

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КОРРОЗИИ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА ПОСЛЕ ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТИ



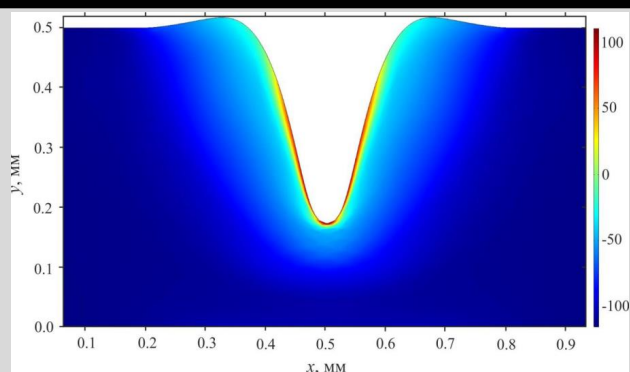
Кочегаров С.С., Шибков А.А.

Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина,
Тамбов, Россия,
shibkov@tsu.tmb.ru

Введение

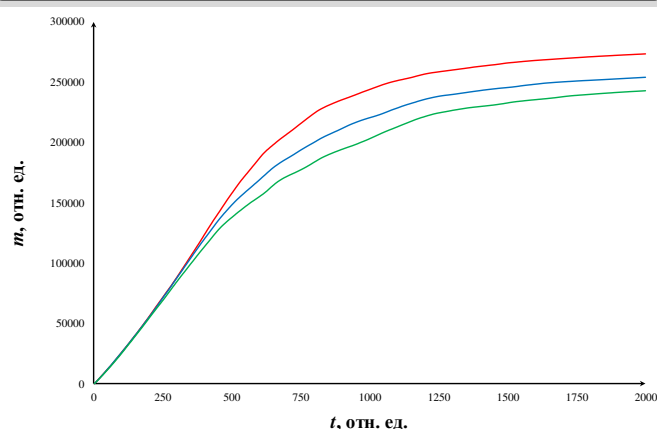
С каждым годом все большее распространение получает лазерная обработка алюминиевых сплавов. Однако, влияние высокоинтенсивного лазерного излучения на коррозионную стойкость алюминиевых сплавов изучено не полностью. Открытым остается вопрос о возможностях повышения коррозионной прочности после воздействия лазерным излучением. В данной работе было проведено численное исследование коррозии поверхности, подвергнутой лазерной обработке в водном растворе бинарного электролита, а также был выполнен сравнительный анализ с коррозией поверхности в отсутствие лазерного воздействия.

Рисунок 1



Пространственное распределение остаточных напряжений (рассчитанных по Мизесу) после воздействия лазерного импульса мощностью 20 Вт длительностью 16.5 мс.

Рисунок 2



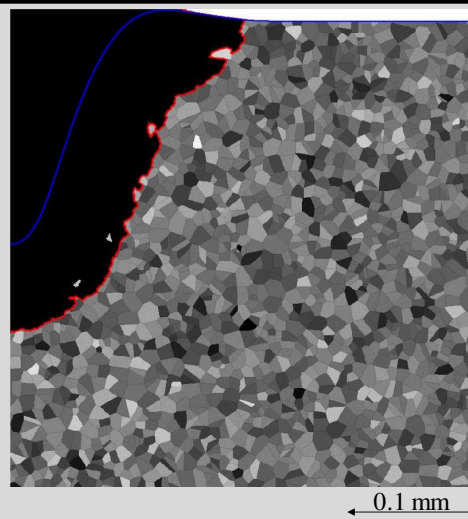
Временная зависимость массы растворенного металла $m(t)$. Красный график соответствует образцу, не прошедшему технологическую обработку после воздействия лазерного излучения; синий – образцу, прошедшему технологическую обработку с частичным снятием остаточных напряжений; зеленый – образцу, в котором остаточные механические напряжения сняты полностью.

Математическая модель

В качестве материала был выбран алюминий-магний сплав АМг6. На подготовительном этапе было проведено численное моделирование формирования кратера на поверхности сплава под действием локализованного лазерного излучения. В ходе моделирования были учтены последовательные фазовые переходы и частичная абляция вещества. Локализованный нагрев приводит к большим градиентам температуры, и неоднородному распределению термомеханических напряжений. После окончания лазерного импульса из-за высокой теплопроводности сплава происходит быстрая кристаллизация жидкой фазы, что также ведет к возникновению остаточных напряжений.

Численный расчет коррозии проводился при помощи разработанной дискретной двумерной модели. Для моделирования структуры поликристаллического сплава расчетная область разбивалась на ячейки в виде многоугольников Вороного, площади которых имели нормальное распределение. Коррозионная прочность зерен образца неодинакова – из-за различной кристаллографической ориентации зерна поликристалла имеют различные коррозионные потенциалы, и следовательно различную скорость разрушения. Это приводит к неоднородной и шероховатой фазовой границе в коррозионном процессе. Снижение концентрации активных частиц в растворе агрессивной среды в ходе протекающей химической реакции приводит к затуханию процесса коррозии за конечное число итераций расчета. Конечная морфология фазовой границы имеет фрактальную структуру, размерность которой 1.33 ± 0.01 .

Рисунок 3



Результаты моделирования структуры, формируемой в процессе коррозионного разрушения, для образца, ранее подвергнутому лазерному воздействию. Черная область соответствует раствору кислоты, белая зона – коррозионностойкому покрытию, серая область – сплав, имеющий поликристаллическую структуру. Красной линией показана граница коррозионного фронта, синей – начальная конфигурация поверхности металла.

Выводы

Показано, что механо-электрохимический эффект, выраженный в изменении равновесного потенциала из-за имеющихся остаточных напряжений, приводит к росту скорости коррозии образца, ранее подвергнутого лазерному излучению, по сравнению с образцом, поверхность которого не была обработана лазером. Стоит отметить, что данное увеличение скорости коррозии носит не равномерный характер, и связанный преимущественно с пространственным распределением остаточных напряжений. Было выявлено, что для образцов, подвергнутых ранее высокоинтенсивному лазерному воздействию, технологическая обработка, снимающая остаточные напряжения, увеличивает общую коррозионную прочность образцов. Полное удаление остаточных напряжений потенциально может снизить убыль массы на 18%.