

## МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «ТИТАН 2018. ПРОИЗВОДСТВО И ПРИМЕНЕНИЕ В УКРАИНЕ»

11–13 июня 2018 г. в Институте электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины (г. Киев) прошла Международная конференция «Титан 2018. Производство и применение в Украине». Ее организаторами выступили Национальная академия наук Украины, Институт электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины, АО «Мотор Сич», ПАО «Институт титана», Запорожский ГТУ, Международная Ассоциация «Сварка». Конференция была посвящена 100-летию Национальной академии наук Украины. В ней приняли участие свыше 120 человек из 40 организаций. В их числе известные ученые ряда академических институтов Украины: академики Л. М. Лобанов, Г. М. Григоренко, О. М. Ивасишин, С. А. Фирстов, З. Т. Назарчук, члены-корреспонденты С. В. Ахонин и В. М. Нестеренков, профессора учебных заведений, руководители и ведущие специалисты государственных и коммерческих предприятий.

В конференции приняли участие также зарубежные специалисты из Физико-технического института НАН Беларуси, Польского института сварки, Sichuan Henghui New Material, Китай, Sichuan Technical Exchange Center, Китай, Sichuan Vanadium & Titanium Industrial Technology Institute, Китай, Panzhihua Innovation and Startup S&T Development, Китай, Panzhihua Iron and Steel Group, Китай, Panzhihua University, Китай, ASTEC Engineering GmbH, Австрия, Astron Ltd, Новая Зеландия.

Конференцию открыл зам. директора ИЭС академик Л. М. Лобанов. Он отметил актуальность тематики конференции, высокую значимость достижений украинских ученых и специалистов в этой области, поблагодарил иногородних и зарубежных участников за приезд и пожелал всем плодотворной работы.

На конференции в пленарном режиме были заслушаны 16 докладов. Большой интерес вызвал доклад академика *О. М. Ивасишина* из Института металлофизики им. Г. В. Курдюмова НАН Украины «Основные тенденции в развитии порошковой металлургии и 3D технологий титана». Основной задачей материаловедения титановых сплавов является разработка новых технологических подходов, которые бы обеспечивали снижение себестоимости производства титановых изделий при сохранении уникального комплекса физико-механических характеристик этих материалов. Применение порошко-

вых технологий в производстве титановых сплавов и изделий является эффективным способом снизить их себестоимость, повысить конкурентоспособность с другими конструкционными материалами и, в результате, расширить сферу практического использования титана. Докладчик рассказал о современных технологиях порошковой металлургии титана, которые обеспечивают получение изделий с требуемыми физико-механическими свойствами, не уступающими свойствам материалов, полученных традиционными методами литья и горячей деформации. Значительный практический интерес представляют последние разработки в области аддитивных технологий титана, направленные на снижение отходов производства при получении высококачественных изделий для различных областей техники и медицины. В докладе обсуждено влияние задействованных технологических подходов на микроструктуру, содержание примесей и, как результат, комплекс свойств полученных титановых сплавов, композитов и изделий из них.

В докладе академика *С. А. Фирстова* (Институт проблем материаловедения им. И. Н. Францевича НАН Украины) «Некоторые тенденции в разработке новых сплавов титана» отмечено, что определенную активность в публикациях, посвященных новым сплавам на основе титана, привлекают два направления — жаропрочные и жаростойкие сплавы титана и сплавы титана биомедицинского назначения.

В первой группе представляют интерес сплавы титана, легированные, кроме других «привычных» элементов (алюминий, олово, цирконий и др.) бором и кремнием, а также интерметаллидные сплавы титана и сплавы титана, упрочненные интерметаллидами.

Основываясь на сходстве диаграмм фазовых равновесий сплавов системы титан–кремний и железо–углерод, предложено рассматривать так называемые титановые стали и титановые чугуны. Термомеханическая обработка первой группы сплавов с содержанием кремния до 3 % позволяет повысить предел текучести при температуре 700 °С до 650 МПа при достижении прочности при комнатной температуре свыше 1150 МПа. При этом жаростойкость таких сплавов существенно превосходит жаростойкость,



Выступления академиков О. М. Ивасишина, С. А. Фирстова, чл.-корр. В. М. Нестеренкова, акад. З. Т. Назарчука



Чл.-корр. С. В. Ахонин (в центре) с сотрудниками и коллегами

например, сплава Т16242. В «титановых сталях», варьируя содержание других легирующих элементов, можно в широких пределах изменять морфологию мартенситных фаз, регулировать прокаливаемость.

В «титановых чугунах» можно обеспечить высокую жаропрочность. Предел текучести



Участники из АО «Мотор Сич» во время сессии стендовых докладов

при 800 °С достигает 330 МПа и выше. Возможно существенно повысить модуль Юнга до 160 ГПа и выше. Представляет интерес образование тройных нанодисперсных эвтектических структур.

В случае сплавов титана биомедицинского применения обычно решается задача получения сплавов с модулем Юнга, приближающихся к модулю Юнга костного материала, для увеличения биомеханической совместимости. Однако при этом снижение модуля неизбежно влечет понижение прочностных характеристик.

Поэтому для конкретных применений необходима оптимизация прочностных и упругих характеристик. Для обеспечения биосовместимости предложена разработка сплавов, легированных «нетоксичными» или даже «полезными» для человеческого организма элементами. Здесь, как и в случае жаропрочных материалов, привлекает внимание «титановая сталь», легированная оптимальным количеством кремния. Показано, что введение кремния позволяет резко повысить биосовместимость титановых имплантатов, в сравнении с известным сплавом ВТ6, содержащим «токсичные» алюминий и ванадий, и, даже, чистым титаном.

Одной из важнейших задач является переход к 3D прототипированию, для чего необходимо решать задачи получения гранул нужной дисперсности из новой группы сплавов.

В докладе чл.-корр. НАН Украины С. В. Ахонина (ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины) «Развитие металлургии титана и сплавов на его основе в Украине» рассмотрены особенности



Во время посещения ГП НПЦ «ТИТАН» ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины





У стенда Запорожского титано-магниевого комбината металлургического производства титана и титановых полуфабрикатов в Украине.

Титан является уникальным конструкционным материалом. Благодаря высокой удельной прочности сплавы на основе титана нашли широкое применение в авиа- и ракетостроении, производстве военной техники. Хорошая коррозионная стойкость титана обуславливает его значительное использование в химическом и энергетическом машиностроении, при изготовлении теплообменного оборудования и морской техники. Отличная совместимость титана с биологическими тканями определяет его применение при создании эндопротезов.

Украина является одной из пяти стран мира, которые имеет полный цикл производства титана от добычи титаносодержащих руд, их обогащения и производства губчатого титана до выплавки слитков титановых сплавов и произ-



У стенда издательства ИЭС

водства практически полного спектра титановых полуфабрикатов — отливок, поковок, прутков, труб и проволоки.

Основой металлургического передела титана в Украине является технология электронно-лучевой плавки с промежуточной емкостью, которая отличается рядом преимуществ по сравнению с традиционным способом получения слитков – вакуумно-дуговым переплавом:

- полное исключение из технологического цикла операции прессования расходуемого электрода, которая требует специального прессового оборудования большой мощности;
- возможность производства слитков не только круглого, но и слитков-слябов прямоугольного сечения, используемых в качестве заготовки для производства листового проката;



Участники конференции у входа в центральный корпус ИЭС

- гарантированное удаление тугоплавких неметаллических включений в промежуточной емкости и повышение за счет этого качества металла слитков;

- получение структурно и химически однородных слитков с равноосной структурой;

- увеличение выхода годного металла за счет сокращения количества переплавов (один вместо двух-трех).

Разработанные в ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины технологические процессы электронно-лучевой плавки дают возможность получать высококачественные слитки титана и его сплавов с однородной бездефектной структурой. Разработанные технологии позволяют за счет использования более дешевого исходного сырья и увеличения сквозного выхода годного металла снизить себестоимость титановых полуфабрикатов, а, следовательно, повысить конкурентоспособность и расширить области применения титана в различных отраслях промышленности.

Доклад на тему «ЭЛС тонкостенных гофрированных несущих авиационных конструкций из титанового сплава и оценка их сопротивления усталости» представил *К. С. Хрипко* (ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины). В нем показаны экономические преимущества применения ЭЛС и ее технологические особенности при изготовлении балочных конструкций.

В докладе *С. П. Панова* «Titanium smelting in the laboratory disk bottom casting furnace» (Astron Ltd, New Zeland) приведены экспериментальные исследования по созданию новой технологии получения титановых изделий, либо отработки новых составов титановых сплавов в печи с данным съемом изделия массой до 100 кг. В печи переплавляется таблетка титановой губки с использованием индукционного нагрева.

*А. В. Овчинников* (Запорожский ГТУ МОН Украины) в докладе «Применение титана в аддитивных технологиях» рассказал об основных способах формирования изделий методами аддитивных технологий. По его мнению в Запорожском регионе реально организация научно-производственного кластера аддитивных технологий как за счет наличия производственной базы сырьевых материалов (ЗТМК, ЗМОЗ), так и за счет научно-исследовательских организаций.

Доклад на тему «Титан и аддитивное производство» представил *Д. В. Ковальчук* (ЧАО

«НВО «Червона хвиля», Киев). В нем был представлен анализ существующих технологий аддитивного производства титановых сплавов, соответствующих технических, технологических и экономических проблем, путей их решения.

Были также заслушаны доклады на темы:

«Концептуальные решения производственного цикла изготовления деталей из титановых сплавов при помощи аддитивных технологий» (*Янко Т. Б., Доценко Р. Б.*, ПАО «Институт титана», НПП «Электромаш», Запорожье);

«High Speed Friction Welding of Titanium Alloys — Structure and Properties of Joints» (*Damian Miara<sup>1</sup>, Jolanta Matusiar<sup>1</sup>, Adam Pietras<sup>1</sup>, Masiej Krystian<sup>2</sup>* (<sup>1</sup>Insyttut Spawalnictwa, Gliwice, Poland, <sup>2</sup>Austrian Institute of Technology, Vienna, Aistia);

«Влияние структурно-фазового состояния титановых сплавов на их механические свойства в зависимости от метода и скорости испытаний» (*Марковский П. Е.*, Институт металлофизики им. Г. В. Курдюмова НАН Украины, Киев);

«Комплексно-легированные сплавы на основе алюминидов титана  $\gamma\text{TiAl}/\alpha_2\text{Ti}_3\text{Al}$ » (*Фирстов С. А.<sup>1</sup>, Горная И. Д.<sup>1</sup>, Подрезов Ю. Н.<sup>1</sup>, Бондарь А. А.<sup>1</sup>, Романко П. М.<sup>1</sup>, Голтвяница В. С.<sup>2</sup>, Шереметьев А. В.<sup>3</sup>*, <sup>1</sup>Институт проблем материаловедения им. И. Н. Францевича НАН Украины, Киев, <sup>2</sup>ООО «Риал», <sup>3</sup>ГП «Ивченко-Прогресс», Запорожье);

«Теоретическое описание равновесных диаграмм состояния и фазовых превращений титановых сплавов системы титан–алюминий» (*Костин В. А., Григоренко Г. М., Григоренко С. Г.*, ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины, Киев);

«Особенности производства ленточных литых заготовок марки BT-1 или GRADE 2 из низкосортного губчатого титана» (*Калинюк А. Н., Дереча А. Я., Тэлин В. В., Коляда А. Ф., Костенко В. И., Иванов Н. М.* (ООО «Стратегия БМ», Киев);

«Микроструктура и свойства многослойных материалов на основе сплава Ti–6Al–4V, полученных по порошковой технологии» (*Ивасишин О. М.<sup>1</sup>, Марковский П. Е.<sup>1</sup>, Саввакин Д. Г.<sup>1</sup>, Стачук А. А.<sup>1</sup>, Приходько С. В.<sup>2</sup>*, <sup>1</sup>Институт металлофизики им. Г. В. Курдюмова НАН Украины, Киев, <sup>2</sup>Инженерно-материаловедческий факультет, Университет Калифорнии, Лос-Анджелес, США).

На конференции были представлены также 45 стендовых докладов. С ними можно было

ознакомиться до и после окончания пленарных докладов конференции и во время перерывов.

Во время работы конференции, в рамках экспозиции ИЭС, была проведена выставка «Производство и сварка титана», в которой приняли участие Запорожский титано-магниевого комбинат, ЧАО «НВО «Червона Хвиля», ГП НТЦ «Патон-Армения» ИЭС им. Е.О. Патона НАНУ, ООО «Витова», ООО «Мелитэк-Украина», ООО «Спектро-Украина». Большой интерес у участников конференции вызвала уникальная экспозиция художественных изделий из титана, которую представил художник-сварщик Дмитрий Кушнирук.

Участники конференции имели возможность познакомиться с направлениями издательской деятельности ИЭС, в том числе с журналами «Автоматическая сварка», «Современная электротехнология», «Техническая диагностика и неразрушающий контроль», «The Paton Welding Journal», а также с книгами и сборниками по сварке и производству титана. Особый интерес вызвал четвертый выпуск сборника «Титан. Технологии. Оборудование. Производство» (Киев: Международная Ассоциация «Сварка», 2017. – 254 с.) Сборник включает более сорока статей, опубликованных в основном в журналах «Современная электротехнология» и «Автоматическая сварка» за период 2014–2016 гг. по электротехнологии и сварке титана и его сплавов (предыдущие три выпуска сборника «Титан. Технологии. Оборудование. Производство», включающие статьи из журналов «Современная электротехнология» и «Автоматическая сварка» за периоды 2001–2004, 2005–2010, 2011–2013 гг. находятся в открытом доступе на сайте [www.patonpublishinghouse.com/rus/compilations](http://www.patonpublishinghouse.com/rus/compilations)).

По завершению пленарных докладов для участников конференции была организована прогулка на теплоходе по р. Днепр, во вре-

мя которой были продолжены дискуссии и обсуждения основной темы конференции: титан — металл настоящего и будущего. В непринужденной обстановке можно было задать вопросы академиком, директорам институтов и предприятий и, что важно, получить на них ответы.

13 июня была организована ознакомительная поездка для участников конференции на ГП НПЦ «Титан» ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины. Предприятие специализируется на производстве с помощью электронно-лучевого переплава слитков титана и его сплавов, а также жаропрочных сплавов. Большой интерес вызвала технология оплавления поверхности готовых слитков ЭЛП, которая заменяет последующую механическую обработку слитков.

К концу сентября 2018 г. будут изданы труды конференции «Титан 2018. Производство и применение в Украине», которые можно заказать в редакции журнала «Автоматическая сварка» или получить в открытом доступе на сайте издательства ИЭС им. Е.О. Патона по ссылке: <http://patonpublishinghouse.com/eng/proceedings>.

Доброжелательная, гостеприимная, творческая обстановка конференции способствовала развитию полезных дискуссий, установлению деловых контактов. Участники конференции выразили единодушное одобрение предложению о необходимости проведения конференции «Титан 2018. Производство и применение в Украине» на постоянной основе.

Организационный комитет конференции выражает благодарность и признательность ПАО «Институт Титана», ЧАО НВО «Червона Хвиля», НПЦ «Титан» ИЭС им. Е. О. Патона и Центру электронно-лучевой сварки ИЭС им. Е. О. Патона за благотворительную помощь, оказанную для проведения конференции «Титан 2018. Производство и применение в Украине».

В. Н. Липодаев