

ПРИМЕНЕНИЕ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ ПОКРЫТИЙ В ОПОРАХ СКОЛЬЖЕНИЯ БУРОВЫХ ДОЛОТ

© 2010 И.Д. Ибатуллин, М.В. Ненашев, С.Ю. Ганигин, А.С. Чеботаев, К.П. Якунин,
Т.А. Шашкина, А.Р. Галлямов, С.А. Белокоровкин

Самарский государственный технический университет

Поступила в редакцию 31.03.2010

В статье приведены результаты испытаний наноструктурированных серебряно-алмазных и хром-алмазных покрытий. Установлено, что на износостойкость серебряных покрытий существенное влияние оказывает материалы подложки и контртела. Показано, что износостойкость покрытий в опорах буровых долот определяется запасом пластичности наносимого материала.

Ключевые слова: *наноструктурированные покрытия, буровое долото, износостойкость*

Серебряно-алмазные покрытия. Известно, что при создании тяжелонагруженных опор скольжения на трущиеся поверхности в качестве твердой антифрикционной смазки (в дополнение к консистентной смазке) рекомендуется наносить покрытия из пластичных металлов, среди которых наибольший противозадирный эффект обеспечивается серебряными покрытиями. В ООО «НПО «Спецпокрытие» разработана новая технология и оборудование для нанесения на поверхности трения наноструктурированных серебряных покрытий в нецианистых электролитах, содержащих ультрадисперсные алмазы (УДА) с размерами частиц ≤ 10 нм. Осаждение покрытий выполняется на асимметричном переменном токе, при этом управлением частотой тока и коэффициентом асимметрии удается в широких пределах управлять свойствами получаемых серебряных осадков. Уникальные свойства серебряно-алмазных покрытий обусловлены способностью поверхностно-активных наноалмазов образовывать кластеры

«алмазное ядро – серебряная оболочка» и осаждаться в таком виде на поверхности при электрохимическом восстановлении. При этом содержание частиц наноалмазов в покрытии весьма незначительно (до 1,0 мас. %). Применение УДА позволяет получать плотные мелкокристаллические молочно матовые и полублестящие серебряные покрытия, обладающие высокой износостойкостью.

Известно, что триботехнические свойства антифрикционных покрытий в существенной мере зависят от материалов основы и контртела. Исследования серебряных покрытий в лаборатории наноструктурированных покрытий и в исследовательской лаборатории ОАО «Волгабурмаш» показали следующее.

1. Пластичное серебряно-алмазное покрытие ($\dot{I}_{\mu} \approx 60$ кгс/мм²), полученное в дицианоаргентатном электролите на асимметричном токе до 40% превышает по износостойкости покрытия, полученные на цианистом электролите.

2. При использовании в качестве основного металла под серебрение закаленных стальных материалов с медной подложкой (1-2 мкм) удается до 2-х раз повысить износостойкость серебряных покрытий (рис. 1). Эксперименты, проведенные в ОАО «Волгабурмаш», показали что весовой износ посеребренных стальных плавающих шайб (сталь 40X, HRC 45-50) за час наработки при давлении 30МПа составил 28 мг, при этом износ штатных шайб (основной металл – бериллиевая бронза БрБ2) составил 55 мг.

3. Исследования фрикционной совместности различных материалов, работающих в паре с серебряными покрытиями, показали,

Ненашев Максим Владимирович, доктор технических наук, проректор по научной работе. E-mail: max71@mail.ru

Ибатуллин Ильдар Дугласович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология машиностроения». E-mail: tribo@rambler.ru

Ганигин Сергей Юрьевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология твердых химических веществ». E-mail: grail@rambler.ru

Чеботаев Александр Семенович, аспирант

Якунин Константин Петрович, аспирант

Балашов Евгений Сергеевич, аспирант

Шашкина Тамара Александровна, аспирантка

Галлямов Альберт Рафисович, аспирант

Белокоровкин Сергей Александрович, аспирант

что высокие триботехнические результаты достигаются при использовании в качестве сопряженного материала детонационных твердосплавных покрытий. Проведенные в лаборатории наноструктурированных покрытий исследования противоизносных свойств пары «детонационное покрытие BK12 – серебряное покрытие» показали (рис. 2), что в данной паре по сравнению с парой трения «сталь 40X (HRC45)–серебро» наблюдается

существенное повышение износостойкости (до 5 раз), критической нагрузки (до 2,5 раз), нагрузки схватывания серебряных покрытий (до 2-х раз), а также снижение момента трения (до 2-х раз) и уменьшение температуры саморазогрева пары трения. Полученные результаты позволяют рекомендовать указанные пары трения для применения в тяжело нагруженных опорах скольжения.

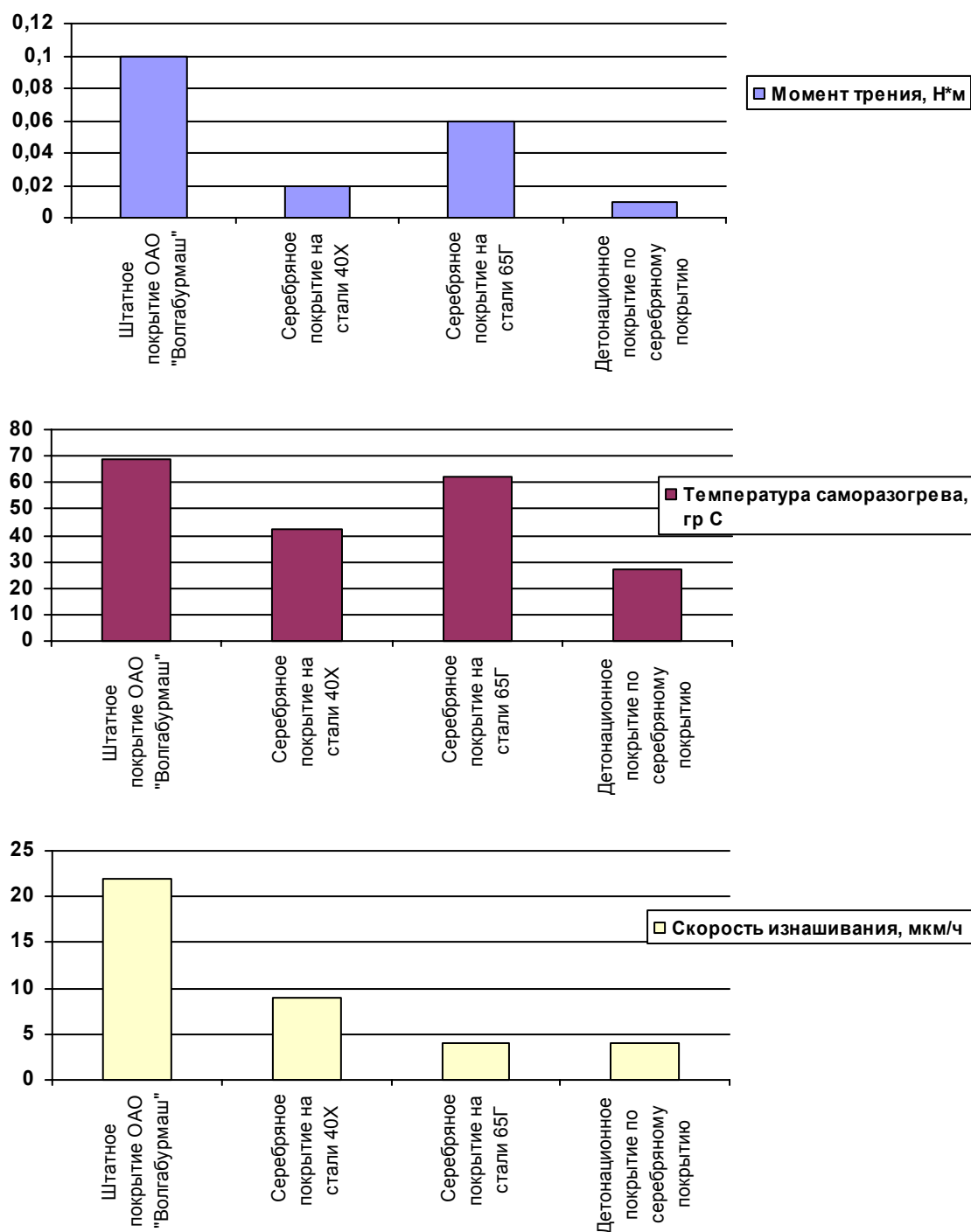
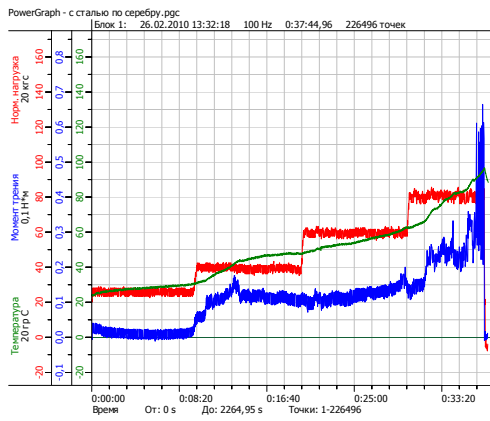
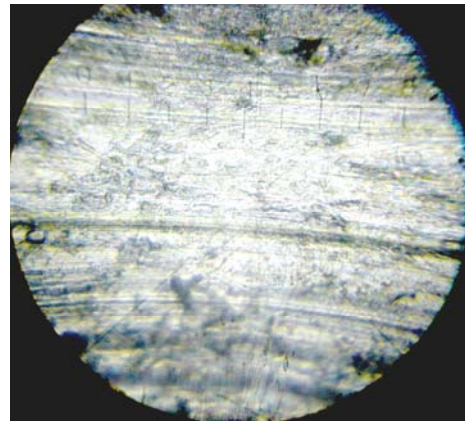


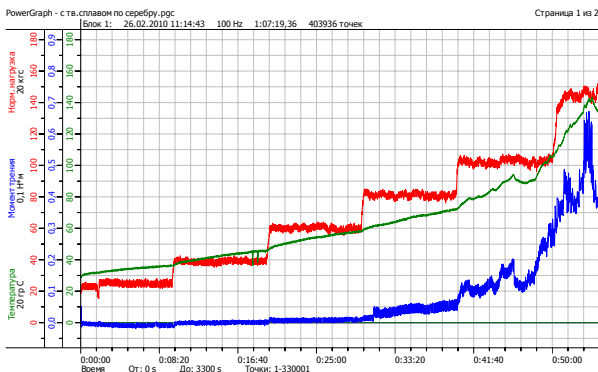
Рис. 1. Результаты триботехнических испытаний серебряно-алмазных покрытий



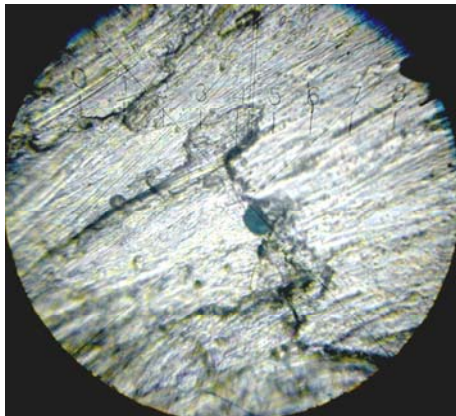
а)



г)



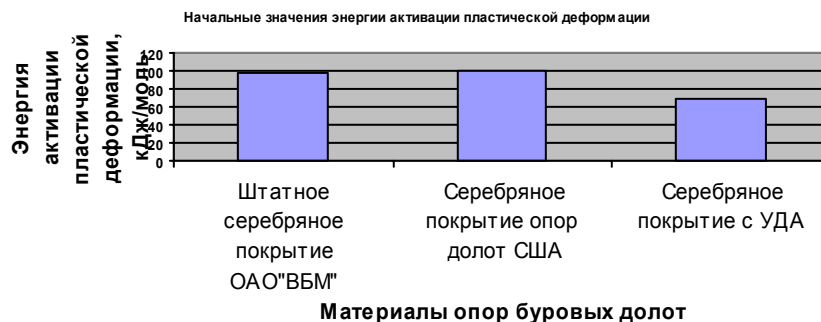
б)



в)

Рис. 2. Результаты испытаний со ступенчато возрастающей нагрузкой пар трения «сталь 40Х – серебряное покрытие» (а), «твердосплавное детонационное покрытие – серебряное покрытие» (б) и соответствующие им изображения поверхности трения (в, г). На рисунке (в) видны следы схватывания

Для оценки конкурентных преимуществ серебряно-алмазных покрытий по сравнению с наилучшими отечественными и зарубежными образцами был проведен сравнительный анализ механических свойств и энергетических параметров повреждаемости материалов покрытий. Исследования показали, что среди исследованных серебряных покрытий наиболее высокий запас пластичности (по величине критической накопленной энергии и структурно-чувствительному коэффициенту) наблюдается у серебряных покрытий долот компании Brush Wellman Inc (США) и у покрытия с УДА (рис. 3). Наиболее твердое и хрупкое серебряное покрытие выявлено на штатных элементах опор ОАО «Волгабурмаш».



а

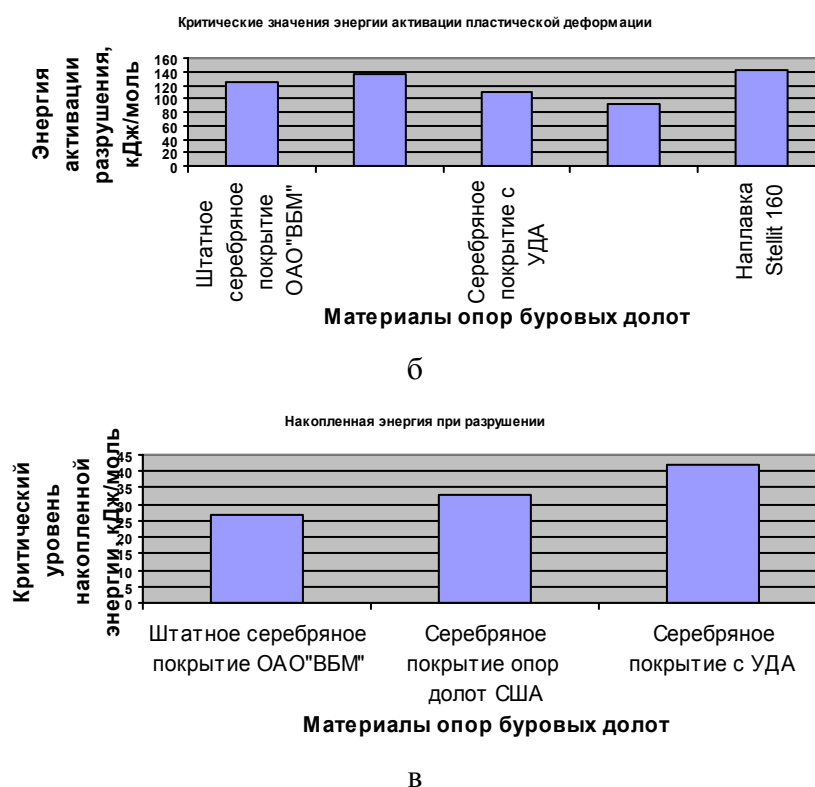


Рис. 3. Сравнительный анализ энергетических характеристик материалов опор буровых долот: а) начальные значения энергии активации пластической деформации; б) критические значения энергии активации пластической деформации; в) критическая накопленная энергия

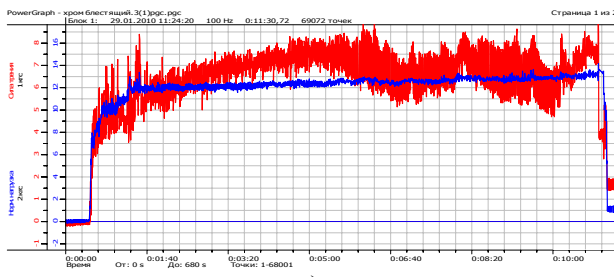
Из практики бурения известно, что серебряные покрытия на американских долотах служат до 2 раз дольше, чем аналогичные покрытия на отечественных опорах. Этот факт не может быть объяснен повышенной твердостью или содержанием легирующих элементов. Исследования показали, что покрытия на долотах США имеют на 30% меньшую микротвердость и не содержат упрочняющих добавок (сурьмы и др.). При усталостном изнашивании эффект повышения ресурса материалов может быть обусловлен более высокими значениями критической энергии пластической деформации и запаса пластичности, характеризующих способность материала претерпевать значительные пластические деформации без разрушения. Близкие к американским серебряным покрытиям свойства проявили покрытия с УДА, что позволяет рекомендовать применение композиционных серебряно-алмазных покрытий в опорах отечественных буровых долот.

Хром-алмазные покрытия. Одна из проблем современного долотостроения связана с использованием на радиальных и осевых подшипниках опор твердой наплавки Stellite 160. Данный материал имеет склонность к растрескиванию и выкрашиванию при циклических нагрузках. В качестве альтернативы

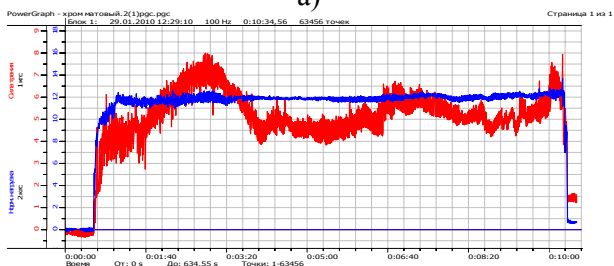
наплавке предложено нанесение хром-алмазных покрытий на цапфы буровых долот. Известно, что для повышения износостойкости рабочих поверхностей деталей узлов трения традиционно применяются 2 типа покрытий: блестящие и матовые. Блестящие покрытия – более твердые (до 1000 кгс/мм² и выше), лучше сопротивляются абразивному изнашиванию, на поверхности имеется сеть мелких трещин шириной около 100 нм, удерживающих смазку на поверхности, но достаточно хрупкие (выкрашиваются при воздействии циклических нагрузок). Матовые покрытия – менее твердые (600 кгс/мм²), беспористые, за счет более высокой пластичности покрытия хорошо сопротивляются контактной усталости, обеспечивают хорошую защиту от коррозионного воздействия среды, но недостаточно стойки к абразивному изнашиванию. Поэтому решение о выборе конкретного вида покрытия, обеспечивающего максимальную долговечность узла трения требует проведения сравнительного анализа триботехнических свойств покрытий при испытаниях, в которых реализуются механизмы повреждаемости, близкие к тем, которые реализуются при эксплуатации.

Триботехнические испытания проводили на стенде, созданном в лаборатории

наноструктурированных покрытий СамГТУ. Для испытаний были подготовлены цилиндрические образцы, которые по геометрическим характеристикам, материалу и термообработке имитировали цапфы буровых долот, изготавливаемых в ОАО «Волгабурмаш», покрытые двумя видами хром-алмазных покрытий – блестящим, (микротрещиноватым) и матовым. Трение проводилось по схеме «диск-колодка» в среде штатной смазки JBL при давлении, реализуемом в зоне контакта – 30 МПа. Частота вращения – 370 мин⁻¹. Результаты испытаний приведены на рис. 4.



а)



б)



в)

Рис. 4. Сравнительный анализ триботехнических свойств хром-алмазных покрытий: а, б – эпюры силы трения и нормальной нагрузки при форсированных испытаниях (смазка JBL, контртело – шар из твердого сплава ВК-16); в – сопоставление линейных износов матового и блестящего покрытия

Исследования показали, что в заданных режимах испытаний более высокими триботехническими свойствами обладают матовые покрытия, которые при трении обеспечивают более высокую износостойкость (в 2,2 раза), меньшую силу трения (на 25%), лучшую прирабатываемость (время приработки снижается почти вдвое) по сравнению с блестящими осадками хрома. В связи с полученными результатами обработку цапф на секциях буровых долот рекомендуется выполнять по технологии нанесения матовых покрытий.

Работа проводилась при финансовой поддержке Федерального агентства по науке и инновациям.

APPLICATION OF NANOSTRUCTURED COVERINGS IN SLIDING BASES OF DRILLING BITS

© 2010 I.D. Ibatullin, M.V. Nenashev, S.Yu. Ganigin, A.S. Chebotaev, K.P. Yakunin, T.A. Shashkina, A.R. Gallyamov, S.A. Belokorovkin

Samara State Technical University

In article results of tests of nanostructured silver-diamond and chrome-diamond coverings are resulted. It is established, that on wear resistance of silver coverings essential influence renders materials of a substrate and a counterbody. It is shown, that wear resistance of coverings in bases of drilling bits is defined by reserve of applied material plasticity.

Key words: *nanostructured coverings, drilling bit, wear resistance*

Maxim Nenashev, Doctor of Technical Sciences, Deputy Rector on Scientific Work. E-mail: max71@mail.ru
Ildar Ibatullin, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Department "Technology of Machine Building". E-mail: tribo@rambler.ru
Sergey Ganigin, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Department "Technology of Firm Chemical Substances". E-mail: grail@rambler.ru
Alexander Chebotaev, Post-graduate Student
Konstantin Yakunin, Post-graduate Student
Evgeniy Balashov, Post-graduate Student
Tamara Shashkina, Post-graduate Student
Albert Gallyamov, Post-graduate Student
Sergey Belokorovkin, Post-graduate Student