



Ассоциация технологов-машиностроителей Украины  
Академия технологических наук Украины  
Институт сверхтвердых материалов им. В.Н. Бакуля  
НАН Украины  
Киевский национальный университет технологий и дизайна  
Украинская государственная академия железнодорожного  
транспорта  
ООО «НПП РЕММАШ»  
ООО «ТМ.ВЕЛТЕК»  
ДП «БЕСТ-БИЗНЕС»  
ПАО «Ильницкий завод механического сварочного оборудования»  
Ассоциация инженеров-трибологов России  
Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН  
Брянский государственный технический университет  
ГНПО «Центр» НАН Беларуси  
Белорусский национальный технический университет  
Машиностроительный факультет Белградского университета  
Издательство «Машиностроение»

## **СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПРОИЗВОДСТВА И РЕМОНТА В ПРОМЫШЛЕННОСТИ И НА ТРАНСПОРТЕ**

**Материалы 16-го Международного  
научно-технического семинара  
(22–26 февраля 2016 г., г. Свалява, Карпаты)**

Киев – 2016

**Современные проблемы производства и ремонта в промышленности и на транспорте** : Материалы 16-го Международного научно-технического семинара, 22–26 февраля 2016 г., г. Свалява. – Киев : АТМ Украины, 2016. – 300 с.

Тематика семинара:

- Современные тенденции развития технологии машиностроения
- Подготовка производства как основа создания конкурентоспособной продукции
- Состояние и перспективы развития заготовительного производства
- Совершенствование технологий механической и физико-технической обработки поверхностей трения и деталей машин
- Упрочняющие технологии и покрытия
- Современные технологии и оборудование в сборочном и сварочном производстве
- Ремонт и восстановление деталей машин в промышленности и на транспорте, оборудование для изготовления, ремонта и восстановления
- Технологическое управление качеством и эксплуатационными свойствами изделий
- Технический контроль и диагностика в машино- и приборостроении
- Экологические проблемы и их решения в современном производстве

**Материалы представлены в авторской редакции**

© АТМ Украины,  
2016 г.

*Тимофеева Л.А., Федченко И.И.* Украинский  
государственный университет железнодорожного  
транспорта, Харьков, Украина

## **ПОВЫШЕНИЕ ТРИБОТЕХНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС**

Зубчатые передачи передают крутящие моменты и таким образом применяются практически во всех механизмах техники. С помощью применения комплексов зубчатых колес можно регулировать повышение и понижение передачи крутящих моментов механизмов в частности редукторов. Их зубчатые пары применяются в очень ответственных узлах машин и механизмов. Поэтому возрастают требования к применяемым материалам, они должны обеспечивать зубчатым парам высокую износостойкость и задиристость.

В данное время зубчатые колеса изготавливают из стали 12ХНЗА с последующей цементацией на глубину 0,8–1,2 мм, после чего проводится закалка и отпуск на твердость 60 HRC.

Для обеспечения непрерывной работы редуктора в нормальном режиме. В данное время ведутся исследования по повышению эффективности действия системы смазки. Однако это приводит к росту энергозатрат на обеспечение системы смазки, а также к увеличению массы редуктора и всего изделия в целом. В тоже время применяемая химико-термическая обработка зубчатых колес не может обеспечить необходимую задиристость в условиях масляного голодания, что грозит разрушением.

Разработан метод нанесения антифрикционного покрытия, который делает возможным образования на поверхности изделий слоя из дисульфида молибдена. Покрытие  $MoS_2$  толщиной 3–5 мкм обеспечивает снижение коэффициента трения и предупреждение задиров даже в отсутствие смазки.

Испытания проводили на машине трения СМЦ-2 по схеме колодка-диск в условиях трения, скольжения без проскальзывания нагрузочно-скоростные параметры были выбраны предельно-допустимыми для данного сочетания материалов и условий смазки и соответствовали реальным условиям работы (скорость скольжения  $V = 0,78$  м/с при частоте вращения диска  $W = 300$  об/мин). Приработка пары трения составляла 30 мин при нагрузке 200 Н. Рабочая нагрузка  $P = 1720$  Н; длительность испытания  $t = 6$  ч. Смазки образ-

цов осуществляли маслом МС-20 путем окунания на 1/3 градуса диска в масляную ванну, снабженную змеевиком для охлаждения масла проточной водой. Температура смазки во время испытаний находилась в пределах 20–30 °С.

В процессе испытаний постоянно регистрировали с помощью потенциометра значение момента трения, по которому определяли коэффициент трения. Величину массового износа образцов оценивали взвешиванием до и после испытаний на аналитических весах ВЛА-200. Точность взвешивания составляла  $\pm 0,0001$  г.

Склонность исследованных сочетаний материалов пар трения к схватыванию при принятой рабочей нагрузке, но после слива смазки из масляной ванны. Для выявления эффективности применения предлагаемой технологии были проведены сравнительные испытания защитных покрытий на триботехнические свойства (износостойкость, задиростойкость, прирабатываемость, коэффициент трения).

Проведенные сравнительные испытания показали, что в данных условиях эксплуатация образцов из стали 12ХНЗА-дисульфид молибдена снижает величину и скорость изнашивания, а также, что весьма существенно, склонность к схватыванию и образованию задиров. Почти в 2 раза увеличивается работоспособность пары трения в отсутствие смазки, что особенно важно для деталей авиационной техники. Уменьшение сил трения, тепловых эффектов в зоне трения приводит к снижению температуры масла. Покрытия с дисульфидом молибдена не требуют применения специальной системы его охлаждения. Это дает возможность снизить массу редуктора и всего изделия в целом.

*Титаренко В.И., Лантух В.Н. ООО  
«НПП РЕММАШ», Днепропетровск,  
Лендел Ю.Ю., Пилипко В.И., Мудранинец И.Ф.  
ПАО «Ильницкий завод механического сварочного  
оборудования», с. Ильница, Украина*

## **ВАРИАНТЫ НАПЛАВОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ С МИНИМАЛЬНЫМИ ЗАТРАТАМИ НА ИХ ПРИОБРЕТЕНИЕ**

Учитывая ситуацию, сложившуюся в экономике Украины, у промышленных предприятий сократились финансовые возможно-

<i>Тимофеева Л.А.</i> УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕРМІЧНОЇ ТА ХІМІКО-ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАЛІЗОВУГЛЕЦЕВИХ СПЛАВІВ	238
<i>Тимофеева Л.А., Федченко И.И.</i> ПОВЫШЕНИЕ ТРИБОТЕХНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС	240
<i>Титаренко В.И., Лантух В.Н., Лендел Ю.Ю., Пилипко В.И., Мудранинец И.Ф.</i> ВАРИАНТЫ НАПЛАВОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ С МИНИМАЛЬНЫМИ ЗАТРАТАМИ НА ИХ ПРИОБРЕТЕНИЕ	241
<i>Тихенко В.Н., Пчелинский С.В.</i> ДИАГНОСТИКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СТАНКОВ ДЛЯ ОБРАБОТКИ КОЛЕСНЫХ ПАР ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА	250
<i>Трифонов И.С., Тарасов В.В., Ерёмкина М.А., Ломаева С.Ф.</i> ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ НАНОКОМПОЗИТОВ Fe-TiC С ДОБАВКОЙ МЕДИ	253
<i>Филатов Ю.Д., Ветров А.Г., Сидорко В.И., Филатов А.Ю., Ковалев В.А.</i> ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПОЛИРОВАНИЯ ОПТОЭЛЕКТРОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ	256
<i>Филатов А.Ю., Пащенко Е.А.</i> ФОРМИРОВАНИЕ НАНОПРОФИЛЯ ПОЛИРОВАННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ПОДЛОЖЕК ДЛЯ ОПТОЭЛЕКТРОНИКИ	258
<i>Филатов Ю.Д., Сидорко В.И., Ветров А.Г., Филатов А.Ю., Ковалев С.В., Данильченко М.А.</i> ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПОЛИРОВАНИЯ ОПТОЭЛЕКТРОННЫХ ЭЛЕ- МЕНТОВ ИЗ САПФИРА	261
<i>Харламов Ю.А.</i> ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ КЛАССИФИКАТОР ДЕТАЛЕЙ С ГАЗОТЕРМИЧЕСКИМИ ПОКРЫТИЯМИ	264
<i>Харламов Ю.А.</i> НАДЕЖНОСТЬ ГАЗОТЕРМИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ	269
<i>Хейфец М.Л., Чижик С.А.</i> АДДИТИВНЫЕ СИНЕРГОТЕХНОЛОГИИ ПОСЛОЙНОГО СИНТЕЗА МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ	272