

М. О. Прядко
(ГГТУ имени П. О. Сухого, Гомель)
Науч. рук. **Н. В. Иноземцева**, канд. техн. наук, доцент

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА НА ВРЕМЯ РЕЛАКСАЦИИ ПРИ ПЛАКИРОВАНИИ ВОЛОЧЕНИЕМ

Способы нанесения металлических покрытий плакированием, или за счет совместной пластической деформации наносимого и покрываемого металлов являются достаточно высокопроизводительными и относительно неэнергоёмкими по сравнению с большим многообразием других способов нанесения покрытий. Среди способов нанесения металлсодержащих покрытий на металлическую проволоку одним из наиболее эффективных и производительных способов является процесс совместной деформации порошка материала покрытия и металлической основы в волоке [1]. Такой процесс называют плакированием волочением.

К одной из проблем процесса относится качество соединения слоев, которое определяет эксплуатационные свойства биметаллической проволоки. Для достижения адгезии между слоями необходимо выполнение условия:

$$t_{\partial} \geq t_a \geq t_p, \quad (1)$$

где t_{∂} – длительность совместной пластической деформации, с;

t_a – длительность активации поверхности менее деформируемой основы в зоне соединения, с;

t_p – длительность релаксации остаточных напряжений в покрытии, с.

Время релаксации остаточных напряжений в покрытии определяется зависимостью [1, 2]:

$$t_p = t_0 \exp\left(\frac{U}{R^* \cdot T}\right), \quad (2)$$

где t_0 – период собственных колебаний атомов около равноосного положения,
 $t_0 = 10^{-13}$ сек;

R^* – универсальная газовая постоянная, $R^* = 8,31 \text{ Дж}/(K \cdot \text{моль})$;

T – температура в очаге деформации, которая определяется как среднее арифметическое начальной температуры T_0 и температуры металла на выходе из очага деформации, K;

U – энергия активации процесса, контролирующего релаксацию внутренних напряжений, Дж.

На основе анализа используемых видов энергии U [2,3], сделано предположение о возможности использования в качестве этой характеристики энергии активации самодиффузии по границам зерен при для процессов, протекающих при $T > 0,5T_{nl}$ и энергии термически активируемых процессов (поперечное скольжение, пересечение дислокаций, трение в решетке, обусловленное, силами Пайерлса) для процессов, протекающих при $T \leq 0,5T_{nl}$.

Для выбора определенных параметров процесса необходимо изучить их степень влияния на условие достижения адгезии при волочении. Для определения степени влияния параметров процесса на t_p , воспользуемся методикой графической интерпретации зависимостей для данных величин, так как проведение численного эксперимента не позволяет решить эту задачу, ввиду сложной взаимосвязи параметров. Для зависимостей, входящих в t_p , необходимо выбрать численные данные для параметров v_n, R, ε, T_0 . Диапазоны параметров выбираются на основе технологических рекомендаций следующие: $v_n = [0,033 \dots 0,2] \text{ м/с}$, $T_0 = [20 \dots 430] \text{ }^\circ\text{C}$, $R = [0,5d_1 \dots 2,885d_1] \text{ мм}$, $R = [50 \dots 500] \text{ мм}$. Степень деформации ε определяется по зависимости: $\varepsilon = 1 - (d_1/d_0)^2$, где $d_0 = 3,15 \text{ мм}$ – диаметр проволоки до волочения, d_1 – диаметр проволоки после волочения. Изменяя величину $d_1 = [3,19 \dots 2,82] \text{ мм}$, степень деформации меняется в пределах $\varepsilon = [2 \dots 20] \%$. Для ступенчатого изменения параметров выбраны следующие величины:

$v_1 = 0,033 \cdot 10^{-3} \text{ м/с};$	$R_1 = 0,5 \cdot d_1 \text{ мм};$	$\varepsilon_1 = 2 \%$	$d_1 = 3,19 \text{ мм};$
$v_2 = 0,070 \cdot 10^{-3} \text{ м/с};$	$R_2 = 1,0 \cdot d_1 \text{ мм};$	$\varepsilon_2 = 7 \%$	$d_2 = 2,95 \text{ мм};$
$v_3 = 0,110 \cdot 10^{-3} \text{ м/с};$	$R_3 = 1,5 \cdot d_1 \text{ мм};$	$\varepsilon_3 = 12 \%$	$d_3 = 3,04 \text{ мм};$
$v_4 = 0,150 \cdot 10^{-3} \text{ м/с};$	$R_4 = 2,0 \cdot d_1 \text{ мм};$	$\varepsilon_4 = 17 \%$	$d_4 = 2,87 \text{ мм};$
$v_5 = 0,200 \cdot 10^{-3} \text{ м/с}.$	$R_5 = 2,885 \cdot d_1 \text{ мм};$	$\varepsilon_5 = 20 \%$	$d_5 = 2,82 \text{ мм}.$

При анализе в качестве постоянных параметров выбраны

$$v_n = 0,2 \cdot 10^{-3} \text{ м/с}; \quad d_1 = 2,95 \text{ мм}; \quad R = 2,885 \cdot d_1 \text{ мм}; \quad \varepsilon = 12 \%; \quad T_0 = 20 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Используя формулы для времени релаксации и выбранные величины параметров для различных пар металлов, построены графики (рисунки 1–3).

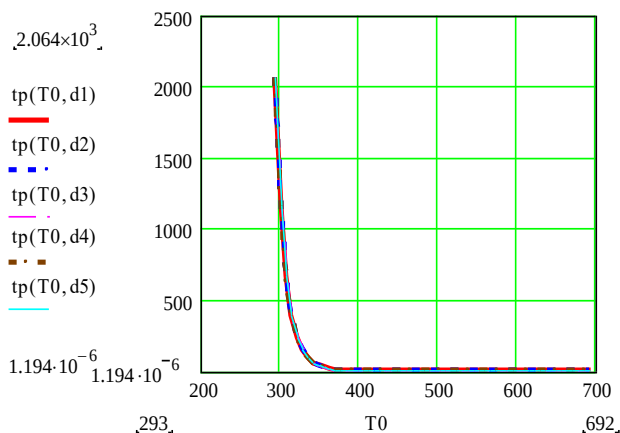


Рисунок 1 – Зависимость времени релаксации t_p пары металлов сталь-цинк от T_0 и ε при $R = \text{const}$, $v_n = \text{const}$

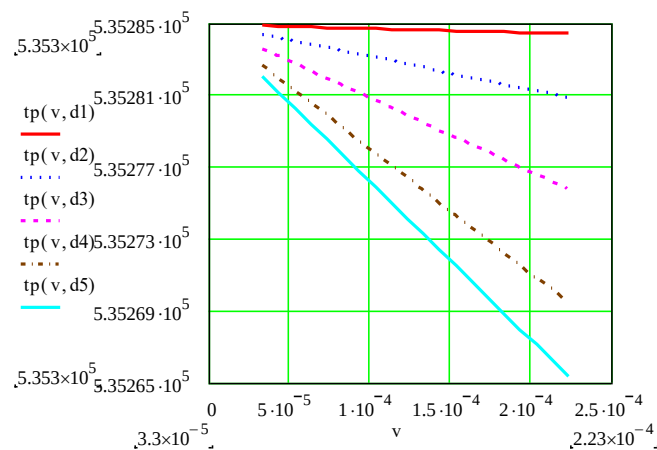


Рисунок 2 – Зависимость времени релаксации t_p пары металлов сталь-цинк от v_n и ε при $R = \text{const}$, $T_0 = \text{const}$

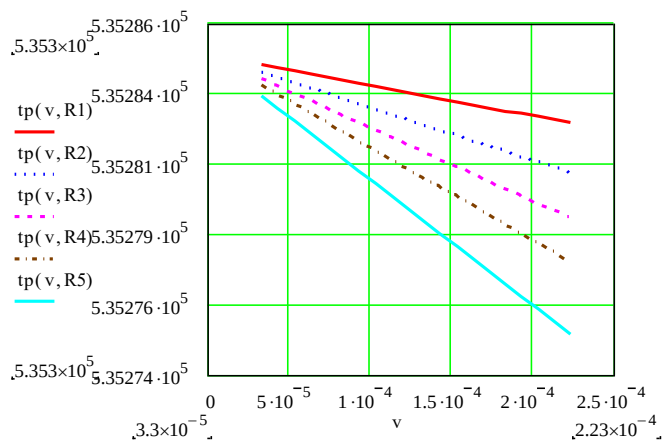


Рисунок 3 – Зависимость времени релаксации t_p пары металлов сталь-цинк от v_n и R при $T_0 = \text{const}$, $\varepsilon = \text{const}$

Анализ графиков (рисунки 1–3) показывает, что наибольшее влияние на величину времени релаксации оказывает начальная температура в очаге деформации. Такие величины как скорость деформирования, радиус прокатных валков, степень деформации существенного влияния в данных диапазонах на время релаксации не оказывают (рисунок 3).

Изменением величин скорости и степени деформации можно добиться получения условия адгезии.

Литература

1. Иноземцева, Н. В. Анализ условия соединения покрытия с основой при плакировании волочением / Н. В. Иноземцева, Ю. Л. Бобарикин, О. М. Валицкая // Материалы, технологии, инструменты. – 2004. – т.9. – №1. – с. 30–35.
2. Каракозов, Э. С. Диффузионная сварка титана / Э. С. Каракозов, Л. М. Орлова, В. В. Пешков. – М. : Металлургия, 1977. – 272 с.
3. Гарофало, Ф. Законы ползучести и длительной прочности металлов и сплавов / Ф. Гарофало. – М. : Металлургия, 1968. – 304 с.