

УДК 621.38

АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ФОРМИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПОТЕНЦИАЛЬНОГО РЕЛЬЕФА В УСЛОВИЯХ ПЛАСТИЧЕСКОГО ТЕЧЕНИЯ ДЕФОРМАЦИИ

Пантелеев К.В.¹, Микитевич В.А.¹, Воробей Р.И.¹, Свистун А.И.¹, Крень А.П.²,
Мацулевич О.В.², Жарин А.Л.¹

¹Белорусский национальный технический университет

²ГНУ «Институт прикладной физики НАН Беларуси»,

Минск, Республика Беларусь

Аннотация. В работе рассмотрены методики экспериментальных исследований изменения распределения работы выхода электрона поверхности (контактной разности потенциалов) металлических материалов различной твердости от степени деформирования. В качестве средств измерений используется сканирующая модификация зарядочувствительного зонда, разработанного в Белорусском национальном техническом университете. Результаты исследований показали, что области с низким значением работы выхода электрона характеризуют области локализации деформации, а критерием степени деформирования является степень изменения относительных значений работы выхода электрона поверхности.

Ключевые слова: работа выхода электрона, контактная разность потенциалов, поверхность, деформация, зарядочувствительный зонд.

ANALYSIS OF FACTORS AFFECTING THE FORMATION OF ELECTROPOTENTIAL RELIEF UNDER CONDITIONS OF PLASTIC FLOW OF DEFORMATION

Pantsialeu K.¹, Mikitsevich U., Vorobey R.¹, Svistun A.¹, Kren A.², Matsulevich O.V.², Zharin A.¹

¹Belarusian national technical university

²The Institute of Applied Physics of the National Academy of Sciences of Belarus

Minsk, Republic of Belarus

Abstract. The paper discusses methods for experimental studies of changes in the distribution of the electron work function on the surface (contact potential difference) of metallic materials of different hardness depending on the degree of deformation. The measuring instruments used are a scanning modification of a charge-sensitive probe developed at the Belarusian Foreign Technical University. The research results show that the region with a low value of the electron work function characterizes the region where deformation is localized, and the criterion for the degree of deformation is the degree of change in the relative results of the electron work function on the surface.

Key words: work function, contact potential difference, surface, deformation, charge-sensitive probe.

Адрес для переписки: Пантелеев К.В., пр. Независимости, 65, г. Минск, 220113, Республика Беларусь
e-mail: k.pantsialeu@bntu.by

В литературных источниках, пластическое течение деформации, как правило, описывается с позиции общих закономерностей. При этом взаимосвязь превращений дислокационной структуры с другими процессами, имеющими место в объеме материала поверхностного слоя при деформации, остается недостаточно раскрытой. Поэтому изучение механизмов течения пластической деформации имеет высокое теоретическое и прикладное значение. В этой связи интерес представляют новые методы и методики исследования материалов в напряженно-деформированном состоянии.

На практике для оценки степени деформирования материала, как правило, используют методы, основанные на оценке изменения геометрических параметров материала вблизи области деформирования. В случае изучения механизмов микронеоднородного деформирования, например, в микрообъемах, для определения 10%-ной деформации поверхностного слоя толщиной до 1 мкм необходимо контролировать изменения линейных размеров отпечатка с точностью менее 0,1 нм [1; 2]. Поэтому, в качестве контролируемого параметра, характеризующего степень деформирования

использовано распределение относительных значений работы выхода электрона (РВЭ) поверхности измеряемого образца [3; 4].

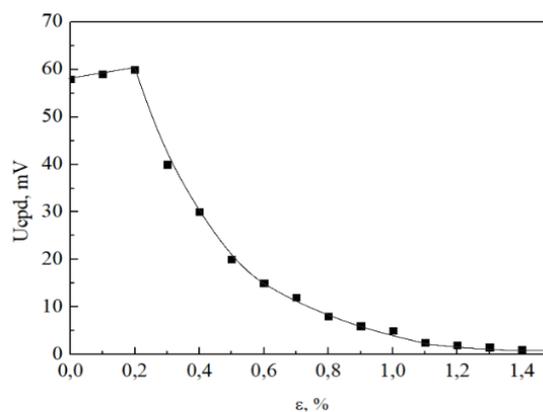


Рисунок 1 – Характерная зависимость контактной разности потенциалов (U_{cpd}) от относительной деформации (ϵ), полученная на образцах из конструкционных сталей

В качестве средств измерений использовалась сканирующая модификация микропроцессорного зарядочувствительного зонда, разработанного в

БНТУ [5; 6]. Суть метода заключается в определении относительных значений РВЭ измеряемой поверхности по контактной разности потенциалов (КРП) относительно эталонной поверхности измерительного зонда [5].

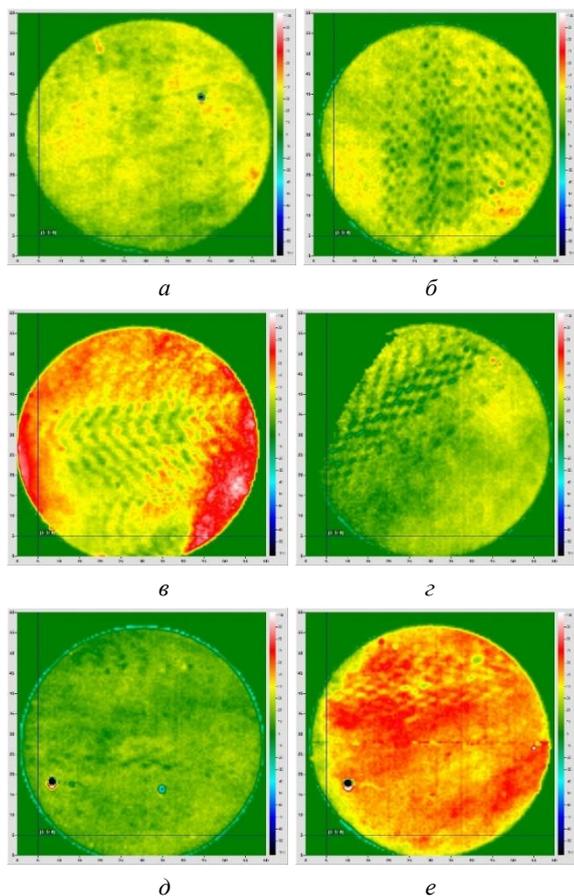


Рисунок 2 – Карта распределения относительных значений работы выхода электрона поверхности образцов из конструкционной стали твердостью 25 HRC (а), 30 HRC (б), 32 HRC (в), 37 HRC (г), 43 HRC (д), 49 HRC (е)

На образцах сталей различной твердости проведены экспериментальные исследования образования и развития локальных деформаций от степени деформирования в области малых (до 4 %) и средних (до 15 %) деформаций (рисунок 1). Деформирование осуществлялось методом индентирования. Экспериментальные исследования

распределения относительных значений РВЭ поверхности образцов конструкционной стали различной твердости приведены на рисунке 2.

Результаты исследований показали, что, в общем случае, области с низким значением РВЭ характеризуют области локализации деформации, а критерием степени деформирования является степень понижения изменения относительных значений РВЭ. В частности, в области действия малых деформаций (до 2–4 %, в зависимости от марки образцов стали) зависимость РВЭ от степени деформирования возрастает, что обусловлено понижением уровня Ферми в следствие дилатации кристаллической структуры. В области средних деформаций (до 15 %), когда преобладает пластическое течение деформации, зависимость РВЭ от степени деформирования убывает.

Литература

1. Жарин, А.Л. Методы зондовой электрометрии для разработки и исследовании свойств перспективных материалов / А.Л. Жарин, К.В. Пантелеев, А.К. Тявловский // Перспективные материалы и технологии: монография: в 2 т.; Витебский гос. тех. ун-т; ред. В.В. Клубович. – Витебск, 2015. – Т. 1. – С. 381–394.
2. Применение метода дифракции рентгеновских лучей для изучения напряженного состояния поверхности металла при статическом и ударном деформировании / А.П. Крень [и др.] // Приборы и методы измерений, 2023. – Т. 14, № 2. – С. 27–37.
3. Исследования локализации пластической деформации в металлах и сплавах / Р.И. Воробей [и др.] // Научно-технический журнал Намаганского инженерно-технологического института. – 2023. – Т. 7, спец. вып. № 2. – С. 479–488.
4. Зарядочувствительный метод исследования деформационных процессов / К.В. Пантелеев [и др.] // Приборы и методы измерений. – 2022. – № 4. – С. 291–301.
5. Пантелеев, К. В. Методы и средства измерения контактной разности потенциалов на основе анализа компенсационной зависимости зонда Кельвина: автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.11.01 / К.В. Пантелеев; БНТУ. – Минск, 2016. – 23 с.
6. Универсальный цифровой зондовый электрометр для контроля полупроводниковых пластин / А.Л. Жарин [и др.] // Приборы и методы измерений. – 2023. – Т. 14, № 3. – С. 161–172.