

ной среды обладает неоспоримыми преимуществами перед минеральным маслом. Так, образцы из штамповых сталей, термообработанные с помощью водовоздушной смеси, имели структуру, аналогичную закалке в минеральном масле. А также за счет варьирования в процессе охлаждения направления и количества струй смеси можно достигнуть регулируемого процесса охлаждения, т.е. охлаждать различные поверхности (стороны) деталей с различной скоростью, что позволяет отказаться от некоторых операций – отпуска хвостовика, а во многих случаях и отпуска штампа в целом.

Технологический процесс с применением водовоздушной смеси состоит из следующих операций: нагрева (аналогично базовому техпроцессу), закалки в водовоздушной смеси на специальной установке, выравнивания температур.

Преимуществом приведенного технологического процесса является отсутствие операций отпуска штампа и отпуска хвостовика штампа. Удаление этих операций позволяет уменьшить время проведения технологического процесса практически вдвое: с 63,5–85,0 до 31,5–41,5 ч. Также это позволяет отказаться от печи-плиты, а время работы основной печи с выдвижным подом также значительно сокращается, что дает значительную экономию природного газа (порядка 290 м³ на каждом штампе массой 1,5 т). Еще одним положительным эффектом является отсутствие необходимости в минеральном масле в процессе закалки, а также устранение ванны для закалки, что в свою очередь также дает значительную экономию. Дополнительным экономическим эффектом является увеличение пожаробезопасности процесса: исключается вероятность воспламенения масла при ошибке персонала во время извлечения штампа. Не требуется вытяжная вентиляция, что помогает сэкономить на электроэнергии более, чем 10 кВт·ч на один штамп.

Время окупаемости данного технологического процесса вместе с установкой составляет 1,5–2 года в зависимости от напряженности производственной программы.

УДК 620.16

Эффективность применения сульфидирования и фосфатирования для повышения стойкости стальных деталей трибосопряжений

Студент гр. 10401116 Лешок В.А.

Научный руководитель – Ковальчук А.В.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Одним из наиболее перспективных и бурно развивающихся в настоящее время направлений повышения эффективности сопрягаемых деталей является инженерия поверхности с использованием поверхностной упрочняющей обработки. Основным объектом исследования является сопротивление процессу перемещения поверхностных слоев контактирующих тел, которое обуславливается силой трения. Эта сила возникает в трибосопряжении – двух функционально связанных деталях, например, вал-втулка, два зубчатых колеса, фрикционный диск и контртело и другие.

В связи с современными требованиями к уровню свойств стальных деталей пар трения в производственной сфере существует актуальная задача разработки технологии повышения стойкости фрикционных пар в гидромеханических коробках передач, охлаждаемых маслом тормозах и муфтах, где протекает изнашивание в условиях граничного трения (при наличии смазки трансмиссионным маслом). Условия работы данных трибосопряжений: давление на материал 4 МПа, скорость скольжения 10 м/с, рабочая температура поверхностей 80...90 °С. Материал фрикционного диска – металлокерамика МК-5, материал контртела – сталь 65Г [1]. При конструировании пары трения, в которую входит фрикционный диск и контртело, материал контртела должен иметь высокий коэффициент трения и низкую интенсивность изнашивания, а также быть наиболее выгодным по технико-экономическим показателям.

Одним из наиболее перспективных методов упрочнения является химико-термическая обработка стальных изделий, прошедших термическую обработку, в частности, сульфидирование и фосфатирование [2–4].

В результате сульфидирования на поверхности стальной детали образуются соединения серы – сульфиды, выполняющие роль смазочного материала и позволяющие повысить износостойкость стали. Так, дисульфиды молибдена MoS_2 , вольфрама WS_2 , сульфиды железа FeS , цинка ZnS и других металлов являются эффективными смазочными материалами и могут вводиться в состав самосмазывающихся добавок [5].

В результате сульфидирования закаленных стальных контртел фрикционных пар гидромеханических коробок передач при температурах до $560^\circ C$ образуется слой сульфида железа, который улучшает их прирабатываемость и повышает износостойкость. Образующиеся в результате сульфидирования ферросульфидные соединения придают этому покрытию свойство самосмазывания. Фазы на основе железа и серы в поверхностном слое детали повышают ее стойкость за счет повышения микротвердости поверхности и повышения антифрикционных свойств. Кроме того, улучшается обрабатываемость резанием и способность к шлифовке и полировке, что позволяет повысить чистоту окончательной механической обработки. Таким образом, сульфидирование позволяет повысить износостойкость стальных контртел фрикционных пар до 6 раз, по сравнению с закаленными деталями. Долговечность трибосопряжения при этом повышается не менее чем в 3 раза [6]. Известен факт того, что при толщине диффузионного сульфидного слоя 0,3 мм после износа детали на 1,0 мм толщина сульфидного слоя изменяется незначительно. Это можно объяснить тем, что возникающее тепло в зоне контакта трущихся поверхностей приводит к активизации диффузионных процессов и сульфидный слой перемещается вглубь детали [7].

При фосфатировании на поверхности стального изделия формируется слой малорастворимых фосфатов железа, а также фосфатов на основе железа и легирующих элементов. При фосфатировании на поверхности металла одновременно протекают два процесса – образование фосфатов и растворение основного металла [5]. Толщина слоя фосфатов может изменяться от 2 до 50 мкм. Этот слой фосфатов, которым покрыта защищаемая деталь, не боится органических масел, смазочных и горячих материалов, толуола, бензола, практически всех газов, что особенно важно для деталей коробки передач и маслоохлаждаемых тормозов.

Для ускорения процесса формирования защитного слоя в жидкую среду для фосфатирования вводятся окислительные анионы, такие как ClO_3 , NO_2 , NO_3 и другие.

Для улучшения износостойкости, прочности и твердости стальных закаленных контртел рекомендуется фосфатирование с получением фосфатных мелкокристаллических тонких слоев толщиной 5...10 мкм, которые обладают также высокими защитными свойствами. Для этого необходимо предварительно подготовить поверхность стальной детали пескоструйной обработкой, а затем обезжирить с использованием органических растворителей или химическим способом.

Фосфатирование позволяет повысить микротвердость поверхности и прочность поверхностного слоя стального контртела, что приводит к повышению ресурса трибосопряжения до 4 раз по сравнению с закаленными деталями. Фосфатирование также позволяет повысить теплостойкость поверхности до $500^\circ C$ и коррозионную стойкость в условиях атмосферной коррозии [8].

Таким образом, установлена эффективность применения методов сульфидирования и фосфатирования для повышения механических свойств стальных деталей трибосопряжений на примере фрикционных пар гидромеханических коробок передач. Рассмотренные методы позволяют повысить ресурс фрикционных пар за счет повышения износостойкости стальных контртел до 3...6 раз путем формирования на их поверхности сульфидных и фосфатных слоев, что может быть эффективно применено при производстве и упрочнении деталей гидромеханических коробок передач, маслоохлаждаемых тормозов и муфт на таких предприятиях, как БелАЗ, МТЗ, МАЗ, МЗКТ, Амкодор, Петербургский тракторный завод, Харьковский тракторный завод и других.

Список использованных источников

1. Лешок, А.В. Исследование условий переноса фрикционного материала МК-5 на поверхность стального контртела / А.В. Лешок, О.В. Хренов // Наука – образованию, производству, экономике : мат. 11-й междунар. науч.-техн.конф. Т. 1. – Минск: БНТУ, 2013. – С. 321-322.
2. Арзамасов, Б.Н. Химико-термическая обработка металлов в активизированных газовых средах /Б.Н.Арзамасов, Ю.М.Лахтин. – М: Металлургия, 1979. – 224 с.
3. Арзамасов, Б.Н. Химико-термическая обработка металлов / Б.Н. Арзамасов, Ю.М. Лахтин. – М: Металлургия, 1985. – 256 с.
- 4.Борисенок, Г.В. Химико-термическая обработка металлов и сплавов. Справочник / Г.В.Борисенок, Л.А.Васильев, Л.Г.Ворошнин. – М: Металлургия, 1981. – 424 с.
5. Бокштейн, С.З. Диффузия и структура металлов / С.З.Бокштейн. – М: Металлургия, 1973. – 200 с.
6. Вишневский, А.Э. Повышение стойкости стальных дорнов термохимической обработкой и покрытием / А.Э. Вишневский, В.А. Горохов // Новые материалы и технологии их обработки: XIII Респ. студ. науч.-техн. конф., 23–27 апреля 2012 г. / ред. Н.И. Иваницкий. – Минск: БНТУ, 2012. – С. 207–208.
7. Попов А.А. Теоретические основы химико-термической обработки стали / А.А. Попов. – М: Металлургия, 1962. – 120 с.
8. Хренов, О.В. Результаты испытаний фрикционных дисков из различных материалов для эксплуатации в гидромеханической передаче «БелАЗ» / О.В. Хренов, А.В. Лешок // Наука – образованию, производству, экономике: мат. 13-й Междунар. науч.-техн. конф. Т.1. – Минск: БНТУ, 2015. – С. 324.

УДК 621.785.53:620.186:620.178.16:669.018.29

Преимущества азотирования сталей в условиях низкотемпературного циклического нагрева

Студент гр. 10401116 Лешок В.А.
Научный руководитель – Ковальчук А.В.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Одним из наиболее перспективных методов химико-термической обработки стальных изделий является азотирование. Азотирование стали по сравнению с цементацией отличается рядом весомых преимуществ. Изделие не подвергается значительному термическому воздействию, при этом твердость его поверхностного слоя значительно увеличивается. Стоит отметить, что размеры деталей, подвергающихся азотированию, практически не изменяются. Это условие позволяет применять азотирование для стальных деталей, которые уже прошли окончательную термическую обработку – закалку с высоким отпуском, после чего отшлифованы до требуемых геометрических параметров. После азотирования изделия можно подвергать полировке или другим методам финишной механической обработки. Благодаря указанным достоинствам азотирование является одним из основных способов поверхностного упрочнения сталей [1–2]. Азотирование стали заключается в том, что металл подвергают нагреву и выдержке в химически активной (насыщающей) среде при температурах от 420 до 650 °С. Одним из наиболее распространенных на предприятиях машиностроительного профиля является процесс газового азотирования. Чтобы активировать процесс насыщения и упрочнения поверхности изделия при таком способе в печь под давлением подается аммиак. При нагреве происходит диссоциация аммиака на составные элементы, и данный процесс описывает следующая химическая формула:

