

ТЕХНОЛОГИЯ НАНЕСЕНИЯ НАНОСТРУКТУРНЫХ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ДЕТАЛИ ГОРНО-ШАХТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Жетесова Г.С., Жукова А.В., Жунуспеков Д.С., Плешакова Е.А.

КарГТУ «Карагандинский государственный технический университет»,

Караганда, e-mail: olinis@mail.ru

Новые материалы являются основой технологий 21 века. Индустрия наносистем и материалов – одно из приоритетных направлений развития науки и техники, влияющих сегодня почти на все научные направления и сферы деятельности. Важным, бурно развивающимся направлением науки о материалах является инженерия поверхности применительно к созданию функциональных наноструктурных пленок и покрытий с характерным размером кристаллитов от 1 нм до нескольких десятков нм.

Ключевые слова: машиностроение, нанотехнологии, износостойкость трущихся поверхностей, механизированная крепь, методы PVD и CVD

TECHNOLOGY OF APPLICATION OF NANOSTRUCTURAL MULTIFUNCTIONAL COATING ON THE DETAILS OF THE MINING EQUIPMENT

Zhetesova G.S., Zhukova A.V., Zhunuspekov D.S., Pleshakova E.A.

Karaganda state technical university, Karaganda, e-mail: olinis@mail.ru

New materials are the foundation of 21st century technology. Nanosystems and materials industry – one of the priority directions of science and technology, today affecting almost all areas of research and activities. An important and rapidly developing area of materials science is applied to the surface engineering of the creation of functional nanostructured films and coatings with a typical crystallite size from 1 nm to several tens of nanometers.

Keywords: mechanical engineering, nanotechnology, wear resistance of the rubbing surfaces, powered supports, methods of PVD and CVD

Несмотря на бурное развитие технического прогресса, подземный способ добычи угля и сегодня остается чрезвычайно сложным и трудоемким. В настоящее время его основной объем обеспечивается комбайновыми и струговыми

Механизированная крепь для очистных выработок является сложной горной машиной, входящей в состав механизированного комплекса, она предназначена для закрепления и ограждения лавы в зоне выработки угля, самопередвижения в пласте по мере его отработки, а также передвижки и удержания забойного скребкового конвейера или базовой балки вместе с выемочной машиной. Эта машина эксплуатируется в условиях естественного рабочего пространства, запыленной атмосферы, обводненности. На механизированную крепь действуют в различных направлениях большие нагрузки, обусловленные взаимодействием с боковыми породами и вызванные работой выемочной машины, забойного конвейера и других узлов.

Крепь эксплуатируется в специфических условиях, обуславливающих повышенные требования к их надежности, удобству обслуживания в условиях циклических нагрузок и специфической среды, характеризующей повышенной влажностью и запыленностью воздуха, агрессивностью шахтных вод, неоднородностью и абразив-

ностью пород и угля, стесненного рабочего пространства [2].

При ремонте гидростойки цилиндры во многих случаях не ремонтируются, т.к. внутренняя поверхность цилиндра находится в смазке и таких существенных дефектов как у штока не возникает.

Появляется только налет коррозии на поверхности цилиндров, который удаляют с помощью полирования поверхности до полного выведения следов коррозии, а при обнаружении трещин на сварных швах, их разделяют и заваривают [4].

Гидростойка механизированной крепи работает в забое в сложнейших условиях при больших механических нагрузках. Механические нагрузки, возникающие в крепи, определяются характером рабочего процесса, инерцией перемещающихся масс, трением в кинематических парах [1].

Рассмотрим подробнее сложные условия работы гидростойки механизированной крепи.

Шахтная вода в зависимости от пород разрабатываемого месторождения может быть очень агрессивной. Это связано с тем, что в ней находятся кислоты и щелочи, вызывающие интенсивную коррозию металла штока. Агрессивное воздействие шахтных вод усиливается абразивным воздействием частиц породы и полезных ископаемых, находящихся в воде во взвешенном состо-

янии. Проникая с шахтной водой между трущимися поверхностями деталей (поршень-цилиндр, шток-втулка), эти частицы вызывают абразивный износ.

При работе гидростойки механизированной крепи помимо разрушений происходит постепенное изменение геометрических размеров и свойств рабочих поверхностей деталей, вследствие чего увеличиваются зазоры подвижных и уменьшаются натяги в неподвижных соединениях, нарушается взаимное положение деталей, ухудшается работа штока в гидростойки механизированной крепи. Одна из основных причин этих нежелательных явлений - процесс изнашивания. Вид изнашивания деталей определяется видом трения, свойствами смазки и условиями контакта трущихся поверхностей.

Определяющими видами износа для горно-шахтного оборудования являются:

- механическое;
- коррозионно-механическое;
- под действием электрического тока.

Внешнее трение - явление сопротивления относительно перемещению, возникающего между двумя телами в зонах, соприкосновения поверхностей по касательным к ним, сопровождаемое диссипацией энергии.

Все элементы гидростойки в большинстве случаев выходят из строя в результате износа и коррозии.

Износ элементов гидростойки появляется в следующих частях:

- износ приварных бонок (гнезд) на цилиндре;
- износ и деформация резьбы на штоке и втулке;
- износ направляющих латунных поясков на поршне и втулке;
- износ и деформация резьбы гайки.

Химическая коррозия является результатом окисления металла под действием кислорода, воздуха, углекислого и сернистого газа и др.

Коррозия резко снижает прочностные свойства металла, способствует интенсивному разрушению поверхности детали из-за различных видов износа и ухудшает эстетические качества детали.

Элементы гидростойки механизированной крепи, в частности шток, находятся под воздействием коррозии. В связи с этим во избежание коррозии необходимо упрочнить поверхностный слой штока антикоррозионным покрытием. В большинстве случаев рабочие поверхности штоков и цилиндров хромирую.

Однако хромирование имеет ряд недостатков: высокая пористость покрытия, наличие в осаждающемся слое напряжений

растяжения, возможность восстанавливать детали с относительно небольшим износом, снижение на 30-40% усталостной прочности сталей.

Детали, покрытые хромом, имеют плохую смачиваемость, что снижает их износостойкость. Эти недостатки в ходе эксплуатации гидростойки приводят к отслаиванию, шелушению покрытия поверхности, задирам, царапинам, коррозии.

Технологии обработки поверхности материалов к настоящему времени представляют собой одну из наиболее развивающихся областей науки о материалах. Методы, связанные с созданием на поверхности материалов, особенно металлических, модифицированных слоев, достаточно изучены, отработаны и широко применяются на практике [3]. Многие из таких методов или их усовершенствованных вариантов могут рассматриваться как методы нанотехнологии, так как позволяют создавать наноразмерные и/или наноструктурные слои на поверхности материалов, композиционные материалы с наноконпонентами, а в ряде случаев и наноматериалы в виде нано и микроизделий.

Методы физического осаждения из паровой фазы. Данная группа методов часто обозначается английской аббревиатурой PVD (Physical Vapour Deposition). Эта группа методов объединена общей схемой нанесения покрытия и использованием вакуума (рис. 1). Сначала материал для покрытия переводится из конденсированного состояния в состояние пара, затем проводится его транспортировка к подложке (материалу на который наносится покрытие), где происходит осаждение материала покрытия из паровой фазы и формирование покрытия. Использование вакуума облегчает перевод материала в паровую фазу.

Классификация метода внутри группы определяется используемым сочетанием способов испарения, транспортировки и осаждения. Широкое распространение PVD-методов обусловлено такими причинами, как: возможность получения очень равномерных поверхностных слоев толщиной от < 1 нм до 200 мкм с очень хорошей воспроизводимостью свойств; размер покрываемой поверхности может быть ограниченным, а может в ряде случаев (магнетронное напыление) составлять полосы практически неограниченной длины; возможность селективного нанесения на выбранные участки; почти неограниченный выбор материалов подложки (теоретически материал подложки может быть любым); достаточная гибкость к требованиям по температуре подложки; широкий выбор материалов для

поверхностных слоев (металлы, сплавы, химические соединения); возможность получения многослойных покрытий со слоями разной толщины и из разных материалов; изменение состава, структуры и свойств слоев путем варьирования технологическими параметрами нанесения; возможность выполнения требований к высокой чистоте материала покрытия; минимальное загрязнение окружающей среды. К недостаткам этой группы методов можно отнести: сложность и большую стоимость технологического и контрольного оборудования, необходимость очень высокой квалификации обслуживающего персонала, сравнительно низкую производительность, сложность разработки технологического режима для конкретного случая получения покрытия, особенно для получения покрытий из соединений при выдерживании большой точности химического состава; необходимость

специальной подготовки покрываемых поверхностей.

Необходимость внедрения в производство сложнейшей техники в короткие сроки приводит к созданию систем автоматизированного проектирования. Важную роль в этих системах играет расчет на прочность.

В основе любого расчета на прочность лежит расчетная схема, включающая в себя геометрию конструкции и действующие на нее нагрузки (механические и температурные). В дальнейшем, в зависимости от конечных целей расчета, используя те или иные модели материала конструкции, определяются напряжения и деформации элементов конструкции. Затем на основе анализа поля напряжений устанавливается наиболее опасное сечение, при этом используются те или иные гипотезы прочности, в зависимости от свойств материала и условий работы конструкции.

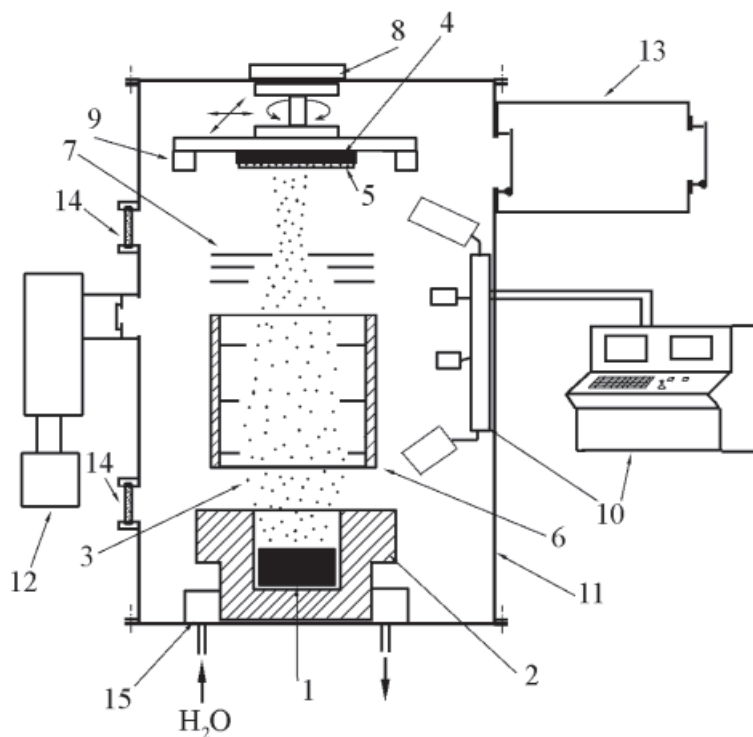


Рис. 1. Типовая схема установки для нанесения покрытия PVD-методом: 1 – материал для покрытия; 2 – система перевода материала в паровую фазу; 3 – поток испарившегося вещества; 4 – подложка; 5 – формирующееся покрытие; 6 – система транспортировки материала покрытия в паровой фазе к подложке; 7 – система фокусировки (и/или сканирования) потока вещества, осаждающегося на подложку; 8 – система закрепления подложки и ее контролируемого перемещения; 9 – система регулирования температуры нагрева подложки; 10 – система управления и контроля технологическими параметрами (температура подложки, скорость перевода материала в паровую фазу, давление в камере, скорость осаждения покрытия, толщина покрытия и др.); 11 – вакуумная камера; 12 – система создания и поддержания высокого вакуума (система вакуумных задвижек, форвакуумных и высоковакуумных насосов, азотная ловушка и др.); 13 – шлюзовая камера и система подачи и смены подложек; 14 – смотровые контрольные окна; 15 – система охлаждения

Определение напряженно-деформированного состояния гидростойки М130.10.600 с наноструктурным покрытием осуществлялось на основе использования программы ANSYS WORKBENCH 11.0.

Программный комплекс ANSYS решает методом конечных элементов стационарные и нестационарные, линейные и нелинейные задачи из таких областей физики, как механика твёрдого деформируемого тела, механика жидкости и газа, теплопередача, электродинамика.

Для чего выбираются элементы, в которых будут проводиться замеры напряжений и перемещений. Нас интересуют напряжения возникающие в гидростойке.

На рис. 2 представлены напряжения в гидроцилиндре в сборе. Значения напряжений в штоке и поршне на порядок больше чем в нанослое. Максимальные напряжения достигают значения 20000 МПа – эквивалентные напряжения по Мизесу, по оси OX – 9000 МПа, по оси OY – 3000 МПа, по оси OZ – 5000 МПа.

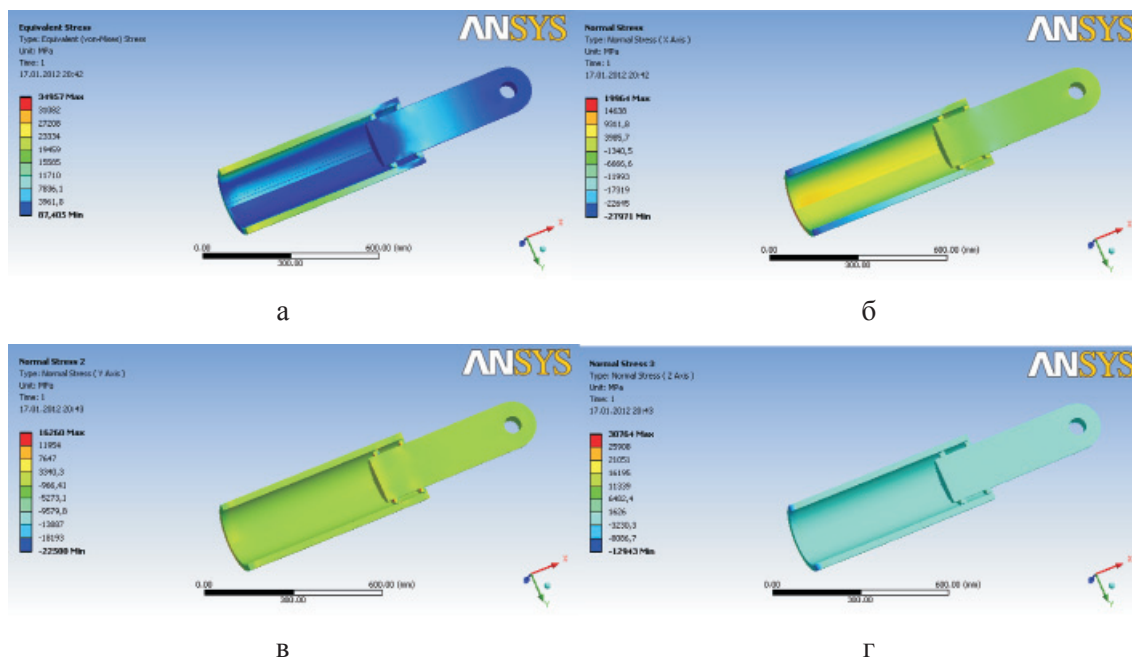


Рис. 2. Напряжения в гидроцилиндре:
 а – эквивалентные напряжения по Мизесу; б – напряжения по оси OX;
 в – напряжения по оси OY; г – напряжения по оси OZ

Определив напряженно-деформированное состояние в гидроцилиндре с наноструктурным покрытием в ANSYS можно сделать вывод, что отслаивания покрытия не произойдет, т.к. напряжения в нанослое и в основном металле не превышают предела текучести.

Список литературы

1. Анисимов В.И., Евдунов М.М. Опыт эксплуатации механизированных комплексов на шахтах Карагандинского

угольного бассейна. – М.: Изд-во Экспресс – информация/ ЦНИЭИуголь, 1990. – 17 с.

2. Жетесова Г.С., Жаркевич О.М., Куликов В.Ю. Способы восстановления гидростоек механизированных крепей // Ресурсосберегающие технологии ремонта, восстановления и упрочнения деталей машин, механизмов, оборудования, инструмента и технологической оснастки от нано- до макроуровня: материалы 11 международной конференции. – СПб: Изд-во РУДН, 2009. – С. 425–429.

3. Никитин М.М. Технология и оборудование вакуумного напыления. – М.: Металлургия, 1992.

4. Шиповский И.А. Эксплуатация и ремонт оборудования шахт. – М.: Недра, 1987. – 215 с.