

УДК 621.9

І.В. Омельченко, В.А. Держук

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут»

ЕЛЕКТРИЧНІ ЯВИЩА В ПРОЦЕСІ СУХОГО РІЗАННЯ

У даній статті коротко викладено фізичні основи електричних явищ при сухому різанні, розглянуті термоелектричні ефекти та зроблені відповідні висновки.

Застосування змазуючо-охолоджуючої рідини (ЗОР) є причиною помітного зростання витрат виробництва, інтенсивного негативного екологічного впливу на навколишнє середовище та здоров'я персоналу металообробних виробництв.

За останні роки посилюються екологічні вимоги до застосування різних ЗОР, і приділяється все більше уваги екологічно нешкідливим технологіям виробництва виробів. Рішення проблеми екологічно нешкідливих технологій обробки здійснюється по ряду напрямів, одним з яких є виключення подачі ЗОР, при якому вивчається електричні явища безпосередньо в процесі сухого різання.

Процес різання металів, так само як і тертя контактуючих поверхонь деталей машин, супроводжується рядом широко відомих фізичних явищ, що призводять до зносу пар тертя. Знос відбувається, як правило, при контакті двох різнорідних металів і супроводжується виділенням значної кількості тепла в результаті пластичної деформації і тертя. Додатково до цього процес тертя та різання ускладнений дискретним характером фрикційного контакту, складними фізико-хімічними процесами окислення, дифузії, адсорбції, утворенням граничних

плівок. Під дією перерахованих вище факторів виникають умови для появи електричних струмів.

Їх джерела, такі, як термоелектронна емісія, яка полягає в випаровуванні електронів з нагрітого металу. Зазвичай електрон, що потрапляє в поверхневий шар, під дією тяжіння з боку позитивних зарядів повертається назад. Однак, якщо його швидкість досить велика, то, витративши певну роботу, він може вирватися з металу назовні. Екзоелектронна емісія - це явище, при якому відбувається низькотемпературна емісія електронів в результаті деформаційного порушення металу. І термоелектричні явища, які пов'язані з виникненням електрорушійної сили в ланцюзі різнорідних провідників, в якій є градієнт температури. Для розуміння цих явищ необхідно розглянути контактну різницю потенціалів (КРП).

Як відомо, при контакті двох різних металів один з них заряджається позитивно, другий - негативно, і між ними виникає різниця потенціалів, яка називається контактної. Механізм її утворення пов'язаний з тим, що при зіткненні двох різнорідних металів з різними роботами виходу електронів деякі електрони одного металу переходять на вільні рівні другого металу. У результаті між поверхнями обох металів з'являється різниця потенціалів. Перехід електронів продовжується до тих пір, поки його не припинить виникаюче на контакті електричне поле. Значення КРП визначається різницею робіт виходу електрона двох металів. Істотним є той факт, що КРП залежить від температури, що має вирішальне значення для термоелектричних явищ. Розглянемо замкнутий ланцюг з декількох різнорідних металів при точінні (рис. 1).

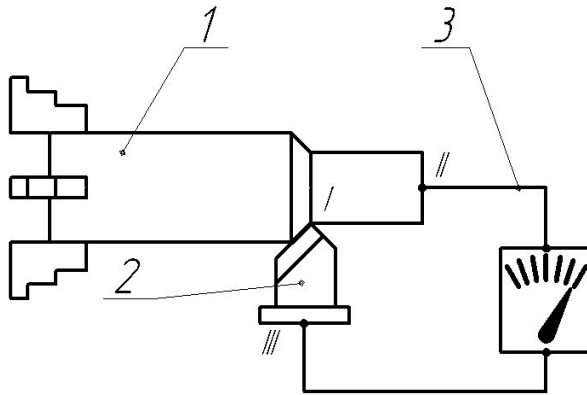


Рис. 1. Схема вимірювання при обробці

У стаціонарному стані КРП спаїв I, II, III рівні. При дії різання, спай I нагрівається і різниця його КРП і КРП спаїв II і III обумовлює появу електрорушійної сили, яку називають термоЕРС і викликану нею струму. Це явище отримало назву ефекту Зеебека. Значення термоЕРС може бути обчислень за формулою:

$$E = \alpha(T_1 - T_2) ,$$

де

α - коефіцієнт термоЕРС

T_1, T_2 - температура гарячого і холодного спаю.

При терті і різанні металів реалізуються всі необхідні умови для прояву ефекту Зеебека.

Зображемо розподіл температури під час точіння різцем (рис. 2.).

Розглянем залізо, яке має коефіцієнт термоЕРС $\alpha=+15\text{мкВ}/^\circ\text{C}$ і мідь яка в свою чергу має $\alpha=+3,2\text{мкВ}/^\circ\text{C}$ табл.1.

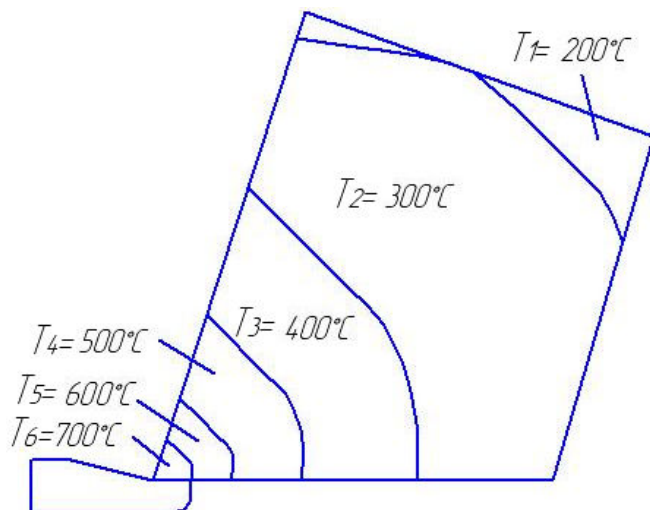
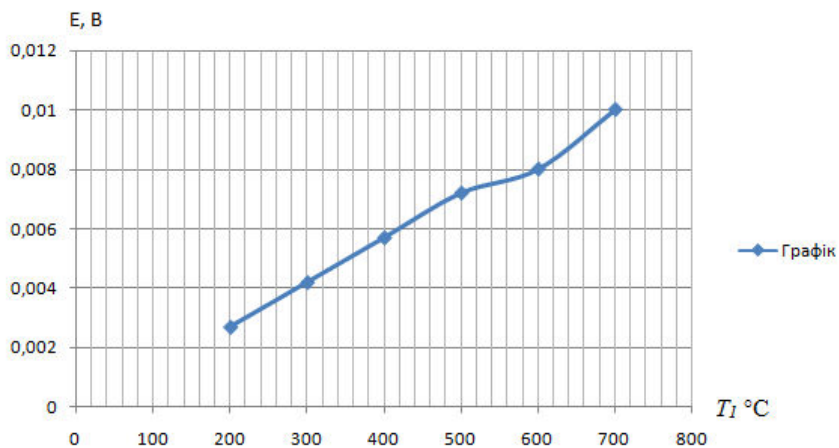


Рис. 2. Розподіл температури під час точіння різцем

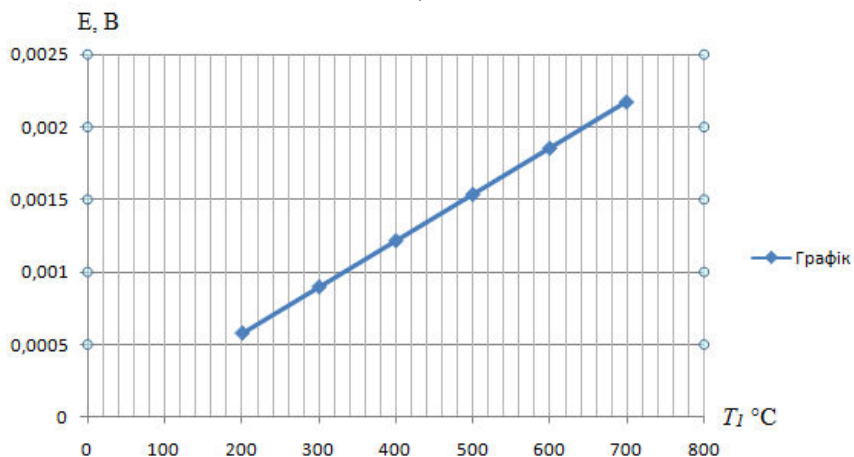
Таблиця 1.
Результати розрахунків для ефекта Зеєбека

| № | Залізо | | | | Мідь | | | |
|---|----------|----------|-------|-------------------|----------|----------|------|-------------------|
| | T_1 °C | T_2 °C | E, мВ | α , мкВ/°C | T_1 °C | T_2 °C | E, В | α , мкВ/°C |
| 1 | 200 | 20 | 2,7 | +15 | 200 | 20 | 0,58 | +3,2 |
| 2 | 300 | | 4,2 | | 300 | | 0,89 | |
| 3 | 400 | | 5,7 | | 400 | | 1,22 | |
| 4 | 500 | | 7,2 | | 500 | | 1,54 | |
| 5 | 600 | | 8 | | 600 | | 1,86 | |
| 6 | 700 | | 10 | | 700 | | 2,18 | |

Побудуємо графіки залежності E від температури T_1 (рис. 3)



а)



б)

Рис 3. Графіки залежності E від температури T_1 а) для заліза, б) для міді

Із графіків видно, що при підвищенні температури T , величина термоЕРС змінюється, як при залізі, так і при міді. Але при міді більш прямолінійно.

Результуюча електрорушійна сила E , що виникає при терті і різанні металів, викликає струм I , що протікає по ланцюгу пари тертя або ланцюга верстат – деталь – інструмент – верстат, значення якого можна знайти за формулою

$$I = \frac{E}{r + R} ;$$

де r – внутрішній опір джерела струму; R – зовнішній опір електричному ланцюгу верстата.

Крім того, можуть виникати ще два термоелектричних явищ - ефекти Пельтьє і Томсона.

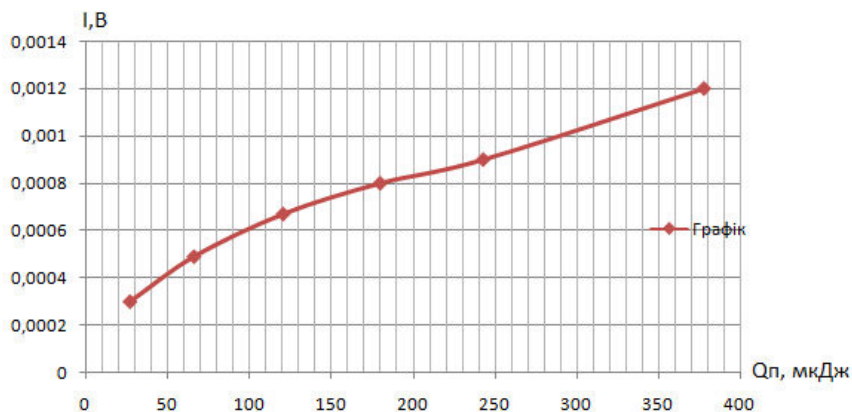
Ефект Пельтьє полягає в тому, що якщо через ланцюг з декількох різнорідних провідників пропустити струм, то, в одному із спаїв виділяється, а в іншому поглинається деяка кількість тепла: $Q_n = Pit$, де I -сила струму, $t=30$ -час його пропускання, P -коefficient Пельтьє табл.2 . Ефект Томсона полягає в тому, що якщо через провідник, різні точки якого мають різну температуру, пропускати струм, то в ньому виділяється або поглинається тепло, знак якого залежить від відносного напрямку струму і градієнта температури.

Таблиця 2.

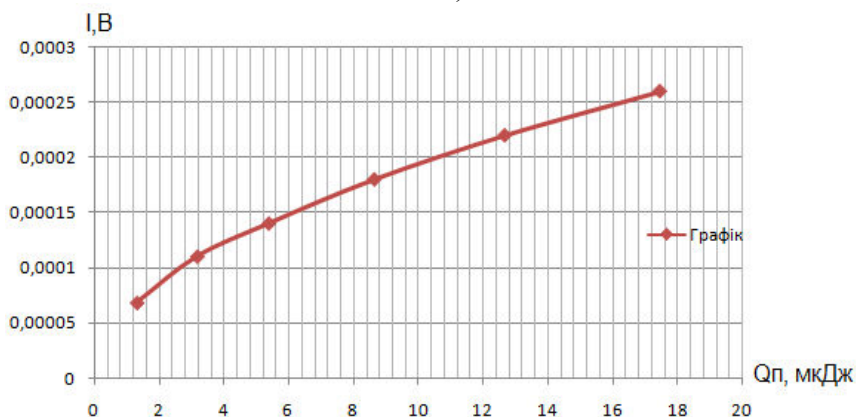
Результати розрахунків для ефекта Пельтьє

| № | Залізо | | | Мідь | | |
|---|---------|-------|--------------------|----------|-------|--------------------|
| | I, А | t, хв | Q _{пмкДж} | I, А | t, хв | Q _{пмкДж} |
| 1 | 0,0003 | 30 | 27 | 0,000068 | 30 | 1,3056 |
| 2 | 0,00049 | | 66,15 | 0,00011 | | 3,168 |
| 3 | 0,00067 | | 120,6 | 0,00014 | | 5,376 |
| 4 | 0,0008 | | 180 | 0,00018 | | 8,64 |
| 5 | 0,0009 | | 243 | 0,00022 | | 12,672 |
| 6 | 0,0012 | | 378 | 0,00026 | | 17,472 |

На основі цих отриманих даних, побудуємо графіки залежності сили струму I від кількості теплоти Q_p (рис. 4)



а)



б)

Рис. 4. Графіки залежності сили струму I від кількості теплоти Q_p а) для заліза, б) для міді.

В даній роботі, при сухому різанні різцем були проведенні розрахунки сили струму I , електрорушійної сили E , кількість теплоти по електротермічному ефекту Пельтьє Q_p для деяких матеріалів. Побудовані графіки залежності EPC від температури, сили струму від кількості

теплоти по Пельтьє для кожного з матеріалів, та зроблений висновок, що всі ці параметри між собою взаємопов'язані.

На основі цих ефектів можна адаптувати систему до зміни режимів різання, контролювати знос ріжучого інструмента, шорсткість поверхні деталі та ін.

При роботі реальних механізмів та металорізальних верстатів електричні струми можуть виникати у всіх третьових парах обладнання і спотворювати значення вимірюваних струмів і термоЕРС, що виникають при обробці металів різанням.

Не викликає сумніву, що дослідження електричних явищ допоможе глибше зрозуміти фізичну сутність процесів, що відбуваються при різанні металів, впливати на їх перебіг та інтенсивність.

Література:

1. Постников С.Н. Электрические явления при трении и резании .- Горький, Волго-Вятское изд-во, 1975. - 280 с.
2. Электрические явления при трении и резании металлов. М.: 1969 .- 120 с.
3. Коробов Ю.М., Прейс Г.А. Электромеханический износ при трении и резании металлов. - М.: Техника, 1976. - 200 с