

ОЦЕНКА НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ПРИ УПРОЧНЕНИИ ПОВЕРХНОСТНО-ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИЕЙ

Кокорева О.Г.

Ключевые слова: поверхностно-пластическая деформация, упрочнение, поверхностный слой, напряженное состояние, очаг деформации, тензоры скоростей деформации, обрабатываемая поверхность, твердость, делительные координатные сетки.

Аннотация. Рассмотрен один из возможных методов упрочнения поверхностного слоя детали – метод поверхностного пластического деформирования (ППД). Изучены параметры напряженного состояния поверхностного слоя деталей. Представлена графическая интерпретация компоненты напряженного состояния поверхностного слоя при упрочнении. Проведен анализ очага деформации при ППД.

ESTIMATION OF THE STRESS STATE DURING STRENGTHENING BY SURFACE-PLASTIC DEFORMATION

Kokoreva O.G.

Keywords: surface-plastic deformation, hardening, surface layer, stress state, deformation zone, strain rate tensors, processed surface, hardness, grading grid.

Abstract. One of the possible methods of hardening the surface layer of a part is considered - the method of surface plastic deformation (SPD). The parameters of the stress state of the surface layer of parts are studied. A graphic interpretation of the stress state component of the surface layer during hardening is presented. The analysis of the deformation zone during PPD was carried out.

В целях повышения эксплуатационной надежности и долговечности деталей машин в современном машиностроении существует ряд методов, позволяющих повысить усталостную прочность деталей и износостойкость, предотвратить коррозию, повысить статическую прочность. В зависимости от вида воздействия на детали, условий эксплуатации и экономических возможностей выбираются соответствующие методы их обработки.

Одним из эффективных методов является метод поверхностного пластического деформирования (ППД), который основан на обкатке роликами или дробеструйной обработке шариками поверхностного слоя металлических деталей и изделий на глубину 0,2-0,4 мм. В результате данного метода повышается усталостная прочность детали, что увеличивает срок ее службы в десятки раз [1].

Определено, что на очаге деформации существуют три характерные зоны.

Зона I – это зона опережающей пластической деформации, располагающаяся впереди (по ходу подачи) инструмента. Граница этой зоны совпадает с началом волны. Зона II находится непосредственно под инструментом. Зона III расположена за инструментом (рис. 1).

В результате анализа получена схема деформированного состояния очага деформации (рис. 2), из которого видно, что помимо деформаций по осям X и Y, наблюдаются трехмерные деформации, поэтому для выявления компонент тензора скоростей деформации применяют три типа делительных сеток [2].

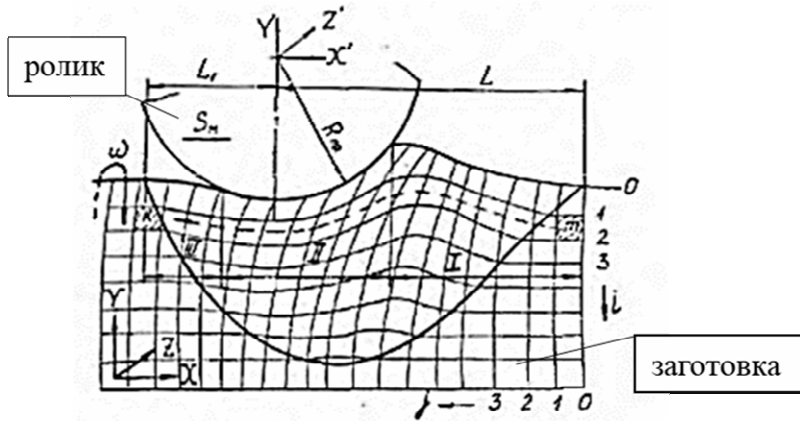


Рис. 1. Схема очага деформации при поверхностно-пластическом деформировании

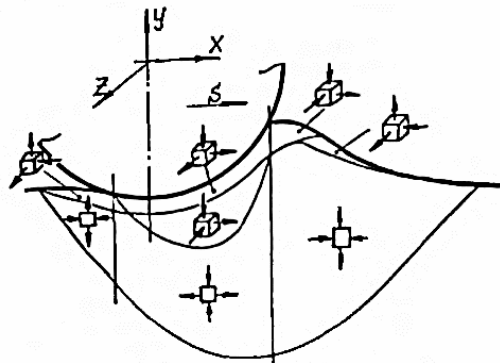


Рис. 2. Схема деформированного состояния очага деформации

Исследование компоненты деформаций поверхностного слоя для нахождения тензора скоростей проводят при обкатывании шариком на торцовой плоскости, наружной цилиндрической поверхности и меридиональной поверхности [3].

Так как при плоской деформации несжимаемого материала определить напряжения непосредственно по кинематике деформирования невозможно, поэтому вначале по соотношениям теории пластического течения изотропно упрочняющегося материала в центрах ячеек деформированной сетки определялись компоненты дивергента напряжений:

$$\begin{aligned}
 S_x &= \frac{2\sigma_i}{3\varepsilon_i} \varepsilon_x; \\
 S_y &= \frac{2\sigma_i}{3\varepsilon_i} \varepsilon_y; \\
 \tau_{xy} &= \frac{1\sigma_i}{3\varepsilon_i} \gamma_{xy};
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

где S_x и S_y – компоненты дивергента напряжений в направлении осей X и Y, τ_{xy} – касательные напряжения.

Учитывая, что $\sigma_x = \sigma + S_x$, $\sigma_y = \sigma + S_y$, в итоге преобразований получаем следующие уравнения:

$$(\sigma_x)_{i,k+1} = (\sigma_x)_{i,k} - \{(\tau_{xy})_{i+1,k+1} - (\tau_{xy})_{i+1,k} + (\tau_{xy})_{i+1,k} - (\tau_{xy})_{i-1,k}\} \frac{\Delta x}{4\Delta y}; \quad (2)$$

$$(\sigma_y)_{n,k} = (\sigma_y)_{n-1,k} - \{(\tau_{xy})_{n,k+1} - (\tau_{xy})_{n,k+1} - (\tau_{xy})_{n-1,k+1} + (\tau_{xy})_{n-1,k-1}\} \frac{\Delta y}{4\Delta x}. \quad (3)$$

Получено значение напряжений в очаге деформации.

Практическая реализация метода поверхностного пластического деформирования (ППД) способствует повышению сопротивления усталости, износостойкости и других эксплуатационных свойств обрабатываемых деталей в среднем на 20-50 %. Анализ и расчет напряженного состояния позволяет оценить эффективность процесса поверхностного упрочнения.

Список литературы

1. Смелянский В.М. Механика упрочнения деталей поверхностным пластическим деформированием. – М.: Машиностроение, 2002. – 300 с.
2. Кокорева О.Г. Анализ напряженного состояния поверхностного слоя при упрочнение методами поверхностно - пластического деформирования // Научные революции как ключевой фактор развития науки и техники: сборник статей Международной научно-практической конференции. – Уфа: Изд-во "ОМЕГА САЙНС", 2020. – С. 27-31.
3. Блюменштейн В.Ю., Смелянский В.М. Механика технологического наследования на стадиях обработки и эксплуатации деталей машин. – М.: Машиностроение-1, 2007. – 400 с.

References

1. Smelyanskiy V.M. Mechanics of parts hardening by surface plastic deformation. – М.: Mechanical Engineering, 2002. – 300 p.
2. Kokoreva O.G. Analysis of the stress state of the surface layer during hardening by methods of surface plastic deformation // Scientific revolutions as a key factor in the development of science and technology: collection of articles of the International Scientific and Practical Conference. – Ufa: Publ. house "OMEGA SCIENCES", 2020. – P. 27-31.
3. Blumenstein V.U., Smelyanskiy V.M. Mechanics of technological inheritance at the stages of processing and operation of machine parts. – М.: Mechanical Engineering-1, 2007. – 400 p.

<p>Кокорева Ольга Григорьевна – кандидат технических наук, доцент, Московский Авиационный Институт (национальный исследовательский университет), Москва, Россия, kokoreva_olga_2.11@mail.ru</p>	<p>Kokoreva Olga Grigorievna – candidate of technical sciences, associate professor, Moscow Aviation Institute (national research university), Moscow, Russia, kokoreva_olga_2.11@mail.ru</p>
--	--

Received 01.03.2021