

при одновременном обеспечении заданной точности обработки и снижении износа круга при глубинном шлифовании.

**Список литературы:** 1. Технологія машинобудування: Підручник / О.В. Якимов, В.М. Царюк, О.О. Якимов, Г.О. Оборський, В.П. Ларшин, О.В. Самійленко. – Одеса: Астропринт, 2001. – 608 с. 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. Физико-математическая теория процессов обработки материалов и технологии машиностроения / Под общ. ред. Ф.В. Новикова и А.В. Якимова. В десяти томах. – Т. 7. "Точность обработки деталей машин" – Одесса: ОНПУ, 2004. – 546 с. 4. *Андилахай В.А.* Теоретический анализ взаимосвязи между производительностью и энергоемкостью обработки при шлифовании // Захист металургійних машин від поломок: Зб. наук. пр. – Вип. 11. – Маріуполь, 2009. – С. 36-41.

*Поступила в редколлегию 16.04.2010*

**УДК 621.923**

**Ф.В. НОВИКОВ** д-р. техн. наук, **О.С. КЛЕНОВ**,  
**И.А. РЯБЕНКОВ** канд. техн. наук, ХНЭУ, г. Харьков

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСЛОВИЙ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ ГИДРОАППАРАТУРЫ НА ФИНИШНЫХ ОПЕРАЦИЯХ**

Приведены результаты теоретических и экспериментальных исследований условий повышения качества обработки деталей гидроаппаратуры на финишных операциях шлифования.

Results theoretical and experimental researches of conditions of improvement of quality of machining of details of the hydroequipment on finishing operations of grinding are reduced

Современный уровень развития авиационной техники требует решения сложных технологических задач по обеспечению высокого качества и точности обработки ответственных деталей гидроаппаратуры, изготовленных из высокопрочных сталей твердостью HRC 60...64 [1, 2]. Так, при обработке сепаратора необходимо обеспечить плоскостность обработки – до 0,005 мм, шероховатость поверхности  $R_a=0,16$  мкм. При обработке плунжера необходимо обеспечить конусность и овальность – не более 0,003 мм, шероховатость поверхности – на уровне 11-го класса чистоты. Согласно действующего технологического процесса, финишная обработка торцевой поверхности сепаратора производится по схеме доводки абразивным порошком, однако при этом не обеспечивается требуемая плоскостность вокруг всех 9-ти отверстий и наружной кромки сепаратора. Поэтому вместо доводки абразивным порошком предложено использовать шлифование торцевой поверхности вращаю-

шегося сепаратора торцом круга. Как показывает практика, этим достигается повышение точности обработки, однако на обрабатываемых поверхностях образуются прижоги, чего не наблюдалось при доводке.

Обработка цилиндрической поверхности плунжера производится с использованием метода бесцентрового шлифования. В этом случае на обрабатываемых поверхностях также образуются прижоги и отдельные риски-царапины. Для их устранения предусмотрено выполнение достаточно трудоемких операций доводки на плите последовательно пастой и войлочным кругом. В связи с этим актуальны задачи по повышению качества и производительности на финишных операциях шлифования деталей гидроаппаратуры. Целью работы является обоснование условий повышения качества обработки деталей гидроаппаратуры авиационного назначения на финишных операциях шлифования.

Чтобы уменьшить температуру шлифования без снижения производительности обработки, как установлено теоретически, целесообразно использовать схему шлифования с пульсирующей радиальной подачей круга (рис. 1), основанную на периодическом создании в технологической системе натяга определенной величины. Данный вывод вытекает из решения задачи по определению основного времени обработки при шлифовании с уменьшающейся во времени скоростью радиальной подачи  $V_{рез}$ . Температура шлифования  $\theta$  в данном случае аналитически описывается зависимостью [3]:

$$\theta = \sigma \cdot V_{рез} \cdot \sqrt{\frac{2}{c \cdot \rho \cdot \lambda}} \cdot \tau_1, \quad (1)$$

где  $\sigma$  – условное напряжение резания, Н/м<sup>2</sup>;  $c$  – удельная теплоемкость материала, Дж/(кг·К);  $\rho$  – плотность материала, кг/м<sup>3</sup>;  $\lambda$  – коэффициент теплопроводности материала, Вт/м·К;  $\tau_1$  – время обработки, с.

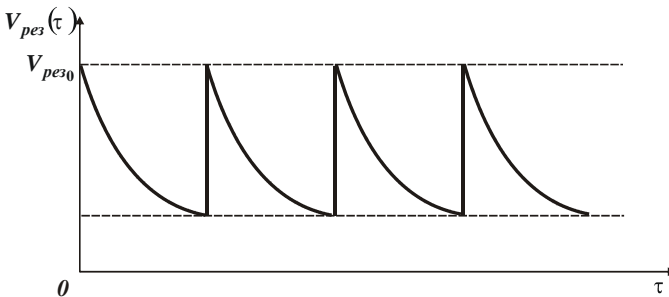


Рис. 1. Характер изменения скорости  $V_{рез}(\tau)$  с течением времени обработки  $\tau$ .

Для обеспечения в процессе шлифования заданной температуры  $\theta$  с увеличением времени обработки  $\tau_1$  скорость  $V_{рез}$ , исходя из зависимости (1), необходимо уменьшать по закону:

$$V_{рез} = \sqrt{\frac{A}{\tau_1}}, \quad (2)$$

где  $A = \left(\frac{c \cdot \rho \cdot \lambda}{2}\right) \cdot \left(\frac{\theta}{\sigma}\right)^2$ .

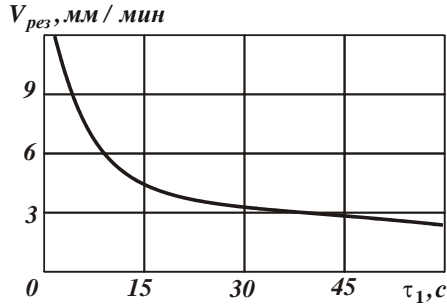


Рис. 2. Зависимость скорости  $V_{рез}$  от времени обработки  $\tau_1$ .

Графически характер изменения скорости  $V_{рез}$  с течением времени обработки  $\tau_1$  при шлифовании твердого сплава ВК8 ( $c=175,9$  Дж/кг·К;  $\rho=15 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>;  $\lambda=50$  Вт/м·К;  $\sigma=26,7 \cdot 10^9$  Н/м<sup>2</sup>;  $\theta=1000$  К;  $A=9,25 \cdot 10^{-8}$  м<sup>2</sup>/с) показан на рис. 2. За время  $\tau_1$  с образца, движущегося по нормали к кругу, будет сошлифован слой материала  $\Pi$ , определяемый из зависимости

$$\Pi = \int_0^{\tau_1} V_{рез} \cdot d\tau_1. \quad (3)$$

С учетом зависимости (2) величина  $\Pi$  окончательно выразится

$$\Pi = 2 \cdot \sqrt{A \cdot \tau_1}. \quad (4)$$

Время  $\tau_1$ , необходимое для съема припуска величиной  $\Pi$ , равно

$$\tau_1 = \frac{\Pi^2}{4 \cdot A}. \quad (5)$$

Сравним  $\tau_1$  с  $\tau$  при шлифовании с постоянной скоростью  $V_{рез} = A / \Pi$ :

$$\tau = \frac{\Pi}{V_{рез}} = \frac{\Pi^2}{A}. \quad (6)$$

Из зависимостей (5) и (6) вытекает, что  $\tau_1$  меньше  $\tau$  в 4 раза, т.е. шлифование с переменной (уменьшающейся) во времени скоростью  $V_{рез}$  позволяет в 4 раза увеличить производительность обработки при обеспечении заданной температуры  $\theta$ . Характер изменения  $\Pi$  во времени при шлифовании твердого сплава ВК8 с переменной и с постоянной скоростью  $V_{рез}$  показан на рис. 3.

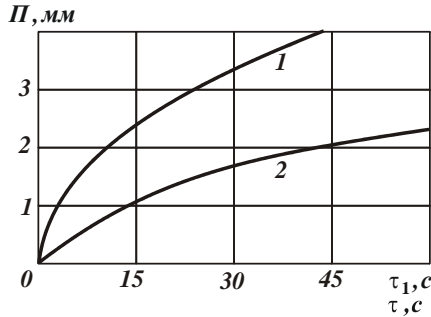


Рис. 3. Зависимость величины  $\Pi$  от времени обработки ( $\tau_1$  и  $\tau$ ) при шлифовании твердого сплава ВК8 с переменной (1) и с постоянной (2) во времени скоростью  $V_{рез}$ .

Реализовать переменную (уменьшающуюся) во времени скорость  $V_{рез}$  можно при выхаживании, обеспечивая при этом также повышение точности обрабатываемой поверхности [4] при одной и той же температуре шлифования. Для осуществления данной схемы использован шлифовальный станок "Теленхауз" с вертикальным расположением шпинделя, обеспечивающим вращение обрабатываемого кольца (сепаратора) в плоскости стола станка. В связи с этим был проведен комплекс экспериментальных исследований торцового шлифования торцовой поверхности сепаратора по установлению возможности эффективного перехода от доводки абразивным порошком к шлифованию. Оценивалось влияние характеристик абразивных кругов и режимов шлифования на основные технологические показатели шлифования: плоскостность и шероховатость обработки, наличие на обрабатываемых поверхностях прижогов, микротрещин и других температурных дефектов. В результате экспериментальных исследований установлено, что при создании в технологической системе натяга, превышающего 0,01 мм, возможно появление на обрабатываемой поверхности прижогов, а плоскостность и шероховатость обработки превышают допустимые значения. Следовательно, для обеспечения требуемых показателей плоскостности и шероховатости обработки необходимо, во-первых, величину натяга в технологической системе создавать не более 0,01 мм и, во-вторых, шлифование производить в два перехода: черновое и чистовое шлифование. Исходя из этого, определены оптимальные условия обработки. Снимаемый припуск (до 0,08 мм) удалялся по упругой схеме,

для чего в технологической системе периодически создавался натяг величиной 0,01 мм, т.е. фактически реализовалась схема выхаживания, рис. 1. Опыты выполнялись с использованием чашечных цилиндрических абразивных кругов размером 36x50x12 зернистостью 4 и твердостью Т3 (при черновом шлифовании) и кругов зернистостью М7 (при чистовом шлифовании). В качестве СОТС применялось трансформаторное масло. Экспериментально установлено, что достигается плоскостность обработки в пределах 0,005 мм, шероховатость поверхности  $R_a=0,16$  мкм, исключаются прижоги на обрабатываемой поверхности.

Одной из ответственных деталей гидроаппаратуры также является плунжер, который входит в отверстие ротора, образуя пару трения. Поэтому к качеству и точности его обработки предъявляются высокие требования (указанные выше), выполнить которые на операции бесцентрового шлифования сложно. Более эффективным методом обработки в этом плане является метод круглого наружного шлифования, реализуемый на современных шлифовальных станках. В связи с этим были проведены экспериментальные исследования параметров круглого наружного шлифования плунжера на современном круглошлифовальном станке "Okamoto". Применялся абразивный круг размером 300x25x27 64С 40СМ 25. Режимы шлифования:  $n_{кр} = 1778-2145$  об/мин;  $n_{дет} = 150$  об/мин;  $S_{прод} = 3$  м/мин (при черновом шлифовании);  $S_{прод} = 1,1$  м/мин (при чистовом шлифовании). Данный круг обладает высокой режущей способностью и исключает образование прижогов и отдельных рисок-царапин на обрабатываемой поверхности. При этом обеспечиваются высокие требования по точности и шероховатости поверхности, что позволило исключить последующие трудоемкие операции ручной доводки.

**Список литературы:** 1. Технологические процессы изготовления высокоточных деталей гидро- и пневмоаппаратуры: Учеб. пособие / А.В. Якимов, Ф.В. Новиков, Е.В. Грисенко, В.П. Ларшин, А.А. Якимов, Г.В. Новиков. Под общ. ред. проф. А.В. Якимова. – Одесса: ОНПУ, 2006. – 328 с. 2. *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. 3. *Новиков Ф.В.* Оптимізація параметрів операцій шлифования с учетом ограничений по температуре резания / Ф.В. Новиков, О.С. Кленов // Вісник НТУ "ХПІ". Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Технології в машинобудуванні. – Харків: НТУ "ХПІ". – 2009. – № 2. – С. 45-53. 4. Физико-математическая теория процессов обработки материалов и технологии машиностроения / Под общ. ред. Ф.В. Новикова и А.В. Якимова. В десяти томах. – Т. 7. "Точность обработки деталей машин" – Одесса: ОНПУ, 2004. – 546 с.

*Поступила в редколлегию 16.04.2010*