

**Yuriy Kuleshkov**, Prof., DSc., **Timofey Rudenko**, Assoc. Prof., Phd tech. sci., **Mikhail Krasota**, Assoc. Prof., Phd tech. sci., **Ruslan Osin**, Assoc. Prof., Phd tech. sci.

*Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, Ukraine*

### **Decreasing of Mass and Dimensions Gear Pump Parameters by Optimizing Gear-tooth System Parameters**

The object of the completed research is reducing mass and dimensions parameters of gear pump with saving of its technical characteristics and realization technical and economical effect.

As the result of the optimization gear-tooth system parameters of gear pump, the construction of gear pump with increased specific working volume and output was designed.

In the process of adapting the construction of an experimental pump with increased specific working volume to the production conditions, the possibility of decreasing of the gear width with keeping specific working volume, which corresponds to the standard value, was set. This made it possible to reduce the load on the pump bearings, with an offer of new dependence for calculating of the load on the pump bearing, which is determined by the gear-tooth system overlap coefficient.

In the process of designing a gear pump with optimal parameters and the adaptation to its operating parameters to standard values, was found the possibility of reducing the dimensions and mass of the designed pump.

**gear pump, hydraulic oil, toothing, swept volume, megascopic specific volume, synergistic effect**

*Одержано (Received) 12.12.2018*

*Прорецензовано (Reviewed) 17.12.2018*

*Прийнято до друку (Approved) 20.12.2018*

**УДК 621.9.048.4**

DOI: <https://doi.org/10.32515/2414-3820.2018.48.127-134>

**О.Ф. Сіса**, доц., канд. техн. наук, **В.В. Пукалов**, доц., канд. техн. наук, **В.В. Юр'єв**, асп.

*Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна*

*e-mail: sisaoleh@gmail.com*

### **Розмірна обробка електричною дугою бічної поверхні зносостійкого інструменту**

Виконано обґрунтування технологічної схеми формоутворення зовнішньої бічної поверхні пуансону, способом розмірної обробки електричною дугою з урахуванням особливостей фізичних механізмів їх утворення та гідродинамічних явищ в міжелектродному проміжку. Встановлені аналітичні зв'язки технологічних характеристик процесу розмірної обробки електричною дугою твердого сплаву ВК8 з режимами обробки і геометричними параметрами.

**електрична дуга, пуансон, твердий сплав, інструмент, технологія, обладнання**

**О.Ф. Сіса**, доц., канд. техн. наук, **В.В. Пукалов**, доц., канд. техн. наук, **В.В. Юр'єв**, асп.

*Центральноукраїнський національний технічний університет, г. Кропивницький, Україна*

### **Размерная обработка электрической дугой боковой поверхности износостойкого инструмента**

Выполнено обоснование технологической схемы формообразования внешней боковой поверхности пуансона, способом размерной обработки электрической дугой с учетом особенностей физического механизма образования и гидродинамических явлений в межэлектродном промежутке. Установлены аналитические связи технологических характеристик процесса размерной обработки электрической дугой твердого сплава ВК8 с режимами обработки и геометрическими параметрами.

**электрическая дуга, пуансон, твёрдый сплав, инструмент, технология, оборудование**

© О.Ф. Сіса, В.В. Пукалов, В.В. Юр'єв, 2018

**Постановка проблеми.** Підвищення продуктивності процесу штампування листових деталей з застосуванням штампного оснащення і пресового обладнання є головною метою виробництва сільськогосподарської техніки. Однак при цьому залишається проблема стійкості штампного інструменту, так як це визначає собівартість і якість штампованих деталей, а також точність їх виготовлення. Підвищення стійкості забезпечує приріст продуктивності праці і культури виробництва у холодноштампувальних цехах. Працездатність штампів залежить від вибору матеріалу і розмірів їх робочих деталей. Проблема стійкості штампного інструменту вирішується шляхом виготовлення інструменту з міцних і зносостійких матеріалів з застосуванням карбіду вольфраму [1]. Твердосплавні заготовки матриць і пуансонів спікають і піддають чистовій обробці алмазними абразивними інструментами. Проблема зумовлена, необхідністю знімання доволі великого припуску (до 2 мм) важкооброблюваного композиційного матеріалу, що має підвищену твердість.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Основним напрямком підвищення зносостійкості поверхневих шарів є нанесення високоміцних зносостійких матеріалів, або застосування твердих сплавів. З метою підвищення періоду стійкості штампів для вирубування з листового матеріалу необхідно застосовувати міцні зносостійкі твердосплавні матеріали. Завдяки високій міцності, жорсткості і зносостійкості все більше застосування знаходять суцільні твердосплавні осьові пуанسونи. Виготовляють пуанسونи з циліндричних твердосплавних стрижнів діаметром 2...20 мм і більше – шліфуванням. Матеріали стрижнів – одно карбідні тверді сплави з розміром зерна карбіду вольфраму менше 1 мкм, вмістом 8...25% кобальтової зв'язки. Виготовляють твердосплавні стрижні методом пресування з твердосплавного порошку і спіканням у вакуумно-компресійній печі. При спіканні стрижня відбувається усадження, що супроводжується коробленням. При цьому вигин стрижня довжиною до 310...330 мм може досягати до 0,35 мм і більше.

Особливе значення в машинобудуванні мають ефективні технології механічної обробки важкооброблюваних матеріалів. Оброблюваність твердого сплаву [2] більш низька в порівнянні з обробкою жароміцних і титанових сплавів. В дійсний час одним з найбільш прогресивних способів обробки твердих сплавів є алмазне шліфування. Шліфування – динамічний процес фізико-хімічного впливу на поверхневий шар деталі з термопружнопластичними деформаціями [3]. Однак знижене шліфування в порівнянні зі сталями виявляється при обробці алмазними кругами, наприклад, на бакелітовій і на металевій зв'язці в умовах звичайного електrolітичного шліфування. Це обумовлюється у великій напруженості процесу (зусиллях, температурах, питомої роботи шліфування), у підвищеній відносній витраті, а також недостатньої поновлюваності рельєфу.

Шліфування стрижнів виконують на безцентровошліфувальних верстатах. Перед шліфуванням твердосплавні стрижні перевіряють на кривизну. Кривизна яка дозволяється для стрижнів довжиною до 100 мм – 0,15мм, а довжиною 310...330 мм – 0,25 мм, для запобігання ламання стрижнів на прохід за наявності кривизни і великого припуску. У процесі шліфування припуск видаляють поступово, зніманням по 0,05 мм на один прохід, а на всіх проміжних – 0,1 мм [2]. Твердосплавні стрижні збільшеного вигину відбраковуються і йдуть на переробку, а тому проблема ще більш загострюється і потребує застосування альтернативних технологій які дозволять обробляти скривлені стрижні.

При виконанні механічної обробки твердосплавних заготовок пуансонів, окрім поліпшення обробки, необхідно вирішувати дві задачі:

- швидко продуктивне видалення великих припусків, яке визвано нерівностями і похибками форми після спікання твердосплавних заготовок;
- швидке підвищення точності і якості обробки поверхонь на чистових операціях після чорнових.

Шліфування включає дві технологічні операції: попередню (чорнову) обробку з застосуванням інструменту форми 1A1 високоміцних марок алмазів марок AC15 або AC20 зернистістю 250/200 і шліфуванням на глибину  $t=0,2\dots0,3$  мм; кінцеву (чистову) обробку з застосуванням інструменту із алмазів марки AC6 зернистістю 125/100 і шліфуванням на глибину  $t=0,05\dots0,1$  мм. Зі зміною хвилястості робочого профілю круга і затупленням абразивних зерен змінюється деформування зовнішньої бічної поверхні пуансона, що впливає на інтенсивність теплоутворення і розвиток дифузійних окислювальних процесів. З підвищенням температури збільшується швидкість структурних змін і рухомість дислокацій. На заключних операціях механічної обробки при шліфуванні не тільки втрачається ефект зміцнення поверхневого шару, але і виникають додаткові дефекти (тріщини, прожоги і т.п.), які є джерелом руйнування деталей.

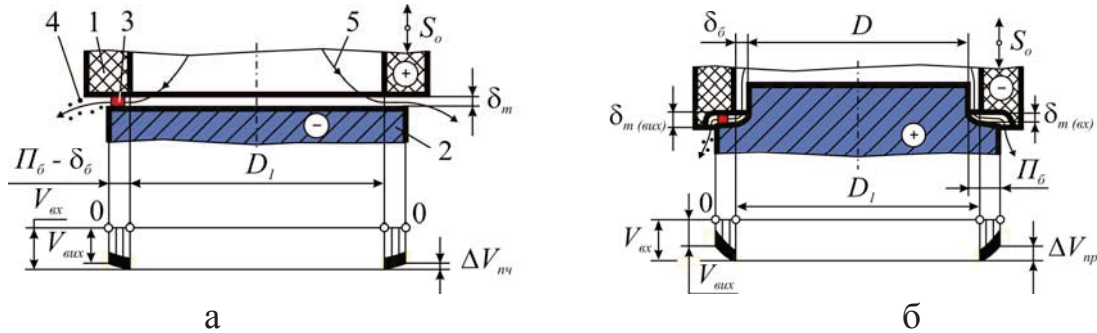
Одним з шляхів зниження трудомісткості, збільшення продуктивності і усунення недоліків є застосування електрофізичних, або електрохімічних способів обробки, що дозволяє підвищити якість обробки, збільшити стійкість деталі, значно розширити можливості обробки. Тому необхідно виготовляти зовнішній контур бічної поверхні пуансона, застосовуючи технології які будуть альтернативними обробці різанням.

За роботами [4,5,6,7,8] відомий спосіб розмірної обробки металів електричною дугою (РОД), при якому енергія підводиться в зону обробки безперервно. Завдяки цьому, а також тому, що спосіб дозволяє вводити в зону обробки великі потужності електричного струму, даний спосіб володіє високою продуктивністю обробки. Так, за даними роботи [5] продуктивність обробки круглого отвору діаметром 30 мм (площа обробки  $706 \text{ мм}^2$ ) в матеріалі сталь 45 при силі струму  $I=1000\text{А}$ , досягає  $27300 \text{ мм}^3/\text{хв}$  при  $Ra = 6,3$  мкм та глибині зони термічного впливу в межах кількох сотих долей міліметра. Однак, впровадження у виробництво процесу РОД твердосплавних пуансонів та виготовлення їх з викривлених стержневих заготовок стримується відсутністю експериментальних даних про взаємозв'язок технологічних характеристик даного процесу з електричним і електродинамічним режимами обробки та геометричними параметрами зовнішньої бічної поверхні, яка оброблюється. Проблема ще більш загострюється при отриманні бічної поверхні з визначеною шорсткістю та механічними властивостями. Тому розробка технології і обладнання способу РОД для отримання зовнішньої бічної поверхні твердосплавних пуансонів є актуальною.

**Постановка завдання.** Таким чином, метою досліджень є розробка технології та обладнання способу РОД твердосплавних пуансонів, як високоефективної альтернативи традиційним способам їх обробки.

**Виклад основного матеріалу.** В якості технологічної схеми формоутворення вибрана схема за принципом прошивання-копіювання. Обробку здійснювали з використанням графітового електрода-інструмента (ЕІ, марка МПГ-7) при вибраній технологічній схемі формоутворення з прокачуванням органічного середовища в торцевому міжелектродному зазорі (МЕЗ) під технологічним тиском, за напрямком від периферії до центру електрода-інструмента (рис.1). Предметом дослідження були такі технологічні характеристики: продуктивність обробки  $M$ ,  $\text{мм}^3/\text{хв}$ ; питома продуктивність обробки  $M_a$ ,  $\text{мм}^3/\text{А}\cdot\text{хв}$ ; питома витрата електроенергії  $a$ ,  $\text{кВт}\cdot\text{год}/\text{кг}$ ; бічний зовнішній МЕЗ  $\delta$ , мм; відносний лінійний знос ЕІ  $\gamma$ , %; шорсткість обробленої

поверхні  $Ra$ , мкм. Будування математичних моделей технологічних характеристик процесу РОД сплаву реліт здійснювалось з застосуванням математичних методів планування експериментів, зокрема плану  $2^{4-1}$ . На підставі апріорної інформації були відібрані фактори, що визначають режими обробки (сила технологічного струму  $I$ , А; статичний тиск робочої рідини на вході в міжелектродний зазор  $P_{cm}$ , МПа) та фактори, що визначають геометричні параметри обробки (площа обробки  $F$ , мм<sup>2</sup>; напруга горіння електричної дуги  $U$ , В).



а – початкова фаза обробки; б – проміжна фаза обробки (1 – графітовий ЕІ; 2 – заготовка; 3 – електрична дуга; 4 – продукти ерозії; 5 – гідродинамічний потік)

Рисунок 1 – Технологічна схема формоутворення та епюри швидкостей потоку в торцевому МЕЗ  
Джерело: розроблено автором

Усі фактори задовольняють умови керованості, операціональності та однозначності. Інші параметри процесу РОД були зафіксовані на постійному рівні: робоча рідина – органічне середовище; полярність обробки – пряма; матеріал електрода-інструмента – електроерозійний графіт марки МПГ-7.

Таблиця 1 – Поліноміальні математичні моделі технологічних характеристик процесу РОД зразків наплавлених релітом

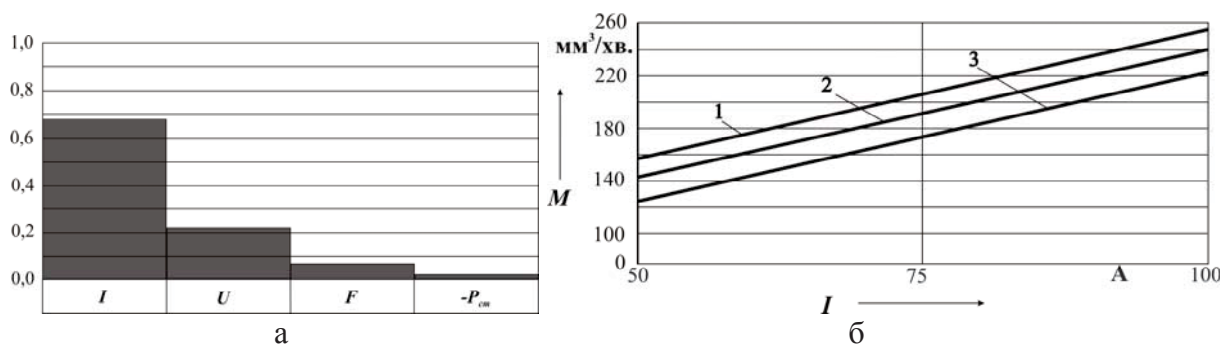
Математична модель	Масштабні співвідношення факторів
<b>Уніполярна РОД бічної поверхні зразка за формулою «графітовий ЕІ – твердий сплав» з використанням способу прямого прокачування</b>	
$M = 192 + 49x_1 + 15x_4 + 6x_3 - 0,5x_2$	$x_1 = (X_1 - 75) / 25$ $x_2 = (X_2 - 1,25) / 0,25$ $x_3 = (X_3 - 76) / 30$ $x_4 = (X_4 - 30) / 5$
$M_a = 2,6 - 0,23x_1 - 0,18x_2 - 0,13x_3 + 0,05x_4$	
$a = 13,23 + 1,45x_1 + 0,8x_4 + 0,75x_2 - 0,7x_3$	
$R_a = 22,6 + 2,6x_1 - 2,4x_3 + 1,1x_2 + 1,1x_4$	
$\delta_{\sigma} = 0,053 + 0,027x_3 - 0,011x_2 - 0,005x_4 - 0,0044x_1$	
$\gamma_l = 10,01 - 0,29x_1 - 0,19x_4 - 0,16x_3 - 0,063x_2$	
де: $X_1 \rightarrow I$ , А; $X_2 \rightarrow P_{cm}$ , МПа; $X_3 \rightarrow F$ , мм <sup>2</sup> ; $X_4 \rightarrow U$ , В	

Джерело: розроблено автором

В рамках експерименту: продуктивність  $M$  процесу РОД сплаву ВК8 змінювалась в межах від 110 до 358 мм<sup>3</sup>/хв.; питома продуктивність обробки  $M_a$  – від

1,7 до 4,3 мм<sup>3</sup>/А·хв; питома витрата електроенергії  $a$  – 6,6 до 17,3 кВт·год/кг; шорсткість обробленої поверхні  $Ra$  – 16 до 30 мкм; бічний зовнішній МЕЗ  $\delta$  – 0,015 до 0,1мм; відносний лінійний знос  $EI \gamma$  – 7,9 до 12,2 %.

Із аналізу моделі (рис. 2) випливає, що на продуктивність обробки  $M$  найбільш впливає сила технологічного струму, із підвищенням якої продуктивність збільшується. Отже силу струму слід визначити головним керуючим фактором, а даний факт свідчить про теплову природу процесу РОД. Вплив напруги горіння електричної дуги  $U$  приблизно у 3,1 рази менше в порівнянні з силою технологічного струму  $I$ , але має істотне значення, з підвищенням  $U$  продуктивність обробки  $M$  збільшується. Останнє пояснюється зростанням температури електричної дуги у зв'язку зі стисненням її більш динамічним потоком робочої рідини. Вплив площі обробки  $F$  на продуктивність обробки  $M$  має значення, з підвищенням  $F$  продуктивність  $M$  підвищується. Вплив статичного тиску  $P_{ст}$  робочої рідини на вході потоку у міжелектродний зазор на продуктивність обробки  $M$  значно менший, але має суттєве значення, з його підвищенням продуктивність буде зменшуватись. Це дозволяє застосовувати спосіб РОД для обробки твердосплавних пуансонів.



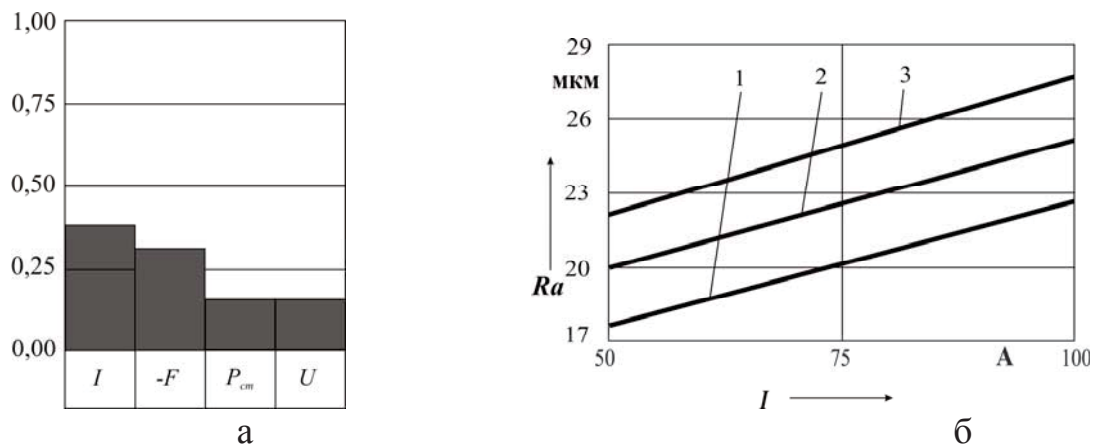
а – ступінь впливу змінних факторів; б – залежність  $M$  від  $I$ ; 1 –  $U = 35$  В;  
2 –  $U = 30$  В; 3 –  $U = 25$  В

Рисунок 2 – Продуктивність  $M$  РОД бічної поверхні зразка за формулою “графітовий ЕІ- твердий сплав” з використанням способу прямого прокачування

*Джерело: розроблено автором*

Із моделі та рис. 3 виходить, що шорсткість обробленої поверхні  $Ra$  в повній мірі визначається силою технологічного струму  $I$  (ступінь впливу – 37,5 %) та залежить від площі обробки  $F$  з підвищенням якої шорсткість поверхні зменшується, а також від статичного тиску  $P_{ст}$ , напруги горіння електричної дуги  $U$ . Із підвищенням  $I$  шорсткість поверхні підвищується. Отже, сила технологічного струму  $I$  по відношенню до шорсткості обробленої поверхні  $Ra$  є головним керуючим фактором. Встановлено, що шорсткість бічної поверхні в умовах РОД представляє сукупність накладення великої кількості лунок (рис. 5, б), діаметр яких, та глибина визначаються силою технологічного струму, з підвищенням якого вони зростають. Причому, чим менша сила технологічного струму, тим більша імовірність утворення лунок. При виконаних експериментальних дослідженнях шорсткість вимірювалася на периферійній частині торцевої поверхні зразка. В умовах експерименту вона змінювалася у межах від  $Ra$  – 16 до 30 мкм. За результатами металографічних досліджень мікротріщин у поверхневому шарі зразка після РОД не виявлено.





а – ступінь впливу змінних факторів; б – залежність  $Ra$  від  $I$ ; 1 –  $F = 106 \text{ мм}^2$ ;  
2 –  $F = 76 \text{ мм}^2$ ; 3 –  $F = 46 \text{ мм}^2$

Рисунок 3 – Шорсткість обробленої поверхні  $Ra$  РОД бічної поверхні зразка за формулою “графітовий ЕІ- твердий сплав” з використанням способу прямого прокачування  
Джерело: розроблено автором



а – обробка твердосплавної заготовки пуансона на електроерозійному верстаті моделі "Дуга-8Г"  
графітовим ЕІ ( $I = 125 \text{ А}$ ,  $P_{cm} = 1,5 \text{ МПа}$ ,  $F = 46 \text{ мм}^2$ ,  $U = 25 \text{ В}$ );  
б – мікроструктура (x500) поверхневого шару сплаву ВК8 після РОД бічної поверхні  
зразка графітовим ЕІ ( $I = 125 \text{ А}$ ,  $P_{cm} = 1,5 \text{ МПа}$ ,  $F = 46 \text{ мм}^2$ ,  $U = 25 \text{ В}$ )

Рисунок 4 – Випробування способу РОД твердосплавного пуансону  
Джерело: розроблено автором

Обробку бічної поверхні заготовки твердосплавного пуансона (рис 4, а), здійснювали графітовим ЕІ марки МПГ-7 при наступному режимі обробки: сила технологічного струму  $I = 125 \text{ А}$ , напруга на дузі  $U = 25 \text{ В}$ , статичний тиск органічної робочої рідини на вході потоку в міжелектродний зазор  $P_{cm} = 1,5 \text{ МПа}$ , площа обробки  $F = 46 \text{ мм}^2$ , полярність обробки пряма (заготовка «мінус»), спосіб прокачування рідини крізь торцевий міжелектродний зазор – пряма (від центра до периферії отвору заготовки). В результаті обробки заготовки твердосплавного пуансона, була зафіксована продуктивність обробки  $M = 167 \text{ мм}^3/\text{хв.}$ , що в 1,5...1,8 разів перевищує продуктивність без центрального шліфування алмазними кругами твердого сплаву ВК8.

**Висновки.** В результаті аналізу сучасних методів обробки твердосплавних пуансонів показано, що найбільш продуктивним, є спосіб РОД в умовах уніполярного режиму. Шляхом математичного моделювання, встановлено аналітичні зв'язки та досліджено вплив фізико-технологічних факторів, що обумовлюють режим обробки (силу струму, статичний тиск рідини, напругу горіння електричної дуги) та геометричні параметри (площа обробки) на технологічні характеристики процесу. Отримані моделі дозволяють керувати продуктивністю та питомою продуктивністю обробки, питомою витратою електроенергії, якістю та точністю обробленої поверхні, прогнозувати та оптимізувати дані характеристики.

Таким чином, експериментально доведена доцільність використання способу РОД для високопродуктивної обробки твердосплавних пуансонів, що вимагає відповідно невеликих капіталовкладень в обладнання і технологію, забезпечить швидку окупність за рахунок значного збільшення строку служби пуансонів, призведе до помітної економії коштів на будь-якому виробництві з виготовлення твердосплавних пуансонів.

## Список літератури

1. Roebuck, B. and Almond, E.A. Deformation and fracture processes and the physical metallurgy of WC/Co hardmetals. *International Materials Reviews*, 1988. 32(2), pp. 90–110.
2. Hegeman, J. B. J. W., de Hosson, J. T. M., & de With, G. (2001). Grinding of WC-Co hardmetals. *Wear*, 248(1-2), 187–196. [https://doi.org/10.1016/S0043-1648\(00\)00561-5](https://doi.org/10.1016/S0043-1648(00)00561-5)
3. Yang, J., Oden, M., Johansson-Jöesaar, M.P., Llanes, L. Grinding effects on surface integrity and mechanical strength of WC-Co cemented carbides. "*Procedia CIRP*", 2014, vol. 13, 257–263.
4. Носуленко В. И. Размерная обработка металлов электрической дугой. *Электронная обработка материалов*. 2005. № 1. С. 8–17.
5. Боков В.М. Сіса О.Ф., Мирзак В.Я. Механизм формообразования плоских поверхностей электрической дугой. *Электронная обработка материалов*. 2018. Т. 54 (3). С. 53–63. DOI: 10.5281/zenodo.1297935
6. Боков В. М. Розмірне формування поверхонь електричною дугою. Кіровоград: Поліграфічно-видавничий центр ТОВ «Імекс-ЛТД», 2002. 300 с.
7. Боков В. М. Сіса. О.Ф. Оброблюваність матеріалів електричною дугою: монографія. Кіровоград: Поліграфічно-видавничий центр ТОВ «Імекс – ЛТД», 2013. 172 с.
8. Сіса О. Ф. Розмірна обробка електричною дугою бічної поверхні твердосплавного прокатного валка. *Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: загальнодерж. міжвід. наук.-техн. зб.*, 2014. Вип. 44. С. 153–159.

## References

1. Roebuck, B. and Almond, E.A. (1988). Deformation and fracture processes and the physical metallurgy of WC/Co hardmetals. *International Materials Reviews*, 32(2), 90–110 [in English].
2. Hegeman, J. B. J. W., de Hosson, J. T. M., & de With, G. (2001). Grinding of WC-Co hardmetals. *Wear*, 248(1-2), 187–196. [https://doi.org/10.1016/S0043-1648\(00\)00561-5](https://doi.org/10.1016/S0043-1648(00)00561-5) [in English].
3. Yang, J., Oden, M., Johansson-Jöesaar, M.P., Llanes, L. (2014). Grinding effects on surface integrity and mechanical strength of WC-Co cemented carbides. "*Procedia CIRP*", Vol. 13, 257–263 [in English].
4. Nosulenko, V. I. (2005). Razmernaya obrabotka metallov elektricheskoy dugoy [Dimensional treatment of metals by electric arc]. *Elektronnaya obrabotka materialov – Electronic material processing*, 1, 8–17 [in Russian].
5. Bokov, V.M., Sisa, O.F. & Mirzak V.Ya. (2018). Mekhanizm formoobrazovaniya ploskikh poverkhnostey elektricheskoy dugoy [Mechanism for the formation of plane surfaces by electric arc]. *Elektronnaya obrabotka materialov – Electronic material processing*, Vol. 54 (3), 53–63. DOI: 10.5281/zenodo.1297935 [in Russian].
6. Bokov, V.M. (2002). *Rozmirne formoutvorennja poverkhnij elektrychnoju dugoju [Dimensional shaping of surfaces by electric arc]*. Kirovograd: Polighrafichno-vydavnychyj centr TOV «Imeks-LTD» [in Ukrainian].

7. Bokov, V.M. & Sisa, O.F. (2013). *Obroblyvanistj materialiv elektryčnoju dughoju: monohrafija [Machining of materials by electric arc]*. Kirovograd: Polighrafichno-vydavnychyj centr TOV «Imeks – LTD» [in Ukrainian].
8. Sisa, O. F. (2014). Rozmirna obrobka elektryčnoju dughoju bichnoji poverkhni tverdosplavnogho prokatnogho valka [The dimensional processing of hard-alloy forming roll side surface by the electric arc]. *Zagaljnoderzhavnyj mizhvidomchyj naukovu-tekhnichnyj zbirnyk. Konstrujuvannja, vyrobnyctvo ta ekspluatacija siljsjkoghospodarsjkykh mashyn – National Interagency Scientific and Technical Collection of Works. Design, Production and Exploitation of Agricultural Machines, 44*, 153–159 [in Ukrainian].

**Oleh Sisa**, Assoc. PhD tech. sci., **Viktor Pukalov**, Assoc. PhD tech. sci., **Vasiliy Yuryev**, post-graduate  
*Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, Ukraine*

### **Dimensional Sizing of Lateral Surface of Wearproof Tool by Electrical Arc**

The article is devoted to development of the technology and equipment for rough machining of hard-face puncheon's lateral surface with electrical arc as a highly efficient alternative to the conventional methods of rough machining.

In order to extend the durability period of the sheet material blanking die, the strong wearproof materials should be used. The hard-face axial puncheons are used due to high strength, hardness and wearproofness. The puncheons are made of the cylindrical hard-face cores, with diameter ranging from 2...20 mm. Then they are grinded. The cores are made of hard alloys with wolfram carbide grain size less than 1  $\mu\text{m}$ , and the 8...25% of cobalt binding content. The cores are produced by the hard-face powder pressing and further sintering in vacuum-compressor furnace. When sintering the cores shrink, followed with the contraction process. The core bending may reach up to 0.35 mm and more. Such curve cores are not used for grinding. Therefore, the problem is to find some optional technologies of treating the hard-face cores for the puncheons.

It is suggested to remove the puncheon's lateral surface with electrical arc at the stage of the hard-face blank treatment. This allows removing large allowances of material along with the shortest treatment time. It is suggested to produce the puncheon lateral surface with roughness of  $R_a = 16...30 \mu\text{m}$  following rough machining. Thus, the large allowances of material are removed with the shortest treatment time. Here, the treatment cycle of the hard-face puncheon's lateral surface reduces by 1.4...1.8 times.

The substantiation was made for the process flow diagram covering fabrication of the hard-face puncheon's lateral surface subject to specifics of the physical mechanism of formation and the hydrodynamic phenomena in the inter-electrode gap. The analytical links were determined between the technological specifications of the process featuring BK8 alloy rough machining with electrical arc, the processing modes and geometrical parameters. The resulting models enable managing the capacity, specific capacity, specific consumption of electric power and the treated surface accuracy, along with forecasting and optimizing these parameters. The technical solution is offered enabling to expand the processing capacities of the hard-face puncheon's production.

**electric arc, puncheon, hard alloy, tool, technology, equipment**

*Одержано (Received) 15.10.2018*

*Прорецензовано (Reviewed) 5.12.2018*

*Прийнято до друку (Approved) 20.12.2018*