

**ПРОЧНОСТЬ, ВЯЗКОСТЬ И СВАРИВАЕМОСТЬ
СВЕРХНИЗКОУГЛЕРОДИСТЫХ МАРТЕНСИТНЫХ СТАЛЕЙ**

Шабалов И.П., Филиппов В.Г., Чевская О.Н.
ГНЦ ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П.Бардина», Москва, Россия,
iqs12@yandex.ru

Развитие современных низколегированных сталей для труб и сварных конструкций направлено на повышение прочности, вязкости и хладостойкости. Это достигается измельчением структуры, дисперсионным упрочнением и повышением степени чистоты стали по вредным примесям и неметаллическим включениям.

В частности, повышение прочности современных трубных сталей обеспечивается специальной технологией контролируемой прокатки с ускоренным охлаждением с получением структуры игольчатого (бейнитного) феррита или смеси феррита с низкоуглеродистым бейнитом.

Одним из перспективных направлений повышения прочности сталей для сварных конструкций является создание сверхнизкоуглеродистых мартенситных сталей (СНМС). Такие стали закаляются при охлаждении на воздухе, что не требует ускоренного охлаждения после прокатки, и обладают высоким запасом прочности и вязкости. Однако для применения СНМС для изготовления сварных конструкций необходима оценка их свариваемости.

В настоящей работе исследовали свариваемость СНМ стали типа 05X2Г2Ф на двух плавках №1 и №3 с различным содержанием углерода (0,055 и 0,042% соответственно) после контролируемой прокатки (КП) и отпуска при 650°C с механическими свойствами, представленными в таблице 1.

Таблица 1 - Механические свойства СНМС

№ плавки	Вид обработки	σ_B	$\sigma_{пц}$	$\sigma_{0,2}$	δ	ψ	$\sigma_{0,2} / \sigma_B$
		Н/мм ²			%		
1	КП+отп. 650°C	893	834	845	11,6	41	0,95
3	КП+отп. 650°C	941	832	866	15	61	0,92

Ударная вязкость KCV исследованных плавков при минус 20°C составляла 71,0 Дж/см² (пл.№1) и 102,0 Дж/см² (пл.№3).

Изучение свариваемости проводили на основе моделирования термических циклов, а вместе с ними и физических процессов, протекающих при сварке в околошовной зоне (ОШЗ). Свариваемость оценивали на основании установления характера влияния скорости охлаждения (тепловложения при сварке) на структуру и свойства металла ОШЗ.

Для определения свариваемости был проведен комплексный анализ кинетики фазовых превращений аустенита в условиях различных термических циклов сварки, связанных с ними изменений микроструктуры и механических свойств металла околошовной зоны и склонности стали к образованию холодных трещин.

Анализ кинетики фазовых превращений металла околошовной зоны СНМС плавков №1 и №3 показал, что основным видом превращения является мартенситное. Мартенсит присутствует в структуре металла околошовной зоны обеих плавков во всем исследованном диапазоне скоростей охлаждения от 0,5 °C/с и выше, что свидетельствует о высокой структурной стабильности стали (рис. 1).

Для плавки №1 температура начала мартенситного превращения 465 °C, температура конца превращения 340 – 360 °C, а для плавки № 3 температура начала мартенситного превращения составляет 480 °C и температура конца превращения 320

– 390 °С. Повышение температуры начала превращения в сравнении с плавкой №1 является следствием снижения содержания углерода.

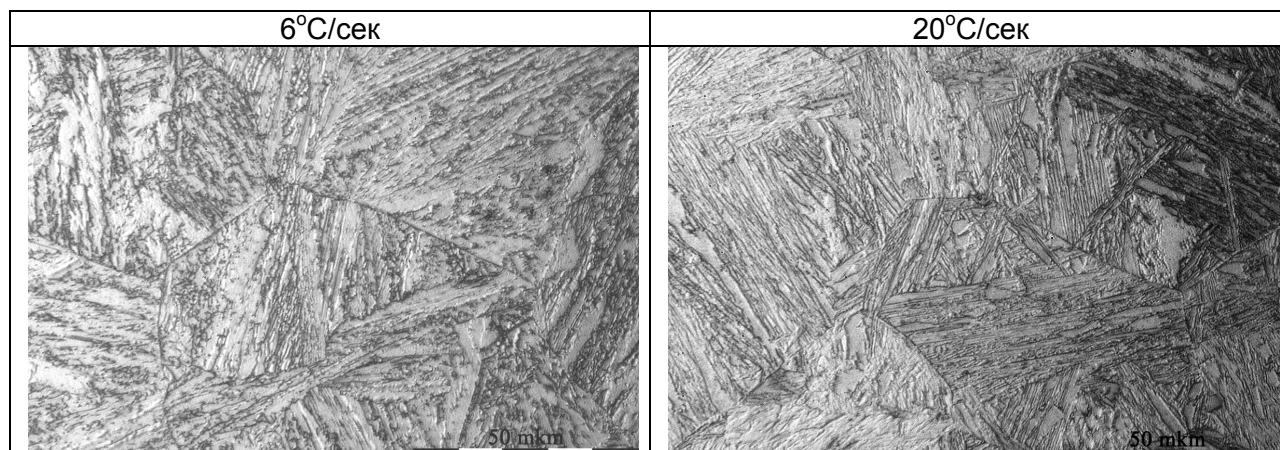


Рисунок 1 - Микроструктура околошовной зоны металла нагретого до температуры 1300 °С СНМС плавки №1, охлажденной с разными скоростями, х500

Изучение распределения твердости в околошовной зоне в зависимости от скорости охлаждения (рис. 2) и структуры, показало, что твердость обеих плавки изменяется незначительно от 315 до 373 HV и от 281 до 354, соответственно, во всем исследованном интервале скоростей охлаждения (от 0,5 до 300 °С/с).

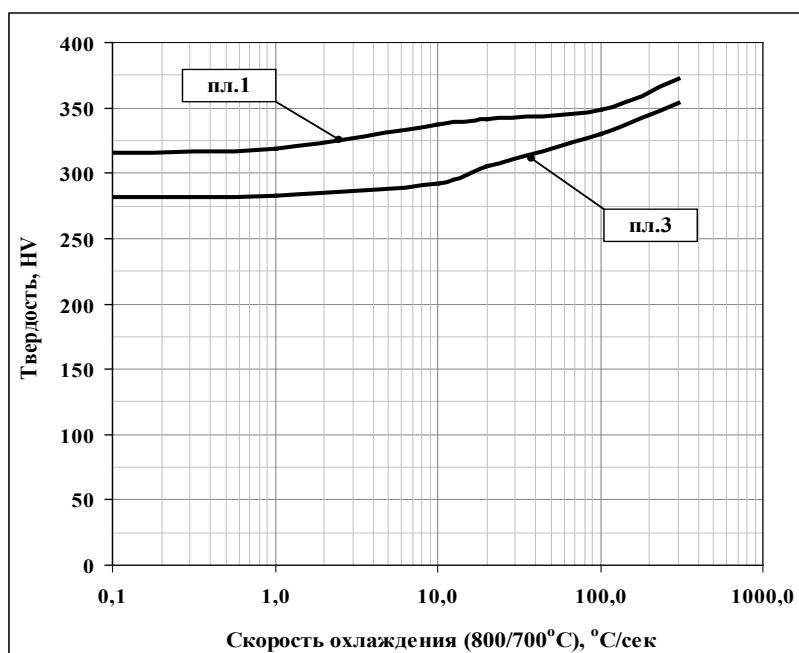


Рисунок 2- Влияние скорости охлаждения на твердость металла околошовной зоны нагретого до температуры 1300 °С СНМС плавки №1 и №3.

Изучение влияния скорости охлаждения после сварки на изменение ударной вязкости металла ОШЗ лабораторной плавки №1 (рис. 3) проводили на образцах с имитированной структурой с острым надрезом при температуре испытания -20 °С, в соответствии с требованиями к основному металлу. Максимальный уровень ударной вязкости 35 Дж/см² соответствует скорости охлаждения 10-20 °С/с.

Исследование ударной вязкости металла ОШЗ лабораторной плавки №3 (рис. 3) проводили при температурах испытания (+20, 0, -20 °С). Максимальный уровень ударной вязкости при -20 °С составил - 45 Дж/см², характер изменения ударной

вязкости в зависимости от скорости охлаждения аналогичен плавке №1. Повышение температуры испытания приводит к увеличению показателя ударной вязкости при скорости охлаждения менее 6 °C/с.

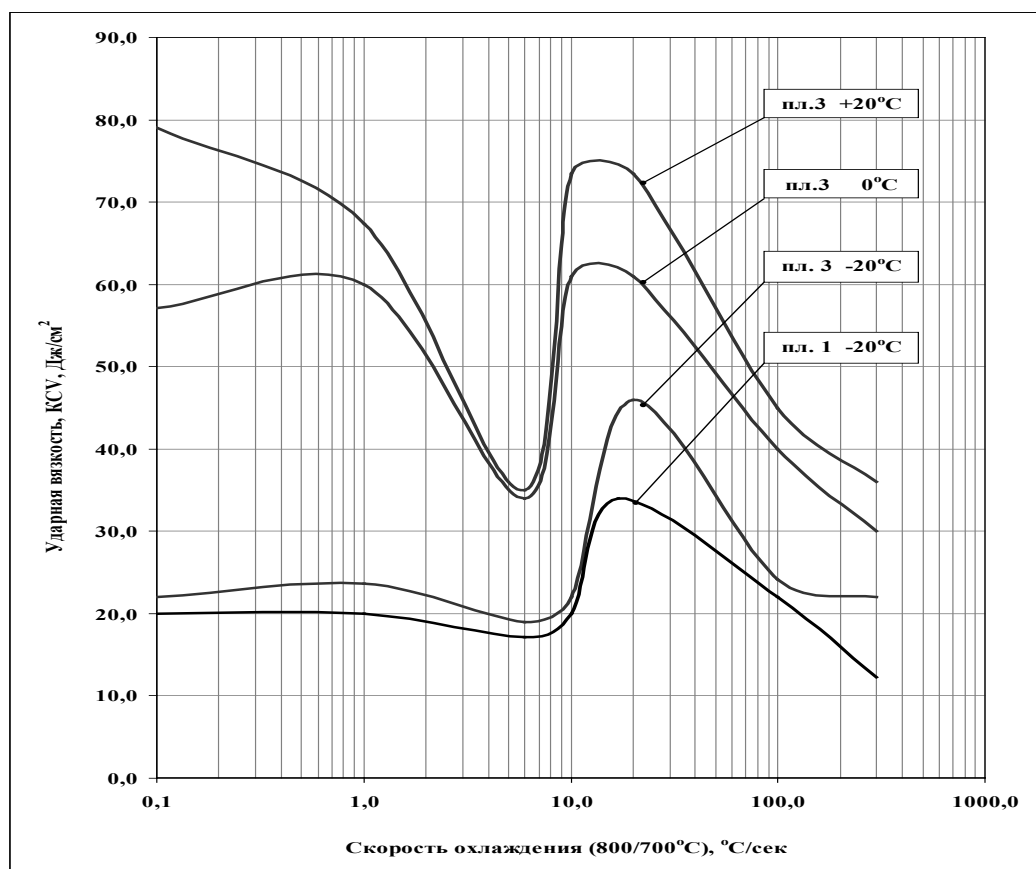


Рисунок 3 - Изменение ударной вязкости металла околошовной зоны СММС №1 и №3 в зависимости от скорости охлаждения при различных температурах испытания

Таким образом, результаты исследования показывают, что обе плавки обладают высокой структурной стабильностью: изменения твердости металла ОШЗ в широком диапазоне скоростей охлаждения незначительные. Принимая во внимание, что критерием образования холодных трещин является твердость, превышающая 350 НV, исследуемая сталь плавки №3, не склонна к образованию холодных трещин в интервале скоростей охлаждения 0,1-300 °C/с. В сварных соединениях стали плавки №1 гарантируется отсутствие холодных трещин при скорости охлаждения менее 100 °C/с.

Интервал скоростей охлаждения соответствующий максимальному уровню ударной вязкости одинаковый для обеих плавки и соответствует способам сварки обеспечивающим скорость охлаждения в интервале 700-800 °C 10-30 °C/с (ручная дуговая, автоматическая под флюсом на малых погонных энергиях, в среде защитных газов с повышенной погонной энергией).