

## РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ КРЫЛЬЧАТОК ОТВЕТСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

*Клименков С.С., д. т. н, проф., Голубев А.Н., ст. преп., Остапенко Д.В., студ.  
Витебский государственный технологический университет,  
г. Витебск, Республика Беларусь*

Реферат. В статье рассмотрен способ получения крыльчаток с монокристаллической структурой для нефтяных насосов высокого давления. Получение крыльчаток с монокристаллической структурой имеет важное значение в нефтяной промышленности в связи с высокими требованиями к стойкости детали.

Ключевые слова: крыльчатка, нефтяные насосы, монокристаллический, параметрический ряд, литьё по выплавляемым моделям, затравка, 3D-принтер.

Система трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов является стратегически важной для каждой страны. Трубопроводный транспорт осуществляется комплексом насосного оборудования, которым оснащаются головные и промежуточные нефтеперерабатывающие станции. В такой комплекс входят нефтяные насосы высокого давления, основными конструктивными элементами которых являются крыльчатки – наиболее нагруженные и ответственные элементы конструкций. Крыльчатки целесообразно изготавливать монокристаллическими поскольку они в несколько раз более стойкие по сравнению с поликристаллическими. Монокристаллическим называют изделие, полученное из одного зародыша и не имеющего границ между зёрнами. Для достижения максимальных свойств необходимо стремиться к получению заготовок с монокристаллической микроструктурой заданной кристаллографической ориентации.

Для успешного решения проблем промышленного производства крыльчаток с монокристаллической структурой необходим комплексный подход включающий: создание структурных сплавов; разработка высокоавтоматизированного литейного оборудования; развитие технологии изготовления керамических форм; производство и контроль затравок; литьё и кристаллизация отливок; совершенствование операций контроля кристаллографической ориентации. Все технологические параметры должны поддерживаться, управляться и фиксироваться с помощью специализированной компьютерной системы являющейся неотъемлемой частью оборудования.

Для изделий ответственного назначения целесообразно технологические процессы разрабатывать сразу для целой группы деталей. Это позволит значительно снизить сроки проектирования и уменьшить издержки производства на освоение продукции [1].

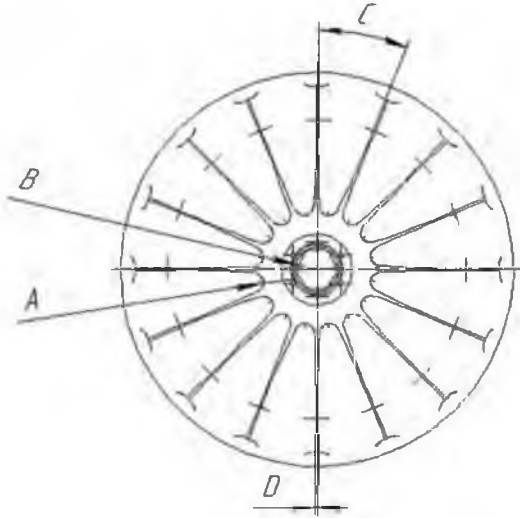

Предлагается изготавливать крыльчатки методом литья по выплавляемым моделям. Целесообразно всю гамму конструкции крыльчаток разделить на несколько параметрических рядов. Это позволит на стадии подготовки производства автоматизировать проектно-технологические работы.

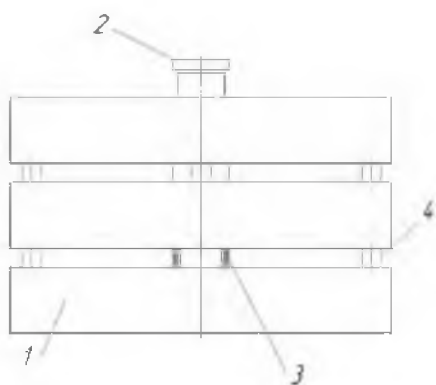
Для производства выплавляемых моделей в САПР КОМПАС-3D была разработана параметрическая модель крыльчатки. С помощью функции «Параметры» можно легко изменять геометрию 3D-модели используя переменные, что существенно экономит время на моделирование изделий из семейства. В таблице 1 представлен разработанный параметрический ряд крыльчаток.

Изготовление выплавляемых моделей предполагается на 3D-принтере. Одновременно на 3D-принтере изготавливаются и сопутствующие технологические элементы: стояк, опорные кольца и т. д. На рисунке 1 представлена в сборе выплавляемая модель изделия и элементы технологической оснастки.

Оболочковую форму изготавливают следующим образом. На модельную форму наносят огнеупорную суспензию, состоящую из связующего раствора (как правило, на основе этилсиликата) и огнеупорного порошка. Для укрепления суспензионного слоя его обсыпают кварцевым песком или крошкой другого огнеупорного материала, после чего просушивают. Так наносят несколько слоев. После этого модель удаляют из керамической оболочки выплавлением, растворением или выжиганием.

Таблица 1 – Параметрический ряд крыльчаток

Крыльчатки							
							
Номера модели	Размеры модели						
	A, мм	B, мм	C, °	D, мм	E, мм	F, мм	G, мм
01	30	20	21	1,15	180	28	25
02	32,5	22	21	1,16	190	31	28
03	35	24	21	1,17	200	34	31
04	37,5	26	21	1,18	210	37	34
05	40	28	21	1,19	220	40	37



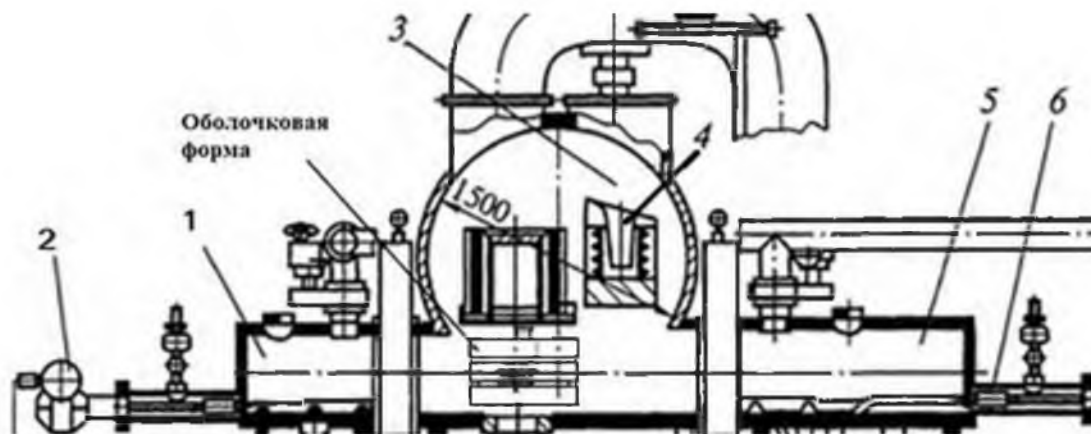
1 – модели форм изделий, 2 – модель стояка, 3 – модели опорных колец, 4 – модели опор

Рисунок 1 – Модель в сборе изделия и технологической оснастки в сборе

Оболочку прокаливают для удаления остатков модельного состава и других органических веществ. Если прочность оболочки недостаточна, ее перед прокаливанием заформовывают в огнеупорный наполнитель.

Для изготовления монокристаллических изделий используется специализированное оборудование (рис. 2). Процесс изготовления осуществляется в следующей последовательности. В оболочковую форму помещают и закрепляют с определенной ориентацией затравочный монокристалл. Оболочковая форма устанавливается в приемную камеру 2 и с помощью механизма загрузки форм 1 перемещается в плавильную камеру 3, которая герметизируется и вакуумируется. В тигле 4 происходит плавка металла, который переливается в оболочковую форму. Отверждение жидкого металла производят таким образом, чтобы затравочный монокристалл увеличивался в размерах и заполнил весь объем оболочковой формы. Образование других кристаллов недопустимо. После завершения кристаллизации форма с помощью механизма выгрузки 6 перемещается в камеру 5, где происходит охлаждение отливки.

Полученное монокристаллическое изделие подвергают контролю различными методами: электропотенциальный, реолого-резистивный метод, методика температурного контроля в печи и т. д. [3].



1 – механизм загрузки форм; 2 – камера загрузки форм; 3 – технологические вакуумные затворы; 4 – плавильная камера; 5 – камера выгрузки форм; 6 – механизм выгрузки.

Рисунок 2 – Установка для получения монокристаллических изделий.

#### Список использованных источников

1. Клименков, С. С. Инновационные технологии в машиностроении / С. С. Клименков, В. В. Рубаник. – М.: Белорусская наука, 2021. – 406 с.
2. Мурашкевич, А. Н. Теория и методы выращивания монокристаллов / А. Н. Мурашкевич, И.М. Жарский. – М: БГТУ, 2010. – 214 с.
3. Круглов, У. П. Выбор и способы изготовления заготовок для деталей в машиностроении / У. П. Круглов. – М.: КФУ, 2016. – 266 с.

УДК 677.023.99

## РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ФИТИНГОВЫХ ИЗДЕЛИЙ ОТВЕТСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

*Клименков С.С., д. т. н, проф., Голубев А.Н., ст. преп., Кормилин Ф.Л, студ.  
Витебский государственный технологический университет,  
г. Витебск, Республика Беларусь*

Реферат. В статье изложены результаты исследования возможного применения информационных технологий (параметрического моделирования) в синтезе с литьем по выплавляемым моделям для производства монокристаллических изделий.

Ключевые слова: монокристалл, фитинг, 3D-модель, параметрический ряд, выплавляемая модель, литье, металл, оболочка, затравка, кристаллизация.

В качестве изделий ответственного назначения были выбраны фитинги, предназначенные для образования трубных соединений в тепловой энергетике. По традиционной технологии фитинги изготавливают методом объемной закрытой штамповки на многоплунжерных прессах. В процессе пластической деформации материала фитингов формируется мелкозернистая поликристаллическая структура. При давлении свыше 1000 МПа и температуре теплоносителя 700 °С поликристаллическая структура фитингов не обеспечивает надежность трубных соединений [1].

Решением рассматриваемой научно-технической проблемы является технологический переход на изготовление монокристаллических фитингов. Это позволит обеспечить значительное повышение эксплуатационных характеристик фитинговых изделий.

Предлагается фитинговые изделия получать методом литья по выплавляемым моделям.