

**ДЕФОРМАЦИОННОЕ СТАРЕНИЕ БОРСОДЕРЖАЩИХ СТАЛЕЙ  
СВАРОЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

**В. В. Парусов, д. т. н., проф., О. В. Парусов, к. т. н., И. Н. Чуйко, к. т. н.,  
Э. В. Парусов, к. т. н., Л. В. Сагура**

*Институт черной металлургии им. З. И. Некрасова НАН Украины*

В настоящее время на мировом рынке широко востребована катанка прямого волочения (без проведения дополнительной умягчающей термической обработки) из легированных сталей, из которых производится омедненная проволока для сварки строительных конструкций, корпусов судов, труб большого диаметра и магистральных газонефтепроводов.

На современных металлургических предприятиях сталь широкого марочного сортамента и назначения выплавляется в электропечах и доводится до необходимой кондиции на установках вакуумирования и внепечной обработки стали. При выплавке электростали в зоне электрических дуг, где температура превышает 3000 °С, происходит интенсивное насыщение металла азотом и водородом [1].

Известно [2], что азот и углерод, находясь в твердом растворе железа, являются основной причиной проявления эффекта деформационного старения стали. Однако более высокая скорость диффузии азота в стали, в сравнении с углеродом, дает основание приписывать старение сталей, главным образом, влиянию азота. При этом стали, микролегированные элементами, связывающими азот, более устойчивы против старения только тогда, когда азот находится в стали в виде стабильных соединений.

Микролегирование электродуговой стали различного химического состава бором достаточно хорошо изучено и широко используется на практике [3, 4]. Важнейшей качественной характеристикой таких сталей является отношение содержания бора к азоту (B/N), поскольку оно определяет нахождение в стали бора и азота в связанном или в свободном состоянии [5].

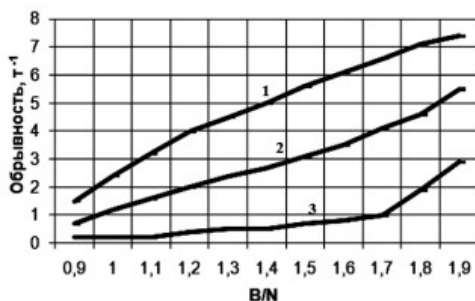
При микролегировании стали бором возможна реализация следующих ситуаций:

- при  $B/N < 0,8$  бор находится в связанном состоянии, а азот частично в связанном и частично в свободном состояниях;
- при  $B/N = 0,8$  бор и азот находятся в связанном состоянии;
- при  $B/N > 0,8$  азот находится в связанном состоянии, а бор частично в связанном и частично в свободном состояниях.

На обеспечении требуемого отношения B/N при условии отсутствия специально вводимых нитридообразующих элементов, например титана, основывается новое применение бора в металлургии, а именно использование его микродобавок для пластификации, а не упрочнения металла [6].

Из литературных источников известно, что деазотирующее влияние микродобавок бора приводит к снижению деформационного старения в процессе волочения проволоки [7].

Однако повышение обрывности в процессе волочения проволоки диаметром 1,6-0,8 мм из стали марки Св-08Г2С при отношении В/Н > 0,8 показало обратный эффект от микролегирования бором (рис. 1).



**Рис. 1.** Усредненные данные по обрывности при волочении проволоки диаметром 1,6-0,8 мм из стали марки Св-08Г2С: 1 – С<sub>э</sub> = 0,54-0,55 %; 2 – С<sub>э</sub> = 0,53-0,54 %; 3 – С<sub>э</sub> = 0,52-0,53 %

В связи с вышеизложенным представляло интерес исследовать влияние бора, находящегося в твердом растворе α-железа (В/Н > 0,8), на деформационное старение катанки-проволоки из стали марки Св-08Г2С.

В качестве исследуемого материала использовались опытные партии бор-содержащей катанки диаметром 5,5 мм из стали марки Св-08Г2С производства ОАО «Молдавский металлургический завод», произведенные по стандартному технологическому режиму. Качественные показатели исследуемой катанки представлены в таблице 1.

Таблице 1

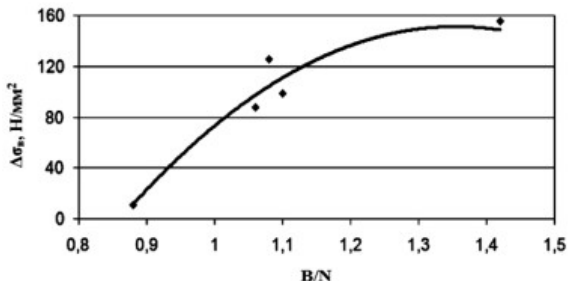
Качественные показатели катанки из стали опытных плавок

Номер плавки	Содержание элемента, %							Механические свойства	
	С	Мn	Si	Р	S	Сu	В/Н	σ <sub>в</sub> , Н/мм <sup>2</sup>	ψ, %
1	0,08	1,98	0,74	0,014	0,016	0,18	1,42	550	65
2	0,06	1,85	0,78	0,010	0,006	0,15	1,10	510	71
3	0,07	1,83	0,79	0,009	0,004	0,14	1,08	580	66
4	0,07	1,80	0,72	0,009	0,009	0,13	1,06	510	77
5	0,08	1,80	0,74	0,010	0,006	0,15	0,88	530	71

Образцы для исследования изготавливали из катанки с начальной длиной 55 мм. Образцы испытывали как в исходном состоянии, так и после деформационного старения: предварительная деформация растяжением на 8-10 % + оstarивающий отпуск при 250 °С с выдержкой 1 час (см. ГОСТ 7268-82).

На исходных и оstarенных образцах определяли временное сопротивление разрыву. Оstarивающий эффект оценивали по разности значений временного сопротивления после и до оstarивающей обработки (Δσ<sub>в</sub>).

Результаты эксперимента в графическом виде представлены на рисунке 2.



**Рис. 2.** Зависимость деформационного старения катанки из стали марки Св-08Г2С от отношения В/Ν

Из представленной зависимости следует, что наличие в стали бора, не связанного в стабильные соединения (нитриды), приводит к значительному повышению прочностных характеристик при деформационном старении стали.

Таким образом, можно утверждать, что свободный бор находится в α-Fe в виде твердого раствора внедрения и наряду с азотом и углеродом является остаивающим элементом.

### ВЫВОДЫ

1. Исследовано влияние микролегирования бором на деформационное старение проката сварочного назначения из легированной стали Св-08Г2С. Показано, что бор находится в твердом растворе внедрения и является остаивающим элементом.

2. При отношении В/Ν = 0,8 бор и азот находятся в связанном состоянии, благодаря чему снижается эффект деформационного старения и повышается технологическая пластичность катанки-проволоки.

### Использованная литература

1. *Воскобойников В. Г.* Общая металлургия / В. Г. Воскобойников, В. А. Кудрин, А. М. Якушев. – М. : Металлургия, 1979. – 487 с.
2. *Гудремон Э.* Специальные стали / Э. Гудремон. – М. : Металлургия, 1966. – Т. 2. – С. 773–929.
3. *Лякишев Н. П.* Борсодержащие стали и сплавы / Н. П. Лякишев, Ю. Л. Плинер, С. И. Лаппо. – М. : Металлургия, 1986. – 192 с.
4. *Сычков А. Б.* Структура и свойства катанки для изготовления электродов и сварочной проволоки / А. Б. Сычков, В. В. Парусов, А. М. Нестеренко [и др.] – Бендеры : Полиграфист, 2009. – 608 с.
5. *Парусов В. В.* Влияние химического состава на структуру, свойства и технологическую пластичность катанки сварочного назначения из стали Св-08ГНМ / В. В. Парусов, А. Б. Сычков, И. Н. Чуйко [и др.] // Теория и практика металлургии. – 2009. – № 1–2. – С. 98–102.
6. *Парусов В. В.* Научные и технологические аспекты производства высококачественной катанки / В. В. Парусов, А. Б. Сычков, О. В. Парусов [и др.] // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2010. – № 2. – С. 139–145.
7. *Коковихин Ю. И.* Технология сталепроволочного производства : [Учебник] / Ю. И. Коковихин. – К., 1995. – 608 с.