

РОЗМІРНА ОБРОБКА ТВЕРДОСПЛАВНИХ ПРОКАТНИХ ВАЛКІВ БІПОЛЯРНИМ ІНСТРУМЕНТОМ

Сіса О. Ф., Боков В. М. (КНТУ, м. Кіровоград, Україна)

The new highly effective way of dimensional processing rolling hard alloy rolls is offered by the bipolar tool.

В сучасному виробництві прокатні валки для чистових клітей дротяних станів виготовляють із твердого сплаву ТС-15 на основі карбіду вольфраму з регламентованою гранулометриєю, з добавкою 15 % кобальто-нікелевій зв'язки (табл. 1). Жорсткі вимоги до точності розмірів і шорсткості поверхні твердосплавного прокатного валка забезпечуються шліфуванням алмазним інструментом. Інтенсифікація режимів алмазного чорнового шліфування приводе до появи тріщин глибиною до 4 мм. При оптимальному режимі шліфування час обробки одного валка складає до 8 - 10 змін, що не задовольняє вимоги підприємств і вимагає пошуку альтернативних, більш продуктивних та економічних методів їх обробки. Сьогодні собівартість валків дуже велика і складає 1...3 % від собівартості прокатної продукції. Проблема попередньої чорнкової обробки твердосплавного прокатного валка ще більш загострюється при використанні технології його виготовлення із відпрацьованих твердосплавних валків, коли виникає потреба знімання великого об'єму матеріалу.

Таблиця 1. Фізико-механічні властивості твердого сплаву марки ТС-15

Властивості	Номінальне значення	Допустиме відхилення
Міцність на вигин, МПа	2950	±100
Твердість, HRA	87	±1
Густина, г/см ³	14,05	±0,05
Модуль пружності, ГПа	580	±5

Відомо, що для обробки важкооброблюваних матеріалів, до яких має пряме відношення і твердий сплав ТС-15, застосовуються електроерозійні методи [1]. Але електроерозійні методи, що засновані на використанні нестационарних форм електричних розрядів (іскрового, імпульсного) володіють низькою продуктивністю обробки, так як енергія при їх реалізації підводиться в зону обробки з паузами.

В роботі [2] зроблена спроба використання високопродуктивного способу розмірної обробки металів електричною дугою (РОД) [3, 4] для обробки торцевих поверхонь валків із твердого сплаву ТС-15. Обробку здійснювали з використанням графітового електрода-інструмента (марка МПГ-7) та технологічної схеми формоутворення за принципом прошивання з прокачуванням органічного середовища в торцевому міжелектродному зазорі під технологічним тиском за напрямком від периферії до центру електрода-інструмента (рис. 1).

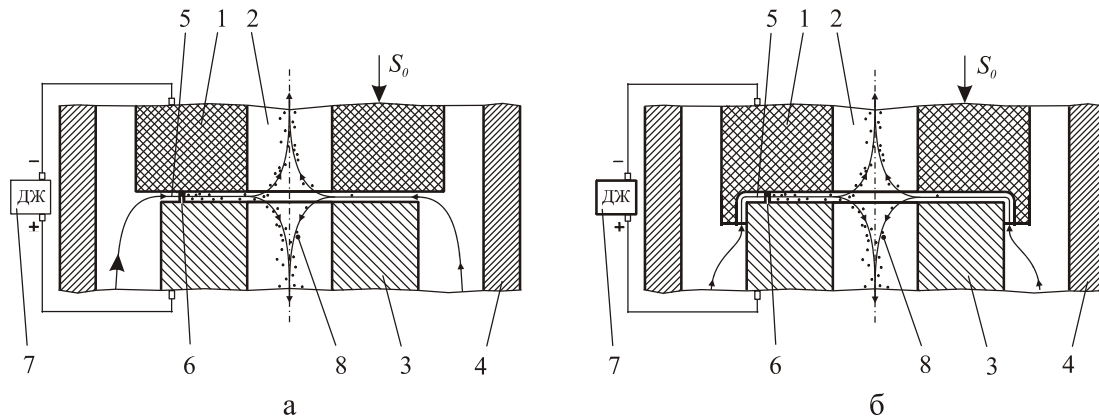


Рис. 1. Технологічна схема формоутворення, що використана в роботі [2] для обробки твердосплавного валка: а - початкова фаза; б - кінцева фаза; 1 - графітовий електрод-інструмент; 2 - технологічний отвір; 3 - твердосплавний валок; 4 - герметизована камера; 5 - гідродинамічний потік; 6 - електрична дуга; 7 - джерело живлення постійним технологічним струмом; 8 - продукти ерозії

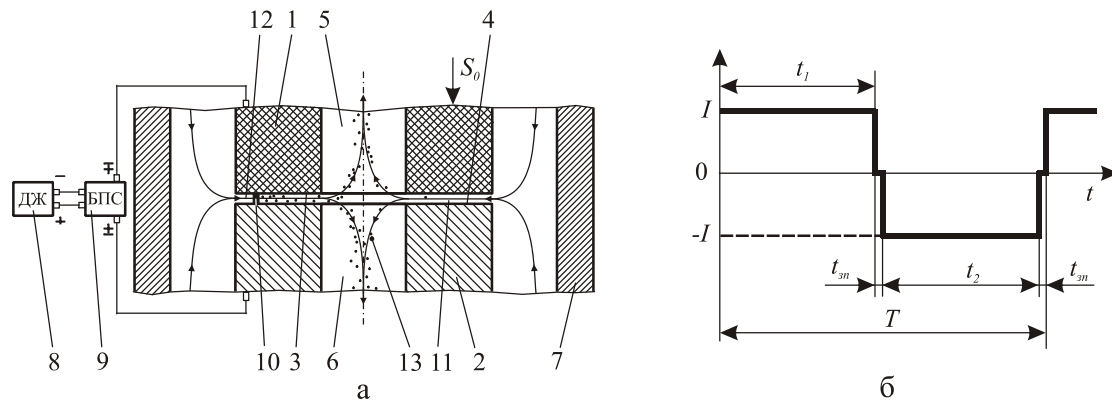


Рис. 2. Технологічна схема формоутворення, що пропонується для обробки твердосплавного валка: а - схема; б - типовий графік режиму роботи біполярного перетворювача сили технологічного струму; 1, 2 - валки, що обробляються; 3, 4 - торцеві поверхні валків; 5, 6 - центральні отвори у валках; 7 - герметизована камера; 8 - джерело живлення постійним технологічним струмом; 9 - біполярний перетворювач струму; 10 - електрична дуга; 11 - торцевий міжелектродний зазор; 12 - гідродинамічний потік; 13 - продукти ерозії

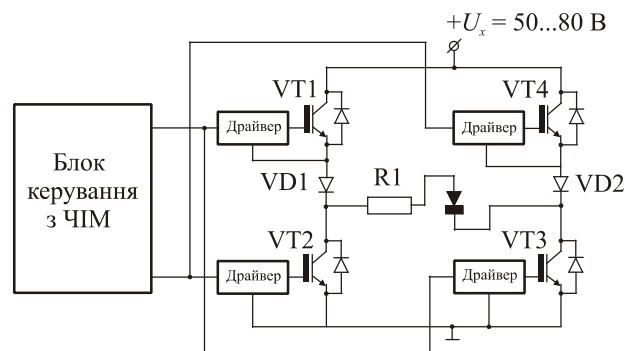


Рис. 3. Блок-схема перетворювача мостового типу для біполярної обробки твердосплавних прокатних валків

В результаті промислового випробування була зафіксована продуктивність чорнової обробки прокатного валка із твердого сплаву ТС-15 на рівні $M = 3100 \text{ мм}^3/\text{хв.}$, що в 17...20 разів перевищує продуктивність чорнового шліфування алмазними тарілчастими кругами діаметром 250 мм. Таким чином, експериментально доведена доцільність використання способу розмірної обробки електричною дугою для високопродуктивної обробки твердосплавних прокатних валків сучасних дротяних станів.

Однак електрична енергія при реалізації даного способу обробки витрачається не тільки для обробки твердосплавного валка, але й для руйнування графітового електрода-інструмента. Крім того, після обробки кожного валка з'являється потреба у відновленні торцевої поверхні графітового електрода-інструмента.

В роботі [5] показано, що електрична дуга в гідродинамічному потоці робочої рідини характеризується трьома джерелами тепла: катодне джерело, що руйнує електрод-інструмент; анодне джерело, що руйнує електрод-заготовку; джерело стовпа дуги, що не руйнує електроди, але створює умови для вилучення продуктів ерозії із зони обробки. За думкою авторів, подальше підвищення продуктивності процесу РОД твердосплавних валків пов'язано з використанням енергії катодного джерела тепла для обробки торцевої поверхні за рахунок використання біполярного інструменту.

Таким чином, метою роботи розробка нового способу розмірної обробки електричною дугою твердосплавних валків, в якому графітовий електрод-інструмент відсутній, а його функцію виконують два однакових твердосплавних валка, що обробляються одночасно в біполярному режимі.

Для обробки твердосплавних валків пропонується новий спосіб одночасної розмірної обробки електричною дугою плоских торцевих поверхонь двох валків, який відрізняється тим, що обробку здійснюють при дзеркальному розташуванні торцевих поверхонь валків і поступовому осьовому відносному їх зустрічному русі, з вилученням робочої рідини із торцевого міжелектродного зазору крізь співвісні отвори в валках, причому режим обробки – біполярний за силою технологічного струму зі зміною частоти у межах від 0,01 до 50 Гц.

Перед початком роботи (рис. 2) валок 1, що підлягає обробки, закріплюють на верхньому шпинделі верстата, а такий ж самий валок 2, що теж підлягає обробки, закріплюють на столі верстата. Кріплення забезпечує дзеркальне розташування торцевих поверхонь 3, 4, що обробляються. При цьому отвори 5, 6 у валках 1, 2 – співвісні. Зону обробки обмежують герметичною камерою 7. Далі вмикають електродвигун насоса подачі робочої рідини (наприклад, рідини на базі органічного середовища) в камеру 7 верстата під технологічним тиском (у межах 0,2–4 МПа), вмикають джерело живлення постійним технологічним струмом 8, змінюють режим роботи на біполярний за допомогою біполярного (наприклад, транзисторного) перетворювача струму 9 і ведуть процес обробки торцевих поверхонь 3, 4 одночасно двох валків 1, 2 електричною дугою 10 з використанням автоматичної системи слідування за торцевим міжелектродним зазором 11. В процесі обробки електрична дуга 10 горить між торцевими поверхнями 3, 4 деталей 1, 2 в потужному гідродинамічному потоці робочої рідини 12, який відповідає за якість обробки та забезпечує оптимальні умови евакуації продуктів ерозії 13 із зони обробки. Внаслідок того, що торцеві поверхні 3, 4 валків 1, 2 розташовані дзеркально, а також завдяки

тому, що отвори 6, 7 співвісні, гарантується 100 % охоплення площі обробки торцевих поверхонь 3, 4 обох валків 1, 2.

Біполярний за силою технологічного струму режим обробки (рис. 3) забезпечує рівномірне знімання припуску з обох валків. Силу струму змінюють з частотою у межах від 0,01 до 50 Гц, причому нижня межа відповідає більшій площі обробки торцевої поверхні ($< 400 \text{ мм}^2$), а верхня – меншій. Період циклу T біполярного режиму обробки визначається за формулою:

$$T = t_1 + t_2 + 2t_{3n},$$

де t_1 - час горіння дуги при «+» на валку 1 та «-» на валку 2;

t_2 - час горіння дуги при «-» на валку 1 та «+» на валку 2. $t_1 = t_2$;

t_{3n} - час захисної паузи (час гарантованого вмикання або вимикання транзистора). Для сучасних вітчизняних біполярних силових транзисторів середній час захисної паузи не перевищує 0,000001 с. Тоді, для вибраного діапазону частот зміни струму час двох захисних паузи складає 0,000002...0,01 % від величини періоду циклу T . Таким чином, така мала частка пауз, що спостерігається при реалізації даного способу, практично не зменшує продуктивність обробки, порівняно з продуктивністю при постійному струмі.

На рис. 4 представлена схема перетворювача технологічного струму мостового типу для біполярної обробки запропонованим способом. Мостова схема, порівняно з напівмостовою, дозволяє вдвічі підвищити потужність технологічного струму. Вона працює за принципом двотактного перемикання з послідовним вмиканням в ланцюг навантаження.

Схема складається з наступних головних частин: блоку керування з частотно-імпульсною модуляцією (ЧІМ), драйверів керування та силових біполярних транзисторів з ізолюваним затвором (IGBT-Insulated Gate Bipolar Transistors). З блоку керування ЧІМ сигнал поступає на драйвери (пристрій узгодження системи керування та силової частини) та передається на силові транзистори. Драйвер забезпечує: вмикання транзистора з частотою перемикання від 0,01 до 50 Гц; напругу, що вимикає - більше 17 В; затримку вмикання (час захисної паузи) - $\leq 2 \text{ мкс}$; час зростання напруги - $\leq 0,4 \text{ мкс}$; час спаду напруги – менше 0,2 мкс; захист транзистора від пробоя. При перевантаженні драйвера по силі струму або короткому замиканні спрацьовує захист і затримка початку вмикання на 4,5 мкс. При викидах напруги на колекторі транзистора вище 100 В, драйвер обмежує напругу між базою та емітером транзистора на рівні 18 В та передає в систему керування сигнал щодо аварійного вимикання транзистора.

В першому такті вмикання транзисторів VT1 і VT3 струм проходить крізь діод VD1 і опір R1, що його обмежує. При цьому струм миттєво передається на електроди-заготовки, що обробляються. Коли такт напівхвилі закінчується, транзистори замикаються, витримується час для закінчення перехідних процесів в транзисторах (2 мкс), і під дією іншої напівхвилі сигналу транзистори VT2, VT4 відмикаються, і зворотний струм передається через VD2 та R1 на електрод-інструмент.

Продуктивність обробки в даному способі визначається силою технологічного струму. Саме тому, з метою досягнення максимально можливої продуктивності

(фізичної межі), обробку здійснюють при максимально можливій (критичній) густині сили технологічного струму в перерізі заготовки, яка може досягати 10 А/мм^2 і більше.

Використання способу одночасної розмірної обробки електричною дугою торцевих поверхонь двох валків, що пропонується, порівняно з відомим, підвищує ефективність обробки та дозволяє: вести процес обробки без використання багатокоштовних графітових електродів-інструментів; зменшити питому витрату електроенергії на 20-30 %; скоротити цикл обробки деталей на 20-30 %; зменшити собівартість обробки на 30-40 %; досягти максимальну можливу продуктивність за рахунок обробки при максимально можливій (критичній) густині сили технологічного струму в перерізі заготовки.

Список літератури: 1. Фотеев Н. К. Технология электроэрозионной обработки. – М.: Машиностроение, 1980. – 184 с. 2. Сіса О. Ф., Боков В. М. Електрична дуга як інструмент для розмірної обробки твердосплавних прокатних валків // Прогресивні технології і системи машинобудування: Міжнародний збірник наукових праць. – Донецьк: ДонНТУ, 2008, Опубл. 10.-9.2008. Бюл. № 17. 3. Носуленко В. И., Мещеряков Г. Н. Размерная обработка металлов электрической дугой // Электронная обработка материалов. – 1981. – № 1. – С. 19-23. 4. Боков В. М. Розмірне формоутворення поверхонь електричною дугою. – Кіровоград: Поліграфічно-видавничий центр ТОВ «Імекс ЛТД», 2002. – 300 с. 5. Носуленко В. І. Розмірна обробка металів електричною дугою: Дис... д-ра техн. наук: 05.03.07. – Кіровоград, 1998. – 389 с.

Надійшла до редколегії 02.04.2009 р.

РОЗМІРНА ОБРОБКА ТВЕРДОСПЛАВНИХ ПРОКАТНИХ ВАЛКІВ БІПОЛЯРНИМ ІНСТРУМЕНТОМ

Сіса О. Ф., Боков В. М.

Стаття посвящена розробке нового способу размерной обработки электрической дугой твердосплавных валков, в котором графитовый электрод-инструмент отсутствует, а его функцию выполняют два одинаковых твердосплавных валка, которые обрабатываются одновременно в биполярном режиме.

розмірна обробка, твердосплавні валки, електрична дуга, біполярний інструмент