

О ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ПРИ УЛЬТРАЗВУКОВОМ ЛУЖЕНИИ ИЗДЕЛИЙ ИЗ АЛЮМИНИЯ И ЕГО СПЛАВОВ

С.С. Зурилин, И.В. Петушко

Научно-исследовательский институт токов высокой частоты,

г. Санкт-Петербург

Процесс ультразвукового (УЗ) лужения обусловлен разрушением поверхностной окисной пленки кавитацией и смачиванием поверхности изделий расплавленным припоем.

Время лужения ($t_{лж}$) детали в расплаве определяется, как сумма времени прогрева детали $t_{пр}$ и времени, необходимого для разрушения окисной пленки $t_{раз}$.

$$t_{лж} = t_{пр} + t_{раз} \quad (1)$$

Необходимость прогрева детали вызвана тем, что вокруг поверхности холодной, по отношению к расплаву, детали образуется слой припоя повышенной вязкости (происходит локальное охлаждение припоя).

Развитие кавитационного процесса в этом слое затормаживается. Время прогрева зависит от разности температур поверхности детали. С другой стороны, для сохранения прочности и жесткости деталей из алюминия и его сплавов температура расплава при лужении, как правило, не должна превышать $+300^\circ\text{C}$, однако, если удельная мощность источника колебаний велика и позволяет создать мощное кавитационное поле в расплаве припоя у поверхности детали, то необходимость прогрева детали отпадает. Следует только зафиксировать температуру расплава на уровне

$$(t_{\text{плавления}} + 50^\circ\text{C}) \leq +300^\circ\text{C} \quad (2).$$

Время разрушения окисной пленки зависит от мощности источника колебаний, расстояния от поверхности детали до излучателя и затухания кавитации в расплаве.

Тогда приближенно имеем:

$$t_{раз} \approx (S_{лж} \cdot \alpha \cdot \gamma) / (S_{изл} \cdot \beta \cdot \omega \cdot \xi) \quad (3), \text{ где}$$

$S_{лж}$ -- площадь лужения;

α - коэффициент затухания кавитации в расплаве припоя;

β - коэффициент равномерности распределения колебательной скорости излучателя;

$\omega \cdot \xi$ – колебательная скорость на поверхности излучателя ($\omega = 2 \pi \cdot f$, $f = 17 \dots 23$ кГц);

r – расстояние от излучателя до поверхности лужения;

$S_{\text{пл}}$ – площадь излучения колебаний ($S_{\text{пл}} = 0,8 \dots 1,2 S_{\text{пл}}$).

При лужении, например, тонкой алюминиевой ленты толщиной 0,1...0,15 мм и шириной $d=40$ мм со скоростью протяжки $U_{\text{луж}} = 40$ м/мин в ультразвуковой ванне (длина излучающей поверхности шести преобразователей $l=0,6$ м) время и площадь лужения определяется как:

$$t_{\text{луж}} = l / U_{\text{луж}} = 0,9 \text{ с}, S_{\text{луж}} = d \cdot l = 0,024 \text{ м}^2.$$

Пренебрегая временем прогрева, вследствие малой толщины ленты и её полного погружения в расплав, получим:

$$t_{\text{луж}} = t_{\text{прогр}} = 0,9 \text{ с (4)}.$$

Коэффициент α зависит от вязкости и плотности расплава припоев и примерно равен 300. Тогда при $\beta = 1$ из (3) получаем:

$$\xi = (300 \cdot r \cdot U_{\text{луж}}) / (\omega \cdot l) \text{ (5)}.$$

Подставив в формулу (5) численные значения параметров, получим, что для лужения ленты со скоростью 40 м/мин на расстоянии 0,01 м от поверхности излучения необходима колебательная скорость $\omega \cdot \xi = 3,33$ м/с. При рабочей частоте излучателя в 22 кГц амплитуда колебаний должна быть не менее 24 мкм.

В случае лужения относительно толстых деталей, например, торца пластины (длина 0,6 м) из сплава АМЦ (размеры торца 0,06 м на 0,005 м) время прогрева (3 мин) определялось экспериментально, по достижении $t=250^\circ\text{C}$ поверхности пластины на расстоянии 0,1 м от торца. Лужение проводилось в ванне с донным преобразователем ($\omega \cdot \xi = 0,55$ м/с, $r = 0,003$ м).

Время разрушения окисной плёнки определим из (3), при условии $S_{\text{пл}} / S_{\text{пл}} = 0,8$, $\beta = 1$, $\alpha = 300$, $t_{\text{прогр}} = 1,3$ с.

Таким образом, в данном случае производительность лужения определяется временем прогрева детали.

Выводы:

1. Получено выражение (5) для определения амплитуды механических колебаний излучателя для лужения тонкой алюминиевой ленты в зависимости от технологических параметров.
2. Показано, что для достижения большой производительности лужения алюминия и его сплавов, предпочтительно применение высокоамплитудных излучателей ($\omega \cdot \xi \geq 1$ м/с, при $r < 0,01$ м).