

УДК 621.9

Т.М. Яворський, В.В. Медведєв

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна

Зменшення похибки закріплення при обробці авіаційних деталей складної конфігурації

Особливістю розмірної обробки в авіаційній галузі є наявність деталей складної геометрії з великою кількістю криволінійних поверхонь, похилих ребер, заокруглень та стінок малої товщини. Вони використовуються в елементах планера літаків, корпусних виробів та в конструкціях авіаційних двигунів. До їх точності і якості оброблюваних поверхонь, характеристикам та фізико-механічним властивостям пред'являють підвищені вимоги, в порівнянні з вимогами в інших машинобудівних галузях. Окрім забезпечення заданих експлуатаційних характеристик авіаційні вироби мають відповідати вимогам безпеки, надійності, довговічності та ін. Обробка таких виробів пов'язана з труднощами через їхню схильність до деформацій при закріпленні та під час обробки.

473

В таких умовах завданням технологічної підготовки виробництва стає максимально точна оцінка і прогнозування похибок, які можуть виникнути в процесі технологічної наладки і в процесі обробки заготовки. При безпосереднім коригуванні параметрів у процесі виробництва відбуваються додаткові витрати часу і матеріалу.

Зазвичай, такі деталі обробляють з використанням верстатних пристосувань. Вони є одним з основних елементів технологічної системи й призначені для встановлення та закріплення заготовок. При базуванні заготовки надають певне положення відносно системи координат верстату, що в ряді випадків, робить можливим автоматичне отримання розмірів. Закріплення заготовок забезпечує щільний контакт установчими елементами пристосувань, в результаті чого досягається їх однозначне базування і запобігає зміщенню під дією сил різання.

При закріпленні заготовок у пристосуванні виникає похибка закріплення. Похибка закріплення – це граничне поле розсіювання положень установлюваної поверхні відносно поверхні відліку в напрямку витримуюваного

розміру. Похибка закріплення викликана тим, що під дією сил затиску заготовка може змінити своє початкове положення, яке вона займала в пристрої в результаті базування [1]. При цьому її вимірювальні бази зміщуються на деяку величину.

Сила закріплення повинна надійно притискати заготовку до установчих елементів пристосування. Зсув вимірювальної бази під дією сили закріплення складається з переміщень, викликаних деформаціями в зоні контакту опор пристосування з поверхнею заготовки; власними деформаціями заготовки; контактними деформаціями в попередньо затягнутих стиках. В інженерних розрахунках основну увагу приділяють контактним явищам в стикі опора пристосування – база заготовки. Іншими складовими зазвичай нехтують, вважаючи заготовку і пристосування досить жорсткими. Контактні деформації в попередньо затягнутих стиках враховують при використанні оборотних і переналагоджуваних пристосувань з великою кількістю стиків.

Приблизно похибка закріплення ε_z може бути визначена за формулою

$$\varepsilon_z = (y_{max} - y_{min}) \cos \alpha,$$

де $y_{max}; y_{min}$ – максимальна і мінімальна величини зміщення вимірювальної бази, мкм;

α – кут між напрямом зміщення вимірювальної бази та витримуваним розміром.

Зміщення заготовки відбувається в результаті зм'яття нерівностей та деформації її технологічних баз і поверхонь установчих деталей пристроїв у місцях їх контакту, поверхонь контакту пристрою й верстату, а також, через неточності дії установчо-затискних елементів пристрою, пружних деформацій їх ланок і заготовки. Величина похибки закріплення залежить від розмірів та стану (шорсткості, точності, фізико-механічних властивостей матеріалу та ін.) базових поверхонь деталі й установчих поверхонь пристрою, від точності й ступеню їх зносу, величини прикладених зусиль, їх зміни і т.д. Визначається вона для окремих методів обробки й типових схем встановлення оброблюваних заготовок в пристрій експериментальним шляхом [2].

Для розрахунку похибки закріплення пропонується проводити розрахунок змінання заготовки в системах, що працюють за методом кінцевих елементів [3-5].

Наприклад, для знаходження значення вертикального переміщення у точки O під дією сили закріплення $P = 100$ кН будуюмо об'ємну модель за ескізом деталі в системі SolidWorks. Додатково побудуємо невеличку бобишку в місці прикладення сили, яка зумовлена властивостями прикладання сил в системі, що використовується.

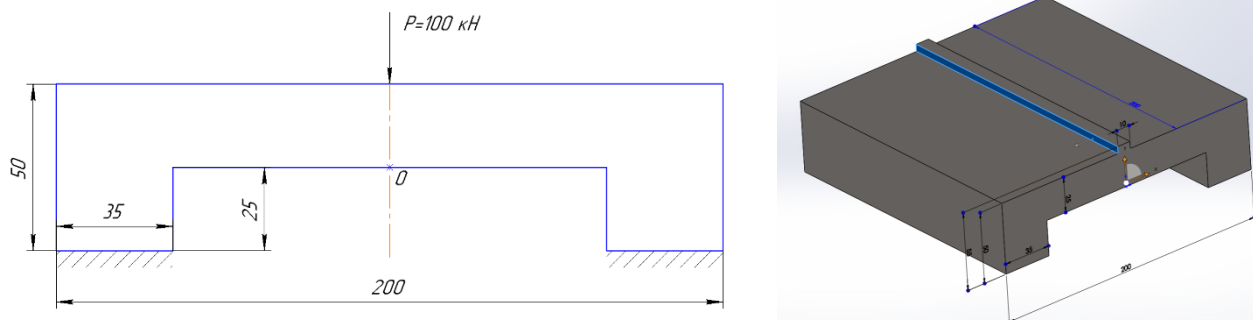


Рис. 1. Ескіз закріплення та 3D-модель деталі

Починаємо моделювання статичного навантаження. Для цього назначаємо матеріал деталі – легвана сталь (рис. 2), вказуємо місця жорсткого закріплення згідно ескізу та прикладаємо силу (рис. 3).

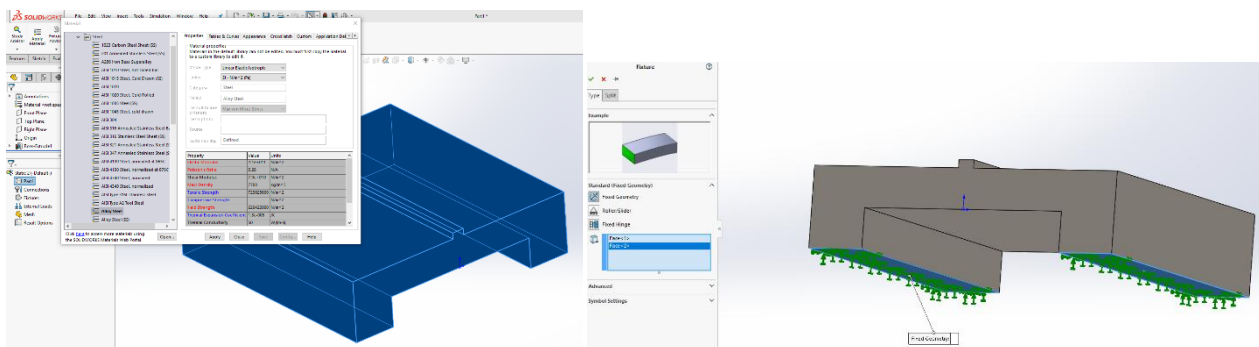


Рис. 2. Призначення матеріалу та призначення жорсткого закріплення

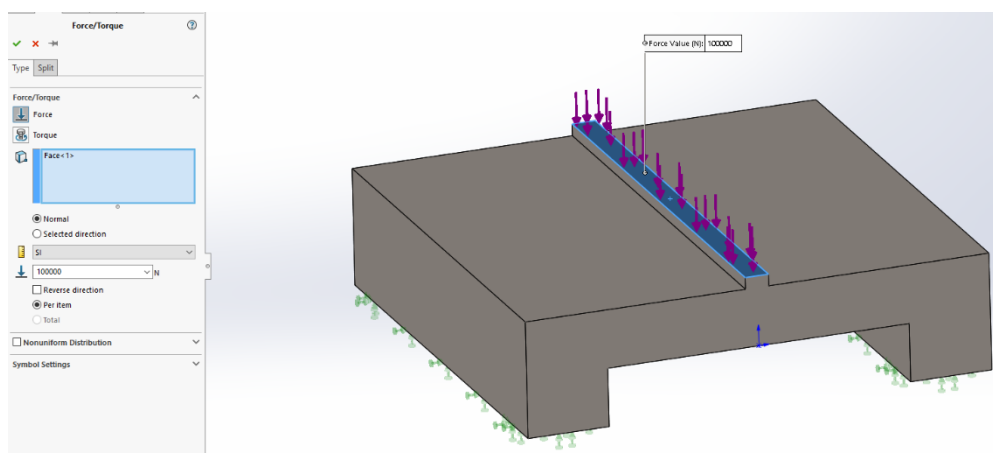


Рис. 3. Призначення напрямку дії зовнішньої сили

Далі задаємо сітку та запускаємо розрахунок. Отримуємо результати, за якими максимальне переміщення в деталі склало 0,053 мм.

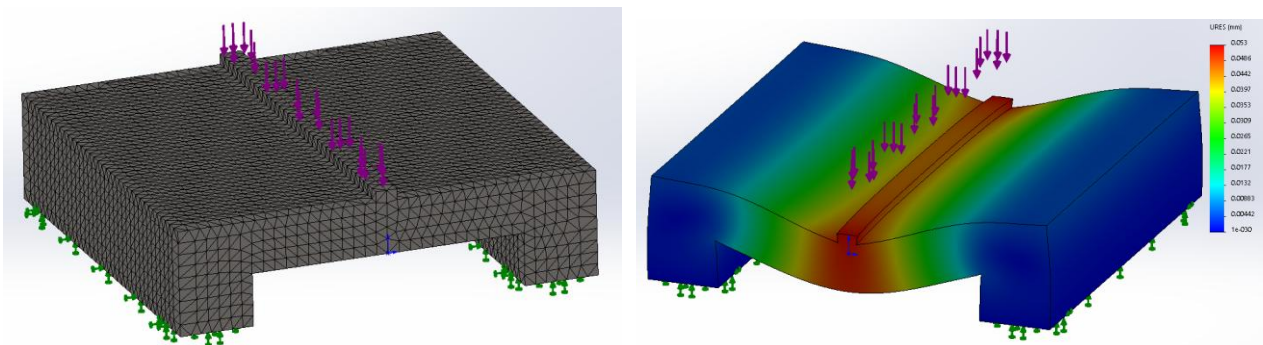


Рис. 4. Завдання сітки та результати розрахунку

Але нас цікавить не максимальний віджим деталі, а відхилення її оброблюваної поверхні. Визначимо переміщення точки O , яка знаходиться в центрі координат деталі. Так, її переміщення склало 0,0504 мм.

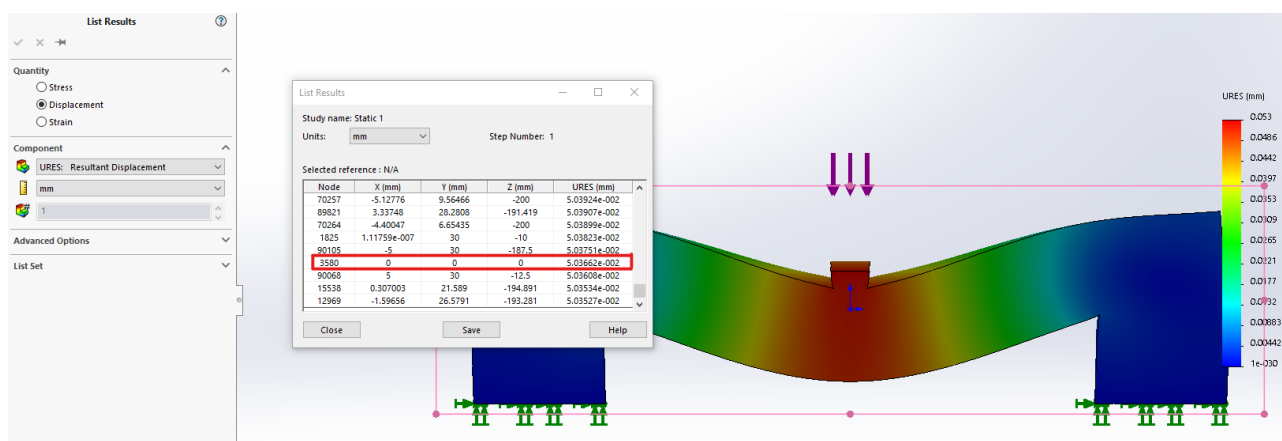


Рис. 5. Переміщення центру координат

Зменшенню похибки закріплення і підвищенню точності обробки можуть сприяти наступні заходи:

- вибір схеми базування, що забезпечує найбільшу стійкість заготовки;
- підвищення жорсткості стику опорних поверхні пристосування – базові поверхні заготовки, наприклад, за рахунок введення допоміжних опор;
- збільшення аж до 90° кута між напрямками зміщення ескізної бази й витриманого розміру;
- підвищення точності форми і зменшення шорсткості баз заготовок, зменшення коливань твердості заготовок;

- забезпечення постійності затискних сил, зокрема, за рахунок механізації приводів.

Висновки:

1. Похибки закріплення мають велику частку в загальній похибці обробки.
2. Частина похибки закріплення, пов'язану з деформацією заготовки під силами закріплення можливо порахувати за допомогою методу скінченних елементів.
3. За допомогою методу скінченних елементів можна розрахувати віджимання кожної точки поверхні, а не тільки загальну похибку закріплення.

Список використаних джерел

1. Соловьёв С.Ю. Анализ погрешностей обработки при фрезеровании корпусных деталей / С.Ю. Соловьёв, В.В. Медведев // Инженер. Студентський науково-технічний журнал. – Донецьк: ДонНТУ, 2012. – № 13. – С. 59-62.
2. Медведев В.В. Построение схем базирования в интеллектуальной системе автоматизированного проектирования технологических процессов методом полного перебора // Вісник Донбаської державної машинобудівної академії. – Краматорськ: ДДМА, 2012. – №2(27). – С. 72-75.
3. Сторож Б.Д. Скінченно-елементне моделювання закріплення тонкостінного кільця в трикулачковому патроні / Б.Д.Сторож, Р.Т.Карпик // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – Вінниця: ВНТУ, 2018. – №5. – С.79-84.
4. Копецкий А.А. Влияние упругих деформаций на погрешность формы при закреплении и обработке колец подшипников / А.А.Копецкий, В.А.Носенко, В.Н.Тышкевич, С.В.Орлов // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологи. – Орёл: ОГУ им. И.С.Тургенева, 2012. – №2-3(292). – С.103-108.
5. Савельева Л.В. Погрешность формы тонкостенной заготовки при закреплении / Л.В.Савельева, А.В.Брылев // Главный механик. – М.: Панорама, 2015. – №10. – С.30-34.