

В.М.Шмельов, асист.

Кіровоградський національний технічний університет

Особливості фізичного механізму електричної ерозії в умовах розмірної обробки електричною дугою спряжених пар робочих деталей розділових штампів

Описано особливості фізичного механізму електричної ерозії, зокрема якісні характеристики джерел тепла на електродах, в умовах розмірної обробки електричною дугою спряжених пар робочих деталей розділових штампів. Показано, що за зазначених умов забезпечуються оптимальні характеристики поверхні робочих деталей розділових штампів, такі як шорсткість обробленої поверхні і зона термічного впливу та точність виготовлення спряжених деталей.

електрична ерозія, фізичний механізм, характеристики, пуансон, матриця, зона термічного впливу, спряжена пара, розділовий штамп

Листові деталі, що складають в машинобудуванні близько 70%, виготовляють з використанням розділових штампів. Традиційним методом виготовлення спряжених пар робочих деталей розділових штампів є механічна обробка. Широкого застосування набули процеси електроіскрової (електроімпульсної) обробки. Останні, порівняно з механічною обробкою, забезпечують високу економічну ефективність одержання таких деталей без подальшої слюсарної доводки та в три-п'ять разів підвищити їх зносостійкість [1]. При виготовленні спряжених пар робочих деталей розділових штампів, перш за все, треба враховувати необхідну шорсткість та величину зони термічного впливу робочих поверхонь робочих спряжених пар деталей розділового штампа. Звичайно для деталей, що вирубують-пробивають з матеріалу товщиною 0,2...5мм рекомендована шорсткість робочих деталей розділового штампу складає $Ra=1,0...12,5\text{мкм}$ [1]. При застосуванні електроерозійної обробки (ЕЕО) незалежно від вихідної шорсткості зі збільшенням числа відштампованих деталей шорсткість поверхні пуансона і матриці наближається до значення $Ra=0,75...1,0\text{мкм}$. При реалізації процесу вирубання-пробивання, за умови виготовлення робочих деталей методами ЕЕО, лінійний знос їх поверхонь зменшується в 3...5 разів порівняно з робочими деталями отриманими обробкою різанням. При цьому глибина зони термічного впливу коливається в межах 0,01...0,15 мм. Отже, при ЕЕО штампів для

© В.М.Шмельов, 2011

вирубання-пробивання економічно доцільно виготовляти поверхні з більшою шорсткістю, ніж та, котра встановлюється після приробляння, оскільки в цьому випадку можна використовувати більш продуктивні режими ЕЕО не вдаючись до доводочних робіт.

При виготовленні спряжених пар робочих деталей розділових штампів знаходять застосування як процеси традиційної ЕЕО з використанням нестационарного електричного розряду (електроімпульсна обробка, електроіскрова обробка) так і стаціонарною електричною дугою, способом розмірної обробки електричною дугою (РОД) [2]. Процес РОД відрізняється більш високою продуктивністю порівняно з традиційними способами ЕЕО, і до того ж, при виготовленні спряжених пар, його реалізують в сукупності з способом керованого зносу електрод-інструмента (РОД СКЗ ЕІ) [3]. Проте вимагає вивчення фізичний механізм електричної ерозії в умовах такого процесу, бо його особливості визначають, в кінцевому підсумку, технологічні можливості процесу.

Електрична дуга є потужним джерелом тепла [2], якісні і кількісні характеристики якого визначають фізичний механізм електричної ерозії, зокрема, зону термічного впливу, шорсткість обробленої поверхні, якісні і кількісні характеристики та можливості процесу. В дузі спостерігається різко нерівномірний розподіл електричного поля, в зв'язку з чим розрізняють три області: анодну, катодну і стовп. Загальна напруга дуги U є сумою падіння напруг в анодній області U_a , катодній області U_k та стовпі дуги U_c . В катодній і анодній областях U_a і U_k є значними, що свідчить про високу напруженість електричного поля в них. На цій підставі дугу розглядають як суму трьох самостійно діючих джерел тепла в анодній області P_a , катодній області P_k і стовпі дуги P_c (рисунк.1).

Одне джерело тепла потужністю P_k розташоване в плоскому шарі на поверхні катода, друге потужністю P_a розташоване в плоскому шарі на поверхні анода і третє потужністю P_c розташоване по об'єму стовпа дуги.

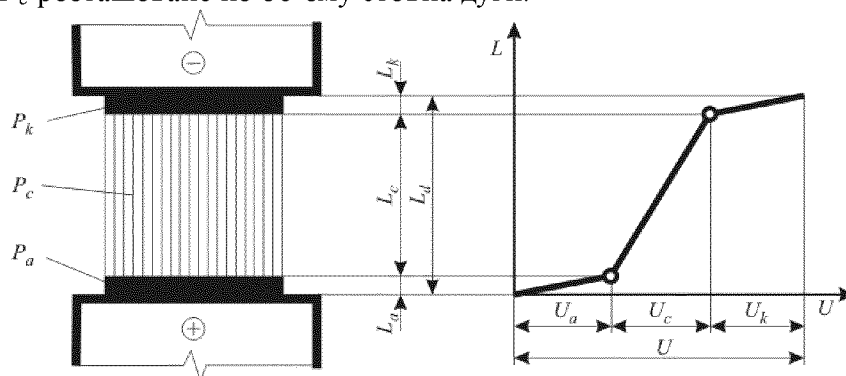


Рисунок 1 – Принципова схема електричної дуги як джерела тепла

Для якісної і кількісної оцінки дуги як джерела тепла для РОД необхідно установити електричні і геометричні характеристики, визначити густину струму на катоді j_k , на аноді j_a і в стовпі дуги j_c , сумарне значення катодного і анодного падіння напруги U_{k+a} (оскільки малі розміри приелектродної області та малі міжелектродні зазори при РОД дуже обмежують можливості окремого визначення анодне падіння напруги U_a і катодне падіння напруги U_k), визначити напруженість електричного поля в стовпі дуги E_c [2]. Сумарне значення катодного і анодного падіння напруги U_{k+a} визначають способом зближення електродів з використанням осцилограм, і таким чином отримують розподіл напруги в дузі.

Приелектродні області (катодна і анодна) внаслідок дуже високої напруженості електричного поля являють собою концентровані плоскі джерела тепла, в той час як стовп дуги є значно менш концентрованим об'ємним джерелом тепла. При цьому поверхнева густина теплової потужності на катоді і аноді складає, Вт/м²:

$$q_k = j \cdot U_k; \quad (1)$$

$$q_a = j \cdot U_a, \quad (2)$$

де j – густина струму, А/м².

Особливістю способу електроерозійної обробки робочих спряжених пар штампів суміщеної дії [2] є те, що виготовлення спряжених пар, способом РОД СКЗ ЕІ, відбувається в певній послідовності за п'ять переходів з використанням лише одного графітового ЕІ. При виготовлення спряженої пари пуансона і матриці для розділового штампа простої дії, використовують один графітовий ЕІ, а обробку здійснюють за три переходи: 1 перехід – графітовим ЕІ виготовляють пуансон із загартованої заготовки із сталі У8; 2 перехід – графітовим ЕІ виготовляють металевий ЕІ із сталі 35; 3 перехід – металевим ЕІ виготовляють матрицю із загартованої заготовки із сталі Х12М.

Отже, особливістю способу РОД СКЗ ЕІ, згідно викладеного, є те, що пуансон виготовляють графітовим ЕІ, а матрицю – металевим ЕІ, і, отже, необхідним є опис джерел тепла за цих умов.

Виконані, згідно зазначеного, експериментальні дослідження показали, що оптимальні якісні та кількісні показники обробленої поверхні отримують при застосуванні зворотної полярності електродів. Для умов отримання загартованої матриці металевим ЕІ визначено якісні показники джерел тепла при відповідних значеннях сили технологічного струму $I=50\dots150\text{А}$ та статичного тиску робочої рідини $P_S=1\dots2\text{МПа}$ значення суми падіння напруги біля анода і катода $U_{a+k}=14\dots20\text{В}$, враховуючи, що джерела тепла біля анода і катода плоскі, то густина струму $j=4,5\cdot10^8\dots9,7\cdot10^8\text{А/м}^2$, напруженість електричного поля в стовпі дуги $E_c=0,8\cdot10^5\dots1,4\cdot10^5\text{В/м}$, сумарна поверхнева густина теплової потужності біля анода $q_a=3,2\cdot10^9\dots9,7\cdot10^9\text{Вт/м}^2$ і катода $q_k=3,2\cdot10^9\dots9,7\cdot10^9\text{Вт/м}^2$.

На рисунку 2 показано структури поверхні загартованого пуансона зі сталі У8, обробленого графітовим ЕІ. В якості робочої рідини використано суміш в рівних пропорціях масла “Індустріальне-12” та освітлювального гасу, ЕІ з матеріалу МПГ-7 при зворотній полярності на режимах: $I=50\text{А}$; $P_S=2,0\text{МПа}$; $U=27\text{В}$. Сума падіння напруги біля анода і катода $U_{a+k}=14\dots16\text{В}$. Зона термічного впливу на поверхні пуансона при застосуванні відповідних режимів обробки має невеликі розміри і може бути практично відсутня. Шорсткість обробленої поверхні при цьому знаходиться в межах $Ra=3,1\dots4,7\text{ мкм}$.

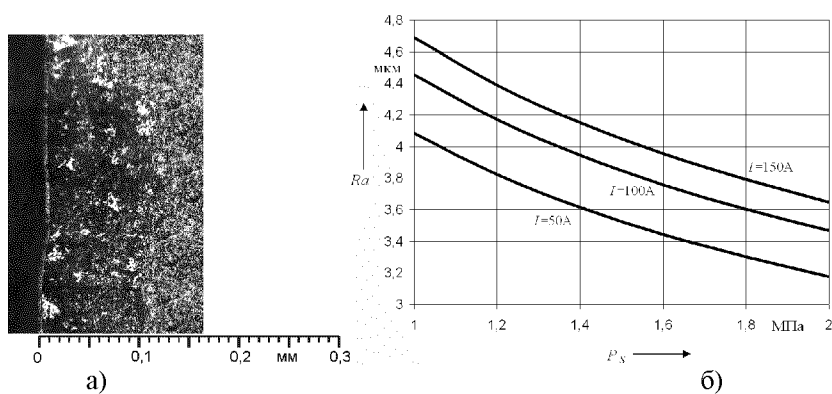


Рисунок 2 – Структура поверхні загартованого пуансона зі сталі У8 після РОД (а), залежність шорсткості поверхні Ra від статичного тиску робочої рідини P_S та сили технологічного струму I (б)

На рисунку 3 показано мікроструктури поверхні загартованої матриці зі сталі Х12М, обробленого металевим ЕІ. В якості робочої рідини використано суміш в рівних пропорціях масла “Індустріальне-12” та освітлювального гасу, ЕІ з сталі 35 при прямій полярності на режимах: $I=50\text{А}$; $P_S=1,2\text{МПа}$; $U=27\text{В}$. Сума падіння напруги біля анода і катода $U_{a+k}=18\dots20\text{В}$. Зона термічного впливу на поверхні матриці при застосуванні відповідних режимів обробки коливається в межах від 0,015 до 0,025мм. Шорсткість обробленої поверхні при цьому знаходиться в межах $Ra=14\dots15\text{ мкм}$.

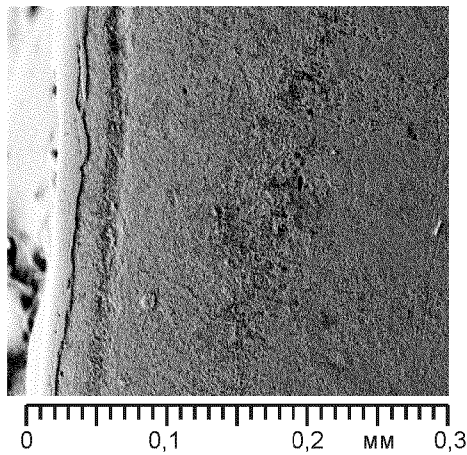


Рисунок 3 – Структура поверхні загартованої матриці зі сталі X12M після РОД, пряма полярність

На рисунку 4 показано мікроструктури поверхні загартованої матриці зі сталі X12M, обробленого металевим ЕІ. В якості робочої рідини використано суміш в рівних пропорціях масла “Індустріальне-12” та освітлювального гасу, ЕІ з сталі 35 при зворотній полярності на режимах: $I=50\text{A}$; $P_S=1,2\text{МПа}$; $U=27\text{В}$. Сума падіння напруги біля анода і катода $U_{a+k}=18\dots 20\text{В}$. Зона термічного впливу на поверхні матриці при застосуванні відповідних режимів обробки коливається в межах від 0,015 до 0,035мм. Шорсткість обробленої поверхні при цьому знаходиться в межах $Ra=9,5\dots 12\text{ мкм}$.

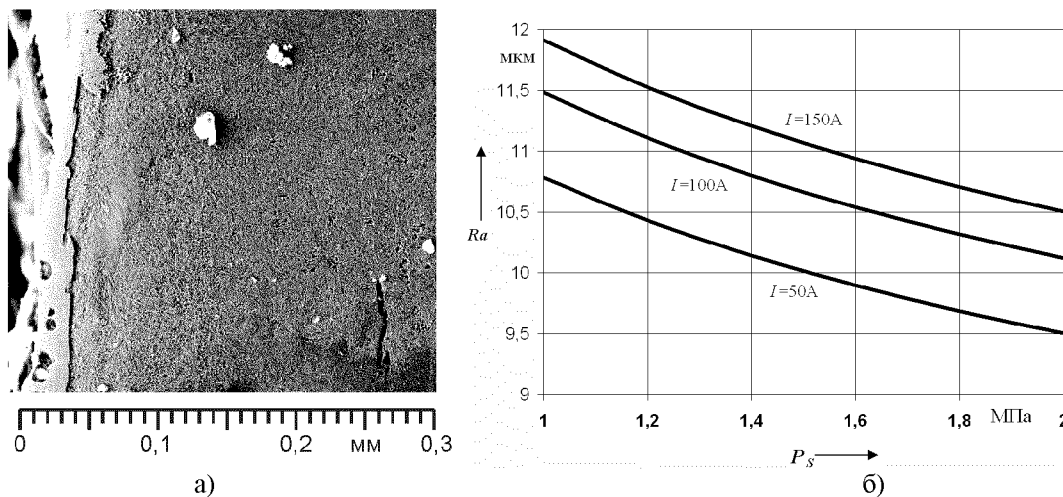


Рисунок 4 – Структура поверхні загартованої матриці зі сталі X12M після РОД, зворотна полярність (а), залежність шорсткості поверхні Ra від статичного тиску робочої рідини P_S та сили технологічного струму I (б)

Таким чином, при виготовленні спряжених пар робочих деталей розділових штампів способом РОД СКЗ ЕІ, при застосуванні зворотної полярності електродів при значеннях сили технологічного струму $I=50\dots 150\text{A}$ та статичного тиску робочої рідини $P_S=1\dots 2\text{МПа}$, забезпечується необхідна шорсткість поверхні цих деталей та величина зони термічного впливу.

Описано фізичний механізм електричної ерозії в умовах РОД СКЗ ЕІ, що забезпечує необхідні технологічні характеристики зазначеного процесу отримання спряжених пар робочих деталей розділових штампів та підвищити їх стійкість. Описано якість джерел тепла при значеннях сили технологічного струму $I=50\dots 150\text{A}$ та статичного тиску робочої рідини $P_S=1\dots 2\text{МПа}$, зокрема, значення суми падіння напруги біля анода і катода складає $U_{a+k}=14\dots 20\text{В}$, враховуючи, що джерела тепла біля анода і катода плоскі, то густина струму $j=4,5\cdot 10^8\dots 9,7\cdot 10^8\text{A/m}^2$, напруженість

електричного поля в стовпі дуги $E_c=0,8 \cdot 10^5 \dots 1,4 \cdot 10^5 \text{В/м}$, поверхнева густина теплової потужності біля анода $q_a=3,2 \cdot 10^9 \dots 9,7 \cdot 10^9 \text{Вт/м}^2$ і катода $q_k=3,2 \cdot 10^9 \dots 9,7 \cdot 10^9 \text{Вт/м}^2$. Установлено, що при виготовленні способом РОД СКЗ ЕІ спряжених пар робочих деталей розділових штампів при використанні зворотної полярності електродів оптимальні якісні характеристики джерел тепла на електродах забезпечуються за рахунок варіювання сили технологічного струму в межах $I=50 \dots 150 \text{А}$ та статичного тиску робочої рідини $P_S=1 \dots 2 \text{МПа}$, що забезпечує необхідні якісні характеристики поверхні (шорсткість $Ra=3,1 \dots 12 \text{мкм}$, зона термічного впливу $H=0 \dots 0,035 \text{мм}$) спряжених пар робочих деталей розділових штампів. При необхідності величину зони термічного впливу і шорсткість робочої поверхні пуансона і матриці зменшують за рахунок збільшення статичного тиску робочої рідини.

Список літератури

1. Сияговский А.Ф. Определение начальной эксплуатационной шероховатости поверхности разделительных штампов при электроэрозионном изготовлении. Электрофизические и электрохимические методы обработки: Научно-технический реферативный сборник, - М: НИИМаш. 1983 №4.
2. Носуленко В. І. Розмірна обробка металів електричною дугою: Автореф. дис. д-ра техн. наук: 05.03.07. /Кіровоградський держ. техн. ун-т. – К., 1999. – 32 с.
3. Пат. №29603 Україна, МПК (2006) В23Н 1/00. Спосіб електроерозійної обробки робочих спряжених пар штампів суміщеної дії / В. І. Носуленко, В. М. Шмельов, П. М. Великий, О. С. Чумаченко (Україна), - №u200704716; Заявл. 27.04.2007; Зареєст. 25.01.2008.

В. Шмельов

Особенности физического механизма электрической эрозии в условиях размерной обработки электрической дугой сопрягающих пар рабочих деталей разделительных штампов

Описаны особенности физического механизма электрической эрозии, в частности качественные характеристики источников тепла на электродах, в условиях размерной обработки электрической дугой сопрягающихся пар рабочих деталей разделительных штампов. Показано, что при указанных условиях обеспечиваются оптимальные характеристики поверхности рабочих деталей разделительных штампов, такие как шероховатость обработанной поверхности и зона термического влияния, а также точность изготовления сопрягаемых деталей.

V. Shmelyov

Features of physical mechanism of electric erosion in the conditions of size treatment of conjugating pair of workings details of dividing stamps a voltaic arc

Features of physical mechanism of electric erosion are, in particular high-quality descriptions of sources of heat on electrodes, in the conditions of size treatment of the attended pair of workings details of dividing stamps a voltaic arc. It is shown, that under the specified conditions optimum characteristics of a surface of working details of dividing stamps, such as a roughness of the processed surface and a zone of thermal influence, and also accuracy of manufacturing of interfaced details are provided.

Одержано 31.03.11