

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна  
Должность: проректор по учебной работе  
Дата подписания: 30.09.2023 16:07:01  
Уникальный программный ключ:  
0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eabbf73e943df4a4851fda56d089

## МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Юго-Западный государственный университет»  
(ЮЗГУ)

Кафедра машиностроительных технологий и оборудования

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной работе  
О.Г. Локтионова  
« 16 » 09 2019г



### ИССЛЕДОВАНИЕ ОБРАБОТКИ ЗАГОТОВОК МЕТОДОМ ПОВЕРХНОСТНОГО ПЛАСТИЧЕСКОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ

Методические указания к выполнению лабораторной работы №4  
по дисциплине «Технология машиностроения»  
для студентов направления подготовки 15.03.05 и 15.03.01 очной и  
заочной форм обучения

Курск 2019

УДК 621.9.06

Составители: В.В. Пономарев, С.А. Чевычелов

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент О.С. Зубкова

**Исследование обработки заготовок методом поверхностного пластического деформирования.**: Методические указания к выполнению лабораторной работы по дисциплине «Технология машиностроения» / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: В.В. Пономарев, С.А. Чевычелов. - Курск, 2019. 12 с.: ил. 2. табл.2, Библиогр.: с. 11.

Излагаются методические указания по исследованию обработки заготовок методом поверхностного пластического деформирования

Методические указания соответствуют требованиям образовательной программы, утвержденной учебно-методическим объединением в системе высшего образования по укрупненной группе специальностей и направлений подготовки «Машиностроение».

Предназначены для студентов направления подготовки 15.03.05 и 15.03.01 очной и заочной форм обучения

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать *16.04.19*. Формат 60x84 1/16.

Усл. печ. л. 0,7. Уч.-изд. л. 0,63. Тираж 100 экз. Заказ *366* Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет  
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

Цель работы: изучить процесс поверхностного пластического деформирования. Исследовать с помощью метода математического планирования экспериментов влияния технологических факторов накатывания на шероховатость поверхности и рекомендовать оптимальные режимы обработки.

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Эксплуатационные свойства деталей машин в значительной степени зависят от качества их поверхности, которое определяется шероховатостью, микроструктурой металла поверхностного слоя и остаточным напряжением в нем.

Одним из методов улучшения качества поверхностного слоя, повышения предела усталостной прочности деталей является поверхностное пластическое напряжение (ППД).

Сущность обработки холодным пластическим деформированием состоит в том, что деформирующий элемент (шарик, ролик и др.) При определенном усилии в зоне контакта деформирующего элемента и детали возникает напряжение, превышающее предел текучести, в результате чего происходит пластическая деформация микронеровностей, сдвиги по границам зерен металла и частичное искажение кристаллической решетки. Это создает внутренние остаточные напряжения, повышает твердость и прочность поверхности.

ППД может осуществляться следующими способами: обкатывание и раскатывание роликовыми и шариковыми инструментами, калибрование отверстий, алмазное выглаживание, дробеструйная обработка, ударный шариковый наклеп, чеканка и др.

Обработка пластическим деформированием может использоваться для всех металлов, способных пластически деформироваться, но наиболее эффективна она для металлов с твердостью до НВ 300.

В данной работе изучается ППД методом обкатывания наружной цилиндрической поверхности шариковым накатником на токарном станке

Обкатывание производится следующим образом (рис. 1). Накатник 1 закрепляется в резцедержателе, а заготовка 2-в патроне токарного станка и поджимается задним центром.

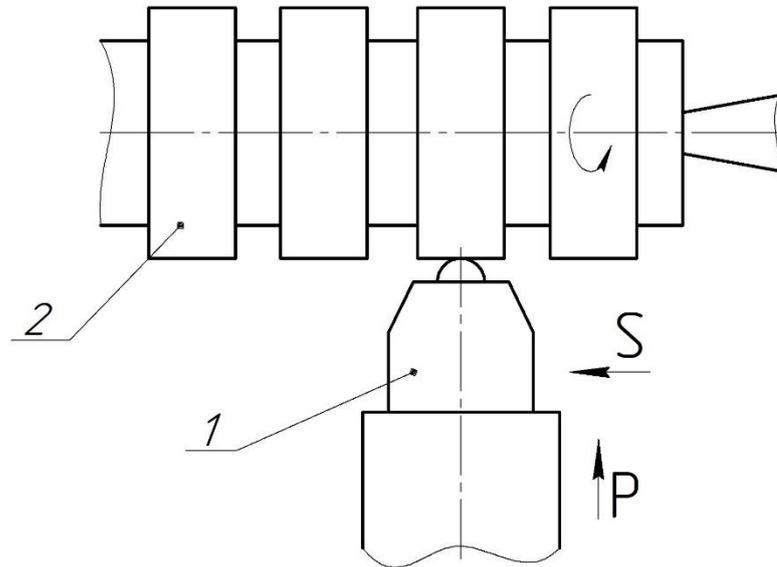


Рис. 1 Схема обкатывания поверхности

К вращающейся цилиндрической поверхности подводят шариковый накатник и создается требуемое рабочее давление  $P$  шарика на обрабатываемую поверхность.

В процессе обработки инструмент перемещается вдоль цилиндрической поверхности с заданной подачей, что позволяет обработать всю поверхность.

В конструкции накатника предусмотрен упругий (резиновый) элемент, который обеспечивает постоянное усилие обкатывания в любой точке обрабатываемой цилиндрической поверхности.

Как показано на рис. 2 изменение размера связано со смятием микронеровностей и пластической объёмной деформацией детали.

Величина измерения размера зависит от состояния исходной поверхности. При этом точность размеров существенно не меняется.

При поверхностном деформировании практически достигается шероховатости обрабатываемой поверхности  $R_a=0.2-0.8$  мкм при исходной шероховатости  $0,8-6,3$  мкм.

Результаты исследований и накопленной производственный опыт применения ППД показывает, что степень уменьшения исходной шероховатости зависит от материала, рабочего усилия, подачи, исходной шероховатости, конструкций инструмента и т.п.

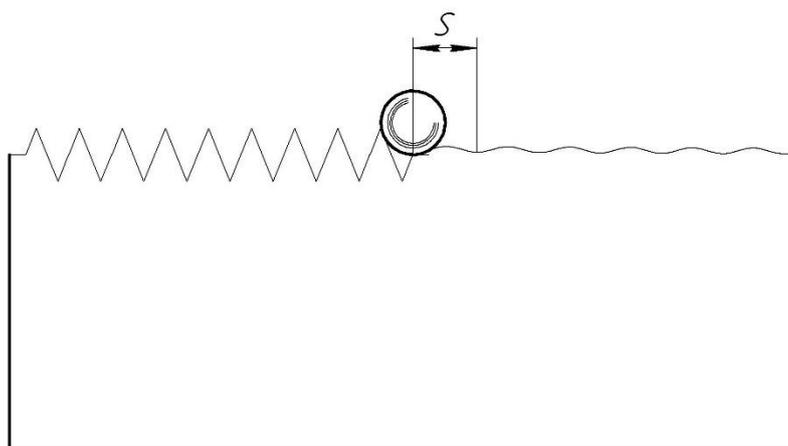


Рис. 2 Схема формообразования поверхностей

Рассмотрим более подробно влияние режимов обработки на изменение качества поверхности.

Обкатывание следует проводить так, чтобы заданные результаты достигались за один рабочий проход. Не следует использовать обратный ход в качестве рабочего, так как повторные проходы могут привести к излишнему деформированию и вызвать отслаивание отдельных участков поверхности (шелушение).

Знание усилия обкатывания выбирают в зависимости от цели обработки. Оптимальное усилие  $P(II)$ , соответствующее максимальному пределу выносливости, определяется по формуле:

$$P = 10 \left( 50 + \frac{D_a}{6} \right), \quad (1)$$

где  $D_a$ -диаметр упрочняемой поверхности детали, мм.

С целью получения требуемой шероховатости усилие обкатывания не рассчитывают, а подбирают оптимальный натяг в пределах 0,03-0,30 мм. в зависимости от исходной шероховатости, точности и диаметра обрабатываемой поверхности.

Подачу при обкатывании назначают не более 0,2-0,6 мм./об в зависимости от диаметра деформирующего шарика.

Скорость не оказывает заметного влияния на результаты обработки и выбирается с учетом требуемой производительности, конструктивных особенностей детали и оборудования. Обычно скорость составляет 20-150 м/мин.

Так как нагрев заготовок в местах контакта с инструментом незначителен, охлаждение не требуется. Для уменьшения трения используется смазывание машинным маслом или смесью машинного масла с керосином.

Одной из главных задач данной работы является изучение влияния технологических факторов на шероховатость обрабатываемой поверхности с целью выявления из них главных, а также определение оптимальных условий пластического деформирования.

В качестве основного математического аппарата при проведении экспериментов и обработке данных, принят метод математического планирования экспериментов. Использование этого метода при многофакторных зависимостях позволяет кратчайшим путем решить поставленную задачу.

При традиционных методах исследования определяют влияние одного из факторов при постановке других, затем исследуют другой и т.д.

При желании определить такую комбинацию факторов, которая окажет максимальное влияние на процесс, задача значительно усложнится.

При методе математического планирования экспериментов все факторы изменяются одновременно по заранее сформированным правилам, разработанным на основе матричной алгебры. Это дает

возможность получить информацию о процессе с минимальным количеством опытов. При этом находим соответствие между набором значений факторов и значениями параметра оптимизации, т.е. получаем информацию о функции отклика.

$$Y=f(X_1, X_2, X_3 \dots X_a). \quad (2)$$

В качестве параметра оптимизации «Y» выбрана Ra определяемая на профилографе-профилометре.

Исследования проводятся по следующим этапам:

- 1) Априорное изучение факторов, которые могут влиять на данный процесс.
- 2) Определение интервалов, в которых изучается действие факторов.
- 3) Выбор плана проведения эксперимента.
- 4) Проведение экспериментов и математическая обработка результатов.
- 5) Интерпретация результатов.

Анализ литературных данных показывает, что основными технологическими факторами в той или иной мере влияющими на шероховатость обрабатываемой поверхности являются следующие

$X_1$ - давление накатника.

$X_2$  –подача.

$X_3$ -скорость.

В данной работе предлагается изучить влияние технологических факторов на шероховатость поверхности в следующих интервалах:

$X_1$  – от 5 до 20 кГс;

$X_2$  – от 0,1 до 0,5 мм/об;

$X_3$  – от 20 до 50 м/мин.

Указанные интервалы выбраны из конструкции шарикового накатника и механических свойств обрабатываемого материала (сталь 40,45).

Наиболее распространённый случай планирования эксперимента на двух уровнях. Тогда в эксперименте используются значения, соответствующие верхней и нижней границам интервала варьирования факторов, которое кодируется: верхний уровень знаком «+», нижний- знаком «-»

Таблица 1

Факторы	Уровень	
	-	+
$X_1$	5	25
$X_2$	0,1	0,5
$X_3$	20	50

Экспериментальные планы, в которых все факторы варьируются на двух уровнях, называются планами  $2^k$  (k- число факторов).

Количество опытов при полном факторном эксперименте равно

$$N=2^k=2^3=8 \quad (3)$$

Для уменьшения числа опытов и получения линейной функции откликов в виде уравнения

$$Y=b_0+b_1X_1+b_2X_2+b_3X_3 \quad (4)$$

Достаточно провести так называемый дробный факторный эксперимент с числом опытов

$$N=2^{k-1}=2^2=4 \quad (5)$$

Приведенная функция отклика является математическим описанием процесса.

Коэффициенты  $b_1, b_2, b_3$  позволяют количественно оценить влияние каждого из рассматриваемых факторов, а знак перед коэффициентом (+ или -) показывает в каком направлении действует каждый фактор, т.е. величина «У» будет увеличиваться при увеличении фактора, если перед ним стоит знак «+», и уменьшаться-при минусе «-».

Условия проведения всех опытов в соответствии с выбранным планом представляются в виде таблицы 2, называемой матрицей планирования. Матрица планирования обеспечивает случайный порядок проведения опытов.

Таблица 2

№ Опытов	$b_a$	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$Y_1$	$Y_2$	$Y_3$	$Y$
1	+	+	+	-				
2	+	-	+	-				
3	+	+	-	+				
4	+	-	-	+				

По каждому опыту проводится 3 измерения параметра оптимизации (шероховатость)  $Y_1, Y_2, Y_3$  и определяется его среднее арифметическое  $Y$ .

Затем рассчитывают коэффициенты линейного уравнения  $b_i$  по формуле

$$b_i = \frac{\sum_1^n X_n Y_i}{N} \quad (6)$$

где  $X_n$ -текущее кодированное значение факторов, т.е. «+» и «-»;

$Y_i$ - среднее арифметическое значение параметра оптимизации  $i$ - го опыта;

$N$ - число опытов по матрице (4).

После получения уравнения в виде:

$$Y = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3 \quad (7)$$

его анализируют с целью определения значимости коэффициентов  $b_i$  так как может сказаться, что влияние того иного фактора не наблюдается из-за в ошибке эксперимента.

Для этого определяется дисперсия воспроизводимости

$$S_M^2 = \frac{\sum_i^n \sum_i^n (Y_n - Y_i)^2}{N(n - 1)}$$

где  $Y_n$  и  $Y_i$  – экспериментальные значения параметра оптимизации в отдельных опытах и его среднее значение;

$n$ - число параллельных опытов (измерений).

Значения коэффициентов  $b_i$  сравнивается с величиной  $S b_i - t_a$ ;

где  $t_a$  – критерий Стьюдента, равный 2 для уравнения значимости 0,95 (2ст).

Все коэффициенты, которые по абсолютной величине меньше  $S b_i - t_a$  считается незначительными.

## ОБОРУДОВАНИЕ, ИНСТРУМЕНТ, ЗАГОТОВКИ

Станок токарный 1К62, шариковый накатник, профилограф-профилометр.

Заготовки-валы с канавками, диаметром 40-50 мм, длиной 260-270 мм, материал-сталь 40,45.

## ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Установить заготовку на станке, закрепив один конец в патроне, а другой- поджав задним центром. Проточить поверхность. Глубину резания брать 0,3-0,5 мм, подачу- 0,3-0,4 мм/об, скорость- 30-40 м/мин. Снять заготовку со станка.

2. Замерить исходный диаметр заготовки и шероховатость её поверхности.

3. Установить заготовку на станке.

Обкатать шейки вала с режимами, соответствующими значениям в матрице планирования. При обработке подавать в зону инструмента масло.

Снять заготовку со станка.

4. Произвести по три измерения шероховатости на каждой шейке вала.

5. Результаты измерений внести в матрицу планирования. Рассчитать среднее арифметическое значение шероховатости по каждому опыту. Определить коэффициенты  $b_i$  и дисперсию воспроизводимости  $Sb_i$ .

6. Произвести анализ полученного уравнения, дать выводы по влиянию технологических факторов на шероховатость поверхности и указать какие режимы обработки следует рекомендовать для получения оптимальных результатов обкатывания.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кудряшов, Евгений Алексеевич. Основы технологии машиностроения [Текст] : [учебник для студентов вузов по направлениям "Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств", "Автоматизация технологических процессов

и производств (машиностроение)"] / Е. А. Кудряшов, И. М. Смирнов, Е. И. Яцун ; под ред. д-ра техн. наук, проф. Е. А. Кудряшова. - Старый Оскол : ТНТ, 2017. - 431 с. : ил. - Библиогр.: с. 424-426

2. Безъязычный, Вячеслав Феоктистович. Основы технологии машиностроения [Текст] : учебник / В. Ф. Безъязычный. - Москва : Машиностроение, 2013. - 568 с. : ил.

3. Технологические процессы машиностроительного производства [Текст] : учебное пособие / В. А. Кузнецов [и др.]. - М. : Форум, 2010. - 528 с. : ил. - (Высшее образование).

4. Технология машиностроения [Текст] : сборник задач и упражнений / В. И. Аверченков [и др.]. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : ИНФРА-М, 2006. - 288 с. - (Высшее образование)