

ВОПРОСЫ ПРОЧНОСТИ И ДОЛГОВЕЧНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ
АВИАЦИОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ
Межвузовский сборник, 1980

УДК 629.7.06:621.787

С.М.Лежин, В.М.Ермолаев

ОЦЕНКА ЭФФЕКТА УПРОЧНЕНИЯ ПИД АВИАЦИОННЫХ ТРУБОПРОВОДОВ
ПРИ НАЛИЧИИ МОНТАЖНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ

Одним из эффективных методов повышения надежности и долговечности трубопроводов авиационных пневмогидросистем является упрочнение поверхностным пластическим деформированием. При этом у поверхности создаются значительные сжимающие остаточные напряжения, благоприятно влияющие на усталостную прочность. Так, например, при виброударном упрочнении трубок из ВНС-2 остаточные напряжения у поверхности достигают - 600 МПа, а в трубках из К18Н10Т - 450 МПа. Это позволяет повысить предел выносливости соединений на 20-30%. В таблице I приведены результаты усталостных испытаний соединений трубопроводов с колодками зажима при симметричном цикле изгиба.

Таблица I

Материал	Режимы упрочнения	Предел выносливости σ_{-1} , МПа
ВНС-2	Без упрочнения.	190
	Виброударное упрочнение наружной поверхности шариками ϕ 4 мм и внутренней шариками ϕ 1 мм.	230
К18Н10Т	Без упрочнения.	185
	Виброударное упрочнение наружной поверхности шариками ϕ 1 мм.	210
	Виброударное упрочнение наружной поверхности шариками ϕ 4 мм и внутренней шариками ϕ 1 мм.	230

Однако при монтаже трубопроводов за счет выбора неточностей возникают монтажные напряжения, величина которых при допустимых нормах на сборку может превышать предел текучести материала. Суммирование монтажных напряжений с остаточными, наведенными при упрочнении, приводит к изменению последних, что может оказывать существенное влияние на усталостную прочность.

В настоящей работе рассматривается влияние монтажных неточностей на остаточные напряжения и усталостную прочность неупрочненных и упрочненных трубопроводов $\phi 12 \times 1$ мм из ВНС ($\sigma_T = 780$ МПа, $\sigma_B = 970$ МПа) и Х18Н10Т ($\sigma_T = 320$ МПа, $\sigma_B = 570$ МПа). Для упрочнения применяли виброударную обработку наружной поверхности шариками $\phi 4$ мм, внутренней шариками $\phi 1$ мм в течение 18 мин с амплитудой колебания контейнера 2 мм и частотой 60 гц.

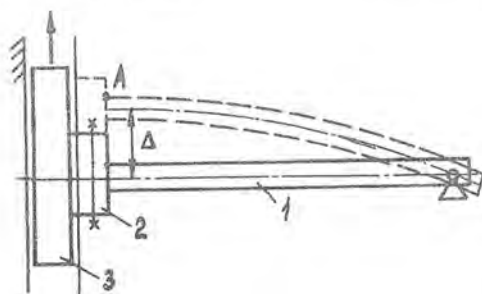


Рис. 1

Монтажные напряжения создавали на машине УКИМ-1 (рис. 1) перемещением Δ каретки 3, которой трубку 1 крепили с помощью колодок зажимов 2. Величина монтажных напряжений может быть найдена по отношению $\frac{\Delta}{\Delta_T}$, где Δ_T - перемещение, при котором в опасном сечении напряжения достигают предела текучести [1].

Предварительные испытания показали, что во всех случаях усталостные трещины начинались у наружной поверхности в зоне наибольших растягивающих напряжений (точка А на рис. 1.). В этой зоне исследовали остаточные напряжения.

Для определения остаточных напряжений применяли метод колец и полосок [2], причем рассматривали лишь напряжение полоски

$$\sigma_n = \sigma_z - \mu \sigma_\theta,$$

где σ_z , σ_θ - осевые и тангенциальные остаточные напряжения, μ - коэффициент Пуассона.

Дополнительные напряжения, связанные с вырезкой полосок, не учитывали. Такой подход вполне оправдан для сравнительной оценки.

Для каждого из материалов исследовали по 4 партии образцов: неупрочненные и упрочненные до и после монтажа. Монтажные напряжения создавали перемещением каретки на $\Delta = 2 \Delta_T$. При этом перемещении монтажные напряжения в опасном сечении трубопроводов из стали Х18Н10Т достигают 390 МПа, а из стали ВНС-2 - 920 МПа. Определение остаточных напряжений по глубине d для всех рассматриваемых случаев приведены на рис. 2, где: 1 - неупрочненные трубопроводы до монтажа; 2 - упрочненные трубопроводы до монтажа; 3 - неупрочненные трубопроводы после монтажа; 4 - упрочненные трубопроводы после монтажа.

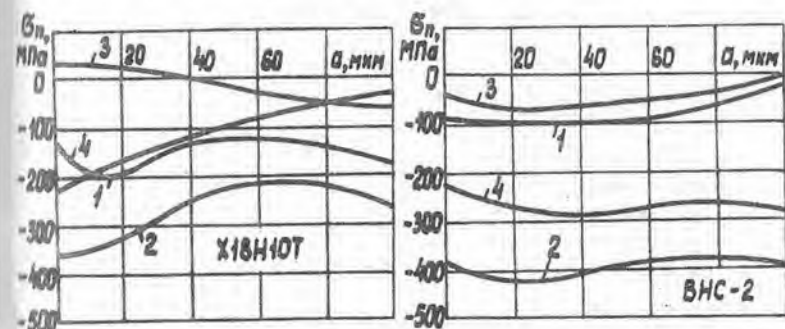


Рис. 2

Таблица 2

Материал	Состояние поверхности	$\frac{\Delta}{\Delta_T}$	Предельная амплитуда $\sigma_{\text{атаж}}$, МПа
Х18Н10Т	Без упрочнения.	2	185
	Упрочнена виброударной обработкой.	2	215
ВНС-2	Без упрочнения.	1	145
		2	90
	Упрочнена виброударной обработкой.	1	185
		2	105

Как и следовало ожидать, монтажные напряжения существенно изменили величину и характер распределения остаточных напряжений, однако эффект от упрочняющей обработки все же сохранился. Остаточные напряжения у поверхности неупрочненных трубопроводов составили +25 МПа (Х18Н10Т), -30 МПа (ВНС-2), в то время как для упрочненных -120 МПа (Х18Н10Т), -230 МПа (ВНС-2). Полученные результаты показывают, что применение упрочняющих обработок целесообразно и при наличии монтажных напряжений. Это подтверждают и усталостные испытания трубопроводов с монтажными напряжениями, проведенные на машинах УКИМ-1. База испытаний $N = 10^7$ циклов. Результаты испытаний приведены в таблице 2.

Л и т е р а т у р а

1. Иванов С.И., Лежин С.М. Монтажные напряжения в трубопроводах авиационных систем при упруго-пластических деформациях. В кн.: Вибрационная прочность и надежность авиационных двигателей. Труды КуАИ, вып. 19, 1965, с. 321-339.

2. Иванов С.И. К определению остаточных напряжений в цилиндрах методом колец и полосок. - В кн.: Остаточные напряжения. - Труды КуАИ, вып. 53, 1971, с. 32-42.