

ЕЛЕКТРИЧНІ ЯВИЩА В ПРОЦЕСАХ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ, ЇХ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК З ПРОДУКТИВНІСТЮ ТА ЕНЕРГОЄМНІСТЮ ОБРОБЛЮВАННЯ ТА СПОСОБИ ЕФЕКТИВНОГО ЗАСТОСУВАННЯ ЦИХ ЯВИЩ

Лавріненко В.І., Дєвицький О.А., Ситник Б.В. (Інститут надтвердих матеріалів ім.
В.М. Бакуля НАН України, Київ, Україна)

Purpose of this work is to probe the electric phenomena in the processes of tooling, their intercommunication with the productivity and power-hungriness of processes of treatment, to define the terms of origin and methods of effective application of these phenomena.

Майже будь-яке переміщення у природі супроводжується появою електричних явищ. Електризація охоплює всі процеси, що приводять до виникнення та розділення додатних і від'ємних електричних зарядів у результаті механічної деформації, яка має місце при зіткненні чи контакті поверхонь двох твердих тіл, поверхонь твердого тіла та рідини, а також при розриві або відділенні поверхонь твердих тіл або рідини газами чи якимось іншим агентом, у тому числі іонізованими газами. Сюди необхідно віднести такі процеси, як контактна електризація, явища трибоелектрики, електризація при розбризкуванні, електризація порошків, снігу, п'єзо- (сегнето-) електризація та, нарешті, електризація під час грози.

При механічній обробці спостерігається електризація тертям чи, як її ще називають, трибоелектризація. Це явище ґрунтується на переході електронів або іонів між двома контактуючими поверхнями під дією поверхневих сил, які, можливо, подібні до тих, що присутні при контакті двох металів [1].

Метою даної роботи було дослідити електричні явища у процесах механічної обробки, їх взаємозв'язок із продуктивністю й енергоємністю процесів обробки, визначити умови виникнення та способи ефективного застосування цих явищ.

Як уже було досліджено раніше [2], при шліфуванні електричний заряд накопичується на шламі, який знімається зі зразків.

Для вивчення електризації у процесах механічної обробки було досліджено зміну напруженості шламу після шліфування зразку з швидкорізальної сталі Р6М5 шліфувальним кругом 12А2-45° 125х5х3х32 (К800/630+КВ125/100)-100%-В2-О8 на верстаті 3В642 та стружки після токарної обробки зразку зі сталі 40Х прохідним різцем із пластиною ТН20 на токарно-гвинторізальному верстаті 1К62. Напруженість вимірювалася вимірювачем параметрів електростатичного поля ИПЭП-1 виробництва Республіки Білорусь.

Результати досліджень приведено в табл. 1.

Таблиця 1. Залежність напруженості на шламі (стружці) від періоду часу після обробки

№, п/п	Шламу після шліфування			Стружки після токарної обробки		
	Час, хв	Е, кВ/м	ΔЕ, кВ/м	Час, хв	Е, кВ/м	ΔЕ, кВ/м
1	0	-0,2	0,7	0	1,5	0,8
2	1	0,2		1	0,9	
3	2	0,4		2	1	
4	3	0,5		3	0,9	
5	4	0,5		4	0,7	

На рис. 1 представлені графіки залежності напруженості на шламi (стружці) після обробки від періоду часу, за який вона змінюється до сталого показника.

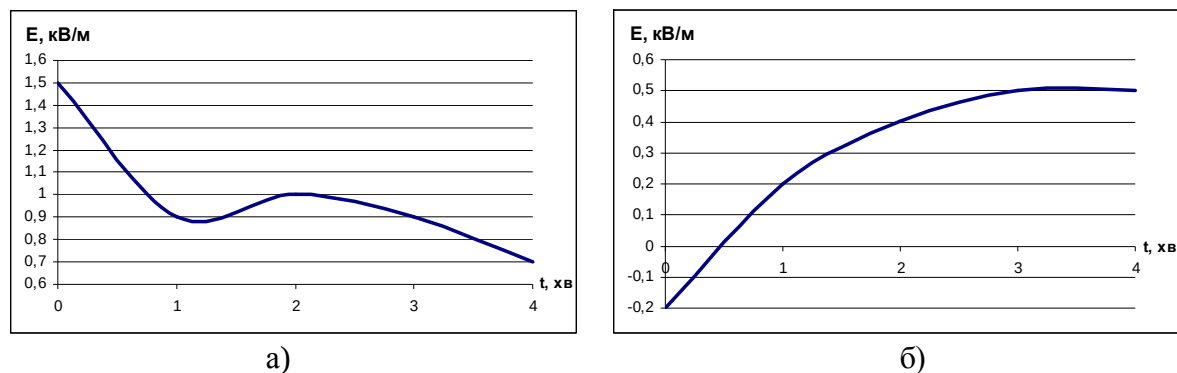


Рис. 1. Залежність напруженості від періоду часу (а – стружки, після токарної обробки сталі 40Х різцем із пластиною ТН20, б – шламу, після шліфування швидкорізальної сталі Р6М5 шліфувальним кругом 12А2-45° 125х5х3х32 (K800/630+KB125/100)-100%-В2-О8

Із графіків видно, що величина напруженості шламу (стружки) змінюється протягом певного періоду часу (4 - 6 хв.) до показників на деталі перед обробкою. Після шліфування відбувається накопичення від'ємного заряду на шламi, а після токарної обробки – додатного на стружці, причому, заряд на самому інструменті та зразку нейтралізується. Крім того, електризація шламу (стружки) при обробці деталей на більш жорстких режимах обробки – інтенсивніша. Електризація відбувається в залежності від характеристики інструменту, деталі, режимів різання та виду оброблювання.

Щоб дослідити взаємозв'язок електричних явищ із продуктивністю й енергоємністю, було проведено шліфування зразків зі швидкорізальної сталі Р6М5 та твердого сплаву ВК6 кубонітовими та алмазними кругами на верстаті 3В642. У процесі дослідження було визначено ефективну потужність, продуктивність та енергоємність обробки та виміряно напруженість шламу після шліфування.

Ефективна потужність обробки при шліфуванні торцем круга розраховувалась у залежності від подачі за формулою [3]:

$$N_{ef} = C_N \cdot S_{nov}^r \cdot S_{non}^x, \quad (1)$$

де S_{nov} – повздовжня подача; $S_{non}=0,05$ мм/ндв.х. – поперечна подача; $C_N=0,39$, $r=0,7$, $x=0,5$ – коефіцієнт і показники степені для шліфування торцем круга [4].

Енергоємність процесу шліфування визначалася за формулою:

$$\varepsilon = \frac{N_{ef} \cdot 60}{Q}, \quad (2)$$

де N_{ef} – ефективна потужність обробки; кВт, Q – продуктивність обробки, мм³/хв. Результати вимірювання наведено в табл. 2.

Таблиця 2. Залежність напруженості шламу від продуктивності й енергоємності обробки

№ круга	Характеристики НТМ	Поздовжня подача $S_{пов}$, м/хв.	Продуктивність обробки Q , мм ³ /хв	Ефективна потужність N_{ef} при $S_{пов}$, кВт	Енергоємність обробки ϵ , кВт·год/мм ³	Оброблюваний матеріал, наявність припалів	Зміна напруженості шламу ΔE , кВ/м
1	КР 125/100-100%	0,3	120	0,0375	0,01877	Р6М5	0,6
		0,5	200	0,0537	0,01610		0,3
		0,75	300	0,0713	0,01426		0,9
		1,0	400	0,0872	0,01308		0,9
		1,5	600	0,1158	0,01158		1,7
2	АС6 125/100-75%+(КМ3/1) _{метал.} -25%	0,3	106,5	0,0375	0,02115	ВК6	0,8
		0,5	177,5	0,0537	0,01815		0,2
		0,75	266,25	0,0713	0,01607		0,5
		1,0	355	0,0872	0,01474		1,0
		1,5	532,5	0,1158	0,01305		1,0
		2,0	710	0,1417	0,01197		1,3
3	КР 125/100-75%+(КМ3/1) _{метал.} -25%	0,3	120	0,0375	0,01877	Р6М5	0,5
		0,5	200	0,0537	0,01610		0,3
		0,75	300	0,0713	0,01426		0,4
		1,0	400	0,0872	0,01308		1,0
		1,5	600	0,1158	0,01158		1,3
4	АС6 125/100-100%	0,3	106,5	0,0375	0,02115	ВК6	0,7
		0,5	177,5	0,0537	0,01815		0,6
		0,75	266,25	0,0713	0,01607		0,4
		1,0	355	0,0872	0,01474		0,9
		1,5	532,5	0,1158	0,01305		0,8
		2,0	710	0,1417	0,01197		1,2

На рис. 2 та рис. 3 представлено графіки залежності зміни напруженості шламу від продуктивності й енергоємності обробки відповідно.

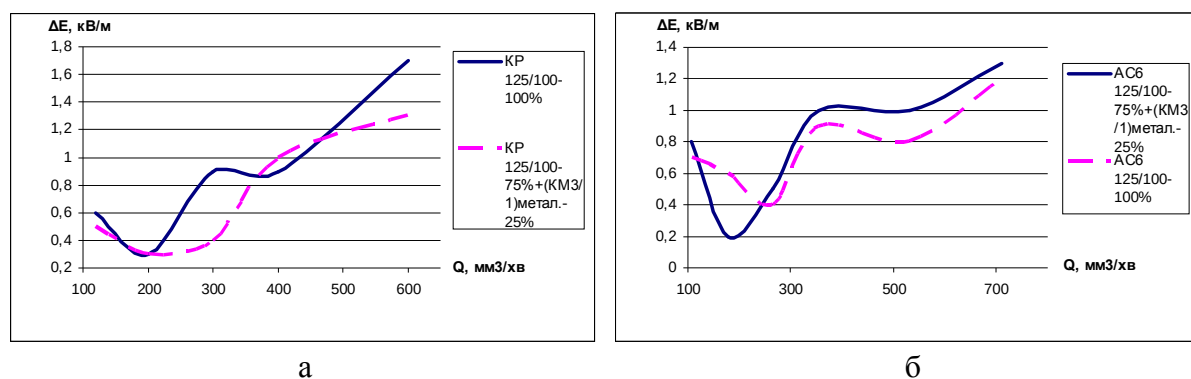


Рис. 2. Залежність зміни напруженості шламу від продуктивності обробки при шліфуванні кубонітовими кругами (а), алмазними кругами (б)

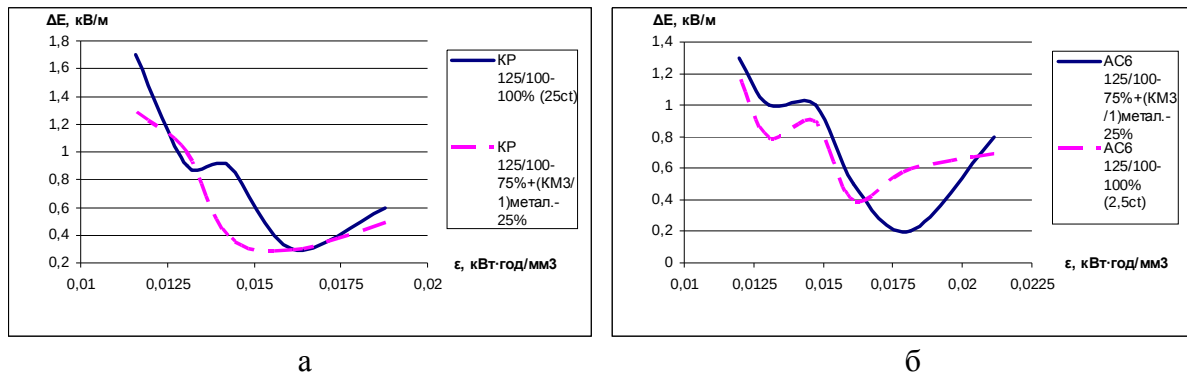


Рис. 3. Залежність зміни напруженості шламу від продуктивності обробки при шліфуванні кубонітовими кругами (а), алмазними кругами (б)

Проаналізувавши графіки (рис. 2), можна зробити висновок, що зі збільшенням продуктивності обробки – напруженість зростає. З рис. 3, у свою чергу, видно, що меншій енергоємності відповідає більша напруженість. Отже, збільшення напруженості в зоні різання сприяє підвищенню продуктивності та зменшенню енергоємності процесу шліфування. Цього можна досягнути введенням до зони різання струму.

У процесі оброблення металічної заготовки інструмент, оброблюваний виріб і стружка, що знімається з нього, нагріваються, при цьому в зоні контакту інструмента з деталлю можливе виникнення ефекту Зеебека [5]. Даний ефект характеризується тим, що внаслідок підвищення температури та різномірності інструментального й оброблюваного матеріалів у зоні контакту інструменту з деталлю та стружкою, виникають термоелектрорушійні сили (термоЕРС). Також термоЕРС можуть виникати в зонах контакту інструменту та виробу з верстатом, а також в зонах контакту деталей верстату, що труться [6].

Вітчизняні та зарубіжні дослідники стверджують, що результуючі термоструми, які проходять через систему верстат-інструмент-виріб-верстат, та локальні термоструми, що циркулюють в межах контакту інструменту з оброблюваним виробом, прискорюють зношування інструмента [5, 6, 7, 8].

Для вимірювання ЕРС в зоні різання можна використовувати метод, при якому верстат додатково обладнується струмовимірювачем, що закріплюється на шпинделі та з'єднується з входом вимірювального перетворювача. Другий вхід вимірювального перетворювача з'єднується з різальним інструментом. При контролі стану різального інструмента по ЕРС на частотах, відмінних від нуля, виділяється спектр частот, на яких проходить вимірювання. Далі про стан різального інструмента можна судити або по абсолютним значенням отриманих величин, або по деякому факторіалу, що визначається по формулі, яка пов'язує ці величини за заданим алгоритмом [9].

Але, у свою чергу, електричні явища можуть бути позитивно використані для діагностики та керування процесом обробки.

Співробітниками кафедри технології машинобудування ДонНТУ було визначено, що, управляючи величиною ЕРС, можна знизити шорсткість більш суттєво, ніж це вдається зробити підвищенням швидкості різання [8]. Дані напрацювання можна застосовувати як для механічної так і для фінішної обробки абразивним інструментом. Ф. Х'юз та А. Ноттер в своїй праці [10] описали дослід шліфування твердого сплаву Т15К6 алмазним кругом 68% алмазної концентрації на металевій зв'язці. Шліфування проводилося з електролітом та без нього. Результати показали, що шліфування з електролітом збільшило стійкість шліфувального круга в 4 рази. Це свідчить про можливість ефективного використання електричних явищ у процесі абразивної обробки.

Висновки: 1. Після механічної обробки зразків відбувається накопичення заряду на шламi (стружці). Після шліфування відбувається накопичення від'ємного заряду на шламi, а після токарної обробки – додатного на стружці. У свою чергу, електризація шламу (стружки) при обробці деталей на більш жорстких режимах обробки – інтенсивніша. Вищенаведене можна пояснити тим, що електризація відбувається в залежності від характеристики інструменту, деталі, режимів різання та виду оброблювання. 2. Збільшення напруженості в зоні різання сприяє підвищенню продуктивності та зменшенню енергоємності процесу шліфування.

Список літератури: 1. Лёб Л. Статическая электризация. Пер. с англ. – М: Госэнергоиздат, 1963 – 408с. 2. Лавріненко В.І., Ситник Б.В., Девицький О.А. Дослідження зміни напруженості електростатичного поля при шліфуванні // Високі технології в машинобудуванні. Збірник наукових праць НТУ «ХПІ». – Харків, 2008. – С. 215-220. 3. Основи обробки матеріалів та інструмент. Збірник завдань та методичні рекомендації до виконання самостійних та практичних робіт / Укладач В.С. Середюк. – Новоград-Волинський, 2005. 181с. 4. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 2 / Под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1985. 496с. 5. Дубров Ю.С., Николаева Г.С. Электроэрозионный износ режущих инструментов и влияние электрических явлений на чистоту обработанной поверхности // Электрические явления при трении и резании металлов. – М.: Наука, 1969. – С. 56-69. 6. Бобровский В.А. Влияние термоэлектрических токов на износ инструмента при резании металлов // Электрические явления при трении и резании металлов. – М.: Наука, 1969. – С. 7-26. 7. Галей М.Т. Экспериментально-теоретические работы по изучению некоторых явлений при резании и трении металлов // Электрические явления при трении и резании металлов. – М.: Наука, 1969. – С. 27-34. 8. Бородай К.В., Феник Л.Н., Матвиенко А.В. Взаимосвязь ЭДС резания и технологических параметров механической обработки. – Донецк: ДонНТУ, 2006. 9. Палей С.М., Васильев С.В. Контроль состояния режущего инструмента на станках с ЧПУ – М.: НИИмаш, 1983. – 52с. 10. Hughes F., Notter A. Indust Diamond Rev. 26, №307, 1966.

Надійшла до редколегії 22.05.2009

ЕЛЕКТРИЧНІ ЯВИЩА В ПРОЦЕСАХ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ, ЇХ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК З ПРОДУКТИВНІСТЮ ТА ЕНЕРГОЄМНІСТЮ ОБРОБЛЮВАННЯ ТА СПОСОБИ ЕФЕКТИВНОГО ЗАСТОСУВАННЯ ЦИХ ЯВИЩ.

Лавріненко В.І., Девицький О.А., Ситник Б.В.

Исследованы электрические явления в процессах механической обработки, их взаимосвязь с производительностью и энергоемкостью процессов обработки. Определены условия возникновения и способы эффективного применения этих явлений.

Приведены результаты исследований изменения напряженности шлама после шлифования образца из быстрорежущей стали Р6М5 кубонитовым кругом и стружки после токарной обработки образца из стали 40Х проходным резцом с пластиной ТН20 и результаты исследований взаимосвязи напряженности шлама, после шлифования образцов из быстрорежущей стали Р6М5 и твердого сплава ВК6 кубонитовыми и алмазными кругами соответственно, с производительностью и энергоемкостью обработки.

Приведены некоторые способы эффективного применения электрических явлений, что возникают в процессе обработки, предложенные отечественными и зарубежными исследователями.

механічна обробка, шліфування, електризація шламу, продуктивність