

# СОЗДАНИЕ СЖИМАЮЩИХ ПОВЕРХНОСТНЫХ ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ МЕТОДАМИ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

**Выбойщик М. А., Быков Р. Н., Маршанская О. В.**

*Тольяттинский государственный университет, Тольятти, Россия,  
[motom@yandex.ru](mailto:motom@yandex.ru)*

Известно, что растягивающие остаточные напряжения в металлических изделиях, складываясь с рабочими напряжениями могут вызвать разрушение, а также значительно увеличить скорость коррозионных процессов. Остаточные напряжения сжатия наоборот способствуют снижению темпов коррозии [1-3].

При производстве труб остаточные напряжения могут возникать на всех стадиях обработки и формообразования. Наличие и величина остаточных напряжений не контролируется производителями труб. Как показали наши измерения, на поверхностях труб формируются остаточные напряжения растяжения, которые и могут изменяться в весьма широких пределах (табл. 1).

Наблюдаемый разброс в значении остаточных поверхностных напряжений может вызвать дополнительную нестабильность коррозионной стойкости.

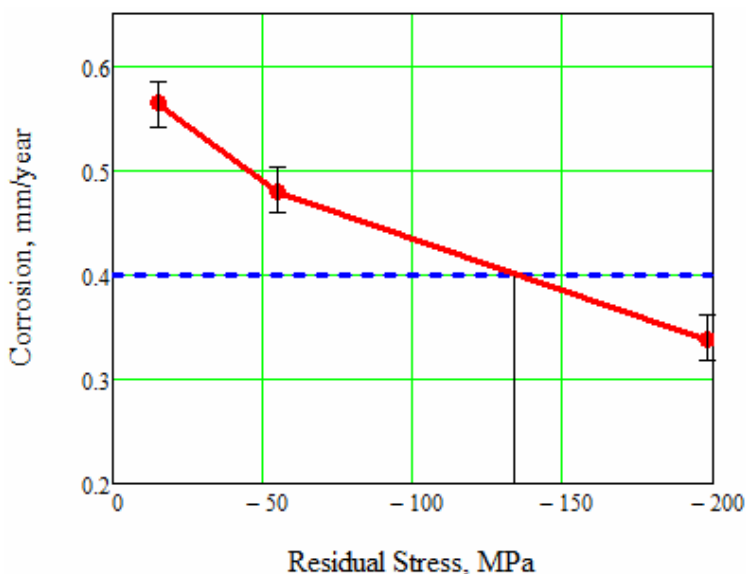
**Таблица 1.** Остаточные напряжения на поверхности труб

№ Трубы	Завод изготовитель	Материал	Размеры, мм	Состояние поставки (СП)	Остаточные напряжения (СП), МПа		Остаточные напряжения (ОТО), МПа	
					Наруж. пов-ть	Внут. пов-ть	Наруж. пов-ть	Внут. пов-ть
1	ПНТЗ	37Г2С	Ø73x5,5	Прокат + ТО <sup>2</sup>	-180	+175	-220	-215
2		37Г2С	Ø73x5,5	Прокат + ТО	-160	+155	-210	-170
3		37Г2С	Ø73x5,5	Прокат + ТО	-170	+115	-215	-75
4		37Г2С	Ø73x5,5	Прокат + ТО	-190	-50	-220	-70
5		37Г2С	Ø73x5,5	Прокат + ТО	-170	+160	-210	-135
6		37Г2С	Ø73x5,5	Прокат + ТО	-155	+150	-205	-125
7	СинТЗ	37Г2С	Ø73x5,5	Прокат + ТО	-190	+135	-285	-95
8	ИТЗ	37Г2С	Ø73x5,5	Прокат + ТО	-160	+145	-290	-45
9	СинТЗ	37Г2С	Ø73x5,5	Прокат	-60	+55	-320	-205
10		37Г2С	Ø73x5,5	Прокат + ТМО <sup>3</sup>	-95	-30	-345	-260
11		37Г2С	Ø73x5,5	Прокат + ТО	-210	-80	-340	-325
12		45ГБ	Ø73x5,5	Прокат	+40	+35	-280	-275
13		45ГБ	Ø73x5,5	Прокат + ТМО	-140	-125	-370	-360
14		10	Ø89x6	Прокат	-20	-20	-360	-340
15		10	Ø73x5,5	Прокат + ТМО	-80	-60	-360	-350
16		20	Ø89x6	Прокат	-35	-30	-270	-250
17	20ДС	Ø89x8	Прокат + ТО <sup>4</sup>	-80	-50	-295	-240	

ТО – термическая обработка (закалка + отпуск)  
<sup>2</sup> ТМО – термомеханическая обработка  
<sup>3</sup> – двойная закалка + отпуск

Нами создан способ окончательной термической обработки труб (ОТО), позволяющий получить на обеих поверхностях достаточно высокие значения остаточных напряжений сжатия, обеспечивающих заданный уровень коррозионной стойкости [4]. Полученные значения остаточных напряжений после ОТО также приведены в табл. 1.

Влияние ОТО на стойкость металла труб к общей коррозии оценивали по потере массы образцов, вырезанных из труб, после выдержки в коррозионной среде (начальная pH 3,14, конечная pH 3,76; H<sub>2</sub>S начальная – 2920 ppm, H<sub>2</sub>S конечная – 2615ppm). Часть образцов подвергали ОТО, а другую часть – отжигу для снятия остаточных напряжений. Для всех образцов контролировали величину поверхностных остаточных напряжений методом Н.Н. Давиденкова. Усредненные результаты скорости общей коррозии для четырех образцов в зависимости от величины поверхностных сжимающих остаточных напряжений приведены на рис. 1. Видно, что увеличение поверхностных сжимающих остаточных напряжений до уровня ~200 МПа уменьшает скорость коррозии с 0,57 до 0,33мм/год.



**Рис. 1.** Зависимость скорости общей коррозии от величины поверхностных остаточных напряжений

Принято, что достаточный уровень коррозионной стойкости нефтепромысловых труб обеспечивается про общей скорости коррозии 0,4 мм/год, который показан пунктирной линией на рис. 1. ОТО позволяет получить на обеих сторонах труб сжимающие напряжения 200 МПа, что с учетом рабочих растягивающих напряжений в транспортирующих трубах ( $\sigma_{\text{раб.мах.}} = 50$  МПа) позволяет сохранить сжимающие поверхностные напряжения на уровне 150 МПа, что вполне достаточно для обеспечения скорости коррозии менее 0,4 мм/год.

*Работа выполнена при поддержке Государственного контракта П2316 ФЦП «Кадры».*

#### Список литературы

1. Ажогин Ф.Ф. Коррозионное растрескивание и защита высокопрочных сталей. – М.: Металлургия, 1974. – 256 с.
2. Саакиян Л.С., Ефремов А.П., Соболева И.А. Повышение коррозионной стойкости нефтепромышленного оборудования. – М.: Недра, 1988. – 211 с.
3. Жуков А.П., Малахов А.И. Основы металловедения и теории коррозии. – М.: Высшая школа, 1991. – 169 с.
4. Пат. № 2299251 РФ. Способ термической обработки труб / В.И. Пузенко, А.М. Николаев, М.А. Выбойщик, Е.А. Николаев, А.И. Утриванов, Г.В. Егорова, Р.Н Быков, В.П. Ольберг // заявл. 19.01.2006; опублик. 20.05.2007, Бюл. 2007/14. – 6 с.