



УДК 669.187.2

ЗОННАЯ ПЕРЕКРИСТАЛЛИЗАЦИЯ ЛИТОГО ИНТЕРМЕТАЛЛИДНОГО СПЛАВА НА ОСНОВЕ TiAl, ЛЕГИРОВАННОГО НИОБИЕМ И ХРОМОМ

Г. М. Григоренко, В. В. Лакомский, И. И. Статкевич,
Р. В. Козин, Е. А. Аснис,
Н. В. Пискун, В. А. Березос

Создана установка и разработаны режимы индукционной зонной плавки литого интерметаллидного сплава на основе TiAl, легированного ниобием и хромом, обеспечивающие направленную кристаллизацию, а также повышение прочности и пластичности при комнатной температуре.

Equipment has been designed and conditions have been developed for induction zonal melting of cast intermetallic alloy on Ti-Al base, alloyed with niobium and chromium providing directed crystallization and increased strength and ductility at room temperature.

Ключевые слова: зонная плавка; интерметаллид; алюминид титана; направленная кристаллизация; структура; механические свойства

Интерметаллидные соединения, в том числе на основе алюминидов титана, являются весьма перспективными сплавами для создания деталей и узлов в аэрокосмической технике. Однако их технологическую обработку и промышленное использование осложняет низкая пластичность при комнатной температуре — основной недостаток этих сплавов.

В настоящее время предпринимаются различные меры для увеличения пластичности этих материалов, направленные на создание как новых сплавов («орто»-сплавы — содержание ниобия от 22 до 25 мас. %), так и приемов и способов обработки уже известных [1, 2]. В основном это термомодеформационная обработка, позволяющая получать интерметаллидные сплавы с малым размером зерна и определенной структурой (уменьшение размера α_2 -фазы и ее более равномерное распределение по телу зерна). Все это способствует увеличению пластичности при низких и высоких температурах.

Повысить пластичность алюминидов титана можно в результате их легирования хромом, ниобием или другими элементами, а также обеспечения направленности

структуры металла. Легирование γ -алюминид титана приводит к возникновению таких структурных составляющих, как α_2 - и «орто»-фазы, но требуемого повышения пластичности при этом не достигают [2, 3].

Установлено также, что направленная структура способствует возрастанию значений пластических свойств металла [2, 3]. Получение направленной структуры возможно в результате, например, зонной перекристаллизации. Зонная перекристаллизация, подобная зонной плавке [4], обеспечивает направленность вторичных зерен, что приводит к увеличению пластичности без изменения прочности как при низких, так и повышенных температурах.

Технология заключается в обработке образцов каким-либо источником нагрева, перемещающимся вдоль образца. В нашем случае, это воздействие высокочастотным электромагнитным полем. Необходимо только установить энергетические параметры, совмещаемые со скоростью движения фронта нагрева.

Весьма эффективным способом воздействия на интерметаллид с целью повышения его пластичности является зонная перекристаллизация, позволяющая обеспечивать направленную кристаллизацию [3]. При правильно подобранной технологии плав-

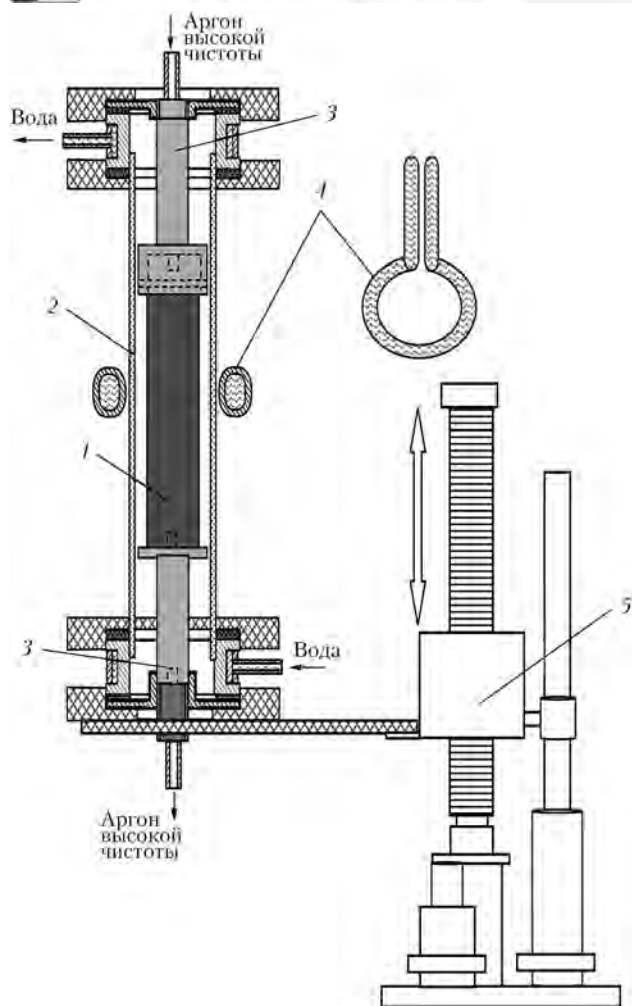


Рис. 1. Схема установки для индукционной зонной плавки: 1 – переплавляемый образец; 2 – кварцевая трубка; 3 – держатели образца (верхний и нижний); 4 – индуктор; 5 – механизм перемещения

ки фронт кристаллизации приближается к плоскому. При этом происходит более равномерное распределение примесей по сечению и объему слитка, а также снижается уровень напряженного состояния. Это должно способствовать повышению пластичности материала.

В ИЭС им. Е. О. Патона выполнены работы по созданию технологии индукционной зонной плавки интерметаллида TiAl. С целью повышения пластичности интерметаллида производили его перекристаллизацию.

Для индукционной зонной плавки образцов интерметаллида создали специальную установку (рис. 1).

Установка состоит из двух основных частей: плавильной камеры и механизма перемещения образца.

Плавильная камера представляет собой кварцевую трубку диаметром 20 мм, в которой находится верхний и нижний водоохлаждаемые держатели. В держателях крепятся интерметаллидные образцы размерами 10×10×100 мм, полученные с применением электроэрозионной резки. Через кварцевую трубку в процессе плавки пропускают аргон высокой чистоты для защиты расплавленной зоны и нагреваемых участков образца. Расход аргона контролируют ротаметром. Трубка вместе с образцом передвигается вдоль неподвижного индуктора с помощью механизма перемещения, обеспечивающего скорость движения от 10 до 400 мм/ч. Нагрев образца осуществляют токами высокой частоты от высокочастотного генератора. Отработанные энергетические и скоростные режимы зонной перекристаллизации позволили получить ровные гладкие образцы с чистой блестящей поверхностью.

В ИЭС им. Е. О. Патона способом электронно-лучевой плавки [4] выплавили интерметаллид системы TiAl следующего состава, ат. %: Ti-52Al-2Nb-2Cr [5], который затем переплавили на установке для индукционной зонной плавки.

Режимы индукционной зонной плавки следующие: скорость плавки 150 мм/ч; ток 1,7 А; напряжение 1,8 кВ; частота 66 кГц.

Исследования структуры и механических характеристик образцов после зонной перекристаллизации показали, что выбранные режимы зонной плавки обеспечивают направленную кристаллизацию слитка (рис. 2, б, в). Для сравнения на рис. 2, а представлена микроструктура интерметаллида после электронно-лучевой плавки с промежуточной емкостью. На микроструктуре зафиксированы большие зерна с расположенными в них под разными кристаллографическими направлениями ламелями, представляющими α₂-фазу. Кроме того, обнаружены небольшие светлые участки β-фазы, обусловленные введением в сплав ниобия, являющегося β-стабилизатором. Изломы образцов свидетельствуют об увеличении доли вязкой составляющей. Испытание образцов на изгиб показало, что угол загиба может

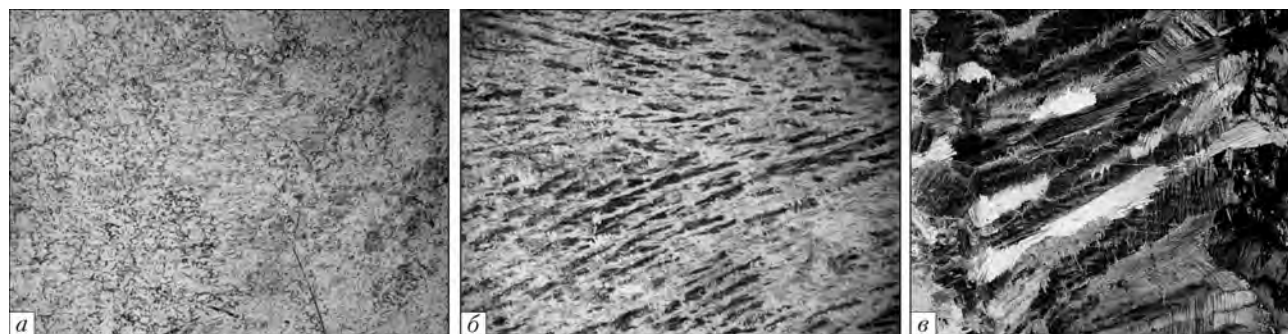


Рис. 2. Микроструктуры алюминиды титана после ЭЛП (а) и зонной перекристаллизации (б, в); а, б – ×25; в – ×200



достигать 30° при комнатной и повышенных температурах (до 800 °С).

Механические испытания на одноосное растяжение при комнатной температуре показали, что прочность интерметаллида после зонной плавки составляет 580 МПа, а относительное удлинение — 2,2 %, в то время как временное сопротивление основного (переплаваемого) интерметаллида достигает 524 МПа, относительное удлинение — 0,8 %.

Таким образом, способ зонной перекристаллизации, основанный на использовании высокочастотного электромагнитного поля, позволяет обеспечить направленность структуры алюминид титана, а в результате, — повышение значений его пластических свойств без снижения уровня прочностных характеристик.

1. *Поварова К. Б., Банных О. А.* Принципы создания конструкционных сплавов на основе интерметаллидов // *Материаловедение.* — 1999. — № 2. — С. 27–32.
2. *Кузнецов А. В., Имаев В. М., Имаев Р. М.* Микроструктурный контроль и механические свойства интерметаллидных сплавов на основе γ -TiAl + α_2 -Ti₃Al // *Металлы.* — 2002. — № 6. — С. 102–110.
3. *Пфани В.* Зонная плавка. — М.: Мир, 1970. — 368 с.
4. *Патон Б. Е., Тригуб Н. П., Ахонин С. В.* Электронно-лучевая плавка тугоплавких и высокореакционных металлов. — Киев: Наук. думка, 2008. — 311 с.
5. *Жук Г. В., Тригуб Н. П., Замков В. Н.* Получение слитков γ -алюминид титана методом ЭЛПЕ // *Современ. электрометаллургия.* — 2003. — № 4. — С. 20–22.

Ин-т электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины, Киев

Поступила 24.03.2011

НОВАЯ КНИГА

СТЫКОВАЯ СВАРКА ДАВЛЕНИЕМ ВЫСОКОПРОЧНЫХ СТАЛЕЙ

И СПЛАВОВ: Сб. ст. — Киев: ИЭС им. Е. О. Патона НАНУ, 2011. — 132 с.

В сборнике представлены статьи, опубликованные в журнале «Автоматическая сварка» за период 2005–2010 гг., по проблемам контактной стыковой сварки оплавлением и других способов сварки давлением и включает следующие разделы:

- контактная стыковая сварка железнодорожных рельсов и крестовин;
- технология и оборудование для прессовой сварки труб;
- стыковая сварка профильного проката;
- стыковая сварка высокопрочных трудносвариваемых сплавов и биметаллических соединений.

Авторами статей являются известные Украине и за рубежом ученые и специалисты в области сварки давлением.

Сборник предназначен для научных сотрудников, инженеров, технологов, конструкторов, преподавателей и аспирантов, занимающихся проблемами сварки давлением сталей, алюминиевых титановых сплавов, интерметаллидов и других материалов.



Заказы на приобретение книги просьба направлять в редакцию журнала:

Тел./факс: (38044) 200-82-77, 200-54-84

E-mail: journal@paton.kiev.ua

*Книга реализуется в печатном виде (доставка заказной бандеролью) и в электронном виде в *.pdf формате (отправка по электронной почте с закрытием оплаты по акту выполненных работ).*