

УДК 539.374

ОСОБЕННОСТИ СКАЧКООБРАЗНОЙ ДЕФОРМАЦИИ В МЕТАЛЛИЧЕСКОМ АМОРФНОМ СПЛАВЕ $\text{Pd}_{40}\text{Cu}_{30}\text{Ni}_{10}\text{P}_{20}$

© А.А. Власов, В.И. Иволгин

Vlasov A.A., Ivolgin V.I. Peculiarities of spasmodic deformation in the metal amorphous alloy $\text{Pd}_{40}\text{Cu}_{30}\text{Ni}_{10}\text{P}_{20}$. The article contains a detailed analysis of the issue.

В отличие от упругой, пластическая деформация в любом материале дискретна по своей природе на всех иерархических уровнях структуры. Феноменологически это выглядит как последовательность скачков деформации или нагрузки на кривой нагружения. Амплитудно-временные и статистические характеристики этих скачков содержат ценную информацию о механизмах формирования неустойчивостей.

В качестве исследуемого образца был выбран объемный аморфный палладиевый сплав $\text{Pd}_{40}\text{Cu}_{30}\text{Ni}_{10}\text{P}_{20}$. В ходе проведенных экспериментов были получены кривые погружения индентора в материал. Эксперименты проводились при постоянной температуре 20 °С. Запись сигнала с датчика смещения индентора осуществлялась при помощи АЦП непосредственно в компьютер. Линейный во времени закон нагружения задавался при помощи компьютера. Все зависимости регистрировали в режиме реального времени.

Полученные кинетические зависимости $h(t)$ (рис. 1) были проанализированы различными методами статистической обработки, что позволило выделить характерные особенности поведения данного материала в условиях локального нагружения.

На первом этапе исследования был проведен сравнительный анализ последовательности скачков деформации на кривой нагружения (рис. 2). Визуально видно, что длительность скачков имеет дискретный характер на всем участке нагружения.

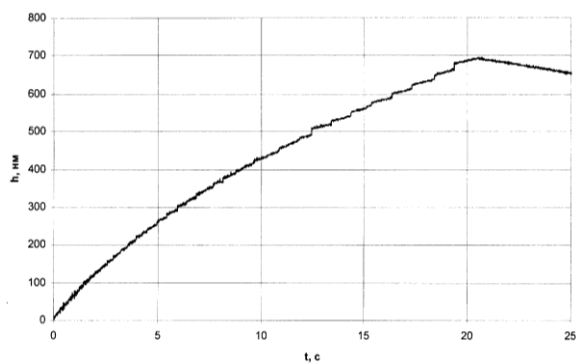


Рис. 1. Типичная зависимость $h(t)$ на аморфном сплаве $\text{Pd}_{40}\text{Cu}_{30}\text{Ni}_{10}\text{P}_{20}$

Полученный результат был подтвержден наличием максимумов на графике распределения длительностей отдельных скачков (рис. 3).

Наличие дискретных уровней в данном материале обусловлено определенной взаимосвязью скачков. Для ее выявления целесообразно использовать вейвлет-анализ с его иерархической структурой, позволяющей выделять элементы на различных масштабных уровнях.

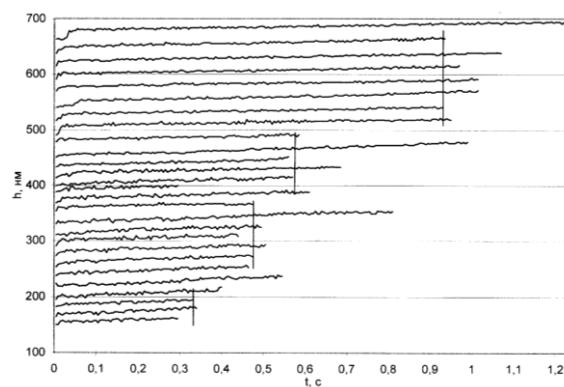


Рис. 2. Сравнение скачков на аморфном сплаве $\text{Pd}_{40}\text{Cu}_{30}\text{Ni}_{10}\text{P}_{20}$. Вертикальными линиями показаны дискретные уровни

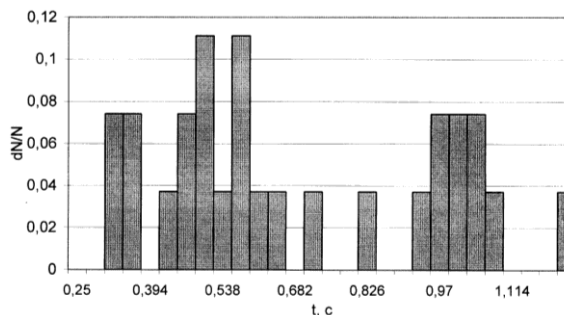


Рис. 3. Распределение скачков по длительности при локальном нагружении $\text{Pd}_{40}\text{Cu}_{30}\text{Ni}_{10}\text{P}_{20}$

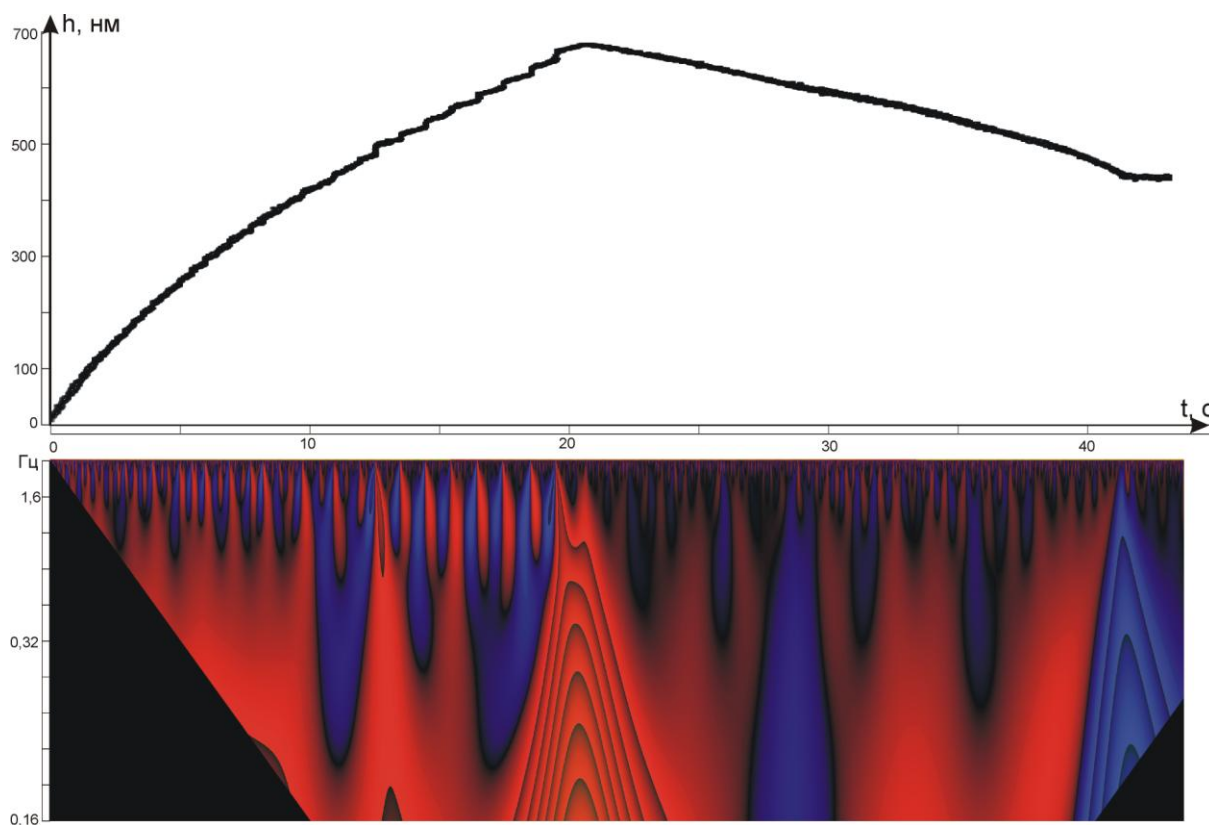


Рис. 4. Вейвлет-анализ кривой деформации аморфного сплава $\text{Pd}_{40}\text{Cu}_{30}\text{Ni}_{10}\text{P}_{20}$

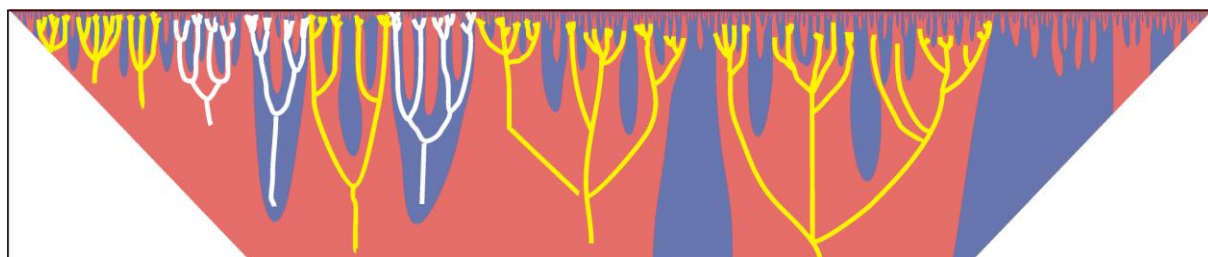


Рис. 5. Картина скелетонизации, построенная по локальным максимумам

Полученный результат (рис. 4) характеризуется наличием фрактальных составляющих в сигнале, что говорит о сложном, взаимосвязанном процессе деформирования в данном сплаве. Наиболее удобно анализировать фрактальные составляющие по картине скелетонизации (локальных максимумов и минимумов), позволяющей отслеживать ветви фрактальных составляющих (рис. 5).

Выяснилось, что число дискретных уровней длительности скачков совпадает с числом фрактальных деревьев на данном интервале, что, в свою очередь, объясняет данную дискретизацию.

Таким образом, совокупность различных методов анализа неустойчивых временных рядов, отображающих механическое поведение материала при наноиндентировании, позволяет извлечь ценную информацию о микромеханизмах отдельных событий и коллективных явлениях в локально деформируемом материале.

ЛИТЕРАТУРА

1. Астафьева Н.М. Вейвлет-анализ: основы теории и примеры применения // УФН. 1999. Т. 166. № 11. С. 1145-1170.
2. Sweldens W. The Construction and Application of Wavelets in Numerical Analysis. 1995.
3. Мандельброт Б. Фрактальная геометрия природы. М., 2002.
4. Дженникс Г., Ваттс Д. Спектральный анализ и его приложения. М.: Мир, 1988.
5. Переберин А.В. О систематизации вейвлет-преобразований // Вычислительные методы и программирование. 2001. Т. 2.
6. Головин Ю.И., Иволгин В.И., Власов А.А. Вейвлет-анализ неустойчивого пластического течения металлических сплавов при динамическом наноиндентировании // Вестн. Тамб. ун-та. Сер. Естеств. и техн. науки. Тамбов, 2003. Т. 6. № 2. С. 170-178.
7. Власов А.А., Головин Ю.И., Иволгин В.И., Лебедев М.А. Статистический анализ неустойчивого пластического течения при динамическом индентировании сплава $\text{Al} - 2,7 \text{ Mg}$ при комнатной температуре // Микромеханизмы пластичности, разрушения и сопутствующих явлений: Тез. докл. III Междунар. конф. Тамбов: Изд-во ТГУ, 2003. С. 207-208.

Поступила в редакцию 19 ноября 2004 г.