

КИНЕТИКА ПОВЕДЕНИЯ ДЕФЕКТОВ В ПРОЦЕССЕ ИЗОХРОННОГО ОТЖИГА В МЕТАЛЛАХ С ГЦК-СТРУКТУРОЙ, ОБРАЗОВАННЫХ В РЕЗУЛЬТАТЕ МЕХАНИЧЕСКИХ И ТЕРМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

Камышанченко Н.В., Беленко В.А., Гальцев А.В., Дурыхин М.И., Печерина О.А.

НИУ БелГУ, Белгород,
Россия

Известно, что свойства металлов зависят от расположения атомов в кристаллической решетке. В различных твердых телах расположение атомов в решетке носит несовершенный характер. Наличие различного рода несовершенств влияет на характер физических процессов, происходящих в твердых телах, и может совершенно изменять их свойства.

Изучение свойств металлов осложняется тем, что на практике трудно реализовать нахождение в них дефектов одного определенного типа. Поэтому создание условий с целью выявления преимущественного влияния на свойства какого-либо одного из видов присутствующих дефектов представляет особый интерес при изучении процессов, протекающих в металле при пластической деформации, закалке от высоких температур или старении в упруго-напряженном состоянии.

Определение плотности дефектов основано на закономерной связи, существующей между плотностью дефектов и изменением того или иного свойства металлических кристаллов [1,2].

Как известно, электросопротивление является структурно чувствительным свойством, что позволяет использовать его в качестве индикатора структурных изменений, происходящих в металлах при холодных, термических и других способах обработки.

На рис.1 приведена кинетика остаточного электрического сопротивления после изохронного отжига чистого (99,99%) никеля, подверженного интенсивной пластической деформации (ИПД), с остаточной деформацией ~90%.

Для сравнения на рис.2 представлен график изменения остаточного электрического сопротивления после изохронного отжига чистого никеля (99,9%), прошедшего закалку от 1200°C в воду при 20°C с последующим отжигом в том же температурном диапазоне, что и никель после ИПД. На приведенных графиках (рис.1,2) можно выделить три наиболее интересные зависимости.

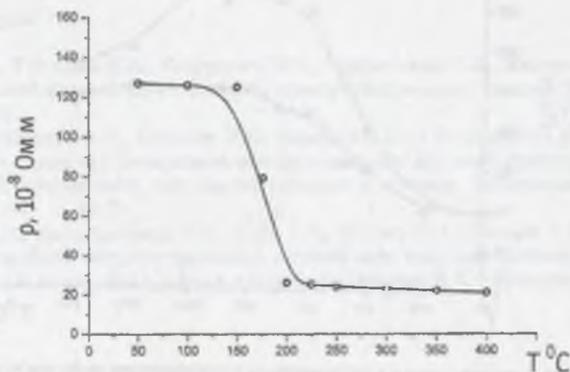


Рис.1. Изменение поведения остаточного удельного электрического сопротивления после изохронного отжига никеля, прошедшего ИПД.

1. На первом участке образца, прошедшего ИПД, в диапазоне (25 – 175)°C идет плавное незначительное уменьшение удельного электрического сопротивления, как и в закаленном никеле в диапазоне (20 – 250)°C. Полученные результаты позволяют утверждать о преобладающем влиянии вакансий в закаленном образце.

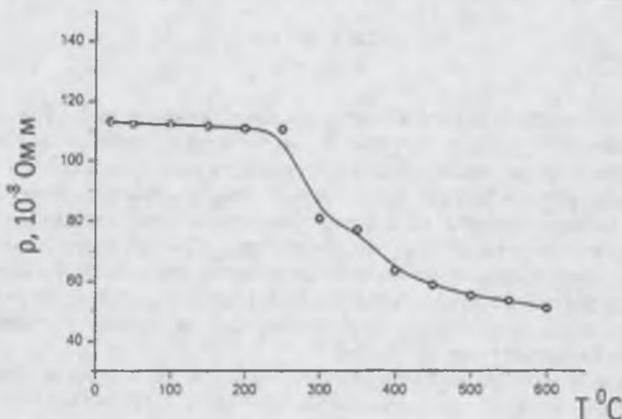


Рис.2. Изменение остаточного удельного электрического сопротивления после изохронного отжига никеля, прошедшего закалку от высоких температур.

Аналогичные закономерности изменения относительного остаточного электросопротивления от температуры отжига наблюдаются и в особо чистой меди, полученной вакуумной электронно – лучевой переплавкой катодной меди, и меди полученной вакуумной индукционной переплавкой легированной иттрием с последующей пластической деформацией до 50% (рис.3) [3].

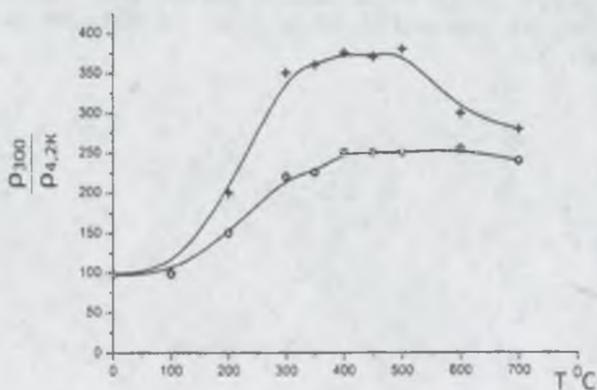


Рис. 3. Зависимость относительного электрического сопротивления меди вакуумной электронно-лучевой (1) и вакуумной индукционной переплавкой с дополнительно легированной иттрием (2) от температуры отжига после предварительной деформации до 50%.

Практически полное восстановление относительного остаточного электрического сопротивления в особо чистой меди происходит при 300°C (рис.3, 1) в отличие от легированной иттрием меди индукционной переплавки (рис.3, 2), где восстановление наблюдается в диапазоне 350°C.

Как и в никеле, интенсивно деформированном до 90% (рис.1), так и в меди пластически деформированной до 50% и дополнительно микролегированной иттрием (рис.3), процесс восстановления удельного электрического сопротивления протекает медленней и при более высоких температурах, в сравнении с чистыми медью (рис.3) и никелем, закаленным от высоких температур (рис.2).

2. Вторая стадия на всех графиках характеризуется большой скоростью отжига в довольно узких температурных диапазонах: в деформированном до 90% никеле – в диапазоне (175 – 200) °С (рис.1); в закаленном никеле – в диапазоне (250 – 300) °С (рис.2); в меди электронно – лучевой плавки и деформированной до 50% – в диапазоне (275 – 325) °С (рис.3); в микролегированной и деформированной меди до 50% – в диапазоне (375 – 700) °С (рис.3).

Наличие повышенной скорости спада удельной электрической проводимости на всех исследуемых образцах связывается с активной коагуляционной вакансией и с преобразованиями зеренной структуры. Наличие дефектов, образованных в процессе интенсивной деформации, а также легирующих элементов в микролегированной меди задерживает процесс восстановления исходного состояния электрических параметров исследуемых металлов, и расширяют температурный диапазон.

3. Часть избыточного электрического сопротивления с существенно меньшей скоростью восстановления, в сравнении со второй стадией, отжигается на третьем этапе. Сравнительные оценки избыточного электрического сопротивления на стадии 3 показывают, что наклеп на образцах, полученный в результате пластической деформации уменьшает эту стадию, а повышенная чистота исследуемых образцов ускоряет процесс отжига (рис.3,1).

Исследования выполнены с использованием оборудования Центра коллективного пользования БелГУ и при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ рам-ках Государственного задания на выполнение НИР подведомственным вузам в 2012 году. Проект № 2.2786.2011.

Список литературы

1. Ермаков А.Е., Гапонцев В.Л., Кондратьев В.В., Горностырев Ю.В. Явление деформационно-стимулированной фазовой неустойчивости нанокристаллических сплавов / ФММ / 1999 г. , №88, стр. 5-12.
2. Лотков А.И., Батулин А.А., Гришков В.Н., Копылов В.И. О возможности роли дефектов кристаллического строения в механизмах нанофрагментации зеренной структуры при интенсивной холодной пластической деформации металлов и сплавов. /Физическая мезомеханика/ 2007.-Том 10.-№3, -с. 64-79.
3. Неклюдов И.М., Камышанченко Н.В., Борц Б.В., Беленко В.А., Гальцев А.В., Дурькин М.И. Структура и свойства микролегированной иттрием меди вакуумной плавки. /Под.ред. Академика НАНУ И.М.Неклюдова и д.ф.-м.н.,проф.Камышанченко Н.В. – Белгород, 2011 – 175с.