

## ИССЛЕДОВАНИЕ АБСОЛЮТНОГО ИЗНОСА РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА ПРИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ МЕТОДОМ ВИБРАЦИОННОГО ТОЧЕНИЯ

*Кудинов Е.А., Владимиров А.А., Макаров А.В., Шаповалов А.И.*

*Старооскольский технологический институт им. А.А. Угарова (филиал),  
Национальный исследовательский технологический институт «МИСИС»,  
Старый Оскол*

**Ключевые слова:** труднообрабатываемые материалы, наплавленное покрытие, абсолютный износ, режущая кромка, изменение геометрии.

**Аннотация.** В исследовании объектом выступает процесс механической обработки наплавленной поверхности методом вибрационного резания. Целью работы является определение допустимых диапазонов значений амплитудно-частотных параметров при механической обработке образцов методом вибрационного точения. Конечным результатом исследовательской работы являются значения шероховатостей обработанных поверхностей и абсолютных износов режущих пластин и рекомендации по выбору амплитудно-частотных параметров для обработки наплавленных поверхностей с твердостью 50 HRC.

## INVESTIGATION OF THE ABSOLUTE WEAR OF THE CUTTING TOOL DURING MACHINING BY VIBRATION TURNING

*Kudinov E.A., Vladimirov A.A., Makarov A.V., Shapovalov A.I.*

*Stary Oskol Institute of Technology A.A. Ugarova (branch),  
National research technological institute "MISIS", Stary Oskol*

**Keywords:** hard-to-cut materials, deposited coating, absolute wear, cutting edge, geometry change.

**Abstract.** In the study, the object is the process of mechanical processing of the deposited surface by the method of vibration cutting. The aim of the work is to determine the permissible ranges of values of the amplitude-frequency parameters during the machining of samples by the vibrational turning method. The end result of the research work is the values of the roughness of the machined surfaces and the absolute wear of the cutting inserts and recommendations for the choice of amplitude-frequency parameters for the processing of deposited surfaces with a hardness of 50 HRC.

### Введение

При создании новых машин и механизмов на сегодняшний день применяются материалы с различными эксплуатационными свойствами, которые позволяют изделию работать более длительный срок. Такие материалы обладают плохой способностью к обработке резанием. Поэтому для их механической обработки применяются современные методы обработок, одним из которых является вибрационное точение с вынужденными тангенциальными колебаниями маятникового типа.

С помощью этого метода можно повысить производительность процесса резания, без значительного ущерба периоду стойкости режущего инструмента, вследствие того, что кинематические особенности этого метода создают процесс периодического вывода вершины режущего инструмента из зоны резания. Такой процесс сопровождается снижением температур на поверхности режущей кромки

и перераспределением внутренних деформаций, что положительно влияет на время использования режущего инструмента [1].

### Основная часть

Материалом для проведения экспериментов выступает образец из стали 20X13 с наплавленным слоем из проволоки ASM 4603, со средней измеренной твердостью по HRC 51-54. Это покрытие имеет следующий химический состав: Cr(хром) – 6,5%; V (ванадий) – 1,1%; Mo(молибден) – 1,5%; Mn(марганец) – 2,0%; W(вольфрам) – 2,6%. Остальную долю элементов составляют в большей степени железо, углерод и в меньшей примеси серы до 0,5%, проникающие в состав нижних слоев покрытия в процессе диффузии во время наплавления состава на поверхность основного материала образца.

Для обработки образцов из этого материала при помощи вибрационного резания выбирались следующие режимы обработки: продольная подача инструмента  $S = 0,057-0,2$  мм/об; глубина резания  $t = 0,5$  мм; частота вращения заготовки  $n = 300$  об/мин; амплитуда колебаний 50-150 мкм; частота колебаний 20-80 Гц [2].

После проведения экспериментов с помощью профилометра TR-200 измерялась шероховатость поверхности, а с помощью лабораторных весов ВК-300 измерялись массы режущих пластин и их абсолютный износ после экспериментов.

Для более точного контроля износа пластин они взвешивались после каждого прохода режущего инструмента, а после определялось среднее значение износа по окончании серии экспериментов при постоянных значениях амплитудно-частотных режимов процесса вибрационного точения.

Значения измеренных шероховатости и абсолютного износа пластины были занесены в таблицу 1, в соответствии с каждым из режимов вибрационного точения, при котором были получены измеряемые значения этих параметров.

После определения износа каждой пластины, каждая из них фотографировалась при помощи цифрового микроскопа U500X с увеличением изображения в 40 раз с различных проекций.

Ниже приводятся рисунки износа режущих пластин после проведения практических экспериментов для различных степеней абсолютного износа режущих кромок пластин.

На рисунке 1 показана режущая пластина после механической обработки образца 1-ым режимом вибрационного точения. Как видно на рисунке величина изношенной зоны на пластине небольшая и располагается непосредственно рядом с вершиной пересечения кромок пластины. Абсолютное значение износа этой пластины менее 0,05 грамм.

На рисунке 2 изображено фото режущей пластины после обработки 15-ым режимом обработки, со следующими амплитудно-частотными параметрами Частота колебаний инструмента  $f = 48$  Гц, Амплитуда колебаний инструмента  $A = 100$  мкм и продольной подачей инструмента  $S = 0,2$  мм/об [3].

Эти значения параметров процесса вибрационного точения значительно повлияли на величину износ режущей кромки пластины. Расширилась зона изношенной кромки и увеличилась впадина в точке контакта вершины пластины

с обрабатываемой заготовкой. Абсолютный износ пластины после обработки 15-ым режимом обработки составил 0,05 грамм.

Табл. 1. Режимы обработки вибрационного точения и численные значения параметров обработанных поверхностей

№ п/п.	Шифр эксперимента	Скорость резания $V$ , м/мин	Глубина резания $t$ , мм	Частота колебаний инструмента $f$ , Гц	Амплитуда колебаний инструмента $A$ , мкм	Продольная подача инструмента $S$ , мм/об	Шероховатость поверхности $Ra$ , мкм	Абсолютный износ пластины, г	
1	Э.3.1.	70	0,5	24	50	0,057	1,0	<0,05	
2	Э.4.1.					0,11	0,95	<0,05	
3	Э.5.1.					0,2	1,0	<0,05	
4	Э.6.1.				100	0,057	0,95	<0,05	
5	Э.7.1.					0,11	0,65	0,05	
6	Э.8.1.					0,2	1,2	0,1	
7	Э.9.1.				150	0,057	1,1	0,05	
8	Э.10.1.					0,11	1,1	0,05	
9	Э.3.2.					0,2	1,8	0,05	
1	Э.4.2.			48	50	0,057	1,25	0,05	
1	Э.5.2.					0,11	1,35	0,1	
1	Э.6.2.					0,2	2,45	<0,05	
1	Э.7.2.				100	0,057	0,75	0,1	
1	Э.8.2.					0,11	0,9	0,05	
1	Э.9.2.					0,2	0,9	0,05	
1	Э.10.2.				150	0,057	0,85	0,1	
1	Э.11.1.					0,11	0,75	0,05	
1	Э.12.1.					0,2	0,9	0,1	
1	Э.13.1.				72	50	0,057	0,7	0,15
2	Э.14.1.						0,11	0,7	0,1
2	Э.15.1.						0,2	1,1	0,05
2	Э.16.1.			100		0,057	0,75	0,1	
2	Э.17.1.					0,11	0,85	0,1	
2	Э.18.1.					0,2	0,85	0,3	
2	Э.11.2.	150	0,057	1,1		0,2			
2	Э.12.2.		0,11	1,0		0,1			
2	Э.13.2.		0,2	1,2		<0,05			

Рисунок 3 является фотографией пластины после 19-го режима обработки. Абсолютный износ режущей пластины составил 0,15 грамм, что подтверждает геометрию образовавшейся бороздки, распространяющейся уже на две режущие кромки, с увеличением глубины бороздки режущей пластины после обработки.

На рисунке 4 изображена фотография режущей пластины после проведения экспериментов на 24-ом режиме обработки с максимальным значением абсолютного износа равным 0,3 грамма от начальной массы пластины. Наблюдается значительное изменение геометрии обеих граней режущей пластины вследствие образования и развития бороздки, после чего скалывания части материала граней [4]. Это свидетельствует о том, что параметры 24-го режима обработки являются критическими и не рекомендуются к применению для обработки труднообрабатываемых материалов.



Рис. 1. Износ пластины после обработки 1 режимом обработки

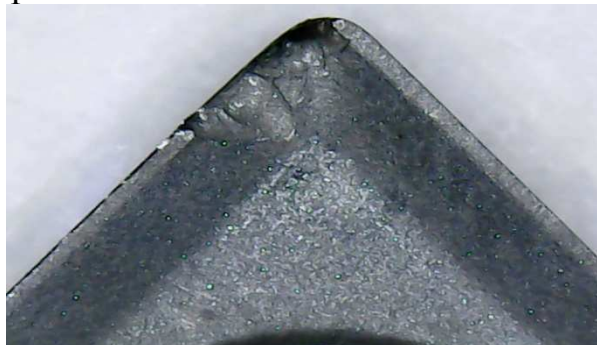


Рис. 2. Износ пластины после обработки 15 режимом обработки

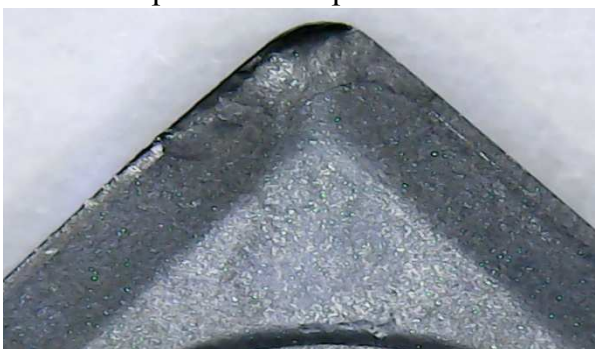


Рис. 3. Износ пластины после обработки 19 режимом обработки



Рис. 4. Износ пластины после обработки 24 режимом обработки

### Заключение

После проведения практических экспериментов по обработке образцов с наплавленным покрытием из проволоки ASM 4603 методом вибрационного течения были получены значения абсолютных износов режущих кромок пластин для каждой комбинации режимов резания.

Значения износа варьировались от 0,05 до 0,3 грамм от общих масс режущих пластин. При превышении допустимых значений амплитудно-частотных параметров процесса вибрационного течения протекали процессы механического разрушения режущих кромок пластин, а именно откалывание части материала [5]. Эти процессы приводили к резкому увлечению износа поверхности режущих пластин. Также стоит отметить, что абсолютный износ не коррелируется с измеренной конечной шероховатостью поверхности образцов после обработки.

### Список литературы

1. Гаркунов Д.Н., Мельников Э.Л., Гаврилюк В.С. Триботехника: учебное пособие. – 2-е изд., стер. – М.: КНОРУС, 2013. – 408 с.

2. Пегашкин В.Ф., Осипенкова Г.А., Кукина Н.Ю. Определение условий образования регулярного микрорельефа поверхностного слоя детали при УВКК // Вестник машиностроения. – 2004. – № 1. – С.57-59.
3. Balla Srinivasa Prasad, Prakash Babu M. Correlation between vibration amplitude and tool wear in turning: Numerical and experimental analysis // Engineering Science and Technology, an International Journal. 2017, vol. 20, is. 1, pp. 4-5.
4. Шнейдер Ю.Г. Эксплуатационные свойства деталей с регулярным микрорельефом. – Л.: Машиностроение, 1982. – 240 с.
5. Сергиев А.П., Швачкин Е.Г. Исследование оптимального соотношения параметров колебаний при вибрационном резании // Вестник машиностроения. – 2004. – №5. – С. 49-53.

Сведения об авторах:

*Кудинов Егор Алексеевич* – студент;

*Владимиров Александр Андреевич* – к.т.н., доцент кафедры ТОММ;

*Шаповалов Антон Иванович* – к.т.н., доцент кафедры ТОММ;

*Макаров Алексей Владимирович* – к.т.н., доцент, заведующий кафедрой ТОММ.