

ПОВЫШЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НИЗКОУГЛЕРОДИСТОЙ ТРУБНОЙ СТАЛИ ПРИ ВАРИАЦИИ РЕЖИМОВ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

А.И.ГОРДИЕНКО¹, П.О.КАШИРО²

¹ Институт физики прочности и материаловедения СО РАН

² Национальный исследовательский Томский политехнический университет

E-mail: pok6@tpu.ru

Малоуглеродистые низколегированные стали с традиционной ферритно-перлитной структурой обладают сравнительно невысоким уровнем прочностных свойств, в результате чего требуемая долговечность конструкций не обеспечивается.

Варьирование режимами термомеханических обработок (температурой начала и окончания прокатки, скоростью после деформационного охлаждения) дает возможность получать широкий спектр структур от стандартных феррито-перлитных до бейнито-мартенситных. Изменяя соотношения составляющих в сталях с феррито-бейнито-мартенситной структурой можно достичь высокого комплекса механических свойств.

Целью настоящей работы является изучение влияния разных термомеханических обработок на структуру и механические свойства низкоуглеродистой стали 10Г2БФЮ.

Низкоуглеродистую сталь 10Г2БФЮ в горячекатаном состоянии подвергали обработке продольной прокаткой в ручьистых волках от температуры 850 °С (обработка I). Заготовку размерами 23×23×90 мм прокатывали без дополнительных подогревов до брусков с размерами поперечного сечения 10×10 мм. Вследствие низкой температуры окончания прокатки (550-600°С) для прокатанной стали был проведен дополнительный отжиг при 550°С в течении 30 мин (обработка II).

Другим вариантом прокатки является поперечно-винтовая прокатка, для которой характер деформирования отличается от ординарного процесса продольной листовой прокатки значительной долей сдвиговой компоненты деформации, вследствие вращательно-поступательного движения заготовки [1]. Это способствует лучшей проработке структуры и ее диспергированию. Круглые заготовки стали 10Г2ФБЮ диаметром 30 мм прокатывали на стане поперечно-винтовой прокатки от температуры 1050°С за четыре прохода до прутка диаметром 20 мм. После этого заготовки ускоренно охлаждали до 500°С с выдержкой 1.5 часа и последующим охлаждением на воздухе (обработка III).

Исследования микроструктур стали проводили на оптическом микроскопе марки Zeiss Axiovert 25. Микротвердость измеряли с помощью прибора ПМТ-3 с нагрузкой 50 гр. Механические испытания на статическое растяжение образцов в форме двойной лопатки с размерами рабочей части 15×3×1 мм выполняли на установке типа Поляни.

В исходном состоянии микроструктура стали 10Г2ФБЮ состоит из вытянутых в направлении прокатки чередующихся областей из квазиполигональных зерен феррита и перлита, рисунок 1, а. Средний размер ферритных зерен, определенный методом секущих на оптических снимках, составляет ≈ 12 мкм. Микротвердость ферритных областей $HV_{0.05}=1620$ МПа, перлитных $HV_{0.05}=2300$ МПа, таблица 1.

После обработки I структура характеризуется значительной вытянутостью ферритных зерен вдоль направления прокатки, рисунок 1, б. Средний размер зерен в поперечном направлении составляет $\approx 3-4$ мкм. Встречаются также более крупные зерна с размерами в поперечном направлении до 10 мкм. Это свидетельствует о неоднородности структуры по размеру зерен. Перлитные зерна имеют меньшие размеры по сравнению с исходным состоянием и расположены тонкими прослойками между ферритными зернами. В теле зерен и по их границам встречаются также отдельные частицы цементита. Такие изменения структуры привели к существенному росту величины микротвердости до $HV_{0.05}=2900$ МПа.

Проведение дополнительного отжига после продольной прокатки (обработка II) не приводит к существенным изменениям структуры. Однако микротвердость снижается до $HV_{0.05}=2460$ МПа, что свидетельствует о снятии внутренних напряжений, созданных в ходе прокатки при достаточно низких температурах, а также вероятно аннигиляции дефектов в наклепанном материале.

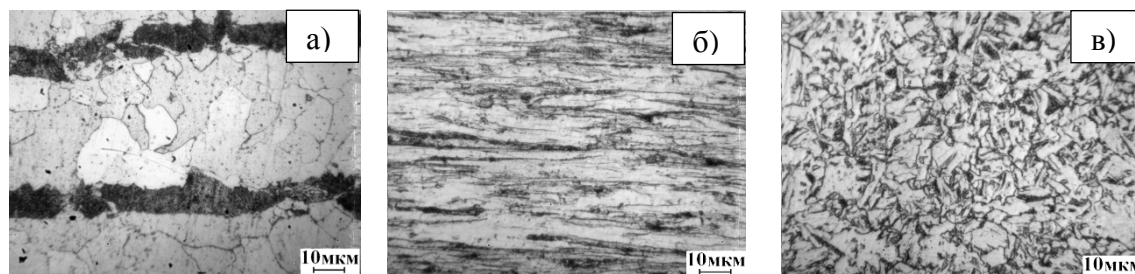


Рисунок 1 –Микроструктуры стали 10Г2БФЮ: а) исходное состояние; б) обработка I; в) обработка II

После обработки II, включающей ускоренное охлаждение до температур протекания промежуточного превращения, в стали формируется бейнитная структура, рисунок 1, в. Она представлена смесью квазиравноосных зерен, тонких пластин бейнита и небольшой долей частиц цементита. Структуры стали в осевой и периферийной зонах заготовки отличаются. В периферийной зоне средний размер зерен составляет ≈ 3.6 мкм, а в осевой – ≈ 4.7 мкм. Такое различие в размерах зерен может быть следствием большего разогрева и большей проработки поверхностных слоев заготовки (т.е. большей суммарной степени деформации) при поперечно-винтовой прокатке. Вследствие обработки микротвердость стали повышается до $HV_{0.05}=2370$ МПа.

Таблица 1 – Механические свойства стали 10Г2БФЮ

Сталь 10Г2БФЮ	$\sigma_{0.2}$, МПа	σ_B , МПа	ε , %	$HV_{0.05}$, МПа
Исходное состояние	367	653	23	1620
Обработка I	910	1048	4	2900
Обработка II	761	905	15	2460
Обработка III	482	782	18	2370

В результате обработки I величины пределов текучести $\sigma_{0.2}$ и прочности σ_B стали увеличились в 2.5 и в 1.6 раза, соответственно, таблица 1, однако пластичность снизилась почти в 6 раз. Проведение дополнительного отжига (обработка II) приводит к некоторому снижению прочностных характеристик по сравнению с обработкой I, однако улучшению пластических свойств стали ($\varepsilon=15\%$). Для стали, обработанной по режиму III, характерно изменение вида диаграммы растяжения: исчезает площадка текучести, свойственная сталям с феррито-перлитной структурой. Это подтверждает факт изменения структурно-фазового состояния стали. Такая обработка позволяет повысить пределы $\sigma_{0.2}$ и σ_B стали в 2 и 1.4 раза, соответственно, по сравнению с исходным состоянием. При этом пластичность стали остается на высоком уровне ($\varepsilon=18\%$).

Таким образом, варьируя режимами и схемами термомеханических обработок можно в широком диапазоне изменять свойства стали 10Г2БФЮ. Из выбранных режимов обработки оптимальным сочетанием свойств обладает сталь после обработки по режиму III.

Список литературы

1. Пашинская Е.Г. Физико-механические основы измельчения структуры при комбинированной пластической деформации. – Донецк: Вебер, 2009. – 352с.