

УДК 621.74.045

Федоров М. М., Тренкіна М. В., Лютий Р. В.

СУЧАСНІ СПОСОБИ ВИГОТОВЛЕННЯ МАЙСТЕР-МОДЕЛЕЙ ЮВЕЛІРНИХ ВИРОБІВ В ТЕХНОЛОГІЧНОМУ ПРОЦЕСІ ЛИТТЯ ЗА ВИПЛАВЛЮВАНИМИ МОДЕЛЯМИ

Необхідною попередньою стадією технологічного процесу лиття ювелірних виробів за виплавлюваними моделями є виготовлення майстер-моделі (зразка-еталону). За допомогою майстер-моделі виготовляють гумову прес-форму, призначену для виробництва воскових виплавлюваних моделей ювелірних виробів – «восківок».

Розробляють і виготовляють майстер-моделі, як правило, висококваліфіковані ювеліри. На спеціалізованих ювелірних підприємствах майстер-моделі розробляють дизайнери-модельєри. Ювелір-модельєр вручну виготовляє зі спеціального модельного воску для різьблення майстер-модель за дизайнерським ескізом.

Дизайн моделі являє собою момент створення, народження ідеї нового ювелірного продукту. Принципи ювелірного дизайну й практичні рекомендації з ескізного проектування ювелірних виробів докладно виклав відомий ювелірний дизайнер Лоуренс Калленберг у своїй праці [1].

Не зважаючи на сучасні технології, які дозволяють відливати найбільш складні форми, дизайнеру-модельєру необхідно бути обізнаним у технологічних процесах ювелірного лиття, насамперед, в оцінюванні технологічності конструкції ювелірних виливків.

Цілями даної роботи є:

- визначення вимог щодо конструювання технологічних майстер-моделей ювелірних виливків;
- огляд сучасних способів виготовлення майстер-моделей ювелірних виливків в технологічному процесі лиття за виплавлюваними моделями;
- огляд сучасних спеціалізованих програмних продуктів для 3D-моделювання майстер-моделей ювелірних виливків;
- практична реалізація побудови 3D майстер-моделі авторського ювелірного виробу в програмі Matrix[®].

У якісному плані майстер-модель повинна бути виконана ідеально, без дефектів, оскільки будь-який поверхневий дефект відтворюється в гумовій прес-формі й, у свою чергу, у восківці, у порожнині ливарної форми й, врешті-решт, у виливку.

Майстер-модель повинна бути виготовлена зі сплаву з достатньо високим ступенем твердості: це дозволить підвищити її зносостійкість, що особливо актуально при виготовленні майстер-моделі виробу, який має великий попит, тобто коли необхідно буде використовувати майстер-модель для виготовлення великої кількості гумових прес-форм.

Найбільш часто для виготовлення майстер-моделей застосовують мідно-нікелевий сплав – нейзильбер (50 % нікелю, 30 % міді, 20 % цинку). На готову майстер-модель рекомендують наносити гальванічним способом шар нікелю або родію для одержання гладкої й твердої поверхні. Такі покриття є блискучими й міцними й дозволяють одержати більш високий ступінь фінішної обробки, збільшують зносостійкість і створюють відштовхувальний шар, який захищає від корозії й окиснення, що особливо важливо на етапі вулканізації звичайної сирової гуми.

При виготовленні майстер-моделі необхідно враховувати, що при наступній операції лиття за виплавлюваними моделями метал буде давати усадку. Також майстер-модель повинна враховувати величину усадки гуми й воску, припуски на обпилювання й полірування.

Таким чином, необхідно передбачати припуски на усадку, які визначаються дослідним шляхом, але не більше ніж 5...6 % від заданої розмірної величини.

Усадка гуми в середньому становить 2...3 %, сплавів золота – 1,2...1,5 %. Наприклад, майстер-модель кільця діаметром 16 мм повинна бути виготовлена розміром 16,5 мм [2]. Після виготовлення майстер-моделі до неї припаюють живильник діаметром 2...3 мм. Кінці живильників виконують у формі конуса за розміром, що відповідає розміру сопла воскового інжектора. Живильник – дуже важлива й відповідальна частина ливниково-живильної системи у ювелірному литті. Живильник повинен гарантувати ідеальне заповнення всіх порожнин форми й служити в якості резервуара рідкого металу для компенсації об'ємної усадки сплаву у виливку при його твердінні. Якщо живильник не виконує функцію підживлення, то утворюється ливарний дефект – усадкова поруватість із характерною дендритною структурою (рис. 1). Якщо такий дефект знаходиться усередині виливка, то естетичних проблем не виникає, однак найчастіше усадкова поруватість проявляється на поверхні виливка й, залежно від ступеня дефекту, його піддають виправленню або виливок пускають цілком у відходи.

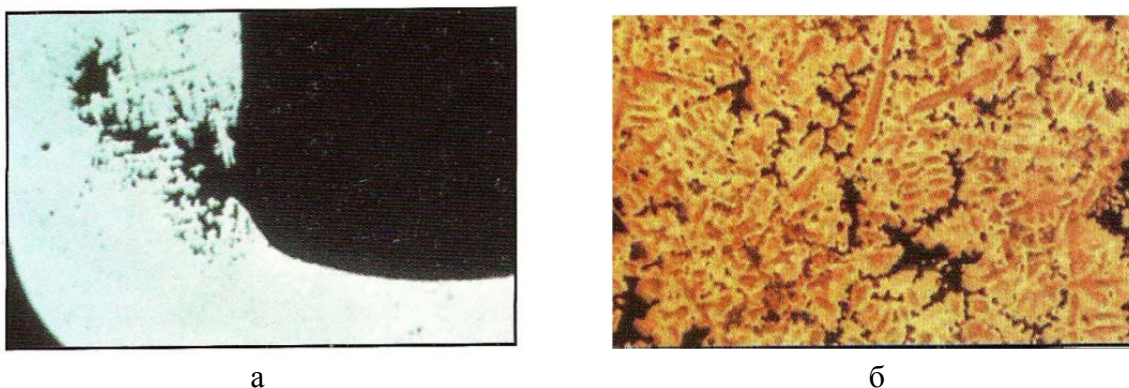


Рис. 1. Усадкова поруватість у ювелірному виливку:
а – на зрізі виробу; б – на металографічному шліфі

Для забезпечення максимально повного заповнення металом порожнини форми й формування якісного виливка в процесі його кристалізації слід дотримуватися певних вимог до конструювання ливникової системи майстер-моделей:

- забезпечувати легке заповнення порожнини ливарної форми;
- уникати Т-подібного (таврового) з'єднання живильника зі стінкою моделі;
- враховувати, що тонкий живильник у порівнянні з товщиною стінки виливка викликає появу усадкових раковин;
- для складних за формою майстер-моделей живильники потрібно виконувати у вигляді декількох розгалужень;
- у разі, коли необхідно використовувати більше, ніж один живильник, усі живильники повинні бути з'єднані разом і, якщо можливо, у загальній точці (бажано в цій точці виконати стовщення, щоб утворився додатковий живильний резервуар);
- приєднувати живильники до товстих стінок майстер-моделі;
- створювати умови для більш рівномірного охолодження виливка, що зменшить небезпеку появи внутрішніх напружень, короблення й тріщин;
- живильники не повинні мати гострих кутів або поворотів;
- розплав повинен заливатися до порожнини у форми без турбулентності, щоб уникнути проникнення газів, які можуть призвести до утворення поруватості у виливках;
- різкі кути й вигини в ливниковій системі можуть призвести також до облому шматків формомаси й занесенню їх розплавом до порожнини форми, що призведе до браку;
- якщо модель має товстий перетин, який передує тонкому, а потім знову товстий перетин, то слід використовувати декілька живильників.

Після конструювання майстер-моделі з воску її відливають в металі методом лиття за виплавлюваними моделями й обробляють поверхню, наносячи гальванічним способом шар захисного металевого покриття.

У теперішній час створення ювелірного виробу нового дизайну здійснюється з використанням різноманітних САД-систем комп'ютерного об'ємного моделювання, які дозволяють одержати тривимірну модель виробу, яка буде використана в подальшому виготовленні майстер-моделі.

Подальша робота з виготовлення майстер-моделі виконується на гравірувально-фрезерних верстатах із числовим програмним управлінням (ЧПУ) різноманітних конфігурацій. Сучасні моделі таких верстатів є малогабаритними, з можливістю їх монтажу безпосередньо на робочому столі в одному ряді з принтером і сканером. Подібне обладнання сьогодні пропонують такі фірми-виробники, як: Roland, Cielle, Solidscape, 3D-systems та ін.

Процедура створення майстер-моделей на гравірувально-фрезерних верстатах із ЧПУ, так само як і при традиційному ручному способі виготовлення, починається із втілення ідеї дизайнера на папері у вигляді ескізу або рисунка. Після цього відскановане зображення зацифровується (векторизується) у будь-якій із доступних графічних програм (CorelDraw[®], Adobillustrator[®] та ін.).

У теперішній час існує чимало спеціалізованих програмних продуктів для ювелірного моделювання: RhinoGold[®] (рис. 2); 3Design CAD[®] (рис. 3); ArtCAM Jewel Smith[®] (рис. 4); ZBrush[®] (рис. 5); Blender[®] (рис. 6); Solid Works[®] (рис. 7); Matrix[®] (рис. 8) та ін. Практично кожний із вище перелічених програмних продуктів поряд з незаперечними перевагами має свої недоліки, головним із яких є порівняно висока вартість для вітчизняного користувача. Стандартний набір функцій цих програм включає такі можливості як: створення 3D-моделі, швидке й зручне редагування вже існуючих моделей або даних сканування (3D-сканери), можливість додавання технологічних ухилів, ливників, можливі розрахунки маси виробу, величини усадки, часу виготовлення. Незаперечною перевагою комп'ютерного моделювання є те, що вже на цьому початковому етапі моделювання, коли до кінцевого виробу ще далеко, можна оцінити його зовнішній вигляд, вагу, технологічність, за необхідності внести конструктивні зміни.

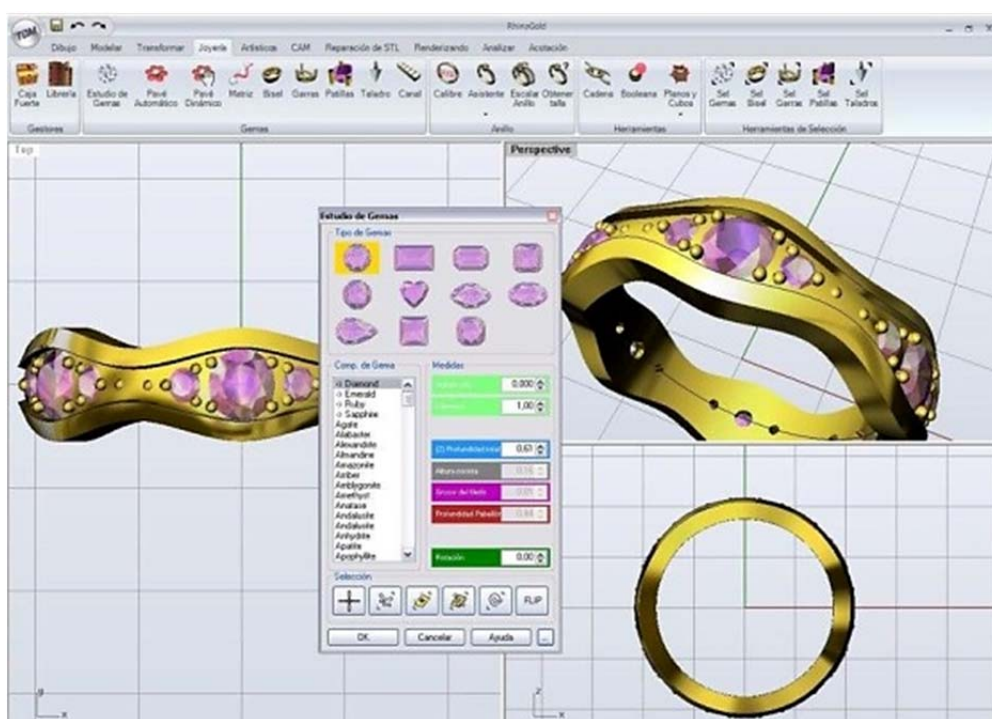


Рис. 2. Програма для моделювання майстер-моделей ювелірних виробів RhinoGold[®]



Рис. 3. Програма для моделювання майстер-моделей ювелірних виробів 3Design CAD®



Рис. 4. Програма для моделювання майстер-моделей ювелірних виробів ArtCAM Jewel Smith®

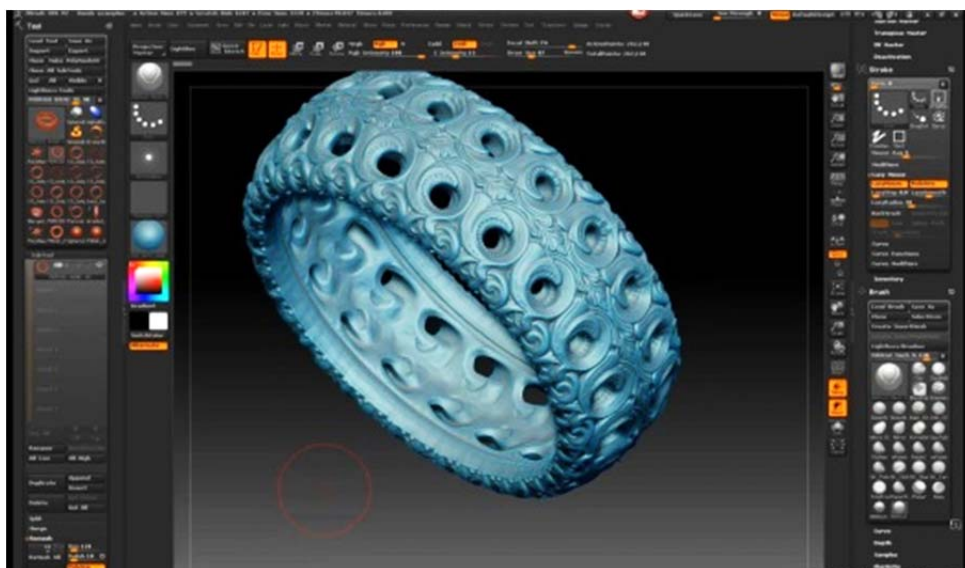


Рис. 5. Програма для моделювання майстер-моделей ювелірних виробів ZBrush®

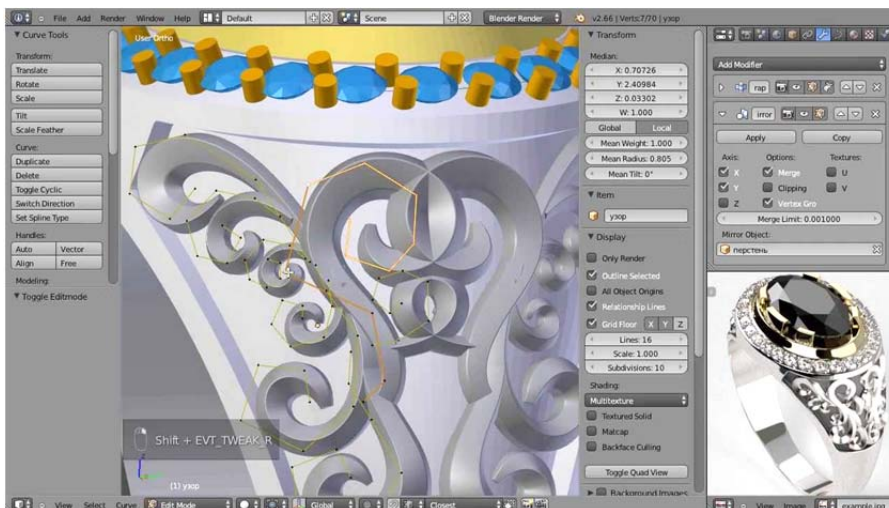


Рис. 6. Програма для моделювання майстер-моделей ювелірних виробів Blender®

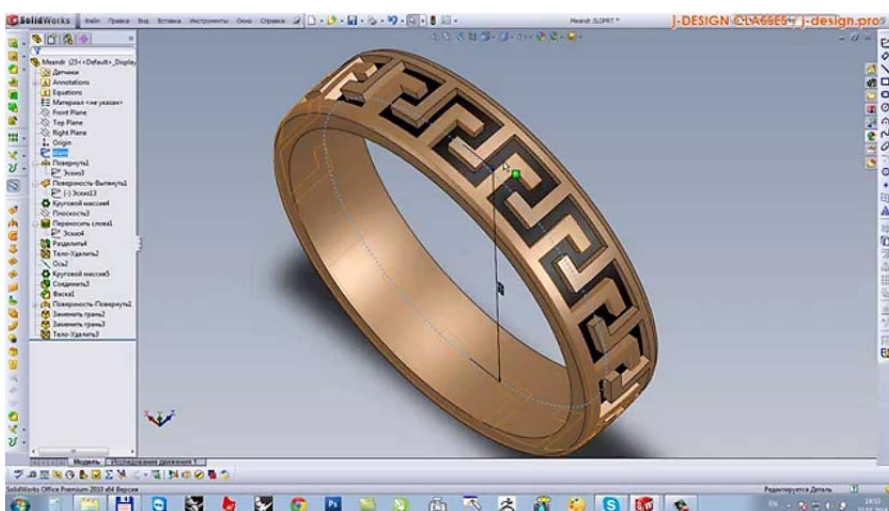


Рис. 7. Програма для моделювання майстер-моделей ювелірних виробів Solid Works®

У даній роботі в якості моделюючої програми для створення 3D майстер-моделі авторської ювелірної прикраси – кільця «Гармонія» була використана програма Matrix®, що є плагіном CAD / CAM системи Rhinoceros, розробленим спеціально для ювелірного моделювання (рис. 8).

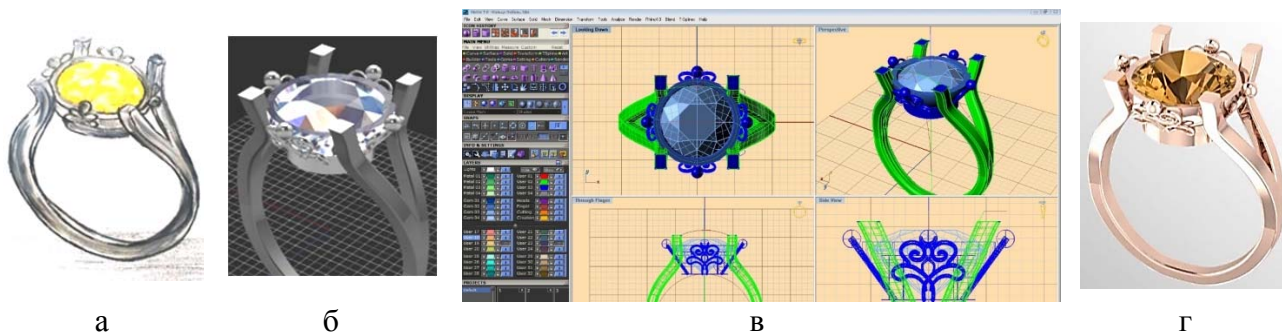


Рис. 8. Етапи створення майстер-моделі авторського ювелірного виробу – кільця «Гармонія» з використанням програми Matrix®:
 а – ескіз виробу на папері; б, в – етапи побудови 3D майстер-моделі; г – готова 3D майстер-модель

Програма Matrix® має ряд переваг в порівнянні з іншими вищезазначеними програмами: великий набір специфічних функцій і інструментів для створення реалістичних майстер-моделей; можливість обчислення маси і розрахунку оптимальної кількості ювелірних каменів в кожній деталі конструкції; можливість створення «презентації» виробу з метою демонстрації закінченого вигляду ювелірної прикраси, що особливо важливо при затвердженні моделі замовником; збереження файлу з моделлю в форматі *.stl (стереолітографія) з подальшим експортуванням на 3D-принтер або верстат з ЧПУ.

Наступним етапом роботи з виготовлення майстер-моделі ювелірного виробу є створення керівної програми для верстата з ЧПУ (верстат комплектується відповідним пакетом програмного забезпечення). Процес написання керівних програм є практично повністю автоматизованим. У більшості випадків потрібно тільки обрати робочий інструмент, задати швидкості його переміщення й обертання, вказати робочу область і товщину шарів матеріалу, що підлягають зрізанню. Усю подальшу роботу виконує комп'ютер спільно з верстатом. Витратними матеріалами для таких систем є спеціальні модельні воски для різьблення. Приклад фрагменту гравірувально-фрезерного верстата з ЧПУ Revo540CX наведено на рис. 9 [3].

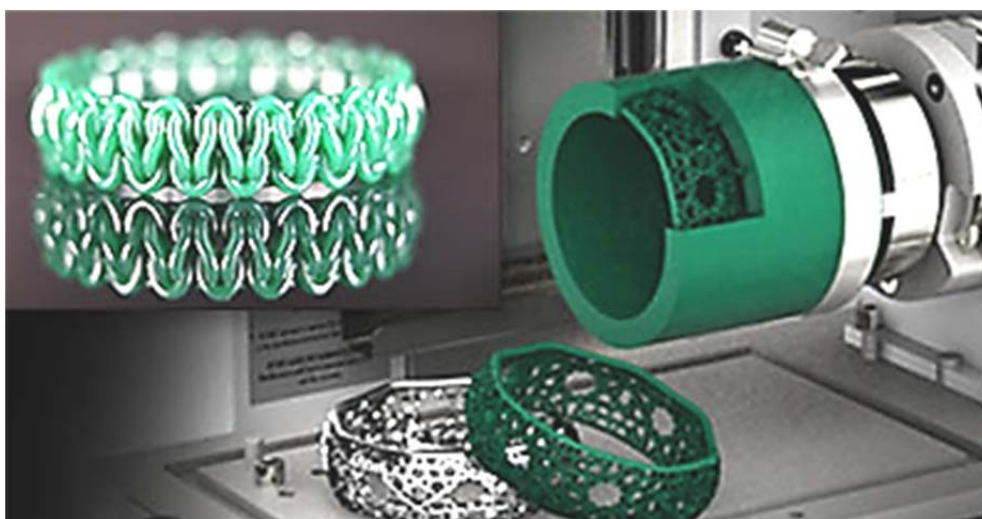


Рис. 9. Фрагмент гравірувально-фрезерного верстата з ЧПУ Revo540CX

ВИСНОВКИ

Визначені основні вимоги щодо конструювання технологічних майстер-моделей ювелірних виливків. Здійснено огляд: сучасних способів виготовлення майстер-моделей ювелірних виливків стосовно технологічного процесу лиття за виплавленими моделями; сучасних спеціалізованих програмних продуктів для 3D-моделювання майстер-моделей ювелірних виливків. Здійснена практична реалізація побудови 3D майстер-моделі авторського ювелірного виробу в програмі Matrix®.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Калленберг Л. Моделирование из воска для ювелиров и скульпторов : пер. с англ. / Лоуренс Калленберг. – Омск : Дедал-Пресс, 2004. – 256 с.
2. Халилов И. Х. Ювелирное литье / И. Х. Халилов, М. И. Халилов. – Махачкала : ДагПолиграф, 2000. – 104 с.
3. Компания Gemvision: моделювання за воском [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://gemvision.com/global>.