

► ОПИСАНИЕ

В последние годы компания GMI Aero исследовала процесс индукционного нагрева при формовании композитного материала, особенно в области ремонта ламинатов.

Данные разработки могут применяться только в соответствии с особенностями поставленной задачи. Если технологию термокомпрессии с использованием термомата можно считать технологией общего применения, то индукционный метод необходимо адаптировать по электропитанию, частоте, конструкции катушки в соответствии со свойствами материала, поверхностью, свойствами связующего и другими параметрами.

В данном техническом описании мы напомним особенности технологии и принципы индукции, а затем укажем возможное применение и шаги возможного сотрудничества с Заказчиком.

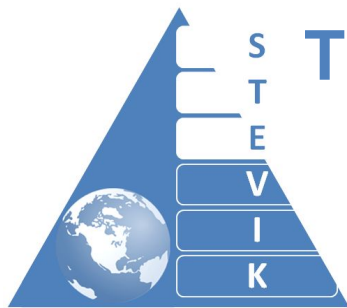
► ПРИНЦИП ИНДУКЦИОННОГО НАГРЕВА

Индукция – это бесконтактный процесс, имеющий преимущество при нагревании геометрически сложной поверхности, тонко- или толстостенных конструкций. Применяя индукционный процесс, нет необходимости в разработке и изготовлении датчика или термомата, который должен соответствовать сложному геометрическому профилю. Процесс выполняется с использованием Индукционной Катушки, установленной на определенном расстоянии от ремонтируемой поверхности. Более того, метод индукции позволяет контролировать распределение теплового потока, направляя его только на композитную заплату и контролировать глубину проникновения тепла в металлическую основу (поверхностный эффект).

Индукционный нагрев происходит в ферромагнитных материалах, при воздействии переменного магнитного поля. Это – результат образования в материале токов, называемых вихревыми токами. Образование тепла, главным образом, является результатом эффекта Джоуля. В целом, индукционная система представляет собой генератор энергии, индукционную катушку и токоприемник. Для образования вихревых токов, ферромагнитный материал необходимо добавить к композиционной паре - алюминиевой. Этот материал называется токоприемником. На рисунке 1 представлена схема принципа индукционного нагрева.



Рисунок.1 Схема процесса индукционного нагрева для полимеризации ПКМ



► ОБОРУДОВАНИЕ НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ИНДУКЦИОННОГО НАГРЕВА РЕМОНТА

Основное оборудование, необходимое для индукционного нагрева ремонта:

a. Генератор электроэнергии

Генератор электроэнергии подает переменный ток на цепь катушки. Этот ток ведет к образованию ЭДС, которая проходит по замкнутому контуру, представляющему собой индукционную катушку. Эта ЭДС имеет заданные параметры мощности и частоты.

Эти параметры влияют на тепло, образующееся внутри токоприемника, и рассматриваются в качестве тепловой мощности и глубины проникновения в материал. Так как система должна вырабатывать энергию для нагрева определенного количества клеящего вещества до оптимальной температуры (95 - 120°C, а иногда 180°C), при этом не допускать нагрева алюминиевого основания, эти две характеристики (мощность и частота) должны быть оптимизированы в пределах рабочего диапазона. И наконец, контроль глубины проникновения тепла в алюминиевую подложку может достигаться путем регулировки частоты.

b. Катушка

Катушка - второй элемент системы, связанный с выработкой энергии, потому что она создает магнитное поле, профиль которого будет контролировать распределение тепла, индуцированного в материале. Основным преимуществом технологии индукционного нагрева является гибкость конструкции катушки. Размер и форма индукционной катушки может "подгоняться" или подходить к композитной детали, которую необходимо нагреть, даже с геометрически сложными формами. Катушку необходимо адаптировать к обрабатываемой поверхности перед нагревом. Одним из преимуществ процесса индукционного нагрева является возможность адаптации катушки к сложной поверхности, форме и геометрии. Температура в токоприемнике зависит от распределения поля.

c. Токоприемник

Токоприемник является ключевым элементом системы. Токоприемник будет передавать тепло в ремонтную зону (область, которая должна быть нагрета) за счет теплопроводности. В этой конфигурации токоприемник должен быть около липкой пленки. Токоприемник должен быть металлическим с высоким магнитным коэффициентом, а так же могут использоваться армирующие углеродные волокна или углеродные нанотрубки композитов.

► ТЕХНОЛОГИЯ РАЗРАБОТАННАЯ GMI AERO

После нескольких лет научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, компания GMI разработала систему источника энергии и управления индукционным нагревом GMI – MAXIM. Эти опытно-конструкторские работы проводились для изучения и отработки:

- a) ремонта полимеризации заплата ПКМ к металлу;
- б) исследования использования смол с добавками;
- с) подготовки поверхности для предстоящего ремонта. Рисунок 2.

Эти работы сформировали глубокие знания относительно применяемых индукционных процессов в области композитных материалов и соответствующей технологии.

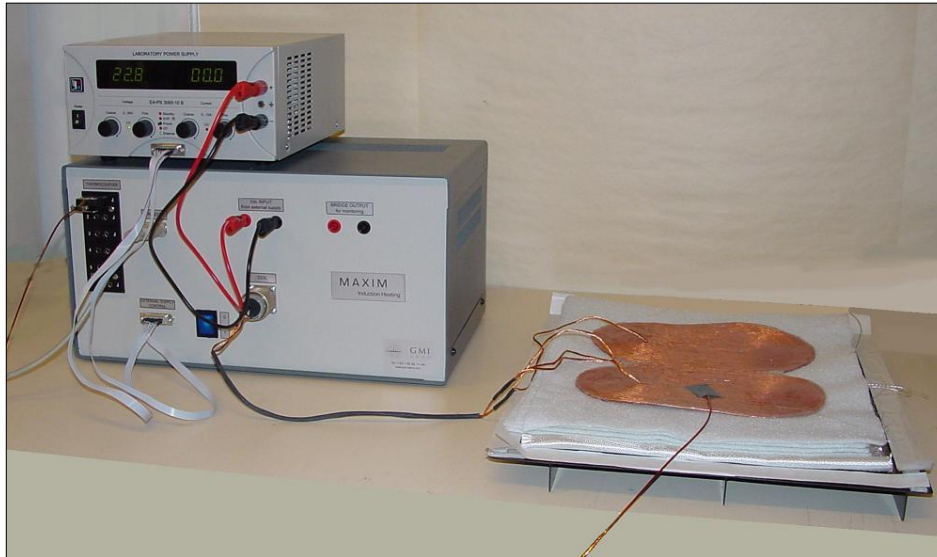
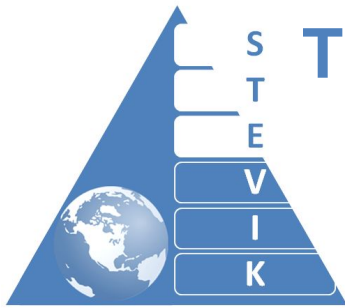


Рисунок 2: Система MAXIM для подачи энергии и управления индукционным нагревом, разработанная компанией GMI

► ПРЕИМУЩЕСТВА ИНДУКЦИОННОГО НАГРЕВА, ПО СРАВНЕНИЮ С КОНДУКЦИОННЫМ В РЕМОНТЕ

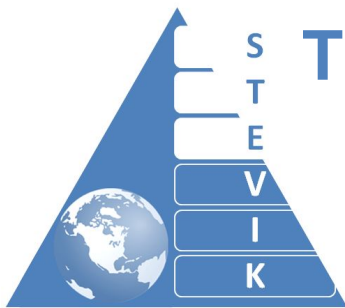
Индукционный нагрев – отличная альтернатива нагрева, так как он демонстрирует определенные преимущества по сравнению с обычным кондукционным нагревом, такие как:

- а. Минимизацию остаточных напряжений и, следовательно, улучшение прочностных характеристик детали, за счет нагрева значительно меньших площадей.
- б. Сокращение потребления энергии на ремонт, что очень важно в случае ремонтов термопластов при повышенных температурах (например, 400°C).

Пример возможного ремонта металла композитным материалом с использованием индукционного нагрева изображен на рисунке 3.



Рисунок 3: Ремонт алюминиевой балки пола ATR-72 с использованием приклеенной углеродной заплата, выполненный на месте компанией GMI Aero, в сотрудничестве с компанией ATR.



Технология индукционного нагрева при ремонте изделий из ПКМ

► РЕМОНТ С ИНДУКЦИОННЫМ НАГРЕВОМ

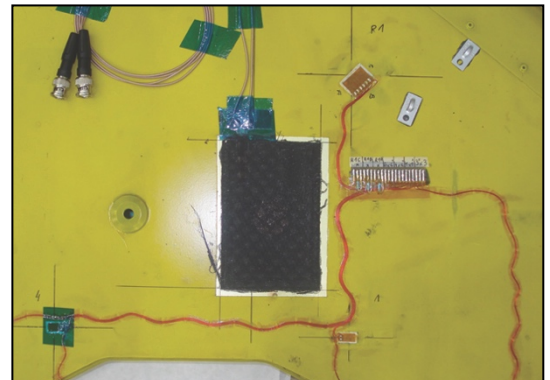
Учитывая разносторонность в применении и эффективность, индукционный нагрев может обеспечивать проведение ремонта композитов во множестве случаев, а именно:

- Классический ремонт композитного материала композитным материалом;
- Новый, но уже достаточно отработанный, ремонт композитным материалом металлических конструкций самолетов;
- Ремонт термопластов.



► ВОЗМОЖНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО

Компания „GMI-Aero“ разработала все необходимое оборудование и методики для индукционного нагрева при локальном ремонте. В этой связи, компания GMI может и далее развивать разработанную технологию в соответствии со специальными эксплуатационными требованиями в **тесном сотрудничестве** с конечным пользователем. Основные этапы такого сотрудничества могут включать:



- а. Подробное исследование и определение окончательных эксплуатационных требований / специфики.
- б. Оптимизацию системы и её адаптации к специальным эксплуатационным требованиям заказчика.
- в. Демонстрацию индукционного нагрева и требований потребителя к процессу.
- г. Разработку методики по использованию индукционного нагрева (Руководство для пользователя).
- е. Обучение технического персонала процессу индукционного нагрева.

► ПРИМЕЧАНИЕ

Свяжитесь с нами для получения более подробной информации в соответствии с Вашей поставленной задачей.