

Рисунок 2 – Осциллограмма в конце моста

В результате анализа было установлено, что величина половины амплитуды первого вступления, с учётом массы движущегося автомобиля, несколько выше в начале моста, нежели в конце. Это обусловлено тем что силы инерции, действующие на подрессоренную часть автомобиля, в начале моста действуют на само пролётное строение, а в конце моста на конструкцию шкафной стенки и переходной плиты, которая жёстче и не так подвержена динамическим воздействиям.

Результаты испытаний подтверждают теорию о том, что наиболее интенсивное динамическое воздействие возникает в начале моста по ходу движения автомобиля. Таким образом можно заключить что наиболее удачным местом устройства деформационного шва является конец моста по ходу движения автотранспорта по проезжей части.

УДК 621.791.72

КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНАЯ МОДЕЛЬ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ ПАЙКИ ТВЕРДОСПЛАВНЫХ РЕЖУЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ

¹Горанский Г.Г., ²Поболь А.И.

¹ Научно-технологический парк БНТУ "Политехник"

² Физико-технический институт НАН Беларуси

e-mail: georggoran@rambler.ru

Для моделирования влияния высокоэнергетического воздействия на структуру обрабатываемой детали выбран метод термодинамического конечно-элементного анализа. Моделировали условия наиболее близкие к реальным процессам, происходящим при электронно-лучевой обработке (ЭЛО) поверхности без оплавления. За основу взяты экспериментальные данные. Считалось, что вся энергия луча тратится на нагрев, а затем для корректировки результата применялся коэффициент, учитывающий особенности взаимодействия луча с поверхностью детали. При моделировании сделан ряд допущений:

-энергия, затрачиваемая и высвобождаемая во время фазовых переходов в материалах, во время нагрева и охлаждения не учитывалась;

-пучок электронов представлялся как равномерный тепловой поток по всей обрабатываемой поверхности, т.е. допускалось идеально равномерное сканирование всей обрабатываемой зоны;

-влиянием излучения нагретой детали и теплопередачи в оснастку в связи с быстрым протеканием процесса решено пренебречь.

ЭЛО образцов материалов выполнялась на базе установки с энергоблоком ЭЛА-15 с вакуумом в рабочей камере 10^{-2} Па. Система управления электронным лучом позволяла реализовывать ЭЛ воздействие на материалы в режимах точечного нагрева с высокой

плотностью энергии (до 10^5 Вт/см²), нагрева расфокусированным лучом, линейного перемещения луча без сканирующей развертки, сканирования луча по заданной траектории.

Эффективность ЭЛ нагрева экспериментальных образцов из стали У8 оценивали с применением различной плотности энергии электронного пучка (таблица). В центре образца с размерами 30x30x20 мм зачеканивалась хромель-алюмелевая термопара, значения температуры записывались с помощью шлейфового осциллографа. Электронный луч диаметром 1 мм разворачивался в зону нагрева прямоугольной формы. Тепловой поток направлялся на центральную область образца размерами 10x10 мм². Мощность и плотность энергии ЭЛ нагрева регулировалась изменением тока луча.

Таблица 1 – Режимы ЭЛ обработки экспериментальных образцов из стали У8

№ кривой	1	2	3	4
$q_{эл}$, Вт/см ²	848	1357	1683	2255
t_n , с	14,0	10,0	6,0	2,4

Удельная мощность $q_{эл}$ воздействия рассчитывалась как $q_{эл} = U \cdot I / F$,

где U – ускоряющее напряжение в ЭЛ пушке (использовалось постоянное значение, равное 60 кВ), I – ток луча, F - площадь нагрева на поверхности образца.

Теплофизические свойства стали У8, заложенные в модель, в таблице 2. Экспериментальное время воздействия соответствовало таблице 1.

Таблица 2 – Теплофизические свойства стали У8

Температура, °С	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·°С)	Плотность, кг/м ³	Удельная теплоемкость, Дж/(кг·°С)
20	53	7839	452
100	49	7817	477
200	46	7786	511
300	42	7752	528
400	38	7714	548
500	35	7676	565
600	33	7638	594
700	30	7600	624
800	24	7552	724

Удельная мощность потока подбиралась так, чтобы график изменения температуры, полученный КЭ моделированием максимально совпал с экспериментальным. Внимание уделялось как конечной температуре образца, являющейся показателем количества энергии, поступившей в образец, так и максимальной температуре нагрева образца. В результате КЭ моделирования получены диаграммы распределения температур в различные моменты времени (рис. 1). Очевидно значительное влияния геометрии обрабатываемой детали и продолжительности воздействия на характер распространения тепла.

Совмещенные графики температур экспериментальных образцов и результатов конечно-элементного (КЭ) моделирования представлены на рис. 2. Цифрами со штрихами обозначены смоделированные кривые 1-4 таблицы 1. Неполное соответствие экспериментальных и расчетных данных объясняется следующими причинами:

- усредненным значением площади облучаемой поверхности в модели (в реальных экспериментах площадь находилась в диапазоне 0,7-1,1 см²);
- наличием потери энергии излучения с поверхности нагреваемого тела в реальных экспериментах, не учитываемого при моделировании;
- некоторым несоответствиям реальным используемым в модели теплофизическим свойствам.

Максимальное расхождение в 240 °С наблюдалось для участка нагрева между кривыми 2 и 2'. Расхождения экспериментальных и моделируемых кривых на участках максимальных и установившихся температур не превысило 35 °С, что составило 14% от экспериментальных значений.

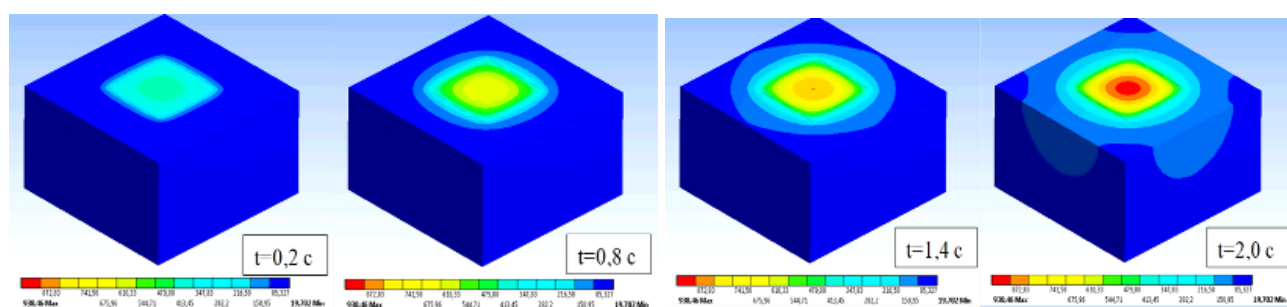


Рис. 1- Временные диаграммы распределения температур

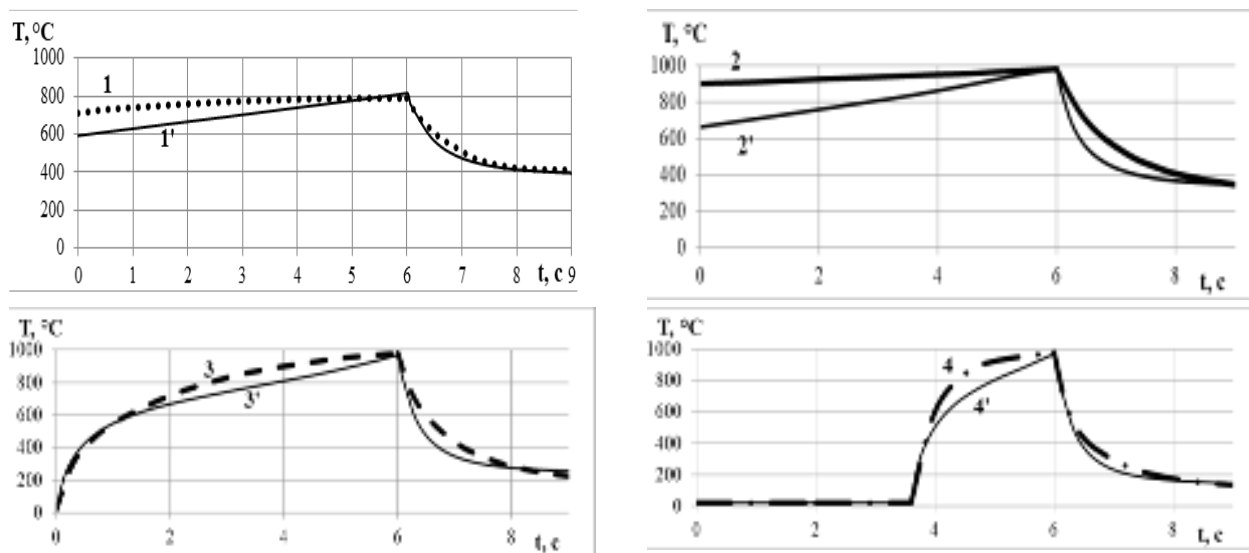


Рис. 2 – Распределение температур образцов (эксперимент и КЭ моделирование)

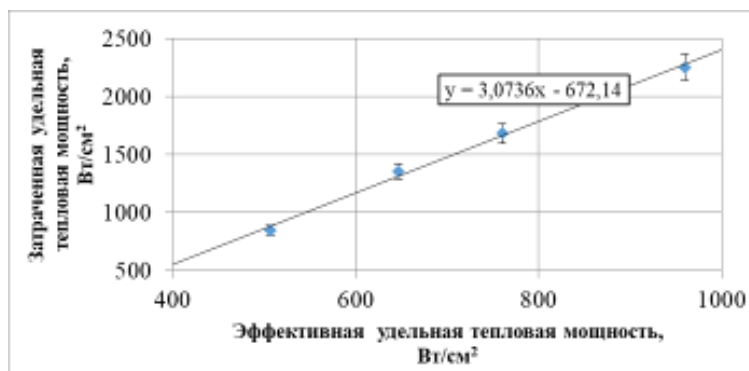


Рис. 3 – Соотношение эффективной и затраченной удельных тепловых мощностей

На рис. 3 дана зависимость эффективной удельной тепловой мощности от затраченной. Ее можно считать линейной, а пересчет проводить, пользуясь уравнением для линии тренда: $Q_{\text{уд.зат.}} = 3,1 \times Q_{\text{уд.эфф.}} - 672$.

Разработанная методика моделирования использована для расчета приближенных энергетических параметров процесса ЭЛО: его режимов и циклограмм.