

УДК 621.762

## ПРОЦЕСС ГОРЯЧЕГО ПРЕССОВАНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОРОШКОВ КАК ПЕРСПЕКТИВНАЯ РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

Домашева М.С., Веретельник С.П.  
(ДонНТУ, Донецк, Украина)

*Рассмотрены перспективы применения метода изготовления изделий из порошковых материалов горячим прессованием, который позволяет существенно уменьшить энергоемкость и улучшить экологическую обстановку в процессе производства и при дальнейшем использовании изделий.*

Одним из перспективных методов формования порошковых материалов является метод горячего прессования, обеспечивающий получение изделий с малым перепадом плотности по объёму. Эта технология включает прессование изделий из порошков тугоплавких материалов с применением комбинированного воздействия высоких давлений, высоких температур и вакууммирования. Получаемые изделия используются для оборудования, где требуется высокая стойкость и выносливость, при этом удается существенно улучшить эксплуатационные характеристики.

Эта технология дает возможность получать изделия с улучшенными эксплуатационными характеристиками для таких отраслей промышленности, как аэрокосмическая, химическая, энергетика, металлургия, машиностроение, транспорт, здравоохранение и др. Кроме того, технология позволяет создавать принципиально новые материалы, отличающиеся от традиционных лучшими свойствами (твердостью, жаропрочностью, жаростойкостью, коррозионной стойкостью и др.). При массовом изготовлении деталей для машиностроения используется более чем 97 % сырья, исключается процесс последующей механической обработки, обеспечивается высокое качество поверхности и упрощаются последующие сборочные этапы.

Горячее прессование применяется и в ряде специальных случаев: при производстве изделий из твердых и жаропрочных материалов, алмазно-металлических сплавов и крупных изделий (например, твердосплавных прокатных валков). Кроме того, оно применяется при производстве дисков и других деталей, которые коробятся при спекании и поэтому изготовление их холодным формованием затруднено.

Выдержка при горячем прессовании (длительность спекания при максимальном давлении) меньше, чем при обычном спекании. Обычно спекание производится при выдержке 0,75 - 1,5 часа, а при горячем формовании всего 1 -10 минут.

Метод горячего прессования позволяет получать изделия из порошков, не поддающихся формованию или спеканию обычными способами. При горячем прессовании достигается увеличение контакта между частицами за счет их деформации внешними силами и температурной подвижностью атомов. Это позволяет получать материалы заданной плотности в достаточно широком диапазоне.

С ростом давления до достижения предельной плотности свойства материалов улучшаются, в дальнейшем они не изменяются. Чем выше температура, тем ниже давление, при котором достигается постоянство свойств. Величина такого давления, при высоких температурах составляет 0,1-0,2 от давления при холодном формовании.

Горячее прессование осуществляется преимущественно на гидравлических прессах. Оно производится в пресс-формах, изготавливаемых из жаропрочных сплавов для относительно низких температур прессования ( до 1000°C), либо из графита для высокотемпературного прессования.

При горячем прессовании в процессе нагревания изделий в пресс-формах до заданной температуры (как правило, до реализации пластических свойств материалов) совмещаются процессы формования и спекания. Стадийность протекающих процессов показана на рис. 1. Различают три основных стадии:

На первой стадии (до 90 % от максимальной плотности) реализуются сдвиг и относительное скольжение частиц, на второй - граничное скольжение частиц и объёмная деформация, а на третьей - только объёмная (упругая) деформация.

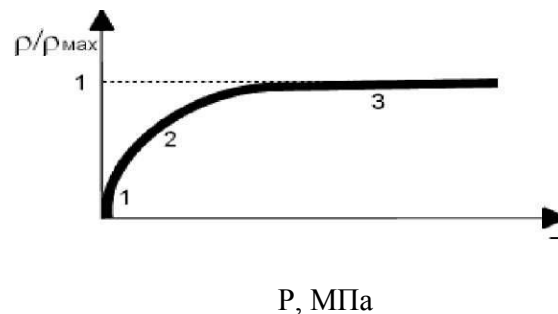


Рисунок 1. - Иллюстрация стадий деформации при горячем прессовании.

Свойства горячепрессованных изделий зависят от условий проведения процесса. Обычно такие изделия обладают большей прочностью, твердостью, лучшей электропроводностью и более точными размерами, чем изделия, полученные путем последовательного прессования и спекания. Эти свойства улучшаются с увеличением давления прессования. Изделия отличаются мелкозернистой структурой и по механическим свойствам не уступают аналогичным, изготовленным литьем.

Однако, горячее прессование более сложно по сравнению с холодным, связано со значительным износом пресс-форм и трудностью подбора для них материала, способного выдерживать высокие температуры. Кроме того возникают трудности, связанные с необходимостью предотвращения окисления порошка. Несмотря на это ценность метода настолько очевидна, что делает его весьма перспективным.

Наиболее распространено горячее прессование в пресс-формах. В усовершенствованных схемах все пресс-элементы могут быть подвижными, что дает возможность уменьшить внешнее трение и получить изделия повышенного качества.

Одной из основных задач при прессовании порошковых заготовок является равномерное распределение плотности по высоте, особенно при формовании заготовок с большим отношением высоты к диаметру. Для нагрева обычно используют электрический ток, хотя пресс-форма и порошок могут быть нагреты и иным способом. Материалом для изготовления пресс-форм служат жаропрочные сплавы и графит. Для предотвращения взаимодействия прессуемого материала с пресс-формой внутреннюю её поверхность покрывают инертным составом (например, жидким стеклом, эмалью) или металлической фольгой.

При горячем прессовании важную роль играет способ приложения и снятия нагрузки. Целесообразно сначала быстро нагреть порошок, а затем прикладывать давление. В этом случае улучшаются условия удаления газов, адсорбированных порошком, что повышает его плотность. Снимать давление необходимо после полного остывания спрессованного изделия, что уменьшает потерю плотности из-за упругого последействия, но увеличивает время производства изделия и ухудшает условия.

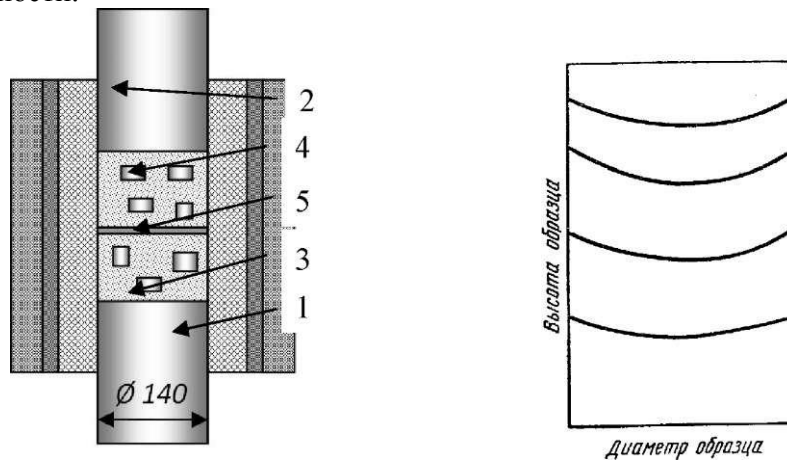
В промышленности для горячего прессования наиболее широкое распространение получили гидравлические прессы, оснащенные специальной вакуум-камерой, в которых расположено устройство для нагрева порошка. Давление прессования и температуру в них повышают попеременно до требуемой величины.

Предварительно сформованные изделия из порошкового материала помещают слоями внутри пресс-формы и заполняют графитовым порошком, который выполняет функцию упруго-сжимаемой среды. В процессе прессования давление от пуансонов передается на изделия через графитовый порошок. Механизм уплотнения при горячем прессовании аналогичен и включает образование механического контакта, рост плотности с одновременным увеличением размеров частиц и дальнейший рост частиц при незначительном дополнительном уплотнении.

Следует учитывать также, что при из-за использования высоких температур (до 2200 °С) и давлений (до 68,9 МПа), происходит быстрый выход из строя дорогостоящих графитовых пресс-форм непосредственно при прессовании и при выемке изделий.

Обычно за один цикл прессования формируется не более 5-6 изделий. Сложность передачи давления в упруго сжимаемой среде не позволяет качественно пропрессовать большее количество образцов, поскольку возникает трение между порошками и внутренними стенками пресс-форм. Действие трения приводит к необходимости повышать давление прессования, а также является причиной неравномерности плотности в изделиях. Величина сил трения увеличивается с ростом плотности и высоты прессовок, что приводит к неравномерному распределению давления по объему матрицы и изделий (рис. 2). Все это также сдерживало широкое внедрение технологии.

Анализ напряженного состояния материала и изделий при их прессовании показывает, что относительно легко улучшить качество изделий и увеличить производительность установки за счет применения промежуточных прокладок, которые устанавливаются в пресс-форме между слоями материала и образцов. Это позволит обеспечить более равномерное наложение давления на изделие за счет его перераспределения по объему пресс-формы и изготавливать большее количество изделий за один цикл прессования, улучшив их характеристики. Еще больший эффект возможно получить при наклонной установке изделий и применении закладных элементов повышенной прочности.



а

б

1 - матрица; 2 - пуансон; 3 - графитовый порошок; 4 - прессуемые изделия; 5 - прокладки

**Рисунок 2. - Пресс-форма для горячего прессования (а) и распределение давления по высоте пресс-формы(б)**

Повышение производительности установки приведет к уменьшению стоимости изделий, сделает их более доступными для широкого круга потребителей, что косвенно улучшит экологическую обстановку и на этапе использования.