

УДК 621.787:539.319

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В КОРОТКИХ ЗОНАХ УПРОЧНЕНИЯ

Костичев В. Э., Сукманов К. О., Вакулюк В. С.

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

Образование коротких зон упрочнения возможно при обкатке роликом или шариком гладких деталей и деталей с концентраторами без продольной подачи, а также при химико-термической обработке малых участков деталей [1]. При химико-термической обработке возможно появление таких зон в случае нарушения сплошности лужёного слоя на малой части поверхности детали, не подлежащей упрочнению.

Расчёт распределения остаточных напряжений в коротких зонах упрочнения проводился по первоначальным деформациям [2]. Рассматривались гладкие детали и детали с V-образным концентратором напряжений (рис. 1).

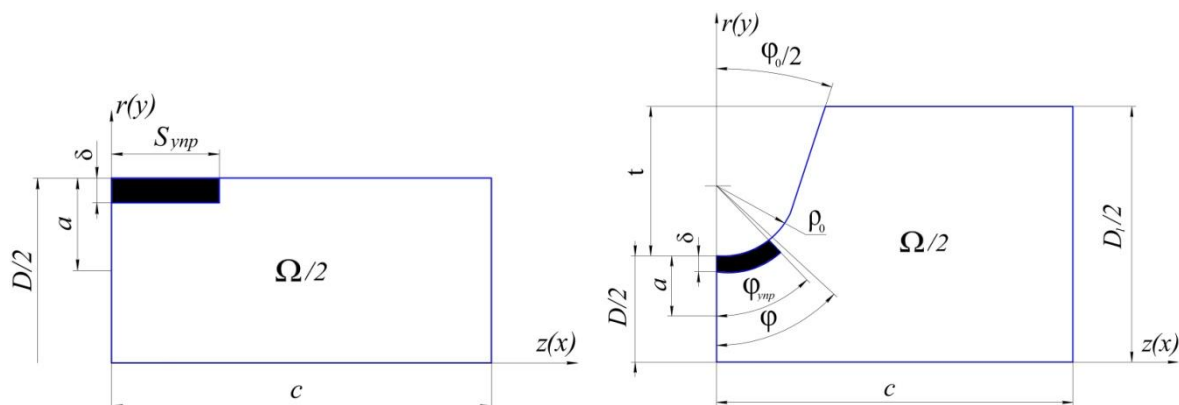


Рис. 1. Расчётные области гладкой детали и детали с концентратором напряжений

Результаты расчётов в среднем сечении на поверхности приведены на рис. 2, где показано изменение отношения меридиональных σ_ϕ остаточных напряжений для детали с концентратором и осевых остаточных напряжений σ_x или σ_z для гладкой детали к величине σ_o в зависимости от $\frac{S_{yup}}{\delta}$, где S_{yup} – длина зоны упрочнения, δ – толщина упрочнённого слоя. Здесь $\sigma_o = -E\varepsilon_o / (1 - \mu)$ – остаточное напряжение гладкой детали при $\delta \rightarrow 0$, E – модуль продольной упругости, ε_o – первоначальная деформация, μ – коэффициент Пуассона.

Из приведённых на рис. 2 данных следует, что при уменьшении длины упрочнённого участка сжимающие остаточные напряжения на поверхности в среднем сечении деталей по абсолютной величине уменьшаются, а при $S_{yup} < \delta$ становятся даже растягивающими.

Для подтверждения изложенного расчётного исследования коротких зон упрочнения были проведены испытания на усталость при изгибе гладких образцов диаметром 10 мм из стали 45 для определения предела выносливости σ_{-1} (табл. 1). Из данных табл. 1 видно, что при нанесении на образцы одиночного следа обкатным роликом предел выносливости этих образцов становится ниже предела выносливости образцов в исходном состоянии.

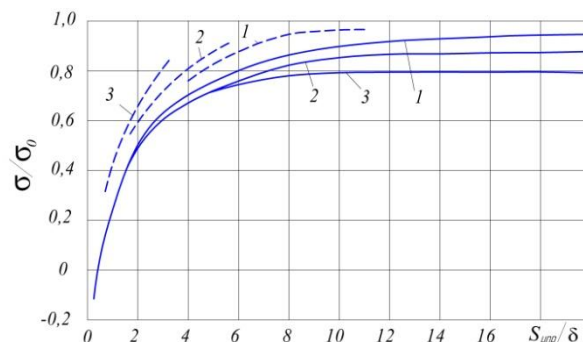


Рис. 2. Остаточные напряжения в среднем сечении на поверхности детали:

1 – $2\delta/D = 0,05$; 2 – $2\delta/D = 0,10$; 3 – $2\delta/D = 0,20$;

— — — — — гладкая деталь, σ_x/σ_0 ; - - - - - деталь с концентратором, σ_ϕ/σ_0

Таблица 1. Режимы упрочнения образцов и результаты испытаний на усталость

Партия	Характер обработки образцов	Режимы упрочнения			СОЖ	σ_{-1} , МПа
		усилие Q , Н	подача S , мм/об	число оборотов n , об/мин		
1	Исходное состояние	—	—	—	—	272
2	Равномерное упрочнение всей поверхности	0,5	0,11	400	масло И20А	343
3	Равномерное упрочнение всей поверхности	1,0	0,11	400	масло И20А	358
4	Одиночный кольцевой след от обкатного ролика	0,5	0	12,5	масло И20А	264
5	Одиночный кольцевой след от обкатного ролика	1,0	0	12,5	масло И20А	255

Таким образом, проведённые исследования коротких зон упрочнения показывают, что при выборе упрочняющих обработок и их режимов необходимо учитывать размеры зон упрочнения, особенно параметр $\frac{S_{упр}}{\delta}$, избегая малых значений

$\frac{S_{упр}}{\delta}$, так как это может привести к снижению сопротивления усталости детали после упрочнения.

Библиографический список

1. Туровский, М.Л. Контроль режимов обкатки роликами [Текст]/ М. Л. Туровский, И. М. Шифрин // Вестник машиностроения. – 1969. – №6.
2. Павлов, В. Ф. Расчёт остаточных напряжений в деталях с концентраторами напряжений по первоначальным деформациям [Текст]/ В. Ф. Павлов, А. К. Столяров, В. С. Вакулюк, В. А. Кирпичёв. – Самара: Издательство СНЦ РАН, 2008. – 124 с.