

УДК 621.746.5.047

Мошкун В.В., Столяров А.М., Казаков А.С.

СНИЖЕНИЕ ОСЕВОЙ ХИМИЧЕСКОЙ НЕОДНОРОДНОСТИ ТРУБНОЙ СТАЛИ В РЕЗУЛЬТАТЕ МЯГКОГО ОБЖАТИЯ НЕПРЕРЫВНОЛИТОГО СЛЯБА

Мягкое обжатие слябовых непрерывнолитых заготовок толщиной 300 мм из трубной стали позволяет, как минимум, вдвое снизить степень зональной химической неоднородности углерода и повысить качество металла.

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

Soft reduction continuously cast slab with thickness 300 mm from tube steel decrease zonal chemical inhomogeneity carbon twice and improved quality metal.

Key words: continuously cast slab, soft reduction, quality metal.

В кислородно-конвертерном цехе ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат» трубная сталь разливается на одноручьева МНЛЗ криволинейного типа с вертикальным участком производства фирмы «SMS Demag». Для улучшения качества металла осевой зоны слябовой заготовки на этой машине применяется мягкое обжатие непрерывнолитой заготовки [1–4]. В данной работе исследуется влияние мягкого обжатия сляба на химическую неоднородность отлитой заготовки.

В процессе разливки трубной стали двух плавков с различным содержанием углерода было выделено по два сляба толщиной 300 мм. Первые по порядку отливки каждой плавки слябы обжатию не подвергались, а последующие заготовки были отлиты с мягким обжатием. Данные о химическом составе разлитого металла и основных параметрах разливки представлены в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Химический состав трубной стали (% по массе)

Химический элемент	Условный номер плавки (опыта) / Марка стали	
	А / X70	В / K56
Углерод	0,0643	0,0997
Кремний	0,287	0,266
Марганец	1,640	1,490
Сера	0,0014	0,0017
Фосфор	0,0078	0,0108
Хром	0,149	0,056
Никель	0,201	0,035
Медь	0,154	0,058
Алюминий	0,036	0,028
Азот	0,006	0,006
Ниобий	0,050	0,047
Водород (ppm)	2,1	2,0

Мягкое обжатие десятого сляба плавки А и шестого сляба плавки В производилось в 12 и 13 сегментах зоны вторичного охлаждения МНЛЗ на участке, находящемся на расстоянии 24,6–29,2 м от поверхности жидкого металла в кристаллизаторе.

После охлаждения выделенных слябов из их осевой части были вырезаны темплеты по схеме, приведенной на рис. 1.

Таблица 2

Основные параметры разливки трубной стали

Параметр разливки	Условный номер плавки (опыта)			
	А		В	
	Порядковый номер сляба			
	2	10	2	6
Размеры поперечного сечения сляба, мм:				
толщина	300		300	
ширина	2600		2612	
длина	2900		3500	
Температура ликвидус стали, °С	1517		1516	
Температура металла в промежуточном ковше, °С	1537	1539	1539	1540
Скорость вытягивания сляба из кристаллизатора, м/мин	0,75	0,80	0,73	0,79
Номера сегментов ЗВО с мягким обжатием сляба	–	12, 13	–	12, 13
Толщина сляба до и после обжатия, мм	–	305,6 / 301,2	–	305,6 / 301,2
Величина мягкого обжатия, мм	–	4,4	–	4,4

С исследуемой поверхности темплетов по толщине слябов на различном расстоянии от верхней широкой грани заготовки был произведен отбор стружки металла при помощи сверла диаметром семь миллиметров. В стружке металла на автоматическом газоанализаторе CS-800 с точностью до 1 ppm определялось содержание углерода и серы.

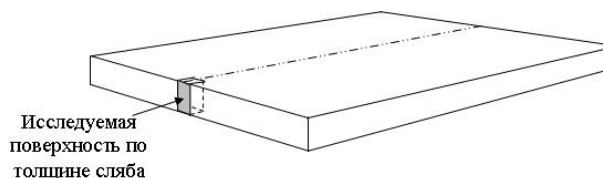


Рис. 1. Схема отбора темплетов из слябовой непрерывнолитой заготовки

Результаты анализа металла по содержанию серы показали, что данный химический элемент практически не ликвидирует из-за низкого исходного содержания, которое составляло всего лишь 0,0014 и 0,0017%. Поэтому химическая неоднородность металла в слябе

оценивалась по степени зональной химической неоднородности другого химического элемента – углерода. Степень зональной химической неоднородности элемента рассчитывалась по традиционной формуле, представляющей собой отношение разности между содержанием элемента в исследуемой точке темплета и его содержанием в маркировочной пробе к содержанию элемента в маркировочной пробе, выраженное в процентах. Изменение степени зональной химической неоднородности углерода по толщине отлитых слябов показано на **рис. 2**.

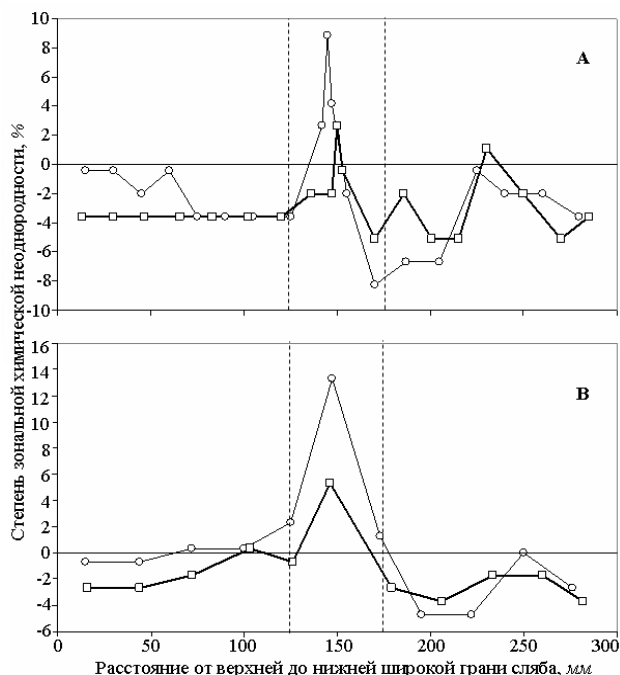


Рис. 2. Изменение степени зональной химической неоднородности углерода по толщине слябовых непрерывнолитых заготовок с мягким обжатием (толстая линия) и без обжатия (тонкая линия) в процессе разливки трубной стали плавов А (вверху) и В (внизу): пунктирные линии – положение фронтов кристаллизации в момент начала обжатия заготовки

Вертикальными пунктирными линиями на поле верхнего и нижнего рисунков показано положение фронтов кристаллизации в момент начала мягкого обжатия заготовки, полученное расчетным методом.

Анализ **рис. 2** показывает, что в металле с меньшим (опыт А) и большим (опыт В) исходным содержанием углерода имеются общие закономерности в его распределении по толщине отлитого сляба трубной стали.

В направлении от периферии к центру заготовки наблюдается постепенное увеличение содержания углерода и изменение знака степени зональной ликвиции этого элемента с отрицательного на положительный. По оси заготовки степень зональной химической неоднородности углерода достигает максимальных значений. Чем больше исходное содержание углерода в разливаемой стали, тем выше максимальная величина степени зональной химической неоднородности. В нижней половине всех слябов отмечается

самое низкое содержание углерода, что, очевидно, объясняется оседанием на нижний фронт кристаллизации в жидкой лунке заготовки наиболее чистых по содержанию растворенных примесей кристаллов.

Результаты оценки степени зональной химической неоднородности углерода в металле опытных слябов представлены в **табл. 3**.

Из этих данных видно, что мягкое обжатие слябовых заготовок позволило существенно уменьшить как максимальную степень зональной химической неоднородности – в 2,5–3,4 раза, так и наибольший интервал изменения этого параметра – в 2,0–2,2 раза. Это объясняется тем, что при осуществлении мягкого обжатия сляба происходит выдавливание обогащенного примесями металла в направлении, противоположном направлению вытягивания заготовки.

Таблица 3

Сравнительные данные по степени зональной химической неоднородности углерода

Величина степени зональной химической неоднородности углерода, %	Условный номер плавки (опыта)			
	А		В	
	Сляб			
	без обжатия	с обжатием	без обжатия	с обжатием
Минимальная	-8,2	-5,1	-4,7	-3,7
Максимальная	8,9	2,6	13,3	5,3
Средняя	-3,1	-3,4	0,9	-1,4
Наибольший интервал изменения	17,1	7,7	18,0	9,0

Таким образом, мягкое обжатие слябовых непрерывнолитых заготовок толщиной 300 мм из трубной стали позволяет, как минимум, вдвое снизить степень зональной химической неоднородности углерода и повысить качество металла.

Список литературы

1. Мошкунев В.В., Столяров А.М. Использование мягкого обжатия непрерывнолитого сляба на криволинейной МНЛЗ с вертикальным участком // Теория и технология металлургического производства: межрегион. сб. науч. тр. Вып. 10. Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ». 2010. С. 57 – 62.
2. Мошкунев В.В., Столяров А.М. Освоение технологии мягкого обжатия непрерывнолитых слябов в ККЦ ОАО «ММК» // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования: материалы 69-й межрегион. науч.-техн. конференции. Магнитогорск, 2011. Т.1. С. 131 – 133.
3. Совершенствование технологии мягкого обжатия непрерывнолитых слябов из трубной стали / С.В. Прохоров, А.С. Казаков, В.В. Мошкунев, А.М. Столяров, А.А. Кульзов // Металлургия. 2012. №2. С. 59 – 61.
4. 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.

Bibliography

1. Moshkunov V.V., Stoliarov A.M. Soft reduction applying of continuous cast slab by curved continuous cast machine with vertical section// Theory and technology of metallurgical production: Interregional collection of scientific works. №10. Magnitogorsk: CEI HVT «MSTU». 2010. P. 57–62.
2. Moshkunov V.V., Stoliarov A.M. Developing of continuous cast slab soft reduction technology in oxygen-converter shop OJSC «Magnitogorsk iron and steel works»// Urgent questions of current science, technology and education: 69th Interregional scientific conference. Magnitogorsk. 2011. B.1. P. 131–133.
3. Perfection of soft reduction technology for continuously cast slabs from tube steel / S.V. Prokhorov, A.S. Kazakov, V.V. Moshkunov, A.M. Stoliarov, A.A. Kul'zhov // Metallurgy. 2012. №2. С. 59–61.
4. 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 using «Mini whale» effect // Vestnik MGTU named after G.I. Nosov. 2012. №2 (37). С.24–26.