

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ФАКТИЧЕСКОЙ ЖЕСТКОСТИ ТС ПРИ КРУГЛОМ ВРЕЗНОМ ШЛИФОВАНИИ ТОНКОСТЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ**

*А.Х. Нуркенов, Д.А. Савельев*

В публикации произведено исследование влияния геометрии тонкостенных изделий на фактическую жесткость технологической системы на основе ее предварительного тестирования. Полученные результаты позволили установить влияние фактического параметра жесткости на проектируемый цикл круглого врезного шлифования.

Ключевые слова: фактическая жесткость технологической системы, круглое врезное шлифование.

Современные станки с ЧПУ позволяют обрабатывать широкую номенклатуру изделий. Трудоемкость разработки управляющих программ (УП) зависит в первую очередь от конструкторских требований готовой детали. На основе проведенных ранее исследований, автором предложен способ определения фактической жесткости технологической системы (ТС) [1]. Входной параметр жесткости определяется за счет тестового удаления части припуска с заготовки.

В данной публикации рассмотрено влияние исходной геометрии заготовки (тонкостенных) деталей на измеряемый параметр жесткости ТС. На его основе затем проектируется цикл обработки для станка с ЧПУ.

Произведенные ранее эксперименты для шлифуемого на оправке кольца из различных марок сталей, показали сходимость результатов при различных способах определения жесткости ТС. Таким образом, произведена дополнительная серия экспериментов для тонкостенных изделий (рис. 1). Измерения представляют собой сигналы с прибора активного контроля в мВт. В результате тарировки концевыми мерами длины измерения представляют собой изменение диаметра заготовки в процессе шлифования (рис. 2).

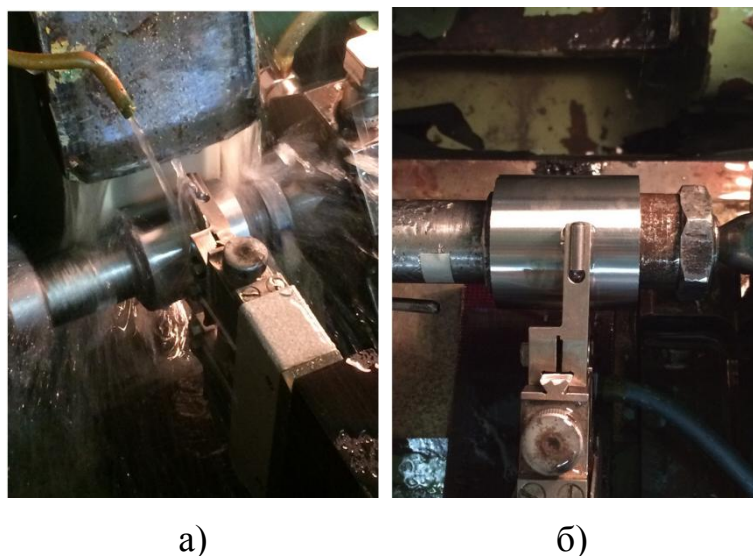


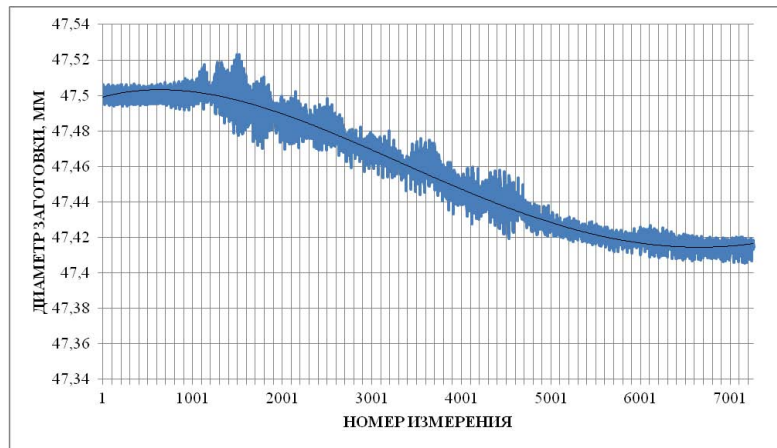
Рис. 1. Обработка тонкостенного стакана на круглошлифовальном станке с ЧПУ 3М151Ф2: а – в процессе шлифования; б – обработанная деталь

На станке с ЧПУ 3М151Ф3 были прошлифованы стаканы с различной толщиной стенки. Исходные данные эксперимента: толщина стенки 1,5 и 5 мм, диаметр заготовки 48,5 мм, ширина шлифования 50 мм, материал сталь 45 (после закалки HRC 33...35), удаляемый припуск  $2\Pi = 0,1$  мм, скорость резания  $V = 50$  м/с, поперечная подача шлифовального круга  $S = 0,002$  мм/об, частота вращения заготовки  $n = 140$  об/мин. Результаты обработки представлены в табл. 1.

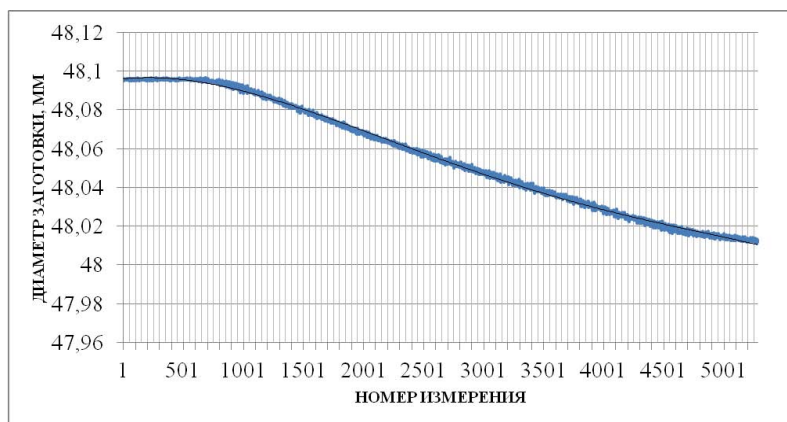
Таблица 1

Результаты измерения жесткости ТС

Серия, №	Составляющая силы резания $P_y$ , Н	Толщина стенки шлифуемого стакана	
		1,5 мм	5 мм
Упругие деформации $Y$ , мм			
1	143,984	0,01708	0,0038
2		0,0136	0,01312
3		0,01708	0,0166
4		0,01696	0,01624
5		0,016	0,00808



а)



б)

Рис. 2. Показания прибора активного контроля после тарировки:  
а – стакана с толщиной стенки 1,5 мм; б – стакана с толщиной стенки 5 мм

На основе экспериментальных и расчетных данных получим средние упругие деформации ТС для стакана 1 и 2 равные 0,0161 и 0,0107 мм. По известному выражению  $I = P_y/y$  получим следующие жесткости ТС  $I_1 = 0,0178$  Н/м и  $I_2 = 0,0268$  Н/м.

Следует отметить существенные величины упругих деформаций в ТС и их отличие от деформаций, измеряемых при шлифовании более жестких деталей. Полученные результаты в первую очередь оказывают влияние на проектируемый цикл шлифования [2]. Для отображения влияния фактической жесткости ТС на проектирование цикла построены графики ступенчатых циклов (рис. 3).

Синим цветом на графиках отображено изменение программной врезной подачи, а красным изменение фактической врезной подачи. Отличие спроектированных циклов в зависимости от фактической жесткости ТС представлены в табл. 2.

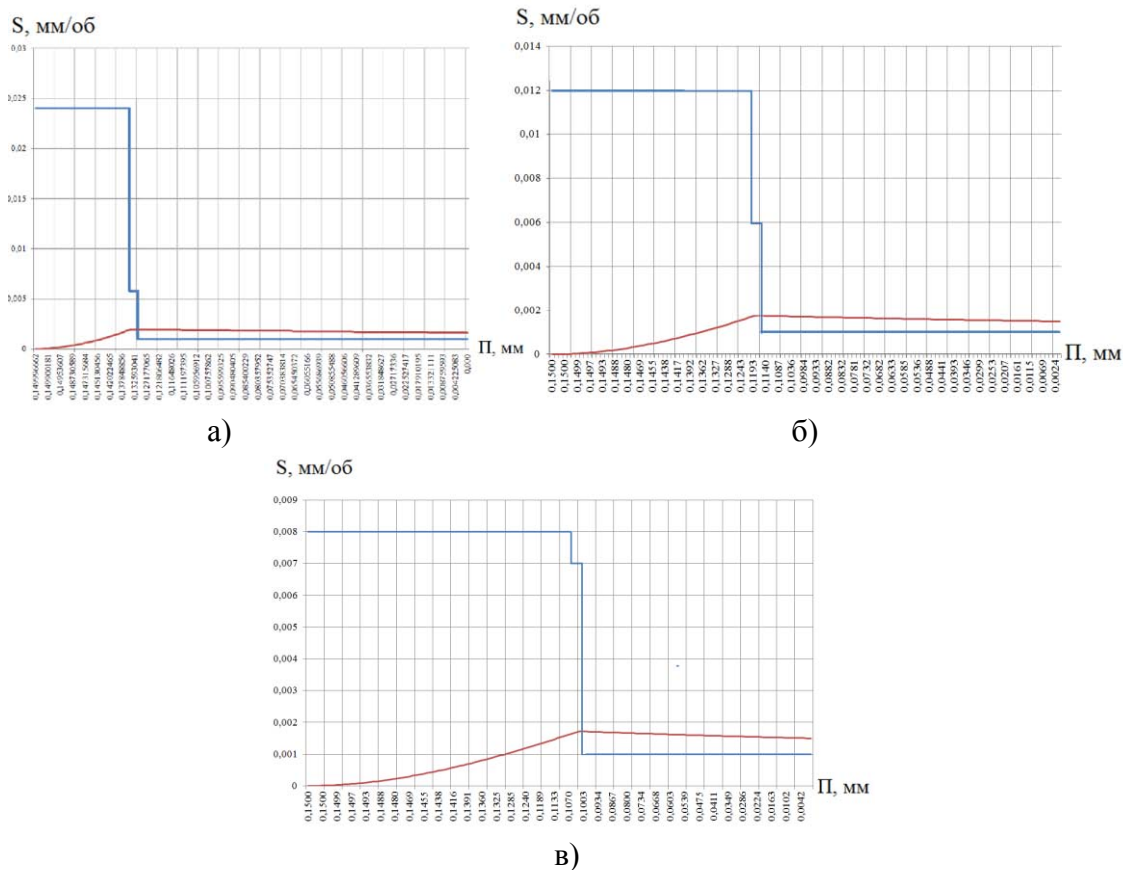


Рис. 3. Спроектированный цикл для круглого врезного шлифования на станке с ЧПУ для стакана с толщиной стенки 1,5 мм: а – при частоте вращения заготовки  $n = 50$  об/мин; б – при частоте вращения заготовки  $n = 100$  об/мин; в – при частоте вращения заготовки  $n = 150$  об/мин

Таблица 2

Анализ спроектированных циклов шлифования для ТС с различной жесткостью

Обрабатываемое изделие		Стакан 1			Стакан 2		
Материал		Сталь 45					
Толщина стенки, мм		1,5			5		
Фактическая жесткость ТС I, Н/м		0,0178			0,0268		
Удаляемый припуск на сторону П, мм		0,15					
Ширина шлифования В, мм		50					
Диаметр заготовки d, мм		48,5					
Диаметр шлифовального круга D, мм		600					
Скорость резания V, м/с		50					
Врезная подача S, мм/об		S1	S2	S3	S1	S2	S3
Частота вращения заготовки n, мм/об	50	0,024	0,006	0,001	0,024	0,009	0,001
	100	0,012	0,006		0,012	0,001	
	150	0,008	0,007		0,008	0,006	
Время цикла T, с	Цикл 1	127,2			64,8		
	Цикл 2	73,2			35,4		
	Цикл 3	56			26		

На основе полученных результатов исследования можно сделать следующие выводы:

1. Фактическая жесткость технологической системы зависит в первую очередь от исходной заготовки и технического состояния станка.
2. Измерение диаметра тонкостенного изделия в процессе обработки *показывает значительные упругие деформации* в технологической системе.
3. Фактическая жесткость технологической системы *значительно* влияет на проектирование цикла круглого врезного шлифования.

Таким образом, параметр фактической жесткости ТС при шлифовании тонкостенных изделий необходимо учитывать на стадии проектирования цикла круглого врезного шлифования с целью минимизации времени обработки и выполнения требований по точности и качеству конечного изделия.

#### Библиографический список

1. Research stiffness of CNC plunge grinding machine units / ISSN 1068 798X, Russian Engineering Research, 2015, Vol. 35, No. 2, pp. 69–72. © Allerton Press, Inc., 2015.

Original Russian Text © V.I. Guzeev, A.Kh. Nurkenov, A.V. Ignatova, 2014, published in STIN, 2014, No. 7, pp. 26–29.

2. Designing the plunge-grinding cycle on the basis of the rigidity of the technological system / ISSN 1068 798X, Russian Engineering Research, 2015, Vol. 35, No. 2, pp. 150–153. © Allerton Press, Inc., 2015.

Original Russian Text © V.I. Guzeev, A.Kh. Nurkenov, 2014, published in STIN, 2014, No. 8, pp. 31–35.