

В.І. Носуленко, проф., д-р техн. наук, В.М. Шмельов, асист.

Кіровоградський національний технічний університет

О.С. Чумаченко, доц., канд. техн. наук

Національний технічний університет України „Київський політехнічний інститут”

Технологічні характеристики розмірної обробки електричною дугою спряжених пар робочих деталей штампів суміщеної дії

Виконано експериментальні дослідження технологічних характеристик процесу розмірної обробки електричною дугою, зокрема продуктивності, шорсткості і зносу інструменту, при виготовленні спряжених пар деталей штампів суміщеної дії, а саме, матриць, пуансонів, виштовхувачів, тримачів, проміжних електродів. Отримано математичні моделі зазначених технологічних характеристик і побудовано графіки, що надає можливість подальшої розробки конкретних технологічних процесів виготовлення таких штампів **електрична дуга, розмірна обробка, електрод-інструмент, технологічні характеристики, продуктивність, стійкість інструменту, розділові штампи, штампи суміщеної дії**

Вступ. Для отримання листових деталей, які складають в машинобудуванні до 70% від загальної кількості, в умовах крупносерійного і масового виробництва застосовують штампи суміщеної дії, які забезпечують високу точність і складають близько 10% розділових штампів. Економічна ефективність застосування таких штампів залежить від їх стійкості. Остання визначається перш за все рівномірністю зазора в спряжених парах робочих деталей штампа, які утворюють поміж собою пуансон-матриці, пуансони, матриці, знімачі, виштовхувачі, штовхачі. Виготовлення таких спряжених пар із рівномірним зазором являє собою складну технологічну задачу, здійснюється звичайно механічною обробкою та різноманітними методами традиційної електроерозійної обробки і відрізняється низькою продуктивністю [1], високою собівартістю і трудомісткістю.

В цьому зв'язку науковий і практичний інтерес являє спосіб розмірної обробки металів електричною дугою (РОД), який відрізняється високою продуктивністю (в 5...10 разів і більше, порівняно з традиційними процесами) та отримує все більш широке застосування [2], зокрема для виготовлення спряжених пар робочих деталей штампів суміщеної дії [3, 4] і дозволяє забезпечити рівномірний зазор в спряжених парах. Всі ці деталі в умовах РОД виготовляють із застосуванням послідовно лише одного електрода-інструмента (ЕІ), що забезпечує рівномірний зазор, на відміну від традиційних технологій, де кожну деталь виготовляють окремим інструментом.

Опис технологічних прийомів і послідовність технологічних схем формоутворення представлено в роботах [3, 4] проте, невизначеними залишаються якісні і кількісні технологічні характеристики, дослідження і опис яких дозволить ефективно реалізувати запропонований процес в умовах інструментального виробництва.

Постановка задачі. Для розробки і реалізації в умовах виробництва конкретних технологічних процесів, необхідно визначити технологічні характеристики РОД спряжених пар робочих деталей штампів суміщеної дії, зокрема, продуктивність обробки M , шорсткість обробленої поверхні Ra , знос ЕІ γ залежно від статичного тиску робочої рідини на вході в міжелектродний зазор P_s та сили струму I . Для цього доцільно використати математичне моделювання і статистичні методи планування та обробки результатів

Результати досліджень. Виготовлення робочих спряжених пар штампів суміщеної дії способом РОД відбувається у визначеній послідовності [2] за декілька переходів з використанням лише одного точно виготовленого графітового ЕІ. Проведено серію експериментів при варіюванні керуючих факторів (P_s та I) на трьох рівнях, на підставі яких, з використанням методів статистичного аналізу (перевірка адекватності і значущості коефіцієнтів), отримано математичні моделі, які показують вплив зазначених факторів обробки на продуктивність, шорсткість та знос ЕІ в умовах РОД спряжених пар робочих деталей розділових штампів суміщеної дії. Опишемо їх відповідно до застосованих переходів обробки. Межі варіювання керуючих факторів обумовлені потребою забезпечити якість поверхні деталей. Вибравши потрібне значення шорсткості поверхні Ra , за величиною сили струму I і тиском P_s визначають продуктивність M і час обробки, розраховують знос ЕІ γ та його необхідні розміри в плані та по висоті.

Перший перехід – графітовим ЕІ 1 (рис. 1) виготовляють знімач 2, при цьому робочу

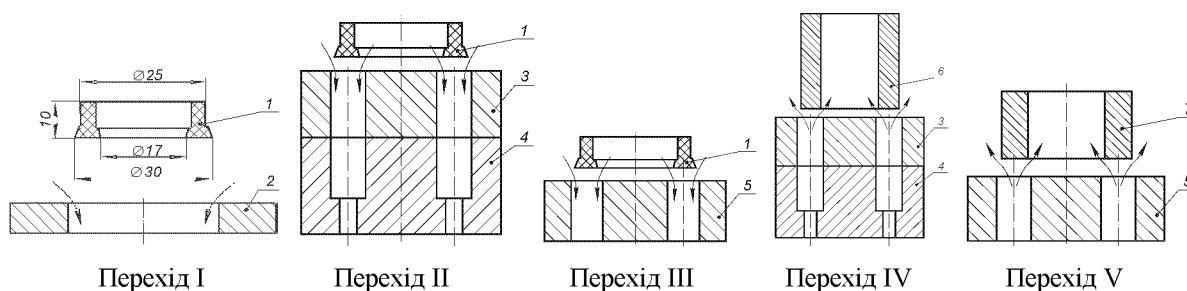


Рисунок 1 – Послідовність переходів обробки спряжених пар деталей розділового штампа

рідину прокачують від периферії ЕІ до його центра. Матеріал знімача – сталь 45, матеріал ЕІ – графіт МПГ 7, полярність електродів зворотна.

Продуктивність обробки прямо пропорційна силі струму і знижується із підвищенням тиску робочої рідини. При силі струму 200 А досягає 2000 мм³/хв. Залежність продуктивності обробки знімача від P_s та I (рис. 2, а) визначають згідно наступної математичної моделі, мм³/хв

$$M = 6,41 \cdot I^{1,06} \cdot P_s^{-0,07} \quad (1)$$

Шорсткість (рис. 2, б) обробленої поверхні Ra знімача зменшується при збільшенні тиску робочої рідини і визначається P_s та I згідно наступної математичної моделі, мкм

$$Ra = 2,63 \cdot I^{0,28} \cdot P_s^{-0,84} \quad (2)$$

Із підвищенням тиску знос графітового ЕІ в плані збільшується. Залежність лінійного зносу ЕІ по діаметру при обробці знімача від P_s та I (рис. 2, в) визначають згідно наступної математичної моделі, мм

$$\gamma_{л} = 6,93 \cdot I^{-0,19} \cdot P_s^{1,08} \quad (3)$$

Підвищений лінійний знос графітового ЕІ обумовлений геометрією його робочої кромки, загостреної під кутом до оброблюваної поверхні. Знос графітового ЕІ сприяє утворенню конусності на робочих поверхнях заготовок, що є необхідною умовою для подальшої обробки наступних деталей спряженої пари [3].

Другий перехід (рис. 1) – графітовим ЕІ 1 виготовляють металевий (сталь 45) ЕІ 3 для виготовлення пуансон-матриці на четвертому переході та матрицю-пуансон 4 (сталь 9ХС) на зворотній полярності, при цьому робочу рідину прокачують одночасно від периферії і від центра графітового ЕІ з відводом через отвори в матриці-пуансоні, які призначені для встановлення штовхачів, що приводять в рух виштовхувач штампа.

Оптимальні умови прокачування робочої рідини та видалення продуктів ерозії сприяють значному зростанню продуктивності (рис. 3, а), яка визначається P_s та I і описана наступною математичною моделлю, $\text{мм}^3/\text{хв}$

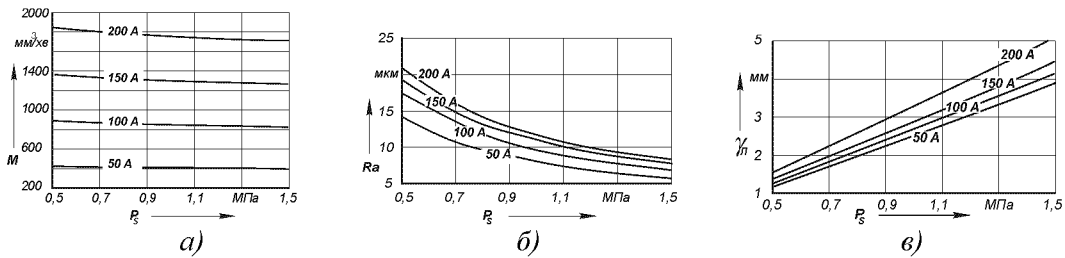


Рисунок 2 – Залежність технологічних характеристик процесу від I та P_s на першому переході

$$M = 26,73 \cdot I^{0,93} \cdot P_s^{0,45} \quad (4)$$

Шорсткість обробленої поверхні (рис. 3, б) значно знижується при зростанні тиску робочої рідини, а її залежність від P_s та I описує наступна математична модель, мкм

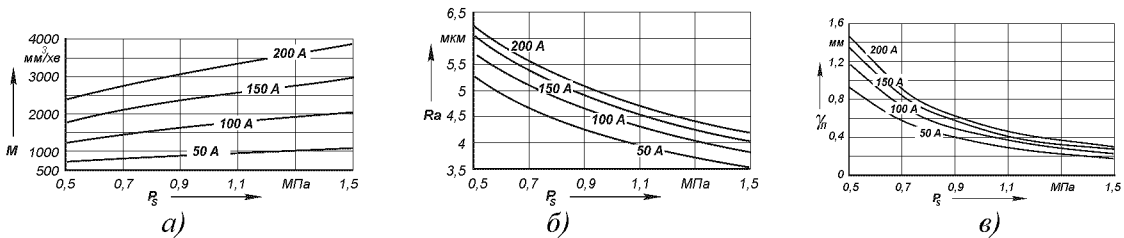


Рисунок 3 – Залежність технологічних характеристик процесу від I та P_s на другому переході

$$Ra = 4,477 \cdot I^{0,13} \cdot P_s^{-0,36} \quad (5)$$

В перших двох переходах обробку виконують ЕІ з нахиленою кромкою, внаслідок чого має місце інтенсивний знос по діаметру, який для даного розміру ЕІ вимірювали в міліметрах, на відміну від традиційного, у відсотках до висоти обробленої заготовки. Залежність лінійного зносу ЕІ (рис. 3, в) по діаметру від P_s та I в зазначених межах варіювання факторів розраховують згідно математичної моделі, яка має наступний вигляд, мм:

$$\gamma_d = 0,086 \cdot I^{0,33} \cdot P_s^{-1,47} \quad (6)$$

Наявність попередніх отворів сприяє швидкому відведенню продуктів ерозії і значному підвищенню продуктивності обробки майже вдвічі порівняно зі схемою першого переходу, де виконують обробку суцільної заготовки. В даному випадку видалається незначний припуск, траса евакуації продуктів ерозії мінімальна і статичний тиск переходить в динамічний з мінімальними втратами. Останнє сприяє підвищенню енергетичних характеристик електричної дуги і зниженню шорсткості обробленої поверхні втричі порівняно з першим переходом. Знижується знос графітового ЕІ, що пояснюється збільшенням рухливості електричної дуги.

Третій перехід (рис. 1) – графітовим ЕІ 1 при зворотній полярності виготовляють металевий (сталь 45) ЕІ 5 для виготовлення виштовхувача з прокачуванням робочої рідини аналогічно як і для другого переходу.

Математичні моделі продуктивності процесу, шорсткості поверхні та зносу ЕІ відповідають другому переходу.

Четвертий перехід (рис. 1) – при зворотній полярності металевим (сталь 45) ЕІ 3, закріпленим на матриці-пуансоні 4, виготовляють пуансон-матрицю (сталь У10А) 6 з прокачуванням робочої рідини через отвори в матриці-пуансоні.

Схема формоутворення, прокачування робочої рідини, зміна матеріалу ЕІ сприяє зростанню продуктивності (рис. 4, а) порівняно з попередніми переходами, а її залежність від P_s та I відповідає наступній математичній моделі, $\text{мм}^3/\text{хв}$

$$M = 0,536 \cdot I^{1,655} \cdot P_s^{-1,104} \quad (7)$$

Шорсткість обробленої поверхні при застосуванні металевго ЕІ порівняно з використанням графітового ЕІ підвищена порівняно з попереднім переходом, її залежність від P_s та I показана на (рис. 4, б) згідно наступної математичної моделі, мкм

$$Ra = 7,551 \cdot I^{0,091} \cdot P_s^{-0,182} \quad (8)$$

Лінійний знос металевго ЕІ по висоті коливається в межах 75-80%, його залежність від P_s та I показана на (рис. 4, в) згідно математичної моделі, яка має наступний вигляд, %:

$$\gamma_d = 71,285 \cdot I^{0,022} \cdot P_s^{-0,073} \quad (9)$$

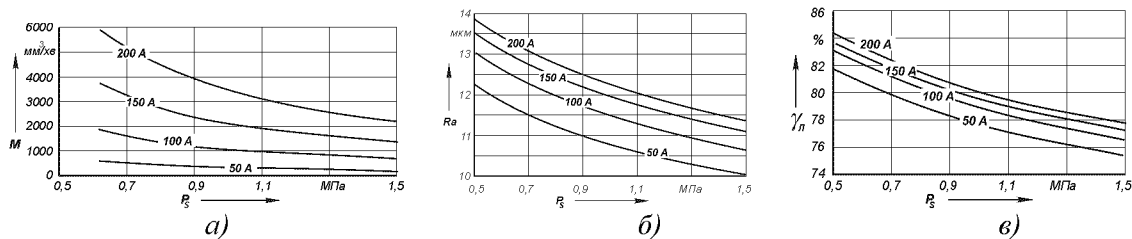


Рисунок 4 – Залежність технологічних характеристик процесу від I та P_s на четвертому переході

П'ятий перехід (рис. 1) – металевим ЕІ 5, закріпленим на матриці-пуансоні (на рис. не показано) виготовляють виштовхувач 7 з прокачуванням робочої рідини через отвори в матриці-пуансоні.

Матеріал заготовки 7 – сталь 45, матеріал ЕІ 3 – сталь 45, полярність електродів зворотна.

Продуктивність визначається переважно силою струму обробки, а її залежність від P_s та I показана на (рис. 5, а) згідно наступної математичної моделі, $\text{мм}^3/\text{хв}$

$$M = 10,29 \cdot I^{1,03} \cdot P_s^{-0,04} \quad (10)$$

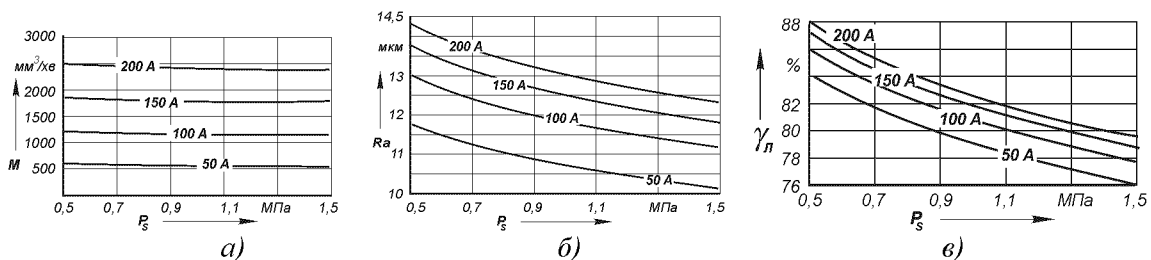


Рисунок 5 – Залежність технологічних характеристик процесу від I та P_s на п'ятому переході

Шорсткість обробленої поверхні залежить від P_s та I (рис. 5, б) і визначається згідно наступної математичної моделі, мкм

$$Ra = 6,2 \cdot I^{0,14} \cdot P_s^{-0,14} \quad (11)$$

Лінійний знос ЕІ по висоті в залежності від P_s та I (рис. 5, в) визначають згідно математичної моделі, яка має наступний вигляд, %:

$$\gamma_d = 71,3 \cdot I^{0,02} \cdot P_s^{-0,07} \quad (12)$$

Досліджені і описані технологічні характеристики РОД спряжених пар в функції основних керуючих факторів дозволяють здійснити розробку технологічних процесів, виконати розрахунки продуктивності, трудомісткості, виконавчих розмірів інструменту і його стійкості, керувати якістю отримуваних деталей.

Висновки. Технологічні характеристики РОД спряжених пар деталей штампів суміщеної дії, зокрема продуктивність обробки, шорсткість поверхні оброблених деталей, стійкість робочого інструменту, визначені в результаті експериментальних досліджень, змінюються залежно від сили струму і тиску робочої рідини на вході в міжелектродний зазор. При цьому продуктивність обробки знаходиться в межах 2000-6000 мм³/хв, зростає при збільшенні сили струму і зменшенні тиску робочої рідини. Шорсткість обробленої поверхні спряжених пар складає Ra 6-20 мкм та зростає при збільшенні сили струму і зменшенні тиску. Знос ЕІ γ є керованим і знаходиться в межах 1-5 мм на розмір залежно від режиму обробки. Для підвищення ефективності розробки технологічних процесів доцільно розробити програмне забезпечення. Підлягають подальшому уточненню елементи конструкції електрода-інструмента.

Список літератури

1. Фотеев Н. К. Технология электроэрозионной обработки. – М.: Машиностроение, 1980, 184 с. ил.
2. Носуленко В. И. Размерная обработка металлов электрической дугой // Электронная обработка материалов, 2005, № 1. – С. 8-17.
3. Пат. 353511 А Україна, МПК В23Н 9/12, В23Н 1/00. Спосіб одержання спряжених пар робочих деталей розділових штампів. / В. І. Носуленко, І. А. Гросул, О. С. Чумаченко (Україна). – № 99095322; Заявл. 28.09.99; Опубл. 15.03.2001, Бюл. № 2.
4. Носуленко В. І., Шмельов В. М. Технологія виготовлення робочих спряжених пар штампів суміщеної дії розмірною обробкою електричною дугою //Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету / Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація / – Вип. 18. Кіровоград: КНТУ, 2007. – С. 86-90.
5. Висновок про видачу патента України, МПК 7В23Н1/00, В23Н1/02. Спосіб електроерозійної обробки робочих спряжених пар штампів суміщеної дії / В. І. Носуленко, В. М. Шмельов, П. М. Великий, О. С. Чумаченко (Україна). – № 200704716; Заявл. 27.04.2007; Опубл. 19.11.2007.

В.Носуленко, В.Шмельов, О.Чумаченко

Технологічні характеристики розмірної обробки електричною дугою спряжених пар робочих деталей штампів суміщеної дії

Виконано експериментальні дослідження технологічних характеристик процесу розмірної обробки електричною дугою, зокрема продуктивності, шорсткості і зносу інструменту, при виготовленні спряжених пар деталей штампів суміщеної дії, а саме, матриць, пуансонів, виштовхувачів, тримачів, проміжних електродів. Отримано математичні моделі зазначених технологічних характеристик і побудовано графіки, що надає можливість подальшої розробки конкретних технологічних процесів виготовлення таких штампів.

V. Nosulenko, V. Shmelyov, O. Chumachenko

Technological descriptions of size treatment by electric arc of the attended pair of the combined action stamps working details

Experimental researches of technological descriptions of process of size treatment by voltaic arc are executed, in particular the productivity, roughness and wear of instrument, at making of the attended pair of details of stamps of the combined action, namely, matrices, puncheons, holders, intermediate electrodes. The mathematical models of the indicated technological descriptions are got and the graphs which enable subsequent development of concrete technological processes of making of such stamps are built.

Одержано 02.11.09