

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ВКЛАДА ДЕФОРМАЦИОННОГО УПРОЧНЕНИЯ И ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В ПОВЫШЕНИЕ ВЫНОСЛИВОСТИ ПРИ ППД ОБРАЗЦОВ ИЗ СТАЛИ 45

Поверхностное пластическое деформирование (ППД) является эффективным способом упрочнения поверхностных слоев изделий и как следствие существенного повышения характеристик усталостной прочности детали, особенно в местах локальных концентраций напряжения.

Механизм повышения усталостных прочностных характеристик недостаточно ясен, но основными макрофакторами, от которых он зависит, являются деформационное упрочнение (можно характеризовать повышением твердости) поверхностных слоев изделий и наведение эпюры сжимающих остаточных напряжений. При деформационном упрочнении происходит локальное (в пределах пластически деформированного поверхностного слоя) повышение механических характеристик (σ_T , σ_B) материала. Одновременно в процессе наклепа наводится эпюра остаточных напряжений (как правило, сжимающих), что связано с объемными изменениями в пластически деформированных слоях металла.

Существуют различные мнения относительно доли вклада деформационного упрочнения и остаточных напряжений сжатия в повышение характеристик усталостной прочности. Так, в [1] указывается, что основное значение в упрочняющем эффекте имеют остаточные напряжения, причем это распространяется на все материалы. В работе [2] утверждается, что для высокопрочных (малопластичных) материалов основную роль играют остаточные напряжения сжатия, а для пластичных материалов эффекты от двух вышеназванных факторов примерно одинаковы.

В работе экспериментально исследовалось влияние деформационного упрочнения и наведенной эпюры остаточных напряжений сжатия на повышение выносливости после ППД образцов из стали 45 в состоянии поставки. Для этого были построены кривые усталостной прочности стали 45 в исходном состоянии. Испытания проводились на испытательной машине типа УБМ, схема испытаний – изгиб с вращением. Кривая усталости точечных образцов характеризовалась следующими значениями: на базе циклов до разрушения $N_p = 10^5$ $\sigma = 430$ МПа; на базе $N_p = 10^6$ $\sigma = 370$ МПа, предел усталости $\sigma_{-1} = 350$ МПа. Часть образцов была подвергнута поверхностному пластическому деформированию. Обкатка производилась на токарном станке со следующими параметрами: частота вращения шпинделя – 160 об/мин, подача – 0,05 мм/об, смазочный материал – машинное масло. Геометрические параметры обкатного ролика: диаметр – 59 мм, профильный радиус – $R_{пр} = 3$ мм. Усилие обкатки составляло 1000 Н, число проходов обкатного ролика $n = 3$.

Для упрочненных образцов была построена кривая усталости со следующими значениями: на базе циклов до разрушения $N_p = 10^5$ $\sigma = 520$ МПа; на базе $N_p = 10^6$ $\sigma = 480$ МПа, $\sigma_{-1} = 440$ МПа.

Табл. 1. Влияние видов обработки на остаточные напряжения

Состояние материала образцов	Остаточные напряжения, МПа	
	осевые	тангенциальные
Состояние поставки, после точения	-1,4	+40
После ППД	-300	+10
После ППД и пластического деформирования растяжением	-13	-40

Часть образцов для снятия остаточных напряжений после их ППД была равномерно растянута до средней деформации сдвига $\Gamma_{\text{пр}} = 6 \cdot 10^{-2}$. Известно [3], что пластическая деформация практически полностью снимает остаточные напряжения. Для контроля рентгеновским методом по стандартной методике на установке ДРОН-2 были определены остаточные напряжения в поверхностных слоях образцов (табл. 1).

Данные испытаний образцов, подвергнутых ППД и пластической деформации растяжением для снятия остаточных напряжений, использовались также для построения кривой усталости, которая характеризовалась следующими значениями: на базе циклов до разрушения $N_p = 10^5$ $\sigma = 470$ МПа; на базе $N_p = 10^6$ $\sigma = 440$ МПа, $\sigma_{-1} = 410$ МПа.

Из анализа экспериментальных данных следует вывод, что повышение характеристик усталостной прочности при ППД образцов из стали 45 (состояние поставки, пластичный материал) происходит в основном за счет деформационного упрочнения их поверхностного слоя. Вклад остаточных напряжений в повышение выносливости при ППД невелик и составляет 5...10 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. Повышение прочности и долговечности крупных деталей машин поверхностным наклепом. — М.: НИИинформтяжмаш, 1970. — 144 с. 2. Кудрявцев И.В. Внутренние напряжения как резерв прочности в машиностроении. — М.: Машгиз, 1951. — 218 с. 3. Б и р г е р И.А. Остаточные напряжения. — М.: Машгиз, 1963. — 232 с.

УДК 621.771.014

М.С. БЕЗВЕРХИЙ, Н.Г. СЫЧЕВ

МОЩНОСТЬ СИЛ КОНТАКТНОГО ТРЕНИЯ ПРИ ПРОКАТКЕ С ПОПЕРЕЧНЫМ СДВИГОМ ВАЛКОВ

При рассмотрении поперечного сечения очага деформации, образованного в случае прокатки с осевым взаимнопротивоположным перемещением валков, на нем можно выделить четыре участка (рис. 1). На участках 1 и 4 силы контактного трения направлены так же, как и при обычной прокатке, на участках 2 и 3 — противоположно.