

ЕЖЕГОДНАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ МЕТАЛЛУРГОВ В ДЮССЕЛЬДОРФЕ (ГЕРМАНИЯ) «СТАЛЬ 2011» (Окончание)

Современные технологические процессы и предприятия

В докладе Марка Хеллинга (Mark Hoelling), Уве Брауна (Uve Braun), Асгара Юхтера (Asgar Juechter) и Юлиана Пройса (Julian Proiss) сообщены результаты работ по повышению эффективности использования энергетических ресурсов на заводе фирмы ArcelorMittal в Гамбурге. Это предприятие является ведущим в Европе производителем высококачественной проволоки и включает дуговую электропечь производительностью 1,1 млн. т., работающую как на металлоломе, так и на железной губке, производимой на собственной Midrex- установке производительностью 600 тыс. т/год, 7-ручьевую УНРС и двухниточный проволочный стан производительностью 900 тыс. т/год. (рис. 6). Предприятие производит как высококачественные марки стали, выплавляемые с использованием высоко-го содержания железной губки в шихте, так и рядовые сорта стали из металлолома.

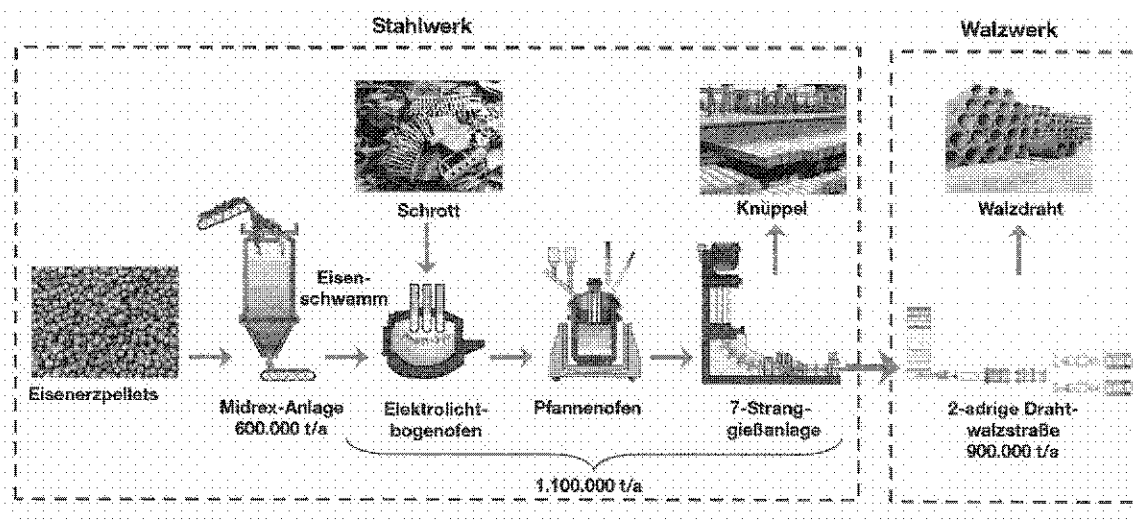


Рис. 6. Схема производства проволоки на заводе ArcelorMittal в Гамбурге

85 % всех заводских выбросов CO_2 приходится на Midrex- установку (553 кг/т железной губки) и УНРС (466 кг/т заготовки). Были рассмотрены следующие варианты реконструкции этих установок с целью уменьшения выбросов CO_2 и экономии энергии:

- реконструкция газодувки;
- реконструкция системы вдувания воздуха;
- замена трансформатора электропечи;
- замена катализатора;
- сухая очистка пыли.

Благодаря этим мероприятиям в 2007 г. выбросы CO_2 были уменьшены на 47 тыс. т/год, а в 2011–2012 г. г. запланировано дальнейшее уменьшение эмиссии CO_2 на 5000 т/год.

Фирма SMS Siemag сообщает о пуске 4-й УНРС на заводе Salzgitter Flachstahl. Эта установка рассчитана на выпуск литых заготовок шириной 1100–2600 мм и толщиной 250–350 мм для производства толстолистовой микролегированной стали для труб большого диаметра.

К особенностям новой УНРС можно отнести:

- гидравлические резонансные осцилляторы;
- дистанционно управляемые сегменты для изменения ширины и толщины разливаемых слябов,
- система вторичного охлаждения разливаемых слябов, динамично изменяемая в зависимости от их ширины;
- постоянный радиус изгиба криволинейной части установки 11, 5 м., позволяющий избежать трещин на поверхности слябов.

Вот основные параметры конструкции установки: 12 тыс. м^3 армированного бетона, 3500 т. стальных конструкций и 4500 т механического оборудования, длина УНРС 34,42 м. Общее время от начала строительства до первого разлитого 350 мм сляба составило 3 года.

В докладе Христфа Кляйна (Christoph Klein), Христиана Билгена (Christian Bilgen), Христиана Клинкаберга (Christian Klinkenberg) и Юргена Мюллера (Juergen Mueller) (SMS Siemag) обобщены результаты многолетнего опыта фирмы в развитии новой технологии непрерывной разливки тонких полос – CSP (Compact Strip Production). Первая УНПС с технологией CSP была пущена в 1989 г. на заводе фирмы Nucor в Crawfordsville (США).

С тех пор технология CSP стала стандартной для всех УНПС фирмы SMS Siemag при получении высококачественной листовой стали, и применяется уже на 28 УНПС во всём мире, которые производят 50 млн. т/год – 10 % всего мирового производства горячекатаного листа.

Установка CSP включает тонкослябовую УНПС, туннельную нагревательную печь и прокатный стан (рис. 7). Разлитые в УНПС тонкие слябы толщиной 50–90 мм после выравнивания температуры в туннельной печи поступают на прокатный стан и прокатываются там до горячекатаной полосы нужной толщины. Благодаря своей компактности, установка CSP позволяет иметь гомогенную температуру по сечению тонких слябов, минимальные температурные потери между туннельной печью и прокатным станом, равномерную скорость прокатки и, как следствие, получать горячекатаную полосу с абсолютно равномерной структурой и физико-механическими свойствами по всей длине и ширине полосы, а также с узкими допусками по толщине, ширине, поперечному профилю, кривизне и плоскостности.

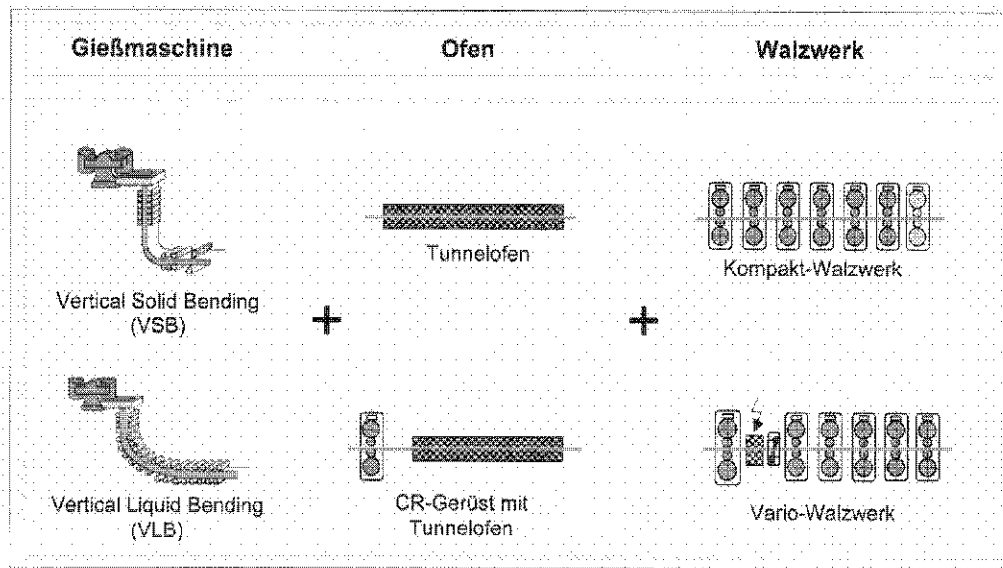


Рис. 7. CSP - модули с вертикальной и криволинейной УНПС

По сравнению со стандартной технологией получения горячекатаных полос из толстых слябов технология CSP требует существенно меньших капитальных и эксплуатационных затрат. Такая экономия достигается благодаря отсутствию черновой группы в листопрокатном стане и прямой прокатке тонких слябов без обычного охлаждения и повторного нагрева раската. Кроме того, получаемая тонкая и ультратонкая горячекатаная полоса может служить заменой в некоторых случаях холоднокатаной полосы. Завод в Ternium (Мексика) производит ещё с 1995 г. горячекатаные полосы толщиной менее 1,0 мм. Сегодня объём производства тонких полос толщиной 1,2 мм и менее на установках CSP составляет 30 % их мощности. А на установке CSP завода Wisco (Китай) даже освоен выпуск горячекатаных полос толщиной 0,8 мм.

Сортамент таких горячекатаных полос охватывает все имеющиеся сегодня марки стали (низко- средне- и высокоуглеродистые стали, HSLA- и трубные стали, нержавеющие и жаропрочные стали, а также электротехнические и трансформаторные стали). Полосы могут быть использованы как для непосредственной переработки, так и для последующей прокатки на установках холодной прокатки и последующей обработки. Особенно заметны преимущества CSP- технологии при производстве микролегированных и многофазных сталей, требующих строго определённых деформационных и температурных условий прокатки. Тем не менее, идя навстречу требованиям потребителей, фирма SMS Siemag разработала новую усовершенствованную CSP flex - технологию, позволяющую получать как горячекатаные полосы толщиной более 12,7 мм из высокопрочных трубных сталей с высокой ударной вязкостью и свариваемостью, так и горячекатаные ультратонкие полосы на двухручьевых установках производительностью до 4 млн. т/год со значительным уменьшением потребления энергии.

Оптимальное сочетание высокой прочности и ударной вязкости может быть обеспечено мелкозернистой структурой горячекатаных полос. Соответствующий термомеханический процесс (рис. 8) ведётся в две стадии, причём первая стадия выполняется в интервале температур рекристаллизации, а вторая – в интервале температур, при

которых рекристаллизация отсутствует. При этом решающее значение имеет то, что уже в первой стадии достигается равномерная рекристаллизованная структура, поскольку оставшиеся отдельные крупные зёрна могли бы переходить в готовую полосу и негативно влиять на ударную вязкость металла. Это возможно особенно в сталях, микролегированных ниобием, т. к. этот элемент сильно затрудняет рекристаллизацию.

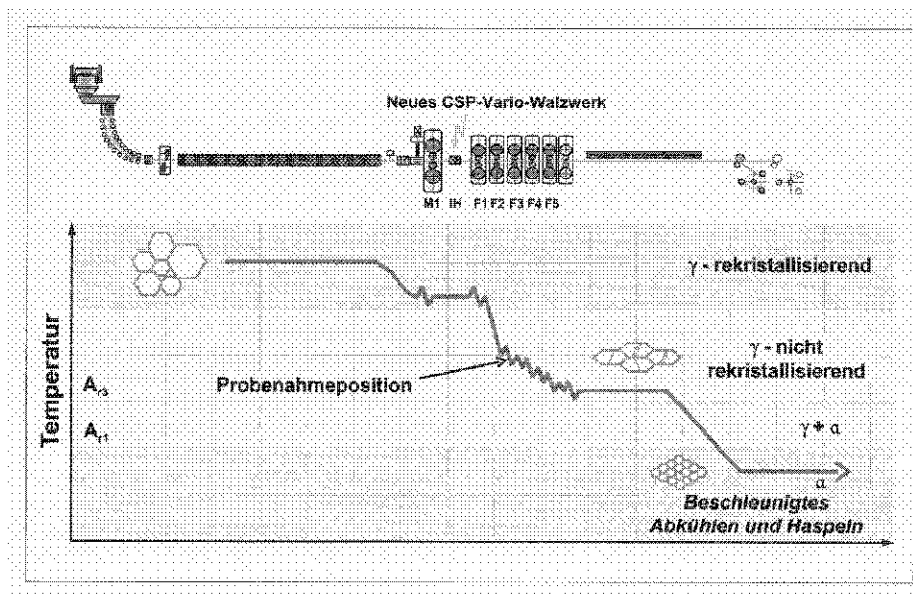


Рис. 8. Формирование структуры металла в новом CSP vario-прокатном стане

Суммарное обжатие в первых двух клетях прокатного стана должно быть максимально возможным, чтобы обеспечить минимум двукратную полную рекристаллизацию. Только таким образом можно обеспечить одновременно высокую прочность и ударную вязкость толстых горячекатаных полос. При этом сохраняется пропорция между толщиной литого сляба и толщиной готовой полосы. С учетом этих условий структурообразования разработан CSP-vario-прокатный стан, снабжённый дополнительной мощной клетью M1 с индивидуальным приводом валков, установленной на расстоянии 10 м перед непрерывной группой. Между этой клетью и первой клетью непрерывной группы расположены правильная машина для правки промежуточного раската и установка индукционного подогрева раската. Температурно-временной интервал нахождения раската между новой клетью M1 и первой клетью непрерывной группы рассчитан таким образом, чтобы обеспечить полную рекристаллизацию без преждевременного выделения соединений микролегирующих элементов и образования крупных зёрен. Это обеспечивается одной или двумя отдельно стоящими черновыми клетями. Новые установки имеют модульную структуру и снабжены дополнительными компонентами в литейном агрегате и прокатном стане. Возможны следующие модули: УНПС типа VLB (Vertical Liquid Bending) и CSP-vario-прокатный стан либо УНПС типа VSB (Vertical Solid Bending) и CSP-компактный прокатный стан. В первом варианте возможно получение более толстых слябов и горячекатаных полос из трубных сталей.

Пропускная способность трубопроводов для нефти и газа определяется, прежде всего, диаметром трубы и давлением в трубопроводе. Для выполнения этих условий нужны листы большой толщины из материалов, обладающих высокой прочностью, свариваемостью и ударной вязкостью при низких критических температурах. Ударная вязкость определяется прежде всего суммарной степенью деформации толстых полос. На компактном CSP – прокатном стане возможно получение полос из высокопрочных трубных сталей толщиной 12,7 мм. и более из тонких литых слябов толщиной 50–60 мм.

При изотермической прокатке на CSP-vario-прокатном стане достигается термомеханическая обработка раската, а именно:

- высокие обжатия в области рекристаллизации аустенита и полное устранение неомогенной литой структуры;
- охлаждение до температуры ниже температуры рекристаллизации аустенита;
- завершающая прокатка в области температур, при которых не происходит рекристаллизация аустенита;
- быстрое охлаждение прокатанной полосы на отводящем рольганге в области фазовых превращений для получения мелкозернистой структуры.

Были проанализированы два варианта компоновки CSP – модулей, поставленных фирмой SMS Siemag для заводов фирмы Handan Iron & Steel (Китай) и фирмы Saldanha (Южная Африка). В первом варианте модуль состоит из УНПС типа VSB, 2-х туннельных печей, черновой клетки и 6-клетевой чистовой группы (рис. 9). Во втором

варианте – УНРС типа VLB, туннельная печь, непрерывная двухклетевая черновая группа, туннельная печь и охлаждающая установка, 5-клетевая непрерывная чистовая группа. Сравнительный анализ структуры полос, полученных на этих модулях, показал, что модуль с двухклетевой черновой группой клеток обеспечивает лучшую микроструктуру. Схема структурообразования приведена на рис. 10. Если при одной черновой клетки прокатка ведётся в области температур 1080 °С (черновая клетка) и 1045 °С (первая клетка чистовой группы), а микроструктура содержит много больших зёрен и неоднородна, то в двухклетевой черновой группе реализуется большое суммарное обжатие до 50 % при соответствующих температурах 1130 °С (первая черновая клетка), 1116 °С (вторая черновая клетка) и 950 °С (первая клетка чистовой группы), что обеспечивает равномерную мелкозернистую структуру металла.

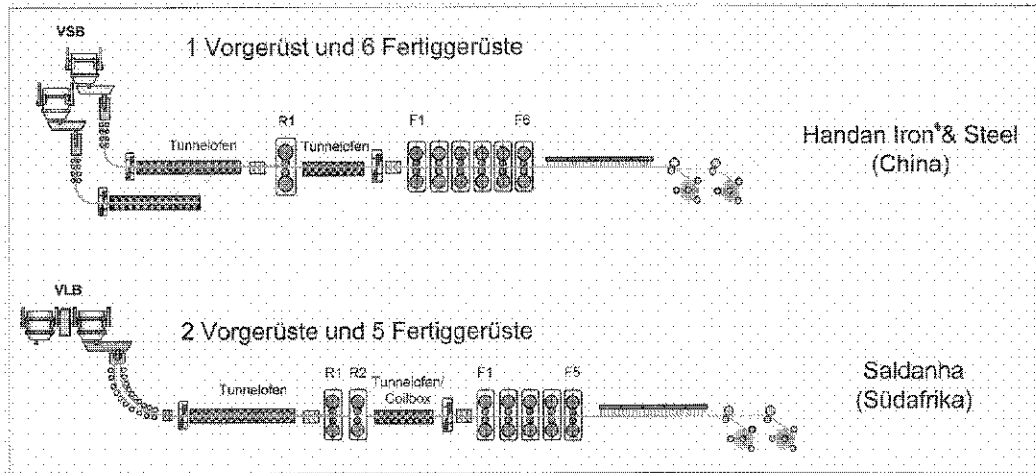


Рис. 9. Варианты CSP-модулей на заводах в Китае и в Южной Африке

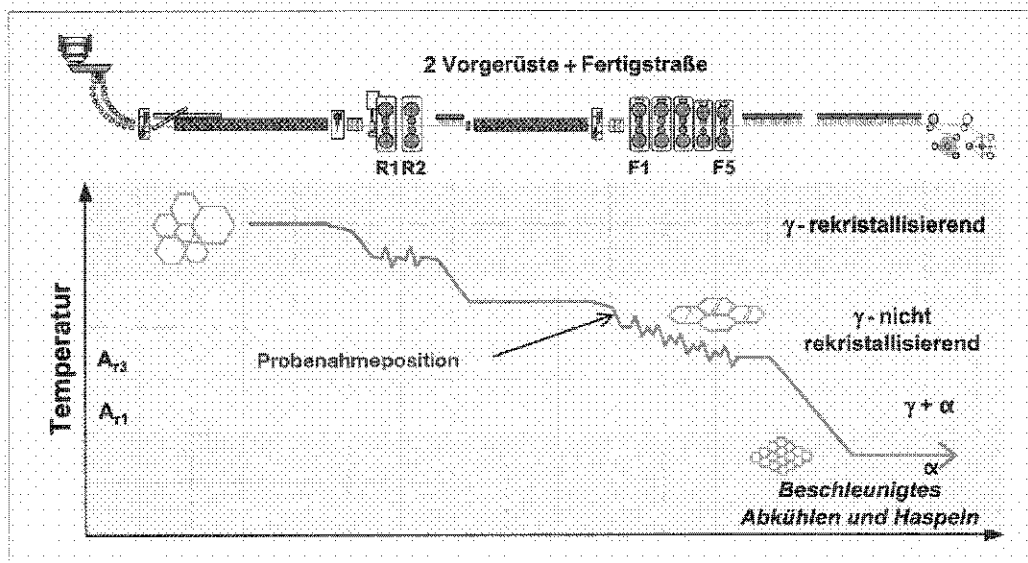


Рис. 10. Формирование структуры металла в CSP vario-прокатном стане с двухклетевой непрерывной черновой группой

Установка дополнительной черновой клетки вызывает, однако, дополнительную проблему. Из-за различной скорости прокатки в черной клетке и первой клетке чистовой группы головная и хвостовая части раската находятся на промежуточном рольганге неодинаковое время: 70 с – голова и 270 с – хвостовая часть. Это приводит к различной величине зёрен по длине раската при прокатке без дополнительного охлаждения, или (при принудительном охлаждении раската перед чистовой группой) к преждевременному выпадению соединений таких легирующих элементов, как ниобий, и к ослаблению его влияния на свойства металла.

Поскольку эта проблема в CSP -vario-прокатном стане отсутствует, то при этом возможна прокатка трубных сталей высоких классов прочности с повышенным содержанием микролегирующих элементов.

Установка дополнительных летучих барабанных ножиц между клетями M1 и F1 позволяет наряду с толстыми трубными заготовками прокатывать также тонкие полосы толщиной до 1 мм. При этом возможны два варианта

дальнейшей переработки тонких горячекатаных полос: бесконечная дальнейшая холодная прокатка и обработка или обычный процесс с разрывом между горячей и холодной прокаткой. Оба варианта имеют свои недостатки и преимущества. Бесконечная проката обеспечивает существенную экономию энергоресурсов, но требует больших капитальных затрат на обеспечение безопасности непрерывного процесса. Поэтому при производстве высококачественных сталей предпочитают обычный, т. н. Batch-процесс.

Схема VSB на рис. 9 обеспечивает возможность прокатки как ультратонких полос в бесконечном режиме, так и толстых полос (до 18 мм) из трубных марок сталей.

Для бесконечного процесса больше подходит УНРС типа VLB. В этом модуле непрерывнолитые слябы прокатываются в черновой редуцирующей клетки, Последующая туннельная печь даёт возможность прервать процесс для перевалки валков. Летучие ножницы перед моталками режут бесконечную полосу на отдельные части, сматываемые моталками в рулоны. Дальнейшей задачей является повышение скорости разливки, чтобы достичь ещё большей экономии энергоресурсов, и увеличение толщины разливаемых слябов для повышения производительности. Для производства толстых полос из трубных сталей экономически выгодны УНРС типа VLB с изгибом литого сляба с жидкой сердцевиной. Такая УНРС может иметь производительность до 2 млн. т/год для одного ручья. В заключение доклада отмечается, что разработанные модульные установки CSP и CSP flex фирмы SMS Siemag обеспечивают возможность получения широкого марочного и размерного сортамента горячекатаных полос из непрерывнолитых слябов с высокой экономической эффективностью.

© 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 2011»

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОЦЕССНОГО ПОДХОДА СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА НА ПРИМЕРЕ ЛОПАТОЧНЫХ ДИСКОВ ГТД

Для обеспечения выпуска конкурентоспособных двигателей предприятия авиационной промышленности внедряют систему менеджмента качества. При этом реализация требований заказчика к авиадвигателям на всех этапах жизненного цикла обеспечивается процессным подходом по ДСТУ ISO 9000, когда выход предыдущего процесса является входом для последующего (рис. 1).

Каждый процесс преобразует входной поток в выходной. Так, после конструкторской подготовки потребительские характеристики (требования) преобразуются в рабочие чертежи деталей и сборочные чертежи. После технологической подготовки требования чертежей к точности размеров, формы и расположения поверхностей, шероховатости, качеству поверхностного слоя преобразуются в маршрут обработки и режимы резания на соответствующем оборудовании. Процесс производства преобразует заготовку в деталь на выбранном оборудовании и назначенными режимами резания. Таким образом, деталь изготавливается в соответствии с требованиями чертежа и для предназначенных условий эксплуатации.

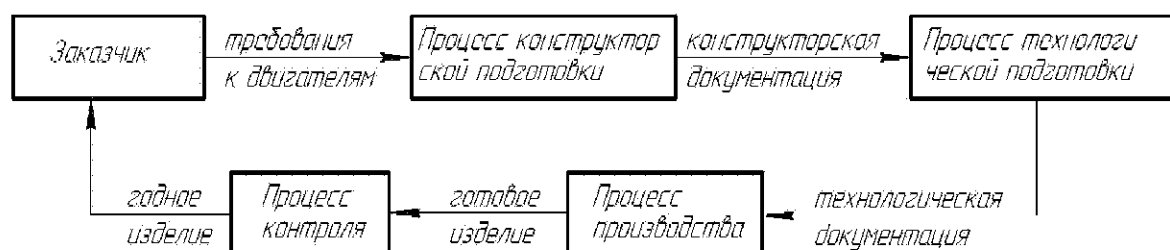


Рис. 1. Процессный подход при изготовлении продукции