

ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ДЕТАЛЕЙ ТРИБОСИСТЕМ ФОРМИРОВАНИЕМ НА ИХ ПОВЕРХНОСТЯХ МЕТАЛЛОПОЛИМЕРНЫХ НАНОСТРУКТУРНЫХ СЛОЕВ

Бутенко В.И., Карпова Е.А., Скубрия Е.С.

(каф. механики ТТИ ЮФУ, г. Таганрог, Россия)

Развитие современной техники и технологии в машиностроении характеризуется созданием новых материалов с особыми свойствами, резким повышением рабочих параметров машин, механизмов и устройств, заметным увеличением воздействий внешних сред и факторов, интенсификацией технологических процессов, связанных с уже-сточением температурно-силовых режимов обработки деталей. Для решения этих и других проблем машиностроения чрезвычайно важным является разработка конструкторских и технологических мероприятий по повышению износостойкости деталей трибосистем, являющихся составной частью любой машины, механизма или устройства.

В настоящее время в теории трения и износа весьма перспективным считается направление повышения износостойкости деталей путем формирования на их поверхностях различных слоев или покрытий, обладающих низким коэффициентом трения. Разработан и прошел эксплуатационные испытания способ повышения износостойкости деталей трибосистем формированием на их рабочих поверхностях металлополимерных наноструктурных слоев. Была создана специальная установка для нанесения на поверхности детали металлополимерных наноструктурных слоев, которая устанавливалась на суппорте токарного станка и имела в своей конструкции индуктор для поверхностного нагрева материала обрабатываемой детали. На рис. 1 приведена принципиальная электрическая схема устройства, благодаря которой осуществляется индукционный нагрев поверхностного слоя детали. Деталь 1 получает вращение с заданной скоростью V_0 от шпинделя станка, связанного кинематической цепью с системой управления приводом главного движения 8. Индуктор 9 получает соответствующие импульсы от генератора токов высокой частоты 3 через блок конденсаторов 4, трансформатор 2 и коммутатор 5. Для того, чтобы регулировать температуру нагрева материала поверхностного слоя обрабатываемой детали в схеме предусмотрен задатчик времени 6, который подсоединен, с одной стороны, к генератору токов высокой частоты 3, а с другой стороны, через усилитель 7 с системой управления приводом главного движения станка 14.

Предварительно на поверхность детали 1 наносится полимерная пленка заданной толщины. При этом шероховатость поверхности детали не должна превышать $R_a = 2,5$ мкм. Исследованиями установлено, что наилучшие результаты по качеству и сцепляемости образующихся металлополимерных наноструктурных слоев достигаются в том случае, если перед их формированием поверхность детали подвергалась тонкому точению. Получаемый в этом случае профиль неровностей имеет наименьший разброс по высоте.

В результате воздействия магнитного поля на материал детали с пленкой происходит их нагрев до определенной температуры, регулируемой временем выдержки, устанавливаемой задатчиком времени 6. На одной из позиций револьверной головки устанавливается обкатник с упрочняющими бочкообразными роликами, имеющими возможность вращаться вокруг своих осей. При этом сам обкатник получает вращательное движение от контактного взаимодействия с обрабатываемой деталью. Поперечным перемещением суппорта станка создается требуемое усилие обкатки, которое, как прави-

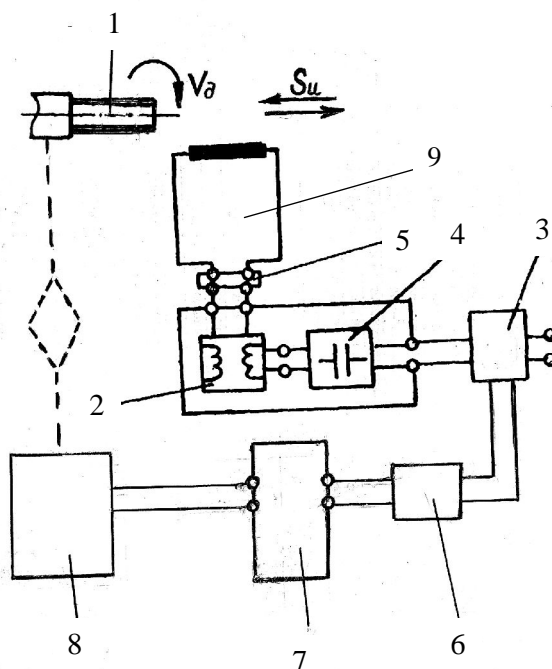


Рис. 1. Принципиальная электрическая схема устройства для индукционного нагрева детали: 1 – обрабатываемая деталь; 2 – трансформатор; 3 – генератор токов высокой частоты; 4 – блок конденсаторов; 5 – коммутатор; 6 – задатчик времени; 7 – усилитель; 8 – система управления приводом главного движения станка; 9 – индуктор

ло, всегда меньше, чем при обычном обкатывании поверхностей деталей роликом. Значения режимов обработки (скорость вращения детали V_d , усилие обкатки P , продольная подача револьверной головки S_u , температура индукционного нагрева, частота и сила тока) устанавливаются в зависимости от физико-механических свойств материала детали и применяемого полимера.

В результате проведенных рентгеноструктурных и спектральных исследований поверхностного слоя деталей было установлено, что одновременное воздействие индукционного нагрева и давления упрочняющих роликов в контактной зоне приводит к формированию на поверхности блочных металлополимерных наноструктурных слоев толщиной 60-80 нм и размерами блоков 10-50 нм. Эти слои обладают специфическими свойствами, отличными от свойств материала детали и использованного полимера, хотя механизм их образования до конца не изучен. Тем не менее, установлено, что такие слои имеют высокую сцепляемость с основным материалом детали и сохраняют низкий коэффициент трения при нагреве до температуры 200⁰ С.

На установках для испытания материалов на изнашивание [1] были проведены сравнительные испытания различных видов смазки (ЦИАТИМ-201, графит, дисульфид молибдена) в паре трения «сталь 20ХН2МА – быстрорежущая сталь Р6М5» (условия испытаний: давление в зоне контакта $p = 1,5$ МПа; скорость скольжения $V_{ск} = 0,5$ м/с; температура 150⁰ С) и металлополимерного наноструктурного слоя, полученного на основе полиэтилена. Было установлено, что в указанных условиях испытаний созданные на поверхности детали блочные металлополимерные наноструктурные слои обладают таким же низким коэффициентом трения, как графитовая смазка или дисульфид молибдена. Технология формирования на поверхностях деталей трибосистем блочных металлополимерных наноструктурных слоев достаточно проста и осуществима практи-

ПРОГРЕССИВНЫЕ, СПЕЦИАЛЬНЫЕ И НЕТРАДИЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

чески на любом машиностроительном предприятии, в том числе и в ремонтном производстве.

Применение блочных металлополимерных наноструктурных слоев на поверхностях деталей трибосистем оказалось особенно эффективным при создании и эксплуатации промышленных роботов с рекуперацией энергии [2], хорошо работающих в условиях вибрации, большой загазованности и достаточно высоких температурах (до 150⁰ С) при невозможности использования обычных видов смазки. Так, подконтрольная эксплуатация промышленных роботов с рекуперацией энергии мод. «Краб-2,5», установленных в сварочном цехе, показала, что создание на контактирующих поверхностях взаимодействующих деталей трибосистем блочных металлополимерных наноструктурных слоев позволяет в 2 – 3 раза повысить их технический ресурс и довести вероятность безотказной работы до 0,95-0,97 за наработку 1000 час., сократив на 20-30% время восстановления узлов трения робота.

Список литературы: 1. Бутенко В.И. Научные основы нанотрибологии. – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2010. – 275 с. 2. Новицкий О.Е., Литовченко А.П., Шишков В.С., Бутенко В.И. Промышленные роботы с рекуперацией энергии. //Механизация и автоматизация производства, 1989, № 2. – С. 6 – 8.

ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ЛЕГИРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ НА СВОЙСТВА СПЛАВОВ ЗОЛОТА

Бутенко В.И., Попов Э.П. (каф. механики ТТИ ЮФУ, г.Таганрог, Россия)

Все благородные металлы используются не только в ювелирном деле, но находят разнообразное техническое применение в электронной промышленности, приборостроении, космической технике. Например, обладая исключительно высокой кислотостойкостью, высокой температурой плавления, и в то же время повышенной твердостью и хрупкостью металлы платиновой группы в ювелирном деле практически не применяются, но широко используются для изготовления химической посуды, в точном приборостроении, медицине (рутений), в качестве эталонных образцов (сплав осмия с иридием), термоэлектрических приборов (сплавы платины с родием) и т.д.

Помимо основных сплавов золота [1], в технологии точного машиностроения и приборостроения важнейшими являются припои и сплавы белого золота. Для того, чтобы правильно ориентироваться в возможностях различных сплавлений, необходимо знать взаимодействие золота и его основных легирующих элементов – серебра и меди – с другими присадочными металлами. При этом чрезвычайно важно знать, с какими недостатками можно встретиться, если содержание присадочного металла в сплаве перейдет допустимые пределы.

Из-за высокой температуры плавления и легкой окисляемости железные и стальные частицы, попавшие в сплав золота, присутствуют в нем в виде инородных включений. Эти включения не оказывают какого-либо влияния на свойства сплава при обработке его давлением, но значительно ухудшают обрабатываемость сплава резанием, особенно при выполнении доводочных операций. В связи с этим содержание железа в золотых сплавах, применяемых в ювелирной промышленности, согласно ГОСТ 6585-72 не должно превышать 0,18%.

ПРОГРЕССИВНЫЕ, СПЕЦИАЛЬНЫЕ И НЕТРАДИЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Золото и никель обладают неограниченной растворимостью в жидком, а при высоких температурах, и в твердом состояниях. Сплавы системы «золото-никель» имеют гранецентрированную кристаллическую решетку. При охлаждении сплавов ниже 820°C происходит распад гомогенного твердого раствора на смесь твердых растворов на основе золота и никеля. Легирование золота никелем, также как и легирование никеля золотом, сопровождается повышением твердости легируемого металла. Никель хорошо растворяется в меди, а в серебре он практически не растворим. Никель входит в состав белого золота системы «золото-медь-никель-цинк», причем для придания этому сплаву белой окраски его содержание составляет 10-14%. Установлено, что максимум белой окраски сплава достигается при 17% никеля, поэтому его часто добавляют в сплавы золота 589 пробы для получения более дешевого неблагородного белого золота.

Следует иметь в виду, что из-за различного отношения легирующих металлов сплава к никелю возникают значительные трудности при их обработке основным недостаткам, которые иногда устраняются добавками других металлов, например, цинка. Неблагородное белое золото имеет следующие основные недостатки:

- 1) твердость и прочность сплавов настолько велики, что обработка их вызывает значительные трудности;
- 2) при отжиге сплав легко окисляется и поэтому должен покрываться, например, борной кислотой;
- 3) нельзя производить переплав отходов своими силами; их необходимо сдавать в специализированный плавильный цех.

Золото и палладий обладают неограниченной растворимостью друг в друге как в жидком, так и в твердом состояниях. Содержание 16% палладия в сплаве достаточно для того, чтобы он приобрел приятный белый цвет. Белое золото с добавками палладия превосходит по своим свойствам сплавы золота с никелем и является более благородным. Белое золото на основе палладия дороже, чем на основе никеля, но имеет ряд преимуществ: оно обладает более высокой пластичностью, чем сплавы, легированные никелем; имеет лучший блеск; белый цвет более устойчив при нагреве.

В отличие от неограниченной растворимости железа и никеля предельная растворимость кобальта в золоте невелика и составляет всего лишь 23,5% при эвтектической температуре 996°C , а при понижении температуры резко снижается до менее 0,2% при температуре, близкой к комнатной. Максимальная растворимость золота в кобальте достигает 2,5% при эвтектической температуре она составляет 1,9% при 400°C – 1,1%. Такая низкая растворимость указывает на возможность использования кобальта для упрочнения золота. Именно с этой целью его вводят в состав золотых электролитов для получения твердых покрытий.

Растворимость цинка в металлах тройной системы составляет: в золоте до 4%, в серебре до 20%, в меди до 40%. Чистое золото уже с 5% цинка образует хрупкое соединение Au_3Zn , которое не образуется в тройном сплаве «золото-медь-цинк» из-за растворимости цинка в меди. Добавка нескольких десятых долей процента цинка в расплав системы «золото-серебро-медь» перед разливкой оказывает раскисляющее действие и повышает жидкотекучесть сплава. Благодаря добавкам цинка к сплавам золота красноватого цвета последние приобретают желтоватый цвет, а 1,5-2% добавка цинка в сплав золота 333 пробы значительно повышает их устойчивость против серы и сернистых соединений.

Цинк широко используется при изготовлении припоев. Небольшие добавки цинка значительно сужают область плавления тройного сплава «золото-медь-цинк», а вве-

дение цинка в сплавы белого золота системы «золото-медь-никель» делает их технологичнее, снижает температуру плавления и уменьшает твердость.

Золото растворяет в себе в твердом состоянии до 20% кадмия, серебро – свыше 30%, медь – практически не растворяет кадмий. Благодаря добавкам кадмия сплавы системы «золото-серебро» приобретают интенсивную окраску зеленого цвета. Кадмий ее более, чем цинк, понижает область плавления тройной системы, а совместное введение цинка и кадмия в сплав более существенно понижает температуру плавления тройной системы, чем при вводе их порознь. Именно поэтому цинк и кадмий считают важнейшими присадочными материалами для изготовления припоев благородных металлов.

Следует отметить, что введение в сплавы золота более 4% цинка и 20% кадмия при открытой плавке и разливке на воздухе они образуют оксиды, которые прочной пленкой покрывают слиток и при деформации приводят к шиферному излому материала.

Пластичность и склонность к потускнению сплавов золота увеличивается из-за присутствия в сплаве незначительного количества алюминия. Однако, как только количество алюминия превысит растворимость его в серебре и меди, образуется хрупкое фиолетовое соединение Au_4Al – «аметистовое золото». Алюминий действует и как легирующий элемент (растворяется в сплаве), и как раскислитель (очищает металл от газов и закиси меди). Поскольку в результате раскисления в расплаве остается окись алюминия Al_2O_3 поверхность металла ухудшается уже при 0,01% Al, а при 0,05% Al прокат имеет значительные дефекты поверхности. Поэтому предельно допустимое содержание алюминия в сплаве ЗлСрМ583-80, широко используемом в приборостроении, составляет 0,005% по массе, что соответствует максимальному фактическому содержанию алюминия в металле централизованной поставки.

Олово воздействует на механические свойства сплава в том же направлении, что и алюминий, ухудшая качество поверхности металла. Установленный предел содержания олова в сплавах 0,005% по массе. Однако сплавы системы «золото-серебро-медь» могут растворить в себе без заметного вреда до 4% олова. Установлено, что хрупкость сплавов золота из-за загрязнения их оловянными припоями возникает вследствие присутствия в припое свинца, а не олова. Если количество олова в сплаве превысит 4%, то образуется оксид олова, который при затвердевании располагается по границам зерен и делает сплав хрупким.

Несколько десятых долей процента свинца достаточно для того, чтобы образовалось хрупкое соединение Au_2Pb . Оно располагается по границам зерен и такой сплав не поддается обработке давлением, так как это соединение плавится при температуре 418^0 С. Свинец может попасть в сплав из свинцовых припоев или из подкладок при выколотке рельефа изделия.

В качестве припоя для низкотемпературной пайки элементов электронного оборудования может быть использован эвтектический сплав Au-In; при этом необходимо иметь в виду, что предельная растворимость индия в золоте в твердом состоянии составляет 9%.

Список литературы: 1. Бошин С.Н., Гусев В.А. и др. Технология сплавов благородных металлов. – Кострома: Изд-во КосГТУ, 2002. – 126 с.