

УДК 621.762

Миницкий А.В.¹, Сосновский Л.А.², Лобода П.И.¹¹Национальный технический университет Украины «КПИ»²Институт проблем материаловедения им. И.М. Францевича НАН Украины**ДОПРЕССОВКА БРИКЕТОВ ИЗ СМЕСЕЙ НА ОСНОВЕ ПОРОШКА ЖЕЛЕЗА**

Брикеты из пяти смесей на основе порошка железа прессовали при 700 МПа в разъемной пресс-форме и подвергали безазорной допрессовке при 700 МПа в той же пресс-форме. Прочность при раздавливании недопрессованных брикетов ниже, чем допрессованных, что может быть обусловлено не только общим приростом плотности. Показана возможность достижения низкой пористости отожженных и затем допрессованных брикетов, изначально содержащих 1,0-1,5 мас.% графита и стеарат цинка. Изготовление из них малопористых средненагруженных изделий возможно и целесообразно. Установлены условия, необходимые для изготовления спеченных заготовок – длинномеров из смеси железа с 4 мас.% графита, предназначенных для изготовления изделий механической обработкой.

Ключевые слова: порошок, прессование, допрессовка, отжиг, пористость, железо, графит, стеарат цинка.

Мініцький А.В., Сосновський Л.О., Лобода П.І.

ДОПРЕСОВКА БРИКЕТІВ ІЗ СУМІШЕЮ НА ОСНОВІ ПОРОШКУ ЗАЛІЗА

Брикети з п'яти сумішею на основі порошку заліза пресували при 700 МПа в роз'ємній прес-формі і піддавали безазорній допресовці при 700 МПа в тій же прес-формі. Міцність при роздавлюванні недопресованих брикетів нижче, ніж допресованих, що може бути обумовлено не тільки загальним приростом щільності. Показана можливість досягнення низької пористості відпалених і потім допресованих брикетів, спочатку містять 1,0-1,5 мас.% графіту і стеарат цинку. Виготовлення з них малопористих середньонавантажених виробів можливо і доцільно. Встановлено умови, необхідні для виготовлення спечених заготовок - довгомірів з суміші заліза з 4 мас.% графіту, призначених для виготовлення виробів механічною обробкою.

Ключові слова: порошок, пресування, допресовка, відпал, пористість, залізо, графіт, стеарат цинку.

Minitsky A.V., Sosnovsky L.A., Loboda P.I.

REPEATED PRESSING OF BRIQUETTES FROM A MIXTURE OF IRON POWDER BASED

Briquettes of five mixtures of an iron-based powder was pressed at 700 MPa in the split mold and subjected gapless repeated pressing at 700 MPa in the same mold. Crushing strength briquettes non repeated pressing lower than repeated pressing that may be caused not only increase overall density. The possibility of achieving low porosity and then annealed repeated pressing briquettes, initially containing 1.0-1.5 wt.% graphite and zinc stearate. Manufacturing of these products low porosity medium loaded possible and appropriate. The conditions required for the manufacture of sintered components - long-length products of iron mixed with 4% by weight of graphite, intended for the manufacture of mechanical processing.

Keywords: powder pressing, repeated pressing, annealing, porosity, iron, graphite, zinc stearate.

Постановка проблеми. Одним из вызовов современности является давно прогнозируемый ресурсно-энергетический кризис [1], требующий адекватной организационно-технологической реакции противодействия. Несомненно, она должна включать жесткие ограничения по широкому использованию дорогих и дефицитных легирующих элементов [2] и по производству деталей с низкими функциональными свойствами. Применительно к порошковой металлургии железа – это улучшение функциональных свойств спеченных изделий, достигаемое преимущественно посредством совершенствования технологии их изготовления. Последнее может состоять в проведении допрессовки полученных порошковых брикетов; несмотря на давнюю известность [3–5] и внешнюю тривиальность этого технологического приема, он исследован недостаточно и мало используется.

Постановка задач. Целью настоящей работы являлось исследование результатов допрессовки брикетов из смесей на основе порошка железа и выявление благоприятных условий для ее использования.

Изложение основного материала. Использовали порошки: железо марки ПЖРВ 200.28, графит завальевский ГС-4, карбид хрома Cr_3C_2 ТУ 6-09-03-33-75 дисперсностью ~5 мкм, стеарат цинка марки «С». Смеси смешивали вручную в ступке с получением смесей следующего состава (мас. %): 1) Fe – 99,4, Zn стеар – 0,6; 2) Fe – 98,4, графита – 1,0, Zn стеар – 0,6; 3) Fe – 96,0, Гр – 4,0; 4) Fe – 94,4, Cr_3C_2 – 5,0, Zn стеар – 0,6; 5) Fe – 91,0, Cr_3C_2 – 5,0, Гр – 4,0. Смеси использовали в виде навесок массой 8,3 г.

Прессование и безазорную допрессовку смесей проводили по известной методике [5] в одной и той же разъемной пресс-форме с рабочим диаметром 10 мм. Для одностадийного

двухстороннего прессования пресс-форму устанавливали на две резиновые пластины. После прессования при 700 МПа проводили распрессовку пресс-формы и определяли плотность брикетов по результатам гидростатического взвешивания. После этого брикеты подвергали допрессовке при том же давлении (700 МПа) и определяли их плотность повторно. Прочность брикетов определяли при их сжатии в вертикальном положении. На рис. 1а приведена пористость спрессованных брикетов в сравнении с их же пористостью после допрессовки.

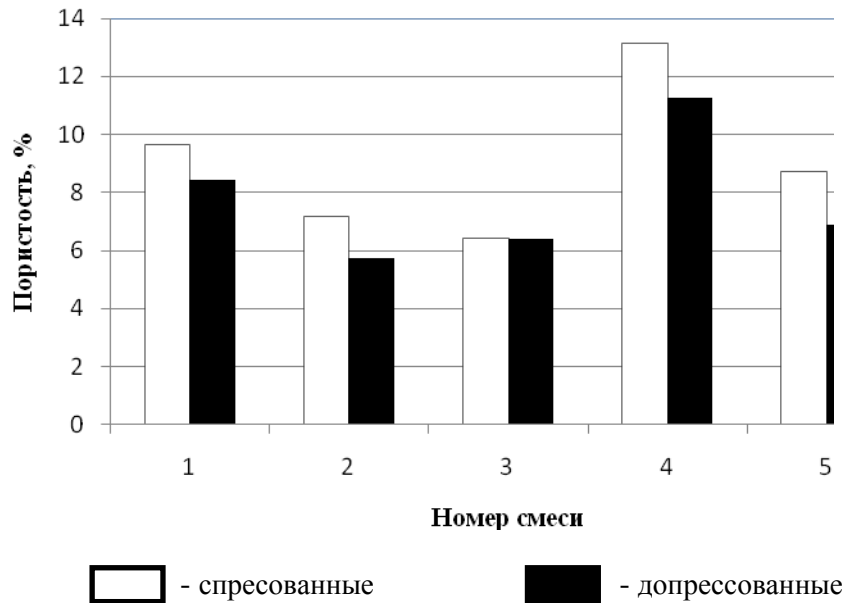


Рис. 1а. Пористость исходных и допрессованных брикетов в зависимости от состава смеси (мас. %): 1) Fe – 99,4, Zn стеар – 0,6; 2) Fe – 98,4, графита – 1,0, Zn стеар – 0,6; 3) Fe – 96,0, Гр – 4,0; 4) Fe – 94,4, Cr₃C₂ – 5,0, Zn стеар – 0,6; 5) Fe – 91,0, Cr₃C₂ – 5,0, Гр – 4,0.

На рис. 1 б приведено давление раздавливания тех же брикетов при их вертикальном нагружении.

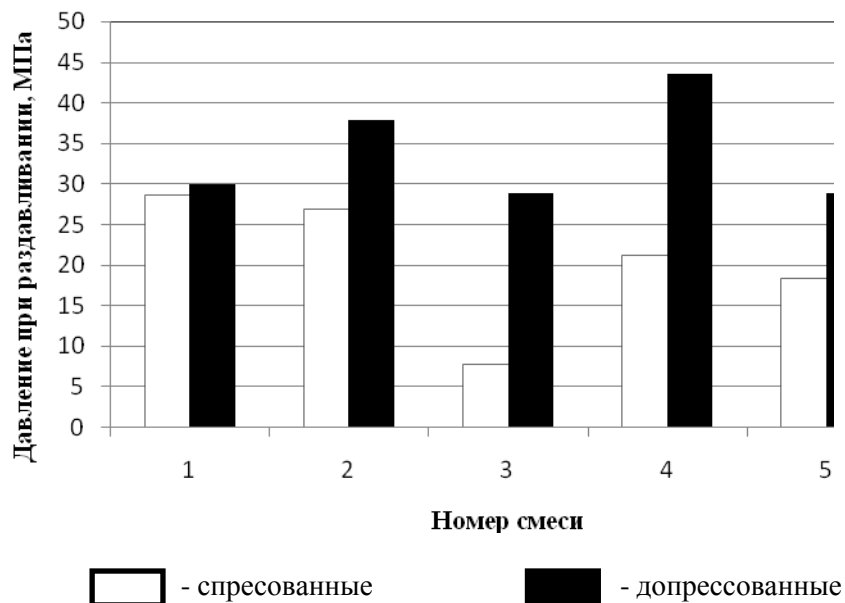


Рис. 1 б. Давление раздавливания исходных и допрессованных брикетов смесей разного состава.

Приведенные данные свидетельствуют о том, что добавка Cr₃C₂ существенно снижает, а добавка графита существенно повышает уплотняемость порошка железа, что соответствует известным данным [6, 7]. Добавка 4,0 мас.% графита (смесь 3) увеличивает уплотняемость железа

значительнее, чем 0,6 мас.% стеарата цинка, что соответствует данным работы [7]. Эта же добавка графита приводит к минимальному падению пористости при допрессовке, что можно полагать естественным ввиду высокой уплотняемости смеси.

Из данных рис.1 б следует, что прочность при вертикальном нагружении допрессованных брикетов больше, чем исходных (не подвергнутых допрессовке). Этот прирост прочности сравнительно невелик для составов 1, 2, 5, и по-видимому, может быть объяснен некоторым снижением пористости брикетов. Однако для составов 3 (самая высокая уплотняемость) и 4 (самая низкая уплотняемость) неожиданно высокий прирост прочности объяснить только этой причиной затруднительно. По-видимому, может быть еще одна, не менее значимая причина, состоящая в следующем. При допрессовке брикета в той же самой пресс-форме изменяется его диспозиция-расположение по отношению к пресс-форме и пуансонам, т.е. при допрессовке возникает новая эпюра давлений прессования, меняющая зональное распределение давлений, и соответственно участков образования дефектов упаковки частиц. Возможно, такая суперпозиция давлений при допрессовке устраняет самые крупные дефекты, наиболее существенно снижающие прочность брикетов. По-видимому, корректность этой причины существенного повышения прочности брикетов можно проверить только посредством моделирования.

Часть полученных брикетов отжигали в водороде при 800 °С в течение 1 часа, спекание брикетов также проводили в водороде при 1100 °С в течение 1 часа. Реализовывали разные очередности отжига, спекания и допрессовки. На рис. 2 представлена пористость брикетов, подвергнутых таким комбинированным обработкам.

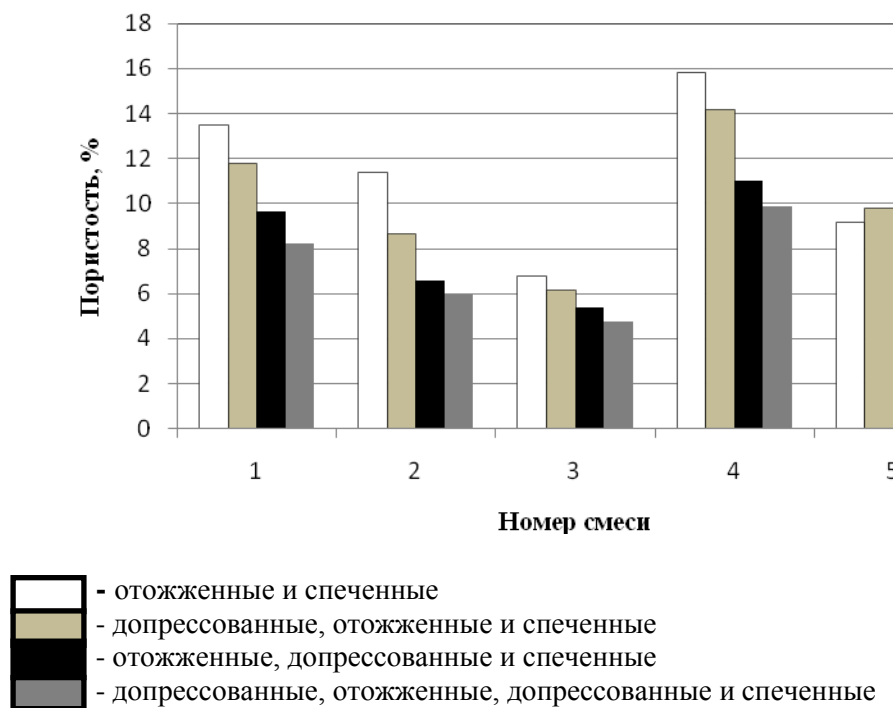


Рис. 2. Пористость брикетов из смесей разного состава, подвергнутых различным видам обработки: допрессовка, отжиг и спекание.

Приведенные данные показывают, что максимальная пористость, что достаточно естественно, оставалась у брикетов состава 4. Минимальная пористость после допрессовки отожженных брикетов реализована для состава 3 (с 4,0 мас. % графита). Полученные в этом эксперименте данные показали, что добавка 1,0 мас.% графита может быть принципиально важной для повышения плотности отожженных (не содержащих стеарата цинка) брикетов. Для проверки этого предположения провели контрольный эксперимент с использованием другой разъемной пресс-формы диаметром 10 мм, в которой проводили прессование и допрессовку при 700 МПа. Отжиг брикетов перед их допрессовкой проводили не в водороде, а в негерметизированном контейнере [8], т.е. в отличных и существенно менее стерильных условиях. На рис. 3 представлены значения пористости брикетов из порошка железа и его смесей с 0,3, 0,6, 0,9, 1,6 и 4,0 мас. % графита, допрессованных в неотожженном и отожженном состояниях.

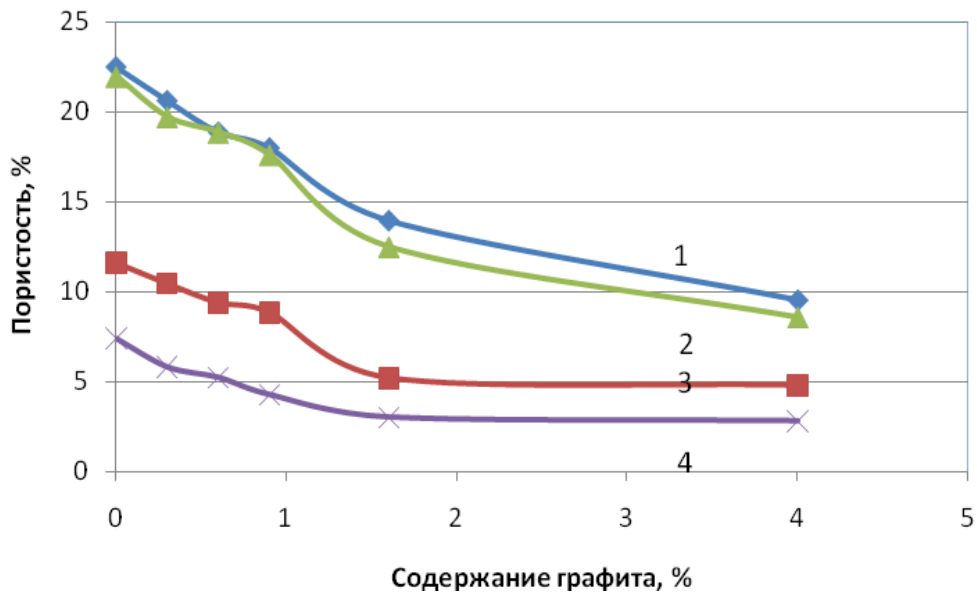


Рис. 3. Залежність пористості брикетів на основі заліза від вмісту графіту: 1 – спресовані при 700 МПа, 2 – отожені при 800 °С, 3 – допресовані при 700 МПа, 4 – отожені при 800 °С і допресовані при 700 МПа

Приведенные данные свидетельствуют о том, что графит не только повышает уплотняемость железа, что давно и надежно установлено [6, 7], но и не снижает прирост уплотняемости брикетов при их допрессовке, облегчая реализацию низкой пористости. Допрессовка смеси с 4,0 мас.% графита также приводит к снижению пористости, что противоречит данным рис. 1. Это свидетельствует о реальных различиях использованных пресс-форм являющихся формально идентичными. Таким образом, контрольный эксперимент подтвердил полученные данные только частично.

На рис. 4 представлено давление выталкивания брикетов из смесей составов 1-5 при изготовлении их прессованием в неразъемной пресс-форме диаметром 10 мм. Давление выталкивания рассчитывали посредством деления максимального усилия выталкивания на боковую (образующую) поверхность брикета.

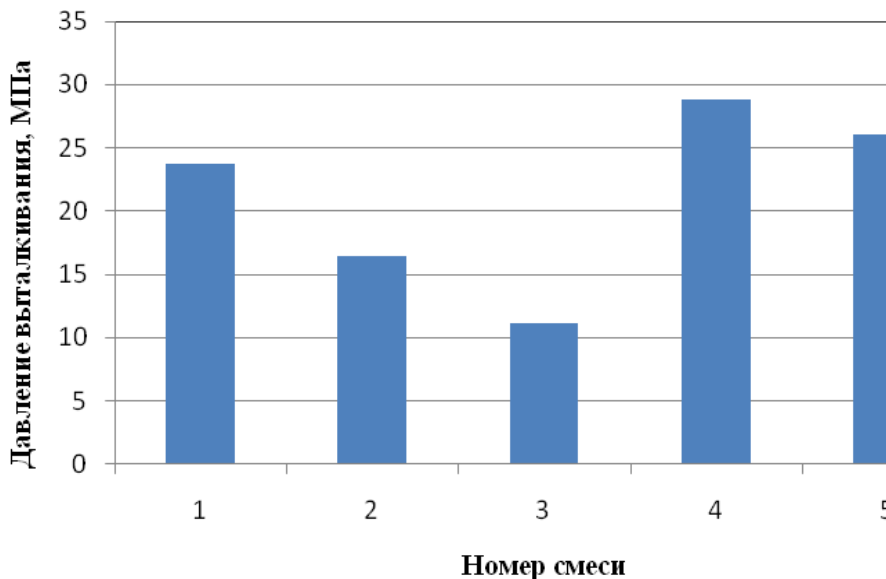


Рис. 4. Давлення виталкування брикетів з сумішей різного складу, спресованих при 700 МПа в нероз'ємній прес-формі.

Приведенные данные показывают, что минимальное внешнее контактное трение о рабочую поверхность пресс-формы имеют брикеты состава 3, вообще не содержащие стеарата цинка. Однако, является недостаточно низким при проведении прессования брикетов с высоким Н/d, что требовало проверки приемов его дополнительного снижения.

Экспериментально было установлено, что смазывание пресс-формы животным жиром позволило снизить давление выталкивания в ~ 2 раза. Нанесение на полученные брикеты с Н/d ~ 3 комбинированной смазки и допрессовка этих брикетов при 700 МПа в неразъемной пресс-форме диаметром 10,5 мм позволили уменьшить его еще в ~ 10 раз. Установлено, что проведенная таким образом допрессовка брикетов состава (мас. %): Fe – 96,0 графит – 4,0 не снизила их пористость. Спеченные недопрессованные и допрессованные брикеты имеют хорошую механическую обрабатываемость. Таким образом, указанное снижение внешнего контактного трения создает возможность изготовления длинномерных железграфитовых прутков и труб в качестве заготовок для малосерийного изготовления антифрикционных втулок.

Приведенные в настоящей работе данные позволяют наметить следующую, одну из разумных технологических реакций на, по-видимому, уже необратимый ресурсно-энергетический кризис.

Необходимо детально исследовать влияние допрессовки отожженных брикетов из смесей на основе порошка железа, содержащих 1,0 – 3,0 мас. % графита и 0,6 – 0,9 мас. % стеарата цинка, на возможность достижения ими пористости 2 – 5 %. Состояние закрытой пористости брикетов снижает требования к их защите от окисления при спекании. Это может создать дополнительные условия необходимые для выпуска широкой номенклатуры и значительного тоннажа средненагруженных изделий без использования дорогих и дефицитных легирующих безвозвратно теряемых при переплаве изношенных изделий.

Выводы.

1. Допрессовка брикетов приводит к повышению их прочности, что может быть обусловлено как повышением плотности так и уничтожением при допрессовке части дефектов, снижающих прочность брикетов.

2. Допрессовка отожженных брикетов, изначально содержащих 1,0 – 1,5 мас. % графита и стеарата цинка, позволяет снизить их пористость достаточно для изготовления средненагруженных изделий.

3. Показана возможность изготовления спеченных брикетов–длинномеров из порошковой смеси, содержащей 4,0 мас. % графита, из которых можно получать изделия механической обработкой.

Список использованных источников:

1. Дементьев В.А., Кузьмин В.И., Лебедев Б.Д., Матвеев Ю.А. Прогноз критических ситуаций в развитии мирового сообщества и военно-политических конфликтов. М.: Военное изд-во, 1995. – 160 с.
2. Чернышов Л.И., Левина Д.А. Порошковая металлургия – трудности и перспективы современного этапа развития / Порошковая металлургия, 2013. - №11/12. – с. 144-151
3. G. Bockstiegel, Arch. Eisenhüttenwesen, 28, 3, 167, 1957.
4. Артамонов А.Я. Влияние условий обработки на физико-механическое состояние металлокерамических материалов. Киев: Наук. Думка, 1965. – 263 с.
5. Мартынова И.Д. Физические особенности пластической деформации пористых тел. /Реологические модели и процессы деформирования пористых порошковых и композиционных материалов. Киев: Наук. думка, 1985. – с. 98–105
6. Федорченко И.М., Пугина Л.И. Композиционные спеченные антифрикционные материалы. – К.: Наукова думка, 1980. – 404 с.
7. Мамедов В. А., Мамедов А. Т. Свойства высокоплотных порошковых материалов на основе железа, спрессованных без стеарата цинка // Порошковая металлургия. – 2003. - №5/6 – С. 33-36.
8. Сосновский Л.А., Баглюк Г.А., Власова О.В. Особенности спекания без использования проточных газовых сред в контейнере с неполной герметизацией // Порошковая металлургия, 2013. №1/2. – С. 129–137

Стаття надійшла до редакції 20.04.2016.