

УДК 621.914.02

**М.Покінтелиця, канд. техн. наук; Ю.Клименко**

*Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля*

## **ОСОБЛИВОСТІ ПРОЦЕСУ СТРУЖКОУТВОРЕННЯ ПРИ ЕЛЕКТРОФРИКЦІЙНОМУ РОЗРІЗУВАННІ ЗАГОТОВОК ДИСКОВОЮ ПИЛОЮ ТЕРТЯ**

*Розглянуто питання стружкоутворення при електрофрикційному розрізуванні заготовок дисковою пилою тертя. Наведено опис та схема зняття стружки пилою тертя, кількісні та якісні складові знятої стружки. Показано графік залежності кількості отриманої стружки від її розміру для різних оброблюваних матеріалів та впливу подачі на глибину деформації. Здійснено теоретичне обґрунтування отриманих результатів.*

Процес електрофрикційного розрізування (ЕФР) металу пилами тертя дуже специфічний, а його дослідження пов'язане з великими труднощами. Характер явищ, що відбуваються в зоні різання, можна встановити, насамперед, на основі аналізу непрямих показників і залежностей (температура і тиск у зоні різання, швидкість деформації, вид стружки та ін.). Виходячи з цього, дослідження процесу стружкоутворення має дуже велике значення. Форма і колір стружки, що утворилася, дає змогу проаналізувати деформаційні процеси, які відбуваються, та вивчити якісний бік перебігу процесу різання.

Процес зняття стружки при електрофрикційному розрізуванні металів пилою тертя має принципово однакову схему у порівнянні з процесом зняття стружки при високошвидкісному різанні металів дисковими пилами [1]. Але високі миттєві температури, що розвиваються в процесі електрофрикційного розрізування, різко підвищують пластичність деформованого металу і створюють можливість зняття стружок округленою пилою тертя. Процес зняття стружки пилою тертя відбувається приблизно за 0,002...0,0004 с, тобто практично є миттєвим.

Пила тертя має кут різання, що значно перевищує 90°, і знімає найтонші стружки на дуже великих швидкостях різання. У зв'язку з цим при знятті окремих стружок пилою тертя великого значення набувають теплові явища і сили тертя [2].

При ЕФР пила тертя, знаходячись увесь час у контакті з нагрітим до температури 1100...1250°C металом заготовок, нагрівається до температури 60...90°, у той час, коли кожна частка металу заготовок, що розрізуються, знаходиться безупинно

у взаємодії з різними точками різальної кромки пили. Тепло та тертя, що генерується при ЕФР, і вплив електричного струму акумулюються у відносно невеликому об'ємі різа, температура якого майже миттєво досягає точки плавлення, внаслідок чого розм'якшені і розплавлені макрооб'єми металу видаляються з прорізу пилою тертя. Таким чином, видалення припуску при електрофрикційному розрізуванні відбувається в результаті розплавлення і часткового випару часток металу заготовок, що видаляється, з наступним викидом їх наростами, що утворилися, і повітряним потоком, створеним у зазорі пилою тертя. Крім того, рух пили тертя забезпечує механічний винос, вимивання і видавлювання часток металу з зони обробки [3].

При обробленні металу з локалізованим підігріванням шару, що зрізується, найчастіше утворюється зливна стружка. Підвищуючи потужність джерела висококонцентрованого локального нагрівання зрізуваного шару, можна домогтися того, що стружка вийде подвійною. Її розділяє зона проплавлення, глибина якої дорівнює товщині стружки або більша. Частина металу при цьому в розплавленому вигляді видаляється з оброблюваної поверхні заготовки. У цьому випадку поєднуються два процеси: плавлення і механічної обробки.

Надмірне підігрівання зрізуваного шару негативно позначається на стійкості пили тертя, тому для кожного оброблюваного металу при визначених режимах різання існує оптимальна температура нагрівання зрізуваного шару.

За рахунок підвищення температури стружки при обробленні з нагріванням, у зоні її контакту з пилою тертя утворюється текучий шар, що сприяє зменшенню сили тертя між стружкою і пилою тертя. Твердість зрізуваного шару зменшується через те, що при обробці з нагріванням за рахунок зниження міцності металу він менше піддається зміцненню в зоні контакту пила тертя – стружка. Розігрітий метал текучого шару має інші характеристики, ніж при звичайному різанні: стає текучим, в'язким і є природною змащувальною речовиною. Чим сильніше розм'якшується текучий шар, тим більше його змащувальний ефект і вище стійкість пили тертя.

Загальне число стружок, що знімаються пилою тертя за одиницю часу, дуже велике. Стружка, що утворюється при електрофрикційному розрізуванні (рис. 1), містить у собі частки різної форми типу стружки надлому, частки кулястої форми, що утворилися при охолодженні розплавленого металу, частки фрезерної зливної стружки або стружки сколювання і частки наросту. Процентний склад кожного виду часток залежить від умов обробки і може змінюватися у великих межах. На рис. 2 наведена залежність кількості стружки від її розміру.

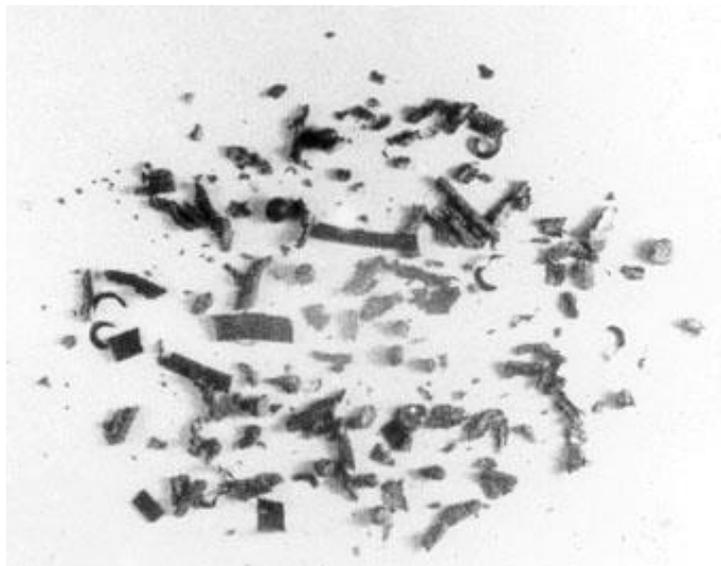


Рис. 1. Стружка, отримана при ЕФР

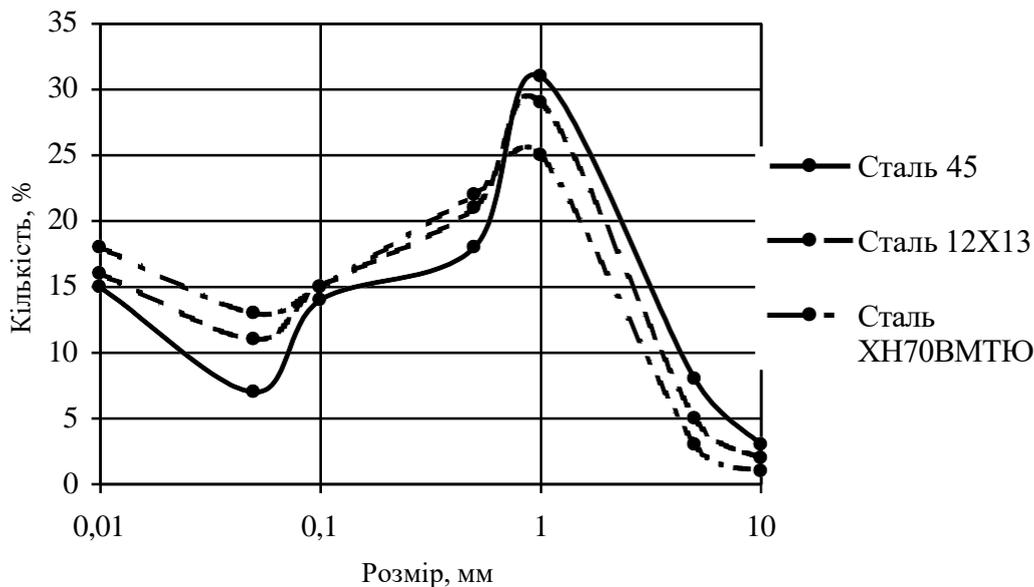


Рис. 2. Графік залежності кількості стружки від її розміру

При ЕФР пилами тертя спостерігається і крихке руйнування нагрітого металу, що підтверджується наявністю часток типу стружки надлому.

Фрезерна стружка утворюється при розрізуванні бічних поверхонь заготовок. Кількість фрезерної стружки дуже мала, тому процес різання займає незначне місце в руйнуванні заготовок. Роль леза виконує периферійна кромка пили тертя або нарост на передній поверхні пили тертя. Частки наросту досягали значної довжини і ширини (до 12×3 мм).

На підставі проведених досліджень можна припустити, що процес стружкоутворення відбувається наступним чином. Сила струму і робочі поверхні пили тертя приводять метал у пластичний стан перед собою і на деяку глибину за лінією зрізу (рис. 3).

Стружка, що утворюється, відривається від передньої поверхні пили тертя над оброблюваною поверхнею (у точці 5). Як тільки метал одержує можливість пластичного плину, на ділянках 1-4 і 4-5 пластичного і пружного контактів з'являються зовнішні сили  $F$  і  $F'$ , під дією яких метал у пластичній зоні одержує додаткову, вторинну пластичну деформацію. На задніх поверхнях  $A_\alpha$ ,  $A'_\alpha$  (торцям пили тертя) відбувається те саме, що і на передній поверхні  $A_\gamma$ , тобто є такі ж сили тертя на ділянках пластичного і пружного контактів ( $F'_3$  і  $F_3$ ).

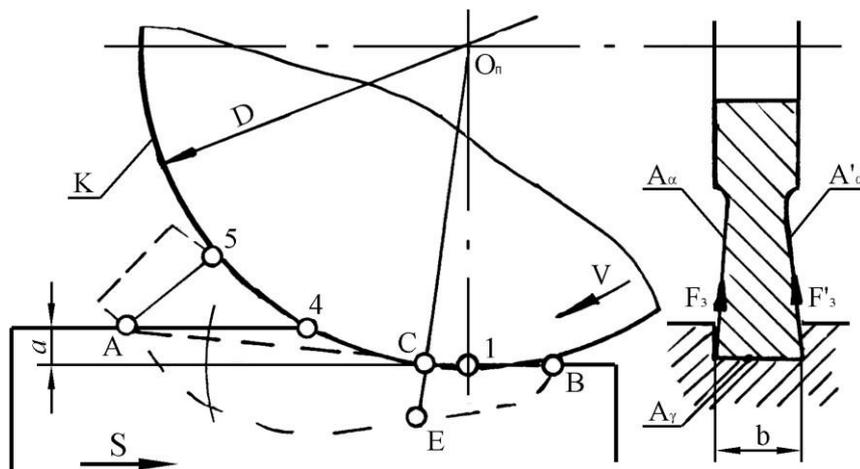


Рис. 3. Схема стружкоутворення при ЕФР

Внаслідок цього лінії зрізу через пружні деформації зміщуються і різальні кромки омиваються пластичним металом, що сприятливо позначається на стійкості пили тертя. Дослідження показали [4], що для практично застосованих режимів різання довжина пластичної зони порівняно велика і досягає трьох-п'яти товщин зрізу.

При зміні одного з зовнішніх факторів (швидкість деформування, швидкість різання, товщина і ширина зрізу, геометрія пили тертя, технологічне середовище) змінюються контактні сили тертя. Крім того, змінюється текстура металу і стружки. Тому текстура стружки може бути свого роду інтегральним критерієм оцінки ступеня пластичної деформації і сил різання.

Дослідження, проведені при обробленні різних матеріалів (конструкційних сталей, жароміцних і титанових сплавів) у широкому діапазоні зміни швидкостей різання, свідчать про неоднозначний вплив цих факторів на формування контактної зони і величину коефіцієнта деформації. Це пов'язано з тим, що, з одного боку, висока температура шару, що зрізується, у контактній зоні і відсутність наросту сприяють значному зменшенню коефіцієнта тертя й опору пластичному зсуву на ділянці пластичного контакту. З іншого боку, виявляється схильність до граничної адгезійної взаємодії між оброблюваним і інструментальним матеріалами, особливо при обробці жароміцних сплавів. У свою чергу, гранична адгезія впливає на формування контактної зони, збільшуючи опір пластичному зсуву, що неминуче приводить до росту коефіцієнта деформації.

Після розрізування металу з використанням способу ЕФР на торцях заготовок утворюються риски, облой і задирки. Візуальне вивчення поверхонь заготовок показало, що якість розрізу (шорсткість обробленої поверхні, облой і задирки) на обох заготовках приблизно однакова. Погіршення якості торцевих поверхонь розрізаних заготовок у міру затуплення пили тертя не спостерігалось.

При дослідженні зони різання були виготовлені та розглянуті мікрошліфи розрізуваного металу у фронтальній та бічній зонах різання (рис. 4, 5).

Як видно з рисунків, при електрофрикційному розрізуванні спостерігається незначна пластична деформація розрізуваного металу.

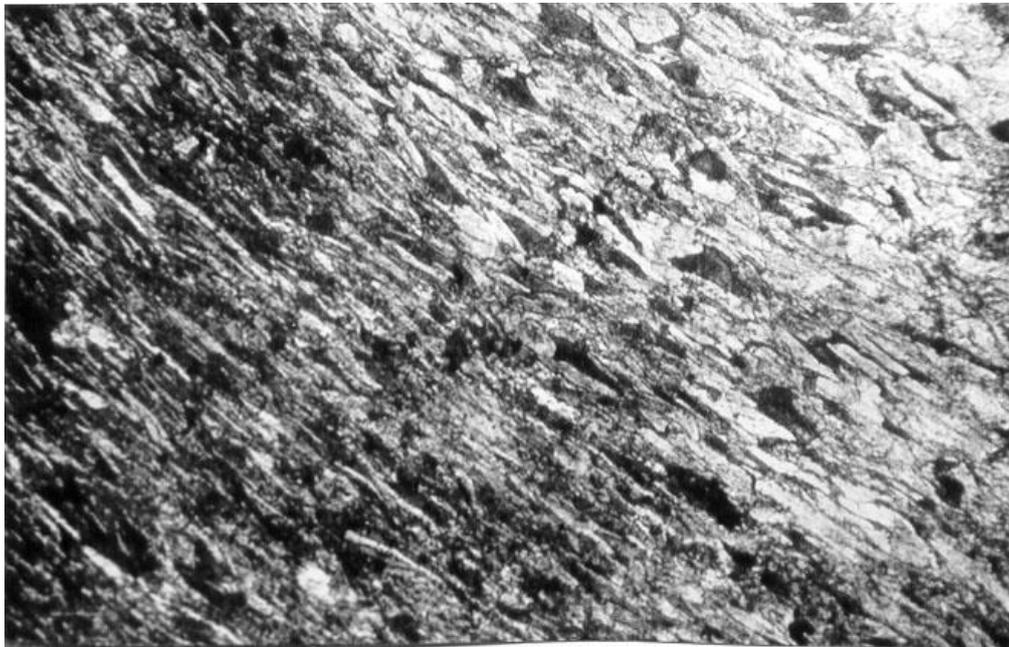


Рис. 4. Мікрошліф фронтальної зони різання (× 350)



Рис. 5. Мікрошліф бічної зони різання ( $\times 200$ )

Глибина проникнення пластичної деформації, що спостерігається при різних величинах подач, наведена у табл. 1.

Таблиця 1

Вплив подачі на глибину деформації при електрофрикційному розрізуванні металу

Величина подачі $S_m$ , мм/хв	Глибина деформації (мм) у зоні	
	Фронтальній	Бічний
125	0,017	0,009
160	0,033	0,037
200	0,036	0,039
250	0,044	0,046
315	0,051	0,059

На підставі даних таблиці можна зробити висновок про те, що із збільшенням швидкості подачі збільшується глибина деформації металу (рис. 6).

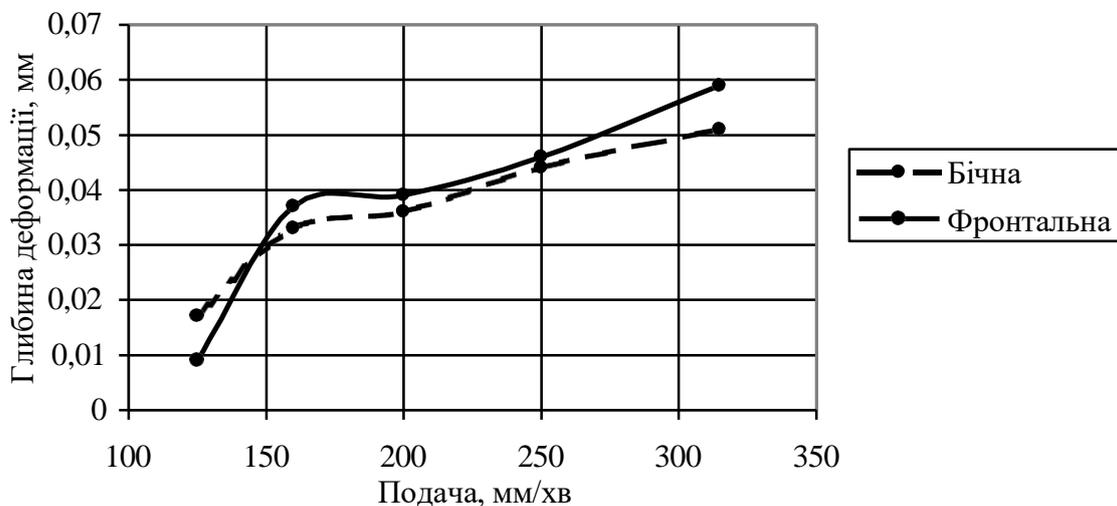


Рис. 6. Вплив подачі на глибину деформації при електрофрикційному розрізуванні металу

Таким чином, за результатами досліджень встановлено:

- при електрофрикційному розрізуванні утворюються різні типи стружок, кількісний вміст яких залежить від умов обробки;
- утворення стружки надлому підтверджує наявність процесу крихкого руйнування нагрітого металу;
- у розрізуваному металі спостерігається незначна пластична деформація, що добре впливає на якість отриманих поверхонь.

Отримані результати надають можливість прогнозувати особливості процесу стружкоутворення при електрофрикційному розрізуванні сталей інших марок.

*Problems of swaftformation for electrofrictional cutting of stock materials by a saw of friction. Exposition and plan of removal of a swaft by a saw of friction, quantitative and qualitative composition of the removed swaft. The dependence of quantity of the removed swaft on its size for different worked stocks and influence of delivery on the depth of strain. The theoretical justification of obtained results.*

### **Література**

1. Борисов Б.Я., Єщенко Г.Д., Михайлов П.А., Ніколаєв А.Я. Високошвидкісне різання металів пилами. – Київ : Вища школа, 1970. - 92с.
2. Зарубицький Є.У. Розробка й дослідження процесу ефективності термофрикційної обробки матеріалів. – Київ : ВІПОЛ, 1993. - 76 с.
3. Покинтелица Н.И. Применение высокоскоростного трения в резании металла. - К.: ВІПОЛ, 1993. - 156 с.
4. Зарубицький Е.У., Талантов Н.В., Костина Т.П. Исследование процесса стружкообразования при обработке металлов диском трения // Вестник машиностроения. - 1981. - № 9. - С. 57-58.

*Одержано 14.09.2004 р.*