

УДК 621.762

Т.Н. Гальчук

Луцький національний технічний університет

РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ОТРИМАННЯ МЕТАЛІЧНОГО ПОРОШКУ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ВИРОБІВ МАШИНОБУДІВНОГО ВИРОБНИЦТВА

В роботі проведено аналіз технологічних режимів отримання сталевого порошку ШХ15, із шліфувального шламу відновленням у атмосфері водню і ендогазу. Досліджено вплив відновлювального середовища на хімічні, фізичні і технологічні властивості порошку сталі ШХ15.

Ключові слова: шлам, металевий порошок, технологія, відновлювальне середовище, властивості.

На сучасному етапі технологічного розвитку, в машинобудуванні поставлені високі вимоги до виробництва деталей: зниження працемісткості виготовлення і витрат матеріалів, підвищення їх експлуатаційних властивостей. При цьому коефіцієнт використання металовідходів в середньому становить 20 %. Основну масу металовідходів складає стружка – потенційне джерело сировини для виробництва металопорошків. Водночас на підприємствах машинобудівної галузі в результаті механічної обробки шарикопідшипникових сталей утворюється значна кількість металічних відходів – шліфувальних шламів. На даний момент шламові відходи не утилізуються, хоча мають високу однорідність за хімічним складом та властивостями. Десятки тисяч тонн цих відходів вивозиться на захоронення, що призводить до забруднення ґрунту та гідросфери.

Рациональним використанням матеріалу є повернення у виробництво шліфувального шламу, який насичений підшипниковою сталлю і абразивом. Обидві складові шліфувального шламу, що раніше безповоротно втрачалися, можуть бути використані для виготовлення деталей методом порошкової металургії.

На даний час розроблено типові технології отримання сталювого порошку із шламових відходів [1,2]. Однак використання таких порошків затруднено, оскільки вони мають специфічну форму частинок, низьку насипну густину, погано пресуються, містять неметалічні включення.

Ціль даної роботи – розробка технологічних режимів та дослідження впливу відновлювального середовища водню та ендогазу на властивості порошку сталі ШХ15, отриманого із шламових відходів підшипникового виробництва.

Дослідження проводилися на шліфувальному шламі сталі ШХ 15, що отримується в результаті шліфування деталей підшипників на ПАТ „СКФ–Україна” (м. Луцьк). Шліфувальний шлам за зовнішнім виглядом – порошкоподібний продукт характерного для окислів заліза чорного кольору, що містить грудки; вміст заліза – 60..85 %; вміст двоокису кремнію – 25 %; вологість – 10 %; насипна густина – 0,32...0,40 г/см³, пікнометрична густина – 5,29 г/см³.

Хімічний аналіз показав, що склад металевих частин, які містяться у шламі, в основному відповідає ГОСТу на шарикопідшипникову сталь ШХ15 (табл. 1). Дещо менший вміст хрому в шламових частинках, ніж в сталі ШХ15, пояснюється тим, що частина його міститься в окислах, які входять у нерозчинний осад. У нерозчинному осаді міститься 11,9 % хрому, 35 % заліза, 12 % кремнію. Після шліфування деталей, які піддаються окисленню, в шламі також вміщується іржа.

Таблиця 1

Хімічний склад шліфошламу та сталі ШХ15, (%)

Матеріал	C	Cr	Si	S	Mn	O	Нерозчинний осад
Шлам	0,95	0,92	0,37	0,09	0,21	8,5	4,8
Сталь ШХ15 ГОСТ 801–78	0,95... 1,05	1,3... 1,65	0,17... 0,37	до 0,02	0,2...0,4	до 2	–

Залежно від типу використаних шліфувальних кругів в шламі можуть міститися абразивні частинки – корунд, електрокорунд, карбід кремнію і різні зв'язуючі керамічні, бакелітові, вулканітові. На процес переробки шламу в значній мірі впливає його склад. Наприклад, високий вміст органічних зв'язок у складі шламу затрудняє процес його сепарації. Сажка, що при цьому утворюється, і продукти неповного згорання органічних речовин забруднюють порошок. Ефективність відновлення порошку залежить від його окислення, яке в свою чергу визначається в основному тривалістю і умовами зберігання шліфувальних шламів. Тому тривалість зберігання шламу, який йде на переробку, необхідно скоротити до мінімуму

Порошок сталі ШХ15, отримували за оригінальною дослідно-промисловою технологією із шламових відходів підшипникового виробництва [3-5], яка складається з таких основних операцій: обезводнення шламу → сушіння шламу → розмелювання → просіювання → магнітна сепарація → обкочування-подрібнення → відновлювальний відпал → контроль порошку.

Сушіння шліфувального шламу проводили при $t = 400\text{ }^{\circ}\text{C}$. Для вилучення компонентів МОР, що є у порошковому шламі, цієї температури не достатньо, її довелося підняти до $t = 500\text{...}600\text{ }^{\circ}\text{C}$, при цьому відбувалася найбільш інтенсивна відгонка масел та колір порошку із чорного перетворювався у сірий.

Відмова від центрифугування дозволяє збільшити вміст МОР у шламі під час сушіння. Висока температура сушіння необхідна для розкладу мастил, що містяться у МОР, на ненасичені вуглеводи. Тому на першій стадії переробки, крім вилучення із шламу МОР, проходить часткове відновлення металічного порошку. Аналіз баластних речовин, що входять у шлам, показує наявність нітратів, нітрофосфатів, органічних з'єднань – компонентів МОР. При концентрації порошку в межах 1...2 % вони є антизадириними добавками. Для виготовлення деталей антифрикційного призначення в процесі сушіння шламу необхідно зберегти ці добавки у визначених межах.

В процесі сушіння шламу спікання практично не відбувається, тому і розмел є нетривким і призначений в основному для подрібнення невеликих грудочок шламу. Для вилучення великих гранул порошку, попадання яких в електромагнітний сепаратор не бажане, просів здійснювали на ситі з величиною комірок до 160 мкм.

В основу збагачення шліфувальних шламів покладено різну поведінку сталевих і неметалічних частинок в магнітному полі. Магнітна прийнятність заліза і його сплавів на 5...7 порядків вище магнітної прийнятності неметалічних частинок. Це дозволяє ефективно проводити збагачення шліфошламів з достатнім ступенем чистоти в магнітному полі навіть невеликого напруження.

У процесі дослідження властивостей порошоків після термічної обробки та магнітної сепарації було встановлено, що вони мають незадовільні хімічні, фізичні та технологічні властивості, які суттєво залежать від форми частинок порошку. Додатковою обробкою, а саме обкатування-подрібненням, порошок їх було покращено. Під час обкатування-подрібнення одночасно відбувається зміцнення частинок порошку. Для зняття наклепу застосовували відновлювальний відпал у захисному середовищі водню та ендогазу.

Відпал сприяє також покращенню хімічного складу порошку. Проведеним хімічним аналізом встановлено, що за запропонованою схемою вдалося одержати порошок, який містить 94,5...97,3 % заліза. Відновлені порошки за хімічним складом, в основному, наближені до складу підшипникової сталі (табл.2).

Таблиця 2

Матеріал	Fe, %	Cr, %	C, %	Mn, %	Si, %	S, %	P, %	Нерозчинний залишок
Порошок відновлений в атмосфері H_2 (П1)	96,4	0,9	0,54	0,31	0,3	0,02	0,04	1,3
Порошок відновлений в атмосфері ендогазу (П2)	96,2	1,2	0,5	0,3	0,3	0,015	0,03	1,5
Сталь ШХ 15 ГОСТ 801-78		1,3... 1,65	0,95... 1,05	0,2...0,4	0,17... 0,37	0,02	—	—

Вигорання вуглецю проходить за рахунок взаємодії з атмосферою і з оксидами, що містяться в порошку. Однак понижений вміст вуглецю навряд чи слід рахувати недоліком, так як

це значно знижує спресовування порошку. Доведення концентрації вуглецю у виробках до величини, що властива підшипниковим сталям, можна зробити за рахунок підшихтовки графіту в матеріали, які пресуються.

Зроблено хімічний аналіз із нерозчиненого осаду за основними компонентами: Fe –17,2%, Cr –2,9%, Si –19,3%. Основна маса періодичного осаду представлена продуктами зносу абразивного інструменту, що входить у слабomagнітну фракцію, відділення якої магнітною сепарацією ускладнено.

При огляді часток порошку методом оптичної мікроскопії було виявлено, що вона має лускоподібну або осколкоподібну форму з багатьма мікронерівностями, деформовану в різних напрямках з сильно розгалуженою поверхнею (рис.1, а). Наявність виступів і нерівностей на поверхні частинок, збільшення їх поверхні із зменшенням розміру підвищує міжчасткове тертя, а це приводить до зниження насипної густини і текучості. Однак, в порівнянні з початковими частинками, що містилися у шламі, частинки порошку після додаткової обробки є більш овальні, не мають гострих кутів і тонких нитковидних ділянок (рис.1, б).

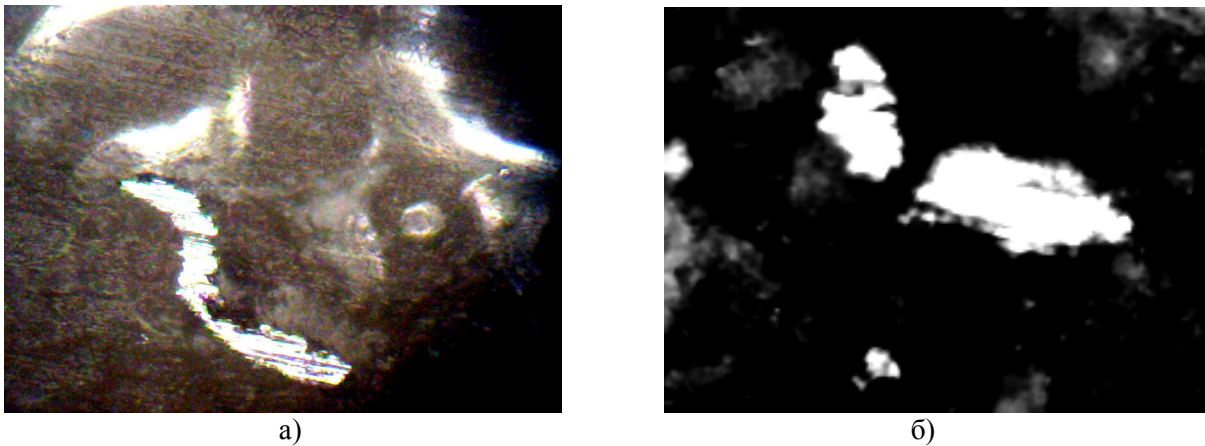


Рис.1. Форма часток порошку ШХ15

Гранулометричний склад порошків досліджувався методом ситового аналізу. По своєму гранулометричному складу порошки відносяться до групи Д (дрібні) (рис. 2).

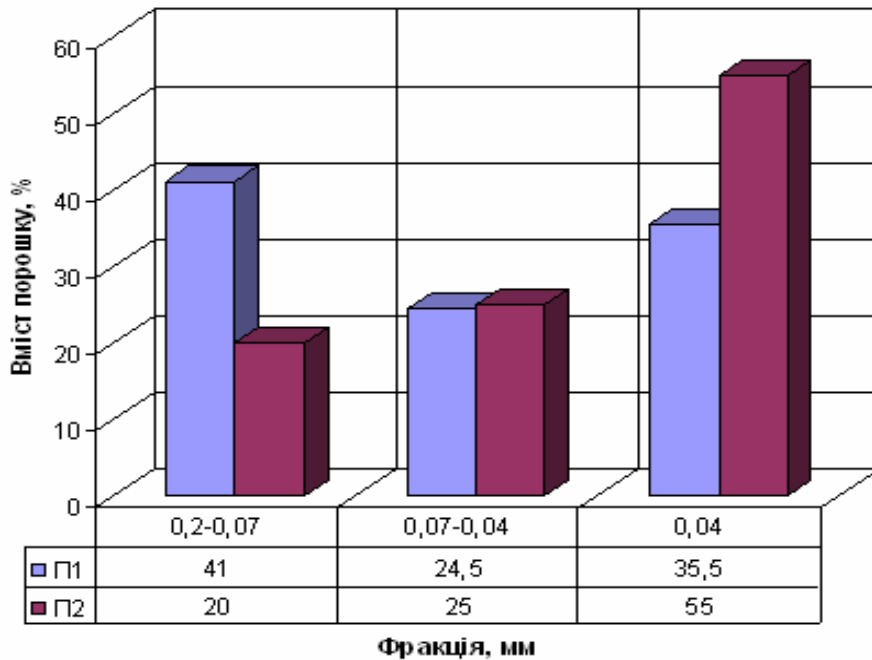


Рис. 2

Насипна густина визначалась по ГОСТ 19440-74 і складає для порошків відновлених у середовищі H_2 – 1,9 г/см³; а в середовищі ендогазу – 1,8 г/см³.

Текучість обох порошків із-за високого вмісту тонкодисперсної фракції рівна нулю. Порошок відновлений у середовищі H_2 – фракцією крупнішою ніж 0,040 мм має задовільну текучість. Порошок відновлений у середовищі ендогазу – тече тільки при умові вібрації воронки.

Ущільнення порошку досліджували при двохсторонньому пресуванні в циліндричній прес-формі з $\varnothing 10$ мм. Об'єм брикетів визначали шляхом обмірювання мікрометром (рис. 3). Із порошку відновленого у середовищі H_2 – зразки спресовані при тиску 3 т/см² і вище добре зберігають форму, у зразках, отриманих при тиску 2 т/см², спостерігалось осипання кромки, а при тиску 1 т/см² зразки руйнувалися при вібропресуванні або при вимірюванні під натисканням губок вимірювального інструменту. Із порошку відновленого у середовищі ендогазу – зразки спресовані при тиску 2 т/см² стійко зберігали форму; при тиску 1 т/см² в зразків спостерігалось осипання кромки.

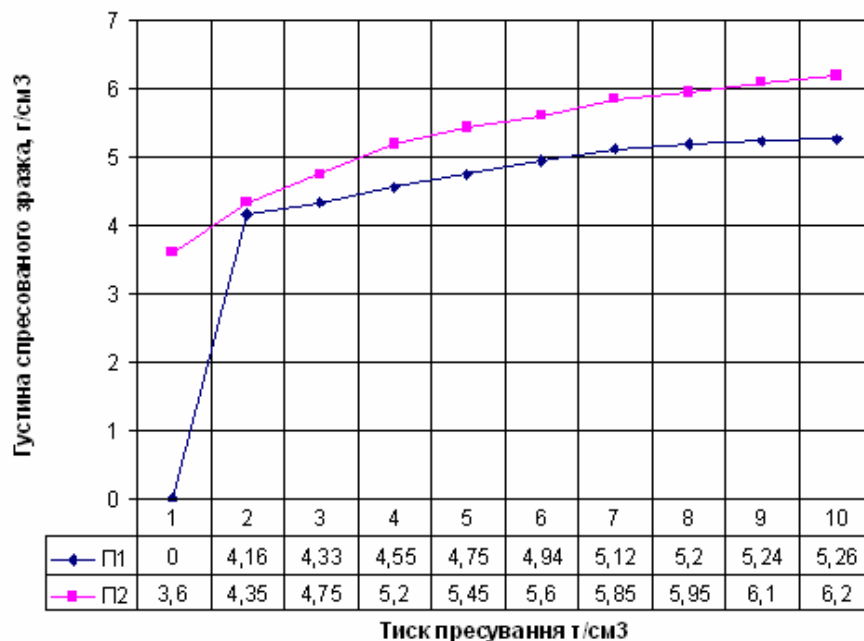


Рис. 3. Залежність густини спресованих зразків від тиску пресування

Спикання досліджувалося на тих самих зразках, на яких і ущільнення порошку при пресуванні (рис. 4). Температура спикання 1100 °С, час 1 год., захисні середовища H_2 і ендогаз.

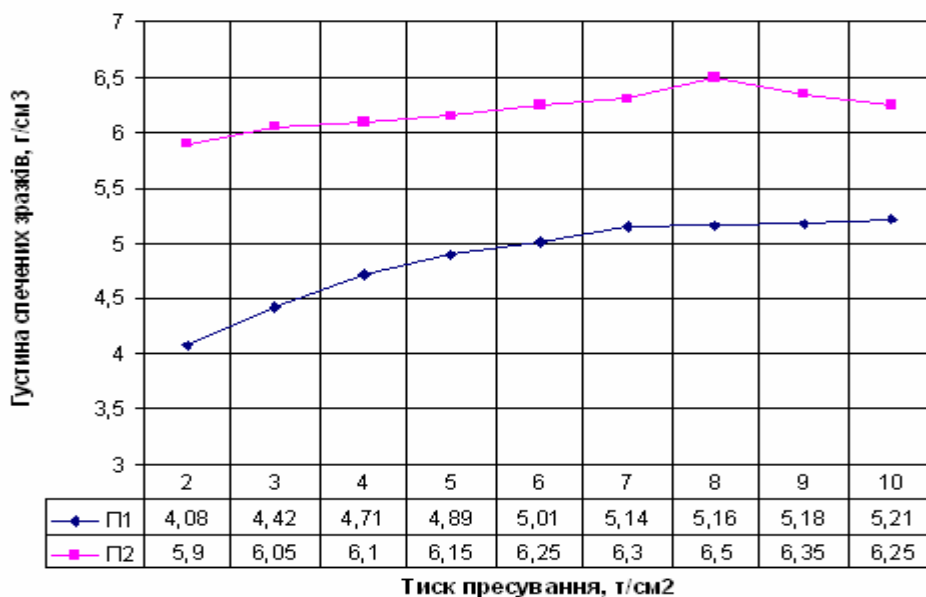


Рис. 4. Залежність густини спечених зразків від тиску пресування

Результати дослідження усадки в залежності від початкової густини спікання зразків наведено на рис. 5.

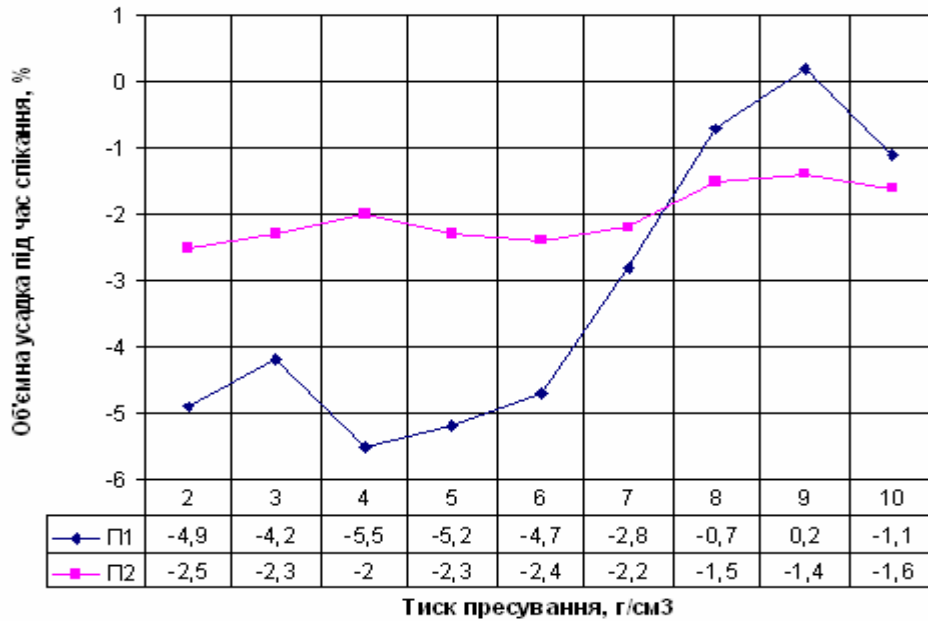


Рис. 5. Залежність об'ємної усадки під час спікання від тиску пресування

Результати досліджень показали, що геометричні параметри пресовок при спіканні змінюються несуттєво. Ця обставина дозволяє виготовляти прес-форми практично з тими самими розмірами, що й готові заготовки деталей. Однак невелика усадка ускладнює отримання високоточних виробів, тим більше, що густина пресовок в зв'язку з особливостями порошку виявляється відносно невисокою.

Одним з напрямків для досягнення підвищеної густини виробу може бути, наприклад, подвійне пресування або більш ефективний засіб – динамічне гаряче пресування.

З використанням отриманих порошків сталі ШХ15 були виготовлені дослідні зразки втулок ковзання з високим рівнем експлуатаційних характеристик (рис. 6).



Рис. 6

Склад шихти: основа - порошок сталі ШХ15, 2...3% - графіту, 3...5% - порошки міді.

Основні параметри згідно дослідної технологічної схеми [6]: тиск пресування 400...800МПа; температура спікання 1200 °С; час спікання 2 години.

Основні характеристики втулки (рис. 7):

- твердість > 200 НВ;
- пористість < 20%;
- структура – дрібнозернистий перліт, графіт, пори;
- втулка просочується індустріальним маслом И-40А

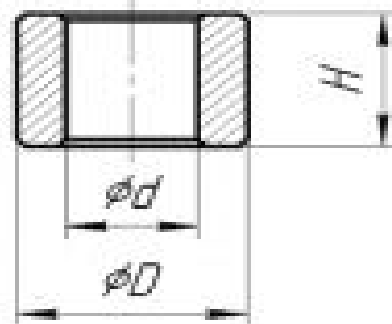


Рис. 7. Втулка ковзання: ØD=28мм, Ød=22мм, H=36мм

Висновки

Аналіз наведених величин, що характеризують хімічний склад, фізичні і технологічні властивості сталевих порошків, отриманих із шліфувального шламу по технологічній схемі, що включає відновлення у атмосфері ендугазу, говорить про його високу якість. Також порошки відновлені у середовищі ендугазу не поступаються за своїми параметрами аналогічним порошкам відновленим у середовищі водню. Машинобудівні заводи для виготовлення підшипників використовують, у технологічних процесах, установки з виробництва ендугазу для створення безокисної атмосфери в печах термічної обробки деталей підшипників і мають великий досвід їх експлуатації. У зв'язку з цим доцільним є вирішення питання використання диспергованих металовідходів для виробництва порошків безпосередньо в місцях їх утворення, зокрема на виробництві в умовах ПАТ «СКФ–Україна» (м. Луцьк), шляхом організації дільниць отримання металічних порошків і виготовлення на їх основі порошкових виробів конструкційного призначення.

Вирішення задачі утилізації дозволяє повернути у виробництво сировину, з високим вмістом легуючих елементів, для виготовлення виробів методом порошкової металургії та вирішити проблему накопичення шламових відходів на підприємствах металообробки з точки зору екології.

1. Зозуля В.Д. Применение шлифовальных металлоабразивных отходов в порошковой металлургии // Порошковая металлургия. – 1988. – №3. – С. 92 – 95.
2. Рябичева Л.А., Цыркин А.Т., Белошицкий Н.В. Свойства порошка, полученного из шлифовального шлама стали 40X10C2M // Порошковая металлургия. – 2007. – №5/6. – С. 111 – 117.
3. Спосіб отримання металевих порошків з шламових відходів підшипникового виробництва: Патент на винахід 63558 А. Україна. МКИ 7 B22 F 3 / 04 / В.Д. Рудь, Т.Н. Гальчук, О.Ю. Повстяной. - № 2003054065; Заявл. 06.05.03; Опубл. 15.01.04., Бюл. №1. – С. 3.
4. Гальчук Т.Н. Усовершенствование технологии утилизации шлифовальных шламов / Т.Н. Гальчук, В.Д. Рудь, О.О. Дуда // Современные проблемы машиностроения. Труды IV Международной научно-технической конференции. – Томск: Издательство ТПУ, 2008. – С. 554–558.
5. Рудь В.Д. Апаратна реалізація технології утилізації відходів підшипникового виробництва / В. Д. Рудь, Т. Н. Гальчук // Науковий журнал „Технологічні комплекси”. – 2011. – № 2(4). – С. 75–80.
6. Гальчук Т.Н. Технология получения порошковых изделий конструкционного назначения в машиностроении / Т.Н. Гальчук, В.Д. Рудь // Вісник Севастопольського національного технічного університету. Збірник наукових праць. – Севастополь, – 2012. – № 128. – С. 32–36.