

С.В. Рабинович, И.Б. Ферштатер,
М.Д. Харчук, К.А. Малахов
УГТУ-УПИ

НОВЫЙ ПРЕЦИЗИОННЫЙ ЛИТЕЙНЫЙ СПЛАВ ДЛЯ КРИОГЕННОЙ ТЕХНИКИ

Разработан новый прецизионный литейный сплав, предназначенный для изготовления элементов сложных термостабильных конструкций и узлов крепления зеркал из карбида кремния, эксплуатирующихся при температурах в районе 4К. Сплав предназначен, прежде всего, для изготовления изделий космической техники. Он относится к классу инварных и принадлежит системе Fe-Ni-Cr. В сплаве гарантировано отсутствие мартенситного превращения.

Химический состав сплава, технология термических обработок, технологические процессы его выплавки, получения сложных фасонных отливок методами литья по выплавляемым моделям, в песчаные формы обеспечивают возможность изготовления из него отливок с габаритами до 1500 мм. Размерная стабильность деталей во времени - до 1 мкм на длине 50 мм. Стабильность температурного коэффициента линейного расширения (ТКЛР) сплава гарантируется в пределах до $0,2 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$. ТКЛР сплава при 293К $\sim 2,4 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$. Сплав обладает удовлетворительной обрабатываемостью резанием и может обрабатываться твердосплавным инструментом. На отливки могут быть нанесены следующие покрытия: медное, никелевое, черное никелевое. Жидкотекучесть по пробе Ю.А. Нехендзи и А.И. Самарина более 110 мм. Линейная усадка 2,2%. Химическая неоднородность сплава, являющаяся характерной особенностью литой структуры, не выводит значения ТКЛР сплава за пределы регламентированных значений.

О.М. Огородникова, Е.В. Черменская,
К.А. Малахов, С.В. Рабинович
УГТУ-УПИ

СТРУКТУРА И СВОЙСТВА ЛИТЕЙНЫХ ИНВАРОВ, ПОДВЕРГНУТЫХ ОХЛАЖДЕНИЮ ДО КРИОГЕННЫХ ТЕМПЕРАТУР

Образцы сплавов Fe-Ni (28-35% Ni) были подвергнуты металлогра-

фическому, рентгеновскому и дилатометрическому анализу непосредственно после выплавки, а затем после погружения в жидкий азот, когда в сплавах с малым содержанием никеля прошло мартенситное превращение.

Предварительное исследование литых образцов показало, что литые сплавы Fe-Ni имеют дендритную структуру с высокой степенью микроликвации никеля. При комнатной температуре сплавы, содержащие более 28% Ni, имеют в составе только аустенитную фазу с достаточно высоким уровнем микроискажений кристаллической решетки.

При охлаждении до температуры 77K в литых образцах сплавов, содержащих 28-32% Ni, образуется мартенсит, который, благодаря микроликвации никеля, зарождается в центральных, обедненных по никелю областях зерен. Наиболее интересными в этом плане являются сплавы, химический состав которых близок к границе инварности. Средний химический состав сплава может соответствовать инварному аустениту, однако, благодаря высокой степени ликвации, содержание никеля в центре зерна может снизиться до таких значений, при которых станет возможным образование мартенсита. Для сплава это будет означать потерю главной служебной характеристики - инварности, поскольку ТКЛР мартенсита на порядок превышает ТКЛР инварного аустенита, и аддитивный вклад мартенситной фазы резко повысит суммарную величину ТКЛР сплава. В еще большей степени описанный эффект опасен для суперинваров: во-первых, от суперинваров требуются значения ТКЛР, меньшие по сравнению с железо-никелевыми инварами; во-вторых, легирование кобальтом и ниобием суперинварных сплавов приводит к значительному повышению температуры начала мартенситного превращения в них.

При охлаждении до низких температур в результате полиморфного превращения изменяется фазовый состав сплавов, содержащих 28-32% Ni. С изменением фазового состава изменяется физическая природа теплового расширения и абсолютное значение ТКЛР. ТКЛР охлажденных образцов, подчиняясь закону аддитивности, складывается из величины ТКЛР мартенситной фазы, слабо зависящей от химического состава, и величины ТКЛР остаточного аустенита, изменяющейся в широком интервале значений ($3-16 \cdot 10^{-6}$ 1/K). Количество остаточного аустенита в исследованных образцах невелико (7-12%), соответственно невелик вклад аустенитной фазы в суммарную величину ТКЛР.