

В. С. САВЕНКО

УО МГПУ им. И.П. Шамякина (г. Мозырь, Беларусь)

МОДИФИКАЦИЯ КИНЕТИКИ ДВОЙНИКОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ ЭЛЕКТРОПЛАСТИЧНОСТИ

Пластическая деформация двойникованием осуществляется при ориентационном запрете дислокационного скольжения, например, и при больших скоростях нагружения, а также при низких температурах. Двойникование начинается у концентраторов напряжений, дислокационных скоплений и развитие двойникоующих дислокаций осуществляется с большими скоростями и напряжения деформации на границах двойников часто приводят к разрушению материала. Исследования возможностей методов и способов контроля развития двойникования для снижения концентрации напряжений на двойниковых границах предоставляют реальную возможность использовать двойникование как резерв пластичности материала. Кроме того, границы двойников – естественные препятствия для полных дислокаций, следовательно, созданием в кристаллической решетке системы тонких двойников возможно эффективно упрочнить материал.

При действии одиночными импульсами тока во время деформации кристаллов магния растяжением и сжатием возникает электропластический эффект, который проявляется в скачкообразных удлинениях образцов при прохождении импульса тока без какого-либо существенного теплового эффекта и тепловой дилатации образцов. Электропластический эффект обусловлен ускорением пластического течения металла потоком электронов проводимости, которые находятся в дрейфовом движении под влиянием электромагнитного поля или действием «электронного ветра» внутри деформируемого металла, то есть, помимо джоулевого эффекта, свободные электроны способны оказывать особое специфическое электропластическое действие на металл, находящийся под механическими напряжениями выше предела текучести [1].

Внешние энергетические воздействия возбуждают локализованные электронные состояния на потенциале, при этом, очевидно, происходит размытие их волновых функций. Увеличение электронной плотности в ядре дислокаций понижает величину потенциального барьера Пайерлса-Набарро. Уменьшением крутизны рельефа барьера также объясняется и механизм магнитно-пластического эффекта в *NaCl* и *Al*, суть которого заключается в перемещении под действием магнитного поля дислокаций в ненагруженных исследуемых кристаллах. До помещения кристалла в магнитное поле дислокации находятся в равновесии, зависая в дальнедействующем поле внутренних напряжений на локальных барьерах, связанных с точечными дефектами и рельефом Пайерлса. Понижая величину барьера наложением магнитного поля, можно привести

дислокации в движение. Однако подобный механизм может быть применим для ионных и ковалентных кристаллов, в металлах же высота барьеров типа Пайерлса-Набарро невелика и величина активационного объема для них на несколько порядков меньше, чем для потенциальных барьеров, создаваемых другими дислокациями и точечными дефектами.

Исследование микроструктуры образцов магния проводилось с использованием растрового электронного микроскопа LEO 1455VP (CarlZeiss). Наблюдение осуществлялось регистрацией отраженных электронов, ускоряющее напряжение составляло 20 кВ. Морфологический анализ изображения определялся прибором «Пост микроконтроль МК-3» с помощью компьютерной программы AutoscanObjects

В ходе исследований был проведен морфологический анализ с выделением гистограмм по классам, с определением контроля физико-механических свойств материала, основанного на измерении микротвердости. Произведен анализ экспериментальных и теоретических данных с учетом коэффициентов парной корреляции и регрессии для верности.

Микротвердость образцов исследовалась на цифровом микротвердомере MicroMet 5114 с сенсорным LCD пультом управления и с автоматическим расчетом значений твердости и накоплением статистики, при помощи алмазной пирамидки (Виккерс). Время приложения нагрузки 15 с, нагрузка на индентор 1000 г, угол алмазной пирамидки $\theta = 136^\circ$. Индентирование проводилось перпендикулярно индентируемой плоскости шлифа в ортогональном направлении вектора деформации. После снятия нагрузки измерялась диагональ отпечатка. Число твердости по Виккерсу HV вычислялось как отношение нагрузки P к площади поверхности пирамидального отпечатка M. В ходе измерения диагонали отпечатка в зависимости от площади поверхности пирамидального отпечатка получали глубину отпечатка h для исследуемых образцов:

$$HV = k \cdot \frac{F}{S} = 0,102 \cdot \frac{2F \cdot \frac{\sin\theta}{2}}{d^2} = 0,1891 \cdot \frac{F}{d^2}$$

Полученные экспериментальные данные позволили определить графические зависимости некоторых кинематических характеристик при анализе зависимости микротвердости HV от нагрузки p и времени t и тока i (рисунок 1).

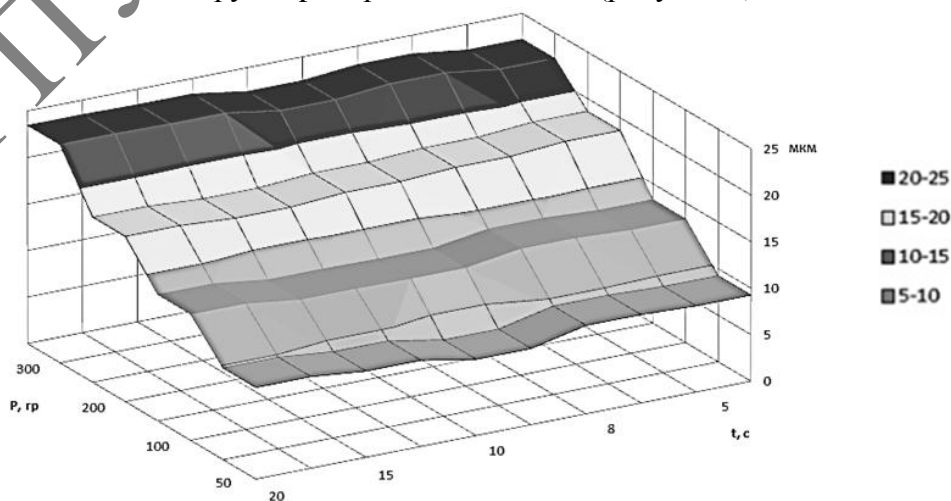


Рисунок 1. – Глубина отпечатка образца магния от плотности тока

Рассмотрение наиболее вероятных механизмов влияния электромагнитных полей на пластическую деформацию металлов следует проводить с учетом состояния поверхности кристалла, так как возбуждение электронной подсистемы кристалла электромагнитным полем приводит к изменению его поверхностной энергии. При деформациях металлов выше предела текучести, движущиеся дислокации, взаимодействуя со свободной поверхностью, приобретают избыточную свободную энергию, становятся неустойчивыми и стремятся выйти на поверхность кристалла. Следует отметить, что краевая дислокация притягивается к поверхности силой «зеркального изображения», которая определяется медленно меняющимся логарифмическим потенциалом. Вместе с тем, выход дислокации на поверхность сопровождается появлением характерной ступеньки. При этом на создание новой ячейки затрачивается энергия $b^2 \cdot \gamma$, где γ – поверхностная энергия. Эта сила распределяется к оси кристалла на полуширину дислокации порядка нескольких b и в непосредственной близости от поверхности может преобладать над силой «зеркального изображения». Поэтому уменьшение поверхностной энергии металла облегчит выход дислокаций одного знака на поверхность и приведет к увеличению скорости пластической деформации и уменьшению деформационного наклепа. В то же время увеличение поверхностной энергии интенсифицирует работу поверхностных источников дислокаций за счет компенсации силы «зеркального изображения».

ЛИТЕРАТУРА

1. Savenko, V. S. Electroplastic effect under the simultaneous superposition and magnetic fields / V. S. Savenko // Journal of applied physics. – 1999. – № 5. – P. 1–4.