

таблице 2 представлены также результаты расчета ресурса пластичности по критерию (5), учитывающему влияние третьего инварианта тензора напряжений. Для всех рассматриваемых частиц 2, 3, 4, 5 ресурс пластичности, рассчитанный с помощью критерия (5), оказывается выше по сравнению с величиной ресурса пластичности, рассчитанного без учета третьего инварианта тензора напряжений. Эта разница лежит в пределах от 7 до 40%.

Выводы

1. Предложен способ моделирования процесса комбинированного выдавливания, основанный на гипотезе о силовом и кинематическом подобии параметров деформирования, позволивший оценивать ресурс пластичности заготовок из различных материалов.

2. Оценена деформируемость заготовок при холодном радиально-прямом выдавливании с помощью критериев, учитывающих историю деформирования частиц материала в очаге деформации.

3. Показана целесообразность расчета ресурса пластичности при радиально-прямом выдавливании с помощью критерия разрушения, учитывающего влияние третьего инварианта тензора напряжений на пластичность заготовок, деформируемых в условиях объемного напряженного состояния.

Литература

1. Алиева Л.И., Борисов Р.С. Комбинированное выдавливание полых деталей с фланцем // Ресурсозберегающие технологии производства и обработки материалов в машиностроении. Сб. науч. тр. в 2-х ч. Ч.1. – Луганск: ВНУ им.В. Даля, 2004. - С. 49-55.
2. Алиева Л.И. Комбинированное выдавливание втулок с фланцем // Прогрессивные методы и технологическое оснащение процессов ОМД. Сб. тезисов межд. науч.-техн. конф. - Санкт-Петербург, 2005. - С. 23-26.
3. Алиев И.С., Алиева Л.И., Жбанков Я.Г. Формоизменение заготовки при радиально-прямом выдавливании на оправке. Державний вищий навчальний заклад «Донецький національний технічний університет». Наукові праці. «Металургія». 2008. Вісник 10 (141) с. 201-204.
4. Дель Г.Д., Огородников В.А., Нахайчук В.Г. Критерий деформируемости металлов при обработке давлением. // Изв. ВУЗов, Машиностроение. – 1975. - №4. С. 19 – 24.
5. Огородников В.А. Оценка деформируемости металлов при обработке давлением // Головные виды – во «Вища школа», 1983. – 175 с.
6. Огородников В.А. Деформируемость и разрушение металлов при пластическом формоизменении. Киев, УМК ВО 1989. -152 с.
7. В.А.Огородников, А.В Грушко, И.А. Деревенько. Моделирование процессов обработки давлением на основе гипотезы о силовом и кинематическом подобии параметров деформирования // Весник научных трудов «Обработка материалов давлением» №4 – 2012, С. 46 – 52.

Применение RP-технологии для изготовления малогабаритной оснастки в мелкосерийном производстве литья

д.т.н. проф. Леушин И.О., Решетов В.А., Романов А.Д., Большаков А.А.
НГТУ им. Р.Е.Алексеева,
8 (831) 436 63 88, fmvt@nntu.nnov.ru

Аннотация. В современном литейном производстве актуальной остается проблема стойкости литейной оснастки. Современные RP-технологии, вполне могут выступить в качестве альтернативы существующему положению дел. Для построения твердотельной модели оснастки используется технология послойного нанесения ABS пластика. Выбор данного пластика в качестве материала для литейной оснастки показал значительное превышение его эксплуатационного ресурса над литейной оснасткой, изготовленной из древесины.

Ключевые слова: литейная оснастка, RP-технологии.

В современном литейном производстве актуальной остается проблема обеспечения достаточного эксплуатационного ресурса литейной оснастки.

Традиционно решение указанной проблемы тесно связывают с серийностью выпуска литья, поскольку именно она предопределяет экономическую целесообразность выбора того или иного материала и технологии для изготовления оснастки, которые могли бы обеспечить ее достаточные стойкость к износу и сохранение геометрии без риска получения брака отливки [1].

В массовом и крупносерийном производстве литья модельный комплект, как правило, изготавливается из металлических сплавов (стали, чугуна, алюминиевых сплавов). Это обусловливается тем, что оснастка, изготовленная из металла, более износостойкая, не деформируется под воздействием формовочной или стержневой смеси, способна выдержать большое число съёмов. Однако ее недостатками являются высокая цена и существенная трудоемкость изготовления. Древесина как материал моделей широко применяется в мелкосерийном и индивидуальном производстве отливок. Она легко поддается обработке, обладает низкой стоимостью, но быстро изнашивается при контакте с формовочной и стержневой смесями и весьма чувствительна к атмосферной влаге.

В этой ситуации безусловного внимания заслуживают альтернативные современные материалы, например, пластмассы, полимеры, композиты и т.п.

Пластмасса как материал технологической литейной оснастки известна уже достаточно давно. Литейная пластиковая оснастка занимает промежуточное положение между металлической и деревянной, выигрывая у них в соотношении "скорость изготовления/стоимость". Количество съёмов для пластиковой оснастки имеет достаточно широкий интервал и может варьироваться от 200 до 30000. Благодаря применению специальных добавок при изготовлении полимерных материалов литейная оснастка из пластика значительно повышает свою стойкость к ударной нагрузке и абразивному износу. Однако использование пластика в качестве материала для литейной оснастки ограничено в первую очередь ценой на материал. Кроме того для изготовления пластмассовой оснастки необходимо специальное оборудование [2].

В настоящее время многие ограничения на пути широкого применения в производстве литейной оснастки из пластмасс уходят на второй план, особенно если речь идет о выпуске мелких серий отливок ответственного назначения со сложной геометрией.

Решение этой проблемы во многом способствует нарастающая популярность так называемых технологий быстрого прототипирования Rapid Prototyping (RP – технологий) [3].

Быстрое прототипирование - это быстрый технологический процесс создания точных копий изделия или образцов для демонстрации их внешних характеристик.

Различают следующие методы быстрого прототипирования [4]:

Стереолитография (SLA - Stereo Lithography Apparatus)

Это самый первый и наиболее распространенный метод прототипирования благодаря сравнительно невысокой стоимости прототипа. Принцип метода стереолитографии заключается в послойном отверждении жидкого фотополимера. Лазерный луч, направляемый сканирующей системой, смещается вниз по слоям с шагом 0,025-0,3 мм. При этом методе применяется достаточно твердый, но хрупкий полупрозрачный материал. Материал легко обрабатывается, склеивается и окрашивается, обеспечивая хорошее качество моделей.

Нанесение термопластов (FDM - Fused Deposition Modeling)

Используются нити из АБС (акрилонитрилбутадиенстирол), поликарбоната или воска. Свойства используемых пластиков очень близки к конструкционным маркам. Термопластичный моделирующий материал подается через выдавливающую головку с контролируемой температурой, нагреваясь там до полужидкого состояния. Головка наносит материал очень тонкими слоями на неподвижное основание с высочайшей точностью. Последующие слои ложатся на предыдущие, отвердевают и соединяются друг с другом. Технология применяется для получения единичных образцов изделий, по своим функциональным возможностям приближенных к серийным, а также при производстве выплавляемых моделей для ли-

тъя металлов.

Склеивание порошков (Binding powder by adhesives)

Используются крахмально-целлюлозный порошок и жидкий клей на водяной основе, который поступает из струйной головки и связывает частицы порошка, формируя контур модели. По окончании построения излишки порошка удаляются. Для увеличения прочности модели, имеющиеся пустоты могут быть заполнены жидким воском. Такие технологии позволяют не просто создавать 3D-объекты произвольной формы, но еще и раскрашивать их.

Лазерное спекание порошков (SLS - Selective Laser Sintering)

В SLS-технологии в качестве рабочего материала используются порошковый пластик, металл или керамика, близкие по свойствам к конструкционным маркам.

На поверхность наносится тонкий слой порошка, который затем спекается лазерным лучом, формируя твердую массу, соответствующую сечению 3D-модели и определяющую геометрию детали. SLS - это единственная технология, которая может быть применена для изготовления металлических деталей и формообразующих для пластмассового и металлического литья. Прототипы из пластмасс обладают хорошими механическими свойствами, могут быть использованы для создания полнофункциональных изделий.

Моделирование при помощи склейки (LOM - Laminated Object Manufacturing)

Слои прототипа создаются при помощи ламинирования бумажного листа. Контур слоя вырезается лазером, а поверхность, которую нужно затем удалить, режется лазером на мелкие квадратики. После извлечения детали мелко порезанные излишки материала легко удаляются. Структура полученного прототипа похожа на древесную, боится влаги.

Технология струйного моделирования (IJM Ink Jet Modelling)

Головка устройства, содержащая от двух до 96 сопел наносит модельный и поддерживающий материал на плоскость слоя. После нанесения слоя могут проводиться его фотополимеризация и механическое выравнивание. В качестве поддерживающего материала обычно используется воск, а в качестве модельного - широкий спектр материалов, очень близких по свойствам к конструкционным термопластам. Данный метод позволяет получать прозрачные и многоцветные прототипы с различными механическими свойствами: от мягких, резиноподобных до твердых, похожих на пластики.

В данной работе ставилась задача проектирования и изготовления стержневого ящика для серийного производства литейных стержней из холоднотвердеющей смеси (ХТС), применяемых в технологии фасонного литья ответственного назначения.

На базовом предприятии применяют деревянные стержневые ящики для ручной формовки, которые имеют эксплуатационный ресурс не более 40 съёмов, что связано с искажением их геометрии. Древесина впитывает влагу из стержневой смеси, что ведет к ее разбуханию и растрескиванию. При контакте зерен песка с поверхностью ящика происходит абразивный износ, что ведет к нарушению геометрических размеров.

Для решения задачи был сделан выбор в пользу FDM-технологии быстрого прототипирования с использованием в качестве материала модели термопласта марки АБС. АБС-пластик - ударопрочная техническая термопластическая смола на основе сополимера акрилонитрила с бутадиеном и стиролом. Пропорции могут варьироваться от 15 до 35 % акрилонитрила, 5 до 30 % бутадиена и 40 до 60 % стирола. АБС имеет широкий диапазон эксплуатационных температур (от -40°C до $+90^{\circ}\text{C}$) и теплостойкость до 113°C . Выбор этого материала обуславливается его свойствами:

- повышенная ударопрочность и эластичность;
- долговечность;
- стойкость к щелочам и кислотам;
- влагостойкость.

На первой стадии работы проектировался стержневой ящик: по чертежу будущей отливки в графическом 3D редакторе строилась твердотельная модель стержня, по которой с учетом рекомендаций технолога в свою очередь была получена трехмерная модель стержневого ящика.

Выращивание твердотельной модели производилось на на 3D –принтере фирмы Bits from Bytes модели 3D Touch 3000. Данный принтер имеет две печатающие головки, возможна печать как АБС, так и PLA пластиком. Максимальный объем печати составляет 230x275x210мм.

Для удобства подготовки последующего изготовления ящика на 3D –принтере фирмы Bits from Bytes модели 3D Touch 3000 полученная компьютерная модель была разделена на 12 частей из-за превышения габаритов ящика над размерами области печати принтера данной модели. Выбранные параметры печати представлены в таблице 1.

Таблица 1

Параметры печати

Материал	Толщина слоя, мм	Процент заполнения	Общее время печати, часов
АБС	0,5	5	~ 70

Последующая обработка заключалась в доводке кромок моделей для последующей сборки. Склейка осуществлялась на универсальный клей, обеспечивающий надежность и податливость соединения.

Готовая модель стержневого ящика представлена на рисунке 1.

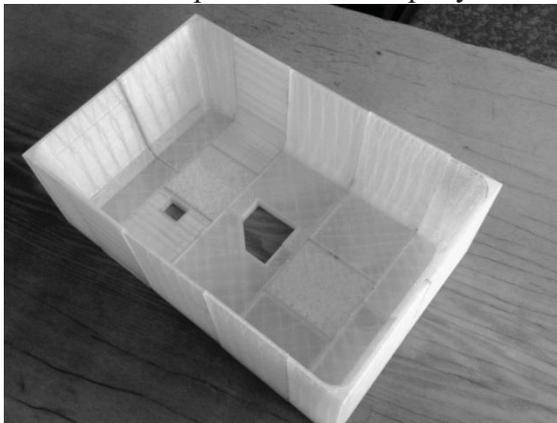


Рисунок 1. Стержневой ящик, изготовленный по технологии FDM

На завершающем этапе производства после сборки всех составных частей для придания жесткости конструкции формообразующая часть стержневого ящика помещалась в деревянный коробчатый каркас.

Преимущества изготовления данного стержневого ящика методом быстрого прототипирования обуславливаются скоростью изготовления. Отсутствие подготовительных работ по сравнению с традиционным способом изготовления деревянной оснастки. Замена конструкции, придающей жесткость, при выходе ее из строя не вызовет больших временных и материальных затрат.

Испытания экспериментального стержневого ящика в условиях действующего производства показывают превышение эксплуатационного ресурса над деревянным. Сохранение «ряби» на рабочей поверхности оснастки подтверждает отсутствие износа. Так как данный материал не впитывает влагу, коробление и разбухание не наблюдается. В настоящее время работа получила свое развитие в части оптимизации выбора материала прототипа.

Литература

1. Чернов, Ю. И. Справочник по литейной оснастке / Ю. И. Чернов, А. И. Кизилев. – М. : Машгиз, 1961. – 407с.
2. Литейная пластиковая оснастка // Нижегородская производственная фирма «Промоснастка». Нижний Новгород, 2012. Режим доступа: <http://litosnastka.ru/liteynaya-plastikovaya-osnastka.html> (Дата обращения: 25.11.2012).
3. Быстрое прототипирование: [Электронный ресурс] // «ПКФ Фолипласт». Нижний Новгород, 2012. Режим доступа: <http://www.foliplast.ru/tech/6> (Дата обращения: 25.11.2012).
4. Зорин С. Технологии быстрого прототипирования [Электронный ресурс] / ВЗРТ – Арсенал. – Режим доступа: http://www.vzrt.ru/rp_tec.php (Дата обращения: 25.11.2012).