

УДК 621.787:539.319

ВЛИЯНИЕ ТОЛЩИНЫ УПРОЧНЁННОГО ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ НА ПРЕДЕЛ ВЫНОСЛИВОСТИ ОБРАЗЦОВ С НАДРЕЗАМИ

Сазанов В. В., Пилипив О. М., Филатов А. П.

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

Гладкие образцы диаметром 25 мм из стали 20 подвергались пневмодробеструйной обработке (ПДО) стальными шариками диаметром 1,5-2,5 мм в течение 10 минут, а также обкатке роликом (ОР) диаметром 60 мм и профильным радиусом 1,6 мм при усилиях $P = 0,5$ кН (ОР1) и $P = 1,0$ кН (ОР2) с подачей 0,11 мм/об и скоростью вращения образца 400 об/мин. Затем на упрочнённые и неупрочнённые гладкие образцы наносились круговые надрезы полукруглого профиля радиуса $R = 0,3$ мм.

Остаточные напряжения в гладких образцах определялись методом колец и полосок [1]. Распределение осевых σ_z остаточных напряжений по толщине поверхностного слоя a гладких образцов представлено на рис. 1, а. Можно видеть, что глубина залегания сжимающих остаточных напряжений при обкатке роликом больше, чем при пневмодробеструйной обработке, причём с увеличением усилия обкатки толщина слоя со сжимающими остаточными напряжениями увеличивается.

Остаточные напряжения в образцах с надрезами определялись расчётным путём – суммированием дополнительных остаточных напряжений за счёт перераспределения остаточных усилий после опережающего поверхностного пластического деформирования и остаточных напряжений гладких образцов. Распределение осевых σ_z остаточных напряжений по толщине поверхностного слоя a в наименьшем сечении образцов с надрезами $R = 0,3$ мм приведено на рис. 1, б, а значения остаточных напряжений на поверхности дна надрезов σ_z^{nos} представлены в табл. 1.

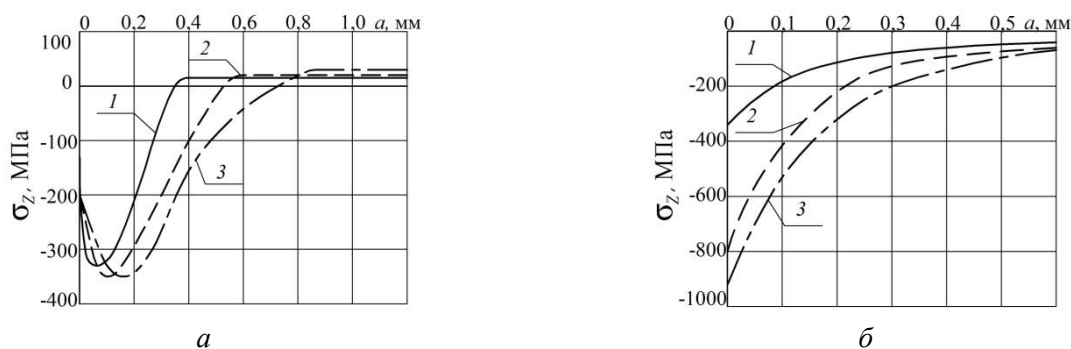


Рис. 1. Осевые σ_z остаточные напряжения в упрочнённых гладких образцах (а) и в образцах с надрезами (б) после: 1 – ПДО; 2 – ОР1; 3 – ОР2

Обращает на себя внимание значительная величина сжимающих остаточных напряжений после обкатки роликом (ОР2), достигающих -908 МПа на дне надреза радиуса $R = 0,3$ мм, что существенно выше не только предела текучести ($\sigma_T = 395$ МПа), но и предела прочности ($\sigma_g = 522$ МПа) исследуемой стали 20. В исследованиях профессора Радченко В. П. было показано, что остаточные напряжения в упрочнённом (наклёпанном) слое могут превышать сопротивление разрыву S_k материала детали (образца) на 15 %. В данном случае этот предел не превышен, так как $S_k = 1416$ МПа.

Испытания на усталость при изгибе в случае симметричного цикла неупрочнённых и упрочнённых образцов с надрезами проводились на машине УММ-01; база испытаний – $3 \cdot 10^6$ циклов нагружения. Результаты определения предела выносливости σ_{-1} образцов представлены в табл. 1.

Таблица 1

Неупрочнённые Образцы, σ_{-1} , МПа	Упрочнённые образцы		
	обработка	σ_{-1} , МПа	$\sigma_z^{нов}$, МПа
107,5	ПДО	137,5	-343
	ОР1	165	-787
	ОР2	175	-908

Из представленных в табл. 1 данных видно, что пневмодробеструйная обработка и обкатка роликом образцов с надрезами приводят к существенному повышению предела выносливости, причём с увеличением усилия обкатки с $P = 0,5$ кН до $P = 1,0$ кН предел выносливости возрастает. Приращение предела выносливости образцов с надрезами после обкатки роликом выше, чем после пневмодробеструйной обработки. Наблюдаемое явление объясняется большей глубиной залегания сжимающих остаточных напряжений в гладких упрочнённых образцах при обкатке роликом, чем при пневмодробеструйной обработке (рис. 1, а), результатом чего явилось увеличение сжимающих остаточных напряжений в опасном сечении образцов с надрезами (рис. 1, б).

Таким образом, для повышения эффекта упрочнения при опережающем поверхностном пластическом деформировании необходимо увеличивать толщину слоя со сжимающими остаточными напряжениями гладкой детали (заготовки).

Библиографический список

1. Иванов, С. И. К определению остаточных напряжений в цилиндре методом колец и полосок [Текст]/ С. И. Иванов // Остаточные напряжения. – Куйбышев: КуАИ, 1971. – Вып. 53. – С. 32-42.