

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНЖЕНЕРНЫЙ ИНСТИТУТ

Технологические процессы реновации деталей машин
ВОССТАНОВЛЕНИЕ ГИЛЬЗ ЦИЛИНДРОВ БЛОКОВ
АВТОТРАКТОРНЫХ ДВС

Методические указания
к лабораторно-практическим работам



Новосибирск 2021

УДК 631.372, 621.43
ББК 39.33

Составители: канд. техн. наук, доц. *В.Н. Хрянин*,
ст. преп. *А.П. Илясов*

Технологические процессы реновации деталей машин. Восстановление гильз (цилиндров) автотракторных ДВС: метод. указания / Новосиб. гос. аграр. ун-т; Инж. ин-т; сост.: В.Н. Хрянин, А.П. Илясов. 2-е изд., перераб. и доп. – Новосибирск, 2021. – 30 с.

В методических указаниях представлены необходимые материалы и рекомендации по выбору способа восстановления гильз (цилиндров) автотракторных ДВС, приведена последовательность, основные операции технологического процесса восстановления гильз (цилиндров) на ремонтный размер.

Методические указания предназначены для выполнения лабораторно-практических работ студентами очной и заочной форм обучения по направлениям подготовки «Агроинженерия» и «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов».

Утверждены и рекомендованы к изданию методическим советом Инженерного института НГАУ протокол №4 от 24 ноября 2020 г.).

© Новосибирский государственный
аграрный университет, 2021
© Инженерный институт, 2021

ВВЕДЕНИЕ

Методические указания выполнены в рамках рабочих программ по дисциплинам «Технологические процессы реновации деталей машин», «Технологии восстановления деталей машин и оборудования», «Основы технологии производства и ремонта ТиТТМО» и в полном объеме соответствуют требованиям ФГОС ВО по направлениям подготовки «Агроинженерия» и «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов».

Цель работы: ознакомить студентов с оборудованием инструментом и материалами, применяемыми при расточке и хонинговании гильз (цилиндров) автотракторных ДВС; исследовать характер изнашивания гильз ДВС, изучить технологические процессы расточки и хонингования гильз (цилиндров); получить практические навыки по выполнению отдельных операций по восстановлению гильз (цилиндров).

Материальное обеспечение лабораторно-практической работы

1. Вертикально-расточной станок модели 277Б (2А78 или 2Е78П) с комплектом приспособлений: приспособление для установки и крепления гильз, индикаторное приспособление для центрирования гильз (цилиндров) относительно шпинделя расточного станка, специальный микрометр с призмой, приспособлением «наездник» и калибр для установки вылета резца на шпинделе расточного станка;
2. Вертикально-хонинговальный станок модели 3А833 (3К833 или 3Г833);
3. Штангенциркуль ШЦ-I-0,1-1-150 ГОСТ 166-89 (ИСО 3599-76);
4. Микрометр МК-50-100 ГОСТ 6507-90;
5. Нутромер индикаторный НИ 50-100 0,01 ГОСТ 868-82;
6. Приспособление для контроля биения посадочных поясков и опорной поверхности буртика гильзы КИ-3340;
7. Приспособление для раскатки гильз (цилиндров);
8. Отвертка слесарная ГОСТ 17199-88;
9. Набор ключей ГОСТ 2839-80;
10. Молоток слесарный ГОСТ 2310-77;
11. Автотракторные гильзы для расточки и шлифования.

Задание к лабораторно-практической работе

1. Уяснить особенности проявления дефектов гильз (цилиндров);
2. Разработать маршрутно-операционный процесс восстановления гильз (цилиндров) автотракторных ДВС на ремонтный размер;
3. Произвести дефектацию гильзы (цилиндра), определить величину и характер износа и назначить ремонтный размер;
4. Установить режимы расточки, настроить станок и произвести растачивание гильзы (цилиндра) на размер по заданию преподавателя (учебного мастера);
5. Установить режимы хонингования, настроить станок и произвести хонингование гильзы (цилиндра) ДВС;
6. Сдать рабочее место учебному мастеру;
7. Составить отчет о работе и сдать преподавателю.

Организация проведения лабораторно-практической работы*

***30 мин – Работа с подгруппой.** Вводная информация: постановка задачи, ознакомление с общими вопросами по восстановлению гильз (цилиндров) автотракторных ДВС, связанных с особенностью конструкции и технологическими процессами изготовления. Изучение особенностей проявления дефектов гильз (цилиндров) ДВС.

***30 мин – Работа с подгруппой.** Разработка маршрутно-операционного процесса восстановления гильз (цилиндров) автотракторных ДВС на ремонтный размер. Оформление маршрутно-операционной карты на восстановление гильз (цилиндров) ДВС.

***30 мин – 1-е звено.** Дефектация гильзы (цилиндра). Представить в отчете эпюру износа. Базирование гильзы (цилиндра) на расточном станке, рассчитать и установить вылет резца. Подобрать и установить режимы расточки. Произвести растачивание гильзы (цилиндра). Произвести контроль качества выполненной работы.

***30 мин – 2-е звено.** Изучить способы хонингования (шлифования) гильз (цилиндров) автотракторных ДВС, применяемые абразивные материалы и установочно-зажимные приспособления. Подобрать и установить режимы хонингования. Рассчитать и установить на станке вылет хона. Произвести хонингование гильзы (цилиндра). Произвести контроль качества выполненной работы.

***35 мин – 1-е звено.** Изучить способы хонингования (шлифования) гильз (цилиндров) автотракторных ДВС, применяемые абразивные материалы и установочно-зажимные приспособления. Подобрать и ус-

тановить режимы хонингования. Рассчитать и установить на станке вылет хона. Произвести хонингование гильзы (цилиндра). Произвести контроль качества выполненной работы. Сдать рабочее место учебному мастеру.

***35 мин – 2-е звено.** Произвести дефектацию гильзы (цилиндра); представить в отчете эпюру износа; произвести базирование гильзы (цилиндра) на расточном станке; рассчитать и установить вылет резца; подобрать и установить режимы расточки; произвести растачивание гильзы (цилиндра); произвести контроль качества выполненной работы. Сдать рабочее место учебному мастеру.

***35 мин – Работа с подгруппой.** Студенты отвечают на контрольные вопросы (см. стр. 18). Оформить отчет и защитить у преподавателя.

*Практическая часть работ проводится со студентами по звеньям.

Общие сведения

Наиболее распространенный способ ремонта гильз (цилиндров) ДВС – это их растачивание с последующим хонингованием под ремонтный размер.

Для определения ремонтного размера и назначения режимов обработки предварительно проводят измерение в 2 взаимно перпендикулярных плоскостях и 3 сечениях.

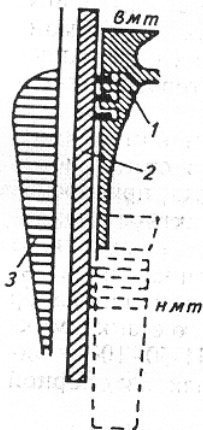


Рис. 1. Износ цилиндра по высоте: 1 – поршень, 2 – цилиндр; 3 – эпюра износа

Первое сечение – на расстоянии 10 мм от верхнего края гильзы (цилиндра) у автомобильных двигателей (у тракторных – 20–30 мм). Второе сечение – посередине, третье сечение – на расстоянии 20 мм от нижнего края гильзы (цилиндра). Из полученных результатов в индивидуальное задание включают наибольший диаметр цилиндра. Затем вычерчивают эпюру износа цилиндра (рис. 1).

Ремонтный размер выбирают ближайший к возможному теоретическому ремонтному размеру, который вычисляют по формуле:

$$d_{T.P.P.} = d_{\max} + 2(a + b_1) \quad (1)$$

где $d_{T.P.P.}$ – теоретический ремонтный размер, мм; d_{\max} – наибольший диаметр изношенного цилиндра, мм; a – припуск на расточку (на не-выход резца), принимаем $a = 0,02-0,05$ мм; b_1 – припуск на сторону при окончательной обработке, $b_1 = 0,02-0,05$ мм.

Затем выбирают ближайший стандартный ремонтный размер $d_{C.P.P.}$, который должен быть больше теоретического, т. е. $d_{C.P.P.} > d_{T.P.P.}$.

Для тракторных гильз принят один ремонтный размер, увеличенный относительно номинала на 0,7 мм. Для цилиндров автомобильных двигателей принято большее число ремонтных размеров, как правило, с интервалом 0,5 мм.

Технологический процесс восстановления гильзы (цилиндра) представляют в виде маршрутной карты стандартной формы.

Порядок выполнения работы

Растачивание гильз (цилиндров) ДВС

1. На столе расточного станка устанавливают приспособление для крепления гильз или ремонтируемый блок цилиндров и предварительно закрепляют прихватами, а затем проводят центрирование растачиваемой гильзы (цилиндра) относительно оси шпинделя. Базой при установке является неизношенный цилиндрический поясok верхней части гильзы.

Центрируют растачиваемое отверстие по верхнему пояску цилиндра с помощью индикаторного приспособления (рис. 2).

Для этого на торце резцовой головки шпинделя устанавливают индикаторное приспособление. Опускают шпиндель вниз так, чтобы рычаг б индикаторного приспособления вошёл в гильзу (цилиндр) на глубину 6–7 мм у карбюраторных или 24–27 мм у дизельных двигателей. Затем, поворачивая шпиндель станка и несколько перемещая стол станка с гильзой (блоком) в продольном и поперечном направлениях, добиваются полного совмещения осей гильзы (цилиндра) и шпинделя.

Центрирование считается законченным, если при вращении приспособления (шпинделя) отклонение в показателях индикаторной головки не превышает его деление (или не более допустимой величины овальности гильзы).

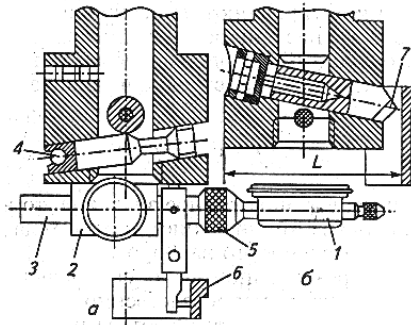


Рис. 2. Резцовая головка с приспособлением для центрирования гильз (а) и установки резца (б): 1 – индикатор; 2 – колодка; 3 – державка; 4 – установочный механизм с шариком; 5 – цанговый зажим; 6 – рычаг; 7 – резец.

По окончании центрирования шпиндель поднимают в крайнее верхнее положение, фиксируют стол станка с блоком или приспособлением для расточки гильз и снимают индикаторное приспособление.

2. Устанавливают резец 7 на размер L (рис. 2) (для чего используют либо специальное приспособление – «наездник», либо специальный микрометр с призмой):

$$L = \frac{d_{\Gamma} + d_{C.P.P.} - b}{2}, \text{ мм} \quad (2)$$

где d_{Γ} – диаметр головки шпинделя станка, мм; $d_{C.P.P.}$ – стандартный ремонтный размер цилиндра (гильзы), мм. b – припуск на диаметр на последующую обработку, мм.

3. По окончании установки резца устанавливают и фиксируют ограничитель хода шпинделя, а также устанавливают рукоятки частоты вращения и подачи шпинделя в соответствии с выбранными режимами обработки и при помощи муфты соединяют шпиндель станка с коробкой передач.

Рекомендуемые режимы резания при расточке гильз (цилиндров) принимают по таблице 1.

Частота вращения шпинделя n определяется с учётом конкретных условий, мин^{-1} :

$$n = \frac{1000 \cdot v_p}{\pi D}, \quad (3)$$

где v_p – скорость резания, м/мин; D–диаметр растачиваемого отверстия, мм.

4. Выбрав режимы, включают автоматическую подачу и начинают растачивание.

Растачивают гильзы за один проход (рекомендуемые режимы: частота вращения шпинделя – 112 мин⁻¹, подача – 0,2 мм/об.)

Для повышения производительности и качества процесса для растачивания гильз рекомендуют применять резцы с вставками из эльбора–Р, растачивая гильзы при частоте вращения – 725 мин⁻¹, подаче – 0,05 мм/об и глубине резания – 0,3 мм, можно получить овальность и конусность 0,01–0,03 мм, шероховатость $R_a = 0,63–0,32$ мм. Припуск на хонингование в этом случае составляет 0,04–0,05 мм.

Таблица 1 – Рекомендуемые режимы резания при расточке гильз (цилиндров) ДВС

Параметр	Материал резца и твёрдость гильзы (цилиндра)			
	Пластины ВКЗ, ВК8		«Эльбор»	
	закаленной	незакаленной	закаленной	незакаленной
Глубина резания, мм	0,10–0,20	0,05–0,55	0,05–0,07	0,05–3,0
Подача, мм/об	0,125–0,2	0,04–0,18	0,03–0,05	0,03–0,50
Скорость резания, м/мин	30–50	100–250	50–200	400–1000

В зависимости от технических условий, размеров гильз (цилиндров) допустимые значения овальности и конусности после растачивания должны быть в пределах 0,008–0,05 мм, а шероховатость поверхности $R_a = 2,5–1,25$ мкм.

Диаметры гильз тракторных дизелей после растачивания должен быть (мм):

ЯМЗ – 240Б, – 238НБ, – 740; А – 01М, – 41 – 130,45^{+0,05};
 СМД – 20, – 22 – 120,6^{+0,06}; СМД – 80 – 130,6^{+0,07};
 Д – 65, – 240 – 110,6^{+0,05}; Д – 37М, – 21 – 105,6^{+0,06}.

Хонингование гильз (цилиндров) ДВС

Хонингование – финишная операция, при которой обеспечивают необходимый размер цилиндра, достигаются минимальные отклонения от круглости и цилиндричности, формируется специальный микрорельеф и обеспечивается определенная структура металла на поверхности цилиндра.



Рис. 3. Профили поверхности цилиндра: а – при обычном хонинговании; б – при плосковершинном хонинговании

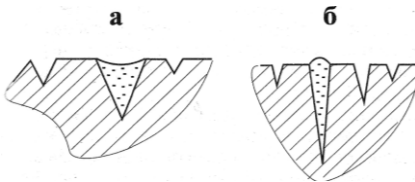


Рис. 4. Влияние угла раскрытия впадины на смазывающую способность цилиндра: а – при малом и б – при большом угле раскрытия.

верхности, при которой глубина впадин сравнительно велика и достигает 20–30 мкм (рис. 3а). Затем мелкозернистыми брусками (16–40 мкм) производится Срезание выступов, вследствие чего образуются опорные поверхности. Съем металла на финишной операции составляет 3–5 мкм, а профиль поверхности получает вид (рис. 3б) близкий к профилю уже работавшей поверхности.

При плосковершинном хонинговании поверхности выступов сглаживаются, и на микропрофиле зеркала цилиндра имеются два вида шероховатостей: основная по впадинам и опорная по сглаженным выступам (рис. 3).

Согласно экспериментальным данным, опорная поверхность должна составлять 50–80 % всей поверхности цилиндра, а во впадинах должно

Чтобы получить качественную поверхность цилиндра, необходимо, с одной стороны, сделать ее как можно более гладкой, а с другой – максимально шероховатой, чтобы впадины заполнялись возможно большим количеством масла (с позиций маслосъемности поверхности и гарантии удержания смазочного слоя). Это достигается с помощью плосковершинного хонингования. Его проводят в два этапа. Вначале с помощью крупнозернистых брусков (100–200 мкм) создают основную шероховатость поверхности,

удерживаться не менее $0,02 \text{ мм}^3$ масла на 1 см^3 площади поверхности. Для дизелей вследствие более тяжелых условий работы поршневых колец объем впадин может быть увеличен. Это достигается увеличением количества более глубоких впадин, например, применением более грубых брусков при создании основной шероховатости.

Следует отметить, что при ремонте гильз цилиндров следует стремиться к созданию на поверхности даже более глубоких впадин, чем могли быть на новом цилиндре. Тем самым при большом увеличении расхода масла отремонтированного двигателя будут улучшены условия смазки колец. Этот момент при ремонте нередко очень важен. Дело в том, что поршневые кольца, выпускаемые различными фирмами, могут иметь различные материалы, покрытия, упругость, не всегда соответствующие материалу конкретного цилиндра и условиям работы в данном двигателе.

Для лучшего удержания масла впадины основной шероховатости должны иметь не только необходимую глубину (около 10 мкм), но и определенный угол раскрытия (рис. 4).

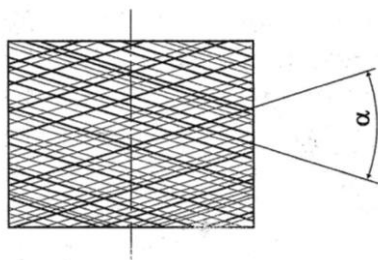


Рис 5. Участок поверхности цилиндра после хонингования, где α — угол хонингования.

Профиль основной шероховатости, в том числе и угол раскрытия впадин, во многом определяется характеристикой абразивных брусков, используемых при хонинговании, а также режимом хонингования (частота вращения, давление брусков на стенки, смазка — охлаждение поверхности). Одним из параметров поверхности цилиндра явля-

ется угол хонингования α , т. е. угол между рисками, образованными при движении головки вверх и вниз (рис. 5). Угол хонингования, пропорциональный скорости возвратно-поступательного движения хонинговальной головки и обратно пропорциональной частоте ее вращения. При малом угле не удаётся добиться необходимого профиля поверхности, что ведёт к «сухому» трению и задиру колец и цилиндров. Большой угол обычно дает возрастание расхода масла. Оптимальное значение угла хонингования обычно составляет $60\text{--}75^\circ$.

Если использовать абразивные (не алмазные) бруски, то, в большинстве случаев, хонингование (рис. 6) происходит в 3 этапа. Коротко их можно описать так:

1. Большую часть припуска снимают брусками с относительно крупным абразивом. При этом цилиндр должен приобрести правильную форму, то есть отклонения от круглости и цилиндричности должны свестись к минимуму.

После такой обработки микрорельеф поверхности цилиндра представляет собой чередование высоких острых выступов и глубоких впадин.

2. Затем обработку продолжают брусками с более мелким абразивом. На этом этапе окончательно выводят правильную форму цилиндра.



Рис 6. Хонингование цилиндра ДВС

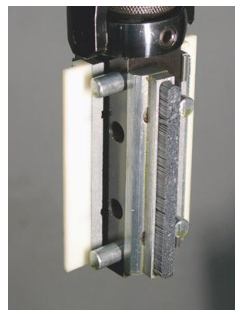


Рис 7. Хон для крацевания

Микрорельеф поверхности после этого этапа представляет собой чередование впадин (причем глубина впадин тоже чередуется) и относительно «плоских» выступов. Таким образом, достигается увеличение площади опорной поверхности цилиндра (относительная опорная длина профиля t_p). То есть, теоретически каждый выступ должен быть трапециевидной формы. Однако, для нормальной работы цилиндропоршневой группы такая форма выступов не идеальна. На заключительной стадии обработки переходят к крацеванию.

3. Крацевание – процесс скругления вершин трапециевидных выступов микрорельефа поверхности цилиндра, а также освобождение впадин от частиц абразива и мельчайших частиц металла специальными щетками. Во время этой процедуры изменение диаметра цилиндра

практически не происходит. Полученный микрорельеф способен удерживать максимальное количество моторного масла на стенках цилиндра при условии, что основные параметры шероховатости поверхности (R_a , R_z и t_p) выдержаны в пределах допустимых значений, которые можно проконтролировать с помощью специального прибора – профилометра. Кроме того, щетки для крацевания (рис. 7) должны снять дефектный слой металла с поверхности выступов, обнажив, таким образом, графит [9].

Как видно из краткого описания, процесс хонингования чрезвычайно сложен и требует очень тщательной отработки технологии и постоянного контроля качества. При использовании алмазных брусков процесс хонингования может несколько отличаться от вышеизложенного.

Алмазное хонингование выполняют с помощью хонинговальных головок различных конструкций, которым сообщается вращательное и возвратно-поступательное движение при радиальной подаче брусков. Хонингование цилиндров (гильз) проводят на вертикально-хонинговальном станке.

1. Первоначально осуществляют выбор хонинговальной головки по диаметру обрабатываемого отверстия цилиндра (гильзы) и алмазных брусков.

Бруски для хонингования цилиндров (гильз) выбирают в зависимости от назначения операций хонингования и требуемой шероховатости.

Характеристика брусков и режимы данных видов хонингования приведены в таблице 2.

Таблица 2 –Режимы, используемые при хонинговании гильз и цилиндров

Вид обработки	Марка брусков	Режим обработки		Время обработки, мин
		число двойных ходов в минуту	давление брусков, МПа	
Чистовое	АРК4100/80100МК2 АС6 100/80 50М73 АС6 63/50 100М1	30–40	1,0–1,2	0,8–1,0
Окончательное	АСМ 28/20 100МК3	30–40	0,4–0,6	0,5

При окончательном хонинговании снимают припуск до 0,005–0,01 мм, чем снижают шероховатость до $R_a = 0,2-0,16$ мкм.

Длину брусков берут равной половине длины обрабатываемого отверстия. При этом число брусков в головке выбирают с таким расчетом, чтобы суммарная ширина их рабочей поверхности была не менее $1/5$ длины окружности обрабатываемого отверстия. Подобрать хонинговальную головку, её устанавливают в шпиндель станка.

2. На стол станка устанавливают ремонтируемый блок или установочно-зажимное приспособление для гильз и производят базирование (центрирование) восстанавливаемой детали.

Центрирование осуществляют непосредственно хонинговальной головкой, для этого переключатель на пульте станка переводят в положение «ручная подача». При помощи маховика ручной подачи хонинговальную головку вводят в обрабатываемый цилиндр (гильзу). Центрирование считают законченным в том случае, если хонинговальную головку не уводит в сторону при раздвижении брусков в отверстии цилиндра (гильзы).

3. По окончании центрирования определяют длину хода хонинговальной головки S , мм по формуле:

$$S = L + 2K - L_1, \quad (4)$$

где S – длина хода хонинговальной головки, мм; L – длина гильзы (цилиндра), мм; K – вылет хона или перебег брусков (выход за торцевую поверхность гильзы (цилиндра)), мм; L_1 – длина бруска, мм.

Вылет хона – важная составляющая, определяющая форму отверстия в продольном сечении после хонингования. Вылет хона на станках с механической радиальной подачей должен находиться в пределах $1/3$ их длины. Если он больше $1/3 L_1$, то в обрабатываемом отверстии возможно появление дефекта «корсетности». При малом значении K ($<1/4 L_1$) отверстие будет бочкообразным.

4. Устанавливают и закрепляют ограничительные упоры, ограничивающие осевое перемещение хонинговальной головки с учетом рассчитанного вылета хона. Сначала устанавливают упор, ограничивающий осевое перемещение хонинговальной головки вверх. Затем с помощью маховичка ручной подачи перемещают хонинговальную головку в положение, соответствующее нормальному перебегу брусков, и устанавливают упор, отключающий перемещение головки вниз. Закончив эти операции, устанавливают хонинговальную головку в середине гильзы

(цилиндра) и разжимают бруски до их полного прилегания к стенкам гильзы (цилиндра).

Частота вращения шпинделя станка n при хонинговании определяется выражением:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi D_1}, \quad (5)$$

где n – частота вращения шпинделя, мм; v_1 – окружная скорость хонинговальной головки, м/мин; D_1 – требуемый диаметр отверстия цилиндра при хонинговании, мм.

Окружную скорость для термически необработанного чугуна принимают 60–75 м/мин, а для легированного термически обработанного чугуна – 45–50 м/мин.

5. Устанавливают переключатель на пульте управления в автоматический режим. Нажатием кнопки возвратно-поступательного и вращательного движения начинают цикл хонингования.

6. В процессе хонингования контролируют внутренний диаметр гильзы (цилиндра). При этом хонинговальная головка должна быть выведена из обрабатываемого отверстия. После выхода хонинговальной головки из обрабатываемого отверстия необходимо нажать на конечный выключатель для остановки шпинделя. Измерив диаметр гильзы (цилиндра) индикаторным нутромером, устанавливают, необходимо ли продолжение хонингования, или нет. Если да, то операцию повторяют.

При хонинговании для охлаждения поверхности гильзы (цилиндра) и отвода стружки (металлических и абразивных частиц) применяют смесь из 90 % керосина и 10 % масла «Индустриальное 20», а также специальное СОЖ – МР-1, МР-4 или маловязкое минеральное масло ВИ-4.

Одним из способов восстановления гильз (цилиндров) ДВС на ремонтный размер является *хонингование без предварительной расточки*.

Расточка – довольно трудоёмкая операция, снижающая производительность процесса ремонта гильз. Нередко расточка снижает ремонтнопригодность гильз с нерезистовыми вставками, так как резец вырывает металл в стыке вставки с основным металлом.

В связи с этим проведены исследования и внедрены в производство технологические процессы ремонта гильз без их растачивания. В этом случае операцию расточки заменяют хонингованием крупнозернистыми брусками. Режимы хонингования и характеристика алмазных брусков для данного вида хонингования приведены в таблице 3. Шерохо-

ватость поверхности после получистового хонингования должна соответствовать $R_a = 2,5 - 1,25$ мкм.

Плосковершинное хонингование. Разновидность хонингования – плосковершинное алмазное хонингование, формирующее на рабочей поверхности гильзы (цилиндра) микропрофиль, представляющий собой чередование глубоких впадин (рисок или масляных карманов) и вершин, которые срезают при последующем хонинговании с образованием площадок (плато), т. е. плосковершинного профиля. Это улучшает условия смазки и уменьшает износ деталей цилиндропоршневой группы.

Таблица 3 – Режимы и бруски для алмазного хонингования без расточки

Вид обработки	Припуск на диаметр, мм	Марка брусков	Режим обработки		Время обработки, мин
			Число двойных ходов в минуту	Давление брусков, МПа	
Обдирочная	0,20–0,30	АРК4 800/630 50 МК1	50–60	1,5–1,8	1,5–2,0
Черновая	0,15–0,20	АРК4 500/400 50 МК1	50–60	1,5–1,8	1,0–1,5
Получистовая	0,07–0,10	АРК4 200/160 100 МК2	30–40	1,0–1,2	1,0–1,2

Процесс плосковершинного алмазного хонингования включает две операции: предварительное и окончательное хонингование. При окончательном хонинговании срезают выступы, оставшиеся после предварительного хонингования, т. е. формируют профиль, состоящий из впадин (рисок) и небольших площадок. Для предварительного хонингования рекомендуют бруски АРК4 125/100–100/80 100 МК3 или АС 125/100–100/80 МК3, а для окончательного хонингования – антифрикционные бруски МА (М5-15).

В процессе ремонта гильз необходимо контролировать радиальное биение посадочных поясков и биение опорного торца верхнего буртика гильзы с помощью приспособления КИ-3340.

Принцип проверки основан на определении максимального и минимального показаний индикаторов при измерении биения посадочных

поясков относительно внутренней поверхности гильзы (толщина стенки).

Радиальное биение посадочных поясков допускается не более 0,15 мм, а разность значения биения верхнего и нижнего посадочных поясков при измерении в одной плоскости не должна превышать 0,05 мм (для гильз с диаметром отверстия до 120 мм) и 0,06 мм (для гильз с диаметром отверстия более 120 мм). Биение опорной поверхности буртика гильзы – не более 0,05 мм.

Отчёт о работе

В отчёте должны быть отражены следующие пункты:

- 1). Цель лабораторной работы.
- 2). Результат дефекации восстанавливаемых гильз и цилиндров:
марка двигателя –
номинальный размер –
диаметр цилиндра в месте наибольшего износа –
установленный ремонтный размер –
- 3). Студент должен вычертить эпюру износа цилиндра (гильзы) и дать заключение по ней.
- 4). Студент должен разработать маршрутную карту (перечень маршрутов) технологического процесса восстановления цилиндра (гильзы).
- 5). Студент должен рассчитать и подобрать основные параметры:
 - теоретический ремонтный размер;
 - вылет резца;
 - режимы растачивания (скорость резания v , частота вращения n , подача S);
 - длина хода хонинговальной головки;
 - частота вращения шпинделя хонинговального станка

Контрольные вопросы

1. Дефекты цилиндров и гильз автотракторных ДВС.
2. Технологическая последовательность расточки и хонингования цилиндров и гильз.
3. Какой припуск даётся на последующую обработку цилиндра (гильзы) после расточки?
4. Как совмещают оси цилиндра (гильзы) и шпинделя и устанавливают резец на размер при расточке?
5. По каким критериям выбирают алмазные бруски при хонинговании? Как определяют перебег брусков?
6. Как осуществляют ремонт гильз (цилиндров) без их растачивания? Назовите виды окончательной обработки.
7. Как решаются задачи по обеспечению оптимальных условий смазывания соединения гильза-поршень на стадии восстановления?
8. Какую зависимость представляет кривая Аббота?

Ремонт алюминиевых блоков цилиндров ДВС*

Блоки цилиндров силовых агрегатов современных легковых автомобилей, микроавтобусов все чаще изготавливают из алюминиевых сплавов.

По способу формирования рабочей поверхности цилиндров применяют различные технологии изготовления блоков цилиндров, поэтому прежде чем подходить к выбору и разработке технологических процессов их восстановления, необходимо знать о специфике ремонтируемой детали особенностях ее изготовления и характере работы.

Необходимость в изготовлении алюминиевых блоков связана с тем, что удельная масса алюминия (2850 кг/м^3) в 2,7 раза меньше удельной массы чугуна, соответственно алюминиевый блок получается намного легче чугунного. Это важно, особенно для многоцилиндровых моторов с большим рабочим объемом. Кроме того, теплопроводность алюминия в 4 раза выше, чем чугуна. В результате двигатель с алюминиевым блоком быстрее прогревается, а объем системы охлаждения может быть уменьшен благодаря более эффективному охлаждению и быстрому выравниванию температуры стенок блока.

Однако сочетание «мягкого» металла поршня с таким же «мягким» материалом цилиндра в эксплуатации, как правило, приводит к мгновенному «схватыванию» металлов и заклиниванию двигателя. Принимая во внимание эти свойства металлов, конструкторы двигателей предлагают несколько вариантов решения возникающей проблемы. Один из них – блоки цилиндров с «мокрыми» гильзами.

В 30-е гг. прошлого века получила распространение технология установки в алюминиевый блок цилиндров «мокрых» чугунных или стальных гильз. Предлагаемая технология имеет ряд недостатков: недостаточная жесткость блока приводит к необходимости увеличивать толщину его стенок; при обжатии (затягивании) головки блока гильзы деформируются, что вызывает повышенный угар масла; конструкция двигателя чувствительна к перегреву, что зачастую вызывает потерю герметичности и прогар прокладки головки блока.

С этими недостатками «мирились» до тех пор, пока двигатели оставались тихоходными и малонагруженными, а нормы токсичности выхлопа – весьма демократичными. Но к 80-м гг. прошлого века ситуация изменилась, и конструкция, прожившая без малого полвека, перестала удовлетворять новым требованиям.

**При подготовке использованы материалы и рекомендации руководителя бюро моторной экспертизы, эксперта-автотехника I категории, Александра Хрулева (г. Москва) и технолога компании «Механика» Александра Антипова (г. Санкт-Петербург).*

Следующим шагом стало появление блоков цилиндров из алюминия с «сухими» чугунными гильзами. Первой внедрила в массовое производство конструкцию алюминиевого блока с залитыми тонкими «сухими» чугунными гильзами компания *Honda*, и с конца 70-х гг. прошлого века все моторы этой фирмы стали оснащаться такими блоками. Постепенно эта схема завоевала своих сторонников – к 2000-му г. такие блоки применяли *Renault, Volvo, GM, Suzuki, Subaru, Rover* и другие производители.

Часто гильзы выполняют из композиционных материалов на чугунной основе. Износостойкость таких гильз значительно выше, чем у цельнолитых чугунных блоков, однако применение дорогостоящих композиционных материалов при изготовлении гильз не совсем оправданно с экономической точки зрения и из-за их большой массы.

Схема с «сухими» гильзами реализует все преимущества легких алюминиевых блоков, прекрасно сочетая их с технологичностью чугунных: с возможностью растачивания и хонингования цилиндров под увеличенный (ремонтный) размер поршней. Вместе с тем и эта схема не свободна от недостатков. Чугун, из которого изготовлена гильза, имеет меньшие, нежели алюминий, коэффициенты теплового расширения и теплопроводности. Необходимы специальные меры для исключения «отрыва» гильзы от алюминиевой стенки (с этой целью нередко гильзу снаружи делают ребристой). При этом рабочий зазор поршня в цилиндре, как и в простом чугунном блоке, при нагреве уменьшается, а при охлаждении увеличивается, даже если материалы поршней и блока одинаковые. В результате при больших пробегах возможно появление «холодного» стука поршней и, как следствие, повышенного угара масла.

Цельноалюминиевые блоки цилиндров появились приблизительно в 70–80-е гг. прошлого столетия. Технологию их производства отработала немецкая фирма *Mahle*. Суть идеи заключается в сохранении пары «железо-алюминий» для поршня и цилиндра, но при условии, что цилиндр выполнен алюминиевым, в то время как алюминиевый поршень гальванически покрыт тонким (0,02–0,03 мм) слоем железа.

Предложенная технология позволяет избежать ряда недостатков, а именно: поршень в цилиндре не клинит; тепловое расширение цилиндра и поршня практически одинаково; рабочий зазор стабилен и его можно довести до 0,01–0,02 мм, не боясь возникновения задиров и «прихватов». Значительно увеличивается ресурс деталей (в 1,5 раза).

Однако при реализации данной технологии в эксплуатации возникла очередная проблема – недостаточный ресурс поршневой группы из-за слишком «мягкой» рабочей поверхности цилиндра.

Применив специальную технологию литья блока из алюминиевого сплава с содержанием кремния более 18 %, появилась возможность решить и эту проблему. Быстрое охлаждение участков заготовки блока в зоне цилиндров приводит к направленной кристаллизации кремния зеркала цилиндров. Далее, по-

сле механической обработки, поверхность цилиндров дополнительно обрабатывают химическим травлением. В результате этой операции кислота, взаимодействуя преимущественно с алюминием, «вымывает» его слой толщиной несколько микрон, оставляя на поверхности лишь кристаллы кремния. Теперь и поршень, и поршневые кольца «работают» не по алюминию, а по твердому кремнию – износостойкость и долговечность этих пар трения гарантирована, причем она заметно выше, чем у обычных чугунных цилиндров. Правда, при этом поршневые кольца, все без исключения, должны иметь твердое хромовое покрытие, поскольку именно этот металл обеспечивает наивысшую износостойкость в паре с кремнием.

Блоки цилиндров, изготовленные с помощью описанной технологии, получили достаточно широкое распространение у немецких производителей автомобилей – это двигатели *Mercedes V8 u V12*, *Audi V8*, *Porsche L4 u V8*, *BMW V8 u V12*. Та структура материала, которая была получена на поверхности цилиндров этих цельноалюминиевых блоков, по терминологии фирмы *Mahle* называется *Silumal*. Поршни для таких блоков имеют особое покрытие *Ferrostan* (фирма *Kolbenschmidt*, также использующая эту технологию, дает ей другое название – *Alusil*).

Таким образом, на сегодняшний день можно назвать несколько наиболее распространенных технологий по производству алюминиевых блоков ДВС. Технология, предусматривающая на стадии изготовления литейной заготовки блока цилиндров заливку вставок из легированного чугуна с последующей обработкой их в номинальный размер. Как правило, производителями предусматривается обработка изношенных цилиндров в ремонтные размеры.

У блоков цилиндров, изготавливаемых по технологии Локасил (*Kolbenschmidt*) при формировании литейной заготовки блока цилиндров устанавливаются цилиндрические вставки из сплава алюминия с повышенным содержанием (20–27 %) кремния. Такая конструкция блока цилиндров также предполагает обработку изношенных цилиндров в ремонтные размеры.

Отверстия цилиндров блоков цилиндров, изготавливаемых по технологии Алюсил (*Kolbenschmidt*) или Силумал (*Mahle*) обрабатываются непосредственно в самом материале блока. При этом за счет направленной кристаллизации алюминиевого сплава формируется прилегающий к поверхности цилиндра слой металла с повышенным содержанием кремния. Отверстия цилиндров таких блоков также могут обрабатываться в предусмотренные изготовителем ремонтные размеры.

Распространенной является конструкция блока цилиндров, при которой на поверхность цилиндра наносится электролитическое твердое износостойкое никель-кремниевое покрытие – технология Галникал (*Kolbenschmidt*) или Никасил (*Mahle*). Для блоков цилиндров такой конструкции ремонтные размеры не предусмотрены.

Однако при ремонте возникают сложности в определении, какой именно блок (с покрытием или без него) поступил на восстановление. На самом деле

установить тип блока просто: достаточно «царапнуть» острым металлическим предметом по верхнему краю цилиндра. Цельноалюминиевый блок царапается очень легко, причем царапина получается глубокой, поскольку поверхность цилиндра из мягкого алюминиевого сплава. На чугунном цилиндре царапины будут незначительными, и лишь на покрытии Nicasil не останется никакого следа – настолько высока его твердость.

Несмотря на то, что износостойкость покрытия Nicasil существенно превышает аналогичный показатель обычных чугунных блоков цилиндров, некоторые недостатки этой технологии все же надо отметить. Основа блока (алюминиевый сплав) остается относительно «мягкой», поэтому при серьезных поломках (обрыв шатуна, прогар и разрушение поршня) тонкое покрытие легко пробивается и уже не может быть восстановлено. Да и в случае естественного износа ремонт, как правило, не предусматривается, т. к. покрытие имеет малую толщину, из-за чего при обработке цилиндра можно легко обнажить алюминий. По этой причине ремонтных поршней для большинства таких блоков «в природе» не существует (лишь для некоторых моторов выпускаются ремонтные комплекты поршневой группы с увеличенным на 0,08–0,10 мм размером).

Наиболее характерным дефектом поступающих в ремонт блоков цилиндров последних трех конструкций, является задира поверхности одного или нескольких цилиндров (рис. 8) – наиболее распространенный дефект цилиндров алюминиевых блоков ДВС.



Рис 8. Задира

В тех случаях, когда повреждения цилиндров не могут быть устранены обработкой в ремонтный размер, блоки цилиндров восстанавливают гильзованием, как правило, чугунными гильзами.

Технология гильзования блоков цилиндров, изготовленных из сплавов алюминия, в целом достаточно хорошо освещена в литературе и широко практикуется ведущими предприятиями, специализирующимися на ремонте деталей ДВС. При наличии квалифицированных кадров и современного технологического оборудования успешно ремонтируются блоки цилиндров рядных и V-образных двигателей.

Значительно реже в ремонт поступают блоки цилиндров двигателей более сложной конструкции. Одним из таких является двенадцатицилиндровый двигатель (конфигурации VR W12) автомобиля Audi A8. На рис. 9 приведен внешний вид блока цилиндров данного двигателя.

Поскольку для данного двигателя поршни ремонтных размеров не поставляются, было принято решение о гильзовании блока цилиндров в номинальный размер. Ниже приводится описание отдельных элементов технологического процесса ремонта блока цилиндров.



Рис 9. Износ и задиры поверхности цилиндров (указан стрелкой).



Рис 10. Ремонтные гильзы



Рис 11. Обработка блока цилиндров под ремонтные гильзы

На первом этапе для определения размеров и конфигурации ремонтных гильз (рис. 10) и их изготовления был проведен детальный обмер блока цилиндров.

В расточенные отверстия (рис. 11) гильзы устанавливались с натягом 0,07–0,08 мм таким образом, чтобы выборки на гильзах под противовесы коленчатого вала совпали с соответствующими выборками блока цилиндров (рис 12). После установки гильз производилось их растачивание в номинальный размер (с учетом припуска на хонингование 0,06–0,08 мм), подрезка торцов и заходной фаски (рис. 13).



Рис 12. Блок цилиндров с установленными гильзами



Рис 13. Растачивание отверстий цилиндров



Рис 14. Черновое хонингование



Рис 15. Карцевание

Финишная операция — хонингование выполнялось на хонинговальном станке «Механика СК-12» по хорошо зарекомендовавшей себя технологии обработки чугунных блоков цилиндров. Хонингование выполнялось в 3 приема: черновое хонингование (рис. 14), чистовое хонингование (в обоих случаях ке-

рамическими брусками) и крацевание щетками (рис. 15), состоящими из нейлоновых волокон, армированных карбидами кремния.

Важной и ответственной операцией является контроль качества выполненных работ в соответствии с техническими условиями (рис. 16).

Применение изложенной технологии ремонта блоков цилиндров при вполне приемлемых затратах обеспечивает достижение необходимой точности размеров и формы отверстий цилиндров и, тем самым, способствует восстановлению работоспособного состояния цилиндропоршневой группы двигателя.

Гильзовка блока цилиндров (на примере дизелей Cummins моделей 6 BT5.9 и 6 СТА)**

Операция «гильзовка» широко применяется у нас в стране, но выполняется везде по-разному, в зависимости от наличия в конкретной мастерской технических средств: гидравлических или винтовых прессов и др.

Следует отметить, что установка с натягом гильзы в ремонтируемый блок зачастую может приводить к образованию на сопрягаемых поверхностях царапин и задиров, которые в последствие ухудшают отвод тепла от гильзы в блок, а, следовательно, ограничивают ресурс работы двигателя в целом. От качественно выполненной технологии «гильзовки» блока ДВС зависит и дальнейший ресурс двигателя.

Технологический процесс «гильзовки» чугунного блока состоит из нескольких операций.

Предварительно блоки, поступившие в ремонт, проходят операцию мойки. Затем тщательно проводятся измерения всех гильз, которые будут устанавливаться в блок (рис. 17). Все результаты измерений заносятся в ведомость (таблицу), гильзы маркируются согласно номеру цилиндра. Далее осуществляется центрирование блока относительно шпинделя расточного станка и предварительная расточка блока цилиндров (рис. 18).



Рис 17. Измерение геометрических параметров гильзы



Рис 18. Предварительная расточка блока цилиндров

После предварительной расточки цилиндра производится измерение диаметра цилиндра и с помощью специального приспособления производится настройка резца для обработки цилиндра на заданный размер с точностью $\pm 0,005$ мм на диаметр.

***При подготовке материала использована материалы сайта <http://www.motortehn.ru/Main/Technology/GilzovkaBlokaTsilindrovDizelejCumminsModelej.html>*

Выполнив чистовую расточку цилиндра отклонение от цилиндричности должно составлять не более 0,005 мм, а шероховатость поверхности $R_a = 1,6-1,9$ мкм.

Для обеспечения центрирования и успешной установки гильзы в цилиндр необходимо выполнить на ней небольшую фаску (рис.19).

Обработку других цилиндров целесообразно производить «через один» для исключения деформаций отверстия от установки гильз в соседних цилиндрах (рис. 20).



Рис 19. Выполнение фаски для центрирования и установки гильзы



Рис 20. Обработка цилиндров «через один»

Гильзу обезжиривают растворителем, охлаждают в ванне с жидким азотом (рис. 21).



Рис 21. Охлаждение гильзы в ванне с жидким азотом



Рис 22. Установка гильзы в блок

Процесс установки гильзы в блок занимает несколько секунд, поскольку происходит уменьшение ее диаметра из-за охлаждения и она практически свободно «падает» в блок (рис. 22).

Технология установки гильз с применением жидкого азота позволяет избежать повреждения сопрягаемых поверхностей в сравнении с другими технологиями запрессовки. Кроме того, установка гильз на станке позволяет сократить затраты на дополнительное перемещение тяжелого блока по цеху.

Всегда после установки гильзы в блок должно быть обеспечено ее выступание относительно плоскости разреза с головкой блока цилиндров (рис. 23). Подрезка выступающей части гильзы производится с помощью вертикальной микроподачи шпинделя (рис. 24).



Рис 23. Выступание гильзы относительно плоскости разреза с головкой блока



Рис 24. Подрезка выступающей части гильзы

После расточки всех гильз и фрезерования поверхности блок устанавливается на хонинговальный станок для окончательной обработки.

Библиографический список

1. Технологические процессы в техническом сервисе машин и оборудования : учеб. пособие / И.Н. Кравченко, А.Ф. Пузряков, В.М. Корнеев [и др.]. — Москва : ИНФРА-М, 2018. — 346 с. + Доп. материалы [Электронный ресурс; Режим доступа: <https://new.znanium.com>]. — (Высшее образование: Бакалавриат). — www.dx.doi.org/10.12737/25226. - ISBN 978-5-16-105517-5. - Текст: электронный. - URL: <https://new.znanium.com/catalog/product/966987>
2. Стребков, С. В. Технология ремонта машин: учеб. пособие / С.В. Стребков, А.В. Сахнов. — Москва: ИНФРА-М, 2019. — 222 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). — www.dx.doi.org/10.12737/21917. - ISBN 978-5-16-105182-5. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/989542>
3. Технология ремонта машин: учебник / В.М. Корнеев, В.С. Новиков, И.Н. Кравченко [и др.]; под ред. В.М. Корнеева. — Москва: ИНФРА-М, 2019. — 314 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). — www.dx.doi.org/10.12737/textbook. - ISBN 978-5-16-106257-9. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/989548>
4. Надежность и ремонт машин / под общ. ред. В.В. Курчаткина. — М.: Колос, 2000. — 776 с.
5. Богачев Б.А. Практикум по ремонту машин / Б.А. Богачев, А.А. Гаджиев, И.Н. Кравченко и др. — М.: КолосС, 2009. — 327 с.
6. Пучин Е.А. Технология ремонта машин / Е.А. Пучин, В.С. Новиков, Н.А. Очковский и др.; под ред. Е.А. Пучина. — М.: КолосС, 2007. — 448 с.
7. Техническое обслуживание и ремонт машин в сельском хозяйстве: учеб. пособие / под ред. В.И. Черноиванова. — М.; Челябинск: ГОСНИТИ, ЧГАУ, 2003. — 415 с.
8. Усков В.П. Справочник по ремонту базовых двигателей / В.П. Усков. — Брянск: КГТ, 1998. — 589 с.
9. Хонингование цилиндров [Электрон. ресурс]. — Режим доступа: <http://www.motortehn.ru/Main/Technologies/Technologies.html>

Составители: Хрянин Виктор Николаевич
Илясов Александр Петрович

Технологические процессы реновации деталей машин

**ВОССТАНОВЛЕНИЕ ГИЛЬЗ ЦИЛИНДРОВ БЛОКОВ
АВТОТРАКТОРНЫХ ДВС**

Методические указания
к лабораторно-практическим работам

Редактор
Компьютерная верстка

Подписано к печати 2020 г. Формат 60 × 84/1/16
Объем 2 уч.- изд. л. Изд. № __ Заказ №
Тираж 100 экз.