

УДК 67.017

**АНАЛИЗ ФОРМИРОВАНИЯ МИКРОСТРУКТУРЫ СВАРНОГО ШВА
ГРАНУЛИРУЕМОГО НИКЕЛЕВОГО СПЛАВА СИСТЕМЫ Ni-Cr-Mo-Al-Co ПРИ
РАЗЛИЧНЫХ ВИДАХ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ**

Татьяна Геннадьевна Севальнёва

*Магистр 2 года,**кафедра «Материаловедение»**Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана**Научный руководитель: Ю.А. Курганова,**доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Материаловедение»*

Жаропрочные никелевые сплавы берут свое начало в 40-х годах прошлого века и сегодня остаются одними из важнейших конструкционных материалов для производства наиболее ответственных деталей газотурбинных и ракетных двигателей, а также установок для газоперекачки, энергетики и др. И, как известно, на сегодняшний день примерно 80 % изготавливаемых данных конструкций – сварные.

Однако требования к прочностным характеристикам материалов не перестают расти. Постоянное повышение жаропрочности и связанное с этим усложнение состава сплавов привело к тому, что получение из них заготовок дисков, валов и других деталей оказалось весьма проблематичным. В настоящее время остро встает вопрос создания такой технологии, которая отвечала бы требованиям современного мира.

Технологией, которая помогает решить ряд сложных задач повышения прочности, является гранульная металлургия. Она позволяет увеличить прочность материала без интенсивного снижения характеристик пластичности за счет увеличения протяженности межзеренного пространства и создания препятствий на пути движения дислокаций. Измельчение зерна осуществляется за счет повышения скорости кристаллизации расплава.

При увеличении скорости охлаждения до 10^3 - 10^4 К/с возможно получить однофазную, мелкозернистую структуру с равномерно распределенными по объему матрицы легирующими элементами.

Перед предприятием стратегического назначения ОАО «Композит» встала задача создания жаропрочного свариваемого сплава на основе никеля, получаемого методом гранульной металлургии с наименьшим количеством компонентов.

Для решения задачи был разработан жаропрочный свариваемый сплав системы Ni – Cr – Mo – Al – Co. Химический состав исследуемого сплава представлен в таблице 1.

Таблица 1. Химический состав исследуемого никелевого сплава, масс. % [1]

Ni	Cr	Mo	Al	Co	Nb	Hf	C
59.9-66.2	15.0-16.0	7.5-8.5	4.0-5.0	5.0-7.0	2.0-3.1	0.3-0.5	0.008-0.01

Анализ литературы показал, что электронно-лучевая сварка (ЭЛС) является лучшим решением для никелевых сплавов. Электронно-лучевой сваркой можно сваривать практически все марки никелевых сплавов, при этом удается получать соединения больших толщин за один проход и с большой скоростью. Высокая чистота атмосферы (вакуум) и особенности термического цикла позволяют получать соединения с механическими свойствами на уровне основного металла.

Сама технология гранульной металлургии состоит из следующих этапов.

1. Контроль качества исходной заготовки.
2. Распыление жидкого сплава.
3. Рассев гранул, сепарация и очистка.
4. Засыпка гранул и их герметизация в капсулах.
5. Горячее изостатическое прессование (ГИП) для получения монолитной заготовки из гранул.
6. ТО: закалка + старение – характерная для никелевых сплавов.

Поэтому с целью исследования изменения микроструктуры сварного шва сплава в зависимости от термической обработки было принято решение провести ЭЛУ после таких технологических этапов как ГИП, закалка, закалка+ старение.

Исследования микроструктуры показали, что после закалки с последующим старением, образуется наиболее мелковетвистая, однородная дендритная структура, по сравнению с остальными этапами (рис. 1). Методом оптической микроскопии трещин в сварных швах, а также в зонах термического влияния не было обнаружено, которые могли возникнуть в шве из-за разности термических напряжений в материале.

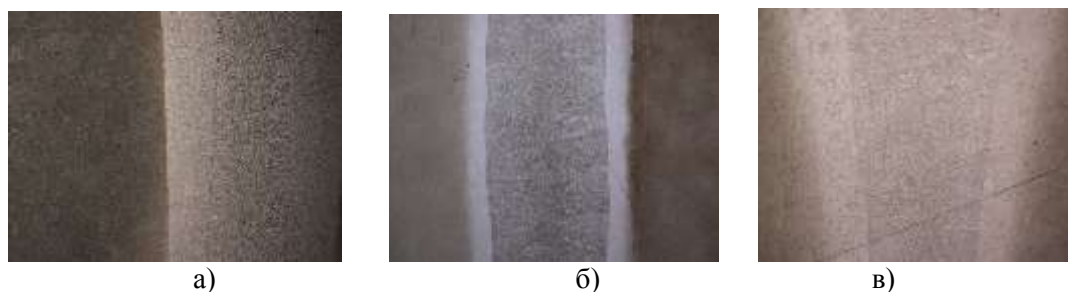


Рис. 1. Микроструктура сварного шва непосредственно после а) ГИП $\times 200$, б) закалка $\times 50$, в) закалка и старение $\times 50$.

После проведения дюрометрического анализа было получено, что уровень твердости шва близок к уровню твердости основного металла, что говорит о получении прочного, качественного сварного соединения.