

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт физики прочности и материаловедения Сибирского отделения
Российской академии наук

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

**Перспективные материалы
с иерархической структурой
для новых технологий
и надежных конструкций**

21 - 25 сентября 2015 г.

Томск, Россия

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

[6], где была обнаружена линейная зависимость между скоростью роста трещины и мощностью потока тепла для образцов из малоуглеродистой стали.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №14-01-96005 и №14-01-00122.

Литература:

1. Y.Iino //Engineering fracture mechanics, 1979,12, 279-299
2. C.L.Chow, T.J.Lu //Engineering Fracture Mechanics, 1991, 39, 1, 1-20
3. N.E.Dowling, J.A.Begley //ASTM STP 590, 1976, 83-104
4. A.Prokhorov, A. Vshivkov, A. Iziumova, O. Plekhov, J.C. Batsale //Proceedings of the 12th International Conference on Quantitative InfraRed Thermography, 7-11 July 2014, Bordeaux, <http://qirt.gel.ulaval.ca/archives/qirt2014/QIRT%202014%20Papers/QIRT-2014-147.pdf>.
5. H. Nayeb-Hashemi, D. Swet, A. Vaziri// Measurement, 2004, 36, 121–129.
6. N. Rajic//DSTO-TR-1190 Aeronautical and Maritime Research Laboratory, 2001, 011-962, 1-17.

ИЗМЕНЕНИЕ ТЕКСТУРЫ, МИКРОДЕФОРМАЦИИ И ТВЕРДОСТИ В ПОВЕРХНОСТНОМ СЛОЕ СПЛАВА TiNi В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЧИСЛА ИМПУЛЬСОВ ЭЛЕКТРОННО-ПУЧКОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Мейснер Л.Л.^{1,3}, Миронов Ю.П.¹, Мейснер С.Н.^{1,3}, Дьяченко Ф.А.³,
Марков А.Б.², Озур Г.Е.², Яковлев Е.В.², Ротштейн В.П.^{1,4}

¹Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск, Россия,

²Институт сильноточной электроники СО РАН, Томск, Россия,

³Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия,

⁴Томский государственный педагогический университет, Россия

llm@ispms.tsc.ru

Поверхностным свойствам сплавов TiNi и способам их изменения уделяется в последнее время большое внимание. Это обусловлено интересом к данным сплавам, как к материалам для медицины. Поверхностные свойства металлических материалов определяются фазовыми и структурными состояниями в их объемах, однако могут быть улучшены путем изменения или модификации таких состояний локально в приповерхностных слоях. Эффективным способом улучшения поверхностных свойств металлических материалов является обработка их поверхности низкоэнергетическими (10-30 keV) сильноточными (10-25 кА) электронными пучками (НСЭП). Показано, что поверхностная обработка сплавов TiNi с использованием НСЭП приводит к улучшению их физико-химических свойств, однако не всегда положительно влияют на его интегральные механические свойства. На микромасштабном уровне модифицированные поверхностные микронные слои в сплаве TiNi можно рассматривать как концентраторы упругих напряжений плоскостного типа,

задающие ориентацию полей остаточных напряжений, индуцированных обработкой НСЭП, и сдерживающие их релаксацию.

В докладе представлены результаты исследований влияния числа импульсов воздействий НСЭП на величину и характер распределения остаточных упругих напряжений, текстурные эффекты и закономерности изменений структурно-фазовых состояний и физико-механических свойств модифицированных поверхностных слоев сплава TiNi.

Очистку поверхности образцов TiNi перед облучением проводили, последовательно, химическим травлением, электролитической полировкой и, в заключение, отмыванием в ультразвуковой ванне с дистиллированной водой. Облучение поверхности образцов TiNi микросекундными (2-4 мкс) НСЭП проводили на электронно-пучковой машине РИТМ-СП (ИСЭ СО РАН, ООО «Микросплав», Россия) в режиме поверхностного плавления при постоянной плотности энергии пучка ($E_s = 3,9 \text{ Дж/см}^2$) и различном числе импульсов ($N = 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128$).

Исследования проводили на оборудовании центра коллективного пользования «НАНОТЕХ» ИФПМ СО РАН. Элементный состав частиц и основных фаз определяли методами волно- и энергодисперсионной спектроскопии на растровом электронном микроскопе EVO 50 (Цейсс, Германия), фазовый и структурный анализ в поверхностных слоях и в объеме сплава проводили на дифрактометре ДРОН-7 (Буревестник, Россия), для построения кривых изменения микротвердости по глубине от облученной поверхности использовали микротвердомер DM-8 (Affri, Италия).

Установлено, что структурно-фазовые состояния, текстурные эффекты, а также уровень остаточных напряжений под облученной НСЭП поверхностью образца TiNi при одинаковой плотности энергии электронного пучка ($3,8 \pm 1 \text{ Дж/см}^2$) зависят от числа импульсов. При числе импульсов НСЭП $N < 10$ исходное однофазное состояние со структурой высокотемпературной фазы B2 в поверхностном слое сменяется на двухфазное (B2+B19'), где B19' – структура низкотемпературной мартенситной фазы. Количество мартенситной фазы B19' сравнительно мало увеличивается. Текстурные эффекты проявляются слабо в виде появления малоинтенсивной сверхструктурной дифракционной линии $(100)_{B2}$. Напротив, при числе импульсов НСЭП $N > 10$ дифракционные эффекты, связанные с возможными фазовыми превращениями в мартенситные фазы (R, B19'), перекрываются эффектами, обусловленными образованием текстуры в фазе B2, которая проявляется в значительном увеличении интенсивности линий пары $(100)_{B2} - (200)_{B2}$ и, наиболее сильном – интенсивности линии $(110)_{B2}$. Данные эффекты являются следствием структурных изменений в поверхностном слое образца TiNi, модифицированном НСЭП. Предварительные оценки по измерению

зависимости микротвердости H_u от нагрузки на индентор показали, что толщина этого слоя составляет 1,5–2 мкм.

Проведен анализ наличия остаточных упругих напряжений в поверхностном слое образца TiNi, модифицированном НСЭП и сделаны предварительные оценки их изменения при увеличении числа импульсов электронно-пучкового воздействия. Установлено, под облученной НСЭП поверхностью образца TiNi формируются поля остаточных плоско-напряженных упругих состояний, локализованных в приповерхностном слое. При этом, в направлении, перпендикулярном к поверхности облучения образца, имеют место напряжения сжатия, тогда как в направлениях, параллельных этой поверхности, напряжения растяжения.

Работа поддержана грантом Российского научного фонда (проект №15-13-00023).

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОЕКЦИОННЫХ МЕТОДОВ МНОГОМЕРНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ ПРИ ВИХРЕТОКОВОМ КОНТРОЛЕ ИЗДЕЛИЙ ИЗ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ

Егоров А.В.¹, Поляков В.В.¹, Колубаев Е.А.²

¹*Алтайский государственный университет, Барнаул, Россия,*

²*Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск, Россия*
pvv@asu.ru

Изменения в химическом составе конструкционных материалов и в их структуре, зависящей от проведенной термической обработки, существенно влияют на эксплуатационных свойства изделий. В силу этого одной из актуальных задач является входной контроль материалов. Среди методов такого контроля для металлических материалов получил распространение метод вихревых токов. Отличительной особенностью этого метода является то, что результаты проведенных измерений зависят от большого числа информативных и мешающих факторов, которые необходимо надежно разделять. В настоящей работе для решения этой задачи в случае алюминиевых сплавов используются проекционные методы многомерного анализа данных.

Эксплуатационные свойства сплавов алюминия существенно зависят от вариаций химического состава и предварительной термомеханической обработки. Конкретные испытания проводились для двух разных партий алюминиевого сплава с различными термическими обработками и случайными вариациями химического состава. Основным фактором, влияющим на вихретоковые измерения, являлась удельная электропроводность образцов, различавшаяся для двух партий не более чем на 5%. При этом механических свойства образцов отличались значительно. Так, результаты испытаний на статическое растяжение показали, что пределы текучести отличались на 35%.