

Моделирование лазерного поверхностного модифицирования

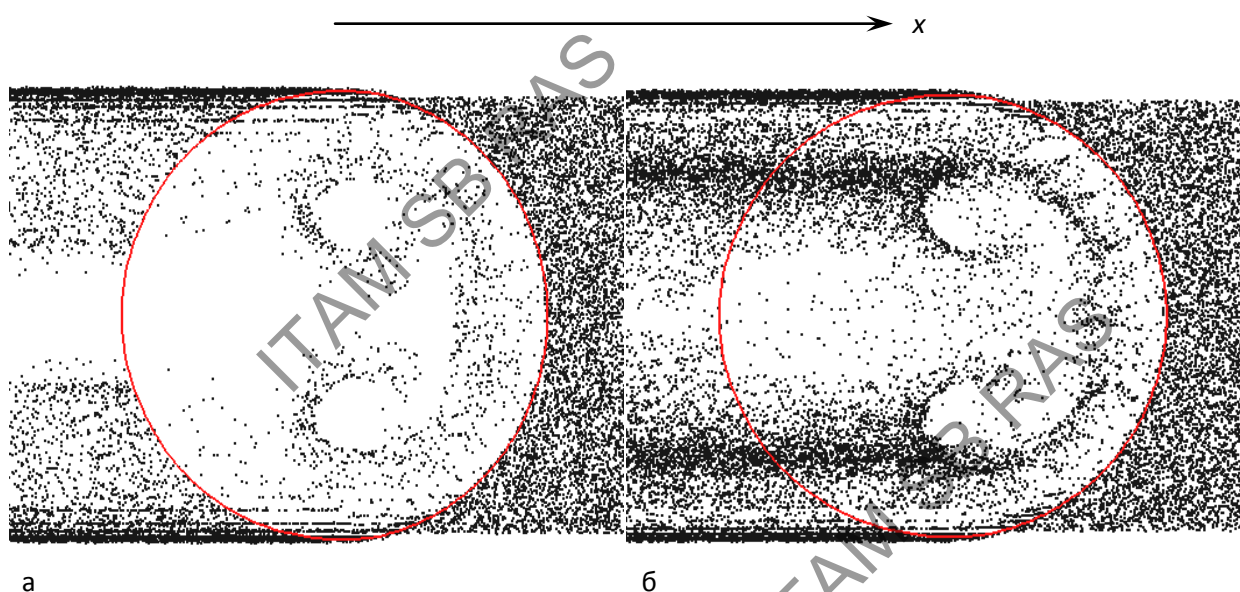
Контактное лицо: Гурин Алексей Михайлович

e-mail: zaitsev@itam.nsc.ru

Моделирование конвекции тугоплавкой дисперсной примеси в ванне расплава под воздействием лазерного излучения

Один из видов лазерного поверхностного модифицирования это добавление в расплав подложки порошка тугоплавких частиц металла или керамики. В результате такой обработки образуется поверхностный слой, в котором твердые частицы упрочняющего порошка встроены в кристаллическую матрицу подложки. Известная проблема такого модифицирования — концентрация напряжений на границе между обработанным слоем и остальным объёмом материала из-за резкого скачка концентрации частиц. Распределение частиц в обработанном слое зависит от структуры течения расплава во время процесса обработки, представление о которой сложно получить экспериментальными методами.

В нашей лаборатории разработано программное обеспечение, моделирующее движение тугоплавкой упрочняющей добавки в расплаве подложки в лагранжевой постановке. В ходе численных исследований получены распределения различных упрочняющих частиц в обработанном поверхностном слое при вводе частиц через сопло и при предварительном нанесении их на поверхность. Показано влияние плотности частиц на распределение частиц в следе.



а

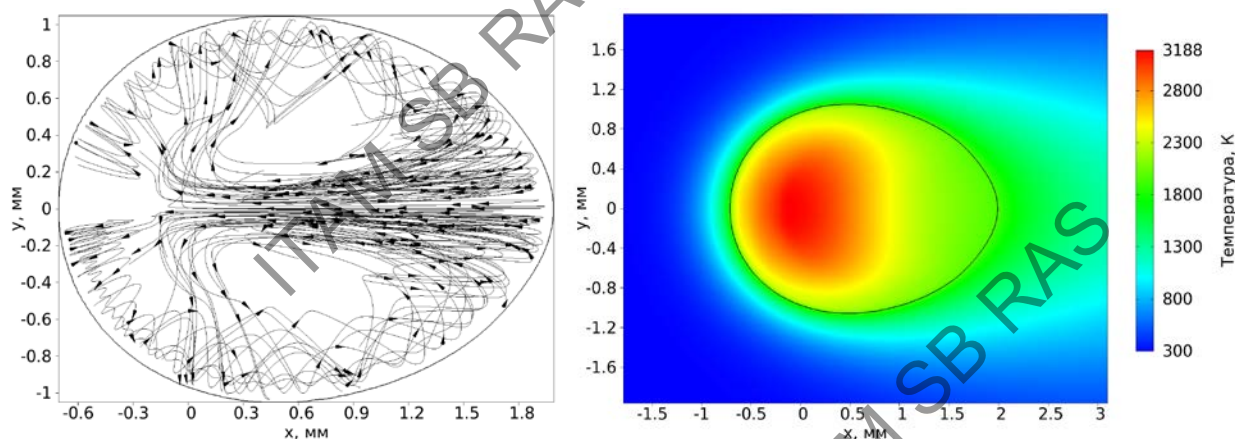
б

Распределение частиц в процессе лазерного дисперсного упрочнения. Стрелкой показано направление движения луча; а – частицы карбида титана (TiC), б – частицы вольфрама (W).

Моделирование динамики расплава под воздействием лазера

Лазерное поверхностное модифицирование применяется в промышленности для упрочнения поверхности деталей и изменения других поверхностных свойств. Во время такой обработки протекает множество физических процессов: поглощение лазерного излучения, плавление, конвекция в расплаве под воздействием сил Архимеда и термокапиллярных сил, химические реакции материала детали с легирующей добавкой, движение нерасплавленных частиц упрочняющей добавки. Исследования такого вида обработки связаны с большими трудностями. Сопряженная задача такой сложности не имеет аналитического решения, а экспериментальные исследования не дают представление о процессах, протекающих в ванне расплава. Из этих процессов определяющее влияние на перенос тепла и вещества в расплавленном поверхностном слое оказывает конвекция расплава, вызванная термокапиллярными силами.

В нашей лаборатории разработано программное обеспечение для моделирования конвекции расплавленного металла под воздействием лазера. Код распараллелен для выполнения расчетов на GPGPU архитектуры CUDA. Проведено численное исследование течений возникающих в расплаве металлической подложки под воздействием движущегося лазера при режимах соответствующих лазерному поверхностному модифицированию. Получена структура течения расплава, поля температуры и скорости для разных режимов. Обнаружены зеркально-симметричные вихри переносящие расплав от дна к поверхности, которые формируют неоднородности в рельефе дна ванны расплава. На основе полученных данных в лаборатории ведутся дальнейшие исследования процессов лазерного модифицирования.



Обработка лазером сплава Ti-6Al-4V. Линии тока в ванне расплава и поле температуры на поверхности.