

поверхности при увеличении коэффициента перекрытия дорожек лазерного нагрева поверхности.

2. Получена математическая модель указанных взаимосвязей $Ra = f(q, t, K_{пер.})$

3. Показана её адекватность и достоверность входящих в неё коэффициентов.

1. Обработка металлов давлением в машиностроении /П.И. Полухин [и др.].- М. Машиностроение, 1983. – 273 с.
2. Астапчик, С.А. Лазерные технологии в машиностроении и металлообработке/ С.А. Астапчик, В.С. Голубев, А.Г. Маклаков. – Минск, Белорус. Наука, 2008. – 251 с.
3. Коваленко, В.С. Лазерная технология.- Киев: Высш. шк., 1989. – 280с.
4. Лазерная техника и технология. В 7 кн. Кн.6. Основы лазерного упрочнения сплавов/ Под ред. А.Г. Григорьянца.-М.: Высш. шк., 1988. – 159с.
5. Лисовский, А.Л. Лазерное упрочнение штампового инструмента/А.Л. Лисовский, И.В. Плетнёв.- Могилёв, // Вестник Белорусско-Российского университета, 2008, №3(20). – с. 90-94.
6. Голубев В.С. Лазерная поверхностная обработка материалов и пути повышения её эффективности / В.С. Голубев, В.И. Гуринович, И.А. Романчук. – Минск // Вестник Физико-Технического института НАНБ , №5, 2017.
7. Кане, М.М Основы исследований, изобретательства и инновационной деятельности в машиностроении: учебник / М.М. Кане. – Минск, Высшэйшая школа, 2018. – 366 с.

УДК 621.793

ИССЛЕДОВАНИЕ ТВЕРДОСТИ ПОЛИМЕРНЫХ ГАЗОТЕРМИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ

Керель А.Д.¹, Ванюк Э.А.¹, Сокоров И.О.²

¹Белорусский Национальный Технический Университет

² УО «Республиканский институт профессионального образования»

Развитие машиностроения неразрывно связано с производством новых композиционных материалов и покрытий на основе полимеров. [1]. Полимерное покрытие – это эффективный и надежный способ улучшить эксплуатационные свойства металла и повысить его защитные качества.

В комплексе проблем повышения надежности и долговечности машин особое место занимает вопрос износостойкости и соответственно твердости деталей. Для решения задачи повышения эксплуатационных характеристик материалов привлекают новые методы поверхностного упрочнения, например, различные способы газотермического нанесения покрытий. [2].

Механическое воздействие на покрытие способствует нарушению его сплошности, что в свою очередь в условиях эксплуатации приводит к растворению защищаемого металла при взаимодействии с агрессивной средой. Как известно, механическое воздействие на поверхность покрытия приводит к изменению сначала поверхностных структурных состояний, а при более сильных воздействиях и к объемным необратимым структурным деформациям вплоть до разрушения. [3] Степень износа в первую очередь определяется уровнем механических свойств покрытия, который зависит от множества факторов: способ нанесения, химического состава и твердости покрытия.

В связи с этим, целью исследования является изучение твердости полимерных газотермических покрытий и выявление влияния наночастиц на твердость покрытий.

Методика исследования. Пластинки для нанесения материала подготавливают по ГОСТ 8832. Все условия подготовки материала, его нанесения, подготовки образца, его выдержка указываются в нормативно-технической документации на материал. Прибор устанавливают на прочное основание для исключения влияния вибрации и закрывают прозрачным колпаком. Предметный стол прибора выставляют строго горизонтально при помощи установочных винтов. Перед каждой серией испытаний опорные шарики прибора протирают ветошью, смоченной растворителем, и вытирают насухо. Затем включают прибор в сеть и выдерживают его тридцать минут. Перед началом испытаний маятник прибора выставляют на «нуль» отсчетной шкалы прибора. Для исключения случаев проскальзывания маятника в связи с возможным низким коэффициентом трения на поверхностях используем маятник типа А.

Экспериментальная часть. Испытание проводили в определённых условиях: температура 20 ± 2 °С и относительная влажность воздуха $65 \pm 5\%$. Перед началом испытания необходимо оборудование проверяли на контрольной пластинке. Маятник устанавливается в нулевое положение. Затем маятник А отклоняют на 6° и фиксируется с помощью ограничителя хода. Маятник освобождают и фиксируют число колебаний после его остановки. Столик опускают, перемещают пластинку и повторяют испытание не менее чем в трёх разных участках пластинки.

В таблице 1 представлены составы порошковых материалов, используемых для исследования. В таблицу с результатами заносятся среднее арифметическое полученных результатов измерения времени или числа колебаний маятника. Отклонения значений единичных измерений от среднего арифметического не должно превышать 3%. Для наглядности результаты испытаний на твердость представлены в виде диаграммы на рисунке 1.

Заключение. Результаты исследований позволили определить покрытия с наибольшей твердостью: образцы № 2, 16 и 17, основой которых является материал МАВ. Образец под №11 на основе сверхвысокомолекулярного полиэтилена с добавлением частиц алюминия показал перспективность применения исследуемого покрытия. Как известно алюминий обладает высокой

тепло- и электропроводностью, стойкостью к коррозии за счёт быстрого образования прочных оксидных плёнок, защищающих поверхность от дальнейшего взаимодействия.

Таблица 1 – Составы порошковых материалов, выбранных для исследований

№ образца	Составы порошковых материалов	№ образца	Составы порошковых материалов	Расшифровка
1	«Серый» Femida КР18АХ	10	«Черный» МАВ+5%Нано	Производитель – Белорусско-Иранское предприятие «БелПекаПейнт» Вид полимера: «СВМПЭ» – сверхвысокомолекулярный полиэтилен «Нано» - наноуглерод
2	«Красный» МАВ	11	СВМПЭ+20%Al	
3	«Черный» МАВ	12	«Серый» Femida +20%Al	
4	СВМПЭ	13	СВМПЭ + 20% Al ₂ O ₃	
5	СВМПЭ+10%Серый	14	СВМПЭ+10% «Зеленый» МАВ	
6	СВМПЭ+10%Красн	15	«Серый» МАВ	
7	СВМПЭ+10%Черный	15а	«Серый» МАВ	
8	СВМПЭ+10%Нано	16	«Зеленый» МАВ	
9	СВМПЭ+5%Нано	–	–	



Рисунок 1 – Результаты испытаний покрытий на твердость

1. В.А. Рогов, В.В. Соловьев, В.В. Копылов. Новые материалы в машиностроении. Москва: Учебное пособие, 2008.
2. Теория и практика газопламенного напыления / П.А. Витязь [и др.]. – Минск: Наука і тэхніка, 1993. – 295 с.
3. Акопов Е. Ю. Обоснование и выбор методов повышения ресурса погружных центробежных насосов [Текст]: дисс. канд. технич наук: 05.05.06: защищена 18.05.2017 / Акопов Енок Юрьевич. – М., 2017. –165 с.