

Степанчук А.М., Тесля С.Ю., Похилько Б.А.

(КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ)

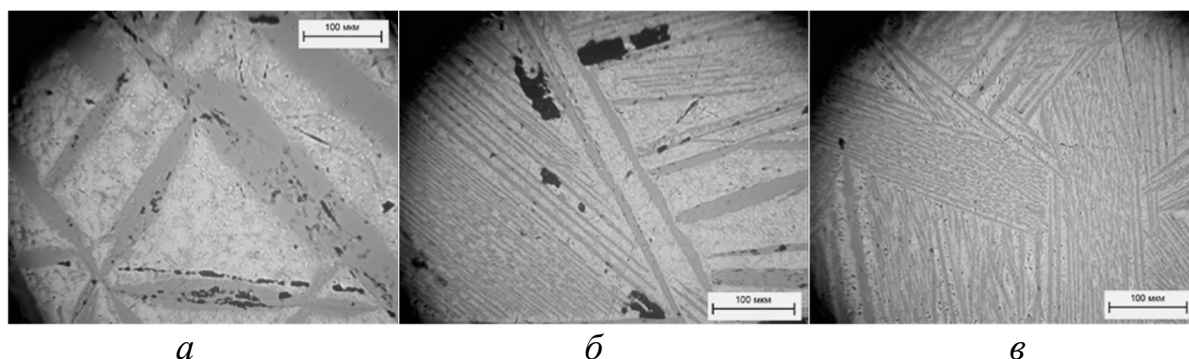
**ОТРИМАННЯ ТА ДЕЯКІ МЕХАНІЧНІ ВЛАСИВОСТІ
ШТАМПОВАНИХ ПОРОШКОВИХ СПЛАВІВ Al-Fe ВИМІРЯНИХ
МЕТОДОМ SMALL PUNCH TEST**

E-mail: astepanchuk@iff.kpi.ua)

Розвиток машинобудування призводить до того, що з'являється потреба у виготовленні деталей з матеріалів, що мають принципово нові властивості. Особливо важливими вимогами до матеріалів є висока міцність та мала густина. Саме тому алюміній та його сплави є важливим класом матеріалів завдяки їх універсальним властивостям, які роблять їх придатними для використання в різних галузях промисловості, таких як авіакосмічна галузь, суднобудування, автомобільне машинобудування, а також електротехнічна і атомна енергетика.

В останній час інтенсивно розробляються легкі металічні композиційні матеріали. Особливо перспективними являються сплави алюмінію, леговані елементами, що сприяють утворенню в них дисперсних фаз, які зміцнюють матеріал. Серед таких матеріалів варто приділити увагу сплавам алюмінію, легованих залізом [1]. Зміцнення в таких сплавах забезпечується за рахунок інтерметалідів Al_xFe_y , коли вони знаходяться в структурі матеріалу у дисперсному стані [2], [3].

У випадку отримання виробів з таких матеріалів методами ливарного виробництва литвом у форми звичайно структура таких матеріалів складається з алюмінієвої матриці з вкрапленнями інтерметалідної фази (ІМФ), розмір і форма зерен яких залежить від умов кристалізації (швидкості охолодження). Збільшення швидкості охолодження, у напрямі: литво у піщану форму – металевий кокіль – у воду сприяє зменшенню розміру зерен інтерметалідної фази. Але її розмір і морфологія не сприяють зміцненню сплаву. Так для сплавів Al + 15% Fe має вигляд структура, наведена на рис. 1.



a – у піщану форму ; *б* – у металевому кокілі; *в* – у воді

Рис. 1. Мікроструктура матеріалу Al + 15 мас. % Fe, отриманого литтям за різних умов (оптичний мікроскоп) ($\times 100$)

Тому в роботі за мету було поставлено отримання порошків зі структурою, яка вміщує ІМФ з розмірами $1 \dots 5$ мкм. Одним із варіантів такі порошки отримували подрібненням стружки з виливків сплаву. За другим варіантом порошки отримували розпилюванням розплаву згідно методики, викладеній в роботі [4], виходячи з передбачення, що завдяки високій швидкості охолодження продуктів диспергування $((1-6) \cdot 10^{-5}$ град/с)) буде формуватись дрібнозерниста структура порошків [5] з дисперсними вкрапленнями інтерметалідів алюмінію.

Як показав аналіз структури отриманих порошків (рис. 2) обидва методи забезпечують наявність в структурі ІМФ з переважним розміром зерен $1 \dots 5$ мкм. При цьому рівновісність зерен ІМФ у порошках, отриманих механічним подрібненням, більша. Структура порошків, отриманих розпилюванням розплаву, вміщує ІМФ переважно з розміром частинок $0,5 \dots 3,0$ мкм. Але поряд з цим наявні вкраплення ІМФ пластинчастої форми товщиною $1 \dots 2$ мкм і довжиною $5 \dots 15$ мкм.

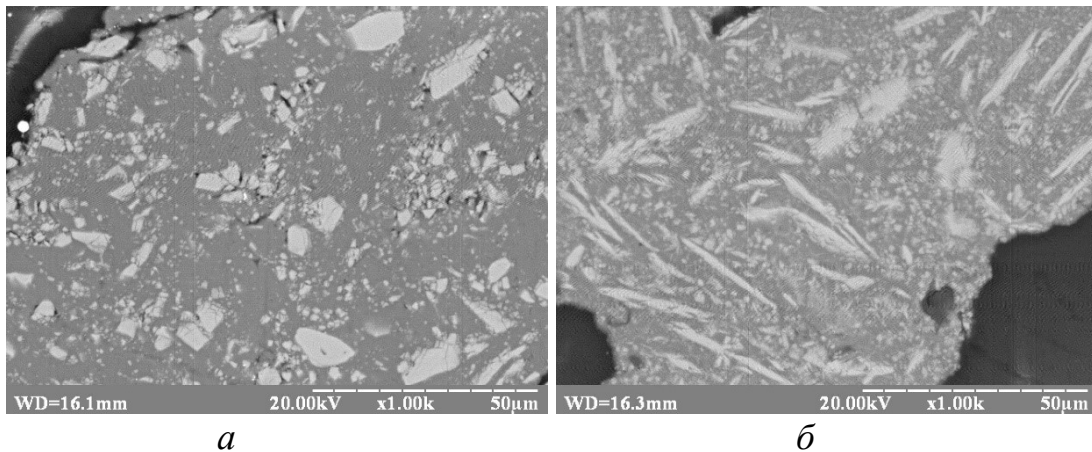


Рис. 2. Мікроструктура порошку сплаву Al + 15 мас. % Fe, отриманого розмелюванням у планетарному млині (а) та розпилюванням розплаву (б)

З отриманих порошків були виготовлені зразки методом гарячого штампування, яке проводили на дуго-статорному пресі з попереднім нагріванням за температур $750, 800$ та 850 °С виготовлених заготовок статичним пресуванням. Структура отриманих таким чином матеріалів наведена на рис. 3.

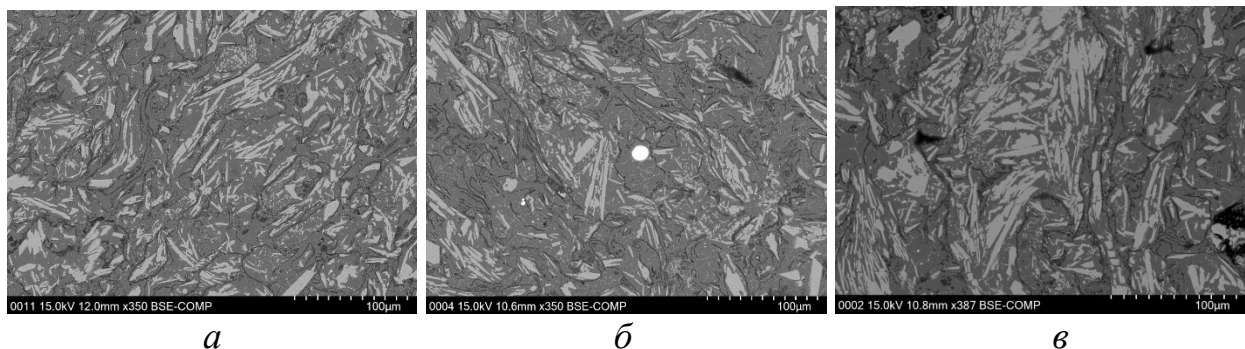


Рис. 3. Мікроструктура сплавів Al + 15 мас. % Fe, отриманих гарячим штампуванням з попереднім нагріванням за температур: 700 °С (а), 890 °С (б) та 850 °С (в)

Аналіз її показує, що вона подібна до структури вихідних порошків, яка включає матричну фазу на основі алюмінію (темно-сіра фаза) і вкраплення ІМФ (світла фаза), розмір якої після нагрівання та штампування дещо більший, ніж у вихідних порошків. У структурі матеріалу також з'являється темна фаза, яка знаходиться на межі зерен. Кількість і товщина цієї фази збільшується зі збільшенням температури нагрівання заготовок перед штампуванням. Ця фаза ідентифікується як оксиди, які можуть утворюються при нагріванні заготовки за рахунок окиснення алюмінію, який має велику спорідненість до кисню.

Для оцінки механічних характеристик матеріалів використовувався метод вдавлювання маленької кульки (Small Punch Test) [6], [0]. Загальна схема форми для даного методу зображена на рис. 4. Форма складається з розбірної матриці, яка з'єднується болтами, та пуансона із стержнем, на кінчику якого встановлюється стальна кулька. Досліджуваний зразок затискається між верхньою та нижньою матрицями, після чого всі частини збираються в єдиний інструмент та встановлюється в тест-машину MTS AdamelLhomargy-DY35.

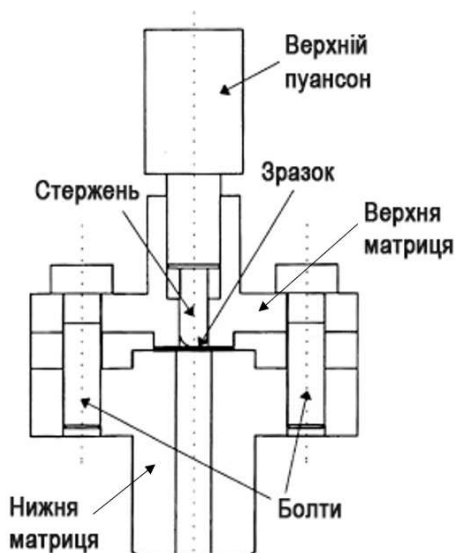


Рис. 4. Загальна схема форми для випробування вдавлюванням кульки [6], [7]

бути інтегральною характеристикою механічних властивостей матеріалу. Отримані в роботі результати показують, що вона змінюється, при інших рівних умовах, залежно від температури нагрівання від 0,030 Дж до 0,072 Дж. При швидкості прикладання навантаження 0,005 мм/хв енергія руйнування збільшується зі збільшенням температури нагрівання. За швидкості навантаження 0,5 мм/хв енергія руйнування практично не залежить від температури нагрівання заготовки перед штампуванням.

Отримані результати можна пояснити з наступних міркувань. Як відомо, на міцність порошкового виробу впливає міцність зчеплення між зернами. Як було зазначено вище, в мікроструктурі зразків, отриманих гарячим штампуванням (рис. 3), на межах зерен присутній крихкий оксидний прошарок, який значно зменшує міцність зчеплення між частинками. При цьому зі

Суть даного методу полягає у безперервному продавлюванні кульки в жорстко закріпленій зразок і реєстрації діаграми деформування в координатах навантаження на індексатор (F) – глибина продавлювання (u). Для випробовування таким методом використовувалися зразки з розмірами 8×8 мм товщиною 0,5 мм та стальна кулька діаметром 2,5 мм.

В процесі вдавлювання проводиться запис кривої “навантаження – глибина вдавлювання”. У наслідок обробки кривих була розрахована енергія руйнування за методикою робіт [6]–[7], яка може