

*В.Пукалов, В.Пукалов, Ф. Златопольський*

#### **Розрахунок напружень при осадці порожніх вісесиметричних тіл**

Стаття присвячена розрахунку напружень при осадці вісесиметричних тіл. На основі аналогічного вивчення розподілу дотичних напружень по контактній поверхні інструмента з металом і сумісного рішення диференціальних рівнянь рівноваги і рівняння пластичності, отримані формули розрахунку напружень у будь-якій точці заготовки, яка деформується.

*V. Pukalov, V. Pukalov, F.Zlatopolsky*

#### **Stresses calculation when precipitating hollow axisymmetric bodies**

The article deals with the problem of stresses calculation when precipitating hollow axisymmetric bodies. On the ground of analytic study of distribution of the tangent stresses along the contact surface of the tool with metal and joint resolution of differential balance equations and plasticity equations formulas for stresses calculation at any point of deformable work material are received.

Одержано 01.11.11

**УДК 621.9.048.4**

**В.І. Носуленко, проф., д-р техн. наук, О.В. Шелепко, асп.**

*Кіровоградській національній технічній університет*

## **Технологічні характеристики розмірної обробки електричною дугою непрофільованим електродом-інструментом**

Виконано експериментальні дослідження технологічних характеристик процесу розмірної обробки електричною дугою непрофільованим електродом-інструментом. Отримано математичні моделі і побудовано графіки продуктивності, шорсткості і зносу інструменту.

**розмірна обробка, електричною дугою, непрофільований, електрод-інструмент, технологічні характеристики**

Для підвищення експлуатаційних можливостей та збільшення ресурсу роботи машин, агрегатів і вузлів, підприємства машинобудування все більш широко застосовують важкооброблювані метали, такі як високоміцні загартовані сталі, тверді сплави, жароміцні сталі і спеціальні сплави. В цьому зв'язку все більш широке застосування отримують фізико-технічні способи обробки і, зокрема, спосіб розмірної обробки електричною дугою (РОД) [1], який порівняно з традиційними способами металообробки забезпечує більш високу продуктивність, а за умови використання непрофільованого електрода-інструмента (ЕІ), до того ж, дозволяє обробляти як деталі типу тіл обертання, так і фасонні поверхні порівняно великих розмірів [2].

Опис технологічних схем формоутворення та відповідних технічних рішень у вигляді так званих електроерозійних головок (ЕЕГ) наведено в роботах [2,3]. Проте невизначеними залишаються якісні та кількісні технологічні характеристики процесу, дослідження і опис яких є необхідним для ефективної реалізації запропонованого процесу в умовах виробництва.

В цьому зв'язку необхідно визначити основні технологічні характеристики, зокрема, продуктивність обробки  $M$ , шорсткість обробленої поверхні  $Ra$ , об'ємний знос електрода-інструмента (ЕІ)  $\gamma$ . Для цього використовуємо розроблену нами ЕЕГ [3], що дозволяє забезпечити якісні та кількісні показники обробки за рахунок оптимальних характеристик гідродинамічних потоків в зоні обробки, а саме, розділення робочої рідини на два потоки (рис.1): напірний потік А, який рухаючись по порожнині 1 ЕІ зустрічається, на виході, з заготовкою 4, забезпечуючи таким чином необхідні гідродинамічні характеристики робочої рідини в зоні обробки 5; напірний потік Б, що подається в отвір 6 корпуса 2 який за рахунок порожнини 3 з'єднаний з кільцевим соплом 8, на виході з якого робоча рідина також стикається з заготовкою 4, утворюючи при цьому два потоки Б<sub>1</sub> і Б<sub>2</sub>. Потік Б<sub>1</sub> направлений назовні, а потік Б<sub>2</sub> стикається з потоком А, локалізуючи таким чином зону обробки і до того ж дозволяє зберегти швидкість робочої рідини на виході з міжелектродного зазору, що, в свою чергу, дозволить уникнути явища «видовжених дуг». При цьому утворюється новий потік В, що спрямований в напрямку порожнини 9 (зона меншого тиску), створюючи передумови для видалення робочої рідини разом з продуктами ерозії із зони обробки, через отвір 7, в магістраль зливу.

Для визначення зазначених технологічних характеристик використано математичне моделювання і статичні методи планування та обробки результатів експерименту. Згідно методик [4,5] усі параметри, що не задовольняють критерії керованості було фіксуємо на одному рівні, а саме, статичний тиск робочої рідини у напірній магістралі ЕЕГ – 0,8 МПа, кут  $\alpha$  сопла 8 –  $42^\circ$  та оберти заготовки 4 – 12 об/хв. В якості заготовки було використано металеву трубу  $D = 48$  мм, що виготовлена зі сталі 20, при цьому ЕІ виготовлено з чавуну, розмірами  $d=5$ мм,  $d_2=12$ мм і  $L=70$  мм. В якості змінних факторів [4,5], що задовольняють вимоги керованості і дозволяють отримати адекватні математичні моделі, обрано відстань ( $n$ ) з межами варіювання 1...3 мм, струм ( $I$ ) – 50...100А і напруга ( $U$ ) – 25...30в.

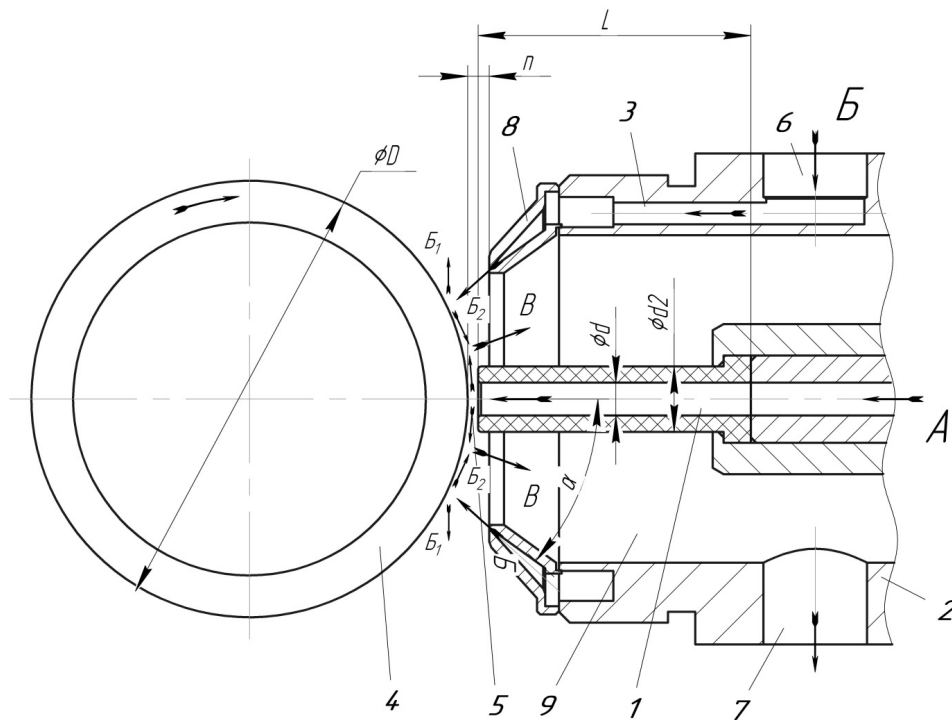


Рисунок 1 – Принципова схема роботи ЕЕГ

Для спрощення розрахунку, було використано програмний пакет STATISTICA, зокрема такі модулі як планування експерименту, множинна регресія та нелінійне оцінювання [6].

В результаті було отримано математичну модель продуктивності обробки в функції трьох факторів:

$$M = 0.933 \cdot I^{1.67} \cdot U^{-0.19} \cdot n^{-0.05} \quad (1)$$

Згідно перевірки моделі за критерієм значимості (рис.2), вагомими факторами є сила технологічного струму ( $I$ ) та відстань сопел від заготовки ( $n$ ). Тому для зазначених параметрів будемо графіки залежності продуктивності від відстані сопел до заготовки при різних значеннях сили струму (рис 3).

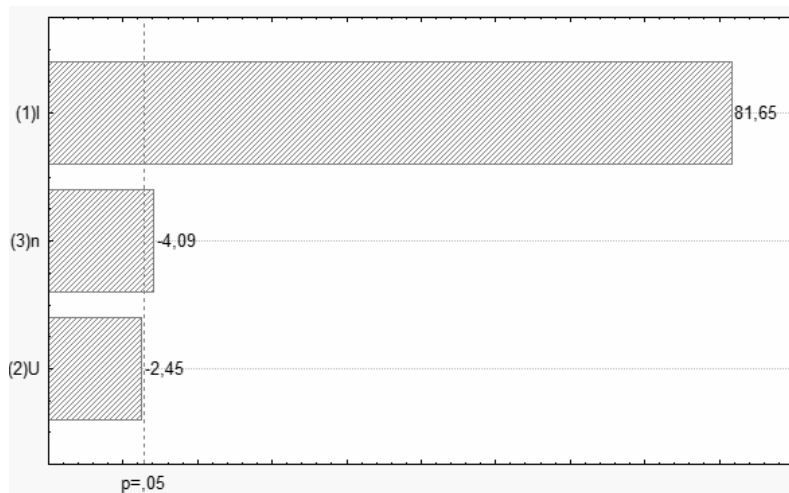


Рисунок 2 – Ступінь впливу факторів на продуктивність обробки

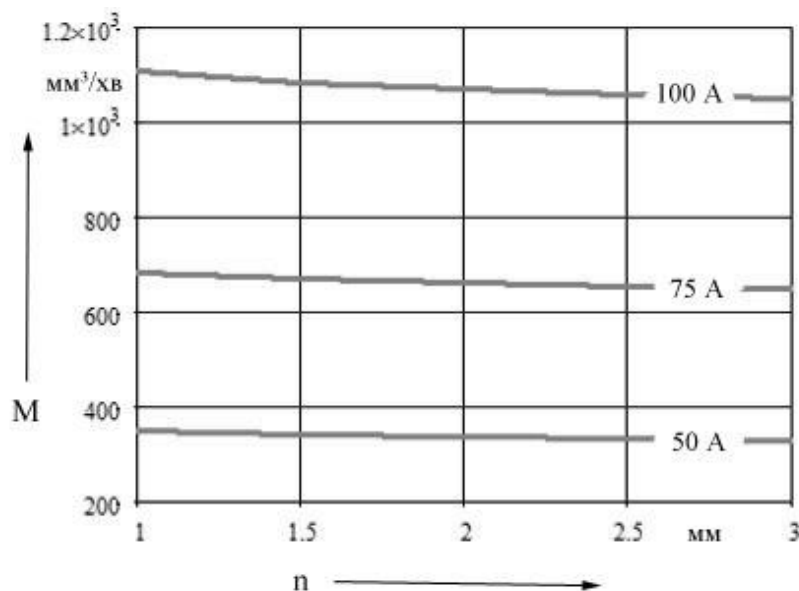


Рисунок 3 – Графік залежності продуктивності від сили струму і відстані сопел від заготовки

Математична модель шорсткості в функції трьох факторів, мкм:

$$Ra = 1.15 \cdot I^{0.48} \cdot U^{0.125} \cdot n^{0.08} \quad (2)$$

Згідно перевірки моделі за критерієм значимості (рис.4), вагомими факторами, є сила технологічного струму ( $I$ ) та відстань сопел від заготовки ( $n$ ). Тому для зазначених параметрів будемо графіки залежності шорсткості від відстані сопел до заготовки при різних значеннях сили струму(рис 5).

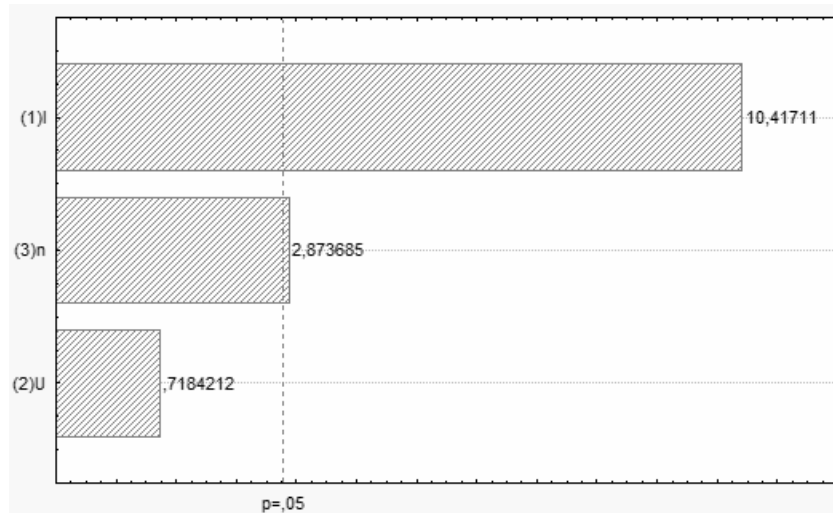


Рисунок 4 – Ступінь впливу факторів на шорсткість поверхні

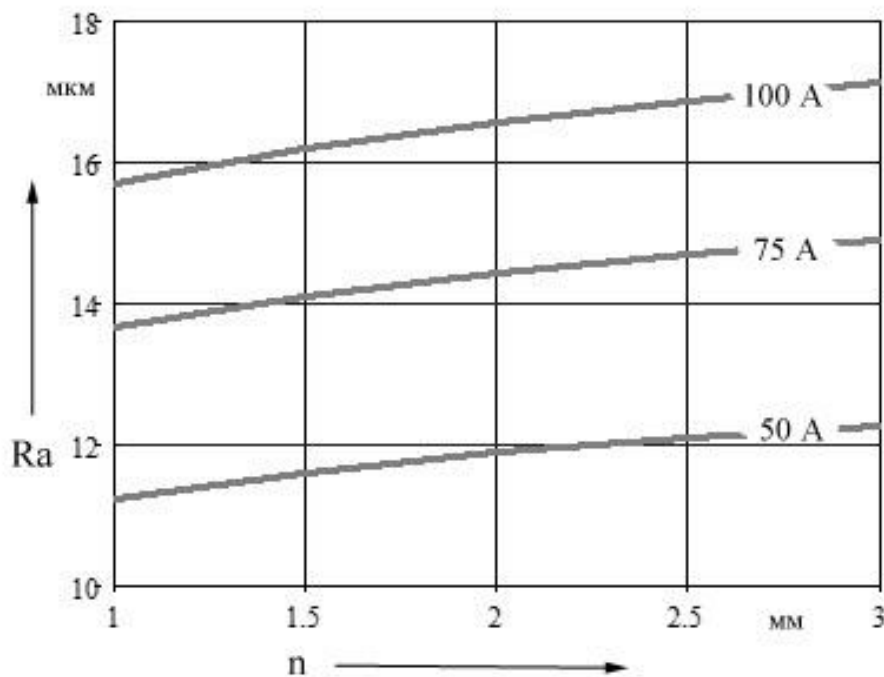


Рисунок 5 – Графік залежності шорсткості від сили струму і відстані сопел від заготовки

Математична модель об'ємного зносу EI в функції трьох факторів, %

$$\gamma = 4.17 \cdot I^{0.37} \cdot U^{0.06} \cdot n^{0.06} \quad (3)$$

Згідно перевірки моделі за критерієм значимості (рис.6), вагомими факторами, є сила технологічного струму ( $I$ ) та відстань сопел від заготовки ( $n$ ). Тому для зазначених параметрів будемо графіки залежності шорсткості від відстані сопел до заготовки при різних значеннях сили струму(рис 7).

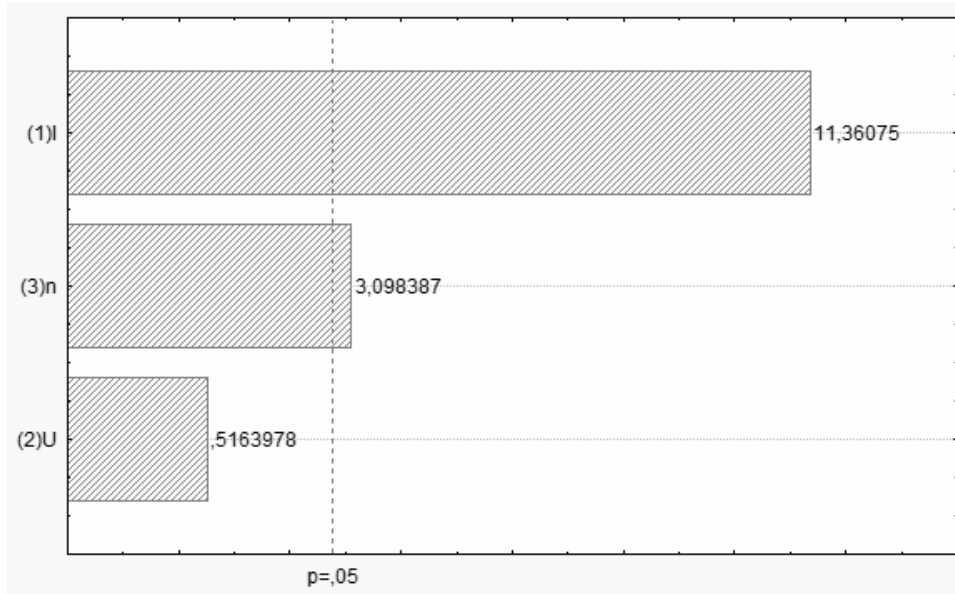


Рисунок 6 – Ступінь впливу факторів на знос ЕІ

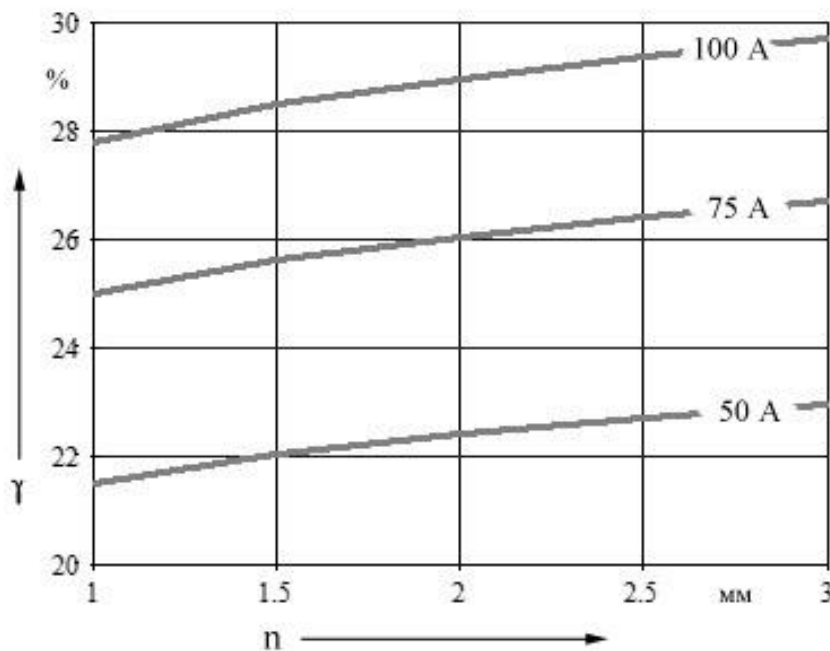


Рисунок 7 – Графік залежності об'ємного зносу ЕІ від сили струму і відстані сопел від заготовки

Досліджені і описані технологічні характеристики РОД непрофільованим ЕІ в функції основних керуючих факторів дозволяють здійснити розробку технологічних процесів, виконати розрахунки продуктивності, стійкості інструменту та керувати якістю отриманих деталей. В результаті експериментальних досліджень технологічні характеристики змінюються залежно від сили струму і відстані сопел від заготовки.

При цьому продуктивність знаходиться між 500-1200 мм<sup>3</sup>/хв., зростає при збільшенні сили струму і зменшенні відстані сопел від заготовки. Шорсткість обробленої поверхні складає 11-18 мкм та зростає при збільшенні сили струму і збільшенні відстані сопел від заготовки. Об'ємний знос є керованим і знаходиться в межах 21-30% і прямо пропорційна залежить від сили струму і знижується із зменшенням відстані сопел від заготовки

### Список літератури

1. Носуленко В.И. Электрическая дуга в поперечном потоке среды – диэлектрика как источник тепла для новых технологий /В.И. Носуленко// Электронная обработка материалов, – 2005. – № 2. – С. 26-32
2. Носуленко В.І., Шелепко О.В. Розмірна обробка електричною дугою непрофільованим електродом-інструментом як альтернатива традиційним технологіям // Збірник наукових праць КНТУ. Вип.42 . Кіровоград: КНТУ, 20. – С.
3. Носуленко В.І., Шелепко О.В. Розмірна обробка електричною дугою непрофільованим електродом-інструментом як альтернатива традиційним технологіям // Збірник наукових праць КНТУ. Вип.42 . Кіровоград: КНТУ, 20. – С.
4. Хартман Э. Левицкий В. Шеффер М. Планирование эксперимента в исследовании технологических процессов / К., –1987. М. 610. – С.
5. Джонсон Н., Лион Ф. Статистика и планирование эксперимента в технике и науке: Методы планирования эксперимента. Пер. с англ. – М.:Мир, 1981. – 520 с., ил.
6. Боровиков В.П., Боровиков И.П. STATISTICA – статистический анализ и обработка данных в среде Windows – М./Информационное–издательский дом «Филинь».1998 – 608 С.

*В. Носуленко, А. Шелепко*

**Технологические характеристики размерной обработки электрической дугой непрофилированным электродом - инструментом**

Выполнено экспериментальные исследования технологических характеристик процесса размерной обработки электрической дугой непрофилированным электродом – инструментом. Получено математические модели и построено графики производительности, шероховатости и износа инструмента.

*V.Nosylenko, A.Shelepko*

**Technological descriptions of size treatment a voltaic arc by the unprofiled electrode - instrument**

Experimental researches of technological descriptions of process of size treatment a voltaic arc are executed by the unprofiled electrode - instrument. Mathematical models are got and it is built graphic arts of the productivity, roughness and wear of instrument.

Одержано 17.04.12