УДК 621.43

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЁННОГО СОСТОЯНИЯ ДЕТАЛЕЙ ПРИ ИХ ВОССТАНОВЛЕНИИ

Дудников А.А., к.т.н., профессор, Келемеш А.А., к.т.н.
(Полтавская государственная аграрная академия)

В статье рассматриваются вопросы напряжённого состояния материала деталей при их восстановлении поверхностным пластическим деформированием.

Одним из путей уменьшения материальных потерь при производстве сельскохозяйственной продукции является применение прогрессивных технологий восстановления ресурсоопределяющих деталей машин.

Целесообразность проведения научно-исследовательских работ в данном направлении обусловлена высокой стоимостью запасных частей.

Большинство изношенных деталей имеют высокую остаточную стоимость: при их восстановлении затрачивается в 20…30 раз меньше металла и материалов, чем при изготовлении новых. Свыше 90% деталей, отнесённых до категории полностью непригодных до дальнейшей работы, имеют износ 0,1…0,3 мм по диаметру, т.е. утратили меньше 0,05…0,10% массы; 65…75% этих деталей могут быть восстановлены для повторного использования [1].

При разработке новых способов восстановления деталей следует руководиться следующими принципами [2]:

- технологическое воздействие на деталь при восстановлении её изношенных поверхностей не должно вызывать необратимые изменения структуры основного материала;
- процесс восстановления должен быть высокопроизводительным, максимально приближённым к процессу заводского изготовления, экономичным и управляемым;
- долговечность деталей после восстановления должна соответствовать долговечности новых или быть выше.

Вышеуказанным требованиям вполне отвечает технологический процесс восстановления деталей пластическим деформированием с применением вибрационного упрочнения. Схема напряжённого состояния для данного случая показана на рис. 1.

Абсолютная пластическая деформация по диаметру образца при деформировании может быть выражена:

$$\Delta r_к = r\Delta_{г.р.}, \qquad (1)$$

где $к$ – определяемый экспериментально коэффициент, зависящий от припуска $П$; $\Delta r_{г.р.}$ – абсолютная деформация по радиусу границы раздела пластической и упругой зон при деформировании образца.

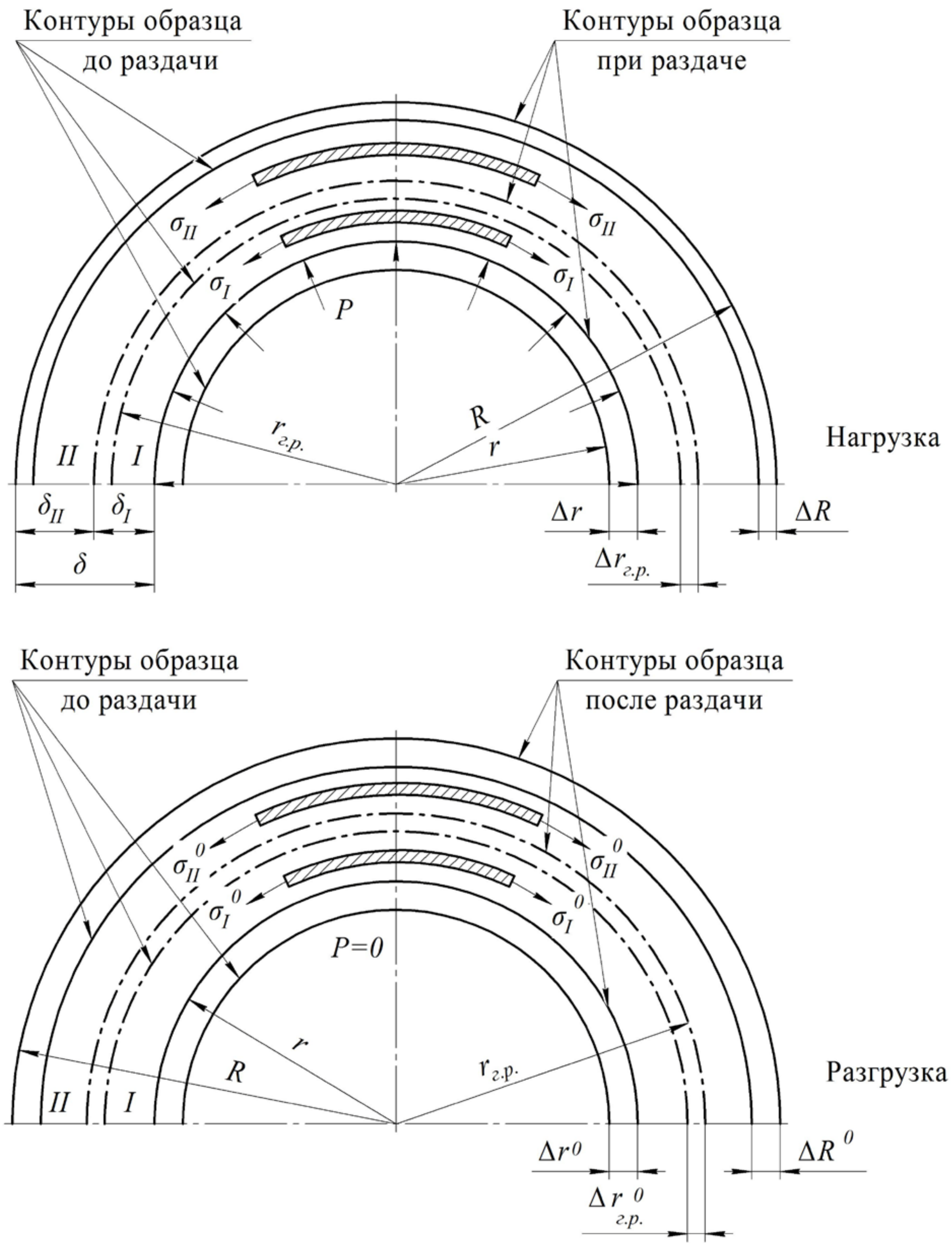

Рисунок 1 – Схема напряжённого состояния образцов

Относительная деформация по диаметру границы раздела пластической и упругой зон в образце при раздаче может быть определена по общеизвестной формуле теории упругости [3]:

$$\varepsilon_{г.р.} = \frac{П}{2\kappa r_{г.р.}} - \frac{1}{\kappa} \cdot \frac{rp}{r_{г.р.}E}(1-\mu). \tag{2}$$

где p – удельное давление обрабатывающего инструмента на внутреннюю поверхность образца при деформировании; E – модуль упругости материала образца; μ – коэффициент Пуассона.

В зоне пластической деформации образца (поршневого пальца, втулки) в процессе деформирования напряжения равны пределу текучести σ_T, т.е.:

$$\sigma_I = \sigma_T. \tag{3}$$

В зоне упругой деформации в процессе деформирования напряжения могут быть определены на основании закона Гука:

$$\sigma_{II} = E\varepsilon_{г.р.}. \tag{4}$$

Решая совместно уравнения (2) и (1), получим:

$$\sigma_{II} = \frac{EП}{2\kappa r_{г.р.}} - \frac{r}{\kappa \cdot r_{г.р.}} \cdot p\left(1-\mu\right). \tag{5}$$

Условие равновесия образца при нагружении будет иметь вид:

$$\sigma_I \cdot \delta_I + \sigma_{II} \cdot \delta_{II} = p \cdot 2r, \tag{6}$$

где δ_I и δ_{II} – соответственно толщина зоны пластических и упругих деформаций образца при деформировании.

Подставим в уравнение (6) значения напряжений из уравнения (3) и (5), решаем его относительно p:

$$\sigma_T\delta_I + \frac{EП\delta_{II}}{2\kappa r_{г.р.}} - \frac{\delta_{II} r}{\kappa r_{г.р.}} p\,(1-\mu) = p\,2r.$$

Отсюда

$$p = \frac{2\kappa r_{г.р.}\delta_I\sigma_T + EП\delta_{II}}{2r\left[2\kappa r_{г.р.} + \delta_{II}(1-\mu)\right]}. \tag{7}$$

Подставив в уравнение (2) значение p из уравнения (7), находим значение относительной деформации по диаметру границы раздела пластической и упругой зон в образце деформировании:

$$\varepsilon_{г.р.} = \frac{1}{2\kappa r_{г.р.}}\left[П - \frac{1-\mu}{E} \cdot \frac{2\kappa r_{г.р.}\delta_I\sigma_T + EП\delta_{II}}{2\kappa r_{г.р.} + \delta_{II}(1-\mu)}\right]. \tag{8}$$

Абсолютная деформация образца по наружному диаметру в этом случае равна:

$$2\Delta r_{г.р.} = \frac{1}{\kappa}\left[П - \frac{1-\mu}{E} \cdot \frac{2\kappa r_{г.р.}\delta_I\sigma_T + EП\delta_{II}}{2\kappa r_{г.р.} + \delta_{II}(1-\mu)}\right]. \tag{9}$$

После совместного решения уравнения (5) и (7) получаем:

$$\sigma_{II} = \frac{E}{2\kappa r_{г.р.}}\left[\Pi - \frac{1-\mu}{E}\cdot\frac{2\kappa r_{г.р.}\delta_I\sigma_T + E\Pi\delta_{II}}{2\kappa r_{г.р.} + \delta_{II}(1-\mu)} \right]. \qquad (10)$$

Данное уравнение позволяет определить величину тангенциальных напряжений в зоне упругих деформаций образца при действии нагрузки, т.е. в процессе деформирования.

Список литературы

1. Дудніков А.А. Проектування технологічних процесів сервісних підприємств / А.А. Дудніков, П.В. Писаренко, О.І. Біловод та ін. – Вінниця: Наукова думка, 2011. – 400 с.
2. Афтаназів І.С. Підвищення надійності деталей машин поверхневим пластичним деформуванням / І.С. Афтаназів. – Житомир: 2001. – 516 с.
3. Канарчук В.Е. Восстановление автомобильных деталей / В.Е. Канарчук, А.Д. Чигранец, О.Я. Голяк. – М.: Транспорт, 1995. – 303 с.

Анотація

Визначення напруженого стану деталей при їх деформуванні

Дудніков А.А., , Келемеш А.О.

В статті розглядаються питання напруженого стану матеріалу деталей при їх відновленні поверхневим пластичним деформуванням.

Abstract

Determination of stress state in parts of restoration

Dudnikov A.A., Kelemesh A.O.

This paper deals with the stress state of the material parts in their recovery by surface plastic deformation.