

УДК 621.762.2

Т.Н.Гальчук, В.Д.Рудь

Луцький національний технічний університет

ВЛАСТИВОСТІ КОМПОЗИЦІЙ НА ОСНОВІ ПОРОШКУ СТАЛІ ШХ15, ОТРИМАНОГО ІЗ ШЛАМОВИХ ВІДХОДІВ ПІДШИПНИКОВОГО ВИРОБНИЦТВА

В роботі проведено дослідження структури та механічних властивостей матеріалу – спеченої сталі ШХ15, отриманої переробкою шліфувальних шламових відходів підшипникового виробництва. Досліджено механічні властивості композиту на основі порошку сталі ШХ15 з добавками міді і графіту. Встановлено оптимальні параметри пресування і спікання, які забезпечують найкраще поєднання властивостей міцності даних матеріалів.

Основною задачею, що потребує вирішення під час розробки матеріалів триботехнічного призначення, є оптимальне поєднання структури і фізико-механічних властивостей, знаходження технологічних параметрів, що управляють цими властивостями. Для композиційних порошкових матеріалів такими параметрами є тиск пресування, температура спікання, середовище спікання та інші. Також важливим є технологія отримання порошку, введення в його склад додаткових структурних складових та їх вплив на властивості основи порошкового композиту.

Метою даної роботи є дослідження властивостей спеченого композиційного матеріалу на основі порошку сталі ШХ15, отриманого із шліфувальних шламів.

Для дослідження було виготовлено зразки із шламового порошку сталі ШХ15, отриманого за технологією розробленою в ЛНТУ [1]. Тиск пресування становив 600 МПа. Спікання проводили у вакуумі. Властивості цього матеріалу наведено табл. 1.

Таблиця 1

Фізико-механічні характеристики спеченого матеріалу із шламового порошку сталі ШХ15

Температура спікання, °С	Усадка, $U=1-V_{п.с.}/V_{п.п.}$	Пористість після спікання, %	Густина після спікання, г/см ³	HV, МПа
1150	0,023	35	5,20	320
1200	0,025	31	5,45	608
1250	0,054	28	5,85	826

Примітка. $V_{п.с.}$ – об'єм після спікання зразка, $V_{п.п.}$ – об'єм після пресування зразка.

Із зростанням температури спікання усадка збільшується, а пористість матеріалу так і залишається досить високою, в межах 30%.

Мікроструктура спечених зразків неоднорідна поряд із зонами цементитної сітки є великі феритні поля. (рис. 1).

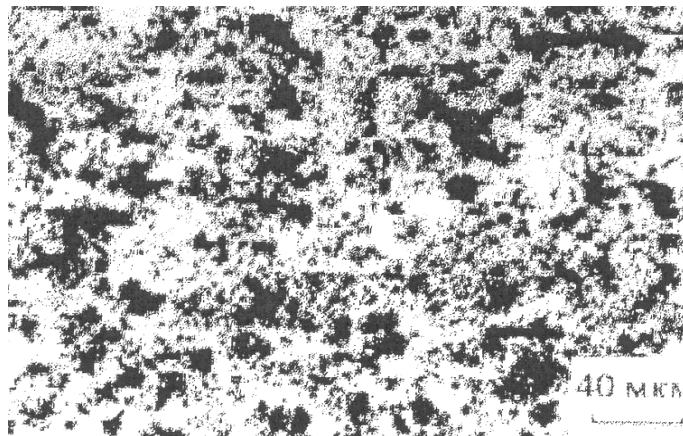


Рис. 1. Структура сталі ШХ15, спеченої при температурі 1200 °С у вакуумі

Пористість аналогічних матеріалів на основі порошків заліза регулюється тиском пресування, який здебільшого знаходиться в межах 300–800 МПа. При цьому пористість змінюється в межах від 10 до 40 %, а усадка під час спікання складає приблизно 0,03 [2, 3].

Висока пористість матеріалів із порошку сталі ШХ15 пояснюється неправильною геометричною формою частинок і підвищеною їх твердістю. Форма частинок також впливає і на збільшення усадки.

Саме висока пористість та низькі механічні властивості спеченої сталі ШХ15 [4] зумовлюють її інтенсивне зношування під час тертя. Тому важливим є під час розробки нових триботехнічних матеріалів на базі порошку сталі ШХ15 підвищити характеристики міцності виробів.

Для збільшення густини під час спікання в порошок сталі ШХ15 дрібної фракції (менше 63 мкм) добавляли мідь ПМС–1 в кількості 1 % і 3 %. Зразки спресовані при тиску 600–800 МПа. Густина пресовок наведена у табл. 2.

Таблиця 2

Густина спресованих зразків

Склад порошку	ШХ15	ШХ15+1 % Cu	ШХ15+3%Cu
Густина, г/см ³	5,98	6,00	6,18
Пористість, %	32	28	20

Встановлено, що введення 1 % міді не впливає суттєво на зміну густини пресовки, а 3 % міді покращує процес ущільнення порошку і підвищує густина пресовки.

В результаті дослідження встановлено, що основний вплив на збільшення густини спеченого зразка мають такі фактори: склад і температура спікання, температура і час витримки і меншою мірою швидкість підняття температури.

Характер зміни густини спечених зразків аналогічний зміні густини після пресування [5] (табл. 3).

Таблиця 3

Фізико-механічні характеристики спечених матеріалів на основі порошку сталі ШХ15

Склад	Густина, г/см ³	Пористість, %	Усадка		HRC
			по висоті	по діаметру	
Порошок ШХ15	6,28	18,35	0,083	0,099	12–14
Порошок ШХ15 +3%Cu	7,34	4,98	0,216	0,113	45–47
Сталь ШХ15 ГОСТ 801–78	7,64				≥62

Для вивчення впливу тиску пресування і температури спікання на густина, мікроструктуру і механічні властивості спечених композитів використовувалася шихта, яка складалась із порошку сталі ШХ15, 2 % графіту та 4 % міді. Пресування зразків здійснювали при тиску 200, 450 і 800 МПа. Спікання зразків проводили у вакуумній печі при температурах 1100, 1150 і 1200 °С.

Підвищення вмісту графіту до 2 % насичує матеріал вуглецем, і структура матриці стає перлітною. Надлишок вуглецю утворює карбідну фазу, що розміщується у вигляді сітки по межі перлітних зерен (рис. 2).

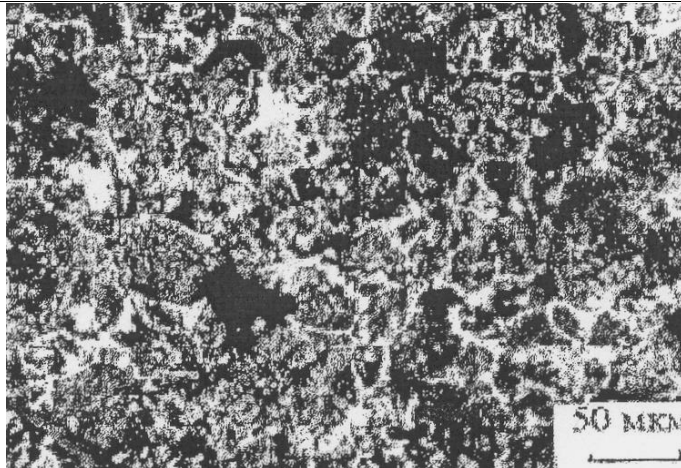


Рис. 2. Структура композиту порошок сталі ШХ15, 2 % графіту та 4 % міді, спеченої при температурі 1200 °С у вакуумі

Збільшення температури спікання понад 1200 °С спричиняє можливість повного переходу графіту в матрицю. Збільшення тиску пресування понад 800 МПа є не бажаним, так як спричиняє підвишене зношування деталей прес-форми. Тиск пресування є одним із технологічних параметрів, що визначають пористість матеріалу.

Введення графіту призводить до зменшення пористості, зміни фазового складу і, в результаті, покращує механічні властивості. Крім цього, дані властивості регулюються тиском пресування і зміною температури спікання.

Відзначається, що пористість пресовок зменшується із збільшенням тиску пресування (рис. 3).

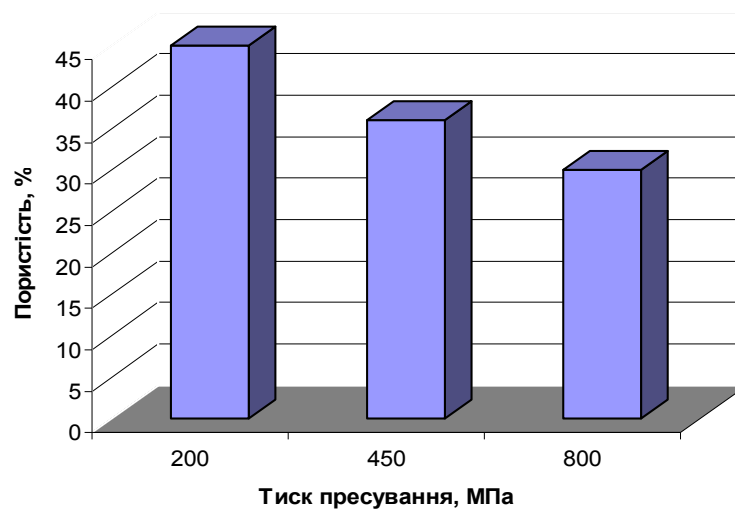


Рис. 3. Залежність пористості пресовок із спеченого композиту (94 % ШХ15 – 4 % Cu – 2 % С) від тиску пресування

Досліджувався вплив тиску пресування на об'ємні та механічні характеристики композитів, які представлені на рис. 4–6. Залежність об'ємної усадки ($Y=1-V_{п.с}/V_{п.н}$) від тиску пресування наведено на рис. 4.

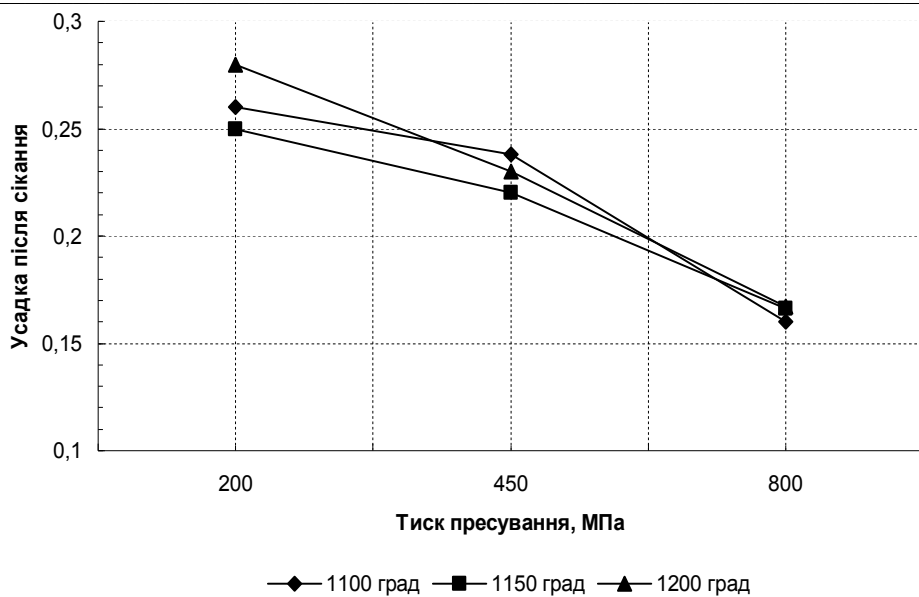


Рис. 4. Залежність усадки після спікання від тиску пресування для спеченого композиту (94% ШХ15 – 4 % Cu – 2 % C)

Після спікання пористість зменшується у разі збільшення тиску пресування (рис. 5). При тиску вище 500 МПа зміна пористості спечених композитів є незначною і наближається до мінімально можливої в даному випадку.

Порівняння даних табл. 1 і рис. 5 дозволяє стверджувати, що введення графіту і міді в сталевий порошок знижує пористість пресовки і збільшує усадку під час спікання.

Мідь і графіт змінюють механізм спікання, який стає рідкофазним (при температурі вище 1080 °С із-за плавлення міді, а при 1153°С – із-за утворення евтектики Fe-Fe₃C). Рідкофазне спікання сприяє усадці. Дуже велика усадка є небажаною, оскільки не дозволяє регулювати кінцевий розмір спеченого виробу.

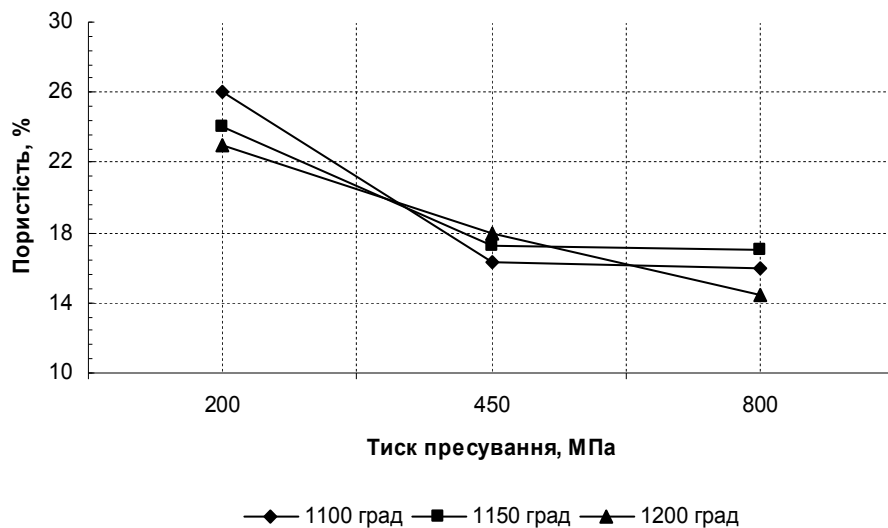


Рис. 5. Залежність пористості після спікання від тиску пресування для спеченого композиту (94% ШХ15 – 4 % Cu – 2 % C)

Твердість безперервно зростає із збільшенням тиску пресування (рис. 5). Можливим є і подальше збільшення цих залежностей. Температура спікання вказаного композиту не має суттєвого впливу на його механічні властивості.

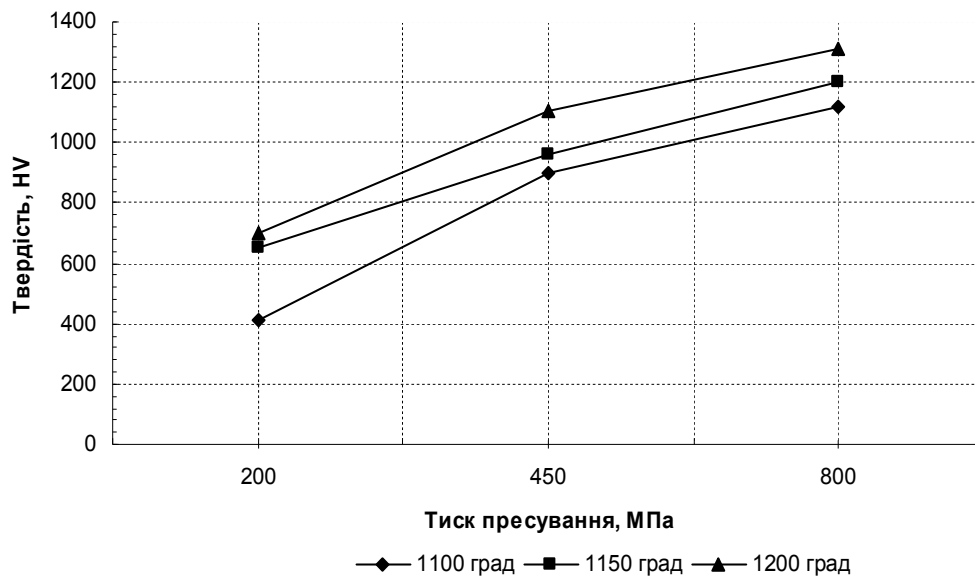


Рис. 6. Залежність твердості HV спеченого матеріалу 94 % ШХ15 – 4 % Cu – 2 % С від тиску пресування і температури спікання

Висновки

Встановлено, що особлива форма частинок порошку сталі ШХ15 є причиною високої пористості, збільшення усадки, підвищеної твердості та інтенсивного зношування спечених матеріалів. Експериментально встановлено, що із зростанням температури спікання до 1250 °С матеріалу із порошку сталі ШХ 15 усадка збільшується на 5,41 %, а пористість матеріалу залишається досить високою, в межах 30 %. Механічні властивості матеріалів на базі порошку сталі ШХ15, отриманого із шламових відходів, підвищуються введенням міді та графіту, регулюються тиском пресування. Експериментально перевірено на композиті 94 % порошок сталі ШХ15, 4 % мідь, 2 % графіт, що при тиску вище 500 МПа зміна пористості спечених композитів є незначною і наближається до мінімально можливої в даному випадку – 18 %, твердість зростає від $HV \approx 700$ МПа до $HV \approx 1300$ МПа із збільшенням тиску від 200 МПа до 800 МПа. На основі проведених досліджень рекомендовані технологічні параметри отримання композиційного матеріалу сталь ШХ15 – графіт – мідь: тиск пресування 400–800 МПа, температура спікання – 1200 °С.

1. Гальчук Т.Н. Отримання порошків з відходів шліфувального шламу і покращення їх характеристик / Т.Н. Гальчук // Наукові нотатки: Міжвузівський збірник (за напрямом „Інженерна механіка”).– 1996. – Випуск 3. – С. 31–36.
2. Порошковая металлургия. Материалы, технология, свойства, области применения: справочник / [отв. ред. И.М. Федорченко]. – Киев: Наукова думка, 1985. – 624 с.
3. Порошковая металлургия и напыленные покрытия / [под ред. Б.С. Митина]. – М.: Металлургия, 1987. – 792 с.
4. Рудь В.Д. До експериментального визначення поверхні навантаження металевих порошків / В.Д. Рудь, О.В. Заболотний, Т.Н. Гальчук, О.Ю. Повстяной, Л.М. Клепач // Наукові нотатки: Міжвузівський збірник (за напрямом „Інженерна механіка”).– 2005.– Випуск 17. – С. 304–309.
5. Рудь В.Д. Влияние введения добавок меди, на свойства спеченной стали ШХ15 / В.Д. Рудь, Т.Н. Гальчук // Материалы и покрытия в экстремальных условиях: исследования, применение, экологически чистые технологии производства и утилизации изделий (МЕЕ–2010): VI междунар. конф., 20–24 сент. 2010 г.: тезисы конф. – IX, 2010. – С. 380.