

УДК 621.787.669

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОКРЫТИЙ, НАНЕСЕННЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИМИ ЩЕТКАМИ

М.А. ЛЕВАНЦЕВИЧ

(Институт механики и надежности машин НАН Беларуси, Минск)

Приведены результаты сравнительных испытаний различных по составу покрытий, сформированных вращающимися металлическими щетками. Показано, что технология обработки деталей такими щетками обеспечивает возможность формирования не только обычных, но и поликомпозиционных покрытий, содержащих в металлической матрице компоненты неметаллического происхождения. Показаны преимущества поликомпозиционных покрытий на основе меди с наполнителями из порошков графита и ультрадисперсных алмазов.

Введение. Нанесение покрытий из мягких металлов (олова, свинца, меди, латуни, бронзы и других) на трущиеся поверхности деталей машин является эффективным технологическим приемом, используемым для повышения работоспособности, восстановления и ремонта технологического оборудования [1, 2, 3]. Мягкие покрытия благодаря пластическому течению материала при трении способствуют, с одной стороны, снижению потерь на трение и выравниванию контактных напряжений за счет увеличения площади контактирования. С другой - в нештатных ситуациях, связанных с нарушением сплошности масляной пленки от чрезмерных нагрузок, или в результате масляного «голодания», имеющего место, например, при пусках - остановках агрегатов, мягкие покрытия могут выполнять роль подшипников сухого трения и предотвращать схватывание и заедание [1, 3]. Существует оптимальное значение толщины покрытия, при котором обеспечивается минимальный коэффициент трения и максимальная несущая способность [2].

Из многообразия методов нанесения покрытий привлекает способ формирования покрытий с помощью вращающихся металлических щеток (ВМЩ) [4-6]. Этот способ прост в реализации, экологически безопасен и не требует затрат на дорогостоящее оборудование. В его основе лежит свойство механотермического взаимодействия ворса вращающейся щетки с бруском из материала наносимого покрытия и поверхностью обрабатываемой детали. При этом ворсинки щетки переносят материал бруска на поверхность детали и одновременно осуществляют наклеп поверхностного слоя.

В настоящее время известно, что покрытия, сформированные с помощью щеток, по своим физико-механическим свойствам существенно отличаются от исходного материала. Твердость таких покрытий в 1,8...2 раза выше, чем материала, используемого для его нанесения. Износостойкость в зависимости от вида наносимого материала в условиях циркуляционной смазки при скорости относительного перемещения трущихся поверхностей 0,5 м/с повышается в 10...20 раз. Предел выносливости на знакопеременный изгиб - на 14...20 % [4 - 6]. Вместе с тем технологические возможности покрытий пока еще недостаточно изучены. Например, в известной литературе отсутствует информация о работоспособности подобных покрытий при более высоких значениях скоростей относительного скольжения, имеющих место, например, при работе уплотнительных колец торцовых уплотнений, подшипников скольжения шестеренных насосов, шпиндельных узлов, особенно при работе в условиях ограниченной смазки.

Данных о значениях коэффициента трения и несущей способности покрытий, температурных режимах работы, обеспечивающих максимальную работоспособность, не имеется. До настоящего времени не исследована возможность формирования композиционных покрытий, содержащих в металлической матрице компоненты неметаллического происхождения различных размерных фракций, в том числе и наноразмерного уровня. Все это препятствует принятию решений о целесообразности их применения и обуславливает необходимость проведения дополнительных исследований.

Целью проведенных исследований являлась экспериментальная оценка триботехнических свойств и технологических возможностей покрытий из мягких цветных металлов, сформированных с помощью ВМЩ.

Методы исследований. Триботехнические испытания проводили на машине трения, осуществляющей трение торцовых поверхностей трех роликов из стали ШХ15 (HRC 60...63) по плоской поверхности диска из стали 08кп (HV 90). На поверхности дисков с помощью ВМЩ формировали различные по составу компоненты покрытия. В их число входили покрытия из чистых металлов (меди, латуни, бронзы) и многокомпонентного сплава на основе меди, олова, свинца и цинка) [6, 7]; монокомпозиционные покрытия, состоящие из бронзы с включением наполнителей из порошка графита; поликомпозиционные покрытия, состоящие из меди с включением наполнителей из порошков графита и алмазно-графитной шихты - УДАГ (ТУ РБ 28619110.001-95) производства НПО «Синта» (Беларусь), с соотношением алмаз-

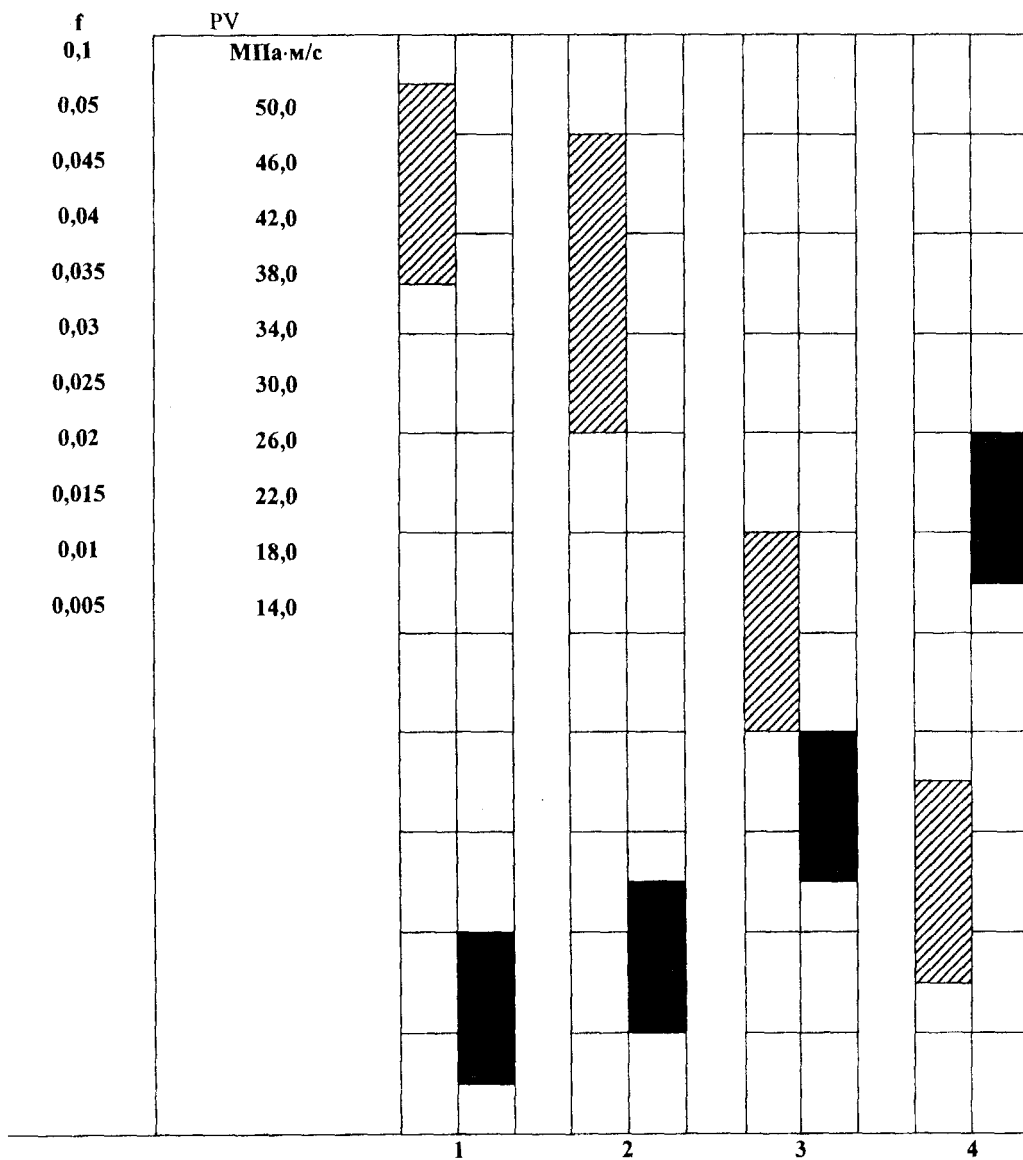
ной и неалмазной форм углерода 75:25 [8]. Толщина покрытий не превышала 2...5 мкм. Размерность зерен порошков графита составляла 1...5 мкм, УДАГ - 4...6 нм.

После нанесения покрытий дополнительной механической обработки не проводилось. Среднее значение параметра шероховатости Ra поверхности образцов с покрытиями составляло 0,55...0,9 мкм.

Испытания на трение и износ осуществляли при скорости относительного скольжения 7 м/с. При этом первоначально выполнялась приработка образцов в течение 30 мин при удельной нагрузке 0,5 МПа, затем ступенчатое нагружение через 0,5 МПа до возникновения заедания. Продолжительность испытаний на каждой ступени нагружения составляла 5 мин. Смазывание дорожки трения на диске производили с помощью фитиля, пропитываемого (в ограниченном количестве) маслом М10В. Контурная площадь поверхности взаимного прилегания образцов при установке на машину трения, согласно требованиям ГОСТ 23.224-86, составляла не менее 90 %.

В ходе испытаний регистрировали момент трения и прирост температуры роликов и дисков от начала до завершения испытаний на каждой ступени нагружения. Износ дисков и роликов оценивали методом взвешивания на аналитических весах ВЛА-200 ГОСТ 24104-2001 в конце каждого цикла испытаний. Перед взвешиванием образцы промывали в ацетоне, согласно ГОСТ 2603-79, а затем высушивали на воздухе.

Результаты и обсуждение. Обобщенные данные по результатам триботехнических испытаний покрытий, сформированных ВМЩ, представлены на рисунке.



Значения коэффициента трения и нагрузочно-скоростного параметра PV для покрытий, сформированных ВМЩ:
 1 – при трении по дискам без покрытий; 2 – при трении по дискам с покрытием из цветных металлов;
 3 – при трении по дискам с монокомпозиционным покрытием; 4 – при трении по дискам с поликомпозиционным покрытием;
 – коэффициент трения; – PV – нагрузочно-скоростной параметр

В ходе исследований установлено, что в условиях проводимых испытаний наиболее устойчивыми к ужесточению режимов трения оказались поликомпозиционные покрытия на основе меди с наполнителями из порошков графита и алмазно-графитной шихты УДАГ [8]. Указанные покрытия обеспечивают снижение коэффициента трения и повышение нагрузочно-скоростного параметра PV в 2...2,5 раза.

Монокомпозиционные покрытия из бронзы с наполнителем из графита занимают промежуточное место между покрытиями из чистых цветных металлов и поликомпозиционными. При формировании подобных покрытий на деталях трибосопряжений, работающих в условиях ограниченной смазки, можно обеспечить величину коэффициента трения в пределах 0,02...0,03, а значение нагрузочно-скоростного параметра PV в пределах 20...26 МПа м/с:

Покрытия из чистых цветных металлов и сплавов имеют незначительные преимущества, по сравнению с образцами без покрытий.

Выводы. Технологию формирования покрытий ВМЦ можно использовать в качестве финишной операции процесса механической обработки деталей для улучшения условий их фрикционного взаимодействия в узлах трения различных машин и механизмов.

Повышение устойчивости к заеданию при минимальных потерях на трение в условиях ограниченной смазки обеспечивают поликомпозиционные покрытия на основе меди с наполнителями из порошков ультрадисперсных алмазов и графита. При этом не имеет значения, формируется ли покрытие на новых или восстановленных после ремонта деталях.

Технология формирования покрытий ВМЦ обеспечивает восстановление геометрических размеров цапф валов, осей, дисков, деталей топливной аппаратуры и других до 0,020...0,030 мм на сторону.

После нанесения покрытий дополнительной механической обработки не требуется.

ЛИТЕРАТУРА

1. Буше Н.А., Копытько В.В. Совместимость трущихся поверхностей. - М.: Наука, 1981.-127 с. —
2. Алексеев Н.М. Металлические покрытия опор скольжения. - М.: Наука, 1978. - 76 с.
3. Гаркунов Д.Н. Триботехника. - М.: Машиностроение, 1985.-424 с.
4. Белевский Л.С. Пластическое деформирование поверхностного слоя и формирование покрытия при нанесении гибким инструментом. - Магнитогорск: Лицей РАН, 1996. - 231 с.
5. Анцупов В.П. Технологические основы получения биметаллических изделий плакированием гибким инструментом: Автореф. дис. ... д-ра техн. наук: / Магнитогорская горно-металлургическая академия им. Г.И. Носова. - Магнитогорск, 1997. - 43 с.
6. Леванцевич М.А., Максимченко Н.Н., Зольников В.Г. Исследование изнашивания поверхностей трения с покрытиями, сформированными гибким инструментом // Прогрессивные технологии и системы машиностроения: Междунар. сб. науч. тр. - Донецк: ДонГТУ, 2003. - Вып. 25. - С. 212 - 220.
7. Пат. РБ № 1143. Устройство для нанесения металлических покрытий на поверхность металлических изделий / М.А. Леванцевич, Н.Н. Максимченко, В.И. Адашкевич и др.; Заявл. 03.05.2003; Опубл. 30.12.2003.
8. Леванцевич М.А., Максимченко Н.Н. Влияние состава композиционных покрытий на устойчивость к заеданию пар трения // Машиностроение и техносфера XXI века: Сб. тр. междунар. науч.-техн. конф. - Донецк: ДонГТУ, 2004. - Т. 2. - С. 296 - 300.