

УДК 681.327

О.О. Лещенко, асп.

Л.М. Щербак, д-р техн. наук, проф.

ВИМІРЮВАЛЬНА СКЛАДОВА В ІНТЕГРОВАНІХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЯХ ПРОЕКТУВАННЯ ТА ВИГОТОВЛЕННЯ ВИРОБІВ СКЛАДНОЇ ГЕОМЕТРИЧНОЇ КОНФІГУРАЦІЇ

Проаналізовано можливість використання вимірювальних інформаційних технологій у сучасному виробництві. На прикладі конкретної деталі виконано її контроль за трьома розрізами та визначено відхилення деталі в розрізах від її математичної моделі.

Use measuring information technologies in modern production - are analyzed. It is made checking the detail on three cuts and is determined deflections of the detail in cut from its mathematical model on example of the concrete detail.

Вступ

Проектування об'єктів (виробів, систем) – це складова життєвого циклу кожного об'єкта. З метою отримання виробів високої якості в необхідні часові терміни потрібно підвищувати ефективність і скорочувати терміни реалізації етапів життєвого циклу, що передують експлуатації. Особливо це стосується етапів проектування, оскільки тривалі строки і недостатня ефективність рішень щодо розроблення, можуть призвести до старіння виробу ще до введення його в експлуатацію і низької ефективності використання продукту.

Визначення геометричних характеристик і форми великогабаритних виробів у виробництві і в експлуатації, а також визначення розмірів і конфігурації їхніх поверхневих дефектів є актуальною проблемою. Найбільшого практичного застосування при визначенні геометричних характеристик виробів і їхньої форми тепер набули контактні методи вимірювання, що реалізовані в інформаційно-вимірювальних системах (ІВС), маніпуляторах типу “рука” і інших пристроях [1; 2]. Інформаційно-вимірювальна система – досить складна система з вимірювальним модулем, що має певну кількість рухливих елементів.

Математичний опис процесу керування рухливими елементами ІВС і обробка результатів вимірювань являють собою досить складне завдання. Значні труднощі виникають під час розв'язання задач у тривимірному просторі, у якому відбувається переміщення вимірювальної головки вимірювального модуля ІВС.

У процесі вимірювання вимірювальна головка ІВС виконує послідовні переміщення з наступним визначенням координат у кожній точці її контакту з поверхнею виробу.

Природно, що математичне відтворення поверхні з високою точністю потребує проведення безліч послідовних переміщень і вимірювань з наступною обробкою їх результатів.

Математичний опис складних просторових поверхонь виконують з використанням різних методів побудови тривимірних об'єктів. Методики вимірювань і оброблення їхніх результатів вимагають правильного установаження виробу з його строгою орієнтацією відносно координатних осей ІВС.

Для скорочення часу та вартості розроблення і випуску виробу складної геометричної форми в складі ІВС використовуються технології автоматизованого проектування (CAD), автоматизованого виробництва (CAM) та автоматизованого конструювання (CAE). У вітчизняній літературі всі ці системи називають САПР. Раніше контроль якості виробу був оснований на порівнянні його з кресленнями.

Останнім часом тривимірні CAD моделі стали використовуватися на виробництві замість креслень. Велика частина конструкторських даних передається субпідрядникам у вигляді CAD моделей, а не креслень [3].

Близько десяти років тому поверхнєве моделювання було основним видом опису об'єктів у більшості систем геометричного моделювання. На сьогодні ситуація змінюється дуже швидко – на зміну традиційним системам автоматизованого проектування приходять інтегровані CAD/CAM/CAE системи, в яких функціональні можливості геометричного ядра настільки розвинені, що дозволяють формувати твердотільні моделі, обмежені довільними криволінійними поверхнями. Найбільш відомі фірми-виробники твердотільного геометричного моделювання для CAD/CAM/CAE систем – ACIS (Spatial Technology), Parasolid (Unigraphics Solutions), ADEM, Power Solution (Delcam pls).

Аналіз досліджень і публікацій

Вирішенню завдання проектування та виготовлення великогабаритних виробів приділено багато уваги в публікаціях [1; 2; 4].

Для підвищення точності вимірювань великогабаритних виробів використовують:

- прецизійні оптичні масштабні лінійки;
- лазерні вимірювальні системи;
- лазерні далекоміри [5];
- одночасний контроль декількох щупами;
- лінійні двигуни із газовим змащенням [6].

Однак для якісного розв'язання цього складного завдання недостатньо застосувати традиційні методи вимірювання та програмного забезпечення. Проблемі САПР приділено багато уваги в публікаціях [3; 7; 8].

Постановка завдання – зробити контроль розрізів деталі за допомогою площини, визначити відхилення деталі в розрізах від її математичної моделі. Як необхідну документацію подано креслення деталі, яку треба проконтролювати по трьох розрізах: по осі деталі ($X = 0$) і по осях ребер ($X = +55$, $X = -55$). Положення контрольованих розрізів показано на рис. 1.

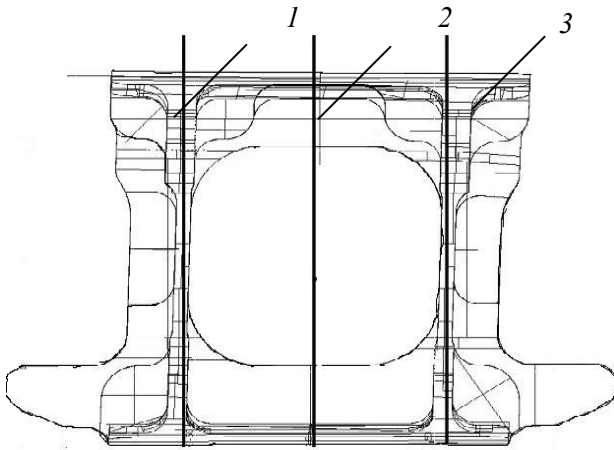


Рис. 1. Креслення деталі:
1, 3 – вісь ребра;
2 – вісь механізму

Вирішення завдання

Поставлене завдання виконано на Київському авіаційному заводі “Авіант”. У ході роботи було використано спеціальне програмне забезпечення фірми Delcam (США) та IBC Sigma – тривимірний вимірювальний пристрій, який за участю дослідника забезпечує обертання за шістьма осями і вимірювання лінійних та кутових розмірів складних деталей у тривимірному евклідовому просторі.

Фірма Delcam пропонує спеціалізовану систему PowerINSPECT, яку можна використовувати для прискорення і спрощення контролю штампів і пресформ, прототипів, деталей на всіх етапах виробництва.

По-перше, система PowerINSPECT цілком апаратно незалежна, забезпечує роботу із широким

спектром вимірювального устаткування (стаціонарні координатно-вимірювальні машини, портативні вимірювальні маніпулятори, оптичні та лазерні вимірювальні системи та ін.). Це дозволяє компаніям використовувати єдине програмне рішення з різними вимірювальними машинами, що скорочує час і витрати на навчання персоналу, спрощує роботу метрологічних служб, дозволяє випускати всі звіти в єдиному стандартному форматі.

По-друге, система PowerINSPECT дозволяє вирішувати широкий спектр завдань з контролю якості:

- вимірювання геометричних елементів;
- контроль розрізів;
- порівняння поверхонь із CAD моделями [3].

Основним завданням у розробленні програми PowerINSPECT було забезпечення можливості порівняння деталі із CAD моделлю. При цьому приділяли також увагу на спрощення і прискорення процедури контролю. Для виконання вимірювань CAD модель деталі зображували на екрані комп'ютера, а результати вимірювань відображали на цій моделі. Тому користувач завжди упевнений, що вимірювання виконано у потрібній точці.

Такий миттєвий зворотний зв'язок дозволяє користувачу також відразу прийняти рішення про потребу в додаткових вимірюваннях у потенційно проблемних областях [8].

Математична модель деталі

Використовуючи програмний модуль PowerSHAPE, який є одним з програмних продуктів серії PowerSOLUTION, знаходимо математичну модель деталі (рис. 2).



Рис. 2. Комп'ютерна модель деталі

Модель Power SHAPE – математичне подання реальної деталі. Модель створено з набору геометричних об'єктів (ліній, дуг, кривих та поверхонь), які разом створюють модель виробу.

Далі перетнемо деталь площинами, за якими потрібно виконати вимірювання (рис. 3).

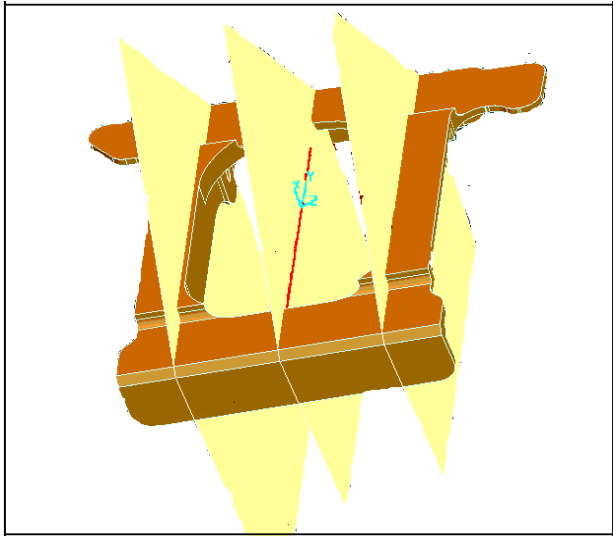


Рис. 3. Комп'ютерна модель деталі та площин, що її перетинають

Можна переміщувати розтинаючу площину по моделі, це дозволяє побачити внутрішній стан деталі. Якщо є активна локальна система координат, розтинаюча площина рухається паралельно її активній площині, якщо ж немає активної локальної системи координат – то паралельно площині екрана.

Система координат вимірювального пристрою та деталі

У програмному модулі всі моделі створюються в глобальному просторі з локальною системою координат.

Система координат визначає позицію кожного об'єкта в цьому просторі.

Проте на складніших моделях з похилими гранями дуже часто набагато простіше працювати в локальній системі координат Workplane, яка зв'язана з конкретною гранню. Але тільки одна система координат може бути активною в певний момент часу. Для створення об'єкта потрібно вказати його місцеположення в просторі. Будь-які координати об'єкта автоматично перетворюються з локальної системи координат у координати в глобальній системі координат. Отже, завдання координат – одна з найбільш значущих функцій в програмному забезпеченні САПР.

Необхідно сумістити систему координат вимірювального пристрою та систему координат математичної моделі, використовуючи програмний продукт PowerINSPECT серії PowerSOLUTION. Інакше кажучи “прив'язатися до деталі”, стосовно якої будуть проводитися вимірювання. Найчастіше користуються принципом збереження г щодо базо-

вих елементів деталі для того, щоб мінімізувати похибки.

На цій деталі не має явних геометричних баз, тому для використання методу суміщення за сукупністю контрольних точок знаходимо групу елементів: площину в основі деталі і бокову площину. При їх перетині знаходимо пряму. Визначаємо третю площину з боку деталі і перетнемо її вже одержаною прямою. У результаті одержуємо точку, по якій можна зробити прив'язку (рис. 4).

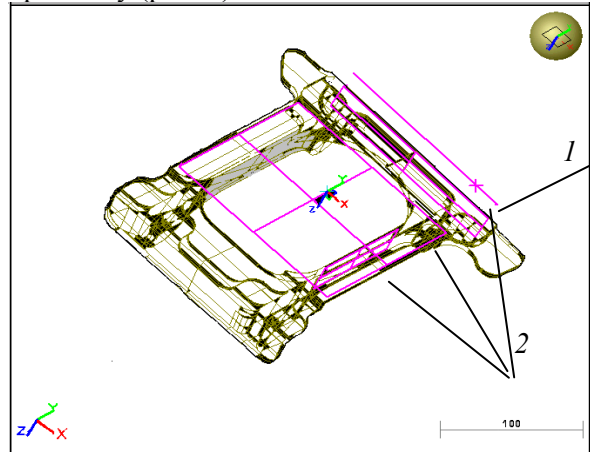


Рис. 4. Прив'язка деталі:

1 – точка, по якій виконується прив'язка;
2 – площини

Суміщення – “площина, пряма, точка”. Напрявлення прямої відповідає осі “-x”. Координати точки нам відомі з математичної моделі деталі, тому до неї легко можна прив'язатися.

Створення групи перевірки

Для попереднього оцінювання похибок вимірювання утворюють масив точок, знятих з деталі. Точки червоного кольору означають відхилення від математичної моделі більше допустимого. Груп перевірки можна створювати декілька – доти, доки похибка вимірювання не буде мінімальною (рис. 5).

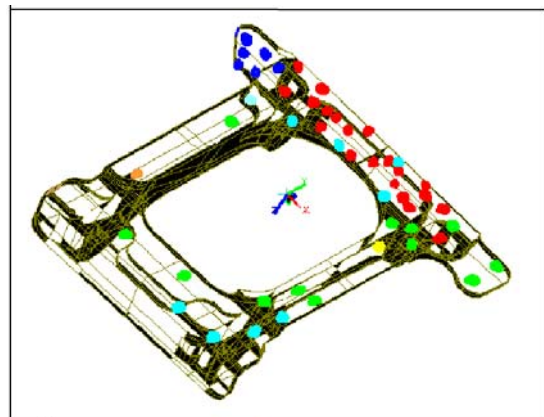


Рис. 5. Масив точок знятих на деталі

Результати вимірювання точок на деталі першої групи перевірки

Точка вимірювання	Допуск	Координати точок по осях			Відхилення точок від математичної моделі, мм			Загальне відхилення деталі від математичної моделі DL , мм
		X	Y	Z	dX	dY	dZ	
SP-1	0,200	111,157	88,382	7,500	0,000	0,000	-0,145	0,145
SP-2	0,200	113,248	74,712	7,500	0,000	0,000	-0,252	0,252
SP-3	0,200	113,995	62,932	7,500	0,000	0,000	-0,346	0,346
SP-4	0,200	110,574	87,831	7,500	0,000	0,000	-0,164	0,164
SP-5	0,200	104,327	89,286	7,500	0,000	0,000	-0,163	0,163
SP-6	0,200	95,960	91,308	7,500	0,000	0,000	-0,171	0,171
SP-7	0,200	83,680	92,871	7,500	0,000	0,000	-0,172	0,172
SP-8	0,200	80,118	97,905	7,500	0,000	0,000	-0,106	0,106
SP-9	0,200	65,681	99,962	7,500	0,000	0,000	-0,095	0,095
SP-10	0,200	51,301	100,941	7,500	0,000	0,000	-0,094	0,094
SP-11	0,200	33,788	101,584	7,500	0,000	0,000	-0,095	0,095
SP-12	0,200	16,470	102,862	7,500	0,000	0,000	-0,091	0,091
SP-13	0,200	-4,768	102,964	7,500	0,000	0,000	-0,093	0,093
SP-14	0,200	-15,899	103,453	7,500	0,000	0,000	-0,078	0,078
SP-15	0,200	-50,419	103,525	7,500	0,000	0,000	-0,077	0,077
SP-16	0,200	-65,133	103,639	7,500	0,000	0,000	-0,071	0,071
SP-17	0,200	-83,560	103,822	7,500	0,000	0,000	-0,044	0,044
SP-18	0,200	-94,981	97,072	7,500	0,000	0,000	-0,145	0,145
SP-19	0,200	-103,285	97,718	7,500	0,000	0,000	-0,125	0,125
SP-20	0,200	-112,324	98,682	7,500	0,000	0,000	-0,085	0,085
SP-21	0,200	-115,497	94,969	7,500	0,000	0,000	-0,107	0,107
SP-25	0,200	-112,442	87,035	7,500	0,000	0,000	-0,201	0,201
SP-26	0,200	-104,960	79,010	7,500	0,000	0,000	-0,328	0,328
SP-27	0,200	-98,575	76,536	7,500	0,000	0,000	-0,390	0,390

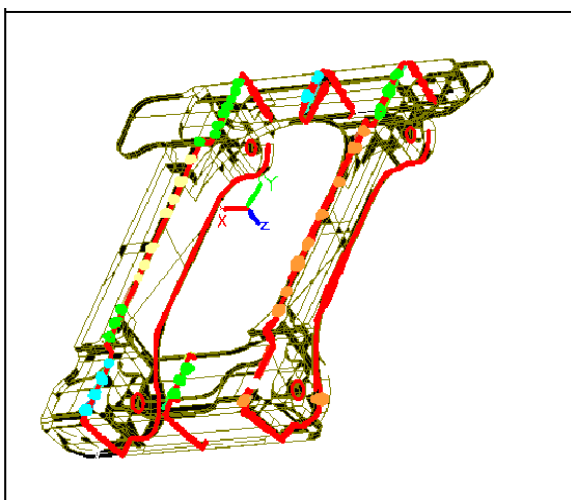


Рис. 6. Побудова розрізів на деталі

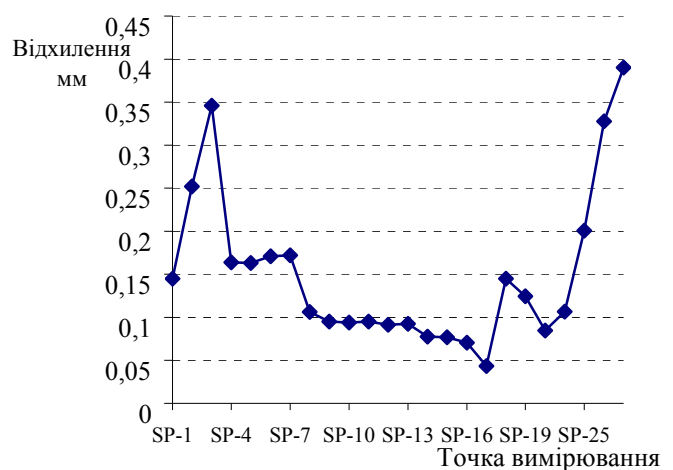


Рис. 7. Відхилення результатів вимірювань реальної деталі від її математичної моделі в точках SP-1, ..., SP-26

У цьому випадку використано три групи перевірки.

Тепер можна використати оптимізацію суміщення. Power INSPECT аналізує відхилення вимірних даних і намагається відрегулювати суміщення так, щоб математична модель максимально точно сумістилася з реальною деталлю.

Залежно від конструкції математичної моделі можна обертати та зміщувати модель одночасно, щоб підігнати її до точок, вимірних на деталі.

PowerINSPECT виконує розрахунок доти, доки математична модель не буде збігатися з реальними даними до максимально можливих значень. Щоразу, коли виконується розрахунок, цей процес називається ітерацією. Як тільки перевірку завершено, найкраще суміщення відображається кривою на графіку.

Крива має бути більш гладкою, оскільки загострення відображають точки, які не можуть бути суміщені з математичною моделлю із заданою похибкою.

Контроль розрізів проводять за допомогою програмного модуля PowerINSPECT, який містить убудовану функцію для контролю розрізу.

За допомогою IBC Sigma знімається масив точок у ділянках, які треба проконтролювати згідно з постановкою завдання – по осі деталі ($X = 0$) і по осях ребер ($X = +55$, $X = -55$), з допуском півміліметра ($R = 0,5$ мм).

PowerINSPECT відфільтрує точки так, щоб у новій групі перерізу розміщувались тільки ті точки, які є в межах допуску. Переріз відмічається лінією (рис. 6).

У результаті роботи за допомогою програмного модуля був сформований звіт, фрагменти якого зображено на рис. 7, а результати вимірювання наведено в таблиці. Геометричні параметри деталі з допустимою точністю збігаються з математичною моделлю. Відхилення максимальних розмірів у контрольованих розрізах не перевищують $+0,5$ мм.

У таблиці наведено основні параметри для точок першої групи перевірки. Отримані результати графічно зображено на рис. 7.

Висновки

За допомогою інтегрованих інформаційних технологій проектування виробів складної геометричної конфігурації на основі аналізу сучасного програмного забезпечення не тільки розв'язуються задачі визначення контролю розрізів деталі за допомогою площини, але й визначаються допустимі відхилення деталі в розрізах від її математичної моделі, що дозволяє вивчати геометричні особливості поверхонь великогабаритних виробів, а також відтворювати геометричну форму поверхні.

Література

1. *Ганиус А.А., Каспарйтис А. Ю., Модестов М.Б.* Координатные измерительные машины и их применение. – М.: Машиностроение, 1988. – 328 с.
2. *Ганиус А.А., Каспарйтис А.Ю.* Координатные измерительные машины // Станкостроение Литвы. – 1986. – №14. – С.5–11.
3. *Ли К.* Основы САПР (CAD/CAM/CAE). – СПб.: Питер, 2004. – 560 с.
4. *Кобринский А.Е., Коченов М.И., Подлазов С.С.* Координатная измерительная машина с ЧПУ для адаптивных систем станков // Станки и инструменты. – 1979. – №3. – С. 24–25.
5. *Шмаров В. Н.* Методы дистанционного контроля геометрических параметров крупногабаритных изделий: Дис... на соиск. учен. степ. д-ра техн. наук: –К., 2006.
6. *Пинечкин В.И.* Прецизионные опоры качения и опоры с газовой смазкой. – М.: Машиностроение, 1984. – 215 с.
7. *Будя А. П., Кононюк А. Е.* Справочник по САПР. – К.: Техніка, 1988. – 375 с.
8. *Червинский В.* Революционные технологии повышения производительности от Delcam // САПР и графика. – 2006. – №4. – С. 35–36.

Стаття надійшла до редакції 05.09.07.