

УДК 621.71

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

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

КІНЦЕВО-ЕЛЕМЕНТНЕ МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ РІЗАННЯ

UDC 621.71

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

FINITE-ELEMENT SIMULATION OF THE CUTTING PROCESSES

Серед різноманітних інструментів математичного моделювання важливе місце посідає метод кінцевих елементів. Його використання для моделювання процесів різання дозволяє вирішити задачі оптимізації пластичного деформування, оцінити його динаміку, спрогнозувати залишкові напруження обробленої поверхні тощо.

Найбільш вивченим видом різання є прямокутне вільне різання з утворенням безперервної зливної стружки. Математичні залежності, отримані для прямокутного вільного різання, поширюються на більшість відомих способів металооброблення.

На теперішній використовуються такі підходи до опису руху деформованого суцільного середовища – Лагранжа, Ейлера і об'єднаний підхід Лагранжа-Ейлера.

У підході Лагранжа матеріальні частинки жорстко пов'язані з вузлами сітки. З матеріальними частками пов'язані невідомі, які визначаються в процесі розв'язку: перш за все, є переміщення і швидкості матеріальних частинок, напруження і деформації в них. Застосування підходу Лагранжа для розв'язку задач моделювання різання вимагає обов'язкового застосування алгоритмів стружкоутворення, критеріями яких можуть бути критичні значення напружень, деформацій, енергії деформації [1].

В підході Ейлера матеріальні частинки не пов'язані з вузлами сітки, що дозволяє матеріалу текти крізь сітку. Невідомі, якими є швидкості руху середовища, напруження і деформації, пов'язані з вузлами сітки. Це дозволяє використовувати більш рідкі сітки, що значно скорочує час вирішення завдання. Підхід Ейлера не вимагає застосування критерію стружкоутворення – різання моделюється як процес пластичної деформації, а, отже, напружено-деформований стан в зоні різання описується некоректно.

Розбіжність підходів Лагранжа і Ейлера полягає в тому, що у першому випадку спостерігають за кожною індивідуальною частиною суцільного середовища, яка рухається, а в другому – за кожною точкою простору, в якому рухається суцільне середовище. З точки зору кінцево-елементного формулювання завдання, розбіжності підходів Лагранжа і Ейлера добре помітні в поведінці вузлів сітки. У сітці Ейлера координати вузлів фіксовані, тобто вузли збігаються з точками простору, матеріальні точки проникають крізь кордони елемента. У сітці Лагранжа вузли рухаються разом з частинами деформованого середовища, вузлові траєкторії збігаються з матеріальними траєкторіями точок середовища і обміну матеріалом між елементами не відбувається.

Підхід Лагранжа-Ейлера поєднує у собі обидва розглянуті підходи. Основна ідея цього підходу полягає в завданні переміщення вузлів так, щоб об'єднати переваги кінцево-елементних сіток Лагранжа і Ейлера. При цьому переміщення вузлів сітки може бути запрограмовано довільно і не пов'язано з переміщенням середовища.

Література.

1. Данильченко Л.М., Дудар П.А. Моделювання процесів стружкоутворення при різанні // Л.М. Данильченко, П.А. Дудар // Збірник тез доповідей ІХ Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів ТНТУ ім. І. Пулюя “Актуальні задачі сучасних технологій” 25-26 листопада 2020 р. - Тернопіль: ТНТУ, 2020.