

Тойгамбаев С.К., Байдибеков Д.Т. Технология восстановления гильз цилиндров двигателя КамАЗ-740 способом направленной термомеханической деформацией

**Technology of restoration of cylinder liners of the engine  
KamAZ-740 method directed thermomechanical deformation**

**Тойгамбаев С.К.**

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

**Байдибеков Д.Т.**

студент 4-го курса. 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.

Baidebekova D. T.

student of the 4 course. Russian state agrarian University of the Ministry of agriculture. K. A. Timiryazev.

***Аннотация.** По мнению ведущих ученых страны, основными направлениями дальнейшего совершенствования и развития восстановления и упрочнения деталей следует считать разработку новых и совершенствование действующих технологических процессов восстановления изношенных поверхностей деталей, обеспечивающих надежную сцепляемость покрытия с основным металлом. В основу этих технологических процессов должны быть положены усовершенствованные ресурсосберегающие способы наращивания изношенных поверхностей. Гильзы цилиндров являются деталями, лимитирующими ресурс и долговечность двигателя, и в целом, определяющими его работоспособность. Основным выбраковочным параметром, вызываемым естественным изнашиванием, 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. Данная статья посвящена актуальной задаче – разработке технологического процесса восстановления гильз цилиндров методом термопластического деформирования. Разработан и представлен технологический процесс для растачивания и хонингования гильз цилиндров двигателей внутреннего сгорания, представлены инженерные расчеты, обеспечивающие работоспособность приспособления. Даны рекомендации по режимам и оборудованию при выполнении ремонтных работ.*

**Ключевые слова:** деформация; термомеханический; хонингование; двигатель.

***Abstract.** According to the leading scientists of the country, the main directions of further improvement and development of restoration and strengthening of parts should be considered the development of new and improvement of existing technological processes for the restoration of worn surfaces of parts, providing reliable adhesion of the coating to the base metal. These processes should be based on improved resource-saving ways of increasing worn surfaces. 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 zone of movement of the upper compression rings and reaches 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 in operation. Losses from not full use of the resources of these details are especially notable, because up to 80% of the cost of production of new cylinder sleeves, falls to the value of the metal and chemical-heat treatment, i.e., those components that can be maintained during restorations of the cylinder liners. This article is devoted to the actual problem – the development of the technological process of restoration of cylinder liners by thermoplastic deformation. The technological process for boring and honing of cylinder liners of internal combustion engines is developed and presented, engineering calculations are presented to ensure the efficiency of the device. Recommendations on modes and equipment during repair works are given.*

**Keywords:** deformation; thermomechanical; honing; engine.

**Сущность процесса обжатия при восстановлении гильз цилиндров термопластической деформацией (ТПД).** При ТПД гильза быстро нагревается индуктором токами высокой частоты (ТВЧ) и охлаждается водой через спрейер непрерывно-последовательным способом по всей длине и имеет относительно индуктора вертикальное и вращательное движение. Сущность ТПД заключается в том, что при быстром индукционном нагреве деталей типа «полый цилиндр» создается градиент температуры, который, деформируя деталь, вызывает ее остаточную деформацию (усадку), достаточную для компенсации износа поверхности и дальнейшей механической обработки. При этом в одном технологическом цикле в различной последовательности выполняются операции нагрева, деформации и охлаждения детали, как с фазовыми превращениями, так и без них, с использованием и без использования внешних механических воздействий (табл. 1).

Таблица 1

Режимы ТПД с одновременной закалкой.

№	Наименование операции	Ед. изм.	Режимы
1	температура предварительного нагрева	С <sup>0</sup>	730...750
2	температура закалки	С <sup>0</sup>	820...860
3	скорость нагрева (предварительного),	град/с	70
4	скорость нагрева при закалке,	град/с	50
5	скорость относительного перемещения гильзы и индуктора (предварительный нагрев),	м/мин.	0,12
6	скорость относительного перемещения гильз и индуктора в режиме закалки,	м/мин.	0.16
7	частота вращения гильзы,	об/мин.	24...28
8	расход охлаждающей воды на вращение и охлаждение матрицы,	л/мин.	70
9	расход охлаждающей воды через закалочный спрейер	л/мин.	15
10	ток анода (ТВЧ 100 кВт, 0,066 кгц),	А	13
11	ток сетки,	А	2,8
12	напряжение анода,	кВ	11,5
13	напряжение контура,	кВ	7,0

Данные режимы обеспечивают усадку и закалку внутренней поверхности гильзы цилиндра в пределах 0,5...1,2 мм с овальностью и конусностью, не превышающими исходных значений изношенной гильзы.

**Сущность восстановления посадочных поясков электродуговой металлизацией.** Сущность электродуговой металлизации заключается в нанесении на поверхность посадочных поясков жидкого металла, расплавленного электрической дугой между двумя проволоками с помощью струи сжатого воздуха.

Электродуговая металлизация, как процесс, имеет высокую производительность, дает незначительное тепловложение в гильзу (температура нагрева гильзы не более 100<sup>0</sup> С), отсутствует деформация детали, простота и технологичность процесса позволяют получить низкую удельную себестоимость нанесения покрытия. Прочность сцепления металлизационного покрытия с основным металлом гильзы достаточна для условий работы гильзы и обладает повышенной антикоррозионной стойкостью. Поверхность поясков гильзы перед металлизацией подвергается очистке от масла и окислов до матового блеска в специальной пескоструйной камере.

## Струйно-корундовая обработка производится на следующих режимах

№	Наименование операции	Ед. изм.	Режимы
1	давление сжатого воздуха,	МПа	- 0.5...0,7
2	расстояние от сопла до детали,	мм	- 80...100
3	время обработки,	Сек.	- 60...80
4	зернистость электрокорунда,	мкм	- 100...150.

Металлизация поясков осуществляется на токарном станке любой марки. Гильза закрепляется в патроне на специальной гидропластовой оправке. Металлизатор устанавливается на суппорте станка с помощью специального колебателя. Колебания осуществляются оператором вручную. Механическая обработка внутренней поверхности гильзы. В ремонтной практике, в зависимости от наличия оборудования и оснастки.

*Технологический процесс восстановления гильз цилиндров КамАЗ-740 способом термопластического деформирования в матрице.*

**005 Очистка:** 1. Очистить гильзы цилиндров от асфальтосмолистых загрязнений в водном растворе моющего средства МС-37 концентрацией 10..15 г/л.

*Режим:* - температура раствора 60...70<sup>0</sup> С; - число двойных ходов платформы в минуту – 120; - амплитуда колебаний 50...200 мм; - продолжительность -30 мин; - количество одновременно очищаемых гильз-10. *Оборудование:* машина моечная ОМ-4267. *Примечание:* на поверхностях гильз цилиндров наличие масел, асфальтосмолистых отложений, следов коррозии и других загрязнений не допускается.

**010 Дефектация:** 1. Измерить диаметр внутренней поверхности гильзы цилиндров. Номинальный диаметр -120 мм, допускаемый-120,18 мм. *Оборудование:* верстак ОРГ-1468-01-060А; нутромер индикаторный НИ-160 ГОСТ 868-82.

2. Измерить диаметр поверхности верхнего посадочного пояса. Номинальный диаметр – 142 мм, допускаемый – 141,86 мм.

*Оборудование:* штангенциркуль двухсторонний ШЦ-II-200-0,05 ГОСТ166-80.

3. Измерить диаметр поверхности нижнего посадочного пояса. Номинальный диаметр – 133 мм, допускаемый – 132,86 мм.

*Оборудование:* штангенциркуль двухсторонний ШЦ-II-200-0,05 ГОСТ 166-80

4. Измерить высоту опорного бурта. Номинальный размер - 10,32<sup>+0,03</sup> мм, допускаемый – 10,2 мм. *Оборудование:* микрометр МК-25-1 ГОСТ 6507-78.

5. Проверить гильзу цилиндров на наличие трещин. *Оборудование:* дефектоскоп магнитный МД-50 П.

*Примечание:* восстановлению не подлежат гильзы, имеющие следующие дефекты: - трещины и обломы любого характера; - кавитационно-коррозийные разрушения любого характера; - забоины, вмятины на посадочных поясах и опорном бурте; - диаметральный износ внутренней поверхности более 0,5 мм.

**015 Токарная:** 1. Точить поверхность, выдерживая размеры. **1,2,3,4**

*Режимы глубины:* - резания 0.02 мм; - подача 0,1 мм/об; - частота вращения шпинделя станка 250 мин<sup>-1</sup>; - скорость резания 102 м/мин. *Оборудование:* станок токарно-винторезный 1К62, резец проходной упорный (правый) 2103-0021-ВК8 ГОСТ 18879-73; штангенциркуль двухсторонний ШЦ-II-200-0,05 ГОСТ 166-80. *Примечание:* - шероховатость наружной поверхности гильз не более

$Ra=10$  мкм; на обработанной поверхности допускаются не более пяти одиночно расположенных газовых раковин размером до 2 мм и глубиной не более 1 мм.

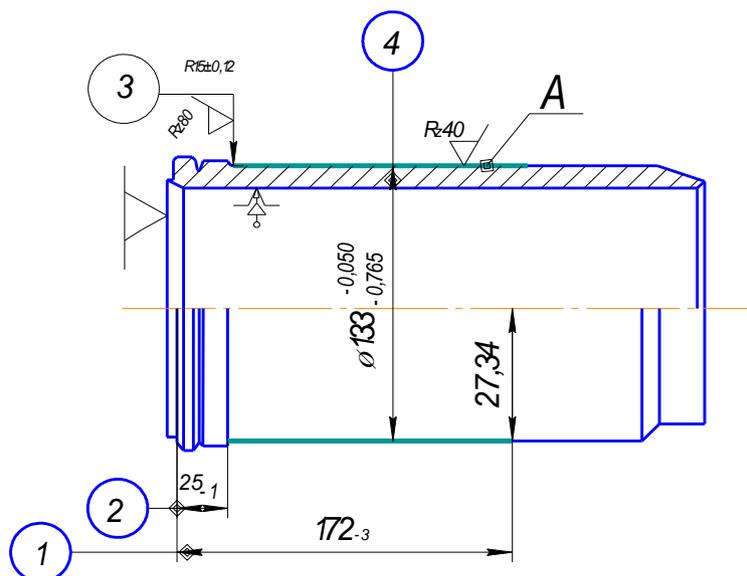


Рисунок 1. Дефектация гильз цилиндров

- 020 Термическая:** 1. Установить и закрепить в матрицу гильзу цилиндров.  
2. Включить цикл и обжарить гильзу в размеры 1,2

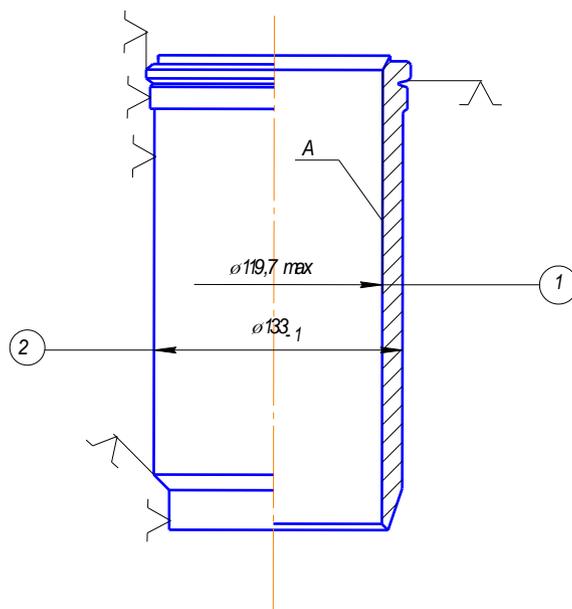


Рисунок 2. Термическая обработка гильз цилиндра

**Режим.** - сила анодного тока 12А; - сила сетчатого тока 2,5-3А; - напряжение анод 11...13кВт; - напряжение контура 7 кВт; - температура нагрева гильз 800...650С<sup>0</sup>; - скорость подачи гильзы 1,8...2,3 мм/с; - частота вращения 25 мин<sup>-1</sup> время нагрева 2 мин; - охлаждающая среда – вода (температура не более 26°С). **Оборудование:** установка термопластического обжарки гильз 11.24.0537; нутромер индикаторный НИ-160 ГОСТ 868-82; штангенциркуль двухсторонний ШЦ-II-200-0,05 ГОСТ 166-80. **Примечание:** допуск овальности и конусности внутренней поверхности гильз не более 0,1 мм; твердость внутренней поверхности гильз HB 217...255; трещины, закалочные и другие структурные изменения не допускаются.

**025 Пескоструйная:** 1. Создать на нижнем и верхнем посадочных поясках шероховатой поверхности. *Режим:* - давление воздуха 0,5...0,6 МПа; - угол наклона струи абразива к поверхности 45...70°; - расстояние от сопла до поверхности 20...40 мм; - расход воздуха 4...6 м<sup>3</sup>/мин; - производительность 40...60 см/мин. *Оборудование:* камера струйно-корундовой обработки 026-7,00.000

*Примечание:* поверхности должны быть матовыми.

**030 Слесарная:** 1. Закрыть защитными кожухами (экранами) невосстанавливаемые поверхности гильзы цилиндров.

**035 Метализация:** 1. Выполнить метализацию пояска в размеры 1,2

2. Выполнить метализацию пояска в размер 3

3. Выполнить метализацию бурта в размеры 4,5,6

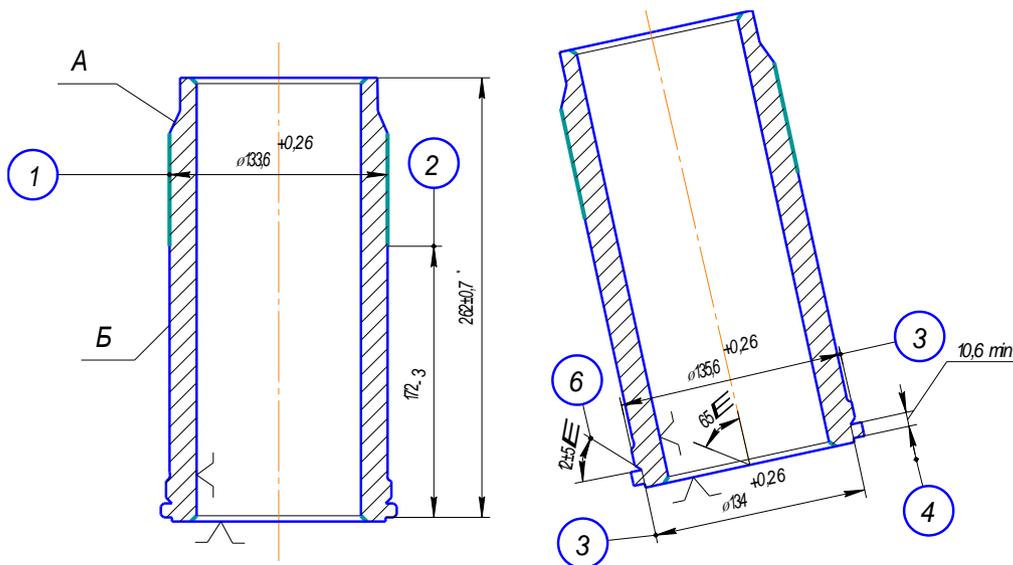


Рисунок 3. Метализация гильз цилиндра

*Режим:* - сила тока 250А; -напряжение дуги 30В; - амплитуда вибратора 20...40 мм; - частота колебаний вибратора 0,06...0,04 с<sup>-1</sup>; - давление сжатого воздуха 0,5...0,6 МПа; - скорость подачи проволоки 4,7 м/мин; - частота вращения 60 мин<sup>-1</sup>; - дистанция метализации 85...100мм. *Оборудование:* установка электродуговой метализации ЭМ12-67М проволока Св08Г2С ГОСТ 2246-70 Ø 1,5...2,0мм. *Примечание:* твердость метализационного покрытия не менее HRC 33...36; покрытие не должно иметь пор и отслаивания от основного металла.

**040 Слесарная:** 1. Снять защитные кожухи.

**045 Шлифовальная:** 1 Шлифовать поверхность в размер 1

2. Шлифовать поверхность в размеры 2,3

*Режим обработки:* - глубина резания 0,2 мм; - величина подачи 0,005 мм/об; число проходов 1; - частота вращения гильзы цилиндров 63мин<sup>-1</sup>, - скорость резания 27 м/мин. *Оборудование:* станок круглошлифовальный ЗБ161; круг ПП600х63х305 14А50-ПС-7К5 50 м/с 1 кл.А ГОСТ 2424-75, карандаш 3908-00591 ГОСТ 607-75, штангенциркуль ШЦ-II-250-0,1 ГОСТ 166-80.

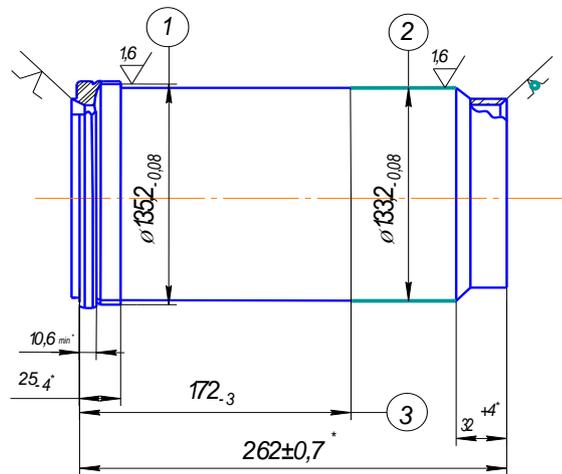


Рисунок 4 Шлифование гильз цилиндра

*Примечание:* шероховатость поверхностей посадочных поясков не более;

$R_a = 1,6$  мкм.; выкрашивание и откол металлизационного слоя на заданных размерах (по длине) не допускаются.

**050 Расточная:** 1. Расточить отверстие в размер 1.

*Режим:* - вращение шпинделя станка  $850 \text{ мин}^{-1}$ , - глубина резания  $0,11 \text{ мм}$ , подача  $0,05 \text{ мм/об}$ , - скорость резания  $319 \text{ м/мин}$ . *Оборудование:* алмазно-расточной станок 2Е 78 ПН. *Примечание:* овальность и конусообразность внутренней поверхности гильзы  $0,01...0,03 \text{ мм}$ , шероховатость  $R_a = 0,32 \dots 0,63 \text{ мкм}$ .

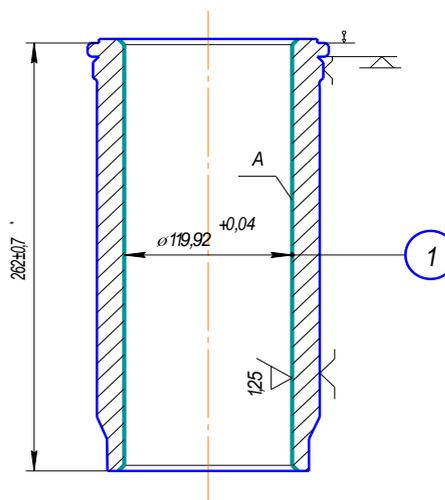


Рисунок 5. Расточка гильз цилиндра

**055 Шлифовальная.** 1. Шлифовать поверхности верхнего и нижнего посадочных поясков гильзы соответственно в размеры 1,2,3

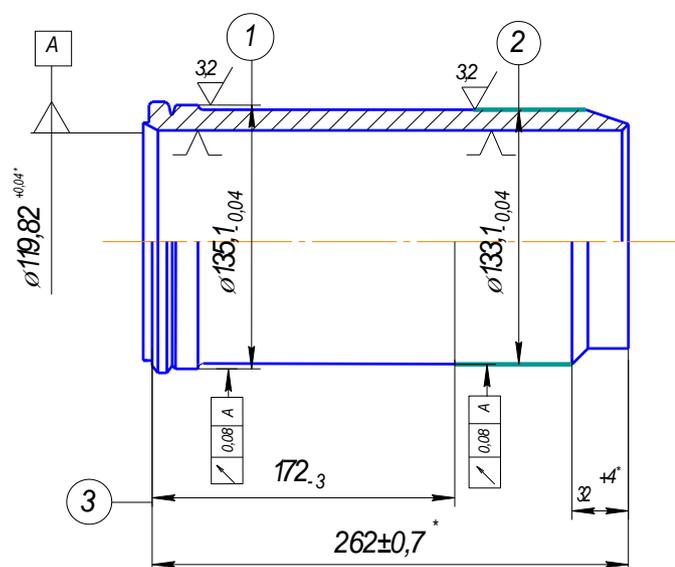


Рисунок 6 Шлифовка гильз цилиндра

*Режим:* - глубина резания 0,0026 мм/об; - величина подачи 0,2 мм/мин;

- число проходов 1; - частота вращения гильзы цилиндров 76 мин<sup>-1</sup>; - скорость резания 35 м/с. *Оборудование:* станок круглошлифовальный ЗБ161; круг шлифовальный ПП600х63х305 53с40с1К5; алмазный карандаш 3908-00591 ГОСТ 607-75; микрометр МК-150-1 ГОСТ 6507-78. *Примечание:* допуск цилиндричности посадочных поясков не более 0,05 мм; радиальное биение поверхности посадочных поясков относительно оси внутренней поверхности гильз не более 0,08 мм; допуск неплоскостности поверхностей верхнего и нижнего торцов бурта соответственно не более 0,03 и 0,02 мм; шероховатость поверхностей посадочных поясков не более  $R_a = 2,5$  мкм.

### 060, 065, 070 Хонинговальная операция

*Хонингование* представляет процесс отделочной обработки цилиндрических отверстий при помощи мелкозернистых абразивных брусков, совершающих вращательное и возвратно-поступательное движение вместе с хонем. Хонингование ведется при обильной подаче смазочно-охлаждающей жидкости в зону резания, состоящей из 80...90% керосина и 10...20% индустриального масла. Применение смазочно-охлаждающей жидкости обеспечивает снижение температуры в зоне резания и удаление частиц абразивных зерен и продуктов износа с поверхности брусков и с обрабатываемой поверхности. Хонингование ведется в три приема: черновое, получистовое и чистовое.

**060 Хонинговальная:** Провести черновое хонингование внутренней поверхности гильзы в размер **1**.

*Режим:* - припуск (глубина резания) 0,05 мм; - подача 18 м/мин; число двойных ходов в мин. 59; - частота вращения головки хона 230 мин<sup>-1</sup>; - скорость резания 79 м/мин; удельное давление брусков 1,2 МПа.

*Оборудование:* станок вертикально-хонинговальный ЗК83У; головка хонинговальная 11333-02-000; алмазные бруски АСБ 125/100.100М1; штангенциркуль ШЦ-II-200-0,05 ГОСТ 166-80; нутромер индикаторный НИ-160 ГОСТ 868-82; охлаждающая жидкость - Аквол-11.

*Примечание:* шероховатость внутренней поверхности гильзы не более  $R_a = 5 \dots 12,5$  мкм; допуск цилиндричности гильз не более 0,04 мм.

**065 Хонинговальная:** Провести получистовое хонингование внутренней поверхности в размер **1**.

**Режим:** припуск (глубина резания) 0,04 мм; подача 5...10 м/мин; число двойных ходов в мин. 50; частота вращения головки хона 160 мин<sup>-1</sup>; скорость резания 55 м/мин; удельное давление брусков 0,7 МПа.

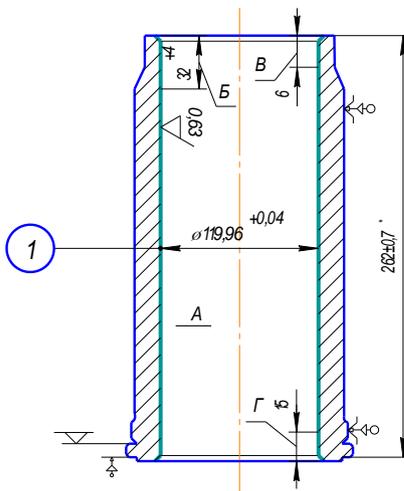


Рисунок 7. Хонингование гильз цилиндра

**Оборудование:** станок вертикально-хонинговальный ЗК83У; головка хонинговальная 11333-02-000; алмазные бруски АСБ 125/100-100М1; штангенциркуль ШЦ-II-200-0,05 ГОСТ 166-80; нутромер индикаторный НИ-160 ГОСТ 868-82.

**Примечание:** шероховатость внутренней поверхности гильзы не более  $R_a = 1,25$  мкм; допуск цилиндричности гильз не более 0,03 мм; на длине 30 мм от нижнего торца гильзы допуск цилиндричности внутренней поверхности

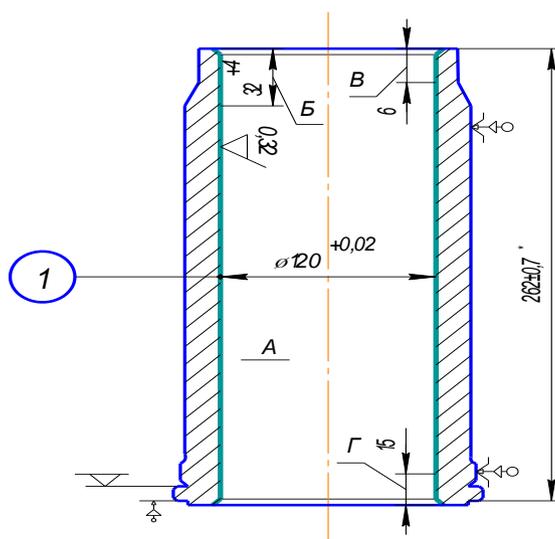


Рисунок 8. Хонингование гильз цилиндра

не более 0,04 мм; на длине 9 мм и 15 мм соответственно от нижнего и верхнего торца гильзы цилиндров допуска цилиндричности внутренней поверхности не более 0,05 мм.

**070 Хонинговальная:** 1. Провести чистовое хонингование внутренней поверхности в размер 1.

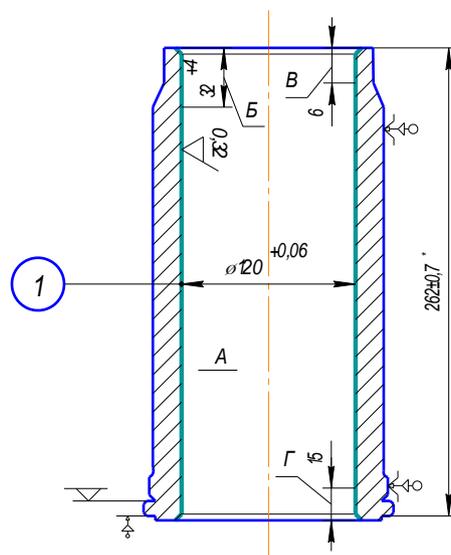


Рисунок 9. Хонингование гильз цилиндра

**Режим.** - припуск (глубина резания) 0,03 мм; - число двойных ходов в мин. 41; - частота вращения головки хона 130 мин<sup>-1</sup>; - скорости резания 45 м/мин; - удельное давление брусков 0,5 МПа. **Оборудование:** станок вертикально-хонинговальный ЗК83У; головка хонинговальная 11333-02-000; алмазные бруски АСМ 28/20.100.100М1; штангенциркуль ЩЦ-II-200-0,05 ГОСТ 166-80; нутромер индикаторный НИ-160 ГОСТ 868-82. **Примечание:** допуск цилиндричности внутренней поверхности гильз не более 0,03 мм; допуск цилиндричности внутренней поверхности гильз на длине 30 мм от нижнего торца не более 0,04 мм; допуск цилиндричности внутренней поверхности гильз цилиндров на длине 15 мм от верхнего и нижнего торца не более 0,05 мм; шероховатость внутренней поверхности гильз не более  $R_a = 0,8$  мкм.

**075 Очистная:** 1. Обезжирить гильзы цилиндров в водном растворе едкого натра, трината фосфора и жидкого стекла. **Режим.** температура раствора 60...70<sup>0</sup>С ;продолжительность 8 мин. **Оборудование:** машина моечная ОМ-5287

**080 Финишная обработка:** Провести финишную безабразивную обработку внутренней поверхности гильз на длине 262±0.7 мм в размер  $120^{+0,06}_{+0,04}$  мм, путем нанесения латунно-медного антифрикционного покрытия.

**Режим.** - число двойных ходов головки в мин. 25...30; - скорость вращения шпинделя 150...200 мин<sup>-1</sup>; - скорость резанья 47 м/мин; - удельное давление ролика 0,5...1,0 МПа. **Оборудование:** станок вертикально-хонинговальный ЗГ833; головка хонинговальная 11333-02-000; штангенциркуль ЩЦ-II-200-0,05 ГОСТ 166-80; нутромер индикаторный НИ-160 ГОСТ 868-82; водорастворимый полимер Композит-81. **Примечание:** допуск цилиндричности внутренней поверхности гильз не более 0,03мм; допуск круглости на длине 30мм от нижнего торца гильз цилиндров и повышение величины диаметра размерной группы по верхнему предельному отклонению 0,04 и 0,02 мм соответственно; допуск круглости на внутренней поверхности на длине 15 мм от верхнего и нижнего торцов гильз, повышение величины диаметра размерной группы по верхнему предельному отклонению и шероховатости поверхностей 0,05 и 0,03 мм,  $R_a = 1,25$  мкм соответственно; шероховатость внутренней поверхности гильз цилиндров не более  $R_a=0,4$  мкм.

**085 Контрольная:** 1. Формировать гильзы цилиндров по размерным группам.

**Примечание:** гильзы цилиндров, входящие в комплект на один дизель, должны быть одной размерной группы.

## 060, 065, 070 Хонинговальная операция

### Расчет режимов хонингования.

а) определяем длину абразивных брусков из условия:  $l_6 = \left(\frac{1}{3} \dots \frac{3}{4}\right) \cdot l$ , (1)

где  $l$  – длина хонингуемого отверстия гильзы цилиндров, мм

$$l_6 = \left(\frac{1}{3} \dots \frac{3}{4}\right) \cdot 245 = 82 \dots 184 \text{ мм}: \text{ Принимаем длину брусков } l_6 = 125 \text{ мм.}$$

б) длину хода доводочной головки рассчитываем по формуле:

$$L_x = l + 2l_2 - l_6, \quad (2)$$

где  $l_2$  - перебег брусков (выход за торцевую поверхность гильзы цилиндров), мм ( $l_2 = 20 \dots 30$  мм).

$$L_x = 245 + 2 \cdot 25 - 125 = 170 \text{ мм}$$

в) число двойных ходов хонинговальной головки определяем по формуле:

$$n_{\text{двх}} = \frac{1000 \cdot V_{\text{вп}}}{2L_x}, \quad (3)$$

где  $V_{\text{вп}}$  - скорость возвратно-поступательного движения хонинговальной головки, м/мин.

Возвратно-поступательная скорость при хонинговании выбирается в зависимости от материала и твердости обрабатываемой детали, материала хонинговальных брусков по справочной литературе. Принимаем  $V_{\text{вп(черновая)}} = 20$  м/мин,  $V_{\text{вп(получистовая)}} = 17$  м/мин,  $V_{\text{вп(чистовая)}} = 14$  м/мин.

$$N_{\text{дв(черновая)}} = \frac{1000 \cdot 20}{2 \cdot 170} = 59 \text{ двх/мин}; \quad N_{\text{дв(получистовая)}} = \frac{1000 \cdot 17}{2 \cdot 170} = 50 \text{ двх/мин};$$

$$N_{\text{дв(чистовая)}} = \frac{1000 \cdot 14}{2 \cdot 170} = 41 \text{ двх/мин}$$

г) окружную скорость вращения хонинговальной головки выбираем по справочной литературе.

Принимаем:  $V_{\text{вп(черновая)}} = 70$  м/мин,

$V_{\text{вп(получистовая)}} = 55$  м/мин,  $V_{\text{вп(чистовая)}} = 45$  м/мин.

По выбранной окружной скорости определяем частоту вращения хонинговальной головки:

$$n_x = \frac{1000 \cdot V_{\text{вп}}}{\pi \cdot D}, \quad (4)$$

где  $D$  - диаметр обрабатываемого отверстия гильзы цилиндров, мм.

$$n_{x(\text{черновая})} = \frac{100070}{3,14 \cdot 109,8} = 203 \text{ мин}^{-1}; \quad n_{x(\text{получистовая})} = \frac{100055}{3,14 \cdot 109,92} = 159 \text{ мин}^{-1}$$

$$n_{x(\text{чистовая})} = \frac{100045}{3,14 \cdot 110} = 130 \text{ мин}^{-1}$$

Уточняем полученное количество оборотов с учетом паспортных данных станка:  $n_{\text{чер}} = 230 \text{ мин}^{-1}$ :

$n_{\text{пол}} = 160 \text{ мин}^{-1}$ ;  $n_{\text{чистовая}} = 130 \text{ мин}^{-1}$

Уточняем окружную скорость вращения хонинговальной головки по формуле:

$$V_{\text{вп}} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_x}{1000}, \quad (5)$$

$$V_{\text{вп(чер)}} = \frac{3,14 \cdot 109,8 \cdot 230}{1000} = 79 \text{ м/мин}; \quad V_{\text{вп(пол)}} = \frac{3,14 \cdot 109,92 \cdot 160}{1000} = 55 \text{ м/мин}$$

$$V_{\text{чист}} = \frac{3,14 \cdot 110 \cdot 130}{1000} = 45 \text{ м / мин}$$

д) по справочной литературе принимаем нормативное удельное давление брусков:  
 $P_{\text{чер}}=1,2\text{МПа},: P_{\text{пол}}=0,7\text{МПа},: P_{\text{чист}} = 0,5\text{МПа}.$

Определяем штучно - калькуляционное время по формуле:

$$T_{\text{шк}} = T_o + T_v + T_{\text{обс}} + T_{\text{от}} \quad (6)$$

где  $T_o$  - основное время, в течение которого изменяется геометрическая форма детали, мин;  $T_v$  - вспомогательное время, которое затрачивает рабочий на установку и снятие деталей, управление станком, измерение обрабатываемого изделия, мин;  $T_{\text{обс}}$ - время на обслуживание рабочего места, мин;

$T_{\text{от}}$  - время на отдых и личные надобности, мин;

Основное время при хонинговании определяем по следующей формуле:

$$T_o = \frac{t}{\eta_{\text{дв.х.}}} * S_p \quad (7)$$

где  $t$ - припуск на хонингование, мм (0,03.. 0,05);  $S_p$  - радиальная подача на один двойной ход хонинговальной головки, мм (0,001.. 0,002)

$$T_{o.\text{чер}} = \frac{0,05}{59 \cdot 0,002} = 0,42 \text{ мин}, : T_{o.\text{чир}} = \frac{0,04}{50 \cdot 0,0015} = 0,53 \text{ мин},$$

$$T_{o.\text{чир}} = \frac{0,03}{41 \cdot 0,001} = 0,73 \text{ мин}.$$

Из табличных данных принимаем:  $T_v = 3,56\text{мин}, T_{\text{обс}} = 1,45\text{мин}, T_{\text{от}} = 1,2\text{мин}.$

$$T_{\text{шк}} = 1,68 + 3,56 + 1,45 + 1,2 = 7,89 \text{ мин}$$

#### Выводы:

Анализ исследований способов восстановления гильз цилиндров показал, что наиболее перспективным и экономически выгодным способом восстановления гильз цилиндров является способ термопластического обжатия в матрице. Значение коэффициентов износостойкости, выносливости и сцепляемости для этого способа восстановления соответственно равны 0,8...1,0, 1,0 и 1,0. Данный способ имеет существенные преимущества по сравнению с другими: - восстановление гильз до номинальных размеров с обеспечением технических требований чертежей заводов-изготовителей; - структура гильзы и твердость поверхности ее материала остаются без изменений, тем самым сохраняют первоначальные триботехнические условия работы сопряжения; - упрочняются рабочие поверхности, и увеличивается их износостойкость; - ресурс восстановленной гильзы обеспечивается не менее 100% от ресурса новой; - угар масла при эксплуатации двигателя с гильзами, восстановленными термопластическим обжатием, такой же, как с новыми и в 1,3...2 раза меньше чем с гильзами, восстановленными другими способами; - простой и дешевый способ, не требующий дорогих и дефицитных материалов, позволяет получить минимальный припуск на последующую механическую обработку. Это и высокая производительность процесса позволяют обеспечить низкую себестоимость восстановления, которая составляет не более 60% от стоимости детали.

#### Библиографический список

1. Пучин Е.А., Новиков В.С., Очковский Н.А. и др. Технология ремонта машин. – М.: Колос С, 2007. – 488с.
2. Пантелеенко Ф.И., Лялякин В.П., Иванов В.П., Константинов В.М.. Восстановление деталей машин. Справочник под редакцией д.т.н., проф. В.П. Иванова.– М.: «Машиностроение», 2003. – 672 с.
3. Новиков В.С., Очковский Н.А.. Проектирование технологических процессов восстановления изношенных деталей. Методические рекомендации по курсовому проектированию. – М.: МГАУ, 2003. – 52 с.
4. Тойгамбаев С.К. « Применение инструментальных материалов при резании металлов ». Учебник для ВУЗов. М.: Ред. Изд. Отдел МГУП, 2007 -206с.
5. Тойгамбаев С.К., Шнырев А.П., Голицыцкий П.В. Метрология. Стандартизация. Сертификация. Учебник для ВУЗов. М.: Изд. Спутник+, 2017–375с.
6. Тойгамбаев С.К., Голицыцкий П.В. Измерение и контроль деталей транспортных и транспортно-технологических комплексов. Учебное пособие. М.: Изд. Спутник +, 2018. – 153с.