

## ЗАСТОСУВАННЯ T-FLEX ДЛЯ РОЗРАХУНКУ ПАРАМЕТРІВ РІЗЬБОФОРМУВАННЯ

*Решение сложных задач установления основных параметров процесса накатывания резьб, определяющих нагрузки на ролики и их влияние на силы, возникающие при накатывании возможно путем геометрического 3D-моделирования процесса в T-FLEX CAD 3D. Рассмотрены отдельные вопросы, решаемые при расчете сил резьбоформирования, необходимых для создания рациональных конструкций как головок, так и роликов к ним.*

*Determination of the critical parameters of thread rolling and theirs influence on the rolling's loading are complicated problems. A problems difficult to solve by conventional methods, but application of method 3D-modeling in T-FLEX CAD 3D simplify designing. The some examples of the rolling loading determination are considered in these article, method 2D- and 3D-modeling in T-FLEX CAD 3D are used for design calculations.*

В промисловості велике поширення набули процеси накатування різьби. Процес формоутворення при накатуванні відбувається без зняття стружки. Він полягає в тому, що робоча частина інструмента втискується в матеріал заготовки, який пластично деформується і утворює різьбу. Накатування різьби є одним із найбільш прогресивних способів виготовлення різьби. Цей метод забезпечує високу продуктивність і якість обробки, підвищення статичної і утомної міцності різьби у порівнянні з різьбою, що нарізана.

Для накатування внутрішніх різьб використовують різьбонакатні ролики, які вводяться в отвір заготовки. В процесі накатування ролик і заготовка обертаються навколо своїх осей. Одночасно ролик надається радіальна подача, в результаті чого ролик котиться по отвору і витки його різьби вдавлюються в матеріал заготовки формуючи різьбу. При накатуванні глибоких різьб інструменту надається осьова подача, що призводить до зменшення зусилля накатування. При обробленні в деталях, що не обертаються, інструменту надається коловий рух відносно осі отвору без обертання навколо своєї осі. Одночасно інструменту надається радіальна подача, внаслідок дії якої коловий рух здійснюється по колу змінного радіусу (по архимедовій спіралі). Для зменшення викривлення профілю різьби, що утворюється, зовнішній діаметр ролика повинен бути якнайближче до внутрішнього діаметра деталі.

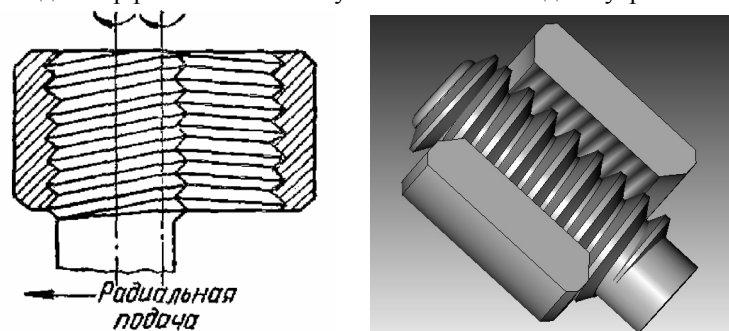


Рис. 1 Розкочування внутрішньої різьби роликом

У порівнянні із мітчиками накатники визначаються вищою стійкістю і міцністю, однак потребують попереднього оброблення отворів із підвищеною точністю. Діаметр заготовки впливає не тільки на точність і якість поверхні різьби, але і на стійкість інструмента для накатування різьби. При збільшеному діаметрі заготовки різьба має після накатування неповний профіль, а при зменшеному діаметрі переповнення металом западин інструмента призводить до його поломки.

Точно розрахувати діаметр заготовки, виходячи із рівності об'ємів заготовки і деталі, не завжди можливо, тому діаметр заготовки уточнюється дослідним шляхом. Для вирішення цієї задачі використовують можливості сучасних CAD-систем, що дозволяють створювати 3D моделі просторових тіл складної форми і з високою точністю розрахувати їх об'єм.

Скористуємося програмним продуктом T-FLEX CAD, що розроблений компанією «Топ Системи». Основною особливістю T-FLEX CAD є візуальна параметризація, що суттєво спрощує накладання різних геометричних обмежень і створення взаємозв'язків між різними елементами креслення. Наявність візуальної параметризації в багатьох випадках дозволяє відмовитись від аналітичних розрахунків і визначати розміри деталі і інструмента за допомогою порівняно не складних геометричних побудов.

Спочатку за допомогою параметризації побудуємо накатний ролик для розкочування внутрішньої різьби М 24×3. Для цього виконуємо такі дії:

1. За допомогою команди «побудувати пряму» на робочій площині відкладаємо горизонтальні і вертикальні прямі;
2. Викликаємо меню «Параметры ⇒ переменные» на робочій площині і відповідним лініям задаємо параметри: вертикальним – шаг, горизонтальним – висотні параметри профілю і діаметр деталі;
3. За допомогою команди «побудувати пряму» на робочій площині будуємо прямі під кутом;
4. Викликаємо меню «Параметры ⇒ переменные» і відповідним похилим лініям задаємо кутові розміри;
5. На цих побудованих прямих за допомогою команди «создать изображение» креслимо профіль витка накатного ролика;
6. За допомогою меню «Штриховка» штрихуємо побудований профіль деталі;
7. Обираємо команду «создать спираль», задаємо її початок і кінець, вибираємо заштрихований контур, розміщуємо його в необхідному напрямі до осі, обираємо команду «предварительный просмотр» і після цього натискаємо кнопку «закончить ввод», отримуємо наш ролик.

Редактор переменных					
Файл Правка Переменная Список Вставить Вид ?					
	Имя	Выражение	Значение	Комментарий	
1	l2	30	30	Длина режущей части инструмента	
2	l	35	35	Длина державки инструмента	
3	d3	6	6	Диаметр инструмента (средний)	
4	alfa	60	60	Угол витка инструмента	
5	h	1.5	1.5	Высота витка	
6	P	2	2	Шаг между витками инструмента	
7	l1	1.1	1.1	Длина заборной части инструмента	
8	d1	4	4	Диаметр инструмента (впадина)	
9	dzag	5	5	Диаметр инструмента (общий)	

Рис.2 Редактор змінних

Розкочування внутрішніх різьб великих розмірів проводиться також накатними державками і головками. Для побудови ролика із накатної головки використовують методику наведену вище. За допомогою редактора змінних можна отримати будь який профіль і розмір інструмента прописавши необхідні параметри (Рис.3).

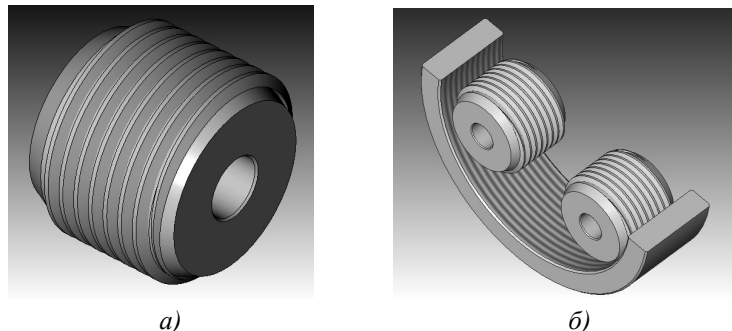


Рис.3 а) 3D-профіль накатного ролика, б) ролики в накатній головці

Оскільки задача визначення діаметра заготовки під накатування різьби зводиться до визначення об'єму металу, що видавлюється із западин різьби у виступи, то для її вирішення можна скористатися T-FLEX CAD.

Для розрахунку діаметра заготовки створимо в T-FLEX CAD нову 3D-модель і відкриємо в ній 2D-вікно. Накреслимо в ньому параметричні профілі западин і виступів різьби, що накатується на заготовці, в осьовому перетині, горизонтальною межею між якими є діаметр заготовки  $d_{zag}$ , що задається в першому наближенні довільно.

Використаємо данні 2D-профілей, створимо 3D-профілі і побудуємо для кожного з них за допомогою команди «Создать спираль» окремі тверді тіла – спіралі, що мають витки із кроком, рівним кроку різьби, що накатується (Рис. 4) і відповідають об'ємам металу, що видавлюється інструментом із западин і витискається у виступи. У відповідності із принципом рівності об'ємів металу до і після пластичної деформації об'єми цих спіралей повинні бути рівними.

За допомогою команди «Провести измерения» створимо змінні  $V$  і  $V_1$ , рівні відповідно об'єму металу, що витискається у виступ різьби, і об'єму, що видавлюється із западини. Далі створюємо допоміжну змінну у вигляді формули  $V_0 = |V_1 - V_2|$ . Для підбору діаметра заготовки, що забезпечує рівність об'ємів  $V$  і  $V_1$ , скористаємося командою «Оптимизировать модель». Для цього в діалоговому вікні «Задания на оптимизацию» визначаємо спосіб підбору діаметра заготовки. Діапазон зміни діаметра заготовки складає  $d_1 < d_{zag} < d_3$ , де  $d_1$  – середній діаметр різьби;  $d_3$  – зовнішній діаметр різьби.

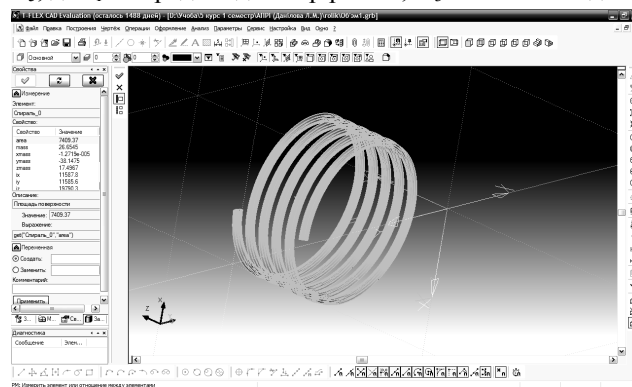
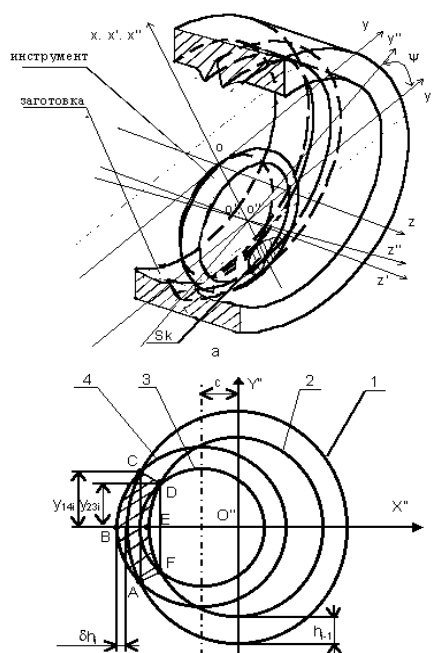


Рис. 4 Вимірювання видавленого у виступ об'єму металу на 3D-моделі



інструмент можливо стає шляхом геометричного 3D-моделювання процесу в T-FLEX CAD 3D.

Величина видавлювання розраховується за допомогою коефіцієнта висоти видавлюваного профілю  $K_h$ , рівного відношенню повної висоти сформованого профілю до поточного радіального обтиснення (величини заглиблення витка в заготовку). Після того, як 3D-моделі заготовки і ролика за допомогою команди «Создать вращение» побудовані, за допомогою булевої операції віднімо з 3D-моделі заготовки 3D-модель інструмента (Рис. 6). В результаті на 3D-моделі заготовки залишаться відбитки, площі яких рівні МПК витків інструмента при накатуванні різьби. В системі T-FLEX CAD вимірювання площі поверхні тривимірного тіла відбувається за допомогою команди «Провести измерения».

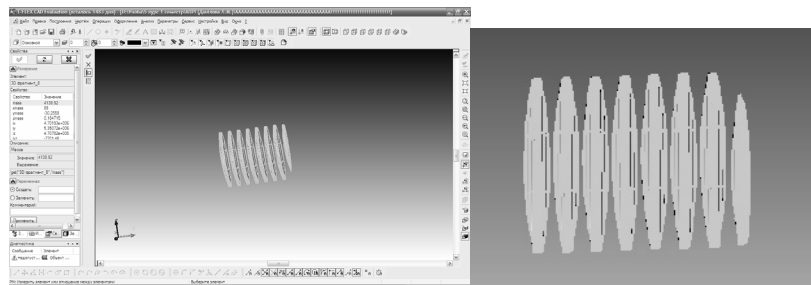


Рис. 6 Визначення МПК в T-FLEX CAD 3D

Сили, що діють при різьбовидавлюванні, є наслідком дії контактних напружень опору метала деформації на грані деформуючого витка. Для встановлення розрахункових залежностей зусиль різьбовидавлювання необхідно знати величину контактних напружень і площу їхньої дії.

Роботи по визначенню зусилля при накатуванні різьб були проведені авторами праць [1],[2],[3], [4], які запропонували аналітичні залежності для розрахунку контактних напруг і номограми, що отримані експериментальним шляхом. Помноживши величину напруження на площу контакту витків із деталлю можна розрахувати радіальне зусилля різьбовидавлювання. Відомий також зв'язок радіального і осьового зусилля різьбовидавлювання.

Система T-FLEX CAD дозволяє за допомогою меню «Анализ» визначити деформації, коефіцієнт запасу по напруженням, еквівалентні напруження, переміщення і модуль інструмента і деталі при постійному навантаженні.

Для початку заходимо у меню «Анализ» і обираємо за допомогою команди «новая задача» необхідну дію, після чого генеруємо сітку на деталі (інструменті) з обраною точністю.

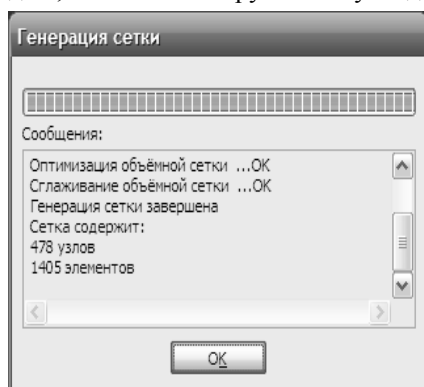


Рис.7 Генерация сітки деталі

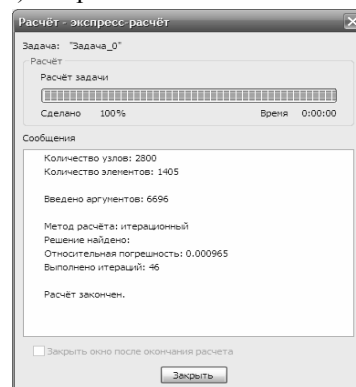


Рис.8 Експрес – розрахунок прикладених сил

Після цього робимо визначене навантаження у місцях знаходження роликів, натискаємо кнопку «закончить ввод». Потім обираємо меню «Анализ» ⇒ розрахунок і в активному робочому вікні обираємо папку «результаты».

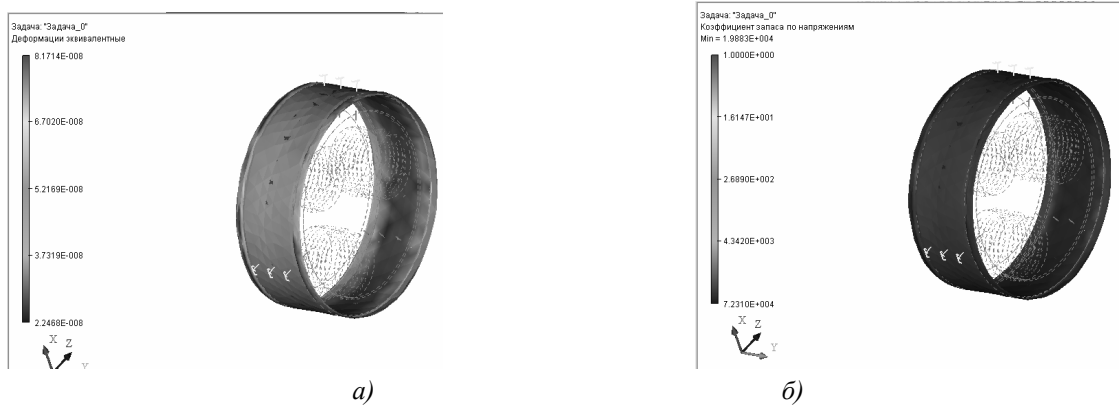


Рис.9 а) деформації еквівалентні, б) коефіцієнт запасу по напруженням деталі

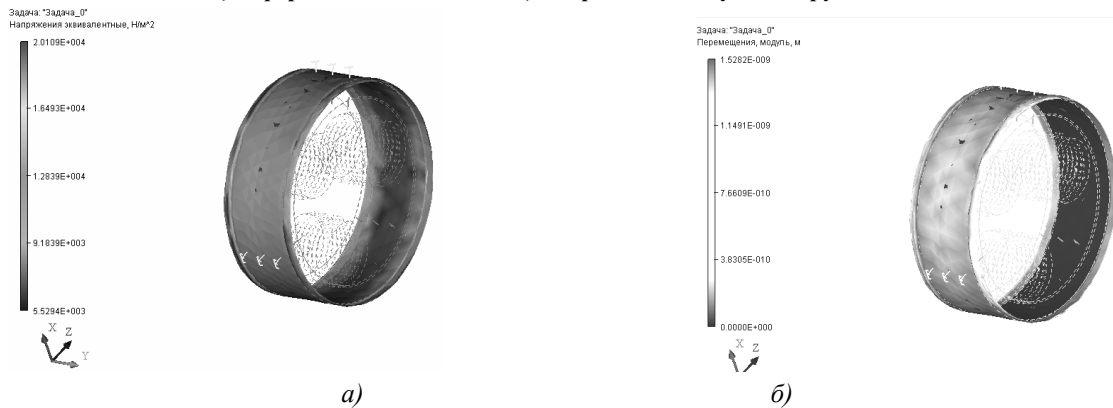


Рис.10 а) напруження еквівалентні, б) переміщення, модуль деталі.  
Такі ж процедури проводимо для визначення навантажень в інструменті

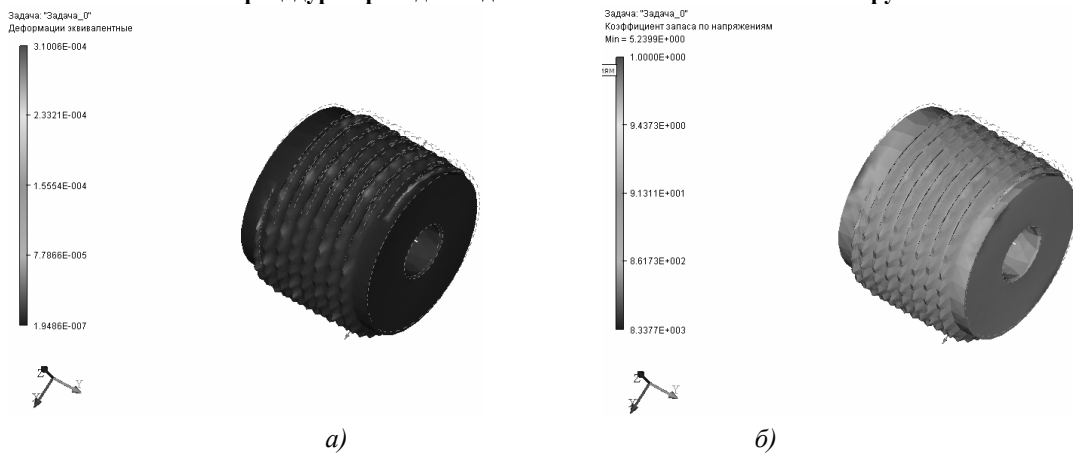


Рис.11 а) деформації еквівалентні, б) коефіцієнт запасу по напруженням інструмента

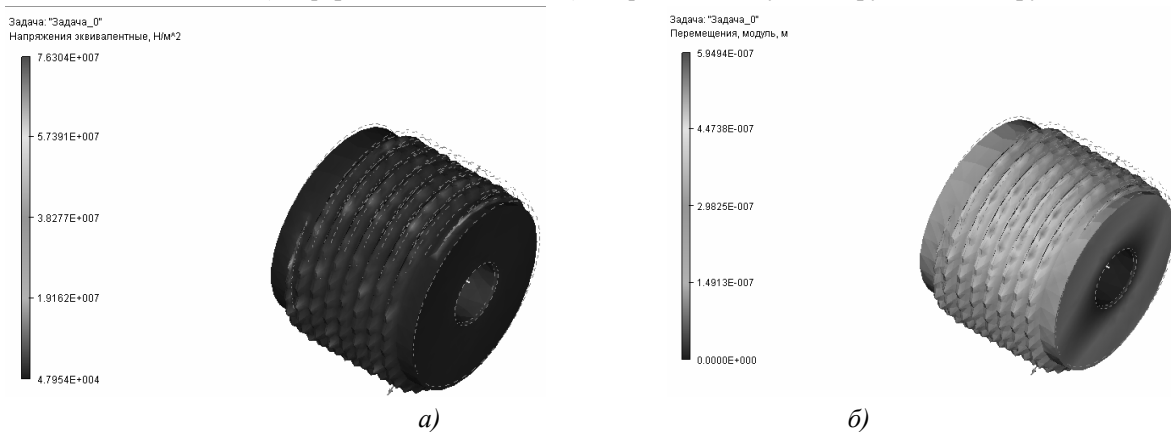


Рис.12. а) напруження еквівалентні, б) переміщення, модуль інструмента

Таким чином, T-FLEX CAD може бути застосований не тільки для зображення геометрії деталі у вигляді креслень і 3D-моделей, але і для виконання проектних розрахунків за допомогою дво- і тривимірних геометричних побудов. Більш ефективно використання можливостей T-FLEX CAD дозволяє значно підвищити продуктивність розробників в інструментальному виробництві.

#### Список літератури

1. Заиров И.У. Исследование процесса сборки разъемных соединений резьбообразующими винтами: Дис...канд. техн. наук: 05.02.08. – М., 1968. – 193 с.
2. Лабецкий В.М. Исследование процесса формирования резьбы и получения резьбовых соединений с помощью выдавливающих стержней: Дис...канд. техн. наук: 05.02.08. – М., 1976. – 180 с.
3. Семичевский Г.А. Исследование сборки гладко-резьбовых соединений: Дис... канд. техн. наук: 05.02.06. – М., 1979. – 184 с.
4. Буткин Н.С. Исследование взаимозаменяемости, технологичности и качества гладко-резьбовых соединений: Дис...канд. техн. наук: 05.02.08. – М., 1974. – 167 с.