

By Susan Sciortino, Stratasy Inc.

ОГЛЯД

Видувне формування – це виробничий процес у якому тиск повітря наповнює нагрітий пластик у порожнину форми. Він використовується для виробництва порожнистих пластикових тонкостінних деталей, наприклад пляшок для рідини (Малюнок 1), флаконів для косметики та фармацевтичної упаковки.

Існує три види видувного формування: екструзійне, інжекційне та витяжне. При екструзійному видувному формуванні трубка з розплавленим пластиком видавлюється у порожнину форми та наповнюється повітрям під тиском. Інкекційне видувне формування – це процес, що складається з двох кроків (Малюнок 2). Контурна заготовка створюється інжекційним литтям, після чого поступає до видувної форми, де наповнюється повітрям під тиском. При витяжному формуванні виконуються такі ж процедури, як і при інжекційному, але перед наповненням повітря заготовка додатково розтягується. Розтягування вирівнює молекулярні ланки полімеру, створюючи міцніші частини з кращою прозорістю та герметичними властивостями. Існує два методи витяжного формування – інжекційно-розтяжне видувне формування та перегрівання з видуванням. В інжекційно-розтяжному формуванні заготовка одразу поступає у форму і наповнюється повітрям. Формування з перегріванням передбачає додатковий нагрів заготовки перед видуванням.

Багато термопластиків, такі як полістирен, полікарбонат та полівінілхлорид можуть бути сформовані видуванням. Проте найбільш популярними полімерами є поліетилен високої щільності, поліетилен низької щільності та поліетилентерефталат (ПЕТ).

Конструювання видувних форм перелік властивостей процесів поєднують науку, мистецтво та досвід. Невелика зміна форми вхідного отвору, температури матриці або тиску видування можуть мати незворотні наслідки результату формування. Щоб враховувати ці параметри прискорити ухвалення конструкції необхідно проводити прототипування форми. Зрозуміло, що прототипування на верстатах є як дорожчим, так і набагато більш довготривалим.

Щоб зменшити витрати часу та високу ціну, виробники форм почали застосовувати технологію FDM. За п'ять днів або менше компанії можуть спроектувати форму, виростити оснастку та сформувати прототип близький до якості кінцевого виробу.

Цей опис дає інформацію про застосування процесу FDM до інжекційно-видувного формування. При створенні прототипів деталей, що формуватимуться видуванням, варто поєднувати цю інструкцію з існуючими процесами та особливостями.

FDM ТА ІНЖЕКЦІЙНО-ВИДУВНЕ ФОРМУВАННЯ

При використанні 3D системи Fortus для конструювання видувних форм, операційний час для прототипування моделей зменшується з декількох тижнів до менш ніж п'яти днів. Також вартість прототипів оснастки набагато менша за таку ж кількість, оброблену на верстатах. У більшості випадках, FDM оснастка коштуватиме від половини до третини менше ніж аналогічна, виготовлена з алюмінію. Більше того, технологія FDM – чудова допомога при перевантаженому парку ЧПУ та заборгованостях з постачанням інжекційного обладнання.

Процес FDM є унікальним у використанні термопластиків і це і є той факт, який створює великі переваги для застосування цієї технології у видувному формуванні. Fortus використовує полікарбонат, який задовольняє вимогам для видувної форми по температурі та тиску (Малюнок 3). Не зазнаючи деформації та зношення, FDM оснастка може витримати виробництво сотень, навіть тисяч деталей з поліетиленів, ПЕТ, полівінілхлориду, полістирену та полікарбонату.

Як ілюструє цей опис, інжекційно-видувне формування з технологією FDM потребує лише незначних змін в порівнянні зі стандартним процесом конструювання та параметрами формування. Тому будь-який прототип процесу видувного формування може виконуватись вирощуванням FDM оснастки з незначними змінами типової процедури та технологічних стандартів. З видувною оснасткою FDM, прототипи пляшок та контейнерів здійснюється швидко та зручно. Якість, що близька до готової продукції видувних форм прискорює аналіз процесу та виробу та ухвалення конструкції замовником.

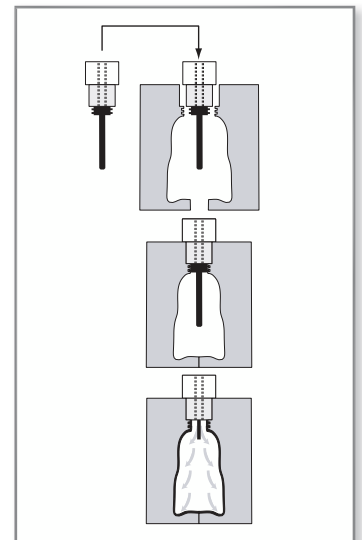
КОРОТКИЙ ОПИС ПРОЦЕСУ

Прототипування питних пляшок

Виробник контейнерів поставив задачу Stratasy зменшити як собівартість так і час виготовлення на розвиток прототипів видувного формування. Успіх полягав у зменшенні часу на прототипування



Малюнок 1: Видувне формування широко застосовується для порожнистих пластикових деталей, наприклад пляшки.



Малюнок 2: Початкова форма створена інжекційно та розміщена у видувній формі. Далі вона наповнюється повітрям.



Малюнок 3: Видувна форма, вирощена з матеріалу FDM.

деталей з якістю, близькою до готового виробу, з декількох тижнів до менш ніж п'яти днів. Компанія обрала для пілотного проекту пляшку висотою 152 мм та діаметром 76 мм. Використавши полікарбонат системи Fortus як матеріал матриці та додавши оброблену на верстаті з ЧПУ базу з алюмінію, видувна форма була спроектована та побудована лише за два дні. Лише незначні зміни у конструкції оснастки та процесі формування знадобились, щоб зрештою сформувати видуванням пляшку з поліетилену високої щільності на обладнанні BP Solvay Fortiflex® HP 58. Такі ж зміни були проведені при встановленні менших розмірів для пляшки з гвинтовою поверхнею, розмірами приблизно 125 мм у висоту та 32 мм в діаметрі з матеріалу ПЕТ. Повний процес був завершений за менше ніж п'ять днів і компанія зробила висновок, що сформовані прототипи відповідають їх критеріям якості для готової продукції.

Аналіз стійкості оснастки

Використовуючи полікарбонат системи Fortus PC для оснастки, один з виробників успішно виготовив 800 плашок з матеріалу ПЕТ методом видування. Зважаючи на обмеження у часі та необхідної кількості прототипів, випробування були закінчені після видування 12 деталей. Перевірка показала, що не з'явилося жодних ознак зношення поверхонь, руйнування та зміни розмірів на оснастці з FDM. Компанія затвердила висновок, що форма з FDM може витримати виготовлення багатьох тисяч деталей при необхідності.

ОГЛЯД ПРОЦЕСУ

Інжекційно-видувне формування дає набагато кращу візуальну та розмірну якість по відношенню до екструзійно-видувного формування. У цьому процесі також використовуються пластики, що не можуть бути сформовані екструзією. Проте інжекційно-видувне формування обмежене малими розмірами продукції, що є меншою ніж 200 мл та не може створити тару з ручкою.

На першому етапі процесу початкова заготовка формується інжекційно (малюнок 4). Видувна втулка вставляється в інжекційну форму і розплавлений пластик видавлюється у порожнину форми. Пластик охоплює та приєднується до видувної втулки. Поки заготовка є наполовину розплавленою вона передається на видувну форму. У момент прибуття до видувної форми заготовка називається пулька.

Переваги інжекційно-видувного формування полягають саме у першому етапі процесу. При створенні початкової заготовки інжекційним формуванням, поверхня та розміри пульки контролюються з максимальною точністю, що дає готовому виробу різну товщину стінок (Малюнок 5). Початкова заготовка також підтримує створення товстостінних частин, як наприклад на різьбовому з'єднанні після його повного формування.

На другому етапі, повітря під тиском, в межах зазвичай від 6 до 8.5 бар, наповнює пульку (Малюнок 6). Тиск повітря примушує пластик розподілятися по поверхні форми, внаслідок чого він приймає форму порожнини. Сформована деталь далі охолоджується та виймається.

ПРОЦЕС

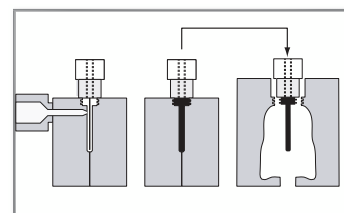
Вирощена на системі Fortus з полікарбонату оснастка, або інструментальна закладна, повністю замінює процес обробки форми на верстатах, що зазвичай фрезерується з алюмінію, інструментальної сталі, нержавіючої сталі або бронзи. Для прототипування інжекційно-видувної форми, використання FDM технології виключає важку обробку та зменшує час, необхідний на обробку форми різанням.

Хоча технологія FDM використовується у процесах інжекційного формування, оснастка для формування початкової заготовки як правило фрезерується. Якщо початкова форма невелика та має просту геометрію поверхні легше її зробити на верстатах. Заміна інструментарію з алюмінію на FDM забезпечує незначні переваги у часі та вартості. Проте, якщо процес FDM є бажаною альтернативою, можна зв'язатись з представником Stratasys для консультацій по інжекційному формуванню.

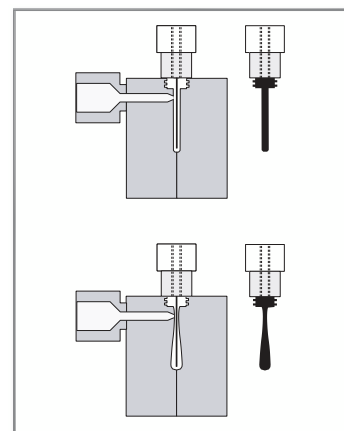
КОНСТРУКЦІЯ ОСНАСТКИ

За виключенням відведення надлишків повітря, конструкція оснастки з матеріалів FDM є подібною до будь-якої видувної форми, обробленої різанням. Для форми за технологією FDM немає необхідності створювати отвори для відведення повітря. Оскільки порожнина форми з матеріалів FDM має незначний рівень проникності, повітря між формованим пластиком та поверхнею оснастки виходить при формуванні через тіло форми.

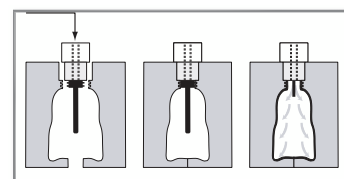
Для мінімізації розлітання матеріалу навколо контуру порожнини форми створено підвищення з фаскою у вигляді бортика. Цей бортик виступає в якості пневмопрокладки між напівформами, що дає як наслідок чисту поверхню при відсіканні тиску. Під час тестування, бортик шириною 3.2 мм та висотою 1.5 мм показав відмінний результат при формуванні видуванням деталі з поліетилену високої щільності. Бортик має зовнішню фаску, як показано на малюнку 7. Конструктивні особливості можуть змінюватись в залежності від розміру деталі, вибору пластику та параметрів формування. Тому обов'язково буде необхідність у додаткових налагодженнях.



Малюнок 4: Початкова форма створена інжекційно та відправлена на видувну форму.



Малюнок 5: Змінюючи форму початкової форми можна отримати різну товщину стінки.



Малюнок 6: Після формування, початкова форма поступає у порожнину видувної форми, де наповнюється повітрям.

Існує три особливості конструювання оснастки. Вибір найкращої особливості зробить оптимальним баланс між характеристиками інжекційно-видувного обладнання, кількістю необхідних виробів та особистих вподобань.

1. **FDM оснастка:** Вся оснастка спроектована з технологією FDM (малюнок 8).
2. **Гібридна оснастка - закладний блок:** Прямокутна закладна з FDM поєднується з підготовленою заздалегідь алюмінієвою базою.
3. **Гібридна оснастка – контурна закладна:** Закладна з матеріалу FDM, що передає контур виробу поєднується зі створеною окремо базою з алюмінію. (малюнок 9)

На сьогоднішній день лише оснастка з повністю FDM матеріалу використовувалась для інжекційно-видувного формування. Однак, зважаючи на великі успіхи гібридної оснастки при застосуванні у екструзійно-видувному формуванні та подібні характеристики процесів, гібридна форма може дати ефект для інжекційно-видувного формування.

КОНСТРУКЦІЯ ОСНАСТКИ FDM

За виключенням відведення надлишків повітря, конструкція оснастки з матеріалів FDM є подібною до будь-якої видувної форми, обробленої різанням. Канали охолодження можуть бути спроектовані у формі FDM, але простіше та швидше використовувати стандартну монтажну плиту з каналами охолодження.

Гібридна оснастка - закладний блок:

Допускається мінімум 12.7 мм навколо периферії порожнини форми. Наприклад, пляшка розміром 76.2 x 25.4 мм матиме дві прямокутні половини форми з розмірами 101.6 x 50.8 x 25.4 мм.

FDM закладна вставляється у фрезеровану з алюмінію базу, що має прямокутний отвір під закладну з відповідними розмірами. Для мінімізації вартості та часу творення бази можна виконати опис стандартних розмірів та конструкції закладної FDM для відповідності до одного зі стандартів.

Треба зауважити, що така особливість конструкції має ризики отримати тріщину від надмірної напруги. База з алюмінію утримує закладну з полікарбонату, яка розширюється під час процесу видування. Для запобігання таких поломок треба збільшувати тривалість циклу охолодження.

Гібридна оснастка – контурна закладна :

Для поверхні закладної допускається мінімум 12.7 мм товщини матеріалу навколо периферії порожнини форми. На відміну від прямокутної закладної, кожна контурна закладна FDM матиме контурну задню стінку, що повторює поверхню форми з відступом від робочої поверхні як мінімум на 12.7 мм. Така особливість конструювання дає перевагу у вигляді зменшення використання матеріалу та час виробування. Також зменшується час формувального циклу, оскільки закладна утримує менше тепла.

Як і у випадку з прямокутною закладною варто зробити набір стандартизованих баз з алюмінію, що відповідатимуть стандартним розмірам готової продукції. Такі модельні бази матимуть прямокутну порожнину, куди буде вставлятись FDM закладна. Якщо закладна повторює контур поверхні форми, між нею та порожниною алюмінієвої бази буде прошарок з повітря.

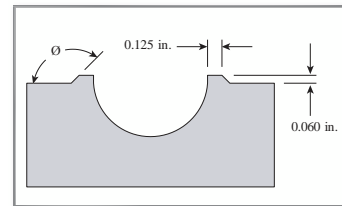
СИСТЕМА ОХОЛОДЖЕННЯ

Для гібридної оснастки можна використовувати звичайну конструкцію охолоджувальних каналів та поєднати охолоджувальну систему з алюмінієвою базою. Як зазначалось раніше, оснастка створена повністю з матеріалу FDM може мати систему охолодження у формі з полікарбонату або на монтажній плиті. Для зменшення часу формування канали охолодження краще поєднати з обдуванням повітрям під тиском на поверхню оснастки після виймання готової деталі.

Незважаючи на те, що особливості конструкції є недоступними, тривають дослідження застосування охолодження рідиною. Для мінімізації циклового часу оснастка FDM виконується порожнистою, тому охолоджувальна рідина може проходити через неї.

КОНСТРУКЦІЯ ФОРМИ

Варто орієнтувати форми для видування таким чином, щоб робоча поверхня (поверхня деталі) була перпендикулярна осі Z. Хоча вертикальна орієнтація додасть певний час на вирощування, проте буде досягнута найкраща якість поверхні форми та найщільніше прилягання двох напівформ. Форми FDM сконструйовані так, що використовуються звичайні параметри вирощування



Малюнок 7: Додатковий бортик на формі. Він повторює контур порожнини форми.



Малюнок 8: FDM оснастка, вироблена з полікарбонату.



Figure 9: Гібридна оснастка FDM з контурною закладною

з очікуванням використання багат шарового масиву поверхонь навколо стінок форми (малюнок 10). Збільшення кількості таких шарів зменшує проникність форми, що дає кращу якість продукції.

Зауважимо, що матеріали ABS та поліфенілсульфон (PPSU/PPSF) не підходять для інжекційно-видувної оснастки. ABS не має таких властивостей, щоб витримати температуру та тиск видувного формування. Хоча PPSU/PPSF є міцними та стійкими до високих температур, ці матеріали затримують занадто багато тепла, що призводить до заклинювання деталі у формі. Таким чином варто використовувати лише полікарбонат у якості матеріалу для видувної форми.

Після вирощування FDM оснастки, видаляються усі структури підтримки та проходить обробка поверхні форми струменем пластикового дробу. Такі прості два кроки зробляють робочу поверхню форми, з якої формуватиметься продукція промислової якості.

Перед обробкою поверхні струменем, закрийте усі гострі кути. Потім помістіть оснастку у камеру обробки та розпилюйте струмінь на поверхню, використовуючи тиск від 4 до 6 бар. Обробка струменем дробу виключає з процесу піскоструминну обробку та наповнення і водночас зберігає розмірну точність. Для додаткової інформації по цьому процесу можна звернутись до інструкції Bead Blasting Finishing Guide. Поверхні формування на оснастці не потребуватимуть жодної додаткової ручної або машинної обробки. Поверхня без зовнішнього втручання дає хороше регулювання параметрів видування та мінімальне розбризкування.

Остаточний крок – це встановлення закладної FDM на підготовлену базу з алюмінію і таким чином оснастка готова до роботи.

ВИДУВНЕ ФОРМУВАННЯ

Видувне формування прототипу потребує лише однієї зміни у процесі. Оскільки форми з полікарбонату затримуватимуть тепло, час на охолодження збільшуватиметься. Збільшення залежатиме від оснастки, деталі та пластику, тому час циклу змінюватиметься з досвідом та спробами.

Починається процес охолодження, що є у п'ять разів довший ніж для видувної форми з металу. Якщо формування пройшло успішно, можна зменшити тривалість охолодження та повторити процес. Тривалість зменшується доти, доки готова деталь не починає застрягати. Далі повертаємось до попереднього успішного формування та починаємо створювати прототипи.

Навіть при тому, що цикл охолодження збільшився, температура зростатиме з кожним формуванням і готові деталі застрягатимуть у формі. Якщо так сталося треба відкрити оснастку та довести її до навколишньої температури. Додатково повітря під тиском може застосуватись для прискорення процесу.

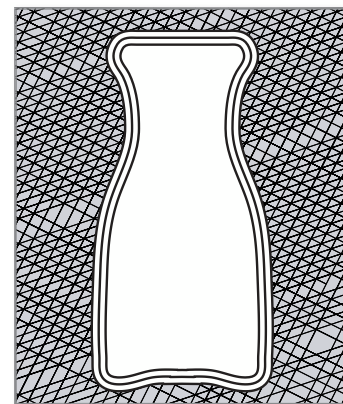
Після циклу охолодження готова продукція виймається з форми. Таким чином створюється готовий прототип, який можна перевіряти (малюнок 11).

ВИСНОСКИ

Використовуючи ці технологічні поради, процес FDM може бути поєднаний з інжекційно-видувним формуванням прототипів. Заміна металевих форм, оброблених на верстатах на оснастку FDM долає одразу дві важливі перешкоди прототипування – час та вартість. Доступність сформованих прототипів зростає від 50 до 75 відсотків та зменшується вартість інструментарію на 50 – 60 відсотків.

Так як формування з FDM замінює звичні процеси з лише однією незначною зміною конструкції та технології, цей метод прототипування може використовуватись у будь-якому процесі видувного формування.

Якість, близька до готової продукції та широкий вибір інженерних пластиків робить технологію FDM ідеальним вибором для прототипування деталей видувного формування. Швидкий та доступний, процес FDM прискорює аналіз продукції та процесу і відповідно затвердження конструкції.



Малюнок 10: Збільшення кількості поверхонь зменшує проникність та покращує якість деталі.



Малюнок 11: Прототип сформованої пляшки з ПЕТ матеріалу.

ОГЛЯД ПРОЦЕСУ FDM

3D системи швидкого прототипування Fortus базуються на запатентованій Stratasys технології FDM (Fused Deposition Modeling). FDM є провідною технологією виробництва у цій галузі та єдиним процесом, що використовує як матеріал реальні конструкційні інженерні термопластики для виробництва найміцніших деталей безпосередньо з 3D файлів. Системи Fortus використовують найширший рівень вдосконалених матеріалів та механічних властивостей, тому ваші деталі будуть витримувати високі температури, каустичні хімікати, стерилізацію, важкі процеси.

Процес FDM використовує два матеріали – один матеріал для створення деталі та інший для розміщення структури підтримки. Матеріал подається як нитка з бухти в пластиковому корпусі. Для виробництва деталі нитка подається в екструзійну головку та розігрівається до напівплавкого стану. Головка далі подає матеріал та розподіляє його як шар з товщиною від 0.127 мм.

На відміну від деяких процесів виробництва, системи Fortus та технологія FDM не потребують жодного спеціального приміщення чи навколишніх умов та не створюють шкідливих хімікатів та продуктів виробництва.

Fortus 3D Production Systems
Stratasys Incorporated
7665 Commerce Way
Eden Prairie, MN 55344
+1 888 480 3548 (US Toll Free)
+1 952 937 3000
+1 952 937 0070 (Fax)
www.stratasys.com
info@stratasys.com

Fortus 3D Production Systems
Stratasys GmbH
Weismüllerstrasse 27
60314 Frankfurt am Main
Germany
+49 69 420 9943 0 (Tel)
+49 69 420 9943 33 (Fax)
www.stratasys.com
europe@stratasys.com