

оптимальных условий резания и подбора соответствующего типа шлифовального инструмента.

Таким образом, анализируя условия работы и требования, предъявляемые к разрабатываемому устройству, выделено пять основных групп требований, предъявляемых к УРЛОШ: экономические, эксплуатационные, конструкторские, технологические и организационно-производственные. С учетом предъявленных требований сформулировано конкретизированное служебное назначение устройства ротационного ленточного охватывающего шлифования.

#### Библиографические ссылки

1. Проектирование и расчет металлорежущих станков на ЭВМ : учеб. пособие для вузов / О. В. Тартынов [и др.] ; под ред. О. В. Тарамыкина. – М. : МГИУ, 2002. – 384 с.
2. Тарзиманов Г. А. Проектирование металлорежущих станков. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1980. – 288 с.
3. Проектирование металлорежущих станков и станочных систем : Справочник. – Т. 2 / под общ. ред. А. С. Прошикова. – М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 1995. – 367 с.
4. Решетов Д. Н., Иванов А. С., Фадеев В. З. Надежность машин : учеб. пособие для машиностр. спец. вузов / под ред. Д. Н. Решетова. – М. : Высш. шк., 1988. – 238 с.
5. Колесов И. М. Основы технологии машиностроения : учебник для машиностр. спец. вузов. – 3-е изд., стер. – М. : Высш. шк., 2001. – 591 с.

S. A. Shilyaev, Candidate of Technical Sciences, Izhevsk State Technical University

#### Design Development Requirements of Rotary Band Grinding Device Based on Machine Tool Requirements Analysis

*While a new device is being designed, some main requirements based on technical, social and economical aspects are considered. The article presents five main groups of requirements on the basis of the analysis of working conditions. These five groups serve as a basis for concrete operational purpose of the rotary band grinding device.*

**Key words:** machine, new device, design, operational purpose.

УДК 621.9.014

С. В. Жилиев, кандидат технических наук, доцент, Ижевский государственный технический университет  
Д. С. Кугультинов, аспирант, Ижевский государственный технический университет

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СИЛЫ РЕЗАНИЯ ПРИ ТОЧЕНИИ ТИТАНОВОГО СПЛАВА VT6

*Приведены результаты экспериментальных исследований влияния режимов обработки на силу резания при точении титанового сплава VT6.*

**Ключевые слова:** сила резания, обработка резанием, титановые сплавы, экспериментальное исследование.

**В** процессе резания срезание припуска всегда сопровождается пластической и упругой деформацией, а в определенных областях протекает процесс разрушения. Очевидно, характер этой деформации и разрушения будет зависеть от основных факторов процесса: физико-механических свойств обрабатываемого материала, параметров процесса резания и режущего инструмента. Указанные факторы будут влиять и на работу, которая затрачивается на процесс резания.

Работу резания можно определить как произведение силы, приложенной со стороны инструмента к обрабатываемой заготовке для деформирования и срезания с нее припуска, на путь:

$$A = Pl.$$

Эту работу можно представить в виде следующего выражения:

$$A = A_{пл} + A_{упр} + A_{тр},$$

где  $A_{пл}$  – работа, затрачиваемая на пластическую деформацию;  $A_{упр}$  – работа, затрачиваемая на упругое деформирование обрабатываемого материала;  $A_{тр}$  – работа, затрачиваемая на преодоление сил трения по задней и передней поверхностям инструмента.

Работа  $A_{пл}$  в конечном итоге почти полностью переходит в тепло. Упругие деформации вследствие внутреннего трения преобразуются в затухающие, превращаясь, таким образом, в тепло, т. е. и работа  $A_{упр}$  переходит в тепло.

Работа  $A_{тр}$ , вызывая износ режущих инструментов, также преобразуется в тепло.

Таким образом, сила резания определяет не только работу, затрачиваемую на резание, но и количество образующегося при этом тепла.

Под действием силы и температуры резания происходит износ режущего инструмента, регламентируя его стойкость. Кроме того, без знания сил резания нельзя правильно проектировать и эксплуатировать режущие инструменты, технологическую оснастку и металлообрабатывающие станки.

То есть знание силы резания очень важно, особенно при обработке в условиях нежесткой системы СПИД, что характерно для обработки деталей летательных аппаратов.

Отсутствие обоснованных рекомендаций по выбору рациональных режимов резания еще больше усугубляет ситуацию, особенно при обработке титановых сплавов, в частности сплава ВТ6 [1].

Величину силы резания можно определить либо теоретически, либо экспериментально.

В данной работе приводятся результаты экспериментального исследования влияния режимов резания на тангенциальную составляющую силы резания. Целью исследований было получение эмпирического выражения [1]

$$P = C_p t^{x_p} S_o^{y_p} v^{z_p},$$

определяющего зависимость силы резания от режимов резания (в приведенном выше выражении  $t$ ,  $S_o$ ,  $v$  – режимы резания;  $x_p$ ,  $y_p$ ,  $z_p$  – показатели степени;  $C_p$  – согласующий коэффициент).

Экспериментальные исследования проводились по методу однофакторного эксперимента с коэффициентом надежности  $\alpha = 0,9$  (т. е. каждый эксперимент повторялся трижды) на токарно-винторезном станке ИБ11П с использованием современного измерительного комплекса. Измерение сил проводилось с помощью тензодатчиков, наклеенных на резец фирмы «Сандвик Коромант» PSSNP 2020K12, оснащенный твердосплавными сменными пластинами SNMM 12 04 08E–NR2 HF10 (производитель «Чешские твердые сплавы»).

Графики полученных зависимостей представлены на рис. 1–3.

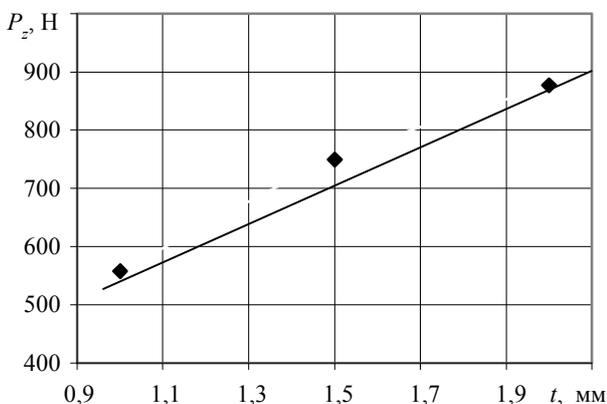


Рис. 1. Зависимость силы резания от глубины резания ( $S_o = 0,15$  мм/об;  $v = 18,84$  м/мин)

После обработки данных вышеприведенной зависимости было получено выражение, характеризующее зависимость силы резания от глубины резания:

$$P_z = 568t^{0,639}.$$

Анализ данного выражения показывает, что глубина резания при механической обработке резанием титанового сплава ВТ6, с одной стороны, достаточно сильно влияет на силу резания, а с другой – существенно слабее, чем при обработке конструкционных сталей типа стали 45.

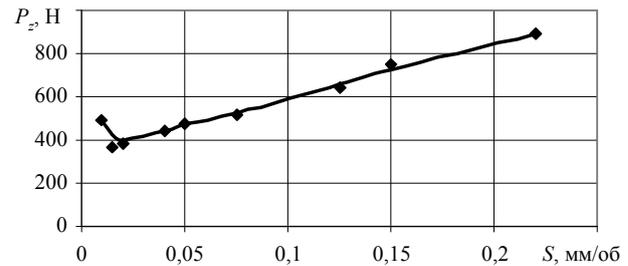


Рис. 2. Зависимость силы резания от величины подачи ( $t = 1,5$  мм;  $v = 18,84$  м/мин)

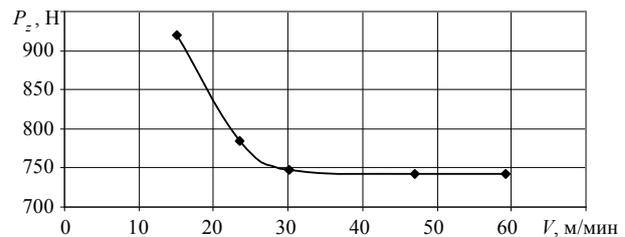


Рис. 3. Зависимость силы резания от скорости резания ( $t = 1,5$  мм;  $S_o = 0,15$  мм/об)

После обработки данных вышеприведенной зависимости было получено выражение, характеризующее зависимость силы резания от величины подачи:

$$P_z = 1732S_o^{0,454}.$$

Анализ данного выражения показывает, что подача влияет на силу резания существенно меньше, чем глубина резания.

Кроме того, анализ представленной зависимости показывает, что она имеет ярко выраженный минимум, соответствующий переходу от резания с обычным для малопластичного титанового сплава ВТ6 уровнем упругих и пластических деформаций (правый участок кривой) к резанию с преобладающими пластическими деформациями (левый участок кривой). Исходя из анализа данной зависимости можно сделать вывод о том, что работать с подачами менее 0,04 мм/об (толщина срезаемого слоя  $< 0,03$  мм) не рекомендуется из-за неустойчивости процесса резания и склонности его к возникновению вибраций, следовательно, потери качества обработки.

После обработки данных вышеприведенной зависимости было получено выражение, характеризующее зависимость силы резания от скорости резания на участке от 30 м/мин:

$$P_z = 768v^{-0,008}.$$

Анализ вышеприведенных графиков и зависимостей показывает, что увеличение скорости резания с 15 м/мин до 30 м/мин приводит к снижению силы резания примерно на 17 %, а дальнейшее увеличение скорости резания практически на силу резания не влияет.

Из полученных частных силовых зависимостей можно вывести общую зависимость силы резания от режимов резания:

$$P_z = 538t^{0,639}S_o^{0,454}v^{-0,008}.$$

В заключение можно сделать следующие выводы:

– с точки зрения силы резания увеличение скорости свыше 30 м/мин нецелесообразно;

– для повышения производительности обработки с точки зрения энергоемкости процесса лучше увеличивать подачу, нежели глубину резания.

– при обработке резанием титанового сплава ВТ6 не следует назначать подачи менее 0,04 мм/об;

– при увеличении глубины резания необходимо увеличивать толщину срезаемого слоя, которая зависит от подачи и главного угла в плане  $\phi$ .

#### Библиографические ссылки

1. Кривоухов В. А., Чубаров А. Д. Обработка резанием титановых сплавов. – М. : Машиностроение, 1970. – 180 с.

2. Кузультинов С. Д., Ковальчук А. К., Портнов И. И. Технология обработки конструкционных материалов. – М. : Изд-во МГТУ им Н. Э. Баумана, 2006. – 672 с. : ил.

S. V. Zhilyayev, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Izhevsk State Technical University

D. S. Kugultinov, Postgraduate Student, Izhevsk State Technical University

#### Experimental Research of Cutting Force in a Process of Turning of Titanium Alloys WT6 (Ti-Al-V-6)

The results of experimental research of operating modes influence on cutting force in the process of turning of titanium alloy WT6 (Ti-Al-V-6) are presented.

**Key words:** cutting force, machining, titanium alloys, experimental research.

УДК 621.923:621.9.08

А. Г. Кирьянов, Воткинский филиал Ижевского государственного технического университета

Л. Л. Лукин, кандидат технических наук, Ижевский государственный технический университет

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОДАТЛИВОСТИ И ЧАСТОТЫ ВЫНУЖДЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ СИСТЕМЫ «СПИД» ПРИ ШЛИФОВАНИИ

Описана методика измерения податливости и частоты вынужденных колебаний системы «станок – приспособление – инструмент – деталь» с использованием автоматизированного технологического измерительного комплекса при плоском алмазном шлифовании периферией круга. Приведены результаты измерения частоты вынужденных колебаний системы при шлифовании кругами на основе органической и металлической связок.

**Ключевые слова:** процесс шлифования, податливость системы «станок – приспособление – инструмент – деталь», частота вынужденных колебаний системы «станок – приспособление – инструмент – деталь».

Возникающие в процессе шлифования вынужденные колебания системы «станок – приспособление – инструмент – деталь» (СПИД) оказывают влияние на качество поверхности и стойкость инструмента. В работе [1] приводятся данные о влиянии условий шлифования, в том числе колебаний в технологической системе «станок – приспособление – инструмент – деталь» на шероховатость поверхности. Как известно, податливость системы «СПИД» влияет на амплитуду и частоту вынужденных колебаний при обработке. Как следует из физики процесса шлифования, от сил резания зависит

податливость элементов системы «СПИД». В нашем случае податливость  $\delta$  находится для станка, приспособления (динамометр), абразивного зерна и детали совместно. Но твердость абразивного зерна намного выше твердости материала детали, поэтому деформацией на сжатие зерна можно пренебречь, но вот деформацией на сдвиг связки пренебрегать нельзя – она сравнима с деформацией детали. Поэтому более близкой к реальной будет модель [2]

$$\delta = \delta_{\text{шп}} + \delta_{\text{пр}} + \delta_{\text{связ}} + \delta_{\text{дет}}. \quad (1)$$