

Рис. 4. Распределения температуры конца прокатки полосы 2x1250 при прокатке на ШСГП 2000 ОАО «ММК» по варианту обжатий 1 (а) и 2 (б): USL и LSL – верхняя и нижняя граница допуска указанных параметров

Список литературы

1. Румянцев М.И. Методика разработки режимов листовой прокатки и ее применение // Вестник МГТУ им. Г.И. Носова. 2003. № 3. С. 35-39.
2. Мазур В.Л., Ноговицын А.В., Добронравов А.И. Рациональный метод расчета на ЭВМ параметров тонколистовой прокатки // Изв. вузов. Черная металлургия. 1977. № 2. С. 54-59.
3. Разработка и опыт применения программы автоматизированного проектирования технологий горячей прокатки высокопрочной широкополосной стали для автомобилестроения на станах различных типов / Румянцев М.И., Шубин И.Г., Попов А.О. и др. // Современная металлургия начала нового тысячелетия: сб. науч. труд. Ч. II. Липецк: Изд-во ЛГТУ, 2011. С. 56-62.
4. Румянцев М.И., Цепкин А.С., Оплачко Т.В. Унифицированный подход к расчету дифференциальных оценок при квалиметрическом оценивании качества проката // Вестник МГТУ им. Г.И. Носова. 2007. №3. С. 61-64.

Bibliography

1. Rumyantsev M.I. Methodology of hot strip rolling technology development and its application // Vestnik Magnitogorsk State Technical University named after G.I.Nosov. 2003. № 3. P. 35-39.
2. Mazur V.L., Nogovitsyn A.V., Dobronravov A.I. The rational way of thin strip rolling parameters computer calculation // Sci. ferrous metallurgy. 1977. № 2. P. 54-59.
3. Development and experience with the computer aided design of hot rolling technology of wide-strip high-strength steel products production for automobile industry for different types of mills / Rumyantsev M.I., Shubin I.G., Popov A.O. and others // Modern metallurgy of the new millennium beginning: scientific papers. Part II Lipetsk: Publ LSTU, 2011. P. 5-62.
4. Rumyantsev M.I., Tsepkin A.S., Oplachko T.V. Unified approach to differential ratings calculation in their qualitative evaluation of rolled metal quality // Vestnik Magnitogorsk State Technical University named after G.I.Nosov, 2007. №3. P. 61-64.

УДК 621.746.5.047

Мошкун В.В., Столяров А.М.

ВЛИЯНИЕ МЯГКОГО ОБЖАТИЯ НА МАКРОСТРУКТУРУ СЛЯБОВОЙ НЕПРЕРЫВНОЛИТОЙ ЗАГОТОВКИ ИЗ ТРУБНОЙ СТАЛИ

Мягкое обжатие слябовых непрерывнолитых заготовок из трубной стали позволяет улучшить качество центральной части сляба и изменить расположение участка осевой рыхлости и осевой химической неоднородности.

Ключевые слова: непрерывнолитой сляб, мягкое обжатие, качество металла.

Soft reduction of continuously cast from tube steel allows to improve the quality of the central part of slab and to change «center segregation» defects location.

Keywords: continuously cast slab, soft reduction, metal quality

В кислородно-конвертерном цехе ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат» трубная сталь разливается на слябовой МНЛЗ криволинейного типа с вертикальным участком. Для улучшения качества металла осевой зоны слябовой заготовки на этой машине применяется мягкое обжатие непрерывнолитой заготовки [1–2]. В данной работе исследуется влияние мягкого обжатия сляба на макроструктуру отлитой заготовки.

Для изучения особенностей внутреннего строения непрерывнолитых заготовок, отлитых с применением мягкого обжатия, были отобраны поперечные темплеты в процессе разливки трех плавов трубной стали класса прочности К60. В металле плавов А, В, С со-

держалось 0,07–0,10% углерода, 0,28–0,55% кремния, 1,59–1,63% марганца, 0,002–0,003% серы, 0,09–0,15% фосфора. Слябовые заготовки с размерами поперечного сечения 300×2600 мм отливались со скоростью вытягивания из кристаллизатора 0,70–0,79 м/мин. Величина мягкого обжатия составляла от 5,3 до 5,5 мм.

Для исследования качества отлитых непрерывнолитых слябов по их продольной оси вырезались поперечные темплеты. Подготовка всех темплетов заключалась в проведении стандартных операций:

– фрезерования для снятия слоя металла, подвергнувшегося высокотемпературному воздействию огневого реза машины газовой резки;

– шлифования для выравнивания поверхности

темплета;

– травления в горячем 50%-ном растворе соляной кислоты.

После этого производилась оценка качества макроструктуры металла согласно ОСТ 14-1-235-91. Макроструктура литого металла оценивалась по степени развития следующих дефектов:

- осевая рыхлость (ОР);
- осевая химическая неоднородность (ОХН);
- осевые трещины (ОТ);
- трещины, перпендикулярные граням сляба (ТП);
- трещины, перпендикулярные широким граням сляба (ТП_ш);
- трещины, перпендикулярные узким граням сляба (ТП_у);
- трещины гнездообразные (ТГ);
- точечная неоднородность (ТН).

Степень развития дефектов оценивалась с использованием четырехбалльных шкал.

Фотографии темплетов приведены на **рис. 1 и 2**.

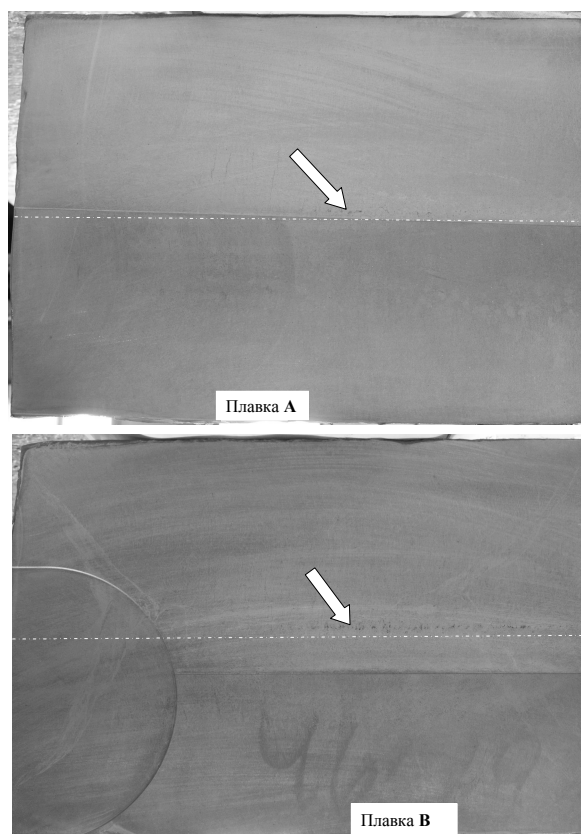


Рис. 1. Фотографии темплетов из слябов плавки А и В

На всех фотографиях белыми штрихпунктирными линиями показана геометрическая середина заготовок по их толщине, а стрелками – место повышенной рыхлости металла по осевой рыхлости и осевой химической неоднородности.

Анализ рисунков показывает, что осевая рыхлость и осевая химическая неоднородность расположены не в середине сляба, а сдвинуты вверх на 1,2–2,5% (отн.) по толщине, то есть темплеты имеют асимметричное строение.

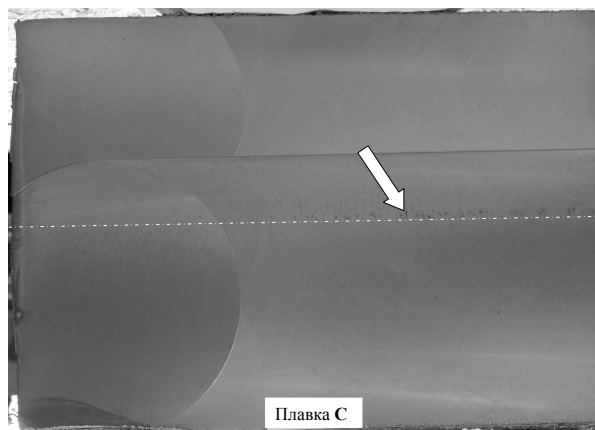


Рис. 2. Фотография темплета из сляба плавки С

Для сравнения строения слябовой непрерывнолитой заготовки, отлитой с применением мягкого обжата и без него, в процессе разливки трубной стали марки 09Г2С (плавка D) были отобраны темплеты. Сталь имела следующий химический состав: 0,09% углерода, 0,66% кремния, 1,54% марганца, 0,004% серы, 0,011% фосфора, 0,033% алюминия, 0,005% азота. Слябы сечением 250×1560 мм отливались со скоростью вытягивания 1,04 м/мин. Мягкое обжатие производилось в 11-м и 12-м сегментах на величину 5 мм. Из второго по порядку разливки сляба, когда осуществлялось обжатие, был отобран поперечный темплет. Другой темплет был отобран из пятнадцатого сляба, отлитого при отключенном обжатии.

Фотографии темплетов представлены на **рис. 3**.

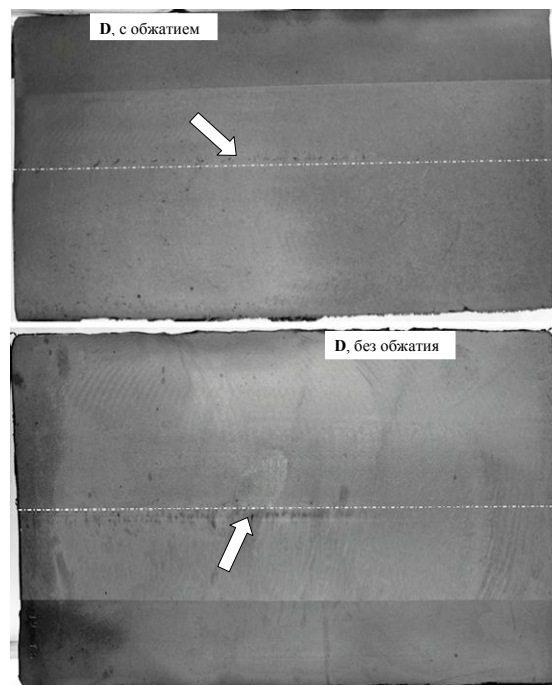


Рис. 3. Фотографии темплетов из слябов плавки D: после мягкого обжата (вверху) и без обжата (внизу); штрихпунктирные линии – середина сляба по толщине; стрелки показывают место расположения осевой рыхлости и осевой химической неоднородности

Металлографическая оценка качества металла показала, что степень развития дефектов «Осевая рыхлость» и «Осевая химическая неоднородность» в слябе с обжатием оценивается баллом 1, а в заготовке без обжатия – баллом 1,5.

При сравнительном анализе структуры темплетов установлено, что расположение участков повышенной растравимости в осевой части темплетов различается. Так, на темплете из сляба, отлитого без обжатия, данные участки находятся на 1,6% ниже геометрической середины заготовки по толщине, то есть наблюдается так называемая «нижняя» асимметрия сляба. Такая структура традиционна и характерна для непрерывнолитых заготовок, отлитых на криволинейных МНЛЗ. Формирование такой структуры происходит вследствие различия между скоростями продвижения фронтов кристаллизации навстречу друг другу из-за оседания равноосных кристаллов, образующихся по объемному механизму, на границу нижнего фронта. На темплете же из сляба, отлитого с мягким обжатием, участки растравимости располагаются на 2,8% выше середины заготовки – возникает «верхняя» асимметрия сляба. Аналогичная структура была обнаружена и на темплетах из слябов толщиной 300 мм牌号 А, В и С (см. рис. 1 и 2).

Следовательно, в результате осуществления обжатия осевые рыхлость и химическая неоднородность перемещаются из нижней в верхнюю половину заготовки. Это может происходить из-за того, что при нажатии гидроцилиндрами сверху на сляб в жидкой части заготовки образуется гидродинамическое давление, направленное сверху вниз. В результате этого сквозь «лес» дендритов двухфазной зоны подпитка расплавом пор в нижней части двухфазной зоны, возникающих из-за усадки металла, происходит значительно эффективнее, чем в ее верхней части. Нижние

поры быстрее залечиваются, а дефекты усадочного происхождения образуются позже – после прекращения обжатия заготовки и находятся в вышерасположенных слоях металла.

Таким образом, мягкое обжатие на 1,8–2,0% по толщине слябовой непрерывнолитой заготовки из трубной стали на криволинейной МНЛЗ с вертикальным участком позволяет улучшить качество центральной части сляба вследствие уменьшения степени развития таких дефектов, как осевая рыхлость и осевая химическая неоднородность примерно на 0,5 балла. В результате мягкого обжатия заготовки изменяется строение осевой части сляба: участки расположения осевой рыхлости и осевой химической неоднородности перемещаются из-под геометрической оси заготовки и оказываются над ней, то есть происходит переход от «нижней» асимметрии при варианте разлива без обжатия к «верхней» асимметрии при использовании мягкого обжатия.

Список литературы

1. Мошкунев В.В., Столяров А.М., Казаков А.С. Определение длины лунки жидкого металла в непрерывнолитых слябах из трубной стали с использованием эффекта «искусственного раздутия» заготовки // Вестник МГТУ им. Г.И. Носова. 2012. №1 (37). С. 24-26.
2. Мошкунев В.В., Столяров А.М., Казаков А.С. Снижение осевой химической неоднородности трубной стали в результате мягкого обжатия непрерывнолитого сляба // Вестник МГТУ им. Г.И. Носова. 2012. №2 (38). С. 24-25.

Bibliography

1. Moshkunov V.V., Stoliarov A.M., Kazakov A.S. Determination of the length to point of solidification in strands of Peritectic Low Alloyed steels for pipes with using «Mini whale» effect // Vestnik MGTU named after G.I. Nosov. 2012. №1 (37). С. 24-26.
2. Moshkunov V.V., Stoliarov A.M., Kazakov A.S. Longitudinal chemical inhomogeneity of continuously cast slab from tube steel improvements as a result of soft reduction. Vestnik MGTU named after G.I. Nosov. 2012. №2 (38). С. 24-25.

УДК 621.778.5:677.721

Харитонов В.А., Лаптева Т.А.

РАСЧЕТ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДЕФОРМАЦИЙ ПО СЕЧЕНИЮ ПРЯДИ ПРИ КРУГОВОМ ОБЖАТИИ

Предложена уточненная методика расчета передачи давления внутрь при малом пластическом обжатии многослойной пряди. Методика учитывает рост контактных площадок под действием тангенциальной составляющей давления.

Ключевые слова: проволока, прядь, малое пластическое обжатие, контактная поверхность, деформация.

There is a method for calculate of deformation around the strands procession radial squeezes. This method demonstrates the increase of the contact between the wires from influence tangential part of the presser.

Keywords: a wire, a strand, small plastic squeezing, a contact surface, deformation.

Повысить эксплуатационный ресурс стального каната возможно с помощью малого кругового пластического обжатия прядей, вследствие которого формируется межпроволочный полосовой контакт, снижающий рабочие напряжения [1-3]. Для определения величины межпроволочного контакта необходимо установить характер распределения деформаций между слоями пряди.

Глушко М.Ф., Скалацким В.К., Малиновским В.А. предложена методика расчета давлений (напряжений)

между проволоками пластически обжатой пряди [4], в которой для определения радиальной составляющей давления в любой проволоке введен коэффициент передачи радиального давления C_{ik} от k -й проволоки на i -ю. Расчет коэффициентов передачи давления ведется через угол β , находящийся между N_{ik} – нормалью к площадке смятия двух проволок и радиусом пряди, проведенным через ось проволоки i (рис. 1). При этом использовано допущение о пропорциональности давления между проволоками площадке их