

Список литературы

1. Оценка металлофонда титана РФ / [Л. А. Костыгова, Н. Н. Ракова, Е. В. Тарасова и др.] // Титан-2011 в СНГ : сб. тр. междунар. конф., г. Львов, 25–28 апр. 2011 р. – К. : ИМФ НАНУ, 2011. – С. 405–408.
2. Костыгова Л. А. Методические аспекты процесса формирования добавленной стоимости при производстве продукции из титана с высокой степенью готовности на примере ОАО «Корпорация ВСМПО-АВИСМА» / Л. А. Костыгова, А. А. Хотинский, Д. Ю. Санников // Титан-2011 в СНГ : сб. тр. междунар. конф., г. Львов, 25–28 апр. 2011 р. – К. : ИМФ НАНУ, 2011. – С. 409–416.
3. Ковальчук Д. В. Комплексный подход к созданию и эксплуатации титановых металлургических производств / Д. В. Ковальчук // Титан. – 2011. – № 4. – С. 28–32.
4. Колобов Г. А. Основные тенденции совершенствования магнетермического способа производства титана губчатого / Г. А. Колобов, К. А. Печерица, С. В. Прохоров // Теория и практика металлургии. – 2010. – № 5–6. – С. 43–45.
5. Овчинников С. Е. Изучение возможностей аппарата с цикловым съемом 7 т в области качества получаемого губчатого титана / С. Е. Овчинников, В. Н. Нечаев, А. В. Патраков // Титан-2011 в СНГ : сб. тр. междунар. конф., г. Львов, 25–28 апр. 2011 р. – К. : ИМФ НАНУ, 2011. – С. 110–114.
6. Ивасишин О. М. Основные тенденции в развитии титановой промышленности и научных исследований в области титана в СНГ / О. М. Ивасишин, А. В. Александров // Титан-2011 в СНГ : сб. тр. междунар. конф., г. Львов, 25–28 апр. 2011 р. – К. : ИМФ НАНУ, 2011. – С. 7–18.
7. Пат. № 2425164 Российская Федерация, МПК С 22 С 14/00 (2006.01), С 22 В 9/20 (2006.01). Вторичный титановый сплав и способ его изготовления / Тетюхин В. В., Левин И. В., Пузаков И. Ю., Таренкова Н. Ю.; заявитель и патентообладатель ВСМПО-АВИСМА. – № 2010101764/02 ; заявл. 20.01.2010 ; опубл. 27.07.2011.
8. Особенности выплавки титановых сплавов в электронно-лучевой гарнисажной установке в зависимости от вида шихтовых материалов / [Н. И. Левицкий, В. И. Мирошниченко, Е. А. Матвиец, Т. В. Лапшук] // Металл и литье Украины. – 2010. – № 11. – С. 34–36.
9. Ясинский К. К. Создатель российского титана / К. К. Ясинский // Современные титановые сплавы и проблемы их развития : сборник. – М. : ВИАМ, 2010. – С. 3–8.
10. Отходы титановых сплавов как возможная сырьевая база порошковой металлургии титана / [Г. А. Колобов, Д. В. Прутцков, А. И. Щербина и др.] // Титан-2010 в СНГ : сб. тр. междунар. конф., г. Екатеринбург. – К. : ИМФ НАНУ, 2010. – С. 79–84.
11. Отходы титановых сплавов как возможная сырьевая база порошковой металлургии титана (Сообщение 2) / [Г. А. Колобов, Д. В. Прутцков, А. И. Щербина и др.] // Титан-2011 в СНГ : сб. тр. междунар. конф., г. Львов, 25–28 апр. 2011 р. – К. : ИМФ НАНУ, 2011. – С. 68–70.
12. Титан высокой чистоты. Перспективы применения и получения / [М. Л. Коцарь, В. В. Антипов, С. Г. Ахтонов и др.] // Титан. – 2009. – № 3. – С. 34–38.
13. Боровинская И. П. Применение титана в процессах СВС / И. П. Боровинская, В. К. Прокудина, В. И. Ратников // Изв. вузов. Порошковая металлургия и функциональные покрытия. – 2010. – № 4. – С. 26–33.
14. Отработанные литиевые химические источники тока – перспективный источник вторичных лития, титана, никеля, марганца и других ценных материалов / [М. Л. Коцарь, В. И. Никонов, В. П. Тарасов и др.] // Титан-2011 в СНГ : сб. тр. междунар. конф., г. Львов, 25–28 апр. 2011 р. – К. : ИМФ НАНУ, 2011. – С. 53–56.

Одержано 03.04.2013

© Канд. техн. наук Г. А. Колобов

Государственная инженерная академия, г. Запорожье

Kolobov G. Recycling of waste titanium and titanium alloys

ЕЖЕГОДНАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ МЕТАЛЛУРГОВ В ДЮССЕЛЬДОРФЕ (ГЕРМАНИЯ) «СТАЛЬ 2012»

В этом году конференция проходила под девизом «Будущее начинается со стали». На конференции, как и обычно, присутствовали представители металлургической промышленности, технических университетов и высших школ, отраслей-потребителей, экономисты, экологи, политики, представители прессы из различных стран мира. 8 ноября работали следующие секции:

- изменение энергетической политики: следствия для промышленности;
- будущее достигается развитием нержавеющей сталей;
- техническое развитие оборудования и технологии формообразования с целью повышения эффективности и гарантии качества;

- эффективность ресурсов и анализ жизненного цикла материалов;
- обеспечение специалистами – требования отрасли и стратегии;
- сырье и энергия – основа эффективных металлургических процессов.

9 ноября состоялось пленарное заседание, на котором рассматривались, в основном, вопросы, связанные с состоянием и перспективами отрасли.

Состояние отрасли

Известно, что промышленность, в т. ч. металлургическая, успешно справилась с последствиями кризиса 2009 года. Однако, в связи с кризисом в еврозоне уже, начиная с последнего квартала 2011 года, в экономике этих стран начали наблюдаться негативные тенденции, которые предполагается преодолеть в следующем году. Производство стали в 27 странах Евросоюза в 2012 году понизится предположительно на 5,6 %, составив 144,5 млн. т вместо произведенных в 2011 году 153,1 млн. т. Особенно резкое падение производства ожидается в этом году в Испании и Италии – соответственно на 11,9 и 12,6 %. Наиболее устойчивой является ситуация в Германии, где падение производства составит лишь 4,7 %. Правда, в последнее время в печати появились сообщения о том, что концерн ThyssenKrupp терпит серьезные финансовые убытки. В связи с этим концерн планирует продажу своих убыточных предприятий в Северной Америке и в Мексике. В то же время концерн сообщает, что не планирует ни сокращения числа трудящихся, ни перевода их на сокращенное рабочее время. В будущем году ситуация в Евросоюзе несколько стабилизируется, но существенные различия в развитии разных стран ЕС устранены не будут. Заметно понизились темпы роста производства стали в странах СНГ. Вместо прироста в 13,8 %, который имел место в 2011 году, в этом году ожидается более чем скромный прирост – всего на 0,8 %.

Несмотря на то, что Китай остается безусловным лидером в металлургии, темпы роста производства и здесь заметно снижаются – с 6,2 % в 2011 году до предполагаемых 2,5 % в текущем. Это является следствием уменьшения экспорта, особенно в Европу, в результате нового глобального кризиса. В то же время Китай остается основным импортером стали в Латинскую Америку. Производство стали в Китае продолжает составлять лишь немногим менее половины мирового. Неблагоприятная мировая конъюнктура приводит и к снижению темпов роста в Индии – до 5,5 % в 2012 году и предположительно 5,0 % в 2013 году. Годовое производство стали в Индии достигнет при этом соответственно 73,6 и 77,3 млн. т. В текущем году Япония ожидает прирост производства стали на 23,2 % - до уровня 65,5 млн. т.

Однако, в связи со снижением экспорта и твердым курсом японской иены предполагается в 2013 году снижение уровня производства на 2,9 %. В США и Канаде в связи с ростом строительства и дальнейшим развитием автомобилестроения текущий год ознаменовался достаточно высоким приростом производства стали – на 7,5 %. В 2013 году и здесь, однако, ожидается существенное снижение темпов роста – до 3,6 %. В Центральной и Южной Америке, наоборот, в 2013 году ожидается более существенный рост производства по сравнению с предыдущими годами. Мировое производство стали продолжает неуклонно возрастать, правда, более медленными темпами, прежде всего, за счет снижения темпов развития отрасли в Китае.

В таблице 1 представлена динамика развития производства стали за последние три года.

Таблица 1 – Объем производства стали в различных регионах мира (данные 2012 и 2013 г. г. представлены согласно прогнозу)

Регионы	Объем производства, млн.т			Рост по сравнению с предыдущим годом, %		
	2011	2012	2013	2011	2012	2013
Евросоюз (27)	153,1	144,5	148,1	5,9	-5,6	2,4
Остальные европейские страны	33,2	34,4	36	12,7	3,8	4,5
США, Канада и Мексика	121,3	130,4	135,1	9	7,5	3,6
Страны СНГ	54,8	55,2	57,4	13,8	0,8	3,9
Центральная и Южная Америка	45,7	47,4	50,4	2,6	3,8	6,3
Африка	23,9	25,3	27,3	-3,4	5,8	7,7
Средний Восток	48,2	49,9	53,8	2,9	3,5	5,9
Азия и Океания	900,6	922,2	947,9	5,9	2,4	2,8
Всего в мире	1380,9	1409,4	1454,9	6,2	2,1	3,2
В т. ч.: Развитые страны	395,6	394,6	402,1	6,2	-0,3	1,9
Развивающиеся страны	985,2	1014,8	1052,8	6,3	3,0	3,7
В т. ч. Китай	623,9	639,5	659,2	6,2	2,5	3,1
Мировое производство без Китая	757	769,9	795,6	6,3	1,7	3,3

Как уже отмечалось, металлургическая промышленность Германии вместе с другими отраслями успешно вышла из кризиса и продолжает развиваться, несмотря на имеющиеся экономические трудности. Президент экономического объединения «Сталь» Ханс Юрген Керкхофф (Hans Jürgen Kerkhoff) и другие эксперты видят основную причину такого положения в правильной структуре немецкой экономики. Важнейшие отрасли тесно связаны друг с другом. А металлургия находится как раз в начале всей производственной цепочки, поставляя свою продукцию машиностроителям, энергетикам и автомобилистам. Немецкая металлургия создает только непосредственно 3,5 млн. рабочих мест, не считая занятости в сфере металлообработки и машиностроения. Важным фактором является территориальная близость всех взаимодействующих структур, прежде всего, производителей металла, его потребителей и исследовательских центров. Последние играют существенную роль в развитии отрасли, поскольку задача развития новых материалов и технологий остается постоянно на повестке дня.

На 2012 год прогнозируется производство 42,5 млн. т стали, что, правда, на 4 % меньше, чем в прошлом году. В металлургической отрасли Германии используется около 85 % производственных мощностей, что заметно выше среднего мирового показателя (78 %). Предполагается, что 2013 год будет годом следующего оживления конъюнктуры в связи с постепенным преодолением еврокризиса и повышением доверия к рынкам. По объему производства стали Германия занимает седьмое место в мире, но ей принадлежит 1/3 патентов в отрасли. Применение стальных конструкций для ветряных электростанций, облегченных стальных конструкций для автомобилей ведет, кроме всего прочего, к оздоровлению экологической ситуации и позволяет избежать выделения в атмосферу вшестеро большего количества углекислоты, чем выделяется при их производстве.

Как и в предыдущие годы, много говорилось о факторах, тормозящих развитие отрасли. Сюда относятся, прежде всего, резко повышающиеся энергетические затраты. И это, несмотря на то, что металлургические предприятия, как особо энергоемкие, освобождены от доплат на финансирование возобновляемых источников энергии. В ближайшие годы, однако, проблема заметно обострится в связи со строительством новых электросетей и повышением энергетического налога. В совокупности с проблемой покупки сертификатов на выделения CO₂ это приведет к существенному удорожанию немецкой металлургической продукции и может сделать ее неконкурентоспособной на мировом рынке.

Но металлурги не только ведут баталии за выживание на политическом поприще. Они разрабатывают и внедряют новые проекты, связанные с энергосбережением. В этом плане показателен опыт концерна ArcelorMittal в Германии. В последние годы основные инвестиции концерна связаны с мероприятиями по повышению энергетической эффективности при одновременном улучшении экологической обстановки. В этом отношении концерн проявляет себя как надежный партнер правительственных организаций. Основные направления работ, как и раньше, связаны с использованием вторичных ресурсов – отходящих газов (коковского и конвертерного) и пыли. Причем эти ресурсы могут быть непосредственно использованы как топливо, например, в прокатном производстве, или в небольших электростанциях, обеспечивающих энергией приводы установок.

На предприятии ArcelorMittal в Гамбурге был установлен на электродуговой печи новый тип трансформатора, который позволяет регулировать расход электроэнергии во времени в зависимости от потребностей производственного процесса. Это привело не только к более эффективному использованию электроэнергии, но и, косвенным образом, к снижению эмиссии CO₂ на 15000 т/год. На предприятии в Дуйсбурге работы по энергосбережению велись в двух направлениях. Первое направление – это широкое внедрение термомеханической обработки в прокатном производстве, второе – использование новых эффективных технологий сжигания топлива, минимизирующих при этом выделения окислов азота. Экономия энергии за счет внедрения таких технологий составила, например, только на одной новой печи с шагающими балками от 101 до 140 кВтч/т. На предприятии в Бремене основные инвестиции касались утилизации конвертерного газа и вторичной пыли. Стоимость только последнего проекта составила 16,1 млн. евро. На предприятии ArcelorMittal Eisenhüttenstadt инвестируется около 80 проектов, связанных с энергосбережением и касающихся всех стадий производственного цикла. Только за счет внедрения специальных особо эффективных электростатических фильтров уже к концу этого года пылевыведение будет снижено на 50 %. Снижение пылевыведения еще на 20 % предполагается к 2017 году. Планируемая годовая экономия энергии составит 1,4 млн. Гдж. Это соответствует полному энергоснабжению (электроэнергия, отопление, приготовление горячей воды) 13500 небольших квартир.

Финансовый кризис и рост государственных долгов европейских государств неожиданно принесли одну утешительную новость для металлургов. За прошедшие несколько месяцев цена на железную руду существенно понизилась. Напомним, что начало XXI века ознаменовалось гигантским ростом цен на руду. Если в 2000 году тонна железной руды стоила около 20 долларов США, то к 2011 году цена эта выросла в 10 раз – до 200 долларов. Такое положение не в последнюю очередь связано с особенно заметным повышением концентрации производства в этой отрасли. Три концерна – Vale, Rio Tinto и BHP Billiton – производят и продают около 2/3 мирового производства руды. Тем не менее, в 2012 году цена на железную руду упала до 100 долларов за тонну. Металлурги не ожидают, правда, что это падение будет долговременным, и готовятся к следующему взлету цен. Кроме того, металлургов продолжает беспокоить то, что все три гиганта отказались от практики заключения договоров на поставку с фиксированной на год ценой.

Неудивительно поэтому, что металлурги начинают задействовать новые, нестандартные решения. Так, лидер отрасли концерн ArcelorMittal уже в течение нескольких лет приобретает железные рудники и угольные шахты, чтобы быть менее зависимым от поставщиков сырья. Такая тактика может защитить металлургический гигант от дальнейших последствий концентрации и монополизации сырьевой отрасли. А здесь есть над чем задуматься. Недавно объявлено о сделке крупнейшего предприятия по поставкам и торговле железорудными материалами Glencore с швейцарско-британским горнодобывающим концерном Xstra. В результате возникает торгово-промышленный гигант с товарооборотом более 200 млрд. долларов в год, который займет, по-видимому, четвертое место в ранге гигантов отрасли.

Едва ли какая-либо другая область промышленности является столь зависимой от конъюнктуры рынка как металлургия. Поэтому весьма интересны перспективные прогнозы, которые были составлены специализированной фирмой KPMG с учетом развития ситуации к 2020 году. Основными направлениями развития отрасли представляются совершенствование материалов и технологий в направлении повышения качества продукции, снижение ее стоимости и улучшение экологических факторов производства. Предполагается создание новых марок стали, новых методов поверхностной обработки (покрытий), новых технологий формообразования и соединения изделий. Еще более важное значение должно приобрести использование стального лома. За последние два десятилетия его доля повысилась до 54 %. Что же касается некоторых специальных марок стали, например, нержавеющей, то здесь уже сейчас доля возврата составляет около 95 %. Поэтому при анализе исходили из того, что к 2020 году, по крайней мере, в Германии, спрос на стальной лом и его предложение окажутся сбалансированными.

Эксперты считают, что к 2020 году должно существенно возрасти значение небольших местных предприятий по производству стали, приближенных к потребителю. Основанием для этого являются резко растущие цены на энергоносители и повышение пошлинных сборов, что сделает дальнюю транспортировку крайне невыгодной. Поэтому предполагается, что доля стали, производимой на местных, менее крупных предприятиях возрастет. Если говорить о перспективных марках стали, то анализ предполагает особое развитие высокопрочных сталей для автомобилестроения. Если в 2000 году доля высокопрочных сталей в автостроении составляла только 13 %, то в 2010 году уже 31 %. Предполагается, что к 2020 году эта доля превысит 35 %.

При производстве новейших моделей автомобилей доля высокопрочных сталей уже сейчас существенно выше. Так, на предприятии Volkswagen при производстве шестой модели Golf доля высокопрочных сталей составляет 66 %, а при производстве новой седьмой модели достигает уже 80 %, из которых 28 % приходится на ультравысокопрочные стали. Из новых высокопрочных автомобильных сталей особо отмечается разработанная и производимая концерном ArcelorMittal сталь Usibor® 1500P. Эта сталь нашла широкое применение на предприятии Volkswagen при производстве облегченных моделей. Из нее изготавливают передний бампер, несущие конструкции А- и В-колонн, несущие конструкции пола. Сталь легирована марганцем и бором. Изделия изготавливают горячей штамповкой при температуре около 900 °С с последующим быстрым охлаждением, что позволяет достигать эффект термомеханической обработки. Предел текучести в готовом изделии не ниже 1100 МПа, предел прочности не ниже 1500 МПа. Перед горячей штамповкой на лист наносят защитное алюминиево-кремниевое покрытие, которое проявляет достаточную пластичность при штамповке. Концерн ThyssenKrupp совместно с предприятием Litecor создал новый слоистый («сэндвичный») материал, состоящий из стали и пластмассы, что позволяет достигать достаточно высокой прочности за счет стали и существенного снижения веса за счет пластмассы.

100 лет нержавеющей стали

Этому вопросу было посвящено специальное заседание секции, на котором был заслушан ряд докладов и продемонстрирован кинофильм о столетней истории этого вида металлургической продукции, перспективы которого и сегодня далеко не исчерпаны. В первом докладе проф. д-р Томас Ладвайн (Thomas L. Ladwein) из высшей технической школы в Аалене (Aalen) рассказал о тенденциях развития и основных структурных классах нержавеющей сталей.

Аустенитные хромоникелевые стали составляют и сейчас более половины от общего производства нержавеющей сталей – около 55 %. В качестве примера современной аустенитной нержавеющей стали была приведена сталь 1.4404, выпускаемая предприятием ThyssenKrupp Nirosta, которая по классификации ЕС обозначается как X2CrNiMo17-12-2. Сталь содержит менее 0,03 % углерода, до 1 % кремния, до 1 % марганца, 16,5–18,5 % хрома, 2,0–2,5 % молибдена, 10–14 % никеля. Выпускается в виде холоднокатаных или горячекатаных полос толщиной соответственно до 6 и 12 мм. Термическая обработка состоит в нагреве до 1030–1110 °С с последующим охлаждением в воде или на воздухе. Предел текучести в холоднокатаном или горячекатаном состоянии составляет соответственно не менее 240 или 220 МПа, предел прочности 530–680 МПа, относительное удлинение не ниже 40 %. Хорошо поддается обработке в холодном состоянии (гибке, глубокой вытяжке, развальцовке).

По сравнению с нелегированной сталью для холодного формоизменения требуются более высокие усилия. Посредством ограничения содержания определенных элементов в пределах марочного состава, а также добавления дополнительных элементов могут быть достигнуты дополнительные свойства. Хорошо сваривается. После холодной деформации со степенью не более 15 % и сварки необходимость термической обработки отсутствует. После дефор-

мации с более высокой степенью термическая обработка необходима. Обработка резанием затруднена из-за высокой вязкости, высокой упрочняемости и низкой теплопроводности и должна производиться инструментом из качественной быстрорежущей стали с обильным охлаждением. Полировке поддается хорошо. Применяется в химической и фармацевтической промышленности, производстве искусственных волокон, углекислыми и обработке текстиля. В последние годы появилась еще одна интересная область применения, а именно, строительство и архитектура. Именно эта сталь была выбрана для сооружения One World Trade Center в Манхэттене в Нью Йорке, о чем будет рассказано ниже.

Однако, несмотря на прекрасные потребительские и технологические свойства, доля аустенитных нержавеющей сталей в производстве и потреблении снижается. Причиной этому – высокая стоимость никеля. Во многих странах мира, прежде всего, в странах Азии по этой причине разрабатываются и внедряются аустенитные стали с частичной заменой никеля марганцем. Подобные стали успешно разрабатывались и внедрялись также в СССР и постсоветских странах. Содержание хрома в таких сталях также понижают. Результатом является несколько пониженная коррозионная стойкость. В настоящее время доля таких сталей в общем объеме мирового производства нержавеющей сталей составляет около 10 % и имеет тенденцию к росту. Такие стали находят применение в тех случаях, когда требования по коррозионной стойкости могут быть несколько понижены.

В качестве альтернативы аустенитным нержавеющей сталям возможно использование безникелевых ферритных сталей. Высокое содержание хрома позволяет достигать достаточно хорошей коррозионной стойкости, но ферритные стали значительно уступают аустенитным по склонности к формообразованию. Механические свойства их практически близки к свойствам углеродистых нелегированных сталей. Доля ферритных сталей на мировом рынке составляет около 30 % и имеет тенденцию к росту. Основные области применения: изделия домашнего обихода, барабаны стиральных машин, бойлеры, выхлопные устройства автомобилей. Основные преимущества ферритных сталей по сравнению с аустенитными состоят в более низкой стоимости, высокой теплопроводности, хорошей обрабатываемости резанием, более высоких значениях предела текучести. Недостатками являются более низкая коррозионная стойкость и более высокая хрупкость.

По своему химическому составу ферритные стали разделяют на пять групп. К первой группе относят стали с содержанием хрома 10–14 % (например, 1.4512; 1.4003; 1.4028). Во второй группе содержание хрома составляет 14–18 % (например, 1.4015). Стали третьей группы при таком же содержании хрома дополнительно легируют стабилизирующими элементами типа титана или ниобия (например, 1.4520; 1.4510; 1.4509). В четвертой группе используется дополнительное легирование молибденом в количестве до 0,5 % (например, 1.4113; 1.1.4526; 1.4521). В пятой группе содержание хрома составляет 18–30 %. Содержание углерода обычно не превышает 0,10–0,12 %, чаще не более 0,05 %. Предел текучести не превышает 320 МПа, чаще на уровне 200–250. Минимальные значения предела прочности обычно составляют около 400 МПа, максимальные иногда достигают 600 МПа. Минимальные значения относительного удлинения изменяются в пределах 20–25 %.

Следующим важным классом нержавеющей сталей являются мартенситные стали. Из последних разработок в этом направлении следует отметить сталь 1.4542, которая по общим нормам ЕС обозначается также как X5CrNiCuNb16-4. Сталь содержит не более 0,07 % углерода, не более 1 % кремния, не более 1 % марганца, не более 0,030 % фосфора, не более 0,015 % серы, от 14 до 15,5 % хрома, от 2,5 до 4,5 % меди, до 0,50 % молибдена, от 3,5 до 5,5 % никеля с добавками ниобия или тантала из расчета 5 %С, но не более 0,45 %. Сталь находит широкое применение в авиационной и космической технике, приборостроении, химической, нефтеперерабатывающей и деревообрабатывающей промышленности, судостроении. Поставляется в виде катанки, серебрянки и прутков. При производстве изделий для авиационной и космической техники уделяется большое внимание чистоте металла, для чего некоторые предприятия (например, DEW Stahlwerk Siegen) разрабатывают специальные плавильные процессы, включающие поэтапное вакуумирование и электрошлаковый переплав. Наибольший диаметр серийно поставляемых заготовок составляет 250 мм. По договоренности возможна поставка изделий большего диаметра.

Сталь проявляет коррозионную стойкость, сопоставимую с таковой у классической стали типа 18-8, но лучше сопротивляется коррозионному растрескиванию под напряжением. В стоячей морской воде возможна щелевая коррозия и выкрашивание, в связи с чем для таких условий желательна дополнительная защита. Ковка производится в температурном интервале 1180-950°C с последующим охлаждением на воздухе. Сталь может поставляться в отожженном или закаленном состоянии. Закалка изделий производится после нагрева до 1020-1050°C с последующим охлаждением в воде, масле или на воздухе в зависимости от сечения заготовки. Сталь может обеспечивать значения предела прочности выше 1100 МПа при удовлетворительной вязкости (работа разрушения при температуре -20°C составляет не менее 40 Дж). Сталь хорошо полируется, что очень важно при изготовлении точных изделий, но плохо поддается обработке резанием.

С целью устранения последнего недостатка предприятие UGIMA разработало свой вариант стали 1.4542, который выпускается под маркой UGIMA@4542. Химический состав практически не отличается от стандартного варианта. Существенное отличие состоит в том, что предприятие отказывается от глобального ограничения содержания серы и предлагает поддерживать содержание серы в пределах 0,015-0,025 %. По мнению исследователей, при таком содер-

жании сера не может оказывать отрицательное влияние ни на коррозионную стойкость, ни на механические свойства, а небольшое количество сульфидов в структуре способствует улучшению обрабатываемости. За счет определенного Know How предприятие так организует заключительную стадию процесса выплавки, что в структуре вместо твердых оксидов образуются мягкие легкоплавкие, наличие которых дополнительно улучшает обрабатываемость. По данным предприятия улучшение обрабатываемости происходит не менее чем на 20 %. За счет варьирования температуры отпуска при термическом улучшении создается возможность получать различные сочетания механических свойств, в том числе умеренную прочность при повышенной пластичности и вязкости. Если требуется высокая прочность, то рекомендуется изделия после закалки подвергать релаксационному отжигу (или низкому отпуску) при 250–300 °С, который практически не оказывает влияния на механические свойства.

В настоящее время представляются особенно перспективными двухфазные (дуплексные) феррито - аустенитные стали. Их доля в мировом производстве пока не превышает 5 %. Их главные области применения: бумажно-целлюлозная промышленность, нефтяная и газовая промышленность, установки для опреснения морской воды, теплообменники, емкости для химических материалов и продовольствия, трубопроводы нефти и газа, строительная техника, например, мостостроение. Эти стали были открыты еще в 1933 году и сразу же начали находить применение благодаря более высоким механическим свойствам по сравнению с классическими хромоникелевыми аустенитными. Они хорошо противостоят, например, механическим нагрузкам от волн, штормов и внешних давлений на морских глубинах до 3000 м, так же как и химическому воздействию нефти и газа с внутренней стороны трубы, а морской воды – с наружной. Более высокая по сравнению с аустенитными прочность таких сталей делает возможным применение труб с меньшей толщиной стенки.

В начале 80-х годов начались разработки нового класса двухфазных нержавеющей сталей, получивших название Lean-Duplex. Эти стали благодаря пониженному содержанию никеля, высокой коррозионной стойкости и исключительно высоким механическим свойствам должны стать успешной альтернативой как классическим хромоникелевым аустенитным, так и обычным двухфазным сталям. Дополнительными достоинствами этих сталей являются хорошая способность к формоизменению и хорошие физические свойства. Их с полным правом можно назвать материалами XXI века. В настоящее время дочернее предприятие NIROSTA концерна ThyssenKrupp производит несколько марок таких сталей. Сталь NIROSTA®4462 содержит углерода не более 0,030 %, кремния до 1,0 %, марганца до 2 %, фосфора не более 0,030 %, серы не более 0,020 %, хрома 21–23 %, молибдена 2,5–3,5 %, никеля 4,5–6,5 %, азота 0,10.0,22 %. Механические свойства горячекатаного листа: предел текучести не ниже 460 МПа, предел прочности 700–950 МПа, относительное удлинение не ниже 25 %. Еще более экономичным вариантом является нашедшая уже сейчас широкое применение сталь NIROSTA®4362. Сталь отличается от предыдущей более низким (0,10.0,60 %) содержанием молибдена и никеля (3,5–5,5 %), а также добавкой 0,10–0,60 % меди. Выпускается в виде холоднокатаных листов со следующим уровнем механических свойств: предел текучести не ниже 450 МПа, предел прочности 650–700 МПа, относительное удлинение не ниже 25 %.

Процессы прокатки и последующей обработки этих сталей должны обеспечить слоистую структуру, состоящую из последовательно расположенных слоев зерен феррита и аустенита при процентном соотношении фаз около 50:50 (рис. 1). Если это соотношение в результате того или иного процесса обработки (например, сварки) нарушается, оно может быть восстановлено отжигом при температуре 1040–1100 °С. Обе стали хорошо свариваются (рис. 2). Сталь NIROSTA®4362 находит довольно широкое применение в химической промышленности и теплотехнических устройствах. Например, в сравнении с теплообменниками из нержавеющей аустенитных труб листовые теплообменники из этой стали позволяют существенно снизить вес конструкции и ее стоимость. На рис. 3 показан танкер для перевозки химических продуктов из стали NIROSTA®4362.

Об истории развития производства и областях применения нержавеющей сталей рассказал д-р, инж. Иохен Краучик (Jochen Krautschik), директор отдела материалов и производственных процессов предприятия ThyssenKrupp Nirosta. В начале XX века исследователи во всем мире работали над созданием новых нержавеющей и, прежде всего, кислотостойких сталей. Соревнование удалось выиграть исследователям немецкого концерна Krupp Штраусу и Мауэру (Strauss und Mauer), которые не только нашли удачную комбинацию содержания хрома и никеля при пониженном содержании углерода, но и разработали процессы производства и термической обработки такой стали с целью повышения ее коррозионной стойкости. В 1912 г. это изобретение было запатентовано. Соответствующий патент вошел в историю под названием Pasel Patent.

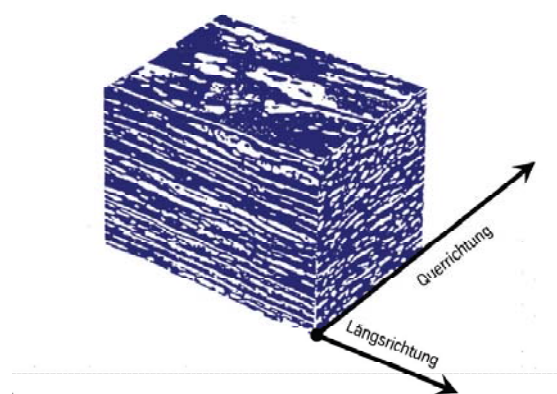


Рис. 1. Трехмерная модель структуры двухфазной нержавеющей стали (темным цветом показан феррит, стрелками показаны направления вдоль и поперек прокатки)



Рис. 2. Сварной шов изделия из двухфазной стали

Важным преимуществом новой стали являлись также хорошая способность к формообразованию и свариваемость, без которых невозможно было бы столь победное шествие этого материала во всем мире. Сегодня разработанная Бенно Штраусом аустенитная сталь, названная им V2A, известна в Германии как материал 1.4301, а во всем мире как сталь 18-8. В 1919 году

предприятие Krupp Edelstahl запатентовало эту же сталь как материал для медицинской промышленности. Путем повышения содержания никеля с 8 до 10 % и добавки молибдена Штраус создал новую сталь V4A, которая была запатентована в 1928 году. Сейчас разновидности этой стали с маркировкой в Германии 1.4401, 1.4404, 1.4547 находят применение при более высоких коррозионных воздействиях и при более высоких температурах по сравнению с исходной сталью типа 18-8.

Быстрое продвижение на рынке нержавеющей сталей в 20-х годах прошлого столетия поставило остро задачу разработки промышленных производственных процессов. Первые промышленные плавки производились в тиглях. Только изобретение индукционной плавки упростило процесс и создало реальные предпосылки для массового промышленного производства. В начале 60-х годов плавильная техника перешла на двухстадийные процессы с заключительной стадией в вакууме или в аргоне. Новая техника производства снизила производственные расходы и расширила спектр потребительских свойств. В 80-х годах в связи с широким внедрением непрерывной разливки создалась возможность получать литые заготовки, максимально близкие к размеру готовых изделий, что было очередным сдвигом как в экономическом смысле, так и в смысле повышения качества продукции.

Гигантский успех нержавеющей сталей может быть впечатляюще представлен в цифрах роста объемов их производства. Если в 1914 году было произведено всего 18 т нержавеющей стали, то уже в следующем году производство выросло втрое и составило 56 т. В 1950 году объем производства составил 1 млн. т, а уже в 1987 году 8,2 млн. т. Начало нового столетия ознаменовалось дальнейшим существенным ростом производства и потребления. В 2005 г. было произведено в мире 24,7 млн. т нержавеющей стали, а в 2011 – 33,8 млн. т. И это не удивительно, поскольку сегодня трудно представить себе такую сферу жизни и деятельности людей, где можно было бы обойтись без этого материала – идет ли речь о химической или пищевой промышленности, судостроении, авиации или космической технике, архитектуре, строительстве, медицине или повседневной жизни. О значении материала свидетельствует тот факт, что в настоящее время поисковая машина Google представляет в распоряжение пользователя более 320000 сообщений по данной теме.

Успеху нержавеющей сталей способствовало всемерное расширение областей их применения. В медицине их начали применять не только для медицинских аппаратов и инструментов, но и для отделки хирургических помещений. Важными оказались не только безопасность и нетоксичность инструмента, но и способность противостоять действию высоких температур и коррозионным средам при стерилизации и дезинфекции. В 1926 году был создан первый имплантат из нержавеющей стали. И сегодня искусственные коленные суставы из нержавеющей стали соответствуют требованиям медицинской науки. Параллельно развивалось использование нержавеющей сталей для пищевой промышленности. Одним из важных требований при изготовлении деталей продовольственных машин, так же, как и при изготовлении хирургического инструмента, является хорошая полируемость поверхности, легко достигаемая у мартенситных сталей. При этом важно, чтобы гладкое состояние поверхности сохранялось после длительной эксплуатации в условиях коррозионного, механического и термического воздействий. Такое требование связано с тем, что гладкие поверхности препятствуют оседанию и размножению микроорганизмов – бактерий и грибов.

Почти 80 лет назад нержавеющая сталь была впервые применена при строительстве морских круизных лайнеров. В 1936 году из Саутгемптона стартовал лайнер Queen Mary с 2300 пассажиров на борту. В конструкции и оснащении лайнера (кухонное оборудование, плавательные бассейны, внутренняя облицовка и некоторые детали турбин) были широко использованы нержавеющие стали. В условиях агрессивного морского климата применение коррозионно-стойкого и в то же время высоко декоративного материала полностью оправдалось. И сейчас нержавеющая сталь широко используется при строительстве крупных судов, яхт, паромов для фурнитуры, перил, мебели, водопроводных систем для питьевой воды и стока, насосов и арматуры.

Легендарному американскому конструктору Эдварду Будду (Edward G. Budd) принадлежит идея использования нержавеющей стали в авиационном строительстве. После того как им были разработаны диски из нержавеющей стали, он создал



Рис. 3. Танкер для перевозки продукции химической промышленности, построенный с широким применением двухфазной стали

в 1931 году первый самолет «ВВ-1 Пионер» с самым широким использованием этого материала. В 1943 году эту традицию продолжит транспортный самолет RB1-Convostoga, в котором широко применена точечная сварка листов из нержавеющей стали. Элерон, руль и части реактивного двигателя сверхзвукового лайнера Concorde, который стартовал в 1969 году, были также изготовлены из нержавеющей стали. В том же году нержавеющая сталь появилась на Луне вместе с космическим кораблем «Аполлон 11» и первым высадившимся на Луне человеком Нилом Армстронгом. И сегодня нержавеющая сталь широко используется в различных областях космической техники. При этом немаловажную роль играют иногда, кроме всего, ее оптические свойства. На первом в мире туристском космодроме Spaceport America в Нью Мексико производит большое впечатление мощная футуристическая конструкция крыши из цветной нержавеющей стали. Предположительно в 2014 году отсюда отправятся в космос первые космические туристы.

О широком применении нержавеющей стали в строительстве и архитектуре рассказал д-р инж. Гельмут Гахуль (Helmut Nachul) из высшей технической школы в Дортмунде. Почти сразу после своего открытия новый материал вдохновлял архитекторов на создание уникальных сооружений. Начало было положено строительством в Нью Йорке небоскреба Chrysler Building в 1929 году. Следующим важным этапом было строительство в пятидесятых годах Атомиума в Брюсселе. В 1976 году сильно подвергшийся коррозии скелет статуи Свободы в Нью-Йорке был заменен скелетом из нержавеющей стали. В период 2004–2010 г. г. в Дубае с широким применением нержавеющей стали был построен самый высокий небоскреб в мире Burj Khaifa. Новейшим проектом в этом отношении является проект нового One World Trade Center в Манхэттене в Нью-Йорке на месте башен-близнецов, разрушенных во время теракта 2001 года. Здание задумано как самый высокий небоскреб в США, а, следовательно, как один из знаковых объектов государства. В будущем году здание должно быть готово и достигнуть высоты 541 м, что соответствует 1776 футам и тем самым символически должно напоминать о годе объявления Соединенными Штатами независимости. Снаружи небоскреб будет ограничен фасадом из нержавеющей стали, произведенной в Германии. В строительстве объекта активно участвуют немецкие фирмы. Сталь выплавлялась на предприятии ThyssenKrupp Niosta в Крефельде (Krefeld). Дальнейшая переработка в листы производилась на предприятии в Дилленбурге (Dillenburg) при использовании специальных процессов прокатки и термической обработки. Для особой привлекательности внешнего вида использовались специальные поверхностные покрытия. Фасадные элементы для внешней окантовки One World Trade Center были произведены из этих листов другим предприятием-партнером Christian Pohl GmbH в Кельне. Еще одна партнерская фирма ThyssenKrupp Elevator занимается изготовлением оборудования для всех 71 лифтов и 9 эскалаторов. На рис. 4 представлена одна из последних фотографий, иллюстрирующих подвоз стальных строительных конструкций на барже для строительства One World Trade Center.



Рис. 4. Подвоз металлических конструкций из аустенитной нержавеющей стали для строительства One World Trade Center в Нью-Йорке

О применении нержавеющей сталей в быту и производстве продуктов питания рассказал инж. Рихард Клеменс (Richard Clemens), хозяйственный руководитель предприятия по производству продовольственных и упаковочных машин во Франкфурте на Майне. Уже с 20-х годов прошлого столетия нержавеющие стали прочно вошли в домашний обиход. В 1921 году появились первые столовые приборы из нержавеющей стали, примерно на 30 лет позже другие мелкие кухонные принадлежности – миски, перчатки, солонки, хлебoreзки и т.д. В 1956 году появились бритвенные лезвия из нержавеющей стали, а два года спустя начался по всему миру победный марш стиральных машин с барабанами из нержавеющей стали. В это же время появились и нержавеющие кухонные мойки. Дополнительно к этому нержавеющая сталь сейчас используется в быту для отопительной арматуры и прочих предметов обихода. С 1985 года ферритные нержавеющие стали используют в Японии для водопроводов питьевой воды. И в других

странах мира системы из ферритных и аустенитных нержавеющей сталей успешно соревнуются с трубами, переходниками, фиттингами из оцинкованной стали, меди или пластмассы. Это позволяет избежать появления коррозионных участков, которые могут служить подложкой для размножения бактерий, растворения тяжелых металлов и металлоидов в питьевой воде и способствует полному сохранению вкуса воды. Хлор, содержащийся в питьевой воде в определенных количествах, может вызывать точечную коррозию. Установлено, что склонность к такой коррозии у сталей без молибдена выше, чем у молибденсодержащих. Это предопределяет предпочтительное использование для водопроводов питьевой воды молибденсодержащих сталей. Особенно важно применение нержавеющей стали в установках для опреснения морской воды.

Идет ли речь о транспортировке или переработке молока, производстве шоколада, переработке фруктов и овощей, виноделии и пивоварении (танкеры для вина, пивные котлы и бочки), переработке сухих продуктов (злаковые, мука, сахар) с использованием миксеров или тестомешалок, оборудовании для хранения и переработки мяса и рыбы, производстве оборудования для больших кухонь (рестораны, больницы, школы, детские сады) – нигде не обходится без нержавеющей стали. На рис. 5 показано оборудование сахарного завода из ферритной нержавеющей стали. Широкое применение нержавеющей сталей в пищевой промышленности является отражением признания того факта, что они прекрасно сопротивляются воздействию коррозионных сред, имеющих место в отрасли. Они позволяют легко производить очистку и тем самым соответствуют гигиеническим требованиям отрасли. За счет хорошей полируемости и сохранении высокого качества поверхности без шероховатостей и углублений достигается более легкая дезинфекция, поскольку бактерии хуже удерживаются на гладкой поверхности. Это позволяет использовать меньше дезинфицирующих средств при очистке, что, кроме всего прочего, положительно влияет на экологию. Способность к очистке у нержавеющей сталей сопоставима с таковой у стекла и значительно выше, чем у меди, алюминия, пластмассы, а также у эмалированной посуды.

Образование механически прочной и химически стойкой окисной пленки препятствует миграции ионов хрома и никеля в пищевые продукты. Эта миграция со временем быстро затухает. Установлено, что в результате переноса хрома и никеля с поверхности посуды, в пищевые продукты попадает количество этих элементов несопоставимо меньшее, чем потребление этих элементов человеком с продуктами питания. Учитывая особую важность качества материала изделия для здоровья людей, во многих странах специально нормируют содержание тех или иных элементов в нержавеющей сталях для пищевой промышленности. Так, во Франции минимальное содержание хрома в таких сталях должно составлять 13 %. Сталь может содержать марганец. Для некоторых элементов установлены предельные верхние нормы (4 % для молибдена, 1 % для тантала, ниобия, церия). По последним американским нормам минимальное содержание хрома должно составлять 16 %. Для изделий с острыми кромками (ножи) допустимая концентрация может быть ниже.

В докладе Юргена Коркхауза (Jürgen Korkhaus), вице-президента компании Werkstofftechnik, BASF SE, Ludwigshafen, рассматривался вопрос о том, какие нержавеющей стали нужны для химической промышленности. Докладчик прежде всего отметил, что именно химическая промышленность была и остается главной движущей силой развития нержавеющей сталей. Благодаря появлению этих сталей стал возможен в 1913 году синтез аммиака. Выбор конкретных марок стали зависит от условий производства и, прежде всего, от характера коррозионной среды, температуры и давления. Против коррозионного растрескивания под напряжением достаточно устойчивы аустенитные стали Aldur 4404, 4571 и 4435, а также дуплексная сталь Aldur 4462. О стали 4404 мы уже сообщали выше. Напомним, что она содержит углерода менее 0,03 %, 10–12 % никеля, 16,5–17,5 % хрома, 2,0–2,5 % молибдена. Вторая отличается более высоким содержанием углерода (до 0,08 %) и дополнительно легирована титаном. Сталь 4435 близка по составу к первой. О дуплексной стали 4462 подробно рассказывалось выше.

Ферритная сталь с молибденом Aldur 4521 устойчива в холодной воде с повышенным содержанием хлора. Против точечной коррозии устойчивы аустенитные стали с молибденом Aldur 4404 и 4539. Первая содержит углерода менее 0,03 %, никеля 10–12 %, хрома 16,5–17,5 % и 2–2,5 % молибдена. Вторая отличается существенно более высоким содержанием никеля (24–26 %), более высоким содержанием молибдена (4–5 %) и добавкой меди в количестве 1,2–2,0 %. Естественно, что эта сталь может работать в условиях весьма агрессивных коррозионных сред и повышенных температур. Избирательная (селективная) коррозия имеет место в производстве мочевины и переработке азотной

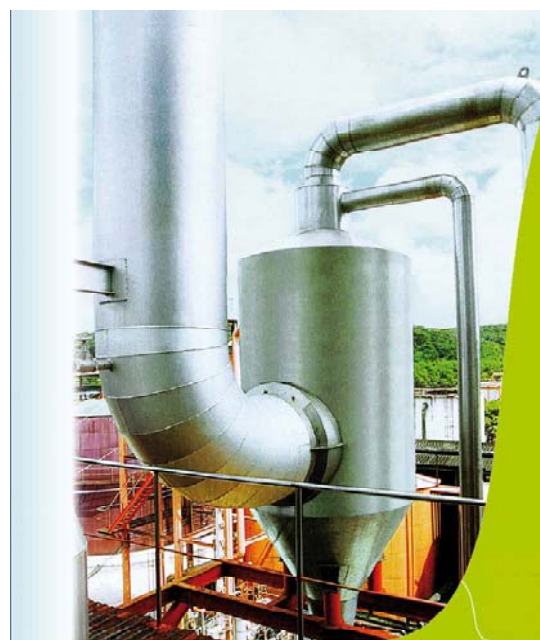


Рис. 5. Оборудование сахарного завода из ферритной нержавеющей стали

кислоты. В первом случае используют сталь Aldur 4429, во втором – Aldur 4306. Обе стали аустенитные и содержат менее 0,03 % углерода. В первой содержание хрома составляет 16,5–18,5 %, никеля 11–14 %, молибдена 2,5–3,0 % и азота 0,12–0,22 %. Во второй стали содержание хрома немного выше, а никеля ниже, дополнительное легирование азотом не проводится.

Для работы в условиях газовой-кислотной коррозии, например, в среде природного газа, содержащего CO₂, CO и H₂S, или при повышенном содержании хлора и повышенной влажности среды, рекомендуется двухфазная (дуплексная) сталь Aldur 4462 (см. выше). Особое место занимает производство хлора. Необходимо учитывать возможную концентрацию хлор-ионов и температуру. При особо сложных условиях эксплуатации приходится создавать специальные стали, состав и свойства которых согласуются между поставщиком и потребителем.

Развитие технологии и оборудования для формообразования

Д-р Томас Кифер (Dr. Thomas Kiefer), руководитель отдела техобслуживания и технологии прокатки фирмы AG der Dillinger Hüttenwerke в своем докладе рассказал об усовершенствованиях технологии и оборудования для производства толстых листов, направленных на повышение качества и эффективности продукции завода в Диллингене. В ноябре 2011 г. подписан договор с фирмой SMS Siemag стоимостью 300 млн. евро на поставку двухручьевого УНРС, которая будет отливать высококачественные заготовки размером от (200×1000) мм до (450×2200) мм для производства толстых листов и плит. Пуск УНРС намечен на весну 2014 г. Это самый большой заказ в истории непрерывного литья. В объем поставок входят разливочная площадка, кристаллизаторы с гидравлической вибрацией, направляющие для разлитых штанг, регулируемое вторичное охлаждение, регулируемая установка сегментов кристаллизатора, а также шлеппер для горячих и холодных заготовок.

Предусмотрена полная автоматизация процесса разлива, включая управление уровнем металла в кристаллизаторе, гидравлической вибрацией и гидравлической установкой сегментов кристаллизатора с регулированием распределения нагрузки на сегменты таким образом, чтобы обеспечить равномерное распределение свойств металла по сечению заготовки. Для манипулирования с большими литыми заготовками толщиной до 500 мм, длиной до 12500 мм и массой до 90 т на адьюстаже УНРС предусмотрена установка для их кантовки с помощью рычагов с приводом от 4-х гидроцилиндров (рис. 6). Автоматика обеспечивает плавную кантовку в течение 90 с, исключая удары и падение тяжелых заготовок. Установка спроектирована и смонтирована фирмой Koch H&K Industrieanlagen GmbH. Срок пуска манипулятора – конец 2012 г.

Др. Марк Блюменау (Dr. Marc Blumenau), руководитель отдела непрерывных линий отжига фирмы TissenKrupp Steel Europa AG представил результаты модернизации линии отжига на заводе в Дортмунде с целью уменьшения вдвое выбросов серной кислоты и экономии энергоресурсов (рис. 7). Линия предназначена для обработки особо прочных и особо тонких холоднокатаных полос из высокопрочных многофазных сталей для дальнейшего горячего цинкования и использования в автомобильной промышленности. Авточасти из таких полос снижают массу автомобиля и, как следствие, выбросы CO₂ в атмосферу. Технология отжига предусматривает нагрев горячекатаной полосы до 835 °С в восьми нагревательных зонах, в каждой из которых имеется от 40 до 80 газовых горелок и транспортировку ее со скоростью 300 м/мин. через 300-метровую линию отжига, производительностью 60 тыс. т. в месяц.

Проект стоимостью 30 млн. евро предусматривает замену существующих горелок на новые, в которых воздушно-газовая смесь сгорает почти без остатка. К тому же эти горелки могут работать на частично очищенном коксовом газе собственного производства из коксового завода в Bottrop, который до этого сжигался в атмосфере. Кроме того, имеется возможность отключать в зависимости от сортамента излишние горелки и, тем самым, экономить энергию. За всем этим следит современная вычислительная техника.

В докладе начальника отдела качества фирмы Arcelor Mittal Ruhrort GmbH (Duisburg) др. Петера Янсена (Dr.-Ing. Peter Janßen) анализируется проект нового, самого современного в мире (по мнению автора) проволочного прокатного стана для завода в Ruhrort (район Дуйсбурга) (рис. 8). Стан спроектирован фирмой SMS Meer и введен в эксплуатацию весной 2012 г. Нагрев трехтонных заготовок сечением (155×150) мм и длиной 16 м. до 1200 °С производится в печах с шагающими балками производительностью 120 т/час. Нагретые заготовки прокатываются в четырехклетевой черновой группе блочных клетей с индивидуальным приводом валков конструкции SMS Meer. Полученный подкат свободно выкладывается на раскатном поле и поступает затем в промежуточную 14-тиклетевую группу с чередованием вертикальных и горизонтальных клетей, после которой раскат петлям выкладывается и охлаждается, а его температура выравнивается. Заключительная стадия прокатки осуществляется в шестиклетевом чистовом блоке и при температуре 750 °С в четырехклетевом отделочном блоке. Завершают процесс 104-метровый транспортный

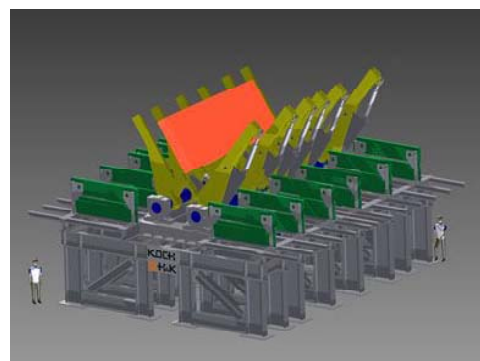


Рис. 6. Установка для кантовки непрерывнолитых слэбов на заводе в Диллингене

участок с воздушным замедленным охлаждением витков проволоки и три участка контролируемого водяного охлаждения. Таким образом получают прокатанную в режиме контролируемой прокатки высококачественную точную проволоку для холодной высадки диаметром от 5,5 до 25 мм с мелкозернистой структурой. Важнейшие параметры нового стана: скорость прокатки до 120 м/с, производительность 690 тыс. т/год, стоимость – 95 млн. евро.

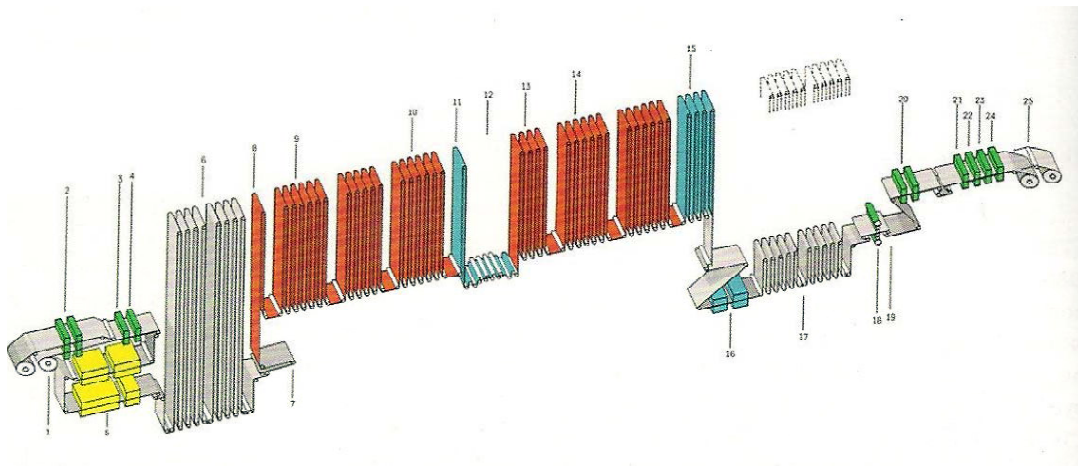


Рис. 7. Линия отжига холоднокатанных полос на заводе в Дортмунде:

- 1 – разматыватель; 2 – ножницы; 3 – сварочная машина; 4 – гратосниматель; 5 – электролитическая очистка; 6 – накопитель
 7 – плавающий ролик; 8–10 – секции нагрева и сушки; 11, 15 – воздушное охлаждение; 12 – правильная машина;
 13 – нагреватель; 14 – секция старения; 16 – охлаждение; 18 – дрессировочная клетка кварто; 19 – измеритель плоскостности;
 20 – регулятор петли; 22, 23 – маркировочная и промасливающая машины; 25 – моталки

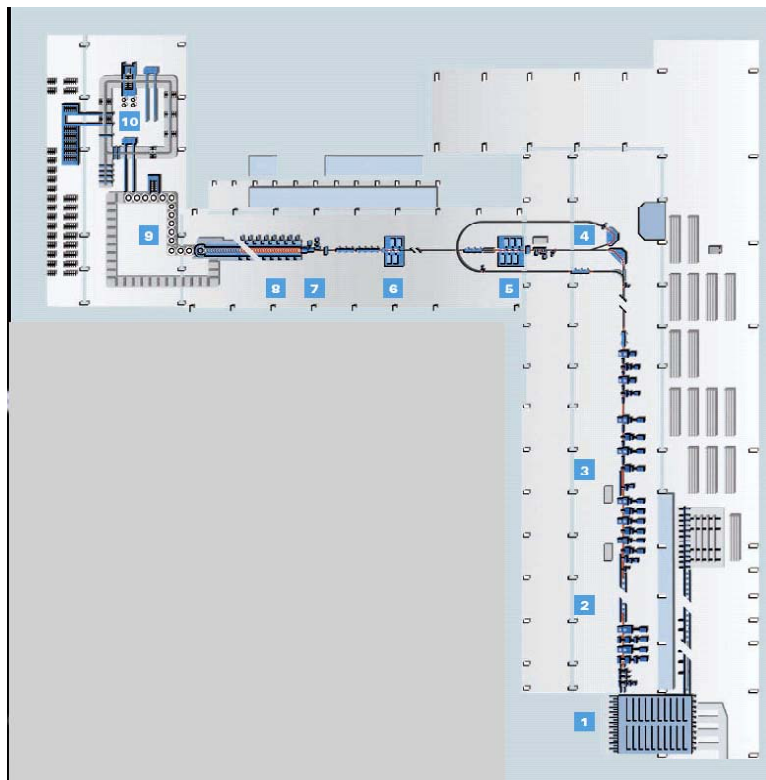


Рис. 8. Проволочный прокатный стан в Дуйсбурге:

- 1– нагревательные печи; 2 – непрерывная черновая группа клетей; 3 – промежуточная 14-тикетевая группа клетей;
 4 – охлаждение и выравнивание температуры раската; 5 и 6 – 6-ти клетевой и 4-клетевой отделочный блоки; 7 – поле для витков проволоки; 8 – транспортировка и воздушное охлаждение; 9 – конвейер бунтов проволоки; 10 – горизонтальный пресс

Новые технологические и конструктивные решения:

- чистовая группа разделена на два 6-ти- и 4-х клетевых блока, между которыми установлено регулируемое водяное охлаждение для контролируемой термомеханической прокатки, позволяющее получить равномерную температуру раската по сечению для всего ассортимента;
- все параметры процесса управляются единой моделью в онлайн-режиме;
- чистовые блоки выполнены с индивидуальным приводом валков клетей, что облегчает калибровку валков и переход на новый профиль;
- воздушное охлаждение раската осуществляется индивидуально управляемыми вентиляторами в каждом сегменте. При ускоренном охлаждении для получения мелкозернистого перлита включаются все 30 вентиляторов.

О новом, самом большом в мире кольцепрокатном стане (рис. 9) сообщил д-р Ульрих Копперс (Dr.-Ing. Ulrich Koppers), руководитель технологического отдела фирмы SMS Meer GmbH. Стан для завода Hofors спроектирован и изготовлен по заказу шведской фирмы Ovako Tube & Ring. Установка типа Riwa 2000/80 работает полностью в автоматическом режиме и состоит из пресса типа KPR 2000 для получения кольцевых заготовок с тремя рабочими станциями, радиально- осевого прокатного стана типа RAW 80(100)/63(80)-1200/350 для прокатки колец и промышленных роботов со специальными захватами, которые транспортируют заготовку между агрегатами и позиционируют ее в каждом из них. Центральная рабочая станция пресса развивает усилие 20000 kN, две других – по 10000 kN каждая. Наличие трех рабочих станций позволяет проводить одновременно прошивку и осадку заготовки и сокращать тем самым рабочий цикл.

Параметры кольцепрокатного стана:

- радиальное усилие – 800 (макс. 1000) kN;
- осевое усилие – 630 (макс. 800) kN;
- скорость прокатки – (0,4–1,6) м/с;
- мощность привода главных валков – 250 кВт, осевых валков – 2×140 кВт;
- диаметр главных валков – 660 мм, осевых – 130 мм;

Установка управляется полностью автоматически с помощью моделирующей системы ROLLTEX, воспроизводящей всю технологическую цепочку и дающую команды для оборудования и приводов, минимизирующие затраты энергии, отклонения размеров колец и свойств металла.

Продукция установки – кольца прямоугольного и профилированного сечения для подшипников автомобильной и машиностроительной промышленности с максимальной высотой 350 мм, внешним диаметром 200–1200 мм и массой 50–350 кг. Получаемые на новой установке кольцевые заготовки максимально приближены к окончательному продукту и требуют минимальной обработки резанием. Контроль размеров колец производится специальной лазерной установкой. Новая установка является уже четвертой, изготовленной SMS Meer GmbH для завода Hofors. Производительность всех четырех установок достигла теперь 55000 т/год. Пятую установку намечено ввести в эксплуатацию уже в 2012 г.

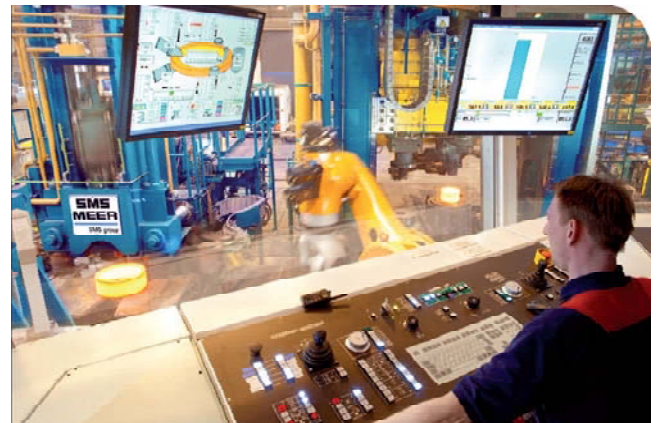


Рис. 9. Пульта управления установки для прокатки колец на заводе Hofors (Швеция)

Обеспечение рабочей силой – требования и стратегии

Д-р Карлхайнц Блессинг (Karlheinz Blessing), председатель президиума предприятия Dillinger Hüttenwerke в земле Саарланд, рассказал о стратегии кадровой политики на своем предприятии. Предприятие исходит из того, что потребность в кадрах является постоянной задачей. С учетом этого положения на предприятии организована подготовка рабочих кадров. Организовано первичное профессиональное образование. Притоку учащихся способствует хороший имидж предприятия. На учебу приходят молодые люди с различным исходным образовательным уровнем. Около 50 % составляют выпускники школ средней ступени, около 30 % выпускники гимназий и около 20 % имеют неполное среднее образование. Для поступления на учебу необходимо успешно пройти тестирование. При этом шансы у кандидатов различных образовательных уровней равны. Для молодых людей, которые оказались не в состоянии выполнить тест, но имеют твердое намерение учиться и работать на предприятии, организуется специальная предварительная учеба, т.н. нулевой цикл, который готовит к тестированию в следующем году. В настоящее время на таком нулевом цикле обучается 15 человек. Общее количество учащихся на предприятии в течение последних лет находится примерно на постоянном уровне. В текущем году их число составляет 67.

Лица, закончившие обучение, получают работу на предприятии. При наличии определенного рабочего стажа предприятие помогает желающим получить высшее техническое образование. В немецких вузах в настоящее время только небольшую часть студентов (около 2 %) составляют молодые люди с производственным опытом. Правда, эта

доля начинает расти. С 2009 года земельное министерство законодательно облегчило доступ к высшему образованию для этой категории. Право поступления в высшие технические школы наряду с выпускниками гимназий получили лица, не имеющие законченного гимназического образования (выпускники школ средней ступени), но имеющие практический опыт работы в отрасли. Задача привлечения на учебу в высших технических школах этой категории лиц является непростой. Поскольку их подготовка отличается от подготовки основной массы студентов, высшие школы вынуждены создавать специальные системы обучения с учетом потребностей этих лиц. Группам таких студентов должна оказываться специальная помощь для их успешной интеграции в учебный процесс. Ставится вопрос о выделении высшим школам с этой целью специального дополнительного финансирования.

О стратегии подготовки кадров концерна ArcelorMittal рассказал руководитель университета ArcelorMittal в Люксембурге профессор Христиан Штандерт (Christian Standaert). Работа ведется как в направлении подготовки квалифицированных рабочих кадров, так и в направлении подготовки специалистов. Концерн при этом считает очень важным рекламу отрасли с привлечением средств массовой информации и высших инженерных школ. Предприятия концерна тесно кооперируются с учебными заведениями, выделяя студентам стипендии и предоставляя им места практики. На самих предприятиях уделяется большое внимание созданию для молодых специалистов привлекательных условий не только для труда и карьеры, но и для быта и семьи. С этой целью ведется строительство детских учреждений и учреждений здравоохранения в непосредственной близости от предприятия.

Докладчик рассказал об участии концерна в работе Люксембургского университета и их совместной деятельности. На территории естественно-научного факультета университета создан Центр металлургии и металлических конструкций, занимающийся не только вопросами металлургических процессов, но и вопросами взаимодействия отрасли с потребителями и окружающей средой. Непосредственно Люксембургский университет представляет собой университет классического типа, в котором работает факультет естественных наук, технологий и коммуникаций. В рамках факультета функционирует научно-исследовательский и учебный центр физики и материаловедения. Подготовка инженерных кадров ведется в двух разных направлениях – для научной работы и для практической инженерной деятельности.

Большое внимание уделяет концерн проблемам подготовки кадров для своих предприятий в странах СНГ. В Кривом Роге и Темиртау организованы учебные центры комбината, где проходят переподготовку рабочие и инженерные кадры. Обучение производится с применением специальных обучающих программ. Кроме того, ArcelorMittal предоставляет возможность сотрудникам своих предприятий пройти практику на своих передовых зарубежных предприятиях и усовершенствовать языковые знания. В Кривом Роге функционирует уже более 10 лет учебное заведение ГИПОпром, входящее в Днепропетровский комплекс Национальной металлургической академии Украины. Здесь работает механико-металлургический факультет, занятый, в основном, подготовкой специалистов механического профиля для металлургической отрасли. При этом серьезное внимание уделяется проблеме переподготовки инженерных кадров. Здесь можно получить второе образование не за обычные 4–5 лет, а за 2 года, поскольку при составлении индивидуальных учебных планов учитывается опыт предыдущего образования. В 2012 году концерн выделил городу для целей образования и здравоохранения 5 млн. гривен.

В учебном центре Карагандинского металлургического комбината в Темиртау также проводится переподготовка специалистов с возможностью получения второго диплома, работают курсы повышения квалификации для рабочих и инженерно-технических работников. Действует ряд специальных программ, например, программа поощрения детей сотрудников комбината, желающих получить металлургическое образование, программа «Молодые таланты», предусматривающая дополнительное образование для особенно способных студентов, программа предоставления студентам специальных стипендий от ArcelorMittal, программа двойного диплома.

Д-р Никола Хирш (Nicola Hirsch), член правления предприятия ArcelorMittal в Дуйсбурге, посвятила свой доклад проблемам правильного использования пожилых кадров. По ее мнению, проблема важна не только с социальной, но и с чисто производственной точки зрения, т.к. использование опыта пожилых сотрудников соответствует интересам предприятия. Основной проблемой является обеспечение пожилых людей такой работой, которая бы обеспечила им полезное участие в производстве вплоть до выхода на пенсию. Это можно обеспечить за счет организационных и технических мероприятий, а также мероприятий по оздоровлению трудящихся. Круг мероприятий охватывает приспособление условий работы и должностных обязанностей с учетом физических и психических возможностей человеческого организма, создание многофункциональных рабочих мест, рациональное планирование рабочих мест с участием самого работника, образовательную переподготовку, а также поддержку мотивации к работе и удовлетворенности работой. Естественно, большое внимание уделяется также вопросам охраны труда и здравоохранения.

На предприятии в Дуйсбурге в период с ноября 2010 до ноября 2013 года разрабатывается специальный проект в этом направлении. Исследования проводятся с помощью измерений освещения, шума, климатических условий на рабочих местах, наблюдений, бесед с рабочими и мастерами, анализа имеющейся документации. Оценка проводится посредством сравнения с законодательными нормами и с учетом современной научной информации об изменении физических и психических возможностей людей в связи с возрастом. Наряду с объективными данными экспертизы учитывается также субъективное мнение работника. Докладчик привела простые примеры решений, облегча-

ющих условия труда лиц пожилого возраста. Созданы специальные кресла улучшенной конструкции, позволяющие варьировать условия поддержки спины и головы, а также высоту сидения. Другое простое решение: вместо погрузки колец в упаковке парами (вес упаковки 25 кг) предлагается погрузка колец поштучно (вес 11 кг).

Андреас Штайн (Andreas Stein), руководитель отдела Еврокомиссии в Брюсселе, рассмотрел в своем докладе вопрос о поощрении участия женщин в производстве. Metallургическая отрасль считается обычно чисто мужской. И не совсем без оснований. В то же время опыт показывает, что участие женщин на определенных позициях весьма полезно. В некоторых вопросах, как, например, проведение анализов и экспериментов, учет и отчетность, женская тщательность и пунктуальность оказываются весьма уместными. В металлургии и переработке металлов женщины составляют около 17 % от всех работающих. В то же время доля женщин среди работников со специальным образованием существенно ниже – менее 12 %. Проблема заключается в том, что в отрасль в настоящее время приходит слишком мало женщин, в связи с чем старение среди женского персонала на предприятиях более выражено. Многие женщины работают на условиях частичной занятости. Из числа всех лиц, частично занятых в отрасли, около 75 % составляют женщины. Налицо разница в оплате труда мужчин и женщин. Даже на инженерных позициях женщины зарабатывают меньше мужчин.

Докладчик считает важным усилить работу среди девушек, в т.ч. в школах, чтобы сделать для них работу в отрасли привлекательной. Но для того, чтобы эта привлекательность поддерживалась, необходима реальная забота со стороны предприятий о том, чтобы для женщины семейная и производственная жизнь не вступали в противоречие друг с другом. Для этого предприятиям рекомендуется разрешать женщинам подвижный график рабочего времени. Некоторые плоды проводимой работы уже налицо. Так, в руководстве концерна ThyssenKrupp участвует одна женщина. Недавно в Дортмунде была проведена специальная конференция, посвященная участию женщин в металлургической промышленности региона. На ней присутствовали две женщины, работающие на дортмундском предприятии ThyssenKrupp, куда они пришли после защиты докторских диссертаций по химии. Одна из них работает руководителем отдела исследований и инноваций, другая руководит лабораторией анализа покрытий. В настоящее время в ряде стран Европы, в частности, в Германии, дискутируется вопрос о целесообразности введения конкретной квоты для женщин на руководящих постах. Автор доклада является убежденным сторонником этой точки зрения. Но ответа на вопрос, насколько такое решение приемлемо для металлургической отрасли, у него нет.

Одержано 25.12.2013

© Д-р техн. наук А. Л. Геллер, д-р техн. наук В. Г. Горелик
Дюссельдорф, Германия

Geller A., Gorelik V. Annual international conference of metallurgists in Dusseldorf (Germany) «Steel 2012»

РАСЧЕТ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК В ТРАКАХ ГУСЕНИЧНЫХ МАШИН

Рассматриваются нагрузки в траках при движении гусеничной машины, вызванные изменением скорости их движения. В общем случае скорость трака (рис. 1) состоит из скорости машины, (переносной, поступательной, постоянной по величине и направлению) и скорости трака относительно машины (постоянной по величине, равной скорости движения машины, и переменной по направлению)

$$\vec{V}_{абс} = \vec{V}_{пер} + \vec{V}_{отн}, \quad |\vec{V}_{пер}| = |\vec{V}_{отн}| \tag{1}$$

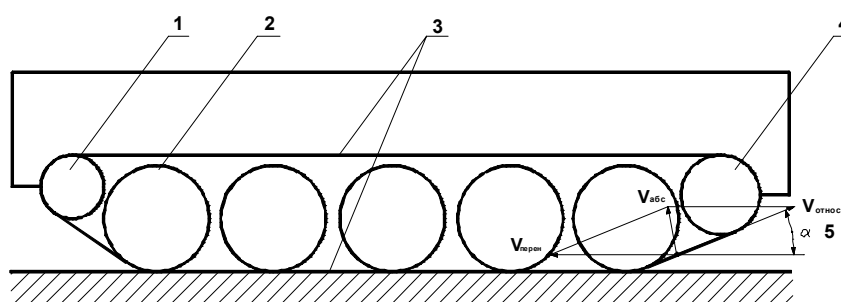


Рис. 1. Кинематическая схема гусеничной машины и скорости трака: 1, 4 – ведомая и ведущие звездочки, 2 – катки, 3 – нижняя и верхняя ветви гусеницы, 5 – скорости ц.м. трака