

УДК 620.178.15

МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АМОРФНОГО МЕТАЛЛИЧЕСКОГО СПЛАВА, ПОДВЕРГНУТОГО ОБРАБОТКЕ ИМПУЛЬСНЫМ ЛАЗЕРНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ В ГЛУБОКОМ ВАКУУМЕ

© И.В. Ушаков, И.С. Сафронов

Ключевые слова: аморфные металлические сплавы; лазерная обработка; микротвердость.

Экспериментально исследованы механические свойства многокомпонентного металлического сплава $Co_{71,66}V_{4,73}Fe_{3,38}Cr_{3,14}Si_{17,09}$, подвергнутого импульсной лазерной обработке в глубоком вакууме. Установлен характер изменения микротвердости в лазерно-обработанном материале. Показано, что окислительные процессы не влияют на механические свойства лазернообработанного материала.

Большое значение в современной физике и материаловедении имеют исследования аморфных и аморфно-нанокристаллических материалов. Потенциально широкие возможности использования таких материалов на практике ограничены из-за не оптимального комплекса свойств. Необходимы новые методы обработки таких материалов для оптимизации эксплуатационных характеристик. В последнее время накапливается обширный экспериментальный материал для анализа и выявления оптимальных условий обработки таких материалов. Одним из перспективных методов обработки аморфных и наноструктурных материалов является лазерная обработка импульсами наносекундного диапазона [1].

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Исследования проводили на аморфном металлическом сплаве $Co_{71,66}V_{4,73}Fe_{3,38}Cr_{3,14}Si_{17,09}$. Обычно лазерная обработка образцов ведется в атмосфере, что может приводить к влиянию окислительных реакций как на химический состав поверхности оплавленного материала, так и на его механические свойства. Такое влияние может быть существенным, т. к. толщина исследуемых образцов незначительна (30 мкм). Для исключения влияния атмосферы облучение проводили в глубоком вакууме. Использовали образцы исходного аморфного сплава. Образцы наносили на полимерную подложку с металлическим основанием. В качестве полимерной подложки использовали полиэфирную шпатлевку со стекловолокном. Микротвердость подложки $\approx 3,6 \cdot 10^8$ а. Подложка достаточно пластична и упруга, что исключает разрушения при надавливании пирамидкой и обеспечивает возможность восстановления после снятия значительной нагрузки. Облучение проводили с использованием оптически квантового генератора ELS-03, $\nu_{\text{имп.}}$ до 100 Гц, $\lambda = 532$ нм.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Воздействие серии импульсов лазерного излучения приводит к формированию области с оплавленной поверхностью округлой формы. Область обработки имеет незначительные наплавы из-за малой доли времени воздействия лазера на поверхность материала в вакууме. Разрушение инициировали за счет нагружения пирамидкой Виккерса с нагрузкой 2,94–3,92 Н на ПМТ-3. Подробно методика механических испытаний указана во [2]. В случае инициирования трещин на границе между облученным и исходным материалом выделены характерные особенности деформирования и разрушения. Следы пластического деформирования (в виде линий сдвига), окружающие область нагружения, на отпечатке, сделанном в границу области облучения, более развиты на необлученном материале. Возникающие трещины тормозятся на границе зоны облучения или в приграничных областях облученной зоны. Причиной остановки трещин в облученном материале является интенсивное пластическое деформирование, поглощающее энергию и приводящее к прекращению роста трещин.

На границе области лазерной обработки отмечено также резкое возрастание микротвердости. В целом характер изменения микротвердости носит достаточно сложный характер. По мере приближения к границе зоны облучения микротвердость незначительно возрастает по сравнению с центром зоны обработки. Затем микротвердость возрастает и достигает максимального значения, в два раза большего значения микротвердости необработанного образца.

Экспериментально установлено, что навал материала оказывает решающее значение в столь значительном повышении микротвердости границы зоны обработки. Вместе с тем эволюция механических свойств не исчерпывается только влиянием навала материала. Повышение микротвердости материала на расстоянии порядка 100 мкм от центра обработанной зоны обусловлено влиянием, оказываемым лазерной плазмой на аморфной материал. Увеличение микротвердости на данном участке может быть связано с явлениями преимущественного (селективного)

воздействия температуры и шокового давления (до 100 Кбар), оказываемого плазмой оптического пробоя (плотность мощности импульсов $3 \cdot 10^{12}$ – $3 \cdot 10^{14}$ Вт/м²) на микропоры в поверхностном слое материала. Воздействие давления со стороны лазерной плазмы вместе с кратковременным повышением температуры приводит к уменьшению размеров и числа пор, микротрещин, концентраторов механических напряжений, в результате чего возрастает как микротвердость материала, так и его пластические свойства.

Характер изменения микротвердости на образце в вакууме совпадает (в пределах точности измерений) с изменением микротвердости на образцах, обработанных лазерными импульсами в атмосфере.

Полученные результаты свидетельствуют, что падение микротвердости в оплавленной части зоны лазерной обработки, как и рост микротвердости на границе, не связано с окислительными процессами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ушаков И.В., Сафронов И.С. Механические характеристики тонкой ленты многокомпонентного аморфно-нанокристаллического металлического сплава, обработанного серийю наносекундных лазерных импульсов // Тяжелое машиностроение. 2012. № 10. С. 6-9.
2. Ушаков И.В., Поликарпов В.М. Механические испытания тонких лент металлического стекла инденторами различной геометрической формы // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2007. Т. 69. № 7. С. 43-47.

Поступила в редакцию 23 ноября 2012 г.

Ushakov I.V., Safronov I.S. MECHANICAL PROPERTIES OF AMORPHOUS METALLIC ALLOY TREATED BY LASER IMPULSES IN DEEP VACUUM

Mechanical properties of many-component metallic alloy $Co_{71,66}B_{4,73}Fe_{3,38}Cr_{3,14}Si_{17,09}$ treated by laser impulse in deep vacuum were investigated. The changes of microhardness were experimentally revealed. It was established, that oxidizing processes don't influence on mechanical properties of laser treated material.

Key words: amorphous metallic alloys; laser treatment; microhardness.