

Т.С. Скобло, проф., д.-р. техн. наук, А.И. Сидашенко, канд. техн. наук, Г.Я.Безлюдько, канд. ф.-м. наук, Н.Г. Поздняков, асп.

Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства им. П. Василенко

Оценка качества гильз цилиндров двигателя смд-14, закаленных ТВЧ

В работе был проведен анализ влияния различных факторов на изменение показаний коэрцитивной силы в гильзах двигателя СМД-14. Установлены зависимости коэрцитивной силы от таких факторов как: толщина стенки гильзы; глубина упрочненного слоя; твердость.

гильза цилиндра, коэрцитивная сила, индукционная закалка, токи высокой частоты

Гильзы цилиндров работают в тяжелых условиях. На них действуют как силы трения, так и ударные нагрузки. Поэтому рабочая поверхность гильз должна иметь высокую поверхностную твердость, что достигается поверхностной закалкой.

Этот способ предусматривает термическую обработку с упрочнением только поверхностных слоев, в результате чего изменяется структура и повышается твердость. Структура и твердость сердцевины остается без изменения [1].

В настоящее время при термообработке гильз довольно широко применяют индукционный метод закалки токами высокой частоты (ТВЧ).

После отработки режима индукционная поверхностная закалка обеспечивает высокое качество изделий и обеспечивает достаточно стабильные результаты по сравнению с другими методами поверхностной закалки. Она способствует повышению сопротивления изнашиванию и усталостному разрушению, снижает возможность деформаций, не вызывает заметного окисления и обезуглероживания. Благодаря нагреву только поверхностных слоев уменьшаются затраты энергии на обработку.

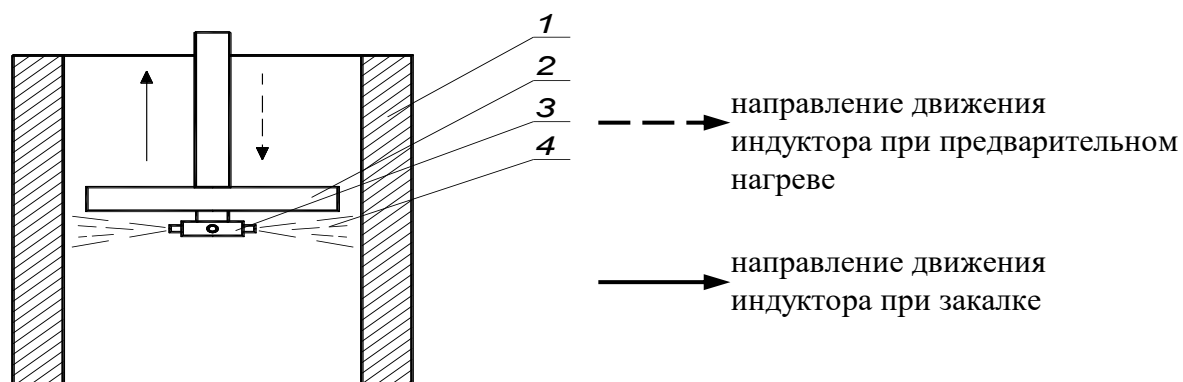
Главным отличием индукционного нагрева от различных внешних источников тепла (в печах и других нагревательных устройствах) является выделение тепла непосредственно в самом металле. При индукционном нагреве реализуется возможность значительной концентрации электрической энергии в небольшом объеме нагреваемого металла, что позволяет осуществлять нагрев с большой скоростью [1].

Суть индукционного нагрева заключается в следующем. По проводнику (индуктору) проходит переменный электрический ток высокой частоты. В это время, вокруг индуктора образуется переменное электромагнитное поле, силовые линии которого пронизывают деталь, в поверхностном слое которой возникают вихревые токи (Фуко), вызывающие нагрев этого слоя до высокой температуры.

При индукционной закалке чугунных гильз цилиндров процесс проводят в два этапа:

- предварительный нагрев;
- непосредственно закалка.

Схема данного процесса представлена на рис. 1.



1-обрабатываемая гильза; 2-индуктор; 3-спрейер; 4-охлаждающая жидкость

Рисунок 1 – Схема процесса закалки гильзы токами высокой частоты

Предварительный подогрев гильзы проводят до температуры 180-190°C. Такая обработка смягчает процесс последующей закалки чугуна и обеспечивает снижение склонности к трещинообразованию.

Критические точки железо-углерод соответствуют температурам, при которых протекают превращения в условиях медленного нагрева и охлаждения. По этой температуре устанавливают температуру при обычной термической обработке с нагревом в печи.

При выборе температуры для скоростного индукционного нагрева вносятся поправки, так как ограниченное время нагрева может оказаться недостаточным для завершения фазовых превращений.

При индукционном нагреве чугуна выше критических точек в металлической основе растворяется как связанный, так и свободный углерод в виде графита и свободных гнезд углерода отжига. При повышенных температурах ускоряются диффузионные процессы, увеличивается содержание углерода и легирующих элементов в аустените и выравнивается его химический состав. Интенсивность и степень насыщения аустенита зависят от количества связанного углерода (перлита) и графитовых включений в исходной структуре чугуна, температуры и скорости индукционного нагрева [1].

При изготовлении и последующей термообработке в гильзах возможно возникновение дефектов различного рода (трещины, изменения в структуре, неравномерный слой, слишком малые или слишком большие значения толщины упрочненного слоя и др.)

Целью настоящей работы является установление причин формирования неоднородного по толщине закаленного слоя, его структурной неоднородности, а также использование неразрушающего метода контроля для их выявления с установлением браковочных норм.

Для контроля качества был выбран метод оценки по коэрцитивной силе. Эту характеристику определяли коэрцитиметром марки КРМ-Ц, разработанным фирмой «Новые научные разработки».

Серия приборов КРМ-Ц создана в процессе конверсии как результат работы группы специалистов в области теории измерений, разработки и производства высокоточных электронных измерительных средств. Серия создавалась в тесном творческом взаимодействии с сотрудниками служб не разрушающего контроля ряда предприятий и отраслевых НМИ Минчермета. Опытные образцы прошли проверку в лабораторных и производственных условиях с последующей доработкой и

модернизацией. В результате потребитель может иметь удобные измерители с высокими техническими характеристиками, простые в обращении и надежные в работе.

Коэрцитиметр КРМ-Ц предназначен для измерения коэрцитивной силы локального участка ферромагнитных материалов. В зависимости от модификации прибора и размера щупа (размеров магнитов и расстояния между ними) измеряемая площадь может находиться в пределах от 35 до 50 мм.

Прибор позволяет контролировать свойства деталей и конструкций, в частности:

- качество изделий после различных видов термической обработки (закалка с отпуском, нормализация, отжиг и т.д.);
- качество изделий после поверхностного упрочнения (различных видов химико-термической обработки, поверхностной закалки, наклепа и т.д.);
- определять механические свойства стального проката и конструкционных материалов, изделий из чугуна;
- проводить сортировку металла по маркам стали и чугуна;
- оценивать уровень напряжений и структурных изменений.

Контроль таких характеристик возможен при наличии однозначной зависимости между ними и коэрцитивной силой.

Прибор может быть использован в цехах, лабораториях, отделах технического контроля металлургических, машиностроительных, инструментальных предприятий для контроля и разбраковки материалов, деталей и конструкций.

Диапазон измерения коэрцитивной силы 1.0 - 60.0 А/см. Погрешность измерения коэрцитивной силы на контрольных образцах, не более 2,5% +1 единица младшего разряда цифрового индикатора;

Принцип действия прибора основан на вычислении коэрцитивной силы по измеряемому току компенсации остаточной магнитной индукции в замкнутой магнитной цепи. Цепь образуется магнитной системой преобразователя, полюса которой замкнуты контролируемым образцом.

Работа с прибором семейства КРМ-Ц не требует специальной подготовки обслуживающего персонала.

При оценки качества закаленных ТВЧ гильз были проведены статистические измерения коэрцитивной силы в гильзах двигателя СМД-14.

Измерение коэрцитивной силы показало разброс показаний в пределах от 13,7 до 16,2 А/см на поверхности, подвергнутой закалке ТВЧ и от 10,9 до 13 А/см на внешней – не обработанной. Зависимость ее изменения показана на рис. 2.

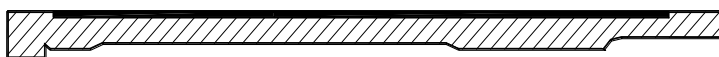
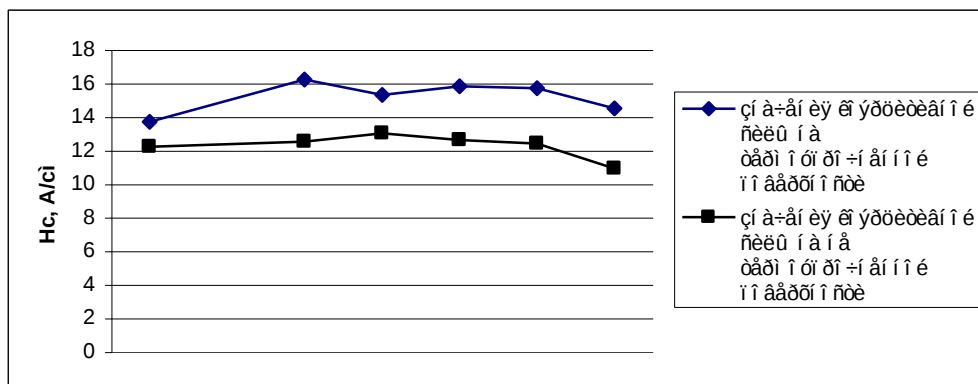


Рисунок 2 – Изменения коэрцитивной силы по высоте гильзы

Из рис.1 видно, что значения коэрцитивной силы на термоупрочненной поверхности несколько выше, чем на не термоупрочненной. Из этого следует, что показания коэрцитиметра напрямую зависят от твердости. График такой зависимости показан на рис. 3.

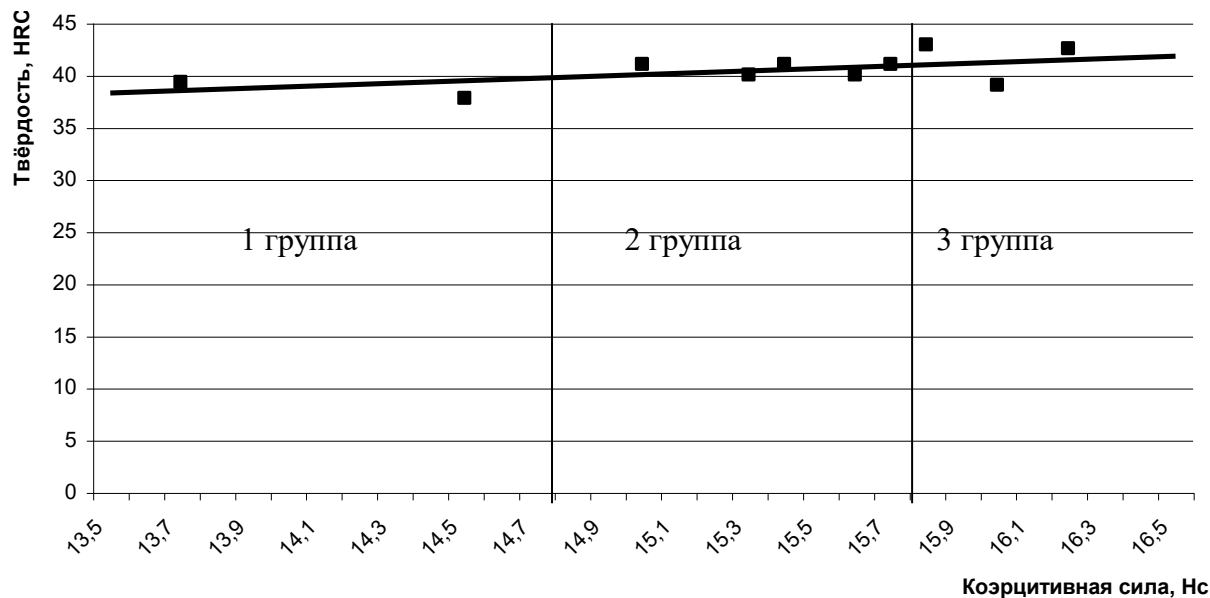


Рисунок 3 – Зависимость коэрцитивной силы от твердости гильз, подвергнутых закалке ТВЧ

Статистический анализ коэрцитивной силы и твёрдости позволил разделить втулки на три выборки: первая – коэрцитивная сила имеет минимальные значения ($<14,8$ А/см), при этом уровень твёрдости также снижается до уровня нижнего предела допустимых значений по требованиям ТУ; вторая – значения твёрдости соответствуют средним значениям требований ТУ (40 – 42HRC) и коэрцитивной силе от 14,8 до 15,8 А/см; третья – значения коэрцитивной силы и твёрдости максимальные, соответствующие уровню ближе к верхнему пределу (60HRC – твердость; $>15,8$ А/см – коэрцитивная сила) [2].

Согласно требованиям ТУ значения твердости закаленной поверхности гильзы должны соответствовать 35-60 HRC.

Также был проведен анализ влияния толщины стенки гильзы на изменение коэрцитивной силы. Зависимости представлены на рис. 4 и 5.

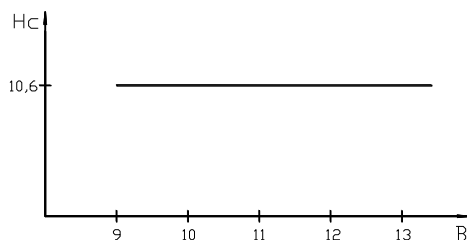


Рисунок 4 – Влияние толщины стенки (B) гильзы на коэрцитивную силу (Hc) (замеры с не обработанной стороны гильзы)

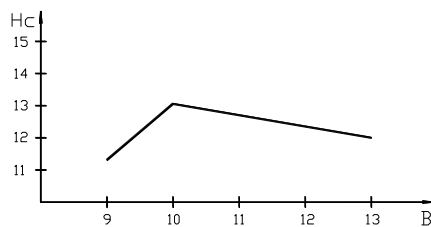


Рисунок 5 – Влияние толщины стенки (В) гильзы на коэрцитивную силу (Hc) (замеры с термообработанной стороны гильзы)

Из рис. 4 и 5 следует, что толщина стенки гильзы оказывает влияние на коэрцитивную силу только со стороны подвергнутой термообработке. Исходя из этого, можно предположить, что толщина стенки гильзы цилиндра оказывает влияние на глубину упрочненного слоя, которая, в свою очередь, влияет на уровень коэрцитивной силы. Это свидетельствует о том, что браковочные нормы, характеризующие глубину рабочего слоя по коэрцитивной силе следует устанавливать в каждом конкретном случае с учетом изменяющейся толщины гильзы цилиндра. Статистическим анализом было показано, что в ряде случаев глубина рабочего слоя заметно изменяется. На это также реагируют показания коэрцитивной силы.

Зависимость коэрцитивной силы от толщины упрочненного слоя показана на рис. 6.

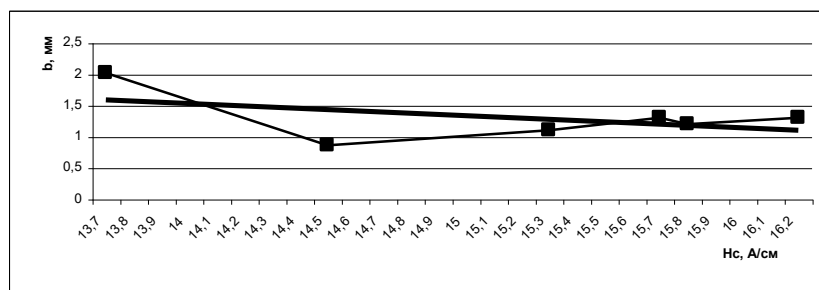


Рисунок 6 – Зависимость коэрцитивной силы от толщины упрочненного слоя

Как видно из зависимости, толщина закаленного слоя не однородна и изменяется от 0,86 до 2,02 мм, при этом линия тренда указывает на то, что с уменьшением толщины упрочненного слоя наблюдается рост коэрцитивной силы.

В последующих исследованиях необходимо установить причины изменения толщины закаленного рабочего слоя по высоте гильзы цилиндра и установить закономерности структурных изменений, а также вклад различных факторов в нестабильность упрочненного слоя.

Список литературы

1. Николаев Е.Н., Коротин И.М. Термическая обработка металлов токами высокой частоты. М.: "Высшая школа", 1977, - 214 с.
2. Оценка качества закаленных ТВЧ гильз по коэрцитивной силе. Т.С. Скобло, Н.Г. Поздняков, Физические и компьютерные технологии. Труды 10-й Международной научно-технической конференции, 28-30 сентября 2004г. – Харьков: ХНПК «ФЭД», 2004. – 288 с.

В роботі був проведений аналіз впливу різних чинників на зміну свідчень коэрцитивної сили в гільзах двигуна СМД-14. Встановлена залежність коэрцитивної сили від таких чинників як: товщина стіни гільзи; глибина зміцненого шару; твердість.

In work the analysis was conducted of influencing of different factors on the change of testimonies of koertsitive force in the shells of the engine SMD-14. Dependences are set of koertsitive force from such factors as: thickness of wall of shell; depth of the consolidated layer; hardness.

Получено 21.09.05