

УДК 621.771.23

Власов В.Т.<sup>1</sup>, Власов Т.Ф.<sup>2</sup>

### **ПРОКАТКА ЛИСТОВ ВЫСОКОЛЕГИРОВАННОЙ СТАЛИ ИЗ НЕПРЕРЫВНО-ЛИТОЙ ЗАГОТОВКИ НА ТОЛСТОЛИСТОВОМ СТАНЕ**

*Рассмотрена возможность замены катаного сляба непрерывно-литой заготовкой. Проведено сравнительное исследование качества поверхности, геометрической формы и микроструктуры заготовок.*

Преимущества использования непрерывно-литого сляба для прокатки листов не вызывают сомнения, так как из технологической цепи исключается один из традиционных переделов - нагрев и прокатка слитков на слябинге. Поэтому в настоящее время наблюдается значительное увеличение разливки стали на машинах непрерывного литья заготовок [1].

В качестве основного конструкционного материала для изготовления сварных конструкций ответственного назначения является толстый лист из малоуглеродистых сталей, легированных ниобием, ванадием, титаном и молибденом. Резко возросшие в последние годы требования, предъявляемые к механическим и технологическим свойствам низколегированных сталей, привели к разработке новых высокопрочных сталей [2, 3].

Цель работы – сравнение свойств листов прокатанных из слитков и непрерывно-литых слябов высоколегированной стали типа 12ХНЗМДФ на толстолистовом стане 3000 ОАО «ММК им. Ильича», специализирующегося на прокатке трубной заготовки по контролируемым режимам.

Сталь была выплавлена в кислородном конвертере ОАО «МК «Азовсталь» емкостью плавки 350 т и разлита на машинах непрерывного литья заготовок. Для улучшения макроструктуры литого сляба разливку вели через промежуточный ковш увеличенной емкости с перегородками; скорость вытягивания составляла 0,55...0,60 м/мин.

Качество поверхности и геометрическая форма полученных заготовок сечением 300x1850x2700 мм были лучше, чем у слябов прокатанных из слитков обычной разливки. Наличие паукообразных трещин, имеющих место при отливке таких слябов из сталей марок СтЗ, 09Г2, 45 в данном случае обнаружено не было, что, по-видимому, связано с благоприятной скоростью вытягивания и конструкционными изменениями промежуточного ковша.

Качество литой заготовки по всему сечению изучалось на макротемплетах, отобранных в начале, середине и в конце сляба по ходу разливки.

Анализ поперечных темплетов показал, что в структуре наблюдается симметричная кристаллизация относительно горизонтальной оси сляба в виде трех зон: зона мелких разориентированных кристаллов и дендритов; зона столбчатой кристаллизации, направленной перпендикулярно поверхности и зона осевой неоднородности и рыхлости, т.е. макроструктура имеет характерное для непрерывнолитого металла кристаллитное строение – столбчатые кристаллы в промежуточной зоне, переходящие в разориентированные в осевой зоне.

Прокатку литых слябов производили на толстолистовом стане 3000 ОАО «ММК им. Ильича» на листы толщиной 24, 16, 12 мм. Стан 3000 является одним из самых совершенных станков в нашей стране и поскольку предназначен для контролируемой прокатки листов, то имеет мощное оборудование, которое позволяет осуществлять повышенные обжатия при относительно низких температурах металла. В его состав входят три семизонные методические печи с шагающими балками и безинерционной выдачей нагретых заготовок, две жестких клетки кварто, оборудованных мощным гидросбивом окалины и технологической ЭВМ для осуществления и контроля процесса прокатки в заданных температурно-деформационных режимах.

<sup>1</sup>ПГТУ, канд. техн. наук, доц.

<sup>2</sup>ПГТУ, канд. техн. наук, доц.

Режим нагрева слябов под прокатку определяли исходя из опыта производства листов аналогичного химического состава на других станах нашей страны и за рубежом [4], а также характеристики оборудования стана 3000. Температура печи составляла 1250...1270 °С, удельное время нагрева 1,0...1,4 мин на 1 мм толщины нагреваемой заготовки.

Температурно-деформационные режимы прокатки приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Фактические режимы прокатки листов в чистой клетке, снятые с технологического протокола ЭВМ (значения: а – заданные; б – полученные)

№ про-пуска	Толщина раската, мм	Ширина раската, мм	Длина раската, мм	Температура металла, °С	Относительное обжатие, $\varepsilon = \frac{H-h}{H} \cdot 100\%$	Полное усилие при прокатке, т	
Листы толщиной 12 мм							
1	а	60,57	2283	11031	1040	25,9	2933
	б	60,57	2283	11031	1034	24,9	2815
2	а	44,89	2286	14868	1026	32,5	3776
	б	45,50	2286	14670	1029	32,5	3312
3	а	30,30	2288	22004	1023	35,9	3496
	б	30,70	2288	21724	1042	37,0	3672
4	а	19,43	2290	34289	1026	26,6	3267
	б	19,35	2390	34430	1022	24,9	3413
5	а	14,27	2291	46686	976	15,9	2782
	б	14,54	2291	45815	985	16,8	2736
6	а	12,00	2291	55497	–	–	–
	б	12,10	2291	55055	949	–	–
Листы толщиной 16 мм							
1	а	58,00	2200	11743	1063	19,8	3000
	б	58,00	2200	11743	1053	18,6	3384
2	а	46,53	2201	14625	1044	24,2	3265
	б	47,21	2201	14415	1044	24,5	3276
3	а	35,27	2203	19280	1034	25,5	3527
	б	35,66	2203	19068	1056	26,0	3383
4	а	26,29	2205	25850	1040	26,2	3394
	б	26,39	2205	25748	1043	26,6	3303
5	а	19,40	2206	35011	1016	17,5	3051
	б	19,37	2206	35071	1024	16,6	2839
6	а	16,00	2206	42441	–	–	–
	б	16,15	2206	42055	1000	–	–
Листы толщиной 24 мм							
1	а	58,32	2164	10990	1058	26,2	3128
	б	58,32	2164	10990	1049	25,2	3336
2	а	43,03	2167	14878	1043	30,4	3149
	б	43,64	2166	14672	1032	30,6	3416
3	а	29,93	2169	21369	1024	23,2	3612
	б	30,3	2169	21117	1035	24,1	3347
4	а						
	б	23,01	2170	27790	1014	–	–

Как следует из таблицы 1, режимы обжатий для каждой толщины листов обеспечили равномерную нагрузку клетки стана по пропускам с постепенным снижением температуры прокатки.

После прокатки листы подвергали термической обработке (закалке и отпуску) в камерных печах с выкатным подом, отапливаемых природным газом. Температура нагрева под закалку и высокий отпуск находилась, соответственно, в пределах 910...920 °С и 650...655 °С.

Металлографические исследования показали, что микроструктура однородна по длине и толщине листов (8...9 баллов) и представляет собой сорбит отпуска. Также установлено, что осевая ликвация практически не наблюдается.

В результате механических испытаний установлено, что при одинаковых прочностных характеристиках листы из непрерывно-литого сляба имеют значения ударной вязкости в среднем на 36 %, а из катаного сляба кислородно-конвертерной стали на 58 % выше, по сравнению с листами из катаного сляба мартеновской стали. Минимальные значения ударной вязкости составляют 157; 213 и 120 Дж/см<sup>2</sup> соответственно. Показатели прочности и пластичности, при этом, равны:  $\sigma_T = 660...680$  МПа,  $\sigma_B = 750...770$  МПа,  $\delta = 19...21$  %.

Таким образом, применение для исследуемой стали схемы прокатки «литой сляб – лист» позволяет получать вязкость несколько меньшую по сравнению со схемой «конверторный слиток – катаный сляб – лист», но значительно превышающую по сравнению с традиционной схемой «мартеновский слиток – катаный сляб – лист», а, следовательно, исключить из технологического процесса производство мартеновских слитков.

#### *Выводы*

1. Установлено, что предложенные режимы обжатий для каждой толщины листов обеспечили равномерную нагрузку клетки стана по пропускам с постепенным снижением температуры прокатки.
2. Микроструктура толстых листов, прокатанных из непрерывно-литого сляба, однородна по длине и толщине листов и представляет собой сорбит отпуска.
3. Величина зерна в толстых листах находится в пределах 8...9 баллов. Осевая ликвация в толстых листах, прокатанных по предложенной технологии, практически не наблюдается.

#### *Перечень ссылок*

1. Холляйс Г. Достижения ФАИ в области технологии непрерывной разливки стали / Г. Холляйс, Г. Куттнер, В. Шерекер // Сталь. – 2001. – № 5. – С. 21 – 24.
2. Погоржельский В.И. Контролируемая прокатка непрерывнолитого металла / В.И. Погоржельский. – М.: Metallurgia, 1986. – 151 с.
3. Долженков Ф.Е. Повышение качества толстых листов / Ф.Е. Долженков, Ю.В. Коновалов, В.Г. Носов. – М.: Metallurgia, 1984. – 246 с.
4. Оптимизация нагрева заготовок из стали ШХ15СГ перед прокаткой / А.Б. Стеблов и др. // Сталь. – 2005. – № 5. – С. 58 – 62.

Рецензент: В.И. Капланов  
д-р техн. наук, проф., ПГТУ

Статья поступила 12.11.2007