PolotskSU

УДК 621.793

АЛГОРИТМ УПРАВЛЕНИЯ И СИСТЕМА ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ СТАБИЛИЗАЦИИ РЕЖИМОВ НАНЕСЕНИЯ ПОКРЫТИЙ ИЗ МЕТАЛЛОМАТРИЧНЫХ КОМПОЗИТОВ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОТЕРМИЧЕСКОЙ НАПЛАВКИ

***И.А.** СОСНОВСКИЙ*
Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси, Беларусь;
К.Е. БЕЛЯВИН
Белорусский национальный технический университет, Беларусь;
О.О. КУЗНЕЧИК
Институт порошковой металлургии, Беларусь

Рассмотрена технология нанесения покрытий из металломатричных композитов методом электротермической наплавки. Описана система и алгоритм управления параметрической стабилизацией режимов наплавки

Введение. Увеличение прочности, надежности и долговечности деталей механизмов и узлов трения, подвергающихся при эксплуатации повышенному воздействию тепловых и механических нагрузок, является актуальной проблемой современного машиностроения [1, 2]. Решение этой проблемы может основываться на расширении сферы применения на предприятиях машиностроения и ремонтного производства технологии нанесения покрытий из металломатричных композитов методом электротермической наплавки [3, 4], который включает в себя процессы, как индукционной, так и электроконтактной наплавки. Расширению сферы применения на предприятиях машиностроения и ремонтного производства технологии нанесения покрытий из металломатричных композитов методом электротермической наплавки может способствовать использование в этой технологии системы и алгоритма управления параметрической стабилизацией режимов этого процесса. Целью работы является решение этой задачи.

1. Технология и алгоритм нанесения металломатричных композитов электротермической наплавкой. В качестве исходного сырья, используемого для электротермической наплавки металломатричных композитов, используется шихта, количественный состав, который подбирается

PolotskSU

исходя из требуемой прочности, твердости и триботехнических свойств получаемых покрытий. При этом основу исходной шихты для наплавки металломатричных Al-SiC композитов, могут составлять порошки объединенной компанией «РУСАЛ», получаемые из сплавов алюминия, например, АСП, АСД, ПА, АПЖ и ПАВЧ, включая АПВ, а также ПАО «ЗАПАРОЖАБРАЗИВ» и ОАО «Волжский абразивный завод» марок ПА и ККЧ, содержащие карбид кремния. Основа исходной шихты для наплавки металломатричных Cu-SiC композитов отличается тем, что вместо порошков марок АСП, АСД, ПА, АПЖ, ПАВЧ и АПВ, могут использоваться ОАО «Палема», получаемые из сплавов меди, например, Бр.О5Ц5С5, Бр.О10Ф1.

Подготовленная шихта, непосредственно перед началом процесса электротермической наплавки, подвергается формованию в поле действующих сил сжатия, формируемого различными способами [4], в т.ч. с использованием центробежного вращения.

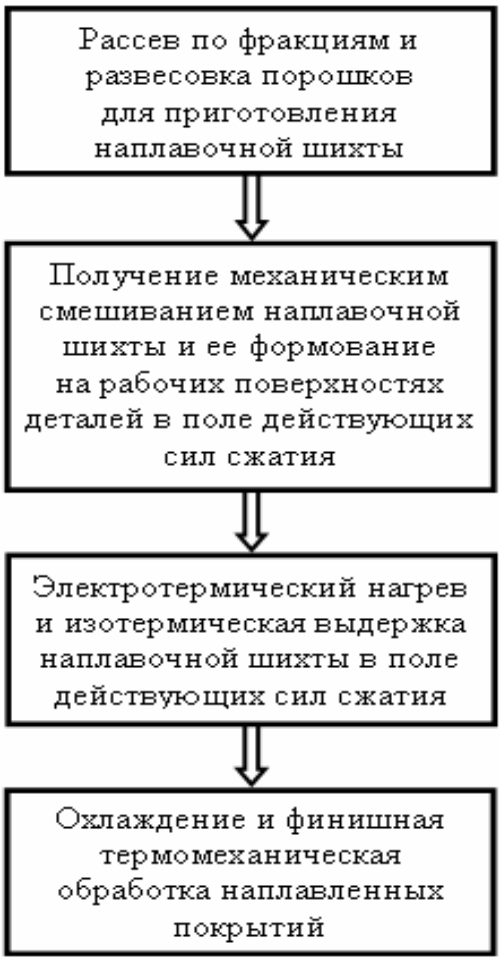

Рис. 1. Алгоритм выполнения электротермической наплавки

PolotskSU

После достижения температуры плавления металлических порошков, вошедших в исходную шихту, во время изотермической выдержки, формируется жидкая фаза металлической матрицы металломатричного покрытия. После ее завершения и отключения электротермического нагрева, последовательно протекает (рисунок 1) заключительная стадия рассматриваемого технологического процесса, которая включает в себя охлаждение и финишную термомеханическую обработку.

Для обеспечения повторяемости режимов электротермического нагрева используется адаптивная система параметрической стабилизации. Представленная на рисунке 2 функциональная схема адаптивной системы параметрической стабилизации может быть реализована на основе разработанной Объединенным институтом машиностроения микропроцессорной системы контроля индукционной наплавкой и разработанной Институтом порошковой металлургии микропроцессорной системы электроконтактной наплавки.

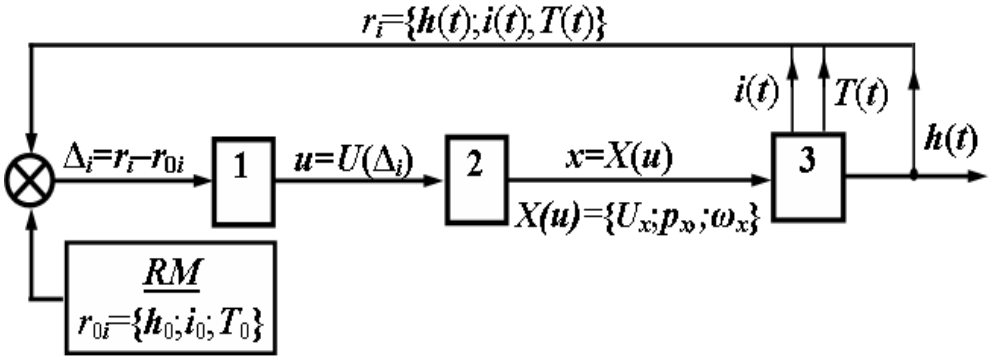

Рис. 2. Функциональная схема адаптивной системы параметрической стабилизации:

1 – регулятор наплавки; 2 –исполнительные механизмы установки электротермического нагрева; 3 – объект управления (наплавочная шихта); *RM* – эталонная модель; h_0, T_0, i_0, $h(t)$, $T(t)$, $i(t)$ – требуемые и текущие значения высоты наплавляемых покрытий, температуры и силы электрического тока; U_x, p_x, ω_x – напряжение, давление в шихте и ее угловая скорость вращения

2. Алгоритм управления параметрической стабилизацией режимов электротермической наплавки. Приведенная на рисунке 1 адаптивная система параметрической стабилизации режимов электротермической наплавки позволяет процессы нагрева и изотермической выдержки выразить с помощью описывающих алгоритм ее действия следующих функционалов:

$$Y\left[T(t),h(t)\right]=X\left[S\left(t\right)\right], \qquad (1)$$

PolotskSU

где $Y[T(t), h(t)]$ – функционал состояния *ОУ*, определяемый функциями $T(t)$ и $h(t)$, зависящими от времени; $X[S(t)]$ – функционал внешнего воздействия на *ОУ*, определяемый сигнальной функцией $S(t)$, задаваемой P, следующим образом

$$S(t) = P(I_0, U_0, p_0, t). \tag{2}$$

При заданной температуре (T_0) наплавляемого порошка и толщине (h_0) получаемых покрытий, используя функционал отклонения параметров

$$\Delta(t) = \Delta\left[\delta_1(t), \delta_2(t)\right], \tag{3}$$

где $\delta_1(t) = T(t) - T_0$ – параметр отклонения температуры; $\delta_2(t) = h(t) - h_0$ – параметр отклонения толщины покрытия, задача по оптимизации длительности и стабилизации режимов электротермической наплавки.

Функционалы (1)–(3) устанавливают связь между регулятором наплавки и исполнительными механизмами установки электротермического нагрева. На практике эта связь позволяет корректировать работу исполнительных механизмов таким образом, чтобы с одной стороны поддерживать заданную скорость нагрева и давление сжатия наплавочной шихты, а с другой стороны определять длительность изотермической выдержки на температуре наплавки до тех пор, пока не будут выполнены условия:

$$\delta_1(t) = T(t) - T_0 = 0 \text{ и } \delta_2(t) = h(t) - h_0 = 0. \tag{4}$$

ЛИТЕРАТУРА

1. Современная трибология: Итоги и перспективы / под ред. К.В. Фролова. – М. : Изд-во ЛКИ, 2008. – 480 с.
2. Курганова, Ю.А. Конструкционные металломатричные композиты / Ю.А. Курганова, А.Г. Колмаков. – М. : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2015. – 141 с.
3. Белявин, К.Е. Индукционный нагрев в процессах центробежного нанесения покрытий / К.Е. Белявин, И.А. Сосновский, А.Л. Худолей // Вестн. фонда фундамент. исслед. – 2013. – № 3 (36). – С. 70–87.
4. Белявин, К.Е. Импульсные электрофизические технологии получения покрытий и модифицирования поверхности материалов / К.Е. Белявин [и др.] // Металлургия. – 2013. – Вып. 34. ч. 2. – С. 58–71.