

УДК 537.63

Сейдаметов С.В.¹, Щетініна М.О.²

¹ старш. викл. НУ «Запорізька політехніка»

² старш. лаб. НУ «Запорізька політехніка»

ВПЛИВ ПОСТІЙНОГО МАГНІТНОГО ПОЛЯ НА МІКРОТВЕРДІСТЬ МІДІ

Факти впливу магнітних полів на структуру і властивості магнітовпорядкованих матеріалів відомі досить давно і в даний час знаходять своє пояснення в рамках квантової теорії магнетизму [1]. У той же час можливість зміни властивостей і структури неферромагнітних матеріалів під дією магнітних полів неочевидна і в більшості випадків викликає сумніви.

Автори робіт [2, 3] досліджували вплив постійних і змінних магнітних полів на деформацію алюмінію і міді. Була виявлена залежність інтенсивності деформацій від швидкості вмикання і вимикання магнітного поля. Швидке вимикання як постійного, так і змінного магнітних полів викликало інтенсифікацію процесу деформування. Повільне вмикання/вимикання магнітного поля на процес деформування ніяк не впливало. Автори робіт пояснили підвищення пластичності матеріалу при швидкому вмиканні магнітного поля нагріванням зразків за рахунок виділення тепла в результаті розсіювання вихрових струмів при швидкій зміні магнітного потоку.

У роботах [4, 5] автори спостерігали зростання деформуючого напруження течії кристалів міді і алюмінію при їх активній деформації при низьких температурах у постійному магнітному полі з індукцією до 6 Тл, направленому уздовж осі розтягнення. Спостережувані тільки в пластичній області оборотні зміни деформуючого напруження при накладенні і знятті магнітного поля не залежали від температури і були пропорційні квадрату індукції магнітного поля.

У роботі [6] автори досліджували вплив постійного магнітного поля з індукцією $B \leq 0,3$ Тл на мікротвердість полікристалічного алюмінію. Виявлена залежність мікротвердості від індукції магнітного поля, а також від часу експозиції зразків у магнітному полі. Цікавим є проведення подібних досліджень поведінки мікротвердості діамантної міді в постійному магнітному полі величиною $B \geq 0,3$ Тл.

Як матеріал для досліджень була обрана полікристалічна мідь. Розміри підготовлених зразків становили $12 \times 12 \times 6$ мм³. Підготовка зразків до досліджень полягала в шліфуванні поверхні наждачним папером з різним розміром зерен з подальшим поліруванням. Потім проводили відпал зразків у вакуумі $2 \cdot 10^{-5}$ мм рт. ст. при температурі (860 ± 5) °С протягом трьох годин.

Для створення постійного магнітного поля використовувалися два неодимові магніти кубічної форми розмірами $20 \times 20 \times 20$ мм³, які були закріплені на кронштейні у вигляді магнітопроводу для підсилення магнітного поля. Відстань між полюсами магнітів складала 13,5 мм (рис. 1).

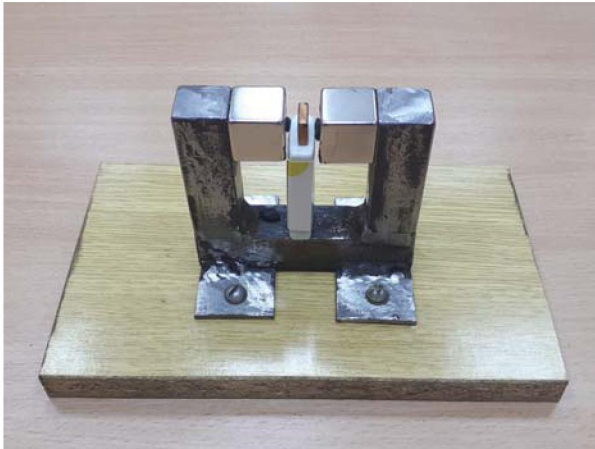


Рисунок 1 – Експериментальна установка для обробки металів постійним магнітним полем.

Індукцію постійного магнітного поля визначали за допомогою вимірювача магнітної індукції ВМІ-1. Похибка вимірювання індукції не перевищувала 5%.

Мікротвердість зразків визначали за допомогою мікротвердоміра Віккерса НВА-1 фірми Мікротех. Як індентор при вимірюваннях мікротвердості використовувалась алмазна пірамідка з квадратною основою і кутом при вершині 136° . Величина навантаження на індентор становила 0,49 Н, час витримки – 10 с. Випробування проводились при температурі 20 °С. Кожна точка залежності була отримана за результатами усереднення та статистичної обробки 50 вимірювань мікротвердості в одній серії. Як кількісна характеристика впливу магнітного поля на мікротвердість була обрана величина Q [7]:

$$Q = \frac{H_{\mu} - H_{\mu 0}}{H_{\mu}} \quad (1)$$

де H_{μ} – мікротвердість зразка після обробки в постійному магнітному полі, $H_{\mu 0}$ – мікротвердість зразка у вихідному стані (без поля).

На рис. 2 показана залежність зміни мікротвердості міді з плином часу після витримки зразків у постійному магнітному полі з індукцією $B=0,38$ Тл протягом 1 години.

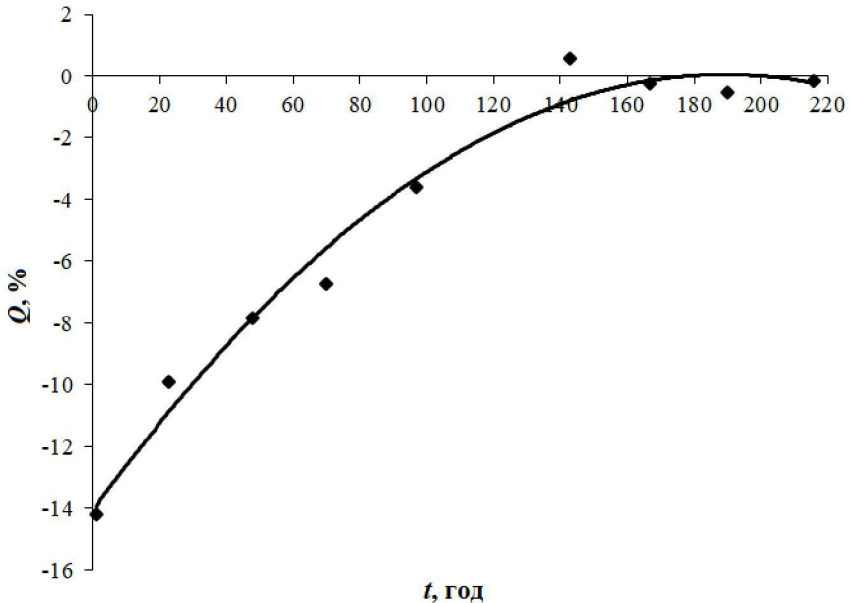


Рисунок 2 – Залежність відносної зміни мікротвердості міді з часом після витримки в постійному магнітному полі $B=0,38$ Тл протягом 1 години.

Як видно з рис. 2, витримка зразків з міді в магнітному полі призвела до зменшення мікротвердості на 14%. Протягом 180 годин після обробки мікротвердість міді монотонно збільшується до початкового значення 775 МПа (без поля). Потім, протягом наступних 36 годин, мікротвердість знаходиться в межі початкового значення, тобто майже не змінюється.

Висновки. Виявлений вплив слабого магнітного поля на мікротвердість міді. Встановлена залежність відносної зміни мікротвердості міді від часу після витримки зразків у постійному магнітному полі. Зміну

мікротвердості міді в магнітному полі можна пояснити зміною енергії зв'язку дислокацій з локальними стопорами [8].

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Вонсовский, С.В. Магнетизм / С.В. Вонсовский. – М.: Наука, 1971. – 1032 с.
2. Низкотемпературная пластическая деформация меди и алюминия в магнитных полях до 27 кЭ / Д.Н. Большуткин, Б.И. Веркин, В.А. Десненко и др. // Физика низких температур. – 1975. – Т. 1, № 11. – С. 1413-1419.
3. Большуткин, Д.Н. Магнитопластический эффект и нагрев вихревыми токами / Д.Н. Большуткин, В.А. Десненко, В.Я. Ильичев // Физика низких температур. – 1976. – Т. 2, № 11. – С. 599-602.
4. Galligan, J.M. Electron-dislocation interaction in copper / J.M. Galligan, T.H. Lin, C.S. Gang // Physical Review Letters. – 1977. – V. 38, № 8. – P. 405-407.
5. Galligan, J.M. The electron drag on mobile dislocations in copper and aluminum at low temperatures. Strain rate, temperature and field dependence / J.M. Galligan, C.S. Pang // Journal Applied Physics. – 1979. – V. 50, № 10. – P. 6253-6256.
6. Загуляев, Д.В. Влияние слабых магнитных полей на микротвердость поликристаллического алюминия / Д.В. Загуляев, С.В. Коновалов, В.Е. Громов // Вестн. Южно-Ур.ун-та. Сер. Матем. Мех. Физ. – 2010. – Вып. 2. – С. 53-56.
7. Физические аспекты влияния слабых магнитных полей на деформационное поведение Al / В.А. Петрунин, Д.В. Загуляев, С.В. Коновалов и др. // Известия алтайского государственного университета. – 2012. – № 1-2 (73). – С. 150-153.
8. Сейдаметов, С.В. Магнитопластический эффект в условиях испытаний на кинетическое индентирование / С.В. Сейдаметов, С.В. Лоскутов, М.О. Щетинина // Металлофизика и новейшие технологии. – 2015. – Т. 37, № 5. – С. 615-624.