

Проектиране и изработване на леярски модели на декоративни елементи в CAD/CAM среда

доц. д-р Й. Петрова, доц. д-р Зл. Македонски, гл.ас. Р. Рангелов, инж. Й. Иванов

Анотация: Приложен е методът за бързо изготвяне на прототипи (*Rapid Prototyping*), посредством проектиране и изработване на формообразуващи елементи на леярски модели за декоративни елементи в специализирана CAD/CAM среда – Туре 3. Създадени са 2D и 3D модели на декоративните елементи, въз основа на които в САМ среда е проектиран технологичен процес за механично обработване на формообразуващите елементи за леярските модели, които са изработени върху ММ с ЦПУ *Mesametric 1525*. Адаптиран е методът вакуумно формование за получаването на леярски модели.

Ключови думи: *Rapid Prototyping*, специализирана CAD/CAM система, вакуумно формование.

1. Въведение

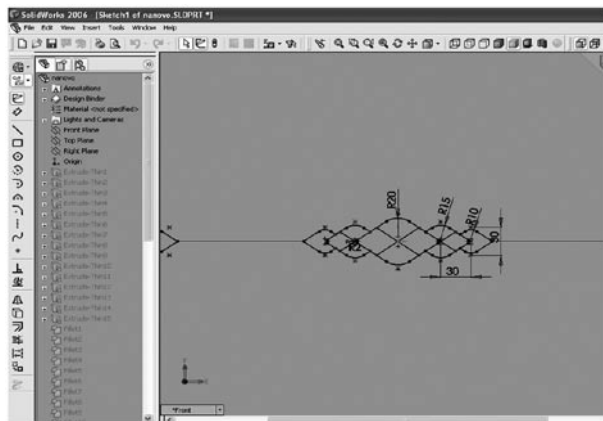
Декоративните елементи, използвани най-често за украшение на мебели, жилищни сгради, фасади на здания, учреждения и други строителни съоръжения и изделия, използвани в интериора и екстериора на сградите се отнасят към групата на т.нар. архитектурни детайли със сложни обемно профилни повърхнини.

По-задълбоченото проучване дава основание да се направи най-общата констатация, че тази група детайли се характеризират с големи размери в едно от направленията, с голямо разнообразие на сложни съчетания от обемно профилни повърхнини, със сравнително ниски изисквания за точност на размерите и с високи изисквания по отношение на точност на формата, взаимното разположение и чистота на повърхнините.

Ясно очертаните тенденции към усложняване на формите на скулптурните детайли са достатъчна мотивация за производителите на подобни изделия да прилагат методи за съкращаване на сроковете за проектиране и бързо изготвяне на прототипи, и в същото време е гаранция за успеха на изделието и просъществуването на фирмите в условията на силна конкуренция.

В тази връзка, безспорно, най-перспективни за обработване на декоративни детайли с обемни профилни повърхнини се оказват методите за бързо изработване на изделия, респективно на формообразуващи инструменти със сложни и свободно изкривени повърхнини, известни под наименованието **FFF (Fast Free Form Fabrication)** [1,2].

Целта на настоящата работа е бързо изготвяне на прототипи, посредством проектиране и изработване на формообразуващи елементи на леярски модели за декоративни елементи в специализирана CAD/CAM среда.



Фигура 1

2. Създаване на 2D модел на изделието в CAD среда

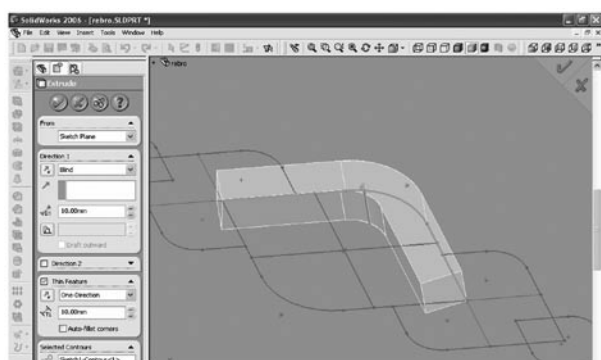
Методът на изграждане на декоративните елементи на базата на 2D примитиви, с помощта на функции от CAD програмата SolidWorks е в основата на изграждането на 3D леярски модели. При изграждане на графичното изображение на база двумерния работен чертеж на декоративните елементи непрекъснато се налагат промени на отделни части от него, а в много случаи и на цялото графично изображение на обекта. За извършване на подобни преобразувания се използват т. нар. координатни трансформации, реализирани чрез трансформационни матрици.

При създаването на 2D геометричния модел на декоративния елемент са използвани функции за изчертаване на линии и закръгления между тях в средата на Solid Works. На всеки един от елементите се „придават“ връзки, които го правят напълно дефиниран в пространството, с което отпада вероятността да бъде деформиран или променен при начертаване на следващ такъв или при използване на функции за задаване на размери, мащабиране, изтегляне, разтягане и др.

3. Създаване на 3D модел на изделието CAD среда

При тримерното проектиране на реални тримерни обекти могат да се използват различни геометрични елементи: линии, пространствени криви, равнини, повърхнини от втори порядък, а също така и елементарни обеми, наречени *обемни примитиви*.

Декоративният елемент е представен като обемен 3D модел, създаването на който започва с построяването на 2D графични примитиви в конструктивна равнина, избрана или допълнително ориентирана така, че да съвпада с проекционната равнина.



Фигура 2

Чрез задаване на дълбочината Z на тази равнина автоматично се получава третата координата на въвеждащите точки.

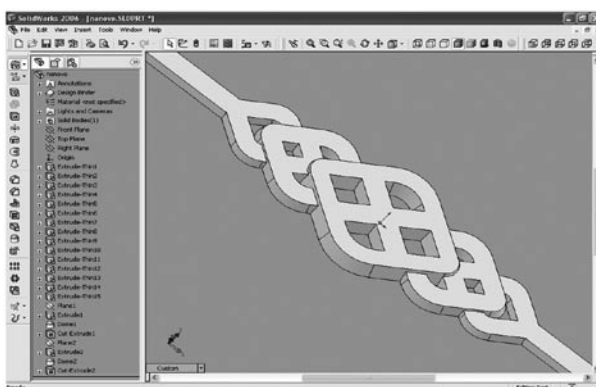
Основната функция за създаването на тримерния модел на декоративния елемент е функцията *Extruded Boss/Base*. Чрез нея на всеки един двумерен обект от скицата се придава обем, който може да бъде коригиран чрез подфункции (фиг. 2).

За получаване на желаната форма на обемния примитив се извършват следните задължителни действия: задава се височина на изтегляне (DI), ширина на задава се височина на изтегляне (DI), ширина на обема спрямо примитива ($Mid\ plane$).

С обединяване на отделните обемни примитиви се получава желаната форма на декоративния орнамент (фиг. 3).

За пълно оформяне на декоративния елемент, с два допълнителни орнамента с по-специфична форма се използват спомагателни повърхнини ($Plane\ 1$, $Plane\ 2$), разположени перпендикулярно на равнината на основната скица ($Front\ plane$), в които се начертават отделни скици.

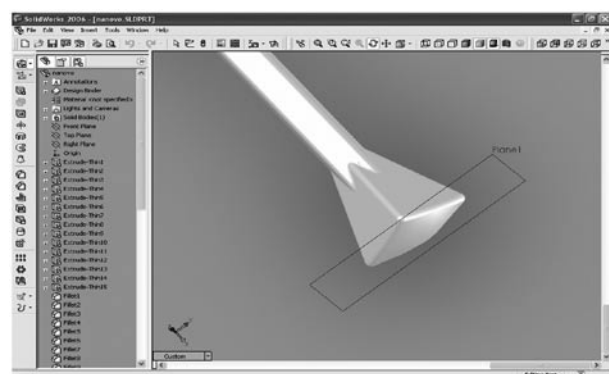
За естетично оформяне на допълнителните обемни примитиви се задава издуване на завършващата повърхност чрез функцията ($Dome$).



Фигура 3

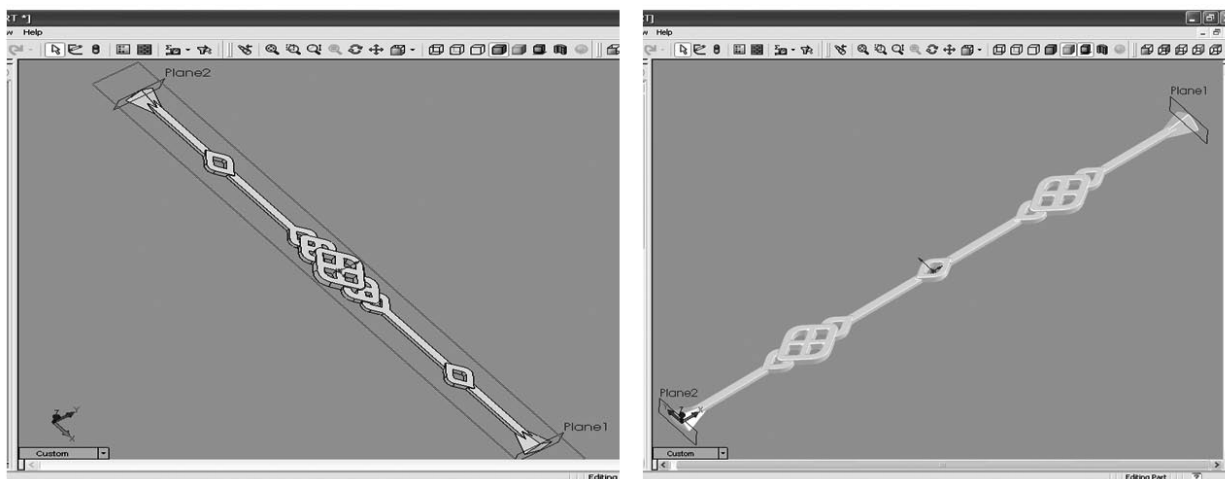
За естетично оформяне на допълнителните обемни примитиви се задава издуване на завършващата повърхност чрез функцията ($Dome$).

За окончателно оформяне на тримерния модел на декоративния елемент се използва функция за закръгляване на ръбове (*Fillet*) – фиг.4. Информацията за отделните елементи се обработва и по определени правила се сглобява обемният модел на изделието.



Фигура 4

По този начин може да бъде създадена цяла гама от еднотипни декоративни елементи, изградени от различно съчетание на обемни примитиви (фиг.5.)



Фигура 5

4. Проектиране на формообразувания елемент на леярски модел в САМ среда

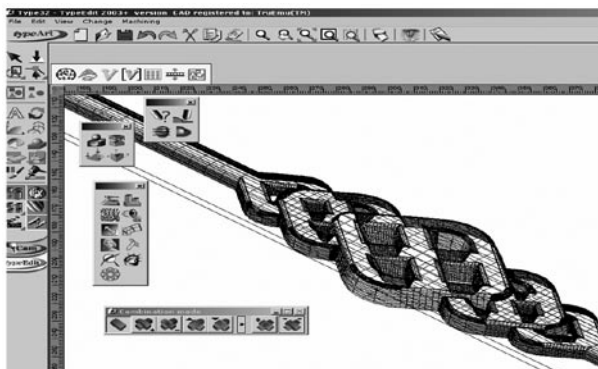
За проектиране на формообразувателните елементи на леярските модели, които представляват негативни модели на декоративните елементи от фиг.5, е използван програмния продукт **Type edit 2003**, който представлява САД/САМ система, изградена от 3 модула – Type edit, Type art и САМ part.

Модулът **Type edit** има почти всички стандартни функции на една САД /САМ система и се използва предимно за обработка на двумерни чертежи, като могат да се чертаят детайли или да се въвеждат (Import) вече създадени детайли с различно разширение (dxf, eps, iges и др.). За тримерни обекти се използват файлове с разширение IGES.

В модула **Type Art**, тримерният модел се преобразува от обект, съставен от криви в обект, съставен от повърхнини. Подобно преобразуване се налага, тъй като в действителност се изработва негативния модел на създадения 3D модел на декоративния елемент

Със специална опция на модула **Type Art** от обекта, съставен от криви се генерира негатива на обекта (фиг.6). За целта, тримерният модел се позиционира в началото на координатната система и задължително се задава максималната координата по ос Z .

При дефиниране на координатна система, началото ѝ се разполага така, че да съвпада със Zmax. За преобразуване на кривите в повърхнини е необходимо предварително комбиниране на отделните повърхнини, което може да се осъществи по няколко различни метода, в зависимост от това, какво тяло трябва да се получи.



Фигура 6

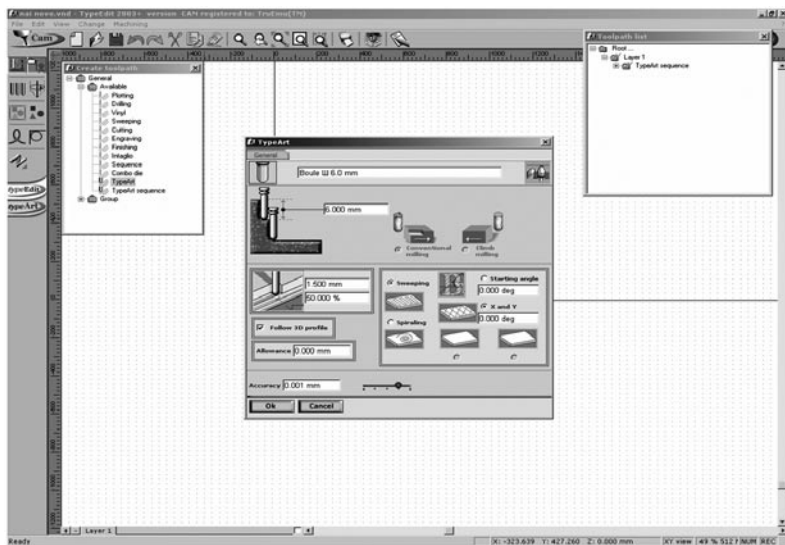
Със специална функция, съответстваща на избрания метод за комбиниране на повърхнините автоматично се генерира повърхност.

При използването на функцията за създаване на повърхнина е възможно да се допуснат грешки, изразяващи се в неточности по повърхнината. В модула **Type Art** е предоставена възможност за коригиране на грешките или неточностите по повърхнината чрез използване на специалните функции в подмодула **Sculpt art** . Ръчно, чрез използване на инструментариума на подмодула повърхнините могат да се моделират и по този начин да се отстранят грешките.

След обработването на модела в Type Art се преминава в модула **CAM Part** (фиг. 7), чрез който се проектира технологичната операция за механично обработване на негативния модел. Избира се метод на обработване, технологични преходи, стратегията (вид) на рязане и вид на инструмента. Задават се подавателна скорост, скорост на връзване на инструмента и честотата на въртене на вретеното, в зависимост от инструменталния и обработваемия материал.

Програмният продукт Type edit се използва най-вече като софтуер за фрезови машини с CNC управление (2,5D и 3D).

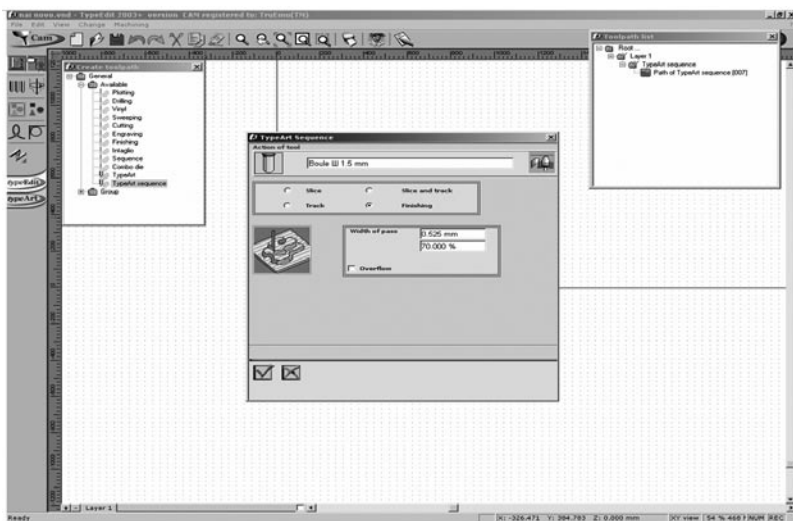
Технологичният процес за декоративните елементи включва грубо и чисто фрезование по контур на профилните повърхнини.



Фигура 7

За грубо обработване на повърхнината се използва инструмент палцева фреза със сферична глава с диаметър 6 mm. Стратегията на обработване е растерен тип с припокриване от 1,5 mm и следване на 3D профила на тримерния модел с цел отнемане на големи слоеве материал и съкращаване на машинното време (фиг. 7). Дълбочината на връзване на инструмента в материала е 6 mm, а подаването на зъб за 1 оборот на вретеното при различните материали на изходната заготовка е както следва (за MDF – 0,20-0,38 и за PVC – 0,25-0,50 mm/об).

За фино обработване на профила (*finishing*), е приета същата стратегия на обработване -растерен тип на рязане *type art sequence* (фиг. 9) с припокриване е 0,525 mm и обхождане на 3D профила на тримерния модел. По-голямото припокриване способства за получаване на по-висока чистота на обработваната повърхност, но същевременно води до увеличаване на времето за обработване. Използва се инструмент със сферична глава, но с по-малък диаметър – 1,5 mm, което предполага и по-малка дълбочина на връзване на инструмента в материала – 1 mm и по-малки подавания.



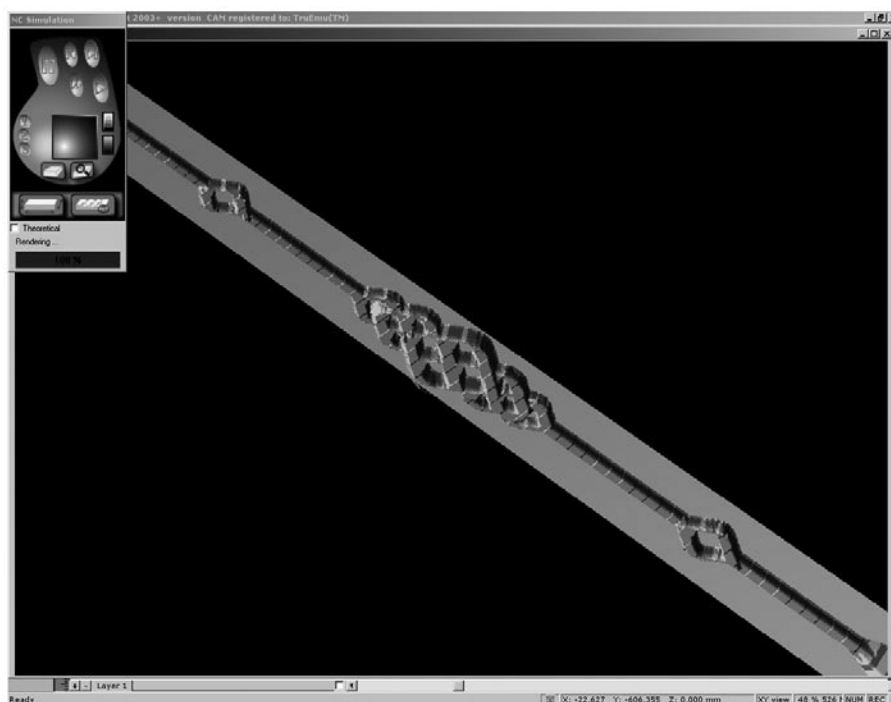
Фигура 8

За конкретните детайли са изследвани няколко технологични процеса като е използвано една и съща стратегия на обработване с различно припокриване.

Компютърната симулация на изработването на тримерния модел дава възможност да се установят възможните неточности при обработването, които могат да се коригират чрез избор на по-подходящ инструмент или смяна на режима на рязане.

Програмата дава информация за размерите на заготовката, информация за машинното време и точността на обработване. Чрез сравнителен анализ при критерии време за обработване и чистота на обработваната повърхнина е избран оптималният вариант на технологичния процес.

Изработването на формообразуващите елементи на леярските модели (фиг. 9) е извършено на машина с ЦПУ Mecanumeric 1525. Машината е снабдена с работна маса с размери 2,5 x 1,5m, към която са включени две вакуум помпи, създаващи възможност за закрепване на заготовките без използване на допълнителни приспособления. Четири (4) позиционен инструментален магазин позволява автоматична смяна на инструментите за 5 sek.



Фигура 9

Мотор-вретеното **GIORDANO COLOMBO RC 90** е с безстепенно регулиране, с максимална мощност 4 kW, максимална честота на въртене от $30\,000\text{ min}^{-1}$, максимална подавателна скорост $15\,000\text{ mm/min}$ и охлаждане с въздух под налягане 10 атмосфери. Скоростта се регулира чрез промяна на захранващото напрежение на вретено.

5. Изработване на метални модели и кокили за отливане на декоративни елементи

След изработване на негативната форма от MDF или PVC тя се обмазва с разделител и кухнята и се запълва с епоксиден компаунд или с гипс. След втвърдяване, залятата в кухнята смес се изважда. Полученото тяло се използва като *промодел или модел – майка*. Чрез него, с помощта на вакуумно формование се отливат метални (Al – Si) работни модели.

Използването на метода вакуумно формование гарантира получаването на точни по размери и форма отливки с висока чистота на повърхнините, които могат да служат за работни леярски модели.

Методът вакуумно формование дава възможност за изработване и на чугунена кокила за рзглежданите декоративни елементи. За целта, върху описаната по-горе негативна форма на изделието, изработена от материал MDF или PVC е необходимо да бъдат оформени (обработени) допълнително леякова и вентилационна системи. Така получените „модели“ на кокилата се вентилират (в ниските части се оформят отвори за отвеждане на въздуха), след което се отливат от чугун.

Отливане на алуминиеви модели се използва в случаите когато декоративните орнаменти са чугунени, а изработване на кокила – когато орнаментите са от алуминиева сплав.

6. Заключение

Извършеното литературно и маркетингово проучване, отчитането на конкретните условия на производството и комплексната оценка за ефективността от прилагането на FFFF методите, поради много високата им цена, дава основание да се направят следните най-общии констатации и изводи:

1. Приложеният метод за бързо изготвяне на прототипи (Rapid Prototyping), посредством проектиране и изработване на формообразуващи елементи на леярски модели за декоративни елементи в специализирана CAD/CAM среда – Туре 3 за разглежданите декоративни елементи е високо ефективен.
2. Проектираните 2D и 3D модели на декоративните елементи в CAD среда създава реални условия за мултиплициране на ефекта чрез генериране на гама от подобни изделия с различно компоноване на елементарните обемни примитиви.
3. Използваната специализирана CAM среда е гъвкава, дава възможност за проектиране на оптимални по време и точност технологични процеси за изработване на декоративните елементи и генерира NC код, който е използван директно за изработване на формообразуващите елементи за леярските модели върху MM с ЦПУ Mecanumeric 1525.
4. Адаптирането на метода вакуумно формоване за получаване на работни леярски модели гарантира получаването на точни по размери и форма отливки с висока чистота на повърхнините.

7. Литература

1. Тодоров, Н., Г. Тодоров: Бързото изграждане на прототипи (Rapid Prototyping) – технология на днешния ден (I част), сп. Машиностроене, бр.9, сс 49-52, 1999
2. Kai SS, Jacob GGK and Mei T.: Interface between CAD and Rapid Prototyping systems, Part 2, LMI – An Improved Interface, Int J. Adv. Manuf. Technol. Vol. 13, pp 571-576, 1997
3. М. Койчев, Изследване на процесите за бързо изработване на прототипи и формообразуващи инструменти на база компютърни модели”, Дисертация, 2008
4. Паралелен инженеринг (Технология за Rapid Prototyping и Rapid Tooling), 2003.
5. Ангелов Г., Зл. Македонски, П. Добрев: Вакумно формоване, Техника, 1985.

Доц. д-р Йорданка Петрова – Технически университет – София, *e-mail: jtp@tu-sofia.bg*

Доц. д-р Златко Македонски – Технически университет – София, *e-mail: artcostmac@mail.bg*

Гл.ас. Рангел Рангелов – Технически университет – София, *e-mail:rafo@tu-sofia.bg*

Инж. Йордан Иванов – Технически университет – София.