

Никитин Ю.Н., Журавлева А.В.

## ВЫБОР МЕТОДА УЛЬТРАЗВУКОВОГО ДИСПЕРГИРОВАНИЯ ОТХОДОВ МЕДНОГО ПОРОШКА

Nikitin Yu.N., Zhuravleva A.V.

### SELECTION OF ULTRASONIC DISPERSION METHOD OF COPPER POWDER WASTES

*Представлены два метода ультразвукового диспергирования порошков: с использованием преобразователей с поршневым излучателем и поршневым излучателем, который соединен непосредственно с диафрагмой ненастроенного типа. Разработана технология измельчения отходов в виде отсеянного порошка, которые образуются при производстве медного порошка электролизом. Выполнен сравнительный анализ гранулометрического состава медного электролитического порошка марки ПМС-В до и после диспергирования в ультразвуковом поле различными излучателями.*

**Ключевые слова:** электролитический медный порошок, ультразвуковое диспергирование, ультразвуковая установка.

Основные операции получения электролитического медного порошка: электролиз, фильтрация для удаления электролита, промывка, стабилизация, промывка, сушка, измельчение, просев, смешивание, контроль и упаковка порошка. Отходы в виде отсеянного порошка, размеры частиц которого не соответствуют требованиям стандарта, отправляют на переплавку в металлургический цех [1].

Операция переплавки связана с большими затратами электроэнергии и значительными потерями материала на всех этапах многооперационного технологического процесса. Поэтому целесообразно создание технологий переработки медных отходов, исключающих операцию переплавки [2-4].

С помощью метода ультразвукового диспергирования возможно достижение высокой дисперсности практических любых твердых материалов. Эффективным является высокопроизводительный метод ультразвукового диспергирования с применением повышенного гидростатического давления в рабочей камере [1, 5-7].

Ультразвуковое диспергирование порошков с применением повышенного гидростатического давления в рабочей камере выполняют на установке генераторного типа УЗВД-6 с использованием преобразовате-

лей с поршневым излучателем или поршневым излучателем, который соединен непосредственно с диафрагмой ненастроенного типа [1,7]. Поэтому для более эффективного диспергирования отходов медного порошка актуальным является выбор излучателя.

### **Цель**

Целью работы является осуществление ультразвукового диспергирования с применением повышенного гидростатического давления в рабочей камере отходов электролитического медного порошка марки ПМС-В на установке генераторного типа УЗВД-6 с использованием преобразователя с поршневым излучателем и поршневым излучателем, который соединен непосредственно с диафрагмой ненастроенного типа; определение влияния процесса ультразвукового диспергирования при использовании различных излучателей на изменение гранулометрического состава медного электролитического порошка марки ПМС-В.

### **Методика исследования**

В качестве исследуемого материала использован электролитический медный порошок марки ПМС-В: стандартный - ГОСТ 4960-75 с размером частиц более 100 мкм.

Условия ультразвукового диспергирования медного электролитического порошка марки ПМС-В с размером частиц >100 мкм. Параметры звукового поля: частота ультразвуковых колебаний преобразователя типа ПМС15А-18 мощностью 4 кВт установки генераторного типа УЗВД-6 с источником питания УЗГ 2-10 составляла 20 кГц [1, 5-8]; амплитуда смещения излучателя -  $A=2$  мкм. Физико-химические свойства жидкости: давление насыщенного пара жидкости составляло -  $P_{II} = 0,0023$  МПа; плотность -  $\rho = 1000$  кг/м<sup>3</sup>; химический состав рабочей жидкости - тринатрийфосфат  $Na_3PO_4 \cdot 12H_2O$  с добавлением ПАВ с концентрацией 20 и 5 кг/м<sup>3</sup> соответственно [9]. Внешние условия: температура рабочей жидкости составляла 40°C [10]; величина гидростатического давления составляла 0,2 МПа, которую определяли согласно данным работы [8] из соотношения

$$P_0 = (0,4 \div 0,5)P_A, \quad (1)$$

где  $P_A = \rho c w A$  - звуковое давление;

$\rho$  - плотность жидкости;

$c$  - скорость звука в жидкости;

$w$  - угловая частота;

$A$  - амплитуда смещения излучателя.

Ультразвуковое диспергирование медного электролитического порошка марки ПМС-В с размером частиц  $>100$  мкм выполняли в двух герметичных сменных модернизированных камерах: с поршневым излучателем (рис. 1, а) (вариант I) и с поршневым излучателем, который соединен непосредственно с диафрагмой ненастроенного типа (рис. 1, б) (вариант II).

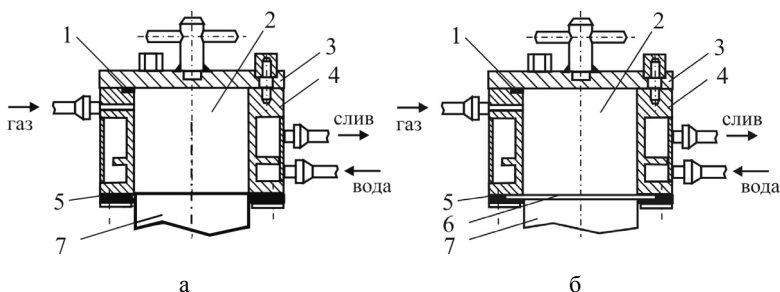


Рис. 1. Герметичные сменные модернизированные камеры: а - камера с поршневым излучателем; б - камера с поршневым излучателем, который соединен непосредственно с диафрагмой ненастроенного типа: 1, 5 - уплотнительное кольцо; 2 - рабочая камера; 3 - крышка; 4 - корпус; 6 - диафрагма; 7 - поршневой излучатель

Рабочие камеры, размером 700 мл, заполняли порошком одинакового гранулометрического состава (табл. 1) объемом  $2,5 \text{ см}^3$  и водным раствором тринатрийфосфата  $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$  с добавлением ПАВ, герметизировали и создавали с помощью рабочего газа гидростатическое давление в камере равное  $0,2 \text{ МПа}$ . Объемное отношение твердой фазы к жидкой составляло 1:4 [7]. С помощью регулировки подачи проточной воды в охлаждающую рубашку поддерживали необходимую температуру в рабочей камере. Время диспергирования составляло 20 мин [5, 6]. Порошок выгружали в емкость с перфорированным дном и продували воздухом при избыточном давлении  $0,5 \text{ МПа}$  5 минут. Сушку порошка выполняли в печи с электродогревом в защитной атмосфере при температуре  $110^\circ\text{C}$ .

### Результаты исследования

Сравнительный анализ гранулометрического состава порошков представлен в табл. 1.

Из табл. 1 видно, что при диспергировании медного порошка в камере с поршневым излучателем (вариант I) большее количество частиц размером  $<0,045 \text{ мм}$  - в пределах от 10 до 15%, чем при диспер-

гировании в камере с поршневым излучателем, который соединен непосредственно с диафрагмой ненастроенного типа (вариант II) – в пределах от 5 до 10%. В тоже время порошок, полученный диспергированием в камере с поршневым излучателем, который соединен непосредственно с диафрагмой ненастроенного типа (вариант II), имеет более равномерный гранулометрический состав.

Таблица 1

**Гранулометрический состав порошка марки ПМС-В**

Порошок	Гранулометрический состав					
	Содержание частиц, % размером, мм					
	>0,224	<0,224	<0,140	<0,100	<0,063	<0,045
Стандартный	0,1	1	5-15	35-45	25-35	10-25
До диспергирования	-	50-55	30-45	-	-	-
Диспергированный (вариант I)		30-45	20-35	0-5	5-10	10-15
Диспергированный (вариант II)	-	15-30	25-30	20-25	10-20	5-10

Как показал сравнительный анализ, процентное содержание фракций с размером частиц <100 мкм диспергированного порошка по варианту II увеличилось в среднем на 40%, в отличие от диспергированного по варианту I на 20%. Очевидно, в результате акустического течения порошок перемещается в рабочем объеме жидкости и диспергируется равномерно в отличие от метода диспергирования в камере с поршневым излучателем, где отсутствует акустическое течение и диспергированию подвергается порошок, находящийся в непосредственной близости от поршня. Согласно работе [5], у излучателей с диафрагмой ненастроенного типа амплитуда смещения излучателя существенно изменяется от центра к периферии, а это обуславливает большую неравномерность поля излучения и, как следствие, повышается интенсивность кавитации. Кроме того, неравномерность поля излучения позволяет при заданной полной мощности развивать у преобразователя большую поверхность излучения и осуществить возбуждение ультразвуковых колебаний в большем объеме рабочей жидкости.

**Выводы**

Разработана технология измельчения отходов в виде отсеянного порошка, образующегося при производстве медного порошка электролизом, которая включает в себя ультразвуковое диспергирование порошков с применением повышенного гидростатического давления в рабочей камере на установке генераторного типа УЗВД-6 с использованием преобразователя с поршневым излучателем, который соединен

непосредственно с диафрагмой ненастроенного типа, выгрузке порошка из рабочей камеры, продувке воздухом при избыточном давлении и сушке в печи в защитной атмосфере.

При обработке в ультразвуковом поле электролитического медного порошка марки ПМС-В, с использованием преобразователя с поршневым излучателем, который соединен непосредственно с диафрагмой ненастроенного типа, в течение 20 мин процентное содержание фракций с размером частиц <100 мкм диспергированного порошка увеличилось в среднем на 40%.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Кипарисов С.С. Порошковая металлургия / С.С. Кипарисов, Г.А. Либенсон. – М.: Металлургия, 1980. – 496 с.
2. Рябичева Л.А. Технология получения порошка меди из отходов проводников тока / Л.А. Рябичева, Ю.Н. Никитин, А.Т. Цыркин, В.Л. Марков // Металлообработка. – 2004. – №3. – С. 40-42.
3. Рябичева Л.А. Технология изготовления материалов из отходов производства / Л.А. Рябичева, А.Т. Цыркин // Луганск: изд-во ВНУ им. В. Даля. 2004. – 168 с.
4. Кипарисов С.С. Вторичные материалы, как сырье для порошковой металлургии / С.С. Кипарисов // Порошковая металлургия. – 2004. – №11/12. – С. 1-5.
5. Агранат Б.А. Основы физики и техники ультразвука / Б.А. Агранат, М.Н. Дубовин, Н.Н. Хавский и др. – М.: Высш. шк., 1987. – 352 с.
6. Никитин Ю.Н. Технологические свойства электролитического медного порошка обработанного в ультразвуковом поле / Ю.Н. Никитин, Л.А. Гребеник, А.И. Добрыднева // Ресурсозберігаючі технології виробництва та обробки тиском матеріалів у машинобудуванні: Зб. наук. пр. – Луганськ: вид-во СНУ ім. В. Даля, 2011. – С. 217-221.
7. Агранат Б.А. Ультразвуковая технология / Б.А. Агранат, В.И. Башкиров, Ю.И. Китайгородский, Н.Н. Хавский. – М.: Металлургия, 1974. – 504 с.
8. Василькив О.О., Скороход В.В. Особенности получения наноразмерных порошков тетрагонального диоксида циркония, стабилизированного иттрием // Порошковая металлургия. – 2005. – №5/6. – С. 28–34.
9. Келлер О.К. Ультразвуковая очистка / О.К. Келлер, Г.С. Крайш, Г.Д. Лубиницкий. – Л.: Машиностроение, 1977. – 184 с.
10. Hickling R. Some physical effects of cavity collapse in liquids. Transaction of the ASME, Ser. D, Journal of Basic Engineering, 1966, Vol. 88, No.1, pp. 229-235.

## RERERENCES

1. Kiparisov S.S. Powder metallurgy / S.S. Kiparisov, G.A. Libenson. – Moscow.: Metallurgija, 1980. – 496 p.
2. Rjabicheva L.A. Tehnologija poluchenija poroshka medi iz othodov provodnikov toka / L.A. Rjabicheva, Yu.N. Nikitin, A.T. Tsyркиn, V.L. Markov // Metalloobrabotka. – 2004. – No 3. – P. 40–42.
3. Rjabicheva L.A. Tehnologija izgotovlenija materialov iz othodov proizvodstva / L.A. Rjabicheva, A.T. Cyrkin // Lugansk: izd-vo VNU im. V. Dalja. 2004. – 168 p.
4. Kiparisov S.S. Vtorichnye materialy, kak syr'e dlja poroshkovej metallurgii / S.S. Kiparisov // Poroshkovaja metallurgija. – 2004. – No. 11/12. – P. 1–5.
5. Agranat B.A. Osnovy fiziki i tehniki ul'trazvuka / B.A. Agranat, M.N. Dubovin, N.N. Havskij i dr. – Moscow.: Vyssh. shk., 1987. – 352 p.

6. Nikitin Yu.N. Tehnologicheskie svojstva jelektroliticheskogo mednogo po-roshka obrabotannogo v ul'trazvukovom pole / Yu.N. Nikitin, L.A. Grebenik, A.I. Dobrydneva // Resursozberigauchi tehnologii v robništva ta obrobki tiskom materialiv u mašinobuduvanni: Book of scientific papers. Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, Lugansk, 2011. – P. 217–221.
7. Agranat B.A. Ul'trazvukovaja tehnologija / B.A. Agranat, V.I. Bashkirov, Ju.I. Kitajgorodskij, N.N. Havskij. – Moscow.: Metallurgija, 1974. – 504 p.
8. Vasil'kiv O.O., Skorohod V.V. Osobennosti poluchenija nanorazmernih poroshkov tetragonal'nogo dioksida cirkonija, stabilizirovannogo ittriem // Poroshkovaja metallurgija. – 2005. – No. 5/6. – P. 28–34.
9. Keller O.K. Ul'trazvukovaja ochistka / O.K. Keller, G.S. Kratysh, G.D. Lubinickij. – Leningrad: Mashinostroenie, 1977. – 184 p.

***Никитін Ю.М., Журавльова А.В. Вибір методу ультразвукового диспергування відходів мідного порошку.***

*Представлені два методи ультразвукового диспергування порошоків: з використанням перетворювачів з поришневим випромінювачем і поришневим випромінювачем, який сполучений безпосередньо з діафрагмою неналаштованого типу. Розроблено технологію подрібнення відходів у вигляді відсіяного порошку, які утворюються при виробництві мідного порошку електролізом. Виконано порівняльний аналіз гранулометричного складу мідного електролітичного порошку марки ПМС-В до і після диспергування в ультразвуковому полі різними випромінювачами.*

***Ключові слова:*** електролітичний мідний порошок, ультразвукове диспергування, ультразвукова установка.

***Nikitin Y.N., Zhuravleva A.V. Selection of ultrasonic dispersion method of copper powder wastes.***

*The purpose of this work is realization of ultrasonic dispersion of electrolytic copper powder PMS-B on the ultrasonic generator USVD-6 using high pressure and transducer with piston oscillator and piston source connected directly to the non-adjustable diaphragm for determination the influence of ultrasonic dispersion process on granulometric composition of electrolytic copper powder PMS-B while using different oscillators.*

*Two methods of ultrasonic dispersion of powders using converters with piston source and piston source connected directly to the non-adjustable diaphragm have presented. A comparative analysis of the granulometric composition of electrolytic copper powder PMS-B before and after dispersion in the ultrasonic field from different sources has been executed.*

*The technology for comminution of waste powder appeared during production of copper powder by electrolysis has been developed. The proposed technology consists of ultrasonic dispersion of powders on the ultrasonic generator USVD-6 using high pressure, unloading a powder from the working chamber, aeration at the overpressure and drying into an oven with protective medium.*

***Keywords:*** electrolytic copper powder, ultrasonic dispersion, ultrasonic device.

Никитин Ю.Н. - канд. техн. наук, доцент Восточноукраїнського національного університету імені Володимира Даля, г. Луганськ,  
e-mail: material@snu.edu.ua

Журавлева А.В. – студентка Восточноукраїнського національного університету імені Володимира Даля, г. Луганськ.