

# Применение Ультразвука при Изготовлении Элементов Теплого Пола

Владимир Н. Хмелев, д.т.н., *Member*, IEEE, Сергей Н. Цыганок, к.т.н.,  
Сергей С. Хмелев, *Student Member*, IEEE, Сергей В. Левин  
*Бийский технологический институт (филиал)*

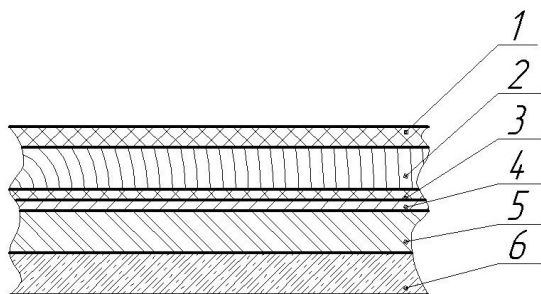
*ГОУ ВПО Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова*

**Аннотация** – Статья посвящена решению проблемы повышения качества специальных покрытий, обеспечивающих обогрев зданий за счет создания новой технологии изготовления элементов отопления для покрытия пола на основе каменной плиты, керамической плитки. Особенность технологии заключается в применении ультразвуковых колебаний высокой интенсивности на всех этапах производства, начиная с предварительной дегазации эпоксидной смолы, пропитки поверхностей и конечной обработки всего элемента теплого пола. Применение новой технологии позволило повысить качества изготовления конечной продукции и увеличить теплоотдачу.

**Ключевые слова** – Кавитация, дегазация эпоксидной смолы, ультразвуковые колебания.

## I. ВВЕДЕНИЕ

**ИЗВЕСТНЫЕ ТРАДИЦИОННЫЕ** способы изготовления элементов теплых полов заключаются в размещении нагревательных средств под напольными покрытиями, например, под каменными плитами, керамической плиткой, паркетными элементами или ламинатными панелями [1]. При этом нагревательные средства могут состоять из электрически нагреваемой фольги, как показано на рисунке 1.

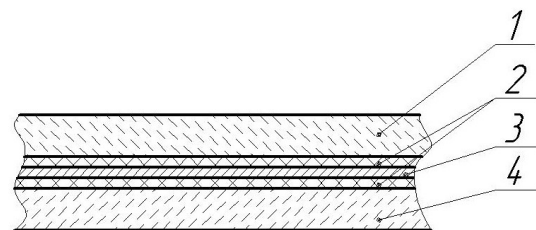


1 – ковролин или линолеум, 2 – ДВП или фанера, 3 – полиэтиленовая пленка, 4 – термопленка, 5 – отражатель, стяжка или первичный пол  
Рис. 1. Состав и структура теплого пола с отражательными элементами

При реализации традиционной технологии изготовления элементов обогрева пола произведе-

нное тепло должно вначале проникнуть внутрь каменных плит или керамической плитки, прежде чем помещение будет нагрето до необходимого уровня. Чтобы более целенаправленно и быстро подвести выработанное тепло в предназначенное для обогрева помещение, средства нагрева располагаются внутри покрытия (в каменной плите, паркетном элементе или ламинатной панели).

Такой подход реализуется в технологии изготовления элементов обогрева пола [2], при котором нагревательный элемент размещается внутри покрытия в каменной плите или керамической плитке. Он заключается в том, что на несущую каменную плиту наносят жидкую смолу, на поверхности слоя смолы размещают пленочный нагревательный элемент, покрывают его слоем смолы, на поверхность смолы укладывают каменную плиту с декоративным или специализированным покрытием и обеспечивают полимеризацию смолы, как показано на рисунке 2.



1 – каменная плита с декоративным или специализированным покрытием, 2 – слой эпоксидной смолы, 3 – термопленка, 4 – несущая каменная плита  
Рис. 2. Состав и структура теплого пола с эпоксидной смолой

Используемая при изготовлении элементов обогрева пола смола может проникать в структуру поверхности каменных плит и пленочного нагревательного элемента. Это обеспечивает механически прочную поверхность, улучшается сопротивление ударной нагрузке поверхности и снижаются термические напряжения. Ограниченное термическое расширение обеспечивает стабильность конечного продукта.

Основной недостаток заключается в том, что при реализации такой технологии используется эпоксидная смола, которая имеет ограниченную плотность полимерной сетки. Эпоксидная смола содержит большое количество газовых включений, количество которых существенно возрастает при нанесении эпоксидной смолы тонкими слоями на поверхности несущей каменной плиты и пленочного нагревательного элемента. При полимеризации происходит нагрев с выделением газов и в местах соединений пленочного нагревательного элемента с каменными плитами возникают расслоения (отслоения) в виде плоских газовых включений. Наличие газовых включений (отслоений) снижает эффективность теплоотдачи, обуславливает неоднородность нагрева каменной плиты, обеспечивающей отдачу тепла в помещение, а также снижает прочность элемента обогрева пола.

В связи с этим возникла необходимость в создании новой технологии, способной обеспечить удаление газовых включений из эпоксидной смолы в процессе изготовления элементов теплого пола.

## II. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Сущность предложенной технологии заключается в том, что эпоксидную смолу предварительно подвергают ультразвуковому воздействию с частотой  $22 \pm 1,65$  кГц и интенсивностью не менее  $15-20$  Вт/см<sup>2</sup> в течение заданного времени.

Кроме того, в процессе нанесения слоев эпоксидной смолы и их полимеризации осуществляют ультразвуковом воздействии с амплитудой не менее 10 мкм на поверхность каменных плит и слои эпоксидной смолы.

Для проверки эффективности новой технологии, основанной на применении ультразвуковых колебаний, технология была практически реализована при изготовлении элементов обогрева пола с применением каменных плит.

## III. ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ СПОСОБА

Предварительно подготовленную эпоксидную смолу массой не менее 5 кг, без отвердителя, в металлической емкости подвергали ультразвуковому воздействию при помощи ультразвукового аппарата серии «Волна-М» модели УЗ-ТА-1/22-ОМ, производства ООО «Центр ультразвуковых технологий» [3]. Воздействие осуществлялось на рабочей частоте  $22 \pm 1,65$  кГц при помощи пьезоэлектрической ультразвуковой колебательной системы с рабочим окончанием диаметром 40 мм. При этом обеспечивалось введе-

ние ультразвуковых колебаний с интенсивностью не менее  $15-20$  Вт/см<sup>2</sup> (рисунок 3).

В результате такого воздействия происходило снижение вязкости эпоксидной смолы, формирование и схлопывание кавитационных пузырей, объединяющиеся и всплывающих на поверхность. Это обеспечивало дегазацию и активацию эпоксидной смолы. Время ультразвуковой обработки определялось достаточностью степени дегазации.

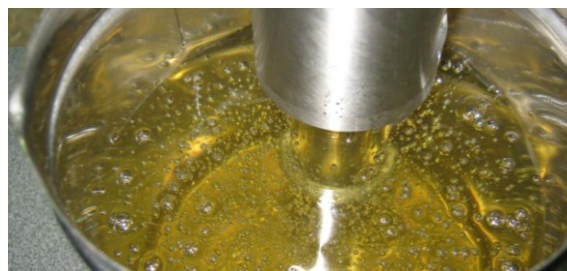


Рис. 3. Кавитационное воздействие на эпоксидную смолу

При потребляемой ультразвуковым аппаратом электрической мощности в 1000 ВА в эпоксидную смолу вводилось не менее 300 Вт акустической мощности. При указанной мощности, за время обработки 5 кг эпоксидной смолы в течение 5 минут температура обрабатываемой среды повышалась до  $50-60$  градусов Цельсия и из нее удалялось не менее 95 % растворенных газов.

Изготовление элемента теплого пола заключалось в нанесении эпоксидной смолы на несущую каменную плиту и внутреннюю поверхность каменной плиты с декоративным или специализированным покрытием, размещении на поверхности слоя эпоксидной смолы пленочного нагревательного элемента, удалении воздушных пузырьков из-под нагревательного пленочного элемента, покрытия его дополнительным слоем эпоксидной смолы, укладывании на поверхность эпоксидной смолы каменной плиты с декоративным или специализированным покрытием и обеспечении полимеризации эпоксидной смолы. Причем в процессе нанесения эпоксидной смолы и при ее полимеризации осуществлялось ультразвуковое воздействие на каменные плиты и слои эпоксидной смолы с амплитудой не менее 10 мкм.

Ультразвуковое воздействие осуществлялось при обеспечении механического контакта рабочего окончания ультразвукового излучателя со слоем эпоксидной смолы или поверхностью (например, внутренней) каменных плит и перемещении ультразвукового излучателя по обрабатываемой поверхности, как показано на рисунках 4-6.



Рис. 4. Воздействие на слой эпоксидной смолы, нанесенной на внутренние поверхности каменных плит



Рис. 5. Воздействие на слой эпоксидной смолы, нанесенной на поверхность нагревательного элемента



Рис. 6. Воздействие на внешние поверхности каменных плит

При этом каменные плиты совершают механические колебания, и эпоксидная смола подвергается дополнительному ультразвуковому воздействию. Образующиеся газовые включения измельчаются, перемещаются вдоль нагревательного элемента и покидают пространство между каменными плитами.

Обработку внешних поверхностей осуществляли путем перемещения рабочего инструмента ультразвуковой колебательной системы посредством круговых движений, начиная от центра поверхности с использованием промежуточной акустической среды, например, растительного масла.

Окончательная полимеризация эпоксидной смолы между каменными плитами осуществлялась в течение суток под давлением.

## VI. ВЫВОДЫ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изготовленные образцы элементов теплого пола прошли сравнительные испытания, которые подтвердили целесообразность предложенной и отработанной технологии. В частности, уменьшилось время достижения заданной температуры нагрева на 18 %.

В настоящее время предприятием ООО «Центр ультразвуковых технологий» ведется подготовка к внедрению в серийное производство ультразвукового технологического оборудования для реализации предложенного способа.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Инфракрасные пленочные теплые полы. Обогрев зеркал и потолков. – Электронный ресурс. – Доступ: [http://calorique.ru/catalog/Interior\\_Space\\_Heating/Floor\\_Warming/](http://calorique.ru/catalog/Interior_Space_Heating/Floor_Warming/).
- [2] Нагревательное устройство для покрытия пола, стен или потолка. ДЁРИНГ Дитер, ЦОРН Хайнц, КРЕМЕР Герхард, МАХЕР Дэвид. Патент РФ № 2365067, 20.08.2009. Бюл. №3, 12. с., ил.
- [3] Хмелев В.Н. Ультразвуковые многофункциональные и специализированные аппараты для интенсификации технологических процессов в промышленности / В. Н. Хмёлев и др. – Барнаул: АлтГТУ, 2007. – 416 с.