

## Краткие сообщения

05;12

### Влияние импульсов магнитного поля на неупругие свойства азотсодержащей стали

© О.И. Дацко, В.И. Алексеенко, А.Л. Брусова

Донецкий физико-технический институт им. А.А. Галкина АН Украины,  
340114 Донецк, Украина

(Поступило в Редакцию 23 июля 1998 г.)

Методом внутреннего трения выявлено воздействие импульсов слабого магнитного поля на динамические свойства дислокаций, взаимодействующих с примесно-дефектными комплексами, характеризуемое ростом пластичности материала в условиях микропластической деформации и замедлением процесса деформационного старения.

Согласно [1], обработка импульсами слабого ( $H < 10^6$  А/м) магнитного поля приводит к изменению состояния примесно-дефектных комплексов (ПДК) на дислокациях. Поэтому представляется возможным повлиять на неупругость, процессы микропластической деформации (МПД) и деформационное старение (ДС) путем воздействия на материал импульсами магнитного поля (ИМП).

Использовалась аустенитная азотсодержащая хромомарганцовистая сталь X14Г10АС (0.1% С, 14% Cr, 10% Mn, менее 1.5% N и Si в отдельности). В таких сталях в результате пластической деформации могут иметь место два различных по характеру процесса изменения структуры материала. Это — процесс мартенситного  $\gamma$ - $\alpha$ -превращения в аустените. Предварительные исследования с помощью рентгеновского анализа показали, что после МПД мартенситного  $\gamma$ - $\alpha$ -превращения не наблюдается. Кроме этого, оказалось, что в исходном материале, деформированном и срелаксированном после МПД, отсутствуют соединения  $Fe_2N$ ,  $Fe_3N$ ,  $Fe_4N$ . Отсутствие мартенситного превращения при МПД и соединений является необходимым условием в проявлении и изучении процесса ДС, обусловленного в исследуемом материале способностью подвижных атомов азота сегрегировать на дислокациях.

Образцы для исследований имели вид прямоугольной призмы размером  $3 \times 3 \times 60$  мм. Их получали механически из прокатанного материала.

Контроль за изменением состояния системы дислокация-ПДК осуществлялся методом измерения низкочастотного внутреннего трения (ВТ  $Q^{-1}$ ) с частотой 1 Hz (обратный крутильный маятник [2]) в амплитудно независимой области при относительной амплитуде деформации материала  $\varepsilon = 4 \cdot 10^{-5}$ . Исследования показали, что в исходных образцах с течением времени уровень ВТ не изменяется, что свидетельствует о кинетической стабильности системы дислокация-ПДК в нормальных условиях (МПД, ИМП отсутствуют).

МПД осуществлялась во время измерений амплитудно-независимого ВТ путем деформирования материала в интервале амплитуд  $\varepsilon = 4 \cdot 10^{-5} - 16 \cdot 10^{-5}$ . Для иницирования процесса ДС материал подвергался МПД (путем закручивания) до относительной деформации  $\varepsilon = 2 \cdot 10^{-3}$ .

Обработка ИМП исследуемых образцов проводилась по следующему режиму: амплитуда напряженности ИМП  $H = 3 \cdot 10^5$  А/м, частота следования импульсов 10 Hz, длительность переднего фронта импульса  $10^{-4}$  с, времена обработки 2 (это минимальное время средне-статистического определения величины ВТ) и 100 min. Основные положения методики описаны в [3].

Исследования показали, что при включении ИМП уровень ВТ скачкообразно возрастает, после его выключения сохраняется в течение 60 min, а затем монотонно уменьшается, приближаясь к исходному значению (рис. 1, кривая 1). При включенном ИМП уровень ВТ после скачкообразного увеличения сохраняется (кривая 2).

Наблюдаемое поведение ВТ может быть связано с изменением взаимодействия дислокаций с ПДК за счет перевода атомов примеси в состояния с различным значением потенциала взаимодействия и свидетельствует о том, что ИМП способно изменить энергетическое состояние системы дислокация-ПДК, пластифицируя исследуемый материал.

Изучение воздействия ИМП на процесс МПД показывает, что магнитное поле обуславливает увеличение общего уровня амплитудно-независимого ВТ относительно его исходного значения (рис. 2), облегчая отрыв дислокаций от закрепляющих их стопоров. Следовательно, ИМП одинаково эффективно воздействует и на закрепленную дислокацию (амплитудно-независимое ВТ), раскрепляя ее, и на сам процесс отрыва дислокаций от стопоров (амплитудно-зависимое ВТ).

Кинетика уровня ВТ при ДС (в условиях воздействия ИМП и без него), имеющем место после МПД, пред-

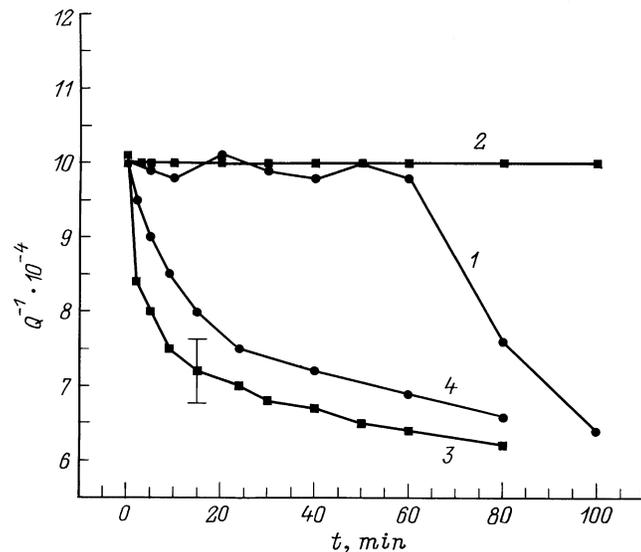


Рис. 1. Временная зависимость внутреннего трения в стали X14Г10АС: 1 — после выключения ИМП, 2 — при включенном ИМП, 3 — после МПД, 4 — после МПД в условиях ИМП.

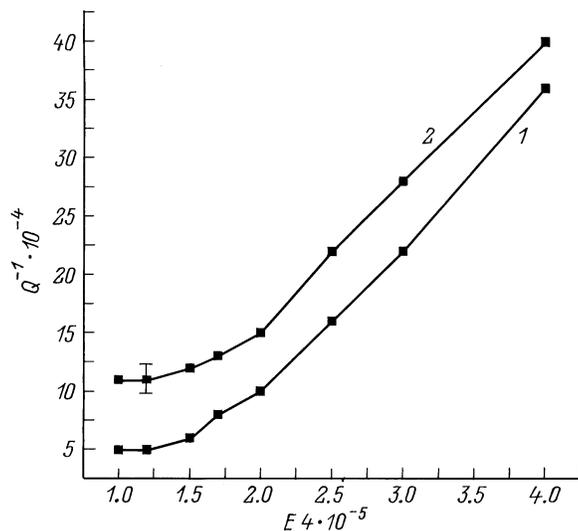


Рис. 2. Амплитудная зависимость внутреннего трения в стали X14Г10АС: 1 — без ИМП, 2 — в условиях ИМП.

ставлена на рис. 1 (кривые 3, 4). Как видно, в этих случаях уровень амплитудно независимого ( $\varepsilon = 4 \cdot 10^{-5}$ ) дислокационного ВТ монотонно понижается. Сравнение этих зависимостей ВТ показывает, что ДС в условиях воздействия ИМП протекает медленнее и заканчивается при более высоких значениях ВТ (кривая 4). Это свидетельствует о формировании на дислокациях менее связанных с ними ПДК. Другими словами, в условиях воздействия ИМП наблюдается тенденция снижения степени закрепления дислокаций примесями и роста пластичности материала.

Временные зависимости ВТ при ДС материала в рамках модели Харпера [4] с учетом того, что  $Q^{-1} \sim L_c^4$

(где  $L_c$  — расстояние между точками закрепления), могут быть описаны аналитическим выражением

$$Q_t^{-1} = Q_\infty^{-1} + [Q_0^{-1} - Q_\infty^{-1}] [\exp(-t/\tau)]^{2/3}^4,$$

где  $Q_0^{-1}$  и  $Q_\infty^{-1}$  — ВТ в начале и конце исследуемого процесса,  $t$  — время,  $\tau$  — постоянная времени релаксации.

С помощью приведенного аналитического выражения произведена оценка времени релаксации процесса ДС в обычных условиях и в условиях ИМП. В первом случае  $\tau_1 = 70$  min, а во втором  $\tau_2 = 110$  min.

Таким образом, в настоящей работе экспериментально показана способность ИМП эффективно воздействовать на динамику закрепленных линейных дефектов, на процессы их раскрепления и закрепления. Материал, содержащий линейные и точечные дефекты, вследствие проявления таких эффектов пластифицируется.

## Список литературы

- [1] Дацко О.И., Алексеенко В.И., Шахова А.Д. // ФТТ. 1996. Т. 38. Вып. 6. С. 1799–1804.
- [2] Постников В.С. Внутреннее трение в металлах. М.: Металлургия, 1974. 324 с.
- [3] Дацко О.И., Алексеенко В.И. // ФТТ. 1997. Т. 39. Вып. 7. С. 1234–1236.
- [4] Harper S. // Phys. Rev. 1951. Vol. 83. P. 709–712.