



УДК.621.793.74

Попіль Н.Ю., Корж В.М., Попіль Ю.С.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут». Україна, м. Київ

МІКРОПЛАЗМОВЕ ГАРТУВАННЯ ОБСІЧНИХ КРАЙОК ПРЕС-ФОРМ

Анотація

Представлений процес мікроплазмового гартування обсічних крайок прес-форм з сталі 40X13, наведені результати впливу технологічних параметрів на властивості гартованого шару.

Abstract

It is presented process of the micro-plasma tempering of cutting off edges of press-forms from steel 40X13, results over of influence of technological parameters are brought on properties of hard-tempered layer.

Постановка проблеми

При виготовленні різного формоутворюючого технологічного оснащення одним з прогресивних процесів є отримання точних заготовок методами пластичної деформації видавлюванням, або іншими методами, які повинні забезпечувати високу якість і значну економію матеріалу та продуктивність.

Для виготовлення об'ємних виробів з поліетилену, поліпропілену, поліхлорвінілу та інших полімерних матеріалів методом екструзії роздуву використовують видувні прес-форми.

Прес-форми, як і штампи є продукцією складною і кошторисним інструментом в який вкладається багато операцій. Внаслідок чого вартість їх надзвичайно висока, враховуючи це основною вимогою є час служби, а основним напрямком на цьому шляху є підвищення стійкості робочих частин штампів. Найбільш поширеним способом підвищення стійкості прес-форм є підвищення функціональних властивостей ріжучих та обсічних крайок.

В даний час отримали розвиток оснащення ріжучих та обсічних частин прес-форм та штампів твердими сплавами, як з механічним закріпленням так і паянням з використанням твердих припоїв, що збільшує їх стійкість, але веде до підвищення вартості. В технічній літературі представлені роботи по підвищенню зносостійкості деталей штампів при напильні на вуглецеві сталі покриттів з самофлюсуючих сплавів Ni-Cr-B газополуменевим способом, з послідовним оплавленням мікроплазмовим нагріванням, це збільшує зносостійкість в 3..5 разів, в порівнянні з деталями виготовлених з цих сталей і загартованими [1].

При виготовленні прес-форм, окремо виготовляються елементи конструкції, як матриці так і пуансону, на яких знаходяться вирубні елементи — обсічні крайки (рис. 1).

Для прес-форм в роботі з рідкою пластмасою в режимі робочих температур в діапазоні 100–240 °С доцільно використовувати сталь 40X13. Сталь 40X13 — високолегована, корозійностійка, жароміцна сталь мартенситного класу добре гартується на повітрі.

Сталі цього класу мають високу твердість і підвищену міцність. В формі поковки мають твердість 20–30 HRC, в виробі сталь використовується після гартування 1000–1050 °С в маслі з високим відпуском 200–300 °С (покращення) і твердістю 36–40 HRC.

Аналіз існуючих методів гартування показав, що кожний з методів має як ряд переваг, так і недоліків. Наприклад для великогабаритних та масивних виробів, як правило використовується гартування всього виробу. При цьому нагрівання відбувається в електричних печах, СВЧ з послідуною дією рідини. Але при цьому це досить не економічні способи.

Одним з напрямів підвищення продуктивності є модифікація поверхні шляхом дії концентрованими потоками (безпервними або імпульсними) енергії, до яких належать, плазмові струмені і імпульси, лазерне випромінювання і інші.

Дані методи мають ряд принципових переваг перед традиційними технологіями термічної і хімічно-термічної обробки, що полягає в можливості локального (за площею і по глибині) зміцнення поверхні, відсутності деформації деталей, що обробляються і механічної дії на оброблюваний матеріал, можливості поєднання процесу термообробки з легуванням поверхні.

Лазерна обробка є складним і дорогим способом зміцнення. Найдоцільніше її використовувати при складній конфігурації оброблюваних поверхонь, коли нагрівання звичайними методами ускладнене, а також при малій поверхні оброблюваного шару [2]. Недоліком лазерного нагрівання є малий к. к. д., що дорівнює 5–8 %. Значна кількість енергії (до 80–96 %) втрачається внаслідок віддзеркалення променів від поверхні оброблюваної деталі. Для зменшення втрат енергії на деталі наносять поглинальні покриття (оксиди металів, фосфати та ін.).

За попередніми оцінками, плазмове гартування перспективне для локального поверхневого зміцнення деталей [3]. При цьому можливо використовувати плазмовий струмінь так і дугу, з поверхневим гарту-

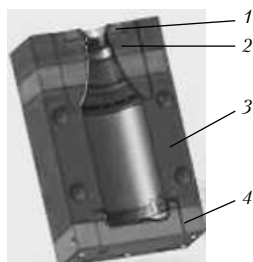


Рис. 1. Напівматриця прес-форми для виготовлення об'ємних виробів:

- 1 — формуютьорююча вставка з обсічними крайками;
- 2 — різьбова частина прес-форми з обсічними крайками;
- 3 — основна частина матриці з обсічними крайками;
- 4 — донний ніж з обсічними крайками

ванням, як з оплавленням так і без, при оплавленні спостерігається підвищення твердості металу [4]. Що пояснюється, вищою $T_{пл}$, швидкістю охолодження, в оплавленій структурі утворення голчастого мартенситу і практично повного розчинення карбідної фази. В процесі гартування плазмовим способом з оплавленням на прес-формі порушується геометрія крайки, що приводить до непридатності виріб. Враховуючи, що операція гартування при виготовленні прес-форм є останньою фінішною, то оплавлення поверхні крайок недоцільно. Для запобігання пошкодження крайок, було запропоновано використовувати для гартування мікроплазмову дугу і в конструкції крайки прес-форми передбачена технологічна полиця L (рис. 2).

При мікроплазмовому гартуванні енергетичні характеристики цього методу по щільності енергії в імпульсі наближаються до лазерної обробки. В той же час мікроплазмове гартування поверхні вигідно відрізняється від лазерної технології по простоті устаткування, його габаритам і мірі корисного використання потужності (рис. 3).

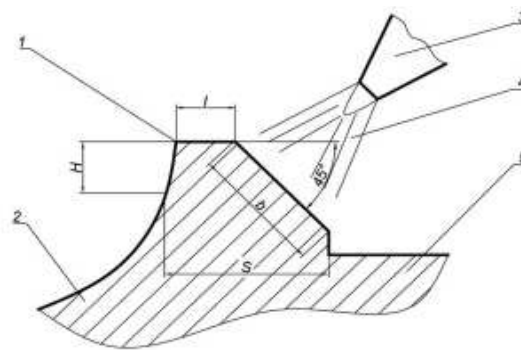


Рис. 2. Конструкція крайок на прес-формі:

- 1 — обсічна крайка; 2 — робоча поверхня прес-форми;
- 3 — плазматрон; 4 — плазмова дуга; 5 — прес-форма



Рис. 3. Процес мікроплазмового гартування

В процесі дії концентрованими джерелами енергії відбувається нагрів поверхні з подальшим охолодженням її шляхом відведення тепла як в матеріал, так і в довкілля, внаслідок чого в поверхневому шарі відбуваються структурно-фазові перетворення. Природа джерела нагріву, тепловий потік, час дії на поверхню впливають на властивості термічно-зміцненого шару (товщину, фізико-механічні характеристики, фазовий склад і його дисперсність).

Використання того або іншого методу поверхневої обробки деталей машин і інструменту залежить від технологічних вимог, умов роботи, а також економічних чинників. У табл. 1 приведені основні технічні характеристики деяких джерел енергії, які використовуються для обробки поверхні.

Важливим є також той факт, швидкісним способам нагрівання властивий факт недоліку часу для протікання і завершення рівноважних структурних перетворень. За рахунок зміни кінетики фазових перетворень, зменшення розмірів зерна, створення підвищеної щільності дислокацій в умовах високошвидкісної термічної обробки матеріалів, можливо отримувати необхідні комплекси механічних і фізичних властивостей поверхні матеріалів (високу твердість, опірність зносу, опір корозії і т. п.). При проведенні звичайної термічної обробки окрім відносно повільного нагріву передбачена витримка, яка більшою мірою необхідна для протікання і завершення структурних перетворень з досягненням рівноважних структурних станів. Проте, при цьому, чим менше

Таблица 1

Основні технічні характеристики поверхневих джерел нагріву

Джерело нагріву	Потужність, Вт		Щільність потужності, Вт/см ²		Ефективний К.К.Д нагріву
	min	max	min	max	
Газове полум'я	10 ²	10 ⁴	2·10 ²	6·10 ²	0,55
Електрична дуга	50	2·10 ⁵	5·10 ²	4·10 ⁴	0,75
Плазмовий струмінь	10 ³	10 ⁵	5·10 ²	10 ⁵	0,80
Іонний промінь	10	10 ³	10 ²	10 ⁵	0,85
Електронний промінь	10	10 ⁵	5·10 ²	10 ⁷	0,85
Лазер	10	2,5·10 ⁴	10 ²	10 ¹⁰	0,05
Сонячні нагрівачі	10 ²	10 ⁵	10 ²	2·10 ³	0,75

швидкість процесу термічної обробки, тим більше розмір отриманого зерна, що негативно позначається на експлуатаційних характеристиках виробів [5].

Мета роботи

Дослідити вплив режимних параметрів мікроплазмового гартування металу обсічних крайок прес-форм для виготовлення деталей з полімерних матеріалів.

Представлена робота по гартуванні обсічних крайок прес-форм виконувалась кафедрою «Інженерії поверхні» НТУУ «КПІ» на протязі 1991–2011 років в ТОВ «Инбор-оснастка» м. Київ. По умовах замовника твердість на поверхні крайки повинна становити 48–52 HRC, з різницею між матрицею та пуансоном по твердості 1–2 одиниці, процес гартування повинен проводитись автоматизовано.

Обладнання та матеріали. Методика досліджень

Процес мікроплазмового гартування здійснювався на установці МПУ-4, яка розроблена в ІЄЗ

ім. Є.О. Патона і призначена для зварювання тонколистового металу товщиною до 2 мм, з використанням стандартного мікроплазмового пальника ОБ-1160А максимальною потужністю до 2 кВт [6]. Змінними елементами пальника були плазмоутворююче сопло від Ø1,2 мм до Ø1,8 мм, та діаметр електроду від Ø0,6–1,2 мм, в якості плазмоутворюючого та захисного газу використовувався аргон. Параметрами процесу були швидкість переміщення плазмового пальника відносно виробу, потужність дуги, витрати плазмоутворюючого та захисного газу. До технологічних параметрів, кут нахилу плазмотрону відносно площини обсічних кромки штамп, кут загострення електроду.

Для гартування, використовувався електрод з лантанованого вольфраму марки ЕВЛ, так як лантан підвищує стійкість та емісійні властивості електродів.

Кут загострення електроду, впливає на підвищення концентрації теплового потоку, тиску дуги і щільності струму, що збільшує процес проплавлення [7]. Тому в процесі мікроплазмового гартування, доцільним є загострення електроду до менших значень ніж при зварюванні 20–25°.

В залежності від плазмоутворюючого серидовища змінюються основні теплофізичні властивості ентальпія, температура, довжина дуги, струміню.

Максимальна температура аргонової плазми досягає температури близько 13 400 °С. Збільшити теплофізичні властивості можливо за рахунок додавання інших газів, або сумішей.

Для вибору оптимальних режимів плазмового гартування крайок прес-форм необхідна розробка розрахункових методів оцінки параметрів термічного циклу плазмового нагріву — максимальної температури нагріву та швидкості охолодження.

Для оцінювання зміни характеру розподілення твердості поверхневих загартованих шарів на крайках прес-форм при встановлених технологічних параметрах процесу використовувався прилад ТК-2М з навантаженням на алмазну піраміду 150 кгс, (шкала С) метод Роквелла.

Для вимірювання температури поверхні крайок штампів використовувався інфрочервоний пірометр GEO-FENNEL Firt 800 Pocket термометр для безконтактного вимірювання температури в діапазоні -35...+800 °С з точністю вимірювання 1 °С.

Величину глибини гартованого шару металу простим шляхом можна визначити за таких параметрів, як:

$$h = \frac{P}{(d_c v)^{0,4}}, \quad (1)$$

де P — теплова потужність джерела нагріву;
 d — діаметр сопла;
 v — швидкість переміщення пальника.

Швидкість охолодження визначалась формулою [8]

$$W_o = \frac{2\pi\lambda(T-T_0)^2}{q/V}, \quad (2)$$

де W_o — швидкість охолодження °С/с;
 V — швидкість переміщення джерела нагріву м/с;
 T — максимальна температура °С;
 T_0 — температура поверхні металу, що гартується °С;
 λ — коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м·К).

Експериментальні дослідження показали, що при подачі захисного газу (в нашому випадку він діє, як обтискующий газ) щільність теплового потоку збільшується. При цьому смуга ізотермічного кольору гартованого шару крайки розподіляється рівномірно з більшою темнотою і висота гартованого шару знаходиться в межах 1,5–2 мм при $I = 6-8$ А (рис. 3). При дії плазмовою дугою без обтиснення величина ізотермічного кольору загартованого шару зростає і розподіляється нерівномірно (рис. 4).



Рис. 4. Загартований шар обсічних крайок виконаний на оптимальних режимах

Для практичного уявлення впливу теплофізичних властивостей плазмової дуги і технологічних параметрів процесу на гартований шар крайки прес-форм, проводились дослідження на твердість, як на зразках свідках, так і безпосередньо на виробках. Враховуючи різні габаритно-масові розміри прес-форм представлена усереднена твердість поверхневого гартованого шару, як з подачею захисного газу так і без (рис. 6), твердість в першому випадку більша, хоча глибина загартованого шару менша (рис. 7).



Рис. 5. Загартований шар обсічних крайок без використання захисного газу

Таблиця 2

Технологічні параметри процесу гартування обсічних крайок прес-форм

Напруга Х.Х., В	Струм, А	Витрати плазмоутворюючого газу, л/хв	Витрати захисного газу (обтискующего), л/хв	Глибина загартованого шару, мм	Швидкість гартування, мм/хв
60	5	0,5	1	1,5	55
	10	1	1,5	2	70
	15	1,5	2	2,5	80
	20	2	2,5	3	90
	25	2,5	3	3,5	95
	30	3	3,5	Можливе оплавлення	

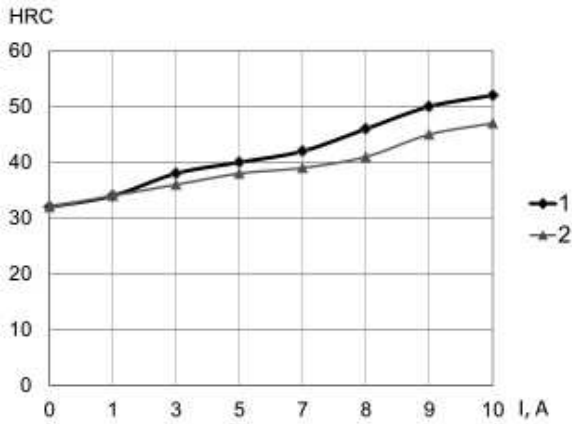


Рис. 6. Залежність твердості поверхнього загартованого шару від величини струму:
1 – з обтисненням; 2 – без обтиснення

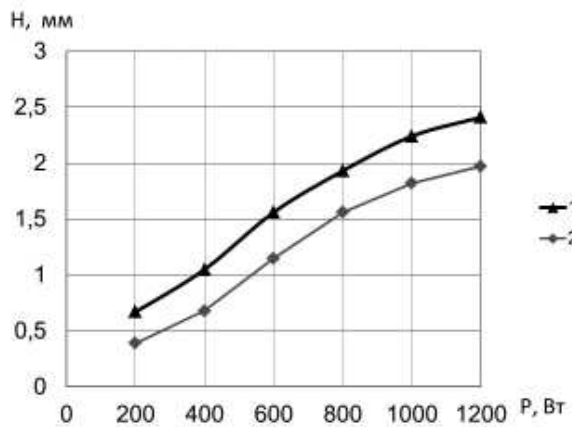


Рис. 7. Залежність глибини гартування від потужності джерела нагріву:
1 – з обтисненням; 2 – без обтиснення

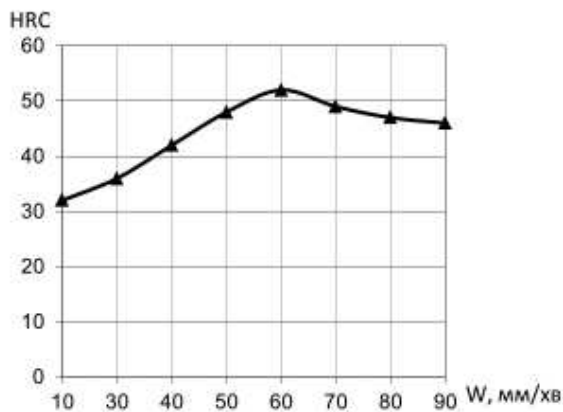
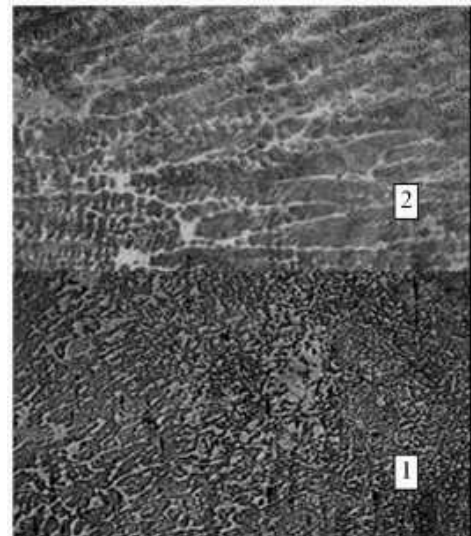


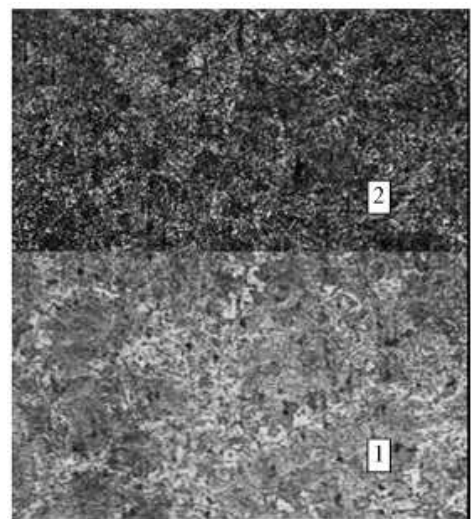
Рис. 8. Залежність твердості поверхнього гарту від швидкості гартування при постійній потужності $P = 600$ Вт

Розрахунок швидкості нагрівання крайки, показав, що процес відбувається при швидкостях 10^3 – 10^4 °C /с, а процес охолодження 150 – 450 °C/с і є достатнім для утворення мартенситних структур.

Металографічний аналіз показує, що в гартованому поверхньому шарі крайок прес-форм з сталі 40X13 мікроструктура складається з мартенситу і карбідів та не значної кількості залишкового аустеніту, кількість якого залежить від режимів процесу. При високих режимах обробки спостерігається утворення голчастого мартенситу (рис. 9, а), що пояснюється високою швидкістю охолодження і недоліком часу для фазових перетворень. Голчастий мартенсит підвищує твердість, на відміну з зернистим мартенситом (рис. 9, б).



а)



б)

Рис. 9. Мікроструктура загартованого шару і основного металу на прес-формі з сталі 40X13:

- а) 1 – поверхня основи; 2 – мартенсит голчаста структура загартованого шару $P = 1,5$ кВт, $W = 95$ мм/хв;
б) 1 – поверхня основи; 2 – мартенсит зерниста структура загартованого шару $P = 0,6$ кВт, $W = 60$ мм/хв

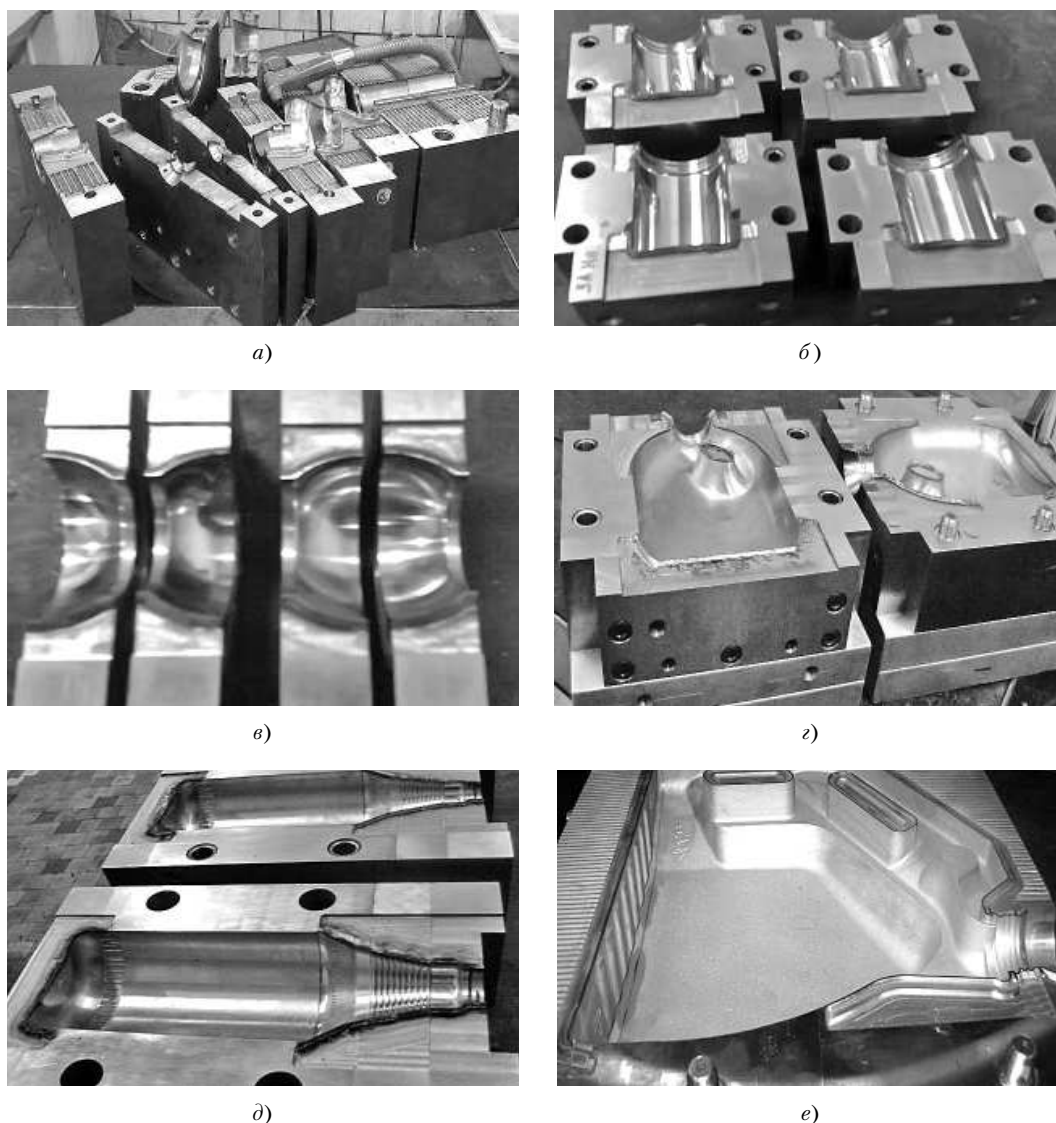


Рис. 10. Прес-форми та їх елементи з застосуванням мікроплазмового гартування:
 а) – конструктивні вироби видувної форми; б) – поумірні видувна форма; в) – формуютьорючі вставки;
 г) – напів-матриця з донними ножами; д) – форма видувна пляшки; е) – форма видувна канистри



Рис. 11. Зразки виробів ТОВ «Инбор-оснастка»

Висновки

1. Використання мікроплазмового гартування дає можливість, як ручного так і автоматизованого гартування в локальній площині, отримувати загартовані шари з змінними властивостями в залежності від режимних і технологічних параметрів, не впливаючи на основний метал конструкції.

2. При параметрах процесу гартування швидкості переміщення пальника $W = 95$ мм/хв і потужності $P = 1,5$ кВт в структурі верхніх шарів металу відбуваються структурні перетворення, з утворенням голчастого мартенситу, що дає твердість до 50–54 HRC, при зменшенні швидкості $W = 60$ мм/хв і потужності $P = 0,6$ кВт утворюється зернистий мартенсит. При цьому твердість поверхневого гартованого шару змінюється в межах 48–52 HRC, яка є



оптимально для технологичного режиму роботи ріжучих крайок прес-форм, так як збільшення твердості приводить до крихкості, підвищення утворення тріщин та складності механічної фінішної доводки крайок прес-форм.

Література

1. *О.С. Кобяков, Е.Г. Гинзбург.* Использование микроплазменного нагрева в процессах упрочняющей технологии // Автоматическая сварка 1985, № 5. С. 65–67.
2. *Григорьянц А.Г.* Основы лазерной обработки материалов. — М.: Машиностроение. 1989. — 304 с.
3. *Лащенко Г.И.* Плазменное упрочнение и напыление. — К.: «Екотехнологія». 2003. — 64 с.
4. *Самотугин С.С.* Плазменное упрочнение инструментальных материалов / С.С. Самотугин, Л.К. Лецинский. — Донецк: новый мир, 2002. — 338 с.
5. *Лактин Ю.М., Леонтьева В.П.* Материаловедение: Учебник для машиностроительных вузов — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Машиностроение. 1980. — 493 с.
6. *Микроплазменная сварка.* / Б.Е. Патон, В.С. Гвоздецкий, Д.А. Дудко и др. Киев: Наук. думка, 1979. — 248 с.
7. *А.М. Попков.* Влияние притупления и угла заточки неплавящегося электрода на полную мощность и суммарное давление дуги на металл сварочной ванны // Сварочное производство 1990, № 2. С. 38...39.
8. *Рыкалин Н.Н.* Расчеты тепловых процессов при сварке. — М., МАШГИЗ 1951. — 1951 с.