

УДК 669.15'24'26.001

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ СНИЖЕНИЯ НИКЕЛЯ В СТАЛИ ТИПА 18-10 ПРИ СОХРАНЕНИИ ЕЁ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПЛАСТИЧНОСТИ.

А.В. Рабинович, Ю.В. Садовник, Ю.С. Венец, Г.А. Буряковский, В.Г. Кнохин, Л.Н. Король, Н.С. Кирвалидзе (НМетАУ, ДСС, НЮТЗ)

В настоящее время все большее применение находят мало-и безникелевые коррозионностойкие стали аустенитного класса [1, 2 и др.]. Однако для целого ряда важнейших отраслей промышленности, таких как химическая, пищевая, энергетика и др., хромоникелевые стали типа 18-10 остаются основным, а зачастую единственным пригодным конструкционным материалом. Благодаря их универсальности и благоприятному сочетанию высоких коррозионностойких, механических и технологических свойств, доля сталей этого класса в общем выпуске коррозионностойкого проката остается очень высокой, что определяет необходимость совершенствования технологии их выплавки и передела, в том числе и в направлении изыскания путей экономии дорогого и дефицитного никеля.

В соответствии с вышеизложенным актуальным является исследование возможности снижения содержания никеля в трубной заготовке из сталей 08-12X18H10T с сохранением технологической пластичности за счет применения современной эффективной технологии рафинирования и совершенствования режима раскисления жидкого металла.

Деформируемость хромоникелевой стали типа X18H10T определяется рядом факторов, таких как плотность макроструктуры, загрязненность неметаллическими включениями, содержание в металле газов, цветных и других вредных примесей и, особенно, количество ферритной составляющей в структуре металла. Присутствие в стали δ -феррита крайне отрицательно сказывается на её технологической пластичности при горячей обработке давлением. Например при прошивке трубной заготовки на станах криволинейной прокатки повышенное содержание α -фазы вызывает образование на внутренней поверхности труб плен, что приводит к увеличению брака и требует

дополнительного их ремонта. Поэтому в сталях этого класса, подвергающихся прокатке, ковке или штамповке при повышенных температурах количество феррита строго лимитируется. Особенно жесткие требования по α -фазе предъявляются к трубной заготовке, т.к. схема ее деформации при прошивке значительно сложнее, чем при производстве плоского или сортового проката. Поэтому в нормативной документации на трубную заготовку ограничения по α -фазе составляют $\leq 2,0$ балла и даже $\leq 1,5$ балла для труб с повышенным качеством поверхности, а нижний предел содержания никеля регламентируется на 1,0% выше, т.е. 10,0% против 9,0% по ГОСТ 5632-82 для сталей 08-12X18H10T.

Ориентировочная оценка фазового состава деформированных хромоникелевых сталей может быть проведена по соотношению феррито-и аустенитообразующих элементов с помощью структурных диаграмм или уравнений. Для температурных условий горячей деформации трубной заготовки по нашему мнению наиболее предпочтительным является уравнение для расчета содержания α -фазы, полученное в работе [3] для сталей после закалки с 1050°C. Расчеты, выполненные по этому уравнению, свидетельствуют, что при прочих равных условиях уменьшение содержания никеля в пределах марочного состава на 0,5-0,7% увеличивает количество α -фазы в стали типа X18H10T на 1,2-1,7%, т.е. не более чем на 0,5 балла, что не должно коренным образом сказаться на технологической пластичности металла при горячей деформации.

Негативное воздействие снижения содержания никеля в определенной мере может быть компенсировано некоторым повышением концентрации марганца и улучшением качества стали. Существенным фактором повышения деформируемости горячекатанной заготовки в частности является применение метода газокислородного рафинирования (ГКР), который обеспечивает глубокую дегазацию и очистку высокохромистой стали от неметаллических включений и цветных примесей, что положительно сказывается на пластических свойствах металла[4]. В настоящей работе приводятся результаты

проверки возможности снижения нижнего предела концентрации никеля в стали для трубной заготовки до 9,0% именно за счет применения этого метода.

Полупродукт, выплавленный в дуговой печи, перед заливкой в конвертер ГКР имел температуру 1500-1610°C, в зависимости от которой доля твердой части шихты колебалась в пределах от 1,0 до 8,7(≤15% массы плавки). В качестве твердой завалки применяли углеродистый феррохром ФХ800, никель и отходы Б26, Б21. Продувку полупродукта в конвертере до 0,17-0,23% углерода вели чистым кислородом, а затем смесью кислорода с аргоном по специальной программе [4] до конечного углерода в среднем 0,075%. В серийных плавках средняя конечная концентрация углерода находится на уровне 0,10%, что предпочтительней с точки зрения количества α-фазы в металле заготовки. Легирование стали титаном осуществляли в два приема. После перехода на продувку чистым аргоном за 3-5 минут до выпуска плавки в конвертер присаживали TiB на 0,2% титана, а остальную часть — в ковш вместе с другими раскислителями.

Резервом повышения пластичности стали является также совершенствование технологического режима раскисления жидкого металла в направлении изменения не только количества, но и состава и размеров неметаллических включений. Поэтому в ходе работы было исследовано три варианта раскисления и модифицирования ванны. Во всех случаях в ковш присаживали бор на 0,002% по расчету. Кроме этого в первом варианте вводили 0,8кг/т алюминия и 1,0 кг/т силикокальция, во втором — расход алюминия был снижен до 0,5кг/т и дополнительно введено 0,5кг/т ферроцерия; в третьем — 0,8кг/т алюминия и 1,0кг/т ферроцерия при исключении силикокальция. Все раскислители, включая титан задавали на дно ковша до выпуска. Для выбора оптимального варианта по каждому из них было выплавлено по 15 плавков.

Контроль макроструктуры в профиле Ø95-180мм показали ее высокую плотность и однородность. Центральная пористость металла всех трех вариантов не превышала 0,5 балла, а ликвационный квадрат — 1,0 балла. Дефекты типа точечной неоднородности и пятнистой ликвации не обнаружены.

Оценка загрязненности заготовки неметаллическими включениями показала, что при одинаковом для всех вариантов уровне точечных оксидов (максимальный балл 0,5) первый вариант обеспечивает минимальную загрязненность по всем остальным видам включений (рис.1.). При добавках церия в микроструктуре металла наблюдается крупные включения оксидов и оксисульфидов (до 2,5-3,0 баллов). Последние по данным локального рентгеноспектрального анализа представляют собой оксиды алюминия и РЗМ в оболочке сульфидов церия. Поэтому при выплавке остальной части опытной партии (109 плавов) конечное раскисление проводили по I варианту.

Анализ химического состава металла опытных плавов показывает, что при примерно одинаковом содержании хрома с серийными плавками (в среднем 17,57% против 17,74%) величина его отношения к никелю за счет снижения последнего несколько более чем на 0,8 % мас (рис.2а) в среднем возросла с 1,71 до 1,85 (рис.2б), что, однако, не отразилось на количестве α -фазы в металле, при ее оценке металлографическим методом. По оценкам завода "Днепроспецсталь" эта величина не превышает 2,0 балла, а по результатам дополнительного выборочного контроля на НЮТЗ и в НМетАУ— 2,5 балла. Следует отметить, что различие в содержании других, как ферритообразующих (Si, Ti), так и аустенитообразующих (Mn, C) элементов в опытном и серийном металлах весьма незначительна.

Практически 100% контроль металла трубной заготовки на горячее скручивание при 1170°C показал полное отсутствие зависимости числа оборотов до разрушения от отношения Cr/Ni в пределах его изменения как для серийного, так и опытного металла. При этом уровень горячей пластичности в обоих случаях существенно превышает требования технических условий (до 30-33 оборотов против ≥ 20 по ТУ 14-1-565), оставаясь достаточно высоким до температуры 1250°C включительно (рис.3.).

Более показательный для технологической пластичности трубной заготовки является её прошиваемость, определяемая величиной критического обжатия (δ_k), при котором в условиях косой прокатки образуется полость в

металле. Лабораторными исследованиями было показано отсутствие сколь-нибудь закономерной связи между δ_K и Cr/Ni. Более того прошиваемость опытного металла с большей величиной отношения Cr/Ni как правило выше, чем серийного (рис.4.), что может быть объяснено меньшей его загрязненностью неметаллическими включениями благодаря оптимизации конечного раскисления. Вероятно по этой же причине несколько ниже, чем при серийной выплавке, первичная отбраковка заготовок (11,3% против 14,3%) в условиях ДСС.

Заготовки всех опытных плавок проходили трубный передел методом прессования в цехе №4 НЮТЗ (101 плавка) или прошивки на косовалковых станах цехов №1 и №2 (53 плавки). При прессовании, где случаи брака труб из стали типа X18H10T по внутренним пленам крайне редки, опытные трубы по этому признаку также не были забракованы.

Таблица.

Результаты приемки опытных (числитель) и серийных (знаменатель) горячекатаных труб из стали 08-12X18H10T

Диаметр труб, мм	Цех	I-сорт		Трубы с внутренними дефектами			
		шт	т	шт	%	т	%
95-130	№1	<u>6345</u>	<u>570,58</u>	<u>293</u>	<u>4,6</u>	<u>30,62</u>	<u>5,4</u>
		1602	150,13	78	4,9	11,28	7,5
168-219	№2	<u>497</u>	<u>178,17</u>	<u>27</u>	<u>5,4</u>	<u>10,41</u>	<u>5,8</u>
		1178	393,4	129	10,95	46,82	11,90

Приведенные в таблице результаты приемки опытных горячекатаных труб в сравнении с серийными независимо от их размера даже несколько выше. По механическим свойствам и коррозионной стойкости опытные трубы также находятся на одном уровне с серийными, что в совокупности с изложенным позволяет сделать вывод о целесообразности промышленного производства трубной заготовки с пониженным в пределах ГОСТ 5632 содержанием никеля из металла газокислородного рафинирования.

Библиографический список:

1. Лейбензон В.А., Казаков С.С., Садовник Ю.В. и др. Выплавка высокоазотистых хромоникельмарганцевых сталей методом газокислородного рафинирования // Сталь. 1999. №8. С.18-20.
2. Effect of carbon and nitrogen structure and mechanical properties of Cr-Mn steels. S.Gladkovskii, L.Loladze, S.Mikhailov, B.Efros / HIGH NITROGEN STEELS –Kiev - 1993, P.356-357.
3. И.М. Шарапов, Б.Б. Гуляев Связь между химическим составом, структурой и механическими свойствами литейных нержавеющей сталей. / Оптимизация металлургических процессов (Сб.)- Вып.5. Повышение точности, прочности и надежности стальных заготовок ответственного назначения М.: Металлургия,- 1971.- С.132-136.
4. Ю.А. Нефедов, А.В. Рабинович, Ю.В. Садовник Разработка и промышленное освоение технологии выплавки коррозионностойких сталей методом газокислородного рафинирования(ГКР)/ Современные проблемы металлургии. Научные труды ГМетАУ – Вып.1, Днепропетровск.,-1999.- С.112-132.

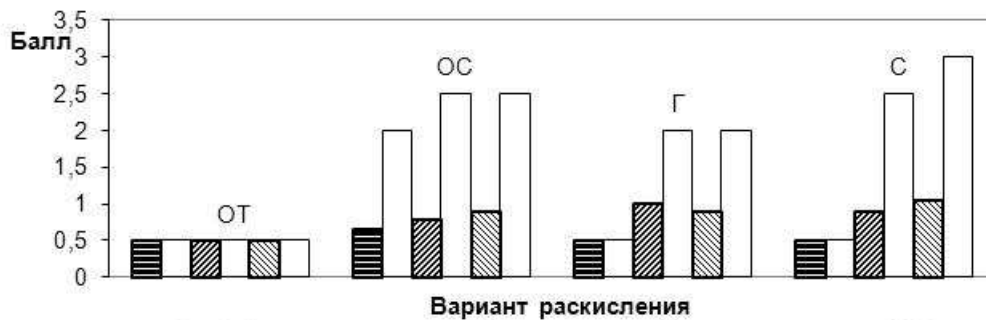


Рис.1.Средневзвешенный(со штриховкой) и максимальный баллы загрязненности трубной заготовки диаметром 95мм из стали 08Х18Н10Т оксидами точечными(ОТ), строчечными(ОС), глобулями(Г) и сульфидами (С)в зависимости от варианта раскисления (I-II-III-^{oooo})

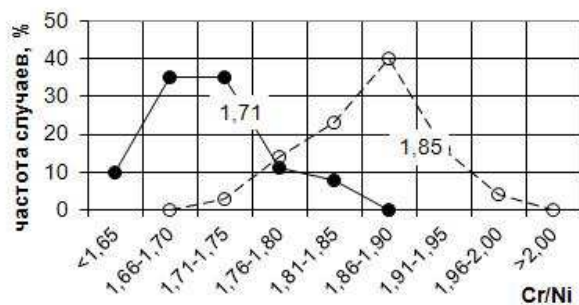
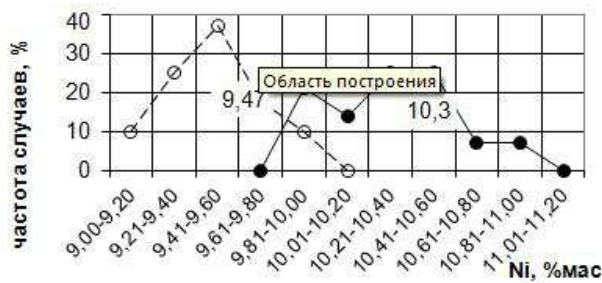


Рис.2.Частотное распределение опытных (o) и серийных(●) заготовок из стали 08Х18Н10Т по содержанию никеля и соотношению Cr/Ni.

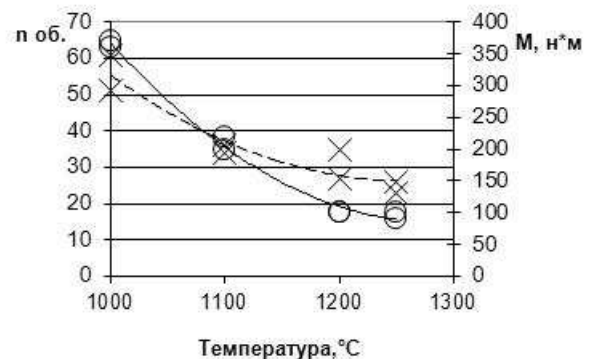


Рис.3. Пластичность опытной стали 08Х18Н10Т (Cr/Ni=1.92) при испытаниях на горячее скручивание: X-число оборотов до разрыва; O-крутящий момент при разрыве.

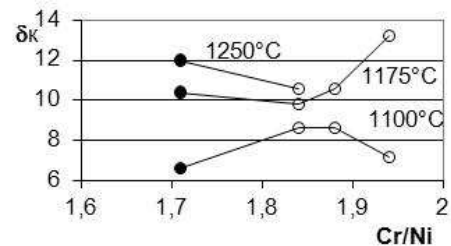


Рис.4. Прошиваемость серийной(●) и опытной(o) заготовки из стали 08Х18Н10Т.