

решения задач в области гидро-, газодинамических, аэродинамических, тепловых, механических и др. расчетов как в САЕ-системах, в том числе в отечественном комплексе ЛОГОС разработки Саровского ядерного центра;

- обеспечить решение задач управления ресурсами предприятия.

Создание ЕИП предприятия на фундаменте развитой информационной

инфраструктуры в комплексе с технологией нисходящего проектирования в системах Pro/Engineer и Windchill в замкнутой цепочке конструкторско-технологической подготовке производства позволяет не только значительно сократить сроки разработки, но и существенно повысить качество создаваемых изделий РКТ.

УДК 621.787:539.319

ОСТАТОЧНЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ В ОБРАЗЦАХ С НАДРЕЗАМИ V-ОБРАЗНОГО ПРОФИЛЯ ИЗ СТАЛИ ВНС40

© 2012 В.А. Кирпичёв¹, М.Н. Саушкин², В.П. Сазанов, В.В. Лунин², С.А. Колычев¹

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

²Самарский государственный технический университет, Самара

RESIDUAL STRESSES IN THE SPECIMENS WITH V-SHAPED NOTCHES MADE OF ВНС40 STEEL

© 2012 V.A. Kirpichev¹, M.N. Saushkin², V.P. Sazanov, V.V. Lunin², S.A. Kolyichev¹

The distribution laws of residual stresses in cylindrical specimens with V-shaped notches made of ВНС40 steel after grinding, machining, nitriding and nitriding with the subsequent thermoexposition at 600°C within two and 590 hours are researched.

Исследовались меридиональные σ_φ (осевые σ_z – в наименьшем сечении) остаточные напряжения цилиндрических образцов диаметром 7,5 мм в наименьшем сечении с надрезами V-образного профиля из стали ВНС40 ($\sigma_\sigma = 1070$ МПа, $\sigma_{0,2} = 980$ МПа, $\delta = 18\%$, $\psi = 70\%$, $S_k = 2080$ МПа) после шлифования, точения, упрочнения микрошариками, азотирования и азотирования с последующей термоэкспозицией. Меридиональные σ_φ остаточные напряжения определялись экспериментально методом удаления половины поверхности криволинейной части впадины надреза.

Для повышения точности определения остаточных напряжений использовались образцы с пятью идентичными надрезами. Результаты определения остаточных напряжений по

толщине поверхностного слоя a представлены на рис. 1, где изображены средние по 6-8 образцам эпюры остаточных напряжений.

Из данных рис. 1 можно видеть, что шлифование создаёт в образцах, в основном, растягивающие остаточные напряжения с подповерхностным максимумом на глубине 0,025-0,03 мм, однако

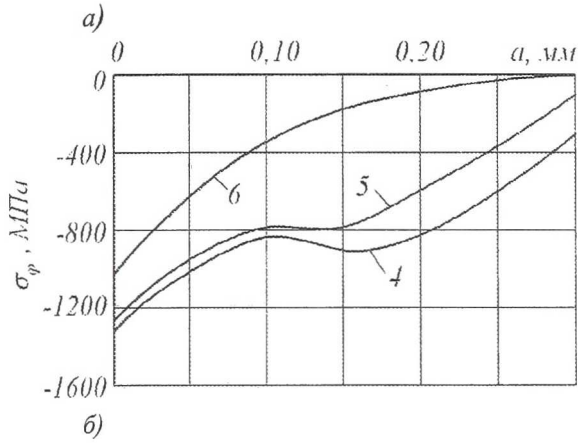
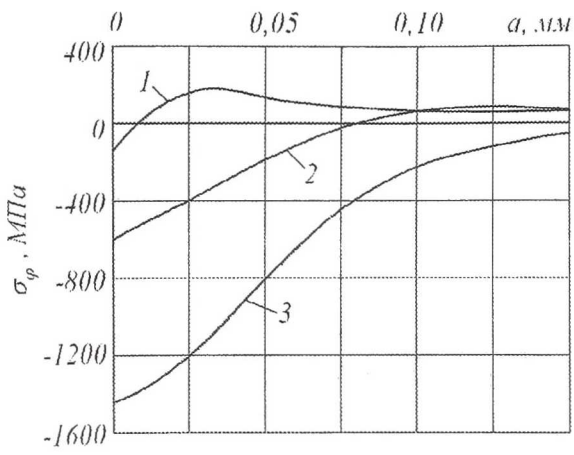


Рис. 1. Меридиональные σ_ϕ остаточные напряжения в образцах с V-образным надрезом после:

- 1 – шлифования, 2 – точения, 3 – упрочнения микрошариками,
 4 – азотирования, 5 – азотирования и термоэкспозиции при $T = 600^\circ\text{C}$ в течение двух часов, 6 – азотирования и термоэкспозиции при $T = 600^\circ\text{C}$ в течение 590 часов

в некоторых образцах наблюдались значительные сжимающие остаточные напряжения. Выявлено существенное рассеяние остаточных напряжений, обусловленное, очевидно, нестабильностью режимов шлифования и большой чувствительностью стали ВНС40 к этой нестабильности.

После точения фасонным резцом в образцах создаются, в основном, сжимающие остаточные напряжения до -900 МПа (с учётом рассеяния), залегающие в тонком поверхностном слое толщиной до 0,05-0,1 мм. После точения, также как и после шлифования, наблюдается существенная нестабильность остаточных напряжений как по величине, так и по глубине залегания.

Упрочнение шлифованных образцов стальными микрошариками на роторной

установке приводит к созданию в тонком поверхностном слое дна впадин надрезов значительных сжимающих остаточных напряжений, достигающих на поверхности -1400 МПа (эпюра 3). Толщина слоя с сжимающими остаточными напряжениями после упрочнения микрошариками составляет 0,12-0,16 мм. Рассеяние остаточных напряжений в этом случае существенно меньше, чем после шлифования и точения.

Азотирование образцов (эпюра 4) приводит к возникновению в поверхностном слое впадин надрезов значительных сжимающих остаточных напряжений с максимумом (-1320 МПа) на поверхности дна концентратора. Характерным для азотирования является наличие второго подповерхностного максимума остаточных напряжений на расстоянии 0,15-0,16 мм от поверхности надреза. И в случае азотирования наблюдается рассеяние остаточных напряжений, однако это рассеяние значительно меньше, чем после шлифования и точения.

Следует обратить внимание на величину максимальных сжимающих остаточных напряжений после упрочнения микрошариками, которая превышает не только предел текучести, но и предел прочности материала. Этому явлению дано объяснение в работе [1], где показано, что наибольшие остаточные напряжения после поверхностного упрочнения могут превышать сопротивление разрыву S_k материала на 15%. В нашем исследовании этот предел не достигнут.

Азотированные образцы с надрезами подвергались термоэкспозиции при температуре $T = 600^\circ\text{C}$ на двух режимах: в вакууме в течение двух часов и на воздухе в течение 590 часов. Результаты измерения меридиональных σ_ϕ остаточных напряжений представлены на рис. 1,б (эпюры 5 и 6). Можно видеть, что термоэкспозиция в вакууме в течение двух часов незначительно изменила распределение остаточных напряжений, сгладив лишь их экстремальные значения. Рассеяние остаточных напряжений после вакуумного отжига не уменьшилось.

После термоэкспозиции на воздухе в течение 590 часов произошла существенная релаксация остаточных напряжений, причём изменился характер распределения напряжений. Исчез подповерхностный максимум, в некоторых образцах глубина залегания остаточных напряжений сократилась до 0,08 мм. Рассеяние остаточных напряжений после термоэкспозиции на воздухе при температуре 600°C в течение 590 часов увеличилось по сравнению с напряжениями азотированных образцов, не подвергавшихся термоэкспозиции.

Таким образом, в исследовании установлено, что в образцах из стали ВНС40 после шлифования и точения в поверхностном слое впадин надрезов остаточные напряжения имеют существенное рассеяние, принимая на поверхности концентратора значения от -900 до +250 МПа. Упрочнение стальными микрошариками создаёт в поверхностном слое толщиной 0,12 мм остаточные напряжения сжатия до -1400 МПа с

максимумом на поверхности. Азотирование приводит к созданию значительных сжимающих остаточных напряжений, имеющих второй максимум на расстоянии 0,15-0,16 мм от поверхности. Термоэкспозиция азотированных образцов в вакууме при $T = 600^\circ\text{C}$ в течение двух часов незначительно изменяет величину и характер распределения остаточных напряжений, а после выдержки на воздухе при $T = 600^\circ\text{C}$ в течение 590 часов остаточные напряжения уменьшаются в 1,3-3 раза.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Радченко В.П., Павлов В.Ф. Наибольшая величина сжимающих остаточных напряжений при поверхностном упрочнении деталей // Труды МНТК «Прочность материалов и элементов конструкций». – Киев: ИПП им. Г.С. Писаренко НАНУ, 2011. – С. 354-357.

УДК 621.787:539.319

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО УПРОЧНЕНИЯ НА ПРЕДЕЛ ВЫНОСЛИВОСТИ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ОБРАЗЦОВ РАЗЛИЧНОГО ДИАМЕТРА С КОНЦЕНТРАТОРАМИ НАПРЯЖЕНИЙ

© 2012 В.А. Кирпичёв, В.Ф. Павлов, В.П. Сазанов, А.С. Букатый, А.В. Чирков

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет), Самара

INFLUENCE VALIDATION OF SURFACE TREATMENT ON LIMIT OF ENDURANCE OF VARIOUS DIAMETER CYLINDRICAL SPECIMENS WITH STRESS CONCENTRATORS

© 2012 V.A. Kirpichev, V.F. Pavlov, V.P. Sazanov, A.S. Bukaty, A.V. Chirkov

At example of various diameters steel 20 specimens it is experimentally established that in stress concentration conditions for influence validation of surface treatment on limit of endurance using of average residual stress criterion is most justified solution.

Для оценки влияния поверхностного упрочнения на предел выносливости деталей по остаточным напряжениям применяются два критерия. Первым критерием являются осевые $\sigma_z^{нов}$

остаточные напряжения на поверхности концентратора в наименьшем сечении детали. Зависимость для определения предела выносливости $P_R(\sigma_R, \tau_R)$