

Тойгамбаев С.К. Разработка приспособления для растачивания и хонингования
гильз цилиндров

Development of a boring device and honing cylinder liners

Тойгамбаев С.К.

к.т.н., профессор кафедры технической эксплуатации технологических машин и оборудования
природообустройства. Российский государственный аграрный университет МСХА им. К.А. Тимирязева.

Toigonbaev S. K.

Ph. D., Professor of the Department of technical operation of technological machinery and equipment of environmental
engineering. Russian state agrarian University of the Ministry of agriculture. K. A. Timiryazev.

Аннотация. Отечественный и мировой опыт показывают, что ремонтное производство является экономически оправданным. Обеспечение предприятий агропромышленного комплекса запасными частями за счет восстановления изношенных деталей, позволяющее повторно использовать лимитирующие ресурс машин детали, является важной народнохозяйственной проблемой, поскольку при этом экономятся материальные, трудовые и топливно-энергетические ресурсы. Широкое применение различных способов восстановления и упрочнение изнашивающихся рабочих поверхностей деталей с целью восстановления улучшенных свойств представляет актуальную научно-техническую и экономическую задачу, решение которой позволит реализовать значительную часть остаточной стоимости и создать детали (с небольшими дополнительными затратами) с первоначальными техническими и технологическими свойствами. Гильзы цилиндров являются деталями, лимитирующими ресурс и долговечность двигателя, и в целом, определяющими его работоспособность. Основным выбраковочным параметром, вызываемым естественным износом, является величина внутреннего диаметра гильзы, измеренная в месте наибольшего износа. Наибольшие износы наблюдаются в зоне перемещения верхних компрессионных колец и достигают 0,3...0,5 мм. Целесообразность восстановления гильз цилиндров определяется тем, что они обладают трех - пяти - кратным запасом прочности, который не используется в процессе эксплуатации. Потери от не полного использования ресурсов этих деталей особенно ощутимы, т.к. до 80% затрат на изготовление новых гильз цилиндров падает на стоимость металла и химико-термической обработки, т.е. именно тех составляющих, которые можно сохранить при восстановлении гильз цилиндров. В статье представлена схема и расчеты по устройству приспособления для хонингования гильз цилиндров двигателей внутреннего сгорания. Данная установка позволяет облегчить процесс восстановления гильз цилиндров, увеличивает производительность работ

Ключевые слова: растачивание; термомеханический; хонингование; двигатель.

Abstract. Domestic and world experience show that repair production is economically justified. Providing enterprises of the agro-industrial complex with spare parts due to the restoration of worn parts, allowing the reuse of limiting machine life parts, is an important economic problem, as it saves material, labor and fuel and energy resources. The widespread use of various methods of restoration and strengthening of the wearing working surfaces of parts in order to restore improved properties is an urgent scientific, technical and economic problem, the solution of which will allow to realize a significant part of the residual value and create parts (with little additional cost) with the original technical and technological properties. Cylinder liners are parts that limit the life and durability of the engine, and in General, determine its performance. The main culling parameter, caused by natural wear, is the value of the inner diameter of the sleeve, measured at the point of greatest wear. The greatest wear is observed in the area of movement of the upper compression rings and reach 0.3...0.5 mm. the Feasibility of restoring the cylinder liners is determined by the fact that they have three to five times the margin of safety, which is not used during operation. Losses from not full use of resources of these details are especially appreciable since. up to 80% of the cost of manufacturing new cylinder liners falls on the cost of metal and chemical-heat treatment, ie, those components that can be saved in the restoration of cylinder liners. The article presents the scheme and calculations for the device of the device for honing cylinder liners of internal combustion engines. This installation makes it easier to restore the cylinder liners, increases productivity

Keywords: boring; thermomechanical; honing; engine.

Назначение и устройство приспособления для закрепления гильзы цилиндра двигателя. Приспособление для закрепления гильзы цилиндра двигателя КамАЗ 740 предназначено для того, чтобы облегчить и упростить процессы снятия и установки гильзы на стол станка при выполнении таких операций как

расточивание хонингование. Применение данного приспособления позволяет сократить время, затрачиваемое на установку и снятие гильзы цилиндра.

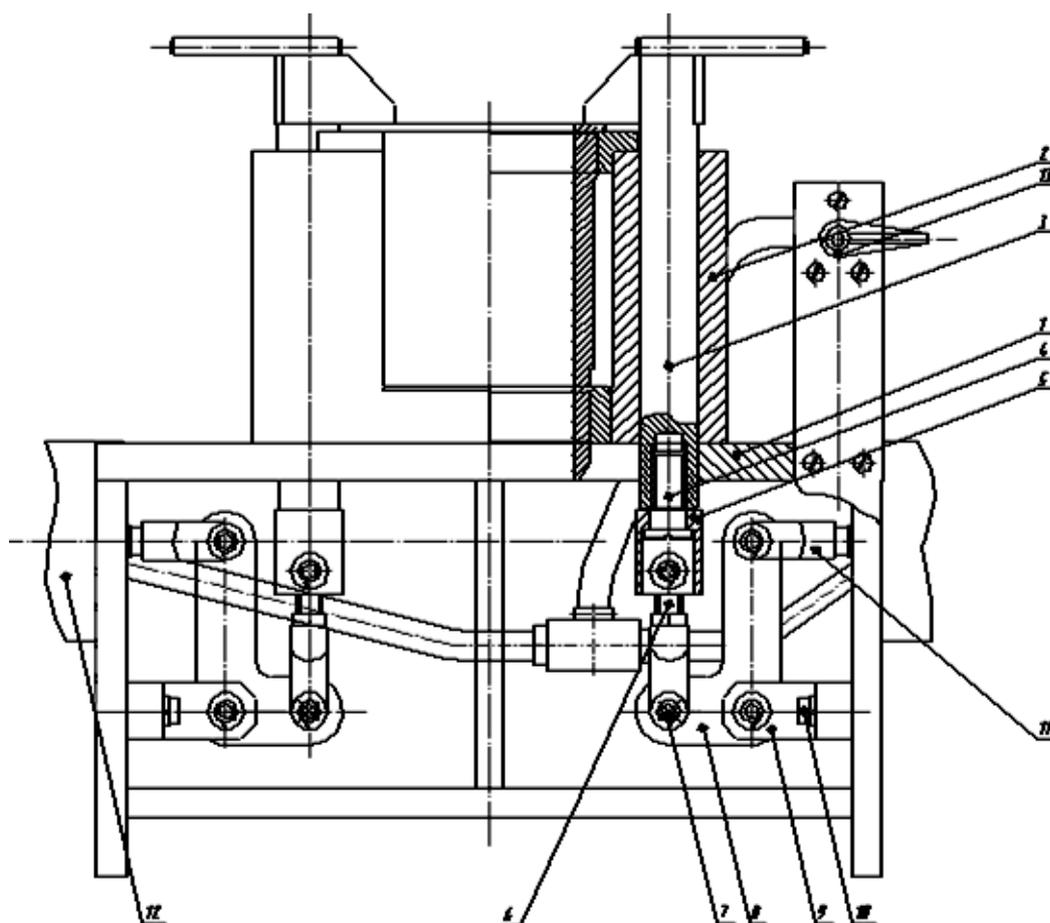


Рисунок 1. Приспособление для закрепления гильзы цилиндров

От рабочего не требуется приложение физической силы, так как приспособление имеет пневмопривод. Приспособление может использоваться для закрепления гильз цилиндров различных двигателей. Это достигается заменой центрирующих колец. Приспособление состоит из стола 1, (рис.1) на который крепится бобышка 2. в бобышке 2 располагаются два прихвата 3. Нижние части прихватов 3 по средствам витков 4, соединены со стаканами 5, что позволяет прихватам поворачиваться вокруг своей оси. Стаканы 5, при помощи винтов 6, пальцев 7 и вилок 11, сообщаются с рычагами 8, которые шарнирно закреплены на стойках 9, последние установлены на внутренних боковых поверхностях стола 1, при помощи бол-тов 10. С другой стороны к рычагам 8 прикреплены штоки пневмоцилиндров 12 которые присоединены к боковой поверхности стола с наружной стороны.

Работа приспособления. Сжатый воздух от компрессора поступает к крану управления 13, который включается и выключается приспособление. Далее сжатый воздух поступает к пневмоцилиндрам 12. Штоки пневмоцилиндров 12, перемещают рычаги 8, которые по средствам вилок 11, пальцев 7, винтов 6 и 4 и стаканов 5 передают усилие на прихваты 3. прихваты 3 в свою очередь зажимают гильзу в бобышке 2. Возврат в исходное положение осуществляется пружинами расположенными внутри пневмоцилиндров 12, после того как будет переключен кран управления 13.

Расчет усилия прихватов

Расчет проводим на основе условия: $M_{пр} \geq M_{кр}$ (1)

где $M_{пр}$ – момент препятствующий проворачиванию гильзы в приспособлении; Н·м; $M_{кр}$ – крутящий

момент резания стремящийся повернуть гильзу, Н·м;

$$\text{Крутящий момент определяется по формуле: } M_{кр} = P_z \times \frac{D}{2}, \quad (2)$$

где P_z – окружное усилие возникающее при обработки гильзы, Н, D – диаметр отверстия гильзы, м.

Так как приспособление предназначено для закрепления гильзы при выполнении операций растачивания и хонингования, а окружное усилие при растачивании больше, чем при хонинговании то расчет ведем по большему усилию.

P_z при растачивании равно 315Н. Диаметр отверстия гильзы равен 0,12 м

$$M_{кр} = 315 \times \frac{0,12}{2} = 18,9 \text{ Н·м}$$

Момент препятствующий проворачиванию гильзы определяют по формуле:

$$M_{пр} = M_{кр} \times k, \quad (3)$$

где k – коэффициент запаса равный (1,5...1,8)

$$M_{пр} = 18,9 \times 1,5 = 28,4 \text{ Н·м}$$

Усилие прихватов определяется из формулы:
$$F = \frac{M_{пр}}{z \cdot f \cdot (D_1 / 2)}, \quad (4)$$

где z – число прихватов ($z = 2$); f коэффициент трения «сталь – чугун» [$f = (0,2 \div 0,25)$]; D_1 – диаметр буртика гильзы, равный 0,146 м.

$$F = \frac{28,4}{2 \times 0,25 \times \left(\frac{0,146}{2}\right)} = 786 \text{ Н}$$

Расчет рычага на изгиб. Для обеспечения прочности рычага необходимо, чтобы наибольшее напряжение при изгибе в опасном сечении, где M_n имеет

наибольшее значение, не превосходит соответствующего допустимого значения. (см. рис. 2).

Напряжение изгиба определяется по

формуле:
$$\sigma_u = \frac{M_u}{W_x} \leq [\sigma_u], \quad (5)$$

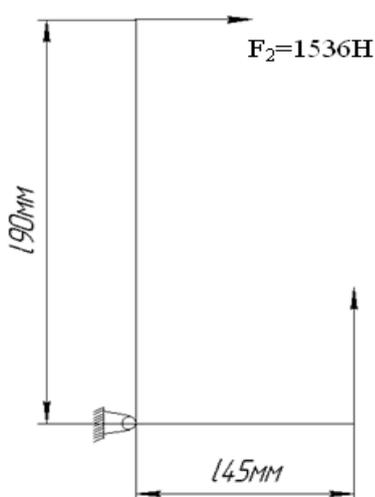
где M_u – изгибочный момент, Н·м; W_x – момент сопротивления, м³

Момент изгиба определяем по формуле:

$$M_u = F_1 \cdot l_1 \quad (6)$$

где F – действующая сила, Н.; l – длина рычага, мм

Рисунок 2. Силы действующие на рычаг.



Для нижнего рычага момент изгиба составит:

$$M_{u1} = 768 \times 45 = 34560 \text{ Н·мм}$$

Момент сопротивления для сечения прямоугольной формы определяется по формуле:

$$W_1 = \frac{B \cdot h^2}{6}, \quad (7)$$

где B – ширина рычага, мм; H – высота рычага, мм

$$W_1 = \frac{12 \cdot 35^2}{6} = 2450 \text{ мм}^3 \quad \text{тогда:} \quad \delta_u = \frac{34560}{2450} = 14,1 \text{ МПа} < [\delta_u] = 160 \text{ МПа}$$

Условие прочности выполняется.

Рассчитаем силу действующую на верхний рычаг.

Исходя из размеров рычага, определяем усилие на конце рычага (рис. 2):

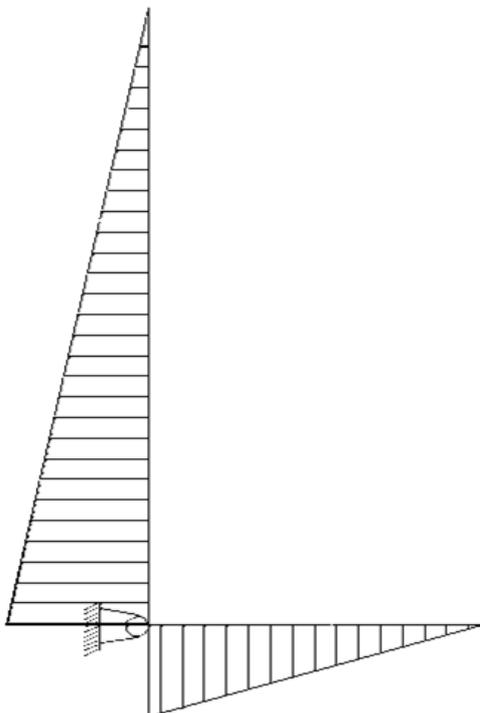
$$\frac{F_1}{l_1} = \frac{F_2}{l_2} \quad (8)$$

отсюда $F_2 = \frac{F_1 \cdot l_2}{l_1}$ $l_1 = 45 \text{ мм}$ $l_2 = 90 \text{ мм}$ $F_1 = 768 \text{ Н}$ $\text{тогда } F_2 = \frac{768 \cdot 90}{45} = 1536 \text{ Н}.$

Момент изгиба определяем по формуле: $M_{u2} = F_2 \cdot l_2$ (9)

где F_2 – действующая сила, Н; l_2 – длина рычага, мм,

$$M_{u2} = 1536 \cdot 90 = 138240 \text{ Н} \cdot \text{мм}$$



Эпюры изгибающих моментов показаны на рис. 3

Момент сопротивления составит:

$$W_2 = \frac{B \cdot h^2}{6} = \frac{12 \cdot 35^2}{6} = 2450 \text{ мм}^3$$

тогда:

$$\delta_{u2} = \frac{138240}{2450} = 56 \text{ МПа} < [\delta_u] = 160 \text{ МПа}$$

Условие прочности выполняется.

138,2кН · мм;

34,5кН · мм

Рисунок 3. Эпюры изгибающих моментов

Расчет резьбового соединения. Основной недостаток резьбовых соединений концентрация напряжения в резьбе, снижающая их прочность, особенно при циклических нагрузках. Причиной выхода из строя резьбовых соединений является, как правило разрушение стержня болта или резьбы.

Стандартные резьбовые соединения рассчитывают по наименее прочному элементу, т.к. в механизме прихватов использованы два резьбовых соединения $M18 \times 1,5$ и $M12 \times 1,25$, то расчет ведем по наиболее непрочному соединению.

Расчет резьбы на срез проводится по напряжениям среза.

Условие прочности на срез резьбы: $\tau_{ср\delta} = \frac{F_{\Sigma}}{\pi d H K_n K_m} \leq [\tau_{ср\delta}]$, (10)

где F_{Σ} – суммарное осевое усилие, воспринимаемое резьбой, Н;

d – наименьший диаметр резьбы, мм; H – высота гайки (длина закручиваемой части в вилку) мм; K_n – коэффициент полноты резьбы (для треугольных резьб $K_n = 0,87$); K_m – коэффициент неравномерности распределения нагрузки между витками ($K_m = (0,6 - 0,7)$); $[\tau_{ср}]$ – допустимое напряжение среза, зависящее от материала, МПа

$$[\tau_{ср}] = (0,15 - 0,2) \delta_T, \quad (11)$$

где δ_T – предел текучести материала.

Для резьбы $M12 \times 1,25$, $d = 0,82 \cdot 12 = 9,84$

$$H = 1,5 \cdot D = 1,5 \cdot 12 = 18 \text{ мм} \quad (12)$$

где D – наружный диаметр резьбы, мм

Тогда,
$$\tau_{ср\delta} = \frac{768}{3,14 \cdot 9,84 \cdot 18 \cdot 0,87 \cdot 0,65} = 2,4 \text{ МПа},$$

$$\tau_{ср\delta} = 0,175 \cdot \delta_T = 0,175 \cdot 360 = 63 \text{ МПа}. \quad (13)$$

где δ_T – для Стали 45 равно 360 МПа.

Рассчитаем стержень болта по напряжениям растяжения

Условие прочности на растяжение равно:
$$\delta_{раст} = \frac{F_{\Sigma} \cdot 4}{\pi d^2} \leq [\delta_{раст}], \quad (14)$$

где $[\delta_{раст}]$ – допустимое напряжение растяжения, МПа

$$[\delta_{раст}] = \frac{\delta_T}{S_T}, \quad (15)$$

где S_T – коэффициент запаса прочности, $S_T = [4 \dots 5]$

$$[\delta_{раст}] = \frac{360}{5} = 72 \text{ МПа}, \quad \text{тогда} \quad \delta = \frac{768 \cdot 4}{3,14 \cdot 9,84^2} = 10,1 \text{ МПа}$$

$$\delta_{раст} = 10,1 < 72 \text{ МПа}$$

Условие прочности выполняется.

Расчет пальца по напряжениям среза и сжатия. Условие прочности пальца по напряжениям сжатия.

$$\delta_{см} = \frac{F_{\Sigma}}{A_{см}} = \frac{F_{\Sigma}}{dl} \leq [\delta_{см}], \quad (16)$$

где l – минимальная длина сопряжения пальца с рычагом, мм; d – диаметр пальца, мм; F_{Σ} – суммарное усилие действующие на палец, Н. Так как в механизме привода прихватов все пальцы одинаковы, то расчет ведем по наиболее нагруженному пальцу:

$$\delta_{см} = \frac{1536}{12 \cdot 12} = 10,6 \text{ МПа}$$

Допустимое напряжение сжатия определяется из выражения

$$[\delta_{см}] = 0,8 \delta_T, \quad (17)$$

где δ_T – предел текучести материала (для стали 45 $\delta_T = 360$ МПа);

$$[\delta_{см}] = 0,8 \cdot 360 = 288 \text{ МПа}; \quad \delta_{см} = 10,6 \text{ МПа} \leq 288 \text{ МПа}$$

Условие прочности выполняется.

Расчет пальца на срез определяют из условия прочности на срез:

$$\tau_{cp} = \frac{F_{\Sigma} \cdot 4}{\pi d^2} \leq [\tau_{cp}]. \quad (18)$$

$$\tau_{cp} = \frac{1536 \cdot 4}{3,14 \cdot 12^2} = 13,5 \text{ МПа}$$

Допустимое напряжение среза определяется из выражения

$$[\tau_{cp}] = (0,2 \dots 0,3) \delta_T \quad (19)$$

$$[\tau_{cp}] = 0,25 \cdot 360 = 90 \text{ Па}; \quad \tau_{cp} = 13,5 \text{ МПа} < 90 \text{ МПа}$$

Условие прочности выполняется.

Таким образом, на основании проведенных прочностных расчетов, можно сделать вывод, что разработанное приспособление работоспособно.

Выводы.

Способ термопластического обжатия основан на развитии пластической деформации материала гильзы вследствие интенсивного нагрева с последующим охлаждением. При этом происходит перераспределение объема материала гильзы вовнутрь, т.е происходит ее усадка (обжатие).

Для качественного восстановления гильзы необходимо получить усадку внутреннего диаметра на 0,25 мм меньше ее номинального размера, с овальностью и конусообразностью, не превышающей 0,1 мм и структуры материала, соответствующей ГОСТ 3443-77. Микрометраж и метало-графической анализ гильз, прошедших обжатие на предприятиях, показал, что стабильная усадка гильзы по внутреннему диаметру составляет 0,7...0,75 мм, что достаточно для восстановления гильз в номинальный размер, максимальный износ которых достигает 0,5 мм.

Библиографический список

1. Некрасов С.С. Обработка материалов резанием. – М.: Колос, 1997. – 320 с.
2. Курчаткина В.В. Надежность и ремонт машин/под ред. Курчаткина В.В. -М.: Колос, 2000-775 с.
3. Тойгамбаев С.К., Шнырев А.П., Голиницкий П.В. Метрология. Стандар-тизация. Сертификация. Учебник для ВУЗов. М.: Изд. Спутник+, 2017–375с.
4. Тойгамбаев С.К. « Применение инструментальных материалов при резании металлов ». Учебник для ВУЗов. М.: Ред. Изд. Отдел МГУП, 2007 -206с.
5. Тойгамбаев С.К. « Применение инструментальных материалов при резании металлов ». Учебник для ВУЗов. М.: Ред. Изд. Отдел МГУП, 2007 -206с.