

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБРАБОТКИ ОТВЕРСТИЙ И ДУГОВЫХ ПАЗОВ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО ФРЕЗЕРОВАНИЯ

Новиков Ф.В., Рябенков И.А., Ковальчук А.Н., Иванов Е.И.

(ХНЭУ, г. Харьков, Украина)

Введение

В современных машинах и системах широко используется гидроаппаратура, составляющая основу командоаппаратов и исполнительных механизмов. Создание высоких давлений и обеспечение заданной гидроплотности требуют высококачественного изготовления деталей гидроаппаратуры, особенно деталей пар трения, которые работают в условиях интенсивного трения и износа [1]. Однако, как показывает производственный опыт, выполнить высокие требования по качеству и точности обработки указанных деталей весьма сложно, т.к. они изготовлены из материалов с повышенными физико-механическими характеристиками, и их обработка сопряжена с образованием значительных погрешностей и температурных дефектов на обрабатываемых поверхностях. Это относится к трудоемким операциям обработки высокоточных глухих и сквозных отверстий, а также дуговых пазов в деталях, изготовленных из закаленных сталей 7ХГ2ВМФ и 20Х3МВФ. Поэтому актуальной задачей по-прежнему является поиск новых технологических решений по повышению качества, точности и производительности обработки, основанных на научно-обоснованном выборе рациональной структуры и параметров операций. В работах [2, 3] приведены примеры эффективного применения технологий абразивной и лезвийной обработок деталей гидроаппаратуры на финишных операциях, в частности, показана перспективность использования высокоскоростного фрезерования. Однако, для широкого внедрения в производство данных методов обработки необходимо знание их технологических возможностей в плане обеспечения параметров качества, точности и производительности обработки отверстий. В связи с этим целью работы является обоснование технологических закономерностей формирования параметров точности и качества обработки отверстий и дуговых пазов и определение наиболее эффективных методов их обработки.

Основное содержание работы

К наиболее массовым и трудоемким операциям изготовления деталей гидроаппаратуры следует отнести операции обработки точных глухих отверстий (диаметром 10,6 мм и длиной 26 мм) под цилиндры гидронасосов, выполненные из закаленной стали 7ХГ2ВМФ твердостью HRC 51...56. Особенностью глухих отверстий является то, что у доньшка они имеют кольцевую канавку (карман) шириной 2,5 мм. При этом требуется обеспечить отклонение от цилиндричности отверстия – 0,01 мм, точность размера – $\varnothing 10,6^{+0,07}$ мм, шероховатость поверхности – $R_a = 0,63$ мкм.

Согласно действующей технологии, предварительно глухие отверстия растачиваются. Затем производится их алмазное хонингование со съемом припуска 0,04...0,05 мм. В результате достигается погрешность размера отверстия – 0,02 мм, конусность – 0,03 мм. У доньшка глухого отверстия на длине 5...7 мм заметно уменьшается съем металла при хонинговании. Это связано с тем, что в нижней части отверстия время контакта алмазных брусков с обрабатываемым металлом меньше, чем в средней части. Чем больше снимаемый припуск, тем больше конусность отверстия. Попытки уменьшения конусности за счет введения режима короткого хонингования у доньшка отверстия не привели к положительным результатам. Конусность уменьшилась всего с 0,03 до 0,02 мм, чего, очевидно, не достаточно. При этом наблюдался интенсивный износ алмазных брусков. В связи с этим возникает трудноразрешимая задача обеспечения заданного отклонения от цилиндричности отверстия, что требует применения новых более эффективных технологий финишной механической обработки отверстий.

С целью определения возможностей замены малоэффективной технологии обработки глухих отверстий, включающей растачивание и последующее алмазное хонингование, были проведены экспериментальные исследования высокоскоростного фрезерования глухих отверстий твердосплавными концевыми фрезами на современном высокооборотном станке с ЧПУ модели "Pisomax 60". Станок обеспечивает движение фрезы по контуру, описывающему окружность с заданным радиусом, т.е. обеспечивает "расфрезеровывание" отверстия с круговой подачей S . При этом одновременно осуществляется вертикальная подача. Данная схема обработки фактически соответствует схеме круглого внутреннего продольного шлифования.

В результате экспериментальных исследований установлено, что с увеличением частоты вращения фрезы n количество обработанных отверстий N одной фрезой из твердого сплава ВК8 увеличивается (рис. 1). Отклонение от цилиндричности отверстия δ уменьшается, принимая при $n=8000$ об/мин значения меньше 0,01 мм, а параметр шероховатости обработки R_a стабильно изменяется в пределах 0,63 мкм. Это полностью удовлетворяет требованиям, предъявляемым к финишной обработке рассматриваемых отверстий, т.е. после сверления для получения требуемых геометрических параметров отверстия достаточно применить лишь его высокоскоростное фрезерование, что является принципиально новым направлением в механообработке.

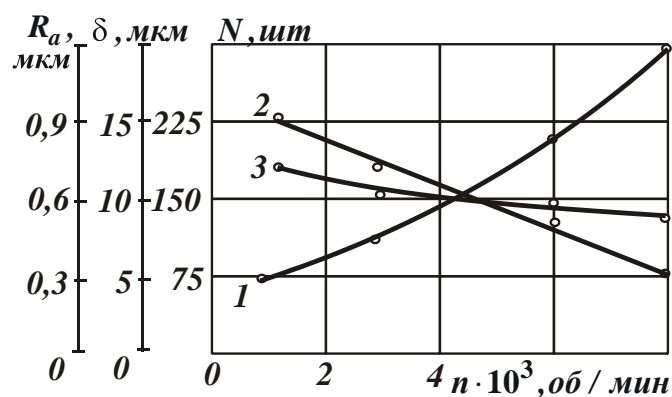


Рис. 1. Влияние частоты вращения фрезы n на количество обработанных одной фрезой отверстий N (1), отклонение от цилиндричности отверстия δ (2), параметр шероховатости обработки R_a (3): глубина резания $t=0,15$ мм; круговая подача $S=0,25$ мм/об; вертикальная подача – 125 мм/мин; снимаемый припуск – 0,3 мм.

Увеличение скорости вращения фрезы, как следует из рис. 1, ведет к повышению стойкости фрезы. С физической точки зрения это означает, что в механизме износа фрезы преобладает механический фактор, обусловленный уменьшением толщины среза. В противном случае, т.е. при преобладании температурного фактора, стойкость фрезы уменьшалась бы с увеличением скорости резания [3, 4].

Экспериментально установлено, что на обработанных поверхностях отсутствуют прижоги и другие температурные дефекты, которые традиционно образуются при шлифовании. Микротвердость обработанных отверстий с увеличением частоты вращения фрезы n незначительно отличается от исходной микротвердости (до обработки). Так, с увеличением частоты вращения фрезы в пределах 1000...8000 об/мин микротвердость H_{100} обработанного отверстия уменьшается от 2300 до 1900 МПа, рис. 2. Это незначительно отличается от исходной микротвердости 2450 МПа, что свидетельствует о преобладании в механизме формирования параметров качества обработки силового фактора и незначительной роли теплового фактора. Глубина нарушенного поверхностного слоя составляет всего 30...40 мкм, что соизмеримо с толщиной среза зубом фрезы. Следовательно, при фрезеровании с увеличенными скоростями резания можно обеспечить

высококачественную обработку без наличия температурных дефектов. Таким образом, в работе обоснована эффективность применения высокоскоростного фрезерования для финишной обработки высокоточных отверстий, что позволяет совместить предварительную и окончательную обработку в одну операцию и исключить из технологического процесса такие операции как растачивание и алмазное хонингование глухих отверстий.

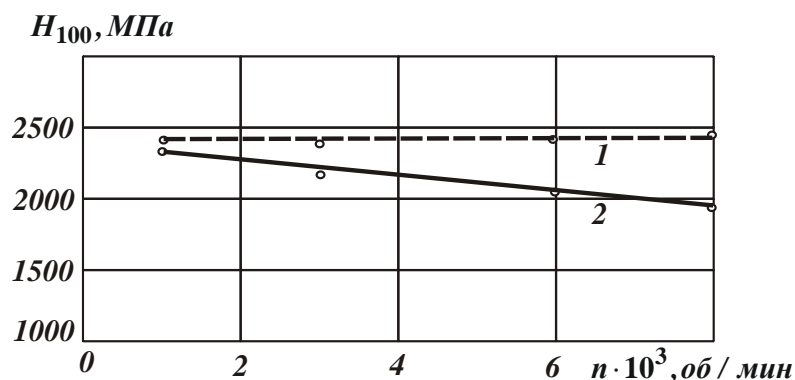


Рис. 2. Влияние частоты вращения фрезы n на микротвердость H_{100} обработанного отверстия в детали: 1 – микротвердость до обработки; 2 – микротвердость после обработки; глубина резания $t=0,15$ мм; круговая подача $S=0,25$ мм/об; вертикальная подача – 125 мм/мин; снимаемый припуск – 0,3 мм.

Произведена оценка возможностей использования высокоскоростного фрезерования для финишной обработки дуговых пазов шириной 2,5...5,0 мм в деталях из закаленных сталей твердостью HRC 51...56. Первоначально были проведены исследования обычного фрезерования дуговых пазов с применением концевых двухсторонних фрез $\varnothing 4,6$ мм с напайными пластинками из твердого сплава ВК8 толщиной $h=1,0$ мм и $h=1,4$ мм. Производилась обработка детали с девятью дуговыми пазами с частотой вращения фрезы $n=2800$ об/мин. Установлено, что при обработке фрезами с толщиной твердосплавной пластинки $h=1,0$ мм происходило разрушение их режущей части. В результате двумя испытываемыми фрезами удалось обработать пазы всего в двух деталях ($N=2$). При обработке фрезами с толщиной твердосплавной пластинки $h=1,4$ мм разрушения их режущей части не наблюдалось, имело место затупление лезвий инструмента. При этом пятью испытываемыми фрезами была обработана 31 деталь ($N=31$). Следовательно, увеличение толщины твердосплавной пластинки с 1 до 1,4 мм позволяет увеличить ресурс работы фрезы. Далее, на современном заточном станке с ЧПУ модели “Gemini” была изготовлена монолитная концевая двухсторонняя фреза из твердосплавной заготовки SGS30M060310M (производства Германии) длиной 350 мм и диаметром 6 мм. Фрезерование данной фрезой позволило качественно обработать все пазы девяти деталей (частота вращения фрезы $n=2800$ об/мин), рис. 3.

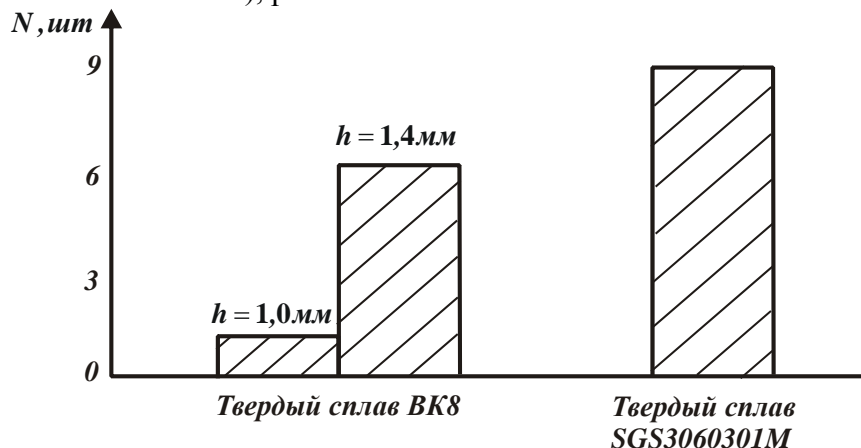


Рис. 3. Влияние характеристик твердого сплава на количество обработанных одной фрезой деталей N .

Были проведены экспериментальные исследования процесса фрезерования на высокооборотном станке с ЧПУ модели “Pisomax 60” при обработке деталей из нержавеющей стали с четырьмя дуговыми пазами шириной 2,5 мм и длиной 18 мм. Обработка производилась концевой фрезой из твердого сплава BK8 и фрезой SSE2025-QPC220F производства фирмы “KORLOY”. Частота вращения фрезы варьировалась в пределах $n = 2800 \dots 8000$ об/мин. Подача устанавливалась равной $S = 30$ мм/мин, а снимаемый припуск составлял 0,3 мм. Установлено, что с увеличением частоты вращения фрезы ее стойкость, выраженная в количестве обработанных деталей N , увеличивается более интенсивно при обработке фрезой фирмы “KORLOY”.

Необходимо отметить, что традиционно обработку дуговых пазов осуществляли на вертикально-фрезерном станке с ЧПУ модели КФПЭ-250Н2. Предварительная обработка выполнялась фрезой $\varnothing 2,4$ мм, изготовленной из твердого сплава BK8, а окончательная обработка – фрезой $\varnothing 2,6$ мм с режимами резания $n = 1400$ об/мин, $S = 20$ мм/мин, снимаемый припуск – 0,2 мм. При ширине паза 5 мм машинное время предварительной и окончательной обработки одной детали составляет 2,5 часа. При этом имеет место достаточно интенсивное затупление фрез, что приводит к их частым переточкам. На основе проведенных экспериментальных исследований установлено, что переход от обычного к высокоскоростному фрезерованию позволяет существенно повысить стойкость фрез. Например, при фрезеровании с $n = 8000$ об/мин стойкость фрез, оснащенных твердым сплавом BK8, возросла в 2,5 раза, а фрез из твердосплавных заготовок SGS30M060310M – в 3,4 раза. Установлено также, что время предварительной и окончательной обработки одной детали составляет 0,8 часа, т.е. по сравнению с обычным фрезерованием оно сократилось приблизительно в 3 раза. Значительно уменьшилось количество поломок фрез. Погрешность обработки (отклонение от цилиндричности отверстия δ) не превышает 0,01 мм. Следовательно, фрезерование на станке с ЧПУ модели “Pisomax 60” позволяет повысить производительность и качество обработки пазов, уменьшить расход режущих инструментов и затраты, связанные с их частой переточкой.

На основе полученных результатов разработана и внедрена в основное производство ГП Харьковский машиностроительный завод “ФЭД” эффективная технология высокоскоростного фрезерования глухих отверстий и дуговых пазов шириной 2,5...5,0 мм в деталях из закаленных сталей твердостью HRC 51...56, применение которой позволило решить сложные задачи по повышению качества, точности и производительности обработки ответственных деталей гидроаппаратуры авиационного назначения.

Выводы

Проведены экспериментальные исследования параметров качества, точности и производительности обработки при высокоскоростном фрезеровании глухих отверстий и дуговых пазов шириной 2,5...5,0 мм в деталях из закаленных сталей твердостью HRC 51...56, позволившие выявить потенциальные возможности этого прогрессивного метода обработки. Установлено, что при высокоскоростном фрезеровании в отличие от процессов шлифования на обработанных поверхностях отсутствуют температурные дефекты, а микротвердость обработанной детали фактически соответствует исходной микротвердости. Это связано с небольшим трением в зоне резания. При этом обеспечивается высокая точность обработки отверстий – отклонение от цилиндричности изменяется в пределах 0,01 мм, чего не достигалось ранее по действующей технологии, включающей растачивание и последующее алмазное хонингование отверстий. Имеет место также увеличение в 2,5 раза производительности обработки и в 4 раза стойкости концевых фрез. На этой основе разработаны эффективные операции высокоскоростного фрезерования твердосплавными

концевыми фрезами глухих отверстий и дуговых пазов шириной 2,5...5 мм в деталях из закаленных сталей на современных высокооборотных станках с ЧПУ типа "Pisomax 60".

Список литературы: 1. Технология машиностроения: Учебник / А.В. Якимов, В.Н. Царюк, А.А. Якимов, Г.А. Оборский, В.П. Ларшин, А.В. Самойленко. – Одесса: "Астропринт", 2001. – 602 с. 2. Яценко С.М. Повышение эффективности технологии финишной обработки деталей пар трения поршневых насосов: Автореф. дис...канд. техн. наук: 05.02.08 / Одесский нац. политехн. ун-т, Одесса, 2006. – 21 с. 3. Мануйленко В.М. Условия эффективного применения высокоскоростной обработки // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. – Харків: ХНТУСГ – 2007. – Вип. 61. – С. 279-283. 4. Новиков Ф.В., Рябенков И.А. Физические условия осуществления процессов высокоскоростного резания и глубинного шлифования // Современные инструментальные системы, информационные технологии и инновации. – Материалы V Международной научно-технической конференции: Курск. гос. техн. ун-т. Курск, 2007. – С. 179-185. 5. Новиков Ф.В., Рябенков И.А. Расчет температуры шлифования и глубины ее проникновения в поверхностный слой обрабатываемой детали // Восточно-европейский журнал передовых технологий, №1/2 (31), 2008. – С. 9-12.