

3. Южный федеральный университет, кафедра «Нанотехнологии» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://nanotechnology.sfedu.ru/mod/page/view.php?id=21>. Проверено 21.08.2014.

4. Казанский научно-исследовательский технологический университет [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/suschnost-impulsnogo-lazernogo-napyleniya-v-vakuume-kak-sposoba-polucheniya-plenok-nanometrovyh-tolschin/viewer>. – Проверено 25.08.2014.

5. Компания «Наноинтек» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.nanointek.ru/index.php?id=11>. – Проверено 22.08.2014.

УДК 621.311

Якович В.М.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА НАГРЕВА ПРИ ИНДУКЦИОННОЙ ТЕРМООБРАБОТКЕ

*Белорусский национальный технический университет
г. Минск Республика Беларусь
Научный руководитель: канд. техн. наук,
доцент Комаровская В.М.*

Для разработки технологического процесса индукционной термообработки в качестве детали будем использовать вал со следующими параметрами: закалка ступенчатого вала (минимальный диаметр 50 мм, максимальный – 76 мм), марка стали 40Х; поверхности 1,2 до твердости 45–50 HRC с глубиной закаленного слоя 0,8...1,2 мм.

На первом этапе разработки технологического процесса проводится разработка индуктора. Из чертежа детали мы видим, что для закалки всех поверхностей вала требуется сканирующая закалка с одновременным охлаждением.

Исходя из требований по твердости и глубине закаленного слоя, а также исходных данных генератора, была выбрана медная трубка Ø 16 мм с толщиной стенки 1,5 мм и спрофилированная под значения 10x15 мм. Подбор данного сечения производился также

с учетом пропускной способности трубки, для достаточного охлаждения индуктора и детали в процессе нагрева.

Поскольку спроектированная установка имеет автоматическое управление и возможность перемещения генератора и индуктора в процессе нагрева, то спроектированный индуктор был выполнен такой формы, чтобы произвести закалку сразу всех поверхностей вала (рисунок 1, а), без переустановки детали. Форма рабочей поверхности индуктора представляет собой сочетание частей двух витков различных диаметров в одном. После окончательной сборки с припаянными шинами, общий вид готового индуктора представлен на рисунке 1 (б).

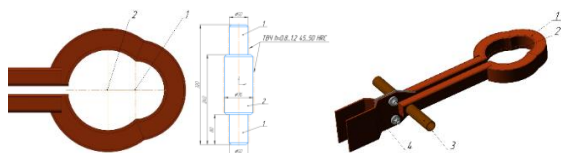


Рис. 1. Спроектированный индуктор:

а – виток под закалку вала (1 – позиция для закалки малого диаметра вала; 2 – позиция для закалки большого диаметра вала);

б – общий вид готового индуктора

Прежде чем приступить к закалке, необходимо смоделировать процесс нагрева детали, чтобы удостовериться в правильности размеров и формы индуктора, а также подобрать правильные режимы для нагрева.

В первую очередь интересуют такие параметры как частота электромагнитного поля, скорость перемещения и мощность, требуемая для нагрева. Эти параметры зависят от материала детали и технических требований предъявляемых к детали (глубина и твердость закаленного слоя). Глубина закаленного слоя на этапе конструирования задается исходя из нагрузок, воспринимаемых деталью. В данном конкретном случае поверхности вала работают на трение. В таком случае глубина слоя может быть небольшой (до 2 мм), а основной характеристикой является твердость слоя.

Глубина закаленного слоя формируется исходя из значений скорости перемещения и частоты электромагнитного поля генера-

тора при условии достаточной мощности генератора. Частота поля влияет на эффективную глубину проникновения тока в материал загрузки. Она же формирует зону тепловыделения в поверхностном слое детали.

Таким образом глубина слоя обратно пропорциональна корню частоты поля, т.е. чем ниже частота, тем больше глубина слоя. На спроектированной установке для термообработки установлен высокочастотный генератор с автоматическим подбором частоты в зависимости от величины индуктивности (в частности от индуктивности индуктора). Для данной детали рабочая частота на стадии моделирования составила 39 кГц.

Следующим фактором для формирования глубины слоя является скорость перемещения индуктора относительно детали при непрерывно-последовательной (сканирующей) закалке. При моделировании скорость перемещения задается исходя из температуры на требуемой глубине. Если на глубине 2 мм от поверхности температура детали будет не менее 860 °С, требуемой для закалки на твердость 45–50 HRC (сталь 40X), то выбранную скорость можно считать достаточной. Ориентировочно на подобного рода оборудовании скорость перемещения составляет 5 мм/с. Последней стадией моделирования является подбор мощности нагрева.

Для моделирования использовалась программа конечно-элементного анализа Universal 2D. На начальном этапе требуется выбрать размеры детали, марку стали из библиотеки или внести физико-химические свойства самому. Далее геометрические размеры индуктора (внутренний диаметр и число витков), указываются зоны нагрева и охлаждения, а затем и параметры нагрева (мощность, частота поля, скорость перемещения). Для тестового варианта принимались следующие значения: мощность генератора (по току) 110 кВт, скорость перемещения 5 мм/с, частота нагрева 39 кГц. График распределения температур на различной глубине по результатам моделирования представлен на рисунке 2.

На рисунке показаны энергетические параметры нагрева детали. На поверхности детали под индуктором температура составила 1150 °С. Данная температура достаточна для процесса мартенситного превращения поверхностного слоя.

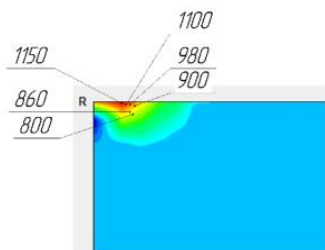


Рис. 2. Температурное поле обрабатываемой детали

Полученная картина поля показывает, что прогрев детали на температуру закалки осуществлен. Выбранные параметры достаточны для закалки этого сегмента.

УДК 621.311

Якович В.М.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИНДУКЦИОННОЙ ТЕРМООБРАБОТКИ

*Белорусский национальный технический университет
г. Минск Республика Беларусь
Научный руководитель: канд. техн. наук,
доцент Комаровская В. М.*

Для разработки технологического процесса индукционной термообработки в качестве детали будем использовать вал со следующими параметрами: закалка ступенчатого вала (минимальный диаметр 50 мм, максимальный – 76 мм), марка стали 40X; поверхности 1,2 до твердости 45–50 HRC с глубиной закаленного слоя 0.8...1.2 мм. Убедившись в правильной конструкции индуктора и выбора правильных режимов термообработки (путем моделирования) можно приступить к закалке вала.

На первом этапе будет осуществляться пробный процесс закалки без включения нагрева. Данный процесс проводится для того, чтобы рабочий (наладчик) мог убедиться в правильности действий при закалке и занести все данные в программу для последующих типов деталей (валов).