

ДЕЯКІ ПРОБЛЕМНІ АСПЕКТИ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

Для дослідження процесів різання матеріалів все більше застосовують системи скінчено-елементного аналізу такі як DEFORM, ABAQUS, LS-DYNA, ADVANT EDGE, ANSYS EXPLICIT DYNAMICS тощо.

Будь-яка скінчено-елементна модель розробляється для умов, що визначають процес різання, однак, містить цілий ряд спрощень. Тому призначені розробником умови повною мірою не відображають реальний процес обробки.

Симуляція процесу різання забезпечується комп'ютерними обчисленнями з використанням рівнянь, що характеризують пластичне течіння матеріалу і його руйнування. Подібні рівняння називаються феноменологічними рівняннями або науковими моделями. Кожна з цих моделей описує емпіричний взаємозв'язок явищ таким чином, що вона узгоджується з фундаментальною теорією, але не безпосередньо впливає з теорії. Такими моделями є моделі Джонсона-Кука, Купера-Саймондса, Зерілли-Армстронга, Літонскі-Батра, Боднер-Партома, «Силової залежності» [1, 2].

В більшості випадків при численному моделюванні процесів механічної обробки матеріалів використовується модель Джонсона-Кука – емпіричне рівняння для металів під дією великих деформацій, високих швидкостей деформації і високих температур, згідно з яким, динамічна межа текучості, σ , записується таким чином:

$$\sigma = (A + B\varepsilon^n) \left(1 + C \ln \dot{\varepsilon}^*\right) \left(1 - T^{*m}\right) \quad (1)$$

де ε – інтенсивність пластичної деформації;

$\dot{\varepsilon}^* = \dot{\varepsilon} / \dot{\varepsilon}_0$ – безрозмірна швидкість пластичної деформації, що визначається як відношення миттєвої швидкості пластичної деформації $\dot{\varepsilon}$ до її граничного значення $\dot{\varepsilon}_0 = 1 \text{ с}^{-1}$;

T^* – гомологічна температура;

A – статична межа текучості, B – модуль деформаційного зміцнення, n – показник ступеня в законі деформаційного зміцнення, C – коефіцієнт швидкості деформацій, m – показник ступеня в законі температурного знеміцнення (константи, які визначаються емпіричним шляхом).

Дослідники з метою визначення параметрів, що входять в дані феноменологічні рівняння, досить часто вдаються до методики, що має назву «Split-Hopkinson pressure bar» або аналогічних їй. Ці методики хороші тим, що дозволяють отримати криві текучості при різних температурах зразків і швидкостях деформації. Разом з тим слід зазначити, що дані криві при застосуванні до процесу різання дають значну похибку тому, що зразки піддаються тільки розтягуванню, а при різанні, як відомо, має місце зсув. Крім того, неточності у визначенні параметрів, що входять в феноменологічні рівняння, можуть привести або до неможливості вирішення поставленого завдання, або до суттєвих помилок у визначенні функціональних параметрів обробки (сил, температур різання тощо) та параметрів якості поверхневого шару.

До основних недоліків моделі Джонсона-Кука можна віднести її емпіричну основу і відсутність зв'язку між швидкістю деформації і температурою в процесі пластичної деформації. Також модель має недоліки у представленні характеристик зміцнення всіх видів матеріалів. Швидкісне зміцнення (в других дужках рівняння (1)) виражене як лінійна функція від логарифма швидкості деформації. В результаті опису швидкісного зміцнення лінійною функцією, межа текучості матеріалу також лінійно залежить від логарифма швидкості деформації, що не є справедливим для всіх поширених металевих матеріалів.

В роботі [3] зазначено, що не існує жодної моделі, в якій одночасно похибки прогнозування всіх складових сили різання, температури різання, форми стружки та її усадки були б менше 5%. Часто це пояснюється неточністю моделі тертя на передній поверхні, оскільки саме тертя на передній поверхні багато в чому визначає ці показники.

За даними [3] на похибку прогнозування сили і температури різання найбільше впливає похибка показників тертя і радіусу округлення різальної кромки. Іншими важливими факторами впливу є: передній кут інструмента; теплоємність оброблюваного матеріалу; параметр A , що визначає рівняння оброблюваного матеріалу і максимальна величина накопичених пластичних деформацій до руйнування.

Таким чином, якісна розробка скінчено-елементної моделі процесу механічної обробки матеріалу вимагає ретельного врахування великої кількості параметрів, які характеризують різноманітні явища, якими супроводжується процес різання. Комплекс таких параметрів (фізичних, геометричних, кінематичних, технічних тощо) визначає достовірність скінчено-елементної моделі.

Література:

1. Евдокимов Д.В. Разработка комплексной методики для определения рациональных условий концевого фрезерования лопаток ГТД и прогнозирования качества обработки: дис. ... кандидата техн. наук : 05.07.05 / Евдокимов Дмитрий Викторович. – Самара, 2021. – 223 с.

2. Ходько А.А. Особенности выбора модели пластичности металла деформируемой заготовки при численном исследовании процесса гидродинамической штамповки / А.А. Ходько // *Авиационно-космическая техника и технология*. – 2014. – № 5 (112). – С. 11–24.
3. Криворучко Д.В. Моделирование процессов резания методом конечных элементов: методологические основы: монография / Д.В. Криворучко, В.А. Залогова. – Сумы: Университетская книга, 2012 – 496 с.