

## ЕЖЕГОДНАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ МЕТАЛЛУРГОВ В ДЮССЕЛЬДОРФЕ (ГЕРМАНИЯ) «СТАЛЬ-2009»

«STAHL 2009» Duesseldorf, 12 November 2009

В этом году конференция происходила под девизом «Шансы и перспективы». Вполне понятно, что именно эти проблемы стояли сейчас в центре внимания участников. Как и обычно, в конференции участвовали представители металлургической промышленности, отраслей-потребителей, исследовательских центров, экономисты, менеджеры, корреспонденты средств массовой информации. Однако, число участников конференции было заметно меньше обычного, по предварительным оценкам не более 1000 человек. Кроме того, хотя конференция по статусу оставалась международной, присутствовали только представители Германии и соседних государств – Бельгии, Австрии, Великобритании, Люксембурга. Так что, если в прошлом году мы говорили о «дыхании кризиса», то сейчас его действие ощущалось уже в полной мере. Как это ни странно, но, по словам наших немецких коллег, многих оттолкнуло от участия в конференции отсутствие заключительной неофициальной встречи-банкета. Дело в том, что именно при личных контактах на таких встречах удавалось решать многие производственные вопросы. Вместо обычных двух дней конференция продолжалась только один день. Не было ни пленарного заседания, ни так называемого «сталь-форума», куда обычно выносилась центральная проблема. Работали шесть секций, причем продолжительность работы каждой секции составляла всего 3 часа. Работа секций была посвящена следующим проблемам:

- Год мирового экономического кризиса. Возрождение прежних проблем для металлургии?
- Инновации в вопросах разработки и обработки стали.
- Постоянная работа с кадрами как одна из предпосылок развития.
- Проблемы и стратегия при производстве кокса, чугуна и стали. Влияние нынешней ситуации.
- Современные технологии формообразования для производства инновативной продукции.
- Экологические требования к производству и продукции – проклятье или благословение для отрасли.

В настоящем обзоре мы остановимся лишь на тех вопросах, которые впервые поднимались в этом году и не освещались нами в предыдущих обзорах.

### Состояние отрасли. Работа с кадрами

Основные данные о состоянии отрасли сообщены председателем хозяйственного объединения «Сталь» Хансом-Юргеном Керкхоффом (Hans-Juergen Kerkhoff). Нынешний год оказался для металлургической промышленности самым сложным из послевоенных лет. До середины 2008 года отрасль переживала настоящий бум: мировое производство стали неуклонно возрастало и достигло в 2007 году 1224 млн. т. С августа 2008 года началось сокращение производства, в результате чего общий объем производства стали в 2008 году сократился на 1,4 % и составил 1207 млн.т. В текущем году общий объем мирового производства стали достигнет предположительно 1104 млн. т, что соответствует сокращению по сравнению с предыдущим годом на 8,6 %. Если рассматривать, однако, картину в отдельных странах, особенно в высокоразвитых, то она выглядит значительно более драматично. Так, производство стали в странах ЕС в период с января по сентябрь 2009 года сократилось на 41 % по сравнению с аналогичным периодом прошлого года. В Германии в августе этого года было приостановлено 6 из 15 доменных печей, остальные перенастроены на сокращенный объем производства. Аналогичные изменения имеют место в загрузке прокатных станов – она составляет менее 50 % от проектной. Потребление стали в Германии в этом году падает до уровня 1996 года. Это приводит к тому, что для многих металлургических предприятий понятие «прибыль» переходит в разряд мечты, а некоторые предприятия оказались вынуждены просить государственной помощи.

В тяжелом положении оказался один из флагманов металлургической промышленности Германии – концерн Thyssen-Krupp. Значимость этого концерна катастрофически упала в оценках международных финансовых организаций. Это привело к тяжелым последствиям: резкому падению доверия кредиторов. Поэтому концерн поспешил официально заверить в своей платежеспособности. По собственным данным, в распоряжении концерна имеется около 9,8 млрд. € текущих средств. Правда, концерн не отрицает убытки в размере 2,4 млрд.€ за текущий финансовый год, оценивая при этом свое финансовое положение как стабильное. Имеются сообщения о том, что концерн Thyssen-Krupp продает часть своих предприятий. Например, недавно подтверждена продажа предприятия по производству металлоконструкций Safway в США американскому инвестору. В несколько лучшем положении находится австрийский концерн Voestalpine. Но и здесь товарооборот снизился на 2,1 млрд. € по сравнению с прошлым годом. В первом полугодии 2009г. убытки составили 58,9 млн. € по сравнению с доходом в 475 млн. € за соответствующий период прошлого года. На первый квартал 2010 года концерн прогнозирует сбалансированный

бюджет. Улучшение ситуации ожидается в производстве нержавеющей листовой и профильной стали. Этот предполагаемый прирост связан, однако, не с улучшением ситуации на внутреннем рынке, а с возросшими потребностями азиатских стран. Что касается внутреннего рынка, то здесь можно рассчитывать на перспективы строительной промышленности, в значительно меньшей степени на перспективы развития машиностроения и автостроения. Некоторое повышение спроса в автомобильной отрасли является скорее временным, связанным с введением в некоторых европейских странах т.н. премии за лом, т.е. за сдачу старых автомобилей при покупке новых.

Сравнительно неплохие шансы сохраняет холдинг Georgsmaschinenhuette. Хотя здесь тоже практически все подразделения ощущают снижение объема заказов и предприятие ожидает в этом году значительное снижение товарооборота, можно рассчитывать на нулевой баланс в начале 2010 года. Во втором квартале 2010 г. предприятие рассчитывает уже на получение минимального дохода. Даже флагман мировой металлургии концерн ArcelorMittal оказался затронутым кризисом. Концерн вынужден был уволить около 6000 рабочих. Сократить убытки концерну помогает очень гибкая стратегия, предусматривающая вложение капитала в самые разнообразные области бизнеса. Так, недавно невесткой главы корпорации г-на Mittal закуплено крупнейшее предприятие высокой моды Escade. От кризиса страдают не только производители, но и предприятия торговли. Крупнейшая в Европе фирма по торговле металлом Kloeckner & Co SE в Дуйсбурге снизила свой товароборот в первом полугодии 2009 г. на 42,7 % по сравнению с предыдущим годом. В связи с этим пришлось на 15 % сократить численность персонала, а часть сотрудников перевести на сокращенное рабочее время. Как торговое предприятие Kloeckner & Co SE ощущает тенденции рынка лучше, чем производители. Руководство фирмы отмечает некоторое оживление рынка, начиная с сентября, считает, однако, нужным выждать некоторое время, чтобы установить, насколько стабильной будет эта тенденция. По их мнению, мы еще находимся очень далеко от бума 2007–2008 годов. В прогнозах на 2010 г. предприятие исходит из того, что потребность в стали останется, по крайней мере, на 15–20 % ниже уровня 2008 года.

Надежду на преодоление кризисной ситуации в отрасли вселяет также ситуация на бирже. Курсы акций концернов ArcelorMittal и ThyssenKrupp возросли по сравнению с их самым низким состоянием летом 2008 г. соответственно на 40 и 100 %, акции концерна Salzgitter – на 65 %. Но у самих концернов в отличие от их акционеров имеется еще достаточно оснований для серьезной озабоченности. «Хотя мы, пожалуй, уже пережили самые тяжелые времена, – говорит президент промышленного объединения «Сталь» Ханс-Юрген Керкхоф (Hans-Juergen Kerkhoff), – настоящий заметный рост еще не находится в нашем поле зрения». Он исходит из того, что и 2010 год будет для германских металлургов тяжелым. В связи с продолжающейся неопределенной ситуацией у основных потребителей, прежде всего, в автомобилестроении, следует рассчитывать на очень медленное восстановление. Несмотря на некоторый рост, уровень производства стали в Германии останется ниже 40 млн. т, что соответствует уровню 1996 года. В то же время эксперты отмечают уже сейчас некоторые признаки оживления. Так, из 6 доменных печей, которые по состоянию на август 2009 г. были приостановлены, 3 печи снова запущены в ноябре. Число рабочих, работавших на неполном рабочем дне, уменьшилось с 50 до 25 %.

Несколько облегчает работу европейских металлургов наметившееся в процессе кризиса снижение цен на сырьевые материалы, что обусловлено, естественно, снижением спроса. Согласно данным предприятия Salzgitter AG железная руда подешевела на 28–48 %, а коксующийся уголь даже на 57 %. Такая ситуация, однако, не принесла прибыли металлургам, поскольку снижение цен на сырьевые материалы не компенсировало снижение цены на сталь. В то же время трудно прогнозировать дальнейшее развитие динамики цен на сырьевые материалы, т.к. потребность в них резко возрастает в развивающихся странах, как, например, Китай и Индия. Известно, что европейская металлургия полностью зависима от импорта сырья. Поэтому сейчас металлургическая общественность с большим вниманием следит за проведением геологоразведочных работ в районе Гарца, проводимых датским горно-геологическим предприятием Scandinavian Highlands. Предполагаются прежде всего значительные запасы цинка, олова, серебра и золота. Однако, геологи не исключают также возможности наличия железной руды.

Проявление кризиса в мировой металлургии могло бы быть значительно более катастрофичным, если бы не одновременное гигантское развитие отрасли в некоторых азиатских странах, прежде всего, в Китае. Только в сентябре 72 крупных металлургических концерна и около 800 более мелких металлургических предприятий Китая произвели 50,7 млн. т стали, на 28,7 % больше, чем в том же месяце прошлого года. В октябре ожидался объем производства 53 млн. т. После того, как Китай в 2008 г. перешагнул рубеж годового производства стали 500 млн. т., специалисты рассчитывают в этом году на 550 млн.т. При этом потребление стали в самом Китае должно вырасти в этом году до 526 млн. т., что составляет 47,7 % мирового спроса. В то же время не вполне ясно, насколько реально сохранение в дальнейшем таких темпов роста. Дело в том, что под влиянием мирового кризиса правительство Китая опасается перепроизводства. 26 августа с.г. премьер Китая Вэн Жибао призвал на антикризисном заседании правительства бороться с избыточными производственными мощностями. Более всего это относилось именно к металлургии, где производственные мощности к концу 2008 г. достигли 660 млн. т.

Правительство уже давно призывало к реструктуризации отрасли за счет укрупнения ведущих концернов и остановки мелких предприятий. Осуществить эти призывы оказалось не просто, т.к. никто не желал останавливать свои предприятия. Координаторы комитета национального развития и реформ предполагают введение в следую-

щем году новых мощностей на 58 млн. т стали, что приведет к общему объему производства более 700 млн. т. Уже в первом полугодии этого года металлурги инвестировали в дальнейшее развитие отрасли около 14 млрд. €. Правительство начинает вводить в действие административные тормоза. Оно останавливает строительство двух новых агрегатов концерна Bausteel и предписывает трехлетнюю остановку всех новостроек в отраслях, где имеются избыточные мощности. Есть, однако, серьезные сомнения в том, что эти административные меры окажутся действенными, т.к. параллельно с этим планируется повышение потребности в строительной стали на 10 %, развитие автомобилестроения до производства почти 13 млн. автомобилей в год и форсирование железнодорожного строительства. Эксперты расходятся во мнениях, насколько эта тенденция окажется долгосрочной.

Вопрос о том, как осуществлять переход от высокопроизводительных технологий к ограниченному производству рассматривался в докладе представителя комитета доменного и сталеплавильного производства концерна ThyssenKrupp AG д-ра Петера Шмеле (Peter Schmoele). Докладчик отметил, что ровно 5 лет назад он с этой же трибуны предлагал мероприятия по повышению производительности доменного производства. Теперь приходится использовать прямо противоположную стратегию. Возможность полной остановки агрегатов пока не обсуждается. Имеются две альтернативы: либо временная приостановка агрегатов, либо такое изменение параметров технологических процессов, которое позволило бы снизить производительность агрегатов. В обоих случаях необходимо исходить, прежде всего, из необходимости сохранения дееспособности агрегатов. На вопрос о том, на какое время целесообразно приостанавливать металлургические агрегаты, однозначного ответа нет. В США в 2009 году оставлено в действии только 40 % доменных печей. В Германии различные предприятия осуществляют разную стратегию. Например, концерн Salzgitter останавливает доменные печи А и В на один день в неделю. Другие предприятия используют более длительные остановки. В Бремене доменная печь № 3 была выведена из строя на продолжительное время. Ясно, что такие остановки ведут к потере энергоресурсов и ухудшению экономической ситуации.

С целью снижения производительности доменных печей сокращают дутье, выводят из производства некоторые фурмы, снижают скорость подачи воздуха до 150 м/сек, сокращают подачу кислорода. Можно также понизить подачу углерода и снизить температуру процесса. Осуществление этого комплекса мероприятий, снижая производительность, приводит к увеличению себестоимости чугуна примерно на 12 %. Кроме того, как остановки агрегатов, так и существенные изменения параметров процессов могут приводить к риску их повреждения и осложнению последующего перехода к нормальным условиям эксплуатации. Аналогичные тенденции наблюдаются и в сталеплавильном производстве. По состоянию на июль 2009 г. ThyssenKrupp AG снизил производство стали на 65 %. Докладчик подчеркивал, что во всех случаях решения должны приниматься взвешенно с учетом не только сиюминутной ситуации, но и возможных последствий.

Д-р Михаэль Йокш (Michael Joksch) из ThyssenKrupp AG и д-р Михаэль Марион (Michael Marion) из Saarstahl AG остановились на вопросе влияния снижения производства продукции на энергетическую ситуацию в отрасли. В связи с сокращением коксового, доменного и сталеплавильного производства сокращается соответственно объем вторичных газов (коковского, доменного, конвертерного), которые могли бы быть использованы в прокатном производстве и производстве электроэнергии. В результате увеличивается потребность в природном газе. Хотя в последнее время стоимость природного газа несколько снизилась, этот фактор не оказал решающего воздействия на общую энергетическую ситуацию, которая в итоге заметно ухудшается из-за роста потребления природного газа. Дело в том, что снижение энергозатрат не пропорционально снижению производства. Докладчики считают уместным создание единой международной стратегии в отношении ценообразования на энергоносители и электроэнергию.

Д-р Карлхайнц Блессинг (Karlheinz Blessing) из AG der Dillinger Huettenwerke остановился на вопросе о влиянии экономического кризиса на кадровую ситуацию металлургических предприятий. По мнению предприятия, кадровая политика в период кризиса должна быть очень мобильной. Естественно, что при снижении объема производства предприятие нуждается в меньшем количестве сотрудников. В то же время увольнение сотрудников нежелательно не только в социальном аспекте. Потеря квалифицированных кадров чревата проблемами при последующем восстановлении (на это всегда надо надеяться!) объема производства. При незначительном снижении объема производства можно удовлетвориться естественной убылью числа сотрудников, например, в связи с уходом пожилых людей на пенсию. Следующим этапом является введение т.н. «сокращенной работы» (Kurzarbeit). Эта политика проводится сейчас в ФРГ как государственная социальная политика. Она означает, что работники предприятия заняты на производстве не положенные 40 часов в неделю, а меньшее время, скажем, 30 часов. Оплата за недоработанные часы частично берет на себя государство. Такая возможность, правда, ограничена во времени и не может для каждого отдельного сотрудника продолжаться более 18 месяцев. В августе 2009 г. в целом по германской металлургии этим видом занятости было охвачено около 50 % сотрудников, в ноябре – всего около 30 %. Когда возможности Kurzarbeit будут исчерпаны (пока еще до этого не дошло), предприятие вынуждено будет переходить на сокращенную рабочую неделю, когда трудящиеся будут получать зарплату только в связи с фактически проработанным временем. К увольнению части сотрудников предприятие намерено прибегнуть лишь в са-

мом крайнем случае. Председатель хозяйственного объединения «Сталь» Ганс-Юрген Керкхоф (Hans-Juergen Kerkhoff) считает, что угрозы массовых увольнений в отрасли пока нет. Ранее планировалось на 2008 г. создание около 3000 новых рабочих мест, которыми приходится сейчас жертвовать. Во время спада производства планируются также различные мероприятия по повышению квалификации трудящихся, что позволяет извлекать некоторую пользу из тяжелой кризисной ситуации.

В докладах представителей ведущих фирм Европы и Германии: Dillinger Huettenwerke (Dr.Karlheinz Biessing), Boston Konsulting (Prof. Reiner Strak), Salzhitter AG (Peter Schneider), DuPont de Nemours (Arsene Schlitz) отмечалось, что кризис при всех его недостатках создает условия для пересмотра концепции работы с персоналом. Изменившиеся условия на рынках вынуждают предприятия отказываться от краткосрочно ориентированных мероприятий и переходить к концепции долговременного устойчивого развития и повышения конкурентоспособности металлургической отрасли. В частности, обсуждались проблемы корпоративной взаимной ответственности персонала и предприятия, вопросы повышения квалификации работников, их медицинского обеспечения и социальных гарантий. Особое внимание было уделено негативной тенденции уменьшения численности студентов металлургических и машиностроительных вузов.

Несмотря на кризис, в ФРГ ощущается дефицит квалифицированных специалистов. Источником пополнения кадров может стать вербовка зарубежных специалистов.

В октябре 2009 г. в Германии насчитывалась 51 тысяча свободных вакансий для инженеров. Потребность немецкой промышленности в инженерах возрастает вместе с увеличением числа высокотехнологичных изделий и новых технологий, используемых для их производства. В машиностроении, к примеру, с 1995 года количество рабочих мест для специалистов с высшим образованием увеличилось со 100 до 150 тысяч. Этот скачок объясняется возрастающей сложностью промышленных установок. Поэтому инженеры работают сегодня не только в конструкторских отделах, но и в сервисе и отделах сбыта.

Удовлетворить растущую потребность промышленности в кадрах трудно из-за нехватки молодых специалистов и демографических проблем в стране. В настоящее время выпускников немецких вузов не хватает даже для того, чтобы поддерживать нынешний уровень занятости в инженерно-технических сферах деятельности. По данным Союза немецких инженеров в ближайшие десять лет уйдет на пенсию почти половина немецких инженеров, которых сегодня насчитывается около миллиона. За это время стены вузов покинут около 400 тысяч выпускников инженерно-технических специальностей. Сейчас востребованы преимущественно квалифицированные специалисты в электротехнической, машиностроительной, автомобильной и строительной отраслях.

Представитель Fraunhofer-Institut по экономике и организации производства (Штутгарт) проф. Иоахим Варшат (Joachim Warschat) назвал свой доклад «Использование шансов как перспектива для германской металлургии». Он отметил, что несмотря на неблагоприятные прогнозы на ближайшее будущее, имеются факторы, которые позволяют с уверенностью смотреть в перспективу, даже несмотря на тяжелую ситуацию с полезными ископаемыми. Эти факторы связаны с общими долгосрочными тенденциями развития человеческой цивилизации. Первая тенденция – это потребность в энергообеспечении, в т.ч. в поиске новых источников энергии. Вторая тенденция связана с необходимостью обеспечения экологической надежности на нашей планете. Третья тенденция – потребность в мобильности, что обуславливает развитие средств коммуникации и передвижения. И, наконец, последнее – это развитие строительства. Реализация всех этих тенденций развития невозможна без производства и разработки промышленных материалов, в первую очередь, стали. Докладчик призвал металлургические корпорации использовать вынужденное «затишье» в отрасли для усиления инновативных разработок.

### **Инновации в разработке новых сталей и процессах их обработки**

Первым докладом на этой секции был доклад представителя института металлургии высшей технической школы в Аахене проф. Вольфганга Блека (Wolfgang Bleck) «Сталь ab initio (сталь как она есть, сталь сама по себе, сталь без предпосылок): разработка новых материалов на основе железа, базирующаяся на квантовой механике». В этом докладе рассказывалось о проекте, выполняемом высшей технической школой Аахена в кооперации с институтом металлургии им. Макса Планка в Дюссельдорфе, в котором, пожалуй, впервые сделана попытка, исходя из представлений современной физики твердого тела, разработать принципы создания сталей с заданными механизмами упрочнения и свойствами. В высшей технической школе Аахена в проекте заняты 21 сотрудник, в т.ч. 5 профессоров и 8 научных сотрудников. Средний возраст участников проекта 42 года. Работа над проектом начата в 2007 году. Первые результаты предполагается получить в 2011 г., полное завершение проекта планируется на 2015 год.

Принцип ab initio предполагает сочетание расчетно-теоретических подходов к стали как к материальному объекту на всех возможных уровнях. Например, на макроскопическом уровне могут быть выполнены расчеты локальных распределений деформаций, на мезоскопическом уровне – расчеты упрочнения и повреждения как функции механизма формоизменения, на микроскопическом уровне – расчеты кинетики процессов на межфазных и граничных зонах, на атомарном уровне – расчеты энергии дефектов упаковки. Для расчетов на квантово-механическом уровне используется уравнение Шредингера для атомно-электронных систем, состоящих из разнородных атомов. При

этом учитываются электронная структура – химические связи, атомные конфигурации – кристаллические структуры, энергия и динамика дефектов, магнитный порядок. Энергия дефектов упаковки вычисляется как функция сил межаутомного взаимодействия в различных кристаллических модификациях в зависимости от состава сплава и температуры.

Для работы была выбрана система Fe-Mn-C, т. к. наблюдаемые механические свойства сталей этой системы базируются на различных металлофизических механизмах деформации и упрочнения. В основу разработок положены важнейшие термомеханические, кинетические и механические эффекты, которые отличают систему Fe-Mn-C и способствуют созданию новой группы материалов для облегченных конструкций с особым потенциалом прочности и пластичности. В связи с большим значением энергии дефектов упаковки в этой системе эта концепция легирования особенно хорошо подходит для термодинамического моделирования. В этой системе возможно использование всех известных механизмов упрочнения (рис. 1): гомогенное дислокационное скольжение, негомогенное дислокационное скольжение (динамическое деформационное старение), пластичность, наведенная мартенситным превращением или двойникованием. Преимущество кооперации различных механизмов упрочнения, приводящее к совершенно исключительной комбинации свойств, хорошо видно при сопоставлении кривых деформации различных классов сталей (рис. 2). Расчеты по принципу *ab initio* должны снабдить исследователей знаниями, которые уже на ранних стадиях могли бы быть использованы для феноменологических моделей на уровне механики сплошных сред с тем, чтобы сократить объем и время экспериментальных разработок. При этом должно быть принципиально показано, что принципы *ab initio* могут быть целенаправленно использованы и развиты для постановки научно-инженерных вопросов в материаловедении.

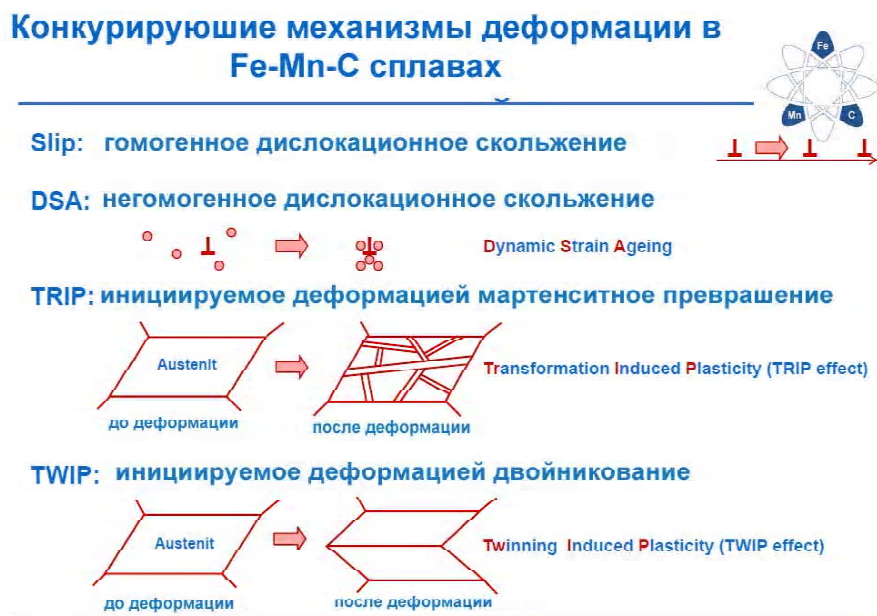


Рис. 1. Конкурирующие механизмы деформации и упрочнения в Fe-Mn-C сплавах

Параллельно проводились экспериментальные и технологические разработки, включающие также разработку новых технологических процессов и методов испытаний, подходящих для этой группы материалов. Долгосрочными целями этой особой области исследования являются:

- разработка новых методических подходов к развитию металлических материалов и процессов, основанных на принципах *ab initio*;
  - разработка нового класса структурных материалов с необычной комбинацией свойств прочности и формоизменения;
  - ускорение и удешевление исследовательских работ по разработке материалов.
- Краткосрочными целями, которые должны быть достигнуты в течение первых четырех лет работы, являются:
- экспериментальное представление и характеристика материалов на основе Fe-Mn-C;
  - использование принципов *ab initio* для предсказания фазовых переходов и изменения механизмов упрочнения;
  - установление раздельного влияния химического состава, температуры и других параметров на механизмы упрочнения.

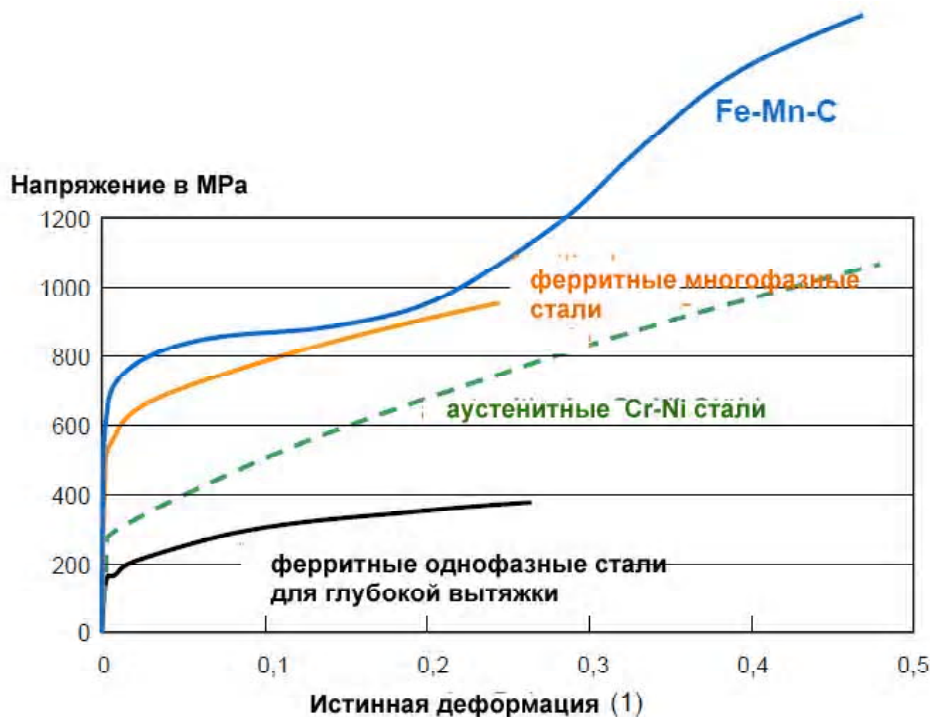


Рис. 2. Кривые деформации сталей различных групп

Проф. Клаус Дилгер (Klaus Dilger) из технического университета Брауншвейг рассказал об оценке прочностных характеристик сварных соединений и методах их повышения. Обрушение большого зала для конькобежного спорта в Bad Reichenhall вызвало большую дискуссию о надежности стальных конструкций, находящихся длительное время в эксплуатации. Особенно остро стоит проблема при прогнозировании долговечности сварных конструкций, поскольку сварные швы являются особенно уязвимыми местами конструкций. При оценке усталостного поведения сварных соединений приходится учитывать размеры и геометрию сварного шва, а также изменение механических свойств материала в районе сварного соединения. В качестве метода для характеристики усталостных изменений в конструкции предложена микромагнитная мультипараметрическая измерительная система. Преимущество метода состоит в относительной простоте и высокой скорости измерения по сравнению с другими методами, что является важными предпосылками для мобильного применения. Процесс основан на том, что в ферромагнитном материале локальные пластические деформации вызывают изменение магнитных характеристик в микрообъемах. При наложении переменного магнитного поля изменяется форма петли гистерезиса. Измеряются обычно такие характеристики как интенсивность намагничивания и коэрцитивная сила. Так как эти характеристики чувствительны также к структурному состоянию материала, необходимо в каждом случае получить совокупность калибровочных данных, с помощью которых можно оценивать ситуацию. С этой целью используется линейный регрессионный анализ.

Очень часто стоит вопрос о возможности сохранения работоспособности сварных конструкций, находящихся в длительной эксплуатации (например, ветряные энергетические установки) или о повышении нагрузочной способности конструкций, уже находящихся в эксплуатации. Для этих целей в лабораторных условиях разработан ряд методов, например, метод ультразвукового воздействия или воздействия высокочастотных электромагнитных колебаний, которые могут приводить к релаксации напряжений в поверхностных слоях металла и тем самым повышать усталостную долговечность. Внедрение этих методов в промышленную практику тормозится отсутствием достаточно надежных методик контроля состояния материала после воздействия повторно-переменного нагружения. В этом плане разработанный метод также представляет интерес. В настоящее время реализуется проект, направленный на совершенствование и организацию широкого промышленного использования этого метода.

Доклад проф. Иоганнеса Вильдена (Johannes Wilden) из берлинского технического университета был посвящен вопросам сварки разнородных сталей друг с другом и с другими материалами. Технические трудности осуществления таких процессов общеизвестны. Например, при сварке перлитных сталей с аустенитными возникает опасность возникновения хрупкой мартенситной прослойки в зоне перемешивания, в связи с чем особенно важно применение концентрированных источников энергии. Сварка стали с алюминием осуществляется только после предварительного нанесения на свариваемую кромку стального изделия алюминиевого, цинкового, медноцинкового или никельцинкового покрытия вольфрамовым электродом в среде аргона. Сварка стали с медью также осложнена различными тем-



пературами плавлення компонентів, різними їх теплофізичними характеристиками. При сварці аустенитних сталей з міддю в якості присадочного матеріала використовують нікелеві сплави або алюмінієву бронзу. Однією з основних проблем, ускладнюючих сварку різнородних металів, є утворення крихких інтерметалічних фаз. В цьому плані широкі перспективи відкриває новий процес, запропонований групою авторів берлінського технічного університету (патент B23K DE102006035765A1 від 24.01.2008).

Новий процес з'єднання стосується різних металічних матеріалів, з яких, принаймні, на одному нанесено легкоплавке металічне покриття, наприклад, оцинкована сталь з оцинкованою сталлю або оцинкована сталь з алюмінієм. З'єднання здійснюється через утворюючі в ході процесу нанокристалічні фольги або шари. За рахунок місцевого нагріву надходить енергія, необхідна для утворення нанокристалічного шару і виникнення з'єднання між функціональним покриттям і цим шаром без суттєвого термічного впливу на основну масу виробу. Розплавлений матеріал покриття може при цьому використовуватися безпосередньо як припой без необхідності введення додаткових матеріалів. В зв'язі з дуже малою товщиною цієї прослойки забезпечується мінімальне змінювання розмірів в області з'єднання. Для активації виникнення нанокристалічної прослойки може бути, наприклад, використано швидкий електронагрів (сварка супротивленням). Одночасно створюється можливість створення необхідного механічного тиску на з'єднуючі частини. Електричний імпульс дозволяє отримати тепло для розплавлення необхідної кількості металу легкоплавкого покриття, виключаючи при цьому термічний вплив на основний метал, який міг би призвести до небажаних структурних змін. В результаті дуже короткого часу процесу і невеликого підводу енергії забезпечується дуже висока швидкість охолодження, яка з однієї сторони забезпечує утворення нанокристалічної структури, а з іншої сторони перешкоджає виникненню інтерметалічних фаз.

Спопитується про застосування цього методу для сварки оцинкованих тонких сталевих листів. В цьому випадку не потрібна ніяка наступна обробка. Немає потреби і в додатковій оцинковці зварного шва. Захист від корозії повністю зберігається. Метод забезпечує значительну економію коштів і скорочення часу процесу. Спопитується також про нанесення подібним методом на алюмінієвий сплав AlSi8Cu3 покриття з нержавіючої сталі X8CrNi18-9. За рахунок регульованої короткодугової сварки вдається створити таку температурно-часову режим процесу, що наносимий матеріал на основі заліза отримує аморфно-нанокристалічну структуру і утворюється інтерметалічні фаз. Покриття має хорошу зв'язь з матрицею.

Проф. Маріон Меркляйн (Marion Merklein) з університету Ерланген-Нюрнберг розповів про сучасні процеси виготовлення виробів з необхідними властивостями з високопрочних сталей. Найбільш перспективними є процеси, що поєднують формоутворення і термічну обробку (direkte Presshaerte), тобто процеси термо механічної обробки. При цьому можливо поєднання різних видів деформації. Спопитується, наприклад, про виготовлення вала з сталі 51CrV4. Заготовка довжиною 200 і діаметром 30 мм нагрівається в середній своїй частині на висоті 60 мм індуктором (рис. 3).

Основний прогрів триває 12 сек., після чого потужність нагріву значно зменшується і нагрів продовжується ще 5 сек. Максимальна температура нагріву становить 1350 °С. Через 24 сек. температура вирівнюється по сеченню і нагріта частина піддається гарячій деформації (осадці). По завершенні деформації прямо в пресі під повним зусиллям пресси відбувається охолодження. Піддача охолоджуючої середовища може вироблятися нерівномірно по довжині, забезпечуючи таким чином отримання градієнтної структури. Це досягається відповідним

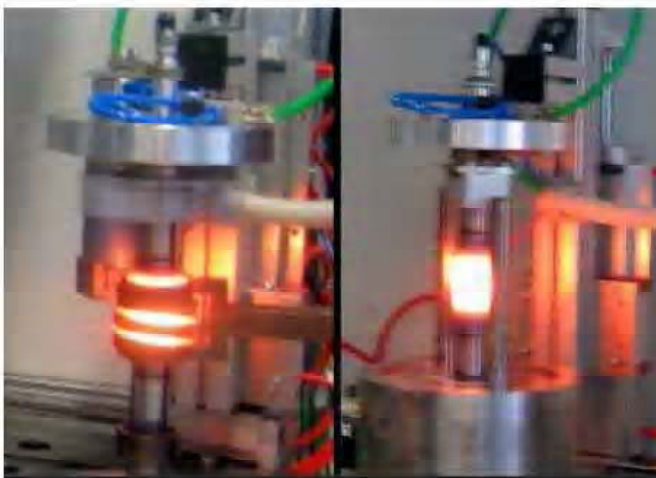


Рис. 3. Заготовка вала в індукторі і в штампі

розположенням каналів в прес-формі. Максимальна твердість після закалки становить 750 HV. Для отримання градієнта властивостей по довжині можливо також відповідний вибір умов випуску. Кінці вала (шейки) формуються з допомогою холодної деформації, що сприяє підвищенню зносостійкості.

Розробка подібних технологічних процесів потребує попереднього проведення цілого ряду досліджень, тобто літературні дані, як правило, недостатні для повного опису поведінки сталі при нагріві, деформації і охолодженні. Наприклад, спеціально потрібно вивчати вплив нагріву до більш високих температур і часу перебування при таких температурах на наступне структуроутворення і механічні властивості. Необхідно також враховувати швидкості деформації і втрати тепла при транспортуванні заготовки від джерела нагріву до штампі.

Необходимо также детально изучать характеристики формообразования (деформируемости) стали.

Проф. Дирк Бирман (Dirk Biermann) из дортмундского технического университета рассказал о разработках экономичных процессов резания с обеспечением высоких показателей обрабатываемости. Высокие требования к изделиям автостроения, машиностроения, приборостроения не допускают применение легкообрабатываемых сталей с повышенным содержанием серы. Известно, что сера положительно влияет на обрабатываемость резанием, способствует ломкости стружки и снижению износа инструмента. В рамках излагаемой работы ставилась задача проанализировать детально показатели обрабатываемости легированных сталей при нормальном и повышенном содержании серы с тем, чтобы за счет варьирования параметров инструмента, процесса резания и смазочно-охлаждающей жидкости изыскать возможность компенсировать недостающее содержание серы. Для оценки качества резания привлекались параметры как изделия, так и инструмента. Эксперименты в лабораторных условиях дополнялись промышленными экспериментами. Применением соответствующих параметров инструмента и процесса резания была подтверждена в промышленных условиях возможность использования высокопроизводительных процессов резания при обработке сталей с пониженным содержанием серы.

Рассматривались процессы токарной обработки и сверления. В последнем случае применяли как спиральные, так и однорезцовые сверла. Результаты показали, что при токарной обработке содержание серы мало влияет на износ инструмента. Это установлено как непосредственными измерениями инструмента, так и измерениями силы резания. На ломкость стружки влияние серы выявляется абсолютно однозначно. При обработке сталей с малым содержанием серы удавалось получать достаточно ломкую стружку не при всех параметрах процесса. Компенсировать недостаточное содержание серы удавалось подбором конфигурации режущих пластинок в сочетании с величиной подачи. Результаты опытов по глубокому сверлению оказались аналогичными. В этом случае форму стружки удается оптимизировать подбором соответствующей топографии и чистоты поверхности канавки для выхода стружки на сверле. Наряду с содержанием серы на обрабатываемость при сверлении оказывает значительное влияние выбор самого вида сверления. Спиральные сверла обеспечивают более высокие параметры процесса и его более высокую производительность. Полированные канавки и подходящие контуры режущих кромок позволяют получать более благоприятное стружкообразование даже при сверлении сталей с малым содержанием серы. Значительным преимуществом однорезцовых сверл является более высокое качество сверления, проявляющееся в получении свободной от дефектов поверхности и меньшем биении центра. Они незаменимы при сверлении глубоких и особо глубоких отверстий.

Д-р Верена Крайсель (Verena Kraeusel) из Fraunhofer Institut Werkzeugmaschinen und Umformtechnik в Хемнице посвятила свой доклад возможностям адиабатического разделения стальных материалов по сравнению с обычной резкой ножницами. Сущность метода заключается в том, что к месту реза прилагается импульсная нагрузка продолжительностью менее 100мс, которая, действуя в ограниченном объеме, разогревает и разупрочняет металл в месте реза, практически не воздействуя на его структуру и свойства уже на небольшом удалении от реза. В результате поверхность реза получается ровной и чистой, без заусенцев и прочих дефектов. Подобное явление наблюдали еще в годы войны, когда заметили, что поверхность отверстий, возникающих при пробивании снарядами танковой брони, получается особенно ровной и чистой. Первым применением метода в промышленности была рубка штанг для получения заготовок под ковку. Fraunhofer Institut Werkzeugmaschinen und Umformtechnik разработал процесс адиабатического разделения (резки) листов толщиной до 10 мм и соответствующее оборудование.

Создана установка Adia 7, которая работает со скоростью 10 м/с и 120 ударах в минуту. Основные рабочие части установки по своему исполнению мало отличаются от других установок для резки. Существенное различие состоит в том, что ускорение штампа происходит в результате кратковременного гидравлического импульса. Последний обеспечивается отлаженной и быстрой работой системы открывающих и закрывающих вентилях. В принципе возможны другие методы импульсного воздействия, например, электромагнитные волны. Установка может быть использована для резки самых различных материалов: алюминий, медь, сталь, включая высокопрочные и нержавеющие стали, например, X5CrNi18-10. Применение адиабатического резания позволяет повысить примерно на 25 % скорость процесса, обеспечить экономию материала на 8 %, снизить стоимость примерно на 25 % и при этом повысить качество реза. Рез получается абсолютно прямоугольный, без трещин, с точным соблюдением размеров. Снижение стоимости процесса связано, прежде всего, с более низкой (примерно в 3 раза по сравнению со стандартным оборудованием для точной резки) стоимостью оборудования. Значительная экономия достигается также на смазочных материалах и последующей очистке. Чтобы избежать шума, установка заключена в специальном звукоизолирующем кожухе. В результате уровень шума не превышает 85 дБ, что соответствует принятым международным нормам. Сообщалось о значительном интересе различных отраслей германской промышленности к новой установке и возрастающем числе заказов.

### **Обработка металлов давлением**

**Новая 6-валковая прокатная клетка фирмы Sundwig.** В докладе Штефана Виллемса (Stefan Willems) и Хайнца Шульте (Heinz Schulte) представлена новая конструкция 6-валковой клетки, разработанная фирмой в 2001 г. для



непрерывных линий отжига и травления высококачественных горячекатаных и холоднокатаных сталей. Клетки такого типа работают уже в 8 установках, причем в четырех из них – как тандем. В этой клетки рабочие валки опираются в горизонтальной плоскости по всей длине на четыре опорные кассеты, чтобы избежать прогиба рабочих валков в горизонтальной плоскости (рис. 4). Этот прием позволяет применить рабочие валки малого диаметра и выкатать более тонкие полосы. Каждая опорная кассета содержит подпорный валок, опирающийся в свою очередь на два ряда роликовых подшипников, снабжена индивидуальным, опирающимся на станину гидроцилиндром для перемещения ее в горизонтальной плоскости с целью секционного регулирования прогиба рабочих валков в горизонтальной плоскости и управления тем самым профилем межвалкового зазора.

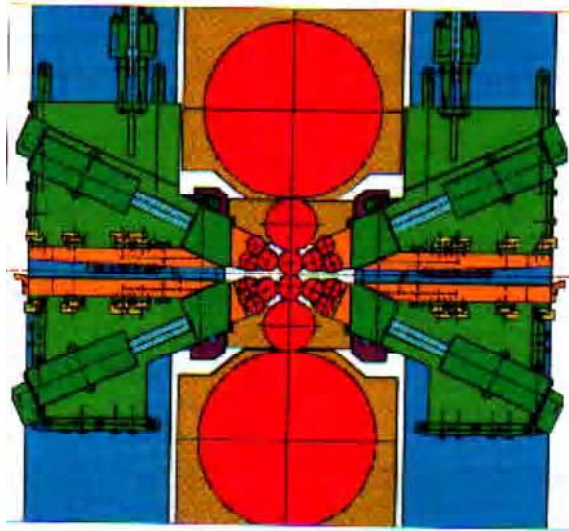


Рис. 4. Схема 6-валковой клетки фирмы Sundwig

Управление межвалковым зазором осуществляется путем осевого сдвига и изгиба промежуточных валков имеющих односторонние конические скосы. Комбинированный гидравлический блок для сдвига и изгиба промежуточных валков и уравнивания опорных валков смонтирован на станине, что позволило обойтись без гибких рукавов для подвода масла к цилиндрам. Гидроцилиндры для изгиба валков в вертикальной плоскости выполнены двойного действия для изгиба валков в двух направлениях. При работе системы осевого сдвига промежуточных валков гидроцилиндры изгиба автоматически отсоединяются от подушек. Промежуточные валки снабжены с приводной стороны двумя подушками: одна с радиальными роликовыми подшипниками, другая – с упорными. Первая подушка связана с цилиндрами изгиба, вторая – с цилиндрами осевого сдвига. При сдвиге промежуточных валков относительно друг друга первая подушка скользит по шейке валка и не мешает работе системы осевого сдвига. Промежуточные валки могут сдвигаться в осевом направлении синхронно или независимо друг от друга.

В системе технологической смазки предусмотрено применение различных видов смазки: прокатная смазка, эмульсия и растворы полимеров. Для прокатки стальных полос рекомендуется более пожаробезопасная эмульсия. Секционная система охлаждения валков и полосы смонтирована в опорных кассетах и снабжена запатентованными форсунками для эффективного охлаждения. Перевалка рабочих, промежуточных валков и опорных кассет может быть осуществлена с полосой в клетке. Клетки оснащены автоматическими системами управления и регулирования толщины, скорости, натяжения и плоскостности полосы. Ролики для контроля натяжения и плоскостности полос смонтированы с обеих сторон клетки.

Эти решения позволяют достичь суммарного обжатия в двухклетевой группе до 50 %.

**Новый стан холодной прокатки для завода в Линце.** Сотрудник фирмы Voestalpine Stahl Linz GmbH Роман Бухгольцер (Roman Buchholzer) сообщил в своем докладе историю создания и параметры нового 5-клетевого непрерывного стана холодной прокатки. Строительство стана началось в 2004 г., а первый рулон был прокатан уже в 2007 г. Стан рассчитан на прокатку 1,8 млн. т/год электротехнических сталей шириной 1700 мм с содержанием кремния до 2,5 %. Толщина подката 2,0–6,0 мм, толщина готовой полосы 0,35–3,0 мм. Стан оснащен современными системами контроля и регулирования параметров полосы, включая осевую сдвижку валков. Главной особенностью стана является его стыковка с линией травления, с которой стан образует непрерывный комплекс (рис. 5). Для обеспечения непрерывности процесса перед станом установлен накопитель, обеспечивающий непрерывную работу комплекса при сварке полос в рулоны.

**Требования к технологии обработки давлением перспективных изделий.** Доклад др.-инж. Ральфа Сиверинга (Ralph Sievering) из исследовательского института союза немецких инженеров (Das VDEh-Betriebsforschungsinstitut) был посвящен комплексному управлению качеством изделий, обрабатываемых давлени-

Положение кассеты и давление в гидроцилиндре выбирается в зависимости от диаметра рабочих валков и условий прокатки. Опорные кассеты, рабочие, промежуточные и опорные валки извлекаются при перевах автономно и независимо друг от друга, а роликовые подшипники смазываются при работе технологической смазкой или масляным туманом.

Между подушками верхних опорных валков и станиной установлены гидроцилиндры высокого давления для установки валков и регулирования межвалкового зазора во время прокатки. Гидроцилиндры перемещаются со скоростью 10 мм/с при установке валков и 3 мм/с – при нагрузке. Они задействованы в системе автоматического регулирования толщины и имеют скорость реакции 10 миллисек. Подушки нижних опорных валков опираются на клиновидное нажимное устройство с приводом от гидроцилиндров. Приводными являются промежуточные валки через шестеренную клетку.

ем. Конкурентное давление стран Азии и Восточной Европы вынуждает немецких производителей повышать эффективность отрасли, улучшать качество продукции, разрабатывать новые, перспективные виды продуктов и требуемые для их производства технологию и оборудование. С другой стороны возрастающая стоимость энергии и выбросов CO<sub>2</sub> требуют новых энергосберегающих технологий и принципиально новых производственных процессов. Кроме того, необходимо комплексное моделирование всех технологических процессов производства стали и проката, включая логистику, и дальнейшее развитие измерительной техники для их контроля.

В этой связи отмечены следующие тенденции:

- сокращение технологической цепочки;
- повышение производительности и качества продукции;
- гибкость в изменении сортамента путем самообучения и применения вычислительной техники;
- возрастающая интеграция и взаимосвязь производственных процессов.

Формирование свойств металла в технологической цепочке показано на рис. 6. В докладе приведены примеры новых технологических процессов в разливке стали (горизонтальная разливочная машина), компьютерного моделирования температурного поля и микроструктуры полос при горячей и холодной прокатке и систем контроля плоскостности холоднокатаных полос.

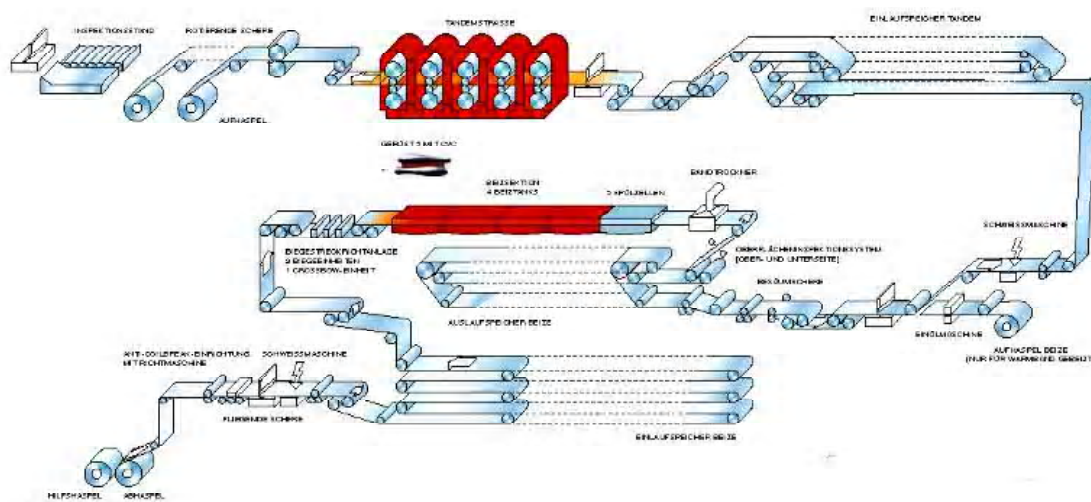


Рис. 5. Непрерывный комплекс «равильная линия – стан тандем» для завода в Линце

## STAHL 2009

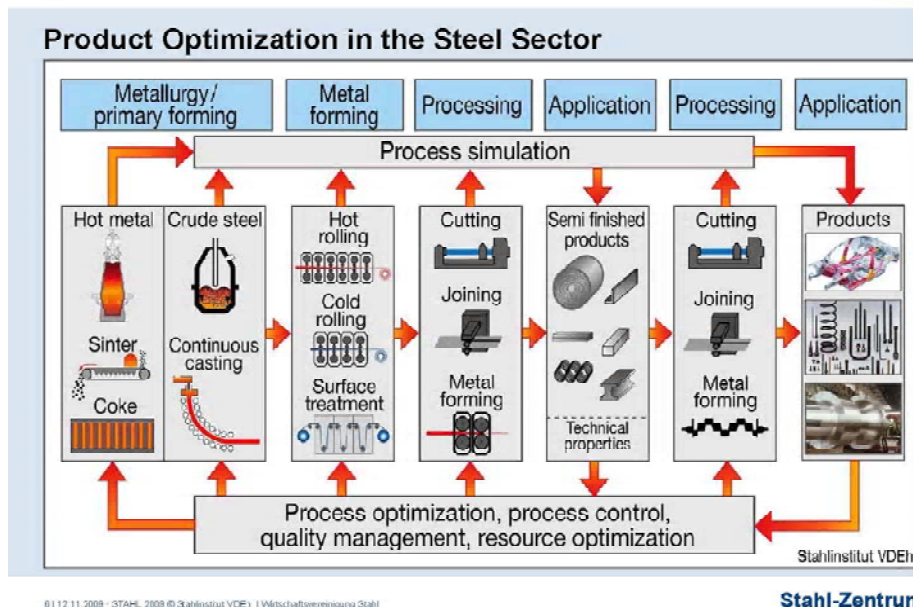


Рис. 6. Схема оптимизации качества металлургической продукции

**Прокатка колец для ветровых энергоустановок.** Ввиду роста цен на энергоносители в ближайшем будущем ожидается заметное усиление использования ветроэнергетики. Причем в 2009 году ожидается отнюдь не только ускорение развития так называемой «офшорной ветроэнергетики» - производства энергии с помощью турбин в открытом море. Все больше установок малой мощности будут заменять более крупными и эффективными, размещая их на тех же площадях. Так что, вопреки прогнозам скептиков, в развитии ветроэнергетики ожидается ощутимый прорыв. И Германия снова подтвердит свой статус мирового лидера в этой отрасли. По оценкам, через 10 лет производство электроэнергии с помощью ветроустановок будут возрастать в среднем на 3500 мегаватт в год, а суммарная ежегодная мощность ветроэнергетики Германии достигнет как минимум 55 тысяч мегаватт. Таким образом, к 2020 году на долю Германии придется четверть мирового объема электроэнергии, вырабатываемой с помощью ветра. Эксплуатация уже имеющихся ветрогенераторов, введение в строй новых, а также модернизация угольных электростанций позволят к тому времени окончательно отказаться от использования ядерной энергии. По крайней мере, такую цель ставит правительство ФРГ.

Сейчас в Германии насчитывается около 20 тысяч ветроэнергетических установок. Их общая мощность превышает 23 тысячи мегаватт. Бесспорным лидером по использованию энергии ветра в масштабах всей страны остается земля Нижняя Саксония, на втором месте – Бранденбург, за ним следует Саксония – Анхальт. В ФРГ принята национальная программа развития ветроэнергетики, и повышение субсидий для данной отрасли предусмотрено законом. Германия сохраняет лидирующие позиции и по объему строительства ветроустановок. В 2007 году выручка германской индустрии ветроэнергетики составила шесть миллиардов евро – на 21 процент больше, чем в 2006 году. Доля экспорта ветрогенераторов в 2007 году возросла до 83 процентов, годом ранее она составляла 74 процента. Немецкие генераторы покупают во всем мире. Для Германии рынком сбыта номер один в последние годы были США. Там в прошлом году установлены ветряки с клеймом «сделано в Германии» общей мощностью 8 тысяч мегаватт. В 2008 году новые немецкие ветроустановки приобрел и Китай. Их общая мощность – 5 тысяч мегаватт.

Ветрогенератор с ротором устанавливается на конической башне весом до 100 т и высотой до 130 м, изготавливаемой из горячекатаных колец диаметром до 6 м. Кольца собираются в сегменты высотой 20–30 м и монтируются на месте установки (рис. 7). Опыт производства кольцевых изделий для башен ветровых энергоустановок на заводе фирмы SMS Meer GmbH в Виттене освещен в докладе др.-инж. Ульриха Копперса (Ulrich Koppers). На специальном кольцепрокатном стане освоена прокатка базисных деталей диаметром более 4 м и деталей турбин (рис. 8). Стан пущен в 1971 г и предназначен для прокатки кольцевых изделий диаметром до 6 м. Прокатка ведется между двумя вертикальными валками разного диаметра и двумя коническими валками.

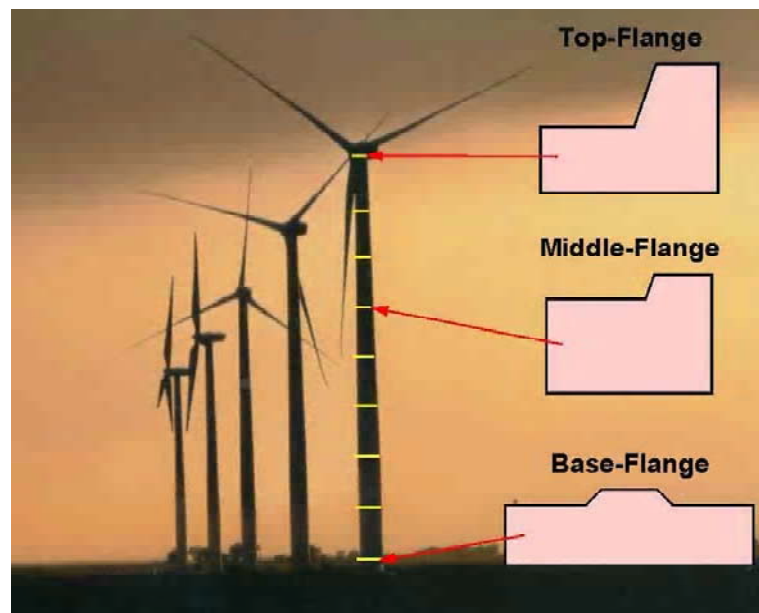


Рис. 7. Ветровая установка

**Керамические валки для горячей и холодной прокатки.** Своим опытом поделился президент международного союза сортопрокатчиков и калибровщиков и руководитель института прикладного материаловедения университета Дуйсбург-Эссен, профессор Пауль Маук (Paul Mauk). Проблема состоит в том, что твердосплавные валки изготавливаются из карбида вольфрама, 90 % запасов которого находится в Китае. Поэтому исследовалась возможность замены карбида вольфрама на силициумнитрид  $\text{Si}_3\text{N}_4$ , алюминийоксид  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и цирконийдиоксид  $\text{ZrO}_2$

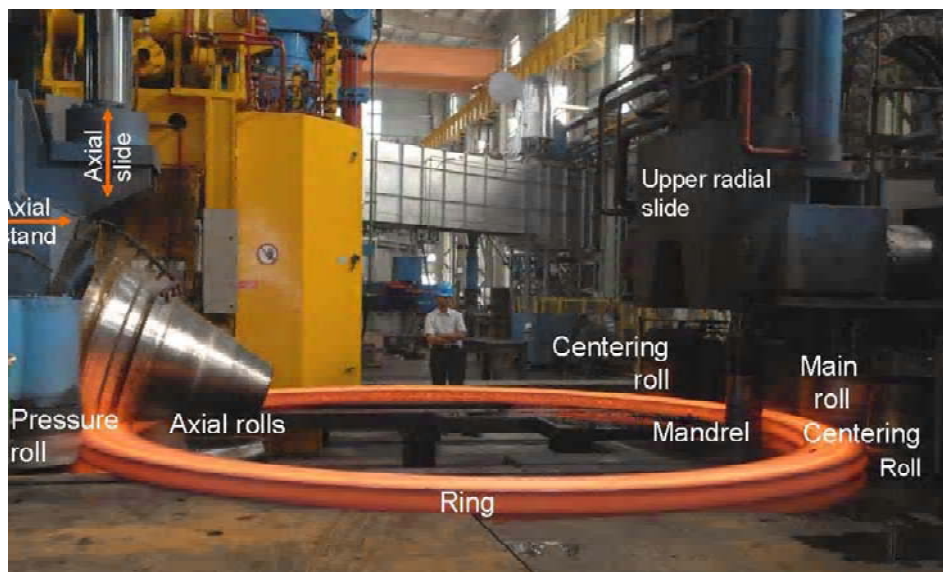


Рис. 8. Стан для прокатки колец в Виттене

Работа по созданию керамических заменителей твердосплавных валков финансируется федеральным министерством образования и науки. Исследователям из Дуйсбурга удалось изготовить промышленные валки для прокатных блоков сортопрокатных и проволочных станов, а также рабочие валки для многовалковых станов холодной прокатки.

Хотя керамические валки дороже твердосплавных, но с учетом их высокой износостойкости (до 600 т проката между перевалками), которая обеспечивает превосходную поверхность проката, стоимость керамических валков в расчете на одну тонну прокатаного металла существенно ниже, чем у твердосплавных. Поэтому применение керамических валков выгодно не только технически, но и экономически.

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

A. L. Geller, V. G. Gorelik

**ANNUAL INTERNATIONAL CONFERENCE OF METALLURGISTS IN DUSSELDORF  
(GERMANY) «STEEL 2009»**