

ВИРОБНИЦТВО МЕТАЛУРГІЙНОЇ ОСНАСТКИ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ЛИВАРНИХ ФОРМ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ТРИВИМІРНОГО ПРОТОТИПУВАННЯ

Ковалевський С. В., Королевський Д. М.

В данной работе представлены результаты замены существующего технологического процесса изготовления модельной оснастки вручную из древесины с применением вспомогательного оборудования на способ трехмерного прототипирования. Рассмотрены особенности существующей технологии изготовления моделей и элементов модельного комплекта, перечислено требуемое оборудование, материал и виды работ. Раскрыты недостатки традиционной технологии. Показано, что, используя технологию трехмерного прототипирования, возможна печать оболочковых моделей, с минимальным заполнением массива модели, при этом сохраняя качество и стойкость к разрушению при формовке. Это приводит к экономии времени печати и материала, из которого производится модель. Продемонстрировано поэтапно изготовления модельной оснастки по технологии (FDM), построения модели путем послойного наплавления, которое повторяет контуры цифровой модели. Выполнен расчет времени и количества материала для изготовления модельного комплекта с помощью программного обеспечения Ultimaker Cura. Так же с помощью этого программного обеспечения произведен перевод STL модели в управляющий G-код и подготовлен к печати. Выполнено сравнение двух материалов для изготовления моделей ABS и PLA, продемонстрировано преимущество и возможность применения пластика ABS в литейном производстве для изготовления форм по моделям. Проведен анализ и сделаны выводы на основе двух сравнительных технологических расчетов производства модельных комплектов ручным способом и используя трехмерное прототипирование. В качестве объекта принят существующий технологический процесс изготовления модельного комплекта «Крышка». Анализ показал снижение себестоимости за счет уменьшения трудоемкости, количества материала, затрат на электроэнергию и технологического времени для расчета расходов.

Ключевые слова: трехмерное прототипирование, модельный комплект, оболочковая модель, Ultimaker Cura, 3D печать, технология FDM.

У даній роботі представлені результати заміни існуючого технологічного процесу виготовлення модельної оснастки вручну з деревини із застосуванням допоміжного обладнання на спосіб тривимірної прототипування. Розглянуто особливості існуючої технології виготовлення моделей і елементів модельного комплекту, перераховано необхідне обладнання, матеріал і види робіт. Розкрито недоліки традиційної технології. Показано, що, використовуючи технологію тривимірної прототипування, можливий друк оболонкових моделей, з мінімальним заповненням масиву моделі, при цьому зберігаючи якість і стійкість до руйнування при формуванні. Це призводить до економії часу друку та матеріалу, з якого виробляється модель. Продемонстровано поетапно виготовлення модельної оснастки за технологією (FDM), побудови моделі шляхом пошарового наплавлення, яке повторює контури цифрової моделі. Виконано розрахунок часу та кількості матеріалу для виготовлення модельного комплекту за допомогою програмного забезпечення Ultimaker Cura. Так само за допомогою цього програмного забезпечення проведений переклад STL моделі в керуючий G-код і підготовлений до друку. Виконано порівняння двох матеріалів для виготовлення моделей ABS і PLA, продемонстровано перевагу і можливість застосування пластика ABS в ливарному виробництві для виготовлення форм по моделям. Проведено аналіз і зроблені висновки на основі двох порівняльних технологічних розрахунків виробництва модельних комплектів ручним

способом і використовуючи тривимірне прототипування. Як об'єкт прийнятий існуючий технологічний процес виготовлення модельного комплекту «Кришка». Аналіз показав зниження собівартості за рахунок зменшення трудомісткості, кількості матеріалу, витрат на електроенергію і технологічного часу для розрахунку витрат.

Ключові слова: тривимірне прототипування, модельний комплект, оболонкова модель, Ultimaker Cura, 3D печать, технологія FDM.

This paper presents the results of replacing the existing technological process of making model equipment manually from wood using auxiliary equipment for a three-dimensional prototyping method. The features of the existing technology of manufacturing models and elements of the model kit are considered, the required equipment, material and types of work are listed. Revealed the disadvantages of traditional technology. It is shown that using the technology of three-dimensional prototyping it is possible to print shell models, with minimal filling of the model array, while maintaining quality and resistance to fracture during molding. This saves printing time and material from which the model is made. The production of model equipment by technology (FDM) for building a model by layer-by-layer welding, which follows the contours of a digital model, is demonstrated in stages. The calculation of the time and amount of material for the manufacture of a model kit using the software Ultimaker Cura. Also with the help of this software, the STL model was translated into a control G-code and prepared for printing. Comparison of two materials for the manufacture of models of ABS and PLA is made, the advantage and the possibility of using ABS plastic in the foundry for the manufacture of molds by model is demonstrated. The analysis was carried out and conclusions were drawn based on two comparative technological calculations for the production of model sets by hand and using three-dimensional prototyping. The existing technological process of manufacturing the “Cap” model kit was taken as an object. The analysis showed a reduction in cost due to a decrease in labor intensity, the amount of material, electricity costs and technological time for calculating costs.

Keywords: three-dimensional prototyping, model kit, shell model, Ultimaker Cura, 3D printing, FDM technology.

Ковалевский С. В.

д-р техн. наук, проф., зав. каф. ТМ ДГМА
kovalevskii@ddma.donetsk.ua

Королевский Д. М.

магистр ДГМА

ДГМА – Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск.

УДК 004.356.2

Ковалевський С. В., Королевський Д. М.

ВИРОБНИЦТВО МЕТАЛУРГІЙНОЇ ОСНАСТКИ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ЛИВАРНИХ ФОРМ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ТРИВИМІРНОГО ПРОТОТИПУВАННЯ

Відомо, що в загальному процесі технологічного забезпечення виробництва виливків велику роль відіграє технологічне оснащення [1]. На сьогоднішній день тривають пошуки нових способів виготовлення дешевої, якісної і надійної продукції. Підприємства прагнуть застосувати нові технології методи і матеріали. Сучасними технологіями отримання виливків застосовується лиття по виплавлюваних і випалюваних моделях. До переваг цих технологій відноситься: можливість отримання виливків складної конфігурації, разове виготовлення прес-форм, низькі витрати на матеріали, зниження трудовитрат, точність виготовлення виливків, економія електроенергії, порівняно невелика вартість обладнання, що застосовується. До недоліків відносяться: необхідність створення спеціальних ділянок, виділення шкідливих речовин в ході термічного видалення моделей, складність модельного оснащення [2] [3].

Метою роботи є зниження трудомісткості, а також зменшення часу на підготовку технічної документації завдяки застосуванню 3D друку для виготовлення модельних комплектів. Розрахунок економії проводився на основі двох технологій:

- виготовлення модельних комплектів традиційним способом з деревини;
- застосуванням 3D друку за технологією FDM пластиком ABS або PLA.

Як об'єкт прийнятий модельний комплекс «Кришка» (рис. 1)

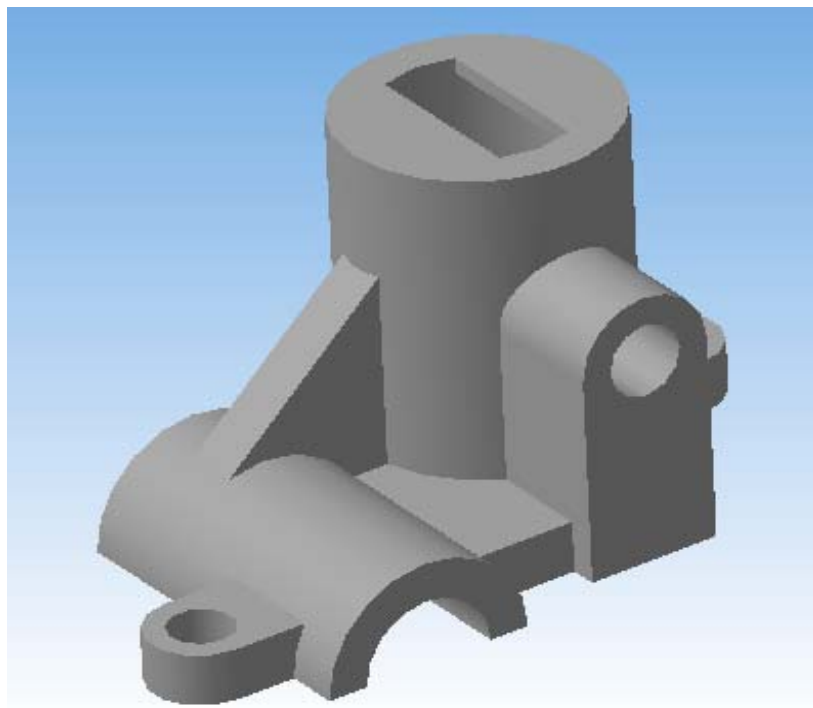


Рис. 1. Деталь-представник

Традиційний спосіб виробництва модельного комплексу має на увазі виготовлення моделі, ливникової системи і випорів ручним способом з використанням допоміжного обладнання, представлено в таблицях 1–2. Послідовність процесу виготовлення модельного комплексу:

- викреслити згідно креслення всі види і розрізи;
- виконати заготовку циліндричних і радіальних частин для подальшої обробки на токарних і фрезерних верстатах;
- зібрати заготовки в єдину конструкцію, доопрацювати вручну;
- ливникову систему виготовити окремо фіксувати на моделі згідно креслення;
- заготовки випорів точити;
- на всіх елементах модельного комплексу встановити підйоми для вилучення з форми.

Матеріали для виготовлення модельного комплексу представлено в таблиці 3. Вихідні дані одержані з існуючого техпроцесу.

Таблиця 1

Види робіт, професія, розряд і норма часу на виготовлення модельного комплексу з деревини

Види робіт	Професія	Розряд	Трудомісткість, н/г
Модельні роботи	Модельщик	5 розряд	16–30 н/г
Токарні роботи	Токар	4 розряд	0–48 н/г
Молярні роботи	Маляр	3 розряд	1–54 н/г

Таблиця 2

Допоміжне обладнання для виготовлення модельного комплексу

Назва обладнання	Модель верстата	Споживча потужність кВт	Витрачено на виготовлення кВт
Станок фуговальний	СФ-4	3,0 кВт	0,5 кВт
Станок рейсмусовий	Ср 6-9	8,6 кВт	2,0 кВт
Пила лінточнопилна	Centauro 900	7,5 кВт	4,0 кВт
Токарний станок	ТД200-04	2,0 кВт	1,2 кВт
Шліфувальний станок	ШлДБ-6	4,5 кВт	3,0 кВт

Таблиця 3

Необхідні матеріали для виготовлення модельного комплексу

Найменування		Кількість, кг, м ³
Пиломатеріали	Сосна 2-сорт	0,012 м ³
Цвяхи	40 мм	0,08 кг
Клей	ПВА	0,092 кг
Фарба	НЦ-132К	0,015 кг
Шпаклівка	НЦ-008	0,017 кг
Фанера	ФК 4мм	0,00033 м ³

Недоліки: висока трудомісткість, великі витрати на матеріали, кількість персоналу, що приймає участь у виготовленні модельного комплексу, невелика стійкість модельного комплексу, мала номенклатура виготовлення модельних комплектів, не стабільні властивості деревини через навколишню середу, що призводить до порушення геометричних форм модельних комплектів, низька точність при ручній обробці модельних комплектів.

Спосіб тривимірного прототипування за технологією FDM включає наступні етапи:

- створення тривимірної моделі в STL форматі;
- генерування G-коду в програмному забезпеченні Ultimaker Cura;
- підготовка 3D принтера до роботи;
- друк 3D об'єкта;
- фінішна обробка моделі;

Технологія FDM є найбільш поширеною, передбачає виготовлення моделі шляхом пошарового наплавлення, що повторюють контури цифрової моделі [4]. На рис. 2 показана тривимірна модель в STL форматі, яка завантажена в програмне забезпечення Ultimaker Cura для генерування G-коду, (якщо на моделі присутні нависаючі місця, програма генерує елементи підтримки, які в подальшому видаляються вручну механічним шляхом) і попереднього розрахунку витрат на виготовлення моделі.

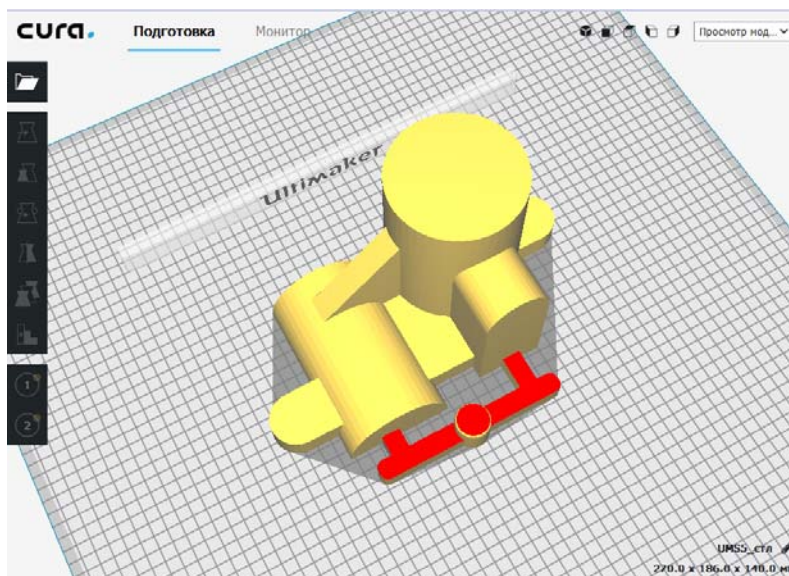


Рис. 3. Згенерована тривимірна модель з урахуванням ливникової системи для друку в програмному забезпеченні Ultimaker Cura

Програмне забезпечення Ultimaker Cura застосовується для підготовки друку тривимірних моделей на принтерах різних марок та моделей. Один з кращих слайсерів для управління 3D принтерами і 3D друку.

Програма автоматично орієнтує тривимірну модель в віртуальному просторі робочої камери. Параметри друку представлені в таблицях 4, 5.

Таблиця 4

Параметри печаті пластиком ABS

Тип матеріалу	ABS
Висота шару мм	0,3
Ширина лінії мм	0,8
Товщина стінки мм	1,0
Щільність заповнення %	15
Температура сопла, градуси	245
Температура столу, градуси	85
Швидкість печаті мм/сек	100

Таблиця 5

Параметри печаті пластиком PLA

Тип матеріалу	PLA
Висота шару мм	0,3
Ширина лінії мм	0,8
Товщина стінки мм	1,0
Щільність заповнення %	15
Температура сопла, градуси	200
Температура столу, градуси	60
Швидкість печаті мм/сек	100

Порівняння даних двох матеріалів для виготовлення модельних комплектів ABS і PLA після прорахунку програмного забезпечення Ultimaker Cura для обрання найвигіднішого:

– час витрачений на виготовлення моделі з ливниковою системою і чотирьох випорів з пластика ABS склало 12 годин 16 хвилин, з пластика PLA 11 годин 52 хвилини

– оперативний час постобробки після виготовлення моделі склав для двох пластиків однаково – 30 хвилин.

– кількість матеріалу з щільністю заповнення модельного комплекту на 15 % склало 86,49 метрів ABS пластику або 605 грам для PLA 87.94 метрів або 697 грам.

В наслідок порівняння двох матеріалів час друку пластиком PLA від пластика ABS менше на 24 хвилини, при цьому витрати матеріалу збільшились на 92 грами.

Порівнюючи переваги і недоліки, можна сказати, що для виготовлення модельних комплектів за допомогою 3D печаті вигідніше використовувати пластик ABS. Він має низку переваг в відмінності від PLA пластика: стійкий до впливу кислот, довговічність, простота обробки, ударостійкість, можливість отримання найрізноманітніших виробів.

Після прорахунку STL моделі отриманий результат у вигляді G-коду спрямовується в керуючий блок 3D принтера для друку моделі пластиком ABS. Далі готову модель доопрацьовують, прибирають залишки підтримок механічним шляхом та шліфують поверхню.

Перевага технології тривимірного прототипування в тому, що вона дозволяє друкувати оболонкові моделі з мінімальним внутрішнім заповненням. Це дозволяє економити на кількості матеріалу, знизити витрати на матеріал, оскільки адитивні технології практично безвідходні, крім цього, з'являється можливість виготовлення унікальних моделей. При цьому досягається розмірна точність моделей, економія площ для встановлення обладнання, економія електроенергії.

ВИСНОВКИ

На підставі порівняння двох варіантів виготовлення модельних комплектів проявилися переваги запропонованого варіанта як по зниженню трудомісткості і зменшення кількості робочих, так і по зменшенню витрат на матеріали, оскільки виготовляється оболонкова модель з внутрішнім заповненням тіла моделі лише на 15 %. Після порівнянь двох матеріалів ABS і PLA пластика було обрано для виготовлення моделей пластик ABS, який переважно підходить за його технічними характеристиками для виготовлення ливарних форм по моделям. За запропонованим варіантом можна виготовляти моделі високої складності, що дозволяє використовувати більш точні технології лиття в піщані форми і додаткове зниження трудомісткості виготовлення механовиробів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Сучасні підходи до виготовлення ливарної технологічної оснастки / Мельников А. П., Садох М. А., Голуб Д. М., Акуліч В. Л., Яцевич Н. А. // *Литво і металургія*. – 2014. – Випуск № 1. – С. 113 с.
2. Дорошенко В. С. 3D-технології при литті металів / В. С. Дорошенко // *ЛитвоУкраїни*. – 2013. – Випуск № 3. – 151 с.
3. Кочкин Е. Сучасний підхід до традиційної технології. Досвід впровадження методів прямого цифрового виготовлення деталей в технологію лиття по випалюваних моделях / Е. Кочкин, А. Сапожников, Е. Чаплинський // *Розумне виробництво*. – 2014. – Випуск № 25.
4. Адитивні технології – динамічний розвиток виробництва / О. Н. Гончарова, Ю. М. Бережної, Е. Н. Бессарабов, Е. А. Кадамов, Т. М. Гайнутдинов, Е. М. Нагопетьян, В. М. Ковина // *Інженерний вісник Дону*. – 2016 р. – Випуск № 4. – 12 с.

Стаття надійшла до редакції 11.03.2018 р.