

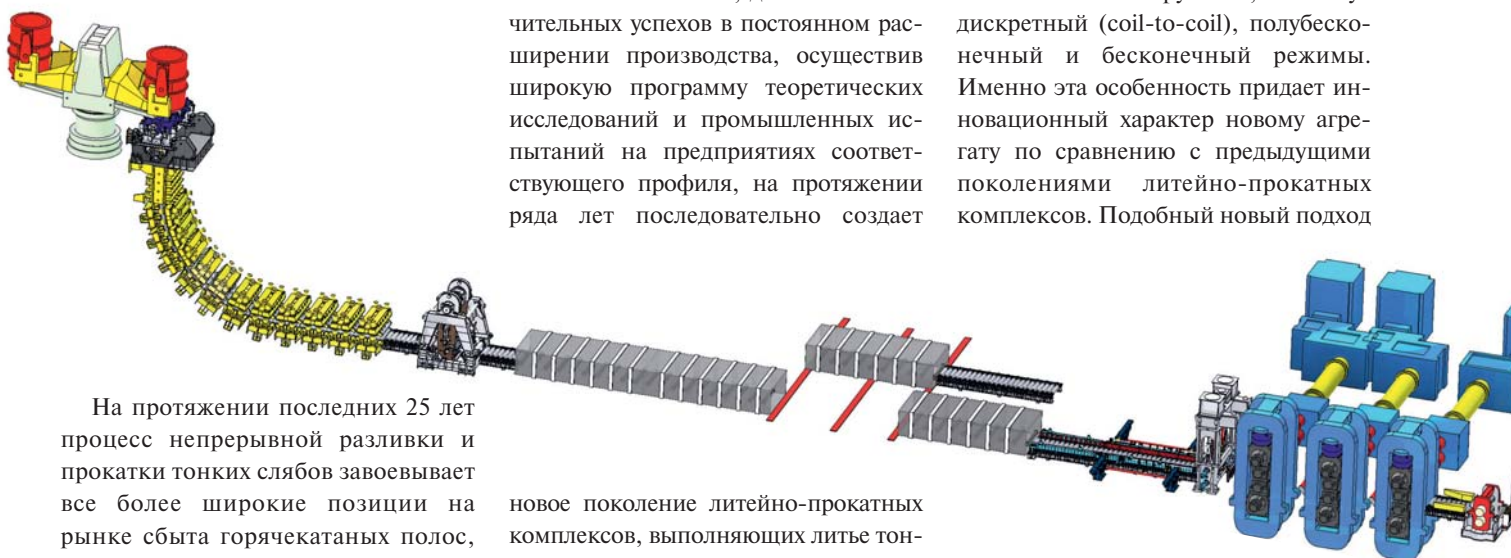
Эволюция совмещенного технологического процесса непрерывной разливки тонких слябов и прокатки полос

УДК 621.771:621.746.5.047

Компания Danieli, добившись значительных успехов в постоянном расширении применения этого производственного процесса, осуществив широкую программу теоретических исследований и промышленных испытаний на предприятиях соответствующего профиля, на протяжении ряда лет последовательно создает новое поколение литейно-прокатных агрегатов различной компоновки, рассчитанных на разные режимы работы, и вступила в новую фазу эволюции этого технологического процесса.

Компания Danieli, добившись значительных успехов в постоянном расширении производства, осуществив широкую программу теоретических исследований и промышленных испытаний на предприятиях соответствующего профиля, на протяжении ряда лет последовательно создает

катывать полосы в рулонах, используя дискретный (coil-to-coil), полубесконечный и бесконечный режимы. Именно эта особенность придает инновационный характер новому агрегату по сравнению с предыдущими поколениями литейно-прокатных комплексов. Подобный новый подход



На протяжении последних 25 лет процесс непрерывной разливки и прокатки тонких слябов завоевывает все более широкие позиции на рынке сбыта горячекатаных полос, последовательно распространяясь на те области производства этой продукции, в которых прежде доминировали традиционные прокатные станы. Подобное расширение позиций литейно-прокатных агрегатов обусловлено в основном конкурентными преимуществами новой технологии перед традиционной и растущими возможностями ее утверждения в большинстве сегментов рынка, нередко за пределами общепринятых границ для этого вида продукции.

новое поколение литейно-прокатных комплексов, выполняющих литье тонких слябов и их прокатку в составе единого агрегата, и вступила в новую фазу эволюции такого технологического процесса. Новый шаг на пути прогресса в этом направлении получил название QSP-DUE®. Разработанный процесс относится к группе технологий производства высококачественной полосы Quality Strip Production (QSP®) и основан на использовании установок компании Danieli для непрерывной разливки тонких слябов. Инновационные особенности этого процесса отражает его сокращенное название DUE®, означающее Danieli Universal Endless (универсальная технология бесконечной прокатки компании Danieli, защищенная патентом США № 8087449 от 3 января 2012 г.).

Отличительной особенностью новой концепции является универсальный характер прокатки: на одном и том же агрегате можно последовательно про-

можно считать естественной эволюцией исходной концепции, шагом на пути прогресса в совершенствовании технологических процессов производства плоского проката, основанных на использовании тонких слябов, для чего применяют вертикальные с изгибом установки непрерывной разливки тонких слябов и разделение прокатного стана на группы обжимных и чистовых клетей.

Концепция агрегата, предназначенного для прокатки тонких слябов

В настоящее время разработаны две концепции компоновки литейно-прокатных агрегатов, применяющих прокатку из тонких слябов. В традиционных агрегатах одноручьевая или двухручевая установка непрерывной разливки стали (УНРС) соеди-

Аlessандро Пигани, Паоло Бобиг, Майк Найтс, Стефано Мартинис, компания Danieli & C. Officine Meccaniche S.p.A., Буттрио, Италия
Контакт: www.danieli.com
Эл. почта: sales@dwu.danieli.it

нена с прокатным станом длиной проходной печью (печами) туннельного типа, которые выполняют функции подогрева металла или выравнивания температуры сляба, а также обеспечивают достаточное буферное время при плановых остановках агрегата (например, для перевалки рабочих валков) или в случаях незапланированных перерывов в работе агрегата. Компания Danieli утвердила концепцию планировки QSP®, добившись рекордных результатов как в показателях производительности, так и в качестве продукции.

В последние годы благодаря последовательному увеличению массовых потоков вследствие повышенных скоростей разлива, свойственных новому поколению тонкослябовых УНПС, работающих со сверхвысокими скоростями, в сочетании с устойчивым внедрением технологии индукционного нагрева вместо нагрева в проходных печах туннельного типа, появилась возможность развивать вариант компоновки агрегата QSP-E®, создавая новое поколение весьма компактных агрегатов, специально рассчитанных на производство

производительность агрегатов до уровня более 3 млн. т/год, в том числе и благодаря возможности двухручье-вой разлива. Данные агрегаты вначале предполагали использовать для прокатки полос в дискретном режиме, а затем применили для полунепрерывного процесса прокатки более тонких полос (толщиной менее 1 мм).

С другой стороны, концепция QSP-E® позволила оптимизировать производство особо тонких полос по схеме бесконечной прокатки, хотя при этом снижается производственная гибкость агрегата при прокатке более сложных марок стали вследствие жесткой связи между процессами разлива и прокатки. При реализации схемы бесконечной прокатки УНПС фактически вынуждена работать с очень высокими скоростями разлива, а это возможно не для всех марок стали по металлургическим соображениям.

Кроме того, бесконечный процесс разлива-прокатки проявил экономическую конкурентоспособность только при производстве в рулонах полосы толщиной менее 1,5 мм. С увеличением толщины полосы требуемая мощность индукционных нагревателей, необходимых для обеспечения бесконечного режима технологического процесса, чрезмерно возрастает, вследствие чего экономически целесообразным вновь становится

ское обслуживание ручья УНПС должно быть синхронизировано с перевалкой валков прокатного стана. Данные операции проводят достаточно часто при бесконечном режиме работы литейно-прокатного агрегата. Частые перевалки обусловлены значительным износом и термическими деформациями валков, находящихся в непрерывном контакте с полосой. Как следствие этого, число последовательно разливаемых плавков (т. е. оптимизация выхода годной продукции агрегата) уменьшается по сравнению агрегатом, работающим в дискретном режиме, когда число последовательно разливаемых плавков определяется стойкостью огнеупоров погружного сталеразливочного стакана, а не графиком перевалки валков.

Компоновка агрегата QSP-E® также не позволяет удвоить его производительность при добавлении второго ручья УНПС, поэтому общая производительность агрегата ограничена уровнем в 2 млн. т/год, в зависимости от сортамента выпускаемой продукции. Такая ситуация возникает, несмотря на значительные инвестиции, что приводит к не слишком привлекательным показателям удельных инвестиций в расчете на 1 т продукции. Таким образом, можно отметить, что отмеченные факторы оказывают негативное влияние на более широкое применение бесконечного варианта процесса разлива-прокатки, несмотря на его бесспорные преимущества, когда речь идет о производстве особо тонких полос.

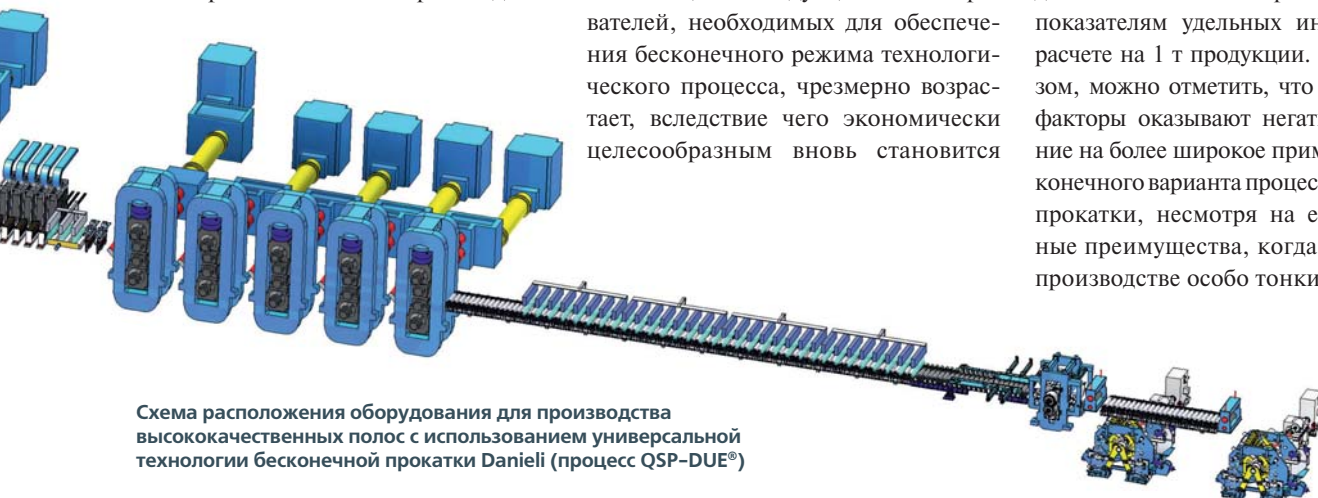


Схема расположения оборудования для производства высококачественных полос с использованием универсальной технологии бесконечной прокатки Danieli (процесс QSP-DUE®)

полос сверхмалой толщины. Такой подход стал возможен благодаря применению процесса бесконечной прокатки, при котором осуществляется прямая и непрерывная связь между стадиями разлива и прокатки, и преодолению общеизвестных проблем заправки концов при прокатке тонких полос в рулонах по дискретной схеме.

Технология QSP® позволила существенно расширить марочный ассортимент обрабатываемых сталей, из которых получают тонкие слябы, и повы-

технология дискретной прокатки полосы в рулонах.

Так как агрегат QSP-E® отличается компактной планировкой, а подогрев слябов осуществляют индукционными нагревателями, то нет необходимости в создании буферных емкостей и обеспечении буферного времени между УНПС и прокатным станом. Однако это уменьшает производственную гибкость всей технологической линии.

Кроме того, на выход годного и производительность влияет отсутствие буферной зоны, так как техниче-

Концепция универсального бесконечного процесса компании Danieli (DUE®) для производства полосы

Предпринимая постоянные попытки улучшить известные процессы и технологии и преодолеть свойственные им ограничения, компания Danieli разработала новую концепцию отливки тонких слябов и их прокатки, способную объединить в единой производственной линии все достоинства освоенных ранее различных концепций и исключить ограничения, присущие

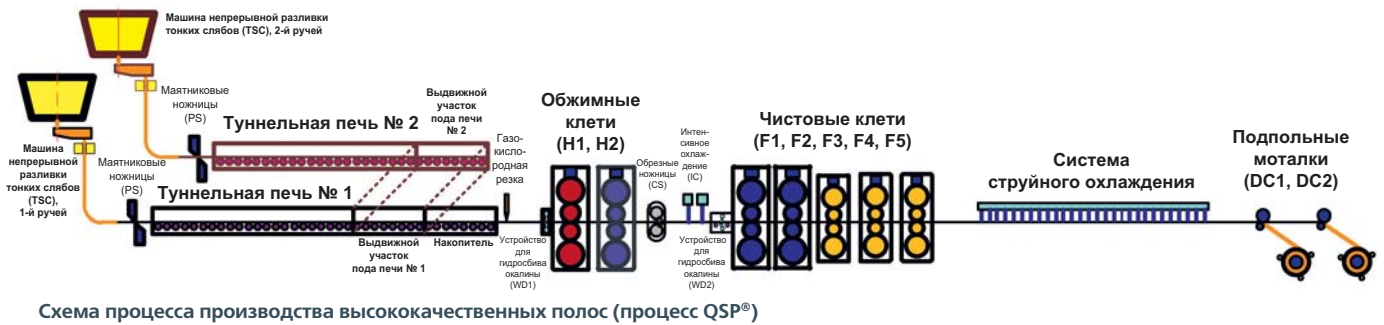


Схема процесса производства высококачественных полос (процесс QSP®)

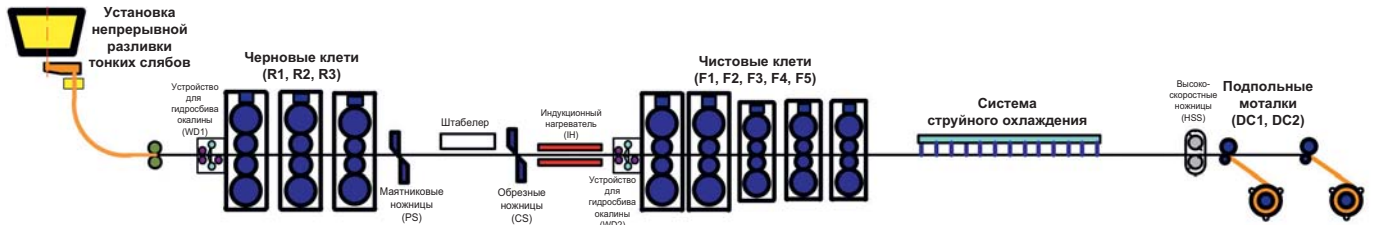


Схема процесса производства высококачественных полос в режиме бесконечной прокатки (процесс QSP-E®)

каждой из них. Данные соображения легли в основу новой концепции агрегата, в котором реализуется технология Danieli Universal Endless и которая отличается следующими особенностями:

- высокой производительностью, достигаемой благодаря беспрецедентному сочетанию толщины сляба и скорости процесса;
- высокой производственной гибкостью, благодаря которой агрегат может работать в режимах дискретной, полубесконечной и бесконечной прокатки;
- высокой оперативной гибкостью, обусловленной наличием проходной печи туннельного типа и релевантного буферного времени.

Сортамент агрегата охватывает весь спектр марок стали, используемых для получения плоского проката, включая наиболее сложные марки

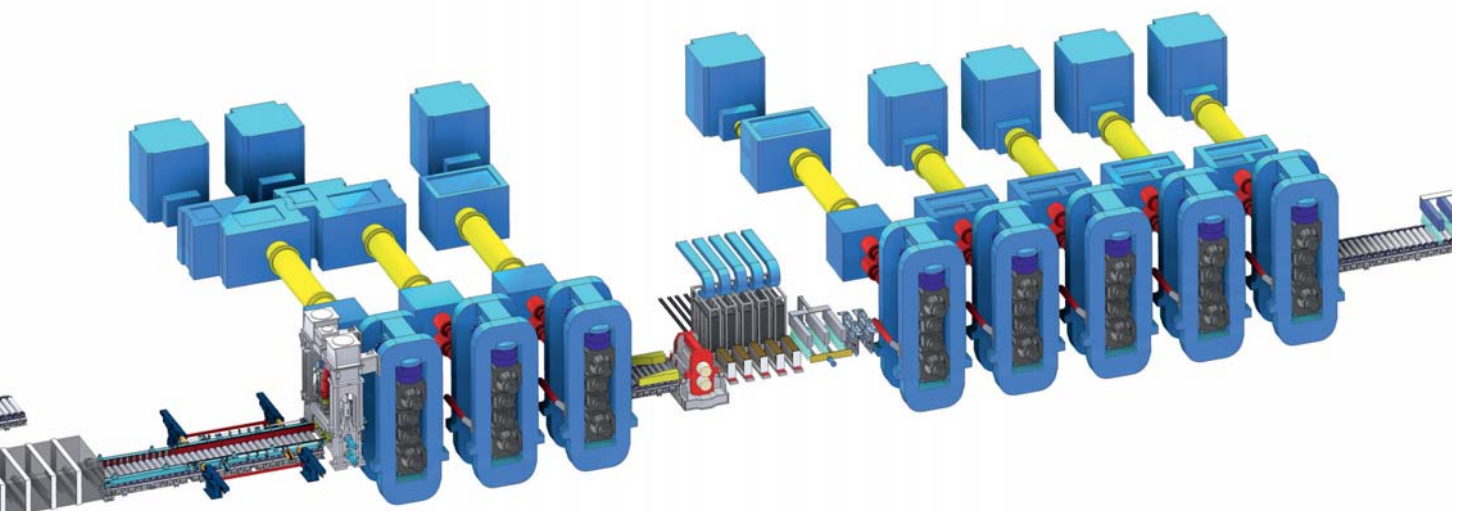
стали, обрабатываемые по технологии термомеханической прокатки (стали для магистральных трубопроводов по стандартам API) или прокатываемые с регулируемым температурным режимом (многофазные стали), а также стали, требующие замедленных скоростей разливки (например, перитектические, электротехнические и высокоуглеродистые стали, чувствительные к трещинообразованию).

На подобных агрегатах можно получать также весь спектр размеров горячекатаного плоского проката — от особо тонких полос толщиной от 0,8 мм и более, прокатываемых по бесконечному режиму, до толстых полос толщиной до 25 мм. Это достигается в сочетании с весьма низкими затратами на преобразование производства по сравнению с любым другим современным процессом.

Установка непрерывной разливки тонких слябов в технологическом процессе DUE®

Вертикальная с изгибом (радиус изгиба 5,5 м) слябовая УНРС разработана в одноручьевом варианте для получения слябов толщиной 110 мм после разливки с мягким динамическим обжатием, со скоростью разливки от 2,5 до 6,8 м/мин в зависимости от марки стали. Такое беспрецедентное сочетание толщины сляба и скорости разливки позволяет легко получать массовые потоки, обеспечивающие полностью бесконечный режим технологического процесса, особенно в случаях производства особо тонких полос из коммерческих марок стали.

Данная УНРС является логическим развитием уже утвердившихся в металлургии вертикально-криволинейных



Компоновка участка прокатного стана

УНРС, разработанных компанией Danieli. При проектировании этой установки в полной мере использовали большой опыт, накопленный компанией за более чем 25 лет работы в этой области, в том числе и значительный опыт разлива со сверхвысокими скоростями. Особенно важны знания, полученные при промышленной эксплуатации компактного литейно-прокатного агрегата бесконечной прокатки с высокой скоростью разлива, введенного в эксплуатацию в 2008 г. на мини-заводе компании Posco, Южная Корея. В составе этого агрегата УНРС для отливки тонких слябов, сооруженная компанией Danieli, постоянно работает со скоростями 6–7 м/мин (максимальная скорость разлива 8 м/мин). Высокое качество слябов гарантируется применением особой запатентованной конструкции кристаллизатора и механизма качания кристаллизатора, в сочетании с динамическим вторичным охлаждением водяным туманом и динамическим мягким обжатием.

Сочетание отмеченных ранее размеров слябов и конструкции УНРС позволяет получать такой же характер гидродинамики жидкого металла в кристаллизаторе, как и при разливе слябов средней толщины. Однако при этом достигаются более точный контроль процесса кристаллизации, более простое управление им и более стабильный характер процесса по сравнению с традиционным вариантом отливки тонких слябов. Стабильность процесса и простота управления — ключевые положения работы по бесконечной схеме, при которой воспроизводимость и стабильность рабочего режима являются неизменными условиями.

Динамическое мягкое обжатие — одна из основных особенностей тонкослябовых УНРС; в сочетании с вертикально-криволинейной конструкцией оно обеспечивает наилучшее регулирование внутренней структуры заготовки и качества ее поверхности при любых режимах разлива. По такой технологии можно получать слябы большей толщины, чем традиционные тонкие слябы. При этом значительно увеличивается степень деформации при прокатке полос из таких слябов, что расширяет сортамент прокатываемой продукции.

Возможность прокатки всего сортамента полосового проката из слябов лишь одной толщины, независимо от

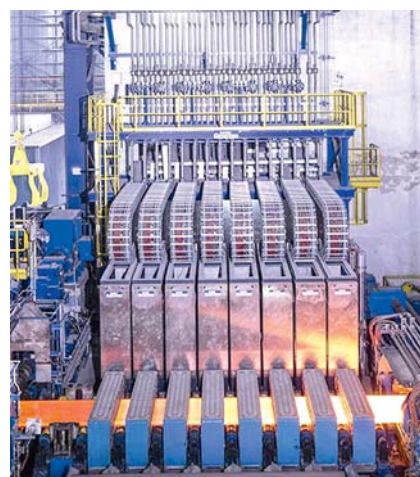
толщины готовой полосы, безусловно, вносит ощутимые преимущества в производственный процесс. УНРС может работать с производительностью примерно до 3 млн. т/год на одном ручье и обеспечивать получение продукции из различных марок стали (низко-, средне- и высокоуглеродистых, высокопрочных низколегированных, перитектических, кремнистых, трубопроводных по стандартам API и др.).

Производственная гибкость кристаллизаторов конструкции компании Danieli, которая гарантирует кристаллизацию металла без внутренних напряжений и деформаций, дает возможность непрерывно регулировать ширину сляба в процессе разлива. Благодаря отсутствию ограничений по ширине сляба технологический процесс становится гибким и экономически выгодным.

Узкие плоскости кристаллизатора имеют специальный профиль, а встроенная система регулирования ширины обеспечивает возможность динамического изменения конусности узкой плоскости при изменении параметров разлива (марки стали, скорости разлива, при выявлении налипания металла) и стабильные условия выхода сляба при любом режиме работы агрегата, включая бесконечный. Кроме того, динамическая система вторичного охлаждения, дополненная системой дифференциального регулирования охлаждения по ширине сляба, позволяет оптимизировать температуру на кромках слябов, исключая возможность образования угловых трещин даже при разливе наиболее склонных к трещинообразованию марок стали (например, высокопрочных низколегированных (HSLA) и высокоуглеродистых (HC)).

Проходная печь туннельного типа

Проходная печь туннельного типа предназначена для работы в дискретном режиме (подобно традиционным агрегатам для прокатки тонких слябов), в полубесконечном режиме (приспособленная к нагреву длинных исходных слябов, каждый из которых эквивалентен по массе нескольким рулонам) и в полностью бесконечном режиме. Печь выполняет также основные буферные функции, благодаря чему повышается производственная гиб-



Система индукционного нагрева, разработанная и изготовленная компанией Danieli Automation (DA)

кость агрегата и обеспечивается возможность решения такой важной задачи, как перевалка рабочих валков, не прерывая работу плавильных агрегатов и УНРС, «переключая» на время перевалки режим работы агрегата с бесконечного на дискретный и не снижая при этом производительность цеха.

Прокатный стан в технологическом процессе DUE®

Прокатный стан DUE® является естественным результатом развития концепции QSP® компании Danieli, предусматривающей разделение прокатных клетей в группу обжимных клетей и группу чистовых клетей; в этих группах осуществляется двухстадийная прокатка. Такая компоновка прокатного участка агрегата включает:

- специализированную установку для гидросбива окалины водой под высоким давлением, специально установленную на входе в группу чистовых клетей (дополнительно к аналогичной установке на входе в группу обжимных клетей), чтобы ограничить возможность появления отпечатков окалины на поверхности проката, благодаря чему значительно улучшается качество поверхности готовой полосы в рулоне;
- систему интенсивного охлаждения, размещенную в камере окалиносбивателя на входе в группу чистовых клетей и используемую при производстве полосы из сталей, подвергаемых термомеханической обработке, или сталей по стандартам API для гарантирования пра-

вильного распределения температуры и контроля процесса роста зерен, что особенно важно при термомеханической прокатке;

- обрезные ножницы, необходимые при прокатке тонких полос, используемые для обрезки переднего и/или заднего концов подката с целью облегчения заправки полосы в чистовую группу клетей, а также для уменьшения отпечатков заднего конца;
- систему индукционного нагрева для стабильного производства тонких и особо тонких полос в бесконечном режиме. Индукционные нагреватели устанавливаются в соответствии с конкретными требованиями на съемной раме, они могут быть извлечены из линии агрегата для ремонта или в случаях, когда их не используют (например, при работе агрегата в дискретном режиме). Число и размеры прокатных клетей заложены в проект агрегата для возможности прокатки широкого сортамента полос по толщине (от 25 мм

до 0,8 мм) из слэбов толщиной 110 мм и для получения продукции с гарантированно высокой точностью размеров и механическими свойствами. Прокатные клетки оборудованы современными средствами контроля и регулирования выпуклости полосы и ее профиля, принимая во внимание, что эти функции контроля и регулирования должны выполняться также под действием рабочих нагрузок, свойственных процессу бесконечной прокатки.

Рабочая линия завершается системой струйного охлаждения и холодильником, а также высокоскоростными ножницами (позволяющими получать рулоны полосы требуемой длины при работе в режиме бесконечной или полубесконечной прокатки), устройствами для заправки конца полосы, натяжными роликами и подпольными моталками. Данное оборудование прошло полные промышленные испытания и в настоящее время работает на заводе Arvedi, Италия.

Автоматизация

Благодаря оригинальной технологии 3Q, разработанной компанией Danieli Automation, удалось решить проблемы процесса DUE®, связанные с его системой автоматизации. Для управления процессом требуется не только система автоматизации — она должна помогать операторам в принятии правильных решений, касающихся хода процесса, в накоплении необходимого опыта и в дальнейшем совершенствовании инновационного процесса.

Для процесса DUE® характерна высокая степень интеграции (технологический процесс включает разливку, подогрев, прокатку, охлаждение и смотку рулонов), поэтому был выбран вариант единого виртуального пульта. Это означает, что все операторы могут легко связываться между собой либо вербально, либо визуально, в соответствии с концепцией «единой команды», управляющей предприятием. Кроме того, операторам помогает в управлении предприятием концепция нового управляющего интерфейса, состоящего из нескольких иерархических уровней, каждый из которых ориентирован на конкретную рабочую функцию.

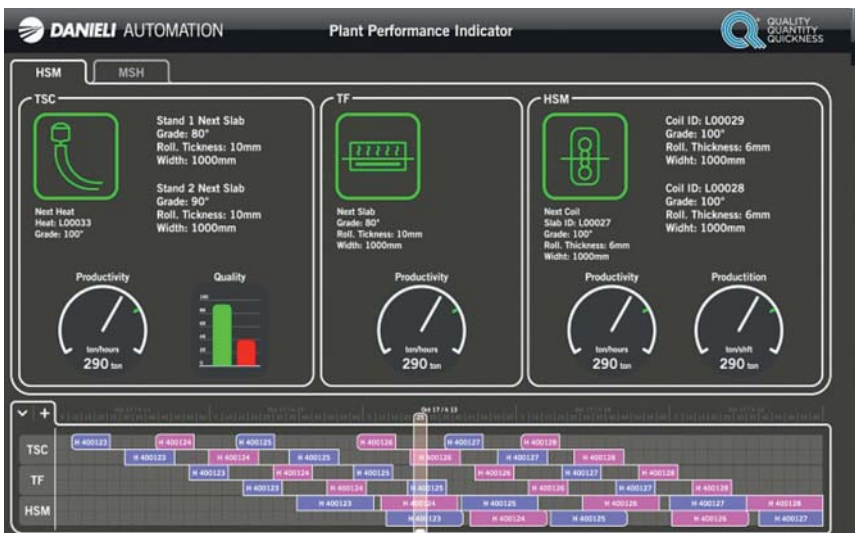
Изменение толщины полосы в процессе прокатки требует очень точной следящей системы и ряда продуманных стратегических решений, которые позволили бы одновременно получать требуемую толщину полосы и минимизировать длину переходного участка. Аналогичная концепция необходима и при изменении ширины слэба при разливке. Обе стратегии заметно улучшают коэффициент использования оборудования, позволяя оперативно изменять параметры процессов в зависимости от полученных заказов и сокращая номенклатуру прокатанных полос в рулонах по ширине.

Для того, чтобы получить требуемые механические свойства прокатанной полосы при любом режиме работы агрегата, полосу в процессе охлаждения контролируют с использованием встроенного пакета сложных моделей процесса охлаждения, в которые заложены зависимости для основных физических параметров и современные адаптационные системы.

Синхронизация УНРС и прокатного стана является одним из опорных решений технологии бесконечной прокатки. Новый алгоритм управления разработан для обеспечения плавной



Высокоскоростные ножницы и участок подпольных высокоскоростных моталок



Система автоматического управления технологическим процессом 3Q, разработанная компанией Danieli Automation (DA)



Siempelkamp

Maschinen- und Anlagenbau



НАДЕЖНЫЕ, ПРОЧНЫЕ, ТОЧНЫЕ



Реклама

Прессы для кузнечно-прессовых цехов

СВОБОДНАЯ КОВКА | ОБЪЕМНАЯ ШТАМПОВКА

Прессы компании Siempelkamp развивают усилие прессования до 400 МН и входят в список наиболее мощного оборудования в мире.

www.siempelkamp.com

и надежной связи между этими двумя основными агрегатами при любых рабочих параметрах, при обязательном соблюдении требований к высокому качеству получаемой полосы.

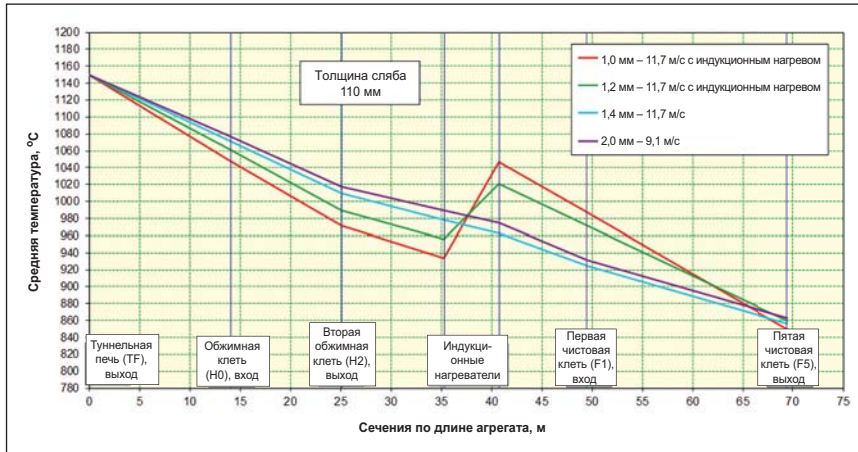
Регулирование температуры при использовании индукционных нагревателей позволяет добиться повышенной тепловой эффективности. Новая уникальная схема основана на полностью цифровом контроле мощности, подводимой к нагревателю, а также на

скового процесса имеет первостепенную значимость. Компания Danieli разработала полный комплект математических моделей для контроля в режиме реального времени и регулирования в заданных пределах выпуклости, плоскостности и утонения кромок прокатанной полосы. Стратегия контроля изменяется непрерывно в режиме «он-лайн», в соответствии с фактическим режимом прокатки, ожидаемой продолжитель-

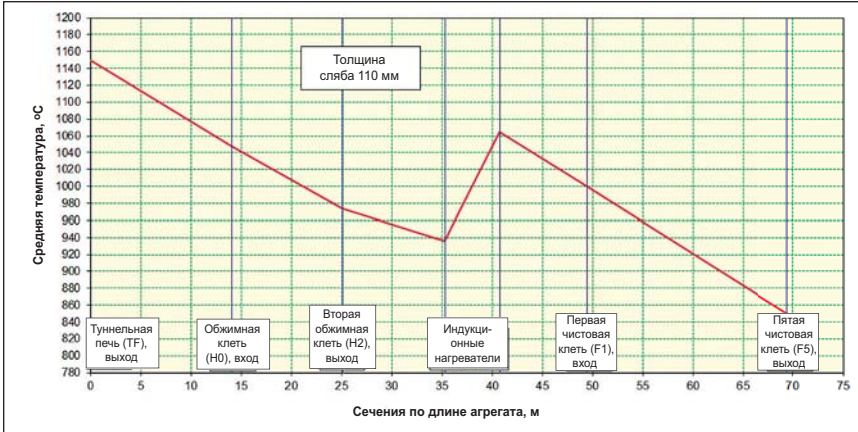
полосы в рулоне и благодаря этому своевременно осуществлять корректирующие воздействия. Качество поверхности также проверяют в линии агрегата, используя специализированную аппаратуру, установленную в ключевых точках всего агрегата. Для того, чтобы выявить и оценить причины поверхностных дефектов, проводят анализ их первопричин.

Режимы прокатки

Как было отмечено ранее, благодаря своей компоновке универсальный агрегат бесконечной прокатки компании Danieli (DUE®) может работать в режиме дискретной, полубесконечной и бесконечной прокатки, выбирая наиболее подходящий режим в зависимости от выпускаемого сортамента продукции. Например, режим бесконечной прокатки экономически целесообразен для производства полос толщиной до 1,5 мм. Выбор оптимального режима прокатки возможен при компоновке DUE® в соответствии со скоростью разлива и толщиной готовой полосы.



Прокатка в дискретном режиме — изменение температуры металла по длине агрегата в зависимости от толщины прокатываемых полос



Прокатка в полубесконечном режиме — изменение температуры металла по длине агрегата при прокатке полос толщиной 0,8–1,0 мм

интеллектуальной схеме электропитания, позволяющей выполнять нагрев с высокой эффективностью и при этом упрощающей эксплуатацию и обслуживание блока питания. Индукционные нагреватели полностью спроектированы и изготовлены компанией Danieli в соответствии с планами тщательного регулирования показателей процесса и достижения стабильных рабочих характеристик.

Контроль выпуклости листов, их плоскостности и износа валков при бесконечном режиме технологиче-

ностью кампании валков и учитывая возможность использования наиболее эффективного исполнительного механизма на каждом участке агрегата.

Оценку влияния каждого из показателей качества как слэба, так и полосы в рулоне выполняют благодаря разработанной компанией Danieli системе контроля качества слэбов и алгоритму статистической оценки качества полосы в рулонах, который позволяет рассчитать в режиме реального времени механические свойства

Прокатка в дискретном режиме

При прокатке в дискретном режиме слэб, полученный на УНРС, режут на заданные длины маятниковыми ножницами на выходе из УНРС. Из каждого слэба получают один рулон полосы. При дискретном режиме работы литейно-прокатного агрегата массовые потоки в УНРС и в прокатном стане получаются различными; каждый из них может быть оптимизирован в соответствии с конкретными рабочими параметрами каждого из компонентов непрерывного агрегата (причем параметры не совпадают между собой) с целью гарантированного получения продукции наивысшего качества. Дискретный режим рекомендуется для производства полосы толщиной более 1,4 мм. Однако, применяя промежуточный подогрев подката в индукционной печи, можно обеспечить более стабильные требуемые условия прокатки для получения более тонких полос (толщиной до 1 мм) без необходимости повышения скорости перемещения подката после начала операции охлаждения, к чему прибегают для ограничения потерь температуры после начала смотки полосы в рулон.

Полубесконечный режим прокатки

При этом режиме работы агрегата «материнский сляб», полученный в УНРС (из которого можно прокатать примерно 5 рулонов), получают после резки металла маятниковыми ножницами на выходе из кристаллизатора. После прокатки полосу режут высокоскоростными ножницами на длины, соответствующие длине полосы в каждом рулоне, перед входом на участок смотки рулонов.

При полубесконечном режиме производства литейно-прокатного агрегата массовые потоки в УНРС и в прокатном стане получают различные, как и при дискретном режиме. Однако в этом варианте сокращаются потери металла за счет уменьшения обрезки от переднего и заднего концов на ножницах, расположенных на входе в чистовую группу клетей прокатного стана, вследствие уменьшения числа слябов, поступающих на прокатку.

Кроме того, может быть уменьшена минимальная толщина полосы, прокатываемой на стане, так как для рулонов, получаемых из средней части материнского сляба, даже при повышении скорости прокатки исключается угроза нерегулируемого подъема («планирования») переднего конца на отводящем рольганге, поскольку полоса уже находится в условиях натяжения между прокатными клетями и подпольной моталкой.

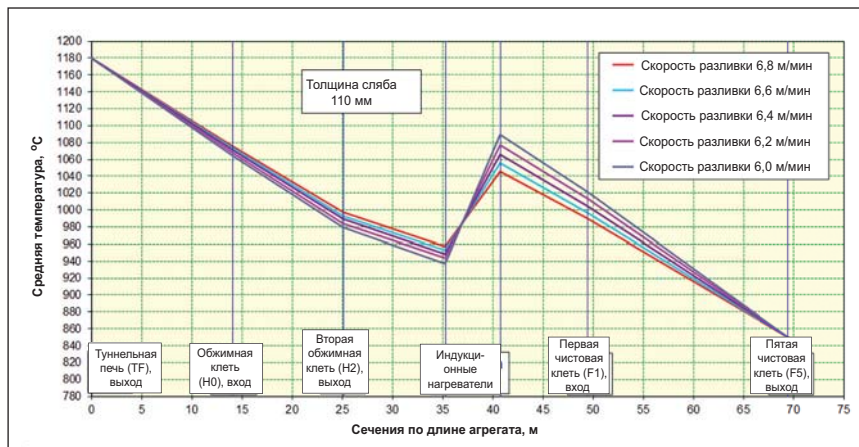
При проектировании компоновки агрегата по схеме DUE® полубесконечный режим применяют в основном для производства тонких полос в случаях, когда бесконечный вариант работы агрегата затруднительно применить из-за несоответствия массовых потоков, например при прокатке среднеуглеродистых, высокоуглеродистых или высокопрочных низколегированных сталей, либо в случаях недостаточной производительности сталеплавильных агрегатов, снабжающих УНРС жидкой сталью.

При компоновке DUE® литейно-прокатного агрегата даже при полубесконечном характере производственного процесса можно добиться более стабильных условий получения тонких полос благодаря применению индукционных нагревательных систем; при этом нет необходимости в повышении скорости перемещения

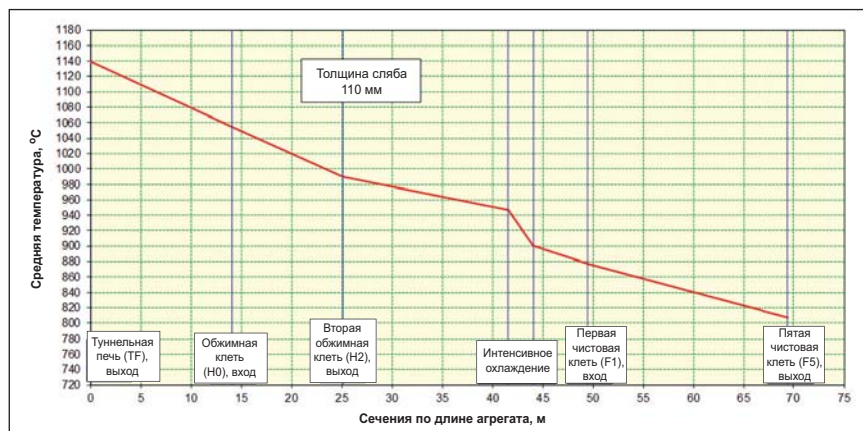
проката после начала намотки рулонов (что предпринимается для уменьшения потерь температуры). Если полубесконечный режим работы не предусмотрен, то компоновка агрегата DUE® может быть еще более компактной, так как для дискретного и бесконечного режимов длина туннельной печи возможна менее 100 м, что ведет к дальнейшему сокращению капитальных и текущих производственных затрат.

ствующие длине полосы в рулоне, на высокоскоростных ножницах перед входом на участок смотки рулонов.

При использовании бесконечной схемы производства полосы УНРС и прокатный стан работают с равными массовыми потоками, что гарантирует непрерывность процесса. При компоновке DUE® бесконечный режим прокатки используют в основном для производства крупных партий тонких и особо тонких полос. Эта схема по-



Бесконечная прокатка — изменение температуры металла по длине агрегата в зависимости от скорости разлива



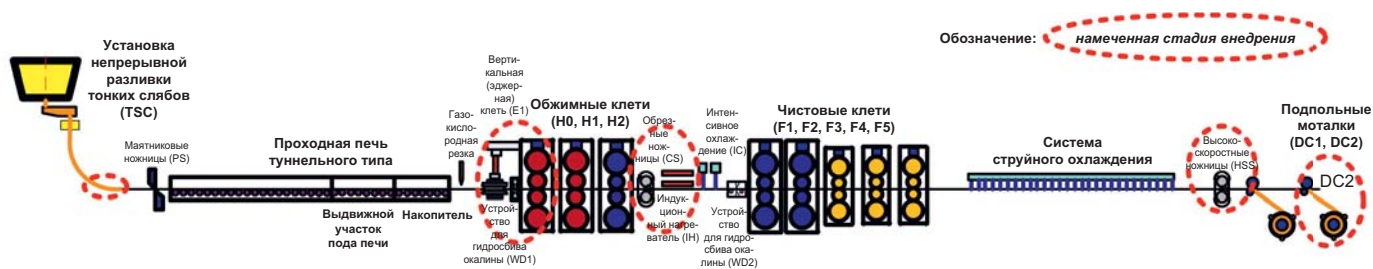
Термомеханическая прокатка в дискретном режиме — изменение температуры металла по длине агрегата при прокатке полосы толщиной 12 мм из стали API X70

Бесконечный режим прокатки

Последние разработки в области непрерывной разлива со сверхвысокими скоростями, выполненные компанией Danieli, показали, что на УНРС можно получить массовые потоки, достаточные для обеспечения полностью бесконечного характера технологического процесса. Сляб, полученный в кристаллизаторе УНРС, поступает в прокатный стан, работающий в режиме бесконечной прокатки; полосу режут на требуемые длины, соответ-

ствующие трудности, связанные с другими схемами производства, а также обеспечивает более высокий выход годного.

При компоновке DUE® благодаря благоприятному массовому потоку, который обеспечивает использование слябов толщиной 110 мм и скорости разлива более 6 м/мин, наличие индукционных нагревателей способствует стабильному производству в воспроизводимых режимах особо тонких полос (толщина до 0,8 мм), при этом температура полосы на вы-



Поэтапное внедрение планировки QSP-DUE®

ходе из чистовой группы клетей сохраняется на уровне 850 °С независимо от скорости разливки.

Режим термомеханической прокатки

Применение системы интенсивного охлаждения между группами обжимных и чистовых клетей прокатного стана позволяет дополнить сортамент продукции многими марками стали с особыми свойствами (например, по стандартам API). Систему интенсивного охлаждения применяют при дискретном режиме работы агрегата, при этом установку индукционного нагрева выводят из линии агрегата. Система интенсивного охлаждения — действенный инструмент для осуществления реального процесса термомеханической прокатки, так как с помощью этой системы подкат охлаждается до температуры ниже точки остановки рекристаллизации. Таким образом удается предотвратить риск частичной рекристаллизации в чистовой группе клетей и, как следствие, получения неоднородной микроструктуры. Полученная полоса в рулонах пригодна также и для применения в арктических условиях (при температурах до -60 °С).

При использовании сляба толщиной 110 мм в качестве заготовки для прокатки на агрегате с компоновкой DUE® могут быть достигнуты такие степени деформации на стадиях процесса от сляба до промежуточного подката и от промежуточного подката до готовой полосы, которые превышают степень деформации, достигаемую на других тонкослябовых литейно-прокатных агрегатах. В результате расширяется сортамент по толщине полос, производимых по стандартам API, в сторону более толстых полос, и появляется возможность прокатки заготовки для производства спирально-шовных сварных труб большого диаметра для магистральных газопроводов

высокого давления. Кроме того, использование мощной системы охлаждения на отводящем рольганге способствует дальнейшему измельчению зерен в микроструктуре и упрочнению металла в результате фазового превращения, что позволяет реализовать преимущества таких компонентов микроструктуры, как игольчатый феррит и бейнит. Таким путем можно добиться сокращения расходов на дорогие легирующие добавки к стали и повысить уровень прочностных показателей полосы в рулонах.

Модульная конструкция агрегата

В зависимости от конкретных условий (доступность жидкой стали, ситуация на рынке, сортамент продукции, капитальные затраты и др.) компоновка DUE® может быть внедрена поэтапно, начиная с классической планировки QSP®. Например, в зависимости от доступности жидкой стали, на первой стадии внедрения проекта можно сосредоточить внимание на ограниченном производстве горячекатаной полосы в рулонах, прокатке тонких полос (толщиной до 1 мм) в дискретном режиме из слябов толщиной 70 мм, с использованием семи клетей в чистовой группе прокатного стана.

На более поздней стадии, когда обеспечивают дополнительное поступление жидкой стали на литейно-прокатный агрегат, можно начинать вторую стадию внедрения и расширения объема производства путем увеличения толщины отливаемых слябов до 110 мм, добавления необходимых сегментов к кристаллизатору УНРС и еще одной клетки к прокатному стану с целью продолжения прокатки полос толщиной 1 мм в дискретном режиме. Последней стадией может послужить внедрение пакета решений бесконечной прокатки с установкой системы индукционного нагрева и высокоскоростных ножниц, что позволит произ-

водить особо тонкие полосы (толщиной до 0,8 мм) в полностью бесконечном режиме.

Выводы

Разработка компанией Danieli процесса DUE® — универсальной технологии бесконечной прокатки — является решением, позволяющим преодолеть ограничения, присущие действующим тонкослябовым литейно-прокатным агрегатам. Предложенная технология позволяет получать продукцию для всех областей и ниш сектора плоского проката на мировом рынке, используя технологический процесс, наиболее подходящий для каждой марки стали и вида продукции. Благодаря сочетанию таких параметров, как толщина отливаемых слябов и скорость разливки, можно получить недостижимую прежде производительность агрегата на уровне 3 млн. т/год при одноручевой разливке и при весьма привлекательном уровне удельных капитальных затрат.

Схема компоновки агрегата, а также эффективное сочетание тепловой энергии (печь туннельного типа с газовым нагревом) и индукционного нагрева позволяют оптимизировать энергопотребление, превращая DUE® в поистине экологичный агрегат, а также способствуют снижению текущих расходов на 15–20 % по сравнению с действующими тонкослябовыми агрегатами.

Теперь можно проводить дискретную и бесконечную прокатку, термомеханическую и многофазную обработку, получать особо тонкий и толстый полосовой прокат в единой производственной линии. Это открывает возможности производства на новом агрегате и поставок на рынок продукции с особыми свойствами и продукции массового спроса, что позволяет считать новый агрегат обладающим в настоящее время наибольшей производственной гибкостью. ■