

ВЛИЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНО-ДЕФОРМАЦИОННОГО УПРОЧНЕНИЯ АЛМАЗНЫМ ИНСТРУМЕНТОМ НА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ДЕТАЛЕЙ

Применение отделочного поверхностно-деформационного упрочнения с помощью выглаживания поверхности алмазным инструментом, заправленным по сфере или цилиндру с $R=1\div 3$ мм, позволяет повысить чистоту обработки с 6—9 до 9—12 класса и получить благоприятный микрорельеф поверхности со скругленными выступами и впадинами. При этом на поверхности детали образуется упрочненный слой толщиной $0,3\div 0,5$ мм с высокими сжимающими остаточными напряжениями в осевом и тангенциальном направлениях.

Получение микрорельефа без острых выступов с увеличенным коэффициентом заполнения профиля уменьшает контактную деформацию стыков сопряженных деталей, повышает надежность неподвижных и переходных посадок, увеличивает износостойкость деталей в подвижных соединениях.

Высокое качество упрочненной выглаживанием поверхности существенно повышает циклическую прочность при изгибе по сравнению с обработкой точением, шлифованием и полированием. Так, для точеных и шлифованных образцов из высокопрочной стали ЭИ 643 ($\sigma_b=190$ кг/мм²; $\sigma_s=160$ кг/мм²; $\delta=8\%$) предел усталостной прочности на базе $5\cdot 10^6$ циклов составляет $\sigma_{-1}=65\div 66$ кг/мм², благодаря алмазному выглаживанию предел усталостной прочности повышается до $80\div 82$ кг/мм². Выглаживание точеных и шлифованных образцов из нержавеющей стали 1х18Н9Т ($\sigma_b=60$ кг/мм², $\sigma_s=26$ кг/мм², $\delta=41\%$) повысило предел усталостной прочности соответственно с 34,5 до 43,5 кг/мм², а с 26 до 41 кг/мм². Предел усталостной прочности полированных образцов из сплава Д1 на базе $2\cdot 10^7$ циклов в результате выглаживания повысился с 13 до 19 кг/мм². Такое увеличение циклической прочности связано с рядом обстоятельств. При деформировании поверхности детали алмазным инструментом с высокой чистотой поверхности ($\nabla 13\div \nabla 14$), при малом коэффициенте трения (0,05) устраняются различные поверхностные дефекты в виде рисок, царапин, микротрещин, являющиеся концентраторами напряжений. Образование упрочненного поверхностного слоя со сжимающими остаточными напряжениями вызывает асимметрию цикла при изгибе, предотвращает образование очагов усталостных трещин за счет блокирования, выхода дислокаций на поверхность. Поэтому в процессе испытаний трещина, как правило, зарождается на глубине $0,1\div 0,3$ мм и медленно развивается по сечению.

Хромирование поверхности деталей для защиты от коррозии, повышения износостойкости или восстановления размеров приводит к значительному снижению циклической прочности в связи с наведением в слое покрытия растягивающих остаточных напряжений, образованием микро- и макротрещин, являющихся концентраторами напряжений при изгибе. Применение алмазного выглаживания поверхности под хромирование, в связи с ее деформационным упрочнением и формированием высоких сжимающих напряжений, приводит к уменьшению растягивающих напряжений в слое хрома, в результате чего снижается интенсивность трещинообразования. Высококачественный упрочненный слой основы препятствует распространению вглубь образца усталостных трещин, возникших в слое хрома. Опыты показали, что замена шлифования под хромирование алмазным выглаживанием образцов из стали

ЭИ1643 повысила их циклическую прочность с 24 до $65 \div 68$ кг/мм², то есть в 2,7—2,85 раза.

Применение алмазного выравнивания существенно повышает малоцикловую выносливость при пульсирующем растяжении. Испытания показали, что выглаженные образцы из стали 30ХГСНА ($\sigma_b = 170$ кг/мм²) при напряжении $\sigma_{\max} = 100$ кг/мм² имеют в 3—5 раз большую выносливость по сравнению с точеными.

Алмазное выравнивание деталей из цветных сплавов позволяет полностью исключить на чистовых операциях абразивную обработку, в связи с чем устраняется шаржирование поверхности абразивом. Применение выравнивания деталей из сплава Д16, вместо доводки, позволило повысить качество поверхности и получить годовой экономический эффект в размере 40 тыс. рублей.

А. С. Беляев, В. И. Егоров

ВЛИЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНО-ДЕФОРМАЦИОННОГО УПРОЧНЕНИЯ АЛМАЗНЫМ ИНСТРУМЕНТОМ НА КАЧЕСТВО ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛЕЙ

Алмазное выравнивание является новым методом отделочно-упрочняющей обработки, при котором в месте контакта инструмента с деталью происходит локальный переход металла в состояние текучести, в результате чего формируется новый по своим качествам поверхностный слой. Чистота поверхности после выравнивания повышается на 2÷4 класса, а ее микропрофиль выгодно отличается от микропрофиля поверхности после точения и шлифования. Вместо острых гребешков и впадин получается волнистый микропрофиль с плавно закругленными выступами и впадинами; поверхность характеризуется большим заполнением профиля, а следовательно, большей опорной площадью. Установлен экстремальный характер зависимости чистоты от радиуса сферы наконечника $R_{сф}$ и усилия прижима P_y , который объясняется функциональной связью указанных параметров с нормальными напряжениями σ_n в месте контакта алмаза с деталью, степенью деформации и выпучиванием металла.

Чем меньше $R_{сф}$ и больше усилие P_y , тем глубже проникновение наконечника в обрабатываемую поверхность, полнее ее проглаживание. При усилии P_y выше оптимального происходит внедрение наконечника на глубину, превышающую высоту микронеровностей (в сплошной металл) и выдавливание металла в боковых направлениях.

Распределение нормальных напряжений на поверхности контакта без учета трения можно выразить по А. Д. Томленову. Исходя из этого, интегрируя по всей контактной поверхности сферической лунки, получаем, в первом приближении, выражение для подсчета усилия прижима P_y .

$$P_y = 2\pi R_{сф} \cdot h \cdot \sigma_s \left[1 + \frac{\pi}{2} - \left(1 - \frac{R_{сф}}{4h} \right) \arcsin \sqrt{\frac{2h}{R_{сф}}} - \frac{1}{2} \sqrt{\frac{R_{сф}}{2h} - 1} \right],$$

где h — высота лунки, которая получается при вдавливании наконечника;

σ — предел текучести материала.

Если принять, что для полного выравнивания поверхности величина h должна быть равна или кратна R_z , то можно сделать вывод, что необходимое усилие прижима P_y пропорционально радиусу сферы на-