

УДК 621.914.1.01

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА УСАДКИ СТРУЖКИ ПРИ РОТАЦИОННОМ ФРЕЗЕРОВАНИИ**

*В.Г. Шаламов, С.Д. Сметанин, А.И. Голосников*

Проанализированы существующие способы определения коэффициента усадки при резании. Предложен подход к нахождению коэффициента усадки стружки при ротационном фрезеровании. Выявлено различие в усадке стружки, формируемой при работе гладкого и зубчатого режущих элементов.

Ключевые слова: ротационное фрезерование, стружка, коэффициент усадки, формообразование.

Значительное место в создании прогрессивных современных материалов занимает порошковая металлургия. Динамичное развитие порошковой металлургии объясняется тем, что она позволяет преодолевать технологические трудности изготовления изделий из тугоплавких металлов, создавать материалы с особыми, часто уникальными составами, структурой и свойствами, иногда вообще недостижимыми при применении других методов производства, либо с обычными физическими и механическими свойствами, но при существенно лучших экономических показателях [1].

Для производства изделий методами порошковой металлургии требуются армирующие волокна и порошки в качестве наполнителей, к которым предъявляются требования по физико-химическим и механическим свойствам. В зависимости от набора размеров частиц порошки характеризуются фракционным или гранулометрическим составом. Для обеспечения оптимальной плотности засыпки и прессуемости порошков нужно соблюсти определенное соотношение разных частиц [2].

Порошки можно получать различными методами [3], одним из которых является резание. Особенностью данного процесса является то, что при преобразовании слоя материала в стружку вследствие пластических деформаций форма и размеры последней требуют определения. Поэтому для теоретического определения размеров получаемой стружки при моделировании процесса необходим учет указанного явления.

Пластические деформации срезаемого слоя материала при превращении его в стружку внешне проявляются в том, что длина стружки получается короче пути, пройденного режущей кромкой по обработанной поверхности. Толщина и ширина стружки при резании получается больше толщины и ширины срезаемого слоя. Соотношения этих параметров называются коэффициентами усадки в направлениях, соответственно, толщины и ширины [4]. Для всех обрабатываемых материалов, исключая титановые сплавы, коэффициенты усадки стружки больше единицы. Коэффициенты усадки стружки являются количественной оценкой степени пластической

деформации обрабатываемого материала при резании. Чем меньше усадка стружки, тем с меньшими пластическими деформациями протекает процесс резания и более благоприятные условия для стружкообразования. На коэффициент усадки стружки оказывают влияние вид операции, геометрические элементы режущей части инструмента, элементы режима резания, обрабатываемый и инструментальный материалы и СОТС. При традиционной обработке резанием разброс коэффициента усадки для разных материалов составляет 1,1...5.

Определение усадки при традиционном фрезеровании может осуществляться измерением длины полученной стружки с помощью гибкой нити, весовым методом, путем нанесения рисок на заготовке и др. способами [5]. При получении элементной стружки ротационным фрезерованием [6] коэффициент усадки рационально получать другим методом. Учитывая сложность траектории движения точек режущих кромок можно осуществить прямое сравнение размеров полученной стружки с их расчетными значениями.

Процесс ротационного фрезерования при получении элементной стружки осуществляется по групповой схеме резания двумя режущими элементами – гладким и зубчатым. На поверхности зубчатого элемента выполнены режущие зубья, которые, перемещаясь по определённой траектории, последовательно врезаются в материал заготовки и формируют частицу порошка, оставляя на поверхности часть не срезанного материала. Гладкий режущий элемент, контактируя с заготовкой непрерывно всей режущей кромкой, срезает материал, оставленный зубчатым элементом.

Форма, размеры стружки и условия протекания процесса при работе гладкого и зубчатого режущих элементов при ротационном фрезеровании существенно отличаются. Зубчатый элемент внедряется в сплошной материал и формирует стружку в стесненных условиях. В результате имеет место существенная деформация и искажение формы стружки. Гладкий элемент осуществляет свободное резание, удаляя материал, рассеченный канавками. Стружка свободно перемещается вдоль плоскости сдвига, претерпевая незначительную деформацию. Поэтому имеет смысл рассматривать коэффициенты усадки отдельно для стружки, формируемой гладким и зубчатым режущими элементами. Снимки стружки, формируемой гладким (а) и зубчатым (б) режущими элементами показаны на рис. 1.

Для определения коэффициента усадки стружки при ротационном фрезеровании осуществим моделирование процесса. Исходный материал – алюминиевый сплав АК9. Общие параметры: радиус режущих элементов  $r = 24$  мм; угол наклона оси режущего блока  $\beta = 0$ ; подача  $S = 1$  мм/зуб; глубина резания  $t = 2$  мм; угол при вершине зубчатого элемента  $\phi_1 = 6^\circ$ , число зубьев  $z = 20$ . На протекание процесса существенное влияние оказывает угол разворота оси режущего блока  $\lambda$ , который может изменяться в широких пределах, поэтому оценка коэффициента усадки проводилась для различных углов разворота в диапазоне от  $10^\circ$  до  $70^\circ$  с шагом  $10^\circ$ .

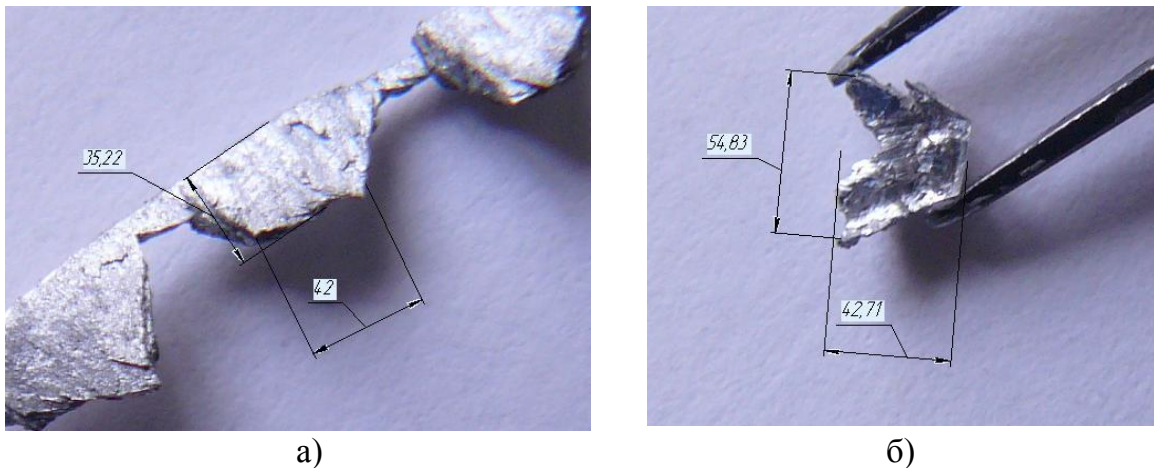


Рис. 1. Стружка, полученная зубчатым (а) и гладким (б) режущими элементами

Измерение размеров полученной стружки осуществлялось в следующей последовательности:

1. На предметный столик помещается эталон (линейка) и через окуляр микроскопа делается фотоснимок с заданного фокусного расстояния.

2. Опытный образец элемента стружки помещается на предметный столик и через окуляр микроскопа делается фотоснимок.

3. Полученные фотоснимки стружки и эталона импортируются в программу «Компас-3D».

4. На фотоснимке эталона измеряется расстояние между граничными точками эталона в координатах «Компас-3D».

5. На фотоснимке образца измеряется расстояние между интересующими точками в координатах «Компас-3D».

6. Так как известно номинальное значение размера эталона, то поделив размер образца на размер эталона в координатах «Компас-3D» можно получить реальное значение размера измеряемого образца.

Полученные размеры стружки сравнивались с размерами следов, остающихся на заготовке. Коэффициент усадки стружки при изменении  $\lambda$  показан на рис. 2.

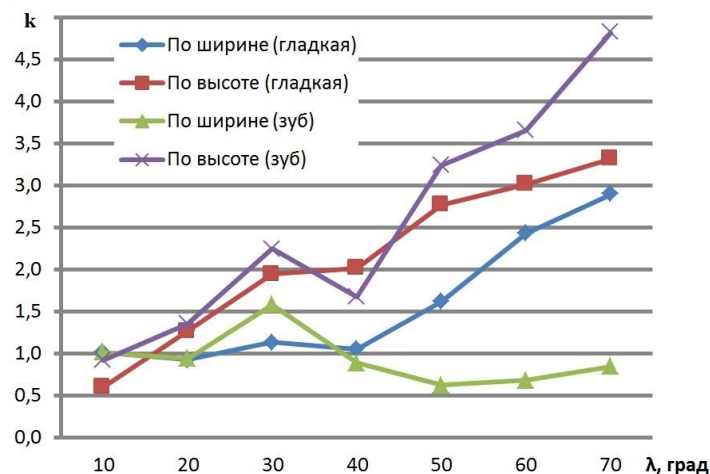


Рис. 2. Коэффициент усадки стружки при изменении  $\lambda$

График показывает, что при увеличении угла разворота коэффициент усадки стружки также увеличивается. Наиболее интенсивно изменяется высота стружки, формируемой зубчатым режущим элементом. Ширина стружки, формируемой зубчатым режущим элементом, практически не изменяется. Это можно объяснить работой зубчатого элемента в стесненных условиях, в результате чего деформация стружки носит направленный характер.

#### Библиографический список

1. Либенсон, Г.А. Производство порошковых изделий: учебник для техникумов. – 2-е изд., перераб. и доп. / Г.А. Либенсон. – М.: Металлургия, 1990. – 240 с.
2. Металлические порошки и порошковые материалы: справочник / под ред. Ю.В. Левинского. – М.: Экомет, 2005. – 520 с.
3. Казармщиков, И.Т. Производство металлических конструкционных материалов: учебное пособие / И.Т. Казармщиков. – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2004. – 247 с.
4. Грановский, Г.И. Резание металлов: учебник для вузов / Г.И. Грановский, В.Г. Грановский. – М.: Высш. шк., 1985. – 304 с.
5. Куфарев, Г.Л. Расчет степени деформации стружки при торцовом фрезеровании / Г.Л. Куфарев, А.А. Козлов, В.В. Овчаренко / Известия ТПИ. – Т. 209. – Томск, 1976. – С.135–138.
6. Сметанин, С.Д. Оптимизация процесса получения порошковых материалов ротационным фрезерованием / С.Д. Сметанин, В.Г. Шаламов // Научные технологии в машиностроении. – 2013. – № 12. – С. 4–11.

[К содержанию](#)