

УДК 621.762.4.04

Мініцький А.В.¹, Сосновський Л.О.², Мініцька Н.В.¹¹Національний технічний університет України «КПІ», Київ, Україна²Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України, Київ, Україна**ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ НА ПРОЦЕС ДОПРЕСОВКИ ПОРОШКОВИХ БРИКЕТІВ НА ОСНОВІ ЗАЛІЗА**

Розглянуто основні технологічні фактори, що впливають на процес допресовки порошкових матеріалів системи залізо - вуглець. Встановлено вміст графіту і температура відпалу, при яких підвищується ущільнюваність брикетів на основі залізного порошку. Показана можливість досягнення низької пористості відпалених і потім допресованих брикетів, які від початку експерименту містили 1,6 мас.% графіту. Показана доцільність виготовлення малопористих середньонавантажених виробів без використання дорогих і дефіцитних легуючих.

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

Миницкий А.В., Сосновский Л.А., Миницкая Н.В.**ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ПРОЦЕСС ДОПРЕССОВКИ ПОРОШКОВЫХ БРИКЕТОВ НА ОСНОВЕ ЖЕЛЕЗА**

Рассмотрены основные технологические факторы, влияющие на процесс допрессовки порошковых материалов системы железо – углерод. Установлено содержание графита и температура отжига, при которых повышается уплотняемость брикетов на основе железного порошка. Показана возможность достижения низкой пористости отожженных и затем допрессованных брикетов, изначально содержащих 1,6 мас.% графита. Показана целесообразность изготовления малопористых средненагруженных изделий без использования дорогих и дефицитных легирующих.

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

Minitzky A.V., Sosnovsky L.A., Minitzka N.V.**INFLUENCE OF TECHNOLOGICAL FACTORS ON THE RE-PRESSING OF THE POWDER COMPACTING THE IRON-BASED**

The main technological factors influencing the process of powder materials repeated pressing iron system - carbon. The graphite content and annealing temperature at which the improved compactibility briquette iron-based powder are established. The possibility of achieving low porosity and then annealed repeated pressing briquettes, initially containing graphite 1.6 wt.%. The expediency of manufacture of low-porosity parts which work with medium load without the use of expensive and scarce alloying.

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

Постановка проблеми. Відомо, що характеристики виробів із порошків на основі заліза залежать від складу матеріалу і щільності, досягнутої під час технологічного процесу [1]. Для конструкційних деталей, що працюють в умовах великих та середніх динамічних навантажень, щільність спечених виробів являється ключовим параметром. Основні напрями, пов'язані з отриманням порошкових виробів з високою щільністю і відповідно високими експлуатаційними характеристиками, були отримані в таких технологіях як гаряче пресування, штампування, просочування, інжекційне формування і гаряче ізостатичне пресування [2, 3]. Однак вартість і відповідні обмеження цих технологій перешкоджають їх широкому використанню. Тому, модифікація традиційного методу статичного пресування і спікання, при виробництві близьких до заданих параметрів деяких деталей складної форми при високій щільності являється головною метою ряду досліджень. Можна достатньо впевнено вважати, що загальносвітова тенденція – виготовлення 85–90% деталей з порошків заліза шляхом їх статичного пресування в прес-формах і наступного спікання збережеться достатньо довго, що визначає необхідність технологічного вдосконалення цієї схеми. Одним із можливих варіантів покращення схеми, що містить статичне пресування є додаткова допресовка отриманих брикетів. Даний прийом відомий достатньо давно [4, 5], проте незважаючи на його тривіальність та простоту, він може суттєво покращити характеристики порошкових виробів та розширити їх номенклатуру.

Постановка задач. Метою даної роботи є дослідження процесу допресовки порошкових матеріалів та визначення основних факторів, що впливають на ущільнення брикетів на основі заліза.

Викладення основного матеріалу. Використовували порошок заліза марки ПЖРВ200.28, з насипною щільністю 3,11 г/см³, та порошок завальківського графіту марки ГС-4 з різним вмістом: 0,6, 1,6 та 4 %.

Пресування та допресовку сумішей проводили за відомою методикою [4] в одній і тій самій раз'ємній прес-формі з робочим діаметром 10 мм. Для одностадійного двустороннього пресування прес-форму встановлювали на двігумові пластини висотою 12 мм. Після пресування при 700 МПа проводили розпресовку прес-форми і визначали пористість брикетів. Після чого їх піддавали допресовці при тому ж тиску (700 МПа) і визначали їх пористість повторно.

На першому етапі досліджень було встановлено вміст графіту в залізному порошок при якому досягається мінімальна пористість при даних технологічних умовах отримання. Відомо, що введення графіту у залізний порошок суттєво знижує тиск, необхідний для отримання заданої пористості [6, 7]. Застосування допресовки при 700 МПа після попереднього спікання дозволяє отримати залізграфітові матеріали з пористістю менше 10 % [8]. В своїх попередніх роботах авторами також було частково досліджено вплив вмісту графіту на процес ущільнення брикетів на основі залізного порошку та показано ефективність використання графіту як твердого мастила [9].

На рис.1 приведена пористість спресованих брикетів в порівнянні з їх пористістю після допресовки.

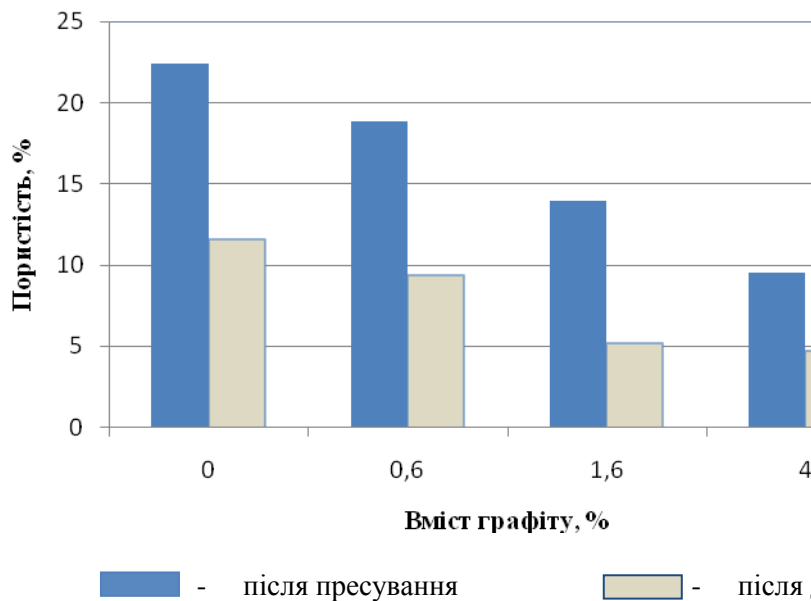


Рис.1. Залежність пористості брикетів спресованих та допресованих при тиску 700 МПа від вмісту графіту

Встановлено, що із збільшенням вмісту графіту у залізному порошок при пресуванні на 700 МПа пористість зразків зменшується з 22 до 9 %. Виконуючи роль твердого мастила, графіт знижує внутрішнє тертя між частинками порошку та стінкою прес-форми. Відомо, що кут внутрішнього тертя залізного порошку в стані насипки і утрусці зменшується на 5 град при введенні графіту [10]. При допресовці відбувається зниження пористості брикетів до 11–12 % для чистого заліза і до 5–6 % з добавками графіту. При цьому слід зазначити, що мінімальна пористість досягається вже при вмісті графіту 1,6 %, тому подальші дослідження проводили саме при такому вмісті графіту у залізі. Результати пресування та допресовки порошкових брикетів показало, що найбільша різниця у пористості має місце для зразків із чистого залізного порошку (~ 10 %). Така різниця пояснюється тим, що після пресування брикетів із залізного порошку спостерігається чітко виражена зона непропресовки брикетів в середній частині, що є характерним для порошкових заготовок отриманих за схемою двостороннього статичного пресування [11]. Допресовка практично повністю усуває зону непропресовки, що суттєво знижує пористість брикетів без графіту або з його невеликою кількістю. Із збільшенням вмісту графіту в суміші різниця в пористості стає меншою, так для суміші з 4 % графіту – 3–4 %, що говорить про високу ущільнюваність сумішей із великим вмістом графіту при першому пресуванні і відсутності зони непропресовки. Допресовка брикетів із таких сумішей може забезпечити тільки ліквідацію локальних мікродефектів, які можуть впливати на фізико-механічні характеристики матеріалу.

На рис. 2 наведено пористість брикетів після допресовки при тиску 700 МПа після відпалу у водні протягом 1 години при різних температурах.

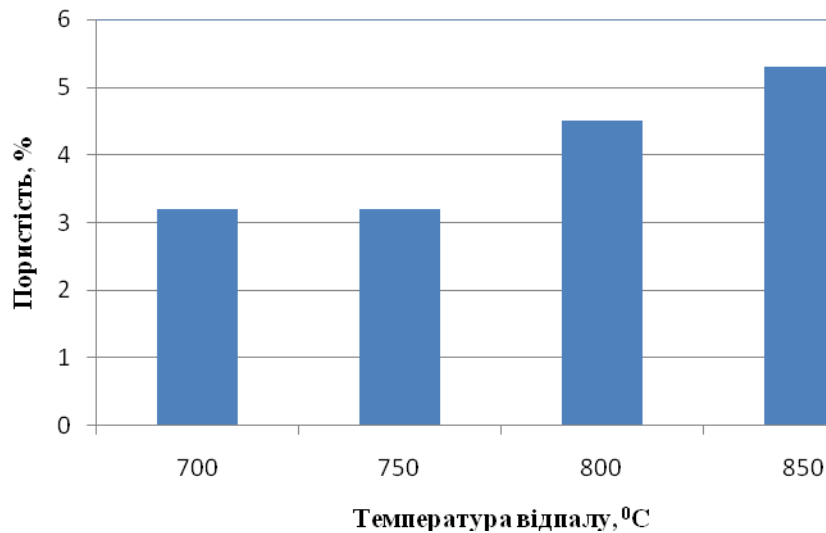


Рис.2. Залежність пористості брикетів допресованих при 700 МПа від температури відпалу у середовищі водню

Відомо, що відпал після пресування знімає деформаційне зміцнення, що набуває порошок в результаті пресування. В результаті при температурах відпалу 700–750 °C допресовка зразків на основі заліза з добавкою графітудозволила отримати пористість близько 3 %. Підвищення температури відпалу до 800 – 850 °C привело до зростання пористості до 4,5 – 5,5 %. Це може пояснюватись зниженням пластичності матеріалу, що відбувається внаслідок науглецювання при даних режимах відпалу. Таким чином, оптимальною температурою відпалу для сплаву заліза з 1,6 % графіту можна вважати діапазон 700–750 °C, саме при такій температурі допресовка дозволяє отримати мінімальну пористість близько 3 %.

Наступним етапом досліджень було визначення впливу часу після відпалу на процес допресовки брикетів. Представляло інтерес, чи впливає час після відпалу на ущільнення матеріалу при допресовці, наскільки принципово в технологічному процесі проводити операцію допресовки (другого пресування) одразу після відпалу або через певний час. Результати досліджень наведені на рис. 3.

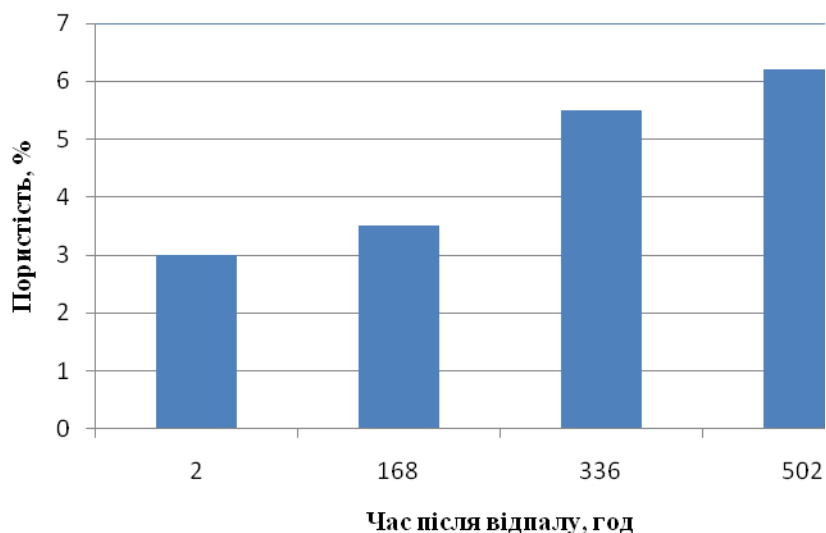


Рис. 3. Залежність пористості брикетів після допресовки при 700 МПа від часу витримки після відпалу при температурі 750 °C

При допресовці одразу після відпалу протягом перших 2 годин спостерігається мінімальна пористість близько 3 %. Допресовка через тиждень (168 годин) також дозволила отримати пористість близько 3 %. Проте, збільшення часу витримки зразків після відпалу показало, що через два та три тижні відповідно пористість після допресовки зросла до 5,5– 6,5 %, тобто в два

рази. Отримані результати можуть бути пояснені тим, що з часом після відпалу може відбуватися взаємодія брикетів із повітрям, в результаті чого на поверхні та по границях зерен адсорбуються атоми азоту та кисню, що перешкоджає пластичній деформації під час допресовки.

Таким чином, проведені дослідження показали, що допресовка порошкових матеріалів системи залізо – вуглець може бути перспективним технологічним прийомом для створення широкої номенклатури середньонавантажених виробів без використання дефіцитних легуючих, що є необхідною умовою при розробці нових рецептур та технологій в теперішній час.

Висновки.

1. Встановлено, що допресовка залізних брикетів, що містять 1,6 % графіту дозволяє отримати зразки з пористістю близько 5 %, що говорить про перспективність порошкових матеріалів системи залізо – вуглець.

2. Допресовка відпалених зразків на основі залізного порошку з добавкою графіту, забезпечує пористість близько 3 %, що дозволяє використовувати такі матеріали для середньонавантажених конструкційних виробів.

3. Показано, що час перед допресовкою не оказує суттєвого впливу на ущільнення зразків в перший тиждень після відпалу, зниження пластичності зразків спостерігається при збільшенні часу перед допресовкою до 2 – 3 тижнів.

Список використаних джерел:

1. Чернышов Л.И., Левина Д.А. Порошковая металлургия – трудности и перспективы современного этапа развития / Порошковая металлургия, 2013. - №11/12. – с. 144-151
2. Витязь П.А. Новые технологии получения и свойства порошковых композиционных материалов: порошковая металлургия в мире и в Беларуси: 1990-2010. Состояние, проблемы, перспективы / П.А. Витязь, А.Ф. Ильющенко, В.В. Савич – Минск, Беларусь, 2010. – 54 с.
3. Левина Д.А., Чернышев Л.И. Осторожный оптимизм – медленное восстановление отрасли порошковой металлургии, 2015. – №9/10. – С. 157–160
4. 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
5. Артамонов А.Я. Влияние условий обработки на физико-механическое состояние металлокерамических материалов. Киев: Наук. Думка, 1965. – 263 с.
6. Лаптев А.М., Малыхин Е.А., Попивненко Л.В. Влияние графита и стеарата цинка на напряжение выпрессовки и прочность порошковых заготовок состава железо-медь-графит // Вісник Донбаської державної машинобудівної академії, 2006. – №1 (3). – С. 125–128
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. Федорченко И.М., Пугина Л.И. Композиционные спеченные антифрикционные материалы. – К.: Наукова думка, 1980. – 404 с.
9. Миницкий А.В., Сосновский Л.А., Лобода П.И. Допресовка брикетов из смесей на основе порошка железа // Наукові нотатки, 2016. – №54. – С. 220–224
10. Каташинский В.П., Рухайло Н.В. Влияние смазки на коэффициент трения металлических порошков // Порошковая металлургия. – 1971. – №4 – С. 18–20
11. Федорченко И.М., Андриевский Р.А. Основы порошковой металлургии. – Изд-во: АН УССР, 1961. – 420 с.

Стаття надійшла до реакції 30.11.2016.