

ВЛИЯНИЕ γ -ОБЛУЧЕНИЯ НА МИКРОТВЕРДОСТЬ БЫСТРОЗАТВЕРДЕВШИХ ФОЛЬГ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ

Е.С. Гутько, В.Г. Шепелевич

Белорусский государственный университет, г. Минск, пр. Ф. Скорины, 4, тел. 226-57-00

Быстрозатвердевшие фольги на основе алюминия находятся в неустойчивом состоянии. В работе рассмотрено влияние γ -облучения различными дозами на микротвердость фольг сплавов Al – Ge, Al – Fe и D16. Облучение способствует образованию зон Гинье-Престона в фольгах сплавов, содержащих 5 ат.% Ge, и D16. Проведен изохронный отжиг облученных и необлученных фольг исследуемых сплавов. Для облученных фольг сплава Al – 1 ат.% Fe при распаде пересыщенного твердого раствора происходит образование только стабильной фазы Al_3Fe . Рассмотрено сравнение конечных значений микротвердости облученных и необлученных отожженных фольг.

Введение

Благодаря методам сверхбыстрой закалки из расплава расширяется круг новых материалов и возрастают возможности использования ранее разработанных сплавов. К числу таких материалов относятся алюминиевые сплавы, применяемые в различных отраслях техники [1]. Быстрозатвердевшие фольги являются нестабильными, поэтому внешние воздействия могут приводить к изменению их структуры и свойств. Так, в работе [2] рассмотрено влияние γ -облучения на параметр решетки чистого алюминия и сплава 2017-T6 в зависимости от длительности облучения. В связи с этим является актуальным исследование влияния γ -облучения на свойства сплавов, полученных сверхбыстрой закалкой из расплава. В настоящей работе представлены результаты изменения микротвердости быстрозатвердевших фольг сплавов Al – 5 ат.% Ge, Al – 1 ат.% Fe, D16, подвергнутых γ -облучению.

Методика эксперимента

Быстрозатвердевшие фольги получали выплескиванием капли расплава требуемого состава на внутреннюю полированную поверхность вращающегося медного цилиндра. Скорость охлаждения расплава составляла $\sim 10^6$ К/с [3]. Для исследования брали фольги толщиной 30–70 мкм. Исследуемые фольги подвергались γ -облучению в установке МРХ60. Энергия γ -квантов составляла 1,2 МэВ. Быстрозатвердевшие фольги были подвергнуты облучению в течение времени $t_1 = 8$ месяцев и $t_2 = 26$ месяцев. Доза облучения составила $D_1 = 6 \times 10^{18}$ γ -квант/см² и $D_2 = 1,2 \times 10^{19}$ γ -квант/см² соответственно. Измерение микротвердости H_{μ} осуществлялось на приборе ПМТ-3 при нагрузке 20 г. Изохронный отжиг проводился от комнатной температуры до 600 °С.

Результаты и их обсуждение

При γ -облучении происходит изменение микротвердости быстрозатвердевших фольг. Так, H_{μ} для облученных фольг сплавов Al – 5 ат.% Ge и D16 выше, сплава Al – 1 ат.% Fe ниже, чем у необлученных фольг того же состава (рис. 1, 2, 3). Повышение микротвердости облученных фольг, можно предположить, связано с усилением процесса образования зон Гинье-Престона. Стабильность образующихся скоплений легирующих атомов фольг сплава Al – Fe ниже, чем у фольг

Al – Ge и D16. По этой причине облучение, возможно, не приводит к образованию кластеров в фольгах сплава Al – 1 ат.% Fe.

Проведены исследования по влиянию изохронного отжига на микротвердость облученных и необлученных фольг исследуемых сплавов. Как видно из рис. 1, кривые изохронного отжига для облученных фольг Al – 5 ат.% Ge лежат выше кривой отжига необлученных образцов.

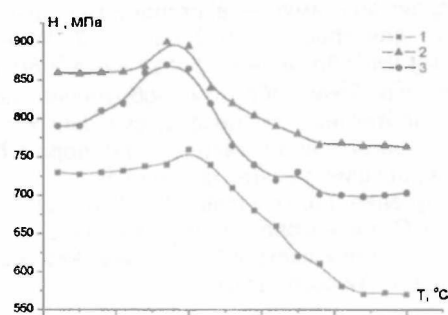


Рис. 1. Изменение микротвердости при изохронном отжиге фольг сплава Al – 5 ат.% Ge (1 – необлученные, 2 – облученные дозой D_1 , 3 – облученные дозой D_2)

Для всех фольг сплава Al – 5 ат.% Ge в интервале температур от 80 до 200 °С наблюдается рост микротвердости, причем изменение H_{μ} больше для облученных фольг. В работе [4] высказано предположение, что распад пересыщенного твердого раствора в системе Al – Ge начинается с формирования зон Гинье-Престона, упрочняющих сплав. Дальнейшее увеличение температуры отжига приводит к уменьшению микротвердости, так как происходит распад пересыщенного твердого раствора, метастабильных фаз и процесс рекристаллизации [5]. Конечные значения облученных фольг данного сплава выше, чем у необлученных. Такое различие может быть обусловлено тем, что выделения второй фазы в облученных фольгах являются более мелкодисперсными, чем в необлученных.

Типичные зависимости микротвердости от температуры отжига облученных и необлученных фольг сплава D16 представлены на рис. 2. При изохронном отжиге до 180 °С для всех фольг наблюдается увеличение H_{μ} , что обусловлено выделением мелкодисперсных зон Гинье-Престона на начальном этапе распада пересыщенного твердого раствора [6].

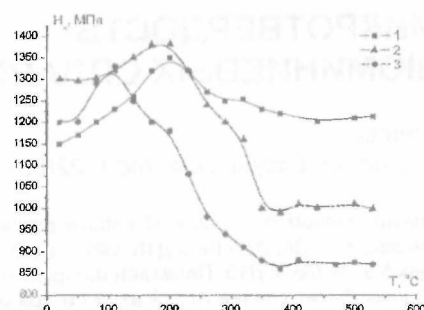


Рис. 2. Изменение микротвердости при изохронном отжиге фольг сплава Д16 (1 – необлученные, 2 – облученные дозой D_1 , 3 – облученные дозой D_2)

Повышение температуры отжига приводит в дальнейшем к распаду пересыщенного твердого раствора, обусловленного образованием метастабильной S -фазы и затем стабильной $S(\text{Al}_2\text{CuMg})$ -фазы, что вызывает уменьшение микротвердости. Для облученных фольг выделение фаз при распаде пересыщенного твердого раствора происходит раньше, о чем свидетельствует сдвиг максимумов в сторону меньших температур для кривых 2 и 3 на рис. 2. Конечные значения $H\mu$ облученных фольг ниже, чем у необлученных. Таким образом, γ -облучение способствует протеканию процессов, связанных с распадом пересыщенного твердого раствора в быстрозатвердевших фольгах сплава Д16.

Облучение фольг сплава Al – 1 ат. % Fe дозами D_1 и D_2 одинаково влияет на поведение микротвердости при изохронном отжиге. Кривые 2, 3 на рис. 3 почти совпадают.

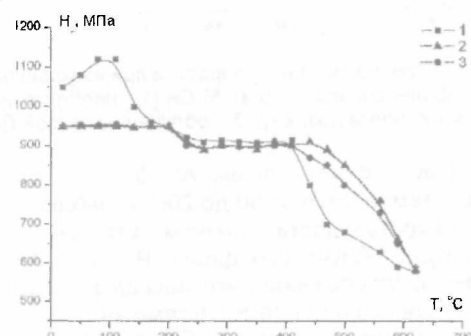


Рис. 3. Зависимость микротвердости от температуры при изохронном отжиге для фольг сплава Al – 1 ат. % Fe (1 – необлученные, 2 – облученные дозой D_1 , 3 – облученные дозой D_2)

Отжиг необлученных фольг сплава Al – 1 ат. % Fe до 80 °С приводит к увеличению микротвердости, так как образуются кластеры. На кривых облученных фольг подъем $H\mu$ отсутствует, поскольку γ -облучение не приводит к образованию зон Гинье-Престона для данного сплава. Дальнейший отжиг ведет к распаду пересыщенного твердого раствора, причем у необлученных фольг он происходит раньше и в два этапа. На первом этапе происходит образование метастабильной фазы Al_3Fe , на втором – стабильной фазы Al_3Fe [7]. Для облученных фольг наиболее интенсивно микротвердость уменьшается после отжига выше 400 °С. Можно предположить, что при распаде пересыщенного твердого раствора облученных фольг сплава Al – 1 ат. % Fe происходит образование только стабильной фазы Al_3Fe . Конечные значения микротвердости облученных и необлученных фольг практически совпадают.

Заключение

При γ -облучении микротвердость быстрозатвердевших фольг сплавов Al – 5 ат. % Ge и Д16 увеличивается, а фольг сплава Al – 1 ат. % Fe уменьшается. γ -облучение фольг сплавов Al – 5 ат. % Ge и Д16 способствует образованию зон Гинье-Престона. Конечные значения микротвердости после отжига облученных фольг Al – 5 ат. % Ge выше, чем у необлученных, а для фольг Д16 ниже. При распаде пересыщенного твердого раствора облученных фольг сплава Al – 1 ат. % Fe происходит образование только стабильной фазы Al_3Fe . Конечные значения микротвердости облученных и необлученных фольг Al – 1 ат. % Fe совпадают.

Список литературы

1. Lavernia E. J., Ayers J. D., Srivatsan T. S. // Int. Mater. Rev. – 1992, V. 37, №1. – P. 1–44.
2. Miura K., Fiore N. F., Allen S. W. // J. Nucl. Mater. – 1973, 49, № 1 – P. 108–112.
3. Мирошниченко И. С. Закалка из жидкого состояния. – М.: Металлургия, 1982. – 168 с.
4. Кузнецова Р. И., Федоренко С. З., Цой Г. М., Жуков Н. Н. // Физика металлов и металловедение. – 1976, том 42, № 1. – С. 75–81.
5. Гутько Е. С., Шепелевич В. Г. // Машиностроение. Республиканский межведомственный сборник научных трудов. – Минск, 2003. – С. 640–643.
6. Шепелевич В. Г. // Вестник БГУ. Сер. 1. – 1999, № 2. – С. 23–25.
7. Василевич Е. Ю., Гутько Е. С., Шепелевич В. Г. // Сборник научных трудов. Теоретические и технологические основы упрочнения и восстановления изделий машиностроения. – ПГУ, 2001. – С. 162–165.

INFLUENCE OF γ -IRRADIATION ON MICROHARDNESS OF RAPIDLY SOLIDIFIED FOILS OF ALUMINIUM ALLOYS

E. S. Gutko, V. G. Shepelevich
Byelorussian State University, Minsk, av. F. Skoriny, 4, ph. 226-57-00

The rapidly solidified foils of aluminium alloys are in a unstable condition. In this work influence of a γ -irradiation by various doses on microhardness of Al – Ge, Al – Fe and D16 alloys foils is considered. The irradiation promotes the formation of zones of Ginie – Preston in foils of the alloys containing 5 at.% Ge and D16. Isochronous annealing is carried out of irradiated and not irradiated foils of researched alloys. There is a formation only stable phase Al_3Fe for Al – 1 at. % Fe foils at disintegration super-saturated solid solution.