

Учредители

- Институт машиноведения им. А.А. Благонравова
Российской академии наук
- Московский государственный индустриальный университет

Издатель

Московский государственный индустриальный университет

Журнал зарегистрирован 30 декабря 2004 г. Федеральной службой по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия

Свидетельство о регистрации ПИ № ФС 77-19294

МАШИНОСТРОЕНИЕ И ИНЖЕНЕРНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

№ 3'2011

Выходит 4 раза в год

ISSN 1815-1051

В номере

РЕДКОЛЛЕГИЯ ЖУРНАЛА

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Ганиев Р.Ф., академик РАН, директор Института машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук (ИМАШ РАН)

ОТВЕТСТВЕННЫЙ РЕДАКТОР

Скопинский В.Н., д.т.н., проф. (МГИУ)

ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА

Овчинников В.В., д.т.н., проф. (ФГУП «РСК МИГ»)

ЧЛЕНЫ РЕДКОЛЛЕГИИ

Алешин Н.П., академик РАН, д.т.н., проф. (Москва)

Асташев В.К., д.т.н., проф. (Москва)

Беляков Г.П., д.э.н., проф. (Красноярск)

Бобровницкий Ю.И., д.ф.-м.н., проф. (Москва)

Вайсберг Л.А., д.т.н., проф. (Санкт-Петербург)

Горкунов Э.С., член-корр. РАН, д.т.н., проф. (Екатеринбург)

Григорян В.А., д.т.н., проф. (Москва)

Дроздов Ю.Н., д.т.н., проф. (Москва)

Индейцев Д.А., член-корр. РАН, д.ф.-м.н., проф. (Санкт-Петербург)

Колесников А.Г., д.т.н., проф. (Москва)

Кошелев О.С., д.т.н., проф. (Н. Новгород)

Лунев А.Н., д.т.н., проф. (Казань)

Махутов Н.А., член-корр. РАН, д.т.н., проф. (Москва)

Пановко Г.Я., д.т.н., проф. (Москва)

Перминов М.Д., д.т.н., проф. (Москва)

Петров А.П., д.т.н., проф. (Москва)

Полилов А.Н., д.т.н., проф. (Москва)

Поникаров С.И., д.т.н., проф. (Казань)

Приходько В.М., член-корр. РАН, д.т.н., проф. (Москва)

Резчиков А.Ф., член-корр. РАН, д.т.н., проф. (Саратов)

Рототаев Д.А., д.т.н., проф., акад. РАРАН (Москва)

Теряев Е.Д., член-корр. РАН, д.т.н., проф. (Москва)

Федоров М.П., член-корр. РАН, д.т.н., проф. (Санкт-Петербург)

Чаплыгин Ю.А., член-корр. РАН, д.т.н., проф. (Москва)

Шляпин А.Д., д.т.н., проф. (Москва)

Штриков Б.Л., д.т.н., проф. (Самара)

ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Е.В. Трусова, Н.А. Костин

Износостойкость нитроцементованных наплавов штамповых сталей 2

А.С. Ямников, А.А. Маликов, А.В. Сидоркин

Шевингование-прикатывание цилиндрических колес с круговыми зубьями 8

МАШИНЫ И СИСТЕМЫ МАШИН

И.В. Кузнецов, В.И. Бажанов

Улучшение экологических показателей двигателя внутреннего сгорания с каталитическим нейтрализатором 13

КОНСТРУКЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

В.В. Овчинников, В.В. Алексеев,

В.И. Лукин, В.С. Магнитов, Р.Н. Растопчин

Свойства и структура сварных соединений из сплава В-1963, выполненных электронно-лучевой сваркой 18

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МАШИН И СИСТЕМ

А.М. Гуськов, Е.А. Коровайцева,

Г.Я. Пановко, А.Е. Шохин

Исследование влияния внешнего вибрационного поля на динамику кварцевого генератора 26

В.Ю. Рудаков

Метод расчета геометрических параметров топливной струи для открытых камер сгорания среднеоборотных дизелей 33

О.А. Русанов

Нелинейный анализ оболочечных конструкций на основе динамического подхода 42

В.Н. Скопинский, Н.А. Берков, Н.В. Вожова

Новый критерий определения предельной нагрузки в сосудах давления с патрубками 50

В.В. Порошин, А.А. Аносова, Д.Ю. Богомолов

Математическое моделирование течения сплошной среды в прецизионных соединениях с учетом микро топографии рабочих поверхностей 58

ПОДГОТОВКА И ПЕРЕПОДГОТОВКА СПЕЦИАЛИСТОВ

К.П. Алексеев, О.Ю. Беспалов,

А.В. Кошкин, А.Д. Шляпин

Сетевая система сопровождения повышения квалификации кадров в области нанотехнологий 64

А.Х. Хайри, А.Ю. Омаров

Равновесные процессы при получении водорода взаимодействием алюминия с раствором щелочи 70

ВНИМАНИЮ ПОДПИСЧИКОВ!

Подписка на журнал

«Машиностроение и инженерное образование»
проводится в Издательстве МГИУ

Тел.: (495) 620-39-92. E-mail: mio@msiu.ru

Подписной индекс Роспечати 36942

Уважаемые читатели!

Журнал «Машиностроение и инженерное образование» входит в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых публикуются основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора или кандидата наук.

ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ НИТРОЦЕМЕНТОВАННЫХ НАПЛАВОК ШТАМПОВЫХ СТАЛЕЙ

Е.В. Трусова, Н.А. Костин

Статья посвящена исследованиям износостойкости наплавленных покрытий образцов штамповых сталей после их нитроцементации в азотисто-углеродной пасте. Экспериментальным путем установлена зависимость износа нитроцементованных слоев наплавленных сталей при трении со смазкой, в том числе со смазкой, загрязненной абразивными частицами, от температуры нитроцементации. Приведены результаты металлографических исследований, подтверждающие высокую износостойкость наплавленного материала образцов.

Ключевые слова: износостойкость, нитроцементация, наплавка, штамповые стали.

Введение

Износостойкость является одной из основных характеристик материалов для штампового инструмента, от которой зависит долговечность штампов и, в конечном счете, эффективность штампового производства. Условия работы большинства штампов для холодного деформирования металла (высадочных, вытяжных, гибочных и т.п.) характеризуются высокими нагрузками на рабочие поверхности, а также интенсивным трением при недостатке смазки или наличии абразивных частиц в зоне соприкосновения рабочих поверхностей штампов с обрабатываемым материалом. В качестве таких частиц могут выступать природные минералы (главным образом кварц), либо частицы износа – твердые (наклепанные) фрагменты разрушенных поверхностных слоев металла [1].

Несмотря на то, что детали штампов изготавливают из высокопрочных легированных сталей и подвергают закалке на высокую твердость (60–65 HRC), они довольно интенсивно изнашиваются, что приводит к быстрому разрушению штампов. Поскольку штампы являются весьма дорогостоящими и сложными инструментами, в подавляющем большинстве случаев их восстанавливают путем наплавки изношенных поверхностей специальными электродами.

Для восстановления штампов, предназначенных для холодного деформирования металла, используются электроды, легированные

в основном хром и марганцем марок ОЗШ, ЦШ и ЦН [2]. Эти электроды имеют невысокую стоимость, хорошие сварочно-технологические свойства, однако ввиду низкой твердости наплавленного металла (менее 50 HRC) не обеспечивают необходимой стойкости восстановленных штампов.

Для повышения твердости и износостойкости наплавленных покрытий целесообразно провести их химико-термическую обработку, в частности нитроцементацию в азотисто-углеродной пасте. Этот процесс очень удобен для ремонтного производства, поскольку позволяет производить местное упрочнение и не требует больших финансовых, энергетических и временных затрат. Для нитроцементации необходимо гораздо меньше времени, чем для чистой цементации или азотирования, а с использованием пасты этот процесс может быть осуществлен на самом простом термическом оборудовании при минимальном расходе карбюризатора (обмазка толщиной около 1,5 мм на упрочняемых поверхностях).

Целью данной работы является исследование износостойкости нитроцементованных наплавов штамповых сталей.

Материалы и методы исследования

Испытание на износостойкость проводили на машине СМЦ-2 по схеме «ролик–ролик». В качестве образцов использовали ролики

(диски) размером $\varnothing 35 \times 12$ мм, имеющие на поверхности наплавленные слои толщиной 0,5 мм (после механической обработки). Как контртело использовали ролик из твердого сплава ВК-6 размером $\varnothing 35 \times 10$ мм.

Образцы для исследования готовили путем наплавки на основу из штамповой стали 7ХГ2ВМ металлического слоя (покрытия) методом, наиболее часто применяемым при восстановлении изношенных штампов. Наплавку производили электродами ОЗШ-1 и ЦН-4, имеющими разные системы легирования. После наплавки образцы подвергали механической обработке до получения требуемого диаметра роликов. Химический состав и твердость наплавленного металла в исходном состоянии представлены в табл. 1.

Нитроцементацию образцов с наплавленными покрытиями проводили в пасте следующего состава (% мас.): железосинеродистый калий $K_4Fe(CN)_6$ – 40; аморфный углерод (газовая сажа ДГ-100) – 60; пастообразователь – водный раствор карбометилцеллюлозы (клей КМЦ). Образцы по периферии покрывали пастой, высушивали, упаковывали в герметичный контейнер и помещали в печь, нагретую до температуры 700 °С. После нитроцементации, которую во всех случаях проводили в интервале температур от 700 до 900 °С в течение 3 ч, образцы охлаждались (закачивались) в масле и подвергались низкому отпуску при температуре 180 °С в течение 2 ч.

Образцы с упрочненными покрытиями, после очистки и легкой шлифовки поверхности трения, испытывали на износ по следующей методике. Образец устанавливался на основном шпинделе машины и вращался с частотой 1000 мин⁻¹, а контртело закреплялось на шпинделе нагружающего устройства, настроенного на частоту вращения 500 мин⁻¹. Такая схема настройки машины трения была принята для получения высоких контактных нагрузок на поверхности трения, которые имеют место в реальных условиях эксплуатации штампов. Также

это обеспечивает достаточно большую составляющую скольжения поверхности образца по поверхности контртела [3].

Для смазки в испытаниях использовали индустриальное масло И-12А (ГОСТ 20799–88). В смазку объемом 1 л добавляли 50 г мелко размолотого кварцевого песка (маршаллита) с частицами размером до 15 мкм и тщательно перемешивали для создания по возможности однородной взвеси. Кроме того, масло с абразивными частицами периодически перемешивалось в течение всего времени испытаний. Смазка подавалась в зону трения из капельницы с периодичностью 2 мг/мин.

Нагрузка на трущиеся поверхности была установлена 180 МПа, равная пределу текучести малоуглеродистой стали 08 кп при ее деформации штамповым инструментом, принятым для исследования). Длительность испытания составляла 2, 4 и 6 ч. Износ образцов определяли весовым методом.

Оценка интенсивности изнашивания нитроцементованных наплавленных покрытий

Интенсивность изнашивания нитроцементованных слоев, наплавленных электродами обеих марок, как видно из проведенного эксперимента (табл. 2), во многом определяется температурой нитроцементации. Это объясняется тем, что температура определяет фазовый состав и характеристики структуры нитроцементованных слоев образцов.

Минимальное изнашивание поверхностных слоев на наплавках обоих типов наблюдается при температурах нитроцементации 700–750 °С, повышение температуры нитроцементации до 800 °С и более вызывает заметный рост интенсивности изнашивания, причем на наплавке 30Г6 он более резкий, чем на наплавке 20ХГСМ.

Высокая износостойкость наплавленных покрытий, нитроцементованных на первом этапе

Таблица 1

Химический состав (% мас.) и твердость металла, наплавленного электродами

Марка электрода	С	Cr	Mn	Si	Mo	Сталь, соответствующая наплавке	Твердость HRC после наплавки
ОЗШ-1	0,17–0,19	0,98–1,21	0,94–0,99	1,05–1,22	0,76–0,81	20ХГСМ	34–40
ЦН-4	0,31–0,33	–	5,88–6,12	0,27–0,31	–	30Г6	42–48