

ВЫБОР КОМПОНЕНТОВ КОМПОЗИЦИОННОГО СПЛАВА, ПРИМЕНЯЕМОГО ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ШТАМПОВОГО ИНСТРУМЕНТА С РАБОЧЕЙ ТЕМПЕРАТУРОЙ 950-1000°C

А.А. Ганеев, П.В. Аликин, А.А. Сягаев

Уфимский государственный авиационный технический университет, г. Уфа, Россия

Процесс изотермической выкотемпературной штамповки широко применяется при изготовлении деталей ГТД из труднодеформируемых материалов. Условия штамповки предъявляют ряд требований к материалу; жаростойкость, разгароустойчивость, износостойкость при высоких температурах. В данный момент штамповый инструмент с рабочей температурой 950-1000°C в основном изготавливается из жаропрочных сплавов типа ЖС. Эти материалы имеют низкую износостойкость, и оснастка быстро теряет рабочие характеристики. Необходимо синтезировать материал, отвечающий требованиям процесса штамповки. Благодаря уникальному комплексу механико - эксплуатационных свойств, особо выделяются композиционные сплавы, получаемые методом инфильтрации тугоплавких соединений. Синтез таких материалов является трудоемким и длительным процессом. Применение методов синтеза сплавов, проверенных приемов и принципов, позволит существенно сократить затраты (энергетические, денежные, временные) при разработке такого рода материалов.

Синтезируемый композиционный сплав состоит из материала каркаса и сплава-инфильтрата.

Согласно принятой схеме синтеза композиционного сплава, высокопрочные элементы воспринимают основные напряжения, возникающие в композиции при действии внешних нагрузок, и обеспечивают жесткость и прочность композиции в направлении их ориентации. Эти функции определяют требования, предъявляемые к материалу каркаса. Из требований выводятся критерии и параметры выбора материала каркаса:

- температура плавления должна быть выше температуры заливки материала инфильтрата (более 1800°C), рабочая температура - 1000-1050°C;
- максимальная разница в свободных энергиях образования расплава инфильтрата и материала матрицы;
- высокая энтальпия образования элемента каркаса;
- минимальная энергия Гиббса;

– максимальные механические свойства материала матрицы синтезируемого композиционного сплава;

– наименьший коэффициент линейного температурного расширения;

– химическая инертность материала каркаса к сплаву-инфильтрату;

– высокая смачиваемость материала каркаса сплавом-инфильтратом;

– наличие широкой области гомогенности.

В данном случае критерии были разделены на группы: термодинамические, физико-механические, технологические, экономические. В ходе анализа химических соединений по термодинамическим и физико - механическим параметрам выделяются вещества, наиболее полно им удовлетворяющие. Далее производится анализ их технологических свойств. Окончательный выбор материала каркаса производится с учетом всех перечисленных факторов с использованием экономических параметров.

Для анализа свойств различного рода веществ, была создана база данных. Анализ представленных критериев и сравнение их со свойствами различных металлоподобных соединений из базы данных, позволил выделить группу наиболее перспективных в данном направлении материалов. Полнее всего вышеуказанным параметрам удовлетворяют следующие соединения – B_4C , BN , WC , TaN , TiN , SiC , HfB_2 . Первоначальный анализ соединений позволил исключить оксиды из-за их несмачиваемости предполагаемым материалом-инфильтратом.

Сплав-инфильтрат обеспечивает работу отдельных зерен за счет собственной жесткости и взаимодействия, существующего на границе раздела фаз зерно-инфильтрат. Сплав-инфильтрат заполняет поры в каркасе из тугоплавких дисперсных соединений, образуя единый материал с уникальными свойствами.

Важным требованием, предъявляемым к сплаву-инфильтрату, является отсутствие у него интервала кристаллизации. Это выполнимо для чистых металлов и эвтектических сплавов. Использование чистых металлов ограничивается невозможностью изменения физико - механических и технологических свойств. Эта проблема

решается путем использования эвтектического сплава. Эвтектика обладает повышенными физико-механическими свойствами и не имеет интервала кристаллизации. Использование методов синтеза сплавов совместно с разработанным программным продуктом, генерирующим эвтектики на основе собранной базы, позволяет создать эвтектический сплав с заранее заданными свойствами. Этот подход позволяет варьировать свойства в зависимости от требований. Выбор сплава-инфильтрата из предложенных программным продуктом осуществляется по следующим критериям:

- температура плавления сплава-инфильтрата композиционных материалов должна быть не ниже 1200°C (у современных сплавов рабочая температура составляет 0,8 от температуры плавления).

- температурный коэффициент линейного расширения (α , $10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{K}^{-1}$) должен находиться в пределах $15-20 [10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{K}^{-1}]$ при $T=1000\text{K}$.

- краевой угол смачивания сплавом-инфильтратом материала каркаса должен быть меньше 90° , чтобы обеспечить плотную пропитку композиционного материала. Сплав должен обладать хорошей жидкотекучестью.

- высокая прочность связи на границе раздела каркас-инфильтрант.

- малая толщина переходного слоя между сплавом-инфильтратом и материалом каркаса.

- конкурентоспособная стоимость.

В результате применения методики, разработан композиционный материал, который по ряду эксплуатационных и экономических параметров превосходит используемые на данный момент сплавы. Использование разработанного материала позволит повысить экономическую рентабельность процесса высокотемпературной изотермической штамповки и сделать продукцию более конкурентоспособной. На разработанный материал подана заявка.