

Таким образом, алмазное выглаживание деталей из сплава ВТ9 через пленки меди, кадмия, серебра, никеля и хрома позволяет существенно улучшить характеристики поверхностного слоя, повысить усталостную прочность и долговечность деталей. При удалении покрытия эффект от упрочнения остается положительным.

Л и т е р а т у р а

М и т р я е в К.Ф., С е р я п и н Ю.А., Б е л я е в А.С. Повышение усталостной прочности и малоциклового выносливости деталей из высокопрочных сталей методом алмазного выглаживания. В сб.: Усталостная прочность и долговечность авиационных конструкций". КуАИ, 1974.

УДК 621.787.4

В.М. Опарин, А.С.Беляев,
М.А.Вишняков

АЛМАЗНОЕ ВЫГЛАЖИВАНИЕ ТИТАНОВОГО СПЛАВА ВТ9 ЧЕРЕЗ ОКИСНЫЕ ПЛЕНКИ

Непрерывное ужесточение условий эксплуатации машин, связанное с повышением скоростей и мощностей, требует повышения качества поверхностного слоя деталей. Алмазное выглаживание как метод формирования поверхностного слоя неприменим к деталям из титановых сплавов ввиду их высокой химической активности. С целью исключения контакта алмаза и титанового сплава можно использовать различные пленки. Были проведены исследования возможности выглаживания сплава ВТ9 после термообработки, в результате которой на поверхности образовались окисные пленки.

Для отыскания оптимального режима, при котором образуется прочная с хорошим сцеплением с основой окисная пленка, термообработку образцов из ВТ9 проводили при температуре 400...700°C и выдержке в течение 15... 60 мин в воздушной среде при атмосферном давлении. Наилучшие результаты получены при выглаживании образцов, обработанных при температуре 700°C в течение 15 мин; в этом случае пленка не разрушалась при выглаживании в условиях высоких контактных нагрузок. Следует отметить, что термообработка на этом режиме вызывает незначительное увеличение количества водорода. В исходных образцах после шлифования было 0,005% водо-

рода, после термообработки - 0,008%.

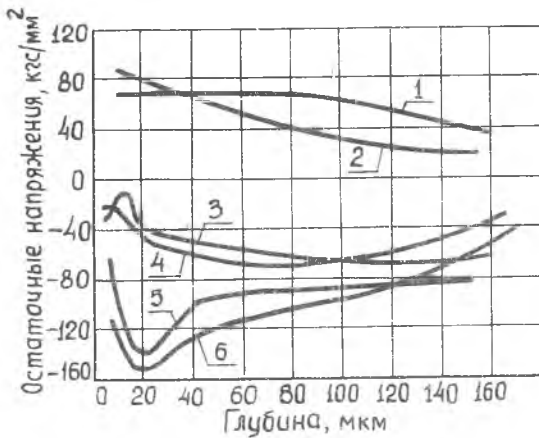
Выглаживание производилось на режиме: $R_{\text{сф}} = 1 \dots 3 \text{ мм}$; $P_{\text{y}} = 10 \dots 35 \text{ кгс}$; $V = 10 \dots 40 \text{ м/мин}$; $\delta = 0,03 \dots 0,07 \text{ мм/об}$; СОЖ - масло "индустриальное 20".

Шероховатость поверхности исследовалась с помощью профилографа-профилометра "Калибр ВЭИ-201". Образцы перед термообработкой шлифовались кругом К325СМК5 на режиме: $V_{\text{с}} = 15 \text{ м/мин}$; $V_{\text{к}} = 40 \text{ м/с}$; $\delta_{\text{пр}} = 5 \text{ м/мин}$. После шлифования шероховатость поверхности соответствовала 7-8 классу по ГОСТ 2789-59.

Алмазное выглаживание ВТ9 через окисную пленку позволяет уменьшить величину микронеровностей на 2-3 класса, значительно увеличить радиус выступов и впадин. В итоге уменьшается износ трущихся поверхностей, возрастает контактная выносливость и коррозионная стойкость. Оптимальное усилие выглаживания: $P_{\text{y}} = 15 \dots 30 \text{ кгс}$ при $R_{\text{сф}} = 2 \dots 3 \text{ мм}$.

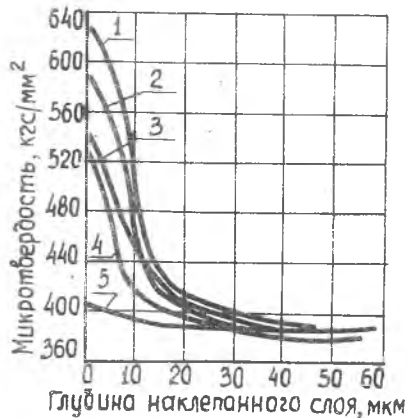
Остаточные напряжения определялись на плоских и кольцевых образцах. На рис.1 представлены эпюры истинных остаточных напряжений σ_{o} и $\sigma_{\text{т}}$. Из рисунка видно, что при шлифовании в поверхностном слое возникают растягивающие напряжения. Вблизи поверхности тангенциальные напряжения $\sigma_{\text{т}}$ достигают предела текучести, осевые несколько ниже - порядка 75 кгс/мм^2 . Глубина залегания растягивающих напряжений превышает 160 мкм. После алмазного выглаживания термообработанных образцов в осевом и тангенциальном направлениях формируются сжимающие остаточные напряжения. У поверхности осевые напряжения в 3-4 раза выше тангенциальных и на глубине 12-17 мкм они равны 140-150 кгс/мм^2 . Максимум тангенциальных напряжений $\sigma_{\text{т}}$ находится на глубине 70-120 мкм и соответствует 65-70 кгс/мм^2 ; глубина залегания сжимающих напряжений также превышает 160 мкм.

На рис.2 приведены кривые изменения микротвердости образцов, измеренные на приборе ПИТ-3 с нагрузкой на инденторе 100 гс. после различных видов обработки. Шлифование повышает микротвердость поверхностного слоя образцов из ВТ9 на 3-4%. Микротвердость после термообработки повысилась с 400 кгс/мм^2 (после шлифования) до 525 кгс/мм^2 , то есть на 35%; после выглаживания она достигла 630 кгс/мм^2 . С увеличением усилия выглаживания P_{y} от 10 до 30 кгс степень наклепа возрастает от 3 до 26% (по сравнению с микротвердостью термообработанных образцов).

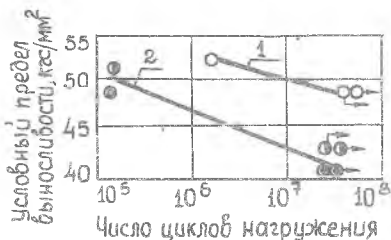


Р и с.1. Эпюры осевых σ_o и тангенциальных σ_{τ} остаточных напряжений в образцах из ВТ9: 1 - σ_{τ} ; 2 - σ_o (после шлифования); 3 - σ_{τ} , $R=15$ кгс; 4 - σ_{τ} , $R=30$ кгс; 5 - σ_o , $R=15$ кгс; 6 - σ_o , $R=30$ кгс, - после шлифования, термообработки ($T=700^{\circ}\text{C}$, $t=15$ мин) и выглаживания на режиме: $R_{\text{сп}}=3$ мм; $S=0,05$ мм/об; $v=10$ м/мин; $i=1$; СОЖ - масло

Р и с.2. Исследование микротвердости поверхностных слоев титанового сплава ВТ9, выглаженных через окисную пленку на режиме: $R_{\text{сп}}=3$ мм; $S=0,05$ мм/об; СОЖ - масло при различных усилиях выглаживания R : 1-30; 2-20; 3 - 30 кгс; 4 - после термообработки; 5 - после шлифования (режим термообработки $T=700^{\circ}\text{C}$, время выдержки $t=15$ мин)



Разрушение деталей, изготавливаемых из титановых сплавов, очень часто является усталостным. С целью выявления влияния алмазного выглаживания через окисные пленки на усталостную прочность деталей из сплава ВТ9 были



Р и с.3. Кривые выносливости образцов из ВТ9, испытанных при следующих операциях: 1 - шлифования, 2 - шлифования, термообработки и алмазного выглаживания (режим выглаживания: $P = 15$ кгс; $R_{сф} = 3$ мм; $S = 0,05$ мм/об; $V = 10$ м/мин, температура 400°С)

проведены испытания образцов при симметричном изгибе на машине МУИ-10000 при температуре 400°С. Результаты испытания приведены на рис.3. Как видно из рисунка, наименьший условный предел выносливости имеет место у шлифованных образцов ($\sigma_{-1} = 42$ кгс/мм²). Выглаживание через окисную пленку после термообработки повышает предел выносливости на 12% ($\sigma_{-1} = 48$ кгс/мм²), долговечность при $\sigma_{-1} = 50$ кгс/мм² возрастает в 100 раз.

Таким образом, алмазное выглаживание титанового сплава ВТ9 через окисные пленки позволяет уменьшить величину микронеровностей на 2-3 класса, увеличить радиус выступов и впадин, повысить микротвердость, навести в поверхностном слое сжимающие остаточные напряжения, что в итоге повышает эксплуатационные свойства деталей.

УДК 621.787.4

В.М. Торбилло, Е.А.Евсин,
Н.Е. Чигодаев

ОПРЕДЕЛЕНИЕ АДГЕЗИОННОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ КОЭФФИЦИЕНТА ТРЕНИЯ В ПРОЦЕССЕ АЛМАЗНОГО ВЫГЛАЖИВАНИЯ

В процессе выглаживания в зоне контакта инструмента с деталью возникают силы трения, которые влияют на протекание пластической деформации, нагрев инструмента и детали, на качество обрабатываемой поверхности. Согласно адгезионно-деформационной теории,