электронный журнал
МОЛОДЕЖНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК
Издатель ФГБОУ ВПО "МГТУ им. Н.Э. Баумана". Эл No. ФС77-51038.

УДК 621.74.04

Анализ и классификация способов послойного заполнения литейной формы

***Тверской М.В.**, студент*
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Литейные технологии»

***Хилков Д.Э.**, студент*
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Литейные технологии»

Научный руководитель: Коротченко А.Ю., д.т.н.,
зав. кафедрой «Литейные технологии»
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана
кафедра «Литейные технологии»
korotchenko@bmstu.ru

В настоящее время одним из наиболее динамично развивающихся перспективных производственных процессов являются аддитивные технологии или технологии послойного синтеза. Аддитивные технологии объединяет использование цифрового проектирования CAD (Computer-aided Design) для создания компьютерной модели будущей детали и получения самого изделия путем послойного добавления материала на специальном оборудовании с использованием различных методов. К основным видам аддитивных технологий можно отнести селективное лазерное спекание, лазерную стериолитографию и пространственную 3D печать.

Одной из основных проблем являются исходные материалы – фидстоки порошковые смеси металлических, керамических и полимерных материалов, используемые для производства изделий. Качество фидстоков (размер частиц, однородность смеси по составу) определяет механические свойства итогового изделия. Несовершенство смесей не позволяет применять аддитивные технологии для изготовления ответственных деталей с высокими требованиями к проценту брака. Также стоит отметить, что очень высокая стоимость эксплуатации оборудования и закупка исходных материалов.

Для решения данных проблем было предложено использовать гибридные производственные процессы, совмещающие аддитивные технологии и традиционные

технологические методы. Таким решениям посвящена группа патентов “отливка слитков, из двух и более различных расплавов, т.е. многослойное литье” (B22D7/02) в количестве 33 штук. Рассмотрев патенты, их можно разделить на несколько групп (Рис.1).

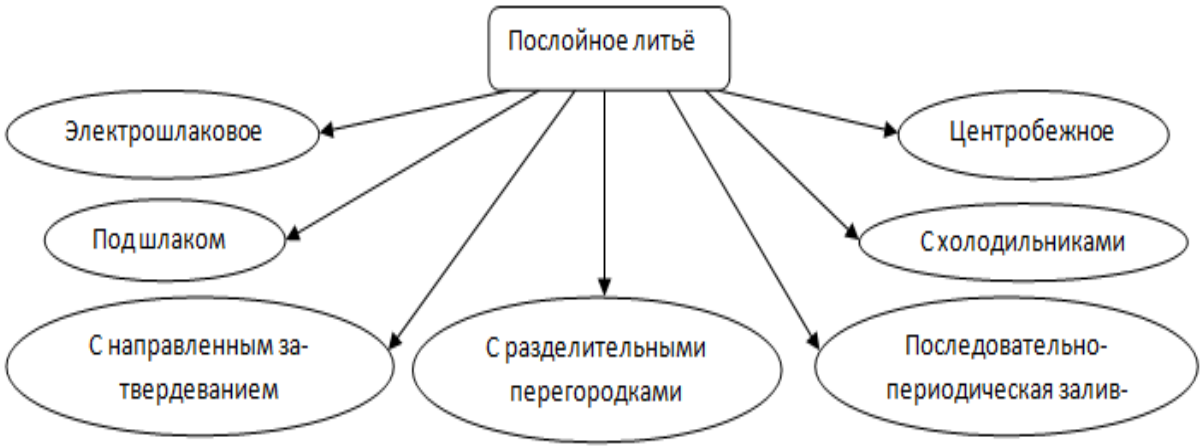

Рис. 1. Схема распределения патентов по группам

1. Заполнение формы с разделительными перегородками [1]

Дополнительные металлические перегородки, устанавливаются заранее в литейную форму. Количество и размеры перегородок определяются конкретной геометрией отливки с учетом приведенного размера R_0, при этом перегородки формируют систему независимых полостей в литейной форме для заливки доз расплава, ориентация перегородок в пространстве может быть любой и они образуют с заливаемым материалом ячеистую структуру биметаллической отливки. Для определения величин доз используют постоянства приведенного размера дозы R_0, как отношения объема дозы жидкого расплава V к площади охлаждаемой поверхности F этой дозы, а время заливки очередной дозы определяют по (60..80)%-ной степени затвердевания предыдущей дозы. Перегородки ставят в форму сразу все и делят отливку на ярусы для заливки доз. В каждом ярусе есть отверстия для заливки расплава (выполняется это литниковой системой). Когда доза расплава залита, и доля твердой фазы в залитой дозе составит 0,6..0,8, заливают следующую дозу. Расплав заполняет пространство между перегородками. В конце техпроцесса получают биметаллическую отливку. Если температура плавления перегородки больше, чем температура плавления отливки, то перегородки образуют внутренний каркас и получаются биметаллические ячеистые отливки с новыми служебными свойствами. Если же температура плавления меньше, то перегородки должны расплавляться только после образования доли твердой фазы f_s порядка 0,6..0,8 в залитой дозе сплава. При плавлении перегородок в расплаве возникают готовые центры

кристаллизации, которые приводят к измельчению кристаллического зерна в отливках и повышению служебных свойств.

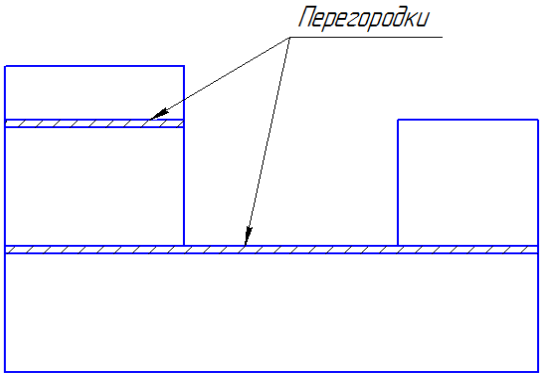

Рис. 2. Схема заполнения формы с перегородками

2. Заполнение формы под шлаком

Чугунную или стальную форму, футерованную огнеупорами, устанавливают в горизонтальное положение и заливают жидкотекучим шлаком. Под слой шлака заливают порцию металла и выдерживают до появления на его поверхности твердой корочки.

После образования твердой металлической корочки на ее поверхность под слой шлака заливают очередную порцию металла. Металлы свариваются по границе жидкого и полутвердого слоев и, поскольку сохраняется достаточно высокая температура под слоем шлака, происходит равномерная свариваемость пограничных слоев. При этом в пограничном слое не образуется тугоплавкой фазы.

Каждый последующий объем металла составляет 80 - 95% от объема предыдущего, чего требуют условия выделения газов, усадки и кристаллизации металла. Структура металла тем лучше, чем меньше толщина заливаемого слоя. Кристаллизация происходит быстро вследствие большой поверхности и малой толщины заливаемого слоя. «Седловидность» при этом незначительна.

Количество слоев и длительность интервалов между заполнениями отдельных порций определяется в зависимости от толщины отливаемой заготовки, температуры плавления и физико-химических свойств заливаемого в форму металла. Этот способ позволяет получать гомогенные, двухслойные и многослойные листы после проката литых заготовок.

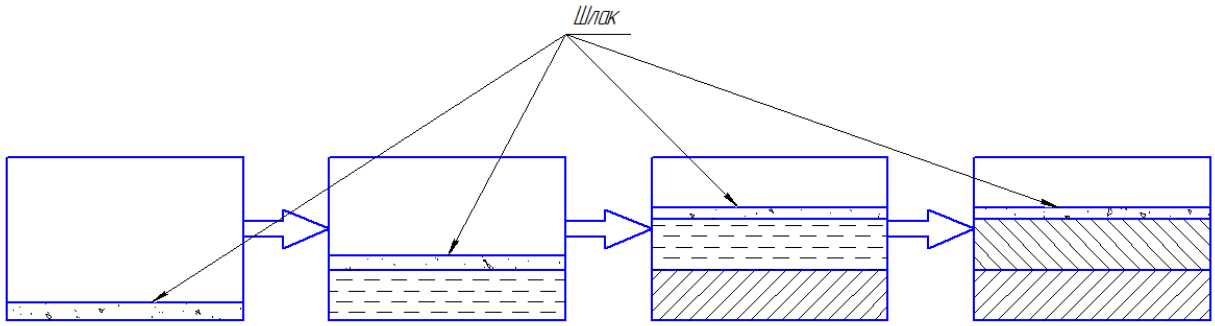

Рис. 3. Схема заполнения формы под шлаком

3. Электрошлаковое порционное литьё [2]

Форма заполняется плавлением электрода. Слой отливки образуется при перемещении электрода или формы.

С помощью механизма подачи расходуемый материал в виде компактной заготовки или стружки подают в секцию плавления, где он плавится одним из электронных лучей. После расплавления металл стекает в промежуточную емкость, где также обогревается электронным лучом, а затем попадает на поддон, ограниченный с одной стороны барьером. По мере накопления жидкой ванны металла, поддон перемещают с помощью механизма продольного передвижения, в результате чего расстояние между неподвижным барьером и задней стенкой поддона увеличивается. Жидкий металл, выходя из зоны, облучаемой электронным лучом, начинает кристаллизоваться у задней стенки поддона, образуя первый слой слитка. После формирования первого слоя электронные пушки выключают, барьер с помощью механизма перемещения поднимают на высоту, равную толщине первого слоя слитка, и поддон возвращают с помощью механизма перемещения в прежнее положение, включают электронные пушки и начиняют формировать второй слой плоского слитка.

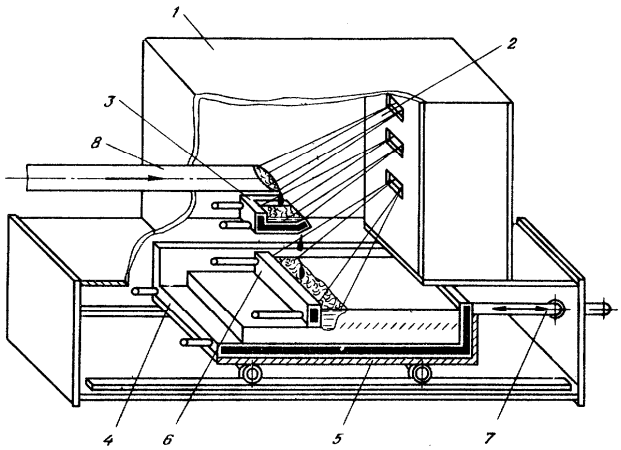

Рис. 4. Схема электрошлакового порционного литья: 1 – вакуумная камера, 2 – электронная пушка, 3 – промежуточная емкость, 4 – поддон, 5 – тележка, 6 – барьер, 7 – шток, 8 – заготовка

4. Послойное заполнение формы с холодильниками [3]

Устройство содержит сквозной прямоугольный кристаллизатор с охлаждаемыми стенками, полость которого для формирования многослойного слитка разделена на питающие камеры охлаждаемой разделительной перегородкой, выполненной с возможностью перемещения в направлении литья. Оборудование для управления подачей металла обеспечивает поддержание поверхностей металла в питающих камерах кристаллизатора на разных уровнях. Оборудование вторичного охлаждения кристаллизатора расположено рядом с его выпускным отверстием и содержит узлы на каждой из боковых и торцевых стенок, выполненные с возможностью начала вторичного охлаждения торцевых поверхностей слитка в ином месте по его высоте, чем боковых поверхностей. Достигается стабильность границы раздела слоев получаемого многослойного слитка.

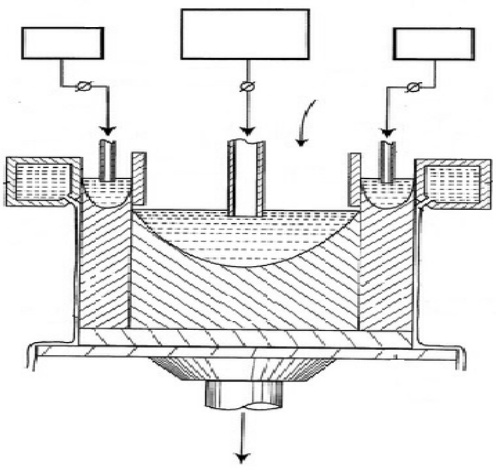

Рис. 5. Схема послойного заполнения формы с холодильниками

5. Последовательно-периодическая заливка

В форму заливают порцию металла и охлаждают. Охлаждение производят естественным путем или применяют холодильники, жидкий охлаждающий агент. Скорость введения расплавленного металла и скорость потока охлаждающей среды регулируют для обеспечения равномерной скорости затвердевания внутри литейной формы. Затем заливают новую порцию металла и повторяют этот процесс до полного заполнения формы и получения слитка.

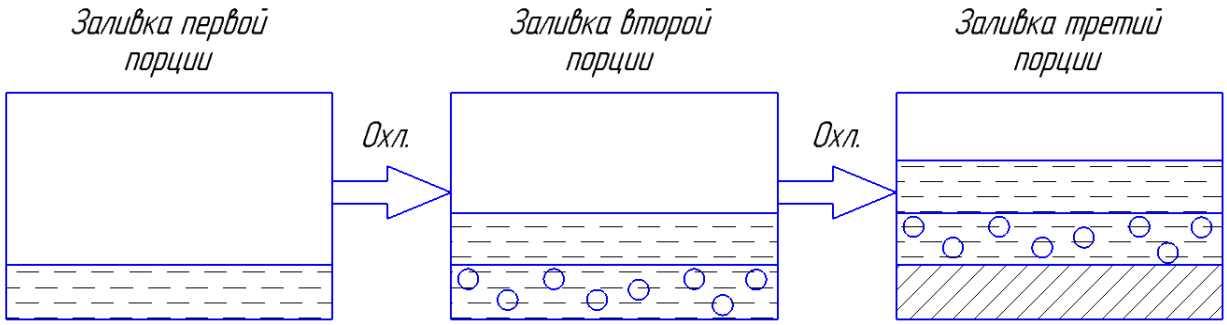

Рис. 6. Схема с последовательно-периодической заливкой

6. Получение многослойной отливки при центробежном литье

Во вращающуюся изложницу заливают порцию металла и охлаждают с помощью холодильника, расположенного по контуру изложницы. Затем заливают следующую порцию и так до тех пор пока не заполнят форму.

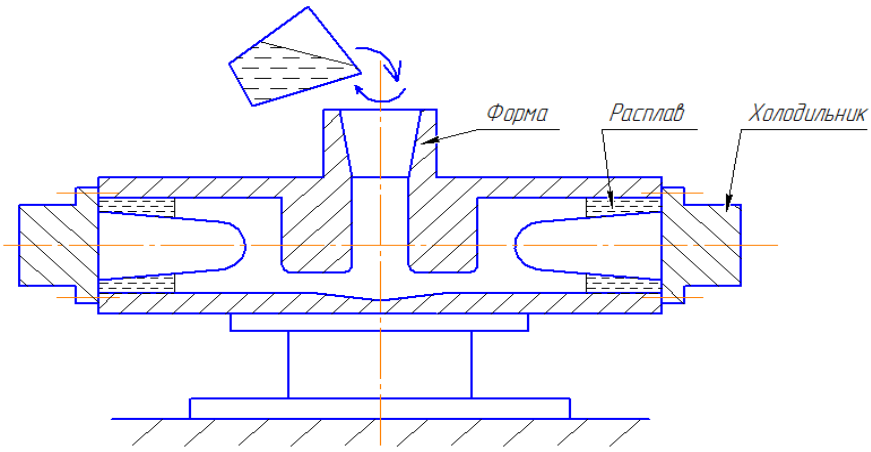

Рис. 7. Схема получения многослойной при центробежном литье

7. Получение отливок с направленным затвердеванием (отливки турбинных лопаток с монокристальной структурой) [4]

Технология монокристального литья основана на использовании затравок с температурой плавления на 120 – 150 °С выше, чем температура ликвидус жаропрочного

сплава отливки. Для этой цели используется бинарный сплав никеля с вольфрамом, т.к. легирование вольфрамом в области γ – твердого раствора обеспечивает повышение температуры плавления никеля до ~1520 °С. Затравочный метод позволяет получить отливки любой заданной ориентации – как аксиальной, так и азимутальной.

Рис. 8. Лопатка

Рис. 9. Конструкция стартовой зоны формы для монокристального литья

Вывод: гибридные технологии позволяют получить отливки сложной конфигурации с заданной пористостью без установки прибылей.

Список литератур

1. Коротченко А.Ю. Способ гравитационного литья фасонных отливок: пат. 2444415 Российская Федерация. 2012. Бюл. №7. 5 с.
2. Пивень Г.А., Ходич Н.К., Гапшенко А.Л., Фурсов Н.Н. Способ получения многослойной заготовки. Режим доступа: http://www.findpatent.ru/patent/34/348280.html (дата обращения 12.02.2015).
3. Патон Б.Р., Прянишников И С., Мовчан Б.А., Жучин В.Н., Топилин В.В., Перепелица И.В., Тихоновский А.Л., Курапов К.А., Мисюра Р.С., Кучеренко П.П. Установка для получения слитков металла. Режим доступа: http://www.findpatent.ru/patent/30/302964.html (дата обращения 12.02.2015).

4. Каблов Е.Н. Производство турбинных лопаток ГТД методом направленной кристаллизации // Научные публикации сотрудников ВИАМ. Электрон. Журн. 2000. Режим доступа: http://viam.ru/public/files/2000/2000-203008.pdf (дата обращения 12.02.2015).