

ИННОВАЦИОННАЯ ИМПОРТОНЕЗАВИСИМАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ АВИАЦИОННЫХ ОТЛИВОК ИЗ СПЛАВОВ НА ОСНОВЕ ТИТАНА

Белов В.Д., Фадеев А.В., Колтыгин А.В., Белов М.В.

Университет науки и технологий МИСИС, г. Москва, vdbelov@mail.ru

Ключевые слова: титановый сплав, крупногабаритные отливки, безмодельная технология, графитовая форма, импортонезависимость.

Повышение эффективности и надёжности в работе летательных аппаратов, в том числе входящих в их конструкцию газотурбинных двигателей, были и остаются чрезвычайно актуальными задачами, стоящими перед их разработчиками и изготовителями.

Применительно к авиационным двигателям очень важным показателем является их масса, следовательно, исследования, направленные на её снижение, остаются актуальными и постоянно необходимыми.

С увеличением объёмов производства летательных аппаратов также чрезвычайно актуальными становятся и вопросы, связанные с повышением эффективности применяемых технологических процессов при изготовлении деталей, входящих в конструкцию их отдельных узлов.

В свете изложенного, на кафедре «Литейные технологии и художественная обработка материалов» (ЛТиХОМ) Национального исследовательского технологического университета «Московский институт стали и сплавов» (НИТУ «МИСиС») были проведены работы по разработке безмодельной технологии для изготовления крупногабаритных сложнофасонных тонкостенных отливок из титанового сплава ВТ20Л.

Технология прошла опытно-промышленное опробование и рекомендована к внедрению в производство.

Сущность безмодельной технологии изготовления крупногабаритных сложнофасонных тонкостенных титановых отливок, в отличие от широко применяемой технологии литья по выплавляемым моделям, заключается в том, что для изготовления литейной формы под заливку её титановым расплавом не требуются восковые модели, растворы суспензий, огнеупорные материалы обсыпки для формирования оболочки, печи для вытопки модельной массы и прокалки оболочки, а необходимы лишь заготовки из графита, 3D-литейные формы и станок/станки с ЧПУ для механической обработки блочного графита.

Опытно-промышленное опробование безмодельной технологии изготовления титановых отливок было проведено на базе предприятия ПАО «ОДК – УМПО» на примере литой детали «Корпус разделительный» для двигателя ПД 14 (габаритные размеры детали - $\varnothing 2062 \times 361$ мм; масса 180 кг; сплав ВТ20Л).

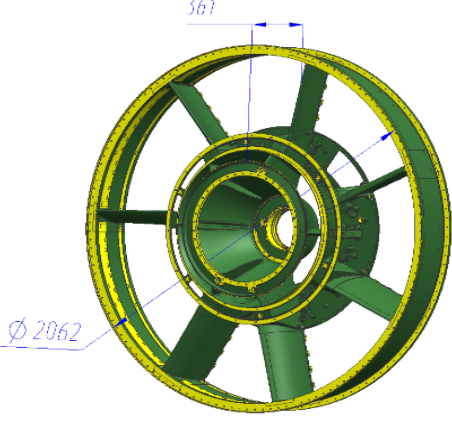
Опробование проводилось в два этапа.

На первом этапе на кафедре ЛТиХОМ НИТУ «МИСиС» были разработаны технологии литья фрагментов этой детали - «Корпус внутренний. Теоретический контур» и «Стойка» - и сконструированы графитовые литейные формы для них. Конструкции указанных отливок, литниковых систем и литейных форм разрабатывались с учётом их возможного изготовления на российской плавно-литейной установке НИАТ 833Д. Компьютерное моделирование процессов заливки и затвердевания отливок, изготовление графитовых форм было осуществлено на базе кафедры ЛТиХОМ. Промышленное опробование было проведено в 2013 году на ПАО «ОДК – УМПО».

На втором этапе, учитывая позитивный результат работы, полученный в рамках 1-го этапа, на кафедре ЛТиХОМ НИТУ «МИСиС» была разработана технология для изготовления отливки «Корпус разделительный» на плавно-литейной установке ALD 500. Было проведено компьютерное моделирование в программе ProCAST процессов заполнения титановым расплавом ВТ20Л полости графитовой литейной формы и затвердевания отливки, сконструирована и изготовлена форма из блочного графита на станке с ЧПУ.

Сравнительные анализ результатов опытного-промышленного опробования изготовления титановой отливки «Корпус разделительный» литьём в графитовую форму в рамках 2-го этапа и литьём в керамическую форму приведён в табл. 1.

Табл. 1. Сравнительный анализ технологий изготовления отливки «Корпус разделительный», этап № 2

Литье в керамические формы	Безмодельная технология, (БТ)
В настоящее время все материалы, применяемые для изготовления керамической формы, включая модельную массу, связующее, наполнитель и смолу для SLA-моделей, импортные.	Все материалы, применяемые для изготовления формы по безмодельной технологии, отечественного производства.
Технологический цикл изготовления отливок	
<ul style="list-style-type: none"> • Изготовление SLA-модели • Сборка модельного блока • Установка арматуры • Нанесение керамического покрытия • Термообработка формы • Стационарная заливка • Удаление керамики • Обрезка • Доведение размеров травлением • Исправление дефектов • Контрольные операции 	<ul style="list-style-type: none"> • Изготовление графитовой формы • Сборка формы • Центробежная заливка • Выбивка • Обрезка • Исправление дефектов • Контрольные операции
Требования чертежа	
<p>Габариты: 2062x361мм Материал: VT20/TA6V Масса: ~180 кг</p> <ul style="list-style-type: none"> - Допуск формы проточной части: ± 2 мм (ужесточен в зоне стыков с КНД и КВД: ± 1 мм на длине до 50 мм) Допуск формы профилей стоек: $\pm 1,5$ мм (ужесточен для стойки радиального вала: $\pm 1,25$ мм) <p>Шероховатость поверхностей проточной части в отливке - не грубее 3,2 мкм.</p>	
Размерная точность	
<p>ОСТ 1. 41.154-86. Возможности получения различных классов точности для отливок из титановых сплавов при литье по выплавляемым моделям распространяются только на габариты до 400 мм с классом литейной точности ЛТ-6 (минимальный допуск $\pm 2,0$ мм).</p> <p>По максимальному размеру «С» = 900 мм теоретического контура отклонение в форме по БТ составляет $\pm 0,2$ мм, а отклонение этого же размера по SLA-моделям за счет усадки и коробления составляет $\pm 2,5$ мм.</p> <p><i>Получение более точных размеров по SLA-моделям достигается путем дополнительной механической обработки и травления отливок.</i></p>	

Выводы по результатам сравнения технологий изготовления титановых отливок в рамках 1-го и 2-го этапов работы:

- Серийное получение крупногабаритных (более 1000 мм), тонкостенных (до 3 мм) отливок из титановых сплавов литьём по безмодельной технологии в графитовые формы можно было организовать в течении 2017 года.
- Внедрение в серийное производство технологии получения аналогичных отливок литьём в керамическую форму по выплавляемым и SLA-моделям требует более длительного времени.
- Безмодельная технология практически не требует назначения дополнительных припусков на механическую обработку, что полностью исключает травление и сокращает общий цикл механической обработки.

- Результаты сравнения механических свойств образцов, полученных с применением способа литья титановых сплавов по безмодельной технологии и классических способов литья, показали, что безмодельная технология позволяет получать отливки из титанового сплава с высокими механическими свойствами.

- По согласованию с конструктором изделия ПД14, литью заготовку «Корпус разделительный» возможно привести в наиболее технологическое исполнение.

- Безмодельная технология может быть полностью реализована на базе полупостоянных литейных форм (комбинированный кокиль: металл (сталь) – графит) с применением российских материалов и оборудования.

Сведения об авторах

Белов Владимир Дмитриевич, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой. Область научных интересов: литейное производство.

Фадеев Алексей Владимирович, инженер-технолог. Область научных интересов: литейное производство, титановое литье.

Колтыгин Андрей Вадимович, к.т.н., доцент. Область научных интересов: литейное производство.

Белов Михаил Владимирович, к.т.н., начальник отдела опытного производства. Область научных интересов: литейное производство.

INNOVATIVE IMPORT-INDEPENDENT TECHNOLOGY FOR MANUFACTURING AIRCRAFT CASTINGS FROM TITANIUM-BASED ALLOYS

Belov V.D., Fadeev A.V., Koltygin A.V., Belov M.V.

University of Science and Technology MISIS, Moscow, Russia, vdbelov@mail.ru

Keywords: titanium alloy, large-size castings, model-free technology, graphite mold, import-independence.

The results of work on the development of a model-free technology for the manufacture of complex thin-walled castings made of titanium alloy are presented. The technology has passed pilot tests and recommended for introduction into production.