

кривої розподілу, що характеризується одним або декількома критеріями статистичної некерваності процесу. Якщо результати перевірок не відповідають встановленим вимогам, то визначаються причини невідповідностей та розробляється план реагування за результатами статистичної оцінки, в якому ідентифікуються і вказуються засоби усунення особливих причин: технологічні можливості обладнання, засоби вимірювальної техніки, технологічний процес, а також джерело мінливості.

#### Список посилань

1. Айвазян С.А. Інструменти статистичного аналізу даних / С.А. Айвазян, В.С. Степанов - М.: Наука, 2000. – 302с.
2. Клячкин В.Н. Технология многомерного статистического контроля процесса / В.Н. Клячкин // Информационные технологии в проектировании и производстве. – 2002. – № 1. – С. 49-53.
3. Statgraphics Centurion XVII + Minitab 16 [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://mistergid.ru/pc/soft/36306-statgraphics-centurion-xvii-minitab-16.html>. – Назва екрану.

УДК 621.717-112.6

**Григор'єва Н. С., докт. техн.наук, професор**  
**Шабайкович В. А., докт. техн.наук, професор**

Луцький національний технічний університет, vik\_shabalkin@ukr.net

### ВІРТУАЛЬНА РОЗРОБКА МОДУЛЬНИХ СКЛАДАЛЬНИХ ПРОЦЕСІВ

Концепція віртуальної розробки модульних складальних процесів і технологічного обладнання, в тому числі і виробів, що виготовлятимуться в такому виробництві, полягає в одержанні динамічного віртуального образу на комп'ютері, технологічного та конструкційного інтерактивних середовищ, які включають в себе різні засоби, а також моделюючі, інформаційні та інтелектуальні ресурси.

Віртуалізація конструкційних розробок виробів і технологічного обладнання та оснащення передбачає наявність віртуальних суб'єктів конструкційного середовища і віртуальних форм їх взаємодії, в результаті чого повстає віртуальна конструкція виробу, котра проектується чи процес, що розробляється. Подібно при віртуалізації технологічних розробок передбачається наявність віртуальних суб'єктів технологічного середовища з віртуальними взаємозв'язками. При цьому під віртуальним суб'єктом розуміється сукупність технічних, апаратних і програмних засобів, які змінюються в часі в період його формування та є об'єднаними в цілісну структуру. При віртуалізації конструкції та технології інформаційні зв'язки мають бути гнучкими, а швидкість обміну інформацією достатньою для вирішення конструкційно-технологічних завдань в режимі реального часу.

Математичні моделі конструкцій складального виробу та складального обладнання забезпечують можливість їх проектування на високому рівні. В модель таких конструкцій закладається можливість здійснення модульного складання. Проектування оптимального варіанту конструкції пов'язане з вибраними критеріями, а проблема оптимізації як конструкції, так і модульної технології з реалізацією багатокритеріальних моделей. Для реалізації такого підходу можна використати відомі методи і алгоритми оптимізації, програмне забезпечення. Наприклад, в теперішній час засобом створення різних моделей автоматичного складання є версія 5.10 відомої системи тримірного твердотілого моделювання, проектування складальних конструкцій та технологій, їх автоматичного складання КОМПАС-3D фірми Askon.

Важливим елементом віртуалізації є застосування методів швидкого прототипування (*Rapid Prototyping*), які дозволяють виконувати оптимізацію конструкційно-технологічних рішень. В основі цих методів лежать процеси створення тримірних моделей об'єктів на базі об'ємного проекту виробу в CAD-системі з наступним виготовленням прототипу 3D-

моделі за допомогою методу стерелітографії *SLS*, *FDM*, *LOM* та інших, які скорочують процес виготовлення реальних взірців на 30% у порівнянні зі звичайними процесами. Так установка *SLA 500 (CША)* забезпечує виготовлення прототипів з великими габаритними розмірами. Виготовлення прототипів дозволяє одержувати їх концептуальні моделі, проводити їх аналіз, перевіряти і покращувати модульне складання.

Віртуальне представлення модульного складання матиме велике значення в майбутньому комп'ютерно-інтегрованому виробництві *CIM* оскільки в комп'ютерному середовищі можна швидко зробити креслення об'єктів конструкції, розробити оптимальний варіант технологічного процесу та переналагоджуване технологічне обладнання. Але головним при цьому є те, що відкривається можливість перегляду на комп'ютері варіантів віртуальної реалізації об'єктів з їх експлуатацією. Створюється майже ідеальна ситуація, коли при відсутності реальних технологій та конструкцій, відкривається можливість роботи з їх віртуальними прототипами. Особливо цінно те, що на підставі одержаних результатів з метою підвищення їх якості можна ввести всі необхідні зміни як в віртуальну так і реальну конструкцію об'єктів. Ні одна з відомих традиційних методик не забезпечить такі високі результати.

Технологія та конструкція віртуального інтерактивного модульного складання дозволяє отримати комп'ютерне адекватне відображення реальних об'єктів. Елементами такої технології та конструкції виступають математичні моделі: складального виробу, його вузлів і деталей, модульної технології, передбачуваної віртуальної їх експлуатації, одержаних конструкцій виробу та переналагоджуваного обладнання, оснащення, формування показників якості виробу та його модульної технології складання, формування показників якості, внесення покращувальних змін в віртуальні конструкцію та технологію за рахунок використання зворотних зв'язків.

Етапи розробки віртуальної модульної складальної технології включають: підготовчий, на якому вводяться всі необхідні програми, вхідні дані та встановлюються потрібні параметри і характеристики, котрі будуть базою віртуального модульного складання, розробка варіанту віртуального складання, послідуочого коректування віртуального модульного складання за вибраними критеріями, виконання необхідних розрахунків, коректування віртуального складання за одержаними результатами. На підставі одержаних даних проводиться формування модульного складання, визначення його показників якості, введення необхідних покращувальних змін в модульній складальний процес, перевірка реалізації одержаного модульного процесу та його видрук. За результатами віртуальної перевірки можна також покращувати варіант модульної технології на будь-яких етапах розробки.

Найбільш цікавим і плідним напрямком розробки модульних віртуальних складальних процесів є перевірка як віртуальної експлуатації складеного виробу, так і ходу протікання технологічних процесів і на підставі одержаних результатів проведення необхідних покращень в віртуальні модульні конструкції виробів, модульного обладнання, а також складальну технологію. Оптимізація віртуального модульного процесу складання та обладнання на останньому етапі розглядається, як реалізація зворотних зв'язків: експлуатація - конструкція - технологія. При значних змінах може виникнути необхідність в повторенні деяких окремих етапів віртуальної модульної складальної технології. При адекватній моделі віртуальної експлуатації виробу чи перебігу модульного складання можна отримати достатньо достовірні результати віртуальних досліджень і визначити конкретні заходи конструкційного та технологічного планів, направлених на підвищення якості.

На віртуально запроектований згідно віртуального модульного складального процесу виріб передбачається вплив різних чинників. Моделювання таких експлуатаційних процесів вимагає як їх встановлення, так і функціонально-фізичних зв'язків між окремими

показниками якості, конструкцією та технологією, тобто адекватного опису фізичних явищ, які протікають під час роботи виробу в заданих умовах. В загальному, можна відмітити деяку множину варіантів роботи виробу, котрі задовольняють заданим обмеженням і показникам якості, що їх забезпечують. А це приводить до встановлення таких варіантів, вибору методу вирішення поставленого завдання, побудови математичних моделей, їх чисельної оцінки тощо. При вирішенні таких завдань можуть бути корисними відомі методи, які дозволяють виконувати пошук без аналітично вираженої узагальненої функції мети.

При віртуальному проектуванні використовується комп'ютерне програмне забезпечення, а також нова мікропроцесорна техніка. Це в першу чергу стосується інтелектуальних, адаптивних, програмно-орієнтованих і інших систем. Заслужують уваги використання *Internet*-систем в *WEB*-інтегрованому складальному виробництві. На основі *Internet* в середовищі *CALS*-технологій з використанням *CASE*-засобів можна забезпечити оптимальну апаратну комплектацію.

#### Список посилань

1. Григор'єва Н.С. Науково-технологічні основи гнучкого модульного автоматичного складання виробів: [монографія] / Н.С. Григор'єва. - Луцьк: Надстир'я, 2008. -529 с.

УДК 621.923

**Бурькин В. В., канд. техн. наук**

**Клименко С. Ан., канд. техн. наук**

**Мельничук Ю. А., канд. техн. наук, ст. науч. сотрудник**

**Рыжов Ю. Э., канд. техн. наук**

**Муковоз С. Ю., ведущий инженер**

Институт сверхтвердых материалов НАН Украины, г. Киев, atmu@meta.ua

#### **ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ КРОМОК СОТОВЫХ ПАНЕЛЕЙ ПЕРЕД ВАКУУМНОЙ ПАЙКОЙ**

Теплозащитные плиточные конструкции, изготовленные из жаростойких материалов, широко применяются для защиты корпусов космических аппаратов (КА). В качестве высокотемпературных, жаростойких материалов для изготовления плиток теплозащитной конструкции используют углерод-углеродные композиционные материалы, жаростойкие металлические сплавы и конструкционную керамику. Установлено, что самые лучшие прочностные характеристики имеют теплозащитные плитки с корпусом из углерод-углеродных композиционных материалов и плитки с наружной трехслойной сотовой панелью из жаростойкого сплава.

Герметизация зазоров между плитками осуществляется вакуумной пайкой соединительных стыков. Для устранения на стыках оксидной пленки, жировых пятен, эмульсий и других загрязнений используют различные способы подготовки поверхностей. Подготовка поверхностей под пайку проводится способом, при выборе которого учитывают: конфигурацию паза; химический состав металлов; твердость поверхностного слоя; структуру и фазовый состав металла; состояние поверхности, включая величину зерна, шероховатость, степень и вид загрязнения, искаженность решетки поверхностного слоя.

В настоящее время в качестве жаропрочного материала применяют покрытие из порошкового сплава на основе Ni-Cr, специально разработанного для использования в теплозащитных конструкциях многоразовых КА. Для обеспечения чистой поверхности стыков до Ra 0.8 используют механические и химические методы подготовки поверхностей под пайку.