



Рис. 1. Новый металлургический завод MMK Metalurji, расположенный на побережье Средиземного моря

Ввод в эксплуатацию нового высокопроизводительного комплекса по производству плоского проката компании MMK Metalurji на побережье Средиземного моря

В мае 2011 г. на заводе компании MMK Metalurji в Искендеруне, расположенном на Средиземноморском побережье Турции, успешно введен в эксплуатацию новый комплекс по производству плоского проката (горячекатаной полосы в рулонах с холодной прокаткой и отделкой), произведенный и смонтированный фирмой Danieli. Комплекс MMK Metalurji в Турции (100 % акций принадлежит ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат») предназначен для удовлетворения растущих потребностей стран Ближнего Востока, Средиземноморского бассейна и рынков Восточной Европы в полупродуктах из плоского проката. Предприятие, с учетом его компактной и рациональной планировки, является одним из самых передовых и мощных комбинатов с электродуговыми печами и литейно-прокатным агрегатом для непрерывной разливки.

Карло Пьемонте, исполнительный вице-президент; Алессандро Пигани, менеджер по производству; Лучиано Виньола, вице-президент по технологии; фирма **Danieli Wean United**, Буттрио, Италия; Паоло Бурин, менеджер по сталеплавильному производству, фирма **Danieli Centro Met**, Буттрио, Италия

Контакт: www.danieli.com
E-mail: l.vignolo@danieli.it

Искендерун (по-турецки «город Александра»), основанный Александром Великим, находится на юго-востоке Турции, на берегу красивого залива, в 45 км от границы с Сирией. Новый завод компании MMK Metalurji (бывш. MMK-Atakas) расположен на морском побережье (рис. 1), что имеет ряд преимуществ в использовании специальной эстакады для подачи сырья и отгрузки продукции, а также в логистике и организации грузопотоков между заводом и морским транспортом. Для снабжения завода сырьем и расходными материалами, а также для отгрузки готовой продукции построен морской порт, рассчитанный на прием судов водоизмещением до 80 тыс. т.

Контракт на поставку основного технологического оборудования под проект MMK был заключен с фирмой Danieli, Италия. Итальянская фирма была выбрана по итогам тендера, в ходе которого она сумела продемонстрировать наилучшие технологические возможности по поставке и наладке оборудования для всего металлургического цикла, начиная от сталеплавильного цеха и заканчивая линией цинкования и полимерных покрытий. При закладке нового завода В. Рашников, председатель Совета директоров ОАО «ММК» подчеркнул «Сооружение этого металлургического комплекса поможет удовлетворить растущие потребности в высококачественном плоском прокате основных отраслей турецкой промышленности — маши-

ностроения, строительства, топливно-энергетического комплекса. Развивающийся рынок и растущий интерес турецких потребителей к высококачественному плоскому прокату придает нам уверенность в успехе этого проекта».

Цехи завода вводились в эксплуатацию постепенно на протяжении 2010 и 2011 гг., начиная с цеха покрытий и заканчивая сталеплавильным и цехом горячей прокатки. Первый рулон горячекатаной полосы был получен 4 мая 2011 г., и тем самым завершён процесс пуска нового металлургического комплекса, где впервые в Турции была применена технология прокатки тонких слябов. Электродуговая печь завода является одной из наиболее мощных в мире. Сочетание наиболее прогрессивной технологии выплавки стали для получения горячекатаной полосы в рулонах и последних достижений в технологии холодной прокатки предусмотрено для всего сортамента плоской продукции.

В состав основного оборудования завода в Искендеруне входят: электродуговая печь, установка печь-ковш, вакуумный дегазатор, МНЛЗ для литья тонких слябов, стан горячей прокатки номинальной производительностью 2,3 млн. т/год горячекатаной полосы в рулонах, линия непрерывного травления производительностью 1,2 млн. т/год, реверсивный стан холодной прокатки производительностью 750 тыс. т/год, линия горячего цинкования полосы методом погружения производитель-

стью 450 тыс. т/год и линия нанесения цветного покрытия производительностью 200 тыс. т/год.

Оборудование для выплавки стали и горячей прокатки

Сталеплавильный цех. В сталеплавильном цехе установлена электродуговая печь (ЭДП) переменного тока (рис. 2), одна из самых мощных в мире. Одностендовая сверхмощная ЭДП Ultra3 High Power (масса плавки 250 т, время от выпуска до выпуска 47 мин) и однопролетная планировка здания сталеплавильного цеха обеспечивают отличные результаты с точки зрения технологического транспорта и оптимизации расходов. Выбор одностендовой высокопроизводительной ЭДП соответствует новейшим тенденциям в технологии сталеплавильного производства. Такой вариант представляет собой значительный шаг вперед, так как прежде подобный уровень производительности можно было достигнуть только при наличии минимум двух электродуговых печей.

Электродуговая печь предназначена для выплавки низко- и среднеуглеродистых, а также высокопрочных низколегированных марок стали и имеет следующую техническую характеристику:

Производительность, т/ч	320
Масса плавки, т	250
Номинальный состав шихтовой смеси, %:	
скрап	80
чугун	20
Время от выпуска до выпуска плавки, мин	47
Установленная мощность, МВА	300

Окончательное качество стали достигается после обработки в мощной двухпозиционной установке печь-ковш и двухкамерной установке для вакуумной дегазации с устройством для полного удаления шлака перед вакуумированием. Двухпозиционная концепция повышает гибкость производственного цикла и позволяет реализовать требуемое короткое время от выпуска до выпуска плавки (рис. 3). Установка печь-ковш оборудована поворотной (на шарнирах) системой электродов и двойным инертным сводом. Электропитание установки осуществляется от транс-



Рис. 2. Одна из наиболее мощных в мире электродуговая печь переменного тока производительностью 320 т/ч жидкой стали



Рис. 3. Двухковшовая установка для процессов вторичной металлургии

форматора мощностью 53 МВА. Вакуумная станция оборудована двоякими камерами с общей крышкой и переключаемым всасывающим трубопроводом, ведущим к пятиступенчатому паровому эжекторному вакуумному насосу производительностью по всасыванию до 500 кг/ч.

Такой высокопроизводительный процесс плавки требует мощной установки для газоочистки и удаления пыли из отходящих газов: производительностью до 430 тыс. м³/ч (при н. у.) для первичного пылеудаления и общей производительностью до 4 млн. м³/ч. Сдвоенный фильтр с импульсной очисткой и высокопроизводительными вентиляторами позволяет выполнять очистку таких огромных газовых потоков. Линия всасывания оборудована системой экстенсивного охлаждения с помощью естественного

сдвоенного холодильника в сочетании с двумя электроискровыми разрядниками циклонного типа.

Производство тонких слябов.

Головной частью литейно-прокатного агрегата (рис. 4) является двухручьевая машина непрерывного литья тонких слябов толщиной 50–80 мм (после мягкого динамического обжатия) и шириной от 800 до 1570 мм. Вертикальная криволинейная компоновка МНЛЗ обеспечивает высокое качество внутреннего сечения слябов. Такая конструкция позволяет ограничить высоту МНЛЗ, снижая затраты на здание цеха и стоимость строительных работ; в то же время гарантируется оптимальная флотация неметаллических включений. Пониженное ферростатическое давление по сравнению с вертикальными МНЛЗ также способствует улучшению качества



Рис. 4. Линия непрерывного литья и прокатки тонких слябов

слябов. Вертикальная криволинейная конструкция с отгибающим роликом не ограничивает металлургическую длину МНЛЗ, позволяя в будущем расширить производство путем повышения скорости разливки или отливки более толстых слябов.

Оборудование МНЛЗ позволяет применять запатентованный процесс **динамического мягкого обжатия**, основанный на контроле ванны жидкого металла с помощью математической модели, обеспечивающей получение наивысшего качества внутренней структуры сляба при любых условиях разливки. Результатом применения математической модели является тонкая мелкозернистая структура и практически полное отсутствие осевой сегрегации. Начиная с первых применений кри-

волинейной схемы МНЛЗ в 1985 г. в ней используется процесс динамического мягкого обжатия. Наряду с высоким качеством слябов эта схема обеспечивает максимальную гибкость при выборе толщины сляба с точки зрения производительности и качества заготовки, определяемого условиями прокатки.

Отличительной особенностью МНЛЗ является применение удлиненного **кристаллизатора Н²**, для которого характерна отличная гидродинамика жидкого металла и возможность оптимизации процесса смазки. Кристаллизатор Н² (high quality, high speed — высокое качество, высокая скорость) специально разработан для уменьшения напряжений на поверхности сляба в критической фазе формирования оболочки заготовки.



Рис. 5. Подпольная моталка для горячекатаной полосы

Вторичное охлаждение воздушным туманом обеспечивает жесткий контроль процесса затвердевания. Независимая система охлаждения оборудования МНЛЗ продлевает срок его службы.

Результаты анализа качества непрерывнолитых заготовок в исследованных цехах показали, что подобное оборудование для литья тонких слябов можно применять практически для всех марок стали, используемых в производстве плоского проката. Сортамент завода фирмы MMK Metalurji включает низко- и среднеуглеродистые стали, а также высокопрочные низколегированные стали. Однако конструкция МНЛЗ предусматривает возможность разливки при дальнейшем расширении сортамента особенно низкоуглеродистых и высокоуглеродистых сталей, а также сталей без атомов внедрения.

Компактный стан горячей прокатки полосы. Прокатный стан связан с МНЛЗ туннельной печи с роликовым подом. В печи происходит выравнивание температуры по сечению непрерывнолитого сляба перед прокаткой и подогрев его до температуры 1050–1150 °С, в некоторых случаях даже до 1180 °С, в зависимости от марки стали и конечной толщины проката. Одновременно печь является своеобразным буфером между МНЛЗ и прокатным станом. Общая длина туннельной печи составляет 230 м, в ней могут находиться одновременно до пяти слябов максимальной длины (43 м) и минимальной толщины (50 мм). Подобная



Рис. 6. Двухклетевой реверсивный стан холодной прокатки



...150 years!

Любовь

К ИННОВАЦИЯМ!

Мы сильны в «ноу-хау»,
проектировании, инжиниринге
и обслуживании наших систем.

Обращайтесь к нам.



DANIELI MORGÅRDSHAMMAR

Morgårdshammar AB
SE-777 82 SMEDJEBACKEN, Sweden

Phone: +46 240 668500

Fax: +46 240 668501

E-mail: mh@morgardshammar.se

www.morgardshammar.se

Branch Office:

Morgårdshammar AB

Sales office Krefeld

P.O. Box 101552

D-47715 KREFELD, Germany

Phone: +49 2151 81290

Fax: +49 2151 611795

E-mail: office@mh-guides.de



www.mh-guides.com

роль буфера дает возможность продолжать операцию непрерывного литья даже при остановках прокатного стана (например, для перевалки рабочих валков).

Участок прокатного стана включает двухклетевую черновую группу и четырехклетевую чистовую группу, прокатка в которых ведется в непрерывном режиме, т. е. сляб может одновременно находиться во всех клетях. На входе в черновую группу установлена **вертикальная клеть (эджерная)**, в которой корректируется ширина входящего сляба в случае наличия конусности и улучшается микроструктура кромок, предотвращая их растрескивание при больших обжатиях по высоте. Эджерная клеть оборудована гидравлической автоматизированной системой контроля ширины полосы.

В первую черновую клеть R1 встроен окалиносбиватель высокого давления (380 бар) для максимально возможной очистки поверхности слябов перед прокаткой и удаления окалина, образовавшейся во время нагрева в туннельной печи. В **черновых клетях (R1, R2)** развивается давление металла на валки 42000 кН; клетки оборудованы гидравлическими автоматизированными системами контроля толщины для точной установки межвалкового зазора. Черновая клеть R2 оборудована также устройствами для положительного и отрицательного изгиба рабочих валков и для осевого перемещения рабочих валков (± 150 мм), которые расширяют возможности регулирования маршрутов прокатки и одновременно уменьшают износ рабочих валков.

На входе в чистовую группу клетей установлены **ножницы для обрезки концов подката**, что дает возможность оптимизировать форму переднего конца в соответствии с окончательной толщиной полосы после прокатки в чистовой группе клетей. Тем самым уменьшается риск возникновения серповидности при прокатке тонких полос. С целью дальнейшего повышения качества поверхности проката перед входом в чистовую группу установлен второй окалиносбиватель с рабочим давлением 380 бар. Он позволяет вновь очистить поверхность проката и избежать отпечатков окалина на заключительной

стадии процесса прокатки, обеспечивая высокое качество поверхности полосы в соответствии с требованиями заказчиков. Предусмотрена возможность установки в дальнейшем системы интенсивного охлаждения между черновой и чистовой группами клетей.

Чистовая группа включает четыре клетки, две из которых рассчитаны на давление металла на валки 42000 кН, а третья и четвертая — на давление 32000 кН. Межклетевые системы охлаждения обеспечивают получение требуемой температуры полосы на выходе из прокатного стана. Несколько пирометров, установленных на входной и выходной сторонах чистовой группы клетей, контролируют температуру входящей и выходящей полосы; в соответствии с их показаниями производят оптимальное регулирование системы межклетевого охлаждения и системы ламинарного охлаждения на отводящем рольганге. Все чистовые клетки оборудованы длинноходными гидравлическими системами автоматического регулирования толщины полосы, механизмами изгиба и осевого перемещения валков, устройствами для быстрой перевалки рабочих валков.

На отводящем рольганге установлена система **ламинарного охлаждения** с 21 коллектором типа водяных экранов, последние из которых обеспечивают тонкое регулирование температуры полосы перед смоткой в рулоны. Система ламинарного охлаждения позволяет поддерживать температуру охлаждаемой полосы в требуемом интервале, необходимом для получения заданных металлургических и механических свойств и для подачи полосы в подпольные моталки.

Две подпольные моталки (**рис. 5**) установлены в конце технологической линии. Они имеют гидравлические приводы и сматывают полосу с высоким натяжением, как это требуется для прокатываемых на заводе высокопрочных сталей. За моталками расположены устройства для транспортирования рулонов. В их состав включены механизмы окружной и радиальной обвязки рулонов, маркировочные машины и весы. Предусмотрены также площадки для складирования горячекатаных рулонов.

Оборудование для холодной прокатки и нанесения покрытий, средства автоматизации

Непрерывная линия травления Turboflow® имеет расчетную производительность 1,2 млн. т/год. Концы рулонов соединяют с помощью лазерной стыкосварочной машины, что является наилучшим технологическим решением с точки зрения прочности шва и предотвращения получения утолщенного сварного соединения. Участок травления состоит из трех травильных ванн и пятиступенчатой ванны для промывки. Особенностью запатентованной технологии Turboflow® является концепция турбулентного движения в каналах, позволяющая значительно сократить энергозатраты и значительно повысить гибкость регулирования режимов травления для получения стабильных результатов независимо от марки стали, размеров полосы и скорости ее перемещения. Системы автоматизации управления процессом травления поставлены фирмой Danieli; они включают также современную модель процесса, которую можно использовать для оптимизации производительности участка и качества продукции, а также для уменьшения удельного расхода кислоты и энергии.

Стан холодной прокатки. Двухклетевой реверсивный стан холодной прокатки (**рис. 6**) рассчитан на годовую производительность около 750 тыс. т и оборудован всеми механизмами и устройствами для реализации гибкой производственной программы: размотывателем рулонов с правильной машиной, двумя натяжными роликами и устройством для транспортирования рулонов. С помощью этих механизмов можно изменять число проходов прокатки. Одно из последних достижений технологии — струйный осушитель, гарантирующий полное удаление остатков любой эмульсии с поверхности полосы.

Стан имеет четырехвалковые клетки и оборудован новейшими средствами контроля толщины и плоскостности полосы. На стане можно стабильно прокатывать особо тонкие полосы толщиной менее 0,3 мм, достигая при этом производительности более 1500 т/сут.



Технология и надежность станов для сортового проката

NCO – NUOVA CARPENTERIA ODOLESE S.p.A.

специализируется на проектировании, изготовлении, вводе в эксплуатацию и модернизации станов горячей прокатки и металлургического оборудования.

В настоящее время, после почти сорокалетней деятельности, при поддержке необходимых инвестиций, фирма NCO представлена в более чем 30 странах мира, и кроме современных производственных технологий и первоклассного оборудования она может обеспечивать полностью интегрированный пакет услуг, включающий:

Установки «под ключ»

Вспомогательные системы

Разработку процессов, технологический контроль и автоматизацию

для прокатных станов для длинномерной продукции (прутки, катанка, мелкие и средние профили)



NUOVA
CARPENTERIA
ODOLESE



Контакты:

Via Marconi 27 - 25076 Odolo Brescia Italy
Tel.: ++39 0365 826188 - Fax: ++39 0365 826125
www.nco.it - Email: mailbox@nco.it





Рис. 7. Непрерывная линия горячего цинкования методом погружения

Линия цинкования. Линия непрерывного горячего цинкования методом погружения (рис. 7) имеет расчетную годовую производительность 450 тыс. т оцинкованной полосы в рулонах. Она также поставляет заготовку для

линии нанесения цветного покрытия. В линии цинкования установлено следующее оборудование для отжига: печь фирмы Danieli Centro Combustion, отличающаяся наличием рекуперативной камеры, участка прямого нагрева, отапливаемых газом радиантных труб и участка струйного охлаждения; система сушки Danieli Kohler; дрессировочный стан для окончательного регулирования шероховатости поверхности; машина для правки растяжением; кромкообрезное устройство карусельного типа и кромкокрошитель. Далее в технологической линии расположено оборудование для промасливания и перемотки полосы.

Линия нанесения цветного покрытия. Эта линия имеет номинальную производительность примерно 200 тыс. т/год полосы для изготовления бытовой техники и общего назначения. Линия оборудована двухпозиционным разматывателем, гидравлическим сшивным устройством для соединения концов рулонов, участками обезжиривания, расположенными перед накопителем и после него, участком предварительной обработки, нанесения праймера и окончательного покрытия, горизонтальной печью с цепным подом и установкой закалки в воду.

Электрооборудование и средства автоматизации.

Фирма Danieli Automation разработала и поставила электрооборудование и системы контроля для всего завода, начиная со сталеплавильного цеха и кончая станом горячей прокатки и линиями нанесения покрытий; при этом была обеспечена интегральная и оптимизированная конфигурация систем автоматизации.

Выводы

Новый завод для производства плоского стального проката компании MMK Metalurji является фундаментальной ступенью развития черной металлургии в Средиземноморском и Ближневосточном регионах. В проекте сталеплавильного цеха предусмотрена одна сверхмощная электродуговая печь, обладающая преимуществами по таким показателям, как упрощение логистики и сокращение расходов по переделу.

Концепция этого проекта, основанная на технологии Danieli fTSR (flexible thin slab casting and rolling — гибкий процесс литья и прокатки тонких слябов), позволила построить завод, который соответствует всем ожиданиям современного рынка. После минимальной корректировки данная концепция применима и для производства продукции более широкого сортамента, например, заготовок для сварных труб, полосы для автомобилестроения, особо тонкой полосы. Комплекс холодной прокатки и отделки, завершающий технологический процесс, является самым современным в Средиземноморском регионе для производства оцинкованной и окрашенной полосы в рулонах. ■

Моделирующая установка TTS820 для термомеханической обработки

для моделирования процесса горячей прокатки стали в технологической линии



Вид тестирования: плоская деформация, плавление, кручение, цилиндрическое горячее сжатие, натяжение и сжатие

Горячее сжатие при плоской деформации:

Скорость деформации сжатия: 1–1000 мм/с
Скорость плоской деформации: 0,1–100 с⁻¹
Истинная деформация: 0,1–2

Кручение:

Скорость кручения: 6–1300 об/мин
Скорость деформации: 0,04–8,5 с⁻¹
Истинная деформация: 0,04–10,8

B BÄHR-Thermoanalyse GmbH
P. O. Box: 1105
32603 Hüllhorst / Germany
Tel: +49-5744-9302-0
Fax: +49-5744-9302-90
E-mail: info@baehr-thermo.de
Internet: www.baehr-thermo.de