

УДК 539.3

О залечивании микродефектов в металле под действием высокоэнергетического импульсного электромагнитного поля.

К.В. Кукуджанов

Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского Российской академии наук,
Москва, Россия

Работа посвящена изучению трансформации дефектов типа плоских микротрещин в материале под воздействием высокоэнергетического импульсного электромагнитного поля. Рассматриваются процессы, протекающие в материале при обработке металлических образцов кратковременными импульсами электрического тока большой плотности. Изучаются изменения электрического, температурного полей, напряженно-деформированного состояния и фазовые трансформации в окрестности микродефектов с линейными размерами порядка 10 мкм. Такие дефекты всегда имеются между зернами в поликристаллическом металле после отливки или возникают в нем в процессе его деформирования при технологической обработке.

Предлагается связанная квазистационарная модель кратковременного воздействия интенсивным электромагнитным полем на предварительно поврежденный упругопластический материал с упорядоченной системой дефектов [1-2]. Модель учитывает плавление и испарение металла, а также зависимость всех его физико-механических свойств от температуры. Результаты расчетов по предлагаемой модели сравнивались с экспериментальными данными [3-4]. Сравнение показывает, что модель обеспечивает хорошее совпадение с экспериментом и правильно воспроизводит основные особенности электротермомеханических процессов в окрестности микродефектов.

Решение получающейся системы уравнений ищется численно методом конечных элементов на подвижных сетках с использованием смешанного эйлера-лагранжева метода. Краевая задача решается для представительного элемента материала с микродефектом в случае плоской деформации. Рассматриваются микродефекты в форме плоских трещин с закругленными кончиками. Наличие микротрещин приводит к неоднородности всех изучаемых физических полей в материале.

Моделирование показало, что в окрестности микродефектов возникают высокие значения плотности тока с большими градиентами поля. Это вызывает быстрый локальный нагрев в окрестности кончика микротрещины, сопровождаемый тепловым

расширением, а в последствие и плавлением материала. Неоднородный нагрев приводит к большим сжимающим напряжениям и интенсивному пластическому течению материала в окрестности микротрещины. Возникающее при этом поле напряжений вызывает не только смыкание берегов микротрещины, но и уменьшение ее длины и выброс металла в трещину. Выброс металла происходит посредством формирования струи расплавленного материала, направленной внутрь трещины. Эти процессы могут сопровождаться не только плавлением в окрестности кончика, но и испарением металла в трещину для микротрещин, расположенных вблизи внешних границ образца.

Таким образом, одновременное уменьшение длины, выброс расплавленного металла внутрь трещины и смыкание берегов приводит к тому, что берега трещины начинают контактировать со струей материала, и в конце этого процесса струя оказывается полностью зажатой берегами трещины. Происходит сварка трещины и залечивание микродефекта.

Полученный в результате численного моделирования эффект уменьшения (залечивания) микродефектов в материале согласуется с наблюдаемым в экспериментах [5-6].

Литература

1. *Кукуджанов К.В. [и др.]* О воздействии высокоэнергетического импульсного электромагнитного поля на микротрещины в упругопластическом проводящем материале // Проблемы прочности и пластичности. – 2015. – № 77. – С. 217-226.
2. *Кукуджанов К.В. [и др.]* Процессы деформирования упругопластического материала с дефектами при электродинамическом нагружении // Вестник ПНИПУ. Механика. – 2015. – № 1. – С. 106-120.
3. *Финкель В.М. [и др.]* О возможности торможения быстрых трещин импульсами тока // Докл. АН СССР. – 1976. – Т. 227. № 4. – С. 848–851.
4. *Финкель В.М. [и др.]* Разрушение вершины трещины силовым электромагнитным полем // Док. АН СССР. - 1977. - Т. 237. № 2. С. 325-327.
5. *Song Hui [at al.]* Effect of high density electropulsing treatment on formability of TC4 titanium alloy sheet //Trans. Nonferrous Soc. China. - 2007. -V.17. -P. 87-92.
6. *Троцкий О.А. [и др.]* Физические основы и технологии обработки современных материалов (теория, технология, структура и свойства). – Т.1. –Москва-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2004. – 590 с.