

МЕТОД НЕПРЕРЫВНОГО КОНТРОЛЯ УСАДКИ ПОРОШКОВОГО СЛОЯ В ПРОЦЕССЕ ЦЕНТРОБЕЖНОЙ ИНДУКЦИОННОЙ НАПЛАВКИ

¹Сосновский И.А., ¹Белоцерковский М.А., ¹Курилёнок А.А., ²Грудько И.И.,
²Трембицкий И.П., ²Климович А.Ф.

¹Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси
г. Минск, Беларусь, E-mail: sos3@tut.by

²ЭРУП «Центр механизации путевых работ Белорусской железной дороги»
г. Пинск, Беларусь, E-mail: ozpm@brest.by

Одним из наиболее эффективных методов нанесения порошковых покрытий является метод центробежной индукционной наплавки покрытий [1–2]. Индукционным центробежным методом в настоящее время можно наносить покрытия на внутренние, наружные и торцевые поверхности.

В Объединённом институте машиностроения НАН Беларуси предложен новый метод контроля усадки наносимого покрытия в процессе центробежной индукционной наплавки [3]. Для осуществления метода контроля необходимо включить в состав технологической системы измеритель электрической мощности, связанный с блоком отключения источника нагрева детали.

Реализация метода происходит следующим образом (рис. 1). В процессе формирования слоя металлического порошка 1 к внутренней поверхности цилиндрической детали 2 моменты инерции составных частей системы вращения не изменяются, за исключением момента инерции порошкового слоя, который уплотняется под воздействием индукционного нагрева и центробежных сил. С учётом этого момент инерции порошкового слоя определяется выражением:

$$J = \frac{m(r_1^2 + r_2^2)}{2}, \quad (1)$$

где m – масса порошкового слоя; r_1 – внутренний радиус порошкового слоя; r_2 – радиус внутренней поверхности заготовки.

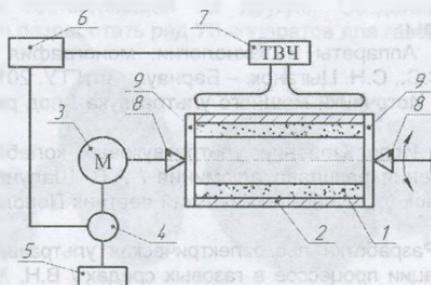


Рисунок 1 – Технологическая схема определения усадки порошкового слоя в процессе его центробежного формирования

Следовательно, изменение момента инерции порошкового слоя вследствие его усадки:

$$\Delta J = \frac{m(r_{11}^2 + r_{10}^2)}{2}, \quad (2)$$

где r_{10} – начальный радиус внутренней поверхности порошкового слоя; r_{11} – радиус порошкового слоя после усадки.

Из (2) легко получить зависимость текущего радиуса порошкового слоя r_{11} от изменения его момента инерции:

$$r_{11}^2 = r_{10}^2 + \frac{m}{2} \Delta J. \quad (3)$$

Увеличение момента инерции порошкового слоя происходит в результате уплотнения порошка и увеличения внутреннего радиуса порошкового слоя r_1 . Это, в свою очередь, приводит к увеличению нагрузки на привод вращения 3 и потребляемой им электрической мощности, определяемой по формуле:

$$P = IU = \eta \omega M = J \omega^3, \quad (4)$$

где ω – угловая скорость вращения детали; I – сила тока; U – напряжение; η – к.п.д.; M – крутящий момент.

Процесс уплотнения порошка контролируется путём измерения этой мощности с помощью ваттметра 4, подключённого к источнику питания 5. Используя закон сохранения массы, получим соотношение, связывающее текущую среднюю пористость P порошкового слоя с его текущим радиусом r_{11} в виде:

$$(1 - P)(r_2^2 - r_{11}^2) = (1 - P_0)(r_2^2 - r_{10}^2), \quad (5)$$

или

$$P = 1 - (1 - P_0) \frac{r_2^2 - r_{10}^2}{r_2^2 - r_{11}^2}, \quad (6)$$

где P_0 – начальная пористость порошкового слоя.

Таким образом, зная изменение момента инерции порошкового слоя M в процессе центробежной индукционной наплавки, можно определить изменение его внутреннего радиуса по формуле (3), а, воспользовавшись после этого формулой (6), можно определить среднюю пористость порошкового слоя. По достижению требуемой плотности порошкового слоя и его толщины, определяемой уровнем срабатывания блока отключения 6 источника нагрева 7, происходит его срабатывание, что соответствует завершению процесса нанесения покрытия. Далее отключают привод вращения, полученную деталь извлекают из центров 8 зажимного приспособления, снимают крышки 9 и охлаждают.

Разработанный метод контроля использован в технологии изготовления биметаллических втулок подбивочных блоков и гаек подъема электромагнитов узлов трения механизмов путевых машин на ЗРУП «Центр механизации путевых работ Белорусской железной дороги» (г. Пинск, РБ).

Выводы

Разработанный метод позволяет осуществлять непрерывный контроль усадки порошкового покрытия в процессе центробежной индукционной наплавки покрытий. При этом снижается припуск на механическую обработку покрытия, что снижает трудоёмкость механической обработки. В то же время использование данного метода не требует значительной переналадки технологического оборудования.

Список литературы:

1. Сосновский, И.А. Технология индукционного нагрева в процессах центробежного нанесения покрытий / И.А. Сосновский, К.Е. Белявин, А.Л. Худoley // Перспективные материалы и технологии / Под редакцией В.В. Клубовича. В 2-х томах. Т.1. – Витебск: Изд-во УО «ВГТУ», 2015. – Гл. 17. – С. 300 – 313.
2. Белоцерковский, М.А. Получение наноразмерных компонентов в антифрикционном покрытии при индукционной центробежной наплавке порошковых шихт на основе медных сплавов / М.А. Белоцерковский М.А., А.А. Курилёнок, И.А. Сосновский // Инновационные технологии в машиностроении / под общ. редакцией А.И. Гордиенко, В.К. Шелега. – Новополоцк: Полоцк. гос. ун-т, 2015. – С. 23–25.
3. Белявин, К.Е. Метод контроля усадки порошкового слоя в процессе центробежного индукционного нанесения покрытий / К.Е. Белявин, М.А. Белоцерковский, И.А. Сосновский, А.А. Курилёнок // Новые материалы и технологии в машиностроении / под общей редакцией Е.А. Памфилова. – Брянск: БГИТА, 2014. – Вып. 19. – С. 23–26.