

УДК 669.187.2:621.745

*Н. И. Левицкий, Е. А. Матвеев, Т. В. Лапушук, М. П. Кругленко\**  
 Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины  
 \*Институт электросварки им. Е.О. Патона НАН Украины

### **ОСОБЕННОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ СПЛАВОВ СИСТЕМЫ Ti-AL-Nb С ВЫСОКИМ СОДЕРЖАНИЕМ НИОБИЯ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОННО- ЛУЧЕВОЙ ГАРНИСАЖНОЙ ПЛАВКИ**

Несмотря на очевидные достоинства сплавов на основе соединения Ti<sub>2</sub>NbAl (орто-сплавы) (высокие упругие, прочностные и пластические характеристики, низкий коэффициент термического расширения, высокая жаропрочность и жаростойкость), до сих пор они практически не используются. Это связано со сложностью их металлургического производства и, в первую очередь, обеспечения высокой однородности состава слитков, учитывая значительное количество Al и Nb – элементов, резко отличающихся по своим физико-химическим свойствам.

В работе представлены результаты исследований по получению сплавов данной системы: Ti-(13-15) Al-(20-25) Nb-(1,5-2,5) Zr-(1,5-2,5) Mo и Ti-(13-15) Al-(27-30) Nb-(1,5-2,5) Zr-(1,5-2,5) Mo.

Опытные плавки проводили на установке ЭЛЛУ-4 в медном водоохлаждаемом тигле емкостью 10 дм<sup>3</sup> с электромагнитным перемешиванием расплава. Заливка осуществлялась в графитовую форму диаметром 110 и высотой 260 мм.

В качестве основных шихтовых материалов использовали как титановую губку, так и отходы листопрокатного производства сплава ВТ1-0, алюминий марки А99, иодидный цирконий, ниобий и молибден в виде прессованных штабиков и листов толщиной 0,5-1 мм.

Первые опыты по применению губки показали необходимость ее предварительного переплава в компактную заготовку, вследствие частых электрических «пробоев», что усложняет получение сплавов необходимого состава.

Основная трудность при получении заданного состава в случае использования компактной заготовки титана и кускового ниобия состояла в создании условий, при которых бы происходило сплавление и взаимное растворение этих компонентов. Размещение более тугоплавкого ниобия поверх титана, как это осуществлялось при выплавке сплава со сравнительно небольшим количеством Nb (до 5 % масс.) в данном случае приводило к плавлению титана до того, как расплавлялся ниобий. В результате этого значительная часть нерасплавленного ниобия оседала на дно гарнисажа, после чего дальнейший нагрев приводил лишь к испарению титана.

Решить задачу получения слитка заданного состава, в случае такого вида шихтовых материалов, удалось, размещая основные компоненты (Ti и Nb) рядом по диаметру тигля. Первым начинали плавить ниобий с постепенным обогащением расплава титаном.

Более удобной с этой точки зрения оказалась шихта, состоящая из Ti-пластин – отходов прокатного производства толщиной 3-8 мм и листового ниобия толщиной 1-2 мм. В этом случае шихтовые материалы размещали вперемешку, что, учитывая разность в толщинах пластин, способствовало их плавлению при приблизительно одинаковых мощностях электронного пучка.

Что касается других элементов, в частности Al, Zr и Mo, то их введение осуществляли, как и в более ранних опытах, а именно, Mo и Zr размещали поверх основной шихты, а Al вводили с помощью манипулятора на заключительной стадии плавки.

Химический состав верхней и нижней части слитков практически не отличается и соответствует заданному, что свидетельствует о целесообразности применения электронно-лучевой гарнисажной плавки для получения сплавов данной системы.

УДК 621.74:669.13

*В. В. Лунев, А. С. Амельченко, В. В. Васильев*  
 Запорожский национальный технический университет, Запорожье

### **ПЕРСПЕКТИВЫ УЛЬТРАЗВУКОВОГО КОНТРОЛЯ ЧУГУННЫХ ОТЛИВОК**

Качество – краеугольный камень, лежащий в основе всего клубка проблем, достижений и неудач предприятий металлургического комплекса.

Организация сплошного ультразвукового контроля – мощный и эффективный способ повышения качества выпускаемой продукции. Внедрение контроля неизбежно и благоприятно сказывается на состоянии технологической дисциплины, дает возможность целенаправленно, точно и оперативно воздействовать на параметры технологического процесса.

Ультразвук является наиболее универсальным, эффективным, хорошо отработанным, имеющим мощную нормативную базу, инструментом. А поскольку ультразвуковые методы к тому же хорошо поддаются автоматизации, - целесообразно именно им уделять особое внимание.

До недавнего времени главным недостатком ультразвуковых методов и реализующих их систем являлось обязательное применение воды в качестве контактной жидкости [1]. Однако прогресс не стоит на месте и сейчас появилось много бесконтактных систем ультразвукового контроля с великолепными метрологическими характеристиками.

При производстве труб (ЗАО «Никопольский трубный завод») давно уже применяются автоматизированные установки ультразвукового контроля стальных труб, внедряются также и установки для контроля чугунных труб.

Методика ультразвукового контроля труб. Скорости волн являются свойствами среды: для жидкостей и газов – продольных волн, а для твердых тел – продольных и поперечных [1].

Значительное преимущество ультразвукового анализа свойств материалов заключается в том, что он может проводиться без остановки технологических процессов или поточным способом. Высокочастотные ультразвуковые волны могут передаваться в движущиеся объекты без непосредственного контакта с ними преобразователя (так называемые иммерсионные методы контроля) [2]. Измерения также могут проводиться в закрытых емкостях с передачей ультразвуковой энергии через стенки. То обстоятельство, что ультразвуковые волны проходят через объект контроля, позволяет изучать внутренние свойства материала [3]. Иногда возможно, используя строб импульсы, получать данные о свойствах только одного слоя в многослойных материалах.

Анализ известных исследований и разработок позволяет сделать следующие выводы: при ультразвуковых исследованиях стальных изделий не вызывает сомнения высокая эффективность и точность измерений, однако следует отметить, что при ультразвуковом контроле чугунных изделий возникает множество трудностей связанных с отличием акустических свойств этих сплавов, и для достижения высокой достоверности результатов при контроле качества чугунных изделий необходим подбор оптимальных методов и параметров проведения исследований.

#### Список литературы

1. Ермолов И. Н., Алешин Н. П. и др. Достижения акустических методов контроля за последние 5 лет - Тезисы докладов 14-ой Российской научно-технической конференции "Неразрушающий контроль и диагностика", Москва, 23-26 июня, 2006, с. 453.
2. Разумов-Раздолов К. Л. Неразрушающий контроль в промышленности // «РИТМ» (Ремонт Инновации Технологии Модернизация). – 2010. - №9. С. 36 - 39.
3. Сучков Г. М., Катасонов Ю.А. Экспериментальные исследования нового способа бесконтактной ультразвуковой дефектоскопии труб эхометодом // Дефектоскопия. - 1999. - № 11. - С.77-80.

УДК 621.74.08

*Т. В. Лысенко, Д. А. Желдубовский, И. И. Становская*  
Одесский национальный политехнический университет, Одесса

### **СИНХРОНИЗАЦИЯ СОСТАВНЫХ СОБЫТИЙ В СИСТЕМЕ «ОТЛИВКА – ПЕСЧАНАЯ ЛИТЕЙНАЯ ФОРМА»**

Многочисленные известные зависимости фазовых переменных системы «отливка – песчаная форма» от времени [1] не позволяют четко сформулировать цель управления качеством отливок.

В последнее время в качестве цели выдвигают совпадение (или несовпадение) во времени заранее назначенных событий в литейной форме, к которым относят некоторые поименованные состояния на фазовом портрете объекта управления [2]. Наличие, как минимум, двух синхронизируемых подсистем позволяет рассматривать остывающую в форме отливку с точки зрения теории динамических систем и построить ее фазовый портрет, т.е. все фазовые траектории, возможные в пределах технологических ограничений. На фазовом портрете выделяется точка S, соответствующая синхронизации событий в подсистемах на пути динамической системы от точки из области начальных условий к естественному аттрактору, представляющему собой температуру и давление окружающей среды.

Пусть специалистами-литейщиками признано, что такая синхронизация необходима для качества отливок. Если траектория фазового портрета системы не проходит через точку S, а значит, синхронизация событий не произойдет, то целью управления становится изменение траектории так, чтобы последняя прошла через эту точку.

В этом случае проблема сводится к возможности математического прогнозирования таких событий, что может представлять значительные трудности по разным причинам. Одна из таких причин – так называемые «составные» события, когда имеет место их последовательная цепочка: первое рассчитывается аналитически, чаще всего, по уравнениям тепло- и массопереноса, а последнее проистекает из предыдущих, причем эти переходы имеют иную природу и описываются совершенно другими математическими моделями.

Примером составного события в литейной форме может служить последовательность: <достижение максимального давления в форме на границе с жидкой отливкой> – <всплытие газового пузыря>. Модель наступления первого элемента последовательности (назовем его предварительным событием) – дифференциальные уравнения выделения и удаления газов из литейной формы, модель второго (основного) события – уравнения гидродинамики гетерогенных сред. В таких условиях синхронизация (десинхронизация) предварительных событий не решает задачу. Поэтому в работе выведено соотношение, рассматривающее разницу во времени между пред-