

УДК 621.762.8:677.05

К. В. Молоденская, к.т.н., доц., МГТУ им. Косыгина

E-mail: kaftmr@msmu.ru

Особенности технологии, свойства и области применения пористых спеченных материалов

В работе показаны основные тенденции в области порошковой металлургии в мире. Приведены данные, наглядно демонстрирующие перспективность этого высокотехнологичного производства.

Ключевые слова: порошковая металлургия, спеченные материалы, формование, горячее изостатическое прессование «ГИП», инжекционное формование металлических порошков «МИМ».

К. V. Molodenskaya

Technology features, properties, and applications of porous sintered materials

This paper shows the main trends in the field of powder metallurgy in the world. Data are presented that demonstrate the promise of this high-tech production.

Keywords: powder metallurgy, sintered materials, molding, hot isostatic pressing "HIP", metal injection molding "MIM".

Метод порошковой металлургии был открыт в 1826 году русским инженером Петром Григорьевичем Соболевским, а 1926 год считается началом промышленного производства деталей этим методом. За истекший период порошковая металлургия прошла взлеты и падения. В настоящее время эта отрасль промышленности находит распространение во всем мире. [1]

Основные операции технологии порошковой металлургии – формование из порошка заготовки с приложением давления (или без него) в специальной форме, размеры которой максимально приближены к размерам готовой детали, термическая обработка (спекание), а при необходимости – дополнительная обработка (калибровка, термическая или химико-термическая обработка, механическая обработка посадочных либо дополнительных поверхностей). При этом спекание ведется при температурах ниже температуры плавления основного компонента исходной шихты.

На всемирном конгрессе порошковой металлургии [PM2010, Florence, Italy] было отмечено, что за первые 8 месяцев 2010 го да в Северной

Америке зафиксирован рост продаж железных порошков до 218 тысяч тонн, что на 62% больше, чем за аналогичный период 2009 года. [2] Рост продаж порошков меди за 6 месяцев 2010 года вырос до 7182 тонны, что на 38% больше, чем в 2009 году. Безусловно такой эффект связан с ростом продаж легковых автомобилей в Северной Америке. Этим же объясняется и устойчивый рост объемов производства продукции порошковой металлургии в Китае, Индии и Корее. Современные производители производят по всему миру 250-300 тыс. т порошков железа ежегодно. При этом в качестве сырья используется не только железная руда, но и прокатная окалина, шлак и другие отходы производства. Другой метод массового получения порошков железа – распыление расплава чугуна (стали) водой или сжатым воздухом позволяет использовать в значительных объемах лом, литейный брак, некондиционный чугун основного металлургического производства.

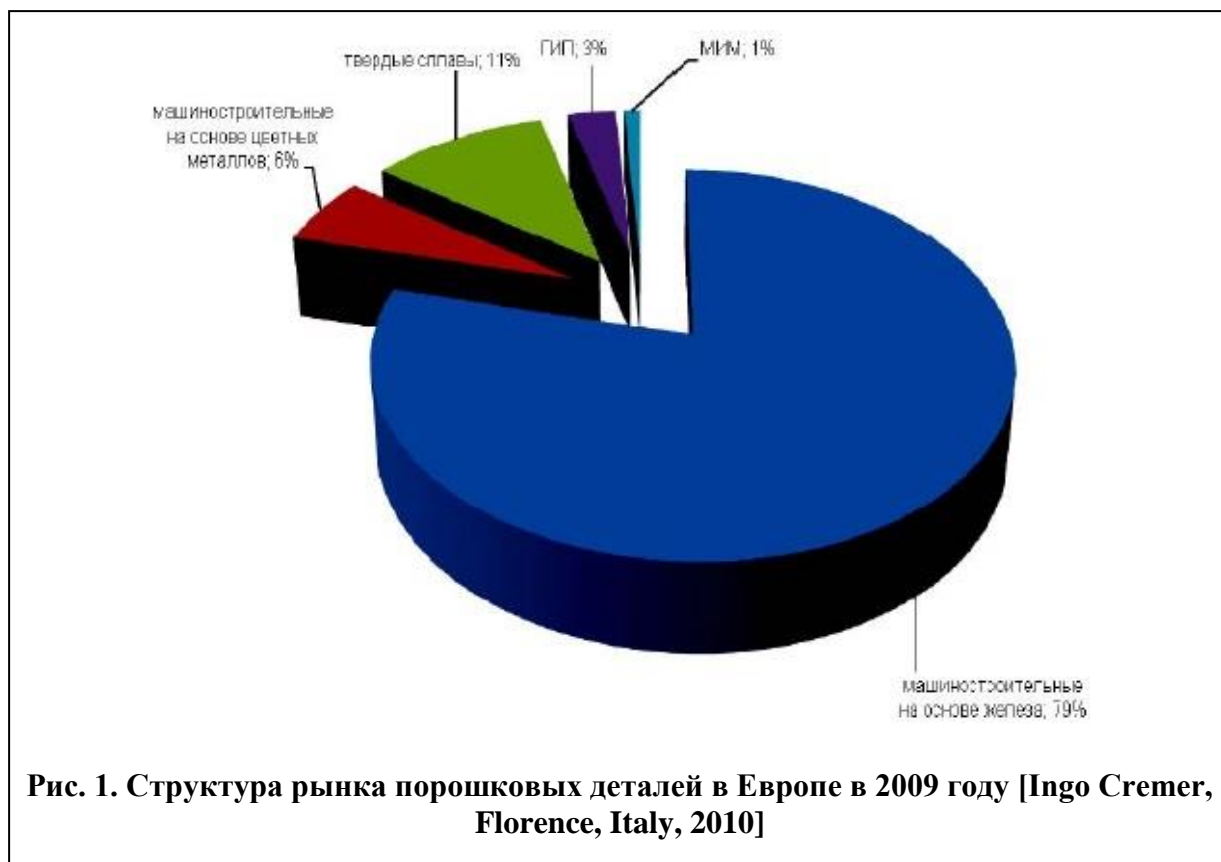
Порошковая металлургия - наиболее экономичный метод изготовления изделий: отходы материалов здесь самые низкие по сравнению с традиционными технологиями (литьем, механической обработкой, холодной и горячей обработкой давлением) за счет получения изделий с размерами, близкими к окончательным; минимальным количеством операций. Другая особенность порошковой металлургии – возможность производства материалов и изделия, которые невозможно получить традиционными металлургическими методами. Это тугоплавкие материалы и твердые сплавы, композиционные многокомпонентные материалы триботехнического (подшипники скольжения, фрикционные диски и накладки), электротехнического (щетки электрических машин, эрозионно-стойкие контакты, магнитомягкие и магнитотвердые изделия) назначения, пористые материалы и изделия из них (фильтры, катализаторы, диспергаторы, глушители шума и т.п.).[3]

Еще одна особенность порошковой металлургии используется пока недостаточно, хотя именно за этим направлением будущее и стратегические перспективы: композиционные многокомпонентные функциональные материалы, в том числе содержащие наноразмерные и наноструктурные компоненты, производимые в промышленных объемах, можно создавать только традиционными и новыми методами порошковой металлургии и родственных технологий.

На рис.1 представлена структура рынка порошковых деталей в Европе в 2009 году по данным EPMA [PM2010, Florence, Italy].

Как видно из рис.1, машиностроительные детали (шестерни, кольца, подшипники скольжения, тормозные колодки и диски сцеплений и муфт, композиционные контакты и т.п.) составляют 85% европейского рынка. Такая довольно специфическая структура рынка порошковых деталей характерна не только для Европы, но и для регионов Японии, Северной Америки. Доля машиностроительных деталей за последние годы в общем

объеме мирового производства порошковой металлургии всегда составляла наиболее значимую ее часть и превышала 50%.



В 2005 году в легковом американском автомобиле в среднем было 17,4 кг порошковых деталей (Hans Soderhjelm, Höganas AB). Проведенный специалистами фирмы Höganas AB анализ показал, что потенциал использования данной продукции в автомобиле может составить 38,5 кг. Таким образом, суммарный прирост потребления порошковых изделий в автомобиле может быть выражен цифрой в 21,1 кг.[4]

При этом основной резерв – детали трансмиссии, в первую очередь, зубчатые передачи. Однако в них необходимо обеспечивать соответствующий уровень механических и иных свойств изделий, сопоставимый с уровнем свойств изделий, полученных механической обработкой проката и поковок, приемлемые технико-экономические производственные показатели.

Пока, далеко не в полной мере используется потенциал возможностей получения методами порошковой металлургии композиционных материалов – триботехнических, электротехнических, биоактивных и иных. Он является важным резервом роста объемов мирового производства порошковой металлургии в целом. Из стран СНГ наиболее активно развивается порошковая металлургия в Беларуси (Рис.2).

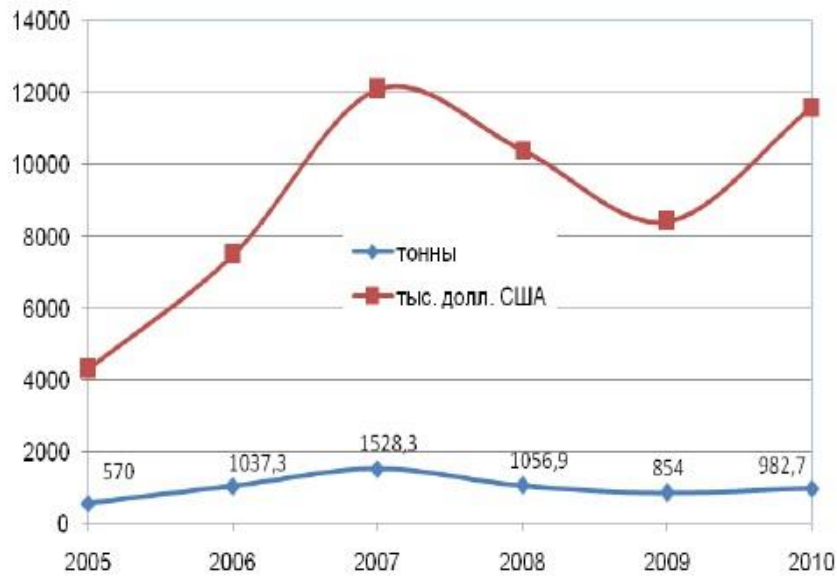


Рис. 2. Изменение объемов выпуска продукции порошковой металлургии в Беларуси

На рис. 3 приведен график, иллюстрирующий, как изменялась прочность порошковых деталей на основе железа по мере развития прикладных исследований в области порошковой металлургии. Как хорошо видно из рис.3, к началу XXI века механические свойства порошковых сталей достигли уровня свойств стального проката, что открывает перспективы к замене в массовом производстве деталей, полученных механической обработкой сортового проката, отливок, поковок на детали, полученные современными методами порошковой металлургии из новых материалов.

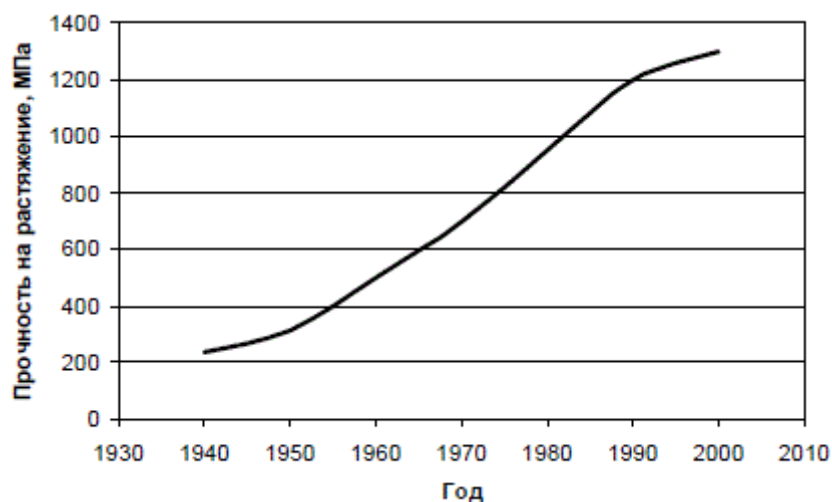


Рис. 3. Изменение прочности деталей на основе порошка железа, получаемых однократным прессованием и спеканием.

Среди традиционных технологий, позволяющих повысить физико-механические свойства порошковых деталей, следует выделить: доуплотнение спеченных заготовок; холодная и горячая штамповка спеченных заготовок; инфильтрация пористых прессовок расплавами легкоплавких металлов.

В последнее время появились новые технологии, обеспечивающие одновременно как повышение сложности формы порошковой детали, так и ее физико-механических свойств – теплое прессование пластифицированных порошков, инъекционное формование, которое, как правило, используется при формовании небольших тонкостенных деталей.

Важным технологическим приемом повышения плотности и прочности порошковых деталей на основе железа является рациональное легирование шихты. Производители сырья и готовой продукции порошковой металлургии на протяжении последних 40-50 лет работали как над созданием новых марок порошков, составов готовых смесей, так и над разработкой эффективных методов их консолидации для достижения высоких технико-экономических показателей изделий и технологий их получения, что позволило им уже к рубежу XX – XXI веков достигнуть для изделий общемашиностроительного назначения уровня свойств конструкционных сталей – предел прочности при растяжении – 1200-1400 МПа.

Перспективным технологическим направлением в производстве массовых изделий машиностроения методами порошковой металлургии продолжает оставаться усложнение геометрии получаемых изделий. При традиционном прессовании существуют ограничения в формовании всего двух-трех размеров в сечении матрицы. Имеются технические ограничения и в третьем измерении вдоль оси прессования.

Исследования и разработки в области усложнения конструкции прессового оборудования, использования ЧПУ для управления 6-8 независимыми движениями формующих элементов пресс - инструмента, позволили сделать возможным получение многоуровневых порошковых изделий, однако формы и геометрия изделий все еще ограничены.

Переживает второе рождение технология горячего изостатического прессования (ГИП), разработанная фирмой ASEA (Швеция) еще в 70-е годы XX. В настоящее время главными продуктами технологии ГИП стали два: быстрорежущие и инструментальные порошковые стали, а также порошковые коррозионностойкие стали. В 2013 году по сравнению с 1990 годом объемы производства методами ГИП порошковых быстрорежущих и инструментальных сталей увеличатся более чем в 6 раз, а коррозионностойких в 10 раз.[5]

Для технологии ГИП масса готовых изделий уже превышает 10 т, а для технологии МІМ (Metal injection molding) – уменьшилась до 10 г и менее. Для получения готовых изделий высокой точности размеров и

повышенной сложности формы все более широко используют финишную механическую обработки спеченных порошковых заготовок. По данным фирмы Höganas AB ~60% порошковых деталей подвергают механической обработке, причем она составляет ~20% общей стоимости готовой детали. Это привело к созданию порошковых смесей с улучшенной обрабатываемостью.

Список литературы

1. **Либенсон Г.А.** Основы порошковой металлургии. – М.: Металлургия, 1987. – 208 с
2. **Порошковая** металлургия в мире и в Беларуси: 1990-2010. Состояние, проблемы, перспективы.
3. **Е.А.Дорошкевич, А.Ф.Ильющенко, В.М.Горохов, В.В.Савич.** Состояние и перспективы развития порошковой металлургии// Порошковая металлургия. - 1998. - Вып.21. - С.5-9
4. **Wittaker D.** Production of Structural PM Parts// International Powder Metallurgy Directory & Yearbook. 11th Edition - 2004/2005. – P.31-47.
5. **Порошковая** металлургия XXI века: Quo vadis? (по материалам семинара фирмы Höganas AB, Санкт-Петербург, 14-16 мая 2008 г.)/ Савич В.В.// Порошковая металлургия. 2008. - №31. – С.304-313.