

ИССЛЕДОВАНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ИЗНАШИВАНИЯ НОВОГО СОСТАВА ИЗНОСО-КОРРОЗИОННОСТОЙКОГО МЕТАЛЛОПОКРЫТИЯ ДЛЯ ТРИБОПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

В.В. Кураш, канд. техн. наук, доцент, А.В. Кудина, канд. техн. наук, доцент, Ю.Т. Антонишин, канд. техн. наук, доцент, А.В. Кривицкий, студент (БГАТУ)

Аннотация

Исследована интенсивность изнашивания нового композиционного состава износостойкого металлопокрытия для восстановления изношенных рабочих поверхностей деталей машин и сельхозтехники. Результаты исследований показали, что применение в восстановительном производстве металлопокрытия разработанного состава существенно снижает интенсивность изнашивания трибоповерхностей деталей, что позволяет увеличить ресурс машин и технологического оборудования.

Intensity of wear process of new composite structure wear-corrosion of the metal coatings for restoration of the worn out working surfaces of details of agricultural machinery is investigated. Results of researches have shown, that application in regenerative manufacture of a metal coating of the developed structure essentially reduces intensity of wear process at a friction of working surfaces of details that increases a resource of cars and the process equipment.

Введение

В процессе эксплуатации машин их агрегаты, узлы и механизмы подвергаются воздействию как внешних, так и внутренних факторов, в результате чего поверхностные слои деталей изнашиваются, а это приводит к ухудшению функциональных показателей машин и, как правило, регламентирует их ресурс. Вследствие недостаточной долговечности многих элементов и различного ресурса составных частей, современные сложные машины весьма чувствительны к нарушению работоспособности по причинам интенсивного износа их составных элементов – деталей. Для поддержания машин в работоспособном состоянии служит система технического сервиса, включающая мероприятия по техническому уходу, ремонту, обкатке и хранению машин. Повысить эффективность технологий технического сервиса отечественных и импортных машин, снизить их эксплуатационные затраты можно путем организации восстановления деталей. Восстановление деталей – технически обоснованное и экономически оправданное мероприятие. Оно позволяет ремонтно-обслуживающим предприятиям и мастерским хозяйств сокращать время простоя неисправных машин и оборудования, повышать качество ремонта, улучшать показатели надежности и использования техники. Международная практика свидетельствует, что доля восстанавливаемых деталей в общем объеме потребления запасных частей достигает в развитых зарубежных странах 30-35% [1-2].

Известно, что восстановленные металлоповерхности деталей машин и механизмов, полученные наплавкой электродной сварочной проволокой

Св-08Г2С ГОСТ 2246-70, не обладают высокой твердостью и износостойкостью, они также легко поддаются коррозионному разрушению и изнашиванию [3-4]. Составы металлопокрытий, получаемые легированием – введением в сварочную ванну твердосплавной порошковой присадки из сплавов для наплавки по ГОСТ 21448-75, позволяют получать высокую твердость и износостойкость покрытия для работы в тяжёлых условиях при больших нагрузках, но не обеспечивают высокую износостойкость при работе в коррозионных средах, содержащих биокоррозионные факторы. Композиционный состав порошкообразного присадочного материала для наплавки покрытий, включающий механическую смесь на основе железа и никеля в процентном соотношении 70-75% и 30-25% соответственно, обладает износостойкостью при ударно-абразивном воздействии на рабочие поверхности деталей, но слабо противостоит изнашиванию при совместном воздействии абразивных и биокоррозионных факторов [5-6]. Недостатком составов является отсутствие в них химических элементов или соединений, тормозящих процессы коррозионного поражения наплавленной поверхности и адсорбции металлом водорода, что способствует разрыхлению поверхностного слоя металла, разупрочнению его структуры и приводит при трении к интенсификации процессов абразивного и коррозионно-механического изнашивания [5, 7].

Современные тенденции развития передовых отраслей промышленности (энергетики, авиастроения и др.) во всем мире поставили на первое место внедрение передовых технологий восстановления-упрочнения деталей с применением присадочных

материалов. Широк для этих технологий и диапазон выпускаемых присадочных материалов, применяющихся практически во всех известных методах нанесения металлопокрытий.

Поэтому при развитии производств по восстановлению деталей необходимо создавать новые составы износостойких защитно-упрочняющих металлопокрытий с высокими физико-механическими и антикоррозионными свойствами, более интенсивно развивать и внедрять в ремонтное производство экологически чистые методы нанесения защитно-упрочняющих покрытий с минимальными затратами материальных и трудовых ресурсов.

Основная часть

Для защиты трибоповерхностей деталей машин, узлов и механизмов, подвергающихся интенсивному абразивному и коррозионно-механическому изнашиванию, разработан новый композиционный состав для наплавки износостойкого металлопокрытия [8], позволяющий значительно снизить интенсивность изнашивания рабочих поверхностей деталей при трении, увеличить их ресурс, а, значит, и надёжность технических систем. Металлопокрытие формируется на основе низкоуглеродистой легированной марганцем и кремнием сварочной проволоки Св-08Г2С ГОСТ 2246-70, в расплав ванны которого вводится металлопорошковый присадочный материал средней зернистости (ППМ), состоящий из самофлюсующегося сплава типа ПГ-СР ГОСТ 21448-75 и легирующих химических элементов (меди, алюминия и кальция) в следующем компонентном соотношении, мас. %:

Хром – 15,0-18,0
Кремний – 3,0-5,0
Бор – 4,0-5,0
Медь – 3,0-5,0
Углерод – 0,6-1,0
Алюминий – 0,2-0,4
Кальций – 0,1-0,2
Никель – остальное

При этом массовое соотношение электродной проволоки и металлопорошкового присадочного материала составляет 60 : 40%, что теоретически обосновано и экспериментально подтверждено [9].

Разработанный композиционный состав износостойкого металлопокрытия, получаемого электродуговой наплавкой в среде защитного газа сварочной проволокой с порошковым присадочным материалом, придаёт металлопокрытию следующие свойства [9]:

1. Легирование расплава ванны металла предлагаемым составом упрочняющей присадочной смеси приводит к значительному увеличению количества упрочняющих фаз. Формируется сложное гетерофазное строение покрытия (бориды типа CrB, Cr₂B, NiB, Ni₃B₂, карбобориды В₈С, Fe₂₃(СВ)₆, силициды типа CrSi₂, Mn₂₇Si₄₇, Mn₅Si₂ и др.). Наличие в покрытии боридов, карбоборидов и силицидов обеспечивает получение твердости наплавленного слоя 51... 55 HRC.

2. Включение в состав металлопокрытия меди (3...5%, масс.) позволяет формировать слой металлоповерхности с биоцидными свойствами, а повышенная износостойкость покрытия обеспечивается карбидно-боридными фазами, распределенными в мягкой железо-медно-никелевой матрице. Медная компонента образует на поверхности окислы меди, которые обладают биоцидными свойствами и подавляют активность биологического фактора, препятствуя зарождению и интенсификации биокоррозионных процессов.

3. Введение в состав упрочняющей смеси алюминия позволяет повысить стойкость покрытия к наводороживанию. Кальций связывает азот, кислород и серу в стойкие тугоплавкие соединения, рафинирует и модифицирует наплавленный металл, в результате чего увеличивается стойкость против образования кристаллизационных трещин.

Изменения процентного соотношения проволоки и порошковой присадки в металлопокрытии приводит к нарушению фазового состава и структуры покрытия, что ухудшает физико-механические и эксплуатационные свойства материала. Более однородная структура наплавленного слоя формируется порошковой присадкой, зернистостью 400...600 мкм. При структурообразовании происходит заполнение матричным расплавом пространства вокруг твердых частиц порошкового материала, что способствует установлению в структуре прочных атомных и когезионных связей, устойчивому размещению твердых частиц порошка в мягкой матричной основе. Образующиеся на поверхности покрытия кислоты и химически активные радикалы биологического происхождения способствуют образованию окислов меди, которые являются ядами для большинства микроорганизмов и тормозят развитие биокоррозионных процессов [9]. Процентное содержание меди в металлопорошковой композиции установлено из условия обеспечения высокой износостойкости наплавленного слоя. Устанавливать нижний уровень менее 3 % не целесообразно вследствие того, что небольшое количество меди не оказывает влияния на снижение скорости коррозии наплавленного слоя. При выборе верхнего уровня меди в металлопокрытии руководствовались тем, что в присадке он не должен превышать 10% мас., поскольку при ее большем содержании резко снижается износостойкость поверхности. Оптимизация ППМ выполнена на основании полученных экспериментальных данных по параметру относительной износостойкости металлопокрытия – $\epsilon = 3,76$, где за эталонный материал принята сталь 45 в отожженном состоянии [9].

Графическая зависимость относительной износостойкости металлопокрытия от содержания в нём составляющих компонентов представлена на рис. 1.

Экспериментальные исследования показали, что сформированный состав износостойкого металлопокрытия обладает скоростью проникновения коррозии – 0,10...0,13 мм/год [9-10], что позволяет отнести его к материалам с высокой коррозионной

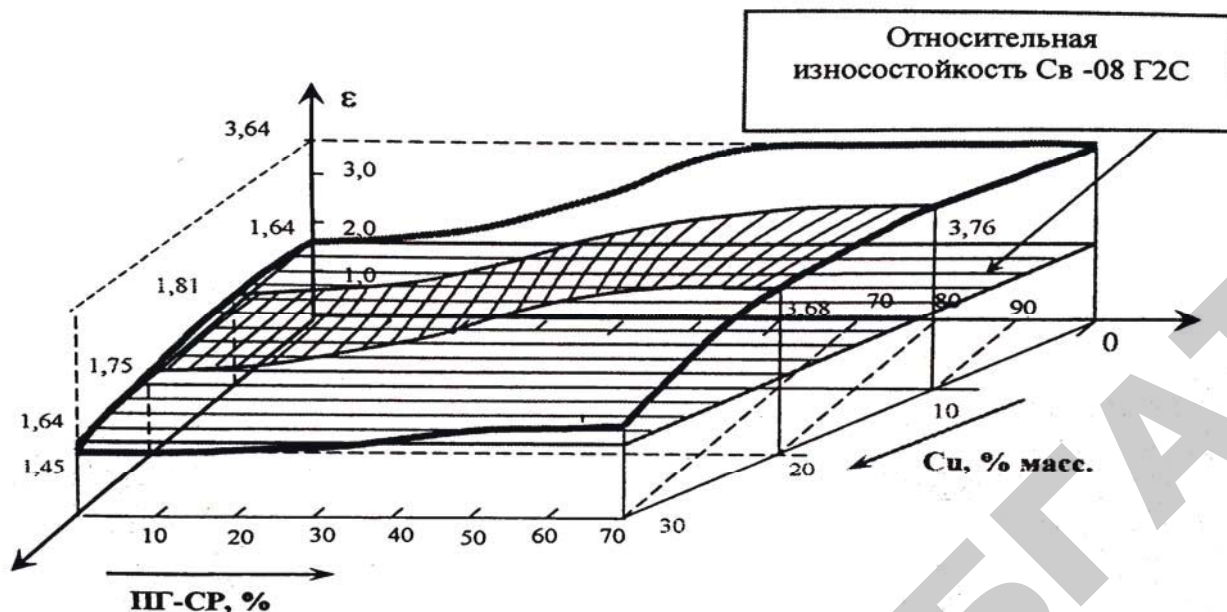


Рисунок 1. Зависимость относительной износостойкости металлопокрытия от содержания в нём сплава типа ПГ-СР и меди, % масс

стойкостью, для которых скорость проникновения коррозии в металл менее 0,15 мм/год.

Важным моментом при формировании наплавленного слоя металла является масса порошкового присадочного материала (ППМ), вводимого в зону наплавки в единицу времени. Исходя из того, что тепловая эффективность процесса наплавки оценивается тепловыми коэффициентами полезного действия процессов наплавки и проплавления, масса ППМ, вводи - мого в единицу времени (G_g), рассчитывается по зависимости [4]:

$$G_g = v_n \rho_m S_{пл} (F_n - F_{пр}) / (C_{пл} T_{пл} + \mu - C_n T_n),$$

где G_g – масса вводимого металлопорошка в единицу времени, г/с;

v_n – скорость наплавки, см/с;

ρ_m – плотность металлопорошковой присадки (ППМ), г/см³;

$S_{пл}$ – теплосодержание при температуре плавления с учетом скрытой теплоты плавления, Дж;

F_n – площадь поперечного сечения наплавленного металла, см²;

$F_{пр}$ – площадь поперечного сечения зоны проплавления металла, см²;

$C_{пл}$ – теплоёмкость металлопорошка при температуре плавления, Дж/К;

$T_{пл}$ – температура плавления присадочного материала, К;

μ – скрытая теплота плавления металлопорошка, Дж;

C_n – теплоемкость порошка при начальной температуре, Дж/К;

T_n – начальная температура порошковой присадки, К.

Для проведения исследований готовились экспериментальные образцы следующим образом: на пла-

стины из стали 45 ГОСТ 380-2005 размером 70x25x12мм электродуговой наплавкой плавящимся электродом из проволоки Св-08Г2С наносились металлопокрытия с одновременным введением в расплав металла порошковой присадочной смеси разработанного состава [8]. Затем из наплавленных покрытий вырезались образцы размером 12x12x4мм для проведения испытаний на изнашивание, причём, толщина 4 мм соответствовала толщине наплавленного слоя. Из полученных образцов формировали 5 групп. Образцы каждой группы готовились таким образом, чтобы поверхность каждого образца представляла собой зону, удаленную от поверхности наплавки вглубь наплавленных валиков, соответственно на 0,0; 1,0; 1,5; 2,0 и 2,5 мм. Послойное изготовление образцов осуществлялось с целью последующей проверки износостойкости наплавленного металлопокрытия по глубине.

Изнашивание образцов проводили на машине трения СМТ-70 согласно методикам для проведения испытаний материалов на износостойкость при трении по ГОСТ 23.207-79 и ГОСТ 23.211-80 с подачей в зону трения абразивных и биокоррозионных композиций следующего состава:

- абразивная композиция состояла из кварцевого песка по ГОСТ 2138-56 фракции до 15 мкм и индустриального масла И-Г-А-32 ГОСТ 17479.4-87;

- биокоррозионная композиция содержала питательную среду с микроорганизмами, вызывающими биокоррозионное повреждение металла соответственно для кислой и щелочной среды.

Величина износа определялась на профилографе-профилометре модели 252 по глубине вытертой канавки. Результаты испытаний на изнашивание нового

металлопокрытия для электродуговой наплавки приведены в табл. 1.

Полученные экспериментальные данные показывают, что применение для трибоповерхностей деталей машин и механизмов нового состава износостойкого металлопокрытия позволяет в 1,7...1,9 раз снизить интенсивность изнашивания трибоповерхностей деталей машин и обеспечивает 6...7 класс износостойкости, что, безусловно, влечёт за собой увеличение ресурса не только узлов и агрегатов, но и машин в целом.

Заключение

Результатом исследований являются полученные экспериментальным путём эксплуатационные характеристики износостойкого металлопокрытия для трибоповерхностей деталей узлов трения машин и технологического оборудования, которые показывают снижение интенсивности изнашивания и увеличение износостойкости поверхностей металла нового состава, способствующего повышению ресурса восстановленных деталей. Металлопокрытие формируется электродуговой наплавкой в среде защитного газа плавящимся электродом из проволоки Св-08Г2С с включением в его состав разработанного легирующего присадочного материала (ППМ). Новизна композиционного состава металлопокрытия подтверждена патентом [8]. По результатам выполненных исследований можно сделать следующие выводы:

1. При восстановлении металлоповерхностей деталей с большой величиной износа перспективным, простым и легко осуществимым методом получения поверхности с высокими физико-механическими свойствами является наплавка поверхностей проволокой Св-08Г2С в среде защитных газов с включением в расплав сварочной ванны упрочняющего присадочного материала из легирующих элементов разработанного состава.

2. Состав присадочного материала для износостойких металлопокрытий следует формировать на основе износостойких металлопорошков с включением металлов-биоцидов, окислы или соединения которых подавляют активность микроорганизмов, вызывающих биокоррозию.

3. Новый состав износостойкого металлопокрытия позволяет в 1,7...1,9 раз снизить интенсивность изнашивания поверхностей трения деталей машин, работающих в условиях абразивного и коррозионно-механического изнашивания, обеспечивая в трибосопряжениях 6...7 класс износостойкости.

4. Применение разработанного состава износостойкого металлопокрытия в ремонтном производстве для восстановления изношенных трибоповерхностей деталей машин и технологического оборудования позволит существенно снизить интенсивность изнашивания деталей в узлах трения, и, следовательно, увеличит ресурс, надёжность и долговечность машин и технологического оборудования в целом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Черноиванов, В.И. Восстановление деталей машин. Состояние и перспективы/В.И. Черноиванов, И.Г. Голубев. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2010. – 376 с.
2. Батищев, А.Н. Восстановление деталей сельскохозяйственной техники / А.Н. Батищев, И.Г. Голубев, В.П. Лялякин. – М.: Информагротех, 1995. – 295 с.
3. Технология электрической сварки металлов и сплавов плавлением/ Б.Е. Патон [и др.]; под общ. ред. Б.Е. Патона. – М.: Машиностроение, 1974. – 768 с.
4. Дорожкин, Н.Н. Дуговая газопорошковая наплавка /Н.Н. Дорожкин, Н.Н. Петюшев/ Мн.: Беларусь, 1989. – 94 с.
5. Кураш, В.В. Исследование наводороживания металлоповерхностей деталей рабочих органов ма-

Таблица 1. Результаты испытаний на изнашивание наплавленных покрытий при контактном давлении $P=15\text{МПа}$, длине пути трения $S=1\text{км}$

Вид изнашивания	Способ наплавки поверхностей	Присадочный материал	Износ, мкм					Усредненная величина износа, мкм	Интенсивность изнашивания
			Группы деталей						
1	2	3	№1	№2	№3	№4	№5	9	10
Абразивное	Электродуговая наплавка электродной проволокой Св-08Г2С	нет	9830	10100	9720	10450	10800	10180	$10,18 \times 10^{-6}$
	Электродуговая наплавка электродной проволокой Св-08Г2С с порошковой присадкой	ППМ.	5700	5650	5750	5600	5700	5680	$5,68 \times 10^{-6}$
Коррозионно-механическое	Электродуговая наплавка электродной проволокой Св-08Г2С	нет	1100	1050	1180	1100	1220	1086	$1,08 \times 10^{-6}$
	Электродуговая наплавка электродной проволокой Св-08Г2С с порошковой присадкой	ППМ.	570	560	580	550	560	564	$0,56 \times 10^{-6}$

шин, агрегатов и сборочных единиц сельскохозяйственной техники / В.В. Кураш, Ю.И. Титов, А.В. Кудина// Агропанорама. – 2010. – №3. – С. 39-42.

6. Ивашко, В.С. Разрушение микроорганизмами материалов деталей машин и механизмов по производству и переработке сельхозпродукции/ В.С. Ивашко, В.В. Кураш, А.В. Кудина// Агропанорама. – 2007. – №2. – С. 36-40.

7. Кураш, В.В. Исследование состава коррозионностойких металлопокрытий с низкой водородопроницаемостью, сформированного методом наплавки/ В.В. Кураш, А.В. Кудина, Н.К. Лисай, А.Н. Лисай// Агропанорама. – 2011. – №2. – С. 35-39.

8. Кураш, В.В. Композиционный состав для электродуговой наплавки износостойкого покрытия: пат. Респ. Белар. 15167 С2 В23К 9/04 /

В.В. Кураш, Н.К. Лисай, А.В. Кудина; заяв. Бел. гос. аграрн. техн. ун-т. – № а 20100419; заявл. 18.03.2010.; опубл. 2011.10.30 // Афіцыйны бюл. Вынаходствы, карысныя мадэлі, прамысловыя узоры. – 2011. – №6. – С. 85.

9. Кудина, А.В. Технология формирования износостойких композиционных металлопокрытий электродуговой наплавкой с применением ультразвука: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.03.01. – Мн.: БНТУ, 2009. – 22 с.

10. Спиридонов, Н.В. Коррозионная стойкость медесодержащих металлопокрытий, наплавленных с применением ультразвуковых колебаний / Н.В. Спиридонов, В.В. Кураш, А.В. Кудина// Вестник Полоцкого гос. ун-та. Серия В: Промышленность. Прикладные науки. – 2008. – №8. – С. 73 – 76.

Электрогидравлический обкаточно-тормозной стенд

Предназначен для холодной и горячей обкатки двигателей внутреннего сгорания (ДВС) и создания тормозной нагрузки при обкатке коробок переменных передач и ведущих мостов.



Основные технические данные

Мощность электрического двигателя для холодной обкатки, кВт, до	11
Тип тормозного устройства	гидравлический
Мощность торможения, кВт, до	100
Диапазон регулирования частоты вращения вала электродвигателя, об/мин	500 - 3000
Диапазон частоты вращения гидравлического тормоза (при г/о), об/мин	1200 - 2900
Диапазон измерения частоты вращения, об/мин	
- магнитоиндукционным тахометром	до 3000
- электронным тахометром	до 9999
Рекуперация механической тормозной энергии	в тепловую
Устройство рекуперации	Кожухотрубчатый теплообменник
Диапазон измерения давления масла, МПа	0 - 40
Диапазон измерения температуры масла, °С	0 - 150
Масса стенда, кг	200
Занимаемая площадь, м ² , не более	1,5

Применение электрогидравлического обкаточно-тормозного стенда обеспечивает:

- снижение более чем в 10 раз металлоемкости и более чем в 7 раз стоимости в сравнении с электрическими стендами;
- рекуперацию механической энергии в тепловую;
- импортозамещение.