

05.1;08

Акустическая эмиссия при деформации пористого железа

© В.В. Поляков, А.В. Егоров, И.Н. Свистун

Алтайский государственный университет, Барнаул
E-mail: polyakov@phys.dcn-asu.ru

Поступило в Редакцию 18 июня 2001 г.

Проведены исследования акустической эмиссии при нагружении железа с пористостью от 0 до 30%. Установлены зависимости скорости счета от напряжения для образцов с различной структурой. Выявлено немонотонное изменение вида кривой информативного параметра излучения при росте пористости с аномалией в районе порога перколяции.

Применение материалов с неоднородной структурой в условиях механических нагружений делает актуальной задачу всестороннего исследования их пластической деформации и разрушения. Наличие областей с резко различающимися свойствами и границ раздела приводит к появлению особенностей деформационного поведения, не встречающихся в гомогенных твердых телах [1,2]. Перспективным методом исследования деформационных процессов является метод акустической эмиссии [3,4]. В настоящей работе установлены закономерности акустической эмиссии при нагружении пористых металлов на основе железа.

Исследование влияния пористой структуры на акустическую эмиссию проводили на образцах, изготовленных из железного порошка марки ПЖРВ-2. Изменение параметров структуры достигалось путем варьирования пористости P , которая задавалась в интервале от $P = 5\%$ до $P = 30\%$ путем прессования порошков и последующего спекания в вакууме при температуре 1450 К в течение 2.5 h. Данный интервал пористости обеспечивал различные топологические картины строения материала, т.е. охватывал случаи изолированных и "бесконечного" порового кластеров и значения P , соответствующие перколяционному переходу [5]. Измерения параметров структуры порошков и спеченных металлов проводились методами оптической металлографии с использованием микроскопа НЕОРНОТ-32. Для исследования акустической эмиссии при пластической деформации и разрушении использовали

автоматизированную установку [6], позволяющую проводить испытания при растяжении с фиксированной скоростью нагружения. В качестве информативной характеристики была выбрана скорость счета осцилляций акустической эмиссии \dot{N} .

Для выбора оптимального режима была проведена серия испытаний с различными скоростями нагружения образцов. Полученные данные представлялись в виде зависимости \dot{N} от величины упругого напряжения σ . Типичные результаты измерений для трех скоростей $\dot{\sigma} = 0.9, 2.4$ и 6.5 МПа/с приведены на рис. 1. Видно существенное влияние условий нагружения на акустическую эмиссию. При скорости $\dot{\sigma} = 0.9$ МПа/с сказывались индивидуальные особенности строения материала, проявляющиеся в виде хаотичных пиков, накладывавшихся на общую зависимость \dot{N} от σ . Увеличение $\dot{\sigma}$ до значения 2.4 МПа/с приводило к уменьшению случайных всплесков скорости счета. При достижении $\dot{\sigma} = 6.5$ МПа/с получался устойчивый результат из-за усреднения по большому числу случайных событий. В связи с этим при экспериментах с пористыми образцами использовалась именно такая скорость нагружения.

На рис. 2 приведены данные измерений скорости счета \dot{N} при деформации железа с различными пористостями в зависимости от относительного напряжения σ/σ_B (σ_B — экспериментальный предел прочности при растяжении; $\sigma_B = 350$ МПа ($P = 0$); 260 МПа ($P = 5\%$); 240 МПа ($P = 10\%$); 170 МПа ($P = 15\%$); 110 МПа ($P = 20\%$); 90 МПа ($P = 30\%$)). Эти результаты отражают существенное влияние пористой структуры на процесс акустического излучения. Для компактного металла ($P = 0$) зависимость скорости счета \dot{N} от напряжения σ имела немонотонный вид с ярко выраженным максимумом в области напряжений, соответствующих пределу текучести. Подобные зависимости характерны для компактных пластичных металлов [3,4]. Увеличение пористости до $P = 5\%$ приводило к тому, что максимум \dot{N} в области малых напряжений, обусловленный пластической деформацией компактных участков, уменьшался, при этом скорость счета акустической эмиссии резко возрастала перед разрушением. При пористости $P = 10\%$ отмеченный максимум практически исчезал, а \dot{N} монотонно возрастала с увеличением σ . Такое поведение акустической эмиссии при деформации характерно для хрупкого разрушения с интенсивным трещинообразованием [4]. Переход к хрупкому разрушению связан с тем, что изолированные поры являются мощными концентраторами

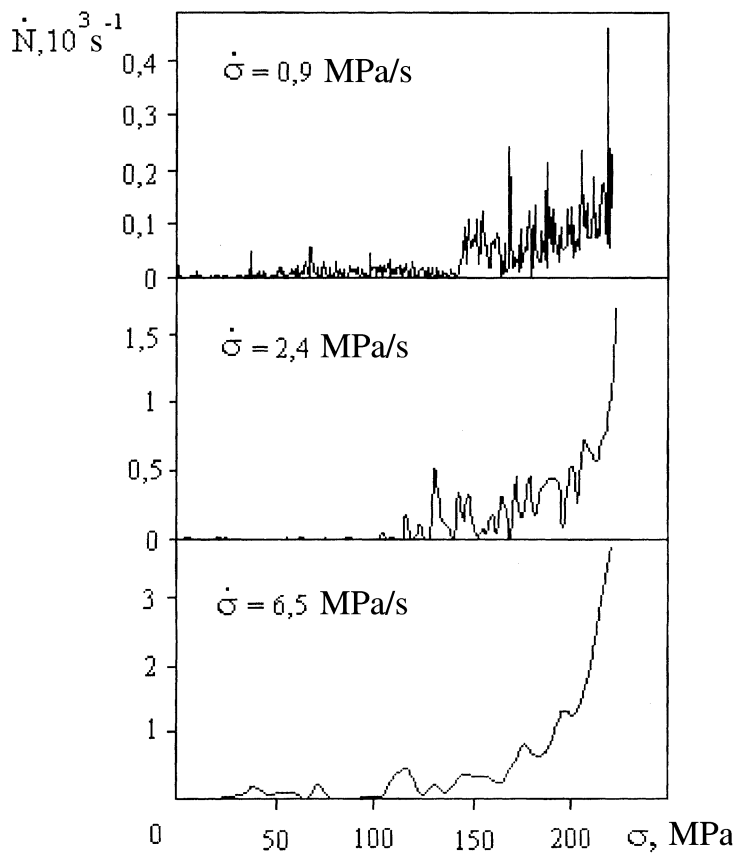


Рис. 1. Скорость счета акустической эмиссии при нагружении железа с пористостью $P = 10\%$.

локальных напряжений и разрушение пористого металла происходило за счет развития трещин от одной поры к другой [1,7]. Дальнейшее увеличение пористости ($P = 15\%$) вновь приводило к немонотонной зависимости $\dot{N}(\sigma)$, качественно аналогичной материалу с $P = 5\%$. В то же время проведенный металлографический анализ показал, что механизм деформации отличен от случая малопористого материала.

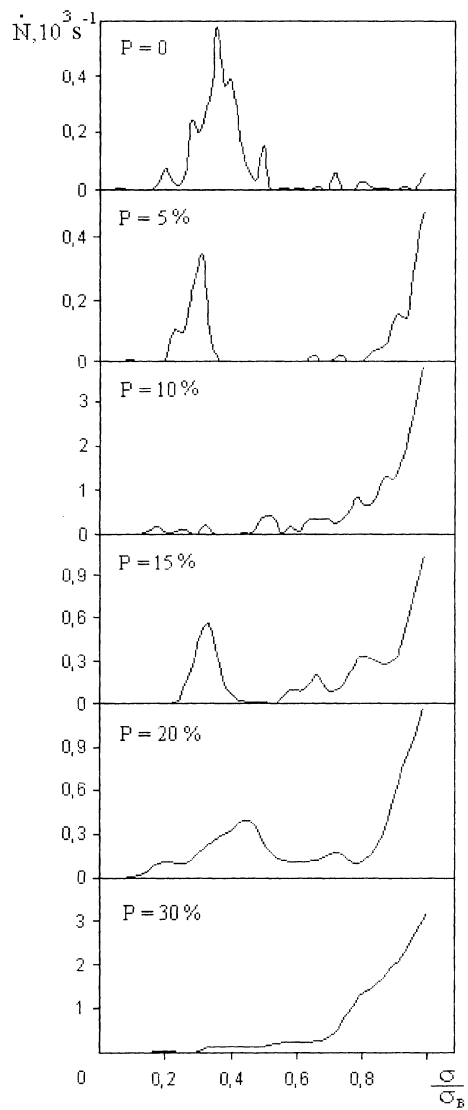


Рис. 2. Скорость счета акустической эмиссии при нагружении железа с различной пористостью.

Именно вследствие образования при $P \sim 10\%$ открытой пористости и ее развития наблюдалось раннее зарождение микротрещин при незначительной пластической деформации зерен, что позволило интерпретировать первый пик как обусловленный образованием сетки микротрещин. При этом наблюдалось торможение микротрещин на границах порового пространства, затруднявшее формирование магистральных трещин. Рис. 2 показывает постепенный переход к монотонной зависимости скорости счета от напряжения при увеличении пористости до $P = 20\%$. Это можно связать с тем, что при высокой пористости происходит значительное геометрическое разупрочнение материала, связанное с наличием большого числа пустот. При $P = 30\%$ развитие магистральных трещин начинается практически без пластической деформации зерен.

Проведенное исследование позволило установить особенности акустической эмиссии при нагружении пористых металлов и выявить влияние пористой структуры на механизмы пластической деформации и разрушения.

Список литературы

- [1] *Polyakov V.V., Syrov G.V., Fadeev A.V.* // The 4th Europ. Conf. Adv. Materials and Processes "EVROMAT-95". Italy, Venice, 1995. V. 4. P. 521–524.
- [2] *Панин В.Е., Поляков В.В., Сыров Г.В.* и др. // Изв. вузов. Физика. 1996. № 1. С. 101–105.
- [3] *Грешиников В.А., Дробот Ю.Б.* Акустическая эмиссия. М.: Изд-во стандартов, 1976. 272 с.
- [4] *Трипалин А.С., Буйло С.И.* Акустическая эмиссия. Физико-механические аспекты. Ростовский университет. 1986. 160 с.
- [5] *Шкловский Б.И., Эфрос А.Л.* // УФН. 1975. Т. 117. В. 3. С. 401–435.
- [6] *Поляков В.В., Егоров В.В., Свистун И.Н.* и др. // Вестник ПГТУ. 1999. В. 4. С. 133–136.
- [7] *Баскин Б.Л., Иващенко Р.К., Лексовский А.М.* и др. // Технологическая и конструкционная пластичность порошковых материалов: Сб. науч. тр. Киев: ИПМ АН УССР, 1988. С. 93–97.