

## ВЛИЯНИЕ ФЕРРОФОСФОРА НА СВОЙСТВА СПЕЧЕННЫХ ИЗДЕЛИЙ, ПОЛУЧАЕМЫХ МЕТОДОМ ФОРМОВКИ

Л.И.Серикова, М.Я.Куцер

При формовании металлического порошка в присутствии термоактивных смол любым способом, применяемым в литейном производстве, образцы после спекания не приобретают высокой прочности /1/, что требует последующей пропитки изделий. Однако пропитка пористого каркаса металлами не всегда является целесообразной. Так, при низкой исходной пористости изделий обычно наблюдается большая усадка, ведущая к искажению их формы и заданных размеров. Это вызывает необходимость механической обработки деталей. Кроме того, пропитка почти полностью устраняет пористость в металлокерамике. Последнее не всегда положительно отражается на свойствах некоторых изделий. Наличие пор в определенных пределах выгодно отличает металлокерамику от известных компактных материалов, используемых, например, для изготовления постоянных литейных форм.

Изменяя величину пористости, можно регулировать теплофизические свойства формы и, следовательно, структуру отливок /2/. Присутствие пор улучшает газопроницаемость материала и уменьшает коэффициент его линейного расширения, тем самым снижая температурные напряжения в теле литейной формы /3/. Следует принимать во внимание и тот факт, что пропитка пористого железного каркаса производится обычно дорогостоящей медью и ее сплавами. Это в значительной степени увеличивает стоимость изделий.

С целью улучшения прочностных и других характеристик пористого каркаса без использования операции пропитки целесообразно было исследовать спекание в присутствии жидкой фазы, которое в отличие от пропитки пористого металлического каркаса позволяет регулировать количество жидкой фазы и, следовательно, усадку, плотность и пористость металлокерамического изделия.

В качестве легкоплавкого компонента использовался феррофосфор, образующий с железом эвтектику Fe-Fe<sub>3</sub>P. Шихта готовилась из железного порошка марки ПЖ2М2 в состоянии поставки, 26-процентного фер-

рофосфора, порошкообразного пульвербакелита (в каждом случае 2,5%) и фурфурола (2,5%). Шихта этого состава перемешивалась всухую в баночном смесителе в течение 30 мин, т.е. без фурфурола, играющего роль увлажнителя. Затем в течение 1,5 часов шихта перемешивалась с фурфуолом.

Образцы сечением 10x10 мм формовались в специальной разъемной форме и просушивались при температуре 200° в течение 10-15 мин. Подготовленные таким образом образцы подвергались спеканию при различных температурах в атмосфере диссоциированного аммиака в глубокой засыпке из прокаленной окиси алюминия. Для выяснения влияния количества жидкой фазы на свойства спеченных брикетов в шихту вводился феррофосфор в количестве 5, 7, 10, 15, 20%. Феррофосфор предварительно размалывался в порошок в молотковой мельнице и просеивался через сито с размером ячейки 0,63 мм.

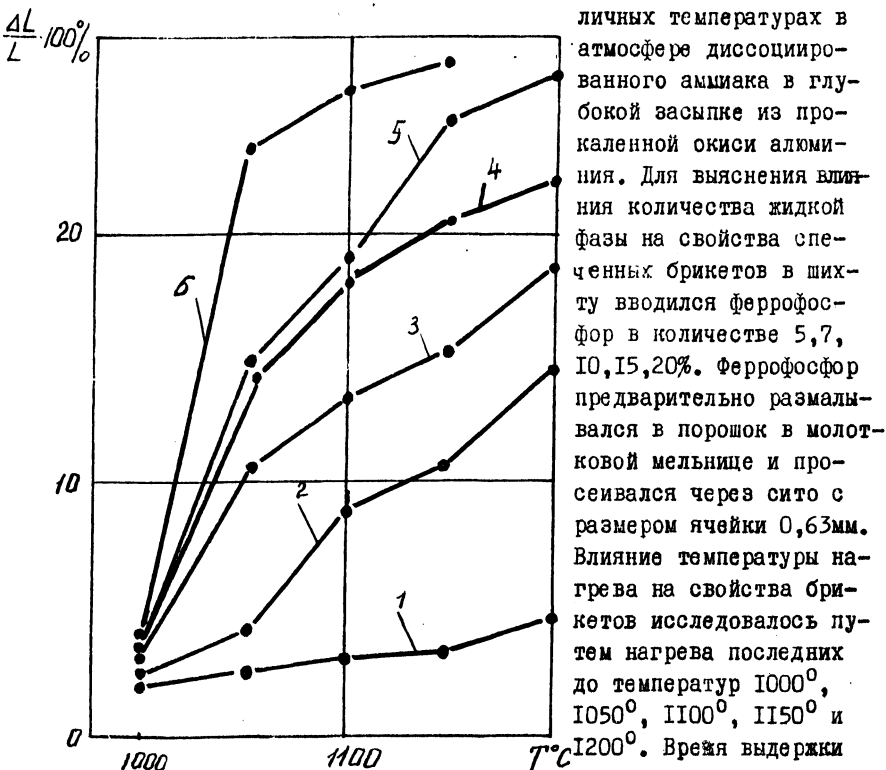


Рис. 1.

Зависимость усадки от температуры спекания: 1 - 100% Fe;  
 2 - 95% Fe, 5% феррофосфора;  
 3 - 93% Fe, 7% феррофосфора;  
 4 - 90% Fe, 10% феррофосфора;  
 5 - 85% Fe, 15% феррофосфора;  
 6 - 80% Fe, 20% феррофосфора.

Влияние температуры нагрева на свойства брикетов исследовалось путем нагрева последних до температур 1000°, 1050°, 1100°, 1150° и 1200°. Врежя выдержки составляло 4 часа для всех температур и составов. После спекания определялись усадка, плотность и прочность образцов на изгиб.

Зависимость усадки

от температуры спекания приведена на рис. 1. Как видно, усадка образцов постепенно возрастает с повышением температуры спекания. При температуре 1050° в образцах с повышенным содержанием  $Fe_3P$  происходит резкий рост усадки, обусловленный появлением жидкой фазы. В результате образования жидкой фазы усиливаются диффузионные процессы, облегчается перемещение твердых частиц относительно друг друга, и при хорошем смачивании жидкость проникает в микрообъемы, расположенные между частицами. Это вызывает сближение частиц, между ними исчезают пустоты и мостики и более интенсивно уменьшается объем спекаемого тела по сравнению с твердофазным спеканием. Поэтому именно при образовании жидкой фазы наблюдается резкое увеличение усадки. Так, при температуре спекания 1000° усадка колеблется в пределах 2–2,8% и очень незначительно зависит от количества вводимого феррофосфора. При температуре спекания 1050° и содержании в материале 5% феррофосфора усадка составляет 4,3%, а при содержании 20%  $Fe_3P$  усадка достигает 24%. Дальнейшее увеличение температуры спекания способствует дальнейшему росту усадки. Таким образом, усадка интенсивно растет с увеличением содержания вводимого

$\gamma, \text{г/см}^3$

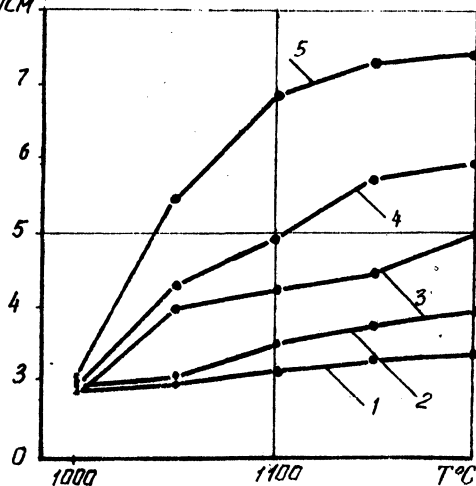


Рис. 2.

Зависимость плотности от температуры спекания: 1 - 100% Fe;  
 2 - 95% Fe, 5% феррофосфора;  
 3 - 93% Fe, 7% феррофосфора;  
 4 - 90% Fe, 10% феррофосфора;  
 5 - 85% Fe, 15% феррофосфора.

в шихту феррофосфора и с повышением температуры спекания, приводящего к появлению в спекаемых изделиях жидкой фазы. Исследования показали также наличие значительного выпотевания, оплавления с ярко выраженной эрозией на поверхности образцов, содержащих 20%  $Fe_3P$  и спеченных при температуре 1200°. Поэтому для данного состава и температуры не удалось построить кинетическую зависимость усадки. Наличие выпотевания, оплавления и эрозии можно объяснить образованием большого количества жидкой фазы. При 20% феррофосфора и темпе-

температуре спекания  $1150^{\circ}$  образцы не оплавились. Однако наблюдается деформация образцов и незначительные локализованные вспучивания на их поверхности. В образцах с меньшим содержанием феррофосфора выпотевание жидкой фазы не обнаруживается.

Приведенная на рис. 2 зависимость плотности от температуры спекания показывает, что с увеличением температуры и содержания феррофосфора плотность спеченных образцов возрастает, однако для

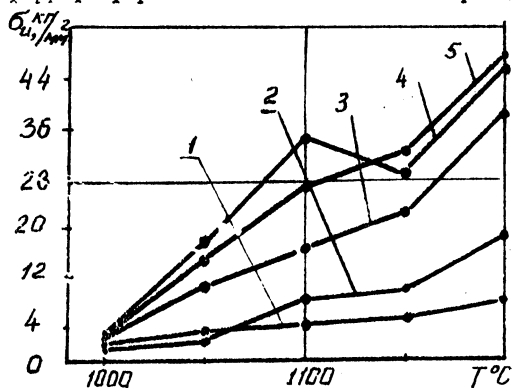


Рис. 3.

Влияние температуры спекания на  $\sigma_{из}$ : 1 - 100% Fe;  
 2 - 95% Fe, 5% феррофосфора;  
 3 - 93% Fe, 7% феррофосфора;  
 4 - 90% Fe, 10% феррофосфора;  
 5 - 85% Fe, 15% феррофосфора.

изученных составов и температур уплотнение не превышает 93% от плотности компактного материала с учетом вводимых добавок.

Аналогично изменяется с температурой и предел прочности образцов при изгибе  $\sigma_{из}$  (рис. 3). Как видно, с увеличением температуры спекания  $\sigma_{из}$  повышается, что обусловлено ростом плотности. Вместе

с тем, как показали исследования, образцы, содержащие 15% феррофосфора и спеченные при температуре  $1150^{\circ}$ , имеют прочность ниже, чем

спеченные при температурах  $1100^{\circ}$  и  $1200^{\circ}$ . Падение прочности при температуре спекания  $1150^{\circ}$  можно объяснить значительным ростом зерен, отделенных друг от друга и окруженных прослойками фосфидной эвтектики. Подобная структура ведет к охрупчиванию материала. При более низких температурах спекания рост зерна происходит значительно медленнее и расположение фосфидной эвтектики по границам зерен не так ярко выражено. Тем не менее, понижение прочности замечено только на одном составе (15%  $Fe_3P$ ) и одной температуре спекания ( $1150^{\circ}$ ). В остальных случаях прочность повышается. Это явление связано, по-видимому, с тем, что структура материала влияет на  $\sigma_{из}$  в меньшей степени, чем его плотность.

Таким образом, производя жидкофазное спекание путем введения легкоплавкой добавки в виде феррофосфора, можно изменять в широких пределах усадку, плотность и прочность спеченных металлокера-

мических изделий, получаемых методом формовки.

### Л и т е р а т у р а

1. Худокормов Д.Н., Серикова Л.И., Кущер М.Я. Изготовление металлокерамических изделий методом формования. "Прогрессивная технология изготовления оснастки". Материалы Института научно-технической информации 2-й республиканской конференции, Рига, 1970.

2. Мошкова А.К., Коростелев В.Ф. Постоянные литейные формы с регулируемыми теплофизическими свойствами. Труды УШ Всесоюзной конференции, Ереван, 1964.

3. Раковский В.А. Порошковое металловедение, 1960.