

УДК 621.923

Сергеев А. С., Андилахай В. А., к. т. н.
ГВУЗ «ПДТУ», г. Мариуполь, Украина

ВЫСОКОЭФФЕКТИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ФИНИШНОЙ ОБРАБОТКИ ОТВЕРСТИЙ ЦИЛИНДРОВ

Предложена технология внутреннего шлифования цилиндров с применением мягкого войлочного круга с наклеенным абразивным порошком, которая позволяет резко снизить высоту микронеровностей поверхности, полученную на предшествующей операции растачивания за счет изменения направления главного движения резания путем установления оси вращения шлифовального круга с индивидуальным приводом перпендикулярно оси вращения обрабатываемого отверстия цилиндра. В результате изменяется направление обработочных следов и тем самым обеспечивается увеличение срока службы уплотнений поршней (штоков) в процессе работы пневмо- и гидроцилиндров, компрессоров, двигателей внутреннего сгорания. Предлагаемая технология внутреннего шлифования обеспечивает увеличение производительности окончательной обработки за счет снижения основного (машинного) времени, например, в сравнении с хонингованием. Достигается снижение трудоемкости обработки отверстия в целом за счет исключения необходимости переустановки заготовки и выверки на другом станке. Обеспечивается возможность обработки цилиндров малой жесткости благодаря отсутствию вибраций из-за применения мягких абразивных кругов.

Ключевые слова: внутреннее шлифование, мягкий войлочный круг, абразивный порошок, растачивание, шероховатость поверхности, производительность обработки

Постановка проблемы в общем виде и ее связь с важнейшими научными и практическими задачами. Создание конкурентоспособной машиностроительной продукции и выход на мировые рынки требует непрерывного совершенствования технологий изготовления деталей машин при обеспечении высоких показателей качества, точности, производительности и одновременном снижении себестоимости. В успешном решении этих задач важная роль принадлежит развитию финишных методов абразивной обработки, располагающих значительными технологическими возможностями с точки зрения повышения точности обработки и уменьшения шероховатости обрабатываемой поверхности. Особенно эффективно применение методов обработки свободным абразивом. Однако они характеризуются повышенной трудоемкостью и относительно низкой производительностью обработки. Значительно большей производительности можно достичь при шлифовании, которое, к сожалению, не позволяет добиться таких высоких показателей шероховатости поверхности, как методы обработки свободным абразивом. Поэтому важно совершенствовать методы шлифования с целью существенного уменьшения шероховатости поверхности – ниже уровня, достигаемого при обработке свободным абразивом. Настоящая работа посвящена исследованию возможностей уменьшения шероховатости поверхности за счет применения мягких шлифовальных кругов на финишных операциях обработки отверстий в цилиндрах.

Анализ последних достижений и публикаций. Проблеме уменьшения шероховатости поверхности при шлифовании постоянно уделяется значительное внимание [1-3]. Так, в работах [4, 5] показано, что уменьшая разновысотное расположение абразивных (или алмазных) зерен на рабочей поверхности круга, можно существенно уменьшить шероховатость поверхности. В работе [6] показана целесообразность применения алмазных кругов на мягких связках для уменьшения шероховатости поверхности. Установлено, что эффект обработки достигается в результате увеличения количества одновременно работающих зерен шлифовального круга. Это подтверждает правильность предложенного в работе подхода, основанного на применении мягких шлифовальных кругов, для решения задачи существенного уменьшения шероховатости поверхности на финишных операциях абразивной обработки отверстий в цилиндрах.

Цель работы – определение условий уменьшения шероховатости обработанной поверхности и повышения производительности финишной обработки шлифованием отверстий в цилиндрах, направленной на совершенствование существующей технологии внутреннего шлифования.

Матеріали досліджень. Окончателъная обработка внутренней поверхности цилиндров, традиционно, осуществляется на внутришлифовальных станках. Недостатком такого способа является то, что заготовку после выполнения операции растачивания необходимо переустанавливать с токарного станка на шлифовальный станок, а это требует значительного времени на выверку положения обрабатываемого цилиндра, переустанавливаемого с токарного станка на внутришлифовальный. Как правило, это приводит к потере точности взаимного расположения поверхностей и осей. Не менее, а может наиболее важным является то, что в процессе абразивной обработки обработочные риски, т. е. следы, образующиеся от воздействия абразивных зерен, направлены вдоль обработочных рисков, образовавшихся после растачивания, т. е. перпендикулярно по отношению к образующей обрабатываемого отверстия. Поскольку поршни (штоки) в процессе работы пневмо- и гидроцилиндров, компрессоров, двигателей внутреннего сгорания и т. п. перемещаются в осевом направлении, т. е. вдоль образующей, а следовательно, поперек обработочных рисков, последние подвергаются повышенному износу, что отрицательно сказывается на долговечности уплотнений. Частично эти недостатки ликвидируются хонингованием, которое характеризуется низкой производительностью, следовательно, высокой трудоемкостью, т. к. обработка осуществляется за счет возвратно-поступательного движения абразивных брусков вдоль образующей отверстия, при одновременном вращении хонинговальной головки или обрабатываемого цилиндра. Причиной низкой производительности хонингования является возвратно-поступательное движение инструмента, который в каждый возвратный ход снижает скорость до нуля, т. е. проходит через «крайние мертвые точки».

В связи с этим в работе предложены способ и устройство для внутреннего шлифования предварительно расточенного отверстия, которые лишены перечисленных недостатков [7]. Обработка цилиндра производится сначала лезвийным, а затем абразивным инструментом на токарном станке без переустановки детали, т. е. без смены баз. Ось вращения шлифовального круга с индивидуальным приводом устанавливается перпендикулярно оси вращения обрабатываемого отверстия цилиндра (рис. 1). В качестве абразивного инструмента использовался войлочный круг диаметром 175 мм, периферийная поверхность круга была покрыта жидким стеклом, прокатана по абразивному порошку и высушена в течение 1 часа.



Рис. 1. Устройство для обработки отверстия цилиндра абразивным инструментом

После растачивания отверстия опытный образец устройства устанавливали на токарный станок с высотой центров 300 мм в резцедержатель или на место резцедержателя и подключали электродвигатель привода абразивного круга. Вылет абразивного круга на опытном образце устройства - 600 мм. Минимальный диаметр отверстия, к которому применимо изготовленное устройство - 180 мм. Поскольку операции шлифования предшествует лезвийная обработка радиальное и торцевое биение полностью отсутствуют. Это позволяет оставлять минимальный припуск на последующий переход, т. к. исключается необходимость резервировать дополнительный слой межоперационного припуска, компенсирующего радиальное биение

после смены баз. Поэтому припуск на окончательную обработку может быть соизмеримым с высотой микронеровностей, полученных после лезвийной обработки, т. е. растачивания. В результате растачивания была получена поверхность с шероховатостью $R_a=3,2$ мкм.

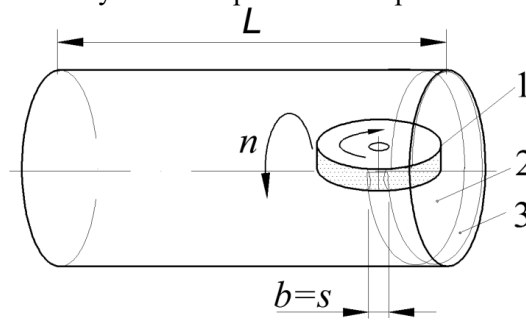


Рис. 2. Схема обработки отверстия цилиндра абразивным инструментом: 1 – войлочный круг с наклеенным абразивным порошком; 2- обрабатываемый цилиндр; 3 – шлифованная полоса; b – ширина пятна контакта; s – подача; n – частота вращения детали; L – длина детали

Режим абразивной обработки (рис. 2): скорость резания $V = 750$ м/мин (12 м/с); продольная подача $S = 2$ мм/об; частота вращения заготовки 50 мин⁻¹; фактическая глубина шлифования $t_{факт} = 2$ мкм. Следует учитывать, что глубина шлифования устанавливалась в виде прижима абразивного круга с натягом по отношению к обрабатываемой поверхности, равным 2 - 5 мм. Взаимосвязь между величиной натяга и фактической глубиной резания (шлифования) показана на рис. 3.

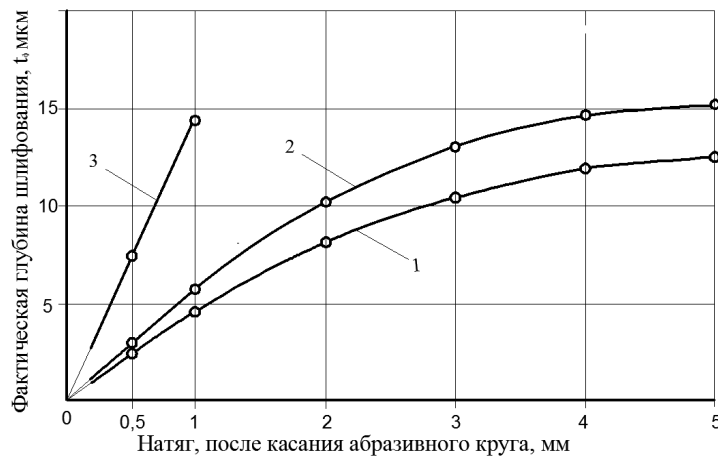


Рис. 3. Зависимость фактической глубины шлифования от установленной величины натяга, после касания абразивного круга: 1 – войлочный круг; 2 – фетровый круг; 3 – круг на вулканитовой связке

В результате абразивной обработки за один рабочий ход диаметр отверстия увеличивался на 2 – 4 мкм, что, в основном, соответствует сглаживанию обработочных рисок, образовавшихся после растачивания.

При предварительном подборе зернистости абразивного материала руководствовались следующими ограничениями: применение зернистости до F100 (по FEPA) сопровождается интенсивным засаливанием рабочей поверхности круга, а крупнозернистый абразив F24 и более в процессе обработки оставляет заметные обработочные риски и относительно быстро выкрашивается с поверхности войлочного круга. Таким образом, выбрана промежуточная фракция, т. е. применена зернистость абразивного материала F40.

Принятая скорость шлифования выбрана максимально возможной с учетом прочности войлочного материала при воздействии центробежной силы, а также с учетом стандартной частоты вращения асинхронного двигателя – 1400 об/мин. Диаметр войлочного круга выбран максимальным, вписывающимся в обрабатываемое отверстие, его диаметр 175 мм.

В результате обработки войлочным кругом с наклеенным порошком карбида кремния зеленого зернистостью F40 за один рабочий ход получена шероховатость $R_a=1,25$ мкм, а после

второго рабочего хода $R_a = 0,63$ мкм. Дальнейшая обработка, т. е. следующий рабочий ход осуществлялся с нанесением на периферию войлочного круга пасты ГОИ, в результате чего получена зеркальная поверхность.

Известно, что шероховатость поверхности измеряют в направлении, перпендикулярном направлению обработочных рисок. Однако в связи с тем, что очередной технологический переход выполняется инструментом, который оставляет обработочные следы, перпендикулярные предыдущему переходу, которым является растачивание и их направление совпадает с направлением движения поршня, то в соответствии функциональным назначением поверхности, шероховатость поверхности целесообразно измерять в направлении движения поршня.

Благодаря такому направлению обработочных следов, полностью исчезла необходимость прохождения периода приработки поршня с цилиндром на малых оборотах, например, двигателя внутреннего сгорания, компрессора, насоса и др.

Преимуществом метода является и то, что в процессе обработки не возникают вибрации детали и инструмента, особенно это важно при обработке тонкостенных цилиндров. С учетом этого свойства можно рассчитывать на значительное снижение металлоемкости проектируемых цилиндров, так как толщина их стенок, как правило, устанавливается при конструировании вместо расчетной, конструктивной с целью обеспечения жесткости в процессе обработки.

Перспективным является использование предлагаемой технологии для окончательной обработки внутренней поверхности гильз блока цилиндров двигателей внутреннего сгорания, так как толщина стенок в них должна быть расчетной, т. е. минимальной для скорейшей передачи тепла в охлаждающую жидкость зарубашечного пространства блока цилиндров.

Технология и устройство были применены при изготовлении пневмоцилиндров (диаметром отверстия 195 мм, длиной 400 мм), заготовкой послужила труба прокат 210, сталь 20. Восемь пневмоцилиндров с уплотнениями поршней резиновыми кольцами было установлено на автоматической линии ампулирования лекарственных средств, где они работают без ремонта на протяжении нескольких лет. Следует отметить, что сжатый воздух (0,4 МПа), перед подачей в пневмоцилиндр проходит подготовку в виде подмешивания в него масляного тумана.

Выводы. Предложенная технология внутреннего шлифования с применением мягкого войлочного круга с наклеенным абразивным порошком обладает следующими достоинствами:

- позволяет резко снизить высоту микронеровностей поверхности, полученную на предшествующей операции за счет изменения направления главного движения резания путем установления оси вращения шлифовального круга с индивидуальным приводом перпендикулярно оси вращения обрабатываемого отверстия цилиндра. В результате достигается изменение направления обработочных следов и тем самым обеспечивается увеличение срока службы уплотнений поршня;

- обеспечивает увеличение производительности окончательной обработки за счет снижения основного (машинного) времени, например, в сравнении с хонингованием;

- обеспечивает снижение трудоемкости обработки отверстия в целом за счет исключения необходимости переустановки заготовки и выверки на другом станке;

- обеспечивает возможность обработки цилиндров малой жесткости благодаря отсутствию вибраций из-за применения мягких абразивных кругов.

Перспективы дальнейшей работы в данном направлении. В дальнейших исследованиях необходимо провести экспериментальные исследования по оцениванию влияния различных характеристик мягких абразивных кругов на шероховатость обработанной поверхности. Это позволит разработать обобщающие практические рекомендации по совершенствованию существующей технологии внутреннего шлифования с точки зрения уменьшения шероховатости обработанной поверхности и повышения производительности обработки.

Информационные источники

1. Novoselov, Yu. K.: Dynamics of surface shaping in abrasive processing (LAP LAMBERT Academic Publishing. Saarbrücken, Deutschland, P.317 (2017)

2. Королев А.В. Исследование процессов образования поверхностей инструмента и детали при абразивной обработке / А.А. Королев. – Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 1975. – 212 с.

3. Якимов А. В. Оптимизация процесса шлифования / А. В. Якимов. – Москва: Машиностроение, 1975. – 175 с.

4. Физико-математическая теория процессов обработки материалов и технологии машиностроения / Под общ. ред. Ф.В. Новикова и А.В. Якимова. В десяти томах. – Т. 4. "Теория абразивной и алмазно-абразивной обработки материалов" – Одесса: ОНПУ, 2002. – 802 с.

5. Новиков Ф. В. Основы математического моделирования технологических процессов механической обработки: монография / Ф. В. Новиков. – Д. : ЛІРА, 2018. – 400 с.

6. Качество поверхности при алмазно-абразивной обработке / Э.В. Рыжов, А.А. Сагарда, В.Б. Ильицкий, И.Х. Чеповецкий. – К.: Наук. думка, 1979. – 244 с.

7. Сергеев О. С. Теоретичний аналіз технологічних можливостей зменшення шорсткості поверхні при абразивній обробці / О. С. Сергеев, О. О. Анділахай // Вісник Приазовського державного технічного університету: зб. наук. праць. Вип. 39. – Маріуполь: ДВНЗ «Приазов. держ. техн. ун-т», 2019. – С 86–93. – (Технічні науки). – Режим доступу: DOI: 10.31498/2225-6733.38.2019.

Сергеев А. С., Анділахай В. А., к. т. н.
ДВНЗ «ПДТУ», м. Маріуполь, Україна

ВИСОКОЕФЕКТИВНА ТЕХНОЛОГІЯ ФІНІШНОЇ ОБРОБКИ ОТВОРІВ ЦИЛІНДРІВ

Запропоновано технологію внутрішнього шліфування циліндрів із застосуванням м'якого повстяного круга з наклеєним абразивним порошком, що дозволяє різко знизити висоту мікронерівностей поверхні, отриману на попередній операції розточування за рахунок зміни напрямку головного руху різання шляхом встановлення осі обертання шліфувального круга з індивідуальним приводом перпендикулярно осі обертання оброблюваного отвору циліндра. В результаті змінюється напрямок оброблювальних слідів і тим самим забезпечується збільшення терміну служби ущільнень поршнів (штоків) в процесі роботи пневмо- і гідроциліндрів, компресорів, двигунів внутрішнього згорання. Пропонована технологія внутрішнього шліфування забезпечує збільшення продуктивності фінішної обробки за рахунок зниження основного (машиного) часу, наприклад, в порівнянні з хонінгуванням. Досягається зниження трудомісткості обробки отвору в цілому за рахунок виключення необхідності переустановлення заготовки та вивірки на іншому верстаті. Забезпечується можливість обробки циліндрів малої жорсткості завдяки відсутності вібрацій через застосування м'яких абразивних кругів.

Ключові слова: внутрішнє шліфування, м'який повстяний круг, абразивний порошок, розточування, шорсткість поверхні, продуктивність обробки

Serhieiev A. S., Andilakhai V. A., Ph.D.
Higher educational institution "PDTU", Mariupol, Ukraine

HIGH EFFICIENCY FINISHING TECHNOLOGY CYLINDER HOLE

A technology has been proposed for internal grinding of cylinders using a soft felt wheel with glued abrasive powder, which can sharply reduce the surface microroughness obtained in the previous boring operation by changing the direction of the main cutting movement by setting the axis of rotation of the grinding wheel with an individual drive perpendicular to the axis of rotation of the cylinder bore. As a result, the direction of the processing traces changes, thereby increasing the service life of the piston seals (rods) during operation of the pneumatic and hydraulic cylinders, compressors, and internal combustion engines. The proposed internal grinding technology provides an increase in the productivity of the final processing by reducing the main (machine) time, for example, in comparison with honing. Achieving a reduction in the complexity of processing the hole as a whole by eliminating the need to reinstall the workpiece and alignment on another machine. It provides the possibility of processing cylinders of low rigidity due to the absence of vibrations due to the use of soft abrasive wheels.

Keywords: internal grinding, soft felt wheel, abrasive powder, boring, surface roughness, processing performance