

МАКСИМАЛЬНЫЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ПРИ СВАРКЕ ТРЕНИЕМ С ПЕРЕМЕШИВАНИЕМ ЛИСТОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА

П. В. Бахматов, К. А. Мелкоступов, А. А. Дебеляк

Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет,
г. Комсомольск-на-Амуре, Россия

Целью экспериментального исследования является определение максимальной температуры в зоне сварки (зоне перемешивания) при сварке трением с перемешиванием (СТП) стыкового соединения листов высокопрочного алюминиевого сплава В95 и ее распределения относительно оси шва.

Эксперимент осуществлялся на универсальном фрезерном станке, 6К81Ш, измерения температуры проводились с помощью NiCr–CuNi термопары установленной на пластине из алюминиевого сплава В95 (снизу, на оси движения рабочего инструмента) толщиной 4 мм (ШхД 50х200 мм) на расстоянии 100 мм от входа рабочего (РИ). Показания снимались с вольтамперметра М2038, через интервал времени $\Delta t = 20$ сек.

Рабочий инструмент представляет собой цилиндр, диаметром 12 мм и длиной 70 мм, на одном из торцов которого находится усеченный конус с резьбовой нарезкой. Материал РИ – конструкционная подшипниковая сталь ШХ 15, с твердостью 750 НВ. Усеченный конус носит название сердечник, а поверхность основания конуса – заплечник (рисунок 1).



Рисунок 1 – Внешний вид поверхности рабочего инструмента

Вращающийся по часовой стрелке с угловой скоростью $n=1400$ об/мин РИ заглублялся в образец до касания заплечника, после чего включалась продольная подача стола к термопаре с постоянной линейной скоростью $V=35$ мм/мин. Угол наклона РИ относительно оси шва в направлении сварки – 3° . Результаты эксперимента приведены в таблице 1.

Через 200 сек после начала движения, сердечник РИ достиг точки нахождения термопары и в этот момент подача была отключена, но инструмент продолжал вращаться.

Таблица 1 – Результаты эксперимента

х, мм	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Т, °С	117	132	153	179	214	250	312	416	461	466

Для расчета распределения тепловых полей выбрана схема подвижного линейного источника на поверхности пластины.

Из-за сложности математического описания процесса распределения температуры при СТП расчет тепловой мощности q был произведен исходя из полученной опытным путем максимальной температуры по схеме неподвижного линейного источника в пластине (рисунок 2, а), которая составила $q = 188,8$ кал/сек.

По значению тепловой мощности был произведен расчет распределения температуры в пластине при действии подвижного источника тепла, результаты которого представлены на рисунке 2, б.

Максимальная температура составила

порядка 466°C , что свидетельствует о пребывании алюминиевого сплава В95 в пластичном состоянии (область предпревращений, так как температура солидус сплава В95 составляет $500\text{--}620^\circ\text{C}$).

Для проверки справедливости принятой расчетной схемы и адекватности полученных результатов был проведен дополнительный опыт на тех же режимах, в ходе которого производилась сварка двух пластин, толщиной 0,4 см встык. Термопара располагалась с лицевой стороны соединения на расстоянии 10 мм от стыка и 61,3 мм от места ввода РИ. Сварка велась в направлении термопары. Общая длина сварного шва составила 155,3 мм. Процесс изменения температуры в точке установки термопары при сварке показан на рисунке 3.

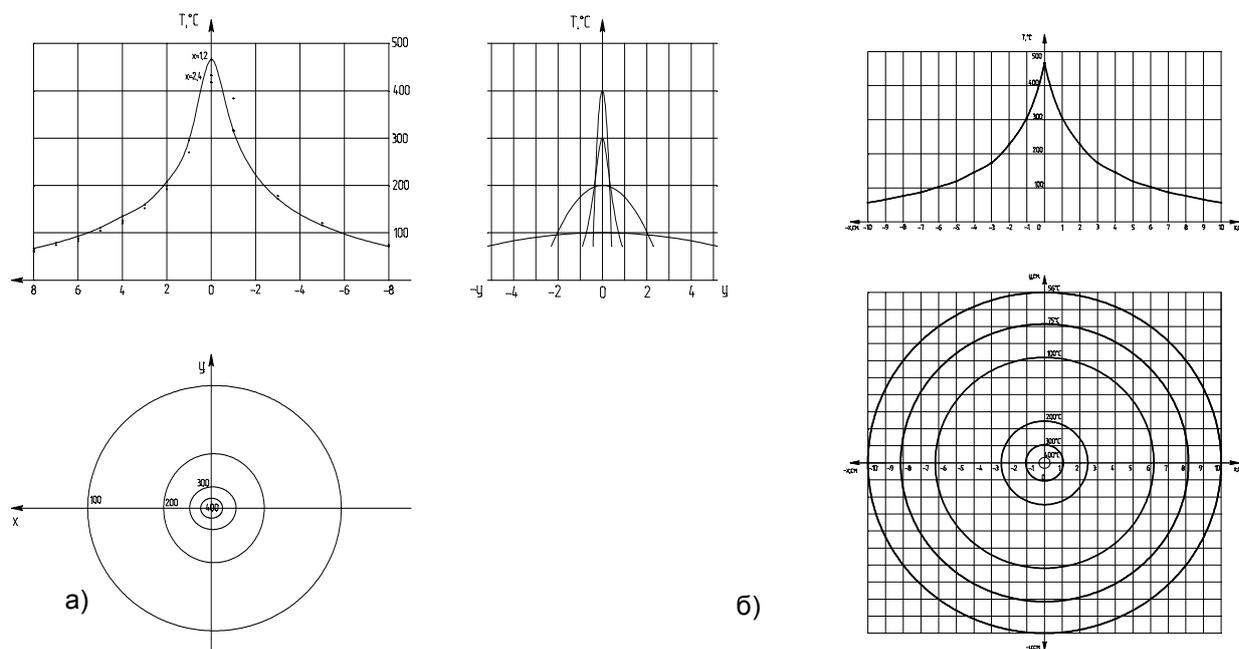


Рисунок 2 – Распределение тепловых полей в пластине В95 при СТП: а) 1 этап ($V=0$), б) 2 этап ($V=const$)

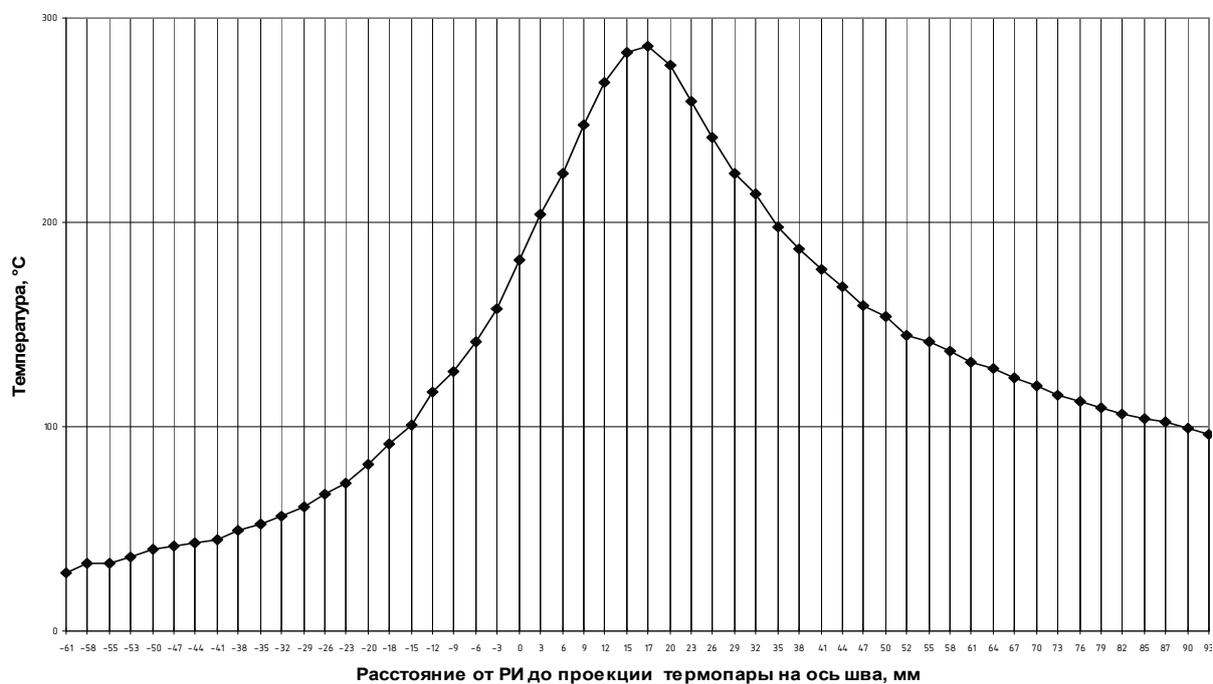


Рисунок 3 – Распределение температуры при СТП пластин из сплава В 95

Как видно из графика максимальная температура в точке, удаленной от оси шва на 10 мм, составила 285,8 °С, что соответствует

расчетным данным по выше указанной схеме.

В процессе СТП нагревается не только основной материал свариваемых заготовок,

МАКСИМАЛЬНЫЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ПРИ СВАРКЕ ТРЕНИЕМ С ПЕРЕМЕШИВАНИЕМ ЛИСТОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА

но и сам РИ, выделяющий тепловую мощность $q=188,8$ кал/сек. Распределение тепловых полей в РИ происходит по схеме распространения тепла от плоского источника в стержне. Несмотря на теплоотдачу боковой поверхности стержня будем считать его температуру выровненной по поперечному сечению. Тепло распространяется только по длине стержня, т. е. процесс является линейным.

Линейный процесс распространения тепла в стержне с поверхностной теплоотдачей, внесенного плоским источником

описывается выражением:

$$T(x, t) = \frac{q}{c\gamma F \sqrt{4\pi at}} \cdot \exp\left(-\frac{x^2}{4at} - bt\right);$$

$$b = \frac{\alpha P}{c\gamma F},$$

здесь коэффициент $b = \frac{\alpha P}{c\gamma F}$,
где P – периметр поперечного сечения стержня в см;

F – площадь поперечного сечения в см².

Результат расчета распределения тепла в стержне (РИ) приведен на рисунке 4.

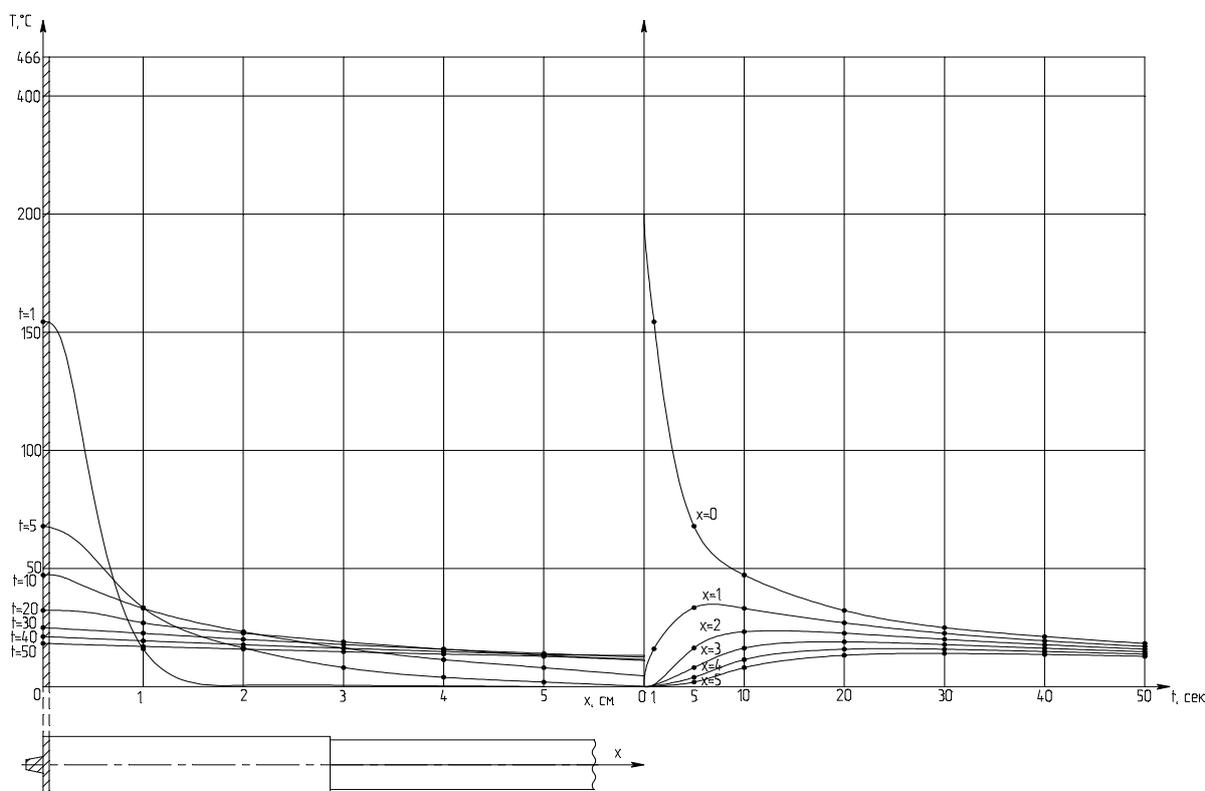


Рисунок 4 – Процесс распространения тепла в стержне, участок которого бесконечно малой длины в начальный момент времени нагрет до температуры $T=466$ °С

Выводы:

1. При расчете распределения тепловых полей при СТП листовых конструкций справедлива схема распределения теплоты от линейного подвижного источника в пластине с теплоотдачей.
2. При использовании рабочего инстру-

мента со стержнем конической формы с резьбовой нарезкой и режимах СТП $n=1400$ об/мин и $V_{св}=35$ мм/мин в сварное соединение вводится тепловая мощность равная 188,8 кал/сек, а максимальная температура составляет 466 °С, что свидетельствует о пребывании металла шва (В95) в пластичном состоянии.