

**ПОЛУЧЕНИЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОРОШКОВ
РОТАЦИОННЫМ ТОЧЕНИЕМ
ПО ГРУППОВОЙ СХЕМЕ РЕЗАНИЯ
САМОВРАЩАЮЩИМИСЯ РЕЖУЩИМИ ЭЛЕМЕНТАМИ**

И.О. Езовцев, В.Г. Шаламов

В статье рассмотрена технология получения порошков на примере алюминия и алюминиевых сплавов. Предложен метод получения металлических порошков ротационным точением самовращающимися режущими элементами. Используя опыт предварительных исследований, разработана математическая модель процесса, позволяющая по исходным данным вычислить теоретические размеры и форму образующихся порошков. Экспериментальным путем получены порошки из заготовки алюминиевого сплава и измерены их действительные размеры. Произведено сравнение теоретических и действительных размеров порошковых элементов.

Ключевые слова: порошковая металлургия, ротационное точение, ротационный режущий инструмент.

Порошки алюминия и его сплавов – наиболее представительные по объему производства и номенклатуре среди порошков цветных металлов. Их отличительной чертой является повышенная пожаро- и взрывоопасность. В настоящее время порошки алюминия и его сплавов получают из сортовых марок алюминия и его сплавов или из отходов, используя приемы распыления расплава [1]. Процесс распыления расплава имеет существенный недостаток, а именно: очень низкий КПД процесса, который выражается отношением поверхностной энергии распыленных частиц к энергии, затраченной на повышение давления массы жидкости. Обычно КПД составляет менее 1 % из-за потерь, обусловленных главным образом высокой кинетической энергией капель и отходящих газов [2].

Области применения порошков алюминия и алюминиевых сплавов весьма разнообразны:

1. Изготовление взрывчатых веществ (аммоналов, алюмотола, детонитов и др.).
2. Металлургия (в качестве восстановителя, для алюмотермии, для устранения усадочных раковин в слитках, напыления и термодиффузии в порошковой металлургии, получения сварочной проволоки).
3. Химическая промышленность (при получении водорода, алюминий-алкилов, тетраэтилсвинца, антидетонатора, в производстве резины для автомобильных шин, специальных пластмасс).
4. Изготовление красок, эмалей, пластиков на основе эпоксидных, феноловых, полиэфирных пластмасс).
5. Производство ячеистых бетонов, высокоплотных огнеупоров, пористых абсорбирующих материалов при изготовлении изделий методом сухого прессования.

Ротационное точение является прогрессивным способом обработки материалов, в зависимости от причины, вызывающей вращение инструмента в процессе резания, инструменты с вращающимися круглыми режущими кромками от специального привода и инструменты с самовращением режущей кромки силами трения, возникающими между контактными поверхностями резца и заготовкой [3]. Предлагаемый способ получения порошковых элементов ротационным точением самовращающимися режущими элементами относится к механическим методам: измельчение металла резанием.

В настоящее время отсутствует информация о практическом применении технологии ротационного точения в качестве способа получения металлического порошка. Однако можно предположить, что данным методом возможно измельчение разнообразных материалов с целью получения металлических и неметаллических порошков различной формы и размеров. Одной из ключевых особенностей процесса является реализация прерывистого процесса резания, за счет использования зубчатых режущих элементов. Образующиеся крупные элементы порошкового материала целесообразно будет использовать для дальнейшего измельчения в шаровых, вихревых и других аппаратах, а мелкие элементы для изготовления изделий без дополнительного дробления.

Процесс ротационного точения в общем виде представляет собой своеобразную токарную обработку, целью которой является получение элементной стружки – порошков определенного размера. Для реализации данной технологии разработан специализированный инструмент – ротационный режущий инструмент (рис. 1а) и зубчатые режущие элементы (рис. 1б). Принцип работы и конструктивные особенности разработанного инструмента были рассмотрены ранее в работе [4].

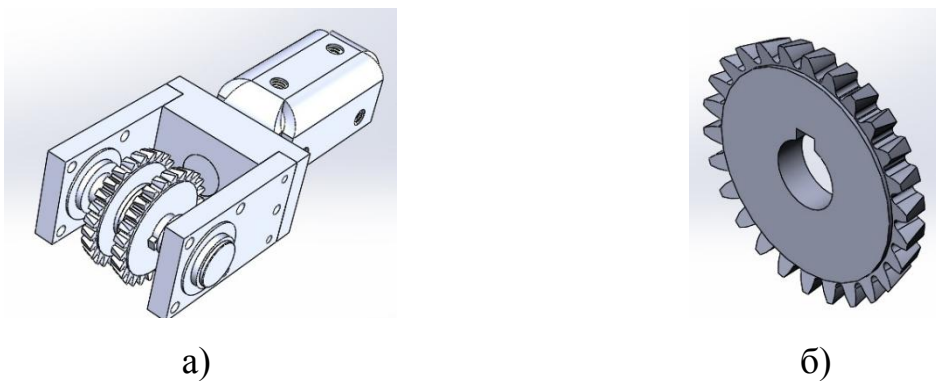


Рис. 1. Модель ротационного инструмента (а) и зубчатых режущих элементов (б)

Ранее в работе [5] была подробно рассмотрена кинематика ротационного течения и параметры установки режущих элементов. Используя эти данные, разработана математическая модель формы и размеров образующихся порошковых элементов при ротационном тчении по групповой схеме резания самовращающимися режущими элементами. Данная математическая модель представлена в системе компьютерной алгебры из класса систем автоматизированного проектирования – Mathcad. При моделировании этого процесса исходными данными будут являться параметры операции, такие как величина подачи (S), глубина резания (t), угол наклона режущей кромки (λ), профиль зуба режущего элемента (a , b , h , α_1 , α_3 и α_4) и т.д. Интерфейс программы для ввода исходных данных представлен на рис. 2.

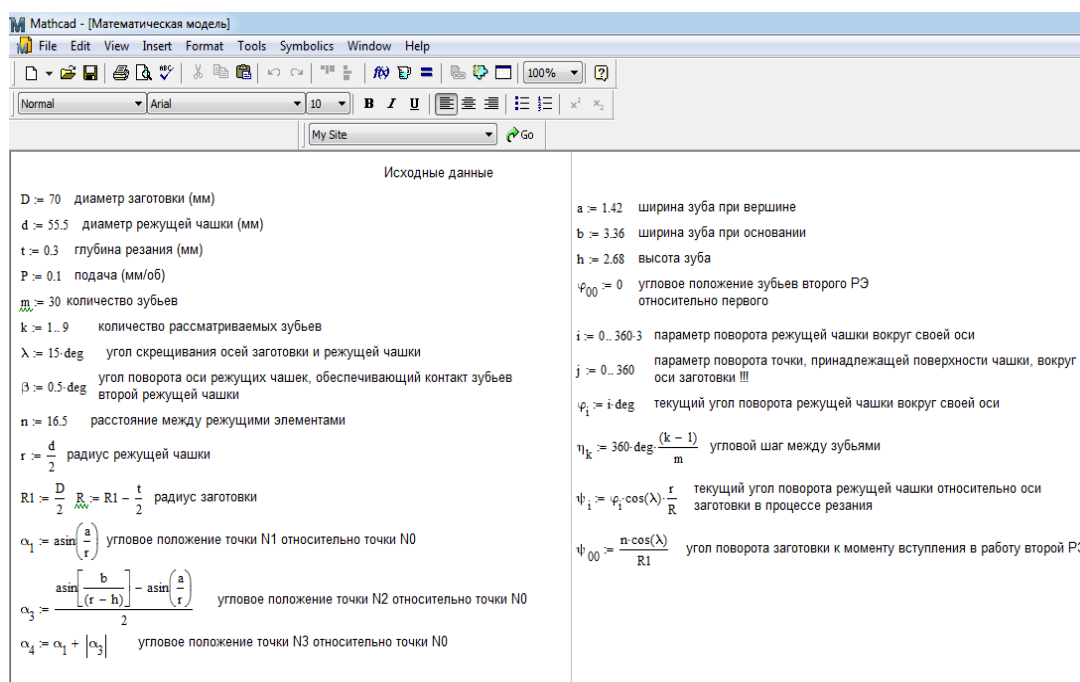


Рис. 2. Интерфейс программы для ввода исходных данных

Выходными данными разработанной математической модели являются форма и теоретические размеры порошков, образуемых при ротационном точении. Произведя моделирование для двух проходов режущего инструмента с глубиной резания 0,3 мм и 0,6 мм, по указанным выше исходным данным (рис. 2) выявлены две основные формы порошковых элементов, образуемых при данных условиях: трапециевидная, с габаритными размерами $A_1 = 0,30$ мм и $B_1 = 1,67$ мм, и П-образная с габаритными размерами $A_2 = 0,60$ мм, $B_2 = 1,90$ мм, $B_3 = 1,35$ мм (рис. 3). Очевидно, что размеры A_1 и A_2 равны заданным глубинам резания 0,3 мм и 0,6 мм, а величина размеров B_1 , B_2 и B_3 будет зависеть от исходных параметров операции, таких как угол наклона режущей кромки (λ), профиль зуба режущего элемента (a , b , h , α_1 , α_3 и α_4) и т.д.

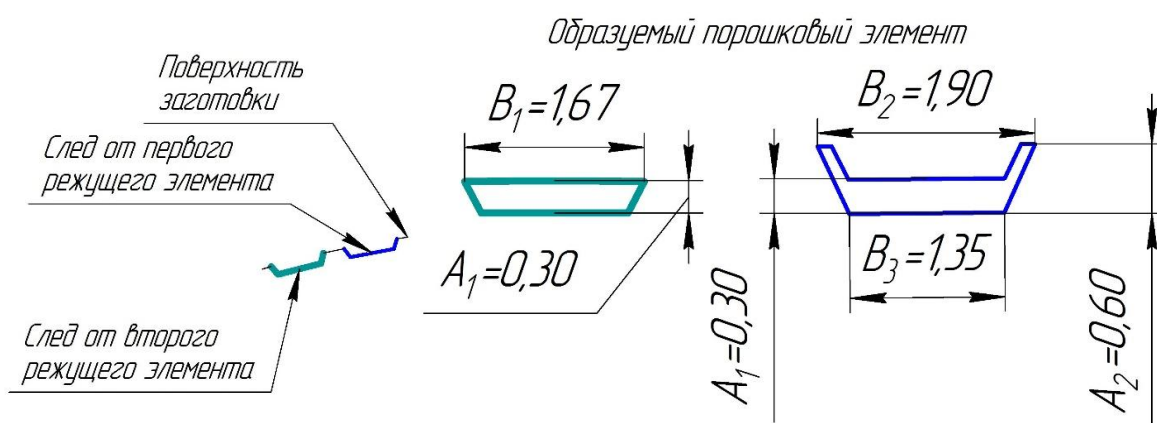


Рис. 3. Выходные данные математической модели

Для проверки точности и адекватности выходных данных разработанной математической модели был проведен ряд экспериментальных исследований, на примере обработки заготовки алюминиевого сплава. По аналогичным исходным данным (рис. 2) были получены образцы порошков (рис. 4), двух основных форм: трапециевидной и П-образной.

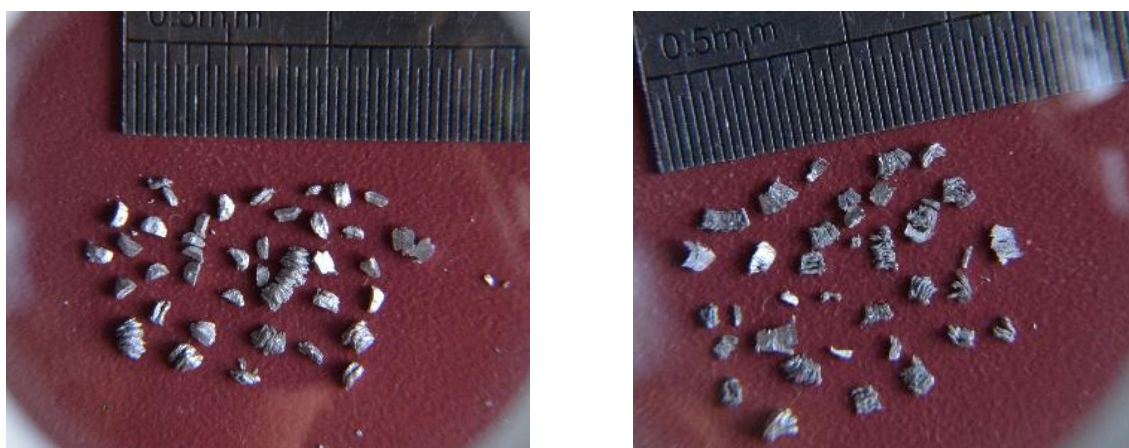


Рис. 4. Порошковые элементы, полученные экспериментальным путем

Для сравнения действительных и теоретических размеров используется метод статистической проверки гипотез, а именно сравнение выборочной средней с гипотетической генеральной средней нормальной совокупности. Для того чтобы при заданном уровне значимости α проверить нулевую гипотезу $H_0: a = a_0$ о равенстве генеральной средней a нормальной совокупности с неизвестной дисперсией σ гипотетическому (предполагаемому) значению a_0 при конкурирующей гипотезе $H_1: a \neq a_0$, надо вычислить наблюдаемое значение критерия

$$U_{набл} = \frac{(\bar{x} - a_0)\sqrt{n}}{\sigma}, \quad (1)$$

где \bar{x} – среднеарифметическое значение; a_0 – нормативный показатель с которым происходит сравнение (гипотетическое значение); n – объем выборки; σ – среднее квадратичное отклонение.

По таблице функции Лапласа находится критическая точка $u_{кр}$ двусторонней критической области из неравенства:

$$\Phi(u_{кр}) = \frac{1 - \alpha}{2}, \quad (2)$$

где α – заданный уровень значимости.

Если $|U_{набл}| < u_{кр}$ – нет оснований отвергнуть нулевую гипотезу. Если $|U_{набл}| > u_{кр}$ – нулевую гипотезу отвергают [6].

Результаты измерений действительных размеров порошков сгруппированы в три выборки для размеров V_1 , V_2 и V_3 соответственно, и представлены в табл. 1.

Для каждой выборки по формулам (1) и (2) были найдены наблюдаемое значение критерия ($U_{набл}$) и критическая точка ($u_{кр}$), результаты расчетов представлены в табл. 2.

Согласно данным табл. 2, во всех случаях $|U_{набл}| > u_{кр}$ и соответственно нулевая гипотеза отвергается. Другими словами, выборочная и гипотетическая средние различаются значительно. Полученное различие действительных и теоретических размеров на данном этапе исследования можно связать с возникающими погрешностями, такими как:

- погрешности при изготовлении режущего инструмента;
- погрешности при токарной обработке (неточность станка и зажимного приспособления, неточность установки режущего инструмента и т.п.);
- погрешности, вызываемые неточностью измерения размеров порошков;
- возникающие пластические деформации при образовании порошков.

Для исключения данного различия в будущей работе необходимо оценить количественно влияние указанных погрешностей на размеры получаемых порошков. А также ввести поправочные коэффициенты в математическую модель, позволяющие на этапе теоретического расчета размеров обрабатываемых порошков минимизировать возникающие погрешности.

Таблица 1

Действительные размеры порошков

№ измерения	x_i		
	B_1 , мм	B_2 , мм	B_3 , мм
1	1,52	1,43	1,04
2	1,34	1,58	1,01
3	1,41	1,38	1,12
4	1,3	1,45	1,16
5	1,38	1,41	1,38
6	1,33	1,62	1,12
7	1,51	1,38	1,1
8	1,53	1,51	1,27
9	1,36	1,55	1,14
10	1,58	1,38	1,3
11	1,45	1,62	1,11
12	1,42	1,52	1,15
13	1,59	1,45	1,28
14	1,66	1,48	1,31
15	1,42	1,38	1,21
16	1,36	1,78	1,18
17	1,5	1,8	1,26
18	1,44	1,32	1,11
19	1,51	1,4	1,22
20	1,62	1,43	1,15

Таблица 2

Результаты расчетов для проверки нулевой гипотезы

	$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$	$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$	$U_{набл}$	$u_{кр}$	a_0
B_1	1,46	0,10	9,4	1,96	1,67
B_2	1,49	0,13	14,1	1,96	1,90
B_3	1,18	0,09	8,4	1,96	1,35

Библиографический список

1. Бабич, Б.Н. Металлические порошки и порошковые материалы / Б.Н. Бабич. – М. – С. 156–158.
2. Джонс, В.Д. Основы порошковой металлургии. Производство металлических порошков / В.Д. Джонс. – М. – С. 186.
3. Бобров, В.Ф. Резание металлов самовращающимися резцами / В.Ф. Бобров, Д.Е. Иерусалимский. – Москва: Машиностроение, 1972. – С. 3.

4. Шаламов, В.Г. Применение ротационного точения в качестве метода получения порошковых элементов / В.Г. Шаламов, И.О. Еговцев // Темат. сб. науч. тр. «Прогрессивные технологии в машиностроении». – Челябинск, 2016. – С. 28–31.

5. Шаламов, В.Г. Кинематика ротационного точения при групповой схеме резания / В.Г. Шаламов, И.О. Еговцев // Наука ЮУрГУ. Материалы 68-й научной конференции. Секции технических наук. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2016. – С. 302–310.

6. Гмурман, В.Е. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике / В.Е. Гмурман. – М. – С. 218–219.

[К содержанию](#)