

конечной чистовой обработки. Описанные покрытия могут в полной мере считаться защитно-декоративными.

Библиографический список

1. Зоренко Д.А. Повышение износостойкости подвижных деталей выталкивающей системы пресс-форм для литья термопластов под давлением: дис. ... канд. техн. наук: 05.02.04. Тверь, 2004. 155 с.

2. Грилихес С.Я., Евсева Т.А., Соловьева Л.В. Защитно-декоративные покрытия алюминия. Л.: ЛДНТП, 1980. 24 с.

3. Великосельская Н.Д. Повышение долговечности деталей узлов трения подводного нефтепромыслового оборудования посредством поверхностного упрочнения методом микродугового оксидирования: дис. ... канд. техн. наук: 05.02.04. М., 1989. 190 с.

4. Николаев И.В. Разработка композитного защитно-декоративного покрытия для дизайн-объектов из алюминия и его сплавов: дис. ... канд. техн. наук: 17.00.06. СПб., 2018. 132 с.

УДК 621.548

Д.А. Зоренко
Тверской государственный технический университет

ИЗНОС СТАЛЬНЫХ ОХВАТЫВАЮЩИХ НАПРАВЛЯЮЩИХ СТАНКОВ, РАБОТАЮЩИХ В КОНТАКТЕ С КЕРАМИЧЕСКИМИ МДО-ПОКРЫТИЯМИ

© Зоренко Д.А., 2024

Аннотация. Рассмотрены механизмы и особенности работы стальных деталей в условиях сухого и граничного трения в паре с самосмазывающимися анодно-искровыми покрытиями с частицами дисульфида молибдена и графита. Показана зависимость линейной интенсивности изнашивания от контактного давления.

Ключевые слова: трение и износ, твердосмазочные покрытия, анодно-искровое оксидирование, самосмазывающиеся покрытия.

WEAR OF STEEL COVERING GUIDES OF MACHINES WORKING IN CONTACT WITH CERAMIC MDO COATINGS

Abstract. The mechanisms and features of the operation of steel parts in conditions of dry and boundary friction paired with self-lubricating anode spark coatings with particles of molybdenum disulfide and graphite are considered. The dependence of the linear wear intensity on the contact pressure is shown.

Keywords: friction and wear, hard-lubricating coatings, anodic spark oxidation, self-lubricating coatings.

В настоящее время в мире все более широкое применение находят высокоскоростные металлорежущие станки с ЧПУ, наиболее распространенными из которых являются машины термического раскроя, гравировальные станки, а также легкие станки различных технологических групп. Особенность таких станков – большое количество подвижных элементов, перемещающихся с большими скоростями и резкими изменениями направления движения. Для уменьшения инерционных свойств таких узлов снижают их массу, применяя различные легкие цветные сплавы. Соответственно, они имеют большое число различных направляющих качения и скольжения, работающих в разных, в том числе и термически нагруженных, условиях. Кроме того, направляющие достаточно часто подвергаются воздействию абразивных частиц и абразивному изнашиванию. При этом профилактические мероприятия на предприятиях зачастую проводятся несвоевременно или вообще не проводятся, так как являются трудоемкими и сложными. Возникающая при этом проблема материала направляющих выходит на первое место. Решением описанной выше проблемы может служить нанесение анодно-искровых покрытий [1, 2] на направляющие из различных сплавов на основе алюминия и титана, в том числе и модифицированных частицами твердых смазочных материалов.

Подобные покрытия были синтезированы на кафедре физики в Тверском государственном техническом университете. Покрытия, получаемые анодно-искровым способом на алюминиевых и титановых сплавах, удовлетворяют большинству современных требований, предъявляемых к станочным направляющим [3, 4]. Но при этом из-за сложности нанесения на внутренние поверхности трения охватывающих направляющих последние чаще всего применяются без таких покрытий, что приводит к высокому коэффициенту трения, особенно трения покоя, при отсутствии смазочных материалов. Чаще всего описанные условия ведут к заеданию и усталостному разрушению поверхностей трения непокрытых охватывающих направляющих. Кроме того, получать покрытия на обеих сопряженных деталях нецелесообразно, так как возникает большая сложность с чистовой обработкой деталей до необходимого размера после нанесения покрытия, связанная с его плохой обрабатываемостью. По результатам исследований был сформулирован новый подход к улучшению триботехнических свойств анодно-искровых керамических покрытий на основных цветных конструкционных сплавах, заключающийся в электрофоретическом внедрении мелкодисперсных частиц твердых смазочных материалов, таких как графит и дисульфид

молибдена, в керамическую основу покрытия непосредственно в процессе его нанесения. Это было достигнуто за счет формирования покрытия высокой твердости, имеющего при этом низкий коэффициент трения, что позволило ему успешно работать в условиях отсутствия принудительного смазывания.

Триботехнические испытания полученных покрытий в условиях трения без смазочного материала показали, что они обладают значительно лучшими антифрикционными свойствами по сравнению с известными оксидными покрытиями. Они имеют существенно более низкий коэффициент трения скольжения, особенно трения покоя, что существенно повышает качество работы направляющих. Кроме того, изучалась интенсивность линейного износа стального контртела, имитирующего непокрытую охватывающую направляющую. Контртело представляло собой плоский образец из стали ХВГ, закаленный до 52–58 HRC. Исследования показали, что в процессе изнашивания частицы твердого смазочного материала распределяются по поверхностям трения как покрытой, так непокрытой детали, образуя защитные смазочные пленки из дисульфида молибдена (MoS_2) и графита, тем самым выравнивая их и существенно снижая коэффициент трения и повышая износостойкость, в частности поверхностей без покрытия.

Основным результатом триботехнических испытаний синтезированных покрытий явились зависимости интенсивности линейного износа контртела от контактного давления (рис. 1). Интенсивность линейного износа контртела определялась в паре трения с базовыми анодно-искровыми покрытиями на алюминии и титане (кривая 3 на рис. 1), а также с синтезированными композиционными самосмазывающимися покрытиями (кривые 1 и 2 на рис. 1). Кривая 1 показывает зависимость интенсивности линейного износа в контакте с покрытием модифицированным частицами графита, кривая 2 – частицами дисульфида молибдена (MoS_2).

Таким образом, видно, что самосмазывающиеся покрытия можно использовать в направляющих скольжения металлорежущих станков в условиях трения без смазочного материала, так как они позволяют обеспечить низкий коэффициент трения скольжения и высокую износостойкость обеих направляющих. Кроме этого, покрытия не требуют тщательной подготовки поверхности перед нанесением. Также в работе были проведены исследования зависимости триботехнических свойств самосмазывающихся покрытий от концентрации порошка дисульфида молибдена и графита в электролите при их нанесении. На рис. 2 представлена зависимость интенсивности линейного износа контртела от концентрации частиц твердого смазочного материала в электролите.

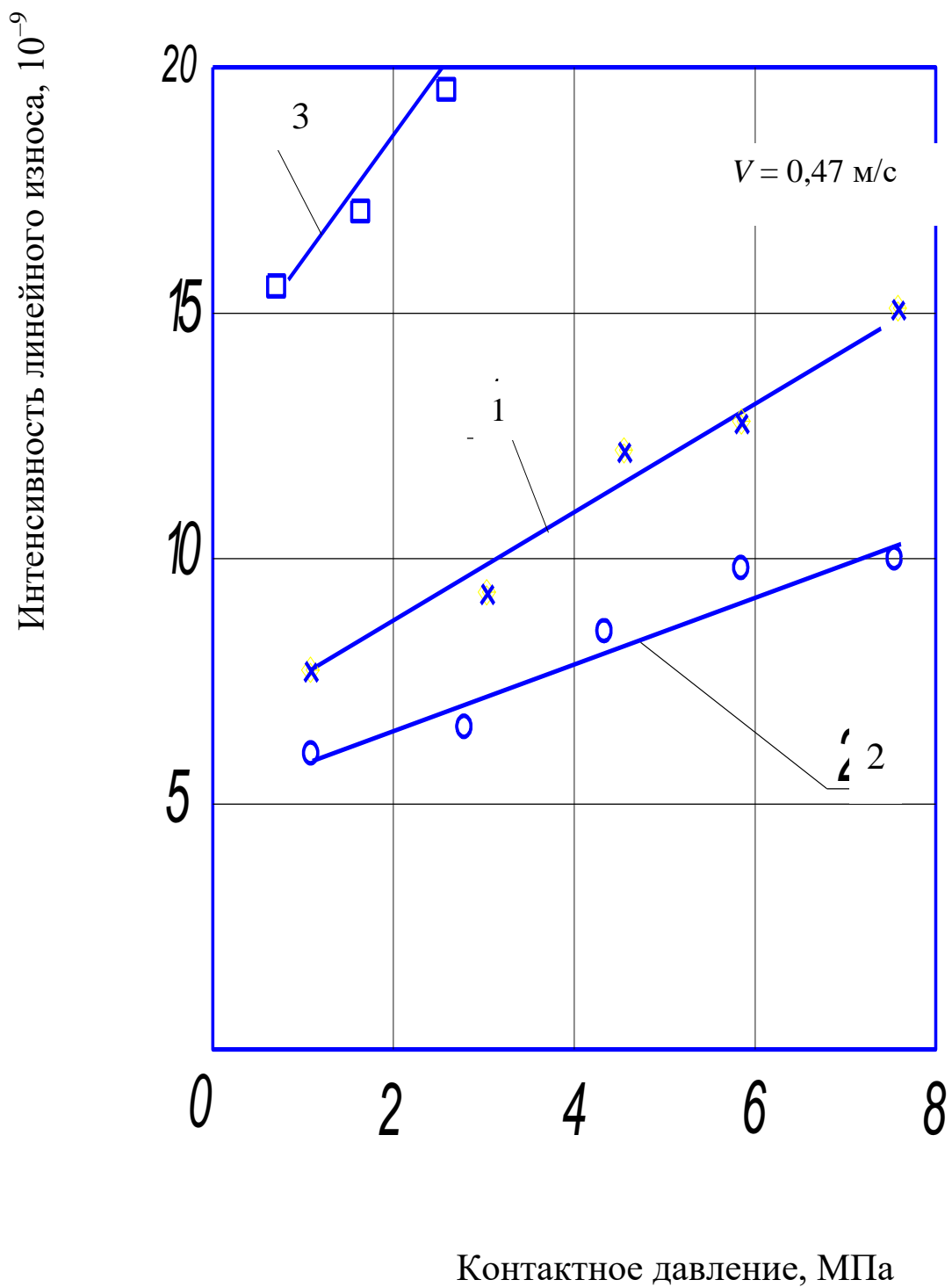


Рис. 1. Зависимость линейной интенсивности изнашивания контртела от контактного давления

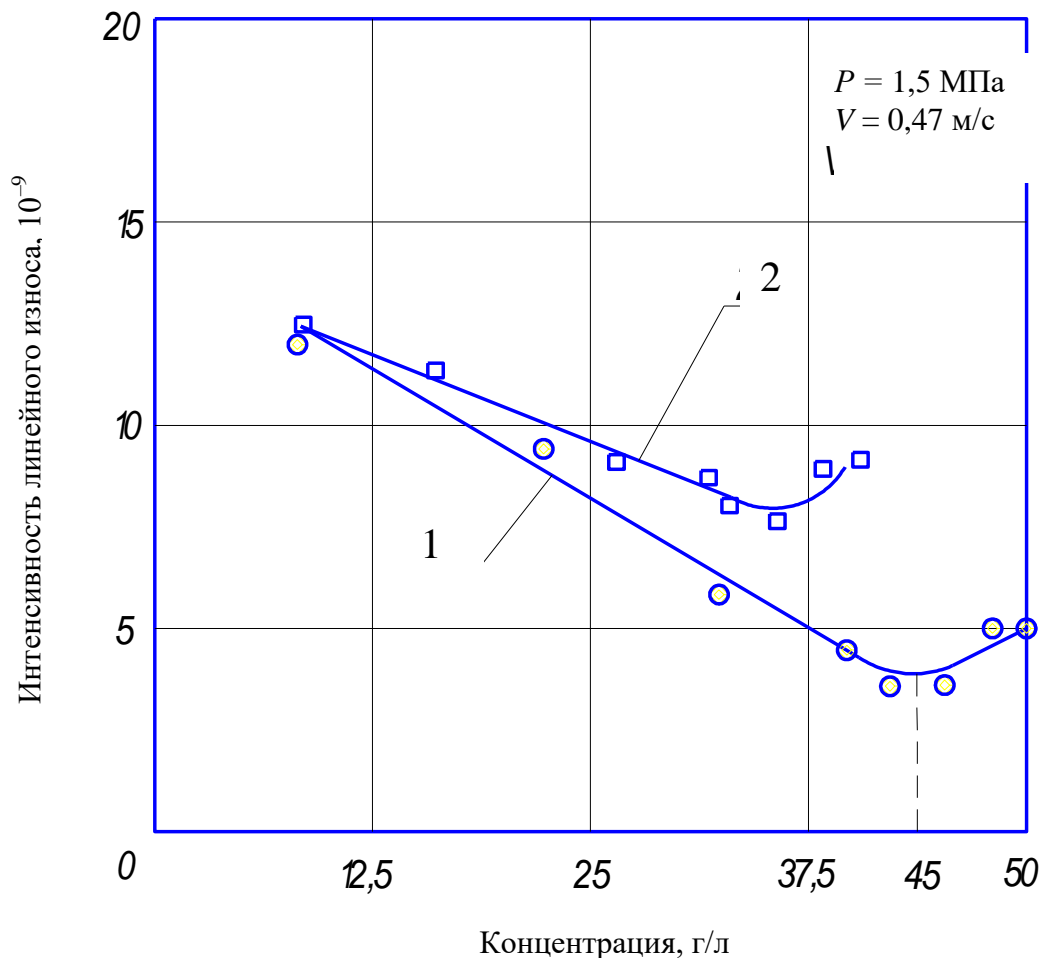


Рис. 2. Зависимость линейной интенсивности изнашивания контртела от концентрации частиц твердого смазочного материала в электролите

На основании анализа кривой 1 можно сделать вывод о том, что наиболее удачная концентрация дисульфида молибдена в электролите находится на уровне 45 г/л. Повышение концентрации частиц в электролите более 50 г/л приводит к росту содержания частиц в покрытии, снижая износостойкость за счет уменьшения прочности керамической матрицы, а также ухудшению адгезии покрытия и основного металла подложки. Кривая 2 показывает, что с ростом концентрации частиц графита в электролите до 30 г/л интенсивность линейного износа снижается несколько менее значительно, чем с дисульфидом молибдена (кривая 1) в результате меньшей концентрации частиц в покрытии. Концентрация частиц более 35 г/л ведет к резкому уменьшению толщины покрытия, нарушает его сплошность, что вызывает резкий скачок интенсивности линейного износа самого покрытия и в гораздо большей степени непокрытой сопряженной поверхности. При достижении концентрации частиц графита 40 г/л процесс образования покрытия прекращается из-за образования очагов коррозии.

Полученные результаты демонстрируют, что в принятом интервале рабочих давлений наиболее работоспособным является покрытие, модифицированное частицами дисульфида молибдена и обеспечивающее меньшую величину линейного износа как покрытой, так и непокрытой направляющих. Кроме того, процесс получения покрытий с частицами графита сложен, а покрытие имеет невысокое качество. Интенсивность линейного износа направляющих с покрытием, имеющим частицы графита, выше, чем в случае покрытия с дисульфидом молибдена вследствие худших смазывающих свойств графита и меньшей концентрации его частиц в покрытии. В направляющих, одна из которых обладает покрытием с частицами дисульфида молибдена в достаточном количестве, трение происходит в условиях твердой смазки, что влечет снижение величины интенсивности линейного износа непокрытой охватываемой направляющей. Таким образом, можно говорить о преимуществах применения в станочных направляющих скользящих самосмазывающихся анодно-искровых покрытий перед базовыми анодно-искровыми покрытиями в условиях отсутствия принудительного смазывания.

Библиографический список

1. Великосельская Н.Д. Повышение долговечности деталей узлов трения подводного нефтепромыслового оборудования посредством поверхностного упрочнения методом микродугового оксидирования: дис. ... канд. техн. наук: 05.02.04. М., 1989. 190 с.

2. Новиков В.В. Создание и комплексное исследование алмазосодержащих керамических трибоматериалов для узлов трения различного назначения: дис. ... канд. техн. наук: 05.02.04. Тверь, 1998. 158 с.

3. Баковец В.В., Поляков О.В., Долговесова И.П. Плазменно-электролитическая анодная обработка металлов: монография. Новосибирск: Наука, 1991. 152 с.

4. Федоров В.А. Разработка основ применения легких сплавов в качестве материалов триботехнического назначения за счет формирования поверхностного керамического слоя: дис. ... д-ра техн. наук: 05.02.04. М., 1993. 303 с.