

УДК 620.179.14

## АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДА «ТОЧЕЧНОГО ПОЛЮСА» ДЛЯ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ЦЕМЕНТАЦИИ ПОВЕРХНОСТНО УПРОЧНЕННЫХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

С. Г. САНДОМИРСКИЙ, А. Л. ВАЛЬКО, С. П. РУДЕНКО  
Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси  
Минск, Беларусь

Для обеспечения требуемого ресурса зубчатых колес регламентируют поверхностную твердость и эффективную толщину  $h_{\text{эфф}}$  цементованного слоя [1]. Эти величины определяют прочность и технологию термообработки цементируемых зубчатых колес. Прямые методы определения механических свойств и структуры являются разрушающими. Их не используют для контроля качества изделий, предназначенных для эксплуатации. Разработке достоверной и надежной методики неразрушающего контроля  $h_{\text{эфф}}$  посвящен настоящий доклад.

Известны акустические и магнитные методики определения толщины упрочненного слоя [2]. В [2], например, показано, что изменение ее величины в наибольшей степени влияет на напряженность тангенциальной составляющей поля на поверхности объекта в межполюсном пространстве постоянного магнита, а изменение физико-механических свойств слоя – на величину магнитного потока в цепи «преобразователь – объект». Это различие магнитных параметров предложено использовать для селективного контроля качества поверхностного упрочнения.

Но для цементованного слоя важен лишь один параметр – его эффективная толщина  $h_{\text{эфф}}$ , за которую принимают металлографически определяемое расстояние от поверхности до области с содержанием 0,35 % С, а после закалки – расстояние от поверхности до зоны, имеющей твердость 50 HRC [1]. Поэтому возможна разработка более простого неразрушающего метода контроля качества цементации, основанного на использовании метода «точечного полюса».

В [3] исследовано влияние продолжительности цементации образцов из стали 18ХГТ, используемой для изготовления зубчатых колес трансмиссий мобильных машин, на  $h_{\text{эфф}}$  диффузионного слоя. Установлено совпадение  $h_{\text{эфф}}$  до и после закалки. С применением прибора «Сортировщик магнитный МС-1», измеряющего градиент  $\nabla H_{\perp}$  нормальной составляющей поля остаточной намагниченности над местом контакта полюса постоянного магнита с поверхностью металла, установлена (рис. 1) зависимость между  $h_{\text{эфф}}$  исследованных образцов и  $\nabla H_{\perp}$ .

Статистическая обработка результатов исследований проведена в программе Microsoft-XL. Полученные результаты показали, что между  $h_{\text{эфф}}$  исследованных образцов и  $\nabla H_{\perp}$  имеется тесная корреляционная зависимость, которая имеет более выраженный характер (увеличение  $h_{\text{эфф}}$  вызывает большее увеличение  $\nabla H_{\perp}$ ) при использовании прибора МС-1 до закалки изделий (см. рис. 1).

Это объясняется увеличением коэрцитивной силы стали при закалке снижением глубины ее намагничивания постоянным магнитом преобразователя прибора МС-1.

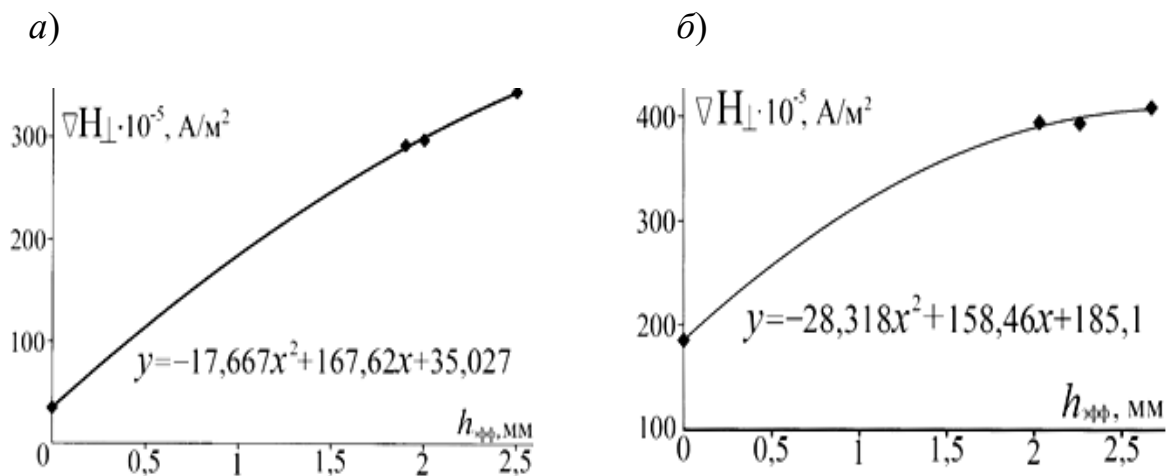


Рис. 1. Линии тренда (полиномы 2-й степени) зависимостей показаний ( $\nabla H_{\perp}$ ,  $10^{-5}$  А/м<sup>2</sup>) прибора МС-1 от  $h_{\text{эфф}}$  цементованного слоя после цементации (а) и после цементации и закалки (б) образцов из стали 18ХГТ

Глубина и локальность промагничивания изделия может быть увеличена использованием разработанного преобразователя [4], в котором стержневой постоянный магнит помещен в жестко с ним скрепленный полузамкнутый магнитомягкий экран, плоскость расположения торцевой поверхности которого совпадает с плоскостью рабочей поверхности магнита, а толщина экрана обеспечивает концентрацию в нем практически всего магнитного потока от постоянного магнита.

Полученные результаты являются предпосылкой разработки методики неразрушающего контроля процесса цементации зубчатых колес трансмиссий мобильных машин.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **СТБ 2307–2013.** Поверхностно-упрочненные слои металлических деталей. Методы измерения толщины. – Минск: Госстандарт, 2013. – 16 с.
2. Селективный магнитный контроль толщины и степени упрочнения поверхностных слоев на стальных объектах / А. В. Бызов [и др.] // Дефектоскопия. – 2021. – № 12. – С. 39–45.
3. **Сандомирский, С. Г.** Анализ влияния продолжительности цементации на эффективную толщину цементованного слоя и магнитный параметр стали 18ХГТ после закалки / С. Г. Сандомирский, А. Л. Валько, С. П. Руденко // Механика машин, механизмов и материалов. – 2020. – № 3. – С. 71–77.
4. Устройство для локального намагничивания изделия из ферромагнитного материала: пат. ВУ 25573 / С. Г. Сандомирский. – Оpubл. 30.12.2021.