

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОСОПРОТИВЛЕНИЯ ПРИ НАГРЕВЕ АНТИФРИКЦИОННЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

В. О. Ковалев

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель А. Н. Швецов

Одним из перспективных методов нанесения износостойких самосмазывающихся порошковых покрытий является метод электроимпульсного спекания [1]. Данный способ позволяет получать покрытия из антифрикционного металлофторопластового порошкового материала, имеющего расширенный диапазон эксплуатационных свойств за счет возможности совместного использования фторопластового и металлических компонентов.

На основании известных физических величин температура в зоне деформации при пропускании через нее электрического тока определяется по зависимости [2]:

$$T_k = \frac{I^2 \cdot t_c [4\rho \cdot h / d_i^2 + R_m]}{4m\sqrt{\lambda \cdot \gamma \cdot c \cdot v \cdot \delta \cdot \sqrt{t_c}}} + \frac{P_d \cdot h_m}{4m\sqrt{\lambda \cdot \gamma \cdot c \cdot S \cdot \sqrt{t_c}}}, \quad (1)$$

где I – сила тока, А; $m = 1/2$ – коэффициент, учитывающий неравномерность падения температуры; t_c – время сварки, с; R_m – электросопротивление материала, Ом; ρ – удельное электросопротивление, Ом · м; h_m – толщина проплавления, м; d_i – диаметр точки проплавления, м; λ – плотность материала, кг/м³; γ – коэффициент теплопроводности материала, Вт/(м · К); c – удельная теплоемкость материала, Дж/К · кг; v – скорость движения роликов, м/с; H – начальная высота полосы до прокатки, м; p – контактное давление, Па; h – толщина материала после прокатки, м; S – площадь контакта прокатываемого материала с валками-электродами, м².

При расчете температуры в зоне контакта по данной зависимости наибольшую трудность составляет определение электросопротивления композиционной составляющей.

Целью данной работы являлось экспериментальное определение электросопротивления при нагреве антифрикционных композиционных материалов.

В качестве исследуемой композиции была выбрана следующая антифрикционная металлофторопластовая порошковая смесь при следующем соотношении компонентов, мас. %: Fe – 62,5–77,0; ПТФЭ-4 – 5–10; Cu – 5–10; Ni – 5–10; Sn – 1–2,5, омедненного графита – 4–5.

Для экспериментального определения электросопротивления была создана и использована опытная установка, структурная схема которой представлена на рис. 1. В соответствии с ней источник питания и измерительный мост подсоединен к пресс-форме, на которую воздействует исполнительная машина. Показание электросопротивления композиционного материала определялось с помощью гальванометра.

Также разработана и изготовлена пресс-форма, структурная схема которой представлена на рис 2.

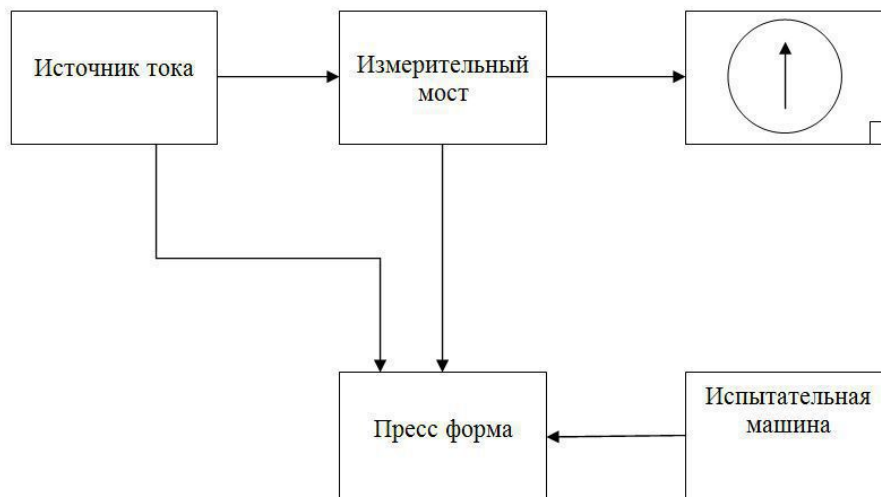


Рис. 1. Структурная схема опытной установки

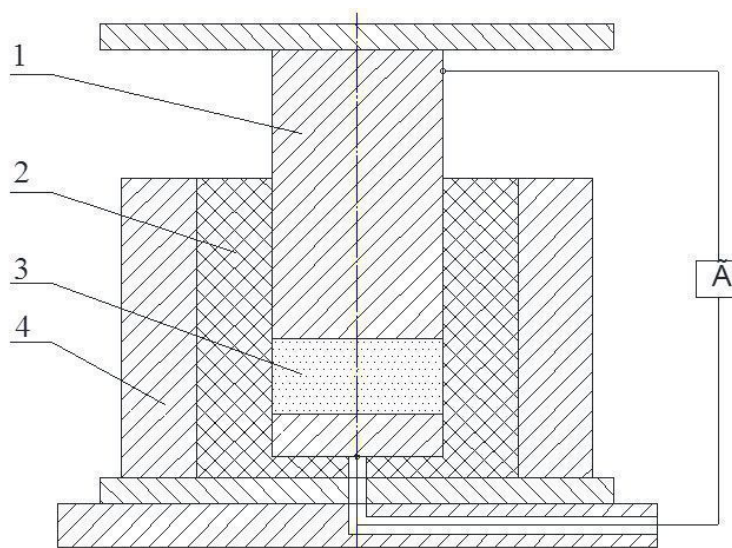


Рис.2. Структурная схема пресс-формы:
1 – пуансон; 2 – электроизоляционный материал;
3 – композиционный материал; 4 – матрица

Для определения электросопротивления композиционного материала использовался статистический метод планирования многофакторного эксперимента. В качестве варьируемых факторов были выбраны температура и давление, воздействующие на композиционный материал.

Предварительно методом «крутого восхождения» с учетом технических характеристик экспериментальной установки была экспериментально определена область изменения интервалов варьирования. Дальнейшее исследование совместного влияния варьируемых факторов проводилось с помощью метода рототабельного планирования.

Для проверки однородности дисперсий параллельных опытов использовался критерий Кохрена. Гипотеза об однородности дисперсий была подтверждена при уровне значимости $\alpha = 0,05$, что позволяет использовать регрессионный анализ и провести статистическую обработку полученных результатов эксперимента. Коэффициенты регрессии рассчитывались на ЭВМ.

После обработки экспериментальных данных было получено уравнение регрессии, отражающее влияние факторов на исследуемую функцию. Проверка адекватности математической модели проводилась с помощью F -критерия Фишера для уровня значимости $\alpha = 0,05$.

Уравнение регрессии для определения электросопротивления:

$$R = 1,56931 - 0,0246 \cdot T_k + 0,00009 \cdot T_k^2 - 1,35585 \cdot P + 0,3031 \cdot P^2 + 0,0107 \cdot T_k \cdot P. \quad (2)$$

После подстановки значений в уравнение (1), которое решалось с помощью ЭВМ, рассчитанные значения температура в зоне контакта проверялись экспериментально с помощью скользящей термопары.

На основе экспериментальных и расчетных данных была построена зависимость температуры в контакте от импульсного электротока (рис. 3).

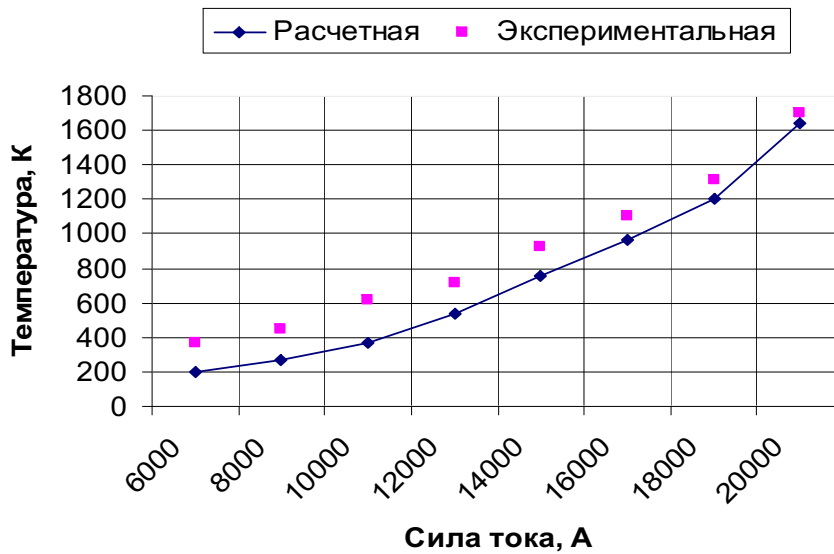


Рис. 3. Зависимость температуры от величины электроимпульсного тока:
1 – экспериментальная температура; 2 – расчетная температура

Как видно из графика, характер изменения экспериментальной и теоретической температуры в контакте от давления одинаков, что позволяет сделать заключение, что полученное уравнение регрессии для определения электросопротивления верно описывает данный процесс. Несколько завышенные значения экспериментальной температуры, по сравнению с расчетной, связаны с тем, что при расчете сопротивления деформации для определения давления при горячей прокатке термомеханические коэффициенты принимались как для компактного железного материала без посторонних включений.

Литература

1. Способ получения покрытия из антифрикционного металлофторопластового порошкового материала : пат. Респ. Беларусь № 18498. / Ю. Л. Бобарикин, А. Н. Швецов, С. В. Шишков. – 2010.
2. Кочергин, К. А. Контактная сварка / К. А. Кочергин. – Л. : Машиностроение, 1987. – 240 с.