

$$\sigma_{\text{обр}} = \frac{(i_K - i_0)KNS}{m} \quad (4)$$

Описанная выше методика измерения магнитной восприимчивости термоэлектрических материалов используется в температурном интервале 80-400К. Относительная погрешность весового метода для маятника с внутренней компенсацией при измерениях магнитной восприимчивости диамагнитных образцов составляет 3-4 %.

Описанная методика изучения магнитных свойств вещества использовалась для исследования полевых зависимостей намагниченности и магнитной

восприимчивости легированных кристаллов теллурида висмута и сплавов висмут-сурьма. Магнитная восприимчивость χ кристаллов теллурида висмута определялась в двух конфигурациях, при ориентации вектора напряженности магнитного поля H параллельно ($\chi_{\parallel}$) и перпендикулярно ($\chi_{\perp}$) плоскости скола кристалла, $H \perp C$ и $H \parallel C$ соответственно. Результаты исследования магнитной восприимчивости $\chi_{\parallel}$ и $\chi_{\perp}$ кристаллов Bi_2Te_3 и твердых растворов Bi_2Te_3 - $\text{Bi}_{97}\text{Sb}_3\text{Sn}_{0.02}$ приведены в таблице.

Таблица 1. Результаты исследования магнитной восприимчивости $\chi_{\parallel}$ и $\chi_{\perp}$ кристаллов Bi_2Te_3 и твердых растворов Bi_2Te_3 - $\text{Bi}_{97}\text{Sb}_3\text{Sn}_{0.02}$

Образец	$\chi_{\parallel} \cdot 10^6, (\text{см}^3/\text{г})$	$\chi_{\perp} \cdot 10^6, (\text{см}^3/\text{г})$
$\text{Bi}_{97}\text{Sb}_3\text{Sn}_{0.02}(1)$	-1,495	-1,015
$\text{Bi}_{97}\text{Sb}_3\text{Sn}_{0.02}(2)$	-1,495	-1,065
Bi_2Te_3	-0,418	-0,628
Bi_2Te_3 с избытком Sn	-0,336	-0,511
Bi_2Te_3 с избытком Te		-0,581
$\text{Bi}_2\text{Te}_3 + \text{Te} + \text{SbJ}_3$	-0,353	-0,472

Как видно из данных приведенных в таблице, все исследованные составы являются диамагнетиками с ярко выраженной анизотропией магнитной восприимчивости. Необходимо отметить, что полученные нами значения магнитной восприимчивости для нелегированных кристаллов Bi_2Te_3 по величине согласуются с данными, приведенными в работе [2].

Литература:

1. В. И. Чечерников. Магнитные измерения. М., МГУ, 1963, 212 с.
2. Б.М. Гольцман. Полупроводниковые термоэлектрические материалы на основе Bi_2Te_3 . М., Наука. 1972, 321с.

Работа представлена на научную международную конференцию «Технологии 2007», г. Кемер (Турция), 21-28 мая 2007 г. Поступила в редакцию 08.10.07г.

Технические науки

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НАНЕСЕНИЯ ИОННО-ПЛАЗМЕННОГО ПОКРЫТИЯ НА УСТАЛОСТНУЮ ПРОЧНОСТЬ ОБРАЗЦОВ ИЗ СТАЛИ 20

Клевцов Г.В., Клевцова Н.А.,
Ильичев Л.Л., Фесенюк М.В.

Оренбургский государственный университет,
Оренбург, Россия

В настоящее время ионно-плазменные покрытия широко используются не только для повышения износостойкости и коррозионной стойкости металло-режущего и деформирующего инструмента [1], но и для повышения усталостной прочности в машиностроении и других областях техники

В работе изучали влияние температуры напыления ионно-плазменного покрытия (TiN) на усталостную прочность образцов из стали 20. Принимая во внимание ранее описанный «Эффект заживления дефектов», наблюдаемый на поверхности образцов при температуре фазового перехода [2], ионно-плазменное покрытие наносили как при температуре фазового превращения, так и при температурах отличных от температуры фазового превращения.

На призматические образцы из стали 20 размерами 2х5х150 мм для усталостных испытаний на-

носили ионно-плазменное покрытие нитрида титана (TiN) при температуре 727 °С – температура эвтектичного превращения в стали, а также при температурах отличных на 10 ° от температуры фазового превращения (717 и 737 °С). Исследования покрытий проводили в растровом электронном микроскопе JSM-T20. Для оценки прочности связи покрытий с поверхностью сталеи проводили вдавливание алмазного индентора микротвердомера ПМТ-3. Усталостные испытания образцов, как с покрытием, так и без покрытия проводили на специально разработанной установке. Испытание приводили при комнатной температуре с частотой нагружения 23 Гц при симметричном цикле нагружения и жесткой схеме испытания [3]. В процессе испытания определяли общее количество циклов нагружения до разрушения образцов. Кроме того, с помощью измерителя акустического сигнала (ИАС-3) фиксировали количество циклов нагружения до появления макротрещины в образцах. При каждой температуре испытывали не менее 3 образцов. Макрофрактографическое строение усталостных изломов изучали визуально или при небольшом увеличении. Длину зоны усталостного развития трещины l_f на поверхности изломов [4] в направлении распространения трещины измеряли штангенциркулем с абсолютной погрешностью 10^{-4}

м. Микрофрактографические исследования усталостных изломов проводили в растровом электронном микроскопе JSM-T20 при различном увеличении.

Электронномикроскопические исследования показали, что нанесение на поверхность стальных образцов ионно-плазменного покрытия (TiN), как при температуре фазового превращения, так и при температурах отличных от температуры фазового превращения практически не изменило микрорельеф и величину шероховатости поверхности из-за небольшой толщины покрытия (3-5 мкм). Анализ полученных

отпечатков алмазного индентора микротвердомера показал, что независимо от температуры нанесения покрытий, последние отличаются высокой пластичностью и высокой адгезионной прочностью, т.к. после воздействия индентора микротвердомера на покрытиях не обнаружено микротрещин.

Рассмотрим влияние температуры нанесения покрытия на кинетику развития усталостной трещины и фрактографические особенности строения изломов образцов из стали 20 (табл. 1).

Таблица 1. Общее количество циклов нагружения до разрушения образцов (N), длина зоны усталостного развития трещины на поверхности излома (l_f) и количество циклов нагружения до зарождения трещины (N_3)

Температура нанесения покрытия	Без покрытия	727 °С	717 °С	737 °С
N , цикл	$5,83 \cdot 10^3$	$7,63 \cdot 10^3$	$5,55 \cdot 10^3$	$4,27 \cdot 10^3$
N_3 , цикл	$1,01 \cdot 10^3$	$1,75 \cdot 10^3$	-	-
l_f , 10^{-3} м	0,80	0,75	0,75	0,75

Из приведенной таблицы видно, что максимальная долговечность образцов имеет место в случае нанесения покрытия при температуре фазового перехода, т.е. при температуре 727 °С. В случае нанесения покрытия при температурах отличных от температуры фазового перехода, общая долговечность образцов становится даже ниже, чем в образцах без покрытия (см. табл. 1). Сравнивая количество циклов нагружения до появления макротрещины, видим, что, по сравнению с образцами без напыления покрытия, в случае нанесения покрытия при температуре фазового перехода количество циклов до зарождения трещины, примерно в 1,7 раза выше. Следовательно, основной вклад в общую долговечность образцов приходится на стадию зарождения трещины.

Рассмотрим микрофрактографические особенности разрушения образцов из стали 20 как без ионно-плазменного покрытия, так и с покрытием, нанесенными при разных температурах. Исследования показали, что в случае отсутствия покрытия, в очаге усталостного разрушения образуется характерная зона сдвига θ под углом 45° к поверхности излома, отличающейся сравнительно плоским микрорельефом. Затем усталостная трещина развивается перпендикулярно оси образца. На этой стадии можно наблюдать ямочный микрорельеф.

В том случае, когда усталостному разрушению подвергались образцы с покрытиями, зарождение трещины не сопровождалось образованием зоны сдвига θ . Характерный ямочный микрорельеф наблюдается прямо от покрытия. В случае разрушения образцов с покрытием, нанесенном при температуре отличной от температуры фазового перехода, вблизи покрытия можно наблюдать пористую область, что указывает на непрочную связь покрытия с подложкой. В случае нанесения покрытия при температуре 727 °С таких дефектов практически не наблюдается. Это свидетельствует о лучшей адгезионной прочности покрытия, нанесенного при температуре фазового перехода.

Заключение

Исходя из вышеизложенного, можно заключить, что наиболее благоприятное влияние на время зарождения усталостной трещины оказывает покрытие, нанесенное при температуре фазового превращения (727 °С). Покрытие, нанесенное при температурах отличных от температуры фазового перехода, даже несколько снижает количество циклов до зарождения трещины по сравнению с образцом без покрытия. Эти результаты хорошо согласуются с данными по определению количества циклов нагружения до появления усталостной трещины с использованием акустической эмиссии и данными макро- и микрофрактографического анализа.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 06-08-96904р_офи)

Список литературы:

1. Григорьев С.Н., Ильичев Л.Л., Рудаков В.И. Ионно-плазменное упрочнение инструментальных сталей. Учебное пособие. - Оренбург: ГОУ ОГУ, 2005.- 415 с.
2. Никитин В.В., Клевцова Н.А., Клевцов Г.В. Кинетика залечивания поверхностного дефекта в аустенитной стали в условиях фазового перехода. Тезисы докладов VI Всероссийской конференции «Структура и свойства аустенитных сталей и сплавов» к 100-летию со дня рождения К.А. Малышева. Екатеринбург, 2001.- С. 34.
3. Школьник Л. М. Скорость роста трещин и живучесть металла.- М.: Металлургия, 1973.- 215 с.
4. Клевцов Г.В., Ботвина Л.Р., Клевцова Н.А., Лимарь Л.В. Фрактодиагностика разрушения металлических материалов и конструкций.- М.: МИСиС, 2007.- 264 с.

Работа представлена на научную международную конференцию «Перспективы развития вузовской науки», "Дагомыс" (Сочи), 20-23 сентября 2007 г. Поступила в редакцию 07.09.2007г.