

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛООБМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ЭЛЕКТРОКОНТАКТНОЙ РЕЗКЕ МЕТАЛЛОВ**

**Зиборова Н.А.**

**Научный руководитель – ст. преподаватель Веретнова Т.А.**

*Сибирский федеральный университет*

Электроконтактная обработка основана на локальном нагреве заготовки в месте контакта с электродом-инструментом и удалении размягченного или расплавленного металла из зоны обработки механическим способом: относительным движением заготовки или инструмента.

Данный способ обработки металлов имеет ряд преимуществ по сравнению с другими видами электрической обработки. Он не требует использования жидких сред, как электрохимический способ, отсутствуют источники постоянного тока, необходимые при электроискровой и анодно-механической обработке, мало изнашивается режущий инструмент и применяется безопасное для работы напряжение на электродах.

Предметом исследования являются процессы теплообмена, происходящие в зоне контакта обрабатываемой детали и дискового электрод-инструмента, осуществляющего резку с определенной скоростью вращения и подачи. Принято, что все разряды, контактные перемины, возникающие в электродном промежутке, рассматриваются как быстро движущийся источник тепла, являющийся точечным. Зона резания представляет собой систему тепловыделения и теплоотвода.

В настоящее время электроконтактная обработка изделий проходит при температуре плавления в зоне контакта электрод-инструмента и заготовки.

Задача проводимых исследований заключается в моделировании теплообменных процессов электроконтактной резки металла быстровращающимся диском, экспериментальном подтверждении результатов решения задачи на математической модели и установлении аналитической зависимости между подачей электрод-инструмента, режимами резки (электрическими параметрами) и теплофизическими свойствами материала исследуемых образцов.

В качестве объекта исследования взяты образцы из титана: пластина (BT1), труба (BT14).

Решение задачи моделирования теплообменных процессов связано с определением поля температур. Для установления зависимости между величинами, характеризующими явление теплопроводности, воспользуемся методом математической физики. В этом методе протекание физических процессов исследуется в произвольно выделенном из всего рассматриваемого пространства элементарном объеме и в течение бесконечно малого промежутка времени, что позволяет пренебречь изменением некоторых величин.

При этом методе исходная область определения функции разбивается с помощью сетки на отдельные подобласти – конечные элементы. Сетка имеет специальное сгущение в месте контакта диска инструмента с обрабатываемой деталью, что обеспечивает более точное решение задачи.

Искомая непрерывная функция аппроксимируется кусочно-непрерывной, определенной на множестве конечных элементов. Аппроксимация может задаваться произвольным образом, но чаще всего для этих целей используются полиномы,

которые подбираются так, чтобы обеспечить непрерывность искомой функции в узлах на границах элементов.

При разработке математической модели принято, что распределение температуры по объему обрабатываемой детали описывается трехмерным стационарным уравнением теплопроводности, представленному в виде:

$$\operatorname{div}(\lambda(T) \operatorname{grad}(T))=0, \quad (1)$$

где  $\lambda$  – коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К);

$T$  – температура, К.

Теплофизические свойства материала обрабатываемой детали использовались как функции от температуры. На наружных поверхностях было задано граничное условие третьего рода:

$$-\lambda \frac{\partial T}{\partial n} = \alpha_{\Sigma} (T - T_{oc}), \quad (2)$$

где  $T$  – температура металла, К;

$T_{oc}$  – температура окружающей среды, К;

$\alpha_{\Sigma}$  – суммарный коэффициент теплоотдачи, Вт/(м<sup>2</sup>·К)

На торцевых поверхностях заданы граничные условия второго рода:

$$-\lambda \frac{\partial T}{\partial n} = 0. \quad (3)$$

В зоне контакта электрод-инструмента (диска) с обрабатываемой заготовкой задан тепловой поток, определяемый электрическими параметрами (режимами) резки.

Решение задачи проводилось методом конечных элементов при помощи программы Ansys.

На рисунках 1,2 приведены расчетные температурные поля исследуемых образцов.

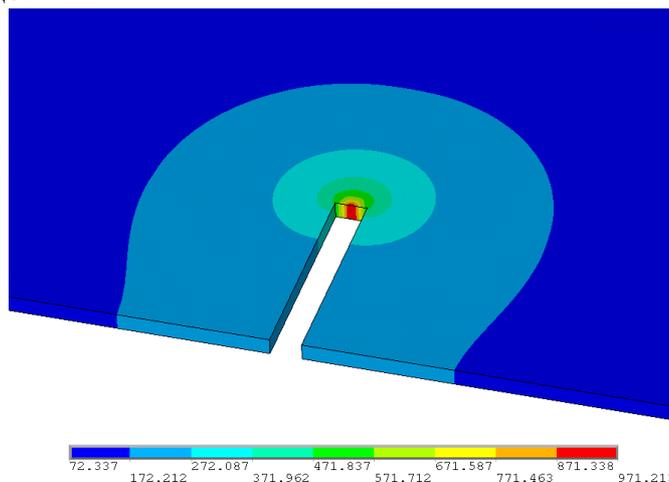


Рисунок 1 – Распределение температурных полей в титановой пластине

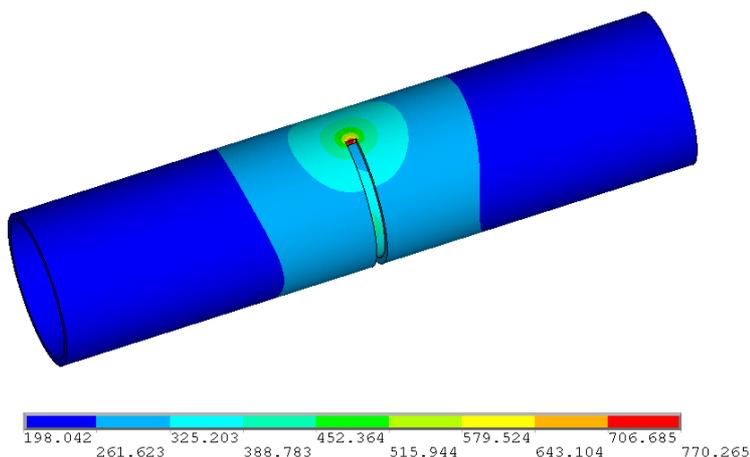


Рисунок 2 – Распределение температурных полей в титановой трубе

Анализ полученных результатов выявил, что обработка (резка) металла может осуществляться как при температуре плавления в зоне контакта режущего диска и заготовки, так и при температуре рекристаллизации. Обработка при температуре рекристаллизации позволяет свести к минимуму изменение структуры металла и значительно снизить удельные энергозатраты.

Апробация математической модели проводилась путем сравнения полученных результатов с данными опытов. Сравнение указывает на правильный характер распределения температуры, поскольку металлографический анализ исследуемых образцов подтверждает, что температура в зоне контакта электрода-инструмента и обрабатываемой детали соответствует температуре рекристаллизации.

Данный способ позволяет регулировать температуру в зоне реза путем изменения подачи электрод-инструмента, а значит влиять на основные технологические показатели процесса электроконтактной резки.