

УДК 669.14:620.172

## ВЛИЯНИЕ ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ НА ОСНОВНЫЕ МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СТАЛЕЙ Ст3

Андронов И. Н.<sup>1)</sup>, Вербаховская Р. А.<sup>1)</sup>, Богданов Н. П.<sup>1)</sup>, Алнев Т. М.<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Ухтинский Государственный Технический Университет, Ухта, Р. Коми,  
iandronov@mail.ru

<sup>2)</sup> ООО "Севергазпром", г. Ухта, Р. Коми

Целью данной работы является выявление влияния остаточных напряжений на механические свойства сталей. Установление закономерностей влияния полей остаточных напряжений на механические свойства сталей является необходимым для получения знаний необходимых при разработке методов оценки и повышения остаточного ресурса прочности и надежности элементов конструкций.

В рамках данных исследований проводились механические испытания на растяжение образцов из сталей марок Ст3 сп14637-69(5) и Ст3 сп3680-57(20). Опыты были выполнены согласно ГОСТ 1497-84.

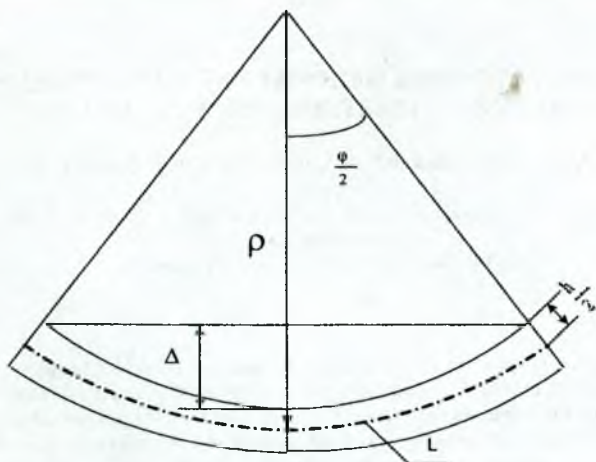
Испытания осуществляли в условиях растяжения, применяли образцы прямоугольного поперечного сечения с длиной рабочей части и шириной поперечного сечения соответственно  $L_0$  и  $b_0$ . Использовались короткие образцы с отношением  $L_0/b_0 = 5$ , при этом  $L_0 = 100$  мм.

Для исследования влияния остаточных напряжений и деформаций на стандартные механические характеристики сталей образцы были подвергнуты следующей последовательности термосилового воздействия: образцы, изготовленные в направлении перпендикулярном оси газопровода, предварительно отжигали при  $t = 650^\circ\text{C}$  в течение двух-трех часов с последующим медленным охлаждением (совместно с печью). В дальнейшем образец изгибали при помощи пресса, сообщая в центральной части остаточный прогиб величиной  $\Delta$  (схема представлена на рис.1). Максимальные значения деформаций и остаточных напряжений, приобретаемых в результате предварительного изгиба, оценивали по величине  $\Delta$  по формулам сопротивления материалов [1]. Максимальную осевую деформацию определяли по формуле:

$$\varepsilon_{\max} = \frac{h}{2\rho}, \quad (1)$$

где  $h$  – высота поперечного сечения образца,  $\rho$  радиус кривизны, обусловленный предварительным изгибом, который находится на основе принципа малых перемещений по формуле (2), где  $L$  полная длина рабочей части образца.

$$\rho = \frac{L^2}{8\Delta}, \quad (2)$$



**Рис. 1.** Схема, поясняющая деформирование образца при поперечном изгибе,  $\rho$  – радиус кривизны образца при изгибе,  $L$  – его длина,  $\Delta$  – величина прогиба.

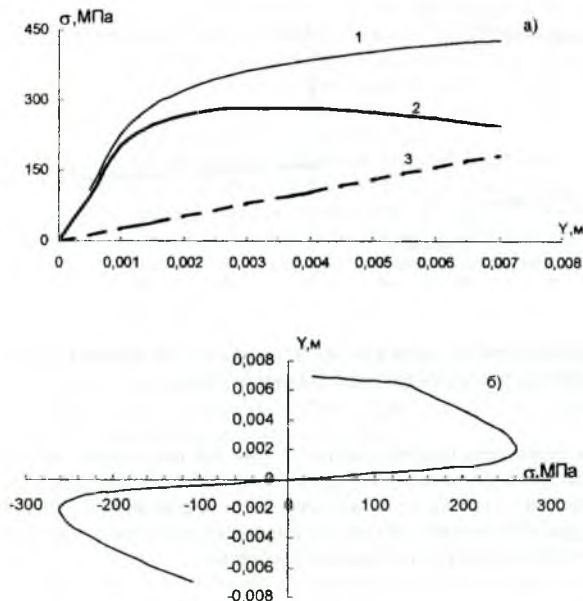
Расчетные значения  $\epsilon_{\max}$  в предлагаемой серии опытов составляли соответственно 3,0%, 4,5%, 6,0%. На рис. 2, а кривой (3) представлено распределение остаточных напряжений по сечению. Вид кривой находили традиционным для курса сопротивления материалов способом [1] по разности кривых нагрузки (1) и разгрузки (2). На рис. 2, б представлена эпюра остаточных напряжений, построенная для поперечного сечения. По эпюре остаточных напряжений определяли их максимальную величину  $\sigma_{\max}$ . В таблице приведены значения максимальных осевых деформаций и остаточных напряжений, полученных в результате предварительного изгиба.

**Таблица.** Значения предварительных деформаций и остаточных напряжений.

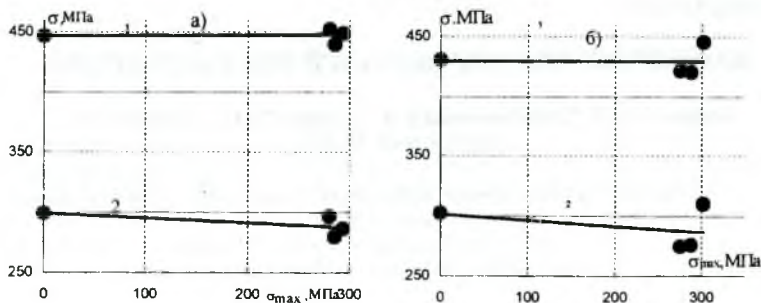
№ пп	$\epsilon_{\max}$ , %	Ст3сп14637-69 (20мм)	Ст3сп3680-57 (5мм)
		$\sigma_{\max}$ , МПа	$\sigma_{\max}$ , МПа
1	0,0	0	0
2	3,0	280	275
3	4,0	285	287
4	6,0	293	301

После указанного механического воздействия образец повторно подвергали вышеописанному низкотемпературному отжигу с целью снятия остаточных напряжений, после чего их выпрямляли на прессе, тем самым возвращая к состоянию, приведенному в вышеуказанной таблице, и деформировали до разрушения на разрывной машине МР – 100. При этом, согласно ГОСТ 1497-84, определяли стандартные механические характеристики: предел прочности  $\sigma_B$ ; условный предел текучести  $\sigma_{0.2}$ ; максимальное относительное сужение  $\psi$  и деформацию при разрыве  $\delta$ . На рисунках 3, 4 приведены типичные зависимости стандартных механических характеристик от максимальной ве-

личины остаточных напряжений. Из рисунков видно, что остаточные напряжения практически не оказывают влияния на значения стандартных механических характеристик.



**Рис. 2.** (1а) – кривая нагружения, в координатах  $\sigma - Y$ , где  $Y$  – величина расстояния от нейтральной линии до представительной точки поперечного сечения; (3а) – линия упругой разгрузки; (2а) – эпюра остаточных напряжений, построенная для верхней части поперечного сечения; та же эпюра для всего поперечного сечения дана на рис 2,б.



**Рис. 3.** Зависимости  $\sigma_B$  (1) и  $\sigma_{0.2}$  (2) от величины максимальных касательных напряжений  $\sigma_{max}$  в стали Ст3 сп14637-69(5) (а) и Ст3 сп3680-57(20) (б)

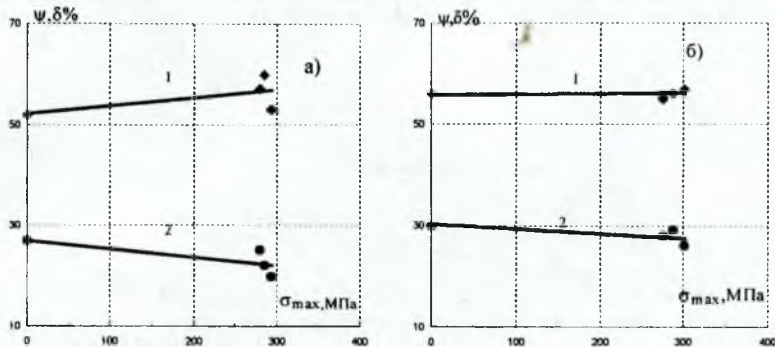


Рис.4. Зависимости пластических характеристик  $\psi$  (1) и  $\delta$  (2) от остаточных напряжений в стали Ст3 сп14637-69(5) (а) и Ст3 сп3680-57(20) (б).

Вышеописанные результаты свидетельствуют о том, что остаточные напряжения не оказывают существенного влияния на величины стандартных механических характеристик. Это, в частности, означает, что, например, на механические свойства образцов, вырезанных из фрагментов труб в поперечном направлении, не сказываются остаточные напряжения, возникающие при распрямлении образцов.

#### Список литературы

1. Феодосьев В.И. Сопротивление материалов. М: "Наука". 1972. 544 с.

УДК 669.14:620.172

### ИЗМЕНЕНИЕ ТВЕРДОСТИ СТАЛЕЙ ПРИ НАГРУЖЕНИИ

Андронов И. Н.<sup>1)</sup>, Вербаховская Р. А.<sup>1)</sup>, Алиев Т. М.<sup>2)</sup>, Агнней Р. В.<sup>3)</sup>,  
Теплинский Ю. А.<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Ухтинский Государственный Технический Университет, г. Ухта, Р. Коми,  
[iandronov@mail.ru](mailto:iandronov@mail.ru)

<sup>2)</sup> ООО "Севергазпром", г. Ухта, Р. Коми

<sup>3)</sup> Филиал ООО «ВНИИГАЗ» - «Севернипигаз» г. Ухта

К одной из важнейших задач диагностики ресурса прочности трубопровода относится анализ реального напряженного состояния. На практике эту задачу решают с помощью различных методик, например, магнитных. Целью настоящего сообщения является количественная оценка напряженных конструкций при помощи измерений