КУЖАРОВАндрейАлександрович

ТРИБОТЕХНИЧЕСКИЕСВОЙСТВА

НАНОМЕТРИЧНЫХКЛАСТЕРОВМЕДИ

СпециальностьТрениеиизносвмашинах

ДИССЕРТАЦИЯнасоисканиеучёнойстепеникандидататехническихнаук

НАУЧНЫЙРУКОВОДИТЕЛЬЛауреатпремииПрезидента’РФЗаслуженныйдеятельнаукиитехникиРФдоктортехническихнаукпрофессорААРыжкин

РостовнаДону

г

ОГЛАВЛЕНИЕ

Стр

ВВЕДЕНИЕ 

 РАЗДЕЛИСПОЛЬЗОВАНИЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХПО

 РОШКОВДЛЛРЕГУЛИРОВАНИЯИУЛУЧШЕНИЯ

•

ТРИБОТЕХНИЧЕСКИХСВОЙСТВСМАЗОЧНЫХ

МАТЕРИАЛОВ 

 Введение 

 Эффектизбирательногопереноса 

 Трибохимическиереакцииврежимебезызносности 

 Металлоплакирующиесмазочныематериалы 

 Нанометричныекластерыметаллов 

 Современныеметаллоплакирующиесмазочныематериалы 

 Сравнительныетриботехническиехарактеристики

• современныхдобавокксмазочнымматериалам 

 МеталлоплакирующиеСОТС 

РАЗДЕЛТЕОРЕТИЧЕСКОЕИССЛЕДОВАНИЕМОЛЕКУЛЯРНЫХМЕХАНИЗМОВСАМООРГАНИЗАЦИИПРИТРЕНИИ 

 Структурированиежидкостивгидродинамическомпотоке 

 Механизмуменьшениявязкостивструктурированнойжидкости 

 Самоорганизациявусловияхграничноготренияипри

переходеврежимбезызносности 

РАЗДЕЛЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯЧАСТЬ 

 Машинытрения 

 Методикииоборудованиефизикохимическихисследований 

РАЗДЕЛИССЛЕДОВАНИЕТРИБОЛОГИЧЕСКИХ

ИФИЗИКОХИМИЧЕСКИХОСОБЕННОСТЕЙ

ЭФФЕКТАБЕЗЫЗНОСНОСТИПРИТРЕНИИ 

 Трибологическиесвойствасистемлатуньспиртсталь 

 з

 Анализповерхноститрения 

 Химическийсоставповерхноститрения 

 Элементныйанализповерхноститрения 

 Исследованиесоставаорганическойпленкина

 поверхноститрения 

РАЗДЕЛРАЗРАБОТКАИОПТИМИЗАЦИЯТЕХНОЛОГИИПОЛУЧЕНИЯСМАЗОЧНЫХКОМПОЗИЦИЙСОДЕРЖАЩИХНАНОМЕТРИЧНЫЕ

КЛАСТЕРЫМЕДИ 

РАЗДЕЛТРИБОТЕХНИЧЕСКИЕВОЗМОЖНОСТИНАНОМЕТРИЧНЫХКЛАСТЕРОВМЕДИ 

 Исследованиетрибологическихсвойствпритрении 

 Эффективностьприменениянанометричныхкластеров

вСОТСприрезании 

• ЗАКЛЮЧЕНИЕИВЫВОДЫ 

ЛИТЕРАТУРА 

ПРИЛОЖЕНИЯ 

♦

ВВЕДЕНИЕ

АктуальностьтемыСтратегическойлиниейразвитиясовременнойтриботехникиявляетсяиспользованиесамоорганизующихсятрибосистемсредикоторыхособоеместозанимаетнаиболееизученнаясистемамедныйсплавглицеринстальобеспечивающаяреализациюэффектабезызносностипритрениикоторыйпрощевсегодостигаетсяприменениемметаллоплакирующихсмазоквкачествеактивныхкомпонентовкоторыхприменяютсявысокодисперсныепорошкиметалловвчастностимедииеёсплавовСмазочныематериалыстакимиприсадкамииспользуютсявчастностивкачествеавтомобильныхмаселилиметаллоплакирующихпластичныхсмазокиширокопредставленынарынкеобразцамиотечественныхизарубежныхпроизводителейнапример“Атланта”“Вымпел”МС“”СМ“Л”Феномидр

Эффективностьсмазочныхматериаловособенножидкихсодержащихвсвоёмсоставевысокодисперсныеметаллыневсегдасоответствуютрекламнымхарактеристикамчтотребуетпроведениядополнительныхнаучныхисследованийпозволяющихобъективносудитьотриботехническихсвойствахметаллоплакирующихсмазоквразличныхузлахтренияиуправлятьиминаоснованиисведенийомеханизмесмазочногодействия

ВсвязисэтимпредставляетсяактуальнымиспользоватьвкачествеметаллоплакирующихприсадоккжидкимсмазочнымматериаламнанометричныекластерыметалловобладающиеспецифическимиаврядеслучаевиуникальнымимеханическимиифизикохимическимихарактеристикамиипозволяющиеполучатьихустойчивыекомпозициидажевмаловязкихжидкостяхТриботехническиесвойстватакихкластероватакжеспособыполучениясмазокихсодержащихдопроведениянастоящейработыбылинеизвестны

Такимобразомактуальностьнастоящейработызаключаетсявнеобходимостисозданиянаучныхосновдляизучениязакономерностейизнашиваниявтрибосистемаходнимизкомпонентовкоторыхявляютсяжидкиесмазочныематериалыснанометричнымикластерамимедиобеспечивающиереализациюэффектабезызносностипритрении

РаботавыполненаврамкахдоговораомежвузовскомнаучномсотрудничествемеждуДГТУиРадомскимтехническимуниверситетомПольшаотгприфинансовойподдержкеМинистерстваобразованияРФвформегрантаРФ№ТООЮигрантаПрезидентаРФпогосударственнойподдержкеведущихнаучныхшколРФНШОснованиемдлявыполненияработыслужилигосударственныепрограммыМинистерстваобразованияРФЭкспортныетехнологииимеждународноесотрудничествонаггИсследованиесамоорганизациифрикционныхсистемпритрениинаггИсследованиесамоорганизациивмеханическихсистемахнагг

ЦельработыПовышениедолговечностиузловтрениязасчётсамоорганизациитрибосистемприменениемсмазочныхматериаловснанометричнымикластерамимеди

Длядостиженияпоставленнойцелинеобходиморешениеследующихзадач

 Теоретическоеобоснованиевозможностисамоорганизацииприиспользованиианизодиаметричныхкластеровметалловнанометричныхразмеровпритрениивгидродинамическомиграничномрежимахсмазкиатакжевусловияхэффектабезызносности

 Экспериментальноеисследованиемеханизмасамоорганизациивусловияхэффектабезызносностисовременнымифизикохимическимиитрибологическимиметодами

б

 Разработкаметодикииоптимизациятехнологииполучениясмазочныхкомпозицийсодержащихнанометричныекластерымеди

 Изучениетриботехническихсвойствжидкихсмазочныхматериаловснанометричнымикластерамимедивпроцессахтрения

 Исследованиемеханизмасмазочногодействияисамоорганизациивсредахснанометричнымикластерамимедиприреализацииизбирательногопереноса

Научнаяновизна

 Экспериментальнодоказаночтомеханизмформированиясервовитнойплёнкивклассическойтрибосистемелатунь—глицеринстальвключаетобразованиевпроцессетрениякластеровмедисразмерамименееСГм

 Выявленовлияниехимическогостроенияорганическихспиртовнавозможностьреализациивихводныхрастворахэффектабезызносностипритрениилатунипосталиувеличениеатомностиспиртаидлиныуглеводородногорадикалаоблегчаютреализациюэффектабезызносности

 УстановленочтосамоорганизациятрибологическихсистемсосмазкамисодержащиминанометричныекластерымедивгидродинамическомрежимеобеспечиваетсяструктурированиемподдерживающегослоязасчёториентационнойупорядоченностианизодиаметричныхчастицвградиентномпотокеиобразованиеупорядоченныхмолекулярныхсупраструктурВусловияхграничноготренияиприпереходеврежимИПсамоорганизацияобусловленаступенчатойкоагуляциейнаповерхноститренияполидисперснойфазынанометричныхкластеровизраствораэлектролитаформированиемвконтактнойзонесервовитноймеднойплёнкиструктуракоторойпонормаликповерхностихарактеризуетсяградиентомсоставаимеханическихсвойстватакжепериодическимизменениемвзоне

контактаконцентрацииионовэлектролитачтовызываетколебательныйхарактеризменениятриботехническихсвойствпарытрения

 Вкачествеуправляющихпараметроввмолекулярныхмеханизмахсамоорганизациивисследованной трибосистемевыступает

обусловленныетрениемградиенты скоростиотносительного

скольжениявусловияхгидродинамическоготренияиконцентрацииактивныхкомпонентовсмазкиприграничномтрениииприпереходеврежимИП

Практическаяценность 

 РазработанаиоптимизированатехнологияполученияжидкихсмазочныхматериаловсодержащихвсвоёмсоставенанометричныекластерымедизаключающаясявкомплексномэлектрическомиультразвуковомвоздействиинасмазочнуюсредувыполняющуюрольэлектролитавпроцессеэлектролизасмедныманодомПоказаночтонаибольшеевлияниенаразмеробразующихсякластеровмедивразработаннойтехнологииоказываеттокэлектролизамощностьичастотаультразвуковоговоздействия

 Установленаэффективностьсмазочныхматериаловснанометричнымикластерамимедивусловияхгидродинамическогоиграничноготренияатакжеврежимеизбирательногопереносавпарахтрениябронзастальистальсталь

 ОпределеныобластиобеспечивающиефункционированиеисследованныхтрибосистемврежимесамоорганизацииснизкимиисверхнизкимизначениямикоэффициентатренияПоказаночтонезависимоотгеометрииконтактаточечныйлинейныйиликонтактплощадейнасопряжённыхповерхностяхобразуетсямеднаяплёнкаобеспечивающаяснижениекоэффициентатрениявотдельныхслучаяхдоиинтенсивностьизносадо

АпробацияработыОсновныерезультатыработыдокладывалисьиполучилиположительнуюоценкунаВторомвсероссийскомсеминареНелинейныепроцессыипроблемысамоорганизациивсовременномматериаловеденииВоронежфевралягмеждународнойконференцияНадёжностьикачествовпромышленностиэнергетикеинатранспортеСамараоктябрягймеждународнойнаучнотехническойконференцииНовыетехнологииуправлениядвижениемтехническихобъектовНовочеркасскгмеждународнойЧугаевскойконференциипокоординационнойхимииРостовнаДонуиюнягмеждународнойнаучнотехническойконференцииподинамикетехнологическихсистемДТСРостовнаДонусентябрягМеждународнойконференциипоновымтехнологиямиприложениямсовременныхфизикохимическихметодовдляизученияокружающейсредыАзовсентябрягВторомМеждународномконгрессестудентовмолодыхучёныхиспециалистовМолодёжьинаукатретьетысячелетиеУТММоскваапреляг“”сентябрягмеждународнойконференциипоновымтехнологиямиприложениямсовременныхфизикохимическихметодовдляизученияокружающейсредыРостовнаДонусентябрягиежегодныхнаучнотехническихконференцияхпрофессорскопреподавательскогосоставаДГТУгг

ПубликацииПоматериаламдиссертацииопубликованопечатныхработвтомчислевцентральнойпечати

РАЗДЕЛИСПОЛЬЗОВАНИЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХПОРОШКОВДЛЯРЕГУЛИРОВАНИЯИУЛУЧШЕНИЯТРИБОТЕХНИЧЕСКИХСВОЙСТВСМАЗОЧНЫХМАТЕРИАЛОВ

 Введение

РазвитиесовременнойтехникиидетпопутивсебольшегоужесточенияусловийработыподвижныхсопряжениймашинимеханизмовчтообусловленонепрерывнымростомэнергонапряженностиузловтрениясвязаннымснеобходимостьюулучшенияфункциональныхэнергетическихиэкономическиххарактеристикпродукциимашиностроенияДругимисловамисовременныемашиныработаютфактическинапределесвоихтехническихвозможностейВсвязисэтимдальнейшийтехническийпрогрессневозможенбезиспользованиязаложенныхвмашиностроительныхматериалахмаксимальныхпотенциальныхвозможностейкоторыевполноймерепроявляютсятольковусловияхсамоорганизациитехническихсистем

ПрименительноктрибологииэтамысльнашласвоеподтверждениевсловахакадемикаФроловакоторыйвпрогнозеразвитиятрибологииитриботехникинавекопределилосновнуюеезадачукаксозданиебазисныхсамоорганизующихсятрибосистеминаихосноверешениеактуальнойтехническойзадачикардинальноеповышениересурсатрибосопряженийимашинвцелом

УчитываяпоследнееможнополагатьчтополнаяреализациятехникоэкономическогопотенциалазаложенноговдействующиеипроектируемыемашинывозможнатолькопринепременномиспользованиивузлахтрениявысококачественныхконструкционныхисмазочныхматериаловобеспечивающихсамоорганизациюпритренииВысокиеэксплуатационныесвойствасмазочныхматериаловмаселпластичныхсмазокгид

рожидкостейсмазочноохлаждающихтехнологическихсредствСОТСитддостигаютсязасчётразличныхфакторовивчастностивведениемвихсоставвысокодисперсныхпорошковметалловихоксидовсолейкоординационныхиметаллогрганическихсоединенийтеметаллсодержащихдобавокиприсадоктеоретическиеосновыприменениякоторыхбылизаложеныприисследованииэффектаизбирательногопереноса

Ранеедругихметаллоплакирующиесмазочныематериалыбылисозданынабазепластичныхсмазокиспользуемыхвтяжелонагруженныхузлахтрениятранспортныхсредствгдеростмощностинеизменновызываетпотребностьвовсеболеекачественныхсмазках

ПосколькусмазочныйматериалнаповерхностяхтрущихсядеталейявляетсятемэлементомтрибосистемыкоторыйвходефрикционноговзаимодействиянепрерывновзаимодействуетсколоссальнымипотокамиэнергиииотспособностикоторогопередаватьипреобразовыватьдиссипироватьэтуэнергиювомногомзависитнадежностьидолговечностьтрущихсядеталеймашинтопоискновыхпутейповышениякачествасмазочныхматериаловвчастностиметаллоплакирующихсмазокиСОТСвнастоящеевремяприобретаетособоезначениепосколькувэтомнаправлениивпоследниегодыбылидостигнутыобнадеживающиерезультатыпоказывающиечтопроцессфрикционноговзаимодействияможноперенестивобъемформирующейсяпритрениисервовитнойпленкиитемсамымобеспечитьврядеизвестныхслучаевпрактическуюбезызносностьконтактирующихпритрениидеталеймашинимеханизмов

ЗАКЛЮЧЕНИЕИВЫВОДЫ

Изпредставленныхвработелитературныхданныхрезультатовтеоретическихиэкспериментальныхисследованийследуетчтодальнейшимразвитиемсовременныхтенденцийвповышениикачестваитриботехническойэффективностиметаллоплакирующихсмазочныхматериаловсвязанныхсрегулированиемразмеровиформычастицметаллавсоставесмазкисцельюувеличениястабильностиполучаемыхкомпозицийибезусловнотранспортаметаллоплакирующегокомпонентавзонуфрикционногоконтактаявляетсяучитываявозможностисинтезананометричныхкластеровметалловиспользованиеврецептурахжидкихсмазочныхматериаловгигантскихкластеровобеспечивающихсамоорганизациютрибологическихсистемифункционированиеихвусловияхбезызносноготрениятеврезультатевыполнениядиссертационнойработыполученоновоерешениеактуальнойзадачисозданиесаморегулирующихсятрибосистемчтоимеетсущественноезначениедляразвитиятеоретическойиприкладнойтрибологии

Наоснованиивышеизложенныхвнастоящейработеисследованийможносделатьследующиевыводы

 Приисследованиисовременнымифизикохимическимиметодамимеханизмаизбирательногопереносавклассическойлатуньглицеринстальимодельныхтрибосистемахпоказаночтосамоорганизацияприформированиисервовитнойплёнкивпроцессепереходаисследованныхсистемврежимбезызносностивзаимнопроисходитсучастиемметаллическихкластеровсразмераминеболее’м

 Предложеныфизическиемоделидляобоснованияэффективностианизодиаметричныхкластеровмедиприсамоорганизациивусловияхгидродинамическогоиграничноготренияатакжеприпереходеврежимбезызносноготрения

 ПоказаночтосамоорганизацияисследуемыхтрибосистемобусловленавусловияхграничноготренияиприпереходеврежимбезызносностиступенчатойкоагуляциейкластеровмедичтосопровождаетсяформированиемградиентнойструктурысервовитнойплёнкиколебательнымхарактеромизмененияеёсоставаитолщиныатакжепериодическимиколебаниямисилытренияВгидродинамическомиэластогидродинамическомрежимахструктурированиенанометричныхкластероввградиентномгидродинамическомпотокеприводитксменемеханизмавязкоготечениясопровождающегосяуменьшениемвязкостижидкостивподдерживающемслоеиснижениемсилытрения

 Установленочтоуправляющимипараметрамисамоорганизацииприиспользованиивсоставесмазкикластеровметалловвусловияхгидродинамическоготренияявляетсяградиентскоростиаприграничномтренииградиентконцентрацииионовэлектролитавслояхсмазкинепосредственноприлегающихкзонеконтакта

 Разработанспособиоптимизированатехнологияполучениястабильныхсмазочныхкомпозицийсодержащихвсвоёмсоставекластерымедис

о

размерамимВпрецизионномтрибологическомэкспериментевширокомдиапазонеприисследованиитрибологическихиэлектрическихсвойствконтактнойзоныпарытрениябронзастальистальстальвсредахснанометричнымикластерамимедиустановленочтосамоорганизациявтакойтрибосистемепроявляетсяввидесинхронныхавтоколебанийсилытренияиэлектрическогосопротивленияконтактнойзоныпричёмприростесилытрениясопротивлениепадаетинаоборот

 УстановленочтовсёмногообразиевидовтренияреализуемыхвпаребронзастальпритрениивсредахснанометричнымикластерамиможетбытьпредставленопятьюрежимамигидродинамическимграничнымИПпереходнымотгидродинамическогокграничномуиотграничногокИПОпределенытриботехническиеиэлектрическиехарактеристикиконтактнойзоныспецифическиедлякаждогоизотмеченныхрежимов

 ПродемонстрированаэффективностьнанометричныхкластеровмедивсоставахжидкихсмазочныхматериаловиСОТОпритрении

 независимоотгеометрииточечныйлинейныйконтактповерхностей

фрикционногоконтактаПоказаночтоивнеблагоприятныхдляреализацииИПусловияхприиспытанияхнаЧШМиприсверленииглубокихотверстийнатрущихсяповерхностяхформируетсясервовитнаяплёнкаулучшающаяфрикционныехарактеристикиконтактаиуменьшающаяизносконтактирующихповерхностей

 Предложенмеханизмтрибохимическихпревращенийглицеринапри

тренииврежимебезызносностивключающийреакцииеготрибоокисления трибоконденсации трибополимеризации

трибокоординацииатакжетрибокластеризациитрущихсяметалловПоказаночтореакциисучастиемметалловповерхноститренияимеютособоезначениевмеханизмеформированиясервовитнойплёнки

 РазработанааппаратураитехнологиядляполучениянанометричныхкластеровмедиврастворахэлектролитовивводномасляныхэмульсияхпозволяющаямодифицироватьстандартныеСОТСсцельюулучшенияихэксплуатационныхсвойств

ЮРезультатыработыиспользованыОАО РоствертолОАО

НППКПКВАНТФГУПОКТБОрионатакжепривыполнениигосударственныхпрограммРоссиииПольшиивходятвдоговоромеждународномсотрудничествемеждуДГТУиТехническимуниверситетомгРадомаПольшаОжидаемыйэкономическийэффект• составляетболеетысрублейвгод