



The theme of improvement of quality of the steel 80 intended for metal cord production, after reconstruction of machine of slugs continuous casting in the conditions of RUP «BMZ» is elucidated.

Н. А. ГЛАЗУНОВА, Т. И. СИДОРЕНКО, Н. А. ХОДОСОВСКАЯ, РУП «БМЗ»

УДК 669.

КАЧЕСТВО КОРДОВОЙ СТАЛИ 80 ПОСЛЕ РЕКОНСТРУКЦИИ МНЛЗ–3 В УСЛОВИЯХ РУП «БМЗ»

Для производства качественной высокоуглеродистой проволоки необходимо получить однородный по химическому составу и структуре передельный продукт: непрерывнолитую заготовку, горячекатаную заготовку и, наконец, катанку. Только при условии получения непрерывнолитой заготовки с минимальным количеством примесей и неметаллических включений, бездефектной макро- и микроструктуры можно произвести металлокорд, который будет конкурентоспособен с аналогичными изделиями ведущих мировых фирм.

При оценке макроструктуры непрерывнолитой заготовки и кордовой катанки особое внимание уделяется наличию ликвации (неоднородности) в осевой зоне, обогащенной или обедненной примесями.

Основной причиной образования осевой ликвации в непрерывнолитой заготовке являются подсосываемые потоки жидкой стали, которые приводят к тому, что обогащенный расплав из междендритных пространств перемещается в область окончательного затвердевания и здесь концентрируется. Эти потоки могут появиться в гетерогенной области твердой или жидкой фазы, когда возникают микропустоты при затвердевании металла. Это проявляется особенно четко при затвердевании мостиков в сердцевине слитка, которые препятствуют перетеканию остаточного расплава в области под ними [1].

При непрерывной разливке высокоуглеродистых сталей макроликвация может быть настолько большой, что в процессе производства кордовой катанки в структуре металла образуются выделения вторичного цементита. В ликвационной зоне при распаде аустенита образуются более дисперсные и твердые структурные составляющие, что в последующем при волочении и свивке проволо-

ки в метизном производстве приводит к значительным обрывам.

Исключить ликвацию полностью невозможно, поэтому основной задачей является ее минимизация. Ликвация может быть снижена путем ограничения содержания ликвирующих элементов, соблюдением оптимальных условий разливки, внедрением прогрессивных технологий.

С целью снижения уровня подусадочной ликвации в 2004 г. на обжимном дуо-реверсивном стане 850 при прокатке кордовых заготовок сечением 125×125 мм была внедрена принципиально новая технология прокатки-разделения (слиттинг-процесс). При такой схеме прокатки основные дефекты сталеплавильного производства – осевая пористость и подусадочная ликвация, выводились на одну из граней заготовок, которые в последующем подвергались удалению на шлифовальных станках (рис. 1). Такая схема прокатки применялась в основном на сталях 80, 85, 90. Однако недостатками слиттинг-процесса явились повышенный расход металла, увеличение загрузки линии отделки металла, связанной со 100%-ной зачисткой квадратной заготовки, значительный расход энергоресурсов, что, бесспорно, приводило к увеличению

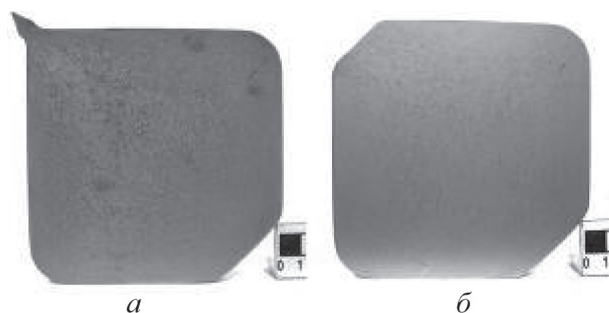


Рис. 1. Внешний вид исходного сечения заготовки: а – с остатками перемычки; б – после удаления перемычки

себестоимости передельной заготовки и, как следствие, росту цены металлокорда.

В 2009–2010 гг. на РУП «БМЗ» была проведена глобальная реконструкция машины непрерывного литья заготовок № 3 (МНЛЗ-3). Осуществление мероприятий по модернизации позволило увеличить производительность и улучшить качество непрерывнолитой заготовки сечением 250×300, 300×400 мм, а также разливать круги диаметром 200 мм, которые используются в трубопрокатном цехе в качестве исходной заготовки. В рамках реконструкции для снижения уровня подсадочной ликвации в высокоуглеродистых сталях реализована так называемая технология «мягкого обжатия».

Режим «мягкого» обжатия представляет собой ряд последовательно выполняемых небольших регулируемых ступенчатых обжатий, которые осуществляются на участке заготовки в ручье, соответствующем окончанию кристаллизации жидкой стали. Коническая полость в осевой зоне заготовки, заполненная жидкой сталью, на этом участке закрывается. При этом успешно происходит разрушение междендритных перемычек. При «мягком» обжатию степень деформации должна быть достаточной для устранения пористости и сегрегации примесей, но в тоже время не приводить к возникновению трещин в блюмах. Такие трещины наблюдались на начальном этапе реконструкции МНЛЗ-3 (рис. 2), так как максимально допустимые значения отдельных стадий деформаций устанавливались экспериментальными расчетами параллельно с результатами металлографических исследований.

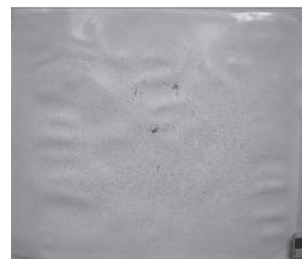


Рис. 2. Серный отпечаток с поперечного сечения темплет непрерывнолитой заготовки, разлитой с применением «мягкого» обжатия на начальном этапе реконструкции

Для анализа качества структуры металла, разлитого с применением и без применения «мягкого» обжатия, отбирались продольные и поперечные темплеты. На примере двух плавков стали марки 80К, начиная от непрерывнолитой заготовки до катанки диаметром 5,5 мм, можно проследить изменения в макро- и микроструктуре металла. Для оценки качества заготовок с поперечных и продольных темплетов снимались серные отпечатки по методу Баумана. Метод основан на различии в травимости бездефектного металла и участков с наличием пор, ликвации, неоднородности структуры и других дефектов. После снятия серных отпечатков темплеты протравливались в 50%-ном растворе соляной кислоты. Оценка макроструктуры темплетов от непрерывнолитых заготовок проводили по ОСТ 14-1-235-91 в сравнении со шкалами [4]. Результаты оценки макроструктуры непрерывнолитой заготовки приведены в табл. 1.

Как видно из таблицы, дефекты макроструктуры непрерывнолитой заготовки, разлитой без применения «мягкого» обжатия, имеют более высокий

Таблица 1. Результаты оценки макроструктуры поперечного сечения непрерывнолитых заготовок

Номер плавки/ ручья	ОСТ 14-1-235-91, балл							Размер граней, мм	Раздутие (вогнутость) граней, мм	Ромбичность, мм
	ЦП	ОЛ	ЛПТ об	ЛПТ ос	ЛПТ угл	СП	КТЗ			
316417-3 без обжатия	3,0	2,5	1,0	0	0	0	0,5	297; 299 251; 252	1,5 (1)малых 1–1,5 больших	381×382
313399-4 с обжатием	2,0	2,0	0,5	0	0,5	0	0,5	300;301; 246;246	(1) малой (1) большой	380×382

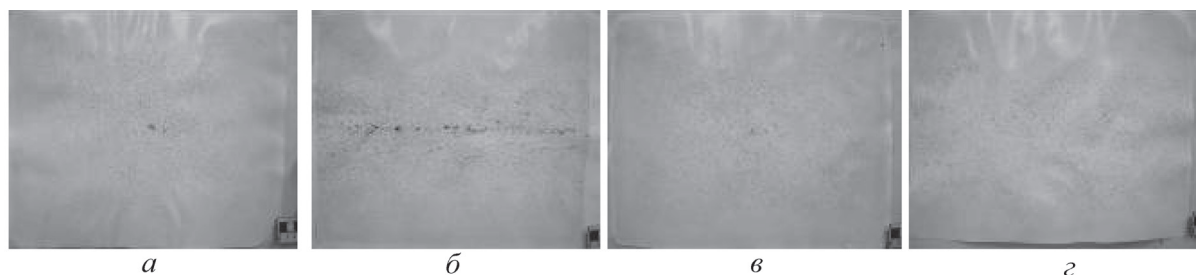


Рис. 3. Серные отпечатки с темплетов непрерывнолитых заготовок: а – поперечное сечение плавки № 314617-1 без «мягкого» обжатия; б – продольное сечение плавки № 314617-1 без «мягкого» обжатия; в – поперечное сечение плавки № 315399-1 с «мягким» обжатием; г – продольное сечение плавки № 315399-1 с «мягким» обжатием

Таблица 2. Результаты оценки макроструктуры горячекатаной заготовки

Номер плавки/пробы	ГОСТ 10243, балл										
	макро	ЦП	ТН	ЛК	ОПЛ	КПЛ	ПЛ	ПП	МТ	ЛП, балл/мм	СК
316417-16/о	уд	1,0	0,5	0	0	0	2,0	0	0	0	0
315399-1с/о	уд	0,5	0,5	0	0	0	1,5	0	0	0,5/5	0

балл. Серные отпечатки с темплетов поперечного и продольного сечений непрерывнолитых заготовок сечением 250×300 мм приведены на рис. 3.

Оценка макроструктуры темплетов горячекатаной заготовки квадрата сечением 125×125 мм проведена по ГОСТ 10243 в сравнении со шкалами [5]. Результаты оценки макроструктуры горячекатаной заготовки приведены в табл. 2.

Анализируя результаты, приведенные в таблице, отмечается снижение балла подусадочной ликвации на плавке, разлитой с применением «мягкого» обжатия.

Серные отпечатки с темплетов поперечного сечения горячекатаных заготовок квадрата сечением 125×125 мм приведены на рис. 4.

Для более полного отражения распределения подусадочной ликвации в осевой зоне заготовки сечением 125×125 мм определяли показатель ликвации углерода (коэффициент A_c) в соответствии с методикой фирмы DANIELI по формуле:

$$A_c = \frac{M}{M_0} \leq 1,06,$$

где M , M_0 – среднее содержание углерода в центре образца и в образце, %.

Распределение средних значений показателя ликвации углерода по месяцам в период с начала 2010 г. по март 2011 г. показано на рис. 5.

Как видно из рисунка, в период с июля 2010 г. наблюдается динамика снижения средних значений показателя ликвации углерода.

Работу по определению показателя ликвации проводили на стадии освоения процесса «мягкого обжатия». В данное время в связи с выходом на

необходимый уровень по подусадочной ликвации необходимость в определении показателя ликвации углерода отсутствует. Кроме того, определение данного показателя связано с большими затратами, которые оправданы только на стадии освоения технологического процесса.

В процессе горячей прокатки заготовок на катанку диаметром 5,5 мм зона осевой ликвации трансформируется в ликвационные полосы повышенной травимости, которые хорошо видны на продольных образцах катанки. На поперечных шлифах подусадочная ликвация выражена более темным пятном по отношению к основному металлу.

Показатель ликвации, результаты подусадочной ликвации в квадрате сечением 125×125 мм и катанке диаметром 5,5 мм в исследуемых плавках приведены в табл. 3.

Как видно из таблицы, средний балл подусадочной ликвации на плавке, разлитой с применением «мягкого» обжатия, значительно ниже. Кроме того, в поперечном сечении образца катанки плавки № 316417 обнаружен структурно-свободный цементит в виде незамкнутой сетки по границам зерен.

На основании статистической обработки данных получены следующие результаты:

- снижение количества образцов со значениями, превышающими допустимые значения показателя ликвации углерода в соответствии с методикой фирмы «Danieli» ($\geq 1,06$) (рис. 6, а);
- снижение среднего балла подусадочной ликвации на стали 80, прокатанной монопроцессом (рис. 6, б).

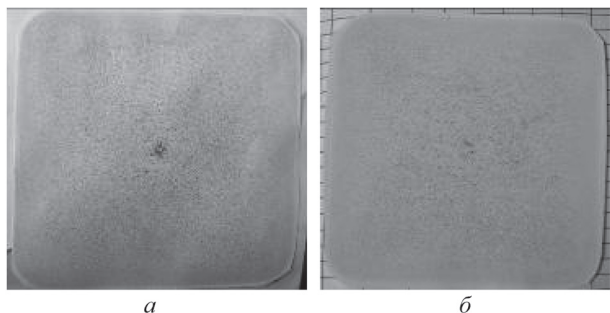


Рис. 4. Серные отпечатки с темплетов поперечного сечения горячекатаных заготовок: а – без «мягкого» обжатия; б – с «мягким» обжатием

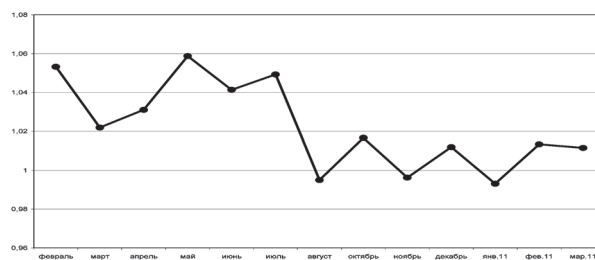


Рис. 5. Распределение средних значений показателя ликвации углерода по месяцам в период с начала 2010 г. по март 2011 г.

Т а б л и ц а 3. Показатель ликвации, подусадочная ликвация в квадрате 125×125 мм и катанке диаметром 5,5 мм

Номер плавки	Квадрат 125 мм			Катанка 5,5 мм	
	номер образца	подусадочная ликвация, балл	показатель ликвации, а _c	номер образца	подусадочная ликвация
316417 80К без мягкого обжатия	1	2,0	1,09	10н	3,0*
	2	1,5	1,13	10к	3,0
				30н	2,5
				30к	2,5
				60н	3,0
				60к	3,0
				ср.	2,8
315399 80К с мягким оужатием	1	1,5	1,01	10н	2
	2	2,0	1,00	10к	1,5
				30н	2,0
				30к	2,5
				60н	1,5
				60к	2,0
				ср.	1,9

* Структурно-свободный цементит в виде незамкнутой сетки по границам зерен.

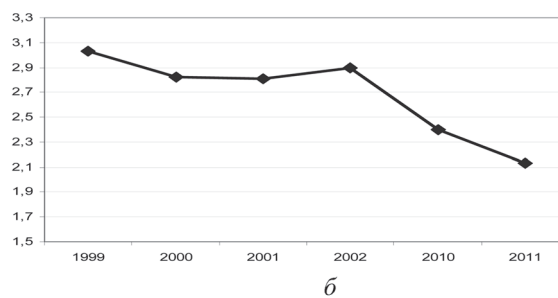
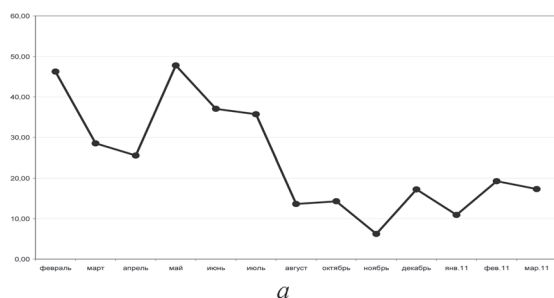


Рис. 6. Распределение показателя ликвации углерода: а – неудовлетворительные значения показателя ликвации с февраля 2010 г. по март 2011 г.; б – средний балл подусадочной ликвации на стали 80, прокатанной монопроцессом

Проведенные работы дают основание утверждать, что в большинстве случаев наблюдается прямо пропорциональная зависимость значений показателя ликвации углерода в квадрате сечением 125×125 мм и подусадочной ликвации в катанке.

Полученные результаты исследований до и после реконструкции МНЛЗ-3 показали, что

выполненный комплекс мероприятий при модернизации позволил получить высококачественную заготовку из кордовой стали, т. е. снизить уровень подусадочной ликвации, используя метод «мягкого» обжатия и повысить производительность за счет увеличения скорости разливки.

Литература

1. Новокшенова С. М., Виноград М. И. и др. Дефекты стали. М.: Металлургия, 1984.
2. ЗТУ 840-03 «Катанка сорбитизированная для металлокорда, бортовой проволоки и проволоки для рукавов высокого давления».
3. ЗТУ 840-09 «Катанка стальная сорбитизированная для металлокорда высокотехнологичных конструкций».
4. ОСТ 14-1-235-91 «Сталь. Методы контроля макроструктуры непрерывнолитой заготовки для производства сортового проката и трубных заготовок».
5. ГОСТ 10243 «Сталь. Методы испытаний и оценки макроструктуры».