

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ЗВЕЗДОЧЕК ЦЕПНЫХ ПЕРЕДАЧ

Жорник В.И., к.т.н.; Падаляк В.В.

ГНУ «Объединенный институт машиностроения» НАН Беларуси,

г. Минск, Республика Беларусь

Акулович Л.М., д.т.н., профессор

Белорусский государственный аграрный технический университет,

г. Минск, Республика Беларусь

В сельскохозяйственных машинах и механизмах широко применяют цепные передачи для передачи вращательного движения между параллельными, пересекающимися и скрещивающимися осями валов, а также для преобразования вращательного движения в поступательное.

Материал для изготовления звездочек выбирают в зависимости от условий их эксплуатации, передаваемых нагрузок, скоростей вращения и т.д. При выборе марки стали учитывают эксплуатационные показатели: прочность, долговечность работы, износостойкость. Долговечность зубчатых передач лимитируют звездочки, которые выходят из строя по причине усталостного разрушения и изнашивания. Для изготовления звездочек наиболее широко используются следующие марки сталей: углеродистые – 40, 45, 50; углеродистые пониженной прокаливаемости – 55ПП; хромоникелевые – 12ХН3А, 12Х2Н4А, 20ХН, 40ХН; хромомарганцевые – 18ХГ, 18ХГТ, 25ХГТ, 30ХГТ; хромомолибденовые – 20ХМ. Указанные марки сталей после соответствующей термической обработки обеспечивают необходимую усталостную прочность зубьев.

Изнашивание имеет место, когда поверхность зубьев обработана грубо, а скорости и нагрузки высокие. Современные подходы повышения износостойкости подобных поверхностей трения базируются на использовании промежуточных слоев – тонких металлических покрытий, получаемых различными физико-химическими методами [1,2,3].

С развитием нанотехнологий разработаны методы получения тонких композиционных покрытий, содержащих в матричном материале ультрадисперсные (размером не более 100 нанометров) частицы из оксидов, боридов, карбидов, ультрадисперсных алмазов [4,5]. Такое насыщение покрытий сверхтвердыми частицами значительно повышает их износостойкость.

Таким образом, решение задачи повышения ресурса цепных передач возможно за счет использования композиционных пластичных смазок и технологий, обеспечивающих формирование тонких (толщиной 2 - 10 мкм) покрытий из мягких металлов (меди и медьсодержащих сплавов, алюминия, олова, свинца и др.). В этом случае нормальные напряжения, возникающие в зонах фактического контакта, частично будут восприниматься более жестким основанием, поэтому глубина внедрения микронеровностей поверхностей более жесткого элемента узла трения и деформационная составляющая силы трения будут меньше, чем при использовании более толстых покрытий. Кроме того, тонкий слой мягкого покрытия позволит улучшить прирабатываемость поверхностей трения цепных передач.

Покрытия из мягких металлов широко используются для повышения работоспособности деталей узлов трения. Принцип действия таких покрытий, например, медных, полученных фрикционным переносом, практически не отличается от механизма действия твердых смазок, в частности, дисульфида молибдена. Покрытия из мягких металлов позволяют сравнительно легко обеспечить сформулированное И.В. Крагельским правило положительного градиента, согласно которому процесс деформирования отдельных наиболее на-

груженых участков поверхностей трения должен проходить только в поверхностных слоях, не вовлекая в деформацию нижерасположенные слои [6]. В противном случае, если деформация от контакта поверхностей распространяется в глубину тела, то в результате неоднородности структуры создаются зоны затрудненного пластического течения металла и существенно возрастает работа трения, что, помимо повышения температуры, ухудшает условия фрикционного взаимодействия трущихся пар.

Положительная роль покрытий из мягких металлов состоит еще и в том, что в процессе трения они способствуют образованию тонких мягких пленок, облегчающих поверхностную деформацию и снижающих коэффициент трения. Такие пленки могут возникать в результате разупрочнения поверхностных слоев или в результате эффекта избирательного переноса, когда за счет электрохимического процесса растворения анодных компонентов основы поверхностно или химически активными веществами смазки осуществляется концентрация вакансий в поверхностных слоях и в результате физико-химических процессов происходит образование мягких адсорбционных слоев.

Во многих случаях к таким покрытиям предъявляются взаимоисключающие требования. Например, при высокой несущей способности (высокой прочности) они должны быть достаточно мягкими, чтобы меньше изнашивать более жесткий элемент трущейся пары. Поэтому для повышения работоспособности деталей узлов трения признано целесообразным наносить покрытие из мягкого металла на более прочную и твердую поверхность достаточно тонким слоем. В этом случае контактные давления, возникающие в подвижном сопряжении, будут восприниматься жестким основанием.

Из существующих методов формирования покрытий наиболее доступным для машиностроительных предприятий агропромышленного комплекса является простой в реализации, малозатратный и экономичный метод формирования покрытий деформационным плакированием с помощью гибкого инструмента, в качестве которого используется вращающаяся металлическая щетка с проволочным ворсом [7]. Вращающаяся металлическая щетка взаимодействует одновременно с поверхностью обрабатываемой детали и стержнем, изготовленным из материала-донора, формирующего покрытие (рисунок 1).

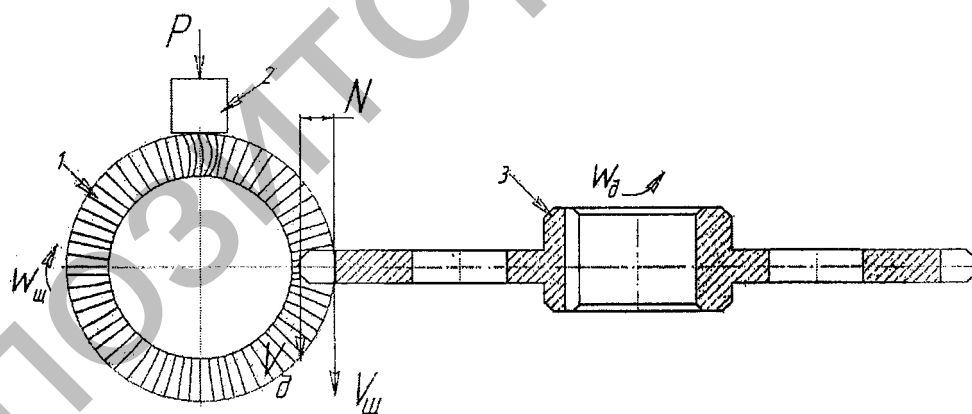


Рисунок 1 – Схема нанесения покрытия вращающейся металлической щеткой на поверхности зубьев звездочек цепных передач: 1 – вращающаяся металлическая щетка; 2 – брусок из материала покрытия; 3 – деталь; P – усилие прижатия бруска; $V_{щ}$ – линейная скорость вращения щетки; $V_{д}$ – линейная скорость вращения детали; $W_{щ}$ – угловая скорость вращения щетки; $W_{д}$ – угловая скорость вращения детали; N – натяг щетки

При реализации процесса нанесения покрытия материал-донор прижимается к быстро вращающейся проволочной щетке. К щетке подводится плакируемая поверхность де-

тали и между ними создается натяг за счет вдавливания ворса на глубину, зависящую от конструктивных параметров щетки и режимов.

В процессе обработки ворсинки щетки, с одной стороны, осуществляют наклеп поверхности детали, создавая остаточные напряжения сжатия в поверхностном слое на глубину, зависящую от конструкции щетки, технологических режимов обработки и состояния исходной поверхности материала основы. С другой стороны, ворсинки являются носителями материала покрытия и обеспечивают прочную адгезию наносимого материала к основе. Такой метод позволяет получать сплошные покрытия толщиной от 0,5 до 450 мкм из чистых металлов и сплавов. Подготовки поверхности под нанесение покрытия, равно как и последующей дополнительной механической обработки сформированного покрытия, не требуется.

После формирования покрытия из мягкого металла методом деформационного плакирования в технологический процесс изготовления или ремонта звездочек цепных передач предлагается в качестве технологической операции повышения износостойкости вводить процесс приработки, который осуществляется при работе пары трения в присутствии смазки Литол-24 (ГОСТ 21150-75), модифицированной добавкой ультрадисперсной алмазграфитовой шихты УДАГ (ТУ РБ 28619110.001-95) в количестве 1,0 мас. % [8].

Зависимости коэффициента трения при возвратно-поступательном перемещении контактирующих материалов «медь М1-сталь 45» со скоростью 0,1 м/с и контактными давлениями 5-20 МПа приведены на рисунке 2.

Из приведенных зависимостей следует, что с повышением давления в паре трения влияние модифицирующих ультрадисперсных алмазграфитовых добавок на коэффициент трения возрастет.

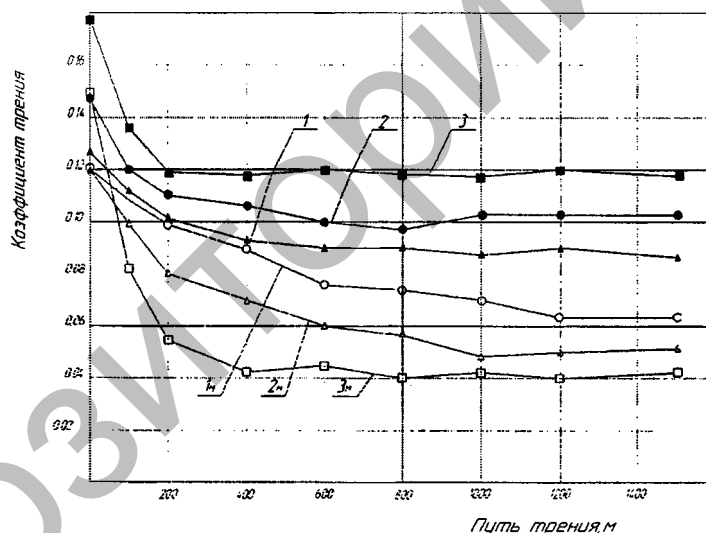


Рисунок 2 – Изменение коэффициента трения в процессе испытаний пары «медь М1 – сталь 45» в присутствии стандартной смазки Литол-24 (1,2,3) и смазки Литол-24 + УДАГ (1_М, 2_М, 3_М) при различных удельных нагрузках: 1,1_М– 5 МПа; 2,2_М– 10 МПа; 3,3_М – 20 МПа

Наряду с этим приработка в смазочном материале с наноразмерными смазочными добавками модифицирует поверхность трения, формируя в ней ячеистую структуру с размером субзерен менее 100 нм [9]. Измельчение формирующейся при трении субзеренной структуры сопровождается пропорциональным увеличением микротвердости поверхности трения, в частности, в результате триботехнических испытаний при давлении 20 МПа микротвердость поверхностного слоя меди М1 возрастет в 2,4 раза. Подобные структуры характеризуются высоким сопротивлением зарождению и распространению микротрещин,

формирующих частицы износа. При этом, интенсивное деформационное упрочнение наноразмерной субзеренной структуры обеспечивает высокую несущую способность фрикционного сопряжения.

На изнашивание поверхностей звездочек и на их стойкость против усталостного разрушения оказывают влияние циклические нагрузки, обусловленные радиальным и торцевым биением зубчатого венца относительно посадочного отверстия. Минимизация биения зубчатого венца снижает динамические нагрузки на зубья звездочек и давления на контактирующие поверхности. Следовательно, технологическое обеспечение долговечности звездочек цепных передач кроется в повышении точности профиля зубьев и снижении величины биения зубчатого венца относительно геометрической оси вращения звездочки.

Повысить точность профиля поверхностей зубьев звездочек и свести к минимуму биение зубчатого венца позволяет такое построение технологического процесса, при котором с одной установки заготовки обрабатывается максимально возможное количество поверхностей. Такую концентрацию технологических переходов, и заданную точность профиля зубьев обеспечивает оборудование с числовым программным управлением. Поэтому технологические процессы изготовления звездочек цепных передач должны использовать возможности металлорежущих станков с числовым программным управлением в части концентрации обработки и точности обрабатываемых поверхностей.

С учетом отмеченного выше, типовой технологический маршрут изготовления звездочек можно представить в следующей последовательности:

- токарная обработка заготовки по контуру;
- финишная обработка отверстия;
- моечная;
- тонкое точение зубчатого венца;
- зубофрезерование;
- снятие фасок и острых кромок зубьев;
- контроль параметров зубьев;
- термическая обработка;
- нанесение покрытия методом деформационного плакирования;
- зубоприработка;
- окончательный контроль.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белоцерковский, М.А. Технологии активированного газопламенного напыления антифрикционных покрытий / М.А. Белоцерковский. – Минск: Технопринт. – 2004. – 200 с.
2. Черновол, М.И. Упрочнение и восстановление деталей машин композиционными покрытиями / М.И. Черновол. – Киев: Вища школа, 1992. – 79 с.
3. Трение, износ и смазка (трибология и триботехника) / А.В. Чичинадзе, Э.М. Берлинер, Э.Д. Браун и др.; Под общ. ред. А.В. Чичинадзе. - М.: Машиностроение, 2003 – 576 с.;
4. Витязь, П.А. Перспективы применения нанокристаллических алмазов при создании машин и технических систем / П.А. Витязь, В.И. Жорник // Надежность машин и технических систем: материалы Междунар. научн.-техн. конф: в 2-х т., Минск, 16 – 17 окт. 2001 г. / Институт надежности машин НАН Беларуси; под общ. ред. О.В. Берестнева. – Минск: Институт технической кибернетики НАН Беларуси, 2001. – Т.1. – С. 30 – 34.
5. Буркат, Г.К. Ультрадисперсные алмазы в гальванотехнике / Г.К. Буркат, В.Ю. Долматов // Физика твердого тела. – 2004. – Т.46, вып. 4. – С. 685 – 692.
6. Трение, изнашивание и смазка: справочник в 2-х кн. / И.В. Крагельский [и др.]; под ред. И.В. Крагельского и В.В. Алисина. – М.: Машиностроение, 1978-1979. – Кн.1. – М.: Машиностроение, 1978. – 400с.

7. Леванцевич, М.А. Технологические возможности покрытий нанесенных металлическими щетками / М.А. Леванцевич // Вестник ПГУ. – 2003. – Т.2, № 4. – С. 53 – 55.
8. Оценка триботехнических свойств покрытий при работе в среде модифицированного смазочного материала / А.И. Камко [и др.] // Экологическая безопасность и энергосбережение на транспорте: сборник тезисов докладов Междунар. научн.-практ. конф., Гомель, 22-23 окт. 2006 г. / М-во образования Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп.; под общей ред. В.М. Овчинникова. – Гомель, 2006. – С. 156 – 159.
9. Витязь, П.А. Формирование износостойких поверхностных структур и механизм фрикционного разрушения при трении в среде смазочного материала, модифицированного ультрадисперсными алмазографитовыми добавками. Ч.1 Триботехнические свойства / П.А. Витязь, В.И. Жорник, В.А. Кукаренко, А.И. Камко // Трение и износ, 2006. – Т.27, №1. – С.61 – 68.

Аннотация

Технологическое обеспечение долговечности звездочек цепных передач

Предложен типовой технологический маршрут, обеспечивающий уменьшение циклических нагрузок на зубья звездочек и нанесением на их поверхность твердых наноразмерных частиц.

Abstract

The technological security of the durability of the chain transmissions stars

A technological process is devised, which secures decreasing of cycle load on the teeth of stars and putting firm nano – size particles on their surface.

УДК 621.793

РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ ПОКРЫТИЙ НА РАБОЧИХ ПОВЕРХНОСТЯХ КОРПУСНЫХ ОПОР ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ АГРЕГАТОВ

Белоцерковский М.А., к.т.н., Чекулаев А.В.

*ГНУ «Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси»,
г. Минск, Республика Беларусь*

Введение. В настоящее время в выпускаемых почвообрабатывающих агрегатах комбинированных широкозахватных (АКШ) широко используется конструкция корпусных опор подшипникового узла катков, представляющая собой два сферически сопряженных корпуса. Данная конструкция обеспечивает вращение катков и их перемещение в вертикальной плоскости без заеданий и заклиниваний, что позволяет выравнивать поверхность обрабатываемого поля и производить его прикатывание для предпосевной подготовки почвы. Основным требованием подшипникового узла катка культиватора является низкий