

Имитационная модель процесса осадки цилиндрического образца из тугоплавких металлов при электроимпульсном воздействии

Магистрант гр. 50424022 Карпей Ф.С.

Научный руководитель – Минько Д.В.

Белорусский национальный технический университет

Проявление электропластического эффекта (ЭПЭ) заключается в скачкообразном снижении напряжения пластического течения материала образцов при прохождении по ним импульса тока плотностью $\sim 10^5$ А/см² и длительностью $\sim 10^{-4}$ с без существенного изменения температуры [1, 2]. ЭПЭ позволяет снизить сопротивление металла деформированию на 25–30 %, увеличить пластичность металла во время его обработки, увеличить остаточную пластичность до 30 % [2].

Исследуемые тугоплавкие металлы, такие как молибден, вольфрам, обладают низкой пластичностью при комнатной температуре. В обычных условиях пластическое деформирование данной категории металлов возможно только при их нагревании до температур свыше 1000 °С, что в конечном итоге отражается на трудоемкости как самого процесса, так и последующих операций, связанных с термической обработкой. В связи с этим рассматриваемая в данной работе модель процесса осадки при электроимпульсном воздействии является альтернативой термомеханической обработке при деформировании тугоплавких металлов.

ЭПЭ относится к высокоэнергетическим импульсным методам обработки материалов, в связи с чем к его моделированию предъявляются особые требования. Для решения связанных нелинейных динамических задач с учетом явлений электромагнетизма, тепловых эффектов и процессов деформации предлагается использование многоцелевого конечно-элементного комплекса LS-DYNA с модулем электромагнетизма [3]. Исследуемая конечно-элементная модель представлена на рисунке 1.

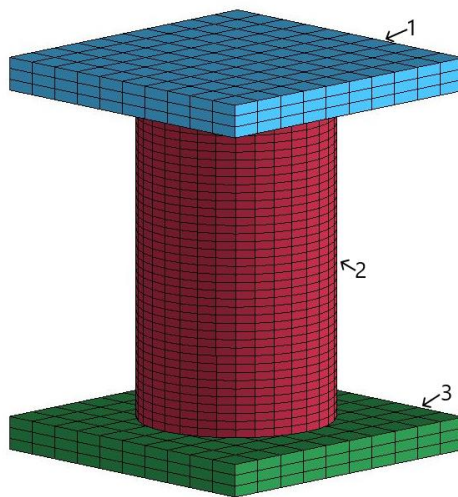


Рисунок 1 – Конечно-элементная модель процесса осадки:

1 – нагружаемая пластина; 2 – осаживаемый образец; 3 – зафиксированная пластина

В качестве моделей материалов использовались следующие:

- *MAT_PLASTIC_KINEMATIC – для заготовки;
- *MAT_RIGID – для пластин.

Кроме традиционных для LS-DYNA команд, необходимых для выполнения такого рода расчётов, были добавлены специальные команды для активации электромагнитного модуля и синхронизации его работы с механическим и тепловым решателями.

При создании модели учитывались следующие граничные условия нагружения и электроимпульсного воздействия:

1) усилие нагружения и направление импульсов тока направлены вдоль оси симметрии образца;

2) давление нагружения статическое, величина давления превышает предел текучести и достигает предела прочности, в ходе чего происходит разрушение образца;

3) импульсы электрического тока униполярные амплитудой 50 кА и длительностью 10^{-5} с, пропускаются только при нагружении образца.

В ходе анализа результатов моделирования были выявлены скачки падения напряжения текучести в образце (рисунок 2) примерно на 20–25 %, что подтверждает возникновение ЭПЭ при заданных условиях и оказывает существенное влияние на процесс пластического деформирования тугоплавких металлов. При этом модель прогнозирует повышение температуры всего на 200–400 °С.

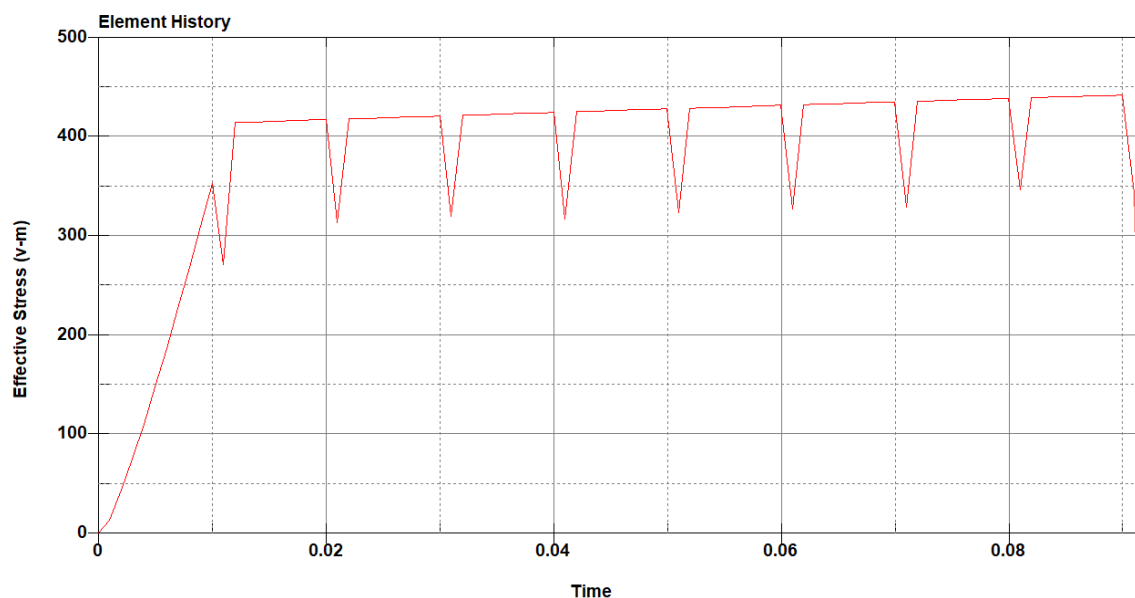


Рисунок 2 – Модель зависимости напряжения по Мизесу (МПа) от времени (с)

Как показывают результаты моделирования, применение ЭПЭ открывает возможность обрабатывать наиболее труднодеформируемые и хрупкие металлы при низких и умеренных температурах, не требующих применения защитных атмосфер или вакуума.

Список использованных источников

1 Электропластический эффект при одновременном наложении электрического и магнитного полей в области больших плотностей тока / В. С. Савенко [и др.] // Журнал Белорусского государственного университета. – 1995. – № 1. – С. 25–27.

2 Троицкий, О. А. Электромеханический эффект в металлах / О. А. Троицкий // Письма в ЖЭТФ. – 1969. – Т. 2. – №10. – С. 18–22.

3 Lstc [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ftp.lstc.com/anonymous/outgoing/inaki/docs/pdf_em/SRI_05_09_351.pdf. – Дата доступа: 01. 04. 2023.