

УДК 548.0:537.634

©1995

ВЛИЯНИЕ ПОСТОЯННОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА СКОРОСТЬ ПЛАСТИЧЕСКОГО ТЕЧЕНИЯ МОНОКРИСТАЛЛОВ NaCl:Ca

Ю.И.Головин, Р.Б.Моргунов

Тамбовский государственный педагогический институт,
392032, Тамбов, Россия
(Поступила в Редакцию 23 декабря 1994 г.)

Обнаружено влияние постоянного магнитного поля $B = 0.7 \text{ Т}$ на скорость пластического течения в диамагнитных кристаллах NaCl, деформируемых сжатием в режиме активного нагружения со скоростью $\sim 10^{-5} \text{ с}^{-1}$. Показано, что эффект возрастает при увеличении содержания примеси Ca в кристалле и достигает максимума на первой стадии упрочнения.

В [1-5] показано, что постоянное магнитное поле (МП) с индукцией $B \sim 1 \text{ Т}$ облегчает преодоление стопоров (преимущественно примесного происхождения) изолированными дислокациями в ионных кристаллах. В процессе макропластической деформации спектр стопоров для скользящих дислокаций значительно расширяется, а движение дислокаций становится в значительной степени скоррелированным. Поэтому а priori нельзя предсказать, насколько заметным в этих условиях окажется влияние МП на пластическое течение. В настоящей работе представлены результаты предварительного исследования влияния МП с индукцией $B = 0.7 \text{ Т}$ на скорость пластического течения номинально чистых монокристаллов NaCl и монокристаллов NaCl с примесью Ca при деформировании линейно растущей во времени нагрузкой.

Образцы размером $3 \times 3 \times 10 \text{ мм}$ с содержанием Ca от 10 до 3000 ppm были закалены при температуре от 800 К и имели предел текучести σ_y от 0.6 до 3.0 МПа соответственно. Сжатие образцов вдоль [001] осуществлялось в установке, обеспечивающей режим линейно нарастающей со временем нагрузки, скорость увеличения которой могла варьироваться в пределах от 1 до 50 кПа/с. Деформацию образца регистрировали индукционным датчиком с точностью $\pm 2 \text{ мкм}$. Построение диаграммы $\varepsilon(\sigma)$ сделало возможным выделение типичных участков кривой деформирования (рис. 1). Включение МП производилось на разных участках этой кривой, направление поля было перпендикулярно оси сжатия. Длительность переднего и заднего фронтов импульса МП составляла около 2с, что во всех опытах было значительно меньше длительности импульса поля ($\approx 100 \text{ с}$). Особое внимание было уделено

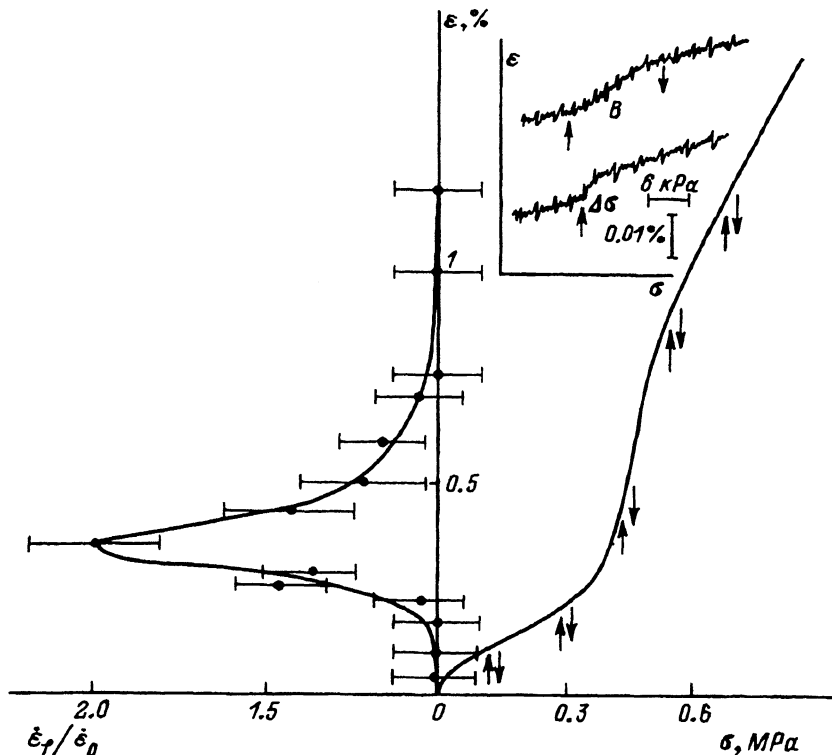


Рис. 1. Зависимость напряжений течения σ и скорости пластической деформации в постоянном магнитном поле $B = 0.7 \text{ T}$ $\dot{\epsilon}_f$ (нормированной на скорости течения при выключенном поле $\dot{\epsilon}_0$) от степени достигнутой деформации ϵ для образца NaCl, содержащего 1000 ppm Ca.

исключению артефактов при включении и выключении МП. Их отсутствие было надежно установлено несколькими независимыми способами.

Как видно из типичной диаграммы нагружения (рис. 1), включение МП вызывало увеличение скорости пластического течения $\dot{\epsilon}_f$ по сравнению со скоростью перед включением поля $\dot{\epsilon}_0$. Повышенное значение $\dot{\epsilon}_f$ наблюдалось в течение всего периода деформирования в МП (до $t_f \sim 100 \text{ s}$). Надежному сравнению наклонов при $t_f > 100 \text{ s}$ препятствовали случайные вариации $\dot{\epsilon}$. Однако во всех случаях (и при $t_f > 200 \text{ s}$) выключение МП приводило к уменьшению $\dot{\epsilon}$, т.е. эффект разупрочнения в МП был обратимым. Максимум он обычно достигал на первой стадии упрочнения, а при переходе ко второй стадии затухал. Иногда он проявлялся и при больших деформациях, но носил нерегулярный и невоспроизводимый характер.

В отличие от экспериментов с МП скачкообразное поднагружение образца во время деформирования нагрузкой $\Delta\sigma = 30\text{--}40 \text{ kPa}$ приводило к увеличению наклона кривой, сопоставимому с его изменением в МП, но лишь в первые 10–20 с после поднагружения. В дальнейшем устанавливался прежний наклон (рис. 1).

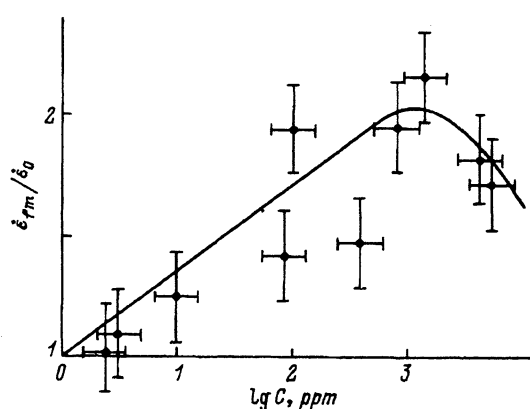


Рис. 2. Зависимость эффекта разупрочнения кристаллов NaCl в постоянном магнитном поле $B = 0.7 \text{ T}$ от концентрации примеси Ca.

Аналогичные кривые получены и для кристаллов с другим содержанием примеси. С ростом концентрации Ca в кристаллах эффект разупрочнения увеличивался вплоть до $C \approx 10^3 \text{ ppm}$ (рис. 2). Отметим, что величина эффекта в максимуме для чистых кристаллов оказывается меньше, чем увеличение средней длины пробега индивидуальных дислокаций в тех же кристаллах, полученное в [3]. При $\sigma \leq 0.8\sigma_y$ эффект отсутствовал, а при $\sigma \geq 0.8\sigma_y$ возникало понижение σ_y , регистрируемое машиной.

Узкий интервал деформаций, в пределах которого можно обнаружить эффект, свидетельствует о влиянии поля на взаимодействие дислокаций лишь с избранным сортом стопоров, лимитирующим движение дислокаций преимущественно на начальном участке кривой пластического течения. Наблюдавшееся спадание эффекта с ростом $\dot{\epsilon}$ (на 30–40% при увеличении $\dot{\epsilon}$ на два порядка величины), по-видимому, означает, что для эффективного влияния МП на $\dot{\epsilon}$ требуется некоторое время. Это согласуется с результатами [5], где обнаружено влияние длительности предварительной обработки кристалла в МП на последующую подвижность дислокаций.

Отметим, что похожие эффекты действия МП на макроскопические характеристики пластического течения были обнаружены в ферромагнитных [6] и диамагнитных металлах [7]. Их трактовка сводится к влиянию МП на взаимодействие дислокаций с блоховскими стенками или на вязкость электронного газа. Естественно, что ни один из этих подходов не может служить основой для описания эффекта в ионном кристалле. Следовательно, обнаружен новый канал воздействия МП на макроскопические свойства кристаллов. Возможное объяснение может заключаться в действии силы Лоренца на движущиеся заряженные особенности дислокационной линии, которая оказывается сопоставимой по порядку величины с силой, необходимой для перемещения частиц во вторичном рельефе Пайерлса. Небезосновательной представляется и модель, исходящая из предположения о том, что МП изменяет скорость или выход химической реакции, протекающей между магнитоактивными центрами на дислокации, которые при ее движении в объеме кристалла активно взаимодействуют со стопорами. Такие реакции, чувствительные к магнитному полю, были обнаружены в [8] в жидкой фазе, а возможность их влияния на пластичность ионных кристаллов рассмотрена в [9] применительно к взаимодействию примесь–дислокация.

Список литературы

- [1] Альшиц В.И., Даринская Е.В., Петржик Е.А. ФТТ **33**, 10, 3001 (1991).
- [2] Альшиц В.И., Даринская Е.В., Перекалина Т.М., Урусовская А.А. ФТТ **29**, 2, 467 (1987).
- [3] Головин Ю.И., Казакова О.Л., Моргунов Р.Б. ФТТ **35**, 5, 1384 (1993).
- [4] Головин Ю.И., Моргунов Р.Б. ФТТ **35**, 9, 2582 (1993).
- [5] Головин Ю.И., Моргунов Р.Б. Письма в ЖЭТФ **58**, 3, 189 (1993).
- [6] Forsch K., Nemmerich I., Kroll K. Phys. Stat. Sol. (a), **23**, 223 (1974).
- [7] Лебедев В.П., Крыловский В.С. ФТТ **27**, 5, 1285 (1985).
- [8] Соколик И.А., Франкевич Е.Л. УФН **111**, 2, 261 (1973).
- [9] Молоцкий М.И. ФТТ **33**, 10, 3112 (1991).