

УДК 621.9-621.98

А.И. Беловод, канд. техн. наук

Полтавская государственная аграрная академия

Механизм упрочнения поверхности деталей при обычном и вибрационном их восстановлении

Рассмотрен механизм пластического деформирования материала деталей при различных способах их восстановления. Установлено, что по сравнению с упрочнением деталей обычным деформированием, при вибрационном упрочнении величина деформации в радиальном направлении будет иметь большее значение, что приводит к большему уплотнению обрабатываемой поверхности, а, следовательно, способствует большему ее упрочнению.

упрочнение, линии скольжения, деформирование, напряженное состояние

Упрочнение поверхности восстанавливаемых деталей является одним из эффективных способов повышения ресурса сельскохозяйственных машин при их эксплуатации. При вибрационной обработке восстанавливаемых деталей происходит существенное изменение физико-механического состояния поверхностных слоев, что способствует значительному повышению их прочности. Запас прочности материала восстанавливаемых деталей, как показали проведенные нами исследования, можно повысить до трех раз и тем самым увеличить их ресурс за счет снижения интенсивности их изнашивания [1].

Повышение прочности и долговечности при упрочнении происходит за счет возникающих в поверхностных слоях обрабатываемого материала сжимающих остаточных напряжений, которые способствуют улучшению его свойств.

При пластическом деформировании материала детали на контактной поверхности с обрабатывающим инструментом появляются линии скольжения, которые под углом 90° пересекаются с друг другом и совпадают с направлениями максимальных контактных напряжений. Линии скольжения на свободную (не контактную) поверхность выходят под углом 45° .

На контактируемой поверхности обрабатываемой детали с обрабатывающим инструментом возникает напряжение трения. При максимальном его значении одно семейство линий скольжения выходит на контактную поверхность под углом 90° , а другое – касательно к ней.

При обычном деформировании наблюдается постоянный контакт обрабатывающего инструмента с поверхностью восстанавливаемой детали. В результате чего траектории максимальных касательных напряжений будут постоянно располагаться под углом 90° к обрабатываемой поверхности.

При вибрационном нагружении при отрыве инструмента от обрабатываемой поверхности этот угол будет равен 45° . Таким образом, в процессе вибрационного деформирования угол пересечения линий скольжения с обрабатываемой поверхностью детали будет изменяться от 45° до 90° . Следовательно, при вибрационной обработке поверхности восстанавливаемой (упрочняемой) детали в момент отрыва инструмента усилие будет направлено под большим углом к направлению его движения. В результате этого величина деформации в радиальном направлении образца будет иметь

большее значение по сравнению с обычной обработкой. При этом происходит большее уплотнение обрабатываемой поверхности, т.е. её упрочнение.

На свободной (неконтактной) поверхности нормальное к ней напряжение (в направлении движения обрабатывающего инструмента) σ_1 равно нулю, а в перпендикулярном направлении к движению инструмента действует нормальное напряжение сжатия σ_2 . По уравнению пластичности среднее напряжение на свободной поверхности будет равно:

$$\bar{\sigma}_3 = \frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2} = \frac{0 + \sigma_2}{2} = -\kappa, \quad (1)$$

где $\kappa = \frac{\sigma_4}{\sqrt{3}}$;

σ_4 - напряжение в зоне контакта.

При переходе линий скольжения со свободной на контактную поверхность они повернутся на угол 90° . При этом изменение средних напряжений составит:

$$\bar{\sigma}_3 - \bar{\sigma}_4 = 2\kappa \frac{\pi}{2} = \kappa\pi. \quad (2)$$

Отсюда напряжение в точке контакта будет равно:

$$\bar{\sigma}_4 = \bar{\sigma}_3 - \kappa\pi = -\kappa(1 + \pi). \quad (3)$$

На контактной поверхности в направлении движения инструмента действуют сжимающие напряжения:

$$\sigma_5 = -\kappa(2 + \pi) = 5,14\kappa. \quad (4)$$

Подставляя в данное уравнение значение κ , имеем:

$$\sigma_5 = -\frac{5,14}{\sqrt{3}}\sigma_T \approx 2,97\sigma_T, \quad (5)$$

где σ_T - предел текучести обрабатываемого материала.

Поскольку при вибрационном деформировании в момент отрыва обрабатывающего инструмента от поверхности обрабатываемой детали трение отсутствует, то нормальное напряжение на ней на основании теории пластичности [2] будет равно $1,15\sigma_T$. Следовательно, при обычной обработке поверхности напряжение в 2,57 раза будет больше, чем при вибрационном нагружении.

В результате пластического деформирования происходит уплотнение (упрочнение) материала восстанавливаемой детали, вызывающее изменение её размеров [3] (рис.1).

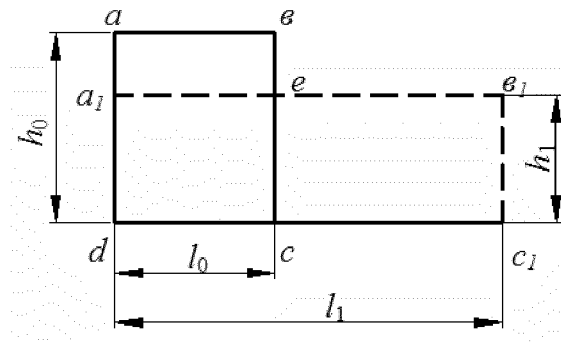


Рисунок 1 - Размеры элемента материала до и после деформирования

Исходное сечение элемента образца $abcd$ высотой h_0 и длиной l_0 после деформирования приобретает размеры h_1 и l_1 . Поскольку при деформировании большая часть металла будет перемещаться в направлении длины элемента, то площадь eb_1c_1c , равная $h_1(l_1 - l_0)$, будет меньше площади $abea_1$, равной $l_0(h_0 - h_1)$.

Степень развития уширения можно характеризовать отношением этих площадей:

$$\varphi = \frac{h_1(l_1 - l_0)}{l_0(h_0 - h_1)}. \quad (6)$$

Степень уплотнения обрабатываемого материала рассматриваемого элемента составит:

$$\eta = \frac{h_0 \cdot l_0}{h_1 \cdot l_1}. \quad (7)$$

С учётом коэффициента φ и степени деформации $\varepsilon = \frac{h_0 - h_1}{h_0}$ можно записать:

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{h_0 \cdot l_0}{h_1 \cdot l_1} = \frac{h_0 l_0}{l_0 h_1 + \varphi l_0 (h_0 - h_1)} = \\ &= \frac{1}{\frac{h_1}{h_0} + \varphi \frac{h_0 - h_1}{h_0}} = \frac{1}{\frac{h_0 - \Delta h}{h_0} + \varphi \frac{\Delta h}{h_0}} = \frac{1}{1 - \varepsilon(1 - \varphi)}. \end{aligned} \quad (8)$$

Расчётные значения степени уплотнения (упрочнения) приведены в табл. 1.

Таблица 1 - Расчётные значения степени уплотнения

Материал	Степень уплотнения	
	обычное деформирование	вибрационное деформирование
Сталь 65Г	0,042	0,059
Сталь 45, сормайт	0,035	0,048
Сталь 65Г, сормайт	0,028	0,039

Проведенными исследованиями установлено, что степень упрочнения материала дисков копачей свеклоуборочных комбайнов, восстановленных привариванием шин из стали 45 с последующей наплавкой сормайтот при вибрационном деформировании в 1,37 раза больше, чем при обычной обработке.

Список литературы

1. Беловод А.И. Упрочняющая обработка вибрационным деформированием/ А.А. Дудников, А.В. Горбенко, А.И. Беловод // Сб. научн. Статей ЛНАУ. – Луганск.: – 2006. – С. 86-88.
2. Канарчук В.В. Основы надёжности машин. –К.: Наукова думка, 1982. – 354с.
3. Сулима А.М. Поверхностный слой и эксплуатационные свойства деталей машин/ А.М.Сулима, В.А. Шулов, Ю.Д.Ягодкин –М.: Машино-строение, 1988. – 240с.

А. Біловод

Механізм зміцнення поверхні деталей при звичайному та вібраційному їх відновленні

Розглянутий механізм пластичної деформації матеріалу деталей при різних способах їх відновлення. Встановлено, що порівняно із зміцненими деталями звичайним деформуванням, при вібраційному покращенні величини деформації у радіальному напрямку буде мати більше значення, що призводить до більшого зміцнення поверхні, що обробляється, а, відповідно, сприяє кращому її зміцненню.

A. Belovod

Mechanism of strengthening surface of details by the usual and vibrating them by the reconstruction

Considered mechanism of plastic deformation material components by the different ways of their resumption. Established that comparing with strengthening components by usual deformation, by the vibrating improvement the size of deformation in radial strain it will have more meaning that leading to the bigger strengthening surface which treated and in accordance with this it help or assists the better of its strengthening.

Одержано 10.09.09