

НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ ГЛУБИНЫ ОБЕЗУГЛЕРОЖЕННОГО СЛОЯ ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБИЛЕЙ МЕТОДОМ МАГНИТНЫХ ШУМОВ БАРКГАУЗЕНА

Ломаев Г. В., Трифонов О. А.

ГОУ ВПО «Ижевский Государственный Технический Университет»

Ижевск, Россия

Зубья силовых зубчатых передач, червячных фрез, долбяков подвергаются сложным видам нагружения с высоким уровнем контактных сил. Основные требования к ним - износостойкость и кинематическая точность - обеспечиваются выбором материала, упрочнением химико-термической обработкой и технологией последующего изготовления. В зависимости от материала детали или инструмента применяют закалку основного материала или закалку после цементации, нитроцементации или других методов изменения химического состава поверхностного слоя. В результате создается однородная структура основы и твердый износостойкий мартенситный слой рабочей поверхности.

Однако термообработка, шлифование или заточка с интенсивными режимами ухудшают свойства и структуру поверхностного слоя из-за обезуглероживания и окисления. Так на поверхности прямозубых колес ($m=3,85$ мм., $z = 31$), изготовленных из стали 12ХН4А, после цементации в твердом карбюризаторе при 900°C на глубину $1,1...1,3$ мм., высокого отпуска при 650°C , двойной закалки при $860^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$ и $800^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$, обработки холодом в среде жидкого азота и отпуска при $150^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$ появляется обезуглероженный слой толщиной $0,1$ мм, [1]. Последующее шлифование поверхности с твердостью HRC 52...64 создает в контакте абразивного круга с деталью мощный тепловой источник с температурой до $800^{\circ}...900^{\circ}\text{C}$, что соответствует температурам, лежащим выше температур A_3 для заэвтектидных сталей. В результате, при медленном охлаждении поверхности формируется структура отжига, а при быстром происходит закалка поверхности (вторичная закалка). Оба состояния также, как и обезуглероженный слой, являются дефектами, ухудшающими свойства поверхностного слоя и требуют контроля.

Для решения проблемы определения глубины обезуглероженного слоя после термообработки авторы применили метод эффекта Баркгаузена (ГОСТ 18353-79), который хорошо зарекомендовал себя при контроле твердости термообработки, а также толщины упрочненных слоев [2,3,4]. Метод эффекта Баркгаузена является, по существу, методом изучения физических характеристик ферромагнетиков, в данном случае - свойств поверхностного слоя, и информационно является родственным широко используемым методам магнитной и электромагнитной структуроскопии. Согласно теории толщинометрии контроль методом эффекта Баркгаузена возможен при достаточно большой разности уровней магнитного шума основы детали и контролируемого слоя, которая определяется, кроме свойств слоя и основы, также режимом перемагничивания. Частоту и амплитуду перемагничивающего поля при контроле обезуглероженного слоя необходимо выбирать таким образом, чтобы перемагничивался только контролируемый слой. Лишь в этом случае можно говорить о достоверности результатов контроля. Эта возможность при контроле толщины дефектного слоя существует и обусловлена различиями в магнитных свойствах основы и поверхности детали, имеющей измененный химический состав и структуру стали в поверхностном слое. В ИжГТУ разработан портативный структуроскоп СКИФ-1, который предназначен для контроля поверхностных слоев ферромагнитных материалов глубиной до $0,5$ мм. Принцип работы прибора заключается в возбуждении скачков Баркгаузена в контролируемом слое ферромагнетика, их преобразовании в электрическое напряжение с помощью датчика и измерении этого напряжения измерительной схемой, выход которой подключен к микроамперметру [5]. Контроль осуществляется по средневыпрямленному значению ЭДС от скачков

намагниченности, возникающих в изделии при циклическом перемагничивании с частотой 50 Гц (Рис.1). Прибор снабжен двумя типами датчиков - накладным и проходным. Накладной датчик предназначен для локального контроля плоских деталей. Проходной датчик предназначен для контроля длинных цилиндрических деталей. Возможны и другие конструкции датчиков и схемы измерения (Рис. 2).

Ниже приводятся методика и результаты исследований на примере стали Р6М5. Для исследования обезуглероженного слоя использовались образцы, приготовленные в лаборатории металловедения и термообработки на АО «ИЖСТАЛЬ» в соответствии с ГОСТ 1763-81 «Методы определения глубины обезуглероженного слоя». После снятия показаний прибором СКИФ - 1 были приготовлены поперечные микрошлифы и протравлены в 4% растворе азотной кислоты в этиловом спирте. В процессе выполнения работы на прутках были выделены участки, на которых показания прибора оставались постоянными. Затем прутки, для изготовления микрошлифов разрезали таким образом, чтобы плоскости разрезов приходились на границы выделенных участков. Глубина обезуглероженного слоя определялась по микрошлифам.

Результаты экспериментов приведены на рис. 1 и 3. Исследования показали, что большое значение для контроля имеет правильный выбор режима тока намагничивания. При правильном выборе режима тока намагничивания нулевому показанию прибора соответствует нулевая глубина обезуглероженного слоя. Тарировочный график был построен путем последовательного снятия обезуглероженного слоя.

Для контроля обезуглероженного слоя регулированием глубины проникновения поля перемагничивания и его амплитуды, можно выбрать режимы поля перемагничивания, что иллюстрируется рис.1.

Полученные результаты дают основание полагать, что данный метод может применяться для одновременного контроля обезуглероженного слоя и шлифовочных прижогов, так как шлифовочный прижог также повышает уровень магнитного шума.

Для количественной оценки степени обезуглероживания для каждой стали необходимо иметь тарировочные графики; полученные на стандартных образцах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Казимирович Ю. А. О явлениях, происходящих в поверхностном слое зубьев после шлифования их на станках типа МААГ. Сб. "Теплофизика технологических процессов". Куйбышев. 1970г.
2. Ломаев Г. В., Мерзляков Ю. М., Эффект Баркгаузена.- Ижевск: изд-во ИжГТУ 2004.- 164 с.
3. Ломаев Г. В., Логунова М. Г. К вопросу толщинометрии структурных слоев методом эффекта Баркгаузен - Дефектоскопия, 1996. №11, с. 10-21
4. Ломаев Г. В., Каримова Г.В. Датчики Баркгаузена: монография – Ижевск: изд-во ИжГТУ, 2008. – 368 с.
5. Ломаев Г. В., Штин А. А., Малышев В. С. Портативный структуроскоп СКИФ-1.- Дефектоскопия, 1986, № 3, с. 90 - 92.

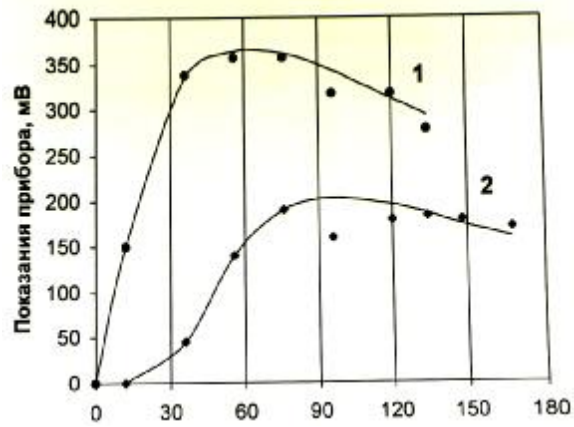


Рис. 1. Зависимость показаний прибора СКИФ-1 от тока намагничивания:
 1 – с обезуглероженным слоем на прутке стали Р6М5;
 2 – после снятия обезуглероженного слоя на том же прутке.

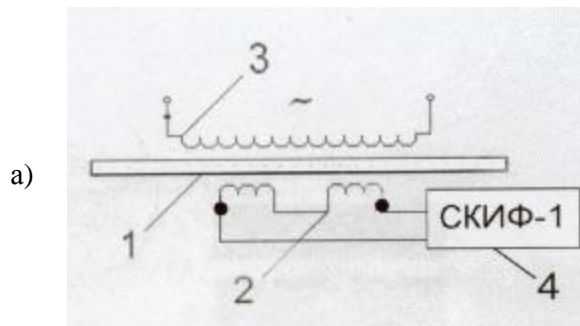


а)

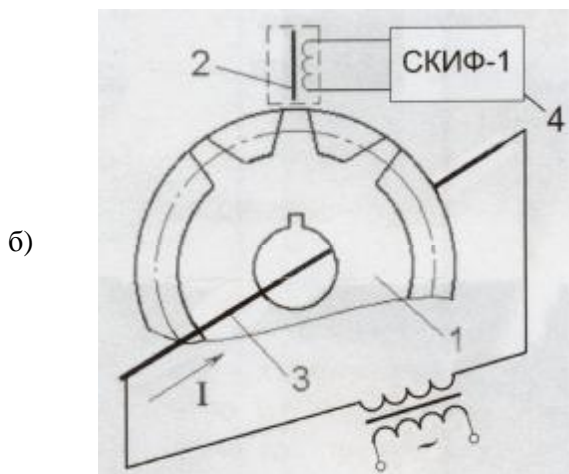


б)

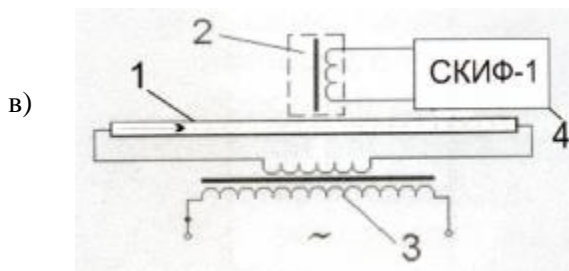
Рис. 3. Показания прибора при изменении глубины обезуглероженного слоя для стали Р6М5 (тарировочный график) (а) и структура стали Р6М5 с обезуглероженным слоем (б).



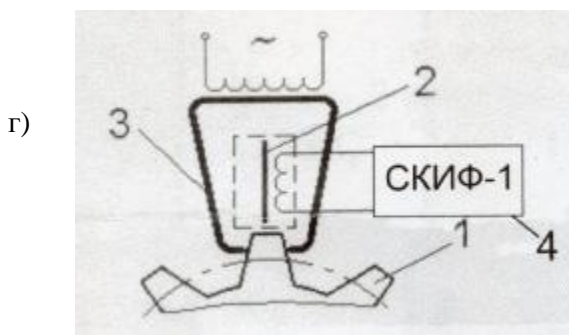
Контроль протяженных деталей (прутки, шпильки, валы, сверла и т.д.).



Контроль деталей с отверстиями небольших размеров (зубчатые колеса, втулки и т.д.).



Контроль плоских образцов любой протяженности.



Контроль криволинейных поверхностей (зубья, кулачки и т.п.).

Рис. 2. Схема контроля дефектного слоя различных деталей.

- где, 1 – деталь
 2 – датчик
 3 – устройство намагничивания
 4 – структуроскоп СКИФ-1