

УДК 620.179.14  
ПОВЫШЕНИЕ ДОСТОВЕРНОСТИ ИМПУЛЬСНОГО МАГНИТНОГО  
КОНТРОЛЯ ОТПУСКА ИЗДЕЛИЙ МАШИНОСТРОЕНИЯ

В.Ф.МАТЮК, В.А.БУРАК  
Государственное научное учреждение  
«ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ НАН Беларуси»  
Минск, Беларусь

Основной проблемой при контроле качества отпуска изделий машиностроения из сталей с содержанием углерода более 0,3 % магнитными методами является неоднозначность связи между стандартными магнитными характеристиками и температурой отпуска.

Для ее решения используют релаксационные магнитные характеристики. Однако процесс их измерения довольно сложный. Более перспективно измерять остаточную индукцию или напряженность поля остаточной намагниченности после частичного размагничивания предварительно намагниченного изделия постоянным, переменным или импульсным магнитным полем.

В докладе сообщается о результатах исследований по использованию параметров динамической петли магнитного гистерезиса в процессе локального импульсного намагничивания изделий в комбинации с градиентом нормальной составляющей напряженности поля остаточной намагниченности после окончания намагничивающего импульса для контроля температуры отпуска изделий машиностроения из среднеуглеродистых конструкционных сталей.

Исследования проводили на образцах из стали 45 в форме дисков диаметром 59 мм и толщиной 9 мм, закаленных при температуре 850 °С и отпущенных при 100, 200, 300, 400, 500, 600 и 700 °С.

Импульсное магнитное поле, воздействию которого подвергались исследуемые образцы, формировалось посредством разряда батареи конденсаторов емкостью 2200 мкФ на соленоид с внутренним радиусом 5 мм, внешним радиусом 25 мм и длиной 30 мм, число витков составляло 865. Исследования проводили при намагничивании образцов импульсами магнитного поля, имеющими форму апериодического разряда конденсатора. Амплитуда импульсов магнитного поля составляла  $2,4 \cdot 10^5$  А/м, а их длительность по уровню 0,1 – 17 мс. При намагничивании оси образца и соленоида совпадали. Измерение градиента нормальной составляющей напряженности поля остаточной намагниченности осуществлялось вдоль этих же осей феррозондом-градиентометром длиной 28 мм.

Параметры динамической петли магнитного гистерезиса в процессе импульсного намагничивания измерялись дифференциальным индукционным методом с помощью преобразователя, состоящего из соленоида и

двух соосных с ним измерительных катушек. Одна из катушек располагалась на торце соленоида, которым преобразователь устанавливается на изделие, а вторая – на противоположном торце. Текущие величины намагничивающего и вторичного магнитных полей определялись посредством интегрирования и вычитания сигналов, снимаемых с измерительных катушек. Для этого была создана установка, обеспечивающая такое преобразование измеренных сигналов и их дальнейшую обработку на ПЭВМ.

В качестве информационных параметров динамической петли магнитного гистерезиса были выбраны нормальная составляющая напряженности магнитного поля от изделия при максимальной величине намагничивающего поля и ее максимальное значение в процесс действия импульса.

На основе проведенных исследований разработан комбинированный импульсный магнитный метод контроля температуры отпуска изделий машиностроения из среднеуглеродистых конструкционных сталей. Сущность его состоит в том, что в процессе действия намагничивающего импульса измеряют в центре намагничиваемого участка нормальную составляющую напряженности магнитного поля от изделия при максимальной величине намагничивающего поля и ее максимальное значение в процессе действия импульса. После окончания намагничивающего импульса измеряют градиент нормальной составляющей напряженности поля остаточной намагниченности в центре намагничиваемого участка. Температуру, при которой проводилась термообработка изделия, определяют по заранее установленному уравнению линейной трехпараметровой корреляционной модели.

Результаты исследований показали, что контроль температуры отпуска исследуемых образцов по градиенту напряженности поля остаточной намагниченности обеспечивает коэффициент корреляции 0,85 при дисперсии 126. При контроле по индукции магнитного поля от изделия при максимальной величине намагничивающего поля коэффициент корреляции составил 0,92, а дисперсия – 90. Коэффициент корреляции при контроле по максимальной величине индукции в процесс действия импульса имел величину 0,94, а дисперсия – 80. При измерении одновременно трех вышеупомянутых магнитных параметров и применении множественного корреляционного анализа коэффициент корреляции повышается до 0,975, а дисперсия уменьшается до 68, что доказывает существенное повышение достоверности контроля качества термообработки изделий из этой марки стали.

Комбинированный импульсный магнитный метод позволяет расширить область применения магнитных видов неразрушающего контроля механических свойств на изделия машиностроения из улучшаемых марок сталей, и является достойной альтернативой стандартным методам контроля качества термообработки по твердости с использованием инденторов.