

ЭЛЕКТРОФРИКЦИОННОЕ ПЛАКИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА ДПГИ

Рубаник В.В., Рулинский В.А.

ГНУ «Институт технической акустики НАН Беларуси», г. Витебск, Беларусь
ita@vitebsk.by

ГНУ «Физико-технический институт НАН Беларуси», г. Минск, Беларусь

Важной задачей промышленности является использование новых экономически эффективных способов финишной обработки деталей, в том числе с помощью покрытий, позволяющих увеличить срок их службы. В современном машиностроении известно большое количество средств и методов формирования покрытий. К их числу относятся методы газотермического и ионно-плазменного напыления, лазерного легирования, микродугового оксидирования, ионной имплантации, золь-гель методы и др. Однако эффективность их применения с точки зрения создания композиционных покрытий недостаточно изучена. Для реализации указанных методов, во многих случаях, требуется дорогостоящее оборудование и принятие специальных мер по экологической защите, что отрицательно сказывается на себестоимости сформированных покрытий. Поэтому задача разработки экономичных и экологически чистых методов формирования композиционных покрытий с наноразмерными компонентами является весьма актуальной. Способ поверхностного пластического деформирования с одновременным нанесением покрытия проволочными щетками впервые предложен А.А. Абиндером в 40-х годах [1]. В 1960 году метод деформационного плакирования гибким проволочным инструментом (ДПГИ) усовершенствован советскими изобретателями Смирновым И.М., Николаевым Н.А. и Крыловым С.Д [2], метод нашел своих приверженцев и актуален в настоящее время [3].

Метод ДПГИ довольно прост в исполнении, экономически эффективный, высокопроизводительный и экологически чистый процесс, который может найти широкое применение в металлургии и машиностроении [4]. При ДПГИ, как и при других способах обработки металлов давлением, в зоне деформации возникают сложные картины теплового и напряженно-деформированного состояния, определяющие возможность адгезионного сцепления и направленного переноса металлов при трении, упрочнения, протекания физико-химических процессов, сопутствующих формированию поверхностного биметаллического слоя и влияющих в конечном счете на надежность и долговечность металлоизделий. Способ ДПГИ является эффективным технологическим методом повышения эксплуатационных свойств деталей, таких как износостойкость, усталостная прочность, сопротивление коррозии и другие. Кроме того метод ДПГИ может быть реализован на любом предприятии, имеющем парк токарных и шлифовальных станков.

При вращении щетки, находящейся в контакте с твердым материалом покрытия и покрываемой поверхностью образца, происходит разогрев металла покрытия и обрабатываемой поверхности за счет удара длинного ворса и дальнейшего скольжения его по материалу покрытия и обрабатываемой поверхности. Разогретый материал твердого покрытия переносится ворсом в виде капли на обрабатываемую поверхность. Подходя к покрываемой поверхности, ворсинка щетки с кашей металла покрытия ударяется о поверхность, при этом происходит мгновенный нагрев площадки контакта до температуры выше тысячи градусов [5]. Нагрев осуществляется настолько быстро, что материал обрабатываемой поверхности не успевает расширяться, вследствие чего в нем возникают внутренние давления. При этом происходит взламывание поверхностного слоя и обновление поверхности. Высокие температуры выжигают на поверхности и в приповерхностном слое остатки смазки, воды и газов. Все это приводит к получению ювенильной поверхности с энергией, достаточной для сцепления двух чистых поверхностей - материала покрытия и обрабаты-

ваемой поверхности. Кроме того, капля металла покрытия, ударяясь о поверхность блокирует обновленную поверхность от доступа кислорода воздуха.

Известно устройство для нанесения покрытий [6], в котором одновременная подача импульсов противоположной полярности осуществляется не на сектора ворсистой части щетки, как [1], а на пластины из материала с большим электрическим сопротивлением, расположенные между секторами щетки. Это позволяет исключить электрический контакт непосредственно с ворсом щетки. При таком исполнении устройства износ щетки, обусловленный мгновенным нагревом и отгоранием концов ворсинок вследствие электроискрового взаимодействия с материалами покрытия и основы, отсутствует. При этом из-за отсутствия термоциклирования прочностные и режущие свойства самого ворса не изменяются. В результате электроискрового взаимодействия между пластинами и поверхностями материалов покрытия и детали поверхность материала покрытия разогревается и становится вязкопластичной, а возникающие электрические искры производят ее эрозию. Идущие следом ворсинки щетки легко срезают и переносят материал покрытия на активированную поверхность детали, которая подготовлена к образованию прочных адгезионно-диффузионных связей между частицами переносимого материала и поверхностным слоем детали. За счет совместного действия электрической эрозии и механического среза частиц материала покрытия процесс формирования покрытия ускоряется. В результате обработки на поверхности детали за один проход образуется покрытие толщиной 15-20 мкм. Причем для стабильного протекания процесса нанесения покрытия пластины из материала с большим электрическим сопротивлением устанавливаются между секторами щетки таким образом, чтобы их высота была меньше высоты ворса щетки на величину, равную величине натяга (относительного сближения оси щетки с обрабатываемой поверхностью).

На сегодняшний день можно выделить несколько основных направлений использования проволочного инструмента в технологических процессах обработки металлов:

очистка поверхности изделий от ржавчины, окалины, старых лакокрасочных покрытий и т.д.;

- упрочняющая обработка деталей за счет пластического деформирования поверхности проволочным ворсом;

- формирование требуемого рельефа поверхности, в том числе декоративного.

нанесение металлических и полимерных покрытий вращающейся щеткой, так называемое плакирование гибким инструментом.

ДПГИ является универсальным методом повышения служебных свойств деталей машин, позволяющий не только упрочнить поверхностный слой изделия, но и сформировать защитное покрытие [2,3]. В отличие от напыления, наплавки, диффузионного насыщения, модифицирования, легирования в данном методе не требуется дополнительная подготовка поверхности. Покрытия предотвращают воздействия коррозии, высокой температуры, уменьшают износ.

Известно, что долговечность и надежность деталей машин, инструмента и другой металлопродукции в значительной мере определяются состоянием их поверхностных слоев, которые являются местом зарождения трещин при нагружении. Качество поверхностного слоя и его структурно-напряженное состояние в основном формируется на последних операциях технологического процесса с помощью различных способов поверхностной обработки (дробеструйной, гидроструйной, пескоструйной и др.). Указанные способы имеют существенные недостатки: низкая производительность, шум, вибрация, тяжелые условия труда. Способ финишной обработки поверхности деталей вращающимися проволочными или ленточными щетками (гибким инструментом) лишен указанных недостатков и привлекает внимание исследователей не только в нашей стране, но и за рубежом.

Гибким инструментом удается наносить покрытия из различных металлов на стекло, керамику и т.п. материалы, что также требует дальнейшего изучения. Обнаружено, что кристаллографическая текстура покрытия воспроизводит текстуру материала подложки даже в тех случаях, когда кристаллические решетки материалов основы и покрытия раз-

личные (например, ОЦК и ГЦК) [4]. Экспериментально установлено, что на обрабатываемой гибким инструментом (ВМЦ) поверхности формируется очень тонкий слой аморфизированного материала, причем наиболее четко это проявляется в металлах с высокой температурой плавления, особенно у вольфрама.

Также в результате металлографических исследований микрошлифов образцов с покрытием в работе [7] установлено, что поверхностный слой основы под покрытием заметно уплотнен в результате ударно-фрикционного воздействия ворса щетки. Указанное воздействие приводит к формированию волнообразного рельефа поверхности основы. Зарождение плакирующего слоя происходит во впадинах на поверхности, что способствует прочному сцеплению покрытия с основой и обеспечивает высокие адгезионные свойства покрытия.

Широкие технологические возможности ПГИ и значительный эффект увеличения долговечности деталей после обработки, полученный в лабораторных условиях, являются предпосылкой для внедрения в технологические процессы металлообработки.

Однако, несмотря на простоту и высокую эффективность метода ПГИ, попытки его внедрения в серийном производстве зачастую не дают высоких результатов. Объяснить это можно в первую очередь низкой стойкостью гибкого инструмента. Кроме того, износ и усталостное разрушение ворса гибкого инструмента во время обработки приводят к появлению несплошности и разнотолщинности формируемого покрытия, что ведет к нежелательному разбросу долговечности обработанных деталей.

Список литературы

1. А.с. 57162 СССР, МКИ С 23 С 17/00. Способ нанесения металлических покрытий / А.А. Абиндер заявл. 02.06.1937; опубл. 31.05.1940.
2. А.с. 139892 СССР, МКИ С 23 С 17/00. Автомат для серебрения циферблатов часов методом натирания/ И.М. Смирнов, Н.А. Николаев, С.Д. Крылов № 665827/22; заявл. 09.05.1960; опубл. 01.01.1961.
3. Леванцевич М.А., Максимченко Н.Н., Зольников В.Г. Исследование изнашивания поверхностей трения с покрытиями, сформированными гибким инструментом. - В кн.: Прогрессивные технологии и системы машиностроения: Междун. сб. научн. трудов. – Донецк: ДонГТУ 2003. Вып. 25. – С. 212 – 220.
4. Белевский Л.С. Пластическое деформирование поверхностного слоя и формирование покрытия при нанесении гибким инструментом с целью улучшения свойств металлопродукции Дис. докт. техн. наук.- Магнитогорск, 1997. 338с.
5. А.с. 1206068 СССР, В 24 В 39 / 00. Способ нанесения покрытий / Л.С.Белевский, В.И. Кадошников, Ю.В. Миронов. Опубл. 23.01.86. Бюл. №3.
6. Патент РБ № 4938 «Устройство для нанесения покрытий» / Леванцевич М.А., Максимченко Н.Н., Давыдовский Ф.Ф., Калач В.Н. Заявл. 13.06.2008; опубл. 30.12.2008.
7. Максимченко, Н.Н. Структура и элементный состав покрытий, сформированных из композиционных материалов / Н.Н. Максимченко // Инженерия поверхности. Новые порошковые композиционные материалы. Сварка материалы междунар. симпозиума, Минск, 23-25 марта 2011 г. в 2 ч. / Институт порошковой металлургии ; редкол.: П.А. Витязь [и др.]. – Минск. 2011. – Ч. 2. – С. 189–193.