

УДК 621.923

Новіков Ф. В.

д.т.н., професор, кафедра здорового способу життя, технологій і
безпеки життєдіяльності
ХНЕУ імені С. Кузнеця

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСУ ЕЛЕКТРОЕРОЗІЙНОГО ПРАВЛЕННЯ АЛМАЗНИХ КРУГІВ НА МЕТАЛЕВИХ ЗВ'ЯЗКАХ НА ОПЕРАЦІЯХ ШЛІФУВАННЯ

Алмазні інструменти набули широкого застосування під час механічної обробки виробів, виготовлених із матеріалів підвищеної твердості. Особливо це відноситься до операцій шліфування алмазними кругами на металевих зв'язках твердосплавних інструментів, виробів із нанесеними на їх поверхні високоміцних наплавлень, виробів із неметалевих матеріалів: кераміки, скла, кристалю, природних алмазів тощо. Однак, під час шліфування ці круги швидко затуплюються і втрачають ріжучу здатність. Для підвищення їх ріжучої здатності використовують прогресивний метод електроерозійного правлення, який засновано на введенні в зону обробки електричної енергії у формі електричних розрядів [1]. У результаті відбувається ерозійне (ударно-термічне) руйнування (випалювання) поверхневого шару металевій зв'язці алмазного круга. Це забезпечує якісне правлення алмазного круга та його високу ріжучу здатність. Тому актуальним завданням є розроблення практичних рекомендацій щодо ефективного застосування методу електроерозійного правлення алмазних кругів на металевих зв'язках під час шліфування виробів, виготовлених із матеріалів підвищеної твердості. Необхідність вирішення цього завдання пов'язана з тим, що електричні параметри електроерозійного правлення традиційно встановлюють на основі проведення експериментальних досліджень, які справедливі лише для конкретних умов обробки. Це не дозволяє узагальнено оцінити і максимально використати технологічні можливості прогресивного методу електроерозійного правлення [2]. Для визначення раціонального електричного режиму електроерозійного правлення алмазного круга на металевій зв'язці важливо встановити оптимальне значення потужності процесу правлення за електричним струмом:

$$N = I \cdot U = I \cdot (U_0 - U_{кз}) = I \cdot (U_0 - I \cdot R_0), \quad (1)$$

де I – сила електричного струму, А; U – напруга, В; U_0 – напруга джерела електричного струму, В; $U_{кз} = I \cdot R_0$ – напруга режиму "короткого замикання", В; R_0 – опір навантаження для виключення короткого замикання в електричному ланцюзі, Ом.

Згідно залежності (1), сила електричного струму I неоднозначно впливає на потужність за струмом N . Тому, підпорядковуючи цю залежність необхідній умові екстремуму потужності за струмом $N'_I = 0$, отримано:

$$I_{екстр} = \frac{1}{2} \cdot \frac{U_0}{R_0} = \frac{1}{2} \cdot I_{кз}, \quad (2)$$

де $I_{кз} = U_0 / R_0$ – сила електричного струму режиму "короткого замикання", А.

Оскільки друга похідна потужності за струмом $N''_I = -2 \cdot R_0$ приймає негативне значення, то в точці екстремуму досягається максимум потужності струму (рис. 1):

$$N_{max} = \frac{I_{кз} \cdot U_0}{4} = \frac{N_{кз}}{4}, \quad (3)$$

де $N_{кз} = I_{кз} \cdot U_0$ – потужність за струмом режиму "короткого замикання", Вт.

Збільшити параметри $I_{екстр}$ і N_{max} , виходячи із залежностей (2) і (3), можна зменшенням опору навантаження R_0 (рис. 2). Отримане теоретичне є узагальнюючим і його можна використовувати для різних схем електроерозійного правлення алмазних кругів на металевих зв'язках.

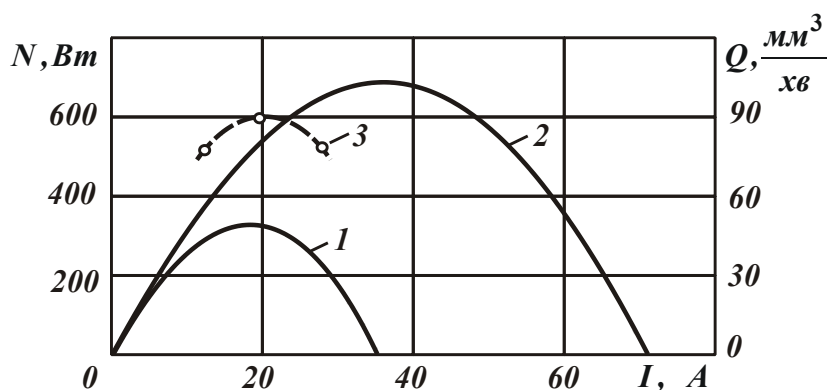


Рис. 1 Залежності потужності за струмом N (криві 1 і 2) і продуктивності Q ударно-термічного руйнування металеві зв'язки алмазного круга (крива 3) від сили електричного струму I : 1 і 3 – $R_0 = 1$ Ом; 2 – $R_0 = 0,5$ Ом; $U_0 = 36$ В

Для оцінювання достовірності отриманого теоретичного рішення здійснено його експериментальну перевірку в умовах електроерозійного правлення алмазного круга 12A2 45° 150×10×3 AC6 125/100 M1–01 4, який був встановлено на шпинделі верстата для внутрішнього шліфування на спеціальну двоступінчасту втулку. Правлячий електрод – кільце, яке було встановлено у патроні шліфувального верстата, здійснювало обертальний рух. Джерелом електричного струму використано спеціально виготовлений випрямляч із трансформатором потужністю 1620 Вт (напругою $U_0 = 36$ В і силою

електричного струму $I = 0 \dots 45$ А). Для недопущення короткого замикання в електричний ланцюг підключено опір навантаження $R_0 = 1$ Ом.

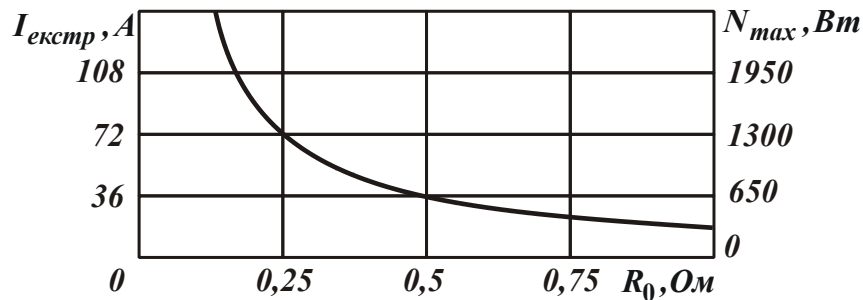


Рис. 2 Залежність сили електричного струму $I_{екстр}$ та потужності за струмом N_{max} від опору навантаження R_0

У результаті проведених експериментальних досліджень встановлено однаковий характер зміни продуктивності Q ударно-термічного руйнування (випалювання) металевої зв'язки алмазного круга і потужності за струмом N зі збільшенням сили електричного струму I для $R_0 = 1$ Ом (рис. 1, криві 1 і 3). Розбіжність екстремальних значень сили електричного струму $I_{екстр}$ становить 10 %, що вказує на достовірність отриманого теоретичного рішення. Збільшення сили електричного струму I досягалося збільшенням сили притискання алмазного круга до правлячого електрода. Це призводило до зменшення міжелектродного зазору між алмазним кругом і правлячим електродом та, відповідно, збільшення потужності за струмом N і продуктивності Q ударно-термічного руйнування (випалювання) металевої зв'язки алмазного круга. Із подальшим збільшенням сили електричного струму I , як витікає із рис. 1 (криві 1 і 3), обидва ці параметри проходили точки екстремумів (максимумів) і потім зменшувалися.

Експериментально також встановлено, що за умови $I > I_{екстр}$ відбувається процес шліфування алмазним кругом правлячого електрода із лінійною швидкістю $V_{ел.}$ знімання матеріалу (продуктивністю $Q_{ел.}$) (рис. 3). Це вказує на необхідність здійснення електроерозійного правлення алмазного круга за дотримання умови $I = I_{екстр}$ ($N = N_{max}$).

Виходячи із рис. 1 (криві 1 і 3), визначено максимальну енергоємність процесу електроерозійного правлення алмазного круга:

$$E = \frac{N_{max}}{Q_{max}} = \frac{324 \text{ Вт}}{88 \frac{\text{мм}^3}{\text{хв}}} = 221 \frac{\text{Дж}}{\text{мм}^3}. \quad (4)$$

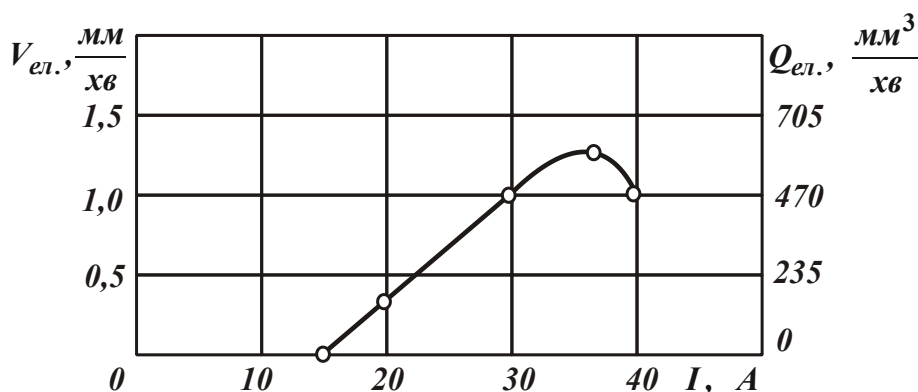


Рис. 3 Залежність лінійної швидкості V_{el} (продуктивності Q_{el}) знімання матеріалу із правлячого електрода від сили електричного струму I

Для порівняння у табл. 1 [2] наведено експериментальні значення енергії, що витрачається на знімання оброблюваного матеріалу (енергоємності в Дж/мм³) для типових операцій механічної обробки матеріалів різанням (за даними Швеца В. В.).

*Таблиця 1
Значення основних технологічних параметрів типових операцій механічної обробки матеріалів різанням*

Операції	Площа поперечного перетину шару, що зрізається, мм ²	Енергія, що витрачається на знімання матеріалу, Дж/мм ³	Швидкість різання, м/с	Продуктивність обробки, см ³ /с
Точіння	1,0	0,5 – 0,7	1,5 – 7,5	$5 \cdot 10^{-2} - 5 \cdot 10^{-1}$
Протягування	0,5	2,5 – 3,7	0,01 – 0,1	$4 \cdot 10^{-3} - 1 \cdot 10^{-1}$
Фрезерування	0,3	5,0 – 7,5	2 – 6	$2 \cdot 10^{-3} - 1$
Розвертання	0,1	12 – 30	0,15 – 1,6	$5 \cdot 10^{-3} - 5 \cdot 10^{-1}$
Шліфування	0,00005	55 – 70	25 – 50	$5 \cdot 10^{-3} - 2 \cdot 10^{-2}$

Як видно, процес електроерозійного правлення алмазного круга відбувається зі значно більшою енергоємністю порівняно із процесами механічної обробки матеріалів різанням. Особливо це відноситься до процесів обробки лезовими інструментами (точіння, протягування, фрезерування), для яких енергоємність становить не більше 7,5 Дж/мм³. В умовах шліфування енергоємність обробки більше і може досягати значень 55 – 70 Дж/мм³. Це пов'язано, у першу чергу, з інтенсивним тертям зв'язки шліфувального круга з оброблюваним матеріалом, що приводить до оплавлення і часткового згорання мікростружок, які утворюються. Отже, процес термічного руйнування оброблюваного матеріалу (металевої зв'язки алмазного круга) в умовах електроерозійного правлення вимагає значно більших витрат енергії на

видалення одиниці об'єму оброблюваного матеріалу порівняно з процесами механічної обробки матеріалів різанням [3].

На основі отриманого теоретичного рішення розроблено та впроваджено у виробництво ефективні процеси електроерозійного правлення алмазних кругів на металевих зв'язках під час шліфування виробів, виготовлених із матеріалів підвищеної твердості (твердих сплавів, високоміцних наплавлень, кераміки, скла, кристалю, природних алмазів тощо).

Список використаної літератури

1. Гасанов М. І. Підвищення ефективності алмазно-іскрового шліфування шляхом забезпечення гостроти ріжучого рельєфу круга в режимі збільшених глибин : автореф. дис. ... канд. техн. наук: спец. 05.03.01. Харків, 1999. 17 с.

2. Новіков Ф. В. Теплові та механічні процеси металообробних технологій : монографія. Дніпро : ЛПА, 2022. 412 с.
<http://repository.hneu.edu.ua/handle/123456789/28244>

3. Новіков Ф. В., Новіков Г. В. Теоретико-імовірнісний підхід у теорії шліфування : монографія. Дніпро : ЛПА, 2023. 484 с.
<http://repository.hneu.edu.ua/handle/123456789/30087>

УДК 621.923

Новіков Ф. В.

д.т.н., професор, кафедра здорового способу життя, технологій і безпеки життєдіяльності
ХНЕУ ім. С. Кузнеця

ПІДВИЩЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ ПРОЦЕСІВ ОБРОБКИ МАТЕРІАЛІВ РІЗАННЯМ

Сучасне машинобудування вимагає застосування ефективних технологій виробництва. Особливо це пов'язано із застосуванням високооборотних металорізальних верстатів із числовим програмним управлінням (ЧПУ) типу «обробний центр», які забезпечують високоточну обробку деталей машин та значне підвищення продуктивності праці. Традиційно вибір оптимальних режимів різання здійснюють за умови забезпечення заданих параметрів якості і точності обробки [1]. Методики вибору оптимальних режимів різання наведено у роботі [2]. Однак, при цьому не завжди забезпечується повне використання технологічних можливостей металорізального верстата (його потужності), особливо на фінішних операціях обробки деталей машин. Тому важливо провести теоретичний аналіз умов обробки, за яких можна досягнути заданої потужності верстата за максимально можливою продуктивністю та заданих параметрів якості і точності механічної обробки.