

УДК 669.715

УПРОЧНЕНИЕ ГИЛЬЗ ЦИЛИНДРОВ ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТКОЙ

*Студенты – Непочатов С.В., ТС18-2бпр, 3 курс, УНИ ТС;
Торяник В.В., ТС18влог-2м, 5 курс, УНИ ТС;
Мартыненко В.А., ТС17-1б, 2 курс, УНИ ТС*

*Научные
руководители – Скобло Т.С., д.т.н, профессор;
Сайчук А.В., к.т.н, доцент;
Мартыненко А.Д., к.т.н., доцент*

*Харьковский национальный технический университет сельского
хозяйства имени Петра Василенка, г. Харьков, Украина*

В настоящей работе рассмотрены существующие методы упрочнения рабочей поверхности гильз цилиндров ДВС, их преимущества и недостат-

ки. Исследовано влияние режимов лазерной обработки на структуру и фазовый состав, а также физико-механические свойства внутренней поверхности гильз цилиндров двигателя КАМАЗ.

Ключевые слова: лазерная термическая обработка; гильза цилиндров; чугун.

Моторесурс ДВС связан, в первую очередь, с долговечностью и надежностью деталей цилиндропоршневой группы, в частности, гильз цилиндров. В настоящее время применяются следующие методы упрочнения рабочей поверхности гильз цилиндров [1, 2]:

- легирование чугуновых гильз цилиндров, которое основано на обеспечении упрочнения металлической матрицы, что происходит благодаря торможению дислокаций внедренных атомов. Такая методика упрочнения позволяет повысить твердость поверхности гильзы при нагреве и сопротивлению деформации;

- азотирование чугуна гильзы цилиндров – основано на образовании пластичной карбонитридной фазы, которая повышает твердость и износостойкость рабочей поверхности чугунной гильзы цилиндров. Недостатком азотирования чугуна гильзы цилиндров является плохая приработка во время эксплуатации, что ведет к ухудшению шероховатости поверхности гильз. Следовательно, применение азотирования чугуна гильз цилиндров двигателей, которые работают в запыленной среде, не рекомендуется.

- сульфидирование и фосфатирование чугуна гильзы цилиндров – образует на поверхности гильзы цилиндров прочный слой сернистого железа, который обладает хорошими характеристиками, обеспечивающими низкий коэффициент трения, высокую износостойкость, хорошую приработку. Недостатком сульфидирования чугуна гильзы цилиндров является образование коррозии с высокой вероятностью.

- поверхностное пластическое деформирование чугуна гильзы цилиндров – основано на применении пластичности материала. Обработка пластическим деформированием позволяет повысить износостойкость, твердость, коррозионную устойчивость, усталостную прочность материала за счет удаления микротрещин и рисок на поверхности.

- закалка гильз цилиндров – основана на использовании токов высокой частоты и обеспечивает упрочнение на глубину до 2,5 мм. Такой способ закалки обеспечивает хорошую твердость материала в 38-48HRC. Глубина упрочнения при закалке гильз цилиндров двигателя дает возможность производить шлифование гильз под ремонтные размеры, что является несомненным преимуществом этого способа, с точки зрения продления рабочего ресурса восстанавливаемой детали, что говорит о преимуществах методики упрочнения закалкой.

Однако используемая в настоящее время для упрочнения гильз цилиндров закалка токами высокой частоты (ТВЧ) связана с большой неоднородностью свойств и высоким процентом брака вследствие растрескивания и деформации деталей в процессе обработки. Недостатком закалки гильз цилиндров токами высокой частоты является высокая вероятность возникновения трещин и геометрической деформации. Для уменьшения вероятности возникновения нежелательных дефектов подбирают оптимальные режимы нагрева, а также интенсивностью охлаждения детали. Для устранения недостатков закалки ТВЧ в качестве источника тепла применяют лазер большой мощности.

Из сказанного выше следует, что для обработки чугунных гильз цилиндров необходимо использовать такие альтернативные методы упрочнения, которые обеспечивают высокое качество поверхности и необходимые ее прочностные характеристики. Следует заметить, что по химическому составу материал гильз цилиндров двигателей произведенных в странах СНГ и чугуны, используемые специализированными зарубежными фирмами, различаются незначительно.

Зарубежный и отечественный опыт применения ЛТО в промышленности показывает, что при обработке ответственных деталей массового и крупносерийного производства, особенно в автомобилестроении, транспортном и сельскохозяйственном машиностроении достигаются высокие показатели надежности и значительный экономический эффект [3, 4, 5].

Для отработки технологии ЛТО гильз было отобрано 6 гильз. По результатам химического анализа материала опытных гильз, видно, что химический состав широко варьируется относительно требований по стандарту, характерно несколько пониженное по сравнению с требованиями стандарта содержание марганца и хрома, а также повышенное содержание серы.

Работы по ЛТО гильз производились [5, 6, 7] на специализированной CO₂ лазерной установке непрерывного действия «Комета-2» и технологическом модуле ЛТК-3 «Климат» в интервале мощности 0,8–1,2 кВт. Обработку рабочей поверхности гильзы осуществляли по однозаходной спирали, получаемой за счет одновременного вращения и продольного перемещения лазерного луча вдоль гильзы. Необходимый радиус пятна лазерного излучения регулировался фокусным расстоянием и при обработке составлял 2–4 мм. Различные схемы упрочнения внутренней рабочей поверхности гильзы реализовались за счет изменения скорости продольного перемещения луча в процессе ЛТО. Режимы ЛТО опытных гильз, приведенные в таблице 1.

Необходимо отметить, что при обработке по режиму 4 наблюдалось оплавление поверхности гильзы по всей ширине дорожки лазерного излучения, при обработке по режиму 2 оплавление происходило лишь по центру дорожки, а при обработке по режиму 1 оплавления поверхности почти не происходило. Таким образом, на гильзах, обработанных по режимам 1, 3, 5 и 6, реализованы различные схемы лазерного упрочнения.

Таблица 1 – Режимы ЛТО опытных гильз цилиндров (радиус пятна при ЛТО – 2 мм)

Вариант упрочнения (№ гильзы)	Мощность лазерного излучения, кВт	Скорость обработки, мм/с	Скорость продольного перемещения луча, мм/с	Относительная площадь упрочнения, $S_{упр}/S_{общ}$, %
1	0,95 – 1,00	20	0,20	68
2	0,80 – 0,85	10	0,10	70
3	0,85 – 0,90	13	0,22	45
4	0,90 – 1,00	10	0,12	65
5	1,00 – 1,05	20	0,14	100
6	1,00 – 1,05	20	0,18	80

Базой для сравнения выбрана гильза, упрочненная по серийной технологии (базовый) с закалкой ТВЧ, глубина закаленного слоя в которой составляла 1,5–2,0 мм при 100 %-ой обработке поверхности гильзы.

В таблице 2 приведены результаты испытаний на износостойкость (время испытания составило = 100 час) темплетов, вырезанных из гильз цилиндров двигателя КАМАЗ после ЛТО. Из данных видно, что ЛТО во всех случаях обеспечивает износостойкость приповерхностных слоев зеркала гильз цилиндров, значительно превосходящую износостойкость серийных деталей (закаленных ТВЧ). При этом, наиболее высоким сопротивлением изнашиванию обладают гильзы, обработанные без оплавления либо с локальным оплавлением рабочей поверхности. Важным результатом является и то, что при работе в паре с деталями упрочненными ЛТО существенно уменьшается износ сопряженного контртела – хромированного поршневого кольца.

Таблица 2 – Результаты испытаний на износостойкость образцов при различных вариантах упрочнения рабочей поверхности

Вариант упрочнения (№ гильзы)	Состояние поверхности после ЛТО	Относительная площадь упрочнения, $S_{упр}/S_{общ}$, %	Суммарный износ J мкм	Соотношение износов $J_{сер}/J_{лаз}$
Базовый вариант (ТВЧ)		100	9,59	1
1	без оплавления	68	2,56	3,75
2	частичное оплавление	70	4,04	2,37
3	без оплавления	45	4,47	2,15
4	оплавление	65	2,46	3,90
5	без оплавления	100	2,08	4,61
6	без оплавления	80	2,01	4,77

Вывод. Данные лабораторных испытаний показали, что износостойкость гильз цилиндров, упрочненных лазером, увеличивается в 2,2–4,5 раза по сравнению с серийным вариантом упрочнения (закалка токами высокой частоты) при этом наиболее высокие результаты по износостойкости получены при упрочнении 70–80 % рабочей поверхности гильзы без оплавления либо с локальным оплавлением поверхности.

Список использованных источников

1. Захаров Ю.А., Рыбакова Л.А. Основные способы упрочнения рабочей поверхности гильз цилиндров двигателей автомобилей // *Молодой ученый*. – 2015. – №2. – С. 157–160.
2. Иващенко С.Г., Скобло Т.С., Сидашенко А.И., Шержуков И.Г., Тридуб А.Г. Анализ качества и износа гильз цилиндров дизелей зарубежного производства // *"Механизация и электрификация сельского хозяйства"* / М.:1997, № 7. С. 29–30.
3. Сидашенко О.І., Тіхонов О.В., Скобло Т.С., Мартиненко О.Д., та ін.. *Практикум з ремонту машин. Загальний технологічний процес ремонту та технології відновлення і змінення деталей машин. Том 1.* / За ред. О.І. Сидашенко, О.В. Тіхонова. Навчальний посібник. Харків: ТОВ «Пром-Арт». – 2018. – 416 с.
4. Аулін В.В. Визначення технологічних параметрів лазерної обробки деталей з урахуванням специфіки впливу променя на конструкційні матеріали / В.В. Аулін, О.Й. Мажейка, Є.К. Солових // *Вісник інженерної академії України*. – 2002. – № 2. – С. 30–41.
5. Мартыненко А.Д., Скобло Т.С., Сидашенко А.И., Слоновский Н.В. Способ восстановления и упрочнения деталей лазерным лучом. // *Сб. науч. тр.: Підвищення надійності відновлюємих деталей машин. Вып. 4.* – Харьков: ХГТУСХ, 2000. – С. 82–87.
6. Мартыненко А.Д., Скобло Т.С., Сидашенко А.И., Науменко А.А., Слоновский Н.В. Метод восстановления длинномерных деталей, предварительно подвергнутых химико-термической обработке // *Труды 5^{ой} Междунар. науч.- прак. конф. «Физические и компьютерные технологии в народном хозяйстве»*. – Харьков: ХНПК «ФЭД». 2002. – С. 367–371.
7. Мартыненко А.Д., Скобло Т.С., Сидашенко А.И., Слоновский Н.В. Математическое обоснование режима лазерной обработки деталей, предварительно подвергнутых химико-термической обработке для повышения прочности восстанавливаемых покрытий // *Вестник Национального технического университета «ХПИ»*. Сб. науч. тр. тем. вып. «Динамика и прочность машин». Вып. 10. Т.2. – Харьков: НТУ «ХПИ». 2002. – С. 138–160.