

## ЕЛЕКТРОЕРОЗІЙНА ОБРОБКА ТИТАНОВИХ І АЛЮМІНІЄВИХ СПЛАВІВ

**Лещенко О.В.**, студент 6 курсу

(Харківський національний економічний університет ім. С. Кузнеця, Харків, Україна)

*Розглянута електроерозійна обробка титанових та алюмінієвих сплавів, виявлені відмінності їх обробки, доведено перевагу електроерозійної обробки цих сплавів в порівнянні з іншими видами обробки, доведення базується на основі властивостей матеріалу.*

**Ключові слова:** електроерозійна обробка, титан, алюміній, машинобудування, хімічна активність, технологічність.

*Рассмотрена электроэрозионная обработка титановых и алюминиевых сплавов, обнаруженные различия их обработки, доказано преимущество электроэрозионной обработки этих сплавов по сравнению с другими видами обработки, доведение базируется на основе свойств материала.*

**Ключевые слова:** электроэрозионная обработка, титан, алюминий, машиностроение, химическая активность, технологичность.

*In this article we have considered electrical discharge machining of titanium and aluminum alloys, the differences of their treatment, proven advantage of electrical discharge machining of these alloys in comparison with other types of finishing finishing is based on the properties of the material.*

**Keywords:** EDM, titanium, aluminum, machinery, chemical reactivity, workability.

Інтенсивне використання електроерозійної обробки (ЕЕО) в даний час обумовлено дуже динамічним розвитком як вітчизняного, так і світового машинобудування. З'являються нові види сплавів високої твердості, які все частіше застосовуються в конструкціях і тому вимагають спеціальних ефективних методів обробки. Разом з тим в промисловості існує постійна тенденція до створення і використання більш легких деталей складнішої форми. З кожним роком конструктивні форми деталей ускладнюються, підвищується їх точність і вимоги до фізико-механічних властивостей поверхневого шару. Перед машинобудуванням гостро стоїть завдання інтенсифікації виробничих процесів виготовлення продукції, при цьому продукція повинна задовольняти найвищим вимогам якості. Висока гнучкість і технологічність методів ЕЕО дозволяє успішно вирішити ці завдання. Накопичений досвід застосування електроерозійної обробки (ЕЕО) у машинобудуванні та приладобудуванні свідчать про її конкурентоспроможності в порівнянні з механічною обробкою різанням, що особливо проявляється при обробці важкооброблюваних електропровідних матеріалів, виготовленні деталей складної конфігурації, прошивки з'єднувальних каналів в корпусних деталях і т.п. [1–4].

Титанові та алюмінієві сплави на сьогоднішній день в машинобудуванні займають дуже вагому частку. Ці види матеріалів, що використовуються в загальному машинобудуванні, так і в таких специфічних та наукоємних галузях, як літако-, корабле- і ракетобудуванні. Це викликано відмінними фізичними, хімічними та іншими особливостями матеріалів.

Титан найбільш поширений конструкційний матеріал, що становить основну підгрупу IV групи періодичної системи Менделєєва Д. І. (табл. 1).

## Фізичні властивості титану

Фізичні параметри	Значення
щільність, кг/м <sup>3</sup> при 20 °С при 900 °С	4505 4302
Температура плавлення, °С: Температура кипіння, °С	1668 3260
питома теплота, кДж/кг плавлення кипіння поліморфного перетворення	358 8970 67800
питома теплоємність при 20 °С, кДж/(кг·К)	0,54
коефіцієнт теплопередачі при 20 °С, Вт/(м·К)	18,85
електропровідність, См/м	$1,73 \cdot 10^6$

Титан має ряд відмітних ознак у порівнянні з залізом, алюмінієм і магнієм. Щільність титану значно нижче, ніж у заліза, а температура і теплота плавлення і кипіння вище. Він має і більш високу, ніж залізо, питома теплоємність. Звідси і високі витрати енергії для розплавлення титану, у багато разів перевершують витрати енергії на розплавлення заліза. Коефіцієнт теплопровідності титану майже в 4 рази менша, ніж у заліза. Титан хімічно активний метал, легко вступає в реакції з газами атмосфери киснем, воднем і азотом. З підвищенням температури його реакційна здатність підвищується. Титан відноситься до хімічно активних металів, однак він володіє високою корозійною стійкістю, як і алюміній, так як на їх поверхні утворюється стійка оксидна плівка, яка міцно пов'язана з основним металом і виключає його безпосередній контакт з корозійним середовищем.

Механічна обробка деталей з титанових сплавів істотно ускладнена через високе відношення межі текучості до межі міцності, відносно низькій теплопровідності, налипання титану на інструмент, високої хімічної активності по відношенню до газів при підвищених температурах різання, неоднорідності властивостей шару, що зрізується внаслідок ліквідації легуючих елементів. Істотними недоліками традиційної механічної обробки різанням є: порушення цілісності волокон металу; розпушення поверхневого шару; поява розтягуючих напружень; взаємодія поверхневого шару сплаву з газами атмосфери, в результаті чого відбуваються хімічні перетворення, що знижують характеристики сплаву; зниження твердості та створення мікрогеометрії.

Особливо небезпечним недоліком можна вважати вплив водню з атмосфери у вигляді проникнення газу в структуру поверхневого шару і хімічних взаємодій з титаном (утворення гідридів) які значною мірою знижують міцність поверхневого шару і призводять до утворення тріщин. У цьому зв'язку електроерозійна обробка є відмінним варіантом обробки на увазі того, що обробка ведеться в рідкому діелектрику, а значить доступ атмосферних газів до зони обробки значною мірою ускладнена. Утворення гідридів відбувається тільки в результаті хімічного руйнування робочої рідини, однак хвора частина провзаємодіяного металу з воднем видаляється з поверхні матеріалу після руйнування ка-

налу розряду. Наявність в рідкому діелектрику розчиненого кисню сприяє утворенню захисної оксидної плівки з  $TiO_2$ . При підвищених температурах в зоні обробки швидкість поглинання водню титану значно падає при наявності оксидної плівки на поверхні титану. Локальний характер обробки, а так само низька теплопровідність титану і наявність робочої рідини в якості охолоджуючого засобу виключає можливі температурні зміни в металі, тому розшарування металу не відбувається, як не відбувається і виникнення різного роду побічних напруг, мається на увазі відсутність контакту інструмента і заготовки при обробці.

Алюміній і його сплави, як правило, не є традиційними матеріалами для електроіскрової обробки. Це пов'язано з тим, що алюмінієві сплави мають невелику твердість і міцність і досить добре обробляється різанням. Однак сучасні умови машинобудування змушують конструювати і виготовляти деталі дуже складної конфігурації. Таке становище характерно, як правило, для авіакосмічної промисловості, а так само для прогресивного автомобілебудування. Обробка таких деталей різанням або ускладнена або неможливо в принципі. Виправдане використання електроерозійного способу отримання деталей. Саме тому на сьогоднішній день існує завдання щодо вдосконалення технології обробки таких матеріалів за допомогою електричної ерозії.

Обробка алюмінієвих сплавів має свої яскраві особливості. Одна з таких особливостей яскраво показано в роботі [1]. Автор проводив дослідження теплових явищ при обробці трьох видів матеріалів: сталь 45, титановий сплав ВІД-4, алюмінієвий сплав АК-4. Результатами досліджень стали висновки про фактори, що впливають на зміну температури в процесі електроерозійної обробки. Також в якості результатів були приведені експериментальні закономірності, отримані в результаті обробки вищеназваних матеріалів (рис. 1, рис. 2).

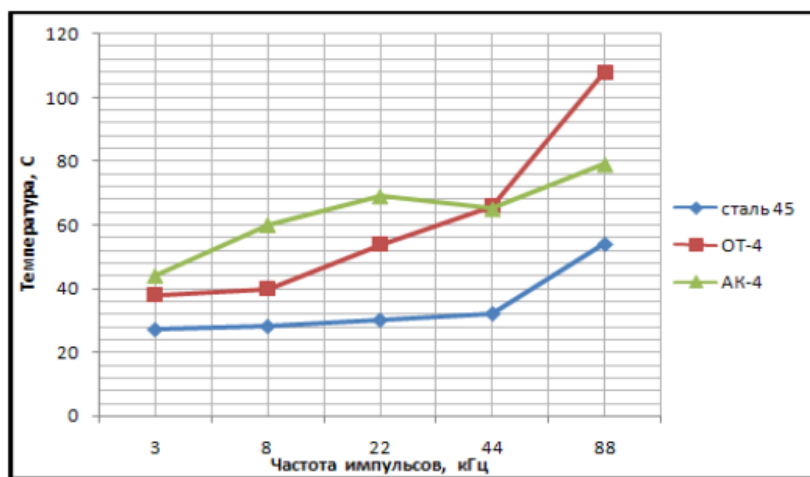


Рис. 1 – Залежність температури від зміни частоти імпульсів

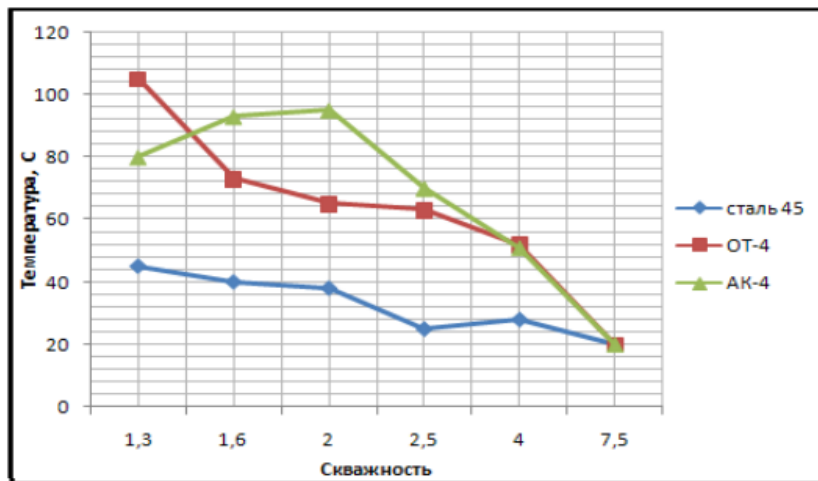


Рис. 2 – Залежність температури від зміни шпаруватості

Як видно з наведених рисунків, ситуація з концентрацією теплової енергії в алюмінієвому сплаві схожа з титановим сплавом, а часом навіть дещо більше. Це вельми парадоксальне явище з огляду на те, що коефіцієнт питомої теплопровідності в алюмінію на порядок більше, ніж у титану, і майже в 3 рази більше, ніж у сталі. До всього іншого у алюмінієвого сплаву дуже високий коефіцієнт питомої теплоємності, який свідчить про кількість теплової енергії, яку потрібно дати одному граму (кілограму) для того, щоб він змінив свою температуру на один градус Цельсія (Кельвіна). Все це свідчить про те, що процес пробою має на алюмінії і його сплави свої характерні особливості, що викликають концентрацію теплової енергії в зоні обробки. Логічно припустити, що даний факт викликаний впливом матеріалу електрода на процес пробою.

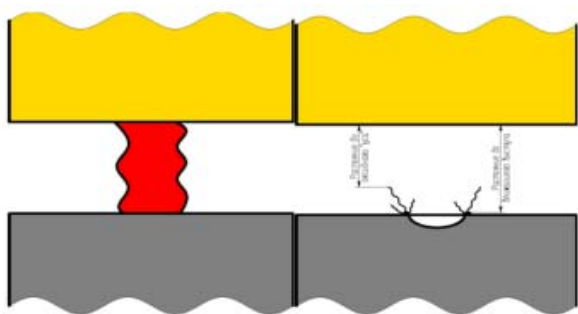


Рис. 3 – Спрощене подання пробою на алюмінієвий сплав

Найбільш вірогідною причиною цієї аномалії є спотворення поля в проміжку «вусиками», що утворюються з окисної плівки при руйнуванні її під час розряду (рис. 3). Аналіз стану електродів у процесі вимірювань показує, що на алюмінієвих електродах наступні розряди здійснюються з країв кратера які утворюються від першого пробою. Утворення кратерів на електродах з інших матеріалів не викликає утворення

«вусиками» і практично кожен наступний пробій відбувається з нової ділянки поверхні електродів. Це явище спостерігалось у всіх експериментах в умовах однорідного або слабо неоднорідного поля. Так як відстань між електродами скорочується за рахунок окисних утворень на аноді з алюмінієвого сплаву, наступний пробій відбувається не далеко від першої лунки. Як наслідок, кількість холостих імпульсів скорочується до мінімуму і кількість енергії, у тому числі і теплової, яка виділилась при обробці зростає. Даний ефект може бути використаний для підвищення продуктивності електроерозійної обробки деталей з алюмінієвих сплавів в тих випадках, коли обробка різанням ускладнена або зовсім неможлива.

**Висновок:** варіант використання електроерозійної обробки в якості фінішної для титанових і алюмінієвих сплавів вкрай доцільний з технічних та експлуатаційних причин.

**Список літератури:** 1. *Кабалдин, Ю.Г.* Повышение устойчивости процесса электроэрозионной обработки и качества обработанной поверхности на основе подходов искусственного интеллекта. Монография / *Ю.Г. Кабалдин, М.Ю. Сарилов, С.В. Биленко.* – Комсомольск-на-Амуре: КНАГТУ, 2007. – 191 с. 2. *Погонин А.А.* Зависимость производительности и износа электрода-инструмента от его материала при электроэрозионной прошивке капиллярных отверстий [Текст] / *А.А. Погонин, А.Ф. Бойко, Т.А. Блинова* // Наука на рубеже тысячелетий: сб. матер. 6-й междунар. науч.-практ. конф. (Тамбов, 26-27 окт. 2009г.) / Тамбов: Тамбов. гос. технич. ун-т, 2009. – С. 218-219. 3. *Владыкин А.В.* Повышение эффективности обработки отверстий малых диаметров в деталях из жаропрочных сплавов на основе применения метода электроэрозионного сверления / *А.В. Владыкин, В.Ф. Макаров* // Вестник Рыбинской государственной авиационной технологической академии им. П.А. Соловьёва. – 2010 – №2 (17) – С. 29-37. 4. Исследование процесса электроэрозионной обработки отверстий малого диаметра в деталях из жаропрочного сплава / *Е.А. Евсин, А.А. Бельтюков, И.А. Пермяков, А.В. Владыкин* // Вестник ПГТУ. – Пермь: ПГТУ, 2007 – С. 20-24. 5. *Владыкин А.В.* Расчёт производительности высокоскоростной электроэрозионной обработки отверстий в жаропрочном сплаве полым вращающимся электродом-инструментом / *А.В. Владыкин, В.Ф. Макаров* // Научно-технические технологии в машиностроении и авиационном двигателестроении (ТМ – 2012): материалы IV Междунар. науч.-техн. конф., посвящ. 75-летию В.Ф. Безъязычного (3-5 сент. 2012 г., Рыбинск): в 2 ч. / Мин-во образования и науки РФ [и др.] – Рыбинск: РГАТУ им. П.А. Соловьёва, 2012 – Ч. II – С. 135-142.

*Науковий керівник – д.т.н., проф. Новіков Ф. В.*