

ФОРМООБРАЗОВАНИЕ ПОРОШКОВ ПРИ РОТАЦИОННОМ ФРЕЗЕРОВАНИИ

В.Г. Шаламов, С.Д. Сметанин, М.А. Соколов

Порошковая металлургия, как метод получения изделий, занимает особое место, так как позволяет получать не только изделия различных форм и назначений, но и создавать принципиально новые материалы, которые другим путем получить или очень трудно или невозможно, а также существенно повысить экономические показатели производства (например, коэффициент использования материала составляет около 100 %). Исходным материалом для порошковой металлургии служат порошки различных ме-

таллов, свойства которых прямо зависят от метода получения порошка. Разнообразие требований, предъявляемых к порошкам в зависимости от области их применения, а также свойств самих металлов объясняют существование большого количества различных методов производства металлических порошков. Общепринятым является условное деление на физико-химические и механические. Физико-химические способы измельчения связаны с различными физическими (химическими) превращениями исходного металла, а поэтому получаемый и исходный материалы не обладают химической чистотой и идентичностью физических свойств. Кроме того, энергоёмкость измельчения материалов данными способами очень высока. Механические способы позволяют обеспечить химическую чистоту получаемого порошка, отсутствие оксидных и других плёнок. Они подразделяются на измельчение истиранием, дроблением и резанием. Первые два способа позволяют измельчать только хрупкие материалы, вязкие же материалы при обработке только деформируются, но не измельчаются. Кроме того из-за высоких температур, возникающих при обработке, невозможно получать порошки легко воспламеняемых материалов. Напротив, измельчение резанием позволяет получать порошки вязких материалов. Среди способов получения металлов резанием фрезерование является одним из немногих видов обработки, при котором гарантированно получается элементная стружка, размеры которой можно прогнозировать. Этот метод положен в основу большинства промышленных установок, применяемых для получения порошка. Данные установки, в большинстве случаев, хоть и обладают стабильностью размеров получаемых частиц, но практически не позволяют управлять процессом формообразования. Учитывая потребности производства в получении качественного порошка, размерами и формой которого можно управлять, а также необходимости получения порошков вязких, легко воспламеняемых и труднообрабатываемых материалов, совершенствование процесса измельчения фрезерованием является актуальной задачей, которую можно решить на основе принципиально нового подхода – применения ротационного фрезерного инструмента [1].

Для того, чтобы управлять процессом получения порошка ротационным фрезерованием, прежде всего, необходимо провести его математическое моделирование с использованием аппарата аналитической геометрии на плоскости и в пространстве. В процессе ротационного фрезерования участвуют два режущих элемента – зубчатый и гладкий, каждый из которых движется по своей траектории, описываемой системой уравнений (1) для зубчатой чашки и (2) для гладкой режущей чашки [2]. При пересечении этих траекторий образуется порошок (рис. 1).

$$\begin{cases}
X = R_{\phi} \cos \psi + r_3 \cos \beta \cos \left[\frac{360^{\circ}}{z} (i-1) \right] \cos \left(\frac{R_{\phi}}{r_3} \psi \right) + \\
+ r_3 \sin \left[\frac{360^{\circ}}{z} (i-1) \right] \sin \left(\frac{R_{\phi}}{r_3} \psi \right) + S \frac{\psi}{360^{\circ}}, \\
Y = r_3 \sin \beta - r_3 \cos \left(\frac{R_{\phi}}{r_3} \psi \right) \sin \beta, \\
Z = R_{\phi} \sin \psi - r_3 \cos \beta \cos \left[\frac{360^{\circ}}{z} (i-1) \right] \sin \left(\frac{R_{\phi}}{r_3} \psi \right) + \\
+ r_3 \sin \left[\frac{360^{\circ}}{z} (i-1) \right] \cos \left(\frac{R_{\phi}}{r_3} \psi \right); \\
X = R_r \cos(\psi - \psi_0) + S \frac{\psi}{360^{\circ}}, \\
Y = r_r \sin \beta - r_r \cos \left[\frac{R_r}{r_r} (\psi - \psi_0) \right] \sin \beta, \\
Z = R_r \sin(\psi - \psi_0),
\end{cases} \quad (1)$$

$$\begin{cases}
X = R_r \cos(\psi - \psi_0) + S \frac{\psi}{360^{\circ}}, \\
Y = r_r \sin \beta - r_r \cos \left[\frac{R_r}{r_r} (\psi - \psi_0) \right] \sin \beta, \\
Z = R_r \sin(\psi - \psi_0),
\end{cases} \quad (2)$$

где $R_r = R_{\phi} - r_r$; R_{ϕ} – радиус фрезы; r_r – радиус гладкой режущей чашки; r_3 – радиус зубчатой режущей чашки; ψ_0 – угол установки гладкой режущей чашки.

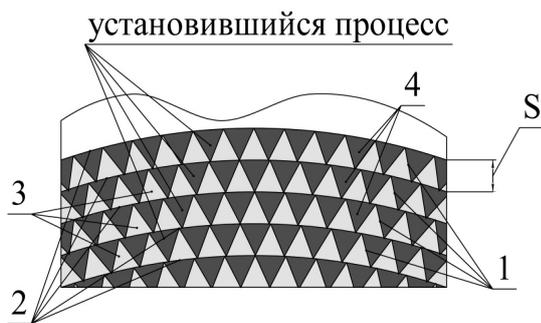


Рис. 1. Формообразование порошка при ротационном фрезеровании: 1 – траектория движения зубчатой режущей чашки; 2 – траектория движения гладкой режущей чашки; 3 – порошок, срезаемый зубчатой режущей чашкой; 4 – порошок, срезаемый гладкой режущей чашкой

Далее полученная модель анализировалась с помощью математического аппарата современных программных средств. В ходе анализа было установлено, что на длину получаемого порошка (рис. 2, а) наибольшее влияние оказывает величина подачи на оборот S . На ширину порошка (рис. 2, б) наибольшее влияние оказывают число зубьев Z и величина подачи на оборот S . На толщину порошка (рис. 2, в) наибольшее влияние оказывает глубина резания t . Влияние остальных параметров на размеры получаемого порошка являются незначительными и при проектировании процесса ротационного фрезерования не учитываются.

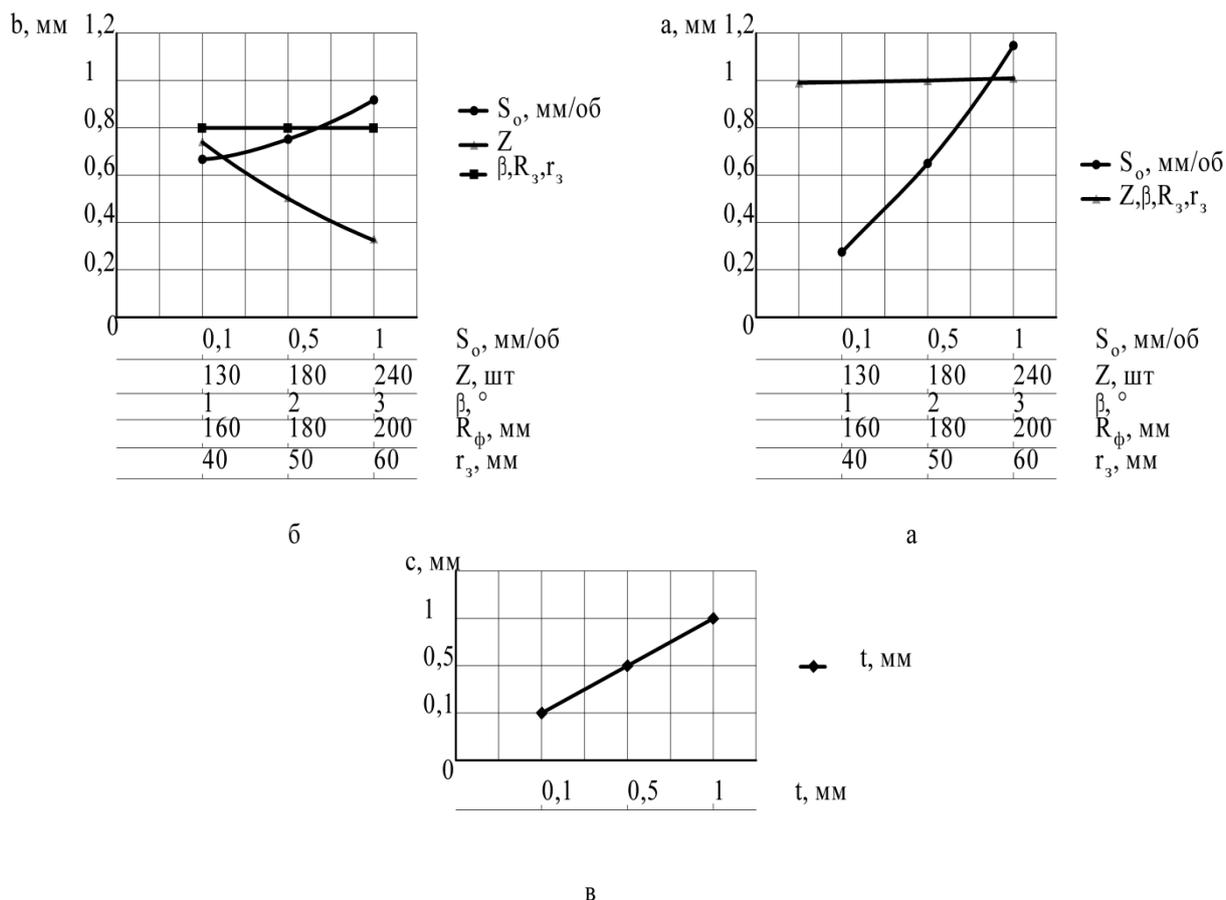


Рис. 2. Влияние параметров на размеры получаемого порошка:
 а – на длину порошка; б – на ширину порошка; в – на толщину порошка

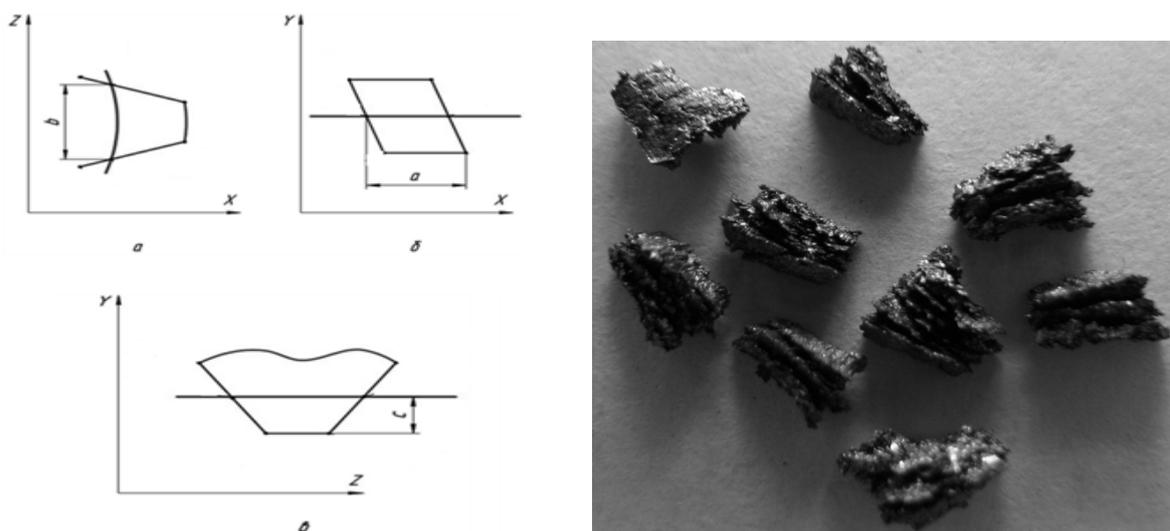


Рис. 3. Экспериментально полученный порошок

Определив количество факторов, влияющих на размеры порошка, был спланирован многофакторный эксперимент для получения уравнения регрессии и последующего его применения для целей управления. Для приближения моделируемого процесса к реальному, спланированный экспе-

римент проводился на сером чугуна. В результате эксперимента был получен порошок, размеры и форма которого соответствуют моделируемым (рис. 3). Результаты моделирования подтвердили адекватность полученной модели, следовательно, её можно использовать для проектирования и управления процессом формообразования порошка ротационным фрезерованием.

Библиографический список

1. Гатитулин, М.Н. Технологические возможности торцовых планетарных инструментов / М.Н. Гатитулин, П.Г. Мазеин // Прогрессивные технологии в машиностроении: темат. сб. науч. тр. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2005. – С. 199–201.
2. Бронштейн, И.Н. Справочник по математике для инженеров и учащихся ВТУЗов / И.Н. Бронштейн, К.А. Семендяев. – М: Гос. изд-во физ.-мат. лит., 1959. – 608 с.