

УДК 621.9.048

В.Боков, канд. техн. наук

Кіровоградський державний технічний університет

СУЧАСНИЙ СТАН, ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ТА КОНЦЕПЦІЇ ПРОЕКТУВАННЯ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ РОЗМІРНОЇ ОБРОБКИ ДУГОЮ ПОВЕРХОНЬ РІЗНОЇ ГЕОМЕТРИЧНОЇ СКЛАДНОСТІ

Оглядова стаття базується на багаторічному (1973–2000) досвіді автора щодо проектування, впровадження у виробництво та промислової технологічної експлуатації високопродуктивного обладнання для розмірної обробки електричною дугою (РОД) поверхонь різної геометричної складності. Показано сучасний стан та тенденції розвитку верстатів РОД, розглянуто концепції їх проектування.

Розмаїття можливих технологічних схем формоутворення поверхонь способом РОД [1], що характеризується відповідними взаємними рухами електродів та способами помпування робочої рідини крізь торцевий міжелектродний зазор (МЕЗ), припускає відповідне розмаїття електроерозійних верстатів для їх реалізації. Якщо за класифікаційну ознаку прийняти можливість реалізації на одному верстаті декількох або однієї технологічної схеми формоутворення, то за даною ознакою розрізняють дві групи верстатів, відповідно універсальні та спеціальні. Верстати в обох групах, з точки зору мобільності в експлуатації, можуть виконуватися (рисунок 1) як стаціонарні (нерухомі, масивні), як переносні (малогабаритні, мобільні) машини, а також як головки до металорізального обладнання. У таблиці 1 подано основні дані про деякі різновиди сучасного обладнання для РОД поверхонь різної геометричної складності, безпосереднім учасником вироблення яких був автор.

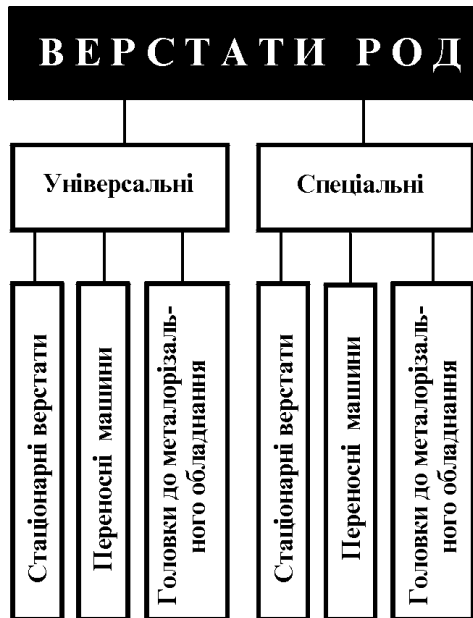


Рис. 1

Рисунок 1. Загальна класифікація верстатів для РОД поверхонь різної геометричної складності

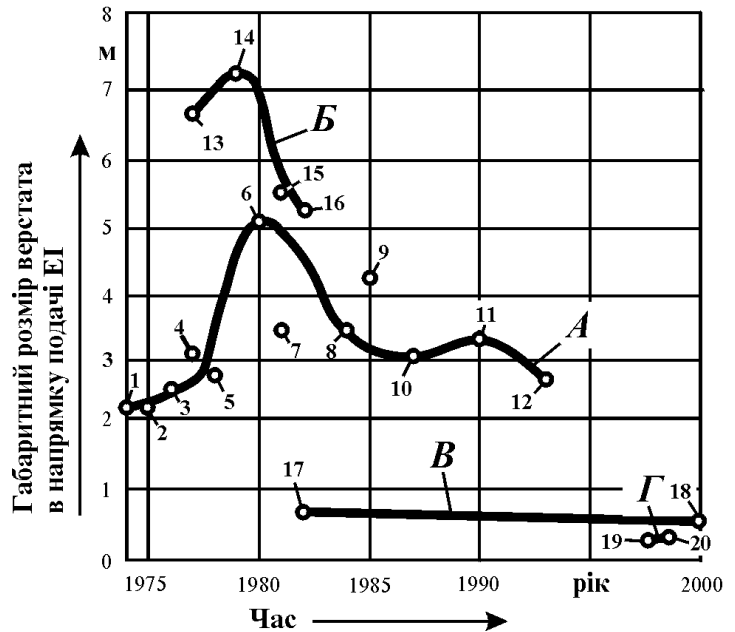


Рис. 2

Рисунок 2. Діаграма тенденційного розвитку обладнання РОД: А – копіювально-прошивні верстати (1 – “Дуга 2Б”; 2 – “Дуга 4”; 3 – “Дуга 5”; 4 – “Дуга 6”; 5 – “Дуга 8”; 6 – “Дуга 10”; 7 – “Дуга 11”; 8 – “Дуга 11А”; 9 – “Дуга 30”; 10 – “Дуга 31”; 11 – “Дуга 36”; 12 – “Дуга 8Д”); Б – верстати для прошивання глибоких отворів (13 – “Дуга 12”; 14 – “Дуга 13”; 15 – “Дуга 20/1”; 16 – “Дуга 20/2”); В – переносні машини (17 – “Дуга 23М”; 18 – “Дятел”); Г – головки до металорізального обладнання (19 – АМН-1; 20 – “Дуга 40”)

Тенденції об’єктивної зміни форми, галузей застосування, габаритних розмірів будь-якого нового типу обладнання для піонерних напрямків розвитку техніки підкоряються певним загальним принципам, зокрема щодо зміни габаритних розмірів обладнання РОД за допомогою діаграми тенденційного розвитку, як показано на рисунку 2.

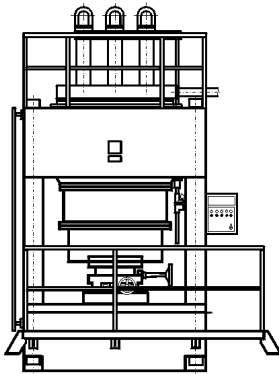
На першому етапі розвитку верстатів РОД (1974-1980 роки) виявилася тенденція до збільшення габаритних розмірів і копіювально-прошивних (лінія А), і верстатів для прошивання глибоких отворів (лінія Б). Останнє об’єктивно пов’язано з бажанням розширити галузь застосування верстатів за рахунок розширення їх технологічних можливостей у напрямках збільшення площі та глибини обробки, підвищення продуктивності обробки та збільшення габаритних розмірів оброблюваної деталі. Саме у цей період створено унікальні за технологічними можливостями електроерозійні верстати моделей “Дуга 12” та “Дуга 13” для РОД глибоких отворів (діаметр 35 мм, глибина 2800 мм) у каландрових валах (рисунок 3 а, б). Технічна реалізація процесу РОД глибокого отвору на даних верстатах стала можливою завдяки запропонованому, розробленому та впровадженому у виробництво автором спеціальному підшипникові (рисунок 3 в) для підтримання консольної частини штока з електродом-інструментом (ЕІ). Даний підшипник виконано пружним у радіальному напрямку, тобто з можливістю зміни зовнішнього діаметра. Останнє гарантує його надійне притиснення до циліндричної оброблюваної поверхні, що й забезпечує стабільний напрямок ЕІ щодо електрода-заготовки (ЕЗ) і дозволяє скасувати шкідливі короткі замикання у зовнішньому бічному МЕЗ між ЕІ та ЕЗ.

Основні різновиди сучасного обладнання для РОД поверхонь різної геометричної складності

Універсальні верстати	
Електроерозійний вертикальний одностояковий копіювально-прошивний верстат моделі “Дуга 6”	
<p>Призначення: РОД отворів, порожнин, стержнів</p> <p>Характеристика:</p> <ul style="list-style-type: none"> - діаметри прошивних отворів, мм 3-200 - найбільша продуктивність обробки на сталі 45 при силі струму 1000 А, мм³/хв 25000 - найменша шорсткість обробленої поверхні Ra 6,3 - діапазон регулювання сили струму, А 50-1000 - сумарна потужність електрообладнання, кВт 125 - габаритні розміри (довжина х, ширина х, висота), мм 2550 х 2000 х 3150 - маса верстата, кг 10000 	
Електроерозійний вертикальний двостояковий копіювально-прошивний верстат моделі “Дуга 8Д”	
 <p>Призначення: РОД отворів, порожнин, стержнів та ПРОД</p> <p>Характеристика:</p> <ul style="list-style-type: none"> - діаметри прошивних отворів, мм 3-150 - найбільша продуктивність обробки на сталі 45 при силі струму 800 А, мм³/хв 20000 - найменша шорсткість обробленої поверхні Ra 6,3 - рекомендовані межі регулювання сили струму, А..... 50-800 - сумарна потужність електрообладнання, кВт 100 - габаритні розміри (довжина х, ширина х, висота), мм 1200 х 850 х 2740 - маса верстата, кг 2100 - площа установки, м² 17,1 	<p>Призначення: РОД отворів, порожнин, стержнів та ПРОД</p> <p>Характеристика:</p> <ul style="list-style-type: none"> - діаметри прошивних отворів, мм 3-150 - найбільша продуктивність обробки на сталі 45 при силі струму 800 А, мм³/хв 20000 - найменша шорсткість обробленої поверхні Ra 6,3 - рекомендовані межі регулювання сили струму, А..... 50-800 - сумарна потужність електрообладнання, кВт 100 - габаритні розміри (довжина х, ширина х, висота), мм 1200 х 850 х 2740 - маса верстата, кг 2100 - площа установки, м² 17,1
Електроерозійний вертикальний двостояковий копіювально-прошивний верстат моделі “Дуга 11А”	
<p>Призначення: РОД порожнин кувальних штампів, пресформ, висаджувального інструмента</p> <p>Характеристика:</p> <ul style="list-style-type: none"> - найбільші розміри оброблюваної порожнини у плані (довжина х, ширина, мм) 400 х 250 - найбільша продуктивність обробки на сталі 45 при силі струму 1200 А, мм³/хв 30000 - найменша шорсткість обробленої поверхні Ra 3 - діапазон регулювання сили струму, А 2-1200 - сумарна потужність електрообладнання, кВт 170 - габаритні розміри (довжина х, ширина х, висота), мм 2550 х 1600 х 3740 - маса верстата, кг 12000 - площа установки, м² 34,5 	

Продовження таблиці 1

Електроерозійний вертикальний двостояковий копіювальний-прошивний верстат моделі “Дуга 30”



Призначення: РОД порожнин кувальних штампів з подовженою віссю в плані, пресформ, висаджувального інструмента.

Характеристика:

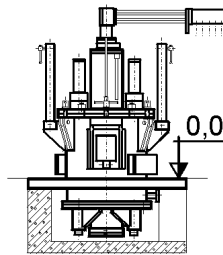
- найбільші розміри оброблюваної порожнини у плані (довжина х, ширина), мм 1200 х 400
- найбільша продуктивність обробки на сталі 45 при силі струму 1200 А, мм³/хв 30000
- найменша шорсткість обробленої поверхні Ra 3,2
- діапазон регулювання сили струму, А 2-1200
- сумарна потужність електрообладнання, кВт 180
- габаритні розміри (довжина х, ширина х, висота), мм3500 х 3050 х 4525
- маса верстата, кг 14000
- площа установки, м² 36,7

Електроерозійний вертикальний копіювальний-прошивний верстат моделі “Дуга 31”

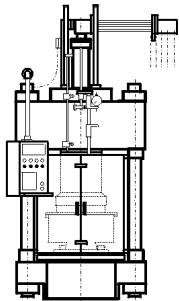
Призначення: РОД фасонних порожнин кувальних штампів, пресформ, висаджувального інструмента, спряжених пар “пуансон-матриця”, групи отворів тощо.

Характеристика:

- найбільші розміри оброблюваної порожнини у плані (довжина х ширина),мм 600 х 450
- найбільша продуктивність обробки на сталі 45 при силі струму 1200 А, мм³/хв 30000
- найменша шорсткість обробленої поверхні Ra 3.2
- діапазон регулювання сили струму, А 2-1200
- сумарна потужність електрообладнання, кВт 180
- габаритні розміри (довжина х, ширина х, висота), мм2600 х 2000 х 3000
- маса верстата, кг 5000
- площа установки, м² 34,5



Електроерозійний вертикальний двостояковий копіювальний-прошивний верстат моделі “Дуга 36”



Призначення: РОД фасонний порожнин кувальних штампів, пресформ, висаджувального інструмента, групи отворів та інших робіт.

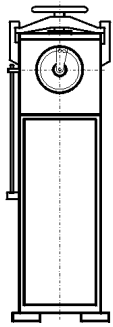
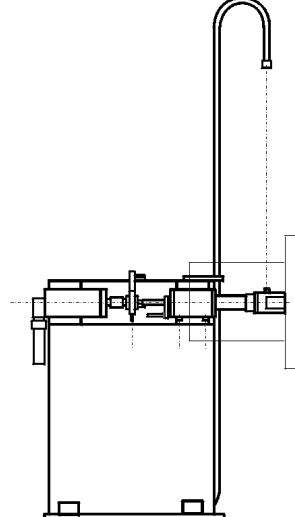
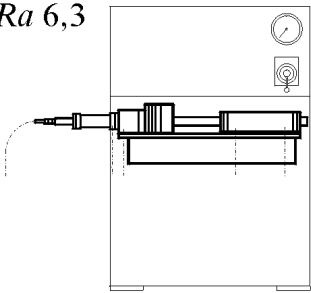
Характеристика:

- найбільший діаметр оброблюємої порожнини у плані, мм 400
- найбільша продуктивність обробки на сталі 45 при силі струму 1200 А, мм³/хв30000
- найменша шорсткість обробленої поверхні Ra 3,2
- діапазон регулювання сили струму, А 2-1200
- сумарна потужність електрообладнання, кВт 125
- габаритні розміри (довжина х, ширина х, висота), мм ... 1760 х 1750 х 3325
- маса верстата, кг 4000
- площа установки, м² 21,4

Продовження таблиці 1

<i>Спеціальні верстати</i>	
<p>Електроерозійний вертикальний двопозиційний копіювально-прошивний верстат моделі “Дуга 10 М”</p> <p>Призначення: РОД великогабаритних порожнин у корпусній деталі з титанового сплаву VT3-1</p> <p>Характеристика:</p> <ul style="list-style-type: none"> - габаритні розміри більшої порожнини (довжина х, ширина х, глибина), мм 400 х 154 х 233 - найбільша продуктивність обробки на сплаві VT3-1 при струмі 9000 А х 2, мм³/хв 50000 х 2 - шорсткість обробленої поверхні поза класом - робоча рідина вода технічна - сумарна потужність електрообладнання, кВт 1080 - габаритні розміри (довжина х, ширина х, висота), мм ... 3500 х 3000 х 5160 - маса верстата, кг 30000 - площа установки, м² 135 	
 <p>Електроерозійний горизонтальний прошивний верстат моделі “Дуга 12”</p> <p>Призначення: глибоке прошивання отворів у каландрових валках.</p> <p>Характеристика:</p> <ul style="list-style-type: none"> - розміри прошивного отвору (діаметр х, довжина), мм 35 х 2800 - найбільша продуктивність обробки по чавуну СЧ 15-32 при струмі 800 А, робоче середовище - органічне (або технічна вода), мм³/хв 25000 (20000) - шорсткість обробленої поверхні поза класом - діапазон регулювання сили струму, А ² 50-1000 - сумарна потужність електрообладнання, кВт 110 - габаритні розміри (довжина х, ширина х, висота), мм 7810 х 4000 х 2000 - маса верстата, кг 27000 - площа установки, м² 55 	<p>Електроерозійний горизонтальний чотирипозиційний прошивний верстат моделі “Дуга 13”</p> <p>Призначення: глибоке прошивання отворів у каландрових валках.</p> <p>Характеристика:</p> <ul style="list-style-type: none"> - розміри прошивного отвору (діаметр х, глибина), мм 35 х 2800 - найбільша продуктивність обробки на чавуну СЧ 15-32 при струмі 1000 А, робоча рідина - вода технічна, мм³/хв 25000 х 4 - шорсткість обробленої поверхні поза класом - діапазон регулювання сили струму, А 50-1000 - сумарна потужність електрообладнання, кВт 547,5 - габаритні розміри (довжина х, ширина х, висота), мм 8580 х 4000 х 4400 - маса верстата, кг 35700 - площа установки, м² 90
	

Продовження таблиці 1

<p align="center">Електроерозійний вертикальний прошивний верстат моделі “Дуга 14”</p> <p>Призначення: РОД відкритих пазів одночасно у двох деталях “сердечник електромагніта”, що є металевим круглим каркасом з щільно намотаною стрічкою шириною 20 мм та товщиною 0,35 мм із сталі Э330.</p> <p>Характеристика:</p> <ul style="list-style-type: none"> - розміри прошивної порожнини, що складається із двох пазів (довжина х, ширина х, глибина), мм 20 x 10 x 10 - найбільша продуктивність обробки на сталі Э330 при струмі 150 А, мм³/хв 3000 - шорсткість обробленої поверхні Ra 6,3 - діапазон регулювання сили струму, А 50 - 500 - сумарна потужність електрообладнання, кВт 60 - габаритні розміри (довжина х, ширина х, висота), мм 600 x 380 x 1320 - маса верстата, кг 500 - площа установки, м² 15 	
<p align="center">Електроерозійний горизонтальний різьбонарізний верстат моделі “Дуга 15”</p> <p>Призначення: нарізування внутрішньої конічної різі К1 1/2”ГОСТ 6211-69 у валках каландрів способом РОД.</p> <p>Характеристика:</p> <ul style="list-style-type: none"> - швидкість обробки на чавуні СЧ 15-32, мм/хв 4 - 8 - шорсткість обробленої поверхні, мкм Ra 6,3 - глибина зони термічного впливу, мм < 0,03 - робоча рідина органічне середовище - діапазон регулювання сили струму, А 50 - 500 - сумарна потужність електрообладнання, кВт 60 - габаритні розміри (довжина х, ширина х, висота), мм 1500 x 1300 x 1700 - маса верстата, кг 1000 - площа установки (разом з установкою “Дуга 12”), м² 90 	
<p align="center">Електроерозійний горизонтально-навісний копіювально-прошивний верстат моделі “Дуга 18”</p> <p>Призначення: очищення тврдосплавних вставок пресформ для синтезу алмазів від продуктів нагару способом РОД.</p> <p>Характеристика:</p> <ul style="list-style-type: none"> - найбільший діаметр оброблюваної порожнини, мм 25 - найбільша продуктивність обробки на твердому сплаві ВК8 при струмі 400 А, мм³/хв 1000 - найменша шорсткість обробленої поверхні, мкм Ra 6,3 - робоча рідина органічне середовище - діапазон регулювання сили струму, А 50 - 500 - сумарна потужність електрообладнання, кВт 60 - габаритні розміри (довжина х, ширина х, висота), мм 1200 x 460 x 285 - маса верстата, кг 250 - площа установки, м² 20,5 	

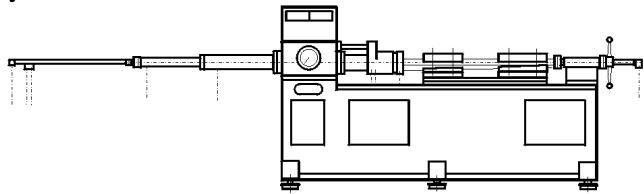
Продовження таблиці 1

Електроерозійний горизонтальний прошивний верстат моделі “Дуга 20/2”

Призначення: глибоке прошивання отворів ромбовидної форми у великогабаритних лопатках турбін для газоперекачування, зокрема турбіни ГТН-250, замість фрезерування пазів з дальшим заварюванням їх накладками.

Характеристика:

- розміри лопатки (довжина х, ширина х, товщина), мм 1310 х 360 х 100
- розміри оброблюваного отвору (діагональ 1 х, діагональ 2 х, глибина), мм
мм 100 х 20 х 550
- найбільша лінійна швидкість прошивання, мм/хв 3
- шорсткість обробленої поверхні до Ra 12,5
- робоча рідина органічне середовище
- сумарна потужність електрообладнання, кВт 258
- діапазон регулювання сили струму, А 400 - 2000
- габаритні розміри (довжина х,
ширина х, висота), мм
..... 5365 х 710 х 1595
- маса верстата, кг 2100
- площа установки, м² 37



Переносні машини

Електроерозійна прошивна машина моделі “Дуга 23Г”

Призначення: РОД отворів у деталях, виготовлених переважно з важкооброблюваних електропровідних матеріалів.

Характеристика:

- привод подачі шпинделя електрогідравлічний
- діаметр прошиваємих отворів, мм 8 - 25
- найбільша продуктивність на сталі Ю-3, мм³/хв
..... 1600
- шорсткість обробленої поверхні Ra 15 - 60
- діапазон регулювання сили струму, А 70 - 500
- робоча рідина технічна вода
- габарити машини, мм 800 х 300 х 600
- габарити контейнера, мм 2000 х 1500 х 1950
- маса машини, кг 13



Електроерозійна прошивна машина моделі “Дуга 23М”

Призначення: РОД отворів у деталях, виготовлених переважно з важкооброблюваних електропровідних матеріалів.

Характеристика:

- привод подачі шпинделя електромеханічний
- діаметр прошивних отворів, мм 8 - 25
- найбільша продуктивність на сталі Ю-3, мм³/хв
..... 1600
- шорсткість обробленої поверхні Ra 15 - 60
- діапазон регулювання сили струму, А 70 - 500
- робоча рідина технічна вода
- габарити машини, мм 800 х 300 х 600
- габарити контейнера, мм 1900 х 1500 х 1700
- маса машини, кг 15



Продовження таблиці 1

<p>Електроерозійна прошивна машина моделі “Дятел”</p>	
<p>Призначення: РОД отворів круглої, квадратної, шестикутної, прямокутної, трикутної та фасонної форм.</p>	
<p>Характеристика:</p>	
- привод подачі шпинделя	ручний
- діаметр прошивних отворів, мм	8 - 25
- найбільша глибина прошивного отвору, мм	80
- найбільша продуктивність обробки сталі 45 при силі струму 250 А, мм ³ /хв	4500
- шорсткість обробленої поверхні	Ra 10 - 50
- діапазон регулювання сили струму, А	50 - 250
- робоча рідина	вода водопровідна, тиском 0,4 - 0,6 МПа
- габарити машини (довжина х, ширина х, висота), мм	430 х 268 х 235
- маса машини, кг	10
	
<p>Головки до металорізального обладнання</p>	
<p>Електроерозійна прошивна головка моделі АМН-1 до настільного свердлувального верстата [2]</p>	
<p>Призначення: РОД отворів, порожнин та випалювання залишків поламаного інструменту.</p>	
<p>Характеристика:</p>	
- привод подачі шпинделя	ручний
- діаметр прошивних отворів, мм	8 - 40
- швидкість прошивання, мм/хв	до 20
- шорсткість обробленої поверхні	Ra 10 - 50
- діапазон регулювання сили струму, А	50 - 300
- робоча рідина	органічне середовище
- габарити головки, мм	215 х 150 х 90
- маса головки, кг	5
	
<p>Електроерозійна головка моделі “Дуга 40” до токарного верстата 16К20</p>	
<p>Призначення: РОД зовнішніх поверхонь тіл обертання.</p>	
<p>Характеристика:</p>	
- привод радіальної подачі електрода-інструмента	ручний
- привод вісьової подачі електрода-інструмента . . .	механічний та ручний
- оброблюваний матеріал	будь-який електропровідний матеріал
- максимальна продуктивність обробки на сталі 45 при силі струму 100 А, мм ³ /хв	560
- мінімальна шорсткість обробленої поверхні	Ra 6,3
- діапазон регулювання сили струму, А	20 - 100
- робоча рідина	технічна вода
- габарити головки (довжина х, ширина х, висота), мм	490 х 420 х 140
- маса головки, кг	3
	

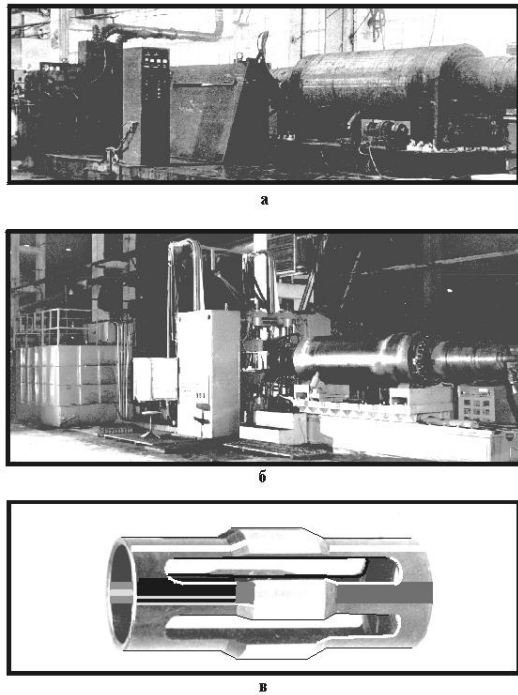


Рис. 3

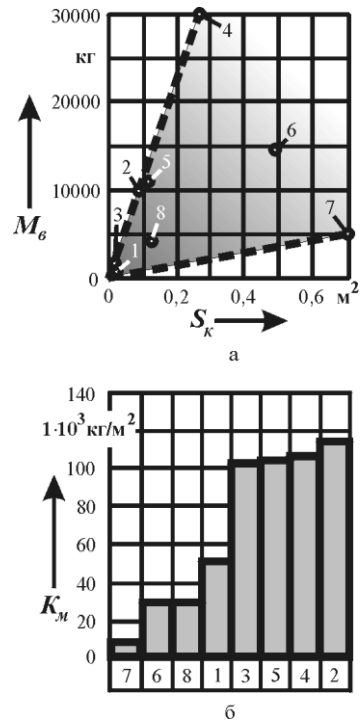


Рис. 4

Рисунок 3. Верстати для прошивання глибоких отворів: а – модель “Дуга 12”; б – модель “Дуга 13”; в – спеціальний пружний у радіальному напрямку підшипник.

Рисунок 4. Залежність маси M_g універсальних копіювально-прошивних верстатів від площі поперечного перерізу герметизованої камери S_k : а – графічна залежність; б – діаграма ранжування верстатів за коефіцієнтом металомісткості; верстати: 1 – “Дуга 2Б”; 2 – “Дуга 6”; 3 – “Дуга 8”; 4 – “Дуга 10”; 5 – “Дуга 11”; 6 – “Дуга 30”; 7 – “Дуга 31”; 8 – “Дуга 36”.

Таким чином, перший етап розвитку верстатів РОД характеризується тенденцією до максимізації їх габаритних розмірів.

На другому етапі (1980-2000 роки), коли далі розширення технологічних можливостей верстатів А і Б (див. рисунок 2) суттєво обмежують технічні складності їх виготовлення та експлуатації, виявляється зворотна тенденція до зменшення їх габаритних розмірів. При цьому на передній план, теж об’єктивно, виносяться питання зменшення металомісткості верстата за рахунок поліпшення базового компонування [1], підвищення мобільності верстата та зменшення вартості його виготовлення як головного економічного показника.

Металомісткість копіювально-прошивного верстата насамперед залежить від площі поперечного перерізу герметизованої камери, що обмежує його робочу зону: чим більша площа камери, тим, як правило, більша металомісткість верстата. Останнє пов’язане з необхідністю забезпечення певної жорсткості верстата для переборювання зусилля, що діє з боку герметизованої камери, та обумовлено статичним тиском у ній робочої рідини. Однак аналіз верстатів за параметрами “площа герметизованої камери S_k – маса верстата M_g ” показав (рисунок 4 а), що залежність $M_g = f(S_k)$ є поле, у межах якого певній площі камері відповідає достатньо широкий діапазон зміни параметра M_g . Це свідчить, що металомісткість, крім площі камери, суттєво залежить від базового компонування верстата.

Для кількісної оцінки металомісткості верстата РОД запропоновано коефіцієнт металомісткості K_m , що визначається формулою

$$K_M = \frac{M_g}{S_K}$$

(1)

На рисунку 4 б подано діаграму ранжування сучасних копіювально-прошивних верстатів РОД за коефіцієнтом металомісткості K_M . Як бачимо, найменші коефіцієнти металомісткості мають верстати моделей:

- “Дуга 31” (рисунк 5), що досягається за рахунок об’єднання функцій станини та герметизованої камери в одній деталі 1. Крім того, даний верстат має легку, але жорстку, порталну (замкнуту) конструкцію вузла силового замикання інструментальної головки;

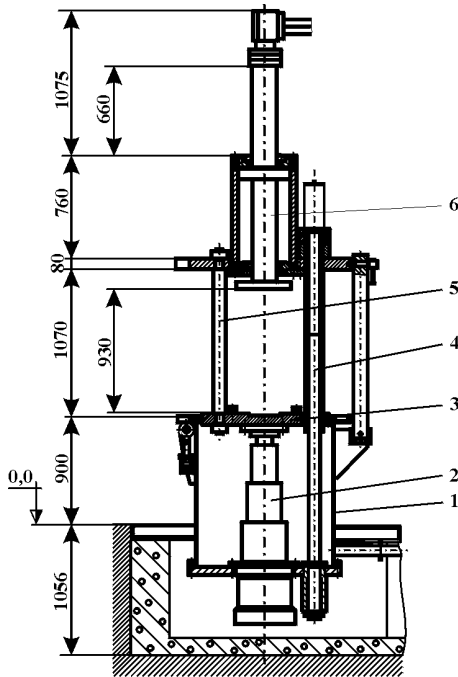


Рис. 5

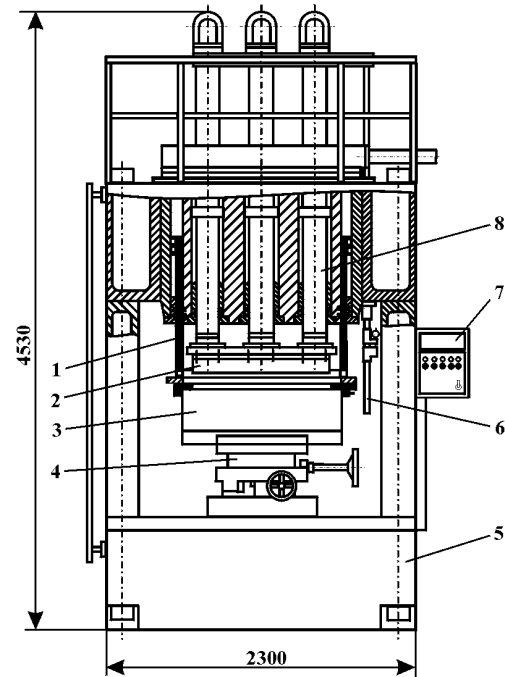


Рис. 6

Рисунк 5. Поперечний переріз копіювально-прошивного верстата моделі “Дуга 31” (положення завантаження): 1 – станина-камера; 2 – телескопічний гідроциліндр піднімання стола; 3 – робочий стіл; 4 – напрямна колона; 5 – розпірна стійка; 6 – інструментальна головка з електрогідравлічним стежним приводом вісьової подачі ЕІ.

Рисунк 6. Місцевий переріз робочої зони копіювально-прошивного верстата моделі “Дуга 30”:

1 – герметизована камера овальної форми; 2 – ЕІ; 3 – ЕЗ (заготовка молотого штампа); 4 – координатний стіл; 5 – станина порталного типу; 6 – глибиномір; 7 – пульта керування; 8 – інструментальна головка

- “Дуга 30” (рисунк 6), що досягається за рахунок застосування великогабаритної (відносно розмірів верстата) овальної герметизованої камери (внутрішні розміри перерізу камери: 1220 x 420 мм). Компоновка станини – портална;

- “Дуга 36”, що досягається за рахунок застосування відносно легкої стілл-плити з аеростатичною опорою замість звичайного металомісткого координатного стола. Даний верстат також має порталну станину, яку виконано у вигляді двох трубчастих паралельних вертикальних колон-стояків, з’єднаних між собою за допомогою основи та траверси. Остання поєднує в собі додатково функцію інструментальної головки (див. таблицю 1).

Таким чином, другий етап розвитку верстатів РОД характеризує тенденція до мінімізації їх габаритних розмірів. У цей період потреба в суттєвому зменшенні розмірів верстатів (мініатюризації) з метою підвищення їх мобільності, привела до

народження нового напрямку в електроерозійному верстатобудуванні – створення переносних електроерозійних машин (ПЕМ). На рисунку 2 ПЕМ показано лінією В.

Першу ПЕМ моделі “Дуга 23М” (рисунок 7) розробив автор у 1982 році і впровадив у виробництво на СРЗ “Нерпа”, м. Мурманськ-60 [3] для РОД отворів діаметром 25 мм у корпусних оболонкових деталях, виготовлених із маломагнітної сталі ЮЗ товщиною 6 мм та спеціальної сталі АК-29 товщиною 16 мм. ПЕМ має дві вакуумні присоски для утримання її в робочому стані на вертикальній оброблюваній поверхні, двопозиційний пристрій для позиціонування ЕІ відносно ЕЗ та електромеханічний стежний привод. Машина працює від водопровідної мережі, тобто без застосування помпи.

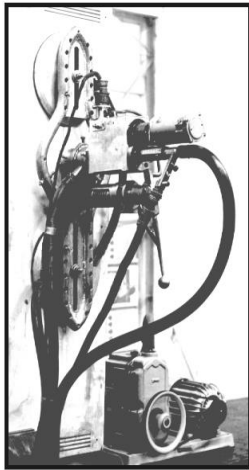


Рис. 7

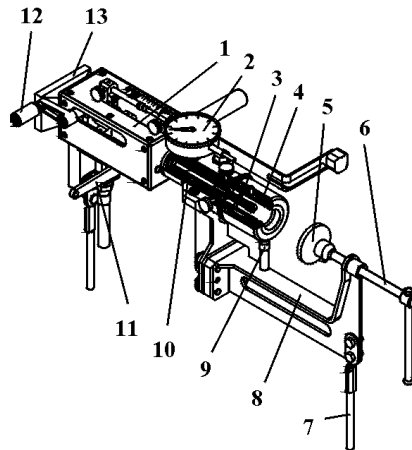


Рис. 8

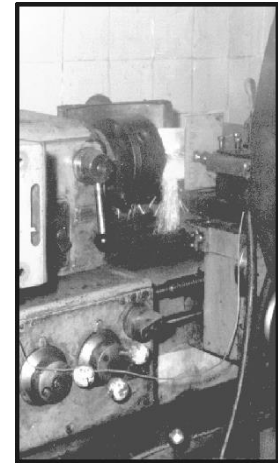


Рис. 9

Рисунок 7. Переносна електроерозійна машина моделі “Дуга 23М” у дії.

Рисунок 8. Переносна електроерозійна машина “Дятел”: 1 – редуктор; 2 – годинниковий індикатор; 3 – зовнішня герметизована камера; 4 – внутрішня герметизована камера; 5 – камера-упор; 6 – гвинт натискний; 7 – електрокабель; 8 – струбцина; 9 – дренажний патрубок; 10 – шпindel; 11 – кран; 12 – руків’я приводу шпindelя; 13 – упор-подушка.

Рисунок 9. Електроерозійна головка моделі “Дуга 40” у дії на токарному верстаті 16К20.

Удосконалювання ПЕМ відбувалося у напрямку підвищення універсальності, з метою забезпечення можливості використання не тільки у допоміжному, але й в основному виробництві, а також у ремонтних майстернях.

ПЕМ “Дятел” (рисунок 8), яку створив автор у 2000 році, має: ручний стежний привод, що дозволяє суттєво спростити її електричну та механічну частини; подвійну (зовнішню 3 та внутрішню 4) герметизовану камеру оригінальної конструкції, що забезпечує надійність гідроізоляції робочої зони в момент її розгерметизації після закінчення процесу обробки; змінний гвинтовий механізм герметизації камери, що дозволяє прошивати і штучні (невеликі) заготовки, і великогабаритний листовий матеріал безпосередньо на підлозі цеху. Для реалізації останнього необхідно встановити ПЕМ перпендикулярно до листа і натиснути ногою на спеціальний підножок з метою надійної герметизації камери.

Переносні електроерозійні машини, крім високої продуктивності обробки, забезпечують найбільш можливу мобільність обладнання РОД та дозволяють обробляти некруглі (трикутні, квадратні, багатогранні та інші) отвори в електропровідних матеріалах будь-якої твердості. Тому ПЕМ мають широку перспективу застосування в сучасному машинобудуванні.

З метою широкого застосування електричної дуги для обробки поверхонь різної геометричної складності певний практичний інтерес має здійснення обробки з використанням металорізального парку обладнання, як найбільш поширеного. З цією

метою металорізальні верстати комплектують малогабаритними електроерозійними головками (див. рисунок 2, лінія Г). Зараз освоєно (див. таблицю 1):

- електроерозійну головку АМН-1 до настільного свердлильного верстата, якщо використовується для виконання копіювально-прошивних робіт, власне прошивання наскрізних та глухих отворів круглої та фасонної форм та невеликих порожнин;

- електроерозійну головку “Дуга 40” до токарного верстата 16К20 (рисунок 8), що реалізовує запропонований автором новий напрямок у технологій РОД – РОД тіл обертання [4]. Замість різця у різцетримач встановлюється електродотримач з трубчастим, переважно графітовим, ЕІ. Крізь центральний отвір в ЕІ у торцевий МЕЗ нагнітається технічна вода (реалізовується спосіб прямого помпування робочої рідини крізь торцевий МЕЗ). Електрична дуга збуджується у поперечному потоці рідини між оброблювальною круглою ЕЗ, що обертається, та торцевою поверхнею ЕІ, який має рухи вісьової та радіальної подачі. Процес виконується без заглиблення ЕІ в ЕЗ.

На підставі вищевикладеного та особистого досвіду автора, сформульовані деякі концептуальні рекомендації до проектування обладнання для РОД поверхонь різної геометричної складності:

- для підведення робочої рідини в зону обробки під технологічним тиском доцільно застосовувати локальні герметизовані камери на спеціальних верстатах для прошивання глибоких отворів, дискретно локальні (змінні) герметизовані камери на універсальних верстатах для виконання копіювально-прошивних робіт, та не локальні герметизовані камери на верстатах для РОД спряжених пар “пуансон-матриця” (див. рисунок 5);

- з метою забезпечення мінімальної металомісткості верстата доцільно застосовувати станини порталного типу із замкнутою системою силового замикання від тиску робочої рідини у герметизованій камері [1];

- з метою забезпечення компактності компоновки інструментальної головки доцільно підводити та відводити робочу рідину із зони обробки на копіювально-прошивних верстатах крізь шпindel [5];

- з метою забезпечення надійності гідроізоляції робочої зони верстата доцільно використовувати самопритискні (із внутрішнім фланцем) герметизовані камери [6];

- у зв'язку з великим вісьовим навантаженням на шпindel від тиску робочої рідини, треба застосувати переважно електрогідравлічний стежний привід шпинделя порівняно з електромеханічним.

Розширення різновидів обладнання для РОД поверхонь різної геометричної складності пов'язане із засвоєнням нових технологічних схем формоутворення.

Висновки

1. Запропоновано класифікатор верстатів для РОД поверхонь різної геометричної складності, подані основні дані про деякі різновиди сучасного обладнання РОД.
2. Розроблено діаграму та показано об'єктивні етапи тенденційного розвитку верстатів РОД.
3. Сформульовано концептуальні рекомендації до проектування обладнання для РОД поверхонь різної геометричної складності з урахуванням гідродинамічного фактора.

The article is based on the author's personal experience of several years (1973-2000) in the field of designing, putting into production, and industrial technological use of highly productive equipment for the electric arch dimensional machining (ADM) of surfaces with various geometrical difficulty. The contemporary state and tendencies of the ADM machine-tools development are shown, conceptual issues concerning their designing are examined.

Література

1. Исследование и разработка технологических процессов обработки деталей и штампов способом размерной обработки электрической дугой (РОД): Отчёт о НИР № 385 / Кировоградский институт

МАШИНОБУДУВАННЯ ТА АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА

- сельскохозяйственного машиностроения. - № ГР 7808363; Инв. № Б830825. – Кировоград, 1979. – 226 с.
2. Носуленко В. І. Розмірна обробка металів електричною дугою: Дис...д-ра техн. наук: 05.03.07. – Кіровоград, 1998. – 389 с.
 3. Исследование, разработка и внедрение технологии и оборудования для прошивки отверстий в маломощных сталях: Отчёт о НИР № 514 / Кировоградский институт сельскохозяйственного машиностроения. - № ГР 01824022863; Инв. № 02830007723. – Кировоград, 1982. – 79 с.
 4. Пат. 24439 А Украина, МПК В 23 Р 17/00. Спосіб обробки тіл обертання електричною дугою і електрод-інструмент для його реалізації / В. М. Боков (Україна). - № 97041927; Заявл. 22.04.97; Опубл. 30.10.98, Бюл. № 5.
 5. Исследование процесса, разработка конструкции, изготовление и внедрение станка для размерной обработки деталей стационарным электрическим разрядом: Отчёт о НИР № 302, 334 / Кировоградский институт сельскохозяйственного машиностроения. - № ГР 76064909; Инв. № 975239. – Кировоград, 1978. – 171 с.
 6. Исследование, разработка и внедрение технологии и оборудования для размерной обработки дугой полостей штампов: Отчёт о НИР № 424 / Кировоградский институт сельскохозяйственного машиностроения. – Кировоград, 1983. – 173 с.

Одержано