



The calculations, allowing to optimize using of sacrificial copper anodes in the process of wire brassing, and also the results of experimental matching of material for insoluble anodes are given.

С. Е. ЧИКИЛЕВ, А. А. ТРУХАНОВИЧ, РУП «БМЗ»

УДК 669.

РАЦИОНАЛИЗАЦИЯ СХЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАСТВОРИМЫХ АНОДОВ В СВЕТЕ СБЕРЕЖЕНИЯ МАТЕРИАЛЬНЫХ И ЭНЕРГОРЕСУРСОВ

Для нанесения латунного покрытия на проволоку на РУП «БМЗ» используются электролиты пиррофосфатного и серноокислого меднения. Для них характерно увеличение концентрации меди в процессе эксплуатации, обусловленное тем, что анодный выход по току больше, чем катодный. Для поддержания концентрации в нужном диапазоне часть электролита периодически направляется на утилизацию.

Применение же нерастворимых анодов позволяет компенсировать эффект накопления меди в электролитах серноокислого и пиррофосфатного меднения без откачки части электролита. Тем самым снижаются потери медных анодов и химических реактивов, применяемых для корректировки электролитов. Также, что немаловажно, весь электрический ток будет затрачен только на совершение полезной работы.

Использование инертных анодов дает возможность прекратить постоянный сброс электролитов серноокислого и пиррофосфатного меднения, что позволяет снизить расход меди и основных компонентов электролитов (серной кислоты, пиррофосфата калия).

Расчет необходимого количества инертных анодов

Согласно законам электролиза, масса металла, выделяющаяся (растворяющаяся) в процессе электролиза, равна:

$$m = \frac{MIt}{zF} \eta, \quad (1)$$

где M – молярная масса металла; I – сила тока; t – время электролиза; z – число электронов, участвующих в электрохимической реакции; $F=96485$ Кл/моль-эквивалент; η – выход по току.

Увеличение концентрации металла в ванне происходит из-за того, что анодный выход по току больше, чем катодный, т.е. за одно и то же время растворяется металла больше, чем осаждается на проволоку. Эта величина равна

$$\Delta m = m_a - m_k = \frac{MIt}{zF} \eta_a - \frac{MIt}{zF} \eta_k = \frac{MIt}{zF} (\eta_a - \eta_k). \quad (2)$$

Для компенсации данного эффекта необходимо часть анодов заменить инертными. Площадь поверхности инертных анодов можно определить по формуле:

$$S_{\text{инертн}} = \frac{\Delta m - m_{\text{вын}}}{m_0}, \quad (3)$$

где $m_{\text{вын}}$ – потери металла, обусловленные выносом электролита из ванны; m_0 – масса металла, растворяющегося с 1 м² поверхности анода.

Средний ток на 1 м² поверхности анода составляет

$$I_0 = \frac{I}{Sn}, \quad (4)$$

где n – общее число рабочих ванн; I – суммарная сила тока по всем рабочим ваннам; S – площадь поверхности анодов в рабочей ванне.

Масса металла, растворяющегося с 1 м² поверхности анода, равна:

$$m_0 = \frac{MI_0 t}{zF} \eta_a = \frac{Mt}{zFSn} \eta_a. \quad (5)$$

Потери металла, обусловленные выносом электролита, составляют

$$m_{\text{вын}} = V_{\text{уд}} \pi d U t c (1 - k_{\text{ул}}) p, \quad (6)$$

где $V_{\text{уд}}$ – удельный вынос раствора из ванны (на 1 м² поверхности проволоки); $\pi=3,14$; d – диаметр проволоки; p – количество проволок диаметра d ; U – скорость проволоки; t – время; c – концентрация металла в электролите; $k_{\text{ул}}$ – коэффициент улавливания.

Подставив (2), (5), (6) в (3), получим

$$S_{\text{инертн}} = \frac{\frac{Mt}{zF} (\eta_a - \eta_k) - V_{\text{уд}} \pi d U t c (1 - k_{\text{ул}}) p}{\frac{Mt}{zFSn} \eta_a} = \frac{\frac{Mt}{zF} (\eta_a - \eta_k)}{\frac{Mt}{zFSn} \eta_a} - \frac{V_{\text{уд}} \pi d U t c (1 - k_{\text{ул}}) p}{\frac{Mt}{zFSn} \eta_a}. \quad (7)$$

И далее

$$S_{\text{инертн}} = \frac{(\eta_a - \eta_k) S_n}{\eta_a} - \frac{V_{\text{уд}} \pi d U c (1 - k_{\text{ул}}) p z F S n}{M I \eta_a}. \quad (8)$$

Необходимое количество инертных анодов найдем по формуле

$$n_{\text{инертн}} = \frac{S_{\text{инертн}}}{S_0}, \quad (9)$$

где S_0 – площадь поверхности одного анода.

Учитывая, что

$$S_0 = \frac{S}{a}, \quad (10)$$

где S – площадь поверхности анодов в рабочей ванне; a – количество анодов в одной ванне, получаем

$$n_{\text{инертн}} = \frac{(\eta_a - \eta_k) a n}{\eta_a} - \frac{V_{\text{уд}} \pi d U c (1 - k_{\text{ул}}) p z F a n}{M I \eta_a}. \quad (11)$$

Для линий, на которых в качестве анодов используются шарики или цилиндрики, можно рассчитать количество ванн, в которых необходимо аноды-шарики (цилиндрики) заменить инертными анодами:

$$n_{\text{ванн}} = \frac{S_{\text{инертн}}}{S} = \frac{(\eta_a - \eta_k) n}{\eta_a} - \frac{V_{\text{уд}} \pi d U c (1 - k_{\text{ул}}) p z F n}{M I \eta_a}. \quad (12)$$

Учитывая, что ТГА состоят из нескольких секций, на которых обрабатывается проволока различных диаметров и сила тока в гальванических ваннах устанавливается в зависимости от обрабатываемого материала, формулы (11) и (12) примут вид

$$n_{\text{инертн}} = \sum_{i=1}^L \left(\frac{(\eta_a - \eta_k) a n_i}{\eta_a} - \frac{V_{\text{уд}} \pi d_i U_i c (1 - k_{\text{ул}}) p_i z F a n_i}{M I_i \eta_a} \right), \quad (13)$$

$$n_{\text{ванн}} = \sum_{i=1}^L \left(\frac{(\eta_a - \eta_k) n_i}{\eta_a} - \frac{V_{\text{уд}} \pi d_i U_i c (1 - k_{\text{ул}}) p_i z F n_i}{M I_i \eta_a} \right), \quad (14)$$

где L – число секций на агрегате; d_i – диаметр проволоки для i -й секции; p_i – количество проволок для i -й секции; U_i – скорость проволоки для i -й секции; n_i – общее число рабочих ванн для i -й секции; I_i – суммарная сила тока по всем рабочим ваннам для i -й секции.

Расчеты показывают, что в выражениях (13) и (14) значение второго члена намного меньше, чем первого, поэтому им можно пренебречь. В результате этого получаем упрощенные формулы для расчета:

$$n_{\text{инертн}} = \sum_{i=1}^L \left(\frac{(\eta_a - \eta_k) a n_i}{\eta_a} \right), \quad (15)$$

$$n_{\text{ванн}} = \sum_{i=1}^L \left(\frac{(\eta_a - \eta_k) n_i}{\eta_a} \right). \quad (16)$$

Учитывая, что для электролитов пирофосфатного и сернокислого меднения анодный выход по току $\eta_a \approx 1$, формулы (15) и (16) примут вид

$$n_{\text{инертн}} \approx \sum_{i=1}^L (\eta_a - \eta_k) a n_i, \quad (17)$$

$$n_{\text{ванн}} \approx \sum_{i=1}^L (\eta_a - \eta_k) n_i. \quad (18)$$

Ожидаемое снижение расхода меди при использовании инертных анодов

Для компенсации разницы между катодным и анодным выходом по току действующей технологией предусматривается периодический сброс части электролита для утилизации. При этом объем сбрасываемого электролита равен:

$$V = \frac{\Delta m - m_{\text{вып}}}{c}. \quad (19)$$

С учетом (2) и (6) получаем

$$V = \frac{M t}{z F c} (\eta_a - \eta_k) - V_{\text{уд}} \pi d U t (1 - k_{\text{ул}}) p. \quad (20)$$

При установке в ванну инертных анодов масса образующихся отходов меди каждый месяц уменьшается:

$$M_{\text{инертн}} = n_{\text{инертн}} m_{\text{анода}} (1 - k_{\text{исп}}) \frac{30}{D}, \quad (21)$$

где $n_{\text{инертн}}$ — число установленных в ванну инертных анодов; $m_{\text{анода}}$ — масса одного анода; $k_{\text{исп}}$ — коэффициент использования анода; D — средний период работы анода в гальванической ванне.

Исследование поведения инертных анодов из различных материалов в электролитах меднения

В ваннах пирофосфатного меднения с успехом могут использоваться как нержавеющие, так и графитовые аноды.

Свинцовые аноды из-за пассивации поверхности со временем прекращают функционировать. Тем не менее, в ваннах сернокислого меднения их можно использовать, если регулярно проводить зачистку поверхности.

Применение титановых анодов из-за пассивации приводит к аварийному отключению ванн и без значительной реконструкции, заключающейся в их отдельном управлении. Поэтому такие аноды использоваться не могут.

Графитовые аноды в пирофосфатном электролите не пассивируются и могут устанавливаться в одну ванну с медными, что позволяет использовать расчетное количество инертных анодов для поддержания концентрации меди практически постоянной.

Из-за значительного перераспределения тока нержавеющие аноды в пирофосфатном и свинцовые в сернокислом электролитах устанавливаться в одну ванну с медными не могут и должны полностью заполнять одну или несколько ванн. Поэтому их фактическое количество практически всегда будет либо больше, либо меньше расчетного. В результате концентрация меди будет либо снижаться, либо продолжит увеличиваться, но с меньшей скоростью соответственно. Для таких ситуаций разработана подробная схема по применению инертных анодов в условиях гальванических участков.