

Развитие технологии прокатки стального листа в Китае

Студент гр. 10402319 Цзян Хао, Чжоу Цзюньцзе
Научный руководитель Зеленин В.А.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Рост сталелитейных мощностей в Китае уже давно занимает первое место в мире. Сейчас в центре внимания находятся вопросы повышения производительности прокатки стального листа, контроля и управления его размерами и формой, разработки совмещенных процессов прокатка-охлаждение и литьё-прокатка.

1 Совмещенная технология горячая прокатка–охлаждение стального листа

Северо-Восточный университет технологии и автоматизации прокатки разработал линию сверхбыстрого охлаждения горячекатаного стального листа [1]. Сверхбыстрое охлаждение стало ключевой операцией процесса изготовления листа толщиной от 12 до 100 мм, шириной до 3,3 м и длиной до 20 м (рисунок 1).



Рисунок 1 – Система сверхбыстрого охлаждения прокатанного стального листа

Реализация сверхбыстрого охлаждения позволила сократить время пребывания заготовки в высокотемпературной зоне и снизить образование окалины, что значительно улучшило качество поверхности листа.

Совмещенная технология прокатка-охлаждение заключается в объединении прокатного стана и оборудования охлаждения в одну технологическую линию (рисунок 2).

Рисунок 2 – Линия совмещенной технологии прокатка-охлаждение

Автоматизированная система контроля и управления температурой листа позволяет поддерживать равномерное распределение температуры по всей его площади с точностью ± 20 °C (рисунок 3). Кроме того, сверхбыстрое охлаждение сокращает время нахождения листа на

охлаждающем конвейере, уменьшает градиент температуры по высоте листа, что минимизирует уровень возникающих в нем остаточных напряжений.

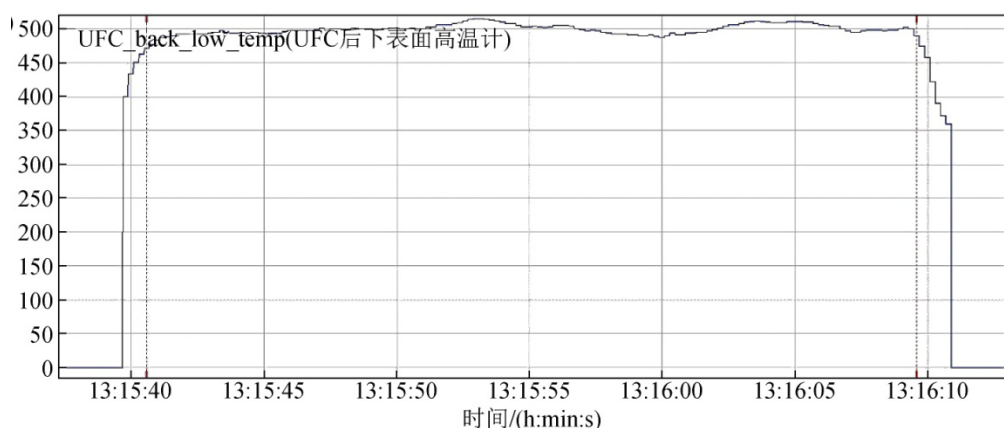


Рисунок 3 – Температура листа толщиной 20мм при прокатке(500 ± 20 °C) и охлаждении

В результате сверхбыстрого охлаждения измельчается структура приповерхностных слоев с обеих сторон листа, что повышает их твердость и износостойкость (рисунок 4).

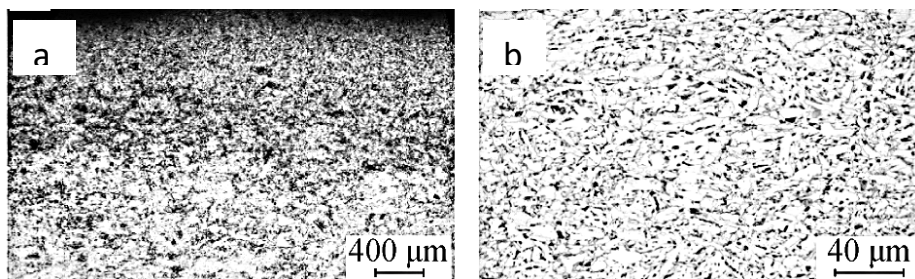


Рисунок 4 – Кристаллическая структура поверхностного (a) и центрального (b) слоев стального листа, прокатанного со сверхбыстрым охлаждением

При прокатке тонкого листа толщиной до 3 мм из высоколегированных сталей, вследствие отношения ширины к толщине листа порядка 1000, неравномерность охлаждения по площади при закалке и формирование высоких напряжений приводило к короблению листа и образованию трещин (рисунок 5).

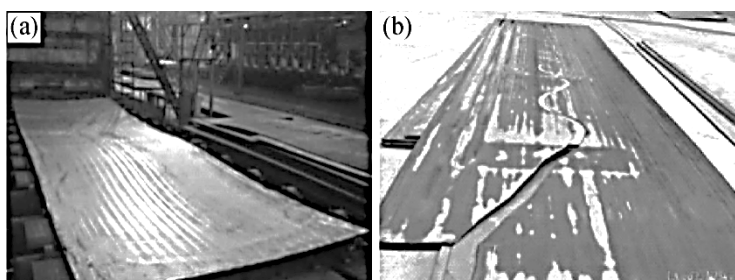


Рисунок 5 – Проблемы закалки тонкого (≥ 3 мм) высоколегированного стального листа:
а – коробление; б – трещины

Для устранения деформации тонкого листа при охлаждении были разработаны метод и устройство роликовой закалки при подаче струй воды на верхнюю и нижнюю поверхности стального листа (рисунок 6). Устройство состоит из 5 секций, в каждой из которых расположено по 2 верхних и 2 нижних ролика, длина которых соответствует ширине листа. При закалке лист находится в заневоленном состоянии между роликами. Частота вращения роликов

от секции к секции нарастает, что приводит к образованию в листе напряжений растяжения (натяга).

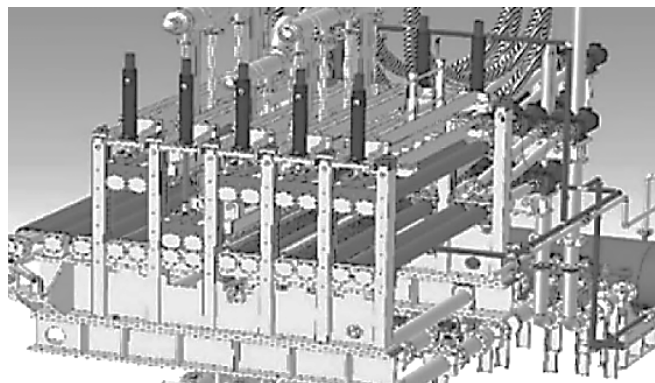


Рисунок 6— Роликовый механизм заневоливания и натяга листа при закалке

В результате была решена проблема закалки тонких высоколегированных стальных листов с максимальными габаритными размерами $3,3 \times 16$ м, с сохранением высокой точности по толщине листа и малых отклонений от плоскостности его поверхности.

2 Совмещенная технология литье-прокатка заключается в том, что процесс затвердевания расплава металла происходит за очень короткое время со скоростью на два порядка выше, чем при обычном литье. При этом растворенные в матрице легирующие элементы образуют пересыщенные твердые растворы, металл остается однофазным и приобретает повышенные эксплуатационные свойства.

Северо-Восточный университет совместно с SteelCo., Ltd. разработали технологию и оборудование Newco CASTRIP для производств тонких и ультратонких листов низкоуглеродистой электротехнической стали. Была оптимизирована конструкция сопла, повышена однородность, равномерность и стабильность процесса тонкополосного литья. Разработана стратегия автоматического управления и контроля уровня расплава в кристаллизаторе с точностью ± 1 мм. Результаты исследования структуры листовой электротехнической стали состава Fe–0,7% Si, полученной по традиционной и совмещенной технологиям, представлены на рисунке 7.

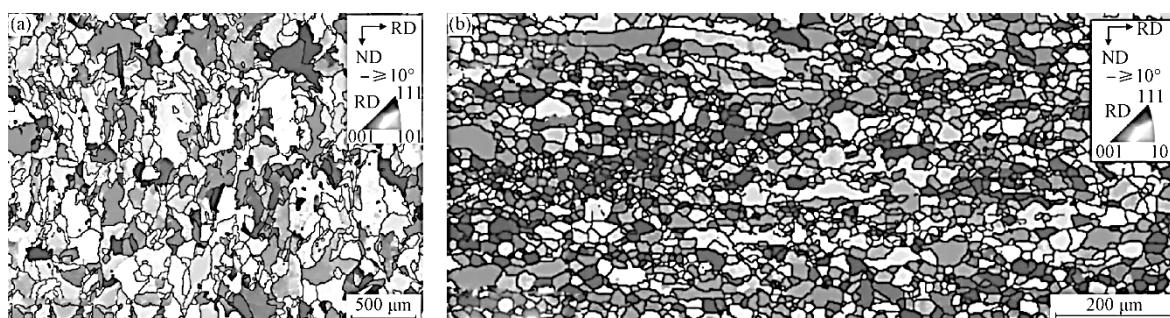


Рисунок 7—Структура электротехнической стали Fe-0.7% Si:
а – технология литье-прокатка; б – традиционная технология

Размер зерна стали, полученной по совмещенной технологии, составил 80 мкм, её структура близка к однофазной. Традиционная прокатка электротехнической стали включает следующие операции: горячую прокатку слитков на слябы, горячую прокатку слябов в лист толщиной 2–3 мм и холодную прокатку за 5–6 проходов с промежуточными отжигами [3].

Прокатку слитка в сляб производят при температуре от 1100 °С вначале до 800 °С в конце за 10–12 проходов с относительным обжатием от 10 до 50 %. В результате получают полосу толщиной 2–3 мм. Холодную прокатку листов толщиной 0,35–0,5 мм производят за 5–6 проходов с относительным обжатием 50–60 % с одним промежуточным отжигом.

При низких температурах (100 °С) пластическая деформация электротехнической стали осуществляется в основном двойникованием. Плотность дислокаций в процессе холодной

прокатки увеличивается до 10^{16} м^{-2} , размер зерна снижается до 35 мкм и формируется двухфазная кристаллическая структура листа (рисунок 7,б). В результате коэрцитивная сила электротехнической стали увеличивается до 500А/м, а её магнитная проницаемость снижается.

Качество листов электротехнической стали, полученной по совмещенной технологии литьё–прокатка, значительно выше соответствует лучшим мировым аналогам.

Заключение

Уровень развития технологий прокатки стального листа в Китае соответствует мировому уровню. Основное внимание в последние годы было уделено созданию оборудования и освоению совместных технологий горячая прокатка-охлаждение и литья-прокатки.

Совмещенная технология – горячая прокатка-охлаждение стального листа сочетает технологию прокатки и термическую обработку, что повышает качество, улучшает структуру поверхностных слоев, их твердость и увеличивает производительность.

При применении совмещенной технологии при пластической деформации используется первичная теплота непрерывно литой заготовки, что экономит энергоресурсы на нагрев, повышает производительность и эффективность использования оборудования. Преимуществом литейно-прокатных агрегатов является компактное расположение оборудования, что требует меньших производственных площадей.

Прокатка листов электротехнической стали по совмещенной технологии литья-прокатки способствует улучшению кристаллической структуры листа, существенно снижает энергозатраты и повышает производительность прокатки, а также качество листов и их магнитные свойства.

Список использованных источников

1 Ли Хэ Shansteel Sunshine 2050 Горячекатаный прокат на основе ультрабыстрой холодной двухфазной стали DP600 производственной практики [J] / Ли Хэ. – Сычуань. Металлургия, 2019. – 41(2). – Р. 32–36.

2 Berdiev, D.M. Improving wear resistance of steel products to unconventional heat treatment methods / D.M. Berdiev, A.A. Yusupov // International journal of scientific & technology research. Vol. 9, Issue 02, February 2020. – Р 2504–2509.

3 Мишин, Д.Д. Магнитные материалы: учеб.пособие. / Д.Д. Мишин. – М.: Высш. школа, 1981. – 335 с.