

Ф.В. НОВИКОВ, докт. техн. наук, ХНЭУ, Харьков;
И.А. РЯБЕНКОВ, канд. техн. наук, ГП ХМЗ ”ФЭД”, Харьков;
А.Г. КРЮК, канд. техн. наук, ХНЭУ, Харьков.

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНЫХ ВАРИАНТОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ВЫСОКОТОЧНЫХ ДЕТАЛЕЙ

Введение. Изготовление деталей гидро- и топливорегулирующей аппаратуры требует обеспечения высоких показателей точности и качества обрабатываемых поверхностей при одновременном обеспечении высокой производительности обработки. Однако, выполнить стабильно эти требования весьма сложно в силу повышенных физико-механических свойств обрабатываемых материалов и значительных силы и температуры резания, возникающих при механической (лезвийной и абразивной) обработке. Поэтому поиск путей снижения силовой и тепловой напряженностей процесса резания является актуальной задачей, требующей применения новых прогрессивных износостойких и производительных режущих инструментов и современных высокооборотных станков с ЧПУ.

Анализ последних достижений и литературы. В работах [1, 2] обоснованы основные направления повышения эффективности технологий механической обработки высокоточных деталей. Важнейшим из них является применение новых прогрессивных лезвийных и абразивных инструментов и современных высокооборотных станков типа “обрабатывающий центр” с ЧПУ. Однако, для их эффективной эксплуатации необходимо правильно выбирать рациональные режимы резания, характеристики инструментов и другие условия обработки, что требует проведения специальных экспериментальных и теоретических исследований.

Цель работы, постановка проблемы. Целью работы является обоснованный выбор оптимальных вариантов механической обработки высокоточных деталей гидроаппаратуры, включая рациональные режимы резания, характеристики лезвийных и абразивных инструментов и другие условия обработки.

Материалы исследования. Как показывает практика, добиться высоких показателей точности и качества обрабатываемых поверхностей деталей гидроаппаратуры при одновременном повышении производительности обработки весьма сложно [3, 4]. Операции механической обработки данных деталей, как правило, характеризуются высокой трудоемкостью и требуют применения новых более совершенных технологий. В особой мере это относится, например, к операции нарезания зубьев на корпусной детали привода генератора, изготовленной из стали 16ХЗНВФМБ-Ш твердостью HRC 24–30. К точности нарезания зубьев детали предъявляются высокие требования: допуск на профиль – 0,018 мм; допуск на погрешность направления зуба – 0,009 мм. Процесс нарезания зубьев осуществляется методом обката на

зубодолбежном станке “LORENZ” с применением долбяка из быстрорежущей стали P18. Основным недостатком действующей технологии обработки – высокий расход инструментов. Так, на обработку одной детали расходуется в среднем один долбяк. С целью повышения стойкости инструментов на их рабочие поверхности на установке Булат-6 наносились износостойкие покрытия различных типов. Как показали проведенные экспериментальные исследования, наибольший эффект достигался при использовании покрытия на основе нитрида молибдена. Стойкость долбяка с износостойким покрытием увеличилась в 5 – 7 раз, а время нарезания зубьев на детали уменьшилось с 120 до 90 минут. Требуемые параметры точности обработки обеспечивались в процессе последующей притирки чугуном притиром на токарном станке. Контроль параметров точности обработки осуществлялся на современной измерительной машине “WENZEL”. Таким образом, нанесение на рабочие поверхности долбяка износостойкого покрытия позволило многократно повысить его стойкость, а также увеличить производительность обработки, что резко сократило затраты на инструмент.

Несовершенной при механической обработке деталей гидроаппаратуры также является технология круглого наружного шлифования вал-шестерни, изготовленной из стали 16X3НВФМБ-Ш твердостью HRC₃, 26–34, поскольку требуется стабильно обеспечить достаточно высокие показатели шероховатости обработки: цилиндрической поверхности – $R_a=0,63$ мкм и торцевой поверхности – $R_a=0,16$ мкм. Однако шлифование абразивным кругом ПП 600x80x305 14А 25С не обеспечивало требуемые показатели, что приводило к значительным потерям от брака. С целью повышения эффективности обработки на данной операции было предложено использовать высокоскоростное шлифование на современном станке “Studer” (производства Швейцарии) при одновременной обработке наружной цилиндрической и торцевой поверхностей с частотой вращения круга – 1300 об/мин и подачей – 0,15 мм/мин. В результате проведенных экспериментальных исследований установлено, что наилучшие результаты были получены при шлифовании абразивным кругом ПП 500x50x203 54А 120 Н8 (белый электрокорунд высокого качества) производства Швейцарии. При этом стабильно обеспечивалась шероховатость поверхности $R_a=0,16$ мкм и конусность – 0,002 мм (на диаметре обрабатываемой детали 14,3 мм).

Применение современного шлифовального станка “Studer” позволило также решить сложную задачу повышения качества обработки при внутреннем шлифовании деталей типа шестерня, изготовленных из стали 16X3НВФМБ-Ш, после цементации обрабатываемых поверхностей (твердость HRC 59-61). К точности обработки отверстий предъявляются высокие требования: допуск на овальность и конусообразность поверхностей составляет 0,002 мм, а допуск на выпуклость образующих – 0,003 мм. Традиционно данная операция внутреннего шлифования выполняется с применением абразивных кругов ЧК 50x25x13 25А 25СМ и ПП 40x10x13 25А 25СМ. Обеспечивается шероховатость поверхности на уровне 7-8 классов чистоты. Режим шлифования: частоты вращения обрабатываемой детали и шлифовального круга соответственно

равны 600 об/мин и 7000 об/мин. Производится съём припуска 0,2–0,3 мм на сторону. Для достижения требуемого 10 класса чистоты используется последующая трудоемкая операция притирки алмазной пастой АСМ НОМГ 14/10, затем зернистостью 10/7.

При осуществлении данной операции внутреннего шлифования на станке “Studer” был применен абразивный круг ЧК 50x25x13 92А 25СМ (производство Словении). Он обеспечивал стабильное получение шероховатости поверхности на уровне 9 класса чистоты. Это значительно снизило трудоемкость последующей операции притирки алмазной пастой до получения шероховатости поверхности $R_a=0,16$ мкм (10 класс чистоты). Применяемый режим шлифования: скорость детали – 0,6 м/с, частота вращения круга – 8000 об/мин, подача (скорость врезания) – 0,11 мм/мин и глубина врезания – 0,005...0,02 мм. В процессе шлифования производилась автоматическая правка абразивного круга.

Значительные успехи достигнуты при обработке высокоточных отверстий, трудоемкость изготовления которых в общем технологическом цикле изготовления данного класса деталей составляет более 50 %. Например, благодаря применению прогрессивного метода высокоскоростного расфрезерования отверстий удалось многократно повысить производительность при обеспечении высокой точности и качества обрабатываемых поверхностей, исключить традиционно применявшиеся менее эффективные операции растачивания и последующей абразивной обработки и тем самым снизить трудоемкость. Этот метод обработки подобен внутреннему шлифованию, т.к. диаметр фрезы меньше диаметра обрабатываемого отверстия. Однако, в отличие от внутреннего шлифования выделяющееся при резании тепло в основном уходит в образующиеся стружки, в обрабатываемую деталь поступает небольшое количество тепла, что обеспечивает высокое качество обработки. Эффект обеспечивается как при обработке отверстий в деталях из высокопрочных сталей, так и в деталях из высокотвердых магнитных сплавов АНКО-3А и ЮНКД-18, характеризующихся высокой хрупкостью и образованием значительных сколов при традиционной лезвийной обработке. Так, установлено, что при использовании высокоскоростной твердосплавной борфрезы образующиеся в процессе обработки микросколы (на входе и выходе из отверстия) становятся значительно меньше, чем при растачивании твердосплавным резцом, а это позволяет обеспечить требования по качеству обработки, чего ранее не достигалось на операции растачивания. Необходимо отметить, что применение внутреннего шлифования, позволяющего уменьшить величину микросколов до требуемого уровня, в этом случае не эффективно, поскольку приходится удалять значительные припуски – 0,8 мм на сторону, а это ведет к резкому снижению производительности обработки.

Результаты исследований. Применение новых конструкций сверл и метчиков (изготовленных из новых марок твердых сплавов, в том числе зарубежного производства, характеризующихся повышенными значениями твердости, прочности и износостойкости) позволило успешно решить сложные проблемы глубокого сверления отверстий небольшого диаметра (4 мм и менее)

и нарезания в них качественной резьбы. При этом достигнуто увеличение в 2 – 3 раза скорости резания и более чем в 10 раз стойкости инструментов. Так, применение сверла диаметром 4 мм, изготовленного из нового твердого сплава взамен традиционного твердосплавного сверла, при глубоком сверлении сплава ВКМ (твердостью HRC_Э 39 – 42) позволило обработку производить с частотой вращения шпинделя станка 1100 – 1200 об/мин, тогда как по действующей технологии – 500 – 600 об/мин. При этом одним сверлом можно обработать 50 – 60 отверстий, тогда как по действующей технологии – не более 10 отверстий.

Применение метчика М6, изготовленного из твердого сплава с новыми характеристиками, позволило увеличить с 40 – 50 до 500 – 600 количество обработанных деталей (из нержавеющей стали 14Х17Н2 твердостью HRC_Э 26 – 34) с качественно нарезанной внутренней резьбой. Применявшиеся ранее на этой операции метчики из быстрорежущей стали Р18 преждевременно выходили из строя в результате поломок. При этом обеспечено увеличение частоты вращения шпинделя станка с 53 до 111 об/мин.

Установлено, что значительными резервами повышения эффективности изготовления высокоточных деталей располагает электроэрозионная обработка. Так, по действующей технологии фрезерование пазов и лысок с их последующим шлифованием на плоскошлифовальном станке не обеспечивались стабильно требования по точности обработки. Применение современного электроэрозионного станка модели AQ327L позволило все указанные операции фрезерования и шлифования выполнить в одну операцию за 4 прохода с обеспечением требований по точности обработки. Таким образом, лишь кардинально решая проблему обработки высокоточных деталей, можно в ряде случаев обеспечить выполнение высоких требований на обработку.

Выводы. В результате проведенных исследований установлено, что применение современных режущих инструментов и высокооборотных станков с ЧПУ позволяет кардинально решить проблему повышения эффективности обработки деталей гидроаппаратуры в плане улучшения качества обрабатываемых поверхностей, снижения себестоимости и повышения производительности обработки.

Список литературы: 1. *Фадеев В.А.* Наукові основи вибору структури та параметрів технологічних систем механічної обробки високоточних деталей: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня докт. техн. наук: спец. 05.02.08 “Технологія машинобудування” / *В.А. Фадеев.* – Харків, 2008. – 36 с. 2. *Лурье Г.Б.* Шлифование металлов / *Г.Б. Лурье.* – М.: Машиностроение, 1969. – 197 с. 3. Физико-математическая теория процессов обработки материалов и технологии машиностроения / Под общ. ред. *Ф.В. Новикова и А.В. Якимова.* В десяти томах. – Т. 1. “Механика резания материалов” – Одесса: ОНПУ, 2002. – 580 с. 4. *Рябенков І.О.* Підвищення ефективності фінішної обробки деталей гідроапаратури на основі вибору раціональної структури і параметрів операцій: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.02.08 “Технологія машинобудування” / *І.О. Рябенков.* – Одеса, 2009. – 21 с.

Надійшла до редколегії 29.10.2013р.