

1. Полищук В.С. Интенсификация процессов получения карбидов, нитридов и композиционных материалов на их основе. – Севастополь: Вебер, 2003. – 327 с.
2. Степанчук А. Н. Прочностные и абразивные свойства плавящихся тугоплавких соединений и инструментальных материалов на их основе // Современные спеченные твердые сплавы. Сб. научных трудов – К.: ИСМ им. В.Н. Бакуля НАН Украины, 2008. – 344 с. (С. 269...280).
3. Куликов И.С. Термодинамическая диссоциация соединений. – М.: Металлургия, 1969. – 576 с.
4. Самсонов Г. В., Упадхья Г. Ш., Нешпор В. С. Физическое материаловедение карбидов. – К.: Наукова думка, 1974. – 455 с.

**Степанчук А.Н., Руденький С.О., Гришкевич Т.Є., Тесля С.Ю.**  
*(КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ)*  
**ПРО ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК ПОРИСТОСТІ КОМПАКТОВАНИХ  
ПОРОШКОВИХ ПРЕСОВОК З НАСИПНОЮ ТА ЩІЛЬНІСТЮ  
УТРУСКИ ВИХІДНИХ ПОРОШКІВ**  
astepanchuk@iff.kpi.ua

Сучасний етап розвитку порошкової металургії супроводжується появою ідей для створення нових та удосконалення традиційних технологій отримання високопористих порошкових матеріалів із заданими характеристиками, які насамперед направлені на досягнення високих експлуатаційних характеристик та привабливих властивостей. Такі матеріали отримали широке використання в машинобудуванні, хімічній, харчовій, електрохімічній, аерокосмічній техніці та інших областях промисловості. Порошкові фільтри з корозійностійких металів та їх сплавів використовуються при фільтрації масел, пального, кислот, лугів. Для фільтрації більш агресивних середовищ (розплавлених лугів, розбавлених кислот) застосовуються фільтри з тугоплавких сполук.

Високопористі порошкові матеріали знаходять застосування як електроди акумуляторів, електрохімічних генераторів при перетворенні хімічної енергії в електричну та у багатьох інших галузях [1, 2].

Характеристики пористих матеріалів багато в чому залежать від методів їх отримання. Зазвичай їх отримують методами порошкової металургії, які передбачають пресування вихідних порошків з наступним спіканням або спіканням вільно насипаних у форму порошків. Для компактування заготовок можна використовувати практично всі методи пресування та спікання порошків [3].

Основною метою отримання високопористих порошкових матеріалів є надання пресовкам необхідних характеристик міцності при збереженні максимально можливої пористості. Останнє може бути досягнуте, якщо основними діючими механізмами при спіканні є такі, що не супроводжуються усадкою, а необхідні характеристики міцності досягаються за рахунок зміцнення контактів між частинками порошку у пресовці. У цьому випадку кінцева пористість виробів буде в основному залежати від пористості пресовок. Остання, у свою чергу, буде залежати від властивостей вихідних порошків та умов їх пресування (формування). Тому при створенні нових високопористих матеріалів важливим є встановлення взаємозв'язку між властивостями вихідних порошків і пористістю виробів після пресування та спікання.

У роботі було досліджено вплив на пористість пресовок із порошків заліза та нікелю їх розміру та методу отримання. Для дослідження використовували порошки заліза, отримані відновленням оксидів заліза воднем, та порошки нікелю, отримані електролізом водного розчину сульфату нікелю та карбонільним методом. Виходячи з передбачення,

що кінцева пористість виробів багато у чому залежить від таких характеристик, як насипна ( $\rho_{\text{нас.}}$ ) та щільність утруски ( $\rho_{\text{утр.}}$ ), було досліджено вплив на ці характеристики виду порошку, методу його отримання та середнього розміру його частинок. Дослідження проводились за методикою, викладеною в роботі [4]. Отримані результати наведені в табл. 1.

Таблиця 1 – Характеристики порошоків заліза та нікелю

Порошок	Середній розмір частинок, мкм	Насипна щільність, г/см <sup>3</sup>	Щільність утруски, г/см <sup>3</sup>	Початкова відносна насипна щільність, %	Початково-ва відносна щільність утруски, %	Пористість вільної насипки порошку, %	Пористість утруски порошку, %
Залізо	200	2,38	2,51	30,50	32,18	69,50	67,82
	180	2,34	2,44	30,00	31,28	70,00	68,72
	130	2,33	2,42	29,89	31,02	70,11	68,98
	75	2,16	2,52	27,69	32,30	72,31	67,70
	≤50	2,14	2,73	27,43	35,00	72,57	65,00
Нікель карбонільний	6,4	1,48	2,09	16,63	23,48	83,37	76,63
Нікель електролітичний	32	2,03	2,73	25,05	30,67	74,95	69,33

Як видно з наведених даних, насипна щільність досліджених порошоків зменшується зі зменшенням розміру їх частинок, що узгоджується з сучасними уявленнями про природу властивостей порошоків [4]. Зменшення розміру частинок порошоків збільшує кількість контактів між ними, що перешкоджає щільному укладанню частинок за рахунок збільшення сил тертя між ними. Такий же вплив має форма частинок порошоків. При інших рівних умовах більш низькі значення насипної щільності для порошку нікелю, який отримано електролізом водного розчину його солі, зумовлені розвиненою їх поверхнею (дендритною формою) [4].

Таблиця 2 – Характеристики пресовок з нікелю до та після спікання

Порошок	Тиск пресування, МПа	Щільність, г/см <sup>3</sup>		Пористість, %	
		після пресування	після спікання	після пресування	після спікання
Нікель карбонільний	50	3,285	3,63	63,1	59,2
	100	3,500	4,200	60,7	58,0
	200	4,140	4,620	53,5	48,1
Нікель електролітичний	50	3,443	4,53	53,6	49,1
	100	3,764	5,10	49,3	42,2
	200	4,022	5,04	45,8	43,5

Як було зазначено вище, важливим при створенні високопористих матеріалів є мінімально можливе зменшення їх пористості на етапах пресування та спікання. Тому в роботі було досліджено вплив умов компактування та властивостей порошоків нікелю на ступінь зміни їх пористості при пресуванні залежно від тиску та після спікання, яке проводилось за температури 900 °С протягом 30 хв.

Результати наведені в табл. 2 та 3. Ступінь зменшення пористості визначали за допомогою кореляційних коефіцієнтів, які розраховані за даними табл. 2 і наведені в табл. 3. Зменшення кореляційного коефіцієнта свідчить про більш значне зменшення пористості.

Як видно з таблиць, найбільше зменшення пористості по відношенню до пористості вільно насипаного та пористості утруски порошку відбувається після пресування. При цьому зі збільшенням тиску пресування кореляційні коефіцієнти зменшуються, що свідчить про більш інтенсивне зменшення пористості. На етапі спікання зменшення пористості пресовок відбувається у значно меншій мірі (коефіцієнт  $K_3$  має великі значення). При цьому для пресовок із карбонільного порошку ступінь зменшення пористості збільшується зі збільшенням тиску пресування. Для карбонільного порошку має місце екстремальна залежність. Найбільше зменшення пористості має місце для пресовок, спресованих за тиску 200 МПа. Останнє може бути зумовлене комплексним впливом на процес спікання вихідної пористості і якістю контактів у пресовках.

Таблиця 3 – Кореляційні коефіцієнти ( $K_1 = \rho_{пр}/\rho_{нас.}$ ;  $K_2 = \rho_{спік.}/\rho_{утр.}$ ;  $K_3 = \rho_{спік.}/\rho_{прес.}$ ) при формуванні пористих матеріалів із порошоків нікелю, отриманих різними методами (1 – карбонільний,  $\rho_{нас.} =$ ; 2 – електролітичний)

Тиск пресування, МПа	$K_1$				$K_2$				$K_3$	
	1		2		1		2		1	2
	пресування	спікання	пресування	спікання	пресування	спікання	пресування	спікання		
500	0,756	0,710	0,710	0,655	0,823	0,779	0,774	0,709	0,938	0,916
1000	0,728	0,695	0,658	0,563	0,792	0,757	0,712	0,609	0,955	0,857
2000	0,640	0,577	0,611	0,580	0,698	0,627	0,661	0,628	0,899	0,949

Аналіз отриманих у роботі результатів дозволяє стверджувати, що основний вплив на кінцеву пористість має зміна щільності пресовок на етапі пресування. У подальшому необхідно визначити методи формування, які б забезпечували необхідну формовність порошків при збереженні пористості на рівні вільної насипки або утруски порошку.

Література:

1. Витязь П. А. Пористые порошковые материалы и изделия из них / П. А. Витязь, В. М. Капцевич, В. К. Шелег. – Минск: Вышэйшая школа, 1987. – 164 с.
2. Степанчук А.М. Теорія і технологія пресування порошкових матеріалів. / А.М. Степанчук. – К.: Центр учбової літератури, 2016. – 336 с.
3. Степанчук А.М. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни “Основи отримання порошкових і композиційних матеріалів”. Для студентів усіх форм навчання матеріалознавчих і металургійних спеціальностей. / А.М.Степанчук, С.О. Руденький. – К.: НТУУ“КПІ”, 2013. – 85 с.
4. Степанчук А. М. Теоретичні та технологічні основи отримання порошоків металів, сплавів і тугоплавких сполук. Підручник. /А.М. Степанчук . – К.: Видавництво “Політехніка”, 2006. – 353 с.

**Томін О.О.**

*(КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ)*

## **МЕМБРАННІ МЕТОДИ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД ЛИВАРНОГО ВИРОБНИЦТВА**

Alex\_foxx@ukr.net

У ливарних цехах основним джерелом забруднення стічних вод є прилади вологого очищення повітря, електрогідравлічного та гідравлічного очищення литва, гідравлічної регенерації відпрацьованих формувальних сумішей. Досягти мінімального обсягу стоків можна за допомогою повторного використання води. У випадку скидання стічних вод у природні водойми вони обов'язково мають очищуватись за допомогою не тільки механічного, але і біологічного методів. В основному в ливарному виробництві вода