

**УДК 621.9.014**

**П.А. Дудар, Л.М. Данильченко, канд. техн. наук, доц.**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ СТРУЖКОУТВОРЕННЯ ПРИ РІЗАННІ**

**P.A. Dudar, L.M. Danylchenko, Ph.D., Assoc. Prof.**

### **SIMULATION OF CHIP FORMATION PROCESS DURING CUTTING**

Для якісного управління технологічним процесом необхідна побудова відповідної моделі процесу різання. Модель повинна бути досить простою і в той же час відображати фізичні явища в процесі утворення стружки. Крім цього, модель повинна володіти різноманітними динамічними характеристиками і узгоджуватися з експериментальними даними при варіації її параметрів. При обробленні металів різанням залежно від режимів різання, геометрії інструменту, фізико-механічних властивостей оброблюваної заготовки й інструменту, виду та способу підведення мастильно-охолоджувальних виникають різні види контактної взаємодії і утворюються різні види стружок, яким відповідають свої особливості процесу стружкоутворення.

В межах різних діапазонів швидкостей різання формуються такі види стружок: елементні; суглобисті; зливні; циклічні. Перехід від одного виду до іншого відбувається поступово. Деякі дослідники об'єднують в один вид елементні й суглобисті стружки та називають їх стружками сколювання. При обробленні крихких металів (чавуну, бронзи тощо) утворюються стружки надлому. У широкому діапазоні швидкостей різання можуть також існувати різні види контактної взаємодії. Найбільш часто з підвищенням швидкості різання відбувається послідовна зміна наступних видів контактної взаємодії: при різанні з мікрошвидкостями (зовнішнє тертя); контактне пластичне деформування при утворенні елементних і суглобистих стружок; наростування при послідовній зміні видів наростів; нестійке пластичне деформування в межах пульсуючої контактної зони; наявність пластичної вузької ділянки.

Таким чином, існує велика кількість видів різання, які класифікуються за різними ознаками. У той же час при тому чи іншому конкретному методі оброблення утворюється поєднання різних видів різання, тому кожен метод має свої особливості.

Відомо, що в процесі безперервного стружкоутворення одночасно виконуються процеси пружного та пластичного деформування зрізаного шару, деформація оброблюваного металу по умовній площині зсуву, процеси контактної взаємодії (тертя, адгезія, дифузія тощо) сформованої стружки з передньою поверхнею інструменту, а також контактна взаємодія оброблюваного матеріалу з площиною зношування по задній поверхні інструменту. Розглянемо наступні моделі процесу різання металів.

Першу модель процесу різання з одноплосинної схемою стружкоутворення часто називають теорією Тіма-Зворикіна-Мерчанта [1]. У цій моделі стружкоутворення розглядають як процес пластичного деформування в єдиній площині зсуву, положення якої визначається кутом зсуву  $\Phi$  (рис. 1,а; де 1 - інструмент, 2 - заготовка,  $\gamma$  - передній кут різання,  $a$  – товщина зрізу). Процес взаємодії передньої поверхні інструменту зі стружкою розглядається як зовнішнє тертя. Оскільки така схема відрізняється від реальної, її називають умовною, згідно з якою перетворення зрізаного шару в зливну стружку відбувається в результаті послідовного й безперервного зняття нескінченно тонких шарів матеріалу по умовній площині зсуву. Перебіг процесу проходить без порушення зв'язку між зрушуваними шарами цілісності матеріалу стружки. Знаючи значення всіх параметрів, можна визначити сили  $P_z$  і  $P_y$ , що діють при різанні.

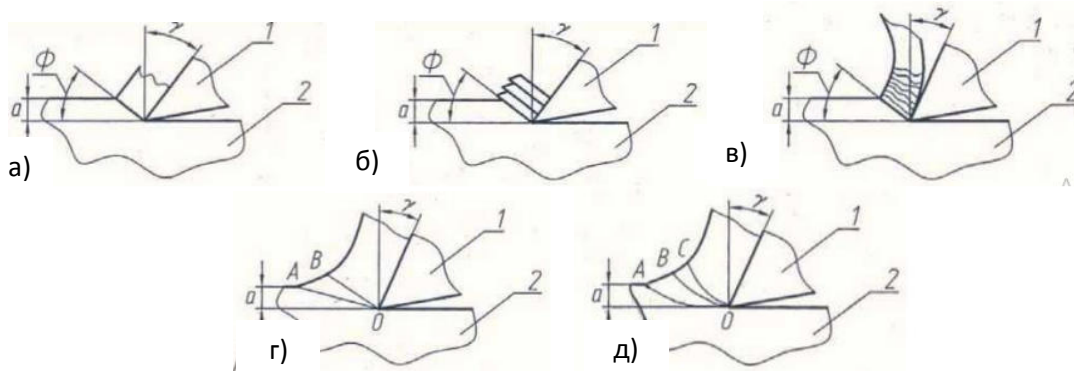


Рисунок 1. Моделі процесів стружкоутворення

У зв'язку з умовністю схеми стружкоутворення, а також з причини невисокої точності визначення параметрів точність визначення  $P_z$  і  $P_y$  невисока. Проте ці моделі придатні для якісного аналізу впливу різних чинників на сили різання. Незважаючи на зовнішню простоту умовної моделі з єдиною площиною зсуву і можливістю використання її для якісного аналізу механіки процесу, прийняття цієї схеми є достатньою підставою для визнання таких фізичних фактів, існування яких пояснити неможливо. Так, прийняття умовної схеми як реально існуючої означає наявність миттєвого повороту вектора переміщення металу від положення вектора швидкості різання  $V_p$  до положення вектора швидкості руху стружки  $V_c$ ; миттєвого зниження абсолютної величини швидкості від  $V_p$  до  $V_c$ ; миттєвого зростання ступеня деформації від 0 до 2,5-3 одиниць, тобто існування нескінченно великих швидкостей деформування.

Згідно з моделлю Е. Мерчанта (рис. 1,б) стружка утворюється в результаті послідовного зсуву по площині елементарних об'ємів зрізаного шару, який пластично не деформується. У моделі, представленій на рис.1в, передбачається, що пластична деформація металу в зоні зсуву є результатом стиснення шару металу, при цьому враховуються тертя стружки по передній поверхні інструменту і температура різання. У моделі, зображеній на рис. 1,г, зона зсуву представлена у вигляді пластично деформованого клина OAB, обмеженого прямими ковзання OA і OB.

Всі ці моделі, побудовані на уявленнях про плоскому зсуві, мають ті ж недоліки, що і модель з однієї умовної площиною зсуву (рис. 1а). Альтернативною до поданих схем є схема з розвиненою зоною деформації. М.М. Зорев [1], який вивчав особливості стружкоутворення, сили різання, контактні процеси на задній і передній поверхнях інструменту і досліджував особливості вільного і косокутного різання, розробив схему стружкоутворення з розвиненою зоною деформації з непрямолінійними поверхнями зсуву (рис. 1,д). При цьому площа зони зсуву залежить від швидкості різання  $V_p$ , з її збільшенням зона зсуву, яка займає площу AOB, звужується до площі BOC.

Аналіз моделей стружкоутворення, показав, що побудова однієї універсальної фізичної моделі є малоімовірною. Представлені моделі є основою для топологічної оптимізації систем автоматичного управління процесом оброблення різання [2].

### **Література**

1. Иванов О.И., Драчев О.И. Модели динамических явлений процесса механической обработки осесимметричных деталей // О.И. Иванов, О.И. Драчев // Вектор науки. № 2. – Тольятти: Изд-во ТГУ, 2013.- С.140–143.

2. Данильченко Л.М., Ласько В.Р. Дослідження методів топологічної оптимізації деталей машин // Л.М. Данильченко, В.Р. Ласько // Збірник тез доповідей VIII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“. - Тернопіль: Вид-во ТНТУ, 2019.- С. 104–105.