

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ РЕМОНТА ГИЛЬЗ ЦИЛИНДРОВ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

*В работе предложено совершенствование технологии ремонта автомобильных двигателей повышением качества гильз цилиндров.*

**Ключевые слова:** ремонт, качество, обработка, гильза цилиндра, термомеханическое упрочнение.

*В роботі запропоновано вдосконалення технології ремонту автомобільних двигунів підвищенням якості гільз циліндрів.*

**Ключові слова:** ремонт, якість, гільза циліндра, термомеханічне зміцнення.

*The advancement of repair technology of automobile engines by quality upgrade of cylinder sleeves.*

**Key words:** repair, quality, cylinder sleeve, thermo mechanical strengthening.

**Постановка проблемы.** На сегодняшний день реальный ресурс эксплуатируемых и отремонтированных дизельных двигателей ЯМЗ и КамАЗ, которыми в том числе оснащена значительная часть авиационной наземной техники, а также автомобилей различного назначения в народном хозяйстве страны, ниже установленного действующим ГОСТ 23465–79 до 30%.

Известно, что любой технологический процесс ремонта, восстановления детали (агрегата) предусматривает не только восстановление нарушенных в процессе эксплуатации параметров, но и, главным образом, сдерживание тех разрушительных процессов, которые закономерно протекают в автомобиле и его элементах. Поэтому в сложившихся условиях при достаточно большом количестве способов восстановления деталей актуальной задачей является изыскание новых эффективных технологий упрочнения гильз цилиндров. Таким технологическим процессом, по нашему мнению, является совмещение в едином технологическом процессе термического и механического упрочняющего воздействия на рабочую поверхность чугунных гильз цилиндров, т. е. использование высокотемпературного термомеханического упрочнения.

**Анализ литературы.** Из множества требований, предъявляемых к чугунам, применяющимся для деталей, работающих в условиях трения при повышенных температурах, можно

выделить следующие [1]: высокое сопротивление металлической основы пластическим деформациям, оптимальное распределение, форму и количество включений графита, способность сохранять прочность и твердость при рабочих температурах, достаточно высокая коррозионная и эрозионная стойкость, хорошее сопротивление схватыванию и способность к самозалечиванию различных дефектов, образовавшихся на поверхности трения. Всё это определяет способность чугунных деталей сопротивляться изнашиванию.

В практике автомобильного двигателестроения выполнение этих, иногда противоречивых требований, достигается за счёт выбора материала, подбора оптимального соотношения легирующих компонентов, варьирования параметров технологических режимов отливки заготовок, вариантов окончательной обработки гильз цилиндров и упрочнения их рабочей поверхности.

При эксплуатации автомобиля возникает необходимость повышения износостойкости и антифрикционных качеств рабочей поверхности гильз за счёт методов упрочнения и восстановления работоспособности детали, используя их технологичность при ремонте.

Износ зеркала цилиндра относится к основным дефектам гильз. Для его устранения в настоящее время широко используются растащи-

вание с последующим хонингованием под один из ремонтных размеров, постановка дополнительных ремонтных деталей (ДРД), индукционная центробежная наплавка, проточное хромирование. При этом с целью повышения износостойкости рабочей поверхности гильз в современном автомобильном двигателестроении для большинства гильз цилиндров двигателей, в том числе и зарубежных, применяется её закалка [2].

**Цель статьи** – представить пути повышения качества гильз цилиндров термомеханическим упрочнением для совершенствования технологии ремонта автомобильных двигателей.

**Изложение основного материала.** Несмотря на то, что в последнее время появляются и альтернативные материалы, и новые способы обработки деталей, железоуглеродистые сплавы остаются конкурентоспособны по отношению к ним. В настоящее время в мировой практике широкое распространение получили методы упрочняющей обработки сталей и сплавов, совме-

щающие термическое воздействие на металл с его пластической деформацией. Эффективность данных методов упрочнения для деталей из железоуглеродистых сплавов давно подтверждена практикой.

Высокотемпературная термомеханическая обработка среди этих методов занимает особое место вследствие своей универсальности и технологичности. Однако до сих пор подавляющее количество исследований в данной области касается сталей. Что касается чугунов, то их высокотемпературное термомеханическое упрочнение исследовано недостаточно.

Исходя из цели настоящей работы, для исследования был выбран специальный легированный чугун, который, согласно нормативно-технической документации, в настоящее время используется в промышленности для изготовления гильз цилиндров двигателей ЯМЗ и КамАЗ (табл. 1).

**Таблица 1.**

**Химический состав специального легированного чугуна (в %).**

C	Si	Mn	Cr	Cu	Ni	Ti	S	P
3,1–3,4	1,9–2,5	0,6–0,9	0,25–0,50	0,25–0,40	0,15–0,40	≤0,08	≤0,12	≤0,20

Установлено, что наиболее важными механическими свойствами поверхностных слоёв материалов являются их твёрдость и пластичность, поскольку благоприятное сочетание этих характеристик определяет износостойкость [3].

Известен ряд работ, в которых авторы разработали методики определения отдельных характеристик механических свойств экспресс-методом. Они наиболее приемлемы для ремонтного производства, что и позволит обеспечить высокий уровень восстановления деталей. Поэтому в настоящей работе, кроме исследования изменений твёрдости после термомеханической обработки, также было рассмотрено изменение пластичности ( $\delta$ ) его упрочнённого поверхностного слоя, как один из таких параметров, применительно к ремонту детали из специального легированного чугуна.

Сущность использованного «Метода экспериментальной оценки пластичности поверхностных слоёв деталей машин» [4], который в настоящей работе впервые предложен для оценки

комплекса механических свойств поверхностного слоя исследуемого материала, заключается во вдавливании стандартного наконечника с алмазным конусом в испытываемый образец под действием последовательно прилагаемых предварительной и основной нагрузок, измерении двух относительно независимых параметров пластического отпечатка – глубины  $t$  и диаметра по вершине наплыва  $d$ , по значениям которых оценивают относительное удлинение при растяжении поверхностных слоёв металлов. Это обстоятельство выгодно отличает данный метод от подобных способов и позволяет определять пластичность как независимую от твёрдости характеристику.

В результате исследования механических свойств поверхностного слоя специального легированного чугуна, подвергнутого термомеханическому упрочнению, и обработке экспериментальных данных, были получены следующие значения твёрдости и параметра пластичности (табл. 2).

**Таблица 2.**

**Результаты исследования механических свойств.**

№ режима	Режим термомеханического упрочнения			Твёрдость HRC	Параметр пластичности	
	$T_{\text{деф}}, ^\circ\text{C}$	$\lambda, \%$	$T_{\text{отп}}, ^\circ\text{C}$		$y = t/d$	$\delta_{5B}, \%$
1	830	17	б/о	47,3	0,18064	6,50
2	830	17	200	44,6	0,18725	9,43
3	830	17	350	44,8	0,18400	7,90
4	870	17	б/о	47,8	0,18247	7,27

5	870	17	200	45,1	0,18785	9,73
6	870	17	350	45,6	0,18516	8,38
7	910	17	6/0	48,9	0,17765	5,51
8	910	17	200	45,5	0,18614	8,83
9	910	17	350	45,7	0,18256	7,30
10	830	9	200	44,4	0,18128	6,77
11	830	21	200	46,2	0,18440	8,06
12	870	9	200	45,3	0,18424	7,85
13	870	21	200	46,5	0,18501	8,30
14	910	9	200	45,7	0,18131	6,78
15	910	21	200	47,0	0,18198	7,09
16	промышленная гильза			47,4	0,16432	2,65

Результаты исследований механических свойств показывают, что твёрдость поверхностного слоя образцов, подвергнутых термомеханическому упрочнению, находится в пределах 42–50 HRC, что соответствует техническим условиям на изготовление гильз цилиндров двигателей ЯМЗ и КамАЗ. Кроме того, при примерно одинаковой твёрдости (одного порядка) для всех вариантов термомеханического упрочнения наблюдается значительное повышение (в 2,0–3,6 раза) параметра пластичности по сравнению с образцами из промышленных гильз, закалённых ТВЧ. Последнее является следствием благоприятного влияния особенностей термомеханического упрочнения на исследуемый материал.

Для оценки износостойкости исследуемых материалов было принято использовать отношение работы сил трения, затрачиваемой на удаление единицы массы материала, к этой массе, что выражается формулой:

$$A = \frac{P_{тр} \times s}{\sum \Delta g}, \quad (1)$$

где  $A$  – работа сил трения, Дж/г;  
 $P_{тр}$  – сила трения, Н;  
 $s$  – путь трения, м;

$\sum \Delta g$  – общее значение потери массы (г) образца при определении величины износа весовым методом.

При условии поддержания во время испытаний силы трения на постоянном уровне и неизменном пути трения получается выражение:

$$A_{уд} = \frac{C}{\sum \Delta g}, \quad (2)$$

где  $A_{уд}$  – удельная работа сил трения по удалению единицы материала, Дж/г;  
 $C$  – коэффициент, учитывающий условия испытаний, Дж.

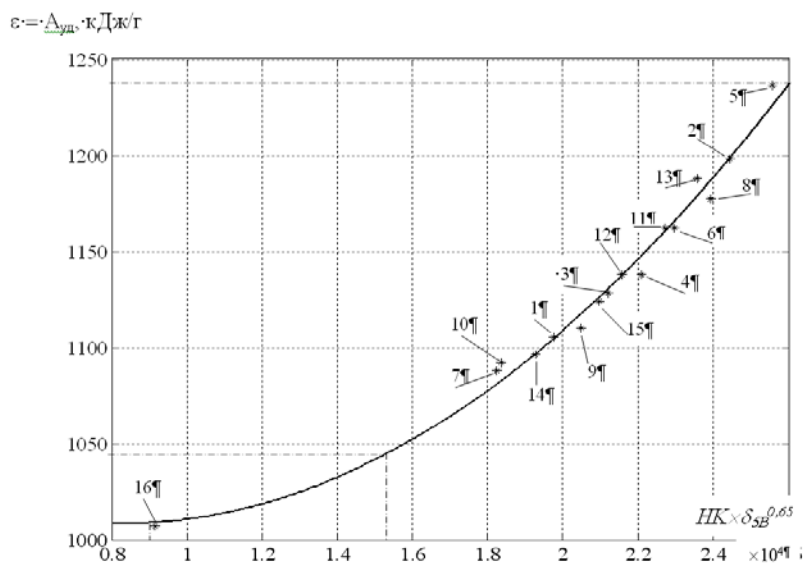
При этом следует заметить, что максимальные значения износостойкости  $\varepsilon = A_{уд}$ .

Для оценки качества упрочнённых гильз цилиндров предложен комплексный параметр деформационно-прочностных свойств материалов:

$$HK \times \delta_{5B}^u, \quad (3)$$

где  $HK$  – твёрдость материала по Людвику, МПа;  
 $\delta_{5B}^u$  – пластичность материала.

На базе этого параметра возможно осуществить прогнозирование износостойкости материала (рис. 1). Цифры на представленной зависимости соответствуют режиму упрочнения (табл. 2).



**Рис. 1. Зависимость  $\varepsilon - НК \times \delta_{5B}^u$  для исследованных режимов упрочнения (показатель степени  $u = 0,65$ ).**

Таким образом, полученные результаты могут быть использованы при изучении влияния термомеханического упрочнения на механические характеристики специального легированного чугуна. Кроме того, изменение параметра пластичности исследуемого чугуна после его упрочнения подтверждает комплексное влияние получаемых механических свойств материала на его износостойкость – наибольшей износостойкостью обладает материал, имеющий наибольшее значение комплексного параметра (режим термомеханического упрочнения:  $T_{\text{деф}} = 870^\circ\text{C}$ ,  $\lambda = 17\%$ ,  $T_{\text{отп}} = 200^\circ\text{C}$ ).

При этом износостойкость исследуемого чугуна по сравнению с промышленной гильзой увеличивается на 18–22%.

Результаты исследований позволяют сделать следующие **выводы**.

1. Твёрдость поверхностного слоя образцов, упрочнённых термомеханической обработкой, находится в пределах 42–50 HRC, что соответствует техническим условиям на изготовление гильз цилиндров двигателей ЯМЗ и КамАЗ. Кроме того, при примерно одинаковой твёрдости для всех исследованных режимов термомеханического упрочнения наблюдается значительное повышение (в 2,0–3,6 раза) параметра пластичности по сравнению с образцами из промышленных гильз, закалённых ТВЧ.

2. Комплексный параметр деформационно-прочностных свойств материала  $НК \times \delta_{5B}^u$  может

быть использован для прогнозирования ресурса восстановленных деталей.

3. Изменение параметра пластичности исследуемого чугуна после термомеханического упрочнения подтверждает комплексное влияние получаемых механических свойств материала на его износостойкость; наибольшей износостойкостью, которая увеличивается на 18–22%, обладает материал, имеющий наибольшее значение комплексного параметра (режим термомеханического упрочнения:  $T_{\text{деф}} = 870^\circ\text{C}$ ,  $\lambda = 17\%$ ,  $T_{\text{отп}} = 200^\circ\text{C}$ ).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Асташкевич Б. М. Износостойкость чугунных втулок цилиндров транспортных дизелей / Б. М. Асташкевич // Двигателестроение. – 1986. – № 2. – С. 32–36.
2. Вершинина Н. И. Исследование возможности повышения стабильности макрогеометрии чугунных гильз цилиндров с помощью термообработки / Н. И. Вершинина, О. М. Епархин, Б. М. Асташкевич // Двигателестроение. – 1990. – № 8. – С. 40–42.
3. Цыбульский В. А. К выбору критерия износостойкости при испытаниях материалов на трение и изнашивание / В. А. Цыбульский, Б. В. Савченко, Ю. В. Дудукалов // Вестник ХГАДТУ. – Харьков : Изд-во ХГАДТУ, 2000. – № 12–13. – С. 79–81.
4. РД 50-460-84. Методические указания. Обеспечение износостойкости изделий. Метод экспериментальной оценки пластичности поверхностных слоёв деталей машин. Введение 01.07.85. – М. : Издательство стандартов, 1984. – 14 с.