

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ КАЧЕСТВЕННОЙ СТАЛИ С ПОНИЖЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ КРЕМНИЯ И МАРГАНЦА

В. В. Свищенко, Н. Ю. Малькова

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова
г. Барнаул, Россия

Легированные стали используемые для точной чистовой вырубki (ТЧВ) по техническим условиям должны иметь в состоянии поставки структуру зернистого перлита. В работе [1] показано, что кремний и марганец повышает твёрдость стали с такой структурой наиболее значительно. В состав всех качественных конструкционных сталей, не легированных специально кремнием и марганцем они вводятся в виде технологических рафинирующих добавок (раскислителей), обеспечивающих необходимое качество металла. При этом остаточное содержание кремния и марганца может составлять 0,4 и 0,8 % соответственно [2]. Очевидно, что в стали для ТЧВ такое количество кремния и марганца будет существенно ухудшать её технологические свойства. В связи с этим представляет интерес исследование возможности получения качественных сталей с содержанием кремния и марганца ниже обычно применяемых пределов, и выбор рафинирующих добавок позволяющих решить поставленную задачу.

Факторами, в значительной мере определяющими качество стали, являются количество, состав, форма и распределение неметаллических включений [3, 4]. Неметаллические включения, вытягиваясь (группируясь) вдоль направления прокатки, ухудшают, прежде всего, свойства поперечных образцов. Поэтому качество стали оценивают коэффициентом анизотропии её свойств поперек и вдоль прокатки (ковки). Качество стали также оценивают металлографическим определением степени загрязнения металла неметаллическими включениями.

Анализ имеющихся литературных данных позволил предположить, что рафинирующими добавками способными компенсировать снижение вводимого кремния и марганца могут быть редкоземельные металлы (РЗМ) и алюминий, вводимый в большем количестве, чем обычно. Исследование этого предположения проведено на сталях экспериментального состава, который приведён в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав исследованных сталей

№	Условное обозначение стали	Содержание легирующих компонентов, % масс.							
		C	Si	Mn	Ni	Cr	Ce	Al	S
1	20X2H	0,18	0,07	0,25	1,48	1,55	-	н.о.	0,026
2	20X2HCG	0,19	0,32	0,56	1,31	1,58	-	0,01	0,023
3	20X2Hч	0,21	0,08	0,26	1,46	1,70	0,02	0,02	0,019
4	20X2Hю	0,23	0,12	0,28	1,40	1,52	-	0,03	0,025

Стали выплавляли в индукционной печи ёмкостью 12 килограмм. Базовым составом был состав стали 20X2HCG, для которой применили стандартное раскисление соответственно марганцем, кремнием и алюминием. Во всех остальных сталях содержание марганца и кремния было задано ниже обычных пределов. Сталь 20X2H окончательно раскисляли алюминием, который вводили в том

же количестве, что и в сталь 20X2HCG. Сталь 20X2Hч окончательно раскисляли РЗМ, при этом количество предварительно вводимых марганца, кремния и алюминия было таким же, как и при выплавке стали 20X2H. РЗМ вводили в печь перед разливкой в виде ферроцерия в количестве 0,3% по расчёту. Сталь 20X2Hю окончательно раскисляли алюминием, который вводили в большем количестве,

чем в остальные стали исследуемой группы.

Сравнение содержания серы в выплавленных сталях подтвердили литературные данные о том, что введение РЗМ способствует десульфурации. Так, при одинаковом исходном содержании серы в шихте, её остаточное содержание в стали 20Х2Нч было за-

метно меньше чем в остальных плавках (см. таблицу 1).

В прибыльной части слитка стали 20Х2Н усадочная раковина отсутствовала. Слитки остальных сталей в прибыльной части имели характерную для спокойных сталей усадочную раковину (рисунок 1).

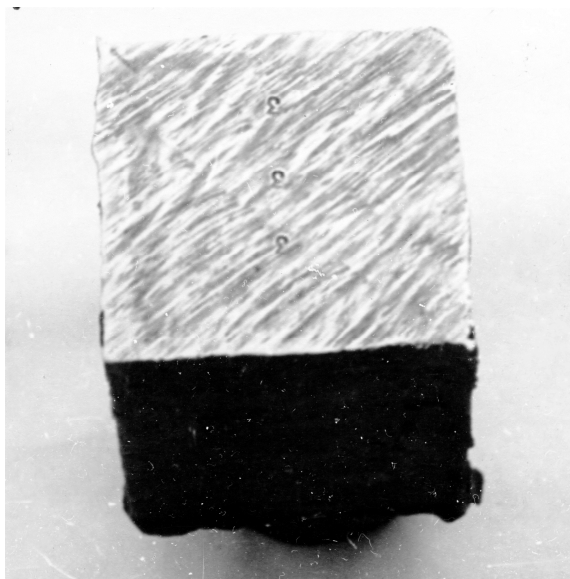


а

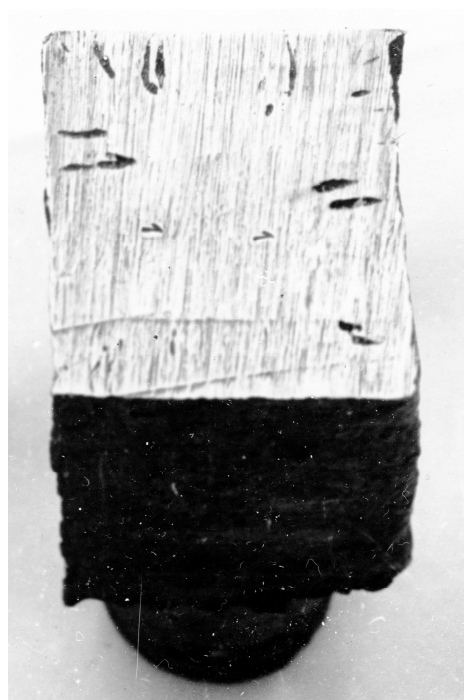


б

Рисунок 1 – Прибыльная часть слитков: а – с усадочной раковиной; б – без усадочной раковины



а



б

Рисунок 2 – Поперечное сечение слитков: а – без газовых пузырей; б – с газовыми пузырями

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ КАЧЕСТВЕННОЙ СТАЛИ С ПОНИЖЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ КРЕМНИЯ И МАРГАНЦА

Слитки всех исследуемых сталей были разрезаны на три равные по высоте части. При этом в слитке стали 20Х2Н были обнаружены газовые пузыри диаметром до 2 мм, у остальных слитков газовые пузыри не были обнаружены (рисунок 2). Таким образом, слиток стали 20Х2Н оказался полуспокойным вследствие снижения количества вводимого марганца и кремния без компенсации другими раскислителями. Слитки сталей 20Х2Нч и 20Х2Ню, у которых снижение количества вводимого марганца и кремния компенсировали введением соответственно РЗМ и алюминия оказались спокойными.

Средняя часть всех слитков была прокована в полосу сечением 60х6 мм. В связи с тем, что загрязнённость стали неметалличе-

скими включениями наиболее значительно проявляется в увеличении анизотропии свойств вдоль и поперёк волокна, качество исследуемых сталей. прежде всего, оценивали по отношению значений ударной вязкости поперечных и продольных образцов. Чем ближе это отношение к единице, тем меньше анизотропия. Ударную вязкость образцов определяли по ГОСТ 9454-78 на образцах типа 3, изготовленных из заготовок, вырезанных из прокованных полос соответственно вдоль и поперёк волокна. Образцы были термически обработаны по режиму: нормализация, закалка от 860°С в масло и отпуск при 420°С в течении 1,5 часов. Полученные значения ударной вязкости и коэффициенты анизотропии приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Значения ударной вязкости и коэффициенты анизотропии исследованных сталей

Сталь	$KCU_{\text{поперечных}} \pm \beta$ МДж/м ²	$KCU_{\text{продольных}} \pm \beta$ МДж/м ²	Коэффициент анизотропии $KCU_{\text{поперечных}} / KCU_{\text{продольных}}$
20Х2Н	0,59 ± 0,25	1,37 ± 0,38	0,43
20Х2НсГ	0,67 ± 0,20	1,08 ± 1,16	0,62
20Х2Нч	0,75 ± 0,21	1,12 ± 0,15	0,67
20Х2Ню	0,59 ± 0,23	1,05 ± 0,15	0,56

Средняя величина ударной вязкости продольных образцов оказалась наибольшей у стали 20Х2Н при значительном разбросе отдельных её значений. Образцы при разрушении расслаивались, при этом, чем больше были размеры расслоения, тем выше была ударная вязкость. Как было отмечено выше, слиток стали 20Х2Н оказался полуспокойным, с определённым количеством газовых пузырей. При ковке последние вытянулись в волосовины вдоль направления горячей пластической деформации. Очевидно, что расслоение при разрушении образцов обусловлено наличием в них несплошностей (волосовин), идущих вдоль образца. В процессе разрушения происходило раскрытие этих несплошностей (расслоение образца), на что затрачивалась определённая часть энергии удара. В результате этого создалось впечатление повышения ударной вязкости, хотя действительная ударная вязкость стали была ниже. Ударные образцы остальных сталей при разрушении расслоений не имели, что свидетельствует об отсутствии несплошностей.

Минимальная ударная вязкость поперечных образцов была у стали 20Х2Н, что

обусловлено наличием несплошностей, пересекающих образцы в поперечно направлении.

Из приведённых в таблице 2 данных видно, что максимальную анизотропию имеет сталь 20Х2Н, а минимальную сталь 20Х2Нч. У базовой стали 20Х2НсГ анизотропия выше, чем у стали 20Х2Нч и ниже чем у стали 20Х2Ню. Таким образом, исследованные стали в порядке возрастания качества определённого по анизотропии расположились в следующей последовательности – 20Х2Н, 20Х2Ню, 20Х2НсГ и 20Х2Нч.

Качество сталей 20Х2НсГ, 20Х2Нч и 20Х2Ню дополнительно оценили и по степени загрязнения неметаллическими включениями металлографическим методом по ГОСТ 1778-80 на шлифах с продольным направлением волокна. Результаты исследования в таблице 3.

Как видно из приведённых в таблице 3 результатов, при введении РЗМ, по сравнению с обычной технологией раскисления, общая загрязнённость стали неметаллическими включениями снижается, улучшается их форма и особенно уменьшается балл

Таблица 3 – Загрязнённость исследованных сталей неметаллическими включениями

Сталь	Метод К ₁ , ГОСТ 1778-80					Метод Ш ₁ , ГОСТ 1778-80		
	Общее количество включений, %	Размер и количество включений				Средний балл включений строчечного типа		
		7 - 14 мкм	15 - 21 мкм	22 - 28 мкм	≥ 29 мкм	Оксиды	Силикаты	Сульфиды
20Х2НСГ	100	235	168	94	31	1 а	2 б	2 а
20Х2Нч	65	253	98	68	25	1 а	1 а	1 б
20Х2Ню	90	284	89	61	37	3 б	1 а	2 б

включений строчечного типа. Этим и объясняется более низкая анизотропия стали 20Х2Нч, чем у других сталей.

Увеличение содержания алюминия в стали 20Х2Ню так же несколько снизило общую загрязнённость стали неметаллическими включениями, однако балл загрязнённости включениями строчечного типа заметно ухудшился, что и обусловило повышение анизотропии.

Полученные результаты исследования позволяют заключить, что снижение содержания марганца и кремния без дополнительного раскисления другими компонентами приводит к недопустимому снижению качества металла. Увеличение количества вводимого для раскисления алюминия позволяет получить спокойную сталь, однако по свойствам, а, следовательно, и по качеству она уступает стандартно раскисленной. Для сни-

жения содержания марганца и кремния ниже обычно принятых пределов без ухудшения качества стали наиболее перспективно введение в неё добавок РЗМ. В этом случае качество стали оказалось выше стандартно раскисленной.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Свищенко В.В. Влияние состава стали на её твёрдость после сфероидизирующей термической обработки // Ползуновский альманах №1/2010. С. 118 – 120.
2. ГОСТ 4543-71. Сталь легированная конструкционная.
3. Явойский В.И. Металлургия стали. М., Металлургия, 1973. 816 с.
4. Поволоцкий Д.Я. Раскисление стали. М., Металлургия, 1972. 208 с.