

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное общеобразовательное
учреждение высшего образования

**«МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ
(национальный исследовательский университет)» (МАИ)**



М.С. ВАРФОЛОМЕЕВ

**Решение технологических проблем
повышения надежности и качества литых
изделий ответственного назначения из
титановых сплавов**

Учебное пособие

УДК 673.8

ББК 34.33

ISBN 978-5-98604-590-0

Рекомендовано к печати Ученым Советом института №1 АТК МАИ

Рецензенты:

Батышев К.А., д.т.н., профессор "МПУ", *Чудайкин А.И.*, к.т.н., ОАО НИАТ

Варфоломеев, М.С.

Решение технологических проблем повышения надежности и качества литых изделий ответственного назначения из титановых сплавов [Текст]: учебное пособие / Варфоломеев М.С. – М.: ПРОБЕЛ-2000, 2017. – 72 с.

Пособие посвящено различным аспектам технологии получения литейных форм, применяемых для производства отливок из титановых сплавов.

Учебное пособие предназначено для бакалавров, обучающихся по профилю «Технологии литейных процессов» направления 22.03.02 «Металлургия».

УДК 673.8

ББК 34.33

ISBN 978-5-98604-590-0

© Варфоломеев М.С., 2016

© МАИ

Оглавление

Введение	4
Глава 1. Литейные формы, применяемые для производства отливок из титановых сплавов	6
1.1. Формовочные материалы для титанового литья и их основные свойства.	7
1.1.1. Основные свойства углеродных материалов.....	8
1.1.2. Основные свойства огнеупорных оксидов.	10
1.2. Связующие материалы для изготовления керамических форм. ..	19
1.3. Физико-химическое взаимодействие титановых отливок с материалами литейных форм и пути устранения негативного влияния диоксида кремния на качество поверхности титановых отливок.	31
1.4. Пути устранения негативного влияния диоксида кремния на качество поверхности титановых отливок.	34
Глава 2. Высокотермостойкие алюмоиттриевые керамические формы для прецизионного литья изделий ответственного назначения из жаропрочных и титановых сплавов	58

Глава 1. Литейные формы, применяемые для производства отливок из титановых сплавов.

Развитие лопаток турбин, изготовленных на основе никелевых жаропрочных сплавов, достигло своего предела, рабочая температура современных жаропрочных сплавов 1100-1150°C, что соответствует 80-85% от их температуры плавления.

В настоящее время, для изготовления лопаток ГТД в двигателях нового поколения, особый интерес представляют жаропрочные сплавы на основе ниобия и интерметаллидные Ti-Al сплавы. Высокие температуры плавления этих материалов смогут обеспечить повышение рабочих температур турбины до 1350°C, а пониженная плотность снизит на 20% массу перспективных ГТД. В этой связи за рубежом (США, Японии, Китая, Франции, Англии, Южной Кореи) ведутся интенсивные исследования в этой области.

Высокие температуры плавления и реакционная способность ниобиевых и титановых сплавов приводят к их взаимодействию с большинством огнеупорных материалов. При плавке и заливке в вакуумно-индукционных печах они активно взаимодействуют с материалом керамического тигля и формы. Это требует разработки новых керамических материалов, способных выдерживать высокие температуры плавки и заливки. При литье тугоплавких и химически активных металлов (Ti, Nb и др.) и сплавов на их основе плавильные тигли и формы должны изготавливаться из наиболее огнеупорных и термохимически стойких к расплавам материалов. К таким относятся оксиды алюминия, циркония, иттрия.

Возможность применения для этих целей традиционных керамических материалов практически полностью исчерпана или, в лучшем случае, значительно ограничена. Кроме того, традиционные

керамические материалы не удовлетворяют возросшим запросам технических характеристик современных технологий плавки и заливки высокожаропрочных сплавов на основе тугоплавких металлов и сплавов и, тем техническим требованиям, которые предъявляются при создании различного рода литых изделий [3-4].

1.1. Формовочные материалы для титанового литья и их основные свойства.

Высокая химическая активность титановых сплавов в жидком состоянии, а так же высокая температура плавления и литья предъявляют особые требования к литейным формам. Они должны обладать химической стойкостью по отношению к расплавленному титану и высокой огнеупорностью. Химическая стойкость литейных форм обеспечивается выбором соответствующих исходных формовочных материалов, принятым технологическим процессом изготовления форм и их подготовкой к заливке.

Кроме того, литейные формы для титанового литья должны обладать минимальной склонностью к изменению размеров при обжиге, необходимой механической прочностью, отвечать требованиям технологии приготовления формовочной и стержневой смесей, технологи изготовления форм и стержней и др.

Керамическая форма на 95-97% состоит из огнеупорной основы (наполнитель суспензии и материал обсыпки), зерна которой цементируют связующее. Поэтому важнейшие свойства форм (огнеупорность, термостойкость, склонность к деформации, инертность к заливаемому металлу) зависят прежде всего от огнеупорного материала.

К огнеупорным материалам предъявляют следующие требования:

- высокая огнеупорность (как правило не ниже 1800°C);
- низкий коэффициент термического расширения;

- отсутствие полиморфных превращений при нагреве;
- химическая стойкость при нагреве;
- инертность к заливаемому сплаву.

Огнеупорный материал должен иметь определенный фракционный состав, не взаимодействовать со связующим материалом, снижая его живучесть. Кроме того, материал должен быть недефицитным, недорогим и безопасным.

Формовочные смеси, применяемые для изготовления литейных форм, состоят из огнеупорной основы, связующего вещества и вспомогательных материалов.

В качестве огнеупорной основы формовочных смесей для титанового литья используют углеродные материалы (графит, кокс, пироуглерод и др.) и керамические материалы (огнеупорные оксиды, а также карбиды, нитриды и бориды).

Наибольшей химической стойкостью по отношению к титану обладают формы на основе углеродных материалов. В качестве связующего для изготовления углеродных форм в основном применяют органические материалы (синтетические смолы), которые в процессе обжига форм прочно связывают зерна огнеупорной основы. Эти формы нашли широкое применение, как в отечественной, так и зарубежной практике.

Формовочные смеси на основе графита применяют для изготовления набивных, прессованных, оболочковых форм и форм по выплавляемым моделям. [1]

1.1.1. Основные свойства углеродных материалов.

Графит является одним из наиболее термостойких материалов. Его прочностные свойства увеличиваются при повышении температуры. При нагреве графита выделяются сорбированные газы и происходит испарение

графита. Так как при повышенных температурах титан обладает высокой химической активностью, то газотворность графита, как характеристика материала, используемого для изготовления литейных форм, приобретает важное значение.

В окислительных средах графит стоек лишь при относительно низких температурах. Реакция с кислородом воздуха начинается при 400°C, а с диоксидом углерода при 500°C. С повышением температуры скорость окисления возрастает и при 1200-1300°C.

Графит обладает низким коэффициентом термического расширения, что способствует получению точных отливок и уменьшает вероятность образования в них трещин.

Однако изготовление графитовых форм сопряжено с некоторыми экологически негативными факторами, в частности с выделением графитовой пыли, фенола и тяжелых углеводородов. Кроме того, применение графита в качестве материала форм для литья титановых сплавов значительно увеличивает трудоемкость, стоимость и время процесса изготовления отливок.

В качестве огнеупорной основы для изготовления керамических форм применяют высокоогнеупорные оксиды: α - Al_2O_3 , MgO , ZrO , CaO и др. [9] Из них изготавливают формы по выплавляемым моделям, реже уплотняемые. Например, уплотнением изготавливают формы и стержни из смеси циркониевого и оливинового песков в соотношении 2:1 с использованием в качестве связующего органических соединений, смол, декстрина. Применение уплотняемых форм позволяет снизить стоимость изготовления титановых отливок на 30-40%. [5]

Для изготовления керамических форм по выплавляемым моделям применяют связующие двух типов: растворы на силикатной основе - жидкое стекло, кремнезоли и гидролизированный этилсиликат, а также