

Дослідження закономірностей подрібнення відходів твердих сплавів з використанням прокатного стану

М. Л. Роїв, О. К. Радченко*, А. І. Іценко*,
Ю. М. Романенко, Г. Г. Орел*

НТТУ “КПІ ім. Ігоря Сікорського”, Україна

*Інститут проблем матеріалознавства ім. І. М. Францевича НАН України,
Київ, e-mail: agradch@ipms.kiev.ua

Розглянуто гранулометричний розподіл, форму та елементний склад частинок, одержаних подрібненням відходів твердого сплаву у валках прокатного стану за двох різних ступенів деформації. Показано, що в результаті дії зсувних напружень у осередку деформації утворюються частинки з гострими кромками. Вміст частинок розмірами 1—3 мм в обох випадках перевищував 65% (мас.).

Ключові слова: частинка, твердий сплав, гранулометричний розподіл, форма, елементний склад.

Дефіцит вольфраму і кобальту, високі ціни на них викликають потребу в повторному використанні (регенерації) відходів зношених твердосплавних ріжучих інструментів. Застосування вторинної сировини дозволяє вирішити ряд найважливіших проблем: збереження невідновних природних ресурсів, поліпшення екологічної обстановки, зниження капітальних та енергетичних витрат, підвищення виробництва рідкісних металів.

Традиційний метод утилізації відходів твердих сплавів ґрунтується на хіміко-металургійних процесах. За цим методом кускові відходи сплавляють з селітрою. Після вилуговування, промивання та обробки амонійними сполуками утворюється паравольфрамат амонію, що піддають термічному розкладанню. В результаті отримують оксид вольфраму, який далі відновлюють воднем до чистого вольфраму [1]. Більш перспективним методом утилізації відходів твердих сплавів є “цинковий метод”, заснований на екстракції кобальту в розплав цинку з подальшою дистиляцією цинку. Метод полягає в руйнуванні твердого сплаву під час контакту з розплавленим цинком [2]. Отримані за цими методами порошки твердих сплавів мають невисоку хімічну чистоту. Наведені методи утилізації відходів твердих сплавів відрізняються енергоємністю, великими виробничими площами, а також, найчастіше, екологічними проблемами (стічні води, шкідливі викиди).

Жодним згаданим методом неможливо отримати частинки з гострими кромками і розмірами 1—3 мм, а саме такі частинки потрібні для покриття робочих тіл розмельних агрегатів або футерування стінок розмельних камер для подрібнення гірських порід на гірничо-збагачувальних комбінатах. Частинки меншого розміру — 0,16—1 мм можуть бути використані для шаржування сталевих поверхонь. Таким чином, одержання частинок

твердих сплавів з гострими кромками для футерування згаданих апаратів є актуальним.

Відомим є спосіб переробки відходів твердих сплавів, який полягає у подрібненні відходів у валкових дробарках та млинах. В них процес подрібнення здійснюється безперервно під час затягування шматків матеріалу до зазору між паралельно розташованими валками, які обертаються назустріч один одному [3]. Незважаючи на те, що даний спосіб дозволяє отримувати частинки осколоподібної форми, значним недоліком цього способу є інтенсивне та нерівномірне зношування робочих поверхонь валків під час подрібнення твердих матеріалів.

Для запобігання зношуванню робочих валків в наших експериментах подрібнення відходів твердих сплавів виконували з використанням спеціальних сталевих накладок, що дозволяли створювати додаткові зсувні напруження у осередку деформації, та сталеві оболонки (для уникнення втрат порошку) [4]. Розмел проводили за схемою, зображеною на рис. 1.

Подрібнення крупних шматків відходів твердого сплаву здійснювали з використанням обойми та пуансона відповідного розміру на пресі П-125. Шматки розмірами 5 мм та менші подрібнювали на прокатних вальцях. Як оболонки застосовували сталеву трубку діаметром 30 мм та довжиною 100 мм. З одного кінця трубку заклепували. Після цього у трубку завантажували відходи. Після завантажування та утриски відходів був заклепаний інший кінець оболонки. Було проведено два досліді.

У першому досліді у трубку довжиною 100 мм завантажували відходи розмірами 5 мм та менше, що займали 60% об'єму оболонки. Маса відходів у оболонці становила 145 г. У прокатний стан ІМ-3 [5] з діаметром валків 500 мм, виставлених на зазор 16,5 мм, було встановлено сталеві накладки та оболонку з відходами. Після першого прокатування почали зменшувати відстань між валками з кроком 0,66—0,99 мм. Після досягнення відстані між валками 10 мм прокатування припинили.

У другому досліді у трубку довжиною 140 мм завантажували відходи в об'ємі, що складала 80% об'єму оболонки. Маса відходів в оболонці становила 345 г. Прокатували як і в попередньому випадку, тільки зазор становив 11,5 мм і прокатування проводили одноразово.

За допомогою ситового аналізу визначено гранулометричний склад отриманих за дослідіми 1 та 2 порошоків. Результати

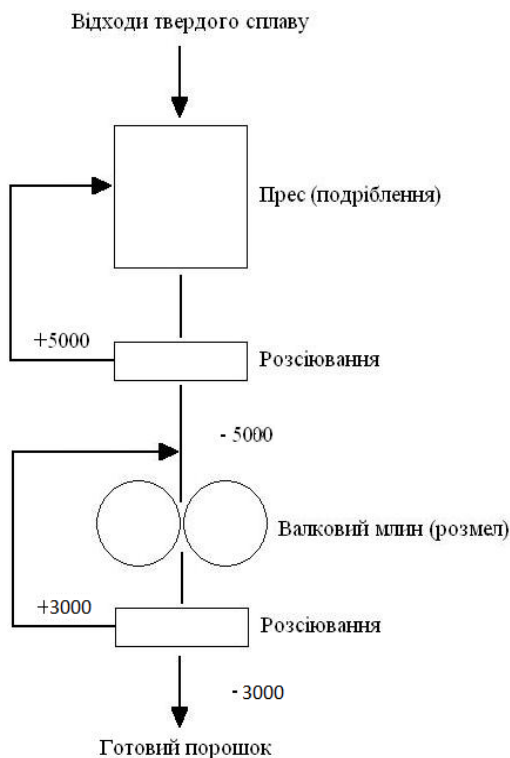


Рис. 1. Схема технології подрібнення та помелу відходів твердого сплаву.

Т а б л и ц я 1. Фракційний склад частинок. Дослід № 1

Фракція	Маса порошку, г	Інтегральна маса, г	Відносний вміст порошку, %
+005	1,2	1,2	1,01
0063+005	0,7	1,9	0,59
-01+0063	1,7	3,6	1,43
-016+01	2,2	5,8	1,85
-02+016	2,3	8,1	1,93
-0315+02	5,9	14,0	4,96
-04+0315	3,6	17,6	3,03
-063+04	11,2	28,8	9,41
-1+063	10,7	39,5	8,99
-1,6+1	21,5	61,0	18,07
-2,5+1,6	21,3	82,3	17,90
+2,5	36,7	119,0	30,84

наведено в табл. 1 і 2. Як бачимо, у першому досліді кількість фракції розмірами 1—3 мм становить 67,44%, а у другому — 72,26%, але у другому досліді з причини занадто великих зсувних напружень тріснули спеціальні сталеві накладки і їх подальше використання було неможливе, тоді як у першому випадку впровадження частинок твердого сплаву у сталеву поверхню проходило поступово і подрібнення відбувалося без пікових навантажень. Кількість порошку менше 50 мкм у обох випадках не перевищувала 1,5%.

На рис. 2 наведено гістограми відсоткового вмісту порошку кожної фракції для обох дослідів. Розподілення у нашому випадку не підкоряються

Т а б л и ц я 2. Фракційний склад частинок. Дослід № 2

Фракція	Маса порошку, г	Інтегральна маса, г	Відносний вміст порошку, %
+005	4,9	4,9	1,52
-0063+005	5,5	10,4	1,70
-01+0063	4,6	15	1,43
-016+01	6,1	21,1	1,89
-02+016	6,4	27,5	1,98
-0315+02	11,9	39,4	3,69
-04+0315	8,8	48,2	2,73
-063+04	21	69,2	6,51
-1+063	20,3	89,5	6,29
-1,6+1	34,4	123,9	10,66
-2,5+1,6	39,8	163,7	12,34
+2,5	158,9	322,6	49,26

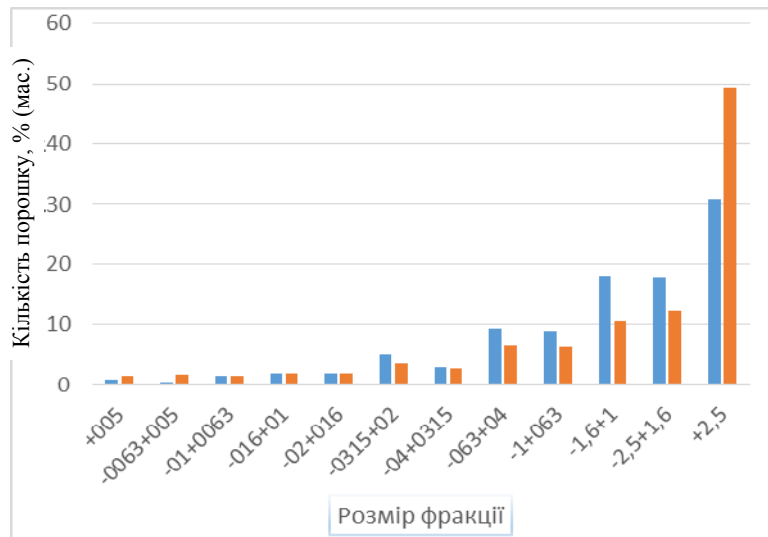


Рис. 2. Гістограми відсоткового вмісту порошку кожної фракції: перший стовбчик — дослід № 1; другий — дослід № 2.

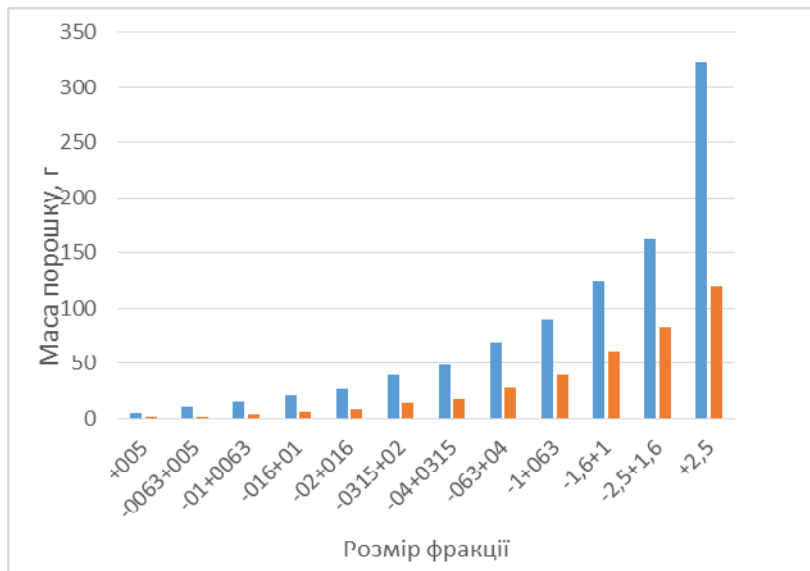


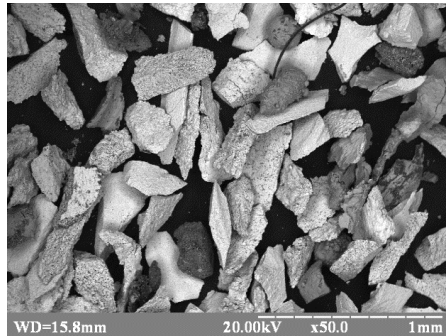
Рис. 3. Інтегральні гістограми: перший стовбчик — дослід № 1; другий — дослід № 2.

нормальному закону, а відбувається безперервне збільшення масової кількості зі збільшенням розмірів частинок. На рис. 3 зображено інтегральні гістограми для обох дослідів. Не вдаючись у фізичне трактування результатів подрібнення, можна стверджувати, що в обох випадках одержані результати можуть бути апроксимовані параболічними залежностями.

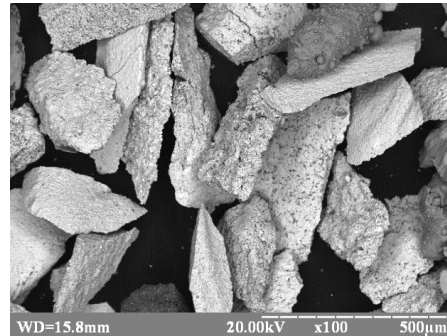
Електронографічне дослідження розмеленого твердого сплаву з частинками розмірами 160—200 мкм показало, що більшість частинок мають світлий колір та розмір в одному напрямку, дещо менший за розміри в двох інших напрямках (рис. 4, а, б). Тобто частинки мають пластинкоподібну форму. Також у невеликій кількості зустрічаються

частинки темного, майже чорного, кольору сфероподібної або округлої видовженої форми розмірами 80—150 мкм (рис. 4, *a*).

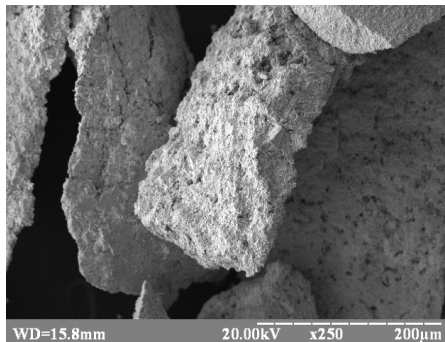
Менші частинки також вкриті дефектами, які спостерігаємо зі збільшенням у 500 або більше разів (рис. 4, *з*). Ці дефекти, напевно, виникли ще під час виготовлення твердого сплаву і його руйнування відбувалося саме по них. Зі збільшенням у 1000 разів (рис. 4, *д*) виявляється присутність зерен карбідної фази, а зі збільшенням у 2500 разів (рис. 4, *е*) бачимо, що карбідні зерна мають різноманітні форму та розміри. Зерна або частинки карбідів мають головним чином розміри 1—6 мкм, зерна більшого розміру (8—10 мкм) зустрічаються дуже рідко, більшість зерен — з гострими гранями.



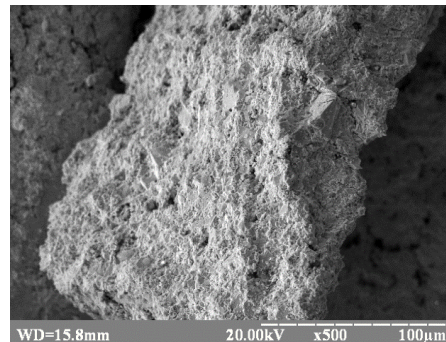
a



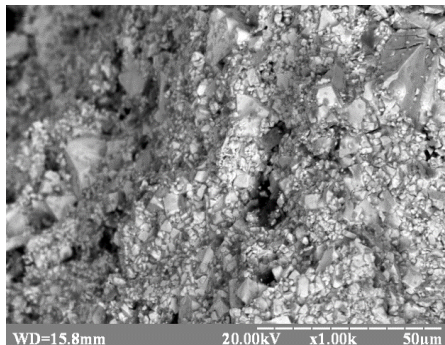
б



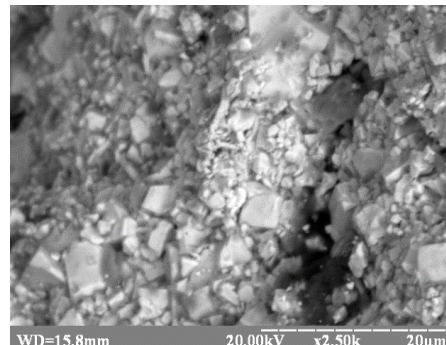
в



з



д



е

Рис. 4. Електронографічні зображення частинок твердого сплаву фракції 160—200 мкм, одержані зі збільшенням у 50 (*a*), 100 (*б*), 250 (*в*), 500 (*з*), 1000 (*д*) та 2500 (*е*) разів.

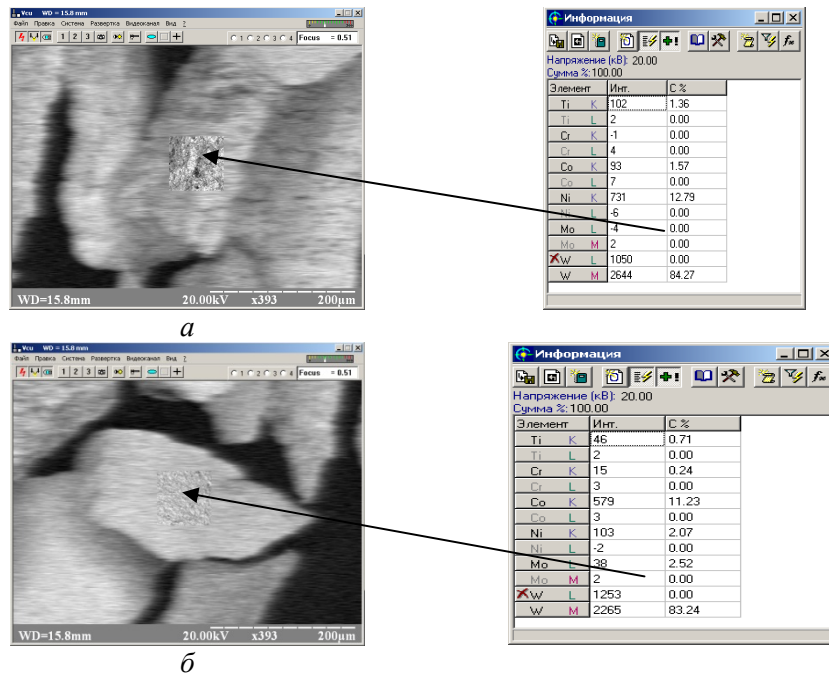


Рис. 5. Загальний елементний склад по малому полю з поверхонь двох частинок (а, б).

Хоча елементний склад двох досліджених частинок (рис. 5, а, б) дещо відрізняється один від одного, основними елементами, які входять до їх складу, є W (84,27 та 83,24% (мас.) відповідно), Co (1,57 та 11,23% (мас.)), Ni (12,79 та 2,07% (мас.)), Ti (1,36 та 0,71% (мас.)). Останнє свідчить про те, що у відходах були сплави на основі як карбіду вольфраму, так і карбіду титану.

Одержані частинки у подальшому будуть використані для створення абразивних покриттів на різних поверхнях та робочих органах агрегатів для подрібнення або розмелу крихких матеріалів.

Висновки

Показана можливість одержання частинок твердого сплаву з гострими кромками розмірами 1—3 мм з відходів твердих сплавів з використанням звичайного механічного обладнання, а саме преса та вальців.

Запропонована методика одержання відповідних гранул є доволі простою, не призводить до забруднення навколишнього середовища і має низьку вартість. Забруднення самого вихідного продукту буде залежати від якості відходів, тому що сама технологія подрібнення практично не привносить забруднювачів у готовий продукт.

Досягнення оптимальних режимів подрібнення стане можливим після проведення більшої кількості експериментів.

1. Борд Н. Ю. Новая технология переработки отходов твердых и тяжелых сплавов // Инструмент. — 1996. — № 6. — С. 47—49.
2. Зеликман А. Н. Получение твердых сплавов из регенерированных смесей WC—Co, полученных из кусковых отходов цинковым методом // Цветные металлы. — 1993. — № 1. — С. 10.

3. Саленко Ю. С. Обладнання для подрібнення матеріалів: дробарки та млини. — Кременчук : КДПУ, 2008. — 100 с.
4. Пат. на корисну модель 123675 України. Спосіб подрібнення відходів твердих сплавів / [А. І. Іценко, К. О. Гогаєв, О. К. Радченко та ін.]. — Опубл. 12.03.2018.
5. Виноградов В. А. Прокатка металлических порошков / [Г. А. Виноградов, Ю. Н. Семёнов, О. А. Катрус, В. П. Каташинский]. — М. : Metallurgia, 1969. — 382 с.

Исследование закономерностей измельчения отходов твердых сплавов с использованием прокатного стана

Н. Л. Роив, А. К. Радченко, А. И. Иценко, Ю. Н. Романенко,
Г. Г. Орёл

Рассмотрены гранулометрическое распределение, форма и элементный состав частиц, полученных при измельчении отходов твердого сплава в валках прокатного стана при двух различных степенях деформации. Показано, что в результате действия сдвиговых напряжений в очаге деформации образуются частицы с острыми кромками. Массовое содержание частиц размерами 1—3 мм в обоих случаях превышало 65% (мас.).

Ключевые слова: частица, твердый сплав, гранулометрическое распределение, форма, элементный состав.

Investigation of regularities of grinding of hard alloys wastes using Rolling mill

M. L. Roiv, O. K. Radchenko, A. I. Itsenko, Yu. M. Romanenko, G. G. Orel

The granulometric distribution, shape and elemental composition of the particles obtained during the grinding of hard alloys wastes in rolling mills at two different degrees of deformation are considered. It is shown that as a result of the shear stresses in the deformation cell, particles with sharp edges are formed. The mass share of particles in the sizes from 1 to 3 mm in both cases exceeds 65% (mass).

Keywords: particle, solid alloy, granulometric distribution, shape, elemental composition.