

Образцы с нанесенной электромагнитной наплавкой с ППД покрытием подвергались трехкратному отпуску при температуре 560 °С. В результате произошло превращение остаточного аустенита в мартенсит, легирующие элементы, такие как хром, молибден, ванадий, вольфрам усилили дисперсионное твердение, выделяясь из мартенсита, а кобальт при отпуске выделился в виде интерметаллида. Таким образом, структура покрытия после ЭМН с ППД и последующим трехкратным отпуском состоит из легированного отпущенного мартенсита, дисперсионных вторичных карбидов и интерметаллидов.

Сочетание электромагнитной наплавки с ППД и последующим трехкратным отпуском привело к увеличению твердости покрытий на 6–8 единиц по HRC. Все это является предпосылкой для достижения высоких эксплуатационных свойств покрытий из порошков быстрорежущих сталей.

Работа выполнялась при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований, проект Т98-181.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДИФFUЗИИ ЛЕГИРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ НАПЛАВКЕ

Романова Т.К., Ефремов В.И., Хилько Д.Н.

Белорусский государственный аграрный технический университет

Высокое качество покрытия при электромагнитной наплавке (ЭМН) достигается за счет получения однородного химического состава наплавленного слоя и диффузионного массопереноса легирующих элементов материала покрытия в основу.

Процесс диффузионного массопереноса при ЭМН можно представить в виде второго уравнения Фика:

$$\frac{\partial c}{\partial \tau} = \frac{1}{r^2} \cdot \frac{\partial}{\partial r} \left(r^2 D \frac{\partial c}{\partial r} \right), \quad (1)$$

где ∂c – разность концентраций; $\partial \tau$ – продолжительность процесса; ∂r – расстояние, на котором имеет место градиент концентрации; D – коэффициент диффузии.

Приняв допущение, что процесс диффузии легирующих элементов при ЭМН квазистационарный, уравнение (1) запишется в виде:

$$\frac{\partial}{\partial r} \left[r^2 D \frac{\partial c}{\partial r} \right] = 0 \quad (2)$$

Уравнение (2) равно нулю, если

$$r^2 D \frac{\partial c}{\partial r} = A = const \quad (3)$$

Отсюда,

$$\frac{\partial c}{\partial r} = \frac{A}{D \cdot r^2} = \frac{A_0}{r^2} \quad (4)$$

Интегрируя уравнение (4) с учетом граничных условий при $C|_{r=R_0} = C_0$ и $C|_{r=\rho} = C_1$,

$$C(r) = C_0 + \frac{C_0 - C_1}{R_0 - \rho} \left[\frac{1}{R_0} - \frac{1}{r} \right] \rho \cdot R_0, \quad (5)$$

где C_0 – предельная концентрация; C_1 – концентрация на границе раздела фаз; R_0 – радиус образца; ρ – радиус сердцевины детали, которая не подвергается обработке.

На границе раздела фаз должно соблюдаться следующее условие баланса:

$$-D \frac{\partial c}{\partial r} \Big|_{r=\rho} = C_1 \frac{\partial \rho}{\partial \tau} \quad (6)$$

С учетом (5) уравнение (6) можно записать следующим образом:

$$C_1 \frac{d\rho}{d\tau} = -D \left(\frac{C_0 - C_1}{R_0 - \rho} \right) \cdot \frac{R_0}{\rho} \quad (7)$$

Интегрируя уравнение (7), с учетом начальных условий $\rho = R_0|_{\tau=0}$ получаем выражение для нахождения $\rho(\tau)$:

$$\frac{1}{R_0} \cdot \frac{\rho^3}{2} - \frac{\rho^2}{2} + \frac{R_0^2}{6} = D \left(\frac{C_0}{C_1} - 1 \right) \cdot \tau \quad (8)$$

Обозначив, $D \left(\frac{C_0}{C_1} - 1 \right) = K$ и $\rho = R_0 - \delta$ и, и с учетом преобразований, выражение (8) запишется в виде:

$$\frac{\delta^2}{2} - \frac{\delta^2}{3 \cdot R_0} = K \cdot \tau, \quad (9)$$

где τ – толщина диффузионного слоя.

Комплекс $K = D \left(\frac{C_0}{C_1} - 1 \right)$ при ЭМН изменяется по зависимости:

$$K = \exp\left(\alpha - \frac{\beta}{T}\right), \quad (10)$$

где α, β – коэффициенты, определяемые экспериментально; T – температура.

Подставив (10) в (9), получим:

$$\frac{\delta^2}{2} - \frac{\delta^2}{3 \cdot R_0} = \exp\left(\alpha - \frac{\beta}{T}\right) \cdot \tau \quad (11)$$

Выражение (11) представляет собой математическую модель диффузии лигирующих элементов при ЭМН.

Полученная математическая модель позволяет объяснить механизм диффузии в системе покрытие-основа при ЭМН, а также прогнозировать толщину диффузионного слоя.

Работа выполнялась при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований, проект Т98-181.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ С АДАПТИВНОЙ СВЯЗЬЮ В ПРОЦЕССАХ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН ПОКРЫТИЯМИ ИЗ ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

*Худолей А.Л., Кузнецик О.О., Пресняков Г.А.
Институт надежности машин НАНБ*

В настоящее время для восстановления изношенных поверхностей деталей сельскохозяйственных машин широко используют электротермические методы нанесения покрытий из порошковых материалов. При внедрении такого рода технологий в ремонтное производство важно обеспечить высокую производительность и повторяемость качества наносимых покрытий в размере партии деталей. Это обуславливает необходимость разработки и применения средств автоматизации в технологических процессах нанесения покрытий.

Для автоматизации процессов индукционно-центробежного и электродного нанесения покрытий в ИНДМАШ НАНБ разработан опытный образец универсальной системы контроля, которая способна осуществлять взаимодействие с высокочастотными нагревательными установками, машинами точечной и шовной сварки. Рассмотрим тип адаптивной связи, который определил функциональную и принципиальную схемы этого устройства.

При выборе типа адаптивной связи, во внимание принималось то, что указанные процессы требуют в первую очередь строгого выполнения температурного режима.

Для реализации температурного режима выбрана схема управления по отклонению (рис.).