

Таким образом, в ходе исследований был подобран оптимальный состав электролита, технологический режим процесса электрохимического осаждения композиционного покрытия никель–олово–наноразмерный диоксид титана, а также физико-химические и механические свойства, исследованы биоцидные свойства металлического покрытия.

В настоящее время эти покрытия могут быть осаждены на металлические поверхности как жестких, так и гибких подложек, например, в больницах, транспортных средствах (самолеты, автобусы, поезда и трамваи), кассовых и билетных автоматах, мебели в ресторанах, театрах, школах и других объектах. Электрохимическое покрытие никель–олово–наноразмерный диоксид титана может эффективно предотвращать перенос бактерий с металлических поверхностей к людям.

Литература

1. Lačnjevac, U. Č. Electrodeposition and characterization of Ni–Sn alloy coatings as cathode material for hydrogen evolution reaction in alkaline solutions / U. Č. Lačnjevac, V. D. Jović, B. M. Jović // *Zaštita materijala*. – 2011. – Vol. 52. – P. 153–158.
2. Synthesis and thermoanalytical study of SiO₂–TiO₂ composites modified with macrocyclic endoreceptors / A. N. Murashkevich [et al.] // *Inorganic Materials*. – 2016. – Т. 52, № 3. – P. 294–300.
3. Композиционное покрытие олово–никель–диоксид титана / А. В. Пянко [и др.] // *Неорганические материалы*. – 2019. – Т. 55, № 6. – С. 609–616.
4. Пянко, А. В. Электрохимическое осаждение сплава олово–никель с внедрением наноразмерного диоксида титана / А. В. Пянко, А. А. Черник, О. А. Алисиенок // *Современные электрохимические технологии и оборудование – 2019 : материалы Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 2019.* – С. 320–322.

УДК 621.7.014

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ПОЛУЧЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОРОШКОВ СПЛАВА СИСТЕМЫ CU–NI–P–SN–PB–MN–ZN ДИСПЕРГИРОВАНИЕМ СТРУИ РАСПЛАВА ГАЗОВЫМ ПОТОКОМ НА ПОВЕРХНОСТЬ ВРАЩАЮЩЕГОСЯ КРИСТАЛЛИЗАТОРА

М. Н. Верещагин, И. В. Агунович, Р. А. Судаков

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Развитие машиностроения и других отраслей промышленности требует разработки материалов с определенным комплексом физико-химических, механических и функциональных свойств. Производство изделий методами порошковой металлургии обладает большим потенциалом за счет возможности простого регулирования структуры материала как основного фактора, определяющего свойства изделия. Одним из новых методов получения порошковых материалов с улучшенными физико-механическими свойствами является метод быстрой закалки металла из жидкого состояния при диспергировании его газом–энергоносителем, имеющим поступательно-вращательно-колебательное движение [1].

На практике наиболее часто реализуется распыление струи поступательно движущимся газовым потоком. Схеме распыления расплава с одновременным использованием поступательного, вращательного и колебательного компонентов энергии газа с учетом ее потенциальной энергоемкости уделяется недостаточное внимание.

Целью данной работы является исследование особенностей получения металлических порошков в процессе диспергирования из жидкого состояния струи самофлюющей системы Cu–Ni–P–Sn–Pb–Mn–Zn газовым потоком на поверхность вращающегося кристаллизатора, а также проведение анализа гранулометрического состава получаемых порошков.

Методика исследований. В качестве исходного материала для получения порошка и дискретного волокна использовался сплав системы Cu–Ni–P–Sn–Pb–Mn–Zn со следующим содержанием легирующих элементов, мас. %:

- 1) $\text{Cu}_{58,66}\text{Ni}_8\text{P}_{7,58}\text{Pb}_2\text{Fe}_{0,19}\text{Mn}_{0,5}\text{Zn}_{23,07}$;
- 2) $\text{Cu}_{59,27}\text{Ni}_{8,07}\text{P}_{7,79}\text{Fe}_{0,64}\text{Sn}_{0,98}\text{Pb}_{1,4}\text{Mn}_{0,3}\text{Zn}_{21,55}$.

Гранулы сплава загружались в кварцевый тигель установки [1], где производилось плавление токами высокой частоты. В качестве газа-энергоносителя был использован сжатый воздух с давлением 0,4–1,5 МПа. Распыленный в распылительном устройстве расплав охлаждался в камере коробчатого кристаллизатора, где контроль и регулирование температуры проводился при помощи термодатчика, связанного с цифровым табло и электронным задатчиком температуры. Размер получаемых порошков определяли путем рассева в наборе микропрецизионных проводочных сит на специальном встряхивающем устройстве «Анализетте 3» в течение 30 мин с последующим определением массы каждой фракции при помощи аналитических весов. Морфология полученных частиц изучалась с использованием металлографического микроскопа METAM PB-22.

Результаты исследования. Исследования показали, что конечные размеры получаемых частиц зависят как от ряда технологических факторов: частота вращения кристаллизатора, ширина пазов, перегрев расплава, так и от химического состава сплава.

На рис. 1 представлена диаграмма распределения частиц в сплавах системы $\text{Cu}_{58,66}\text{Ni}_8\text{P}_{7,58}\text{Pb}_2\text{Fe}_{0,19}\text{Mn}_{0,5}\text{Zn}_{23,07}$ и $\text{Cu}_{59,27}\text{Ni}_{8,07}\text{P}_{7,79}\text{Fe}_{0,64}\text{Sn}_{0,98}\text{Pb}_{1,4}\text{Mn}_{0,3}\text{Zn}_{21,55}$ в зависимости от массы, %, и размера фракции, мкм, при равных технологических параметрах.

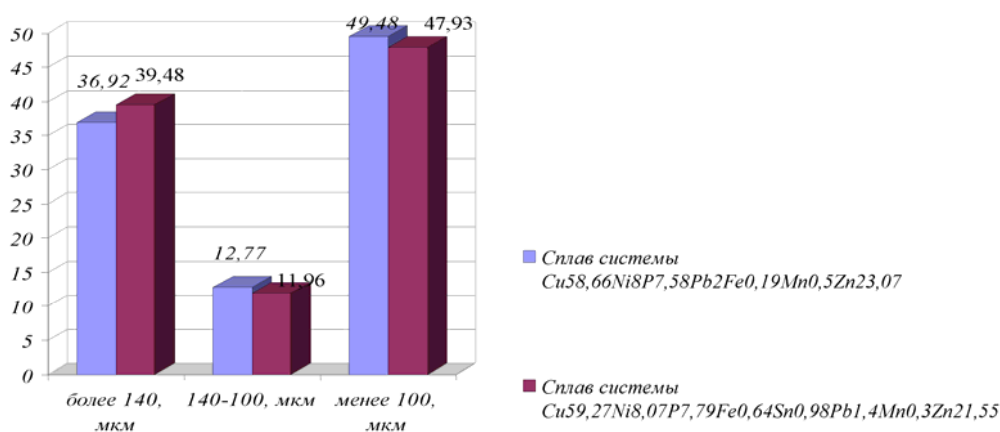
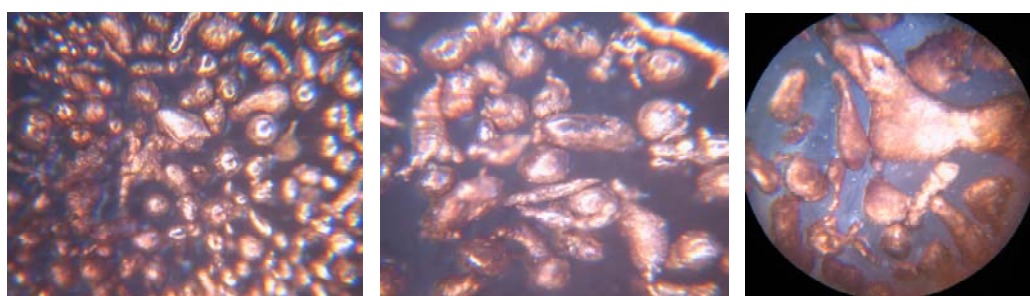


Рис. 1. Диаграмма распределения частиц в сплавах системы $\text{Cu}_{58,66}\text{Ni}_8\text{P}_{7,58}\text{Pb}_2\text{Fe}_{0,19}\text{Mn}_{0,5}\text{Zn}_{23,07}$ и $\text{Cu}_{59,27}\text{Ni}_{8,07}\text{P}_{7,79}\text{Fe}_{0,64}\text{Sn}_{0,98}\text{Pb}_{1,4}\text{Mn}_{0,3}\text{Zn}_{21,55}$ в зависимости от массы, %, и размера фракции, мкм, при равных технологических параметрах

На рис. 2 и 3 представлены дискретные структуры первого и второго сплава.

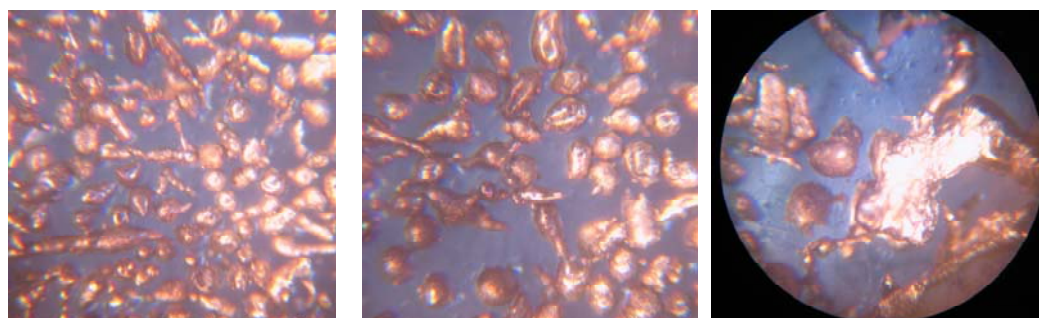


а)

б)

в)

Рис. 2. Структура дискретного порошка сплава системы $\text{Cu}_{58,66}\text{Ni}_{8,58}\text{Pb}_{2}\text{Fe}_{0,19}\text{Mn}_{0,5}\text{Zn}_{23,07}$ разных фракций:
а – менее 100 мкм; б – 100–140 мкм; в – более 140 мкм



а)

б)

в)

Рис. 3. Структура дискретного порошка сплава системы $\text{Cu}_{59,27}\text{Ni}_{8,07}\text{P}_{7,79}\text{Fe}_{0,64}\text{Sn}_{0,98}\text{Pb}_{1,4}\text{Mn}_{0,3}\text{Zn}_{21,55}$ разных фракций:
а – менее 100 мкм; б – 100–140 мкм; в – более 140 мкм

На рис. 2 и 3 видно, что форма получаемых частиц фракции менее 100 мкм у первого сплава ближе к сферической, в то время как форма частиц второго сплава ближе к волокнам. С увеличением размера фракции доля волокон и их массовое содержание увеличивается.

Наибольшее влияние на геометрические размеры получаемых частиц оказывает частота вращения кристаллизатора (рис. 4), причем с увеличением частоты вращения до 6 тыс. об/мин при ширине пазов 0 и 3 мм имеет место увеличение доли частиц с приведенным диаметром < 100 мкм. Длина получаемых дискретных частиц при этом составляет примерно $(3 + 7)d$, где d – приведенный диаметр частиц.

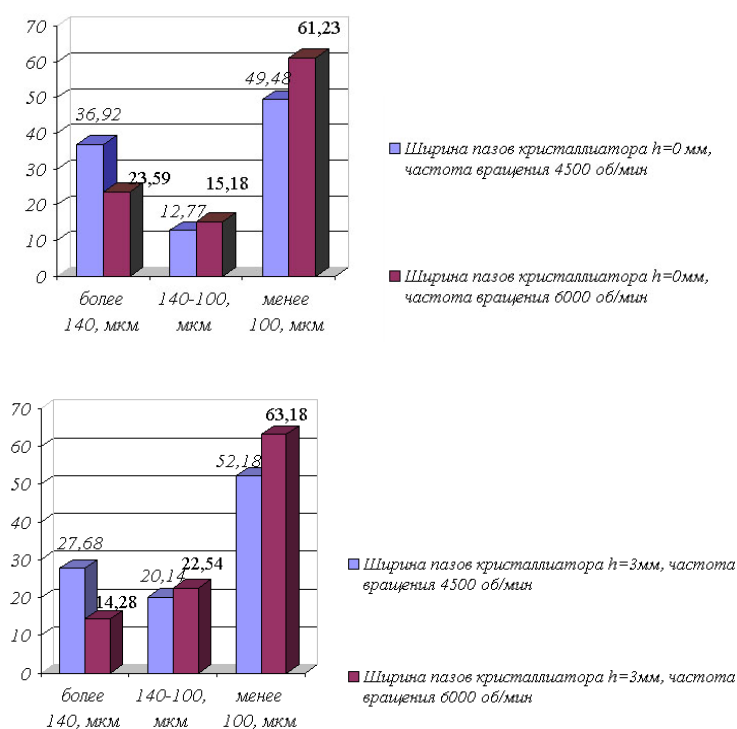


Рис. 4. Диаграммы распределения частиц в зависимости от ширины пазов кристаллизатора h , мм, и от частоты вращения n , об/мин

Исходя из вышеизложенного, можно сформулировать следующие выводы:

1. Получаемый при помощи метода диспергирования струи расплава газовым потоком на поверхность вращающегося кристаллизатора порошок имеет достаточно широкий фракционный состав, причем его определенная доля представляет собой сферические частицы, дискретные волокна и небольшое количество частиц неправильной формы. Это, по-видимому, связано с тем, что не все капли диспергируемого расплава полностью кристаллизуются на поверхности вращающегося кристаллизатора.

2. На форму (дискретные волокна или сферические частицы), конечные размеры получаемых частиц влияет ряд технологических факторов: частота вращения кристаллизатора, ширина пазов, перегрев расплава, зависят они также и от химического состава сплава, причем наибольшее влияние на выход мелкой фракции (менее 100 мкм) оказывает частота вращения кристаллизатора (с увеличением частоты вращения кристаллизатора выход мелкой фракции увеличивается).

3. С увеличением размера фракции доля волокон (их массовое содержание) увеличивается.

Литература

1. Верещагин, М. Н. Устройство для получения металлических порошков : пат. Респ. Беларусь № 4297 от 10.07.1998, МКИ В22F 9/08 / М. Н. Верещагин, Р. И. Вечер, Д. Л. Стасенко.
2. Верещагин, М. Н. Особенности диспергирования струи расплава газовым потоком со сложным движением / М. Н. Верещагин, Д. Л. Стасенко // *Материалы, технологии, инструменты*. – 2001. – № 1. – С. 81–85.