

УДК 669.14.018.29

Карабаш Т.Б.¹, Дорожко Г.К.²

О ПОВЫШЕНИИ КОНСТРУКТИВНОЙ ПРОЧНОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ СТАЛЕЙ

Показано существенное снижение температуры завершения прокатки до 770° С и повышение скорости последующего охлаждения до 10 – 11 град/с на формирование оптимальной структуры и высокого комплекса механических свойств малоуглеродистой строительной стали. Выявлено, что в сталях с карбонитридным упрочнением оптимальная скорость охлаждения составляет не более 4 град/с, а ее превышение приводит к резкому снижению пластичности и ударной вязкости стали.

Листовой прокат малоуглеродистых низколегированных строительных сталей является полуфабрикатом массового назначения для сварных конструкций. Поэтому повышение его конструктивной прочности приведет к значительной экономии металла вследствие снижения материалоемкости изделий. Кроме того, уменьшение массы конструкций в ряде случаев будет способствовать успешной и более длительной их эксплуатации.

До настоящего времени разносторонне исследовано влияние термомеханических параметров прокатки на структуру и свойства строительных сталей [1 – 3]. Однако взаимосвязь кинетики превращения деформированного аустенита, ее влияние на формирование структуры и свойств в направлении получения оптимальной конструктивной прочности исследовано недостаточно.

В связи с этим целью настоящей работы было исследовать влияние параметров завершения прокатки и последующей скорости охлаждения на получение максимального комплекса механических свойств как обычной строительной стали, так и стали с карбонитридным упрочнением.

В настоящее время общепринятым стало понятие о том, что кинетика фазовых превращений в стали определяет формирование структуры и, как следствие, ее механические характеристики. Поэтому были проведены исследования влияния температуры и степени деформации в последнем переходе, а также последующие скорости охлаждения на кинетику превращений аустенита сталей 10ХСНД и 16Г2АФ. Использовалась методика исследования, разработанная авторами [4]. Полученные данные показали, что в обеих сталях снижение температуры и повышение степени деформации приводило к существенному ускорению ферритного и перлитного превращений. Кроме того, существенное влияние обнаружено на характер промежуточного превращения. Под действием горячей деформации, а также при снижении температуры ее завершения оно наблюдалось при более высоких скоростях охлаждения и начиналось при более низких температурах. Так, для стали 10ХСНД повышение степени деформации в последних переходах до 20 – 25 % приводило к появлению бейнитного превращения только при увеличении скорости охлаждения до 11 град/с и снижало его начало на 40 – 50° С. В стали 16Г2АФ такое влияние деформации проявилось в большей мере: появление промежуточного превращения наблюдалось при скоростях охлаждения 14 – 16 град/с, а снижение температуры его начала достигало 70 – 80° С.

Микроструктурные исследования подтвердили данные изменений кинетики превращения аустенита исследуемых сталей. В сталях после горячей деформации структура формировалась более дисперсная, а бейнитная составляющая наблюдалась при охлаждении с более высокими скоростями. Однако необходимо отметить, что, если в стали 10ХСНД при снижении температуры завершения деформации до 770° С при охлаждении до 11 град/с структура была

¹ПГТУ, ст. препод.

²ПГТУ, канд. техн. наук, доц.

достаточно однородная, феррито-перлитная, то в стали 16Г2АФ уже после охлаждения со скоростью 5 – 6 град/с в структуре наблюдалась текстура деформации. Такое обстоятельство связано, по-видимому, с затруднением процессов рекристаллизации в стали 16Г2АФ по сравнению со сталью 10ХСНД.

С целью проверки влияния указанных выше параметров на формирование механических характеристик в лабораторных условиях были проведены испытания на образцах размером 300 x 100 x 25 мм, которые нагревали в камерной печи до 1150° С, а затем прокатывали на стане ДУО "300" с завершением прокатки при температуре 770° С. После завершения прокатки полученные листовые заготовки охлаждали со скоростями до 15 град/с.

Результаты испытаний приведены в табл. 1 и табл. 2.

Таблица 1 – Влияние термомеханических параметров прокатки на механические свойства стали 16Г2АФ

Исследуемый образец	Температура завершения деформации, °С	Скорость охлаждения, град/с	$\sigma_{\text{в}}, \text{МПа}$	$\sigma_{\text{с}}, \text{МПа}$	$\delta, \%$	$\Psi, \%$	КСУ, МДж/м ² при температуре испытания, °С				
							+ 20	0	– 20	– 40	– 60
1	770	7,6	600	430	26	60	1,1	0,95	0,8	0,6	0,5
2	770	8	605	430	26	58	1,15	0,95	0,8	0,65	0,5
3	770	9	620	445	25	58	1,15	0,95	0,8	0,65	0,55
4	770	10	640	450	24	55	1,2	1,0	0,85	0,7	0,6
5	770	11	650	460	24	55	1,2	1,0	0,9	0,75	0,7
6	770	14	650	470	20	45	0,8	0,7	0,65	0,35	0,25

Таблица 2 – Влияние термомеханических параметров прокатки на механические свойства стали 10ХСНД

Исследуемый образец	Температура завершения деформации, °С	Скорость охлаждения, град/с	$\sigma_{\text{в}}, \text{МПа}$	$\sigma_{\text{с}}, \text{МПа}$	$\delta, \%$	$\Psi, \%$	КСУ, МДж/м ² при температуре испытания, °С				
							+ 20	0	– 20	– 40	– 60
1	770	2,0	610	510	28	62	1,2	1,1	0,9	0,7	0,55
2	770	2,5	640	515	26	60	1,2	1,2	1,0	0,9	0,7
3	770	3,0	680	550	26	58	1,4	1,2	1,0	0,95	0,7
4	770	4,0	690	570	26	58	1,4	1,2	1,0	0,95	0,75
5	770	4,5	695	580	22	45	0,85	0,7	0,5	0,4	0,27
6	770	5,5	695	585	18	40	0,8	0,6	0,4	0,3	0,25

Анализ результатов испытаний показывает, что получаемый комплекс механических свойств по-разному формируется в исследуемых сталях. Если в стали 10ХСНД максимальные значения прочности, пластичности и ударной вязкости наблюдались при охлаждении после завершения прокатки со скоростью 11 град/с, то в стали 16Г2АФ при охлаждении 4 град/с. Дальнейшее повышение скорости охлаждения приводило к существенному снижению пластических характеристик и ударной вязкости (образец № 6, табл. 1). Следовательно, полученные результаты позволяют утверждать, что при снижении температуры завершения прокатки и увеличении скорости охлаждения, можно добиться существенного повышения комплекса механических свойств малоуглеродистых строительных сталей. При этом необходимо учитывать характер легирования стали. Приведенные в настоящей работе данные свидетельствуют о возможностях управления конструктивной прочностью строительных сталей под действием термомеханических параметров обработки, в связи с чем представляет интерес продолжить данное исследование на других марках стали для более надежного подтверждения полученных результатов.

Выводы

1. Снижение температуры завершения прокатки до 770° С и повышение скорости последующего охлаждения приводит к существенным изменениям кинетики превращения аустенита и структуры малоуглеродистой низколегированной строительной стали. В сталях с карбонитридным упрочнением максимальное измельчение феррито-перлитной структуры при увеличении охлаждения свыше 4 град/с сочетается с появлением текстуры деформации.
2. В стали 10ХСНД максимальный комплекс механических характеристик (сочетание высоких значений прочности, пластичности и ударной вязкости) наблюдался при снижении температуры конца прокатки до 770° С и повышением скорости последующего охлаждения до 11 град/с. В стали 16Г2АФ – после завершения прокатки при 770° С и последующего охлаждения со скоростью 4 град/с.
3. Показано, что варьирование термомеханическими параметрами завершения прокатки и последующего охлаждения может приводить к получению различного комплекса механических характеристик малоуглеродистой низколегированной стали.

Перечень ссылок

1. *Хлестов В.М.* Влияние деформации в межкритическом интервале на кинетику превращения аустенита, структуру и свойства стали.10ХСНД / *В.М. Хлестов, Г.К. Дорожко, Н.Т. Егоров* // Изв. вузов. Черная металлургия. – 1987. – № 4. – С. 85 – 89.
2. *Ефименко С.П.* О некоторых проблемах улучшения свойств сталей массового назначения при ВТМО / *С.П. Ефименко, Д.Г. Насибов* // Сталь. – 1991. – № 12. – С. 58 – 60.
3. *Хлестов В.М.* Влияние параметров контролируемой прокатки на аустенитную и конечную структуру стали 09Г2ФБ / *В.М. Хлестов, З.Ф. Фролова* // Изв. вузов. Черная металлургия. – 1989. – № 4. – С. 68 – 71.
4. *Хлестов В.М.* Превращение деформированного аустенита в стали / *В.М. Хлестов, Г.К. Дорожко.* – Мариуполь: ПГТУ, 2002. – 407 с.

Рецензент: А.П. Чейлях
д-р техн. наук, проф., ПГТУ

Статья поступила 27.03.2008