

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ ТЕРМОПЛАСТИЧЕСКИМ ДЕФОРМИРОВАНИЕМ — РЕЗЕРВ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ ЗАПАСНЫХ ЧАСТЕЙ ЗАРУБЕЖНЫХ ДИЗЕЛЕЙ

В.Н. Хромов, д.т.н, проф.
ФГКОУ ВПО «Орловский юридический институт МВД РФ имени В.В. Лукьянова»

Приводится описание технологии восстановления изношенных поверхностей деталей двигателей типа «полый цилиндр» методом термопластического деформирования (ТПД). Разработана технологическая оснастка для восстановления внутренних поверхностей гильз цилиндров и наружных поверхностей поршневых пальцев. Показано, что внедрение технологии ТПД может стать надежным резервом импортозамещения запасных частей автотракторных, судовых и тепловозных дизелей зарубежного производства.

Введение

Введение со стороны США и Евросоюза санкций в отношении России может реализоваться в сокращении или вообще прекращении импорта запчастей для ремонта ранее поставленной техники. Анализ затрат на ремонт импортной техники показывает, что стоимость оригинальных запасных частей может достигать 85 % от общей стоимости ремонта. В настоящее время поставщики импортной техники активно занимаются продвижением восстановленных в промышленных условиях крупногабаритных деталей. Себестоимость восстановления этих деталей составляет от 30 до 70 % от цены новой деталей.

Падения цен на нефть более чем в два раза и скачок курса доллара почти в два раза повысил уровень цен на импортные запчасти зарубежной техники в, частности, цилиндро-поршневую группу автотракторных, судовых и тепловозных дизелей. В связи с этим следует обосновать меры по минимизации последствий введенных экономических санкций со стороны США и ЕС в поставках в Россию техники, запчастей и ремонтно-технологического оборудования.

Низкая конкурентоспособность и надежность отечественной техники в реальных условиях эксплуатации является серьезным фактором низких экономических показателей в различных отраслях народного хозяйства РФ. Отсутствие ряда позиций техники отечественного производства

вынуждает наиболее крупные и эффективные предприятия закупать зарубежную технику — более дорогую, но более надежную, с лучшими эргономическими характеристиками. Однако для импортных машин в современных условиях остро стоит проблема технического сервиса. Повысить эффективность технологий технического сервиса импортных машин и снизить эксплуатационные затраты можно путем организации восстановления деталей, в том числе дорогостоящих, с использованием современных технологий [1].

Потребность в запасных частях для автотракторных, судовых и тепловозных дизелей можно частично компенсировать восстановлением изношенных деталей. Себестоимость восстановления внутренней цилиндрической поверхности втулки (гильзы) цилиндра дизелей не превысит 25–35 % от стоимости новой запчасти.

Во всем мире продажа сложной машиностроительной продукции (автомобилей, строительной техники, тепловозов, дизелей и др.) приносит крупным компаниям лишь десятую долю прибыли от их реализации, а девять десятых долей прибыли приносит гарантийное и послегарантийное обслуживание и ремонт этой дорогостоящей техники.

Сервисное обслуживание сложной и дорогостоящей техники весьма прибыльная область бизнеса, потому в России за последние двадцать пять лет создана не одна компания, занимающаяся поставкой запасных частей для ремонта дизелей.

За рубежом вопросами обеспечения рационального сервиса занимается фирма-изготовитель. И начинает этим заниматься уже в период создания новой техники, причем размер затрат на эксплуатацию, техническое обслуживание и ремонт является одним из основных показателей ее будущей конкурентоспособности.

Существенную конкуренцию частным компаниям, поставляющим импортные запасные части для дизелей, могли бы составить предприятия, осуществляющие восстановление изношенных деталей за счет применения прогрессивного технологического оборудования и материалов

высокого качества, используемых для нанесения различных покрытий на изношенные поверхности деталей. Практически всем базовым деталям сложной техники в развитых капиталистических странах дают вторую жизнь. Восстановление деталей за рубежом считают экономически выгодным. Различные фирмы успешно восстанавливают детали металлургического оборудования, авиационных реактивных двигателей, судовых дизелей. Номенклатура восстановленных деталей непрерывно расширяется и охватывает дорогостоящие и металлоемкие детали, определяющие ресурс работы машины. Расширение номенклатуры восстанавливаемых деталей — одна из важнейших проблем, решением которой заняты специализированные фирмы большинства индустриальных стран [2].

Наиболее совершенным способом восстановления работоспособности дизелей является их капитальный ремонт в специализированных цехах ремонтных предприятий. Этим ремонтом в основном обеспечивают нормативные ресурсы дизелям в эксплуатации. При специализации ремонта создаются хорошие предпосылки к поточной организации технологических процессов на основе типовых схем ремонта, включающих восстановление деталей, что приводит к снижению его себестоимости.

Капитальный ремонт дизелей в специализированных цехах является более сложным комплексом работ по сравнению с производственным процессом изготовления машин вследствие специфических особенностей подготовки деталей к ремонту, базирования их при механической обработке и т. п.

Цилиндровые втулки дизелей под воздействием многочисленных факторов во время эксплуатации изнашиваются, что проявляется в искажении геометрической формы и изменении размеров внутренней рабочей поверхности и наружных посадочных поясов. Имеет место также коррозионно-эрозионное разрушение наружных поверхностей втулок, омываемых охлаждающей водой.

Износ поршневых пальцев — основная причина замены поршней и пальцев при эксплуатации дизелей, связанной с выполнением трудоемких работ по разборке и монтажу дизеля.

Восстановление деталей термопластическим деформированием

В России накоплен огромный опыт на основе рационального сочетания агрегатного и полнокомплектного ремонта машин как отечественных, так и зарубежных машин, использования новых и восстановленных деталей.

Среди применяемых в ремонтном производстве способов восстановления деталей пластическая

деформация занимает особое место. При использовании указанного метода восстановление первоначальных размеров детали осуществляется за счет перераспределения материала самого изделия. В этом случае материал перемещают с нерабочих участков к изношенным поверхностям под направленным действием внешних или внутренних сил. Этот метод прост и экономичен.

Среди способов восстановления деталей пластической деформацией особое место занимает технология термопластического деформирования (ТПД). Ее суть состоит в том, что нагревая и охлаждая восстанавливаемую деталь без приложения к ней дополнительных внешних сил от пресса и используя внутренние механизмы деформирования металла достигают сохранения ее объема и перераспределения металла на рабочие изношенные поверхности с одновременным их упрочнением. В первую очередь, это детали типа «полый цилиндр» (в том числе поршневые пальцы и гильзы цилиндров двигателей) [3–7].

Для гильз цилиндров автотракторных дизелей хорошо апробирована технология восстановления

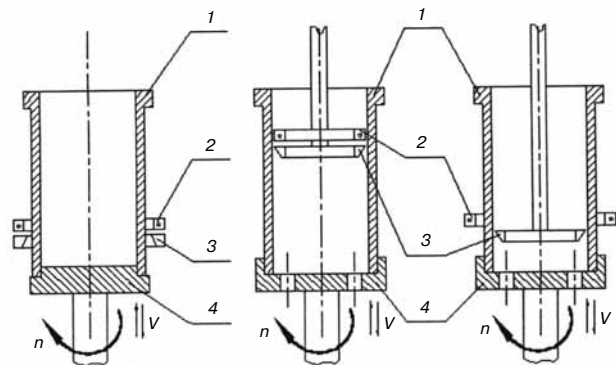


Рис. 1. Способы восстановления внутренней поверхности гильз цилиндров методом ТПД:

a — индуктор и спрейер расположены снаружи гильзы; *б* — индуктор и спрейер расположены внутри гильзы; *в* — индуктор расположен снаружи, а спрейер внутри гильзы; 1 — гильза цилиндра, 2 — индуктор, 3 — спрейер, 4 — центрирующая оправка

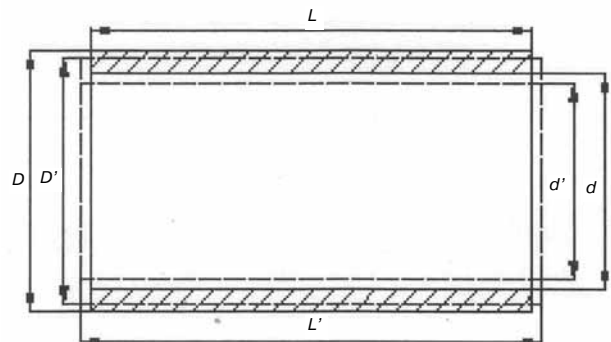


Рис. 2. Схема изменения линейных размеров гильзы цилиндра ТПД

D, d, L — соответственно наружный, внутренний диаметры, длина или высота гильзы цилиндра, *D', d', L'* — те же размеры после ТПД

внутренней цилиндрической поверхности методом ТПД. (рис. 1).

Все три способа на рис. 1 по своей сути близки и характеризуются созданием движущегося градиента температуры вдоль оси гильзы. Технологически наиболее удобной является схема с размещением индуктора и спрейера с наружной цилиндрической поверхности гильзы. В результате ТПД в гильзе происходит перераспределение металла на внутреннюю изношенную поверхность (рис. 2).

Общий вид установки для термопластического деформирования (ТПД) гильзы цилиндра дизеля показан на рис. 3. Вид восстанавливаемой гильзы цилиндра в процессе ТПД показан на рис. 4.

При внутреннем диаметре гильзы цилиндра 100–130 мм величина остаточного перемещения внутренней цилиндрической поверхности составляет 0,7–1,3 мм, что достаточно при величине износа зеркала гильзы, равной 0,3 мм, величине коробления после ТПД 0,1 мм и припуске на механическую обработку 0,3 мм.

Отличительной особенностью процесса ТПД методом создания движущегося градиента температуры вдоль оси является нагрев детали ниже точки A_{c1} на 20–30 °С. ТПД осуществляли при перемещении гильзы относительно индуктора со скоростью 2,0–2,5 мм/с при непрерывном охлаждении водяным душем.

Нагрев проводился на установке ТВЧ петлевым индуктором и последующим охлаждением водой кольцевым спрейером. Мощность генератора установки ТВЧ — 100 кВт. Частота вращения гильзы 30–50 об/мин.

Если после одного цикла ТПД величина остаточной деформации внутренней цилиндрической поверхности гильзы составляла $\Delta d = 0,7–1,3$ мм, то после двух циклов $\Delta d = 1,1–1,9$ мм.

После ТПД происходит уменьшение как внутреннего, так и наружного диаметров гильзы. Для восстановления наружных посадочных поясков гильзы необходимо осуществить их наращивание на величину слоя толщиной 1,5–2,0 мм.

Это можно выполнить способом электродугового напыления с использованием стандартных режимов как стальной, так и алюминиевой проволокой.

После получения припусков на механическую обработку внутренней поверхности гильзы цилиндра осуществляют растачивание и хонингование поверхности. Затем проводят механическую обработку наружных поверхностей гильзы на токарно-винторезном станке.

Технология восстановления наружных цилиндрических поверхностей методом ТПД хорошо апробирована на поршневых пальцах автотракторных дизелей.

На рис. 5 представлены схемы: а) способа восстановления наружной цилиндрической поверхности поршневых пальцев ТПД и б) изменения линейных размеров поршневого пальца.

Общий вид устройства для охлаждения поршневых пальцев при термопластическом деформировании (ТПД) показан на рис. 6.

Поршневой палец, изготовленный из цементуемой стали 12ХНЗА, нагревают в индукторе установки ТВЧ объемно до температуры фазовых превращений 840–860 °С, а затем зажимают по

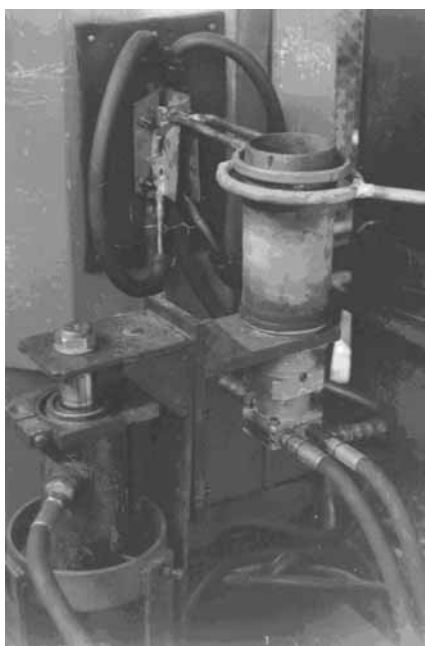


Рис. 3. Общий вид установки ТПД гильзы цилиндра дизеля



Рис. 4. Вид восстанавливаемой гильзы цилиндра в процессе ТПД

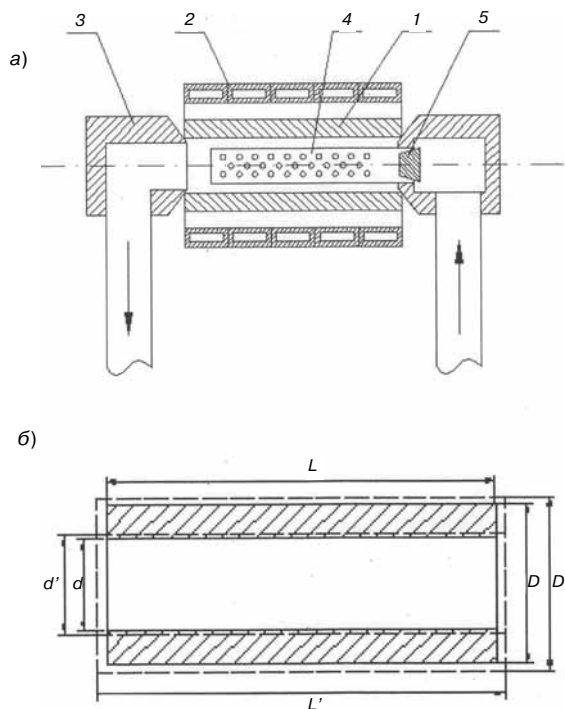


Рис. 5. Схемы: а — способа восстановления наружной цилиндрической поверхности поршневых пальцев ТПД; б — изменения линейных размеров поршневого пальца:

1 — поршневой палец, 2 — индуктор, 3 — втулка, 4 — спрейер, 5 — гидроклапан, D , d , L , — соответственно наружный диаметр, внутренний диаметр, длина или высота поршневого пальца, D' , d' , L' — те же размеры после ТПД

торцам на установке ТПД и охлаждают водяным душем изнутри посредством спрейера, вставляемого во внутреннюю полость пальца. При этом получают остаточную деформацию — увеличение наружного диаметра, равного 45–50 мм на $\Delta D = 15$ мм и длины 100 мм $\Delta L = 0,3$ с одновременной поверхностной закалкой цементованного слоя, что достаточно для компенсации износа и создания припуска на шлифование.

Затем поршневые пальцы подвергают шлифованию наружной цилиндрической поверхности на бесцентрово-шлифовальном станке и торцы пальцев на плоско-шлифовальном станке. При помощи специальной оснастки снимают наружную и внутреннюю фаски.

Разработанные технологии восстановления и упрочнения деталей ТПД обеспечивают качество восстановления по геометрическим параметрам, физико-механическим и эксплуатационным свойствам на уровне не ниже новых деталей.

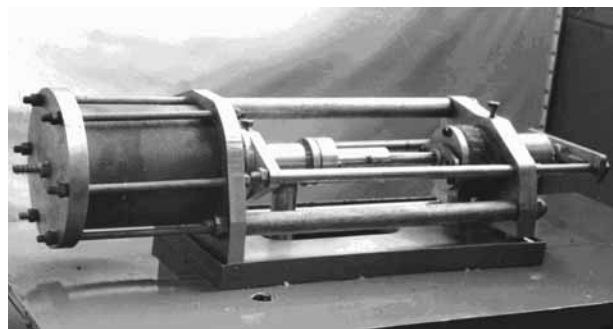


Рис. 6. Общий вид устройства для охлаждения поршневых пальцев ТПД

Следует отметить, что ТПД — перспективный способ восстановления деталей, позволяющий восстанавливать цилиндрические поверхности стальных и чугунных деталей. Способ может быть широко использован как ремонтными предприятиями, занимающимися восстановлением изношенных деталей, так и машиностроительными заводами для устранения брака механической обработки. Особенно целесообразно развитие этой технологии для тепловозных и судовых дизелей.

Литература

1. Голубев И.Г., Носихин П.И., Фадеев А.Ю. Опыт импортозамещения запасных частей зарубежной сельскохозяйственной техники. — М. : ФГНУ «Росинформагротех», 2010. — 32 с.
2. Спиридонов Ю.Н., Рукавишников Н.Ф. Ремонт судовых дизелей. — 4-е изд., перераб. и доп. — М. : Транспорт, 1989. — 288 с.
3. Молодцов Н.С. Восстановление изношенных деталей судовых механизмов. — М. : Транспорт, 1988. — 182 с.
4. Хромов В.Н. Упрочнение и восстановление наружных и внутренних поверхностей деталей типа «полый цилиндр» термопластическим деформированием // Изобретатели — машиностроению. — 2012. — № 12 (99). — С. 9–14.
5. Хромов В.Н., Сенченков И.К. Термоупругопластическое деформирование металла: Восстановление деталей машин. Орел. : ОрелГТУ, 2002. — 219 с.
6. Хромов В.Н. Упрочнение и восстановление деталей дизелей термоупругопластическим деформированием при производстве и ремонте машин // Тяжелое машиностроение. — 2005. — № 4. — С. 15–17.
7. Хромов В.Н. Влияние упрочнения деталей на дорожно-транспортные происшествия транспортных средств при их эксплуатации на примере восстановления гильз цилиндров двигателей внутреннего сгорания // Упрочняющие технологии и покрытия — 2014. — № 2. — С. 44–47.

**1 февраля 2016 г. ушел из жизни
заведующий кафедрой «Поршневые двигатели»
Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана,
доктор технических наук, профессор,
заслуженный деятель науки Российской Федерации**

Николай Антонович Иващенко

Николай Антонович Иващенко известен профессиональному сообществу двигателестроителей России как крупный специалист в области моделирования процессов в высокофорсированных двигателях внутреннего сгорания. Им опубликовано более 200 научных работ, в числе которых монографии, учебники, учебно-методические пособия.

Под его руководством были внедрены в учебный процесс кафедры «Поршневые двигатели» МВТУ им. Н.Э. Баумана средства автоматизированного проектирования и автоматизации научных исследований ДВС. При непосредственном участии Н.А. Иващенко разработаны уникальные пакеты программ для моделирования тепловых процессов в поршневых двигателях, которые широко используются при проектировании и доводке двигателей по заказам ведущих двигателестроительных заводов России и стран СНГ, а также в учебном процессе высших учебных заведений страны.



На всем протяжении своей научно-педагогической деятельности проф. Иващенко читал лекции по профилирующим дисциплинам студентам МВТУ им. Н.Э. Баумана. Под его руководством подготовлено 10 кандидатов и 2 доктора технических наук. В качестве председателя учебно-методической комиссии по специальности «Двигатели внутреннего сгорания» руководил разработкой Государственных образовательных стандартов по подготовке бакалавров, магистров и специалистов по направлению «Энергомашиностроение», учебных планов, типовых программ, квалификационных характеристик инженеров по профилирующей специальности.

Н.А. Иващенко был членом диссертационных советов, редакционных коллегий специализированных научных журналов и сборников, председателем УМК по специальности «Двигатели внутреннего сгорания» УМО по образованию в области электротехники и энергетики, членом экспертного Совета ВАК России, действительным членом Академии проблем качества Российской Федерации.

Коллектив кафедры поршневых двигателей МВТУ им. Н.Э. Баумана и редакция журнала «Двигателестроение» скорбят в связи с уходом из жизни крупного ученого в области двигателестроения, воспитателя многих поколений научных работников и инженеров-двигателистов и будут помнить его как очень доброжелательного, отзывчивого человека.

Светлая память о Николае Антоновиче Иващенко сохранится в сердцах сотрудников кафедры и всех, кто его знал.