

## Определение поперечных размеров деформируемых заготовок

*В.В. Синельщиков*

*Волгодонский инженерно-технический институт – филиал НИЯУ МИФИ,  
г. Волгодонск*

**Аннотация:** В статье приведены результаты исследований пластических свойств нагретых пористых порошковых материалов при испытаниях на осадку. Дана методика определения поперечных размеров пористых заготовок, обеспечивающая их бездефектное динамическое горячее прессование в матрице.

**Ключевые слова:** пластическое свойство материала, исследование деформируемости, пластичность материала, поперечная деформация, температура нагрева, методика расчета, динамическое горячее прессование, порошковая заготовка, поперечный размер заготовки и матрицы, исходный размер порошковой заготовки, конечный размер изделия.

В настоящее время все большую актуальность приобретают разработки, связанные с заменой ряда материалов и традиционных технологических процессов изготовления некоторых машиностроительных изделий на технологии порошковой металлургии. Например, делаются попытки применения порошковых материалов для изготовления ответственных деталей уплотнения энергетической арматуры высоких параметров [1]. Ряд исследований по формированию порошковых материалов различными методами представлены в [2 – 5].

С технологической точки зрения наиболее оптимальным вариантом изготовления деталей методом динамического горячего прессования (ДГП) или горячей штамповки (ГШ), требующих значительного радиального перемещения деформируемого материала, является их формование из порошковых заготовок простой формы, например, цилиндрической. Например, конечная форма конической шестерни, при использовании заготовки цилиндрической формы, достигается путём высотной и радиальной деформаций нагретого пористого материала с образованием зубьев. Пористый материал заготовки испытывает значительную поперечную деформацию и должен обладать высокой пластичностью [6, 7].

Недостаточная пластичность пористого материала может привести к возникновению дефектов в виде трещин, которые на конечных стадиях уплотнения могут полностью не исчезать, что приводит к резкому снижению механических и пластических свойств материала после ДГП [7]. В связи с этим были выполнены исследования пластических свойств нагретого пористого порошкового материала при различных технологических условиях и схемах напряженно-деформированного состояния [8 – 10].

Использование порошковых заготовок цилиндрической формы способствует максимальной автоматизации процесса, снижению усилий прессования, повышению механических свойств получаемого материала ввиду более интенсивного разрушения окислов на поверхности частиц порошка за счёт их перемещения.

С целью прогнозирования возможности изготовления изделий из пористых порошковых заготовок методом ДГП с поперечной деформацией, возможной благодаря пластическим свойствам используемого материала, предлагается следующая методика расчёта их поперечных размеров.

По результатам исследований деформируемости при свободной осадке нагретых пористых образцов с различным отношением размеров  $h_k / d_o$  строятся графики зависимостей  $d_m / d_o = f(h_k' / d_m)$  для различных значений исходной пористости  $P_o$ , температуры нагрева  $t_H$ , гранулометрического состава и других параметров порошковой заготовки ( $t_k$  – конечная высота цилиндрической заготовки после ДГП в матрице диаметром  $d_o$ ;  $d_m$  – диаметр матрицы для ДГП, который при построении указанных графиков принимался равным максимальному диаметру свободно осаженной порошковой заготовки в момент образования первых трещин, то есть

---

$d_m = d_{mp}$ ;  $d_o$  – диаметр порошковой заготовки до её нагрева»;  $h'_k$  – конечная высота изделия после ДГП в матрице диаметром  $d_m$ ).

На рис. 1 представлены некоторые графические зависимости

$d_m / d_o = f(h'_k / d_m)$ . Для графиков 1;2  $\Pi_o = 30 \pm 1\%$ , графика 3 –  $20 \pm 1\%$ . Для всех трёх условий испытаний температура нагрева  $t_H$  перед ДГП  $1100^\circ\text{C}$ . Температура спекания  $t_c$  для второго и третьего испытаний  $1100^\circ\text{C}$ , время выдержки 20 мин.

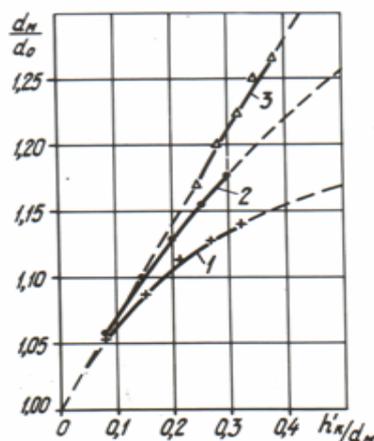


Рис. 1. – Зависимость  $d_m / d_o$  от конечных геометрических соотношений размеров  $h'_k / d_m$  изделий после ДГП: 1 – порошковые заготовки не спеченные; 2 – спеченные (порошок ПЖ4С2 в обоих случаях); 3 – спеченные из фракции – 0063 порошка ПЖ4МЗ

Отношение размеров  $d_m / d_o$  характеризует максимально возможное превышение диаметра  $d_m$  матрицы для ДГП над диаметром  $d_o$  используемой порошковой заготовки, которое возможно исходя из пластических свойств используемого нагретого пористого материала.

Как следует из графиков 1,2,3 определённому наперёд заданному отношению конечных размеров  $h'_k / d_m$  изделия, которое необходимо

изготовить методом ДГП, должно соответствовать некоторое соотношение  $d_m / d_o$ , что при известном диаметре  $d_m$  матрицы позволяет легко определить необходимый диаметр  $d_o$  порошковой заготовки. Так, при

$$(h'_k / d_m) = 0,3,$$

$(d_m / d_o) = 1,132$  для спеченных порошковых заготовок из порошка ПЖ4С2 (график 2). В этом случае заготовка должна иметь диаметр  $d_o$  не меньше

$d_o = d_m / 1,132$  в противном случае её деформация в нагретом состоянии будет происходить с образованием трещин.

Анализ таких графиков (рис. 1) позволит выбрать исходные размеры порошковой заготовки, которые обеспечат схему ДГП с максимальной (предельной до момента появления трещин) поперечной деформацией для используемого нагретого порошкового материала, что благоприятно скажется на процесс уплотнения и конечные механические свойства получаемого изделия.

Выводы:

1. Установлено, что лучшими пластическими свойствами в нагретом состоянии обладают предварительно спеченные пористые порошковые материалы, а также, изготовленные из мелкой фракции порошка ПЖ4МЗ.

2. Для изделия с конечными размерами по высоте  $h'_k$  и диаметру  $d_m$  можно рассчитать исходные размеры пористой заготовки, обеспечивающие бездефектное ДГП с максимальной поперечной деформацией.

### Литература

1. Колоколов Е.И., Пирожков Р.В., Томилин С.А. Применимость порошковой стали типа 110Г13П для изготовления деталей уплотнения

энергетической арматуры высоких параметров // В мире научных открытий. 2014. № 8 (56). С. 119-130.

2. Пирожков Р.В., Литвинова Т.А., Томилин С.А. Получение структуры стали 110Г13 методом электроконтактного уплотнения // Глобальная ядерная безопасность. 2012. № 4 (5). С. 49-53.

3. Мецлер А.А., Медведев Ю.Ю., Томилин С.А., Литвинова Т.А. Особенности формирования высокоплотного материала при электроконтактном уплотнении порошковой бронзы // Глобальная ядерная безопасность. 2013. № 3 (8). С. 37-41.

4. Sjöberg G., Mironov V., Fischmeister H.E. Die-Filling and Densification in Hot Extrusion Forging of Porous Preforms // Powder Metallurgy Int. 1977. Vol. 9, No. 4. pp.160-163.

5. Hung-Kuk Oh, Jeong – Keun Lee. A study of the extrusion of sintered porous metal // J. Mech. Technol. 1985. Vol. 11, No 1. pp.53-69.

6. Дорофеев Ю.Г. К вопросу о качестве изделий, изготавливаемых методом ДГП. // Горячее прессование: сб. докладов научн.-техн. семинара. – Киев: Наукова думка, 1983. Вып. 2. С.3-9.

7. Дорофеев Ю.Г. и др. Некоторые особенности динамического горячего прессования деталей типа сателлит / Ю.Г. Дорофеев, Н.Т. Жердицкий, Э.С. Байдала и др. // Горячее прессование: сб. докладов. – Киев: ИПМ АН УССР, НПИ, 1974. Вып. 2. С. 38-45.

8. Синельщиков В.В. Устройство для динамического растяжения нагретых металлических пористых порошковых образцов // Новый университет. Серия: Технические науки. 2016. № 1 (47). С. 34-38.

9. Синельщиков В.В. Исследование пластических свойств пористых порошковых материалов в нагретом состоянии при испытаниях на растяжение // Инженерный вестник Дона. 2016. № 1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2016/3505.

---

10. Синельщиков В.В. Исследование пластических свойств нагретых пористых порошковых материалов при испытаниях на изгиб // Инженерный вестник Дона. 2016. № 2. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2016/3542](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2016/3542).

### References

1. Kolokolov E.I., Pirozhkov R.V., Tomilin S.A. V mire nauchnykh otkrytiy. 2014. № 8 (56). pp. 119-130.
2. Pirozhkov R.V., Litvinova T.A., Tomilin S.A. Global'naya yadernaya bezopasnost'. 2012. № 4 (5). pp. 49-53.
3. Metsler A.A., Medvedev Yu.Yu., Tomilin S.A., Litvinova T.A. Global'naya yadernaya bezopasnost'. 2013. № 3 (8). pp. 37-41.
4. Sjöberg G., Mironov V., Fischmeister H.E. Powder Metallurgy Int, 1977, Vol. 9, No. 4, pp.160-163.
5. Hung-Kuk Oh, Jeong – Keun Lee. J. Mech. Technol., 1985, Vol. 11, No 1, pp.53-69.
6. Dorofeev Yu.G. Goryachee pressovaniya, Kiev, 1983, Vol. 2, pp. 3-9.
7. Dorofeev Yu.G., Zherditskiy N.T., Baydala E.S., Sinelshchikov V.V., Vasko N.G., Sachko V.B. Goryachee pressovaniya, Kiev. 1974, Vol. 2, pp. 38-45.
8. Sinelshchikov V.V. Novyy universitet. Seriya: Tekhnicheskie nauki. 2016. № 1 (47). pp. 34-38.
9. Sinelshchikov V.V. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2016, №1. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2016/3505](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2016/3505).
10. Sinelshchikov V.V. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2016, №1. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2016/3542](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2016/3542).