

Способ сборки блока аддитивных термоудаляемых литейных моделей

И. О. Леушин, О. С. Кошелев, Л. И. Леушина,
А. В. Нищенков, П. М. Явтушенко

Предложен усовершенствованный вариант сборки модельного блока. Модели отливок с питателями и стойка изготавливались 3D-печатью по аддитивной FDM-технологии из CAST-пластика. Приведены результаты проверки эффективности сборки в условиях действующего производства.

Ключевые слова:

литье по термоудаляемым моделям, аддитивная технология, 3D-печать, термопластик, выбор, неразъемное соединение, паз, шип, рекомендация

УДК 621.74 | ВАК 05.16.04

DOI: 10.22184/2499-9407.2022.26.1.40.42

Одним из ответственных этапов изготовления литейных форм при производстве точных отливок из черных металлов и сплавов цветных металлов по термоудаляемым (выплавляемым или выжигаемым) моделям, в том числе полученным методом 3D-печати (аддитивные технологии), является сборка блока удаляемых моделей.

Основными проблемами, которые приходится решать на производстве при реализации данного технологического процесса, являются недостаточная точность, высокая трудоемкость, а в некоторых случаях и энергозатратность отдельных операций сборки.

В настоящее время на практике применяется несколько вариантов способа неразъемного соединения удаляемых моделей отливок и элементов литниково-питающей системы в единое целое:

1. припайвание, когда нагретое лезвие ножа или электрического паяльника помещают между посадочными частями элементов блока, одновременно касаясь и оплавляя их, а затем быстро убирают, а соединяемые части слегка прижимают друг к другу [1];
2. сборка в кондукторе [1];
3. секционная сборка на металлический стояк-каркас с механическим зажимом, разработанная НИИТАвтомпроме [1];
4. склеивание [2];
5. применение обратных уклонов у сопрягаемых деталей в сочетании с заливкой образуемого замкового пространства расплавленной модельной композицией [3];
6. использование соединения сопрягаемых частей блока с натягом [2];
7. механическое соединение «паз – шип» в виде ласточкиного хвоста или другой формы [1].

Каждый из перечисленных способов характеризуется своими недостатками.

Для первого – это низкая надежность соединения элементов и высокая вероятность нарушения геометрии блока вплоть до разрушения как во время сборки блока, так и на последующих операциях изготовления литейной формы и отливки. Причиной является то, что операции подготовки к сборке блока, в частности выбор места спая, зачистку места спая, прижим элементов блока и обеспечение плавности перехода в местах их сопряжения, проводят вручную. При этом повышается вероятность смещения моделей, искажения размеров элементов блока из-за излишнего оплавления, а прочность соединения элементов блока нестабильна вследствие неполного пропайвания зазора между посадочными частями сопрягаемых моделей. Поэтому в некоторых случаях для предотвращения поломки блока приходится использовать специальные легкоплавкие монтажные сплавы (припой), а также металлические каркасы, что существенно усложняет и повышает трудоемкость операций сборки блока [4]. Кроме того, способ не всегда дает возможность собрать модели из плохо спаивающихся модельных составов, а его реализация применительно к моделям из термопластов с высокой температурой плавления, полученных методом 3D-печати, требует высоких энергозатрат и применения специального инструмента.

При втором способе на первый план выходит высокая стоимость изготовления кондуктора. Помимо этого, сохраняются проблемы, характерные для сборки припайванием, обусловленные плохой спаиваемостью и высокой температурой плавления материала элементов модельного блока, а также связанные с необходимостью высокой квалификации производственного персонала.

Третий способ имеет ограниченную область применения (цеха крупносерийного и массового производства отливок), обусловленную необходимостью использования для сборки специальных приспособлений.

Четвертый вариант сборки наиболее распространен. Его недостаток определяется необходимостью выбора, подготовки и использования специального клея и, как следствие, увеличением числа производственных операций, а также повышением как трудоемкости и длительности изготовления блока, так и всего производственного цикла производства отливок. Кроме того, по причине запаха, высокой летучести и пожароопасности компонентов клея, операция склеивания элементов блока снижает экологическую безопасность на рабочем месте и ухудшает условия труда персонала.

Техническое решение по пятому варианту также не свободно от недостатков. Область его применения ограничена литьем по выплавляемым моделям, изготовленным из модельных композиций с невысокой температурой плавления, которые при комнатной температуре легко сминаются. Решение характеризуется трудоемкостью реализации из-за сложности конструкции стояка с внутренними каналами и необходимости дополнительной операции запрессовки модельного состава в каналы стояка. Наличие взаимообразных уклонов пазов и выступов сопрягаемых элементов блока в полной мере не гарантирует устранения зазора между ними, поскольку при их относительном сдвиге в ходе сборки слой сминаемого материала движется в направлении от зазора, а не наоборот, и не заполняет его. Надежность соединения во многом зависит от полноты затвердевания модельного состава вокруг замковой части выступа питателя и существенно снижается в случае недостаточного уровня давления его запрессовки в каналы стояка по причине газового противодействия.

Использование соединения сопрягаемых частей блока с натягом по шестому варианту ограничено упругими свойствами материала элементов блока.

Механическое соединение «паз – шип» в виде ласточкиного хвоста или другой формы (седьмой вариант) характеризуется высокой вероятностью искажения геометрии блока при сборке и нарушения неразъемности соединения его элементов по причине недостаточной надежности из-за возможного смещения выступа относительно паза, обусловленного наличием зазора между ними.

С целью повышения надежности соединения элементов блока удаляемых моделей путем минимизации искажения геометрии модельного блока в целом и сохранения неразъемности соединения отдельных элементов блока при сборке, был разработан усовершенствованный способ сборки модельного блока, для которого в качестве прототипа был выбран седьмой вариант решения проблемы.

Он предусматривает использование известного механического соединения сопрягаемых элементов модельного блока по типу «паз – шип» в виде ласточкиного хвоста или другой формы. При этом на посадочной поверхности шипа

выполняют канавки, глубину паза выбирают из условия превышения длины шипа не менее чем на 25%, а посадочную поверхность паза перед сборкой нагревают до температуры на 10–15° выше уровня температуры размягчения материала моделей (рис. 1).

Выполнение канавок на посадочной поверхности шипа необходимо для формирования после его сопряжения с пазом (входа шипа в паз сопрягаемого элемента блока) емкости для приема размягченного материала модели и последующего по окончании затвердевания материала образования замка, препятствующего смещению шипа относительно паза.

Выбор глубины паза не менее чем на 25% большей длины шипа дает возможность снизить газовое противодействие, неизбежно возникающее в ходе сборки при введении шипа в паз, если последний представляет собой глухое отверстие. Эмпирически установлено, что при глубине паза, меньшей на 25% длины шипа, возникает необходимость увеличения усилия прижима сопрягаемых элементов блока и, как следствие, возрастает вероятность поломки его тонкостенных и ажурных частей.

Нагрев посадочной поверхности паза перед сборкой выполняется для временного увеличения площади сечения, принимающего шип, а также размягчения материала моделей до температуры, при которой резко возрастает его деформируемость и возникает текучесть.

Как показала экспериментальная проверка, проведенная на ряде материалов удаляемых моделей (парафиностеариновая композиция, полипропилен, темплен, фторопласт, полиарилат, полиамид), превышение уровня температуры размягчения материала моделей на 10–15° обеспечивает стабильность эффекта текучести. Нагрев до температур меньшего уровня не гарантирует текучести материала. Перегрев материала до более высоких температур экономически нецелесообразен и повышает вероятность нежелательной термодеструкции, способствующей возникновению дополнительного газового противодействия в емкости паза.

Предлагаемый способ сборки модельного блока реализуется следующим образом. На посадочной поверхности шипа предварительно выполняются канавки. Глубину паза

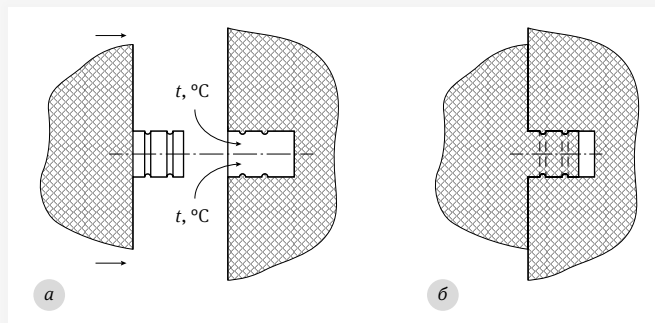


Рис. 1. Усовершенствованная сборка модельного блока: а – подготовка к сборке; б – результат сборки

Таблица 1. Результаты сравнения опытной и контрольной партий блоков удаляемых литейных моделей

	Общее число соединений «паз – шип»	Контроль после сборки блока (качество и прочность соединения)	Контроль после выбивки (геометрия отливок с литниково-питающей системой)	Число соединений, успешно прошедших проверку, количество / %
Опытная партия (предлагаемое решение)	20	Все блоки успешно прошли проверку	Все блоки и отливки успешно прошли проверку	20 / 100
Контрольная партия (прототип)	20	Два блока (8 соединений) не прошли проверку по причине смещения шипа относительно паза и не были допущены в дальнейшее производство	Коробление зафиксировано у одной отливки (4 соединения)	8 / 40

выбирают не менее, чем на 25% большей, чем длина шипа. Посадочную поверхность паза перед сборкой нагревают до температуры на 10–15° выше уровня температуры размягчения материала моделей. Затем модель (или секцию моделей) с шипом с небольшим усилием прижимают к сопрягаемому элементу блока с пазом так, чтобы шип полностью вошел в паз. При этом часть отверстия паза остается свободной и выполняет функцию сбора газа, вытесняемого шипом при сборке, а размягченный текучий материал моделей заполняет канавки шипа и после затвердевания в них «запирает» соединение, не давая возможности шипу сместиться относительно паза.

Для оценки эффективности предлагаемого способа по сравнению с прототипом проводилась проверка в условиях действующего производства. Собирались по пять блоков удаляемых литейных моделей согласно предлагаемому способу (опытная партия) и прототипу (контрольная партия). Модели отливок с питателями и стояка изготавливались 3D-печатью по аддитивной FDM-технологии из CAST-пластика – материала на основе полиметилметакрилата (PMMA) с добавлением специальных пластификаторов (термопластичный полимерный материал). Каждый из блоков опытной и контрольной партий включал модель стояка с толщиной стенки 60 мм, а также одну модель отливки с четырьмя питателями (одинаковой геометрии для блоков опытной и контрольной партий). Минимальная толщина стенки модели отливки составляла 12 мм. На торцах питателей выполнялись шипы (выступы) диаметром и длиной по 10 мм. Посадочные поверхности шипов моделей отливок с питателями опытной партии имели по две канавки шириной 2 мм и глубиной 1,5 мм. Посадочные поверхности шипов моделей отливок с питателями контрольной партии оставались гладкими и не имели канавок. Глубина пазов в элементах блока опытной партии составляла 15 мм, контрольной партии – 12 мм. Перед сборкой посадочная поверхность пазов нагревалась газовой горелкой до температуры 125 °С (температура размягчения PMMA составляет 110 °С). Контроль нагрева проводился инфракрасным термометром (пирометр) марки DT-811. Модели с шипом с небольшим усилием прижимали к сопрягаемым элементам блоков с пазом так, чтобы шип полностью вошел в паз, после чего выдерживали в течение пяти минут. Затем проводили визуальный контроль качества соединения и манипуляторную проверку его прочности.

Собранные модельные блоки опытной и контрольной партий, успешно прошедшие проверку, использовали для изготовления отливок из номенклатуры предприятия массой 18,5 кг из стали 40Л ГОСТ 977 методом литья в объемные керамические формы по выжигаемым моделям: по технологии, действующей на предприятии. После выбивки до обрубки проводился контроль геометрии отливок с литниково-питающей системой. Результаты сравнения опытной и контрольной партий приведены в табл. 1.

Испытания показали высокие эффективность усовершенствованной схемы, а также качество сборки модельных блоков и получаемых отливок.

Литература

1. **Иванов В. Н., Казеннов С. А., Курчман Б. С. и др.** Литье по выплавляемым моделям / Под ред. Я. И. Шкленника, В. А. Озерова. М.: Машиностроение, 1984. 408 с.
2. **Шуляк В. С.** Литье по газифицируемым моделям. СПб: Профессионал, 2007. 408 с.
3. Авторское свидетельство СССР № 1419790 «Модельный блок», В22 С7 / 02, 1988.
4. **Репях С. И.** Технологические основы литья по выплавляемым моделям. Днепропетровск: Лира, 2006. 1056 с.

Авторы

Леушин Игорь Олегович – доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева; заведующий кафедрой «Металлургические технологии и оборудование»

Кошелев Олег Сергеевич – доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева

Леушина Любовь Игоревна – кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева

Нищёнков Александр Владимирович – кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева

Явтушенко Павел Михайлович – начальник управления инновационного и технического развития ПАО «РУСПОЛИМЕТ»

ПРИ ПОДДЕРЖКЕ И УЧАСТИИ:

Министерства промышленности, связи,
цифрового и научно-технического развития
Омской области,

Министерства региональной безопасности
Омской области,

Администрации города Омска,

ОРО ООО «Союз машиностроителей России»,

Представительства ГК «Ростех» в Омской области,

Союза «Омская Торгово-промышленная палата»,

Омская ассоциация промышленников и предпринимателей
(Региональное отделение Российского союза
промышленников и предпринимателей),

Ассоциации «Омский региональный центр компетенций ТЭК»,

АНО «Омский НОЦ»

2 - 4 марта 2022г. ОМСК

XXIII СИБИРСКИЙ ПРОМЫШЛЕННО- ИННОВАЦИОННЫЙ ФОРУМ

ПРОМТЕХЭКСПО

В ЭКСПОЗИЦИИ ФОРУМА:

ОМСКГАЗНЕФТЕХИМ

МАШИНОСТРОЕНИЕ

МЕТАЛЛООБРАБОТКА

СВАРКА

ЭНЕРГОСИБ, СИБМАШТЭК

ИНЭКСПО

АВТОМАТИЗАЦИЯ, ЭЛЕКТРОНИКА,

ИЗМЕРЕНИЯ

IT-ТЕХНОЛОГИИ

СВЯЗЬ

**Одновременно проводится выставка
«ИНДУСТРИЯ БЕЗОПАСНОСТИ И СВЯЗИ»**

ОМСК-ЭКСПО
ВЫСТАВОЧНАЯ КОМПАНИЯ

 **ИнтерСиб**

тел./факс: +7 (3812) 23-23-30

e-mail: expo@intersib.ru

www.intersib.ru