

ИССЛЕДОВАНИЕ ФАКТОРОВ ВЛИЯЮЩИХ НА ПРОЧНОСТЬ СЦЕПЛЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ С ПОВЕРХНОСТЬЮ ДЕТАЛЕЙ

Марков В.А., Соколова В.А., Орлов В.В.

*Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет
имени С.М. Кирова, г.Санкт-Петербург*

Ключевые слова: прочность сцепления, адгезия, образцы для исследования, пресс, оптимизация.

Аннотация. В данной статье проведено исследование влияния факторов технологического процесса электроконтактной наплавки на прочность сцепления композиционного металлопокрытия с основой.

Прочность сцепления покрытия с основным материалов является одним из важнейших параметров долговечности и, соответственно, надежности восстановленной детали. Условия эксплуатации во многом влияют на показатели долговечности, которые могут существенно отличаться у деталей различных классов. Исследования в данном направлении были проведены проф. Масино М.А. Исходя из предложенной им классификации, прочность сцепления для различных деталей может варьироваться от 50 до 500 МПа, в зависимости от испытываемых нагрузок. Деталь «ось катка» относится к классу высоконагруженных, и соответственно прочность сцепления покрытия с основой в нашем случае необходимо обеспечить не меньше 500 МПа.

Целесообразно провести исследование прочности сцепления методом «на сдвиг», схема проведения такого исследования показана на рисунке 1.

Суть метода заключается в исследовании адгезионной прочности сцепления при котором воздействию на поверхность покрытия осуществляется нагрузкой до момента его отрыва или отслоения от основного материала. Зная значение нагрузки, при которой произошел отрыв покрытия от основы и, соответственно, площадь контакта покрытия с основным материалом, определяют величину напряжений в зоне их соединения. Исследования такого типа проводят на лабораторных прессах. Лабораторный образец представлен на рисунке 2.

Прочность сцепления (τ) определяется как отношение нагрузки, при которой происходит отрыв покрытия от основы (P), к площади двух материалов (S):

$$\tau = P / S .$$

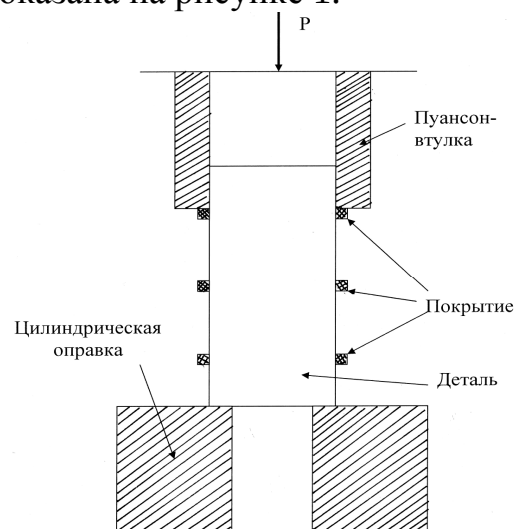


Рис. 1. Схема исследования прочности сцепления



Рис. 2. Образец для испытаний

Факторы, влияние которых на величину прочности сцепления: $I = 10-14$ кА; $U = 2-4$ В; $Rz = 20-160$ мкм.

В качестве порошкового материала используем ПК40Х2.

Для определения τ (прочности сцепления) можно использовать полнофакторный эксперимент второго порядка. Кодлируем переменные факторы и заносим их значения в таблицу 1.

Запишем уравнение регрессии в общем виде:

$$Y = b_0 + \sum_{i=1}^3 b_i x_i + \sum_{i,j} b_{ij} x_i x_j + b_{123} x_1 x_2 x_3 + \sum_{i=1}^3 b_i x_i^2.$$

Для более точной достоверности данных проведем каждый опыт в эксперименте не менее двух раз.

Табл. 1. Уровни факторов

Ур. фактора	I, кА		U, В		Rz, мкм	
	x_1	$\ln x_1$	x_2	$\ln x_2$	x_3	$\ln x_3$
(-1)	10	2,30	2	0,69	20	2,99
(0)	12	-	3	-	90	-
(+1)	14	2,64	4	1,39	160	5,08
$-\alpha$	7,85	-	1,57	-	15,7	-
$+\alpha$	17	-	4,86	-	194	-

Из таблицы находим:

$$X_1 = 2 \times (\ln x_1 - 2,3) / [2,3 - 2,64] + 1 = -5,88 \ln x_1 + 14,5;$$

$$X_2 = 2 \times (\ln x_2 - 0,69) / [0,69 - 1,39] + 1 = -2,86 \ln x_2 + 5,83;$$

$$X_3 = 2 \times (\ln x_3 - 2,99) / [2,99 - 5,08] + 1 = -0,96 \ln x_3 + 3,86.$$

Результаты эксперимента заносим в матрицу планирования, представленную в виде таблицы 2. Общее количество экспериментов, включая «звездные точки» (α), составит 15. Коэффициент «звездных точек» принимаем в соответствии со справочной литературой 1,215.

Табл. 2. Матрица планирования эксперимента

№ опыта	X_1	X_2	X_3	$\bar{\tau}$, МПа	$\bar{Y}$
	код	код	код		
1	+	+	+	530	6,27
2	-	+	+	335	5,81
3	+	-	+	395	5,98
4	-	-	+	272,5	5,60
5	+	+	-	525	6,26
6	-	+	-	347,5	5,85
7	+	-	-	392,5	5,97
8	-	-	-	247,5	5,51
9	$-\alpha$	0	0	195	5,27
10	$+\alpha$	0	0	240	5,48

Табл. 2. Продолжение

№ опыта	X_1	X_2	X_3	$\bar{\tau}$, МПа	$\bar{Y}$
	код	код	код		
11	0	$-\alpha$	0	177,5	5,18
12	0	$+\alpha$	0	252,5	5,53
13	0	0	$-\alpha$	295	5,69
14	0	0	$+\alpha$	312,5	5,74
15	0	0	0	310	5,73

Подставив значения b_i в уравнение получим:

$$Y = 5,9 + 0,21X_1 + 0,14X_2 - 0,009X_3 + 0,004X_1X_2 - 0,004X_1X_3 - 0,02X_2X_3 - 0,02X_1X_2X_3 + 0,1X_1^2 + 0,18X_2^2 - 0,03X_3^2.$$

Проверка воспроизводимости и однородности и значимости коэффициентов дисперсии по критериям Кохрена, Стьюдента и Фишера подтвердили адекватность уравнения, соответственно, гипотеза принимается.

Коэффициент значащий, если $|b_i| \geq \Delta b_i$. Запишем уравнение регрессии, отсеяв незначимые коэффициенты:

$$Y = 5,9 + 0,21X_1 + 0,14X_2 + 0,1X_1^2 + 0,18X_2^2 - 0,03X_3^2.$$

Переходим к натуральным переменным, и после потенцирования получаем:

$$\tau = 36,42 - 1,23I - 0,37U + 3,46I^2 + 1,47U^2 - 0,03Rz^2.$$

Из полученной зависимости можно судить, что сила тока (I) и напряжение (U) оказывают наибольшее влияние на прочность сцепления, чем шероховатость поверхности.

Произведем оптимизацию методом «Монте Карло» с использованием программы SPSS v.13. Суть данного метода заключается в многократном варьировании показателей факторов с целью выявления оптимальных параметров функции.

В результате оптимизации: $I = 14A$, $U = 4B$ и $Rz = 90$ мкм при $\tau = 525$ МПа.

Исходя из требований, предъявляемых к высоконагруженным деталям, прочность сцепления покрытия с основным материалом должна быть выше 500 МПа. В нашем случае условие выполняется.

Список литературы

1. Зубарев Ю.М. Применение методов теории планирования многофакторных экспериментов в технологии машиностроения. СПб.: ОП ПИМаш, 2000. 130 с.
2. Клименко Ю.В. Электроконтактная наплавка. М.: Металлургия, 1978. 127 с.

Сведения об авторах:

Марков Виктор Александрович – к.т.н., доцент СПбГЛТУ, г.Санкт-Петербург;

Соколова Виктория Александровна – к.т.н., доцент СПбГЛТУ, г.Санкт-Петербург;

Орлов Виталий Владимирович – к.т.н., доцент СПбГЛТУ, г.Санкт-Петербург.

STUDY OF FACTORS AFFECTING THE ADHESION STRENGTH OF COMPOSITE COATINGS TO THE SURFACE OF PARTS

Markov V.A., Sokolova V.A., Orlov V.V.

Keywords: adhesion strength, adhesion, samples for research, press, optimization.

Abstract. In this article, a study was made of the influence of factors of the technological process of electrocontact surfacing on the adhesion strength of a composite metal plating with a base.

References

1. Zubarev Yu.M. Application of the methods of the theory of planning multivariate experiments in engineering technology. SPb.: OP PIMash, 2000. 130 p.
2. Klimenko Yu.V. Electrocontact surfacing. M.: Metallurgy, 1978. 127 p.

УДК 621.865

<https://doi.org/10.26160/2618-6810-2019-2-46-49>

СТАБИЛИЗИРОВАННЫЙ ПРИВОД СИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА ДЛЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Цветков В.А., Королёв В.А., Воротынецов Б.Н., Осипов В.И.

*Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ»
имени Д.Ф.Устинова, г. Санкт-Петербург*

Ключевые слова: привод, генератор, двигатель, насос, гидромотор, передача.

Аннотация. В работе рассмотрены перспективы применения синхронного электрогенератора с приводом от двигателя транспортного средства. Замкнутая гидрообъемная передача, установленная между валом двигателем и генератором, позволяет стабилизировать частоту вращения генератора при переменных частотах вращения двигателя. Представлена методика расчета параметров на примере привода генератора мощностью 16 кВт.

Для транспортных средств, работающих в условиях крайнего север, мобильных аварийных служб, передвижных систем связи требуется постоянное надежное электроснабжение как в режиме движения так и в условиях длительной стоянки. Потребляемая электрическая мощность составляет 15 и более кВА, причем требования к качеству электроэнергии должны удовлетворять условиям работы мобильных электростанций.

Одним из способов решения этой проблемы является использование синхронного трехфазного генератора с приводом от коробки отбора мощности двигателя транспортного средства.

В этом случае между двигателем и генератором должен быть установлен регулируемый привод (привод постоянной частоты вращения – ППЧВ [1]), обеспечивающий постоянную частоту вращения вала генератора при изменении частоты вращения двигателя автомобиля.

Одним из вариантов построения ППЧВ с замкнутым гидроприводом объемного регулирования представлен на рис. 1. Вал генератор через муфту соединен с нерегулируемым гидромотором 2, вал регулируемого гидронасоса с электрическим управлением 3 соединен с валом коробки отбора мощности автомобиля. Рабочие полости гидронасоса и гидромотора соединены гибкими гидролиниями 5.