

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

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 ϕ .

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 δ 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]

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

При этом отношении

$$\frac{\delta_{\text{связ}}}{\delta_{\text{дет}}} = \frac{\dot{h}_{\text{дет}}}{\dot{h}_{\text{связ}}} \quad (2)$$

устанавливает закон зависимости податливости от твердости детали $\dot{h}_{\text{дет}}$ в любых единицах и твердости связки $\dot{h}_{\text{связ}}$ в тех же единицах. Тогда для характеристики процесса крутильных колебаний шпинделя шлифовального станка нужно брать податливость в виде

$$\delta_{\text{шп}} = \delta_{\text{дет}} \frac{\dot{h}_{\text{дет}}}{\dot{h}_{\text{связ}}} = \delta_{\text{связ}}, \quad (3)$$

где $\delta_{\text{дет}}$ определяется по формуле [2]

$$\delta = \frac{4(1-\nu^2)P_z}{\pi^2 Et \{P_z\}} \quad (\text{единица длины / единица силы}), \quad (4)$$

где E – модуль упругости; ν^2 – коэффициент Пуассона; t – глубина резания; $\{P_z\}$ – коэффициент, учитывающий размерность податливости. Сила резания с учетом ее ударного характера при врезании может быть определена как

$$P = m_k a_{\text{ш.з}}, \quad (5)$$

здесь m_k – приведенная масса вращающегося круга относительно места удара, $m_k = \frac{J_k}{(r+a)^2}$, где J_k –

момент инерции шлифовального круга относительно оси вращения; $a_{\text{ш.з}}$ – ускорение от ударов зерен находящихся на площадке контакта круга с деталью о поверхность детали при врезании.

Для определения податливости как отдельных компонентов системы «СПИД», так и всей системы в целом можно воспользоваться устройством, описанным в [3]. Естественно, измеренные податливости – статические. Если учитывать, что силы резания – ударные нагрузки, то необходимо определять и силу удара при врезании зерен шлифовального круга в деталь. И здесь не обойтись без комплексных измерений. Такие измерения можно провести с помощью автоматизированного технологического измерительного комплекса (АТИКа), построенного на основе измерительного технологического комплекса, описанного в [4]. Структура комплекса и методика работы на комплексе при разработке технологических процессов шлифования новых и труднообрабатываемых материалов приведены на рис. 1.

При определении податливости и частоты колебаний системы «СПИД» используется подсистема оценки частоты и амплитуды вынужденных колебаний детали. Методика определения динамической составляющей податливости заключается в следующем. С помощью устройства оценки податливости [3] (оно входит в состав АТИКа) производится оценка статической податливости. Заготовка из об-

рабатываемого материала устанавливается на станок и производится пробное шлифование на режимах, полученных при расчете по базовой математической модели. Данные для расчета силы резания с учетом ее ударного характера по формуле (5) снимаются с датчика вибрации (виброакселерометр) из состава узла оценки вибрации АТИКа. Частота вынужденных колебаний системы «СПИД» определяется по графику изменения виброускорения во времени, а амплитуда вынужденных колебаний – по графику виброперемещения детали, полученного двойным интегрированием функции виброускорения. Пример графика виброперемещения изображен на рис. 2.

При известной частоте вибрации и силе резания с учетом ударной составляющей определяется динамическая составляющая податливости. Для учета изменяющегося характера податливости в процессе шлифования в существующую базовую модель вводится поправочный коэффициент. Измерение параметров вибрации производилось при шлифовании кругами прямого профиля АС6 200/160 А1 100 М1 $D = 125$ мм при следующих режимах: $n = 2400$ об/мин, $t = 0,01$ мм, $V_{\text{п}} = 1$ м/мин. Частота вынужденных колебаний (Гц) при обработке кругами на основе органической и металлической связок, определенная по данным с виброакселерометров, приведена в таблице.

Частота вынужденных колебаний, определенная по данным с виброакселерометров

№ прохода	№ интервала	Частота колебаний, Гц, для связок круга	
		бакелитовой	металлической
1	1	14369,59	21129,31
	2	14392,17	23283,37
	3	14286,79	23283,37
	4	14219,04	22495,64
	5	14377,12	22425,93
	6	14234,1	23262,46
	7	14068,5	23841,06
	8	14956,72	24022,31
	9	14188,93	24405,72
	10	10515,62	11739,28
	Среднее	13960,86	21988,85
2	1	14778,67	24401,09
	2	14011,85	24401,09
	3	14876,26	24167,73
	4	14430,12	23956,24
	5	13565,7	23657,25
	6	15378,18	23008,2
	7	15601,25	23278,03
	8	14729,87	23970,83
	9	15399,09	23299,91
	10	12485,19	17210,57
	Среднее	14525,62	23135,1

Обработка графиков производилась в среде разработки программ LabView 8.2. Для снижения уровня помех и температурной погрешности датчика вибрации применялась цифровая фильтрация сигнала. Анализ показывает, что податливость связки значительно влияет на частоту вынужденных колебаний детали

при обработке. Это объясняется сильными демпфирующими свойствами органической связки и тем, что

начальный износ зерен круга на металлической связке был больше, чем круга на органической связке.

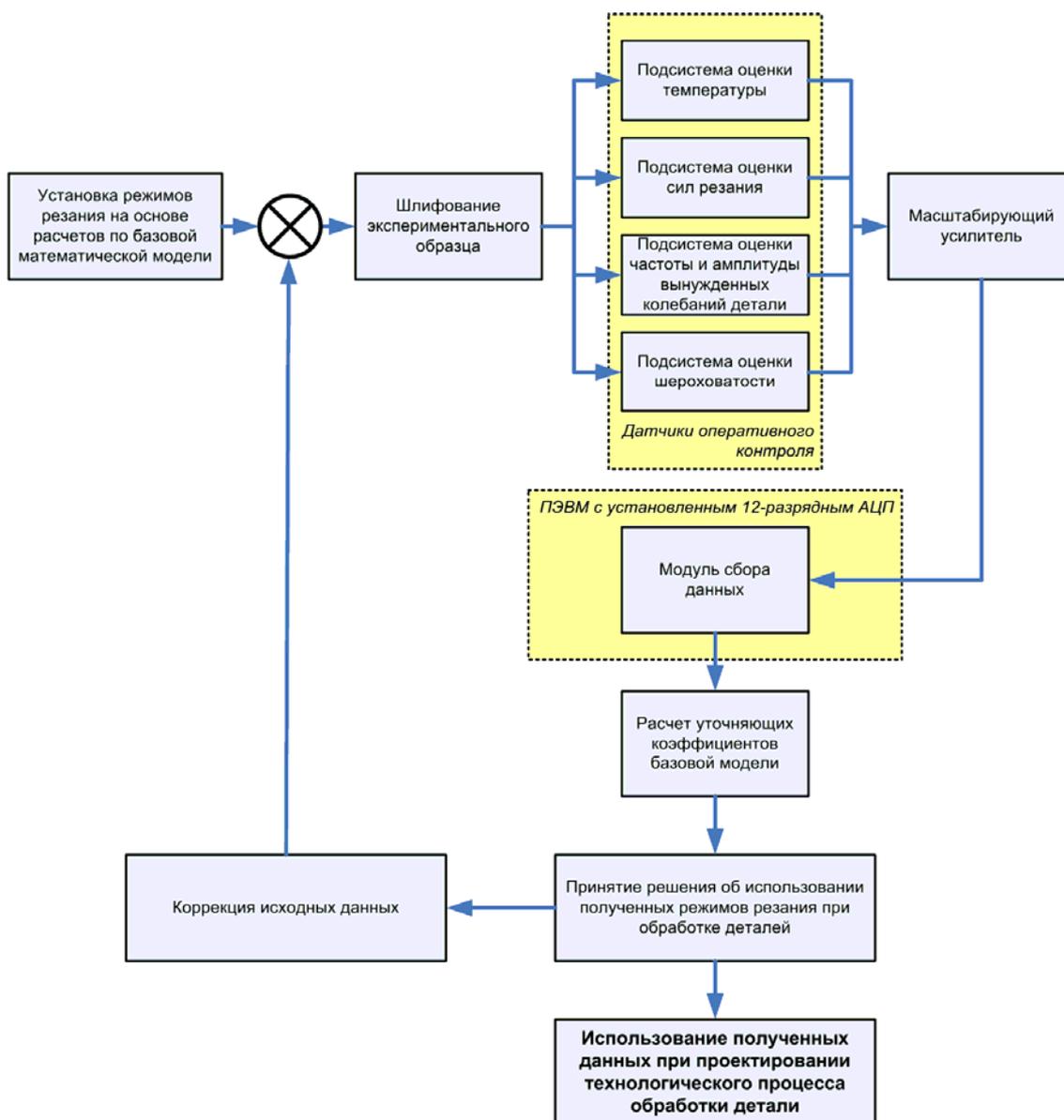


Рис. 1. Структура и методика применения АТИКа для разработки технологических процессов плоского алмазного шлифования

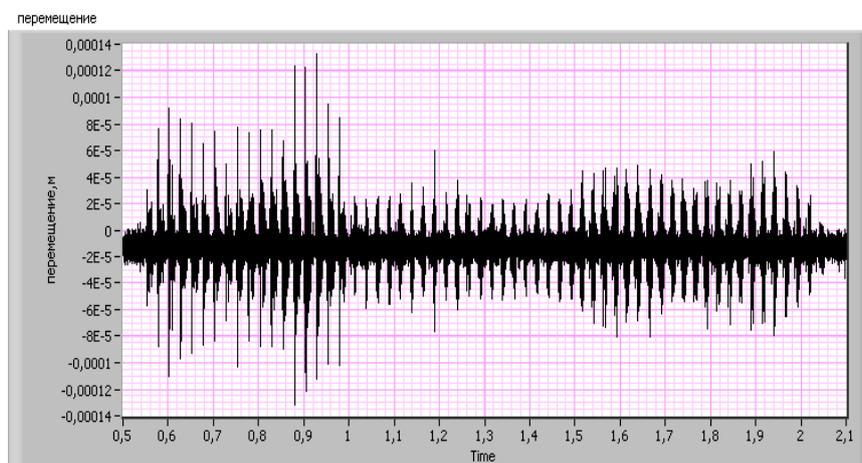


Рис. 2. Осциллограмма виброперемещения детали при вынужденных колебаниях системы «СПИД»

Библиографические ссылки

1. Попов С. А., Малевский Н. П., Терещенко Л. М. Алмазно-абразивная обработка металлов и твердых сплавов. – М. : Машиностроение, 1977. – 263 с. : ил. (Б-ка технолога).

2. Ренко А. В. Развитие теории технологии шлифования деталей из материалов, склонных к образованию тепловых дефектов : дис. ... д-ра техн. наук. 05.03.01, 05.02.08. – Ижевск, 2005. – 414 с. : ил.

3. Кирьянов А. Г., Ренко А. В., Смирнов В. А. Устройство для определения податливости материала // Процессы абразивной обработки, абразивные инструменты и материалы : сб. статей междунар. науч.-технич. конф. – Волжский : Волжский инженерно-строительный ин-т (филиал) ВолгГАСА, 2005. – С. 180–182.

4. Кирьянов А. Г., Ренко А. В. Измерительный технологический комплекс // Экономика и производство. – 2006. – № 3.

A. G. Kirianov, Votkinsk Branch of Izhevsk State Technical University

L. L. Lukin, Candidate of Technical Sciences, Izhevsk State Technical University

An Automated Engineering Measuring Complex for Measurement of Forced Vibration Pliability and Frequency of the Machine Tool-Adapter-Tool-Part System during Grinding

The technique of measurement of forced vibration pliability and frequency of the machine tool-adapter-tool-part system during grinding with the use of the automated technological measuring complex at flat diamond wheel face grinding is described. Results of the measurement of forced vibration frequency of the system at grinding by organic-bonded and metal-bonded wheels are given.

Key words: grinding process, machine tool-adapter-tool-part system pliability, frequency of the forced vibration of machine tool – adapter – tool – part system.

УДК 539.3

С. С. Дреманович, ФГУП «Ижевский механический завод»

Н. А. Корякин, доктор технических наук, профессор, Ижевский государственный технический университет

ВНЕДРЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПОЛЫХ ШТУЧНЫХ ЗАГОТОВОК НА ВАЛКОВЫХ ПОПЕРЕЧНО-ВИНТОВЫХ ПРОКАТНЫХ СТАНАХ ДЛЯ ИЗДЕЛИЙ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Определены преимущества получения полых заготовок поперечно-винтовой прокаткой. Приведен пример повышения качества прошиваемой заготовки с глухим отверстием и дном за счет геометрии исходной заготовки.

Ключевые слова: поперечно-винтовая прокатка, полая заготовка, глухое отверстие.

Прокатка является наиболее производительным способом обработки металлов давлением. Прокаткой обрабатывается более половины металла, производимого в Российской Федерации.

Одним из основных видов прокатки, применяемых в машиностроении для производства труб и получения полых штучных заготовок, является поперечно-винтовая прокатка на валковых прокатных станах. Данный вид обработки представляет большой интерес в специальных областях машиностроения, в том числе для производства из конструкционных сталей штучных полых заготовок с внутренним диаметром до 10 мм и наружным до 50 мм.

В мировой практике используются технологические процессы производства таких заготовок из цельного металла с использованием глубокого сверления, позволяющие получать заготовки высокого качества. Однако при этом значительное количество металла (до 30 %) уходит в стружку. Использование способов холодной деформации приводит к существенному увеличению себестоимости за счет операций подготовки поверхности.

С целью снижения себестоимости и повышения производительности специалистами ФГУП «ИМЗ» совместно с МИСИС научно обоснована и внедрена технология получения полых штучных заготовок для изделий специального назначения с использованием 2-валковых поперечно-винтовых прокатных станов, обеспечивающих прошивку сквозных отверстий за 3 сек. каждой заготовки при полном безотходном использовании металла для дальнейшей технологической операции – горячего обжима, позволяющей удлинять прошитую заготовку до 70 % вместо 30 % при холодном обжиме.

Внедрение самой производительной из известных технологий для прошивки отверстий в штучных заготовках малого диаметра позволило по сравнению с традиционными способами обработки повысить КИМ на 30 %, снизить себестоимость изделий и обеспечить изготовление более 0,5 млн деталей в год.

Для расширения области применения и внедрения принципиально новых технологических процессов на базе винтовой прокатки, а также с целью экономии металла и снижения трудоемкости при произ-