

Моделювання процесу різання методом кінцевих елементів в середовищі DEFORM 3D

Ковальчук Д.П.

*Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут”*

До 60 ... 70% деталей в машинобудуванні обробляються різанням. У багатьох випадках працездатність даних деталей визначається якістю оброблення. В силу складного характеру явищ, що відбуваються при обробленні деталей різанням, загальна теорія цього процесу на сьогоднішній день відсутня, оскільки сучасні методики проектування процесів різання являються емпіричними і невідповідають сучасним вимогам.

У зв'язку з цим, розробка нових технологічних процесів різанням вимагає проведення великого обсягу експериментальних досліджень.

Уникнути цього можна застосуванням сучасних систем автоматизованого моделювання технологічних процесів обробки шляхом пластичної деформації, заснованих на методі кінцевих елементів.

Загальноновизнаним світовим лідером в цій галузі є пакет DEFORM, розроблений компанією Scientific Forming Technologies Corporation (США). DEFORM використовують зокрема для моделювання процесів різання.

Розглянемо як приклад моделювання в пакеті DEFORM процесу різання, при обробленні деталей точінням.

Постановка завдання

Оскільки при різанні має місце складний, об'ємно напружено-деформований стан заготовки, то при обчислювальному експерименті доцільно використовувати модуль тривимірного моделювання DEFORM 3D. DEFORM 3D має спеціальний помічник - шаблон, що дозволяє спростити завдання початкових і граничних умов при моделюванні таких процесів обробки різанням, як точіння, свердління, фрезерування. Для скорочення часу розрахунку моделювання, процес різання здійснювався тільки для сектору заготовки.

Для моделювання і аналізу процесу стружко утворення при обробленні деталей точінням, було встановлено, наступні умови та дані введення:

- Для процесу різання використовується деформація моделі по криволінійній траєкторії.
- В процесі розрахунку враховуються лише заготовка та різальний інструмент

Схема заготовки наведена рис.1 Нижче приведено характеристики теплопровідності, теплоємності та температурної деформації, що змінюються за лінійним законом.

Заготовка: моделюється з пластичного матеріалу Сталь 45Х.

- Температура в діапазоні (20-800 ° С).
- Теплопровідність (K): Від 51,9 (при 20 ° С) до 33 (при 700 ° С) Вт/ (м* К).
- Теплоємність (С): Від 486 (при 20 ° С до 874,4 (на 700 ° С) Дж / кг / К .
- Густина (ρ): 8030 кг / м³ .
- Температурна деформація: від 1.19e-5 (при 20 ° С) до 1.49e-5 (при 700 ° С).
- Коефіцієнт Пуассона: 0.3 .
- Модуль Юнга (E): від 210000 (при 20 ° С) до 130, 000 (при 900 ° С) МПа

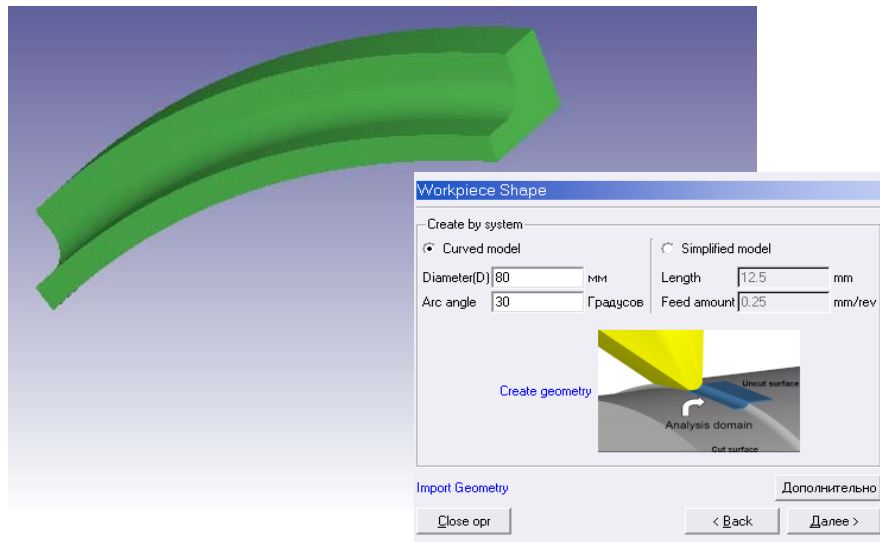


Рис.1. 3-D модель заготовки (в правому нижньому куті показано геометричні характеристики).

Різальний інструмент

Використовується різальний інструмент з ромбічною пластиною Т-типу, пластина змодельована в середовищі CATIA V5R19 і експортована в STL файл для імпорту в DEFORM 3D.

- Матеріал пластини: карбід вольфраму (WC-8)
- Теплопровідність (K): 84 Вт/ (м* К)
- Теплоємність (С): 180,7 Дж / кг / К
- Густина (ρ): 15800 кг / м³

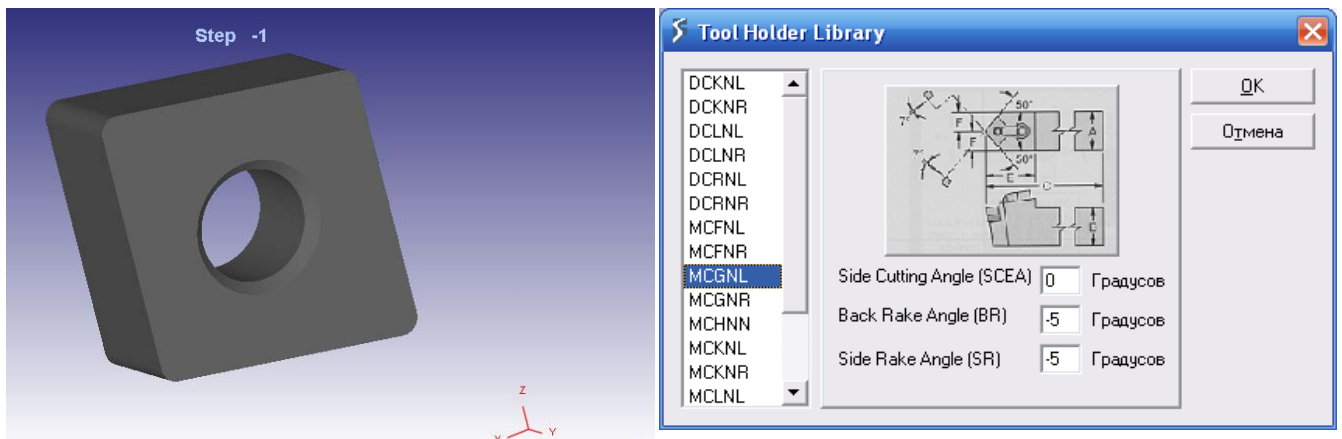


Рис.2. 3-D модель металорізальної пластини

Орієнтація металорізальної пластини в державці інструменту наведено

Для вирішення поставленої мети, моделювання процесу різання, визначено алгоритм введення першочергових даних, що визначатимуть перебіг процесу різання у часі, який показано на рис. 3.

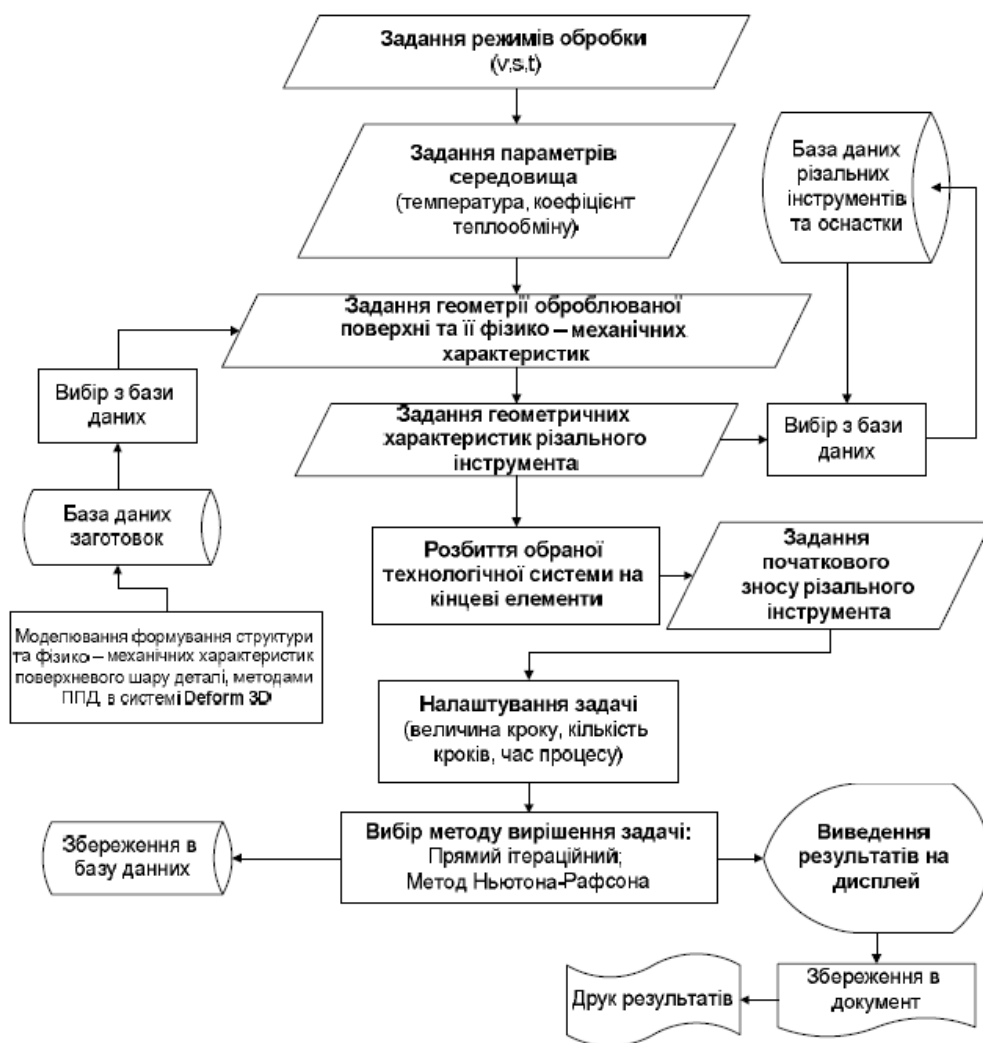


Рис. 3. Схема роботи алгоритму з моделювання процесу різання

Отже, у початковий момент часу відбувається деформування матеріалу без руйнування до моменту виникнення у зоні контакту напружень. За перебільшення критичного значення відбувається відокремлення матеріалу та подальший рух різального інструменту. Отже, процес різання, розбивається на три стадії:

- 1) початковий момент різання без руйнування матеріалу (чиста деформація);
- 2) невстановлений режим різання, що характеризується зміною сили різання;
- 3) встановлений режим різання, за якого сила різання не змінюється або змінюється у певному діапазоні.

Наведений алгоритм (рис. 3) дає можливість отримання певних результатів (рис. 4).



Рис. 4. Результати, які можливо отримати, використовуючи розроблений алгоритм у системі Deform 3D

Отримання результатів моделювання за запропонованим алгоритмом, сукупності даних: зміни сили різання, розподілення температурних полів та напружень, що дає змогу провести комплексний аналіз процесу різання .

Результати математичного моделювання

Розроблений алгоритм (рис. 3–4) був реалізований в системі Deform 3D, призначений для моделювання процесів деформування металу.

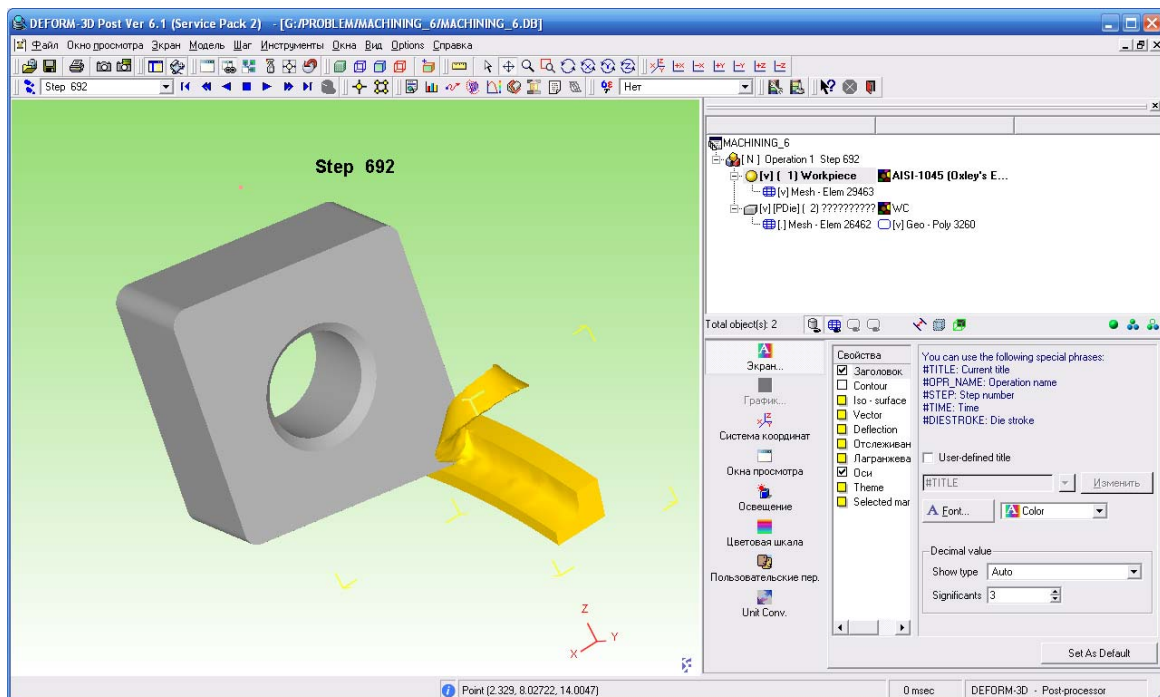
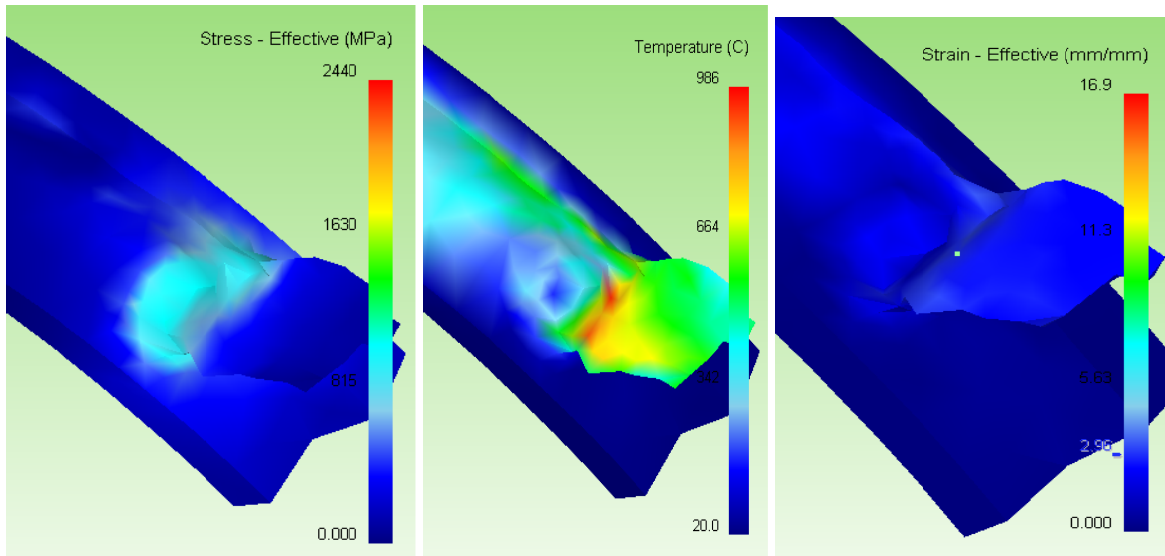


Рис. 5. Результати математичного моделювання в системі автоматизованого проектування Deform 3D. $V = 120$ м / хв; $S = 0.25$ мм / об; $t = 1.5$ мм

На рис. 6 показано результати математичного моделювання розподілення нормальних напружень, температурних полів у зоні різання, та величину деформації стружки під час обробки заготовки точінням.

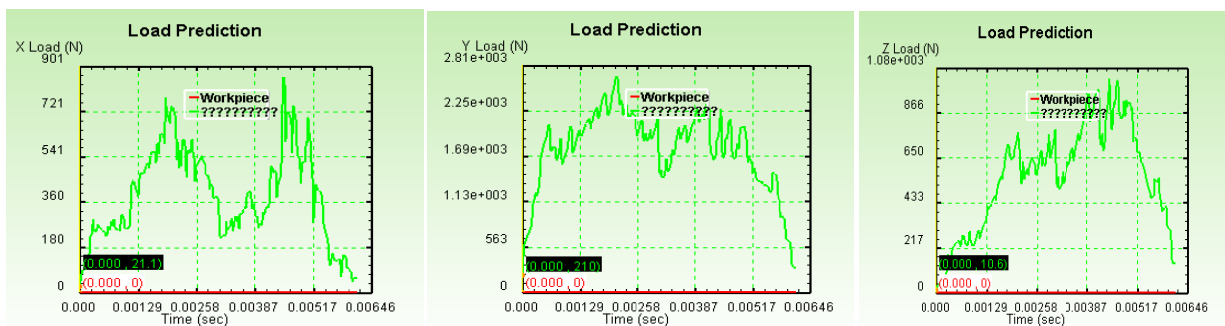


розподілення нормальних напружень в зоні різання;

розподілення температурних полів в зоні різання;

розподілення величини деформації на поверхнях зрізаного шару стружки.

На рис. 7 показано результати математичного моделювання розподілення нормальних напружень, температурних полів у зоні різання інструменту, та графіки зусиль що виникають при деформації.



графік сили різання по координаті X;

графік сили різання по координаті Y;

графік сили різання по координаті Z;

Висновки:

1. Розроблено математичну модель в системі САПР Deform, що дає змогу оцінити розподілення нормальних напружень, температурних полів у зоні різання, та величину деформації стружки під час обробки заготовки точінням.
2. Створено алгоритми моделювання процесів механічної обробки деталей.

Література:

[1] *** Deform 3D template manual.

[2] Ceretti, E., Lucchi, M., Altan, T. (1999). *FEM Simulation of Orthogonal Cutting: Serrated Chip Formation*, J. Matl. Proc. Tech., 95, pp. 17-26.

[3] Croitoru, I. (2001). *Cercetari privind imbunatatirea metodologiilor de evaluare a fortelor de aschiere*, Ph.D.

Thesis, Gh. Asachi Technical University, Iasi.