

## Порошковые конструкционные стали и обрабатываемость резанием

*В.Г. Шишка, И.В. Иванова, Н.В. Шишка*

*Акционерное общество «Особое конструкторско-технологическое бюро «Орион»*

**Аннотация:** Рассмотрена горячая штамповка пористых заготовок (ГШПЗ). Конструкционные стали, полученные с применением технологии ГШПЗ значительно уступают по показателям обрабатываемости резанием аналогичным по химическому составу литым и горячекатаным сталям. Приведены причины плохой обрабатываемости резанием конструкционных порошковых сталей.

**Ключевые слова:** порошковая металлургия, горячая штамповка пористых заготовок, ГШПЗ, обрабатываемость резанием.

В настоящее время порошковая металлургия находит применение в различных отраслях [1-4]. В машиностроении для изготовления тяжело нагруженных деталей машин с повышенными физико-механическими и эксплуатационными свойствами применимы только те методы порошковой металлургии, которые позволяют получать изделия с малой остаточной пористостью. К таким методам относится горячая штамповка пористых заготовок (далее ГШПЗ), которая находит все большее распространение как у нас в стране, так и за рубежом. Этот метод позволяет изготавливать детали довольно сложной формы с точностью размеров отдельных поверхностей по 7-8 квалитетам и шероховатостью  $Ra = 2,5-1,25$  мкм. Особенности получения материалов и готовых изделий из металлических порошков по технологии ГШПЗ достаточно подробно описаны в специальных и популярных работах [4-14].

Типовой технологический процесс ГШПЗ, как правило, включает следующие технологические операции:

- приготовление шихты из исходных порошков;
- дозировка шихты и изготовление пористой порошковой заготовки методом холодного статического прессования;
- спекание заготовки;
- нагрев заготовки перед горячей штамповкой;

- горячая штамповка пористой порошковой заготовки;
- термическая и химико-термическая обработка;

чистовая механическая обработка отдельных поверхностей детали со снятием стружки или упрочняюще-калибрующая обработка без снятия стружки.

Довольно часто две последние операции из технологического процесса исключаются, если точность изделий и необходимые эксплуатационные свойства достигаются без их применения. Не отрицая необходимости механической обработки при изготовлении сложных по форме и размерам фасонных поверхностей, многие авторы, из экономических соображений, ставят под сомнение целесообразность ее применения для относительно простых по форме поверхностей повышенной и высокой точности. При этом некоторые из них утверждают, что все проблемы, связанные с повышением точности и качества изделий, можно решить за счет увеличения точности штамповой оснастки, не прибегая к финишной механической обработке. На наш взгляд, такой односторонний подход к проблеме не является перспективным. Современные технологии должны экономически выгодно сочетать как операции горячего формования, так и операции механической обработки отдельных высокоточных поверхностей изделий. Необходимо отметить, что в современной литературе очень мало работ, посвященных разработке рационального маршрута изготовления деталей с применением ГШПЗ, поэтому остановимся на этом вопросе более подробно.

Постоянно возрастающие требования к точности и качеству изделий ставят перед исследователями задачу по поиску путей наращивания этих показателей. Повышение точности изделий на стадии горячей штамповки ограничено ресурсом штамповой оснастки, долговечность которой будет зависеть не от физического, а от размерного износа и от трудности учета и компенсации тепловых деформаций, как штамповой оснастки, так и готового

---

изделия. На операциях финишной механической обработки повышение точности изделий практически не имеет ограничений.

Современное высокопроизводительное металлорежущее оборудование, оснащенное системами адаптивного контроля качества, уже сегодня позволяет обеспечить экономическую точность обработки в пределах пятого-шестого квалитетов и параллельно осуществлять управление качеством поверхностного слоя обрабатываемых поверхностей.

Таким образом, дальнейшее совершенствование технологических процессов получения изделий из металлических порошков, несомненно, приведет к тому, что операции финишной механической обработки станут их неотъемлемой частью, а относительная трудоемкость этих операций будет непрерывно возрастать. Что же сдерживает сегодня развитие технологических процессов порошковой металлургии в этом направлении?

Технико-экономический анализ показывает, что конструкционные стали, полученные с применением технологии ГШПЗ, при их высоких механических свойствах значительно уступают по показателям обрабатываемости резанием аналогичным по химическому составу литым и горячекатаным сталям. Такое сочетание свойств материалов приводит к тому, что применение механической обработки в условиях крупносерийного и массового производства в ряде случаев становится крайне нерентабельным.

Для оценки обрабатываемости чаще всего сопоставляют результаты сравнительных испытаний различных материалов, используя такие показатели, как скорость и силу резания при заданном значении периода стойкости инструмента, качество обработанной поверхности, сила резания, потребляемую мощность, характер процесса стружкообразования, форму стружки и др.[15-16].

Многочисленные сравнительные испытания показали, что по первым трем из перечисленных критериев оценки обрабатываемости, высокоплотные

---

порошковые конструкционные стали, полученные по технологии ГШПЗ, уступают аналогичным по химическому составу литым и горячекатаным материалам в 2 - 2,5 раза.

Остановимся на анализе причин этого явления. Основная причина кроется в особенностях структуры высокоплотных порошковых сталей. Под влиянием различных технологических факторов на всех стадиях получения материала, а также в зависимости от качества исходных порошков, образуется, как правило, мелкозернистая структура с разветвленными межзеренными границами, повышенным содержанием неметаллических включений, среди которых преобладают твердые оксидные включения неправильной формы. Субмикроструктура характеризуется высокой плотностью дислокаций и значительными внутренними напряжениями второго рода. Сохраняется также незначительная остаточная пористость, причем под воздействием горячей деформации на стадии ГШПЗ поры приобретают вытянутую форму с заостренными краями.

Перечисленные факторы оказывают существенное влияние на физико-механические свойства порошковых сталей. Эти стали, по сравнению с литыми и горячекатаными, имеют более высокую твердость в сочетании с более низкими характеристиками пластичности и теплопроводности. Пористость при ее увеличении от 0 до 5 % несколько снижает твердость и пластичность материала, не оказывая существенного влияния на теплопроводность. Такие физико-механические свойства приводят к ухудшению их обрабатываемости резанием. Из-за более высокой твердости и пониженной теплопроводности снижается скорость резания. С увеличением пористости в вышеуказанных пределах, скорость резания несколько возрастает, тем не менее, оставаясь ниже, чем при обработке компактных горячекатаных материалов. Повышенное содержание твердых неметаллических включений приводит к росту абразивного износа

---

инструмента, а также является причиной некоторого ухудшения шероховатости обработанной поверхности. Мелкозернистая структура и высокая разветвленность межзеренных границ способствуют увеличению диффузионного износа.

Кардинальным выходом из сложившейся ситуации является создание конструкционных порошковых сталей улучшенной обрабатываемости резанием. Особенности технологии порошковой металлургии открывают возможности получения таких материалов, которые по своим физико-механическим свойствам не уступали бы литым и горячекатаным, а по показателям обрабатываемости резанием значительно превосходили бы их. Применение этих материалов вместо традиционных позволило бы в полной мере реализовать все преимущества технологии порошковой металлургии при производстве высокоточных изделий из конструкционных сталей.

### Литература

1. Федосеева М.А. Горячедеформированный порошковый материал, легированный ферротитаном, на основе МХА стружки Д16, его структура и свойства // Инженерный вестник Дона, 2016, №2 URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2016/3602](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2016/3602).
2. Рудская А.Г., Власенко М.П., Чаговец С.В. и др. Методы синтеза  $\text{LaMnO}_3$  (обзор) // Инженерный вестник Дона, 2013, №2 URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2016/3602](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2016/3602).
3. Sinter Brazing of Ferrous Parts with Disappearing Joint/ H.Danninger, J.M.Garmendia Gutierrez, R.Ratzi, and all. // Proceedings of PM2010 Powder Metallurgy World Congress & Exhibition. Florence, 10-14 October 2010, Vol.2, pp.385-392.

4. Schatt W., Wieters K.-P. and all. Powder Metallurgy: Processing and Materials. – EPMA, 1997. – 492 p.
5. Витязь П.А., Шелег В.К., Ильющенко А.Ф., Савич В.В. Порошковая металлургия: современное состояние и перспективы/ // Порошковая металлургия. 2004. - №27. – С.5-29.
6. Порошковая металлургия в СССР: История. Современное состояние. Перспективы. - М.: Наука, 1986. - 294с.
7. Радомысельский И.Д. Порошковые конструкционные детали. Современное состояние, перспективы развития// Порошковая металлургия. - 1985. - № 10.- С. 37 - 41.
8. Федорченко И.М. Важнейшие тенденции развития порошковой металлургии// Порошковая металлургия. - 1986.- № 6-С. 1 - 11.
9. Кулик О.П., Денисенко Э.Т. Современное состояние и тенденции развития порошковой металлургии за рубежом// Порошковая металлургия. - 1986. - № 1-С. 98 - 105.
10. Арзамазцева Э.А. Некоторые достижения порошковой металлургии// Автомобильная промышленность США. - 1988. - № 5.-С. 32 - 39.
11. Анцифиров В.Н., Бобров Г.В., Дружинина Л.К. и др. Порошковая металлургия и напыленные покрытия. М.: Металлургия, 1987. - 792 с.
12. Манохин А.И., Шоршоров М.Х. Развитие порошковой металлургии. - М.: Наука, 1988. - 77 с.
13. Дорофеев Ю.Г., Мариненко Л.Г., Устименко В.И. Конструкционные порошковые материалы и изделия. - М.: Металлургия, 1986. - 496 с.
14. Дорофеев Ю.Г. Динамическое горячее прессование пористых порошковых заготовок. - М.: Металлургия, 1977. - 216 с.
15. Скориков А.В. Теоретические предпосылки обеспечения заданного качества порошковых изделий и рекомендации по их практической



реализации. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук. Новочеркасск. – 2003. 32 с.

16. Дорофеев В.Ю., Скориков А.В., Шишка В.Г. Влияние карбида кальция на обрабатываемость резанием горячедеформированных порошковых сталей // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Технические науки. 1994. № 1-2. С. 9.

### References

1. Fedoseeva M.A. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2016, №2 URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2016/3602](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2016/3602).
2. Rudskaja A.G., Vlasenko M.P., Chagovec S.V. and all. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2013, №2 URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2016/3602](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2016/3602).
3. Sinter Brazing of Ferrous Parts with Disappearing Joint/ H. Danninger, J.M. Garmendia Gutierrez, R.Ratzi, and all. // Proceedings of PM2010 Powder Metallurgy World Congress & Exhibition. Florence, 10-14 October 2010, Vol.2, pp.385-392.
4. Schatt W., Wieters K.-P. and all. Powder Metallurgy: Processing and Materials. EPMA, 1997. 492 p.
5. Vitjaz' P.A., Sheleg V.K., Il'jushhenko A.F., Savich V.V. Poroshkovaja metallurgija. 2004. №27. pp.5-29.
6. Poroshkovaja metallurgija v SSSR: Istorija. Sovremennoe sostojanie. Perspektivy. [Powder metallurgy in the USSR: History. Current status. Prospects.] M.: Nauka, 1986. 294 p.
7. Radomysel'skij I.D. Poroshkovaja metallurgija. 1985. № 10. pp. 37 - 41.
8. Fedorchenko I.M. Poroshkovaja metallurgija. 1986. № 6. pp. 1 - 11.
9. Kulik O.P., Denisenko Je.T. Poroshkovaja metallurgija. 1986. № 1-pp. 98 - 105.
10. Arzamazceva Je.A. Avtomobil'naja promyshlennost' SShA. 1988. № 5. pp. 32 - 39.



11. Ancifirov V.N., Bobrov G.V., Druzhinina L.K. and all. Poroshkovaja metallurgija I napylennye pokrytija. [Powder metallurgy and spray coatings.] M.: Metallurgija, 1987. 792 p.
12. Manohin A.I., Shorshorov M.H. Razvitie poroshkovej metallurgii. [Development of powder metallurgy.] M.: Nauka, 1988. 77 p.
13. Dorofeev Ju.G., Marinenko L.G., Ustimenko V.I. Konstrukcionnye poroshkovye materialy I izdelija. [Constructional powder materials and products.] - M.: Metallurgija, 1986. 496 p.
14. Dorofeev Ju.G. Dinamicheskoe egorjachee pressovanie poristyh poroshkovyh zagotovok. [Dynamic hot pressing of porous powder blanks.] M.: Metallurgija, 1977. 216 p.
15. Skorikov A.V. Teoreticheskie predposylki obespechenija zadannogo kachestva poroshkovyh izdelij I rekomendacii po ih prakticheskoj realizacii. [Theoretical prerequisites for ensuring the specified quality of powder products and recommendations for their practical implementation.] Avtoreferat dissertacii na soiskanie uchenoj stepeni doctora tehniceskikh nauk. Novoчеркассk. 2003. 32 p.
16. Dorofeev V.Ju., Skorikov A.V., Shishka V.G. Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Severo-Kavkazskij region. Serija: Tehniceskie nauki. 1994. № 1-2. p. 9