

УДК 621.762.2

Т.Н. Гальчук, Т.Є. Божко

Луцький національний технічний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПОРОШКІВ ОТРИМАНИХ ІЗ СТРУЖКОВИХ ВІДХОДІВ МАШИНОБУДУВАННЯ

В роботі представлені технологічні властивості порошків отриманих із чавунних стружкових відходів. Для знаходження оптимального режиму подрібнення чавунної стружки, з ціллю досягнення необхідного гранулометричного складу порошків-відходів, використовувався віброобертальний метод подрібнення. Отримані експериментальні дані по властивостях порошків з чавунної стружки дозволяють прогнозувати, що матеріал, виготовлений з їх використанням, буде мати більш високі властивості на міцність порівняно із традиційними матеріалами.

Ключові слова: металевий порошок, стружка, млин, технологічні властивості, подрібнення.

Рис. 5. Літ. 10.

Т.Н. Гальчук, Т.Е. Божко**ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ПОРОШКОВ ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ СТРУЖЕЧНЫХ ОТХОДОВ МАШИНОСТРОЕНИЯ**

В работе представлены технологические свойства порошков полученных из чугуных стружечных отходов. Для нахождения оптимального режима измельчения чугуной стружки, с целью достижения необходимого гранулометрического состава порошков-отходов, использовался вибровращательный метод измельчения. Полученные экспериментальные данные по свойствам порошков с чугуной стружки позволяют прогнозировать, что материал, изготовленный с их использованием, будет иметь более высокие свойства на прочность по сравнению с традиционными материалами.

Ключевые слова: металлический порошок, стружка, мельница, технологические свойства, измельчение.

T. Gal'chuk, T. Bozhko**INVESTIGATION OF PROPERTIES OF POWDER OBTAINED FROM SHAVINGS WASTE MACHINE BUILDING**

The work presents technological properties of powders made from cast iron shavings waste. To find the optimal mode of shredding cast iron shavings for the purpose of achievement of necessary granulometric structure, of waste powders was used the rotational vibration shredding the method. The obtained experimental data on the properties of powders with iron shavings allow predicting that the material made with their use, will have higher strength properties as compared with the traditional materials,

Keywords: metal powder, shavings, mill, technological properties, shredding.

Постановка проблеми. Проблема раціональної переробки промислових відходів тісно пов'язана із вирішенням питання охорони навколишнього середовища та ресурсозбереженням. Найважливіший резерв ресурсозбереження в машинобудівному комплексі – це широке використання вторинних матеріальних ресурсів, якими є відходи виробництва. Обсяг промислових відходів, в тому числі і металевих, збільшується високими темпами і має тенденцію до випереджаючого зростання [1]. Тільки на видалення їх і складування витрачається в середньому 8–10% вартості основної виробленої продукції. На даний час Україна з виробництва чавуну входить в першу десятку країн світу. Об'єми виробництва металу складають десятки тон чавуну. Однак, механообробка характеризується низьким коефіцієнтом використання матеріалу, що не перевищує в середньому 30 %. При цьому коефіцієнт використання металовідходів ще нижчий і в середньому становить 20 %. При тому, що під час обробки на сучасних верстатах утворюється до 100 кг стружки на годину, що є потенційним джерелом сировини для виробництва металопорошків [2]. Прогресивним напрямком економії сировини і матеріалів є комплексне вирішення проблеми переробки стружкових відходів металообробки величезна кількість яких утворюється на машинобудівних підприємствах країни. Щорічні відходи металу при механообробці в цілому по чорних металах становить 12 млн. т, в тому числі 6 млн. т припадає на стружку. В галузі машинобудування у відходи при механообробці потрапляє більше 35% перероблюваного металу [3]. Використання металевих промислових відходів забезпечує виробництво дешевою сировиною, призводить до зростання економічних показників підприємства, а також зниженню забруднення навколишнього середовища. Тому підвищення рівня їх використання є найважливішим завданням державного значення. У зв'язку з цим поряд із використанням існуючих джерел сировини і створенням безвідходних виробництв стає актуальним все ширше впровадження ресурсозберігаючих технологій.

Метою дослідження є розв'язання технологічної задачі раціонального використання відходів машинобудівного виробництва шляхом оптимізації їх складу і властивостей для виготовлення виробів конструкційного призначення.

Основні результати дослідження. Чавун – найважливіший первинний продукт металургії, частка якого в сучасному машинобудуванні становить 75% від загальної маси заготовок. Чавунна стружка є надзвичайно цінним і одночасно екологічно небезпечним чорним вторинним металом, який вимагає рішення питання її рециклінга. Нами запропонована переробка стружки сірого чавуну СЧ-18 методами порошкової металургії. На відміну від сталі чавуни мають низьку пластичність. Проте, завдяки високим ливарним властивостям, достатній міцності і відносній дешевизні, чавуни знайшли широке застосування в машинобудуванні. Із СЧ18 – виготовляють втулки підшипників, зубчасті тихохідні колеса, корпуси пневмоциліндрів, блоки циліндрів. Одними із основних методів обробки різанням таких виробів є точіння та свердління. Чавунні заготовки можна свердлити та точити без охолодження. Що дає можливість отримувати практично чисту сировину для отримання порошку без домішок залишків ЗОР. Саме тому для проведення експериментальних досліджень та для порівняння було використано стружку сірого чавуну марки СЧ-18, яка утворилася при токарній ($v = 50\text{--}60$ м/хв, $S = 0,35\text{--}0,65$ мм/об) та свердильній обробках (отвори діаметром 5–30 мм, $v = 60\text{--}70$ м/хв, $S = 0,2\text{--}0,6$ мм/об).

Початкова форма частинок стружки отриманої після точіння має конічно-спіральну форму та пластинчасту форми. Стружка отримана після свердління має переважно конічно-спіральну форму більших розмірів. Обидва види стружок мають включення пилю (рис.1,а,б).



Рис.1. - Стружка сірого чавуну марки СЧ-18 отримана: а) при точінні; б) при свердлінні

В цілому властивості порошків залежать від багатьох факторів. Стосовно до залізного порошку для оцінки якості виділено деяку кількість показників, що охоплюють хімічний склад, технологічні властивості і гранулометричний склад. Коефіцієнти вагомості для цих трьох груп складають, відповідно, 0,3; 0,5; 0,2, тобто технологічними властивостями надається пріоритет [4]. У зв'язку з цим розглянемо деякі з технологічних характеристик порошків, отриманих різними способами подрібнення металеві чавунної стружки. Технологічні властивості порошків: насипна густина, ступінь ущільнення, текучість, пресуємість і ущільнення визначалися за стандартними методиками [5–7].

Розмел проводили у лабораторному кульовому млині спеціальної конструкції із внутрішнім діаметром 170 мм [8]. В якості розмельних тіл використовувались сталеві кулі. Як правило, при розмелі крихких матеріалів додержуються режиму вільного падіння. Частота обертання млина $n_{\text{роб}}=90$ об/хв. Частота обертання вала електродвигуна вібробудника 2840 об/хв. Розмір куль визначається модулем пружності подрібнюваних матеріалів, які підлягають, та крупнистих вихідних кусків. Шари малого розміру не будуть дрібнити навіть крихкі матеріали, а дуже великі виявлять слабку стираючу дію на розмельюваний матеріал. Діаметр розмельних куль – $\varnothing 23$ мм. Величину завантаження матеріалу за масою визначали зі співвідношення маси куль до маси завантаження, що обрано на підґрунті виробничих даних. Масове співвідношення порошку і кульок 1:0,75. Коефіцієнт заповнення барабана не перевищував 0,45, оскільки при більших його

значеннях кулі зіштовхуються одна з одною, витрачаючи енергію [9]. Час подрібнення 5 год. Оскільки при цьому спостерігається найбільша продуктивність процесу.

Дослідження показало, що основна маса порошку після обробки стружки, отриманої в результаті свердління зосереджена в $-0,100...+0,200$ мм фракціях (рис. 2), а після обробки стружки, отриманої в результаті точіння, основна маса порошку зосереджена в $-0,200...+0,400$ мм фракціях (рис. 3).

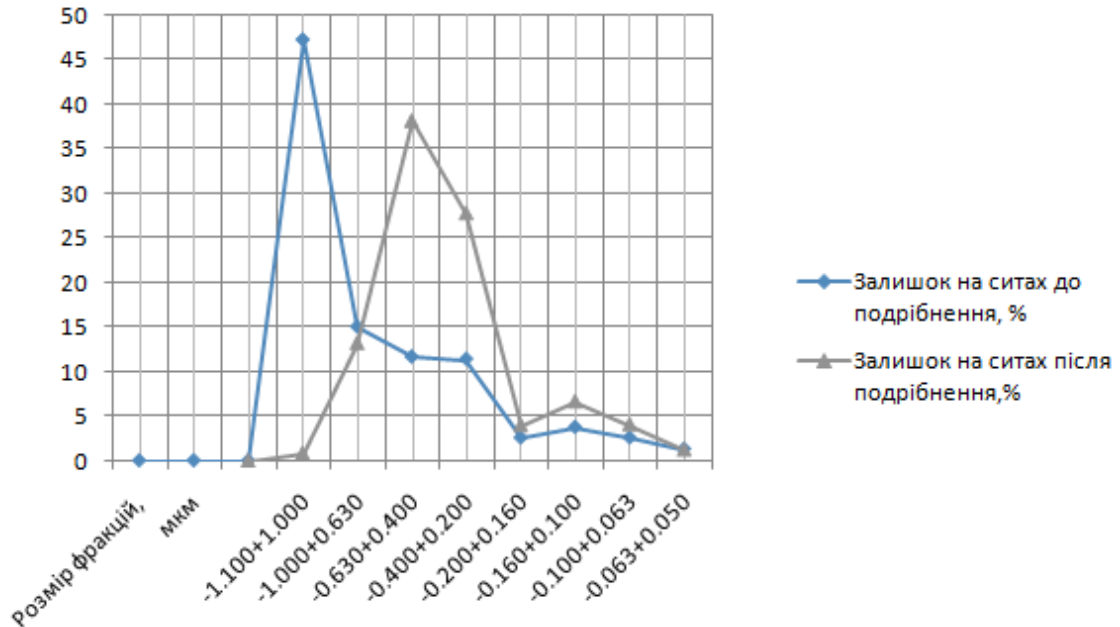


Рис. 2.- Залишок на ситах стружки отриманої після точіння

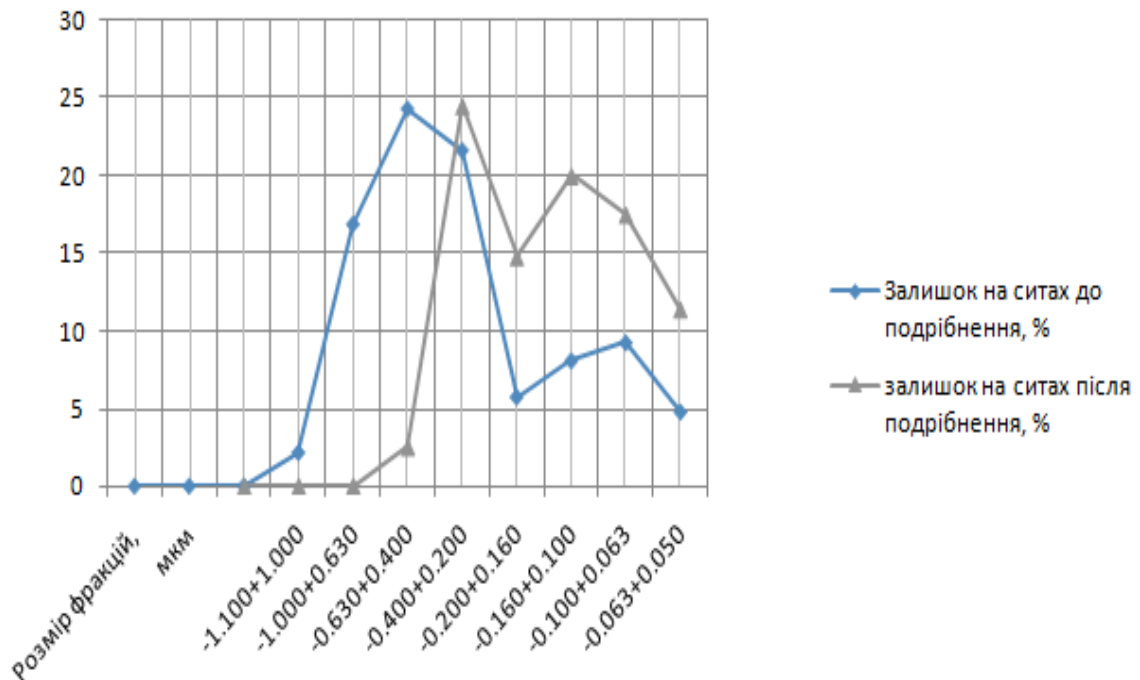


Рис.3. - Залишок на ситах стружки отриманої після свердління

В подальшому для дослідження використовували порошок отриманий із стружки після свердління. Дослідження проводилися з обертальним рухом млина та з накладанням вібрації [9]. Перед проведенням дослідження з чавунних порошоків, отриманих різними способами подрібнення, була відсіяна фракція $+400$ мкм, тобто аналізувалися проби з розмірами частинок

менше 400 мкм. Віброобертальний метод подрібнення ефективніший обертального при однакових умовах подрібнення (табл.1).

Таблиця 1.

Порівняльні дані гранулометричного складу порошку, отриманого різними методами подрібнення чавунної стружки

Розмір комірки сита, мкм	Залишок на ситах, %	
	віброобертання	обертання
800	9,4	34,7
400	63,7	51,3
200	10,5	5,2
100	9,0	4,5
90	1,0	1,1
80	0,8	0,8
<80	5,6	2,4
Продуктивність, кг/год	0,6	0,21

Характеризуючи порошки, отримані при п'яти годинному подрібненні чавунної стружки обертальним і віброобертальним способом відмічено наступне. Питома поверхня по масі порошоків виявилася практично однаковою, що говорить про подібність розподілу часток за розмірами. Утрушування і насипна густина практично рівна, хоча ступінь утрушування більша у порошок, отриманого віброобертальним способом (табл. 2,3). При оптимальних режимах подрібнення чавунної стружки віброобертальним способом виходить порошок порівняно високої дисперсності, ущільнювання дещо погіршується (при високому ступені утрушування). Це можна пояснити тим, що при багатогодинному подрібненні матеріалу відбувається інтенсивний наклеп частинок, форма останніх в результаті чого наближається до сферичної, тому порошок, який досяг необхідної дисперсності, необхідно виводити із зони подрібнення. Тут діє також і інший фактор, а саме те, що оптимальна упаковка порошку досягається лише при певному поєднанні великих, середніх і дрібних фракцій. Збільшення питомої поверхні порошоків викликає зниження його текучості [10]. Про те ступінь утрушування зростає.

Таблиця 2.

Технологічні характеристики чавунного порошку отриманого при обертальному русі млина (n=90 об/хв)

Час подрібнення, год	Насипна густина, г/см ³	Степінь утрушування	Текучість, с
1	2,34	1,4	54,33
2	2,51	1,38	54,72
3	2,57	1,39	54,72

Таблиця 3.

Технологічні характеристики чавунного порошку отриманого при віброобертальному русі млина (n=2840 об/хв, A_b=1,5 мм)

Час подрібнення, год	Насипна густина, г/см ³	Степінь утрушування	Текучість, с
1	2,24	1,4	54,17
2	2,37	1,37	51,64
3	2,30	1,43	51,6

Примітка. При збільшенні часу подрібнення значення властивостей практично не змінювалися, а в окремих випадках спостерігалось їх зменшення.

Результати експериментальних даних показують, що насипна густина чавунного порошку, отриманого обертальним способом переробки стружки, вище, ніж при інших способах подрібнення (табл. 2, 3). Незважаючи на це віброобертальний спосіб забезпечує отримання порошку з більш високим показником пресуємості (рис. 4, 5). Пресування здійснювали за схемою

одновісного пресування. При тиску 200...800МПа. Для одержання коректних даних виготовляли по 4–6 зразків при кожному значенні питомого тиску.

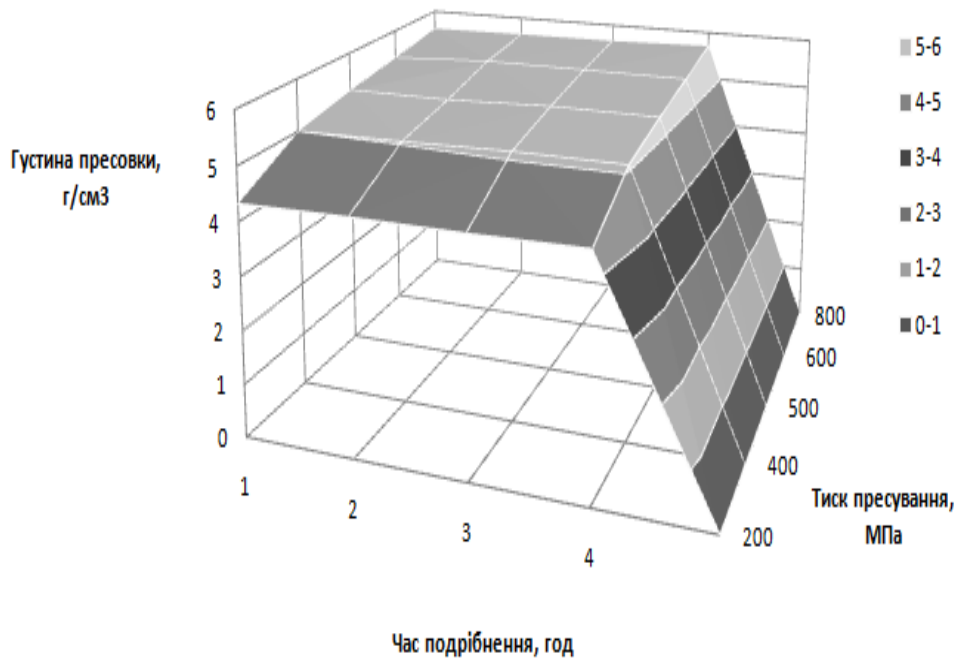


Рис. 4.- Залежність густини пресовки від часу подрібнення стружки чавуну СЧ18 при обертальному русі млина ($n=90$ об/хв)

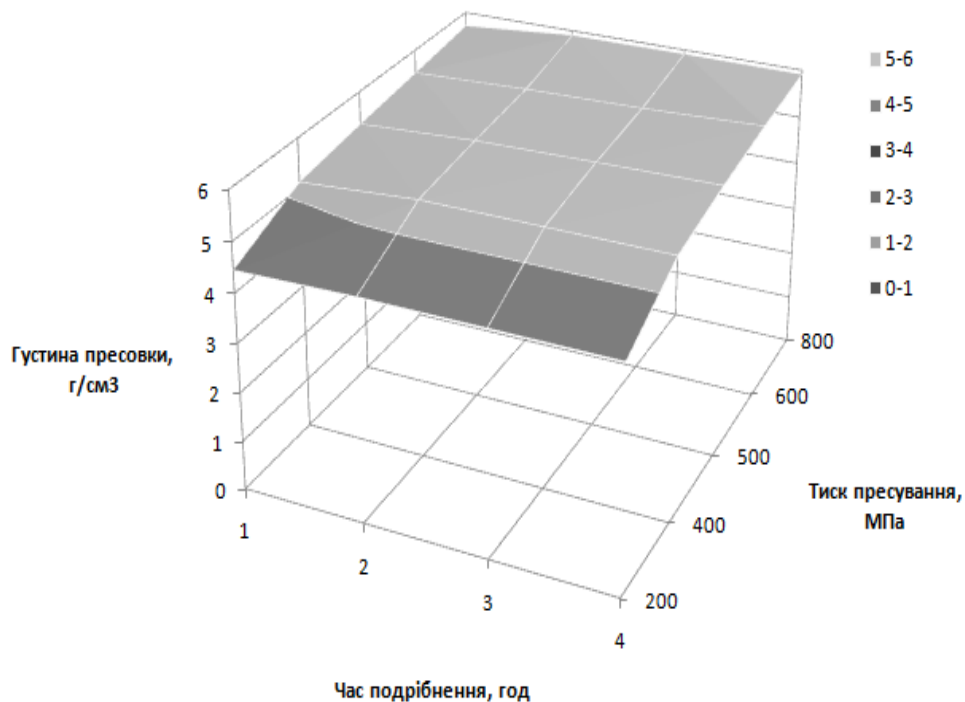


Рис. 5. - Залежність густини пресовки від часу подрібнення стружки чавуну СЧ18 при віброобертальному русі млина ($n=2840$ об/хв, $A_v=1,5$ мм)

Отже, чавунний порошок, отриманий із чавунної стружки віброобертальним способом подрібнення, при рівних умовах (часу переробки, однаковому значенні питомої поверхні порошку), має більш високі технологічні характеристики (ступінь утрушування, пресуємість, ущільнення і текучість) в порівнянні з порошками, отриманими вібраційним і обертальним

способами – це дозволяє прогнозувати, що матеріал, виготовлений на його основі, буде мати більш високі властивості на міцність..

Висновки. Експериментально перевірено, що чавунний порошок, отриманий віброобертальним способом подрібнення стружки, має кращі технологічні характеристики: високу ступінь утрушування, кращу пресуємість, ущільнення і текучість, а ніж порошок подрібнений при обертальному русі млина. А це є визначальним при створенні матеріалу з його використанням з високими властивостями на міцність. Подрібнений порошок із чавунної стружки за технологічними властивостями не поступається чавунним порошкам, отриманим за традиційною технологією. Так, зокрема насипна густина чавунного порошку, отриманого обертальним способом переробки стружки, найвища і становить $2,57 \text{ г/см}^3$. Незважаючи на це віброобертальний спосіб забезпечує отримання порошку з більш високим показником пресуємісті – 1,43. Наближені розрахунки показали, що використання чавунних порошків-відходів зменшує кількість стружкових відходів і дає економію до 40% залізного порошку, що у 3–4 рази дорожчий за чавунний.

1. Пальгунов П. П., Сумароков М. В. Утилизация промышленных отходов / П. П. Пальгунов, М. В. Сумароков. – М.: Стройиздат, 1990. – 352 с.
2. Розенгарт Ю. І. Вторинні енергетичні ресурси чорної металургії та їх використання / Ю. І. Розенгарт. – К.: Вища школа, 1988. – 327 с.
3. Рудь В. Д. Технологічні процеси утилізації відходів машинобудівного виробництва: навчальний підручник / В. Д. Рудь, Г. А. Баглюк, Т. Н. Гальчук, О. Ю. Повстяной. - Луцьк: РВВ Луцького НТУ, 2015. – 296 с.
4. Андриевский Р. А. Порошковое материаловедение / Р. А. Андриевский. – М.: Металлургия, 1991. – 205 с.
5. Порошки металлические. Определение насыпной плотности. Часть 1. Метод с использованием воронки (ISO 3923-1-79). ГОСТ 19440-94. – [Действующий от 01-01-1997]. – М.: Издательство стандартов, 1974. – 5 с.
6. Порошки металлические. Определение текучести с помощью калиброванной воронки (прибора Холла) (ISO 4490-78): ГОСТ 20899-98. – [Действующий от 01-07-2001]. – М.: Издательство стандартов, 2001. – 9 с.
7. Порошки металлические. Метод определения уплотняемости (ISO 3927-85): ГОСТ 25280-90.– [Действующий от 01-07-1991]. – М.: Издательство стандартов, 1991. – 13 с.
8. Гальчук Т.Н. Експериментальне дослідження технології вібраційного подрібнення / Т.Н. Гальчук, В. Д. Рудь, Т.Є. Божко // Вісник Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут". Збірник наукових праць. Серія: Хімія, хімічна технологія та екологія: в 2-х ч.- Частина 1. – Харків: НТУ "ХПІ". – 2014. – № 52 (1094). – С. 92–97.
9. Гальчук Т.Н., Рудь В.Д. Використання відходів машинобудівного виробництва для виготовлення деталей триботехнічного призначення / Т. Н. Гальчук, В.Д. Рудь // Монографія. – Луцьк: РВВ Луцького НТУ, 2013. – 218с.
10. Акименко В. Б. Железные порошки. Технология, состав, структура, свойства, экономика / В. Б. Акименко, В. Я. Буланов, В. В. Рукин. – М.: Наука, 1982. – 264 с.

Стаття прийнята до друку 25.04.2016.