

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ОБРАБОТКИ ЦИЛИНДРОВ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Швайцер Д.А., Богоявленский А.В.

*Уральский Федеральный университет имени первого Президента России
Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия*

Ключевые слова: двигатели внутреннего сгорания, расточка, хонингование, автоматизация, ремонтный размер, цилиндры, производительность.

Аннотация. В данной статье рассматривается подход к созданию автоматизированной линии, для ремонтных организаций, позволяющей осуществлять расточку цилиндров и хонингование в рамках одного непрерывного технологического процесса. Предложенное решение обеспечивает повышение производительности, уменьшение количества вспомогательных операций и повышение точности обработки цилиндров двигателей внутреннего сгорания. Приведены основные конструктивные особенности и обоснованы перспективы внедрения автоматической линии на предприятиях автомобильной промышленности.

AUTOMATED COMPLEX FOR PROCESSING CYLINDERS OF INTERNAL COMBUSTION ENGINES

Shvaitser D.A., Bogoyavlensky A.V.

*Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin,
Yekaterinburg, Russia*

Keywords: internal combustion engines, boring, honing, automation, repair size, cylinders, productivity.

Abstract. This article discusses an approach to creating an automated line for repair organizations that allows cylinder boring and honing within a single continuous technological process. The proposed solution provides an increase in productivity, a reduction in the number of auxiliary operations and an increase in the accuracy of processing cylinders of internal combustion engines. The main design features are given and the prospects for the introduction of an automatic line in the automotive industry are substantiated.

Введение

В контексте современного двигателестроения и капитального ремонта двигателей внутреннего сгорания (ДВС) одной из важнейших операций является финишная обработка цилиндров. Данная операция включает два основных этапа: расточку до заданного (ремонтного) диаметра и хонингование поверхности для обеспечения требуемой шероховатости и микрорельефа. Традиционная практика предполагает использование двух отдельных станков, что усложняет процесс за счёт дополнительных операций по переналадке и перемещению заготовки.

В статье предлагается решение, ориентированное на создание единого автоматизированного человеко-машинного комплекса, который позволит оптимизировать технологический цикл обработки цилиндров.

Предпосылки к созданию единого автоматизированного комплекса

Постоянное совершенствование производственных процессов в автомобильной промышленности привело к широкому распространению

высокотехнологичных решений для восстановления и изготовления двигателей. Однако, несмотря на наличие современных станков, обработка цилиндров часто остаётся разделённой на два независимых процесса – расточку и хонингование, особенно на ремонтных предприятиях.

Требование к высокой точности. Сокращение допусков при ремонте ДВС обуславливает необходимость строгого контроля геометрии цилиндра на всех этапах, что является трудоемким при выполнении операций на разных станках.

Ниже приведены преимущества автоматизированного комплекса.

1. Снижение временных затрат. В условиях ремонтного производства двигателя каждое дополнительное перемещение заготовки увеличивает общее время цикла.

2. Автоматизация измерений. Интегрированные датчики позволяют в реальном времени оценивать параметры обрабатываемой детали и вносить корректировки.

3. Минимизация площадей и затрат. Раздельные участки для расточки и хонингования требуют дополнительных производственных площадей и персонала.

Таким образом, задача объединения двух операций в один комплекс становится актуальной для предприятий, ориентированных на повышение эффективности и конкурентоспособности.

Модули автоматизированного комплекса

Проектируемый комплекс включает в себя следующие модули (рис. 1).

1. Расточной станок.

2. Контрольный модуль, объединённый с транспортировочным столом, измерительная головка (пневматическая) для проверки диаметра после расточной операции.

3. Хонинговальный модуль: финишная доводка стенок цилиндра, формирование микрорельефа.

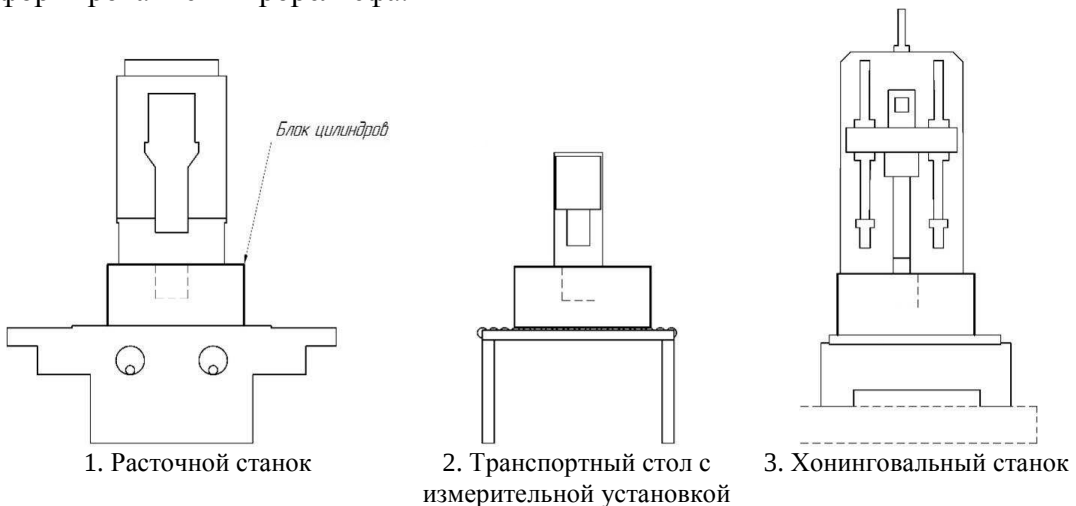


Рис. 1. Предлагаемый вариант человеко-машинного автоматизированного комплекса

Алгоритм работы комплекса

Расточка: производится расточка блока цилиндров в ремонтный размер.

Измерение: после расточки блок перемещается к измерительной установке, регистрируется фактический расточенный диаметр.

Корректировка параметров хонингования: на основе результатов измерения система рассчитывает режимы (давление брусков, скорость вращения, подачу).

Хонингование: формирование окончательной структуры поверхности в соответствии с заданным алгоритмом обработки.

Модернизация хонинговального станка

Так как процесс растачивания цилиндров является черновым, в данном технологическом процессе, стоит уделить больше внимания на контроль процесса хонингования.

Анализ отечественной и зарубежной литературы, описывающей структуру рабочих циклов хонингования, позволяет выделить ряд основных элементов цикла, реализуемого хонинговальными станками. Начало работы хонинговального станка, т. е. первый этап рабочего цикла, определяется вводом хонинговальной головки в обрабатываемое отверстие [1].

Подачу СОЖ целесообразно осуществлять сразу же после начала ввода хонинговальной головки, чтобы исключить «сухое хонингование», отрицательно сказывающееся на качестве обрабатываемой поверхности. После ввода хона и подачи СОЖ автоматически включается радиальная подача брусков — «по давлению» или дозированная [3].

С этого момента рассматривается цикл изменения давления или величины перемещения брусков. Простейший цикл характеризуется либо постоянным давлением брусков, либо их постоянным дозированным перемещением, осуществляемым сразу после включения вращения шпинделя. Схематично такая работа представлена на рисунке 2.

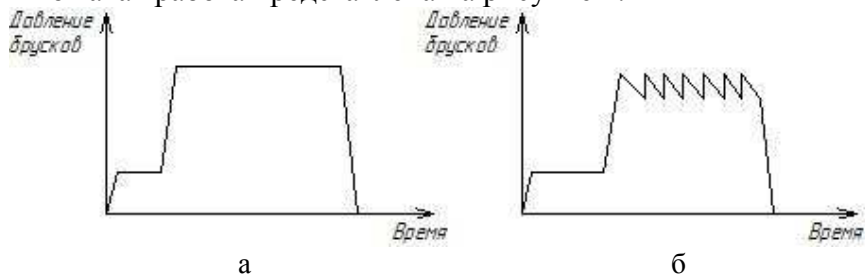


Рис. 2. Двухступенчатый цикл хонингования с разжимом брусков «по давлению» (а); цикл хонингования с комбинированным разжимом брусков по давлению и с дозированным перемещением брусков (б)

Окончание цикла контролируется системой непрерывного контроля размера отверстия или счетчиком числа двойных ходов. Время разжима и зажима брусков практически не превышает 2 с. Эти циклы позволяют за 60-90 с снять припуск величиной 0,1-0,12 мм на диаметр и получить шероховатость $Ra = 0,63-1,25$ мкм [3].

Такая структура циклов применяется при хонинговании чугунов и закаленных сталей. В тех случаях, когда к показателям обработки предъявляются высокие требования, процесс хонингования разбивается на несколько операций.

Имеются и иные рекомендации по построению цикла хонингования. В частности, при обработке очень грубых поверхностей рекомендуется в начале обработки применять низкое давление брусков для уменьшения непроизводительного износа брусков.

Последующее повышение давления увеличивает скорость снятия металла, а затем давление брусков вновь снижается для уменьшения шероховатости обрабатываемой поверхности. Величина давления брусков оказывает существенное влияние и на время хонингования, что связано с достижением заданной точности размера обрабатываемой поверхности.

Таким образом, встает вопрос управления процессом хонингования для обеспечения различных требований к обработанной поверхности. Различные варианты циклов процесса хонингования представлены на рисунке 3.

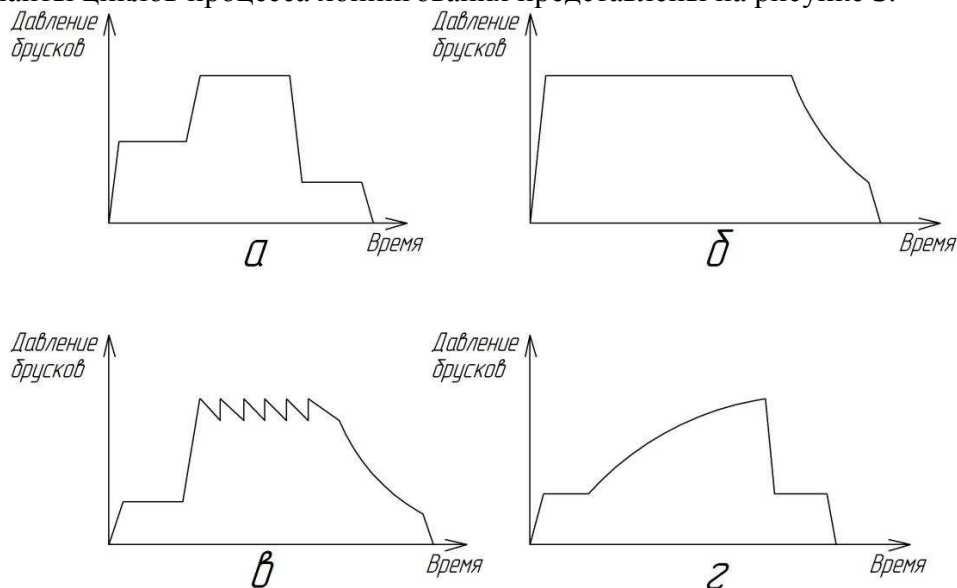


Рис. 3. Примеры циклов хонингования с переменным давлением брусков:
а – трехступенчатый; б – с выхаживанием по жесткому упору; в – двухступенчатый с выхаживанием; г – рабочий с постоянной интенсивностью съема металла и выхаживанием

Деление типов структур циклов на ступенчатые и бесступенчатые (по характеру изменения управляющего воздействия — давления брусков) вызвано тем, что станков, позволяющих реализовать ступенчатые циклы, достаточно много. Однако такие циклы являются менее эффективными, чем бесступенчатые.

Таким образом, для автоматизации процесса необходимо производить постоянный контроль давления брусков и обеспечивать их постоянную подачу с помощью модернизированной системы разжима брусков, за основу

которой взята система, применяемая в станке ЗГ833 [2] (рис. 4), описанная в статье [4]. Для повышения эффективности управления процессом хонингования установка была доработана с применением тензометрического датчика крутящего момента.

Наличие датчика крутящего момента позволило точнее определять момент начального касания брусков с обрабатываемой поверхностью цилиндра, а также, обеспечивать проверку цилиндра на наличие отклонений от цилиндричности.

Для примера, в случае обнаружения возрастания крутящего момента по длине цилиндра или локального возрастания на каком-либо участке свидетельствует о некачественной расточке.

В этом случае, определив повышение момента сопротивления в какой-то части цилиндра, система запустит цикл для выполнения нескольких коротких двойных ходов в части цилиндра, где зафиксирован повышенный крутящий момент.

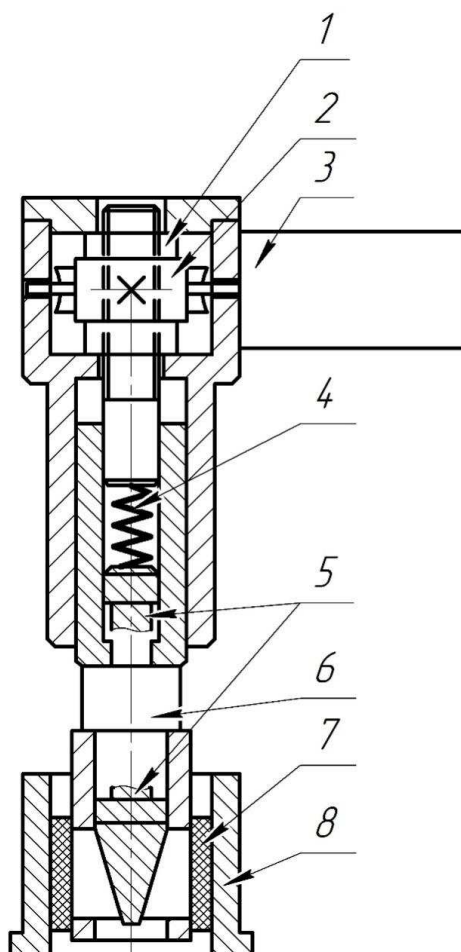


Рис. 4. Модернизированная система разжима брусков: 1 – гайка, 2 – червячная передача, 3 – шаговый двигатель, 4 – пружина, 5 – толкатель, 6 – тензометрический датчик крутящего момента, 7 – абразивные бруски, 8 – обрабатываемая деталь

Далее производится двойной ход по всей длине цилиндра для мониторинга момента сопротивления. Данный процесс повторяется, пока момент сопротивления не выровняется по всей длине цилиндра.

После такого выравнивания начинается съём материала по заранее заданному циклу.

Необходимость реализации алгоритма выравнивания цилиндра путем коротких ходов хона в зоне с повышенным крутящим моментом потребовало переработать систему вертикального возвратно-поступательного движения станка на шарико-винтовую пару (ШВП) с сервоприводом. Таким образом, появилась возможность производить активный контроль геометрии цилиндра на основе данных об изменении момента сопротивления по всей длине цилиндра и более эффективно исправлять неточности расточки цилиндров.

Выводы

Создание автоматизированного человеко-машинного комплекса обеспечивает следующие преимущества.

1. Повышение производительности. По результатам модельных расчётов и опытных данных при переходе от отдельных станков к интегрированной линии общее время цикла сокращается на 20-30%. Это обусловлено ускорением этапа транспортировки заготовки оптимизацией подачи деталей и ускорением контрольных операций.

2. Улучшение точности. Оснащение комплекса модернизированной системой хонингования позволяет увеличить точность, а также исключить возможность брака от влияния человеческого фактора.

3. Экономический эффект. Сокращение производственных площадей: объединение двух станков в одну линию. Уменьшение фонда оплаты труда: достаточно одного оператора-наладчика. Снижение брака: за счёт автоматического контроля и корректировки режимов. Интеграция расточных и хонинговальных операций в единый автоматизированный комплекс позволяет существенно повысить эффективность и точность обработки цилиндров ДВС. Автоматический контроль геометрии после расточки и перед хонингованием обеспечивает стабильное качество, сводя к минимуму риск появления брака. Экономическая выгода от сокращения времени цикла и уменьшения затрат на переналадку делает данную концепцию особенно привлекательной для предприятий, специализирующихся на капитальном ремонте двигателей и серийном производстве.

Таким образом, предложенный автоматический комплекс представляет собой конкурентоспособное решение для современных производств, ориентированных на высокое качество и производительность в сфере двигателестроения.

Список литературы

1. Куликов С.И., Волоценко П.В., Ризванов Ф.Ф., Воронов А.Л. Сверлильные и хонинговальные станки. – М.: Машиностроение, 1977. – 232 с.

2. 3Г833 станок хонинговальный вертикальный одношпиндельный. Паспорт, схемы, характеристики, описание [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://stanki-katalog.ru/sprav_3g833.htm?sa=X&ved=0CCMQ9QEwA2oVChMIqfWMtpf7xgIVARQsCh12IQN3.
3. Куликов С.И., Ризванов Ф.Ф., Романчук В.А., Ковалевский С.В. Прогрессивные методы хонингования. – М.: Машиностроение, 1983. – 135 с.
4. Shvaitzer D.A., Bogoyavlensky A.V., Development of an automated honing process control system // Journal of Advanced Research in Technical Science. 2024, vol. 1, no. 41, pp. 13-18. doi.org/10.26160/2474-5901-2024-41-13-18.

References

1. Kulikov S.I., Volotsenko P.V., Rizvanov F.F., Voronov A.L. Drilling and honing machines. – М.: Mechanical engineering, 1977. – 232 p.
2. 3G833 vertical single-spindle honing machine. Passport, diagrams, characteristics, description [Electronic resource]. – Access mode: http://stanki-katalog.ru/sprav_3g833.htm?sa=X&ved=0CCMQ9QEwA2oVChMIqfWMtpf7xgIVARQsCh12IQN3
3. Kulikov S.I., Rizvanov F.F., Romanchuk V.A., Kovalevsky S.V. Progressive honing methods. – М.: Mechanical engineering, 1983. –135 p.
4. Shvaitzer D.A., Bogoyavlensky A.V., Development of an automated honing process control system // Journal of Advanced Research in Technical Science. 2024, vol. 1, no. 41, pp. 13-18. doi.org/10.26160/2474-5901-2024-41-13-18.

Швайцер Денис Александрович – магистрант	Shvaitser Denis Aleksandrovich – master student
Богоявленский Алексей Викторович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Технологии машиностроения, станки и инструменты»	Bogoyavlensky Aleksey Viktorovich – candidate of technical sciences, associate professor of the Department "Technologies of mechanical engineering, machine tools and tools"
Bgbg357@yandex.ru	

Received 21.02.2025