

## МЕХАНИКА И МАШИНОСТРОЕНИЕ

УДК 621.882.085/.086.004

*Мусаилов Б.М., Ахмедпашаев М.У.*

### ПЕРСПЕКТИВЫ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПОРШНЕВЫХ КОЛЕЦ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ ИЗ ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ЖЕЛЕЗА

*Musaibov B.M., Ahmedpashaev M.U.*

### PROSPECTS OF MANUFACTURE OF PISTON RINGS INTERNAL COMBUSTION ENGINES OF POWDER MATERIALS ON THE BASE OF IRON

*Разработка и производство поршневых колец из спеченных материалов на основе железа порошковой металлургией является инновационным способом. При применении данной технологии снижается расход материала и затраты на производство поршневых колец 30-40% по сравнению с традиционными методами их изготовления.*

**Ключевые слова:** *металлические порошки, порошковая металлургия, поршневые кольца, порошковые материалы, детали поршневой группы, твердые сплавы.*

*Development and production of piston rings made of sintered materials on the basis of iron powder metallurgy is an innovative way. In the application of this technology reduces the consumption of material and costs for the production of piston rings 30-40% in comparison with the traditional methods of their manufacture*

**Key words:** *metal powders, powder metallurgy, piston rings, powder materials, parts of piston group, hard alloys.*

**Введение.** Только методами порошковой металлургии можно изготавливать псевдосплавы: ферриты, твердые сплавы, фильтры, детали из тугоплавких материалов и их соединения, обладающие специальными свойствами [1]. В настоящее время широкое распространение получили детали из порошковых материалов в самых различных областях производства (машиностроении, автомобилестроении, судостроении и т.п.). Отличительной особенностью порошковых конструктивных деталей является их достаточная плотность после горячего прессования, которая приближается к плотности традиционных аналогичных по составу сталей.

Благодаря структурным особенностям продукты порошковой металлургии более термостойки, лучше переносят воздействие циклических колебаний температуры и напряжения, а также ядерного облучения, что очень важно для материалов новой техники [2].

Но нельзя и исключить тот факт, что порошковая металлургия имеет и недостатки, тормозящие ее развитие:

- сравнительно высокая стоимость металлических порошков;
- необходимость спекания в защитной атмосфере;
- трудность изготовления в некоторых случаях изделий и заготовок больших размеров;
- сложность получения металлов и сплавов в компактном состоянии;
- необходимость применения чистых исходных порошков для получения металлов.

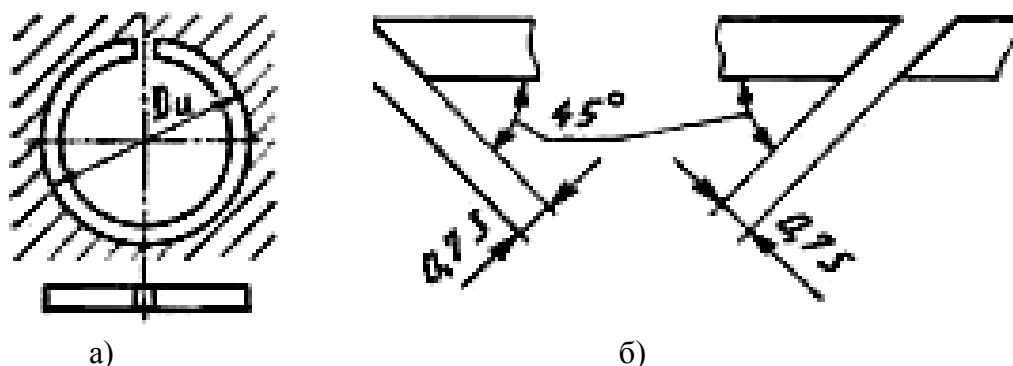
Недостатки порошковой металлургии и достоинства нельзя рассматривать как постоянно действующие факторы, в значительной степени они зависят от состояния и развития как самой порошковой металлургии, так и других отраслей промышленности. По мере развития техники порошковая металлургия может вытесняться из одних областей и, наоборот, завоевывать другие. Развитие дугового, электроннолучевого, плазменного плавления и электроимпульсного нагрева позволят получать не достижимые прежде температуры, вследствие чего удельный вес порошковой металлургии в производстве несколько снизился. Вместе с тем прогресс техники высоких температур ликвидировал такие недостатки порошковой металлургии, как трудность приготовления порошков чистых металлов и сплавов. Метод распыления дает возможность с достаточной полнотой и эффективностью удалить в шлак примеси и загрязнения, содержащиеся в металле до расплавления. Благодаря созданию методов всестороннего обжаривания порошков при высоких температурах, в основном, преодолены и трудности изготовления беспористых заготовок крупных размеров.

В то же время ряд основных достоинств порошковой металлургии – постоянно действующий фактор, который, вероятно, сохранит свое значение и при дальнейшем развитии техники, что подтверждает целесообразность изготовления деталей двигателей автомобилей из порошковых материалов.

Рассмотрим перспективы изготовления поршневых колец из порошковых материалов. К сопряжению поршень—цилиндр предъявляются два противоречащих друг другу требования: с одной стороны, для обеспечения подвижности между ними должен быть зазор; с другой стороны, для предотвращения утечек газа из полости нагнетания зазора быть не должно. Это противоречие конструктивно необходимо решить внедрением поршневых колец, изготовленных методом спекания из порошковых материалов на основе железа, которые обладают более упругими свойствами по сравнению с соответствующими аналогами.

Поршневые кольца, изготовленные из порошковых материалов на основе железа, будут обеспечивать уплотнение сопряжения поршня с цилиндром, сохраняя в то же время их подвижность. Поршневые кольца из порошкового материала на основе железа приблизительно в 2-3 раза более технологичны и обладают более упругими свойствами и износостойки, чем соответствующие чугунные аналоги. Происходит это благодаря плотному прилеганию колец к зеркалу цилиндра, малым зазорам между кольцами и стенками канавок поршня, а также лабиринтному действию набора колец.

На рис.1. показаны поршневые кольца в рабочем и свободном состоянии.



**Рисунок 1 - Поршневые кольца:**  
а — в рабочем состоянии (в цилиндре);  
б — в свободном состоянии (вне цилиндра)

Одним из первых эффективных материалов, использованных для поршневых колец, был ковкий чугун. Он сочетается с чугуном, используемым в блоках цилиндров, а его пористая структура позволяет ему удерживать масло, уменьшая износ. Широко используется также производная от ковкого чугуна, известная как пластичный чугун. Он

обладает большинством качеств чугуна, кроме этого, он может гнуться перед разрушением, что облегчает установку колец [3]. Материалы, из которых изготавливаются поршневые кольца, имеют существенные недостатки, на данный момент является необходимым найти способ изготовления поршневых колец, который будет эффективным по многим качествам.

Рассмотрим некоторые недостатки материалов, из которых изготавливаются поршневые кольца:

а) при эксплуатации двигателя тепловая нагрузка на поршневые кольца очень велика, что вызывает механические сотрясения колец изготовленных из чугуна, вызывая изменения размера замка и пропорциональное снижение упругости, вызываемое износом кольца по рабочей поверхности, тогда радиальное давление, пропорциональное кубу толщины кольца с уменьшением последней, чрезвычайно быстро снижается. Так, например, уменьшение радиальной толщины кольца с 3 до 2,9 мм уже дает снижение упругости на 10%. В большинстве случаев сохранение упругости поршневых колец, определяющее эксплуатационную надёжность двигателя, имеет гораздо большее значение, чем их поведение при износе;

б) хромированные кольца имеют недостатки, так как они являются очень твердыми, конструкторы двигателей должны использовать точные технологии обработки отверстий цилиндров, чтобы добиться оптимальной работы; они вызывают ускоренный износ гильз цилиндра и лицевой поверхности самих колец;

в) поршневые кольца, сделанные только из нержавеющей стали, являются усовершенствованием хромированных чугунных колец. По сути, нержавеющая сталь является материалом, в который входит большое количество хрома. И нет ничего особенного в том, что кольца имеют свойства, аналогичные свойствам хромированных колец [4] и имеют такие же недостатки, как хромированные кольца;

г) при попытках увеличения срока службы колец и обеспечения быстрой их приработки были созданы молибденовые кольца. Такие кольца являются обычно кольцами с основой из чугуна с молибденовым покрытием на своей поверхности. Молибден имеет многие противоизносные свойства хрома, а в некоторых случаях, он может иметь даже большую сопротивляемость износу [5]. С течением времени молибденовые кольца стали, вероятно, основными в форсированных двигателях, так как они долговечные, относительно легко прирабатываются и более надежные. Но нельзя исключать, что молибденовые кольца требуют точной подгонки цилиндра, что очень трудоемко и затратно.

Провидимые исследования показывают, что перспективным является способ изготовления поршневых колец из порошковых материалов процессом спекания, отличающегося экономичностью, уменьшением расхода материала и сравнительно небольшой трудоемкостью в изготовлении.

В результате спекания происходит снятие остаточных напряжений, возникающих за счет упругих свойств порошка, из-за собственной температуры подвижности атомов. Износостойкость спеченных поршневых колец в 2-3 раза выше по сравнению с кольцами из серого чугуна и приближается к износостойкости хромированных чугунов, они не будут требовать существенной дополнительной механической обработки или даже позволяют отказаться от неё, что приводит к резкому снижению трудоёмкости производственного процесса и металлоёмкости получаемых изделий. Необходимо учитывать, что детали, изготовленные методом порошковой металлургии, обладают высокой износостойкостью, твёрдостью, жаропрочностью, коррозионной стойкостью, со специальными магнитными и электрическими характеристиками, с большим удельным весом и т. п.

**Заключение.** Анализ способов получения составов спеченных материалов на основе железа показывает, что целесообразным является изготовление поршневых колец для двигателей внутреннего сгорания из порошковых сталей с добавкой легирующих

элементов аустенитного класса: марганца, углерода, меди, ванадия, титана. Рассмотрим влияние легирующих элементов на структуру и свойства поршневых колец из порошковых материалов на основе железа.

**Влияние углерода:** углерод является одним из основных элементов, присутствующих в материалах на основе железа для изготовления поршневых колец из порошковых материалов. Он расширяет область существования твердых растворов на основе железа и способствует закаливанию комплекснолегированных высокохромистых сталей [6].

**Влияние меди:** медь ухудшает твердость стали, увеличивает пластичность, активно диффундируя в железе. Медь улучшает прессуемость, способствует интенсификации спекания, благодаря образованию жидкой фазы. Медь также препятствует обезуглероживанию. В железе растворяется до 2,5 % Си [7].

**Влияние марганца:** марганец уменьшает вредное влияние кислорода и серы, при дальнейшем повышении его содержания сталь становится вязкой аустенитного класса.

**Влияние хрома:** хром является одним из важнейших легирующих элементов, присутствующих почти во всех инструментальных материалах. Благодаря образованию карбидов, хром оказывает положительное влияние на упругость и способствует повышению износостойкости.

**Влияние ванадия и титана:** ванадий и титан оказывают эффективное влияние на процессы собирательной регрессии и существенно уменьшают чувствительность сталей к перегреву вследствие того, что прочные и устойчивые карбиды титана и ванадия не переходят в твердый раствор. Это задерживает рост зерна стали. Чтоб повысить износостойкость колец их можно делать двухслойными, что является уникальным.

Применение порошковой технологии производства поршневых колец снижает расход материала, что позволит уменьшить затраты на производство на 40-50%.

Кроме этого, поршневые кольца, произведенные методом порошкового спекания, примерно в 1,5-2 раза прочнее обычных чугуновых, более износостойкие в 1,5-3 раза, более упругие. Применение таких поршневых колец уменьшает износ двигателя и расход масла в 1,5 раза, что неминуемо продлевает его срок службы. [8]

Необходимо учесть, что влияние различных легирующих элементов на свойства порошковых материалов в литературе изучено явно недостаточно. Поэтому при подготовке образцов необходимо выбрать математический метод планирования экспериментов в металловедении, в этом случае появляется возможность построить аналитическую модель процесса, проанализировать с ее помощью явление, оценить влияние различных факторов на свойства порошковых материалов, проще перейти от стадии лабораторных исследований к промышленной технологии, получить максимум информации.

Исследования, проводимые на ОАО «Завод «Дагдизель», выявили основные преимущества и перспективы использования порошковых материалов при изготовлении поршневых колец:

- снижает затраты на дальнейшую механическую обработку, которая может быть исключена или существенно уменьшена;
- получает готовое изделие точное по форме и размерам;
- обеспечивает высокое качество поверхности изделия;
- использует энерго - и - ресурсосберегающие технологии;
- уменьшает количество операций в технологической цепи изготовления продукта;
- использует более чем 97% стартового сырья.

Реализует многие последующие сборочные этапы ещё на стадии спекания:

- позволяет получать изделия с уникальными свойствами, используя многокомпонентные смеси, объединяя металлические и неметаллические компоненты;

- получает более высокие экономические, технические и эксплуатационные характеристики изделий по сравнению с традиционными технологиями;
- упрощает, зачастую, изготовление изделий сложной формы;
- обеспечивает прецизионное производство.

Таким образом, на основе анализа данных в области современного состояния получения порошковых материалов на основе железа можно сделать следующие выводы:

а) изготовление деталей из порошковых материалов на основе железа остается одним из ведущих направлений в порошковой металлургии;

б) следует считать перспективными исследования в области подбора и изменения химического состава порошковых материалов для изготовления поршневых колец;

в) есть перспективы в продолжении исследований, направленных на разработку научного и экспериментального подхода по оптимизации химического состава спеченных материалов и реализации возможностей известных процессов поверхностного упрочения, применительно к деталям из порошковых материалов.

### **Библиографический список:**

1. Григорьев А.К. Порошковая металлургия и применение композиционных материалов: опыт внедрения / А.К. Григорьев - Л.: Лениздат, 1982-415с
2. Раковский В.С., Саклинский В.В. Порошковая металлургия в машиностроении. Машиностроение; М. 1973
3. Федорченко И.М., Андриевский Р.А. Основы порошковой металлургии; К. 1961
4. Бальшин М.Ю. Научные основы порошковой металлургии и металлургии волокна; М. 1972
5. Вязников Н.Ф. Ермаков С.С. Металлокерамические материалы и изделия, Л.1967
6. Материаловедение и технология металлов: учебник/Г.П. Фетисов [и др.]. -М.: Высшая школа, 2002.- 638с.
7. Дорофеев Ю.Г. Материаловедение порошковых материалов: учеб. Пособие для вузов по специальности: Композиционные материалы, покрытия / Ю.Г. Дорофеев, В.И. Устименко.- Новочеркасск:[Б.и], 1999.-93 с.
8. Гессингер Г.Х Порошковая металлургия жаропрочных сплавов /Г.Х. Гессингер; пер. с англ.- Челябинск: Металлургия; Челябинское отделение, 1988.-320с.