

ФИНИШНАЯ ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННАЯ ОБРАБОТКА ТИТАНОВЫХ И АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ

© 2012 А.С. Линёв, М.Ю. Сариллов

Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет

Поступила в редакцию 22.03.2012

В статье рассмотрены две группы материалов, наиболее применяемых в современном машиностроении: титановые и алюминиевые сплавы. Приведены отличительные особенности этих материалов и проблемы их финишной обработки традиционными методами. Показаны превосходства электроэрозионной обработки перед другими видами завершающих этапов для выбранных видов материалов. Доказательства строятся на основе свойств и особенностей материалов.

Ключевые слова: *предел прочности, плотность, окисление, технологичность, теплопроводность, химическая активность, удельная теплота плавления*

Интенсивное использование электроэрозионной обработки (ЭЭО) в настоящее время обусловлено очень динамичным развитием как отечественного, так и мирового машиностроения. Появляются новые виды сплавов высокой твердости, которые все чаще применяются в конструкциях и потому требуют специальных эффективных методов обработки. Вместе с тем в промышленности существует постоянная тенденция к созданию и использованию более легких деталей более сложной формы. С каждым годом конструктивные формы деталей усложняются, повышается их точность и требования к физико-механическим свойствам поверхностного слоя. Перед машиностроением остро стоит задача интенсификации производственных процессов изготовления продукции, при этом выпускаемая продукция должна удовлетворять самым высоким требованиям качества. Высокая гибкость и технологичность методов ЭЭО позволяет успешно решить эти задачи. Накопленный опыт применения электроэрозионной обработки (ЭЭО) в машино- и приборостроении свидетельствуют о ее конкурентоспособности по сравнению с механической обработкой резанием, что особенно проявляется при обработке труднообрабатываемых электропроводных материалов, изготовлении деталей сложной конфигурации, прошивки соединительных каналов в корпусных деталях и т.п.

Титановые и алюминиевые сплавы на сегодняшний день в машиностроении занимают очень весомую долю. Эти виды материалов используются как в общем машиностроении, так и в таких специфических и наукоемких отраслях, как самолето-, корабле- и ракетостроении. Это

вызвано отличительными физическими, химическими и другими особенностями материалов.

Титан – наиболее распространенный конструкционный материал, составляющий основную подгруппу IV группы периодической системы Д.И. Менделеева. Основные физические характеристики титана приведены в таблице 1 [1].

Таблица 1. Физические параметры титана

Физический параметр	Значение
плотность, кг/м ³ при 20 °С при 900 °С	4505 4320
температура, °С: плавления кипения	1668 3260
удельная теплота, кДж/кг: плавления кипения полиморфного превращения	358 8970 67800
удельная теплоёмкость при 20°С, кДж/(кг·К)	0,54
коэффициент теплопередачи при 20°С, Вт/(м·К)	18,85
электропроводность, См/м	1,73·10 ⁶

Титан имеет ряд отличительных признаков по сравнению с железом, алюминием и магнием. Плотность титана значительно ниже, чем у железа, а температура и теплота плавления и кипения – выше. Он обладает и более высокой, чем железо, удельной теплоемкостью. Отсюда и высокие затраты энергии для расплавления титана, во много раз превосходящие затраты энергии на расплавление железа. Коэффициент теплопроводности титана почти в 4 раза меньше чем у железа. Титан – химически активный металл, легко вступает в реакции с газами атмосферы – кислородом, водородом и азотом. С повышением температуры его реакционная способность повышает-

Линёв Александр Сергеевич, аспирант. E-mail: uranus_123@mail.ru

Сариллов Михаил Юрьевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Машины и аппараты химических производств». E-mail: sarilov@knastu.ru

ся. Титан относится к числу химически активных металлов, однако он обладает высокой коррозионной стойкостью, как в прочем и алюминий, так как на их поверхностях образуется стойкая оксидная пленка, которая прочно связана с основным металлом и исключая его непосредственный контакт с коррозионной средой.

Механическая обработка деталей из титановых сплавов существенно затруднена из-за высокого отношения предела текучести к пределу прочности, относительно низкой теплопроводности, налипания титана на инструмент, высокой химической активности по отношению к газам при повышенных температурах резания, неоднородности свойств срезаемого слоя вследствие ликвидации легирующих элементов. Существенно недостатками традиционной механической обработки резанием является:

- нарушение целостности волокон металла;
- разрыхление поверхностного слоя;
- образование растягивающих напряжений;
- взаимодействие поверхностного слоя сплава с газами атмосферы, в результате чего происходят химические превращения, снижающие характеристики сплава;
- снижение твердости и создание микрогеометрии.

Особо опасным недостатком можно считать воздействие водорода из атмосферы в виде проникновения газа в структуру поверхностного слоя и химических взаимодействий с титаном (образованием гидридов) которые в значительной мере снижают прочность поверхностного слоя и приводят к образованию трещин. В этой связи электроэрозионная обработка является отличным вариантом обработки в виду того что обработка ведется в жидком диэлектрике, а значит доступ газов атмосферы к зоне обработки в значительной мере затруднен. Образование гидридов происходит только в результате химического разрушения рабочей жидкости, однако большая часть провзаимодействовавшего металла с водородом удаляется с поверхности материала после разрушения канала разряда.

Наличие в жидком диэлектрике растворенного кислорода способствует образованию защитной оксидной пленки из TiO_2 . А как показано в [1] при повышенных температурах в зоне обработки скорость поглощения водорода титана значительно падает при наличии оксидной пленки на поверхности титана. Локальный характер обработки, а так же низкая теплопроводность титана и наличие рабочей жидкости в качестве охлаждающего средства исключает возможные температурные изменения в металле, поэтому расслоения металла не происходит, как не происходит и возникновение разного рода побочных напряжений в виду отсутствия контакта инструмента и заготовки при обработке.

Алюминий и его сплавы, как правило, не являются традиционными материалами для электроискровой обработки. Это связано с тем, что алюминиевые сплавы имеют небольшую твердость и прочность и достаточно хорошо обрабатывается резанием. Однако современные условия машиностроения заставляют конструировать и изготавливать детали очень сложной конфигурации. Такое положение дел характерно, как правило, для авиакосмической промышленности, а так же для прогрессивного автомобилестроения. Обработка таких деталей резанием либо затруднено, либо невозможно в принципе. Оправдано использование электроэрозионного способа получения деталей. Именно поэтому на сегодняшний день существует задача по совершенствованию технологии обработки таких материалов с помощью электрической эрозии.

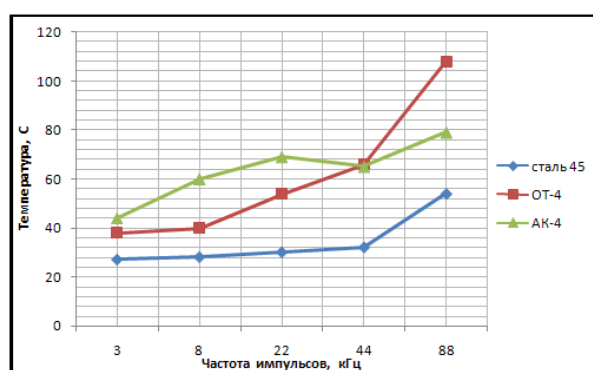


Рис. 1. Зависимость температуры от изменения частоты импульсов

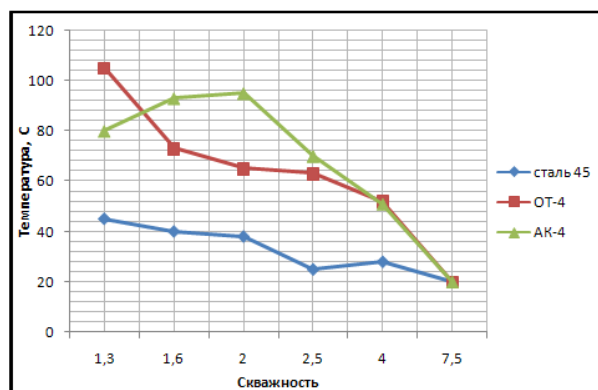


Рис. 2. Зависимость температуры от изменения скважности

Обработка алюминиевых сплавов имеет свои яркие особенности. Одна из таких особенностей ярко показана в работе [2]. Автор производил исследования тепловых явлений при обработке трех видов материалов: сталь 45, титановый сплав ОТ-4, алюминиевый сплав АК-4. Результатами исследований стали выводы о факторах, влияющих на изменение температуры в процессе электроэрозионной обработки. Также в качестве результатов были приведены экспериментальные

закономерности, полученные в результате обработки вышеназванных материалов (рис. 1 и 2). Как видно приведенных рисунков ситуация с концентрацией тепловой энергии в алюминиевом сплаве схожа с титановым сплавом, а подчас даже несколько больше. Это весьма парадоксальное явление ввиду того, что коэффициент удельной теплопроводности у алюминия на порядок больше, чем у титана, и почти в 3 раза больше, чем у стали. Ко всему прочему у алюминиевого сплава очень высокий коэффициент удельной теплоемкости, который свидетельствует о том количестве тепловой энергии, которое нужно сообщить одному грамму (килограмму) для того, чтобы он изменил свою температуру на один градус Цельсия (Кельвина). Все это свидетельствует о том, что процесс пробоя имеет на алюминий и его сплавы имеет свои характерные особенности вызывающие концентрацию тепловой энергии в зоне обработки. Логично предположить, что данный факт вызван влиянием материалом электрода на процесс пробоя.

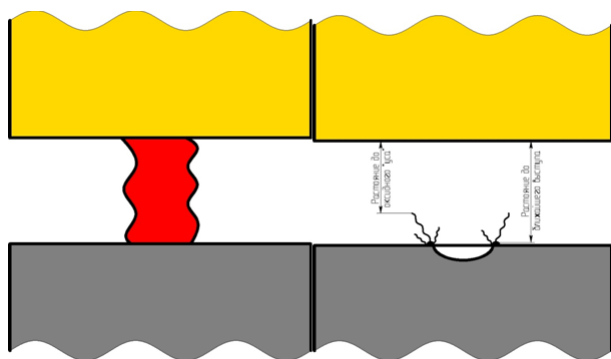


Рис. 3. Упрощенное представление пробоя на алюминиевый сплав

Наиболее вероятной причиной этой аномалии является искажение поля в промежутке «усами», образующимися из окисной пленки при разрушении ее во время разряда (рис. 3). Анализ

состояния электродов в процессе измерений показывает, что на алюминиевых электродах последующие разряды осуществляются с кромок кратера образующегося от первого пробоя. Образование кратеров на электродах из других материалов не вызывает образования «усов» и практически каждый последующий пробой происходит с нового участка поверхности электродов. Это явление наблюдалось во всех экспериментах в условиях однородного или слабо неоднородного поля.

Так как расстояние между электродами сокращается за счет окисных образований на аноде из алюминиевого сплава, последующий пробой происходит не далеко от первой лунки. Как следствие, количество холостых импульсов сокращается до минимума и количество энергии, в том числе и тепловой, выделившееся при обработке растет. Данный эффект может быть использован для повышения производительности электроэрозионной обработки деталей из алюминиевых сплавов в тех случаях, когда обработка резанием затруднена или вовсе невозможна.

Вывод: вариант использования электроэрозионной обработки в качестве финишной для титановых и алюминиевых сплавов крайне целесообразен по техническим и эксплуатационным причинам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Муравьев, В.И.* Обеспечение надежности конструкций из титановых сплавов / *В.И. Муравьев, П.В. Бахматов, Б.И. Долотов* и др. – М.: «Экон», 2009. 752 с.
2. *Кабалдин, Ю.Г.* Повышение устойчивости процесса электроэрозионной обработки и качества обработанной поверхности на основе подходов искусственного интеллекта. Монография / *Ю.Г. Кабалдин, М.Ю. Сариллов, С.В. Биленко*. – Комсомольск-на-Амуре, КнАГТУ, 2007. 191 с.

FINISHING ELECTROEROSIVE PROCESSING OF TITANIC AND ALUMINIUM ALLOYS

© 2012 A.S. Linyov, M.Yu. Sarilov
Komsomolsk-on-Amur State Technical University

In article two groups of materials which are most applied in modern mechanical engineering are considered: titanic and aluminum alloys. Distinctiveness of these materials and problem of their finishing processing is given by traditional methods. Superiorities of electroerosive processing before other types of final stages for chosen types of materials are shown. Proofs are under construction on the basis of properties and features of materials.

Key words: *durability limit, density, oxidation, processibility, heat conductivity, reactivity, specific heat of melting*

Alexander Linyov, Post-graduate Student. E-mail: uranus_123@mail.ru
Mikhail Sarilov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department "Machines and Apparatuses of Chemical Enterprises".
E-mail: sarilov@knastu.ru