

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ TRIP-СТАЛИ

Причина уникальных свойств TRIP - стали кроется в её фазовом составе. Ступенчатая скорость охлаждения горячекатаных полос на отводящем рольганге широкополосного стана или термическая обработка холоднокатаных полос на агрегате непрерывного действия, способного создать управляемые циклы нагрева и охлаждения стали заданного химического состава, превращают исходную микроструктуру в смесь феррита, бейнита и остаточного метастабильно аустенита, количество которого находится обычно в пределах 5-15%. Остаточный аустенит во время пластической деформации стали под пуансоном вытяжного прессы превращается в мартенсит, что сопровождается неизбежным улучшением пластических свойств стали и её упрочнением.

Стабилизация аустенита достигается насыщением его углеродом в объеме $> 1\text{мас. \%}$. Этого возможно достичь применением оптимального химического состава стали, выверенным температурным режимом горячей прокатки полос (рис. 1) или двухступенчатой термической обработкой холоднокатаного металла, включающей отжиг в межкритическом интервале температур ($A_{c3} - A_{c1}$) и выдержку в интервале температур бейнитного превращения структуры ($350 - 450^\circ\text{C}$) (рис. 2).

Кроме углерода, на формирование и стабилизацию остаточного аустенита существенно влияют кремний и марганец. Кремний сдерживает выделение карбидов при образовании бейнита, обеспечивая диффузию углерода в остаточный аустенит. Марганец стабилизирует аустенит, снижая температуру его превращения, т.е. препятствует образованию мартенсита при охлаждении полос во время их термической обработки. Кроме того, марганец, как и кремний, увеличивает прочность стали, упрочняя твердый раствор. Также TRIP-стали дополнительно легируют ниобием и ванадием с целью улучшения пластических и прочностных свойств.

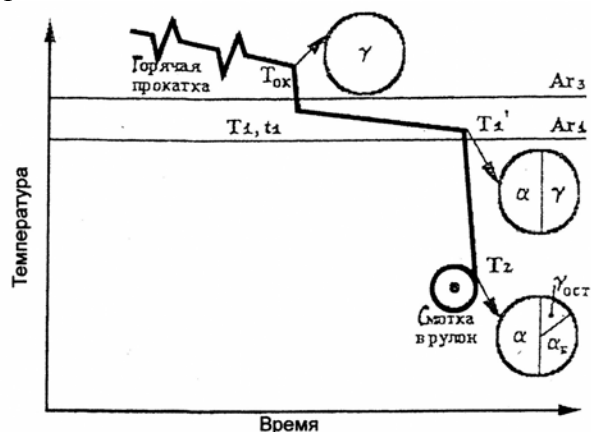


Рис. 1. Этапы охлаждения полос на НШПС

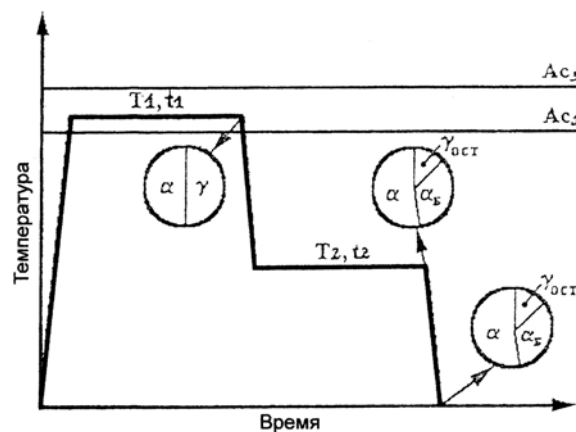


Рис. 2. Этапы термообработки на агрегате непрерывного отжига

С целью внедрения процесса получения TRIP-стали на ОАО «Северсталь» были исследованы зависимости механических свойств стали от температуры и продолжительности выдержек, а также от химического состава.

В лабораторных условиях были подобраны оборудование и технология, обеспечивающие моделирование заводских процессов производства TRIP-стали.

Выдержку в межкритическом интервале температур производили погружением в расплав соли, а выдержку при температуре бейнитного превращения - погружением в расплав свинца.

В ходе эксперимента были исследованы три химических состава стали (табл. 1).

Таблица 1.

№	Массовая доля химических элементов, %				
	C	Si	Mn	V	Nb
1	0,238	1,62	1,03	0,22	0,137
2	0,206	2,04	1,02	0,25	0,035
3	0,29	1,5	1,5	0,1	0,05

Было опробовано 90 режимов термообработки. TRIP-эффект был обнаружен на всех химических составах сталей. Наилучший комплекс свойств был получен на холоднокатаном металле, имеющем химический состав стали № 3, которая была обработана по следующему режиму: выдержка в межкритическом интервале температур при 760°C в соли в течении 3 минут; охлаждение при температуре бейнитного превращения от 470°C до 350°C в свинце в течение 8 минут.

В результате получили следующие свойства: предел прочности $\sigma_b = 990$ Мпа, предел текучести $\sigma_T = 700$ Мпа, пластичность $\delta = 20$ %.

Диаграмма растяжения представлена на рис. 3.

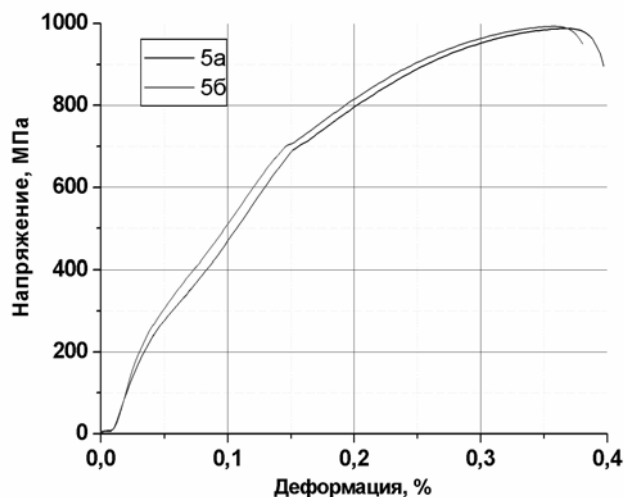


Рис. 3. Диаграмма растяжения образцов показавших лучшие свойства

Исследование микроструктуры показало наличие остаточного аустенита, феррита и бейнита. Также был проведен рентгеноструктурный анализ, который показал наличие остаточного аустенита в количестве около 10 % и отсутствие цементита.