

**РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ
НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ В УПРОЧНЕННЫХ
ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ОБРАЗЦАХ ИЗ СПЛАВОВ В95 И Д16Т
ПОСЛЕ ПОЛЗУЧЕСТИ**

В. А. Кирпичев¹, В. В. Лунин²

¹*Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика
С.П. Королева (национальный исследовательский университет),*

²*Самарский государственный технический университет,
sopromat@ssau.ru, luloon@mail.ru*

Основные показатели надежности деталей машин – износостойкость, прочность и сопротивление усталости в значительной мере зависят от состояния их поверхностного слоя, формируемого в процессе механической (или иной) обработки при их изготовлении. При этом исчерпание ресурса деталей и ее разрушение в большинстве случаев начинается с поверхностного слоя, например, возникновение и развитие усталостных трещин. Поэтому получили развитие технологические методы повышения ресурса деталей машин, не приводящие к изменению их конструкторских решений и материалоемкости.

Одним из таких способов является наведение сжимающих остаточных напряжений в поверхностном слое при помощи процедуры поверхностного пластического деформирования, которые препятствуют раскрытию различного рода вакансий. Однако в процессе, например, эксплуатации при высокой температуре вследствие ползучести происходит уменьшение (по модулю) остаточных напряжений. Поэтому важной задачей является исследование влияния ползучести на релаксацию остаточных напряжений. В данном направлении имеются некоторые экспериментальные [1, 2] и теоретические [3] работы, но в них в основном исследовалось влияние термоэкспозиции (температурная выдержка без нагрузки) на процесс релаксации. Экспериментальных исследования влияния, например, растягивающих нагрузок на кинетику остаточных напряжений цилиндрических изделий в научной литературе практически не имеется.

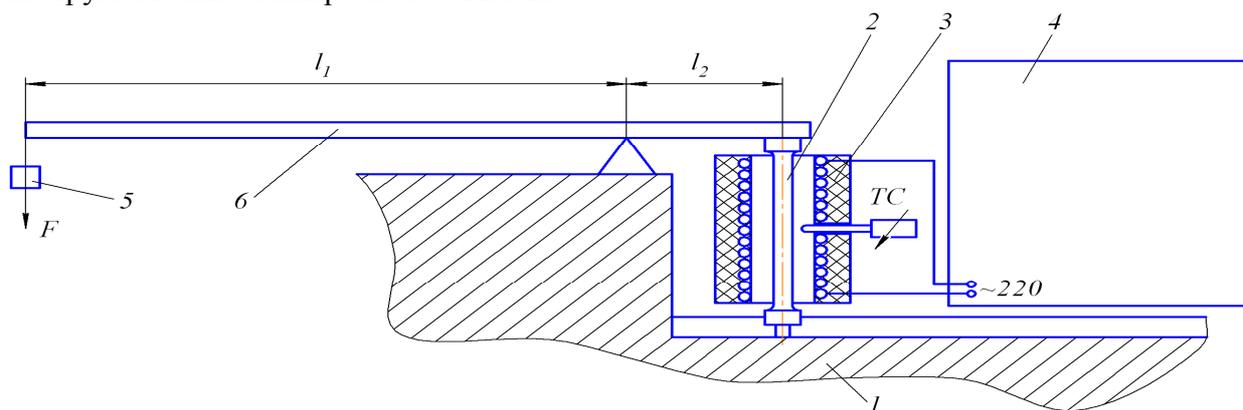
В связи с вышеизложенным в настоящей работе экспериментально исследована кинетика остаточных напряжений в упрочненных цилиндрических образцах из сплавов В95 и Д16Т диаметром $D=15$ мм с осевым отверстием диаметром $d=9$ мм в условиях ползучести при осевой нагрузке. Изготовленные образцы подвергались упрочнению на пневмодробеструйной установке стальными шариками диаметром $d=1,5-2,0$ мм в течение $\tau=10$ мин при давлении воздуха $P=0,28$ МПа.

Испытания упрочненных образцов на ползучесть проводили в режиме мягкого нагружения при постоянной температуре $T=125$ °С в течение $\tau=100 \div 200$ часов при различных растягивающих напряжениях. Схема испытаний приведена на рисунке.

Растягивающие нормальные напряжения в поперечном сечении образца создавались посредством нагружения образца через коромысло с отношением плеч $l_1 / l_2 = 41,486$. Для обеспечения соосности прикладываемой к образцу нагрузки крепление нижнего конца образца к станине осуществляли через стальной шарик. Образец помещали внутри печи. Температуру в рабочей зоне образца регистрировали термосопротивлением и поддерживали с помощью блока терморегулирования в пределах $T = 125 \pm 1$ °С.

Для определения линейной деформации в процессе эксперимента на упрочненные образцы наносили метки с помощью стальной иглы. Метки наносили на

рабочей части образца через каждые 10 мм. Длины участков между метками измеряли на инструментальном микроскопе УИМ-21.



Принципиальная схема установки для испытаний на ползучесть:
1 – основание, 2 – образец, 3 – печь, 4 – блок терморегулирования,
5 – узел нагружения, 6 – коромысло

На участке неустановившейся ползучести (в течение $\tau=12$ часов) измерения проводили через каждые 2 часа, далее (на участках установившейся и ускоренной ползучести) – через 14-15 часов.

Остаточные напряжения определяли методом колец и полосок, вырезая их из рабочей части образцов как в исходном состоянии после процедуры упрочнения, так и прошедших испытания на ползучесть.

Анализ экспериментальных зависимостей остаточных окружных и осевых напряжений по глубине слоя показал, что для образцов из сплава В95 их максимальный уровень (по модулю) в процессе ползучести снизился почти в два раза, а для образцов из сплава Д16Т они практически полностью релаксировали. Таким образом, ползучесть оказывает «негативное» влияние на устойчивость остаточных напряжений к температурно-силовым нагрузкам. Приводятся результаты экспериментальных эпюр остаточных напряжений.

Полученные результаты важны с точки зрения оценки величины повышения предела сопротивления усталости упрочненных изделий по отношению к неупрочненным образцам, поскольку в соответствующие критерии входят величины распределения остаточных напряжений на глубине слоя [1].

ЛИТЕРАТУРА

1. Павлов В.Ф., Кирпичев В.А., Иванов В.Б. Остаточные напряжения и сопротивление усталости упрочненных деталей с концентраторами напряжений. Самара: СМЦ РАН, 2008. 64 с.
2. Радченко В.П., Кирпичев В.А., Лунин В.В. Влияние термоэкспозиции на остаточные напряжения образцов из сплава ЭП742 после ультразвукового упрочнения// Вестник Самарск. госуд. техн. ун-та. Серия: технические науки, 2012. № 3(35). С. 147-154.
3. Радченко В.П., Саушкин М.Н. Ползучесть и релаксация остаточных напряжений в упрочненных конструкциях. М.:Машиностроение-1, 2005. 264 с.