

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4
Плазменное напыление керамического порошка	43	45	12
Лазерная закалка	62	-	38
Лазерное легирование	58	7	35

* толщина слоя покрытия при расчете стоимости 0.6мм

** материал ножа сталь 65Г

Как видно из таблицы наиболее экономичным вариантом является лазерная закалка, однако в большинстве случаев стойкость таких ножей ниже напыленных покрытий. Наиболее высокой стойкостью обладают плазменные керамические покрытия.

Объективным критерием может служить отношение срока службы изделия к стоимости упрочнение для различных условий работы. Субъективно же наиболее универсальными и оптимальными с точки зрения стоимости являются: газопламенное напыление без оплавления, плазменное напыление, лазерное легирование.

Abstract. In the article the technologies of laser and plasma processing used in the processes of restoration and strengthening of details of agricultural machinery are presented, the comparative analysis of the costs of these types of processing is given

УДК 621.793

Ивашко В.С., доктор технических наук, профессор;

Изоитко В.М., кандидат технических наук;

Буйкус К.В., кандидат технических наук, доцент;

Белорусский национальный технический университет,

г. Минск, Республика Беларусь

ИССЛЕДОВАНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ЗАЕДАНИЮ ПОКРЫТИЙ, НАПЫЛЕННЫХ АКТИВИРОВАННЫМ ДУГОВЫМ НАПЫЛЕНИЕМ

Аннотация. Представлены результаты исследований коэффициента трения покрытий из проволочных материалов различного химического состава, напыленных активированным дуговым напылением.

Введение. Нанесение защитных покрытий из проволочных материалов электродуговыми методами считается наиболее экономически эффективным методом восстановления рабочих поверхностей узлов трения машин.

Использование энергии электрической дуги для плавления электродов позволяет с успехом использовать этот энергосберегающий метод в условиях, как крупных ремонтных предприятий с массовым производством, так и небольших мастерских с единичным производством. Освоение новых проволочных материалов, применяемых для сварочных работ, открывает возможность восстанавливать детали машин, работающих в условиях трения со смазкой, посадочных мест под подшипники качения, деталей, подвергающихся коррозионному и фреттинг-изнашиванию.

Цель работы. Работа проводилась с целью научно обоснованного выбора материала для восстановления изношенных шеек коленчатых валов дизелей методом активированного дугового напыления.

Методика исследований. Суть методики заключается в нагружение образца с покрытием в процессе трения скольжения до тех пор, пока не произойдет схватывание поверхностей трения, и фиксации величины давления на образцы в момент заедания.

Оборудование – машина трения СМЦ-2. Схема испытания – ролик-колодочка.

Образцами служили ролики из стали 40 с напыленными покрытиями из порошковых проволок различных составов с номерами от 1 до 5 (таблица 1). Ролик №0 выполнен из стали, аналогичной той, что используется для изготовления коленчатых валов.

Таблица 1 – Химический состав проволок

Номер образца	Химический состав проволочных материалов						
	C	Cr	B	Si	Mn	Mo	W
0	0,38	1,3	0,3	0,27	0,55	0,25	-
1	0,45	5,5	-	0,6	1,6	0,6	-
2	0,44	23,5	-	1,5 V	3,5 Nb	6,5	2,2
3	0,18	13,0	-	0,3	1,2	1,5	0,25
4	0,38	16,0	3,5	4,0	-	3,0	-
5	0,40	13,0	0,6	0,8	0,8	-	-

Наружный диаметр ролика составлял $40 \pm 0,02$ мм, ширина ролика – $10 \pm 0,1$ мм. Начальная шероховатость Ra 0,30-0,20 мкм.

Контртело – колодочки из бронзы БрС30 с твердостью НВ 42 – 45. Ширина колодочки составляла $10 \pm 0,05$ мм. Начальная шероховатость поверхности трения колодочек $Rz = 12 - 15$ мкм, а после приработки – $Rz = 1,0 - 2,5$ мкм.

Приработка образцов осуществлялась по специальному режиму до полного контакта всей поверхности трения колодочки. Площадь поверхности трения составляла 100 мм².

Режим испытания: каждый вариант испытывался трижды при ступенчатом давлении на образцы от 1,0 до 22,0 МН/м² с шагом 1,0 МН/м²; продолжительность испытания при каждом давлении не менее 5 мин; скорость скольжения ролика 1,03 м/с; смазка – масло М14ВЦ, капельная подача 3-4 капли/мин; температура окружающего воздуха 18 – 22 °С.

В процессе испытания велась запись момента трения и проводилось наблюдение за появлением паров смазки, а также фиксирование давления, при которой появлялись пары смазки.

Описанная методика позволяет установить зависимость между коэффициентом трения и нагрузкой на образец с покрытием. Характер этой зависимости определяет при какой нагрузке (критическом давлении P_{kp}) происходит разрушение масляного слоя и начинается непосредственного контактирование трущихся поверхностей, со значительным выделением теплоты и образованием паров масла, схватыванием, заеданием или интенсивным изнашиванием трущихся поверхностей.

Результаты испытаний и их обсуждение. На рисунке 1 представлена усредненная зависимость коэффициента трения f от давления P для каждого из трех образцов одного материала, нанесённого активированным дуговым напылением.

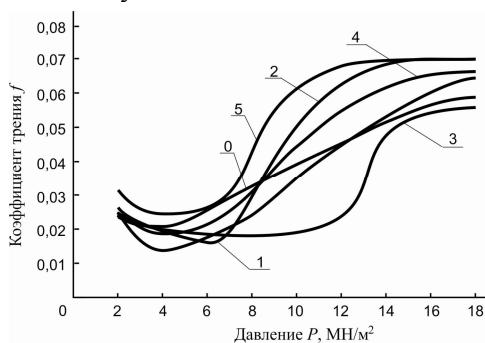


Рисунок 1 – Зависимость коэффициента трения от давления (номера графиков совпадают с номерами образцов таблице 1)

Представленные графики позволяют судить о средних значениях и стабильности триботехнических свойств каждой пары трения.

У всех испытанных материалов зависимость f от P имеет общие закономерности:

1) при повышении давления P от 1,0 до 6,0 МН/м² коэффициент трения f снижается и достигает своего минимума в пределах 0,015–0,025. Это происходит в результате уменьшения толщины масляной пленки от повышения давления и снижения вязкости масла от повышения температуры в зоне трения. Минимальный f соответствует граничному трению;

2) после достижения минимального значения коэффициент трения f начинает медленный рост, что связано с нарушением сплошности масляного слоя, с металлическим контактированием поверхностей трения и увеличением тепловыделения. Этот участок кривой соответствует режиму смешанного трения;

3) медленный рост f при увеличении давления переходит в скачкообразный рост f до значения 0,05 – 0,07;

4) при достижении $f = 0,05$ тепловыделение от трения достигает значения, при котором начинается испарение смазки и кратковременное схватывание отдельных участков поверхностей трения роликов и колодочек. Давление, при котором $f = 0,05$, является критическим P_{kp} ;

5) при достижении значения $f = 0,06 – 0,07$ идет интенсивное окисление и износ поверхностей трения, а f остается стабильным или незначительно снижается при увеличении давления. Такое поведение пар трения объясняется изменением физико-химических свойств бронзы под воздействием температуры.

Отмеченные для всех пар трения явления, связанные с переходом от одного режима трения к другому, возникают у различных пар трения при разных давлениях, что видно из полученных результатов (рисунок 1).

Очень важным показателем, характеризующим пару трения, является критическое давление перехода от смешанного трения к режиму разрушения масляного слоя P_{kp} , при котором начинается за-

едание. Наиболее высокое и стабильное значение P_{kp} имеет пара ролик №2+БрС30 ($P_{kp}^{cp} = 16,0 \text{ МН/м}^2$). Стабильность значения P_{kp} у каждой пары получилась разная. Разница между P_{kp}^{\min} и P_{kp}^{\max} представляет разброс значений этого показателя. Минимальный он у роликов №0, №2, а максимальный у роликов №1.

Минимальные значения коэффициента трения и давление, при котором они достигнуты, для каждой пары трения характеризуют фрикционные свойства пары трения в режиме граничного трения. Ролики №2 по этому показателю обладают некоторым преимуществом, его характеризует более высокое критическое давление перехода от смешанного трения к режиму устойчивого разрушения масляного слоя P_{kp} при котором начинается заедание.

Заключение. Проведенный анализ результатов исследования сопротивления заеданию покрытий позволяют рекомендовать для восстановления изношенных поверхностей шеек коленчатых валов автомобильных дизелей методом активированного дугового напыления состав материала порошковой проволоки, содержащей 0,44 % C, 23,5 % Cr, 1,5 % V; 3,5 % Nb; 6,5 % Mo; 2,2 % W.

Список использованной литературы

1. Кудинов, В. В. Нанесение плазмой тугоплавких покрытий [Текст] / В. В. Кудинов, В. М. Иванов. – М. : Машиностроение, 1981. – 192 с.
2. Роль адгезии смазочного масла при граничной смазке [Текст] / А. Ф. Ильющенко [и др.] // Трение и износ. – 1998. – Т. 19. – № 3. – С. 23-25.
3. Структура и свойства стальных покрытий, нанесенных методом активированной дуговой металлизации [Текст] / Ю.С. Коробов [и др.] // Сварочное производство. – 1997. – №1. – С. 4-6.

Abstract. The results of researches of the friction coefficient of coatings sprayed with activated arc spraying are presented.