

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ТРИБОТЕХНИЧЕСКИЙ СТЕНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ИЗНОСОСТОЙКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ НА ОБРАЗЦАХ, ПОЛУЧЕННЫХ ДЕТОНАЦИОННЫМ НАПЫЛЕНИЕМ ПОРОШКОВЫХ СВС – МАТЕРИАЛОВ

В.Д.Гончаров, П.В.Ламов, А.Л.Разумов

Высокую актуальность имеют в XXI веке триботехнические исследования (tribos-тереть, греч.); что определяется созданием в настоящее время третьего после кинематики и прочности раздела науки о машинах – триботехники. Необходимо учесть, что ежегодно в мире теряется в результате износа более 1 млн. т стали, а снижение качества продукции и рост расхода энергии в результате износа машины дополняют картину. В 80-е годы прошлого столетия борьба с износом была возведена в ранг государственных задач.

По результатам теоретических исследований, обобщения опыта эксплуатации оборудования и специально выполненных лабораторных и промышленных экспериментов нами обнаружен ряд неизвестных ранее фактов, характерных для абразивного изнашивания рабочих органов машин в условиях высоких нагрузок. На основании этого было открыто явление стабилизации износа металлов при взаимодействии с абразивными материалами, заключающееся в том, что в парах трения, при нагрузках, приводящих к разрушению находящихся в контакте выступов или частиц абразива, износ металла стабилизируется и остается постоянным при дальнейшем увеличении нагрузки. Обнаружено неизвестное ранее явление постстабилизационного роста износа металлов при взаимодействии с абразивными материалами в воздушной среде, состоящее в том, что в парах трения при параметрах, приводящих к росту температур в зоне фрикционного контакта выше 570°C происходит двукратное увеличение износа. Это обусловлено изменением характера окислительных процессов изнашивания поверхности. При росте температуры выше 768°C наблюдается дальнейшее более интенсивное (в 5-6 раз) увеличение износа, связанное с фазовыми превращениями мартенсита в аустенит. Такие режимы взаимодействия материалов весьма благоприятны при абразивной обработке металлов [1].

Практическое значение исследований заключается в том, что на их основе существенно упрощается разработка расчетных ме-

тодов прогнозирования износа деталей, лимитирующих надежность машин; исследования способствуют обоснованному выбору материалов быстроизнашивающихся деталей, повышению их ресурса. Продукцией вузовской науки являются новейшие технологии, защищенные патентами оборудование для механических, гидромеханических, тепловых, массообменных процессов в различных отраслях народного хозяйства и промышленности, переработки техногенных образований.

При трении происходят три взаимовлияющих процесса (триада И.В.Крагельского): взаимодействие поверхностей, изменение свойств поверхностей в результате взаимодействия и влияния окружающей среды, разрушение поверхностей вследствие 2-х предыдущих процессов [2].

Поэтому особая роль в понимании вопросов трения отводится поверхностным слоям.

Физико-механические параметры поверхностного слоя, его структура и напряженное состояние, как правило, сильно отличаются от свойств всего объема материала, т. к. у атомов поверхностного слоя остаются свободные связи и чтобы при таком несимметричном силовом поле атом кристалла находился в равновесии, необходимо иное, чем внутри кристалла расположение атомов самого верхнего слоя.

Отказы при работе пар трения могут наступать как следствие износа поверхностей до предельного состояния, так и при значительном изменении коэффициента трения (уменьшение при фрикционной паре) или резком увеличении вплоть до схватывания и заедания во фрикционной и антифрикционной парах, т. е. явления, происходящие в паре трения, будут оказывать влияние как на безотказность, так и на долговечность сопряженных деталей.

В общем случае отказы вследствие износа определяются следующими характеристиками изнашивания пары трения:

- состоянием контактирующих поверхностей;

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ТРИБОТЕХНИЧЕСКИЙ СТЕНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ИЗНОСОСТОЙКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ НА ОБРАЗЦАХ, ПОЛУЧЕННЫХ ДЕТОНАЦИОННЫМ НАПЫЛЕНИЕМ ПОРОШКОВЫХ СВС – МАТЕРИАЛОВ

- наличием смазочного материала или другом промежуточной среды;
- нагрузкой (давлением);
- характером взаимных перемещений (скоростью, амплитудой перемещений, фиксацией перемещений и т. д.);
- допустимыми пределами износа.

Многочисленные исследования подтверждают, что определяющие среди этих факторов – давление сопряженных трущихся поверхностей и скорость относительного перемещения. На распределение давления оказывают влияние характер нагрузки (постоянная или переменная), относительные скорости скольжения различных точек трущихся поверхностей (одинаковые или разные), возможность самоустановки деталей в процессе изнашивания их трущихся поверхностей. Эти факторы влияют не только на распределение давления в начале работы трущейся пары (при отсутствии износа), но и на распределение (перераспределение) давления в процессе изнашивания трущихся поверхностей [3].

Существующие способы определения износа делятся на активные, пассивные и комбинированные.

При активном способе измерения износа его замеры ведутся в процессе работы деталей, при пассивном – при остановке объекта. При комбинированном способе контроль ведется через основной и вспомогательный элементы.

Распространены следующие методы контроля износа:

1. Метод микрометрирования (измерения) размеров детали до начала и после работы определенного времени эксплуатации. Метод распространен, простой в исполнении, но требует остановки машины и возможно разборки (кроме случаев бесконтактного контроля размеров);

2. Метод отпечатков (баз) предусматривает специальные нанесения на рабочую поверхность детали лунок или рисок на заданную глубину. По мере износа глубина уменьшается, что фиксируется после определенного времени эксплуатации. Достоинства метода – высокая точность, простота. Недостаток – необходимость остановки машины иногда разборки, применение устройств для нанесения отпечатков, микроскопов для измерения;

3. Метод введения новой отсчетной базы. При сборе в узел машины вводят новую деталь (кольцо, штифт), которая не выполняя никакой рабочей функции в трущейся систе-

ме является не изнашиваемой точкой для измерения износа. Метод прост и удобен.

4. Метод с использованием профилографов основан на записи и измерениях записи в контурах новой и изношенной детали на ленте;

5. Метод определения массы изношенного материала имеет две разновидности:

- взвешивание самой детали или продуктов износа при их наличии в масле. Контроль взвешиванием ведется через заданное время эксплуатации.

- взвешивание проб масла дает суммарный износ нескольких деталей, и выделить износ каждой из них очень сложно;

6. Метод меченых атомов в настоящее время применяется редко.

При сборе и обработке статистических данных об износе деталей необходимо правильно выбирать периодичность и объем контроля, также мерительный инструмент.

В некоторых случаях, особенно при проектировании новых машин, данные по износу трущихся деталей получают при испытании трением образцов материалов, из которых предполагается изготавливать детали. Измерения износа образцов позволяют прогнозировать ресурс трущихся деталей машин при их эксплуатации, планировать время ремонта, замен и восстановления деталей [4].

Получить большой объем экспериментальной информации о ряде материалов и их состояний в процессе износа: вязкости разрушения поверхностных слоев; энергии поверхностного разрушения; скорости роста поверхностных трещин; плотности поверхностных дефектов; остаточных напряжениях и др. позволяет применение триботехнических комплексов.

В лабораторных условиях на базе машины трения 2168 УМТ был скомпонован исследовательский комплекс, дополнительно включающий интерфейсный блок, преобразующий сигналы электронного блока управления, сбора и обработки данных УМТ, работающего в стандарте СМ, в тип РС. Включение ЭВМ значительно повышает эффективность управления параметрами нагружения испытываемых образцов и позволяет осуществлять сбор, хранение и обработку измеренных в ходе эксперимента характеристик.

Сотрудниками лаборатории во главе с авторами в рамках испытаний исследовательского трибокомплекса были проведены сравнительные испытания, в которых моде-

лировались условия абразивного износа шейки распределительного вала.

Усложняющиеся условия эксплуатации машин предъявляют такие требования к функциональным покрытиям, каким не может удовлетворить любой сколь угодно сложносинтезированный материал. Во многих случаях решение задачи в виде получения порошков для нанесения покрытий с использованием самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) как гибкой малотоннажной технологии оправдано как с технологической, так и с экономической точек зрения.

В проблемной лаборатории СВС-материаловедения АлтГТУ была спроектирована и применена технология получения износостойких детонационных СВС-покрытий на поверхность деталей типа опорная шейка распределительного вала двигателя, которая дополнена операцией по испытанию покрытий на триботехнические свойства.

Организация участка по получению и испытанию детонационных покрытий имеет ряд преимуществ: отсутствуют затраты времени и денежных средств на доставку образцов с одной позиции на другую, облегчается осуществление контроля качества на различных операциях. Расположение позиции, на которой делается заключение о функциональных свойствах изготавливаемых материалов, и позиции, на которой из имеющегося сырья получают требуемый материал, значительно повышает эффективность исследовательской работы.

В качестве моделей шейки использовались стальные типовые образцы с напыленными детонационным способом покрытиями из порошков NiAl и TiB₂-Ni полученных методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза.

Детонационные покрытия наносились на установке детонационного напыления Катунь-М. После напыления покрытия шлифовались в несколько проходов до получения чистоты поверхности R_a=0,16-0,4 мкм.

В качестве контртел в условиях скольжения по монолитному абразиву применялись стальные колодки. Для осуществления указанной схемы трения на поверхность колодок был напылен абразивный порошок ПТ-19Н-01, покрытие из которого содержит частицы корунда Al₂O₃ микротвердостью 20 ГПа.

Твердости покрытий из алюминидов никеля и TiB₂-Ni, измеренные прибором ПМТ-3, имели значения 11 ГПа и 10 ГПа соответ-

ственно, толщина покрытий составляла соответственно 0,07 и 0,05 мм.

Шейка распределительного вала, контактирующего с подшипником скольжения, подвергается абразивному износу, возникающему при пуске двигателя, когда смазка не успевает попасть в зону контакта.

Образцы с напыленными покрытиями фотографировались на цифровую фотокамеру Nikon, соединенную с микроскопом МБС-10. Съёмки проводились перед испытанием образцов, на промежуточных стадиях и после завершения контактного нагружения.

По снимкам образцов исследовался процесс зарождения, развития и распространения трещин в напыленных на образец износостойких покрытиях. Для этого в компьютерную программу ACDSee вводился пакет фотоснимков площади всего образца.

После приложения контактной нагрузки на образец в течение некоторого времени на поверхности можно увидеть возникающие зародыши трещин. В дальнейшем, после приложения нагрузки на последующих интервалах времени при рассмотрении изображений этих же участков образца рассматривался и измерялся рост трещин и интенсивность зарождения системы трещин на поверхности образцов.



Рис. 1. Поверхность образца до эксперимента

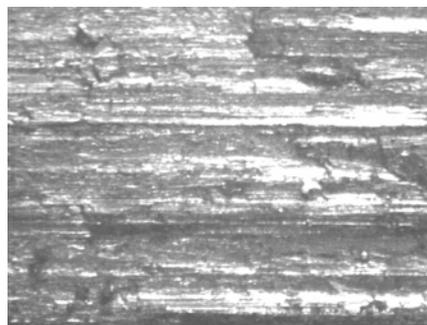


Рис. 2. Поверхность образца после эксперимента

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ТРИБОТЕХНИЧЕСКИЙ СТЕНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ИЗНОСОСТОЙКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ НА ОБРАЗЦАХ, ПОЛУЧЕННЫХ ДЕТОНАЦИОННЫМ НАПЫЛЕНИЕМ ПОРОШКОВЫХ СВС – МАТЕРИАЛОВ

Для полного охвата поверхности пакетом фотографий, чтобы обеспечить рассмотрение всего образца в режиме слайд-шоу определялась площадь образца:

$$S_0 = \pi DL, \quad (1)$$

где D- наружный диаметр образца, L- высота образца.

Площадь одной фотографии

$$S_{\phi} = S_3 / M^2, \quad (2)$$

S_3 - площадь фотографии на экране монитора,

M- кратность увеличения микроскопа.

Число фотографий, необходимое для полного оптического охвата поверхности образца рассчитывалось по формуле:

$$N = S_0 / S_{\phi} \quad (3)$$

Сочетание методов микроскопии с возможностями современных ЭВМ обеспечивает возможность наблюдать процесс образования и развития поверхностных трещин, обнаружить сколы на краях трещины и выносе частиц износа из зоны контакта.

Исследования динамики развития трещин в износостойком покрытии выявили непостоянство скорости роста трещины и развития системы трещин. На фотографиях ранних стадий разрушения поверхности образцов были выявлены зародыши микротрещин размером 0,1- 0,2 мм. Рост отдельного зародыша имел низкие темпы до того момента, когда рядом не образовывался еще один зародыш, образуя агрегат с первым зародышем трещины. С этого момента скорость трещины возрастала. В ряде случаев также происходило соединение агрегатов. При приближении отдельных трещин друг к другу отмечалось торможение и даже остановка роста близлежащих трещин.

На образце с площадью $S_0 = 6500 \text{ мм}^2$ трещины считались независимыми при их длине более 3 мм, если их число не превышало 40. В случае превышения этого порога трещины интенсивно объединяются в систему и происходит катастрофический износ образцов.

Существенным доводом в пользу применения детонационных покрытий является возможность получения конструкций, обладающих малым весом в сочетании с высокой износостойкостью. Эффект усиливается тем, что технологический процесс детонационного нанесения практически не изменяет первоначальную конфигурацию детали и не оказывает заметного воздействия на микроструктуру ее материала в объеме вследствие локальности термического воздействия (сама де-

таль редко нагревается до температуры выше 200°C). При необходимости температуру детали снижают путем охлаждения обдувкой углекислотой или воздухом, помещением детали на водоохлаждаемую подложку и т.д. Благодаря этому можно наносить покрытия на детали, изготовленные с высокой точностью, без опасения ее снижения.

Применение детонационных покрытий - одно из эффективных средств снижения колоссальных потерь от трения и изнашивания деталей узлов трения. Таким образом, износостойкость является одной из основных характеристик детонационных покрытий.

Технические основы формирования требуемой структуры покрытия

Производство порошков для износостойких покрытий, а также нанесение данных покрытий на детонационно-газовой установке осуществлялось в ПНИЛ СВС АлтГТУ под руководством и с непосредственным участием заведующего лабораторией к.т.н. Яковлева В.И.

Среди детонационных покрытий различного назначения наибольшее распространение получили износостойкие покрытия. Условия, в которых работают указанные покрытия разные, поэтому разнообразны и методы определения износостойкости. Сравнение результатов, полученных по различным методикам испытаний практически невозможно. При изменении нагрузки, скорости скольжения и других условий испытания пар трения может существенно изменяться механизм изнашивания деталей.

При использовании детонационных покрытий в качестве износостойких особое внимание следует уделять подбору материала контртела. Вопрос выбора материала пары трения сложен, так как требуется определение преобладающего механизма изнашивания.

В условиях, когда образование продуктов изнашивания и их величина минимальны, они могут, внедряясь в материал более мягкого контртела, не приводить к разрушению поверхности в виде своего рода «цепной реакции». При выборе наносимых материалов пары трения следует отдавать предпочтение разноименным материалам, что обеспечивает перепад твердости, лучшие условия работы и, как правило, уменьшение адгезионного взаимодействия.

В отличие от эксплуатационных свойств покрытий, полученных химико-термической обработкой и определяемых механическими характеристиками диффузионной зоны, эксплуатационные свойства напыленных покрытий в большой степени зависят от способа формирования зоны сцепления. Напыленный износостойкий слой образует как бы оболочку, от свойств которой зависит механизм трения. При больших контактных нагрузках возможна деформация, распространяющаяся на определенную глубину покрытия. Если связь материала покрытия с материалом подложки слабая, то работоспособность пары трения определяется, в основном, прочностными свойствами сформированного слоя. Благодаря высокой адгезии детонационного покрытия к подложке даже при нарушении защитного слоя (появление сквозных трещин) сохраняется работоспособность покрытия за счет удержания его материалом основы. Хорошее сцепление с подложкой особенно важно, когда в качестве защитного покрытия используется такой сравнительно хрупкий материал, как например, окись алюминия.

Независимо от условий эксплуатации, несомненно, лучше будет работать то покрытие, которое имеет меньшую поверхностную дефектность, меньшую толщину при большой величине сил сцепления с подложкой. Детонационные покрытия, в частности, несмотря на высокую твердость, могут деформироваться вместе с материалом подложки, что способствует снижению удельной нагрузки.

Следует отметить, что детонационные покрытия, как правило, нецелесообразно использовать для деталей, которые не обладают высокой точностью, и когда возможен значительный износ (например, для зубьев ковше экскаваторов, тракторных гусениц и т.п.). Эти покрытия более эффективны для деталей высокой точности, таких, как детали гидравлических систем, которые, кроме того, должны иметь высокую размерную стабильность в процессе эксплуатации. Благодаря применению твердых износостойких детонационных покрытий, позволяющих получать детали 1-го класса точности, может быть достигнута значительная экономия. Кроме того, изготовление сопрягаемых деталей из однородного материала позволяет исключить влияние на рабочие зазоры изменение температурных условий эксплуатации.

По нашему мнению, физический смысл прочности покрытий, величина которой фиксируется по моменту появления макротре-

щин, состоит в нарушении когезионных связей между частицами и слоями, представляющем лимитирующее звено в процессе разрушения системы покрытие-граничная зона-подложка.

На основании имеющихся данных о физико-механических свойствах покрытий (σ_p покрытия и подложки, $\sigma_{пц}$ подложки, N_{μ} зерен) оптимизировали условия их нанесения.

Механическая стабильность покрытий – сохранение несущей способности и жесткости в процессе эксплуатации – в значительной мере определяется напряженным состоянием самого защитного слоя, величиной остаточных напряжений в нем, то есть тем, насколько благоприятно для покрытия суммируются остаточные напряжения с эксплуатационными. Качественную характеристику уровня внутренних напряжений можно получить путем анализа зависимости прочностных и адгезионных свойств от толщины покрытий. Многочисленные статистические данные показывают, что наклон кривых, характеризующих $\sigma_{пц}$ и σ_p подложек и σ_p покрытий, более чем на 40° свидетельствует о существенном разупрочнении последних с ростом их толщины вследствие высоких внутренних напряжений. В таких случаях необходимо корректировать условия получения покрытий.

Альтернативной причиной усиленного разупрочнения покрытий с ростом их толщины можно рассматривать наличие структурных дефектов типа включений, пор, трещин и т.д. Однако эксперименты показали, что структурные дефекты типа углеродных и кислородных включений сказываются, прежде всего, на адгезионных свойствах покрытий (снижая их примерно в 2 раза), вызывают значительное охрупчивание; на когезионные же связи между частицами они влияют незначительно, угол наклона прямых при этом гораздо меньше 40° .

Оптимизация режимов получения покрытий находится в прямой зависимости от понимания связи между микроструктурой, фазовым составом и их физико-механическими свойствами. Высокие температуры в зоне детонации, скорости движения порошковых частиц к подложке, силы их соударения, взаимодействие с продуктами детонации, охлаждение покрытий со значительной скоростью, которое можно классифицировать как закалочное, вызывают значительные структурные и фазовые изменения в исходных порошковых материалах.

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ТРИБОТЕХНИЧЕСКИЙ СТЕНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ИЗНОСОСТОЙКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ НА ОБРАЗЦАХ, ПОЛУЧЕННЫХ ДЕТОНАЦИОННЫМ НАПЫЛЕНИЕМ ПОРОШКОВЫХ СВС – МАТЕРИАЛОВ

Вследствие их соударения с подложкой или друг с другом происходит значительный деформационный наклеп частиц. Формирование покрытий можно представить как последовательное наложение частично оплавленных или полностью расплавленных капель, которые быстро затвердевают на поверхности подложки. Известно, что каждая частица деформируется и застывает индивидуально. Результатом быстрого затвердевания частиц является слоистая структура покрытий и их дробление. При определенных режимах и составах покрытий удается получить аморфную структуру. В зависимости от размера и прочности частиц, условий напыления может происходить их полное измельчение на частички микронного размера или дробление периферийных зон с сохранением морфологии сердцевин исходной частицы. Мелкозернистая структура способствует образованию прочных качественных покрытий, в то время как наличие пяти типов границ межфазных, межзеренных, межчастичных, межслоевых и разделяющих покрытие и подложку – может стать дополнительным источником разрушения покрытий под воздействием нагрузок. Чаще всего различные структурные дефекты – поры, трещины, углеродные включения, загрязнения – расположены на межчастичных и межслоевых границах.

Кратковременность процесса детонации ограничивает межграницную диффузию и препятствует сплошности сформированных слоев, вследствие чего образуются полости, поры и трещины между частицами в напыленных покрытиях. Пористость в детонационных покрытиях носит случайный характер и, как правило, не превышает 2%, если процесс напыления осуществляется по оптимальной технологии.

На основании многочисленных экспериментальных данных рекомендуется выбирать технологические параметры таким образом, чтобы частицы порошков только сваривались между собой без значительной их деформации. В таких случаях внутренние напряжения и дефектность структуры минимальны. Второй оптимальный случай – значительная деформация частиц с формированием ячеистой дислокационной структуры, что должно обеспечить повышение прочности и температурной пластичности.

Следует также отметить, что действие ударных циклических нагрузок при детонационном нанесении покрытий приводит к образованию высокой плотности дефектов кри-

сталлического строения, появление макро- и микронапряжений, изменению исходной структуры в поверхностном слое подложки. В итоге все это способствует активации атомов поверхностного слоя и обеспечивает высокую прочность сцепления покрытия с подложкой.

Различия в стойкости и виде разрушения деформирующих элементов с деформирующим слоем из одного и того же исходного порошка, но напыленного на разных режимах обуславливаются составом и структурой получаемых покрытий. Надежной работой могут характеризоваться лишь те покрытия, структура которых обладает повышенной сопротивляемостью иницированию и распространению трещин за счет невысокой доли и размеров пор, правильности их формы, равномерного характера распределения фаз, зерен, слоев и т.д. (наличие большого количества границ – специфичность структуры газотермических покрытий).

Для детонационного твердосплавного покрытия доминирует усталостный механизм изнашивания, явно выражающийся в виде питтинга на участке рабочей поверхности деформирующего элемента, прилегающим к началу контакта инструмента с деталью (вторая зона).

В процессе испытаний образцов с покрытиями в зоне трения отмечалось выкрашивание частиц покрытия и скол участков поверхности, способствующих интенсивному изнашиванию покрытий. Увеличение интенсивности изнашивания покрытий при повышенных расходах детонирующей смеси, обусловлено их когезионным разрушением за счет выкрашивания твердых, но хрупких фаз, образующихся в покрытии в процессе напыления. В этом случае покрытие носит следы абразивного изнашивания.

Процессы, происходящие в области контакта материалов формируемого слоя и основы при напылении включают две характерные стадии, в результате протекания которых образуется прочная связь между атомами соединяемых веществ.

На первой стадии происходит образование физического контакта, т. е. сближения соединяемых веществ, на расстояния, требуемые для межатомного взаимодействия о подготовки поверхности к взаимодействию.

На второй стадии – химического взаимодействия – заканчивается процесс образования прочного соединения. В случае отсутствия перемешивания материала основы с напыляемым материалом физический контакт

образуется вследствие пластической деформации поверхности в момент удара о нее частицы. Пластическая деформация может наблюдаться как в приповерхностном слое основы, так и в области уже затвердевшего материала напыленной частицы.

Возможность образования прочного соединения напыляемого материала с основой определяется главным образом наличием и полнотой химического взаимодействия.

Отсутствие диффузионной зоны, например, в случае, когда материалом подложки является высокопрочный чугун, считается, обусловлено экранированием поверхностей контактирующих материалов друг от друга графитовыми выделениями, образующимися на поверхности чугуна в совокупности с термодинамической невыгодностью взаимодействия основных используемых компонентов напыленного покрытия, связанных в устойчивое химическое соединение с материалом основы.

Образование покрытия последовательной укладкой множества деформирующихся частиц с разной температурой, скоростью, агрегатным состоянием, массой приводит к формированию структуры с преобладающим слоистым строением, с наличием зернистых включений и микропустот – пор.

Плотная укладка частиц в покрытии и отсутствие в области границы между слоями газовых пор свидетельствует о незначительности газовыделения при формировании покрытия, что обусловлено с одной стороны – компактной структурой индивидуальных частиц СВС-порошка и отсутствием в их структуре газовых полостей, с другой – малым количеством газа, сорбированного поверхностью частиц [5].

Технические предпосылки создания триботехнического комплекса

Машина для испытания материалов на трение 2168 УМТ предназначена для испытания различных фрикционных и смазочных материалов на трение и износ с максимальным моментом трения 40 Н·м и максимальной частотой вращения шпинделя 3000 мин⁻¹.

Трудности реализации интерфейсных средств, встающих перед разработчиками, заключается главным образом в том, что датчики и другие чувствительные устройства, как правило, имеют разнородные выходы, и для подключения к вычислительному оборудованию необходимо использовать или создавать

специальные схемы преобразования сигналов, согласующие устройства, кодирующие преобразователи и т.д.

Таким образом, была реализована система сбора и обработки данных от электронного блока УМТ, которая позволяет управлять режимами работы УМТ и изучать различные механизмы трения с помощью ЭВМ.

Использование ЭВМ позволило получать результаты измерения более точно и позволяет обрабатывать полученные данные на ЭВМ. Причем, реализована система автоматического управления.

С помощью разработанной системы сбора данных была проведена серия экспериментов, которые показали, что система позволяет наиболее полно и надежно работать с УМТ. Задав только необходимые параметры, можно полностью провести эксперимент без вмешательства в процесс его проведения.

Так как слот магистрали ISA вынесен не наружу компьютера, а находится непосредственно на материнской плате, то использование этого интерфейса для разработки устройства сопряжения влечет за собой наличие знаний архитектуры ЭВМ у работника, работающего на УМТ, при подключении УС к ПЭВМ [6]. Чего, зачастую, не хватает специалистам технологам. К тому же существует опасность выведения компьютера из строя при подключении.

Использование магистрали PCI хоть и позволяет заносить все данные целиком в ЭВМ, но это нам не так необходимо, потому, что информация, поступающая с вольтметров ЭБ УМТ, изменяется не очень быстро. Это еще и сузит диапазон применимости устройства сопряжения, т.е. невозможность подключения старых моделей компьютеров. К тому же, как и с магистралью ISA приходится вскрывать компьютер для его подключения, что может привести к поломке компьютера.

Проведя анализ механизма управления УМТ от ЭВМ, выбран интерфейс Centronics, не требующий никаких сложностей механического подключения.

Назначение разъема от электронного блока

Электронный блок УМТ имеет разъем для подключения к ЭВМ, в котором:

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ТРИБОТЕХНИЧЕСКИЙ СТЕНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ИЗНОСОСТОЙКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ НА ОБРАЗЦАХ, ПОЛУЧЕННЫХ ДЕТОНАЦИОННЫМ НАПЫЛЕНИЕМ ПОРОШКОВЫХ СВС – МАТЕРИАЛОВ

- 16 контактов соответствуют информационным разрядам, фиксирующим данные с каждого из 4-х вольтметров путём их мультиплексирования;
- две входные линии для управления платой мультиплексора, т.е. коммутации выходных линий между вольтметрами;
- входной бит управления от ПЭВМ для перехода на другую ступень вращения вала в УМТ;
- 4 выходные линии для передачи от ЭБ УМТ в ПЭВМ информации о "конце измерений" вольтметрами;
- выход, сигнализирующий о нажатии клавиши «пуск привода» на панели УУВЧВ;
- выход импульсов с датчика числа оборотов;
- питание (+5В) и «земля».

Назначение разъема устройства сопряжения в LPT-порт

Разработана схема сопряжения электронного блока УМТ с внешней ПЭВМ через однонаправленный LPT-порт.

На выходе УС находятся контакты для подключения к:

- 4-ем линиям шины состояния адаптера для передачи 4-х разрядов данных с каждого вольтметра или сигналов состояния всех четырёх вольтметров;
- 5-ой линии шины состояния для передачи импульсов с датчика числа оборотов в порт;
- 7-ми линиям шины данных адаптера для передачи из порта сигналов управления S1, S2, S3, E1, E2 в УС и сигналов управления A0, A1 в ЭБ УМТ;
- 8-ой линии шины данных для передачи из порта сигнала одновременного запуска 4-х вольтметров для проведения измерений;
- 1-ой линии шины управления адаптера для передачи из ЭБ УМТ в порт сигнала для проверки нажатия кнопки «Пуск привода»;
- 2-ой линии шины управления для передачи из порта в ЭБ УМТ импульсов перехода на другую частоту вращения;
- 1-ой линии адаптера «земля».

Описание работы программы

Программа, обслуживающая устройство сопряжения и управляющая электронным блоком УМТ написана на языке TURBO PASCAL 7.0. (рис. 3) В программе предусмотрена работа УМТ, управляемая ЭВМ, в режимах: по числу оборотов и по времени.

Программой управления предусмотрено два режима работы УМТ: режим работы по времени и по частоте вращения. В режиме работы по времени программа передает управляющие импульсы на УМТ, исходя от системного времени. В режиме управления по частоте вращения, исходя от количества счетных импульсов с датчика количества оборотов УМТ. В том и другом режиме информация о физических параметрах исследуемого образца с вольтметров ЭБ УМТ принимается, декодируется и записывается в файл для последующей обработки на ЭВМ.

Теоретический анализ явлений позволяет создавать модели абразивного, эрозионного и других видов изнашивания поверхности. В свою очередь развитие методов расчета оценки поверхностной прочности является необходимой предпосылкой разработки более высокопрочных материалов.

В современном машиностроении все более высокие требования предъявляют к качеству функциональных поверхностей изделий различного назначения.

Количество одновременно учитываемых параметров качества, как правило, больше трех. Поэтому оптимизация по указанным параметрам очень трудно обозрима геометрически. Второе важное обстоятельство состоит в том, что сами параметры являются нестационарными, так как изменяются по глубине проявления в поверхностном слое (ПС). В этой связи возникает проблема сертификации состояния ПС изделия применительно к требуемым функциональным свойствам как комплекс параметров качества. Для решения задачи сертификации требуется комплексный критериальный подход, который может состоять в совместном рассмотрении функций: опорной линии и функций распределения ординат профиля, вязкоупругопластических характеристик ПС (упругость, ползучесть и пластичность), интеграла технологических остаточных напряжений и др. [7].

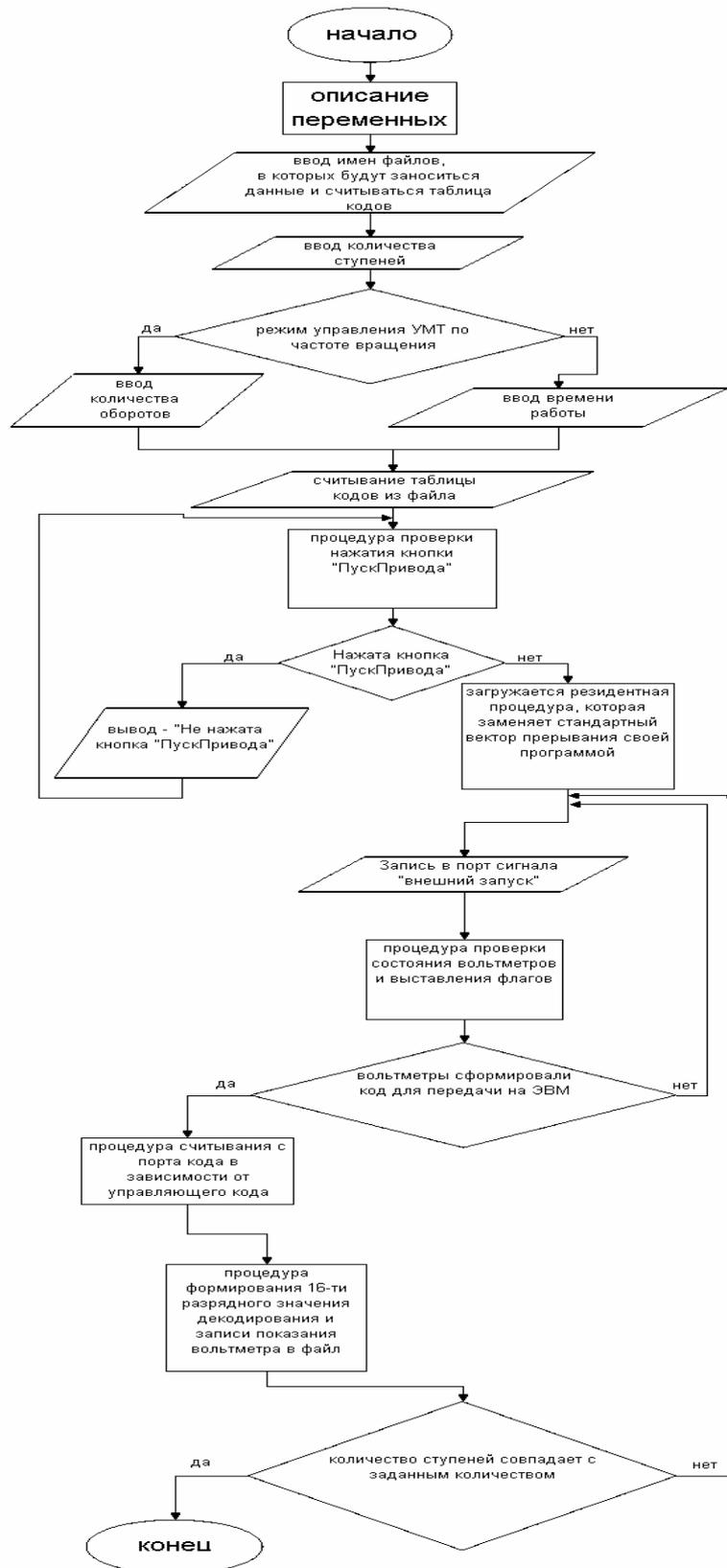


Рис.3. Алгоритм управляющей программы

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ТРИБОТЕХНИЧЕСКИЙ СТЕНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ИЗНОСОСТОЙКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ НА ОБРАЗЦАХ, ПОЛУЧЕННЫХ ДЕТОНАЦИОННЫМ НАПЫЛЕНИЕМ ПОРОШКОВЫХ СВС – МАТЕРИАЛОВ

Для сертификации поверхности по комплексу приведенных выше характеристик качества необходимо располагать методиками и аппаратными средствами позволяющими, оперативно получать, обрабатывать и хранить необходимую информацию. К подобного рода аппаратным средствам можно отнести новый триботехнический стенд для комплексной визуальной оценки состояния поверхности, для оценки параметров микрогеометрии и волнистости, а также параметров напряженно-деформированного состояния поверхностного слоя.

Разработанные методики и новый трибокомплекс можно применять как в научно-исследовательских лабораториях, так и в условиях действующего производства для отработки новых технологий, исследования новых конструкционных материалов, а также использовать в режиме аппаратных средств заводских ОТК.

Выводы:

1. Запущен в действие триботехнический комплекс, включающий ЭВМ, посредством которой осуществляется управление условиями эксперимента, сбор и обработка экспериментальных данных.

2. Спроектирована и опробована технология получения износостойких антифрикционных покрытий из передовых СВС-материалов.

3. Проведен анализ структуры СВС-покрытий и выявлена зависимость долговечности покрытия от различных характеристик структуры.

4. Создана и запущена компьютерная программа, задающая режимы эксперимента и позволяющая вести сбор и обработку опытной информации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Явление стабилизации износа металлов при взаимодействии с абразивными материалами/ Зимин А.И., Смирнов Б.Н. // Научные открытия: Сборник кратких описаний научных гипотез – 2001г., М., 2002.

2 Крагельский И.В., Добычин А.Н., Комбалов В.С. Основы расчетов на трение и износ. М.: Машиностроение, 1977. – 526 с.

3. Методические указания к курсовому и дипломному проектированию (для студентов всех специальностей направлений: «Инженерная механика», «Машиностроение»). Инженерная методика расчета ресурса по износу деталей машин / Роганов Л.Л. – Краматорск: ДГМА, 2002. - 14 с.

4. Войнов К.Н. Прогнозирование надежности механических систем. – Л.:Машиностроение, 1978. – 208 с.

5. Бартнев С.С., Федько Ю.П., Григоров А.И. Детонационные покрытия в машиностроении – Л.:Машиностроение, Ленинградское отделение, 1982. - 215с., ил.

6. Паспорт машины для испытания материалов на трение 2168 УМТ. Ивановский завод испытательного оборудования. 1986.

7. Васильков Д.В., Петров В.М., Пономарев А.Н., Никитин В.А., Малинок М.В., Хлебников А.Б., Михайлов В.А. «Новые измерительно-вычислительные комплексы оценки характеристик качества поверхностного слоя деталей машин», «Трение износ, смазка» №2. 2004.