

УДК 669.017:539.4:669.15-194

А.М.Нестеренко, А.Б.Сычков*, В.Ю.Полужков

ДЕФОРМАЦИОННОЕ СТАРЕНИЕ КАТАНКИ ИЗ СТАЛИ МАРКИ Св-08Г2С

*ИЧМ НАН Украины, *«Молдавский металлургический завод»*

Целью работы является установление закономерностей изменения комплекса механических свойств катанки из стали Св-08Г2С, микролегированной бором, при температурах деформации 100-500⁰С. Установлено, что более высокая пластичность и технологичность при деформации волочением катанки из стали Св-08Г2С, микролегированной бором, по сравнению с катанкой из аналогичной стали без бора обусловлена меньшей степенью развития динамического деформационного старения.

микролегированная бором сталь, катанка, волочение, пластичность, деформационное старение

Постановка задачи. Деформационным старением называют изменение свойств металлов и сплавов, которое осуществляется в результате воздействия холодной или горячей («теплой») деформации [1,2]. Наиболее важными следствиями развития деформационного старения являются эффекты упрочнения и охрупчивания металлов и сплавов. Если они наблюдаются после деформации в ходе выдержки при температуре окружающей среды или при термической активации (обычно при пониженных температурах – 100–500⁰С), то такое старение называют статическим. В случае проявления указанных эффектов в течение самой деформации его называют динамическим.

Применительно к сталям явление старения имеет [1–3] два аспекта. С одной стороны, его развитие приводит к негативным последствиям, а именно: к снижению пластичности и показателей вязкости сталей, а также к определенной нестабильности во времени их свойств. С другой стороны старение используется как разновидность упрочняющей обработки. Это позволяет в определенных условиях повысить конструкционную прочность стальных изделий и без опасного увеличения их склонности к хрупкому разрушению [1–3]. В основе механизмов процесса деформационного старения сталей лежат закономерности взаимодействия примесных атомов, прежде всего, углерода и азота с дислокациями, которые введены в металл при деформации [1–3]. В силу этого на протяжении многих лет ведутся исследования и разработки, направленные на изыскание композиций химического состава сталей и режимов их деформационно–термической обработки, которые уменьшают негативные эффекты блокировки дислокаций атомами углерода и азота и, тем самым, охрупчивания сталей при старении, и обеспечивают повышение их прочностных свойств и технологической пластичности. Последнее является особенно важным для металлопродукции, используемой в качестве передельной заготовки для холодного деформирования, например, такой, как производимая в очень больших объемах катанка из углеродистых, низко– и легированных

сталей, предназначенная для передела волочением в проволоку широкого сортамента на метизных заводах [2,3]. В частности, несмотря на значительной количество исследований в данной области, многие вопросы, связанные с влиянием микролегирования, например, бором, на изменение механических свойств катанки из углеродистых и низколегированных сталей при старении вообще не анализировались, что и предопределяет актуальность представляемого в настоящей работе исследования.

Целью работы является установление закономерностей изменения комплекса механических свойств микролегированной бором при температурах деформации 100-500⁰С и обеспечение ее повышенной технологической пластичности.

Изложение основных материалов исследования. Исследовали катанку диаметром 5,5мм из стали Св–08Г2С без бора (плавка 283684) и с микродобавкой (0,005%) бора (плавка 285378) производства ОАО «Молдавский металлургический завод» (ОАО «ММЗ»). Химический состав исследованных плавок стали Св–08Г2С приведен в таблице.

Таблица. Химический состав исследованных плавок.

№ плавки	Массовая доля элементов, %									
	C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Cu	B	N
283684	0,07	1,87	0,78	0,003	0,011	0,04	0,09	0,15	–	0,005
285378	0,04	1,79	0,75	0,002	0,012	0,05	0,01	0,19	0,005	0,005

Испытания на растяжение при комнатной температуре (для определения исходного уровня механических свойств исследованных образцов катанки) и при температурах 100–500⁰С проводили на разрывной машине ЦД 10/90 (шкала 2т), оснащенной высокотемпературной приставкой. Время выдержки при температуре испытания составляло 15 мин. Скорость растяжения образцов при проведенных испытаниях образцов на растяжение составила 2 мм/мин.

Снижение склонности катанки из углеродистых и низколегированных сталей к статическому и динамическому деформационному старению (с.д.с. и д.д.с. соответственно) в процессе передела холодной деформацией, в том числе волочением в проволоку на метизных предприятиях, является важным показателем ее качества [2,3]. Несмотря на то, что в нормативных документах требования по показателям старения регламентируются лишь в редких случаях (например, для арматурных сталей по ГОСТ 10884 предусматриваются требования по повышенному уровню ударной вязкости после остаривающего отпуска), условия волочения катанки – проволоки, реальные параметры структуры и уровень свойств проволоки,

сформировавшиеся в катанке в результате деформации волочением, напрямую зависят от степени развития д.д.с. и с.д.с. [2,3].

Влияние микролегирования бором на развитие с.д.с. в катанке из углеродистых сталей анализировалось в [4]. Было показано, что в углеродистых сталях, микролегированных бором, эффект с.д.с. менее выражен, чем в стали без бора. С.д.с. оказывает существенное влияние на формирование конечного уровня механических свойств проволоки, получаемой из катанки в результате деформации волочением.

Не менее важным с точки зрения определения способности катанки из сталей разного марочного состава к деформации волочением и установления тем самым ресурса технологической пластичности является изучение особенностей развития д.д.с. непосредственно в процессе деформации при повышенных температурах (порядка 100–500⁰С).

Приведенные в [2] данные фундаментальных разработок свидетельствуют о том, что температурная зависимость д.д.с. в углеродистых сталях характеризуется двумя температурными интервалами экстремального изменения механических свойств, которые проявляются практически для всех структурных состояний этих сталей (горячекатаное, нормализованное, закаленное, после нормализации с отпуском и закалки с отпуском). Аномальное изменение свойств в интервале температур 150–300⁰С авторы [2] связывают, как это и общепринято, с синеломкостью стали, вызванной, собственно, развитием д.д.с. Аномальное изменение механических свойств (повышение прочностных и снижение пластических свойств) в предрекристаллизационном интервале температур 400–500⁰С общепринятого названия не имеет. По мнению авторов [2] оно обусловлено перераспределением дислокаций и примесных атомов, прежде всего углерода и азота, в феррите сталей и динамической сфероидизацией цементита, приводящей на начальных стадиях к обогащению границ субзерен углеродом.

В случае катанки из стали Св–08Г2С зависимость изменения механических свойств от температуры в интервале испытаний 100–500⁰С имеет совершенно иной вид. Вместо характерного для углеродистых сталей подъема уровня прочностных свойств в указанном интервале температур в катанке из стали Св–08Г2С без бора и микролегированной бором наблюдается устойчивое снижение прочностных свойств с фактической минусовой убылью практически для всех температур испытаний, более выраженное для последней (исключение – плюсовое по сравнению с исходным состоянием значение σ_B для температуры испытания 350⁰С в катанке из стали Св–08Г2С без бора – рис.1). Интересными представляются особенности изменения пластических свойств. Представленные на рис.2 температурные зависимости изменения δ_{100} и ψ для катанки из стали Св–08Г2С без бора и с бором несколько различаются. При этом наблюдающийся для катанки из микролегированной бором стали Св–08Г2С стабильный уровень значений ψ на уровне 77–80% в интервале температур 200–450⁰С (рис.2,б), наиболее опасном с точки зрения снижения техноло-

гической пластичности металла при деформации волочением (до этих температур как раз и нагреваются поверхностные зоны катанки при волочении), по-видимому, и является тем важнейшим фактором, который объясняет наблюдающуюся на практике, в процессе переработки промышленных партий, высокую способность к деформационному формоизменению катанки из указанной стали.

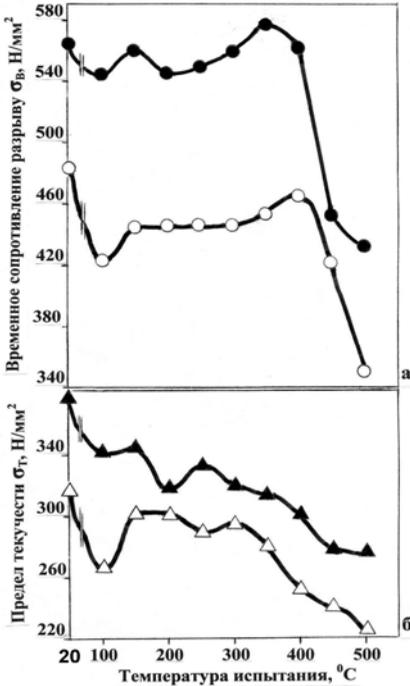


Рис. 1. Изменение прочностных свойств – временного сопротивления разрыву σ_B (а) и предела текучести σ_T (б) катанки диам. 5,5 мм из стали Св–08Г2С с бором и без бора (светлые и зачерненные обозначения соответственно) в зависимости от температуры при испытаниях на растяжение.

Как следует из того же рис.2,б, для катанки из стали Св–08Г2С без бора в интервале температур 200–450°С наблюдается достаточно выраженный пониженный уровень значений ψ .

Согласно данным проведенного в [5] анализа, исходная структура катанки из стали Св–08Г2С без бора и с бором, произведенной по принятой на ОАО «ММЗ» технологии, классифицируется как мультифазная, в ферритной матрице которой с полигональным зерном феррита 9-го номера по ГОСТ 5639 достаточно равномерно распределены островковые участки перлита, бейнита и мартенсита. Можно предположить, что наблюдающееся уже при температурах 100–150°С устойчивое снижение прочностных свойств связано с перераспределением напряжений между составляющими этой мультифазной структуры. Более выраженное снижение прочностных свойств и стабильный уровень ψ (77–80%) в интервале температур 200–450°С в катанке из стали Св–08Г2С, микролегированной бором, вызваны существенным торможением развития процесса д.д.с., что, в свою очередь, обусловлено следующими факторами. Во-первых, уменьшением концентрации твердорастворного азота в феррите стали в результате его связывания бором в борсодержащие соединения, а, во-вторых, повышением относительной растворимости углерода в том же феррите. Последнее обстоятельство может быть вызвано увеличением объема тетрапор в ОЦК решетке α -Fe (феррита) в результате замещения в ней атомов железа атомами бора. Возможность образования твердого раствора замещения бора в ОЦК–решетке феррита микролегированных бором сталей обоснована в [6].

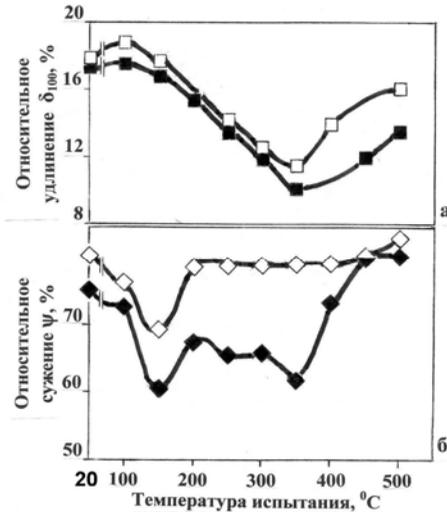


Рис.2. Изменение пластических свойств (а,б – относительного удлинения и сужения соответственно) в образцах катанки diam. 5,5 из стали Св–08Г2С с бором и без бора (светлые и зачерненные обозначения соответственно) в зависимости от температуры при испытаниях на растяжение.

Заключение. Проведенное исследование позволило установить, что более высокие пластические свойства и технологичность при деформации волочением катанки из микролегированной бором стали Св–08Г2С

по сравнению с катанкой из аналогичной стали без бора обусловлена меньшей степенью развития динамического деформационного старения.

1. Новиков И.И. Теория термической обработки металлов. – М.: Металлургия, 1978. – 392 с.
2. Бабич В.К., Гуль Ю.П., Долженков И.Е. Деформационное старение стали. – М.: Металлургия, 1972. – 320 с.
3. Фетисов В.П. Деформационное старение стали при волочении проволоки. – Минск: Белгорстанкинпромиздат, 1996. – 121 с.
4. Структура и свойства канатной катанки–проволоки из непрерывнолитой стали 70, микролегированной бором / В.В.Парусов, А.М.Нестеренко, И.В.Деревянченко, А.Б.Сычков, Л.И.Демьянова, Р.В.Старов // Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии. Сб. научных трудов. – Киев: Наукова думка, 1998. – С.383–388.
5. Тонкая микроструктура катанки из стали Св–08Г2С повышенной деформируемости / А.М.Нестеренко, А.Б.Сычков, С.Ю.Жукова и др. // Металлург. – 2008. – № 9. – С.48–51.
6. Нестеренко А.М., Сычков А.Б. Размерно–геометрические аспекты легирования стали бором и медью. – Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии. Сб. научных трудов. – Киев: Наукова думка, 2004. – С.181–183.

*Статья рекомендована к печати:
ответственный редактор
раздела «Металловедение и материаловедение»
докт.техн.наук, проф. Г.В.Левченко
рецензент канд.техн.наук М.Ф.Евсюков*

А.М.Нестеренко, А.Б.Сичков, В.Ю.Полуктов

Деформаційне старіння катанки із сталі марки СВ-08Г2С

Метою роботи є встановлення закономірностей зміни комплексу механічних властивостей катанки із сталі Св-08Г2С, мікролегованої бором, при температурах деформації 100-500⁰С. Встановлено, що вища пластичність і технологічність при деформації волочінням катанки із сталі Св-08Г2С, у порівнянні з катанкою з аналогічної сталі без бору, обумовлена меншим ступенем розвитку динамічного деформаційного старіння.