

Список использованной литературы

1. Черноиванов, В.И. Восстановление деталей машин (Состояние и перспективы) / В.И. Черноиванов, И.Г. Голубев. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2010. – 376 с.

2. Горохова, М.Н. Повышение эффективности комбинированного способа восстановления деталей ферромагнитными порошками: автореф. дис. ... док. техн. наук / М.Н. Горохова; ГНУ ГОСНИТИ Россельхозакадемии. – М., 2013. – 32 с.

3. Акулович, Л.М. Магнитно-электрическое упрочнение поверхностей деталей сельскохозяйственной техники / Л.М. Акулович, А.В. Миранович. – Минск: БГАТУ, 2016. – 236 с.

4. Ворошухо О.Н. Технология магнитно-абразивной обработки наружных цилиндрических поверхностей с управляемой ориентацией ферроабразивных зерен и регенерацией абразивной щетки импульсным магнитным полем: автореф. дис. ... канд. техн. наук / О.Н. Ворошухо ; БНТУ. – Минск, 2019. – 28 с.

УДК 621.43

РОЛЬ ПОВЕРХНОСТНОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ В ПОВЫШЕНИИ ИХ РЕСУРСА

А.А. Дудников, канд. техн. наук, профессор,

А.И. Беловод, канд. техн. наук, доцент,

А.А. Бурлака, канд. техн. наук, доцент,

В.В. Дудник, канд. техн. наук, доцент,

Е.В. Иванкова, канд. техн. наук, доцент,

А.В. Канивец, канд. техн. наук, доцент

Полтавская государственная аграрная академия, г. Полтава, Украина

Аннотация. В работе исследовано влияние поверхностного деформирования материала деталей на параметры качества поверхностного слоя.

Abstract. The paper investigates the effect of surface deformation of the material of parts on the quality parameters of the surface layer.

Ключевые слова: пластическое деформирование, параметры качества, степень упрочнения, остаточные напряжения, технологические факторы обработки.

Keywords: plastic deformation, quality parameters, degree of hardening, residual stresses, technological processing factors.

Введение

Актуальность проблемы обусловлена необходимостью проведения исследований изнашивания деталей машин с целью повышения их ресурса.

В процессе эксплуатации деталей в их поверхностных слоях возникают неровности, изменяется структура, возникают остаточные напряжения, которые оказывают существенное влияние на надежность работы деталей машин в целом [1, 2].

Основная часть

В литературе имеются некоторые исследования [3] по влиянию обрабатываемой среды на изменения, происходящие в поверхностном слое деталей (диски сошников посевных машин, плужные лемехи и др.).

Наиболее эффективным способом повышения ресурса деталей является способ поверхностного пластического деформирования (ППД), позволяющий формировать их поверхностный упрочненный слой с улучшенными показателями качества.

Следует отметить, что применение вибрационного пластического деформирования в ремонтном производстве при восстановлении изношенных деталей машин изложено недостаточно, что требует проведения самостоятельных исследований [3].

Степень упрочнения (наклепа) при обработке материала деталей определяется измерением твердости HV , а также микротвердости H_μ по глубине h .

Изменение микротвердости ΔH_μ оценивалось следующей зависимостью:

$$\Delta H_\mu = \frac{H_\mu - H_{\mu n}}{H_{\mu n}}, \quad (1)$$

где H_μ – микротвердость материала детали после упрочнения;

$H_{\mu n}$ – исходная микротвердость до обработки.

Характер изменения твердости поверхностного слоя после ППД зависит, прежде всего, от режимов обработки и свойств обрабатываемого материала.

В таблице 1 приведены расчетные значения степени упрочнения цилиндрических образцов при угле уклона пуансона 11° .

Таблица 1. Значение степени упрочнения

Материал образца	Припуск на обработку, мм	Степень упрочнения	
		Обычное деформирование	Вибрационное деформирование
Ст.3	0,2	0,012	0,058
	0,4	0,021	0,063
	0,6	0,030	0,067
Ст.7	0,2	0,013	0,017
	0,4	0,022	0,028
	0,6	0,028	0,034
Бронза Бр ОЦС 5-5-5	0,2	0,022	0,035
	0,4	0,037	0,048
	0,6	0,041	0,063

Степень упрочнения образцов из стали 3 при припуске на обработку 0,6 мм в 1,1 раза выше при обычной раздаче и в 1,9 раза при вибрационном деформировании.

Степень упрочнения бронзовых втулок при припуске 0,6 мм в 1,5 раза больше по сравнению с обычной раздачей.

При формировании рельефа обрабатываемого материала вибрационное напряжение является эффективным воздействием.

Исследованиями установлено, что при одинаковых исходных деталях технологического процесса глубина деформированного слоя (наклепа) составила при обычной обработке 550 мкм, а при вибрационном нагружении 820 мкм, т.е., в 1,49 раза больше.

Остаточные напряжения в материале образцов при раздаче определяют по следующим зависимостям:

Радиальные:

$$\sigma_r = \frac{E}{1-\mu^2} \cdot \frac{f_n - f}{2f} \cdot \theta, \quad (2)$$

Тангенциальные:

$$\sigma_t = \frac{E}{1-\mu^2} \left[(f_n - f) \cdot \frac{d\theta}{df} - \frac{f_n - f}{2f} \cdot \theta \right], \quad (3)$$

Осевые:

$$\sigma_l = \frac{E}{1-\mu^2} \left[(f_n - f) \cdot \frac{d\Lambda}{df} - \theta \right], \quad (4)$$

где E – модуль упругости; μ – коэффициент Пуассона (для стали $\mu = 0,3$); f_n – площадь нагруженной поверхности образца; f – площадь поперечного сечения отверстия образца после каждой расточки.

Величины θ и Λ определяем по формулам:

$$\theta = \Delta d + \mu \Delta l; \quad \Lambda = \Delta l + \mu \Delta l. \quad (5)$$

Затем определяли значения производных $\frac{d\theta}{df}$ и $\frac{d\Lambda}{df}$ и рассчитывали остаточные напряжения при каждой расточке (таблица 2).

Таблица 2. Значения остаточных напряжений

Номер расточки	Внутренний диаметр образца после каждой расточки, мм	Напряжения, МПа		
		σ_r	σ_t	σ_e
0	17,88	0	0	-181,5
1	17,94	-8,8	-14,4	+60,9
2	18,00	-3,5	+81,5	+126,7
3	18,07	+7,1	+163,9	+160,6
4	18,15	+11,2	+229,2	+198,7

Полученные данные изменения шероховатости поверхности деформируемых образцов представлены в таблице 3.

Таблица 3. Изменение шероховатости обработанных образцов

Высота калибрующего пояска, мм	Значение параметра R_z , мм	
	Обычное деформирование	Вибрационное деформирование
4	8,7	3,1
5	9,1	3,3
6	12,7	5,6

Выявлено, что шероховатость зависит от припуска на обработку, угла уклона рабочей части обрабатывающего инструмента, усилия и скорости деформирования.

На основании проведенных исследований выявлены технологические факторы, оказывающие влияние на параметры качества поверхностного слоя, определяющие его прочность (таблица 4).

Таблица 4. Параметры качества вибрационной обработки

Конструктивно-технологические и технологические параметры ППД	Значение
1. Угол уклона обрабатывающего инструмента,	$10^{\circ}-11^{\circ}$
2. Высота калибрующего пояска пуансона, h	4-5 мм
3. Скорость деформирования, х	0,03-0,05 м/с
4. Амплитуда колебаний	1,0-1,25 мм
5. Частота колебаний	2000-2200 мин ⁻¹

Заключение

Таким образом, поверхностное пластическое деформирование материала деталей при восстановлении, (изготовлении) позволяет повысить их прочностные свойства, что способствует повышению надежности машин в процессе эксплуатации.

Список использованной литературы

1. Сулима А.М., Шулов В.А., Ягодкин Ю.Д. Поверхностный слой и эксплуатационные свойства деталей машин. М.: Машиностроение, 1988. – 240 с.
2. Дудников А.А., Дудник В.В., Келемеш А.А., Горбенко А.В., Лапенко Т. Г. Повышение надежности деталей машин поверхностным пластическим деформированием. Ж. «Вібрації в техніці і технологіях» №3 (86) – Вінниця, 2017 – 144с.
3. Смелянский В. М. Механика упрочнения деталей пластическим деформированием. – М.: Машиностроение, 2002. – 300с.