

Рябичева Л.А., Белошицкий Н.В., Добрыднева А.И., Войнова Е.В.

ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПОРОШКА ИЗ АЛЮМИНИЕВОЙ СТРУЖКИ

Ryabicheva L.A., Beloshytskiy N.V., Dobrydnieva A.I., Voynova E.V.

TECHNOLOGY OF MANUFACTURING OF POWDER FROM ALUMINIUM CHIPS

Изучены две технологии получения порошка из алюминиевой стружки марки А7Е. Представлены результаты исследования физико-технологических свойств полученных порошков различных фракций. Установлены зависимости насыпной плотности и плотности утряски от размера частиц. Выявлено влияние отжига на уплотняемость. Определена наиболее эффективная технология получения алюминиевого порошка с высокими технологическими свойствами. Порошок алюминия, полученный согласно предложенной технологии, рекомендуется применять для изготовления конструкционных деталей.

Ключевые слова: стружка, размол, диспергирование, отжиг, порошок, гранулометрический состав, форма и размер частиц, насыпная плотность, плотность утряски, уплотняемость.

Введение

Производственная деятельность любого металлообрабатывающего предприятия связана со значительными отходами металла в стружку, несмотря на применение прогрессивных способов изготовления продукции. Организовано перерабатывается только 35-40% всей образующейся стружки. Трудность решения такой проблемы обусловлена физическим состоянием стружки, низкой культурой организации сбора, транспортировки и хранения, отсутствием оптимальной технологии переработки. Современные способы переработки стружки переплавом нерентабельны вследствие низкого уровня мероприятий по подготовке к предварительному переделу, значительному угару металла при выплавке (до 20-25%), высокой энергоемкости переплава, прерывности технологического процесса [1].

При производстве алюминиевых изделий образуется огромное количество алюминиевой стружки. Главным потребителем вторичного алюминия является автомобильная промышленность. По прогнозам аналитиков, в будущем вторичный алюминий будет составлять 90% от алюминия, содержащегося в автомобиле [2]. При извлечении алюми-

ния из отходов экономится до 90-95% электроэнергии, необходимой для получения того же количества первичного алюминия, а также отпадает необходимость в добыче и переработке исходного сырья [1].

Перспективным является использование стружковых отходов для получения порошковых материалов. Переработку алюминиевой стружки осуществляют посредством механического сухого размола в атмосфере инертного газа в шаровой мельнице [3]; распылением расплавленного алюминия воздухом с последующим рассевом полученного порошка и его размолем в газовой среде, содержащей азот и кислород [4]. Недостатками данных способов является взрывоопасность и дороговизна.

Цель

Целью данной работы является разработка метода получения алюминиевого порошка из стружки, полученной при обработке прутка методом Conform, и изучение его технологических свойств.

Методика исследований

Одним из источников алюминиевой стружки является Conform-процесс, с помощью которого из прутка получают трубку. Алюминиевый пруток марки А7Е (ГОСТ 4784-97) перед тем, как попасть в машину Conform, очищается от оксидной пленки, для чего применяются вольфрамово-карбидные матрицы немного большего диаметра, чем заготовка. Высокоскоростная струя очищающей жидкости впрыскивается в рабочее пространство машины и создается мощное завихрение вокруг заготовки. Завихрение жидкости вызывает вращение заготовки на высокой скорости, при этом ее поверхность очищается от вольфрамово-карбидных матриц. Полученная стружка практически полностью состоит из оксида алюминия, имеет вьюнообразную форму (рис. 1, а). Толщина элементов стружки 0,2-1,5 мм, ширина 5-15 мм. Технологию получения порошка из стружки выполняли по двум режимам.

По первому режиму масляные загрязнения стружки удаляли горячей промывкой в растворе тринатрий фосфата в соотношении 10:1 в емкости с постоянным перемешиванием в течение 0,5 ч при температуре 80-90 °С. После промывки осуществляли сушку в сушильном шкафу СШ-200 при температуре 90-95 °С в течение 0,5 ч, затем измельчали на ножевой дробилке до размеров 2-4 мм и диспергировали в ножевой мельнице вихревого типа до размеров различных фракций. Часть порошка подвергали отжигу в среде генераторного газа при температуре 400°С и выдержке 0,5 ч. До и после отжига определяли технологические свойства.

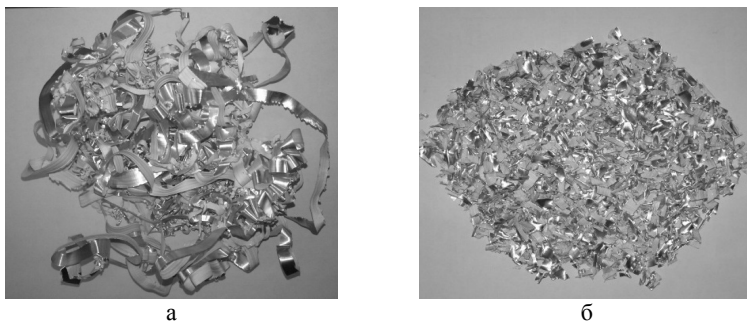


Рис. 1. Фото исходной стружки – а; стружка после ножевой дробилки – б

По второму режиму технология получения порошка из стружки состояла из следующих операций: предварительное измельчение в ножевой дробилке; диспергирование в ножевой мельнице вихревого типа с добавлением конденсаторного масла; отжиг. Определение физико-технологических свойств порошка выполняли по следующим методикам: гранулометрический состав по ГОСТ 18318-94; форму частиц по ГОСТ 25849-83; насыпную плотность по ГОСТ 19440-94; плотность утряски по ГОСТ 25279-93, уплотняемость по ГОСТ 25280-90.

Результаты исследования

Предварительное измельчение в ножевой дробилке является подготовительной операцией для получения более мелких элементов с размером 2-5 мм (рис. 1, б).

Диспергирование в ножевой мельнице вихревого типа выполняли с добавлением конденсаторного масла для предотвращения прилипания частиц друг к другу и образования агломератов. После диспергирования получили гранулы небольших размеров до 2 мм. Отжиг способствует выгоранию масла и снятию внутренних напряжений в частицах порошка различных фракций.

По первому режиму разрабатываемой технологии получено три фракции порошка: менее 0,315 мм; 0,315-2,0 мм; 2-4 мм. Частицы размером 2-4 мм получены сразу после измельчения в ножевой дробилке. По второму режиму получен порошок следующих фракций: менее 0,2 мм; 0,2-0,9 мм; 0,9-1,6 мм.

Установлено, что с ростом размера частиц насыпная плотность и плотность утряски увеличивается (табл. 1). При размере частиц 2-4 мм насыпная плотность и плотность утряски низкая. При размере частиц более 2 мм их укладка происходит менее интенсивно вследствие пло-

ской неправильной изогнутой формы крупных частиц и сцепления друг с другом.

Таблица 1

Насыпная плотность и плотность утряски полученных порошков

Режим	Фракция, мм	Насыпная плотность, г/см ³	Плотность утряски, г/см ³
1	<0,315	0,89	1,35
1	0,315-2	1,25	1,42
1	2-4	0,52	0,56
2	<0,2	0,48	0,7
2	0,2-0,9	1,24	1,42
2	0,9-1,6	1,33	1,49

Форма частиц порошка с размером менее 0,315 мм, полученного по обоим режимам технологии, сферически округлая с наличием мелкой осколочной фракции (рис. 2). Форма частиц размером 0,315 - 2 мм, полученных по обоим режимам, также сферически округлая, что свидетельствует о начавшейся агломерации частиц (рис. 3).

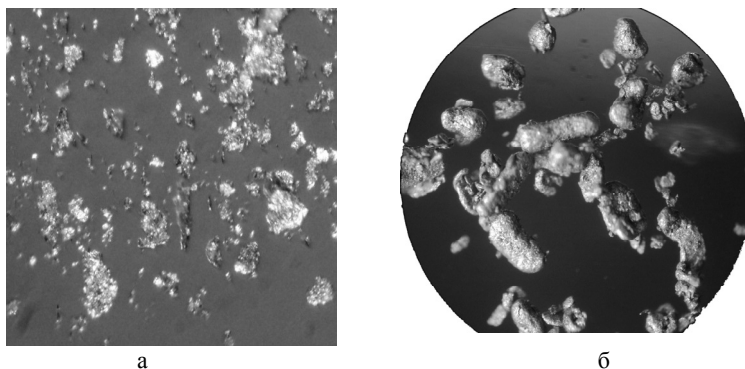


Рис. 2. Форма частиц размером менее 0,2 мм (2 режим) – а, размером менее 0,315 мм (1 режим) – б, x80

При размоле частиц порошка в ножевой дробилке вихревого типа происходит уменьшение среднего размера частиц до критического значения с последующей их агломерацией, которая определяется временем диспергирования [5]. На рис. 3 показаны частицы, прошедшие агломерацию.

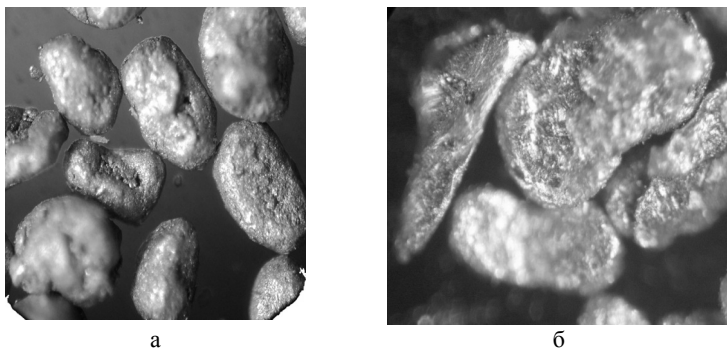


Рис. 3. Форма частиц размером 0,315-2 мм (1 режим) – а, размером 0,2-0,9 (2 режим) – б, x110

Уплотняемость порошка, полученного по первому режиму, с ростом давления увеличивается (рис. 4, а). При этом порошок фракции менее 0,315мм уплотняется менее интенсивно вследствие упрочнения частиц оксидом алюминия и их повышенной площади контакта. Более интенсивно уплотняются частицы фракции 2-4 мм. Плотность образцов, изготовленных из фракции 2-4 мм, составляет 2,66 г/см³. Отжиг приводит к снятию упрочнения и повышению уплотняемости порошка всех фракций (рис. 4, б). При давлении 800 МПа плотность порошка средней и крупной фракций составляет 2,68-2,69 г/см³.

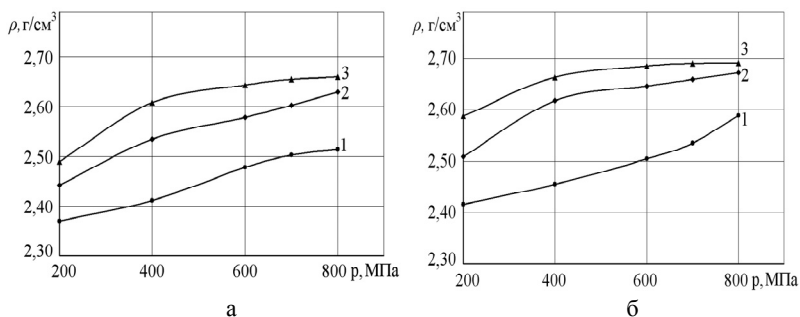


Рис. 4. Уплотняемость порошка, полученного по первому режиму: а – до отжига; б – после отжига; фракции: 1 – менее 0,315мм; 2 – 0,315-2 мм, 3 – 2-4 мм

Аналогичные данные по уплотняемости получены для порошка, изготовленного по второму режиму (рис. 5). Однако для фракции порошка менее 0,2 мм уплотняемость низкая при всех давлениях прессования и при давлении 800 МПа плотность составляет 2,67 г/см³. Уп-

лотняемость образцов при размере частиц 0,9-1,6 мм и 0,2-0,9 мм при высоких давлениях стремится к постоянной величине равной 2,68 г/см³. Отожженные порошки легче деформируются, за счет чего обеспечивается повышение уплотняемости.

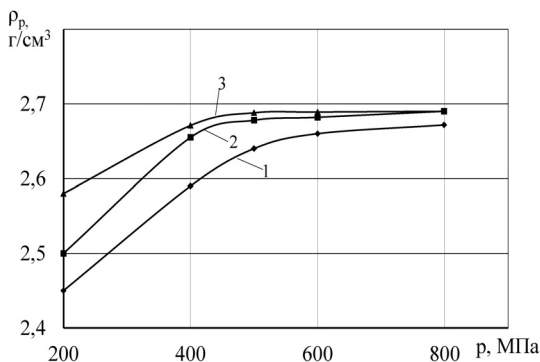


Рис. 5. Уплотняемость порошка различных фракций, полученного по второму режиму: 1 – менее 0,2 мм; 2 – 0,2-0,9 мм; 3 – 0,9-1,6 мм

Выводы

Разработаны две технологии получения порошка из алюминиевой стружки марки А7Е. Установлено, что по обеим технологиям можно получить порошок фракции менее 0,315 мм, который имеет низкие технологические свойства. Порошок фракции более 2 мм имеет удовлетворительную уплотняемость, однако он склонен к агломерации. В качестве исходного для конструкционных материалов рекомендуется порошок фракции 0,315-2 мм. Лучшими технологическими свойствами обладает порошок, полученный измельчением стружки, с последующим диспергированием в масле с последующим отжигом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аввакумов Е.Г. Механические методы активации химических процессов / Е. Аввакумов – Новосибирск : Наука, 1986. – 300 с.
2. Гопиенко В.Г. Производство и применение алюминиевых порошков и пудр / В.Г. Гопиенко, Б.Р. Осипов, Б.П. Назаров. – М. : Металлургия, 1980. – 67 с.
3. Шевелев А.И. Деформационная обработка вторичного алюминия и алюмосодержащих отходов / А.И. Шевелев, Я.Е. Бельзгеймер, В.Н. Варюхин. – Донецк : Изд-во Ноулидж, 2010. – 271 с.
4. Пат. 2108534 Российская Федерация, МПК 6 F42В 4/00, F42В 4/30. Способ производства пиротехнической алюминиевой пудры / Устич С.П., Мананников Н.В., Макаров В.Б. Заявитель и патентообладатель Акционерное общество "Богословский алюминиевый завод". №:95119232/02. Заявлено 14.11.1995. Оpubл. 10.04.1998.

5. Пат. 2204462 Российская Федерация, МПК 7 B22F9/06, B22F9/04. Способ получения алюминиевых порошков и пудр / Галанов А.И., Гопиенко В.Г., Волков И.В., Черепанов В.П., Петрович С.Ю., Стецкий В.Н. Заявитель и патентообладатель Акционерное общество открытого типа "Всероссийский алюминово-магниевый институт". № 2001123641/02. Заявлено 23.08.2001. Оpubл. 20.05.2003.
6. Передовые технологии Linde переработки вторичного алюминия [Электронный ресурс] / Д. Д. Лашенко, С.Л. Кузовников, Н.М. Ткачук. Режим доступа к ресурсу: <http://www.techgaz.ru/page/229>.

REFERENCES

1. Avvakumov E.G. *Mechanicheskie metody aktivacii himicheskikh processov* / E. Avvakumov — Novosibirsk : Nauka, 1986. — 300 p.
2. Gopienko V.G. *Proizvodstvo i primeneniye aljuminievyyh poroshkov i pudr* / V.G. Gopienko, B.R. Osipov, B.P. Nazarov. — M. : Metallurgiya, 1980. — 67 s.
3. Shevelev A.I. *Deformacionnaya obrabotka vtorigchnogo aljuminija i aljumsoderzhashhih othodov* / A.I. Shevelev, Ja.E. Bel'cejmer, V.N. Varjuhin. — Donetsk: Noulidzh, 2010. — 271 p.
4. Pat. 2108534 Rossijskaja Federacija, МПК 6 F42B 4/00, F42B 4/30. *Sposob proizvodstva pirotehni-cheskoj aljuminievoj pudry* / Ustich S.P., Manannikov N.V., Makarov V.B. *Zajavitel' i patentoobladatel' Akcionernoe obshhestvo "Bogoslovskij aljuminievyy zavod"*. №:95119232/02. *Zajavleno* 14.11.1995. *Opubl.* 10.04.1998.
5. Pat. 2204462 Rossijskaja Federacija, МПК 7 B22F9/06, B22F9/04. *Sposob poluchenija aljuminievyyh poroshkov i pudr* / Galanov A.I., Gopienko V.G., Volkov I.V., Cherepanov V.P., Petrovich S.Ju., Steckij V.N. *Zajavitel' i patentoobladatel' Akcionernoe obshhestvo otkrytogo tipa "Vserossijskij aljuminii-evo-magnievyy institut"*. № 2001123641/02. *Zajavleno* 23.08.2001. *Opubl.* 20.05.2003.
6. *Peredovye tehnologii Linde pererabotki vtorigchnogo aljuminija [Jelektronnyj resurs]* / D. D. Lashhenko, S.L. Kuzovnikov, N.M. Tkachuk. *Rezhim dostupa k resursu*: <http://www.techgaz.ru/page/229>.

Рябічева Л.О., Білошицький М.В., Добридісва А.І., Войнова Є.В. Технологія отримання порошку із алюмінієвої стружки.

Вивчені дві технології отримання порошку із алюмінієвої стружки марки А7Е. Представлені результати дослідження фізико-технологічних властивостей отриманих порошків різних фракцій. Встановлені залежності насипної щільності і щільності утрясання від розміру часток. Виявлений вплив відпалу на ущільненість. Визначена найбільш ефективна технологія отримання алюмінієвого порошку з високими технологічними властивостями. Порошок алюмінію, отриманий згідно запропонованої технології, рекомендується застосовувати для виготовлення конструкційних деталей.

Ключові слова: *стружка, розмелювання, диспергування, відпал, порошок, гранулометричний склад, форма і розмір часток, насипна щільність, щільність утрясання, ущільненість.*

Ryabicheva L.A., Beloshytskiy N.V., Dobrydnieva A.I., Voynova E.V. Technology of receipt of powder from aluminum flakes.

Manufacturing of the aluminum powder from aluminum flakes by two different technologies. Investigation of physical and technological properties of those powders. Selection of the most appropriate technology for manufacturing of the aluminum powder of best technological properties for production of construction details.

Manufacturing of the aluminum powder from alumina chips by proposed technology with addition of capacitor oil for elimination of adhesion of powder particles to each other and formation of agglomerates.

The dependences of bulk density and tap density from the particle size of a powder. The influence of annealing on compactibility. The most efficient technology for production of powder with high technological properties has selected.

The technology for manufacturing of the aluminum powder from secondary production wastes that allows decreasing expenses on raw materials has been developed.

The aluminum powder produced by implementation of the proposed technology is recommended for making of construction details.

Keywords: *chips, milling, dispersion, annealing, powder, granulometric composition, particle size, particle shape, bulk density, tap density, compactibility.*

Рябичева Л.А. - д-р техн. наук, профессор Восточноукраинского национального университета имени Владимира Даля ,г. Луганск.
e-mail: ryabic@gmail.com

Белошицкий Н.В. – к.т.н., доцент кафедры Материаловедения, ВНУ им. В.Даля, г. Луганск
e-mail: material@snu.edu.ua

Добрыднева А.И. – аспирант Восточноукраинского национального университета имени Владимира Даля ,г. Луганск.
e-mail: material@snu.edu.ua

Войнова Е.А. – студентка Восточноукраинского национального университета имени Владимира Даля, г. Луганск.