

concrete, concrete hardening and heat treatment in the temperature range 110 – 1650 °C. It has been established that the mechanical activation of mixtures of periclase and calcium aluminate cement for 15 minutes provides a predetermined set of concrete performance properties.

Keywords: periclase concrete, sintered periclase, calcium aluminates cement, matrix component, mechanical activation, properties.

УДК 621.762

В.Д. РУДЬ, д-р техн. наук, проф., Луцький НТУ, Луцьк,

Т. Н. ГАЛЬЧУК, канд. техн. наук, доц., Луцький НТУ, Луцьк,

Т. Є. БОЖКО, канд. техн. наук, доц., Луцький НТУ, Луцьк

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВІБРАЦІЙНОГО ПОДРІБНЕННЯ

Експериментально перевірено, що найоптимальнішим для металічного порошку є подрібнення у млині із зміщеною віссю обертання у разі накладання вібрації. В результаті пришвидшується процес подрібнення в 1,5 – 2 рази за рахунок стираючої та ударної сили розмельних тіл. Подрібнення проводили в лабораторному млині спеціальної конструкції. В якості досліджуваного матеріалу використані металеві порошки сталі ШХ15.

Ключові слова: металічний порошок, подрібнення, вібрація, млин, гранулометричний склад.

Вступ. З розвитком металообробної промисловості збільшується об'єм матеріалу, що переробляється, а відповідно, зростає потреба в процесах переробки та необхідного для цього обладнання. На практиці подрібнюють природні матеріали, сировину, в тому числі стружкові та шламові відходи виробництва [1].

Для переробки шламових відходів металообробних підприємств доцільним є використовувати процес подрібнення металевого порошку, отриманого з них [2]. Використання подрібнення значно скорочує відпал порошоків, який протікає скоріше при збільшенні поверхні частинок, що приймають в ньому участь. Характер початкової сировини та необхідний степінь подрібнення визначають число ступенів подрібнення і тип обладнання. Існують різноманітні типи і конструкції обладнання для подрібнення [3], кожен з яких має свою галузь застосування. Аналіз літератури показав, що найбільш використовуються барабанні млини, що обертаються і вібраційні млини [4].

© В.Д. Рудь, Т.Н. Гальчук, Т.Є. Божко, 2014

Подрібнення металу в млинах в більшості випадків здійснюють ударом або статичним навантаженням, які супроводжуються також стиранням. Однак основним недоліком при цьому є широка варіація гранулометричного складу металевого порошку, що характеризує його фізичні властивості.

Мета дослідження. Експериментальне дослідження технологічних параметрів обкочування-подрібнення на гранулометричний склад металевих порошків.

Результати дослідження. В роботі проводилося дослідження закономірності формозміни порошкових матеріалів під час подрібнення в барабанному млині періодичної дії, суть якого полягає в тому, що обертальний рух робочого барабана з розмельними тілами поєднаний з його вібрацією. Дослідження проводили з використанням порошку, сталі ШХ15, який отриманий за технологічною схемою розробленою в Луцькому НТУ [5]. Для вивчення механізму руйнування і визначення закономірностей процесу подрібнення елементів металевого порошку запропонованим методом була розроблена експериментальна лабораторна установка періодичної дії (рис. 1).



Рис. 1 – Загальний вигляд експериментальної установки для вібраційного подрібнення металічних порошків

У запропонованому пристрої кінетична енергія передається тілам, що розмелюють, через корпус барабана з використанням сил тяжіння під час обертання та інерційних сил вібрації віброплощини, на яку встановлений барабан, що обертається.

Процес подрібнення зводиться до того, що під час спільної роботи приводів обертання і вібрації розмельних тіл здійснюється складний віброобертальний рух, тобто створюється псевдозріджений шар куль.

При цьому відбувається інтенсивне його перемішування разом з подрібнюваним матеріалом, останній рівномірно перерозподіляється між кулями і вірогідність руйнування частинок різко зростає.

При цьому усуваються застійні зони в апараті, що властиво вібраційному розмелу, при якому подрібнюваний матеріал осідає в нижню частину барабана і утрудняє віброколивальний рух нижніх куль, що подрібнюють, а верхні їх шари не здійснюють корисної роботи.

У запропонованому подрібнювачі реалізуються більшою чи меншою мірою практично всі способи руйнування, але основним є ударно-стираючий.

В якості розмельних тіл використовувались сталеві кулі $\varnothing 23$ мм та $\varnothing 32$ мм. Масове співвідношення порошку і кульок $1 : 0,75$. Коефіцієнт заповнення барабана – $0,5$. Частота обертання млина $(0,75...0,8)n_{кр}$.

Маса порошку сталі ШХ 15, отриманого із шліфошламу – $2,65$ кг, а маса кульок – $1,99$ кг. Частота обертання 90 об/хв., амплітуда вібрації $1,5$ мм, частота вібрації – 2840 хв⁻¹ [6].

На новій лабораторній установці проведені порівнювальні дослідження двох методів подрібнення–обкочування металічних порошків: обертальний метод і віброобертальний з прямою та з похилою віссю обертання. Кожен дослід проводили 8 год з проміжним визначенням гранулометричного складу через кожні 2 год.

За критерій ступеня подрібнення взято гранулометричний склад порошку у фракціях по відношенню до їх загальної кількості, який проводили методом ситового аналізу, з використанням вібросита моделі 029 № 124-85, відповідно до ГОСТ 18318-94.

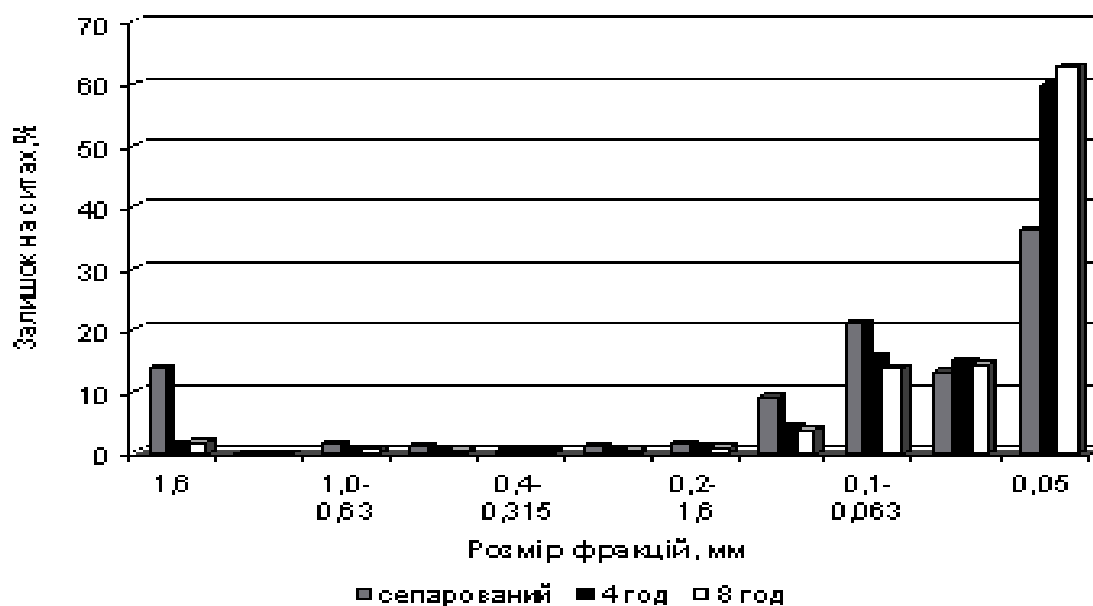
В процесі розмелу в млині з похилою віссю більша частина порошку, майже завжди під час просіювання через сита, залишалася на однакових номерах сит і маса залишку майже завжди була подібною. Основна маса порошку залишалась в межах трьох сусідніх за номером сит.

Як видно із діаграм, порошок рівномірно розміщений по фракціях і при різних параметрах обкатування–подрібнення результати подібні і близькі один до одного (рис. 2, а).

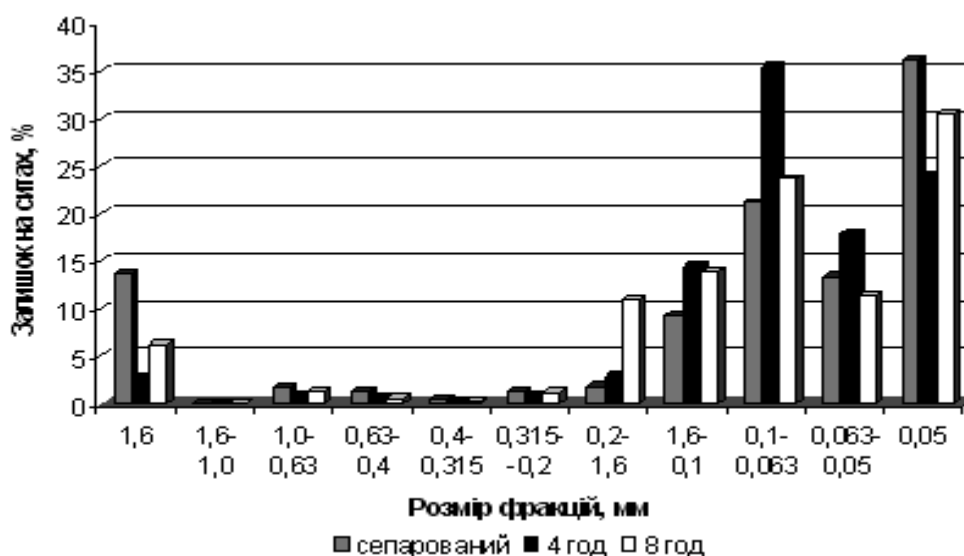
Під час дослідження подрібнення порошку у млині з горизонтальною віссю обертання результати були не передбачуваними, відбувалася різка зміна гранулометричного складу порошку сталі ШХ15, порошок розподілявся за фракціями нерівномірно (рис. 2, б).

В процесі вібраційного обкатування-подрібнення проходить пришвид-

шене інтенсивне перемішування порошку із розмелюючими тілами, порошок більш рівномірно перерозподіляється між кульками і ймовірність руйнування частинок порошку зростає, порошок більш рівномірно розподіляється по фракціях (рис. 3).



а



б

Рис. 2 – Гранулометричний склад порошку після обкатування–подрібнення без вібрацій: а – з похилою віссю обертання млина; б – з горизонтальною віссю обертання млина.

Таким чином обкатування-подрібнення з вібраціями має позитивний вплив на процес обкатування-подрібнення, результати стають більш передбачуваними і стабільнішими.

Отже, із всіх досліджених методів подрібнення порошку найоптималь-

нішим є подрібнення у барабані із зміщеною віссю обертання у разі накладання вібрації.

Зміщена вісь дозволяє зробити результат більш передбачуваним і рівномірним, а вібрація призводить до пришвидшення процесу розмелювання, тобто в результаті обкочуванні із вібрацією за 4 – 6 годин можна досягти результату восьмигодинного обкочування-подрібнення без накладання на процес вібрації.

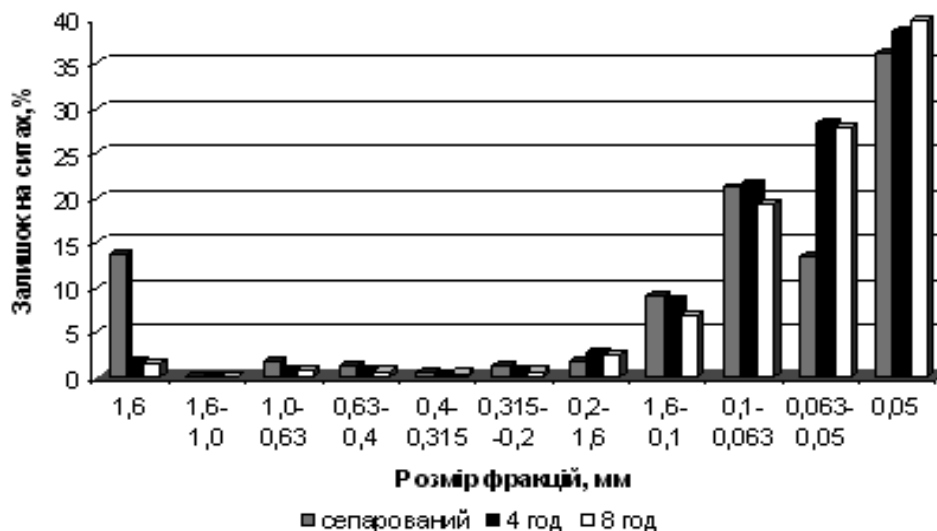


Рис. 3 – Гранулометричний склад порошку після обкочування-подрібнення з вібрацією з похилою віссю обертання млина

Висновки. Експериментально перевірено, що найоптимальнішим для металічного порошку сталі ШХ15 є подрібнення у млині із зміщеною віссю обертання у разі накладання вібрації. При цьому відбувається інтенсивне перемішування розмелених тіл разом з подрібнюваним матеріалом, який рівномірно перерозподіляється між кулями і вірогідність руйнування частинок різко зростає. Це пришвидшує процес подрібнення в 1,5 – 2 рази за рахунок стираючої та ударної сили розмельних тіл. В результаті порошок рівномірно розподіляється за фракціями. В подальшому становить інтерес дослідити зміну фракційного складу порошку за різних параметрів вібрації з використанням датчика кутових переміщень ВЕ-178А.

Список літератури: 1. Ревнищев В.И. Вибрационная дезинтеграция твердых материалов / [В.И. Ревнищев, Г.А. Денисов, Л.П. Зарогатский, В.Я. Туркин]. – М.: Недра, 1992. – 430 с. 2. Плановский А.Н. Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии / А.Н. Плановский, П.И. Николаев. – М.: Химия, 1987. – 496 с. 3. Порошковая металлургия и напыленные покрытия / Под ред. Б.С. Митина. – М.: Металлургия, 1987. – 792 с. 4. Биленко Л.Ф. Закономерности измельчения в бара-

банных мельниках / Л.Ф. Биленко. – М.: Недра, 1984. – 200 с. **5.** Рудь В.Д. Использование отходов подшипникового производства в порошковой металлургии / В.Д. Рудь, Т.Н. Гальчук, О.Ю. Повстяной // Порошковая металлургия. – 2005. – Вып. 44. – № 1-2. – С. 88 – 92. **6.** Рудь В.Д. Апаратна реалізація технології утилізації відходів підшипникового виробництва / В.Д. Рудь, Т.Н. Гальчук // Технологічні комплекси. – 2011. – № 2(4). – С. 75 – 80.

Referens: **1.** Revnivcev V.I. Vibracionnaja dezintegracija tverdyh materialov / [V.I. Revnivcev, G.A. Denisov, L.P. Zarogatskij, V.Ja. Turkin]. – Moscow: Nedra, 1992. – 430 s. **2.** Planovskij A.N. Processy i apparaty himicheskoj i neftehimicheskoj tehnologii / A.N. Planovskij, P.I. Nikolaev. – Moscow: Himija, 1987. – 496 s. **3.** Poroshkovaja metallurgija i napilennye pokrytija / Pod red. B.S. Mitina. – Moscow: Metallurgija, 1987. – 792 s. **4.** Bilenko L.F. Zakonomernosti izmel'čenija v barabannyh mel'nikah / L.F. Bilenko. – Moscow: Nedra, 1984. – 200 s. **5.** Rud' V.D. Powder metallurgy use of waste from bearing production / V.D. Rud', T.N. Gal'chuk, O.Ju. Povstyanoi // Powder Metallurgy and Metal Ceramics. – 2005. – Vol. 44. – № 1-2. – P. 88 – 92. **6.** Rud' V.D. Апаратна реалізація технології утилізації відходів підшипникового виробництва / V.D. Rud', T.N. Gal'chuk // Tehnologichni kompleksi. – 2011. – № 2 (4). – S. 75 – 80.

Надійшла до редколегії (Received by the editorial board) 15.06.14.

УДК 621.762

Експериментальне дослідження технології вібраційного подрібнення / В.Д. РУДЬ, Т.Н. ГАЛЬЧУК, Т. Є. БОЖКО // Вісник НТУ «ХПІ». – 2014. – № 52 (1094). – (Серія: Хімія, хімічна технологія та екологія. – С. 92 – 97. – Бібліогр.: 6 назв. – ISSN 2079-0821.

Експериментально перевірено, що оптимальним для металічного порошка являється измельчение в мельнице со смещенною осью вращения при наложении вибраций. В результате чего ускоряется процесс измельчения в 1,5 – 2 раза за счет стирающей и ударной силы размольных тел. Измельчение проводили в лабораторной мельнице специальной конструкции. В качестве исследуемого материала использованы металіческие порошки, стали ШХ15.

Ключевые слова: металіческий порошок, измельчение, вибрация, мельница, гранулометрический состав.

UDC 621.762

Experimental study of vibrating grinding of technology / V.D. RUD', T.N. GAL'CHUK, T. E. BOZHKO // Visnyk NTU «KhPI». – 2014. – № 52 (1094). – (Series: Khimiya, khimichna tekhnolohiya ta ecolohiya). – P. 92 – 97. – Bibliogr.: 6 names. – ISSN 2079-0821.

Grinding was carried out in a laboratory mill special design. The new laboratory setup, a comparative study of two methods of grinding metal powders: rotational method and vibroobertalnyy with direct and oblique axis of rotation. The proposed grinders sold almost all methods of destruction, but there is a major shock-oblitative It was verified experimentally that the most optimal conditions for metal powder is grinding in a mill with offset axis of rotation upon application of vibration. As a result, the process of grinding accelerates in 1,5–2 times due to erasing and a strike force of grinding bodies. As a result, the powder is evenly distributed by fractions. As the investigated material used metal powders steel SHH15. As an grinding of bodies been used made of steel the balls with a diameter of 23 mm and 32 mm. The mass ratio of of powder and balls of 1:0,75.

Keywords: metal powder, grinding, vibration, mill, particle size distribution the composition.