

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЕВ ДЕТАЛЕЙ

Смирнов Глеб Васильевич, Курочкина Алина Романовна, Евсеева Анастасия Николаевна, студенты 2 курса кафедры Управления качеством и стандартизации

Научный руководитель: **Костылев Андрей Геннадьевич**, к.т.н., доцент кафедры Управления качеством и стандартизации

В данной работе проведен обзор существующих методов обработки поверхностных слоев деталей, используемых с целью улучшения их физико-механических свойств.

Подробно рассмотрены методы ионно-плазменного имплантирования и микродугового оксидирования. Приведены качественно-количественные показатели, полученные вследствие применения рассматриваемых методов.

Поверхностный слой детали, качество изделия, точность изготовления, ионно-плазменное имплантирование, микро-дуговое оксидирование.

NEW TECHNOLOGIES OF INCREASING THE QUALITY OF SURFACE LAYERS OF PARTS

Smirnov Gleb, Kurochkina Alina, Evseeva Anastasia, 2nd year students of the Department of Quality management and standardization

Scientific adviser: **Kostylev Andrey**, Candidate of technical sciences, Associate professor of the Department of Quality management and standardization

The paper reviews up-to-date methods of the surface layers parts treatment to improve parts physical-mechanical properties. Considered are the methods of ion-plasma implantation and micro-arc oxidation in detail. Qualitative and quantitative indicators are obtained as the result of these methods application.

Superficial layer of the component, quality of products, precision fabrication, ion-plasma implantation, micro-arc oxidation.

Качественное изделие — есть основная цель любого производства, для достижения которой прикладываются немалые усилия на конструкторском, технологическом и эксплуатационном этапах жизненного цикла того или иного продукта. залогом создания подобного изделия являются грамотное проектирование, точное изготовление и целевое использование готового продукта. Говоря о качестве всего изделия, нельзя не отметить, что качество составляющих его компонентов так же играет огромную роль в прочности, долговечности и износостойкости всего изделия.

Получение детали с 271

необходимыми параметрами и заданными показателями качества на технологическом этапе производства определяется следующими факторами:

- Качеством и стабильностью материала;
- Качеством изготовления заготовки;
- Качеством поверхности детали;
- Степенью точности изготовления детали [1].

Любой предмет, состоящий из нескольких компонентов нельзя назвать качественным, если входящие в него детали будут иметь любые видимые или невидимые дефекты как всей детали, так и ее поверхностного слоя, который, как правило принимает на себя основное сопротивление и воздействие внешних сил. Качество именно поверхностного слоя, порой, является основной характеристикой всей детали, поскольку он отвечает не только за ее износостойкость, но и за точность работы всего механизма или агрегата. В связи с этим, в последнее время уделяется огромное внимание разработкам новых технологий обработки поверхностных слоев деталей.

Беря во внимание факторы обеспечения качества детали, можно сделать вывод, что все они достигаются на этапе ее изготовления и обработки.

Изготовление детали — создание из исходного материала нового изделия (детали) путем воздействия на него того или иного станка или инструмента с определением кинематики движения обоих.

Не смотря на условное разделение методов обработки в зависимости от вида используемой энергии и способу формирования поверхности широко используются комбинированные методы обработки.

Поскольку практически любой метод обработки подразумевает изменение поверхностного слоя детали, существуют различные способы повышения качественных характеристик физико-механических свойств поверхностей в зависимости от назначения той или иной детали. Наряду с широко используемыми методами механического упрочнения поверхностного слоя деталей (дробеструйная обработка, наклёпывание, чеканка, обкатывание, иглофрезерование и пр.) часто прибегают к химико-термическим способам обработки. Например, для создания микротвердости и повышения предела выносливости используется азотирование и цементирование, для повышения жаропрочности и коррозионной стойкости алитирование и борирование и т.д. Однако, в последнее время все более широкое применение получают плазменные, магнетронные и ионные методы нанесения покрытий.

Особое внимание специалистов технологов привлекают ионно-плазменное имплантирование и микро-дуговое оксидирование.

Ионно-плазменное имплантирование — комбинированный способ обработки деталей, при котором в поверхностный слой «вживляются» атомы легирующего вещества путем бомбардировки пучком ионов, содержащих большую энергию.

Процесс имплантирования осуществляется в специальных установках, основными компонентами которой являются источник ионов, 272

ионный ускоритель, магнитный сепаратор и камера, в которой находится бомбардируемый предмет. Отслеживается процесс с помощью системы ионного сканирования. Принцип работы такой установки представлен на рисунке 1 [2].

Рисунок 1 - Схема установки для ионной имплантации [2]

Разгоняясь до энергий 10-5000 кэВ в электростатическом ускорителе ионы имплантируемого вещества бомбардируют поверхность проникая на глубину от нескольких нанометров до 100 мкм. Глубина проникновения зависит от энергии потока и напрямую влияет на степень изменения структуры легируемого предмета. Например, ионы с низкой энергией (1-10 кэВ) не вызывают изменений в поверхности детали, так как потоки ионов с большей энергией могут разрушить образованный слой.

Сталкиваясь с электронами и ядрами мишени, ионы легирующего вещества на некоторой глубине теряют свою энергию и останавливаются. Если известны тип и энергия ионов, а так же свойства обрабатываемого материала, то глубина проникновения (или длина пробега) может быть вычислена. Для пучков с типичными энергиями от 10 до 500 кэВ величина пробега достигает одного мкм. Как уже указывалось, вследствие влияния 273

большого числа факторов, кривая распределения внедренного вещества в поверхность близка по форме гауссовскому распределению (Рис.2). Внедрение ионов в кристаллическую решетку обрабатываемого материала приводит к появлению дефектов структуры. Выбитые из узлов решетки атомы вещества приводят к образованию вакансий и дефектов структуры в виде внедренных межузельных атомов. Эти же дефекты возникают при застревании между узлами решетки ионов. Скопление таких дефектов образует дислокации и целые дислокационные скопления [2].

Рисунок 2 - Распределение ионов легирующего вещества (1) и дефектов кристаллической решетки (2) по глубине модифицированного поверхностного слоя [4]

Возникшая в середине 60-х годов прошлого столетия методика ионной имплантации изначально была создана для создания больших интегральных схем, но в виду развития технологий стало возможным ее применение в металлургии и машиностроении.

Так, «вживление» ионов азота применяется для повышения качества стальных режущих инструментов путем упрочнения их поверхности. Данный способ предотвращает образование трещин на поверхности металла и повышает коррозионные и фрикционные свойства стали.

Одним из примеров применения данного метода в машиностроении является обработка рабочих лопаток паровых турбин, впервые разработанная и внедренная на НПП Уралавиаспецтехнология. В настоящее время технология ионной имплантации позволяет обрабатывать рабочие лопатки паровых турбин размером до 1700 мм.

При этом увеличивается:

- предел усталости на 7-25 %;
- долговечность более чем в 20 раз;

□ адгезионная прочность последующих покрытий.

При нанесении защитных покрытий на турбинные лопатки из жаропрочных сплавов достигается повышение:

- жаростойкости в 2,5 раза;
- коррозионной стойкости в 1,9 раза;
- длительной прочности в 1,6 раза;
- сопротивления усталости в 1,2 раза[4].

Так же часто прибегают к одновременной имплантации ионов различных атомов. Это важно когда необходимо создать адгезию между материалами, которые в природе плохо смешиваются.

Ввиду развития в последние годы электронной промышленности все большее внимание стало уделяться повышению качества изготовления компонентов электронных устройств, в том числе их минимизации и компактности. Серьезным достижением научно-технического прогресса в этой области стало появление метода микро-дугового оксидирования, который позволяет должным образом создать поверхностный слой вентильных металлов, то есть металлов, при анодном окислении которых образуются высококачественные диэлектрические оксидные пленки. Микродуговое оксидирование — вид поверхностной обработки и упрочнения деталей, выполненных главным образом из металлических материалов. Он берет свое начало от традиционного анодирования и соответственно относится к электрохимическим процессам. Отличительной особенностью его является участие в процессе формирования покрытия поверхностных микрозарядов, которые оказывают весьма существенное и специфическое (термическое, плазмохимическое и др.) воздействие на формируемое покрытие и электролит. Микродуговое оксидирование позволяет получать многофункциональные керамико-подобные покрытия с широким комплексом свойств, в том числе износостойкие, коррозионно-стойкие, теплостойкие, электроизоляционные и декоративные покрытия. Состав и структура получаемых на поверхности обработанной детали оксидных слоев существенно отличаются, а полезные свойства значительно выше в сравнении с обычными анодными пленками. Кроме того, положительными чертами технологии микродугового оксидирования являются экологичность, относительная универсальность, а также отсутствие необходимости тщательной предварительной подготовки обрабатываемой поверхности детали перед ее обработкой [7].

Требуемая модификация поверхности и структурирование переходного слоя достигается реализацией последовательности из серий периодических формирующих электрических импульсов особой формы. Посредством управления амплитудой, длительностью, фронтами и срезами, фазовым соотношением, позиционным комбинированием и частотой импульсов происходит генерация плазменных зарядов. Они синтезируют твердые структуры металлокерамических соединений (композитов) высокотемпературных полиморфных модификаций из элементов материала 275

основы с определенной избирательностью, зависящей от состава нормально-активирующей или нормально-пассивирующей среды (рН и состав электролита) [7]. Свойства микродуговых покрытий определяются их составом и структурой, которые, в свою очередь, зависят от материала обрабатываемой детали, состава электролита и режима обработки. Например, покрытия, получаемые на деталях из алюминия и его сплавов в силикатно-щелочных электролитах, имеют, как правило, трехслойную структуру и неравномерное распределение компонентов. Они состоят из: тонкого переходного слоя, основного рабочего слоя с максимальной твердостью и минимальной пористостью, основной фазой которого является корунд, и наружного технологического слоя, обогащенного алюмосиликатами [7].

Оба рассмотренных метода обработки поверхностного слоя деталей имеют ряд преимуществ. Например, тот факт, что образованный слой с совершенно новыми физико-механическими свойствами является сравнительно небольшим, позволяет рассматривать в качестве легирующего вещества, которые являются достаточно редкими и имеют большую стоимость. К подобным имплантам можно отнести драгоценные и редкоземельные металлы.

Так же оба метода позволяют контролировать процесс адгезии, который не всегда можно проследить при использовании ряда других методов нанесения легирующих веществ.

Литература

1. Интернет-ресурс: <https://studfiles.net/preview/6337941/> (Дата обращения: 15.04.2018)
2. Интернет-ресурс: https://ru.wikipedia.org/wiki/Ионная_имплантация (Дата обращения: 15.04.2018)
3. Интернет-ресурс: https://en.wikipedia.org/wiki/Plasma-immersion_ion_implantationhttp://uravia.narod.ru/p_ii.htm (Дата обращения: 15.04.2018)
4. Интернет-ресурс: http://uravia.narod.ru/p_ii.htm (Дата обращения: 15.04.2018)
5. Интернет-ресурс: https://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_chemistry/27/АДГЕЗИЯ (Дата обращения: 15.04.2018)
6. Интернет-ресурс: <http://thesaurus.rusnano.com/wiki/article887> (Дата обращения: 15.04.2018)
7. Интернет-ресурс: https://ru.wikipedia.org/wiki/Микродуговое_оксидирование (Дата обращения: 15.04.2018)