

## АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ТА МОРФОЛОГІЧНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ВИГОТОВЛЕННЯ БРОНЗУВАЛЬНИХ ПОРОШКІВ ІЗ СТРУЖКОВИХ ВІДХОДІВ

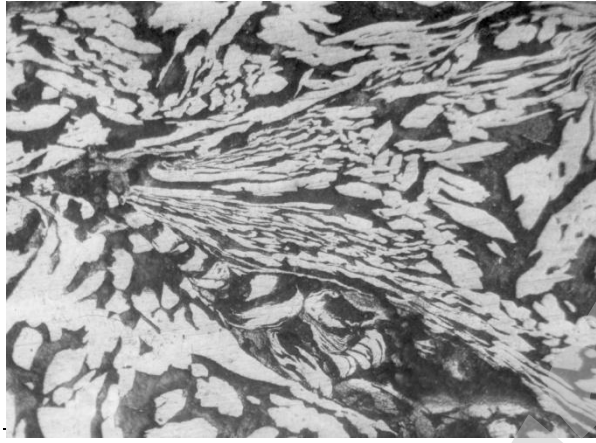
Морозов А. С.

### 1. Вступ

Підвищення рівня якості поліграфічної і паковальної продукції зумовлюють необхідність застосування на поліграфічних підприємствах різноманітних технологічних процесів, а також використання металізованих матеріалів для досягнення найбільш популярного ефекту серед замовників металевого блиску поліграфічної продукції. Цього ефекту дозволяє друк металізованими фарбами та бронзування. Металеві пігменти, які використовують при бронзуванні, являють собою порошки, одержані за допомогою різноманітних технологій [1–3]. Металеві частинки порівняно недавно використовуються в поліграфії, але результат дає про себе знати [4–6]. Якщо порошкова металургія по відсотку використання посідає перше місце і займає 90 %, то в поліграфічній галузі використовується лише 1 % [7]. Цього вистачало для оздоблення поліграфічної продукції до теперішнього часу. Проте сучасні умови розвитку поліграфічної продукції вимагають суттєвого розширення застосування металевих порошків для одержання якісних поліграфічних виробів [8–10]. Окрім того, як металеві пігменти можна застосовувати стружкові відходи. Стружка алюмінієвої бронзи є морфологічно вигідним матеріалом для отримання порошків і затрачена на утворення стружки енергія не обесцінюється. Отже, *об'єктом дослідження* є технологія практичного одержання металевих порошків із стружкових відходів алюмінієвої бронзи з подальшим їх використанням у якості пігментів для поліграфічних процесів. *А метою досліджень* є аналіз морфологічних особливостей стружки алюмінієвої бронзи БрАЖ 9-4 та визначення можливостей подальшого використання порошку на її основі у поліграфії.

### 2. Методика проведення досліджень

Зони пластичної деформації у відділяемому елементі стружки, а також в області, що випереджає та супроводить деформації, мають темний колір. Мікродослідження [11] показало, що це пов'язано з високою щільністю площин ковзання, і відповідно, дислокацій. Процес наростає зі збільшенням глибини різання. Зона випереджаючого зміцнення 1,03–1,45 мм набагато більше глибини зміцненого шару під різцем 0,05–0,30 мм. Ступінь пластичної деформації структурних складових неоднакова. Лінії ковзання мають певну кристалографічну орієнтацію в різних зернах. Знаходячись у вихідному стані в дисперсійній (10–30 мм) і дезорієнтованій зоні пластичної деформації,  $\alpha$ -фаза спочатку витягується в площині, нормальній до напрямку руху різця, а потім повертається у напрямку його руху. При цьому поверхневий шар набуває волокнистої будови. Межі зерен в зоні деформації частково або повністю втрачають свої окреслення (рис. 1).



**Рис. 1.** Локалізація пластичної деформації

Для подрібнення стружки кольорових відходів використовується технологія, яка приведена у [11, 12].

### **3. Результати досліджень та обговорення**

Піддаючись ударному впливу обертових частин бил у атриторі [11, 12], стружкові частинки діляться на більш дрібні елементи. В початковому стані вони мали клиноподібну форму, а в подрібнювачі завдяки співконтакту та поверхневій деформації вершини і ребра зминаються, при цьому різкі профілі змінюються на більш обкатані, гострі кути на тупі. У результаті виходять частинки стовпчатої форми з перетином, близьким до трапецеїдального. Хоча стружка і являє собою пластично деформований, тобто значно зміцнений матеріал, в ході диспергування на поверхні частинок утворюються вм'ятини – формуються ділянки з ослабленими перетинами. При наступних ударах в цих зонах, нездатних до подальшої пластичної деформації, концентрація дефектів стає граничною і відбувається крихке руйнування по виникаючим мікро- і макротріщинам. В результаті утворюються частинки переважно у формі неправильного чотирикутника.

Оскільки знову утворені частинки успадковують всі мікро- і макродефекти стружки, а, отже, мають більш низьку міцність, то в результаті прикладених напруг, вони руйнуються швидше. Але крім дефектів, що мають свою передісторію в процесі багаторазового навантаження, виникають і нові.

Найбільш вірогідним місцем зародження тріщин є поверхневі шари на межі частинки, що руйнується, зі здавлюючим тілом, тобто в місцях найбільших сколюючих напруг. Причому цей процес полегшується вже наявними дефектами поверхні у вигляді дислокацій і мікронесуцільностей.

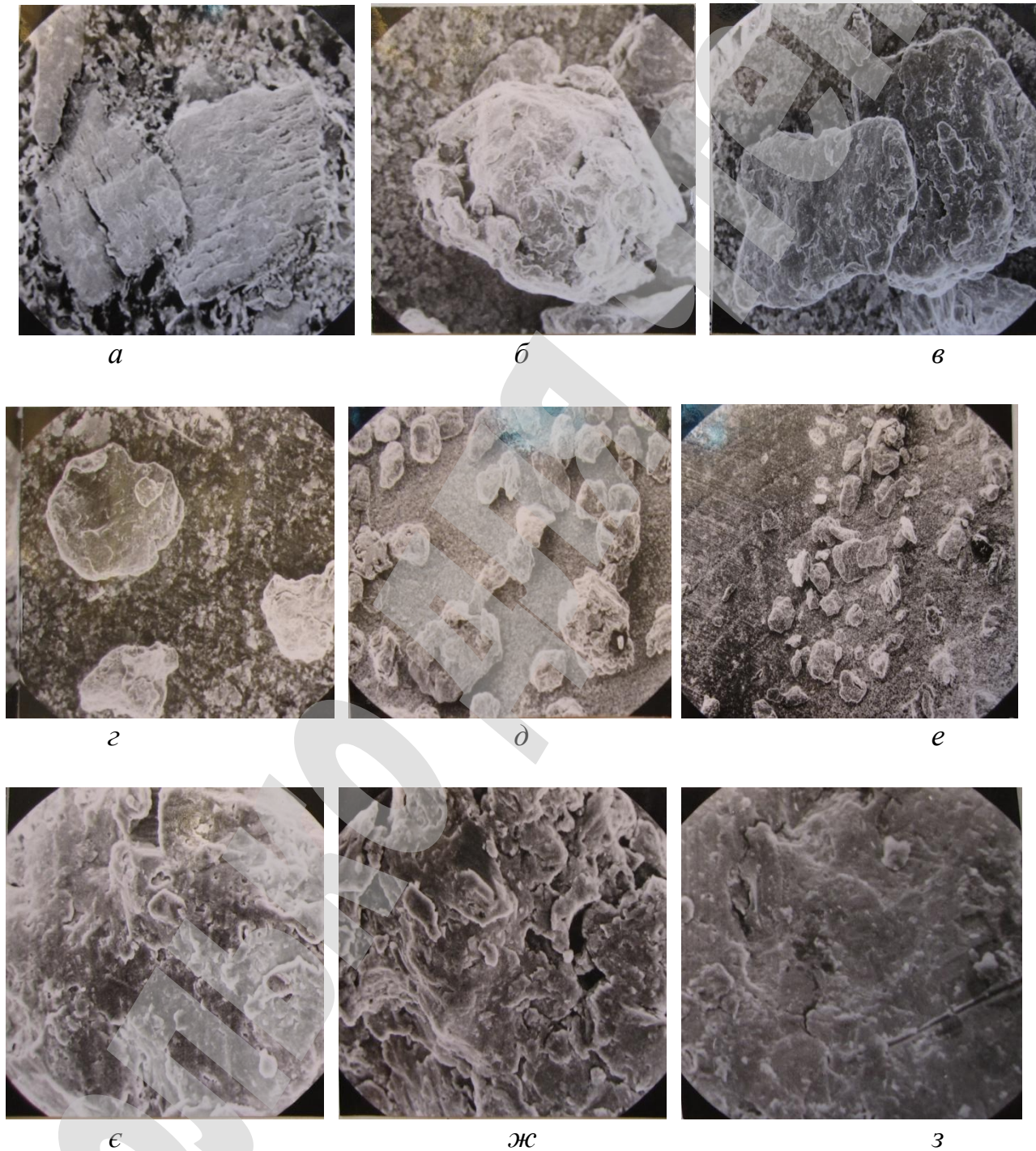
Мікроскопічні дослідження показали, що в більшості випадків в частинках виникає не одна, а безліч тріщин, що поширюються переважно зигзагоподібно, в результаті чого вони набувають осколкову форму. Слід зазначити, що порошок, отриманий у вібромашині, має більш розвинену і насичену мікронесуцільностями поверхню порівняно з порошком з атритора [11, 12].

Мікроструктура частинок порошку успадковує особливості будови литого металу і стружки. Однак, глибина і ступінь пластично деформованих шарів більше. Мікротвердість альфа-фази в поверхневих шарах часток становить 281–303 Н, у центральних – 230–270 Н. У порівнянні зі стружкою мікротвердість структурних складових при подрібненні підвищується в середньому в 1,1–1,14 рази, а по відношенню

до литого металу в 1,4–1,6 рази. Суттєвої відмінності в твердості частинок порошку, отриманого в атриторі і в вібраційному подрібнювачі, не спостерігається [12, 13].

Дослідження тонкої структури показали, що в процесі подрібнення стружки за рахунок додаткової пластичної деформації щільність дислокацій і величина мікровикривлень кристалічної решітки порошкових частинок збільшується [14].

Морфологія частинок на різних стадіях подрібнення стружки алюмінієвої бронзи приведена на рис. 2.



**Рис. 2.** Морфологія частинок на різних стадіях подрібнення стружки алюмінієвої бронзи на прокатному стані: *а–в* – 3–4 хв. (x201); *г–е* – 5–6 хв. (x241); *є–з* – 10 хв. (x781)

Після отримання бронзувального порошку було виготовлено бронзувальну пасту. Склад суміші для бронзування: олійно-смоляний лак 1 л та бронзовий порошок 400–450 г. Бронзовий порошок затирають на невеликій кількості лаку. Отриману суміш розводять рештою лаку до робочої в'язкості. Для виготовлення суміші з алюмінієвого порошку його беруть 200–220 г на 1 л лаку.

Для роботи суміш виготовляють невеликими порціями, які мають бути відразу використані, оскільки при довгому зберіганні спостерігається сильне змочування частинок бронзи, які осідають на дно посудини. Надалі під час нанесення на поверхню частинки бронзи не будуть спливати у зовнішній шар плівки і вона втратить блиск, стане тьмяною.

#### **4. Висновки**

В ході дослідження показано, що завдяки властивостям поверхні стружкових частинок у вигляді численних дефектів є перспектива їх подальшого використання як порошоків певних фракцій. Особливості прокатки стружкових частинок складаються з того, що: по-перше, вони утворюють стрічку невеликої міцності, по-друге, вона легко руйнується в звичайному атриторі [11, 12]. Частота таких операцій з наведеними вище послідовностями дозволяє отримувати порошки дуже маленьких фракцій 10–20 мкм з мінімальним окисненням. Подальші дослідження будуть спрямовані на виробництво менших частинок з меншим ступенем окислення та з більшою кількістю їх оптичних властивостей, оскільки це безпосередньо впливає на економічні важелі друкованої продукції.

Проведені у роботі дослідження присвячені розробці технології одержання порошоків різних фракцій у вигляді дисперсного наповнювача для гальмівних накладок автомобільного та залізничного транспорту (розмір частинок до 1 мм). А також бронзувальних порошоків для оздоблення поліграфічних виробів (фракція 50–70 мкм) і порошоків ультрадисперсної фракції у якості металевих пігментів для виробництва металізованих фарб [12–14].

#### **Література**

1. Ogura K. Technology for Powder Production and Evaluation of Powders // Journal of the Japan Society of Powder and Powder Metallurgy. 2006. Vol. 53, Issue 4. P. 340. doi: <http://doi.org/10.2497/jjspm.53.340>
2. Solid State Sintered 3-D Printing Component by Using Inkjet (Binder) Method / Frykholm R., Takeda Y., Andersson B.-G., Carlström R. // Journal of the Japan Society of Powder and Powder Metallurgy. 2016. Vol. 63, Issue 7. P. 421–426. doi: <http://doi.org/10.2497/jjspm.63.421>
3. Zhang Y., Ye H., Liu H. Preparation and characterization of blue color aluminum pigments Al/SiO<sub>2</sub>/PB with double-layer structure // Powder Technology. 2012. Vol. 217. P. 614–618. doi: <http://doi.org/10.1016/j.powtec.2011.11.035>
4. Kitsomboonloha R., Bera T., Dutta J. Direct Synthesis of Anisotropic Metal Particles by Ink Jet Printing Technique // Advanced Materials Research. 2008. Vol. 55-57. P. 585–588. doi: <http://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amr.55-57.585>

5. Kronberger R., Wienstroer V. 3-D printer FSS using printing filaments with enclosed metal particals // Progress in Electromagnetics Research Symposium-Fall (PIERS-FALL). Singapore, 2017. doi: <http://doi.org/10.1109/piers-fall.2017.8293245>
6. Ishida Y., Nakagawa G., Asano T. Inkjet Printing of Nickel Nanosized Particles for Metal-Induced Crystallization of Amorphous Silicon // Japanese Journal of Applied Physics. 2007. Vol. 46, Issue 9B. P. 6437–6443. doi: <http://doi.org/10.1143/jjap.46.6437>
7. Волошин В. С. Природа отхоодообразования. Мариуполь: Рената, 2007. 666 с.
8. Babaei V., Hersch R. D. Color Reproduction of Metallic-Ink Images // Journal of Imaging Science and Technology. 2016. Vol. 60, Issue 3. P. 305031–3050310. doi: <http://doi.org/10.2352/j.imagingsci.technol.2016.60.3.030503>
9. 3D printing of high-strength aluminium alloys / Martin J. H., Yahata B. D., Hundley J. M., Mayer J. A., Schaedler T. A., Pollock T. M. // Nature. 2017. Vol. 549, Issue 7672. P. 365–369. doi: <http://doi.org/10.1038/nature23894>
10. Recent advances in inkjet printing synthesis of functional metal oxides / Liu X., Tam T.-J., Huang F., Fan J. // Particuology. 2015. Vol. 19. P. 1–13. doi: <http://doi.org/10.1016/j.partic.2014.05.001>
11. Перспективи використання стружки алюмінієвої бронзи в поліграфічних процесах / Киричок П. О., Роїк Т. А., Морозов А. С., Савченко К. І. // Технологія і техніка друкарства. 2009. № 3. С. 81–89.
12. Морозов А. С., Савченко Е. И. Использование металлических пигментов при изготовлении этикетки и упаковки // Упаковка. 2008. № 2. С. 28–31.
13. Морозов А. С., Івасенко М. В., Шаховая О. В. Обробка металізованих колоїдних систем // Технологія і техніка друкарства. 2013. № 2. С. 47–53.
14. Металізована фарбова плівка: патент України МПК (2012.01), C09D11/20 / Морозов А. С. опубл.26.03.2012. Бюл. № 6.