

УДК 621.793.182, 621.893

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ В ОБЛАСТИ НЕФТЕГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Никита Михайлович Барсуков⁽¹⁾, Василий Владимирович Петров⁽²⁾

Студент 1 курса магистратуры⁽¹⁾, ассистент кафедры⁽²⁾
кафедра «Электронные технологии в машиностроении»
Московский Государственный Технический Университет им. Н. Э. Баумана

Научный руководитель: А.И. Беликов,
кандидат технических наук, доцент кафедры «Электронные технологии в машиностроении»

Ключевые слова: тонкие пленки (thin films), нефтегазовая промышленность (oil and gas industry), шиберная задвижка (gate valve).

Аннотация: В данной работе рассмотрена возможность применения тонкопленочных покрытий в области нефтегазовой промышленности на примере штока шиберной задвижки. Вопрос такого типа не рассмотрен в отечественной и зарубежной литературе по нанесению тонкопленочных нанокompозитных покрытий, нет рекомендаций по выбору структуры и стехиометрии покрытий. Поэтому изучение и исследование этого вопроса представляет определенный научный интерес и имеет практическое применение в производстве.

ВВЕДЕНИЕ

С каждым днем нанотехнологии становятся все более перспективным и востребованным направлением. Постоянный технический прогресс требует внедрения все более новых и перспективных технологий. В связи с этим нанотехнологии, а именно нанокompозитные тонкопленочные покрытия, стали находить свое применение в самых неожиданных областях промышленности. Одной из таких областей является нефтегазовая промышленность.

Вопрос применения тонкопленочных покрытий становится актуальным в парах трения шиберных задвижек.

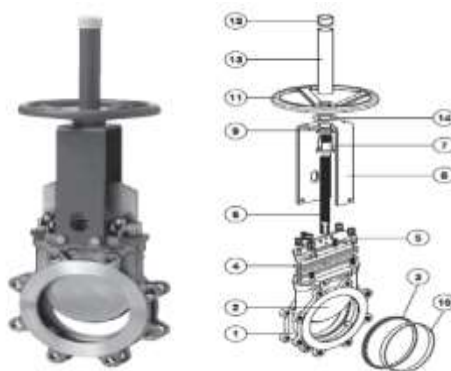


Рис. 1. Шиберная задвижка

1-корпус, 2- нож, 3-селедка, 4-уплотнительная резинка, 5-крышка, 6-шток, 7-гайка, 8-бугель, 9-штулка, 10-кольцо-фиксатор, 11-штурвал, 12-колпак, 13-защита, 14-прокладка

Шиберная задвижка – трубопроводная арматура, предназначенная для полного открытия или закрытия потока рабочей среды, однако, она иногда используется и для регулировки потока. Основным механизмом шиберной задвижки является нож, заслонка или шибер. Нож

представляет стальную пластину со штоком, на который надевается привод, но может происходить и ручное регулирование. При этом рабочий механизм движется по направляющим между двумя фланцами и прерывает поток.

В связи с высокоскоростными режимами открытия-закрытия задвижки в парах трения, а именно шток-гайка, возникают высокое трение и износ. В связи с этим в шиберных задвижках применяются различные смазки или твердосмазочные покрытия – суспензии дисульфида молибдена в полимерной основе, предназначенные для получения антифрикционных твердосмазочных покрытий, отверждаемых при нагреве. Данные покрытия обеспечивают необходимый момент вращения штока (80-90 Нм), но их хватает лишь на несколько циклов открытия – закрытия устройства.

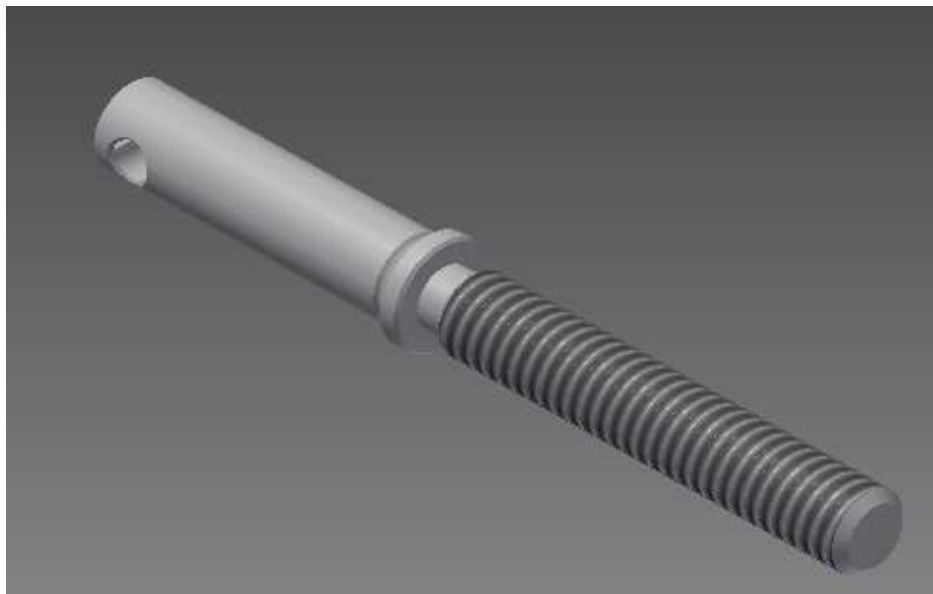


Рис. 2. Шток шиберной задвижки

Проблема долгосрочного использования штоков до сих пор не решена ни одним российским производителем запорного оборудования на высокие давления, поэтому нанесение нанокompозитных упрочняющих антифрикционных покрытий на поверхность штоков играет очень важную роль. Нанокompозитные тонкопленочные покрытия, содержащие в своем составе твердые и твердосмазочные материалы, представляют практический интерес благодаря повышенным трибологическим характеристикам, которыми обладают. Снижение трения и адгезионного взаимодействия пар трения является важным фактором для обеспечения необходимого крутящего момента. Одним из способов снижения коэффициента трения покрытия является добавление дисульфида молибдена в состав покрытий.

Дисульфид молибдена – неорганическое бинарное химическое соединение четырехвалентного молибдена с двухвалентной серой. Химическая формула – MoS_2 .

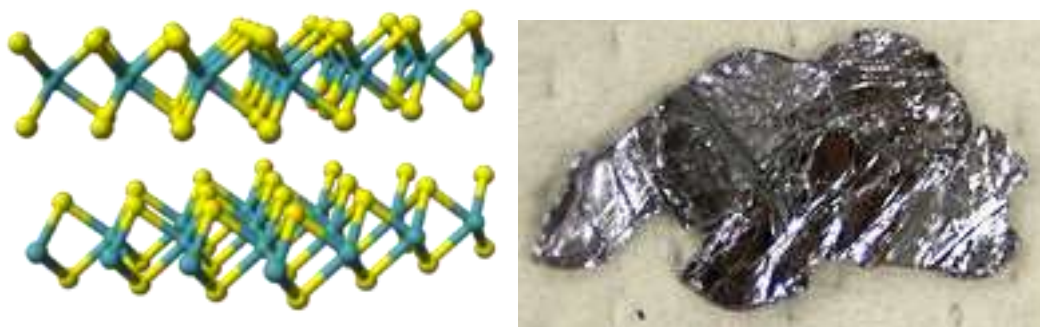


Рис. 3. Дисульфид молибдена

Вследствие слоистой, анизотропной структуры с низким усилием связи между плоскостями, дисульфид молибдена обладает выдающимися антифрикционными свойствами. Современные твердые упрочняющие покрытия на основе соединений титана (например, TiSiBN, TiBN, TiAlN и т.п.) с низкими трибологическими характеристиками, коэффициент трения скольжения по стали достигает значений порядка 0.6-0.8. Использование в составе многослойных и нанокompозитных покрытий дисульфида молибдена обеспечивает существенное повышение трибологических характеристик.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Основной задачей является определение покрытий, применимых в данной области и способных обеспечивать необходимые показатели. На кафедре МТ11 МГТУ им. Н.Э. Баумана проводилась серия экспериментов по нанесению и исследованию антифрикционных и износостойких покрытий в результате чего были выделены 3 перспективных покрытия:

1. Покрытие TiBN/MoS₂ с мишени TiBN+MoS₂ (объемное соотношение компонентов 50/50%)



Рис. 4. Покрытие TiBN/MoS₂

2. Покрытие TiCN/MoS₂ с мишени TiC+MoS₂ (объемное соотношение компонентов 60/40%)

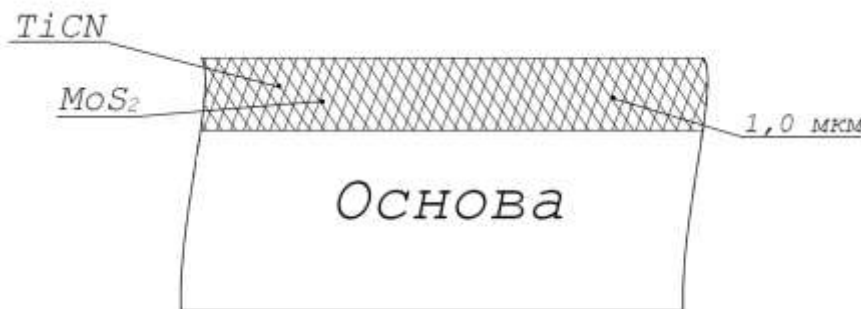


Рис. 5. Покрытие TiCN/MoS₂

2. Покрытие HfZrN/MoS₂ с мишени HfZr+MoS₂ (объемное соотношение компонентов 60/40%)



Рис. 6. Покрытие HfZrN/MoS₂

По результатам измерений, средние значения коэффициента трения на этапах функционирования отдельных слоев покрытия в процессе трибометрических испытаний, были сведены в таблицу 1. Износостойкость покрытия оценивалась по времени его истирания.

Таблица 1. Результаты измерений коэффициента трения и износостойкости покрытий.

Номер образца	Покрытие	Коэффициент трения		Время истирания, с	
		Твердый слой	Твердосмазочный слой	Твердый слой	Твердосмазочный слой
1	TiBN + MoS ₂	0,19	0,135	350	75
2	TiCN + MoS ₂	0,212	0,125	5950	75
3	HfZrN + MoS ₂	0,175	0,052	5400	60
#0	Подложка	0,625	-	-	-

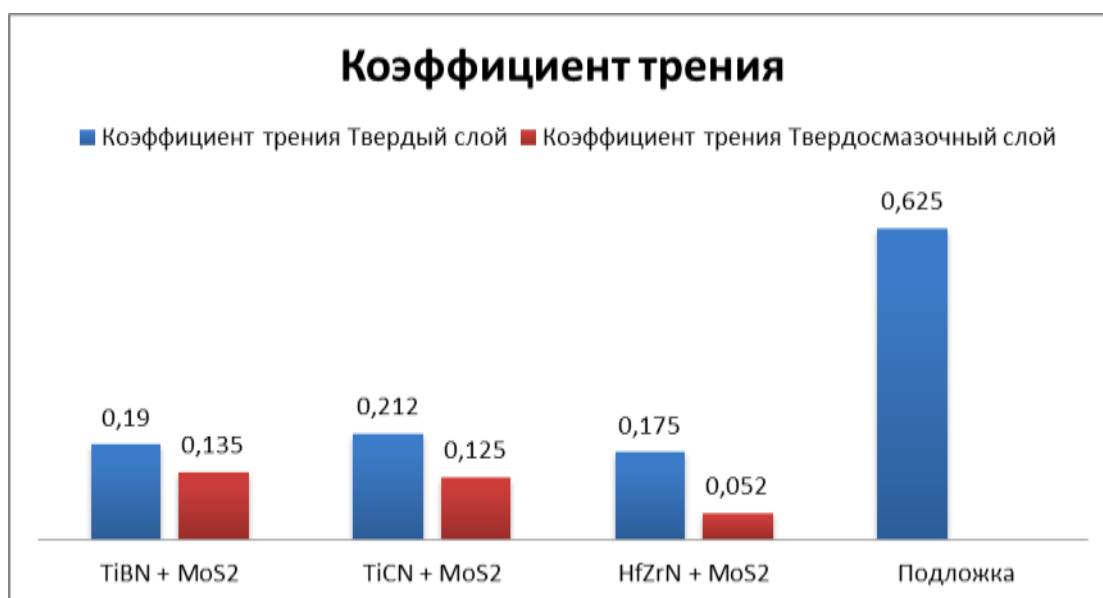


Рис. 7. – Гистограмма и значения коэффициентов трения для полученных образцов.

На основе полученных результатов в дальнейшем планируется нанесение данных покрытий на опытную партию образцов штоков для измерения и оценки показателей крутящего момента.

ВЫВОДЫ

Опираясь на полученные в ходе выполнения работы результаты, можно сделать следующие выводы:

1. Нефтегазовая область промышленности является перспективным направлением с точки зрения нанесения тонкопленочных нанокompозитных покрытий, поскольку их применение будет способствовать важному на сегодняшний день вопросу импортозамещения.
2. Добавление верхнего слоя MoS₂ во всех случаях способствует существенному снижению трения на начальной стадии функционирования твердых покрытий. Для твердого покрытия HfZrN эффект снижения трения является наиболее существенным.

3. Покрытия $\text{HfZrN}+\text{MoS}_2$ и $\text{TiCN}+\text{MoS}_2$ обладают наилучшими трибологическими характеристиками и являются перспективными для применения в области нефтегазовой промышленности.

Литература

1. Беликов А.И., Шарапов М.А., Селезнев А.В.. Исследование антифрикционных свойств многослойных тонкопленочных композиций на основе MoN , TiCN и MoS_2 // Высокие технологии в промышленности России: Материалы XV Международной научно-технической конференции. – М., 2009 - С.419-422.
2. Sam Zhang, Nasar Ali – Nanocomposite thin films and coatings., 2007 by Imperial College Press.
3. Peter M. Martin. –Handbook of Deposition Technologies for Films and Coatings. Science, Application and Technology. Second Edition – United States: Elsevier Inc., 2005. – 911 с.
4. Панфилов Ю.В., Булыгина Е.В. Исследование долговечности тонкопленочных покрытий // Упрочняющие технологии и покрытия / Научно-технический и производственный журнал ISSN 1813-1336. - М.: Машиностроение - 2005, №4, с.30-34.