

ВВЕДЕНИЕ

Ресурс автотракторных двигателей в значительной мере определяется состоянием цилиндропоршневой группы (ЦПГ). Ее интенсивный износ вызывает повышенный расход картерных газов, ускоренное старение масла, увеличение динамических нагрузок на детали, вибрацию двигателя, снижение его мощности.

Одним из факторов, наиболее существенно влияющих на долговечность ЦПГ, является состояние рабочей поверхности цилиндров. После длительного срока работы двигателя рабочая поверхность цилиндров оказывается изношенной. Наиболее интенсивно изнашивается цилиндр в зоне остановки верхнего компрессионного кольца при положении поршня в ВМТ. Помимо этого, поверхность цилиндра изнашивается в плоскости вращения кривошипа вследствие контакта с юбкой поршня, в результате чего цилиндр становится овальным. Нередко на цилиндрах могут образовываться продольные царапины, вызванные попаданием с воздухом, топливом и с моторным маслом различных частиц загрязнений и продуктов изнашивания деталей.

Износ цилиндров по длине также неравномерен – больше всего изнашивается участок, по которому перемещается верхнее компрессионное кольцо, вследствие высокого давления газов, прижимающих кольца к поверхности цилиндра, высокой температуры, плохих условий смазки, попадания пыли внутрь цилиндра вместе с воздухом и выпадения кокса при сгорании топлива.

Проверка состояния цилиндров начинается с осмотра рабочей поверхности. Трещины, задиры, риски, которые не могут быть устранены принятыми методами восстановления, служат основанием для выбраковки гильз.

О предельном износе цилиндров судят по максимальной выработке в верхнем поясе на расстоянии 10...50 мм от верхней кромки цилиндра.

Работоспособность сопряжения поршень – цилиндр восстанавливается методом ремонтных размеров. От качественного выполнения всех операций технологического процесса восстановления гильз и цилиндров блока зависит послеремонтный ресурс ЦПГ и двигателя в целом.

Цель работы: освоить технологию восстановления гильз и цилиндров блока расточкой с последующим хонингованием.

Задачи работы:

- ознакомиться с технологическим оборудованием для расточки и хонингования цилиндров двигателей;
- научиться настраивать расточной и хонинговальной станки для проведение работ;
- получить практические навыки работы на станках.

Оборудование рабочего места.

1. Вертикально-расточной станок 278Н с набором устройств и приспособлений, набор монтажного инструмента, детали, подлежащие восстановлению.

2. Вертикально-хонинговальный станок 3Г833 с комплектом хонинговальных головок и приспособлений, детали, подлежащие восстановлению.

3. Комплект измерительного инструмента: линейка измерительная металлическая 300 (ГОСТ 427–75); щупы (набор № 2) 82102 (ГОСТ 882–75); штангенциркуль двухсторонний ШЦ-Н-200 (ГОСТ 166–80); микрометры гладкие МК-75-1, МК-100-1, МК-125-1 (ГОСТ 6507–78); нутромеры индикаторные НИ 50-100, НИ 100-160 (ГОСТ 868–82); призма к микрометрам для установки вылета резца на требуемый диаметр расточки; призма с индикаторной головкой (наездник); призматический микрометр; образцы шероховатости (ГОСТ 9378–60).

1. ОБОСНОВАНИЕ РЕМОНТНОГО РАЗМЕРА ЦИЛИНДРА

Цилиндры блоков и гильзы цилиндров восстанавливаются под ремонтные размеры, если у них отсутствуют трещины, сколы и скрытые дефекты. Оценка технического состояния рабочих поверхностей цилиндров осуществляется по следующим показателям: износ, овальность, конусность и наличие царапин на рабочей поверхности цилиндров.

Максимально допустимый износ цилиндров для большинства двигателей легковых автомобилей составляет 0,15 мм, а для двигателей грузовых автомобилей и тракторов – 0,4 мм. Предельные значения овальности и конусности цилиндра составляют соответственно 0,03 и 0,06 мм. Конкретную величину каждого параметра для определенной марки двигателя берут из технических условий или справочной литературы. Наличие царапин на поверхности цилиндра не допускается, так как они приводят к повышенному угару масла.

Гильзы и цилиндры блока растачивают, если хотя бы один из контролируемых параметров выходит за пределы допустимого значения.

Замер диаметра каждого цилиндра (рис. 1) осуществляется с помощью индикаторного нутромера в двух поясах (*I* и *II*) в плоскости, перпендикулярной оси коленчатого вала (плоскость наибольшего износа).

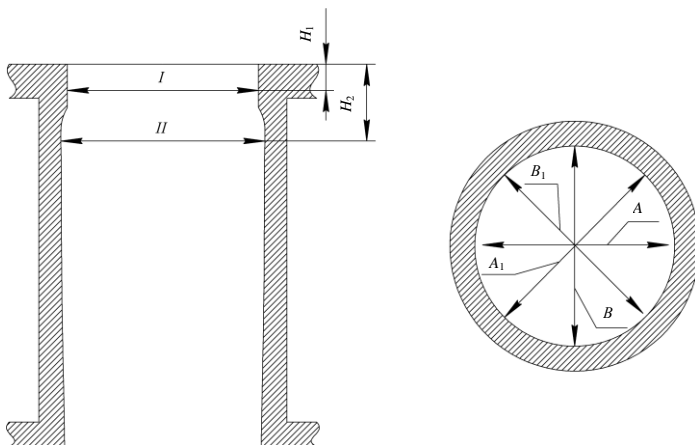


Рис. 1. Схема измерений цилиндров: *I* и *II* – номера поясов измерений; *A*, *B*, *A*₁ и *B*₁ – плоскости измерений

Если блок цилиндров со сменными гильзами и гильзы уже демонтированы и трудно определить, как эти гильзы были ориентированы в блоке, замеры выполняются в четырех плоскостях, расположенных через 45° (*A*, *B*, *A*₁ и *B*₁).

Пояс *I* располагается в верхней неизношенной части цилиндра на расстоянии *H*₁ – 3...5 мм от верхней кромки. Измерительный пояс *II* находится в наиболее изношенной части цилиндра в зоне остановки верхнего компрессионного кольца при положении поршня в ВМТ. По величине максимального диаметра назначается номер ремонтного размера (*P*₁, *P*₂, ...).

Для выполнения замеров нутромер предварительно настраивается по микрометру на номинальный размер диаметра цилиндра или на диаметр неизношенного пояса цилиндра (пояс *I*) с натягом до 2 мм. После настройки нутромер устанавливается в цилиндр в необходимый пояс замера. Покачиванием нутромера в вертикальной плоскости находится крайнее минимальное значение показания индикатора. Если стрелка в крайнем положении отклонена от нуля против хода часовой стрелки, это указывает на увеличение размера по отношению к исходному.

Все цилиндры или гильзы одного блока обрабатываются под один и тот же ремонтный размер. Номинальные и ремонтные размеры гильз цилиндров отдельных двигателей приведены в приложении.

2. РАСТОЧКА ЦИЛИНДРОВ

Расточка гильз и цилиндров блока выполняется на специальных вертикально-расточных станках.

Базовыми поверхностями при установке блока для растачивания цилиндров служат его нижняя привалочная плоскость и неизношенная поверхность цилиндра в верхней его части.

При установке на расточку гильзы базовыми поверхностями служат наружный чисто обработанный поясok и верхняя неизношенная поверхность гильзы. Гильза цилиндра базовыми поверхностями устанавливается в наладку, которая, в свою очередь, фиксируется в приспособлении, представляющем собой кондуктор. Затем кондуктор базовой поверхностью устанавливается на стол расточного станка.

При растачивании цилиндров блока следят за сохранением расстояний между осями цилиндров и перпендикулярностью осей цилиндров оси коленчатого вала. Отклонение от перпендикулярности допускается не более 0,02 мм для двигателей легковых автомобилей и 0,05 мм для автотракторных двигателей. Смещение оси растачиваемого цилиндра допускается не более 0,02 мм.

После растачивания чугунных цилиндров или гильз припуск на последующую доводку (хонингование) должен быть не менее 0,05 мм на радиус. Это связано с тем, что при растачивании цилиндров в результате поверхностной деформации происходит наволакивание металла на графитовые зерна. Поверхность цилиндра становится матовой светло-серого цвета. В результате наволакивания графитовые зерна закрываются чешуйками металла, образуется так называемый «жестяной слой», значительно снижающий ресурс деталей ЦПГ. В процессе хонингования необходимо обеспечить вскрытие графитовых зерен, выходящих на поверхность (рис. 2).

В цилиндре, восстановленном в соответствии с технологическим процессом, до 50 % зерен графита имеют выход на поверхность, а глубина деформации поверхностного слоя не превышает 8 мкм.

При расточке стальных деталей припуск на хонингование принимается в пределах 0,015...0,03 мм на радиус.

Для расточки цилиндров могут применяться твердосплавные резцы типа ВК-2 и ВК-3 и резцы из сверхтвердых материалов (СТМ) Эльбор-Р, Белбор, Исмит, Композит 05, ПКНБ, Гексанит-Р и др.

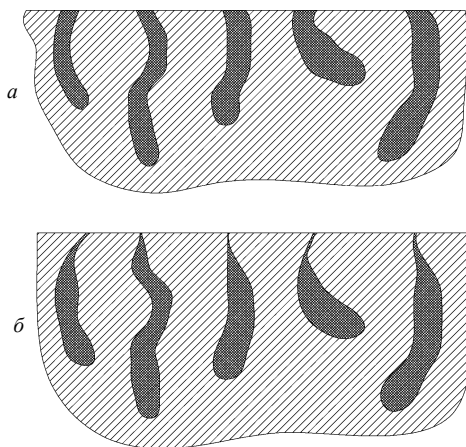


Рис. 2. Вскрытие графита на поверхности цилиндра:
a – нормальное расположение зерен графита (графит выходит на поверхность); *б* – графитовые зерна закрыты вследствие поверхностной деформации

Из-за недостаточной твердости и износостойкости материала режущей части резцами с твердосплавными пластинами без повторной заточки можно расточить не более 5–7 цилиндров. В процессе точения детали резец изнашивается, в результате чего конусность может возрасти до 0,1 мм, а шероховатость обработанной поверхности Rz – до 20...10 мкм [1].

Резцами из СТМ можно расточить до 70 цилиндров без повторной заточки. При этом овальность и конусность рабочей поверхности цилиндра не превышает 0,03 мм, а шероховатость поверхности Ra – 0,63...0,32 мкм.

После расточки цилиндра овальность и конусность рабочей поверхности не должна превышать 0,03 мм. Шероховатость поверхности Ra после расточки должна быть не более 0,63 мкм. Обеспечить такие значения показателей можно только качественной заточкой инструмента и правильным выбором режима резания.

Чистовая заточка резцов выполняется алмазными кругами типа ЛСО 10/6-4-В1. При этом необходимо обеспечить значение главного угла в плане 45° , а вспомогательного – 15° .

При выборе режима резания можно воспользоваться рекомендациями, представленными в табл. 1.

Таблица 1. Рекомендуемые режимы резания для точной расточки цилиндров

Обрабатываемый материал	Режим резания		
	Глубина резания t , мм	Подача S , мм/об.	Скорость резания v , м/мин
Инструмент из твердого сплава			
Сталь	0,08...0,3	0,03...0,12	150...300
Чугун серый (НВ 160...180)	0,05...0,55	0,04...0,12	100...200
Чугун серый (НВ 360...440)	0,05...0,125	0,05...0,10	30...40
Инструмент из СТМ Эльбор-Р			
Сталь	0,05...0,08	0,03...0,2	80...160
Чугун серый (НВ 360...440)	0,015...0,2	0,03...0,05	70... 90

Для расточки гильз и цилиндров блока автомобильных и тракторных двигателей диаметром 65...165 мм и длиной до 410 мм применяется вертикально-расточной станок 278Н. Техническая характеристика вертикально-расточного станка 278Н приведена в табл. 2.

Таблица 2. Техническая характеристика вертикально-расточного станка 278Н

Параметр	Значение	
Число сменных шпинделей	3	
Диаметры шпинделей, мм:	Обрабатываемая поверхность	
	Диаметр, мм	Длина, мм
62	65...82	185
78	82...125	380
120	125...165	410
Вылет шпинделя от шпиндельной бабки, мм	270	
Вылет шпинделя от направляющих станины, мм	340	
Расстояние от торца шпинделя до стола, мм	30...580	
Частота вращения шпинделя, мин ⁻¹	80; 112; 160; 224; 315; 450	
Подача шпиндельной бабки, мм/об.	0,05; 0,08; 0,125; 0,2	
Ручное перемещение шпинделя за один оборот маховичка, мм/об.	0,75	
Скорость быстрого подвода-отвода шпинделя, мм/мин	3000	
Размеры поверхности стола, мм	1200×500	
Габаритные размеры, мм	1200×1200×2000	
Масса, кг	1850	

Общее устройство станка. В состав станка (рис. 3) входят следующие конструктивные узлы: колонна 9 и основание 13, образующие станину; шпиндельная бабка 6; коробка переключения скоростей и передач 11; шпиндель 3.

Колонна станка 9 имеет две призматические направляющие, по которым в вертикальном направлении перемещается шпиндельная бабка

6. Основание станка 13 в передней части переходит в стол 1, на который устанавливается обрабатываемая деталь.

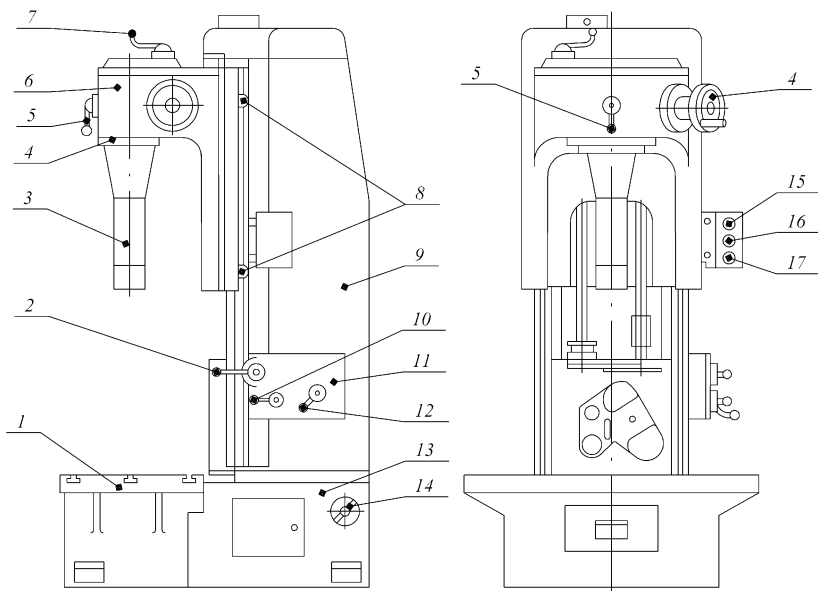


Рис. 3. Общий вид вертикально-расточного станка 278Н: 1 – стол; 2 – рукоятка включения рабочего и ускоренного перемещения шпиндельной бабки; 3 – шпиндель; 4 – маховичок ручного перемещения шпиндельной бабки; 5 – рукоятка для отключения шпинделя от кинематической цепи его привода; 6 – шпиндельная бабка; 7 – рукоятка лубрикатора для смазки; 8 – кулачки автоматического выключения перемещения шпиндельной бабки; 9 – колонна; 10 – рукоятка переключения подач шпиндельной бабки; 11 – коробка переключения скоростей и передач; 12 – рукоятка переключения скоростей вращения шпинделя; 13 – основание; 14 – вводный выключатель; 15 – кнопка «Стоп», остановка станка; 16 – кнопка ускоренного перемещения шпиндельной бабки вверх; 17 – кнопка включения вращения шпинделя и рабочей подачи ускоренного перемещения шпиндельной бабки вниз

В шпиндельной бабке расположены механизмы привода шпинделя и ручного перемещения самой бабки. Ручное перемещение шпиндельной бабки осуществляется с помощью маховичка 4. На бабке имеется рукоятка 5 для отключения шпинделя от кинематической цепи привода. Это делается при центрировании цилиндра.

Коробка переключения скоростей и подач 11 служит для передачи вращения к шлицевому валу привода шпинделя и ходовому винту

привода шпиндельной бабки. Коробка обеспечивает шесть значений оборотов шпинделя (от 80 до 450 мин⁻¹), четыре величины подачи (от 0,05 до 0,2 мм/об.) и ускоренное перемещение шпиндельной бабки. Управление коробкой осуществляется тремя рукоятками: 10 – переключения подач, 12 – переключения скоростей вращения шпинделя и 2 – включения рабочего или ускоренного перемещения шпиндельной бабки.

Для соблюдения жесткости в комплект станка входят три сменных шпинделя. Они устанавливаются на шпиндельную бабку в зависимости от диаметра растачиваемого отверстия.

Механизм станка позволяет в автоматическом режиме отключать привод, когда шпиндельная бабка доходит до крайнего (верхнего или нижнего) положения. Ограничиваются вертикальные перемещения бабки с помощью передвижных кулачков 8.

Управление работой станка осуществляется с помощью пульта, на котором расположены кнопка 15 остановки станка, кнопка 16 ускоренного перемещения шпиндельной бабки вверх и кнопка 17 включения вращения шпинделя и рабочей подачи или ускоренного перемещения шпиндельной бабки вниз. Для обеспечения ускоренного перемещения бабки вначале нужно установить в соответствующее положение рукоятку 2 («Ускоренное перемещение»), после чего толчковыми нажатиями кнопки 16 или 17 осуществляется соответственно ускоренный подъем или опускание шпиндельной бабки. Окончательный подвод шпинделя к обрабатываемой детали производится вручную путем вращения маховичка 4 (предварительно рукоятка 2 переводится в положение «Настройка»).

В резцовой головке 2 шпинделя 1 (рис. 4) могут устанавливаться резец 4 и шариковая оправка 7, а также в резьбовую часть с торца головки может вворачиваться индикаторное приспособление для центрирования цилиндра. Вылет резца изменяется путем вращения регулировочного винта 3, имеющего на головке внутренний шестигранник. На торцевой поверхности головки регулировочного винта имеются деления. Поворот винта на одно деление обеспечивает изменение вылета резца на 0,02 мм. Вылет шариковой оправки регулируется винтом 8. Стопорение резца и шариковой оправки осуществляется зажимными винтами 6.

После выполнения замеров цилиндров и определения основных оценочных показателей (износ, овальность, конусность) принимается решение о выборе ремонтного размера, под который будет растачиваться цилиндр.

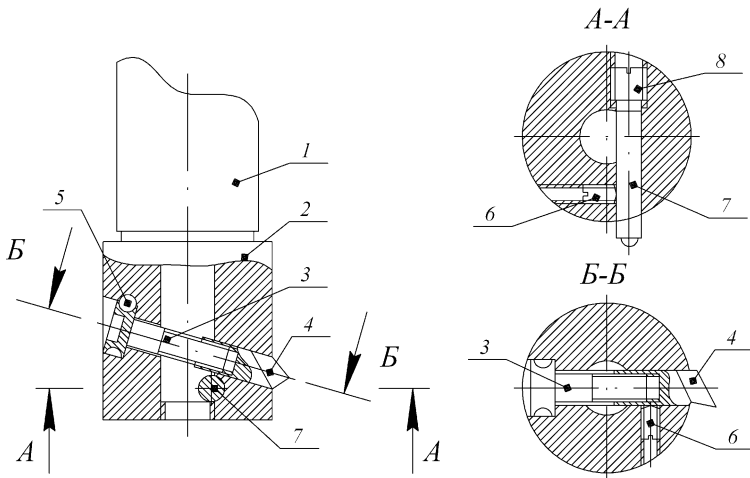


Рис. 4. Шпиндель станка 278Н: 1 – шпиндель; 2 – резцовая головка; 3 – регулировочный винт выхода реза; 4 – резец; 5 – штифт; 6 – зажимной винт; 7 – шариковая оправка; 8 – регулировочный винт шариковой оправки

Для правильной расточки цилиндра необходимо совместить ось цилиндра с осью шпинделя. Этого можно достигнуть двумя способами: с помощью шариковой оправки или индикаторного устройства часового типа.

Установка вылета шариковой оправки может осуществляться двумя способами: с помощью плоского микрометра или индикаторного (микрометрического) наездника.

При первом способе величина вылета шариковой оправки (рис. 5) рассчитывается по формуле

$$H_D = \frac{D_{ц} + D_{р.г}}{2}, \quad (1)$$

где $D_{ц}$ – номинальный размер цилиндра, или диаметр цилиндра, измеренный в поясе I (см. рис. 1), мм;

$D_{р.г}$ – диаметр резцовой головки, мм.

Значение вылета шариковой оправки в этом случае контролируется микрометром. Однако, несмотря на простоту, данный способ имеет недостаток. При установке величины вылета оправки невозможно сразу точно выставить необходимый размер H_D и приходится после каждой корректировки контролировать его значение микрометром.

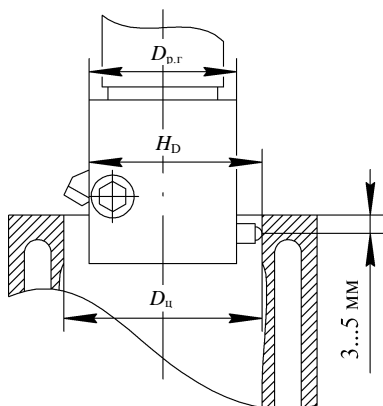


Рис. 5. Схема к расчету величины вылета шариковой оправки H_D

Второй способ настройки шариковой оправки предполагает использование индикаторного (микрометрического) наездника (рис. 6). Величина вылета оправки относительно поверхности резцовой головки рассчитывается по формуле:

$$L_0 = \frac{D_{\text{ц}} - D_{\text{п.г}}}{2}, \quad (2)$$

где L_0 – значение расчетного вылета оправки, мм.

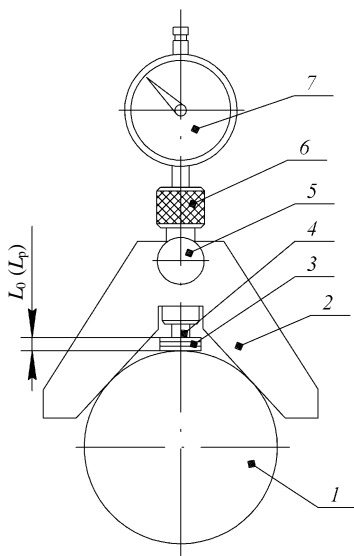


Рис. 6. Наездник для установки шариковой оправки и резца:
 1 – настроечный эталон; 2 – призма;
 3 – блок мерных плиток;
 4 – внутренний стержень; 5 – стопорный винт; 6 – оправка; 7 – индикатор

Настройка величины вылета шариковой оправки осуществляется следующим образом. Призму 2 приспособления с индикаторной головкой устанавливают на образующую резцовой головки. Ослабив стопорный винт 5, перемещают индикатор до соприкосновения внутреннего стержня с поверхностью резцовой головки с натягом до 1 мм. Фиксируют положение индикатора стопорным винтом и совмещают нулевое деление шкалы индикатора со стрелкой. Ослабив зажимной винт 6 крепления оправки (см. рис. 4), регулировочным винтом 8 выдвигают шариковую оправку до расчетной величины вылета. Далее оправка стопорится в резцовой головке и еще раз проверяется величина вылета.

Аналогично настраивается величина вылета шариковой оправки при использовании микрометрического наездника.

Блок двигателя (или кондуктор с гильзой цилиндра) устанавливают на стол станка. Резцовую головку с настроенной шариковой оправкой вводят внутрь цилиндра на 3...5 мм от верхней кромки (зона расположения пояса L).

Вручную проворачивают резцовую головку, и шариковая оправка, перемещаясь по поверхности цилиндра, смещает за собой блок и тем самым центрирует данный цилиндр или гильзу по отношению к оси шпинделя. Зазор между шариком оправки и поверхностью цилиндра контролируют с помощью щупа. Он не должен превышать 0,05 мм.

После предварительного центрирования с помощью шариковой оправки окончательную центровку цилиндра выполняют с помощью индикаторного приспособления. Оно позволяет произвести центрирование детали с большей точностью.

Приспособление ввинчивается в резьбовое отверстие в торце резцовой головки (рис. 7).

Ножка приспособления 6 устанавливается в верхнюю часть цилиндра. На индикаторе 7 делается предварительный натяг 1...2 мм. Нулевое деление шкалы совмещают со стрелкой.

Вручную проворачивая резцовую головку, следят за показаниями индикатора, который отмечает отклонение оси цилиндра по отношению к оси шпинделя.

Определив направление наибольшего отклонения оси цилиндра, смещают блок (кондуктор с гильзой) до устранения биения. Допускается отклонение до 0,03 мм. После центрирования цилиндра блок (кондуктор с гильзой) фиксируется на столе станка прихватами 8.

После выполнения центрирования шариковую оправку и приспособление снимают и устанавливают величину вылета резца с помощью наездника.

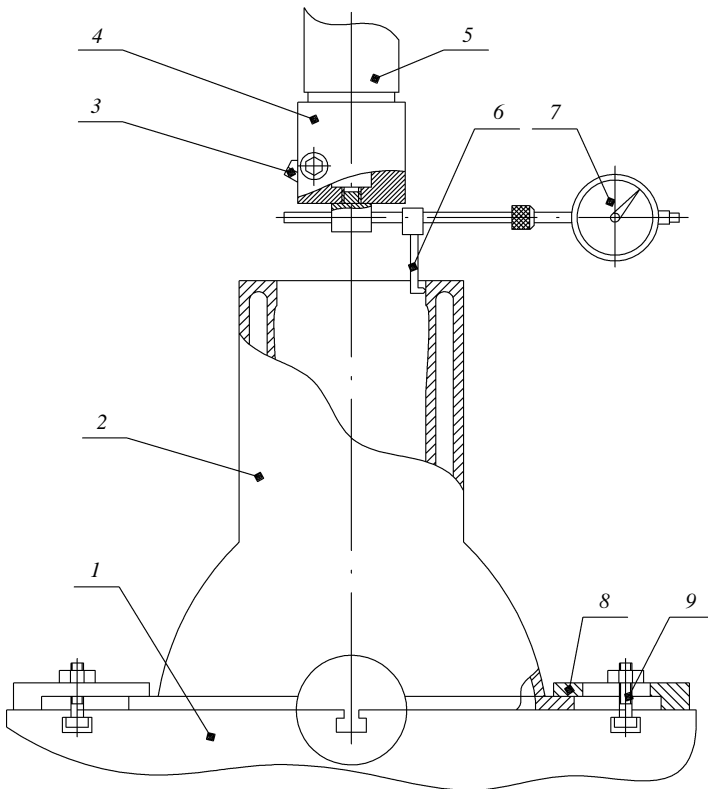


Рис. 7. Приспособление для центровки цилиндра блока: 1 – стол станка; 2 – блок цилиндров двигателя; 3 – резец; 4 – резцовая головка; 5 – шпindelь; 6 – ножка индикаторного приспособления совмещения оси цилиндра с осью шпинделя; 7 – индикатор приспособления; 8 – прихват; 9 – крепежный болт

Величина вылета резца рассчитывается по формуле

$$L_p = \frac{D_{ц.р} - D_{р.г}}{2} - Z, \quad (3)$$

где; $D_{ц.р}$ – диаметр ремонтного размера цилиндра, мм;

Z – припуск на хонингование (для деталей из стали $Z = 0,015...0,03$ мм, а для деталей из чугуна $Z = 0,05...0,07$ мм).

После установки величины вылета резца выбирают значения частоты вращения шпинделя и подачи и осуществляют расточку цилиндра.

3. ХОНИНГОВАНИЕ ЦИЛИНДРОВ

Наиболее сложной и ответственной операцией при ремонте цилиндров является хонингование. Практика показывает, что от качества окончательной обработки поверхности цилиндров в значительной степени зависят эксплуатационные характеристики двигателя.

Правильная обработка поверхности цилиндров [4] обеспечивает:

- низкий расход масла;
- высокую компрессию, т. е. малые утечки газов через кольца;
- большой ресурс деталей ЦПГ, в том числе и самих цилиндров;
- работоспособность колец и цилиндров (отсутствие задиров) при длительных высоких нагрузках;
- низкий коэффициент трения колец при движении в цилиндре;
- малое время приработки.

Первые два показателя напрямую связаны с геометрией цилиндра (овальностью и конусностью). Геометрия цилиндра зависит также и от сборки двигателя. При затяжке болтов головки блока и особенно при их перетяжке цилиндры деформируются (деформация может достигать 0,02...0,03 мм).

Во избежание погрешностей окончательную обработку цилиндров рекомендуют выполнять с крышками коренных подшипников, затянутых с рабочим моментом. Это особенно важно для V-образных двигателей, в которых из-за близкого расположения цилиндров и резьбовых отверстий болтов коренных крышек деформация может быть значительной.

Таким образом, первой целью хонингования является исправление погрешностей при расточке, т. е. обеспечение правильной геометрии цилиндра. После доводки овальность и конусность цилиндра не должны превышать для двигателей легковых автомобилей 0,01 мм, а для двигателей грузовых автомобилей и тракторов 0,02 мм.

После хонингования рабочая поверхность должна иметь определенный профиль и шероховатость. Шероховатость обеспечивает хорошее удерживание смазки на поверхности цилиндра, что улучшает условия смазывания трущихся деталей. Все это достигается с помощью плосковершинного хонингования.

Хонингование должно выполняться обязательно в два приема: предварительное (черновое) и окончательное (чистовое).

Черновое хонингование выполняется крупнозернистыми брусками (зернистость 100...120 мкм). В результате исправляются погрешности геометрической формы и создается основная шероховатость поверхно-

сти, при которой глубина впадин сравнительно велика и достигает 20...30 мкм.

Чистовое хонингование обеспечивает нужную шероховатость и выполняется брусками зернистостью 16...40 мкм. В результате производится срезание, заглаживание выступов и образование опорных поверхностей. Величина съема металла при выполнении заключительной операции составляет 3...5 мкм, а профиль поверхности получает вид (рис. 8), близкий к профилю уже работавшей поверхности. Шероховатость внутренней поверхности цилиндров после обработки Ra должна быть не более 0,20...0,16 мкм. Не допускается наличие на рабочей поверхности рисок и забоин.

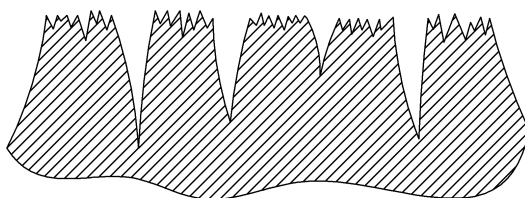


Рис. 8. Профиль поверхности цилиндра при плосковершинном хонинговании

Очень важным параметром поверхности цилиндра является угол хонингования α (альфа) – угол между рисками, образованными при движении головки вверх и вниз (рис. 9).

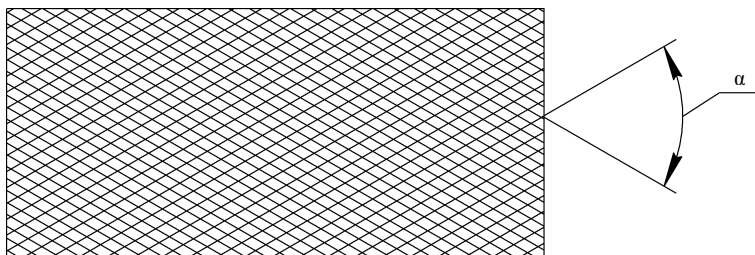


Рис. 9. Участок поверхности цилиндра после хонингования

При малом угле не удастся добиться необходимого профиля поверхности, что ведет к «сухому» трению и задиру колец и цилиндров. При большом значении угла происходит возрастание расхода масла. Оптимальное значение угла хонингования составляет 60...75° и бес-

печивается правильным соотношением окружной скорости и скорости возвратно-поступательного движения хонинговальной головки.

Соотношение скоростей определяется выражением

$$\operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} = \frac{v_{\text{окр}}}{v_{\text{в.п}}}, \quad (4)$$

где $v_{\text{окр}}$ – окружная скорость хонинговальной головки, м/мин;

$v_{\text{в.п}}$ – скорость возвратно-поступательного движения хонинговальной головки, м/мин.

Для обеспечения оптимального угла хонингования соотношение скоростей должно находиться в пределах 1,28...1,73.

Таким образом, второй целью хонингования является создание шероховатости с определенными параметрами (величина шероховатости, профиль поверхности, угол раскрытия впадин, угол хонингования).

При хонинговании возможно проникновение абразивных частиц в поверхностный слой цилиндра. Это существенно снижает ресурс работы узла после ремонта. Для исключения этого явления необходимо хонинговать цилиндр с непрерывной и обильной подачей в рабочую зону смазывающе-охлаждающей жидкости (СОЖ). В качестве жидкости может применяться керосин или смесь керосина (90 %) с веретенным маслом (10 %).

Для хонингования применяют абразивные бруски, характеристика которых приведена в табл. 3.

Таблица 3. Характеристики абразивных брусков для хонингования

Параметр	Вид хонингования	
	Предварительное	Окончательное
Профиль бруска	Квадратный (БКв), плоский (БП)	
Абразивный материал	Карбид кремния черный, электрокорунд белый	
Зернистость	M20...M25	M6...M7
Твердость связки бруска	СТ1	СМ1...С2
Связка	Керамическая, бакелитовая	

Алмазные бруски более долговечны и обеспечивают лучшее качество обрабатываемой поверхности. Однако применение алмазных брусков приводит к проникновению абразивных частиц в поверхностный слой обрабатываемой детали.

Для черновой обработки применяются бруски на металлической связке АСВ 125/100-4-МС2-4 или АСВ 100/80-4-МС2, а для чистовой –

АСМ 28/20-4-МСВ или АСМ 20/14-4-М1. Для окончательного хонингования рекомендуются алмазные бруски на эластичной основе.

Учитывая, что алмазные бруски на эластичной основе снимают ограниченный припуск до 4...6 мкм на диаметр, необходимо обеспечить после предварительного хонингования шероховатость поверхности по внутреннему диаметру гильзы в пределах $Ra = 0,25 \dots 0,6$ мкм и точность геометрической формы 0,01...0,02 мм.

Хонингование алмазными брусками осуществляется в два-три приема. Общий припуск на хонингование составляет 0,05...0,08 мм на сторону. При предварительном хонинговании удаляется припуск 0,03...0,04 мм на сторону.

Для хонингования гильз и цилиндров блока применяется вертикально-хонинговальный станок ЗГ833. Техническая характеристика станка ЗГ833 приведена в табл. 4.

Таблица 4. Техническая характеристика хонинговального станка ЗГ833

Параметр	Значение
Диаметр хонингуемого отверстия, мм	30...125 (допускается 165)
Длина хонингования, мм	150...450
Наибольшее вертикальное перемещение шпинделя, мм	500
Расстояние от хоны до стола, мм	50...550
Вылет шпинделя, мм	300
Частота вращения шпинделя, мин ⁻¹	155; 280; 400
Скорость возвратно-поступательного движения, м/мин	8; 11,5; 18
Размеры поверхности стола, мм	1000×500
Габаритные размеры, мм	1205×1180×2670
Масса, кг	1200

Общий вид вертикально-хонинговального станка ЗГ833 показан на рис. 10.

Основание 1 и колонна 3 образуют раму станка. Верхняя плоскость основания обработана и используется как стол. В пустотелой колонне расположены рабочие узлы, системы и органы управления.

Вращение шпинделя и возвратно-поступательное движение хонинговальной головки обеспечиваются отдельными кинематическими цепями, в каждой из которых имеется свой электродвигатель.

Привод шпинделя. От электродвигателя вращение через трехступенчатую клиноременную передачу передается на редуктор б и далее на шпиндель станка.

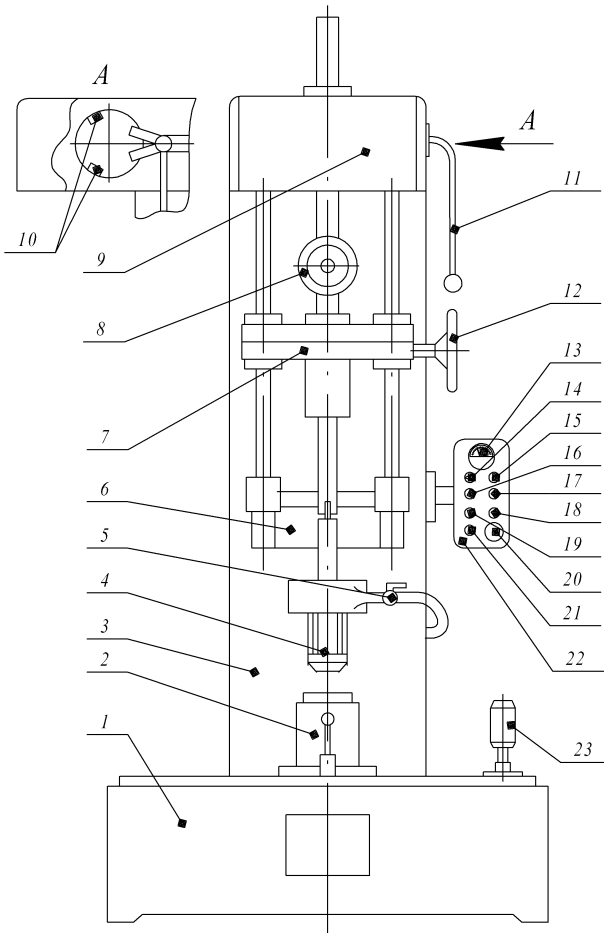


Рис. 10. Общий вид вертикально-хонинговального станка 3Г833:

- 1 – основание; 2 – кондуктор с гильзой цилиндра; 3 – колонна; 4 – хона;
- 5 – кран включения подачи СОЖ; 6 – редуктор привода шпинделя станка;
- 7 – ползун; 8 – маховичок механизма разжима хоны; 9 – верхняя плита с коробкой переключения передач; 10 – кулачки регулировки хода ползуна;
- 11 – рукоятка реверса; 12 – маховичок ручного ввода хоны; 13 – указатель нагрузки; 14 – переключатель режимов «Ввод хоны», «Ручной»;
- 15 – сигнальная лампа; 16 – кнопка «Толчковый»; 17 – кнопка «Подача пуск»;
- 18 – кнопка «Шпиндель стоп»; 19 – кнопка «Шпиндель пуск»; 20 – кнопка «Общий стоп»; 21 – кнопка «Конец цикла»; 22 – пульт управления;
- 23 – электродвигатель привода насоса подачи СОЖ

Путем переброски клинового ремня на соответствующие шкивы можно получить следующие значения частоты вращения шпинделя: 155, 280 и 400 мин⁻¹. Клиноремennая передача привода шпинделя расположена в колонне станка с правой стороны и закрыта лючком.

Привод возвратно-поступательного движения хонинговальной головки. От электродвигателя через трехступенчатую клиноремennую передачу вращение передается на коробку переключения передач 9, которая преобразует вращательное движение в возвратно-поступательное движение ползуна 7. Клиноремennая передача позволяет получить три значения скорости возвратно-поступательного движения: 8, 11,5 и 18 м/мин. Ременная передача расположена в левой части колонны и закрыта лючком.

Ползун 7, в свою очередь, служит для передачи вращательного и поступательного движения рабочему инструменту – хонинговальной головке 4. На ползуне смонтирован механизм ручного разжима хоны. Вращением маховичка 8 изменяется усилие прижатия хонинговальных брусков к рабочей поверхности цилиндра. Усилие прижатия контролируется по показаниям прибора 13.

Для хонингования цилиндров различного диаметра в комплект станка входят сменные хонинговальные головки разных типоразмеров. Это могут быть хонинговальные головки, обеспечивающие широкий диапазон регулирования (головки для обработки отверстий диаметром 85...105 мм, 110...130 мм и более 130 мм), или хонинговальные головки с небольшими пределами регулирования (2...3 мм для головок малого диаметра и 3...5 мм для головок большого диаметра).

При закреплении на столе станка обрабатываемой детали не требуется строгого ее центрирования по отношению к оси шпинделя, поскольку хонинговальная головка соединяется со шпинделем шарнирно и допускает некоторую несоосность. Для нормальной работы достаточно обеспечить визуальную соосность детали, после чего она стопорится специальными быстродействующими зажимами к столу.

Хонинговальная головка (рис. 11) состоит из корпуса 1 с пазами, в которых расположены башмаки 2 с абразивными брусками 3. В корпусе установлено, как правило, 4–8 башмаков в зависимости от диаметра обрабатываемого отверстия. Посредством штифта 4 хонинговальная головка соединяется со станком. Усилие разжима от станка (от маховичка 8, см. рис. 10) через стержень 5 передается на валики 6, которые, перемещаясь по клиновым пазам башмаков в осевом направлении, разжимает башмаки 2 с брусками 3. В исходное положение башмаки возвращаются посредством пружин 7.

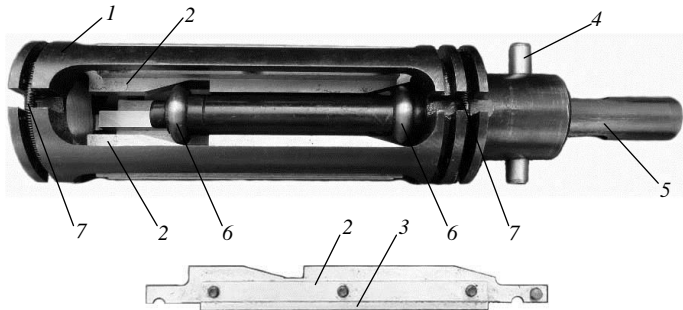


Рис. 11. Хонинговальная головка: 1 – корпус; 2 – башмак; 3 – брусок хонинговальный; 4 – штифт; 5 – стержень; 6 – валик; 7 – пружина

Перед началом работы комплект башмаков с брусками должен быть притерт в технологическом цилиндре, диаметр которого на 0,5...1 мм меньше диаметра обрабатываемого отверстия. Притирка считается завершенной, если площадь контакта брусков с обрабатываемой поверхностью составляет 60...80 %.

В процессе хонингования могут возникать дефекты:

- бочкообразность (увеличение диаметра цилиндра в средней части по отношению к верху и низу);
- корсетность (диаметр цилиндра в верхней и нижней частях больше, чем в средней);
- конусность (диаметр цилиндра в верхней и нижней частях не одинаков).

Возникновение таких дефектов обуславливается неправильной установкой выхода из цилиндра вверх и вниз хонинговальной головки (рис. 12). При малых значениях выхода головки из цилиндра образуется бочкообразность, при больших – корсетность. Если величина выхода хонинговальной головки в одну сторону больше, чем в другую, образуется конусность.

Для обеспечения правильной цилиндрической формы необходимо установить одинаковую величину выхода хонинговальных брусков вверх и вниз, составляющую $1/4...1/3$ их длины. Регулируется величина выхода расположением кулачков 2 механизма реверсирования (рис. 13).

Настройка хода хоны осуществляется следующим образом. Маховиком ручного ввода необходимо ввести хонинговальную головку в цилиндр на глубину, равную $2/3$ длины бруска, и выставить на лимбе

кулачок 2, ограничивающий движение ползуна вверх. Затем найти крайнее нижнее положение хода хоны, чтобы она выходила на 1/3 длины бруска из цилиндра, и выставить кулачок, ограничивающий движение ползуна вниз.

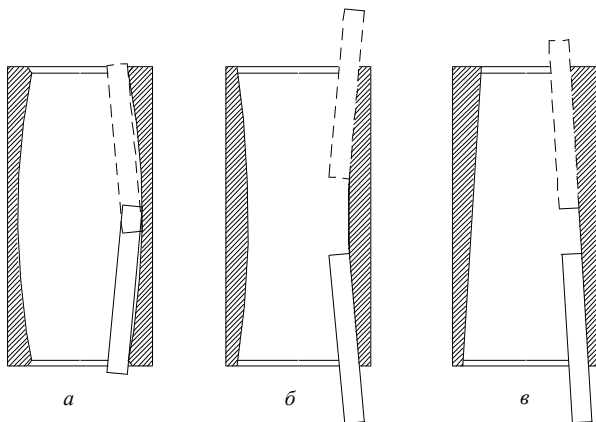


Рис. 12. Дефекты, возникающие при неправильной установке хоны:
а – бочкообразность; *б* – корсетобразность; *в* – конусность

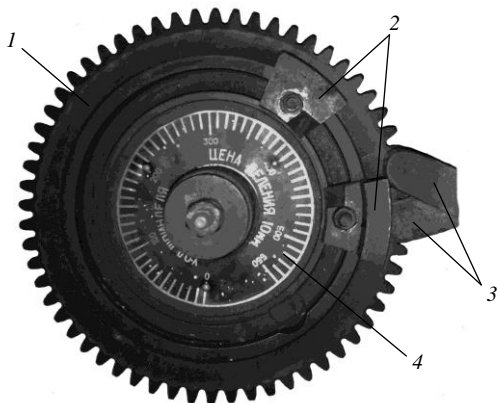


Рис. 13. Механизм реверсирования ползуна:
1 – шестерня; *2* – кулачки; *3* – упоры; *4* – лимб

На качество хонингования будет также оказывать влияние выбранный режим, который обуславливается соотношением окружной скорости вращения хоны и скорости ее осевого перемещения. Выбор значений этих параметров осуществляется с учетом требуемой чистоты обработки, применяемого инструмента и материала детали.

При выборе значений скорости хонинговальной головки можно руководствоваться данными, приведенными в табл. 5.

Таблица 5. Рекомендуемые значения скорости движения хонинговальной головки

Обрабатываемый материал	Скорость, м/мин	
	окружная	возвратно-поступательного движения
Абразивные бруски:		
сталь закаленная	20...35	10...25
чугун	60...75	35...60
Алмазные бруски:		
сталь закаленная	20...60	10...50
чугун	60...70	35...55

Окружная скорость пересчитывается в частоту вращения по формуле

$$n = \frac{1000v_{\text{окр}}}{\pi D_{\text{р.р}}}, \quad (5)$$

где n – частота вращения шпинделя, мин⁻¹;

$v_{\text{окр}}$ – окружная скорость, м/мин;

$D_{\text{р.р}}$ – ремонтный размер цилиндра, мм.

Рассчитанное значение частоты вращения согласуется со значениями частоты вращения, имеющимися на станке.

При засаливании брусков окружную скорость необходимо уменьшить, а скорость осевого перемещения хоны увеличить. Уменьшение окружной скорости приводит к некоторому улучшению чистоты обработки.

Удельное давление брусков на стенки цилиндра при черновом хонинговании устанавливается в пределах 0,8...1,2 МПа, а при чистовом – 0,2...0,35 МПа. Обрабатываемая деталь изначально имеет увеличенную конусность, что может привести к неравномерному износу брусков по длине. Для уменьшения неравномерности износа на начальной стадии чернового хонингования удельное давление рекомендуется снизить до 0,05...0,2 МПа.

4. ОСОБЕННОСТИ РЕМОНТА АЛЮМИНИЕВЫХ БЛОКОВ ЦИЛИНДРОВ

Восстановлению подлежат блоки цилиндров, полностью изготовленные из алюминиево-кремниевого сплава (ALUSIL) с большим содержанием кремния (например, AlSi17Cu4Mg) или изготовленные из сплава с меньшим содержанием кремния (например, AlSi9Cu3) и локально обогащенные кремнием (LOKASIL).

Алюминиевые гильзы, имеющие покрытие из нитрида титана, никеля, железа или упрочненные посредством лазерного легирования, восстановлению путем расточки под ремонтный размер не подлежат.

Отличить цилиндры, имеющие алюминиево-кремниевые рабочие поверхности (ALUSIL, LOKASIL, Siltech) от цилиндров с покрытыми рабочими поверхностями (никель, хром) можно с помощью отвертки или похожего предмета. На непокрытых алюминиево-кремниевых рабочих поверхностях цилиндров острие отвертки легко проникает в рабочую поверхность и оставляет царапину (рекомендуется производить пробу в той зоне рабочей поверхности цилиндра, где не проходят поршневые кольца). У цилиндров с никелевым или хромовым покрытием острие не сможет проникнуть вглубь и оставит только легкие следы на рабочей поверхности или вообще не оставит следов.

Обработка алюминиевых блоков цилиндров отличается от обработки блоков цилиндров из серого чугуна. На рис. 14 представлены технологические операции обработки алюминиевых блоков цилиндров.

Особенности расточки цилиндров. Чтобы уменьшить степень разрушения кристаллов кремния в стенке цилиндров, их расточку следует производить алмазными резцами.

Резцы с твердосплавными пластинами при расточке цилиндров из алюминиево-кремниевого сплава применять нельзя, так как они при резании кристаллов кремния очень быстро изнашиваются, в результате чего значительно возрастает степень разрушения кристаллов кремния.

Из-за более высокого давления резания повреждаются кристаллы, лежащие не только на наружной поверхности (рис. 14, а), но и в глубине металла. Эти кристаллы кремния в дальнейшем выламываются при хонинговании цилиндров или в процессе эксплуатации, что приводит к абразивному износу поршня и рабочей поверхности цилиндра.

При расточке алюминиевых блоков следует избегать их чрезмерного нагрева для исключения термических деформаций. Соседние отверстия цилиндров следует растачивать только тогда, когда блок цилиндров остынет. Можно также растачивать цилиндры через один. Кроме

того, при растачивании рекомендуется применение смазочно-охлаждающей жидкости.

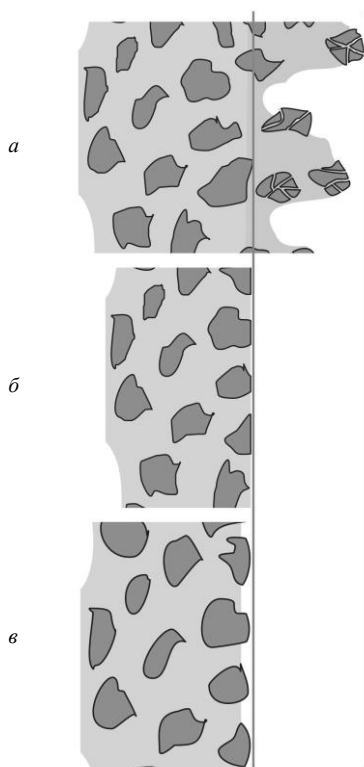


Рис. 14. Порядок обработки
алюминиевых блоков цилиндров:
a – расточка; *б* – хонингование;
в – раскрытие кремниевых зерен

При обработке рабочих поверхностей цилиндров из алюминий-кремниевых сплавов под следующий ремонтный размер с шагом до 0,25 мм операцию расточки можно исключить, так как такой слой металла можно снять с помощью алмазных хонинговальных брусков.

Особенности хонингования. В отличие от хонингования цилиндров из серого чугуна, шероховатость внутренней поверхности у цилиндров с алюминий-кремниевой рабочей поверхностью не зависит от величины зерна применяемых абразивных брусков и достижимой глубины рисок. Для алюминиевых цилиндров шероховатость поверхности определяется главным образом размером зерна кристаллов кремния и глубины их раскрытия (рис. 15).

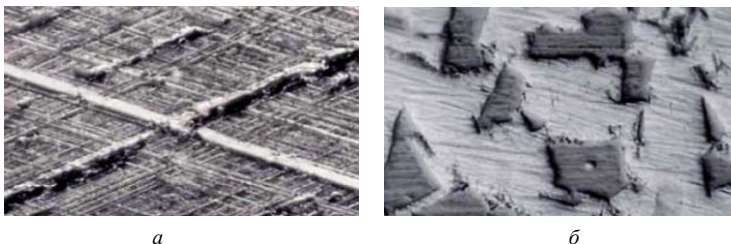


Рис. 15. Внешний вид рабочей поверхности чугунных (а) и алюминиевых (б) цилиндров

Кристаллы кремния образуют возвышения, по которым скользят поршни и поршневые кольца. Форма кристаллов кремния в состоянии между ними определяют ширину и форму углублений профиля, а глубина раскрытия обеспечивает глубину углублений профиля.

Отличительной особенностью хонингования алюминиевых рабочих поверхностей является то, что оно производится при более высокой частоте вращения шпинделя и более медленном перемещении хона по длине цилиндра. В результате получаются более пологие углы (15...20°).

Кроме того, прилагаемое к хонинговальным брускам давление намного ниже, чем при хонинговании цилиндров из серого чугуна, так как стенка цилиндра под высоким давлением может деформироваться и нарушится геометрия отверстия. По этой причине ширина хонинговальных брусков, предлагаемых для обработки алюминиевых блоков, в два раза меньше чем у брусков для хонингования чугунных цилиндров. При этом усилие нажатия, с которым бруски прижимаются к рабочей поверхности цилиндра, может быть уменьшено вдвое.

По причине особых требований, предъявляемых к хонингованию алюминиевых рабочих поверхностей цилиндров, следует применять только алмазные хонинговальные абразивные бруски с пластмассовой связкой. Твердость алмазов обеспечивает резание интегрированных в алюминий кремниевых зерен, а пластмассовая связка – самозатачиваемость алмазных брусков.

При хонинговании алюминиевых цилиндров необходимо следить за тем, чтобы кристаллы кремния чисто резались и не вырывались из внутренней поверхности.

Отверстия цилиндров во время хонингования нагреваются. Поэтому из-за теплового расширения блока цилиндров замер диаметров цилиндров должен производиться только после их охлаждения до температуры воздуха в помещении.

Раскрытие кремниевых зерен. При раскрытии кристаллов кремния основным параметром является глубина раскрытия. Раскрытие осуществляется тремя способами: травлением, с применением притирочной пасты и механическое раскрытие с помощью пористых брусков.

При раскрытии травлением алюминий вытравляется 10...20%-ным едким натром при температуре 60°C. Длительность процесса травления определяет глубину раскрытия. При раскрытии травлением возникающие при хонинговании острые края кристаллов кремния остаются острыми, что при приработке ведет к несколько большему износу поршневых колец (рис. 16, а).

При раскрытии с применением притирочной пасты окружающий кремниевые зерна слой алюминия удаляется абразивной пастой с частицами кремния. Притирка осуществляется с помощью войлочных брусков, которые устанавливаются в стандартные хонинговальные головки. Для достижения определенной глубины раскрытия абразивные зерна притирочной пасты должны быть меньше промежутков между кристаллами кремния.

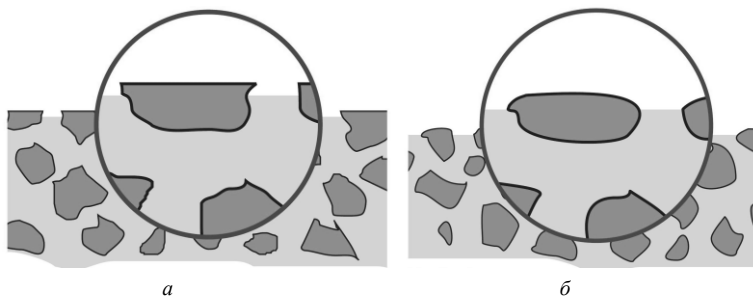


Рис. 16. Результаты раскрытия кремниевых зерен травлением (а) и механической обработкой (б)

Однако раскрытие с применением притирочной пасты требует последующей очистки блока цилиндров, так как остатки притирочной пасты в дальнейшем могут привести к износу двигателя. Поэтому для обеспечения очистки блока цилиндров от всех абразивных частиц рекомендуется цилиндры после операции мойки дополнительно протереть пропитанной бензином тканью из микроволокна.

При механическом раскрытии алюминий удаляется с помощью высокопористых брусков. Пористый металл со связкой из искусственной смолы содержит абразивные зерна из корунда. Благодаря пористой

структуре и эластичности связки бруски мягкие и гибкие. Они прогибаются под выступающими из стенки цилиндра кристаллами кремния, в то время как алюминий между кристаллами снимается. При механическом раскрытии острые края кристаллов кремния дополнительно округляются (см. рис. 16, б), что способствует уменьшению износа поршневых колец.

Качество обработки алюминиево-кремниевой поверхности оценивается по достигнутой глубине раскрытия кристаллов кремния и по степени разрушения кристаллов.

Глубина раскрытия измеряется приборами для измерения шероховатости. Рекомендуемая глубина раскрытия составляет 0,4...0,7 мкм, минимальная допустимая глубина раскрытия – 0,3 мкм.

Степень разрушения кристаллов кремния устанавливается с помощью микроскопа для наблюдения в отраженном свете с увеличением от 100 до 150 крат. Разрушение кристаллов должно быть минимальным (до 30 %). Степень разрушения кремниевых зерен более 30 % указывает на ошибки при растачивании или хонинговании.

5. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

5.1. Расточка цилиндра

1. Произвести визуальный осмотр цилиндра (гильзы) на наличие трещин, продольных царапин, сколов и выполнить замеры цилиндра. Определить диаметр неизношенной части цилиндра, величину максимального диаметра в зоне остановки верхнего поршневого кольца в ВМТ. Результаты замеров занести в отчет (табл. 6).

2. На основании полученных данных выбрать ремонтный размер, под который будет растачиваться цилиндр.

3. Измерив длину цилиндра, установить ограничительные кулачки автоматического выключения перемещения шпиндельной бабки 8 (см. рис. 3) – нижний кулачок устанавливается таким образом, чтобы привод шпиндельной бабки отключался при выходе его из растачиваемой детали на 3...5 мм.

4. Рассчитать величину вылета шариковой оправки и резца.

5. Вставить в резцовую головку шариковую оправку и установить величину ее вылета.

6. Произвести центрирование цилиндра блока (или гильзы цилиндра вместе с кондуктором) по отношению к оси шпинделя.

7. Проверить и скорректировать центрирование цилиндра с помощью индикаторного приспособления. Зафиксировать блок на столе станка. После выполнения центрирования шариковую оправку и индикаторное приспособление снять.

8. Установить величину вылета резца с помощью наездника.

9. Пользуясь соответствующими рекомендациями, выбрать и установить значение частоты вращения шпинделя и подачи.

10. Подвести шпиндель к цилиндру (гильзе).

11. Включить вращение и подачу шпинделя. Для этого рукоятку 2 перевести в положение «Работа» и нажать кнопку 17.

12. По окончании расточки нажать кнопку 15 «Стоп». После останова шпинделя рукоятку 2 перевести, в положение «Ускоренное перемещение» и нажать кнопку 16 ускоренного перемещения шпиндельной бабки вверх. Шпиндельная бабка поднимется вверх до момента срабатывания верхнего концевого выключателя.

13. Снять обрабатываемую деталь со стола станка.

14. Выключить станок.

5.2. Хонингование цилиндра

1. Установить на станок хонинговальную головку соответствующего диаметра с брусками соответствующей зернистости. Диаметр головки следует выбрать несколько меньше, чем диаметр обрабатываемого цилиндра.

2. Установить деталь на стол станка, ввести в цилиндр хонинговальную голову, сцентрировать деталь по отношению к оси шпинделя и закрепить ее быстродействующими зажимами (при хонинговании гильз на стол станка устанавливается специальная плита, в которой крепится сама гильза). Для ввода хонинговальной головки в цилиндр переключатель режимов 14 (см. рис. 10) установить в положение «Ручной», а рукоятку реверса 11 – в положение для движения шпинделя вниз. Толчковыми нажатиями на кнопку 16 «Толчковый» подвести к цилиндру хонинговальную головку. Окончательный ввод хоны выполнить вручную, вращая маховичок 12.

3. Установить длину хода ползуна. Переключатель режимов перевести в положение «Ручной». Вращением маховичка 12 хонинговальную головку переместить поочередно в крайние положения (выход хонинговальных брусков в обе стороны цилиндра должен составлять 1/3 длины бруска) и установить кулачковые упоры 2 на лимбе реверса

коробки подач (см. рис. 13). Правильность настройки кулачковых упоров проверить несколькими ходами головки вверх и вниз.

4. Выбрать режим хонингования (скорость вращения и скорость возвратно-поступательного движения хонинговальной головки) в соответствии с рекомендациями и настроить его. Предварительно переключить окружную скорость в частоту вращения по формуле 5.

5. Маховичком 8 (см. рис. 10) предварительно разжать бруски головки (до легкого касания).

6. Переключатель режимов установить в положение «Ввод хоны». Нажать последовательно кнопки 19 «Шпиндель пуск» и 17 «Подача пуск», открыть кран подачи СОЖ и окончательно разжать бруски хонинговальной головки. Контролировать удельное давление брусков по указателю нагрузки 13.

7. Периодически контролировать диаметр цилиндра, для чего остановить станок и вывести хонинговальную головку из цилиндра. Для этого нажать кнопку 18 «Шпиндель стоп» и вслед за этим кнопку 21 «Конец цикла». При этом шпиндель прекращает вращаться, а ползун перемещается в крайнее верхнее положение. Ввод хоны обратно в цилиндр осуществляется в порядке, описанном в пункте 6. Цилиндр промеряется нутромером в двух взаимно перпендикулярных плоскостях, в трех поясах. Определяются основные оценочные показатели. Хонингование цилиндра считается законченным тогда, когда будет полностью снят припуск.

8. Снять деталь и выключить станок.

6. ФОРМА ОТЧЕТА

1. Произвести замеры диаметров восстанавливаемого цилиндра (гильзы), результаты занести в табл. 6.

Таблица 6. Результаты замеров диаметров цилиндров (гильз цилиндров), мм

Двигатель, номер цилиндра	Пояса замеров	Плоскости замеров			
		<i>A-A</i>	<i>B-B</i>	<i>A₁-A₁</i>	<i>B₁-B₁</i>
Для цилиндра (гильзы цилиндра)	<i>I</i>				
	<i>II</i>				
Назначенный ремонтный размер цилиндра					

2. Привести расчеты величины вылета шариковой оправки для центрирования цилиндра (гильзы) и резца для расточки цилиндра (гильзы) на ремонтный размер.

3. Составить технологическую карту на расточку или хонингование цилиндра или гильзы по заданию преподавателя (табл. 7).

Таблица 7. Технологическая карта на расточку (хонингование) цилиндра

Операции, переходы	Оборудование, приспособления, инструменты	Режим обработки
1.		
2.		
3.		
И т.д.		

Заключение:

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. По каким показателям оценивается годность гильз и цилиндров блока к расточке?

2. Каким образом определяется ремонтный размер цилиндра?

3. Основные узлы вертикально-расточного станка марки 278Н и их назначение.

4. Каким образом совмещают ось гильзы (цилиндра блока) с осью шпинделя расточного станка?

5. Как рассчитать и установить величину вылета резца?

6. Марки резцов и режимы расточки цилиндров.

7. Назначение процесса хонингования цилиндров.

8. Почему хонингование выполняется в два приема? Назначение черного и чистового хонингования.

9. Какими параметрами характеризуется рабочая поверхность цилиндра после хонингования? Каково их влияние на долговечность двигателя?

10. Дефекты, возникающие при хонинговании.

11. Основные узлы хонинговального станка марки 3Г833 и их назначение.

12. В зависимости от чего и как выбирается режим хонингования?

13. Абразивный инструмент, применяемый при хонинговании цилиндров.

14. Особенности расточки и хонингования алюминиевых цилиндров.

15. Назначение раскрытия кремниевых зерен в алюминиевых цилиндрах, способы раскрытия.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Черноиванов, В. И. Восстановление деталей сельскохозяйственных машин / В. И. Черноиванов, В. И. Андреев. – М. : Колос, 1983. – 291 с.
2. Технология ремонта машин : учебник / Е. А. Пучин [и др.]. – М. : КолосС, 2011. – 488 с.
3. Ремонт машин / под ред. Н. Ф. Тельнова. – М : Агропромиздат, 1992. – 560 с.
4. Хрулев, А. Э. Ремонт двигателей зарубежных автомобилей / А. Э. Хрулев. – М.: Изд-во «За рулем», 1998. – 445 с.
5. Хитрюк, В. А. Справочник по ремонту автотракторных двигателей / В. А. Хитрюк, Л. Ф. Баранов. – Минск : Ураджай, 1992. – 240 с.
6. Расточка и доводка цилиндров автотракторных двигателей при ремонте : методические указания / И. Л. Алексеенко, А. А. Татуев. – Горки : БГСХА, 2004. – 28 с.
7. Ремонт алюминиевых блоков цилиндров. – Neckarsulm : MSI Motor Service International GmbH, 2006. – 100 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Номинальные и ремонтные размеры гильз цилиндров двигателей

Модель двигателя	Размер			
	Номинальный (размерная группа)	1-й ремонт- ный	2-й ремонт- ный	3-й ремонт- ный
Д-243; Д-245; Д-260	110,0 ^{+0,02} (М)	110,7 ^{+0,02} (М)		
	110,0 ^{+0,04} _{+0,02} (С)	110,7 ^{+0,04} _{+0,02} (С)	-	-
	110,0 ^{+0,06} _{+0,04} (Б)	110,7 ^{+0,06} _{+0,04} (Б)		
ЯМЗ-236; ЯМЗ-238; ЯМЗ-240	130,0 ^{+0,02} (А)			
	130,0 ^{+0,04} _{+0,02} (Б)	130,25 ^{+0,04}	130,50 ^{+0,04}	-
	130,0 ^{+0,06} _{+0,04} (Ж)			
Cummins объемом 3,9 и 5,9 л	102,0 ^{+0,04}	102,0 ^{+0,540} _{-0,500}	103,0 ^{+0,04}	104,0 ^{+0,515} _{+0,500} (под установку ремонтной гильзы)
Cummins объемом 4,5 и 6,7 л	107,0 ^{+0,04}	107,0 ^{+0,510} _{-0,490}	-	-
ЗиЛ-508.10	100,0 ^{+0,06}	100,5	101,0	101,5
ЗМЗ-5233	92,0 ^{+0,06}	92,5	93,0	93,5
ЗМЗ-406	92,0 ^{+0,06}	92,5	93,0	-
ВАЗ-2103, -07	76,0 ^{+0,05}	76,2	76,4	76,6
ВАЗ-2106, -21	79,0 ^{+0,05}	79,4	79,7	80,0
ВАЗ-2108, -09, -10	82,0 ^{+0,05}	82,4	82,8	-
ВАЗ-1111	76,0 ^{+0,05}	76,4	76,8	-
УЗАМ-3317, -3313	85,0 ^{+0,05}	85,5	86,0	-
УЗАМ-331	82,0 ^{+0,05}	82,5	83,0	-
Audi WH, WC	79,5 ^{+0,01}	79,7	80,0	80,5
Audi KP, KU, RT	81,0 ^{+0,01}	81,25	81,50	82,0
Chrysler, AMC 242	98,4 ^{+0,076} _{+0,025}	98,7	-	-

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
1. Обоснование ремонтного размера цилиндра.....	4
2. Расточка цилиндров.....	6
3. Хонингование цилиндров.....	15
4. Особенности ремонта алюминиевых блоков цилиндров.....	24
5. Порядок выполнения работы.....	28
5.1. Расточка цилиндра.....	28
5.2. Хонингование цилиндра.....	29
6. Форма отчета.....	30
Контрольные вопросы.....	31
Библиографический список.....	32
Приложение.....	33