

УДК 655.3.022.11

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ СТРУЖКИ АЛЮМІНІЄВОЇ БРОНЗИ У ПОЛІГРАФІЇ

© П. О. Киричок, д.т.н., професор, Т. А. Роїк, д.т.н.,
професор, А. С. Морозов, к.т.н., доцент, В. А. Ковальов,
к.т.н., доцент, К. І. Савченко, НТУУ «КПІ», Київ, Україна

В статье проанализированы особенности пластического деформирования поверхностных слоев алюминиевой бронзы при обработке резанием, и структурные особенности стружки и порошка. Показана целесообразность использования порошка в полиграфической отрасли.

In the article the features of plastic deformation of superficial layers of albronzes at treatment by cutting, structural features of shaving and powder have been analysed. Expedience of the use of powder is rotined in polygraphy industry have been offered.

Постановка проблеми

Поліграфічне машинобудування і машинобудування для паковальної промисловості великою мірою визначають темпи їх технічного переоснащення, зростання продуктивності праці і рівень якості поліграфічної і паковальної продукції. Великий діапазон технічних параметрів і багатоопераційність виготовлення друкованої і паковальної продукції зумовлюють необхідність застосування на поліграфічних підприємствах різноманітних технологічних процесів, а також використання металізованих матеріалів для досягнення найбільш популярного ефекту серед замовників металевих блиску поліграфічної продукції. Цього ефекту дозволяє досягти друк металізованими фарбами та бронзування. Металеві пігменти, які використовують при виготовленні металізованих фарб,

являють собою порошки, одержані за допомогою різноманітних технологій.

Металеві частинки порівняно недавно використовуються в поліграфії, але результат дає про себе знати. Якщо порошкова металургія по проценту використання посідає перше місце і займає 90 %, то в поліграфічній галузі використовується лише 1 %. Цього вистачало для оздоблення поліграфічної продукції до теперішнього часу. Проте сучасні умови розвитку поліграфічної продукції вимагають суттєвого розширення застосування металевих порошоків для одержання якісних поліграфічних виробів. Окрім того, як металеві пігменти можна застосувати стружкові відходи, про що більш детально викладено нижче.

Аналіз джерел науково-технічної інформації, не виявив відомостей, які б висвітлювали пи-



ПОЛІГРАФІЧНІ МАТЕРІАЛИ

тання використання стружкових відходів як вихідної сировини для отримання порошків, використовуваних у поліграфії, зокрема, при виробництві металізованих фарб. Втім вказані відходи можуть бути вельми перспективним сировинним матеріалом для їх використання незважаючи на масштаби утворюваних металевих стружкових відходів легованих кольорів металів і сплавів, особливо в умовах розвитку в Україні новітніх ресурсозберігаючих технологій.

Мета роботи

Метою досліджень, результати яких наведено у статті, є аналіз морфологічних особливостей стружки алюмінієвої бронзи БрАЖ 9-4 та визначення можливостей подальшого використання порошку на її основі у поліграфії.

Результати проведених досліджень

Металевий порошок, який використовується для виробництва металізованих фарб і технології бронзування, можна одержати зі стружкових відходів кольорових металів. У представленій роботі проілюстровано процеси стружкоутворення для можливості підкреслити, що стружка алюмінієвої бронзи є морфологічно та енергетично вигідним матеріалом для отримання порошків.

Металева стружка являє собою специфічний матеріал, який є продуктом різання. Ця специфіка полягає в тому, що стружка з одного боку, наслідуює структуру і властивості вихідного металу чи сплаву. З іншого

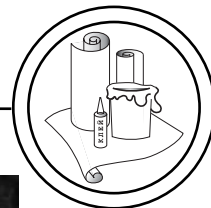
боку, механізм стружкоутворення пов'язаний з руйнуванням і супроводжується певним ступенем пластичної деформації. У шарі, який зрізається, виникає складна система напружень: зсувні, розтягуючі, стискаючі.

Процес зміцнення матеріалу стружки обумовлено дислокаційною структурою зони різання і перешкодами на шляху руху дислокацій: меж зерен, неметалевих включень, частинок зміцнюючих фаз.

В цілому дислокаційна картина в зоні різання характеризується складністю. Локалізація пластичної деформації призводить до нерівномірного розподілу дислокацій не тільки по певним зонам, але навіть і в мікροоб'ємах — окремих елементах шару, що зрізається. Це обумовлюється і тим, що стружка має кінцеву товщину; дислокації та інші дефекти накопичуються в об'ємі стружки швидше, ніж у поверхневому, обробленому шарі [1, 2].

При різанні крихких матеріалів, а також при великих швидкостях різання попередня деформація невелика і головна роль належить пластичній деформації, яка локалізується безпосередньо у ріжучої кромки інструменту. Одночасно діє і супутня деформація, яка виникає при контакті матеріалу із задньою поверхнею інструменту. З боку різця стружка має гладку блискучу поверхню, а з протилежної сторони — шорстку ступінчатої будови. Формування мікрорельєфу внутрішньої поверхні пов'язано з виходом на поверхню рухливих дислокацій [3, 4].

ПОЛІГРАФІЧНІ МАТЕРІАЛИ



Висота сходинок h при числі таких дислокацій n , дорівнює: $h = b \cdot n$. Для висоти 0,1 мм достатньо виходу $4 \cdot 10^5$ дислокацій в одній площині ковзання.

На рис. 1 показана зона стружкоутворення в бронзі БрАЖ 9-4.

Зона характеризується значною пластичною деформацією і чітко вираженою областю попередньої деформації (темна зона на рис. 1). Мікродослідження показали, що це пов'язано з високою щільністю площин ковзання, і відповідно дислокацій. Процес збільшення зазначених дефектів інтенсифікується зі збільшенням глибини різання.

Зона випереджаючого зміцнення 1,03-1,45 мм набагато більше глибини зміцненого ша-

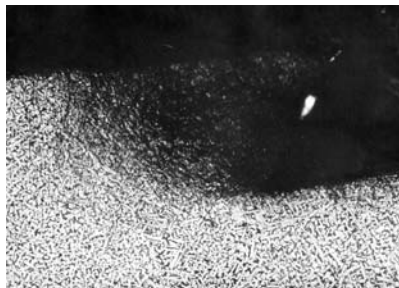


Рис. 1. Пластична деформація в зоні стружкоутворення бронзи БрАЖ 9-4 при глибині різання 0,45мм ($\times 100$)

ру під різцем 0,05-0,30 мм. Цей фактор обумовлює збільшений ступінь мікротвердості поверхні стружки по відношенню до литої поверхні прутка.

Ступінь пластичної деформації структурних складових не-

Мікротвердість алюмінієвої бронзи БрАЖ 9-4 і її структурних складових

№ з/п	Матеріал	Мікротвердість, H_{20} , МПа	
		α -фаза	евтектоїд
1	Литий пруток бронзи БрАЖ 9-4	$\frac{1810-1890}{1860}$	$\frac{2350-2450}{2380}$
2	Стружка бронзи БрАЖ 9-4 * Центральні зони елементів	$\frac{2200-2580}{2450}$	$\frac{2550-2940}{2740}$
	* Крайові зони елементів	$\frac{2700-2820}{2780}$ Середня по фазі 2570	$\frac{2910-3020}{2970}$ Середня по евтектоїду 2880
3	Порошок зі стружки бронзи БрАЖ 9-4, 140-400 мкм * Центральні зони частинок	$\frac{2300-2700}{2620}$	$\frac{2600-3020}{2860}$
	* Крайові зони частинок	$\frac{2810-3030}{3000}$ Середня по фазі 2930	$\frac{2920-3470}{3410}$ Середня по евтектоїду 3210



ПОЛІГРАФІЧНІ МАТЕРІАЛИ

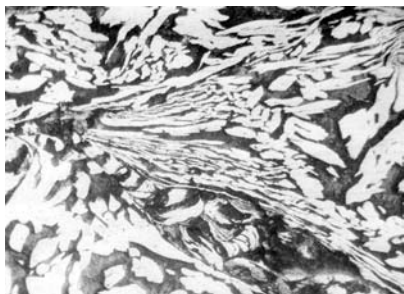


Рис. 2. Локалізація пластичної деформації в об'ємі стружкової частинки, $\times 100$

однакова. Найбільша кількість ліній ковзання візуально спостерігається в α -фазі бронзи, в меншому ступені в евтектоїді (інтерметалід типу $\text{Cu}_{31}\text{Al}_{19}$), які є складовими структури стружки бронзи БрАЖ 9-4, що підтверджується і експериментально при замірі мікротвердості (табл.).

Лінії ковзання мають певну кристалографічну орієнтацію в різних зернах. Знаходячись у вихідному стані в дисперсній (10-30 мкм) і розорієнтованій зоні пластичної деформації, α -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. 2).

Завдяки крупнозернистій литій структурі, товщина шару, що зрізається, в основному не перевищує розміри зерен, і пластичний рух структурних складових гальмується в меншому ступені, ніж в більш дрібнозернистому металі. В останньому випадку шар, що зрізається захоп-

лює один чи декілька шарів зерен і поява зсувів затримується.

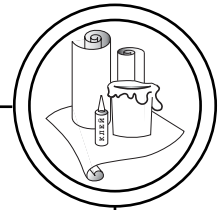
В стружці є багато мікронерівностей, які локалізуються в основному в області вершин. Ці мікронерівностей мають вигляд пор, мікротріщин і мікророзщеплень. Останні пов'язані, скоріш за все, з виходом дислокацій на поверхню. Наявність розвинутої поверхні і різних дефектів підтверджується і при дослідженні мікроструктури.

Вимірювання мікротвердості в різних зонах стружки БрАЖ 9-4 показало, що метал значно зміцнюється в процесі стружкоутворення у порівнянні з початковим литим прутком, особливо це стосується α -фази (табл.). Підвищена мікротвердість поверхні стружки, у тому ж випадку і її структурних складових призводить до деякого її окрихчення, що сприяє більш інтенсивному подрібненню в порошок.

На дослідженій стружці твердість α -фази збільшилася в 1,3-1,5 рази, а евтектоїду в 1,15-1,25 разів.

В процесі утворення стружки при сколюванні і розділенні окремих елементів утворюється ювенільна хімічна активна поверхня, тобто поверхня, що має підвищену реакційну здатність. Тому в результаті взаємодії з навколишнім середовищем стружка окиснюється. В даній роботі визначався вміст кисню в стружці бронзи БрАЖ 9-4, через різний період часу після її утворення. Вміст кисню в стружці визначався на газоаналізаторі фірми «Лесо», (США) при порівнянні з стандартними зразками складовими якого був фізично

ПОЛІГРАФІЧНІ МАТЕРІАЛИ



адсорбований кисень на її поверхні та кисень в порах.

На рис. 3 зображено залежність окиснення стружки від часу перебування її в атмосфері сухого повітря. Окиснення поверхні стружки в даному випадку призводить до погіршення оптичних властивостей металевих частинок і зменшує їх металевий блиск в готовому фарбовому покритті.

Вибір механічного подрібнення матеріалів для отримання порошоків які використовуються в поліграфії у якості пігментів обумовлене їх оптичними характеристиками, пов'язаними з вмістом кисню.

Всі існуючі механічні способи дроблення стружки можна розділити на дві групи: безпосередньо у момент утворення стружки при обробці деталі на металорізальному верстаті і подрібненням на спеціальних машинах — стружкодробилках і млинах. Для розмелювання використовують кульові, вібраційні, струменеві і вихрові млини, атритори. Руйнування відбувається за рахунок механічної дії розмелюючих тіл, що мелють, удару частин, що обертаються, або за рахунок самоподрібнення при зіткненні частинок диспергованого матеріалу [5].

Піддаючись ударній дії, стружкові частинки на першій стадії поділяються на більш дрібні елементи. При послідовних ударах в зонах, які не здатні для подальшої пластичної деформації, концентрація дефектів стає граничною і відбувається крихке руйнування по виникаючим мікро і макротріщинам.

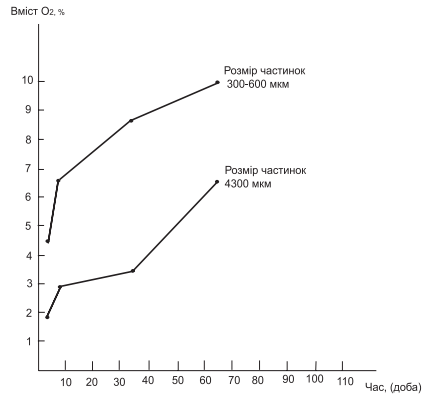


Рис. 3. Залежність окиснення стружки різної фракції від часу проведення її в атмосфері сухого повітря

В результаті утворюються частинки переважно у формі неправильного чотирикутника [6].

Мікроструктура частинок порошку в певній мірі успадковує особливості будови литого металу і стружки. Однак, глибина їх пластично деформованих шарів і ступінь наклепу значно більше (рис. 4). Мікротвердість α -фази в поверхневих шарах частинок складає 2810-3030 МПа, в центральних — 2300-2700 МПа, а евтектоїда в цих же зонах — відповідно 2920-3470 МПа і 2600-3020 МПа. В порівнянні зі стружкою мікротвердість структурних складових при подрібненні підвищується в середньому в 1,1 разів, а по відношенню до литого металу — в 1,4-1,6 разів за рахунок збільшення лінійних дефектів. Частинки порошку мають більш розвинуту поверхню, ніж вихідна стружка і при контакті з в'язким фарби обумовлюють більш міцну ступінь адгезії в процесі полімеризації чи тверднення.



ПОЛІГРАФІЧНІ МАТЕРІАЛИ

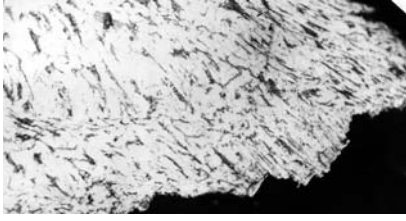


Рис. 4. Мікроструктура частинок порошку, отриманого подрібненням стружки бронзи БрАЖ 9-4 в атриторі (а) і в віброподрібнювачі (б), $\times 500$

На думку авторів, можна застосувати спеціальний режим віброрізання та спеціальну конструкцію різця, які дозволять виготовляти частинки відносно однакового розміру з меншим ступенем окиснення їх поверхні. А такі характеристики металевих частинок позитивно впливають на оптичні властивості фарби на відбитку і відповідно підвищують споживацькі властивості продукції.

Операція віброрізання відіграє лише допоміжну роль, не дивлячись на те, що полегшує транспортування стружкових відходів з території стружкооброблювальних підприємств [7].

Перспективним є використання такого способу для цілей порошкової металургії, а також для поліграфічного виробництва. Головною перевагою цієї технології є однаковий розмір металевих частинок, завдяки чому вони надають цілу гаму оптичних характеристик, які значно впливають на споживацькі властивості етикеточної та паковальної продукції.

Із застосуванням способу віброрізання було проведено експерименти по впливу певних режимів різання на дисперсність отриманої стружки при точінні готової деталі.

За дослідними даними були побудовані залежності гранулометричного складу отриманого стружкового порошку алюмінієвої бронзи від подачі і глибини різання (рис. 5).

Різний характер залежностей від зміни умов різання обумовлено взаємодією трьох пружин з виникаючим зусиллям різання, які призводять коливальний контур в рух, що забезпечує коливання різця з певною амплітудою і частотою відносно вертикальної вісі подрібненню стружки до заданого ступеня дисперсності.

На основі одержаних залежностей можна зробити наступні висновки:

1) найбільший вплив на ступінь подрібнення стружки здійснює подача: при використанні мінімально можливої подачі для даного станка, яка дорівнює 0,05 мм/об, має місце експоненційна залежність збільшення дисперсності стружки, що утворюється у межах зміни глибини різання від 1 до 2,5 мм для середнього розміру частинок від 0,57 до 1 мм;

2) при збільшенні подачі в чотири рази має місце зміна характеру кривих з явно вираженими максимумами для різних глибин різання, що можна пояс-

ПОЛІГРАФІЧНІ МАТЕРІАЛИ

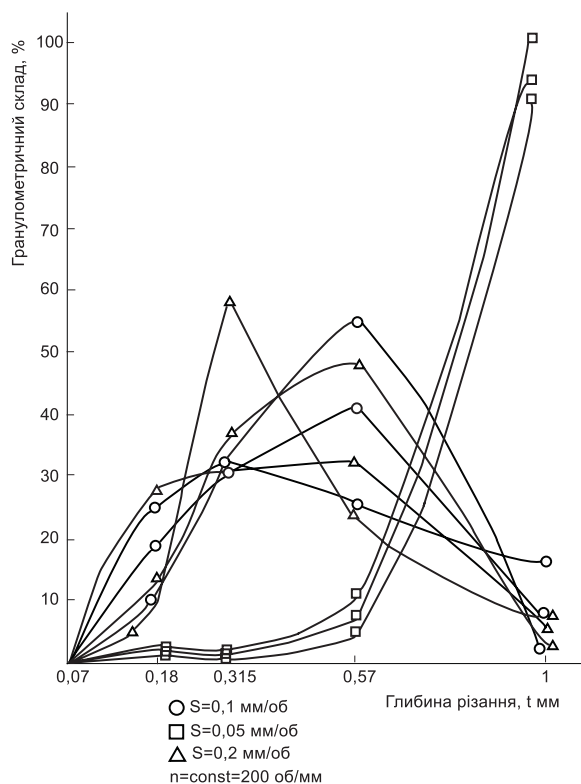
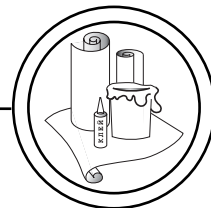


Рис. 5. Залежність гранулометричного складу отриманого стружкового порошку алюмінієвої бронзи від подачі і глибини різання

нити меншим ступенем деформації і розломів поперечних перерізів елементів стружки;

3) використання вібросупорта у порівнянні зі звичайним методом точіння дає можливість при однакових режимах різання зменшити дисперсність стружки, в 5...6 разів.

Залежно від приналежності друкарської фарби до того або іншого типу структурованих рідин — твердоподібних або рідиноподібних, при механізмі закріплення фарбового шару на задрукованому матеріалі відбуватиметься формування майбутньої структури полімерної композиції.

Полімерна композиція, що містить стружкові металеві пігменти, відноситься до класу псевдо дисперсійно-зміцнених матеріалів і має обмежену товщину. Ансамбль дисперсійних частинок наповнювача зміцнює полімерний матеріал за рахунок опору руху дислокацій при навантаженні, що затрудняє пластичну деформацію.

Щодо експлуатаційних характеристик полімерних металізованих плівок, які покращують зовнішній вигляд і споживачські властивості подавальних і етикеткових виробів, можна відзначити наступні:



ПОЛІГРАФІЧНІ МАТЕРІАЛИ

— міцності, які визначаються при склерометричних випробуваннях шляхом нанесення подряпин на металізовану поверхню. При добрій адгезії частинки деформуються разом з об'єктом, не відриваючись від нього;

— екстрагованість речовин, які входять до складу покриття в контакту агресивну середу, втрата яких значно погіршує захисні властивості покриття;

— металевий наповнювач дає діапазон оптичних ефектів починаючи від блиску і іскріння (brilliance and sparkie-effekt) до зміни кольору залежно від точки зору (frost-effect).

Висновки

В результаті проведених досліджень можна зробити такі висновки:

1) стружка алюмінієвої бронзи є морфологічно вигідним матеріалом для отримання порошків. Розвинута поверхня, багаточисельні дефекти у вигляді макро- і мікротріщин, розщеплень і пор, утворення специфічного мікрорельєфу формує в матеріалі стан, характерний для стадії попереднього подрібнення;

2) частинки порошку, отриманого подрібненням стружки в атриторах, мають переважно форму неправильних чотирикутників, а при подрібненні у вібротрищині отримують осколочну форму. Мікроструктура частинок порошку успадковує структурні особливості литого металу і стружки, а також їх макро- і мікродфекти. При подрібненні відбувається подальший їх розвиток і зміцнення матеріалу, що призводить до крихкого ста-

ну і формує передумови для подальшого подрібнення;

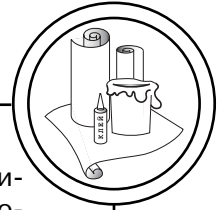
3) в процесі утворення стружки БрАЖ 9-4 утворюється хімічно активна поверхня, яка має підвищену реакційну здатність, в результаті чого вона окиснюється. Подальше формування спотвореного поверхневого шару в процесі подрібнення призводить до додаткового окиснення частинок. Вміст кисню в порошок збільшується у порівнянні зі стружкою у 5-6 разів. Це потребує захисту матеріалу від окиснення в процесі подрібнення і його зберігання;

4) проведені дослідження показують можливість практичного використання віброподрібнення при обробці деталей різанням для отримання стружкового порошку безпосередньо на металорізальному станку. В цьому випадку виключається застосування традиційних механічних подрібнювачів. Конструктивно цей спосіб реалізується запропонованим вібросупортом;

5) при віброрізанні можна отримати частинки з меншим ступенем окислення, завдяки чому можна досягти кращого оптичного ефекту.

Таким чином, використання металевих стружкових відходів в поліграфічній промисловості дозволяє отримати універсальний матеріал для виробництва металізованих фарб, задрукуваних матеріалів, технології бронзування. Крім того, вирішується питання утилізації стружкових відходів, що є екологічно та економічно доцільним. Подальші дослідження будуть спрямовані на можливість виготовлення частинок меншо-

ПОЛІГРАФІЧНІ МАТЕРІАЛИ



го розміру з меншим ступенем окиснення, з більш оптимальними оптичними властивостями,

адже це безпосередньо впливає на економічні важилі друкованої продукції.

1. Старков В. К. Дислокационные представления о резании металлов / В. К. Старков. — М. : Машиностроение, 1979. — 160 с. 2. Пресняков А. А. Локализация пластической деформации / А. А. Пресняков. — М. : Машиностроение, 1983. — 56 с. 3. Подураев В. Н. Высокопроизводительные физико-химические методы обработки. — В кн. : Научные основы прогрессивной техники и технологии / В. Н. Подураев. — М. : Машиностроение, 1985. — С. 162—197. 4. Владимиров В. И. Физическая природа разрушения металлов / В. И. Владимиров. — М. : Metallurgiya, 1984. — 280 с. 5. Ходаков Г. С. Физика измельчения / Г. С. Ходаков. — М. : Наука, 1972. — 307 с. 6. Морозов А. С. Структурные и морфологические особенности порошка, полученного измельчением стружки алюминиевой бронзы / А. С. Морозов, А. И. Райченко // Порошковая металлургия. — 1988. — № 7. — С. 20—23. 7. Купрехов Ю. П. Сбор и заготовки лома и отходов цветных металлов / Ю. П. Купрехов, В. А. Радзиковский. — М. : Metallurgiya, 1988. — 157 с.

Рецензент — Л. Г. Вуець, к.т.н.,
доцент, НТУУ «КПІ»

Надійшла до редакції 29.05.09