

покрытия из оловянистых и алюминиевых бронз. Для узлов трения, работающих при более высоких нагрузках и скоростях скольжения, можно рекомендовать покрытия из баббитов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Волосенков В.Н., Куприянов И.Л. Порошки для газотермических покрытий: Состав. Свойства. – Мн.: Машиностроение, 1987. – 275 с. 2. Вилянская Г.Д., Первушина Н.М. и др. Патент РФ 2064615 С1.

УДК 621.793.7

Н.В.Спиридонов

Триботехнические характеристики Ni-Cr-B-C — плазменных покрытий после различных методов оплавления

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь*

Известно, что износостойкость, как физико-механическая характеристика покрытий, является структурно-чувствительной [1,2]. Фазовый и химический состав материала покрытия, структурное состояние, параметры субмикроструктуры, а также свойства, взаимное расположение, количественное соотношение и характер связи отдельных составляющих структуры являются наиболее существенными факторами, определяющими сопротивление металлических сплавов изнашиванию. Для различных условий воздействия изнашивающих нагрузок оптимальная износостойкость создается при различных, но характерных для каждого конкретного случая структурных состояний материала.

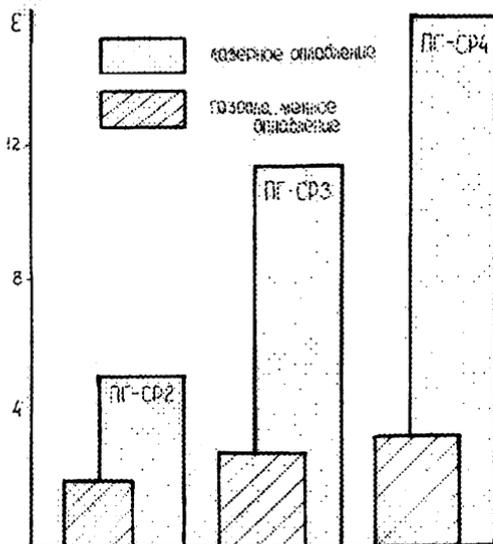
Проведенные исследования микроструктуры, фазового состава, параметров субмикроструктуры газотермических покрытий из самофлюсующихся сплавов после лазерного оплавления позволили выявить существенные отличия их от покрытий, оплавленных с использованием объемного, в частности, газопламенного нагрева. При этом структуру покрытий можно целенаправленно формировать путем изменения режимов обработки. Установлено, что структура покрытий после лазерного оплавления на оптимальных режимах характеризуется пересыщенным состоянием твердого раствора, измельчением структурных составляющих

щих, направленной кристаллизацией и равномерным распределением в металлической матрице сплава дисперсных частиц выделений упрочняющих карбидо-боридных фаз. Такие факторы, как измельчение структурных составляющих, пересыщение твердых растворов, способствуют повышению прочности, вязкости и сопротивления изнашиванию металлических сплавов.

Проведенные испытания в режиме трения скольжения в условиях, приближенных к условиям работы тяжело нагруженных узлов трения, показали, что метод и режимы оплавления существенно влияют на триботехнические свойства покрытий из самофлюсующихся сплавов. Выбор режимов лазерного оплавления предопределяет характер структуры получаемых покрытий. Для всех сплавов оплавление с частичным проплавлением в основу (плотность мощности и скорость перемещения лазерного луча, соответственно $q=80$ кВт/см², $V=1$ мм/с) приводит к формированию дендритной структуры, некоторому повышению содержания железа в покрытии и снижению микротвердости. Такие покрытия обладают повышенной стойкостью к выкрашиванию при тяжелых режимах трения. При легких и средних режимах трения высокими эксплуатационными характеристиками обладают покрытия, оплавленные при плотности мощности $q=5...40$ кВт/см² и скорости перемещения излучения по поверхности покрытий $V=1...22$ мм/с. Структура покрытий, получаемых в указанном диапазоне режимов, характеризуется высокой дисперсностью выделений упрочняющих фаз и их равномерным распределением в матрице пересыщенного твердого раствора на основе никеля. Триботехнические свойства покрытий последнего типа были изучены более подробно.

Сравнительные испытания износостойкости покрытий, оплавленных лазерным излучением и газовой горелкой, показали, что степень легирования сплавов влияет на его чувствительность к методу и режимам оплавления. Так, интенсивность изнашивания покрытий из высоколегированного сплава ПГ-СР4 после лазерного оплавления уменьшается по сравнению с покрытиями, оплавленными газовой горелкой, в зависимости от режимов лазерной обработки до 5 раз, покрытий из сплава ПГ-СР3 — до 4 раз, покрытий из сплавов ПГ-СР2 — до 2,5 раз (рис. 1).

Испытания исследуемых покрытий на совместимость материалов при трении скольжения в сопряжении с закаленной сталью 45, серым чугуном (Ч-24, серым чугуном, закаленным лазерным излучением показали, что лучшими противозадирными свойствами сплавы обладают в паре с чугуном, прошедшим лазерную обработку.



($\epsilon = \text{ПГ-СР2 (опл. горелкой)} / \text{J образца}$)

Рис. 1. Относительная износостойкость покрытий при трении скольжения: контролобразец — СЧ-24, лазерная закалка, $P_{\kappa} = 7,5$ МПа, $V_{\text{ск}} = 3,8$ м/с, среда — масло индустриальное

Особенно надо отметить значительное влияние сопрягаемых материалов на совместимость пар трения материалов. Наиболее совместимыми являются пары: сплав-чугун, в то время как при трении покрытий по закаленной стали 45 выясняется гораздо большая склонность к схватыванию (табл. 1).

Таблица 1

Величина контактных нагрузок, вызывающих явление схватывания при трении скольжения

Материал контролобразца	Контактное давление схватывания для различных материалов покрытий, МПа		
	ПГ-СР2	ПГ-СР3	ПГ-СР4
СЧ-24	12,5	15	12,5
СЧ-24 лаз. закалка	15	17	15
Сталь 45	10	12,5	12,5

Достаточно высокими противозадирными свойствами обладают пары трения самофлюсующийся сплав – серый чугун, однако интенсивность изнашивания неупрочненного чугуна в 3...5 раз выше, чем у чугуна, термообработанного с использованием лазерного излучения. Данные по интенсивности изнашивания покрытий из самофлюсующихся сплавов, оплавленных газовым пламенем и лазерным излучением, при трении по чугуну, обработанному лазерным излучением (скорость скольжения 3,8 м/с) приведены в табл.2.

Таблица 2

Интенсивность изнашивания покрытий при трении скольжения по закаленному чугуну (мкм/ч) в зависимости от контактного давления

Тип сплава	Способ оплавления	Контактное давление, МПа					
		2,5	5	7,5	10	12,5	15
ПГ-СР2	газопл.	0,064	0,267	0,282	0,296	С	С
	лазерн.	0,023	0,054	0,056	0,176	0,189	С
ПГ-СР3	газопл.	0,037	0,096	0,185	0,240	0,244	С
	лазерн.	0,013	0,023	0,025	0,03	0,035	0,038
ПГ-СР4	газопл.	0,026	0,121	0,179	0,204	С	С
	лазерн.	0,009	0,013	0,019	0,026	0,023	С

Полученные результаты показывают, что процессы изнашивания имеют минимальную интенсивность при трении покрытий, оплавленных лазером, по закаленному чугуну. Наиболее износостойким в рассматриваемых условиях является сплав ПГ-СР4, а сплав ПГ-СР3 имеет близкие значения интенсивности изнашивания.

Момент сил трения при испытании покрытий, прошедших лазерную обработку и притертых после шлифования до $R_a=0,23$, практически не изменяется, что свидетельствует о хорошей прирабатываемости сопрягаемых материалов. Расчет коэффициентов трения f показал, что у покрытий, оплавленных лазерным излучением, f в 1,5...2 раза ниже, чем при тех же условиях испытаний у покрытий, оплавленных нейтральным пламенем газовой горелки. Оценка зависимости коэффициентов трения покрытий, полученных по разработанной технологии, от нагрузки и скорости скольжения при трении по закаленному чугуну (рис.2) показала, что для сплава ПГ-СР2 значения соответствуют 0,008...0,03; для ПГ-СР3 — 0,007...0,018; ПГ-СР4 — 0,004...0,028.

Как видно из графиков, при данных условиях минимальные значения f получены для сплава ПГ-СР3, которые несколько возрастают с повышением нагрузки и незначительно зависят от скорости скольжения. Для сплава ПГ-СР2 на f существенно влияет величина нагрузки. Следует отметить, что в области малых нагрузок триботехнические свойства сплавов близки по сво-

сплавы и покрытия. — М.: Машиностроение, 1980. — 120 с. 3. Спиридонов И. В. Технологические основы формирования поверхностных слоев с повышенными эксплуатационными свойствами. — Дис. на соискание уч. степени д. т. н. — Минск, 1989.

УДК 621.7:621.8:621.9

В.С. Точило

КОНТРОЛЬ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССОВ СВАРКИ И НАПЛАВКИ С ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКОЙ

*Полоцкий государственный университет,
Новополоцк, Беларусь*

Повышение надежности и долговечности машин и их составных частей в процессе ремонта — главная цель предприятий, занимающихся разработкой технологий и организацией ремонтного производства. Обеспечить высокое качество отремонтированных машин в процессе освоения технологий и организации ремонта можно за счет внедрения новых методов восстановления, упрочнения и обработки деталей, сварки и сборки узлов машин и текущего контроля на технологических операциях ремонтного производства [1, 2].

В этой связи ремонтному предприятию, прежде всего, требуется определить процессы производства и обслуживания, результаты которых не могут быть проверены с помощью последующего мониторинга и измерений. К ним относятся процессы, недостатки которых становятся очевидными только после начала использования продукции или после предоставления услуги [2].

Для изучения способов контроля параметров качества специальных процессов рассмотрим методы восстановления деталей двигателей автомобилей наплавкой проволоки на сварочных автоматах с одновременной обработкой сварочных швов [1, 3].

Наиболее распространена сварка и наплавка в среде углекислого газа плавящимся электродом. При такой сварке хорошо формируется шов, наплавленный металл получается плотным, зона термического влияния невелика [1].

Для изучения процесса применялся наплавочный автомат А-580М, усановленный на модернизированном токарном станке 1624М, в качестве источника тока использовался выпрямитель ВС-300. Автоматическую наплавку ответственных деталей с высокой твердостью рабочих поверхностей вели