

ИНДУКЦИОННАЯ БЕСТИГЕЛЬНАЯ ВАКУУМНАЯ ПЛАВИЛЬНО-ЗАЛИВОЧНАЯ УСТАНОВКА

Илья Олегович Бабийчук

Студент 5 курса

кафедра «Литейные технологии»

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана

Научный руководитель: А.А. Мандирк,

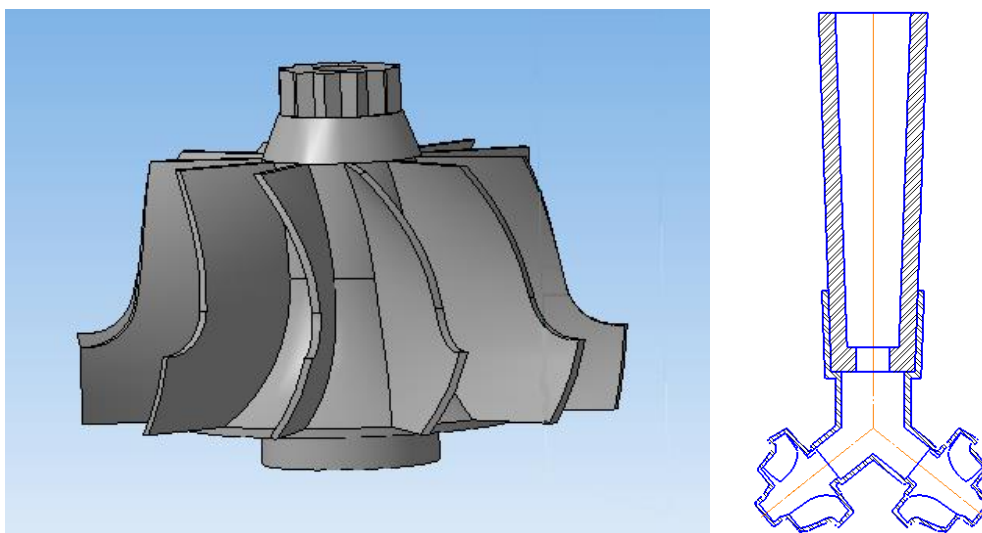
кандидат технических наук, доцент кафедры «Литейные технологии»

Детали типа «Колесо турбины» турбокомпрессора и ряд других деталей из жаропрочных сплавов на хромоникелевой и кобальтовой основе получают методом заливки керамических форм в вакууме.

3D модель детали «Колесо турбины» представлена на рисунке) —Отливка;

б) — Керамическая форма

Рисунок 1.



а) —Отливка;

б) — Керамическая форма

Рисунок 1 – Колесо турбины

Габариты отливок – до 130 мм в диаметре, диаметр формы – до 230 мм.

Сплав Inconel 713С жаропрочный, заливается при температуре 1500-1600 °С, в вакууме или инертной среде [1].

Плавка в вакууме обеспечивает получение особо чистых сплавов. Кроме того значительно сокращается количество растворенных в металле примесей и газов. Легирующие компоненты не реагируют с атмосферой и не образуют оксидов и нитридов.

Индукционная плавка обеспечивает высокую скорость расплавления и повышает коэффициент полезного действия печи за счет того, что тепло возникает внутри заготовки, а не передается извне.

Для получения качественных отливок необходимо обеспечение направленной кристаллизации [2].

Для изготовления таких деталей применяют бестигельные вакуумные плавильно – заливочные установки с индуктором, расположенным вне вакуумного пространства (Рисунок 2).

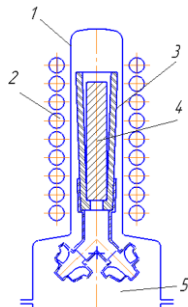


Рисунок 2 – Бестигельное вакуумное индукционное устройство с индуктором, расположенным вне вакуумного пространства 1 — плавильная камера (колба); 2 — индуктор; 3 — форма; 4 — мерная заготовка; 5 — заливочная камера

В данной установке плавильный индуктор 2 располагается вне вакуумного пространства печи. В связи с этим материал плавильной камеры 1 должен быть токонепроводящим и не магнитным, газонепроницаемым и термостойким. Чаще всего для этих целей используют трубы из кварца или плавленого электрокорунда.

Здесь тигель составляет с формой единое целое и является одноразовым. После прокалики формы в нее вставляется мерная заготовка из требуемого сплава. Далее форма с мерной заготовкой помещаются в печь и происходит расплавление заготовки в тигле формы.

Преимущества:

- Донный разлив металла обеспечивает высокое качество получаемых отливок, так как шлак и примеси, находящиеся на поверхности расплава, не попадают в форму;
- Вакуумная камера данной печи имеет минимальные размеры;
- Отсутствие каких-либо механических манипуляций в процессе плавки и заливки;
- Быстрая загрузка/разгрузка печи;
- Одноразовый тигель не размывается металлом и не служит источником неметаллических включений в отливке;
- Малые габариты установки;
- Отсутствие необходимости подготовки печи к работе, так как загрузка тигля происходит вне устройства;
- Порция заливки определяется размером мерной заготовки.

Рассмотрим две существующие установки данного типа:

- Установка фирмы Tru Cast, внедренная в производство колес турбин на литейном заводе КамАЗ;
- Установка УЛВБ фирмы Литформ.

Установка для бестигельного литья фирмы Tru Cast представляет из себя две установки (рисунок 3): плавильно-заливочная установка 1 и установка кристаллизации 2. Каждая установка имеет два рабочих места, что обеспечивает ее непрерывную работу.

Рабочий 3 вынимает прокаленную форму из печи прокалики, после чего переносит ее на место установки мерных заготовок 5. После установки мерной заготовки рабочий устанавливает форму в плавильно-заливочную установку 1 (рисунок 4). После установки формы в печь происходит откачка воздуха из полости вакуумной камеры и включается плавильный индуктор. Индуктор питается от преобразователя частоты, координация работы установки производится системой управления установки.

После расплавления мерной заготовки расплав поступает в форму. После окончания заливки рабочий перемещает форму в печь кристаллизации (5).

Рабочий устанавливает форму в держатель и засыпает в нее реактив «Фидекс», при взаимодействии которого с расплавом в прибыли происходит экзотермическая реакция, в результате чего в шейке прибыли образуется тепловой узел, питающий затвердевающую отливку. Данный процесс протекает в воздушной среде.

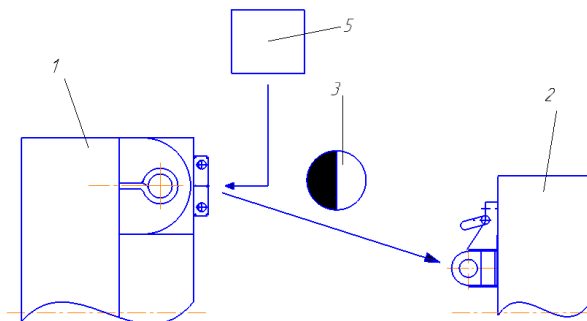


Рисунок 3 – Схема работы установки

1 —плавильная установка; 2 — установка кристаллизации; 3 — рабочий; 4 — пункт установки мерных заготовок; 5 — прокалочная печь.

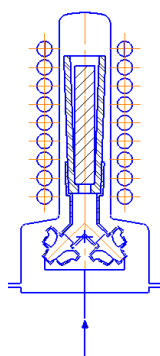


Рисунок 4 – Вакуумная камера

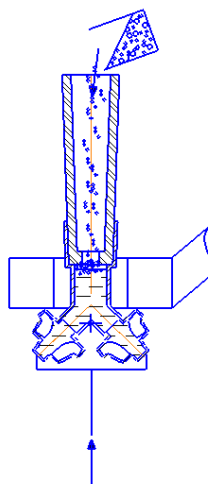


Рисунок 5 – Установка кристаллизации Tru Cast

Преимущества:

— Подогрев прибыли позволяет значительно сократить размер ее размер.

Недостатки:

— Подогрев прибыли происходит на отдельной позиции.

— Подогрев прибыли за счет экзотермической химической реакции приводит к выделению газов и требует серьезной вентиляции.

Установка для литья в вакууме УЛВБ устроена аналогично установке Tru Cast с одним отличием.

Подогрев прибыли осуществляется не экзотермической реакцией, а индукционным нагревом прибыли (6), что также создает в прибыли тепловой узел, необходимый для питания отливки в процессе ее кристаллизации.

Порядок работы и компоновка установки также полностью аналогична установке Tru Cast.

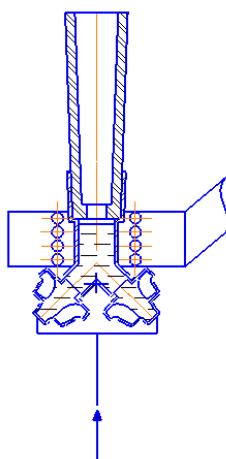


Рисунок 6 – Подогрев прибыли на установке УЛВБ

Индукционный нагрев прибыли имеет ряд преимуществ:

— Повышается экономичность установки, так как вместо порошка используется индуктор;

— Улучшаются условия труда рабочих, так как при использовании порошка выделяются вредные продукты реакции и происходит их разбрызгивание;

— Повышается экологичность производства;

— Исключается еще одна операция, производимая рабочим (теперь ему необходимо лишь установить форму в установку), что также исключает человеческий фактор (например, неточная дозировка порошка).

Однако до сих пор остается ряд недостатков, присущий обеим установкам:

— Установка состоит из двух частей: плавильно-заливочной и установки для кристаллизации;

— Сильное влияние человеческого фактора, так как рабочий затрачивает на перемещение формы из плавильно-заливочной установки в установку кристаллизации каждый раз разное время;

— При перемещении формы в установку для кристаллизации отливка уже частично затвердевает;

— Затвердевание происходит в воздушной среде.

На основе проведенного анализа бестигельных установок предлагается установка, в которой индукторы для нагрева прибыли плавки совмещены на одной позиции.

Данная установка (

Рисунок 7) состоит из вакуумной камеры 1, индуктора 2 для плавления мерной заготовки 4, индуктора 3 для нагрева прибыли, вакуумного насоса 5 большой мощности, вакуумного насоса 6 малой мощности, насоса 7 и крышки вакуумной камеры 9.

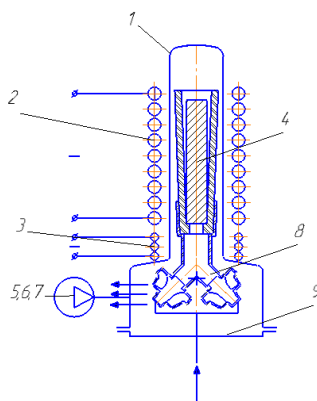


Рисунок 7 – Схема установки

1 — вакуумная камера; 2 — индуктор; 3 — индуктор; 4 — мерная заготовка; 5 — вакуумный насос; 6 — вакуумный насос; 7 — насос; 8 — форма; 9 — крышка

Рассмотрим этапы работы данной установки (Рисунок 8):

- На первом этапе производится установка формы на подъемный стол;
- Далее происходит поднятие стола и закрытие вакуумной камеры;
- Включается вакуумный насос 5 большой мощности, в вакуумной камере создается разрежение (Рисунок 8,а) ;
- После завершения откачки воздуха, вакуумный насос 5 большой мощности отключается и включается вакуумный насос 6 малой мощности, который поддерживает вакуум в камере (Рисунок 8,б);
- Одновременно включается индуктор 2, начинается процесс плавки мерной заготовки;
- При завершении плавки металл заполняет полость формы, включается индуктор 3, выключается индуктор 2 (Рисунок 8,в);
- Так как в вакууме отсутствует конвективный теплообмен, необходимо наполнить камеру газовой средой. Вакуумный насос 6 выключается, включается насос 7, закачивающий в камеру газ; индуктор 3 продолжает работать, нагревая шейку прибыли (Рисунок 8,г). Происходит процесс направленной кристаллизации отливки в контролируемой атмосфере;
- При завершении кристаллизации все системы установки отключаются, камера раскрывается, рабочий достает форму. Цикл повторяется.

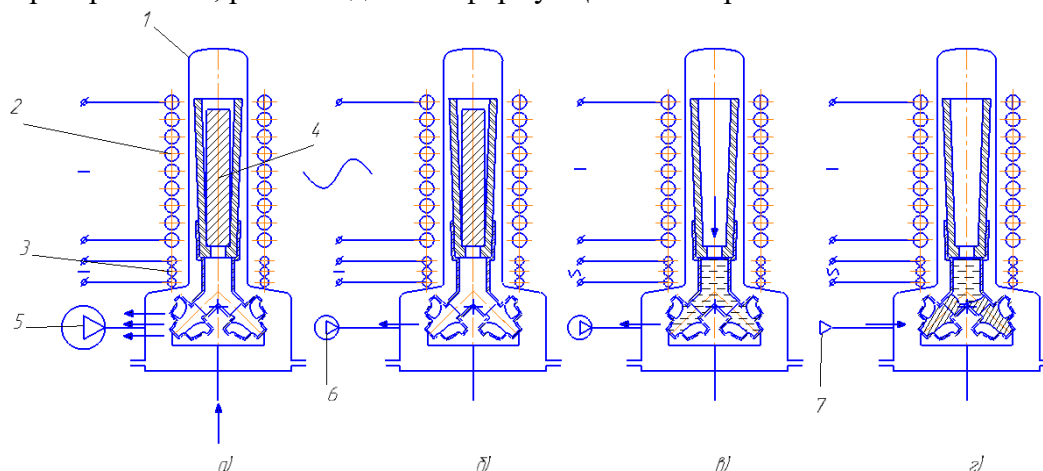


Рисунок 8 – Этапы работы установки

1 — вакуумная камера; 2 — индуктор; 3 — индуктор; 4 — мерная заготовка; 5 — вакуумный насос; 6 — вакуумный насос; 7 — насос

Преимущества:

- Установка состоит из одной машины;
- Исключаются операции по переноске формы из одной установки в другую, что благоприятно влияет на технологический процесс;
- Человеческий фактор не влияет на процессы плавки и кристаллизации отливки;
- Процесс получения отливки становится быстрее, нет лишних потерь перегрева;
- Процесс плавки и заливки происходит в вакууме, процесс кристаллизации проходит в контролируемой среде (в воздухе/инертном газе), температуру и давление которой можно изменять в зависимости от требуемых условий;
- Установка универсальна и подходит как для массового производства, так и для мелкосерийного гибкого производства.

В дальнейшем необходимо провести исследования и ответить на следующие вопросы:

- Требуется ли подогрев прибыли?
- Какие способы управления кристаллизацией наиболее эффективны и применимы?

Литература

1. *В.Н. Иванов, С.А. Казеннов, Б.С. Курчман* и др. и под общ. ред. Я.И. Шкленника, В.А. Озерова. *Литье по выплавляемым моделям*. Москва : Машиностроение, 1984.
2. *Е.Н., Каблов*. *Литые лопатки газотурбинных двигателей (сплавы, технология, покрытия)*. Москва : МИСИС, 2001 г.