

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ АВТОКОЛЕБАНИЙ ПРИ ТОЧЕНИИ МЕТАЛЛОВ

С. Л. Леонов, Е. Б. Белов

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова,
г. Барнаул, Россия

Установлено, что при резании металлов наблюдаются два вида колебаний: вынужденные колебания, вызываемые периодически действующими внешними силами, и автоколебания, которые не зависят от действия внешних сил [1]. Причины появления вынужденных колебаний наиболее ясны и потому сравнительно легко устранимы. Появление автоколебаний не связано с какой-либо внешней периодической силой, они являются самовозбуждающимися колебаниями. В связи с этим необходимо уделить большое внимание изучению и умению управлять автоколебаниями, умению прогнозировать их появление еще на этапе проектирования технологических процессов механической обработки деталей. Умение управлять автоколебаниями в процессе обработки резанием является актуальной задачей при обеспечении заданной точности и производительности, а также при создании экономически оправданных технологических процессов обработки деталей.

Повышение требований к геометрическим параметрам качества обработанных поверхностей приводит к необходимости прогнозировать наличие и величину колебательных явлений при механической обработке. В качестве примера рассмотрим операцию черновой токарной обработки вала на станке с ЧПУ японской фирмы MAZAK модели Integrex-e500 (заводе «Механических пресов» города Барнаула). На рисунке 1 приведена фотография технологической наладки на данную операцию.

В процессе обработки вала возникают автоколебания, вследствие чего, увеличивается износ режущего инструмента (уменьшается стойкость пластин), образуется волнистость обрабатываемой поверхности. Шейки вала, на которых образуется волнистость, используются для зажима люнета, с целью обработки торца, проточки центрального отверстия и нарезания в нем резьбы. Поэтому к

ним даже на черновой обработке предъявляются высокие требования по геометрическим параметрам точности поверхности.

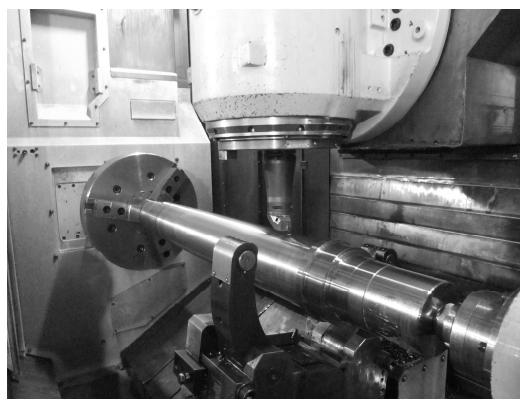


Рисунок 1 – Операция обработки наружной поверхности вала

Материал детали – сталь 40Х твердость - HB240.

Параметры и обозначение инструмента:

- пластина CNMX 160712-HTW IC8250 израильской фирмы ISCAR, радиус при вершине $r=1,2\text{мм}$;

- главный угол в плане $\phi=95^\circ$;

- передний угол $\gamma=6^\circ$;

- сечение державки 60х60мм;

- вылет резца 185мм.

Режимы резания:

- скорость резания $V=200\text{м/мин}$;

- подача $f=0,4\text{мм/об}$;

- глубина резания $t=4\text{мм}$.

На рисунке 2 приведена фотография поверхности детали, на которой явно видны следы вибраций.

Нами разработаны математические модели и программное обеспечение для прогнозирования автоколебаний при токарной обработке [2]. В моделях учитываются параметры инструмента, приспособления, режим резания, геометрические размеры заготовки.



Рисунок 2 – Поверхность вала со следами волнистости

Свойства обрабатываемого материала учитываются математической моделью силы резания. Разработаны варианты расчета автоколебаний для одно- и двухмассовой системы. Причиной, вызывающей автоколебания,

является координатная связь и нелинейная зависимость силы резания от скорости обработки. Программное обеспечение позволяет рассчитывать амплитуды вибраций, которые и приводит к появлению волнистости обработанной поверхности.

На рисунке 3 приведена экранная форма программы, предназначенная для задания исходных данных. Исходные данные разделены на блоки в соответствии с составом технологической системы:

- геометрические параметры инструмента;
- режим резания;
- параметры технологической системы.

Коэффициенты для расчета силы резания зависят от обрабатываемого материала и "зашиты" в саму программу.

Исходные данные									
Геометрические параметры инструмента	Передний угол	γ	6	град.	Pz коэффициенты:	a=	2339,76136	k1=	1,029567329
	Главный угол в плане	φ	95	град.		b=	-69261,163	k2=	0,974206489
Режим резания	Подача	S	0,4	мм/об	c=	1211,12534	k3=	0,780588377	
	Начальная скорость резания	V0	200	м/мин	d=	242,896364	k4=	0,726521884	
	Частота	n	425	об/мин	f=	-79,9996	k5=	0,80608338	
	Начальная глубина резания	t	4	мм	g=	2172,32339	k6=	0,680217731	
Параметры технологической системы	Масса по оси Z	mz	0,001489	т	Py коэффициенты:	a=	679,352983	k1=	0,695040466
	Масса по оси Y	my	0,014317	т		b=	-21350,773	k2=	0,617606969
	Радиус	r	75	мм	c=	316,392136	k3=	-3,69806E-06	
	Эксцентриситет	e	0	мм	d=	65,0908445	k4=	1,47928696	
	Жесткость	Cz	148012	Н/мм	f=	-88,812281	k5=	0,812146032	
		Cy	959189	Н/мм	g=	2376,8363	k6=	0,621539907	
	Демпфирование	Gz	0,05	Н с/мм					
		Gy	0,0778	Н с/мм					
	Модуль упругости материала	E	210000	Н/мм ²					
	Момент инерции	J	1487552	мм ⁴					
	Сечение державки a	a	65	мм					
	Сечение державки b	b	65	мм					
	Вылет инструмента	l	185	мм					
		Плотность материала	ρ_0	7,85E-09	т/мм ³				
Начальные параметры	Время	t0	0	с	ГрафикиZ				
	Перемещение	y0	0	мм					
	Скорость	z0	0	мм/с					
Интервал расчетов	Шаг	ht	1E-07	с					
	Шаг на выходе	Hviv	0,0000315	с					
	Конечное время	t kon	0,6	с					

Рисунок 3 – Экранная форма программы

Программное обеспечение разработанное в табличном процессоре Excel с использованием языка программирования VBA, позволяет рассчитать автоколебания сразу по двум координатам (z и y), определить их амплитуду и частоту, а на этой основе – прогнозировать волнистость обработанной поверхности.

Расчеты по разработанным моделям показали, что для устранения автоколебаний или уменьшения их амплитуды необходимо:

- А) уменьшить подачу;
Б) уменьшить глубину резания;
В) увеличить передний угол;

- Г) увеличить главный угол в плане;
Д) уменьшить вылет инструмента.

Список литературы:

1. Леонов С.Л. Основы создания имитационных технологий прецизионного формообразования/ Алт. гос. техн. ун-т им. И.И. Ползунова. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2006.- 198 с.

2. Леонов С.Л., Гончаров В.Д., Белов Е.Б, Белов А.Б. Прогнозирование автоколебаний при точении. // Сучасні технології в машинобудуванні. Збірник наукових праць. Випуск 6. - Харків: НТУ, 2011. с. 67-71.