

УДК 621.9.04:533.9: 621.791.947.55

Нечасів В.П., канд. техн. наук,
Рязанцев А.О., канд. техн. наук,
Криворізький національний університет, anton.gyazancev87@gmail.com

ВСТАНОВЛЕННЯ РЕЖИМІВ ПЛАЗМОВО-МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ З УРАХУВАННЯМ НАКОПИЧЕНОГО ТЕПЛА В ЗАГОТОВЦІ

Розвиток машинобудування вимагає від вчених і інженерів пошуку нових вискоєфективних методів обробки матеріалів, створення надійних технологічних процесів і найбільш ефективного застосування їх в виробничих умовах [1,2].

Одним з таких процесів є плазмово-механічна обробка (ПМО). З'явившись в середині минулого століття, вона до цих пір є предметом вивчення, в наукових лабораторіях, розкриваються її нові можливості та перспективи. ПМО – досить складний процес, кількість керованих параметрів якого велике, що ускладнює ефективно застосовувати процес без попередніх досліджень для визначення раціональних режимів обробки [1,2]. Він являє собою комбінований процес, при якому механічна енергія та енергія низькотемпературної плазми сумісно використовується для підвищення ефективності процесу різання при виготовленні деталей машин із сучасних важкооброблюваних матеріалів [3,4]. Нагрівання заготовки плазмовою дугою спричиняє чотири основні явища: зниження міцності оброблюваного металу; виникнення системи структурних перетворень і термічних напруг у поверхневих шарах заготовки; розплавлення частини металу, що підлягає зрізу, і зміна параметрів тертя на поверхнях контакту нагрітих металів заготовки та різального інструменту [1].

Авторами був розроблений спосіб механічної обробки з плазмовим нагріванням зони різання. Даний спосіб вирішується за рахунок способу плазмового нагрівання припуску, яке включає плазмове нагрівання поверхні різання без оплавлення, при регульованій силі струму, термічне зменшення матеріалу припуску та переміщення його в зону обробки зі швидкістю різання для наступного видалення різцем.

Технічний результат від використання даного способу обробки з плазмовим нагріванням зони різання литих, кованих злитків і заготовок із твердою ливарною кіркою або з важкооброблюваних сплавів забезпечує поліпшення їх оброблюваності шляхом створення по всьому перетину припуску, за рахунок термічного впливу, структури, яка має значно більш низькі фізико-механічні властивості, чим вихідний матеріал заготовки. Внаслідок цього також підвищується період стійкості різального інструменту.

Щоб уникнути перегрів припуску та розташованих нижче шарів заготовки, силу струму плазмової дуги встановлюють з урахуванням накопиченого тепла в заготовці:

$$I \approx \frac{\theta_H \times b \times \lambda \times L \times \sqrt{k_1} \times \exp [0,01 \times k_1 \times a^2]}{\beta \times C_H} \quad (1)$$

де θ_H – середня температура нагрівання припуску по перетину шару, що зрізується, на різучій кромці інструмента, °С;

a, b – товщина та ширина перетину шару, що зрізується, мм;

λ – коефіцієнт теплопровідності, Вт/см·°С;

L – відстань між опорною плямою нагрівання та різучою кромкою, мм;

C_H – масштабна характеристика плазмової дуги залежно від виду плазмоутворювального газу ($C_H = 60$ – для аргону; $C_H = 90$ – для повітря);

k_1 – розмірний комплекс, що враховує параметри режиму різання та теплофізичні властивості матеріалу заготовки;

β – коефіцієнт, що враховує накопичення тепла в заготовці в процесі механічної обробки з плазмовим нагріванням зони різання.

$$k_1 = \frac{100 \times V}{24 \times \omega \times L}, \quad (2)$$

де V – швидкість різання, м/хв;

ω – коефіцієнт теплопровідності $\text{см}^2/\text{с}$.

$$\beta = 1 + \frac{\theta_{\text{НД}}}{\theta_{\text{Н}}}, \quad (3)$$

де $\theta_{\text{НД}}$ – додаткова температура нагрівання припуску, викликана накопиченням теплоти в заготовці, $^{\circ}\text{C}$.

При цьому в заготовку вноситься певна кількість теплоти, яка не повністю видаляється разом зі стружкою. За експериментальними даними, при чорновій обробці видаляють 70...80 % теплоти, при чистовій обробці – 20...30%, отже, значна частина теплоти, внесена плазмотроном, може залишатися в заготовці та приводити до виникнення деформацій та структурних змін обробленої поверхні.

При реалізації даного способу для обробки заготовок з легованих сталей, жароміцних і корозійностійких титанових сплавів, при встановленні параметрів нагрівання при механічній обробці з плазмовим нагріванням зони різання, а саме – сили струму плазмової дуги, враховуючи, що кінцева температура припуску в зоні контакту з ріжучою кромкою буде вище на величину залишкової температури від попереднього циклу обробки, значення сили струму плазмової дуги обмежують залежно від коефіцієнта накопиченого тепла β ($\beta = 1,1...1,2$ – чорнова обробка при великих перетинах зрізу, та для матеріалів з більшим значенням коефіцієнта теплопровідності (леговані сталі); $\beta = 1,25...1,5$ – для чистової обробки при знятті тонкої стружки, а також для матеріалів з меншим значенням коефіцієнта теплопровідності (титанові, жароміцні сплави)). У результаті цього, внесена кількість тепла дозволяє нагрівати заготовку без оплавлення її поверхні, здійснювати достатнє зниження міцності матеріалу припуску, і забезпечує якість обробленої поверхні.

У результаті на оброблюваній поверхні заготовки виникає область термічно знеміцненого металу, що дозволяє збільшити продуктивність механічної обробки різцем при забезпеченні стабільності параметрів процесу плазмового нагрівання внаслідок відсутності оплавлення поверхні заготовки, зменшенні ступеня перегріву різця та, внаслідок цього, збільшенні його періоду стійкості.

Використання запропонованого способу механічної обробки з плазмовим нагріванням зони різання забезпечує підвищення продуктивності обробки заготовок з важкооброблюваних матеріалів, які використовуються в суднобудуванні, важкому машинобудуванні.

Список посилань

1. Нечаєв, В.П. Дослідження впливу технологічних факторів на стійкість ріжучого інструменту при плазмово-механічній обробці. [Текст] / В.П. Нечаєв, А.О. Рязанцев, С.В. Реброва Д.О. Лавриненко // Вісник Криворізького національного університету. – 2021. – Вип. 52. – С. 39 – 44.
2. Нечаєв, В.П. Вплив параметрів процесу плазмово-механічної обробки на якість поверхневого шару деталей [Текст] / В.П. Нечаєв, А.О. Рязанцев, О.В. Чернявська, Л.І. Лаухіна, Д.О. Лавриненко // Вісник Криворізького національного університету. – 2019. – Вип. 49. – С. 105 – 113.
3. Sun, S. Thermally Enhanced Machining of Hard-to-Machine Materials [Текст] / S. Sun, M. Brandt, M.S. Dargusch // International Journal of Machine Tools and Manufacture. – 2010. – Vol. 50(8). – P. 663 – 680.
4. Kitagawa, T. Plasma Hot Machining for New Engineering Materials [Текст] / T. Kitagawa, K. Maekawa // Wear. – 1990. – Vol. 139(2). – P. 251–267.