смесь (портландцемент марки М500, песок, щебень фракции 5-20 мм, вода), электронные весы, измеритель плотности потока энергии микроволнового излучения П3-33, пирометр, термопарный измеритель температуры. В процессе проведения эксперимента бетонный куб был нагрет с использованием микроволнового излучения до температуры 61°С (начальная температура бетона соответствовала температуре 20°С) за 6,5 минут. Через 55 минут, после начала эксперимента, температура бетона составила около 44-45°С. К этому времени бетон набрал необходимую распалубочную прочность.

Изменение средней температуры бетонного куба в течение всего эксперимента представлено на рис. 2.

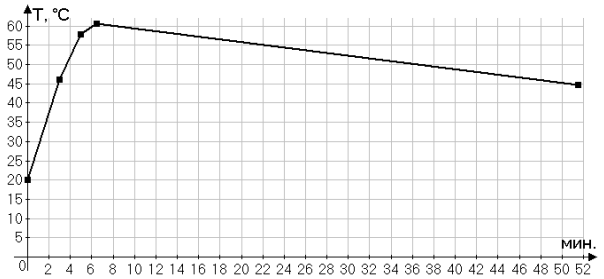


Рис. 2. График изменения средней температуры бетонного куба с течением времени.

Fig. 2. Graph of changes in the average temperature of a concrete cube with time

III. Заключение

В результате проведенных исследований показана перспективность использования микроволнового излучения для технологических процессов, связанных с ускоренным твердением бетона. Показано, что микроволновая технология по сравнению с традиционной тепловлажностной обработкой изделий позволяет: в 2,5 раза сократить время изготовления изделий; улучшить качество получаемых изделий из бетона; повысить управляемость технологическим процессом; снизить энергетические затраты в 3,3 раза; повысить коэффициент полезного действия в 2,3 раза; сократить денежные затраты на энергоносители на 21%; использовать экологически чистые энергоносители (электричество вместо пара).

В настоящее время ведутся работы по повышению прочностных характеристик бетона за счёт равномерного нагрева бетона, что способствует отсутствию внутренних напряжений и других дефектов структуры.

IV. References

[1] Э. Окресс. СВЧ – энергетика. М.: Мир, 1971, т.2.

[2] Пчельников Ю.Н., Карпенко Ю.В., Нефедов В.Н., Елизаров А.А. Применение СВЧ - энергии для интенсификации технологических процессов тепловой обработки бетона. Передовой опыт в строительстве Москвы. Реферативный сборник, № 2, 1992.

© 2015: CriMiCo'2015 Org. Com. ISBNs: 978-1-4673-9413-0, 978-1-4673-9414-7, 978-1-4673-9415-4. IEEE Cat. Nr. CFP 15788