



О СВЯЗИ АВТОВОЛНОВЫХ И АКУСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДЕФОРМИРУЕМЫХ МАТЕРИАЛОВ

М.В. Надежкин*, С.А. Баранникова

Институт физики прочности и материаловедения СО РАН,
2/4, просп. Академический, г. Томск, 634055, Российская Федерация
Email: *mvn@ispms.ru

1. Введение

Автоволновой подход к проблеме пластической деформации металлов и сплавов позволил получить экспериментальные данные, доказавшие универсальность наблюдаемых явлений локализации пластического течения и создать двухкомпонентную модель пластического течения [1].

На основании многочисленных экспериментальных и теоретических исследований установлена также связь параметров деформируемой среды и ее акустических свойств [2-5]. Показано, что наблюдаемые изменения скорости ультразвука в ходе пластического формоизменения металлов коррелируют со стадийностью процесса [2]. Настоящая работа посвящена изучению связи акустических параметров с кинетикой процессов пластического деформирования металлов.

2. Материалы и методы

Плоские образцы изготавливались из листового проката алюминиевых сплавов и конструкционных сталей. Исследования локализации пластического течения были выполнены на автоматизированном лазерном измерительном комплексе, визуализирующим зоны локализованной пластической деформации в режиме реального времени [6]. Наиболее наглядной и информативной характеристикой способности материала деформироваться без разрушения является форма паттерна локализованной пластичности, наблюдение которого требует больших вычислительных ресурсов. В то же время, измерения скорости распространения ультразвука в процессе пластической деформации с использованием автоциркуляционной методики [1], является значительно более простой операцией, что может быть использовано в процессе растяжения.

3. Результаты

В качестве исходных данных процесса деформирования используются зависимости напряжение течения и скорости распространения ультразвука от времени. Эти зависимости с использованием специально разработанного программного обеспечения автоматически перестраиваются в совмещенные графики напряжение течения — относительное изменение скорости распространения ультразвука — деформация (рисунок 1).

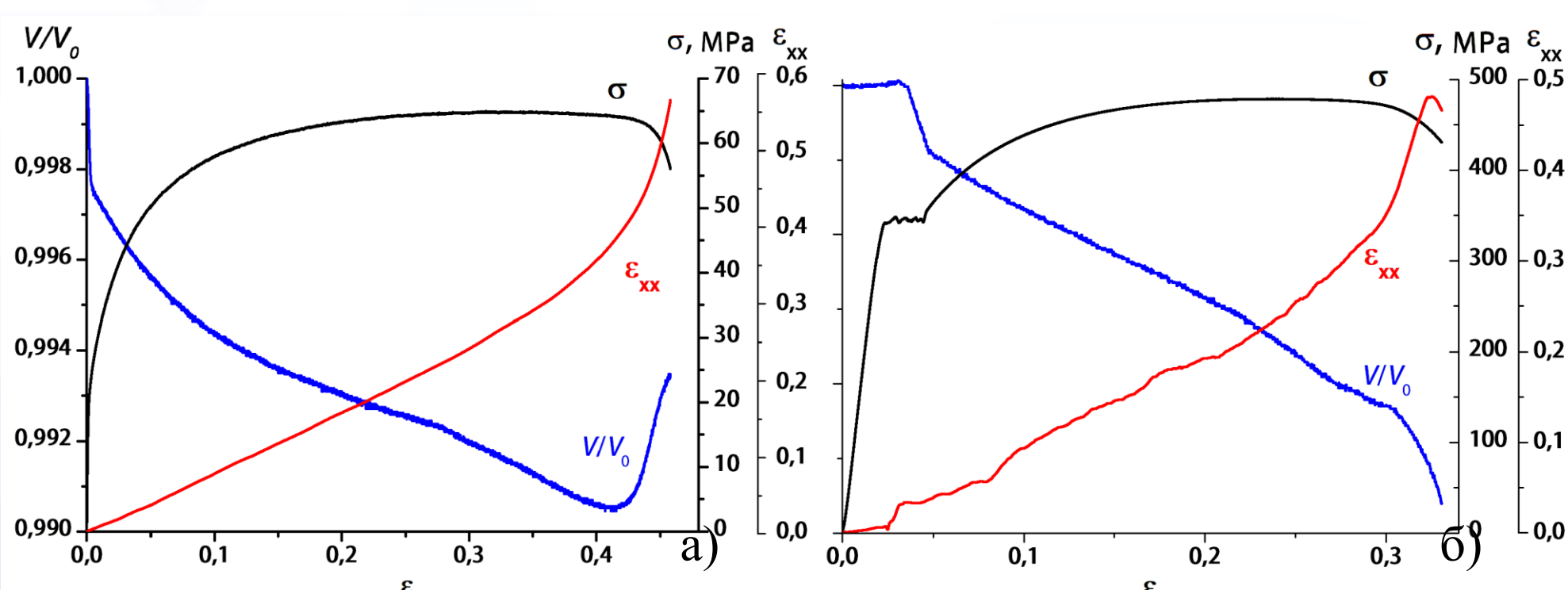


Рисунок 1. Совмещенные с диаграммой нагружения $\sigma(\epsilon)$ относительное изменение скорости ультразвука и накопление продольной деформации ϵ_{xx} в очаге разрушения для алюминиевого сплава A5 (а) и стали 20 (б).

Несмотря на то, что исходные материалы сильно отличаются не только по механическим свойствам, но и по типам кристаллической решетки — характер наблюдаемых зависимостей для различных материалов имеет общие черты. Механическое упрочнение, связанное с пластическим деформированием исследуемых материалов, приводит к падению скорости распространения ультразвука.

Совмещенные зависимости изменения скорости ультразвука и накопления деформации от уровня действующих напряжений в логарифмических координатах разбиваются на прямолинейные участки, соответствующие стадийности пластического течения (рисунок 2).

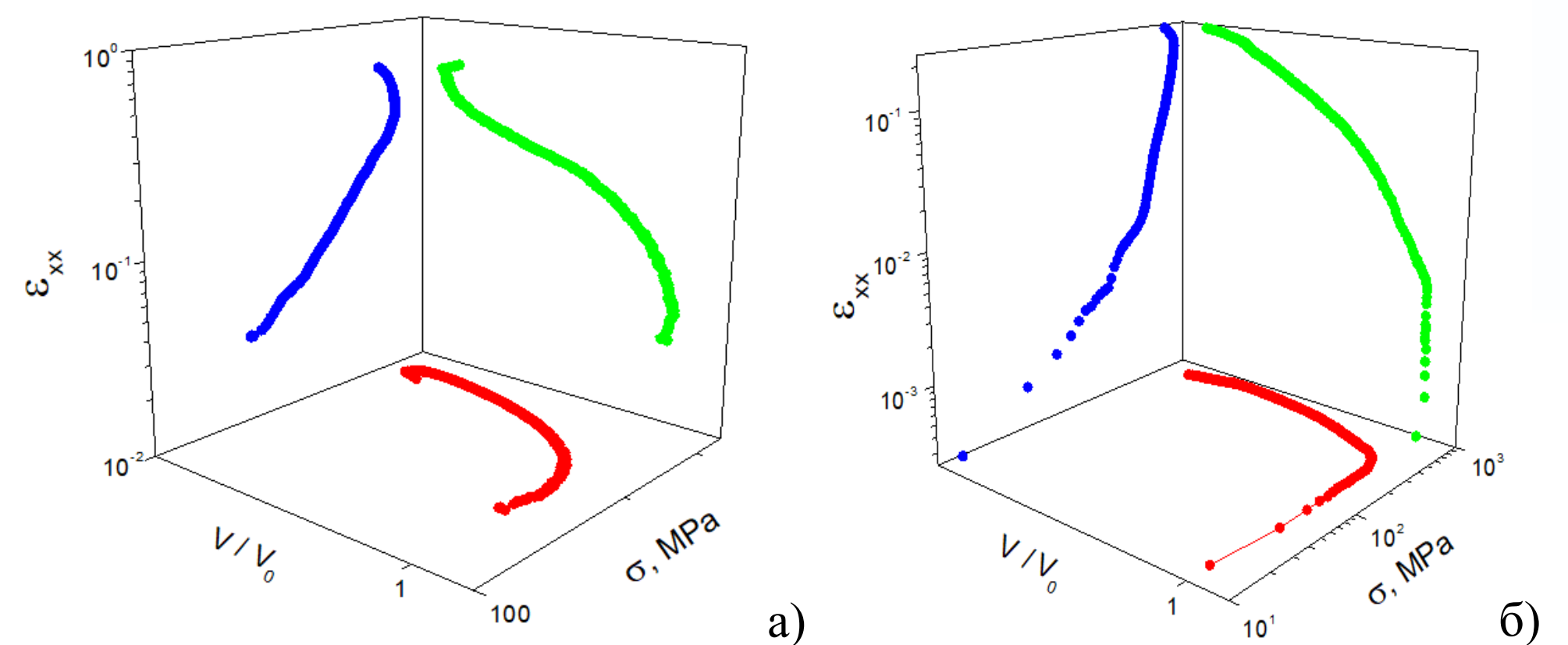


Рисунок 2. Зависимости относительного изменения скорости ультразвука и накопления локальных деформаций ϵ_{xx} от напряжения течения σ для АРМКО-железа (а) и стали 40X13(б) в логарифмических координатах.

4. Выводы

Выявлено, что изменения скорости ультразвука и накопления деформации в очаге локализованной пластичности коррелируют со стадийностью процесса пластического течения. Установлен вид зависимостей скорости распространения ультразвука и характеристик локализованной пластичности в деформируемых образцах от общей деформации и напряжения течения. Доказано однозначное соответствие между стадиями пластического течения, изменениями скорости ультразвука и автоволновой модой локализованной пластической деформации, наблюдаемыми при механических испытаниях исследуемых сплавов.

Литература:

1. Зуев Л.Б., Данилов В.И., Баранникова С.А. Физика макролокализации пластического течения. Новосибирск: Наука, 2008, 328с.
2. Zuev L.B., Semukhin B.S., Bushmelyova K.I., Zarikovskaya N.V. *Materials Letters*. 2000. V. 42. № 1. 97–101.
3. Муравьев В.В., Зуев Л.Б., Комаров К.Л. Скорость звука и структура сталей и сплавов. Новосибирск: Наука, 1996. 184с.
4. Kobayashi M., Tang Sh., Miura S., Iwabuchi K., Oomori S., Fujiki H. *International Journal of Plasticity*. 2003. V. 19. № 6. 771–804.
5. Ogi H., Hirao M., Aoki S. *Journal of Applied Physics*. 2001. V. 90. № 1. 438–442.
6. Zuev L.B., Gorbatenko V.V., Pavlichev K.V. *Measurement Science and Technology*. 2010. T. 21. № 5. С. 054014.