

**А.В. Нейма, Е.В. Михнян**

Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины, г. Киев

*Тел./факс.: (044)424-00-79*

## **ПРИМЕНЕНИЕ ВЫЖИГАЕМЫХ ППС-МОДЕЛЕЙ ПРИ ЛИТЬЕ ДЕТАЛЕЙ ГТД**

На предприятиях энергомашиностроения как в Украине так и за рубежом, традиционной технологией для получения литых сложнопрофильных лопаток ГТД является литье в многослойные оболочковые формы с выплавляемыми воскодержащими моделями (способ ЛВМ). Однако, этот способ имеет ряд недостатков, ограничивающих габариты получаемых отливок, в частности из-за низкой температуры размягчения модельной массы.

Применение литья по газифицируемым пенополистироловым (ППС) моделям (способ ЛГМ) в случае отливок из низкоуглеродистых жаропрочных сталей и сплавов, применяемых для деталей ГТД, ограничено из-за опасности появления специфических дефектов поверхности, в частности, науглероживания.

Технологически перспективной является замена воскодержащих моделей удаляемыми методом выжигания, для чего используют материалы, сгорающие на воздухе или в кислородной среде с низкими газотворностью и зольностью (ППС разных типов, канифоль, порошки на основе целлюлозы). Однако, недостатками этого способа является возможное растрескивание форм в процессе выжигания и насыщение металла продуктами деструкции.

Целью представленной работы явилось определение оптимальных температурно-временных параметров процесса выжигания ППС-моделей и удаления продуктов их деструкции из оболочковых форм, полученных из комплексномодифицированной керамики повышенной прочности, разработанной во ФТИМС НАНУ.

В практике литейного производства встречаются три основных способа выжигания модели из формы: нагревом в сушильной печи, ацетиленокислородным пламенем, струей кислорода. В данном случае для оценки трещиностойкости разовых форм при выжигании и установления основных температурно-временных параметров процесса выжигания ППС-моделей была изготовлена экспериментальная партия многослойных форм на жидкостекольном связующем. В качестве отвердителя использовали порошок хлористого аммония (ТУ 6-09-2540-87). Использовали об-

разцы нескольких типов ППС, применяемых для изготовления моделей: объемом 34 см<sup>3</sup> и 103 см<sup>3</sup> из марки ПСБ-25 (EPS-EN13163) по ДСТУ Б EN 13163-2013 плотностью 25 кг/м<sup>3</sup> и более прочного экструдированного ППС марки 4000 CS (XPS СТО 72746455-3.3.1–2012) плотностью 35 кг/м<sup>3</sup> для деталей больших габаритов.

Для повышения стойкости к трещинообразованию оболочковых форм при удалении моделей использовали двухэтапное выжигание. Низкотемпературный этап выжигания в сочетании с отжигом форм выполняли в камере электрошкафа СНОЛ 67/350 при постепенном повышении температуры от 20 до 150 °С с целью термокомпактирования ППС-моделей, сопровождаемого первичным газовыделением. Высокотемпературная фаза выжигания проводилась в электрической печи сопротивления марки СНОЛ 7,2/900 одновременно с процессом отжига оболочки формы по режиму: нагрев до температуры 700 – 750 °С со скоростью 120 – 130 °С в час и последующей выдержкой на протяжении 2-х часов, что инициировало в интервале температур 500 – 550 °С остаточный процесс выделения газовых продуктов деструкции ППС: CH<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>, C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>.

Такой способ поэтапного инициирования процесса газовыделения снижал степень динамической нагрузки на внутренние слои оболочки форм, что позволило избежать растрескивания, особенно при использовании ППС-моделей низкой плотности с меньшим газовыделением в сравнении с экструдированными марками ППС.

Визуальный осмотр внутренней поверхности опытной партии оболочковых форм, изготовленных с применением обоих типов ППС для деталей разных габаритов, показал практическое отсутствие продуктов сгорания (зольного осадка, сажи). Это позволяет избежать газовой пористости и науглероживания приповерхностной зоны отливки для деталей ГТД со строго контролируемым содержанием углерода и повысить коэффициент использования металла за счет минимизации механической обработки изделий по сравнению с аналогичными отливками, полученными на предприятиях отрасли методом ЛВМ.