

**Ф.В. Новиков, В.И. Полянский**

*Харьковский национальный экономический университет (Украина)*

**И.А. Рябенков, В.С. Дерябин**

*ГП "Харьковский машиностроительный завод "ФЭД" (Украина)*

### **Условия повышения качества и производительности обработки отверстий в деталях гидравлической аппаратуры**

*Приведены результаты теоретических и экспериментальных исследований высокоскоростной обработки отверстий в деталях гидроаппаратуры.*

Детали гидроаппаратуры, получившие широкое применение в машиностроении, являются наиболее сложными в изготовлении, т.к. требуют высококачественной обработки в них большого количества разнообразных по конструктивному исполнению отверстий. Перспективным направлением решения данной проблемы является применение высокоскоростной обработки на современных высокооборотных станках с ЧПУ, позволяющей резко повысить производительность и качество обработки [1-3]. Вместе с тем, технологические закономерности высокоскоростной обработки изучены недостаточно, что требует проведения теоретических и экспериментальных исследований. В связи с этим теоретически оценим эффективность применения высокоскоростной обработки применительно к процессу высокоскоростного расфрезеровывания отверстия в кольце (рис. 1). В данном случае фреза совершает вращательное и поступательное (вдоль отверстия) движения, а обрабатываемое кольцо – вращательное движение. Фреза устанавливается со смещением относительно оси отверстия, обеспечивая требуемую глубину резания  $t$ . Съём припуска производится, по сути, по схеме торцевого фрезерования. Расчетами определена толщина среза

$$a = \frac{\pi \cdot D_{дет} \cdot n_{дет}}{z \cdot n_{фр}} \cdot 2 \cdot \sqrt{\frac{t}{D_{фр}}}, \quad (1)$$

где  $D_{дет}$ ,  $D_{фр}$  – диаметры обрабатываемого отверстия и фрезы, м;  
 $n_{дет}$ ,  $n_{фр}$  – частоты вращения обрабатываемой детали (кольца) и

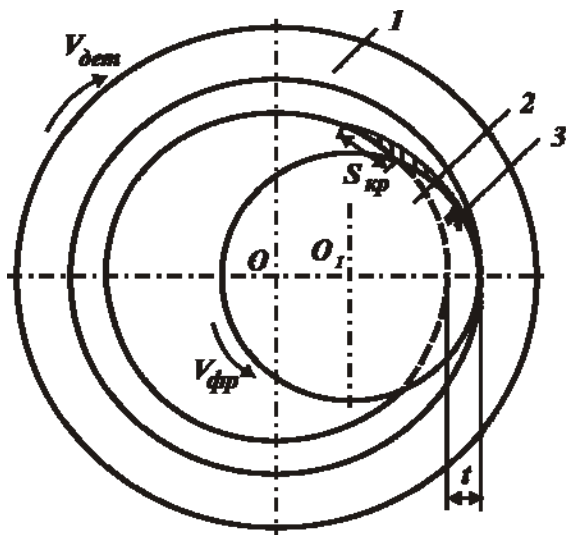


Рис. 1. Расчетная схема расфрезеровывания отверстия: 1 – обрабатываемое кольцо; 2 – фреза; 3 – зуб фрезы

ны, при заданной производительности обработки за счет увеличения  $n_{фр}$  можно существенно уменьшить толщину среза  $a$ , что предопределяет уменьшение силы резания и повышение точности и качества обрабатываемых поверхностей.

Производительность обработки  $Q$  определяется зависимостью

$$Q = \pi \cdot D_{дет} \cdot t \cdot S_{прод} = \left( \frac{a \cdot z \cdot n_{фр}}{2 \cdot n_{дет}} \right)^2 \cdot \frac{D_{фр} \cdot S_{прод}}{\pi \cdot D_{дет}}. \quad (2)$$

Увеличить  $Q$  можно увеличением параметров  $n_{фр}$ ,  $S_{прод}$  и уменьшением  $n_{дет}$ . При этом параметры  $n_{фр}$  и  $n_{дет}$  в большей мере влияют на  $Q$ , чем продольная подача  $S_{прод}$ . Для сравнения определим толщину среза  $a$  при растачивании отверстия резцом с углом в плане  $\varphi=90^\circ$ :

$$a = \pi \cdot D_{дет} \cdot \frac{S_{прод}}{V_{дет}}. \quad (3)$$

В данную зависимость из параметров режима резания входят скорость детали  $V_{дет}$  и скорость продольной подачи  $S_{прод}$ , а глубина резания  $t$  – не входит. Следовательно, за счет увеличения  $t$  можно существенно увеличить  $Q$  без увеличения толщины среза  $a$  и соответственно износа инструмента.

фрезы, об/с;  $z$  – количество зубьев фрезы;  $S_{кр}$  – круговая подача кольца, приходящаяся на один зуб фрезы, м.

Как видно, из параметров режима резания на толщину среза  $a$  оказывают влияние параметры  $n_{дет}$ ,  $t$  и не оказывает влияния скорость продольной подачи  $S_{прод}$ . Следовательно, за счет увеличения  $S_{прод}$  появляется возможность существенно

увеличения производительности обработки  $Q$  без увеличения толщины среза  $a$  и соответственно износа инструмента. С другой стороны,

Сравнивая зависимости (1) и (2), видно, что расфрезеровывание отверстия располагает большими возможностями с точки зрения уменьшения толщину среза  $a$ . Производительность обработки при растачивании определяется  $Q = a \cdot V_{дет} \cdot t$ . В данном случае скорость детали  $V_{дет}$  необходимо увеличивать, тогда как при высокоскоростном расфрезеровывании отверстия, наоборот, ее необходимо уменьшать. Рассмотрим примеры практического использования высокоскоростной обработки.

1. Обработка отверстий во втулках из бронзы Бр 010С2Н3 твердостью  $НВ \geq 75$ , которые используются в качестве вставных гильз в блоках цилиндров гидроагрегатов. Предварительная обработка отверстий растачиванием твердосплавными резцами характеризуется низкими показателями точности и шероховатости ( $R_a = 2,5 \dots 1,25$  мкм) поверхностей, что требует применения последующих трудоемких операций рейберования (на основе пластического деформирования материала) и доводки текстолитовым притиром пастой КТ. С целью повышения эффективности обработки был проведен комплекс экспериментальных исследований процесса высокоскоростного растачивания отверстий в бронзовых втулках. Эксперименты проводились на современном высокооборотном обрабатывающем центре с ЧПУ мод. "Рисомах-60М". Деталь была неподвижна, вращался резец. Режимы резания: частота вращения  $n = 8000$  об/мин; продольная подача  $S = 0,02$  мм/об. В результате проведенных экспериментов установлено, что процесс высокоскоростного растачивания отверстий обеспечивает повышение качества обработки (шероховатость поверхности –  $R_a = 0,63$



Рис. 2. Общий вид рейберов.

мкм, рис. 3). Производительность обработки увеличена более чем в 3 раза. Это позволило уменьшить трудоемкость последующей операции рейберования более чем в 2 раза, поскольку требуемые параметры качества обработки формируются всего за 2 прохода рейбера (вместо 4-х проходов по действующей технологии).

Операция рейберования

выполняется двумя рейберами (рис. 2). Предварительное рейберование осуществляется аналогично процессу точного зенкерования. Рейбер имеет 6 режущих кромок и снимает припуск приблизительно 0,015 мм. Окончательное рейберование производится методом пластического деформирования аналогично выглаживанию. Припуск составляет приблизительно 0,0025 мм, в результате осуществляется процесс пластического упрочнения обрабатываемого материала (бронзы Бр 010С2Н3 твердостью  $HV \geq 75$ ). Рейбер изготавливается из твердого сплава ВК8 или из материала UF10 фирмы “ТАЕГУТЕС”. Режимы обработки при рейберовании: частота вращения  $n=260$  об/мин; продольная подача  $S=0,015$  мм/об; СОТС – АМГ10.

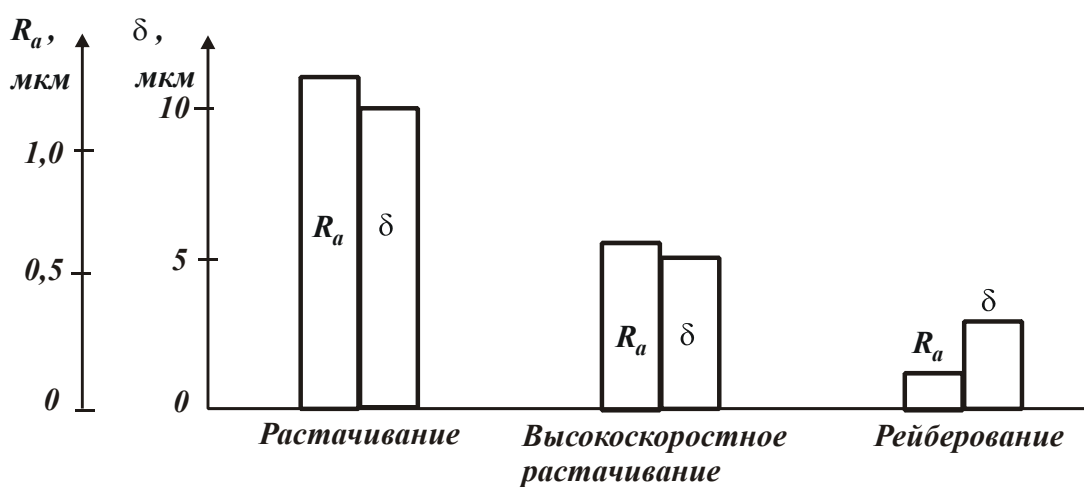


Рис. 3. Диаграмма распределения значений шероховатости поверхности  $R_a$  и погрешности обработки  $\delta$  после растачивания, высокоскоростного растачивания и рейберования отверстий в бронзовых втулках.

2. Обработка отверстий в корпусных деталях из материала АЛ9 на программных токарных станках – обрабатывающих центрах “SPINNER TC 600” и “SPINNER 825”. Технологический процесс обработки ступенчатых и резьбовых отверстий строится следующим образом: центрируется торец, сверлится отверстие  $\varnothing 9$  мм, подрезается торец, зенкеруется отверстие  $\varnothing 11^{+0,24}$  мм, растачивается отверстие  $\varnothing 14^{+0,035}$  мм (обеспечивается шероховатость поверхности  $R_a=0,8$  мкм), нарезается резьба М18х1,5, растачиваются канавки. Режимы резания:  $n=2000 - 8000$  об/мин,  $S=0,1 - 0,4$  мм/об. При этом стабильно обеспечивается шероховатость поверхности  $R_a=1,25 - 0,32$  мкм, чего ранее при обработке традиционными методами не достигалось. Эффект обработки обусловлен применением высоких скоростей резания и уменьшением припусков на чистовых проходах (благодаря исполь-

зованию прогрессивных конструкций инструментов). В результате производительность обработки увеличивается до 5 раз при одновременном увеличении качества обрабатываемых поверхностей.

3. С использованием традиционных методов фактически невозможной была обработка объемных кулачков, т.к. материал 95X18-Ш (твердостью HRC  $\geq 56$ ) не обрабатывался резанием из-за малых скоростей резания и низкой стойкости инструмента. Проблема была решена на основе применения обрабатывающего центра “HERMLE C 800U”, имеющем 5 степеней свободы. Обработка точного объемного контура выполняется фрезой  $\varnothing 5$  мм из твердого сплава H SBE 2050Q на оборотах  $n=12000$  об/мин и подаче  $S=190$  мм/об. За один проход удаляется припуск величиной 0,25 мм, обеспечивается шероховатость поверхности  $R_a=1,25$  мкм и точность обработки на уровне 9 качества. Высокоскоростное фрезерование объемных кулачков из труднообрабатываемого материала позволило исключить из технологического процесса малоэффективную операцию шлифования. Была оставлена лишь операция полирования объемного контура с целью снижения шероховатости поверхности. В итоге достигнуто снижение трудоемкости обработки в 2 – 3 раза.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Рябенков И.А. Разработка эффективных технологий финишной абразивной и лезвийной обработки с учетом температурного фактора // Труды 14-й Международной научно-технической конференции. Физические и компьютерные технологии. – Харьков: ХНПК “ФЭД”, 2008. – С. 125-132.

2. 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.

3. Теоретические основы резания и шлифования материалов: учеб. пособие / А.В. Якимов, Ф.В. Новиков, Г.В. Новиков, Б.С. Серов, А.А. Якимов. – Одесса: ОГПУ, 1999. – 450 с.