

20-я МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «INTERNATIONAL FORGMASTERS MEETING (IFM 2017)»

11–14 сентября 2017 г. в г. Грац (Австрия) состоялась 20-я Международная конференция «International Forgmasters Meeting (IFM 2017)», которая проводится с 1954 г. Организатором конференции выступило Австрийское общество металлургов и материаловедов (ASMET).

В работе конференции приняли участие около 600 специалистов из 40 стран мира, которые представили 130 докладов от ведущих промышленных компаний, таких как Voestalpine, Kobe Steel, Saarschmiede, Doosan, Bohler, Japan Steel Works, Consarc, AREVA, Mitsubishi, GE, Danieli, Inteco, ALD. Интересные результаты исследований представили ученые из 20 университетов и институтов (Институт материаловедения, соединения и формирования, Университет технологии (Грац, Австрия), Институт исследований металла Китайской академии наук (КНР), Montanuniversität (Leoben, Австрия), Институт электросварки им. Е. О. Патона (Киев, Украина) и др.).

На конференции рассматривали широкий спектр вопросов по выплавке и обработке металла в кузнечной отрасли разных стран, передовые и новые технологии производства сталей для энергетики, аэрокосмической промышленности и др., а также вопросы по тестированию и управлению качеством металла (неразрушающий и деструктивный контроль, ISO9000, ISO14000), численному анализу и моделированию.

В рамках работы конференции были представлены доклады, среди которых:

«Технологии плавки и литья для производства 9...12 %-ной хромистой стали для энергетики» (Харальд Хольцгрубер, INTECO, Австрия);

«Открытое кузнечно-штамповочное производство в подразделении специальных сталей Voestalpine» (Роберт Бауэр, Voestalpine, Австрия);

«Новые тенденции получения специальных ковочных сталей, их переплава и порошковой металлургии» (Бенедикт Блиц, SMR Premium GmbH, Германия). В своем докладе Б. Блиц рассказал о последних событиях в мире специальных кованных сталей и их переплаве (никелевых сплавов, нержавеющей, легированных инструментальных сталях), а также обзор потребностей конечных пользователей;

«Макросегрегация в слитках» (Эд Пикеринг, Университет Манчестера, Великобритания). В докладе Э. Пикеринга рассмотрены механизмы, при которых макросегрегация происходит в больших слитках (12 тонн). Проведено сравнение в продольном сечении слитка стали CrNiMo по всей высоте

с помощью рентгеновской флуоресцентной спектроскопии XRF карт. Изучено распределение хрома, молибдена и установлено, что А-сегрегация находится в центральной части слитка. Далее автор представил результаты физического моделирования кристаллизации металла. В качестве физической модели использован раствор $\text{NH}_4\text{Cl}-\text{H}_2\text{O}$, который был заморожен жидким азотом в прозрачной форме, служившей моделью кристаллизатора. Данная физическая модель иллюстрировала процесс кристаллизации и формирования столбчатой структуры. Также Э. Пикеринг в своей работе провел сравнение результатов исследования карт распределения А-сегрегации в реальном 12-тонном стальном слитке и карт, полученных на основании математического моделирования, и сделал выводы, что существующие системы компьютерных программ имеют ряд ограничений для прогнозирования химической и структурной неоднородностей в слитках. Использование комплекса физического, математического и натурального экспериментов дает возможность более полно оценить вероятность образования тех или иных дефектов в крупных слитках.

Необходимо отметить ряд докладов, которые вызвали повышенный интерес у всех участников конференции.

Это результаты, представленные Эстель Баумбах (Saarschmiede, Германия совместно с Rolls-Royce, Великобритания) о производстве слитка ЭШП из никелевого сплава Inconel 600 диаметром 1300 мм, высотой 6600 мм и весом 70 т, из которого были произведены диск диаметром 2225×560 мм, кольцо диаметром 2250/1893×2080 мм и 2 диска диаметром 2280×80 мм. В другом докладе компании «Saarschmiede» впервые представлены результаты по выплавке слитка ЭШП из никелевого сплава Inconel 600 массой 103 т и диаметром 1600 мм.

Новый процесс производства крупных поковок — аддитивную ковку представили ученые Института исследований металла Китайской академии наук (КНР). Этот процесс включает несколько этапов формирования крупных поковок: выплавку слябов на машине непрерывного литья заготовок; очистку поверхности слябов; электронно-лучевую сварку в вакууме слябов (плит) между собой для формирования послойной заготовки заданных габаритных размеров; термическую обработку слоистой заготовки; компрессионную деформацию (усадку); непосредственную ковку изделия. В качестве слябов после непрерывной разливки использовали плиты размером 370×1400×1500 мм

из стали 16Mn (17ГС). Сварная заготовка имела габаритные размеры 1400×1500×1700 мм и весила 28 т. В результате завершающего этапаковки получен ротор длиной 6,5 м. В докладе представлены данные комплексных исследований качества металла ротора по всей его высоте, полученного аддитивной ковкой, которые подтвердили химическую и структурную однородность металла, а также высокий уровень прочностных характеристик.

Урлих Бебрихер (ALD, Германия) представил результаты разработки автоматической системы контроля вытяжки слитка на печах ЭШП со сменой электродов. Разработанная система позволяет получать информацию на основании температурного распределения плотности расплавленного флюса по высоте кристаллизатора и осуществлять визуальный контроль за формированием корки шлакового гарнисажа внутри него. Информация о плотности расплавленного шлака может использоваться для оптимизации потребляемой энергии во время смены электрода, чтобы избежать перегрева. Установлена зависимость плотности расплавленного флюса от скорости плавки. Полученные данные о плотности расплавленного шлака могут быть использованы и для других процессов моделирования.

Сотрудники компании «Böhler Special Steel» представили результаты по разработке новой генерации роторных сталей MARBN. Это стали с содержанием 9 % Cr мартенситного класса, упрочненные нитридом бора, для кованых элементов в электростанциях, которые высокоустойчивы к ползучести. В результате использования данной стали рабочая температура увеличивается от 625 до 650 °С. В докладе изложены результаты исследований двух марок сталей с добавлением бора: FB2-2-LN и NPM1-LN. Из этих сталей были отлиты слитки (3,5 т) с последующей вакуумной обработкой. Вакуумная обработка позволила удалить нежелательные элементы (углерод, водород, кислород) и обеспечить точный подбор содержания легирующих. Полученный слиток подвергли ковке и разделили на две заготовки (цилиндрическую диаметром 180 мм, длиной примерно 7 м и квадрат шириной 240 мм, длиной приблизительно 3,5 м). Для круглой заготовки это была заключительная стадия перед термической обработкой и называлась в докладе «обычной» технологией получения из-за отсутствия процесса повторного плавления. Квадратную заготовку использовали в качестве электрода для электрошлакового переплава в защитной атмосфере. По сравнению с «обычной» технологией получения процесс с повторным ЭШП в защитной атмосфере позволяет уменьшить сегрегацию, удалить неметаллические



включения, исключить поры и обеспечивает направленную кристаллизацию структуры в слитке с высокой степенью чистоты. Оба слитка по двум технологическим цепочкам были подвергнуты термообработке и прошли ультразвуковой контроль. Результаты исследований показали возможность использования данных сталей при повышенных рабочих температурах, а также высокие показатели устойчивости к ползучести.

Дэйтер Бокелман (Saarschmiede, Германия) сделал исчерпывающий обзорный доклад о последних тенденциях и актуальных направлениях в работе конференции. Он отметил, что в 2017 г. по результатам конференции опубликовано 145 статей. Наибольшее количество статей 29 и 30 по направлениям «Процессы симуляции и моделирования» и «Оборудование, инвестиции и разработки» соответственно. По 10 статей представлено в разделах «Производство стали» и «Переплавные процессы». В разделах «Никелевые сплавы для энергетики»



Участники конференции Л. Б. Медовар и А. А. Полишко

и «Специальные сплавы» — по 9 статей, более 10 докладов — по неразрушающему контролю. Д. Бокелман отметил, что на сегодняшний день высокое качество слитков для сосудов высокого давления, применяемых в энергетике, может обеспечить только ЭШП. Для производства высококачественных никелевых сплавов рекомендуется ЭШП, ЭШП в защитной атмосфере, ВИП, ВДП.

Доклад «Процесс ЭШП как способ аддитивного производства для крупных слитков и метаматериалов: опыт и перспективы» (Л. Медовар, А. Стовл-

ченко, А. Полишко, ИЭС, Украина) вызвал большой интерес среди участников конференции.

Организаторы конференции поблагодарили ее участников за высокий уровень представленных работ и пригласили на 21-ю Международную конференцию «International Forgemasters Meeting», которая состоится в 2020 г. в Китае.

Необходимо отметить хорошую организацию конференции. Созданная рабочая обстановка способствовала развитию тематических дискуссий и установлению научных контактов между металлургами и материаловедами.

А. А. Полишко

СЕМИНАР «ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ С ПАМЯТЬЮ ФОРМЫ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ»



11 января 2018 г. в Институте электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины (г. Киев) состоялся научно-технический семинар, посвященный новым материалам, в работе которого приняли участие более 50 человек. Семинар проводил заместитель директора по научной работе Института металлофизики им. Г. В. Курдюмова НАН Украины, д-р физ.-мат. наук Г. С. Фирстов. Георгий Сергеевич выступил с докладом, в котором рассказал, как исторически развивались представления об эффекте памяти формы, который неразрывно связан с явлением термоупругого равновесия фаз при мартенситном превращении. Показано, что такие современные промышленные сплавы с памятью формы, как никелид титана или сплавы на основе меди были довольно широко опробованы в различных устройствах (от товаров широкого

потребления до аэрокосмической отрасли). Тем не менее, на сегодняшний день единственным бизнес успешным направлением применения материалов с памятью формы остается практически исключительно медицина. Определенная стагнация при внедрении связана с недостаточной стабильностью, вызванной пластической деформацией, сопровождающей эффект памяти формы. Преодоление таких негативных тенденций возможно при переходе к новым направлениям развития рассмотренных функциональных материалов. Среди таких направлений остается важным медицинское, а также создание новых материалов с магнитной памятью формы и многокомпонентных сплавов с высокой энтропией смешения для других целей. Показано, что многокомпонентный подход в силу качественных изменений в электронной и кристаллической структуре при разработке новейших материалов с памятью формы позволяет подавить процессы пластической деформации, замедлить диффузию и обеспечить стабильный эффект памяти формы в широком температурном интервале (до 1000 К) с высоким уровнем совершаемой работы (до 10 Дж/см³). Таким образом, можно ожидать возобновления интереса со стороны промышленных лидеров к применению сплавов с эффектом памяти формы не только в медицине, но и в аэрокосмической отрасли, автомобилестроении, добывающей промышленности, энергетике (в том числе ядерной) и других.

А. Ю. Туник