

## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ГЛУБИНЫ УПРОЧНЕНИЯ ПРИ ОБКАТКЕ ДЕТАЛЕЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКИМИ РОЛИКАМИ

Мартыненко О.В.

*Камышинский технологический институт (филиал) Государственного образовательного учреждения «Волгоградский государственный технический университет», г. Камышин, Россия (403874, г. Камышин, ул.Ленина, 6А) [ktm@kti.ru](mailto:ktm@kti.ru)*

---

**В работе были проанализированы аналитические зависимости по определению глубины упрочнения при обкатке роликами. Глубина упрочнения относится к основным параметрам процесса поверхностного пластического деформирования. Известные аналитические зависимости различных авторов показывают, что на глубину упрочнения влияют размеры ролика и детали, а также усилие деформирования и площадь контактной зоны. В данной работе обработка поверхностным пластическим деформированием производилась обкатником с цилиндрическим роликом с разными усилиями деформирования. Затем были определены экспериментальные значения глубины упрочнения с использованием метода микротвердости. Проведено сравнение результатов аналитического и экспериментального исследования глубины упрочнения. На основании проведенных экспериментальных исследований разработаны рекомендации по аналитическому прогнозированию глубины упрочнения в зависимости от конструктивно-технологических параметров обработки.**

---

Ключевые слова: параметры, глубина упрочнения, деформирование, ролики.

O.V.Martynenko

*Reader of Kamyschin Technological Institut (branch) of Volgograd State Technical University, Cand. Tech. Sci.*

This work considers analytical correlations of the depth hardening during the treatment by rollers. The depth of the hardening refers to the main parameters of the surface plastic deformation process/ The well-known analytic dependencies of the different authors exhibit that the roller sizes affect the depth of the hardening as well as the strength of deformation and the size of the surface area. In this work the treatment with the surface plastic deformation was conducted by the device with the cylindrical roller with the different deformation strains. Then the experimental specifications of the depth of the hardening were determined by using the micro-hardness method. A comparison of the results of the analytical and experimental depth strengthening research has been performed. The recommendations for the analytical depth hardening forecasting depending on the structural-technological processing parameters were developed based on the field research.

Key words: parameters, depth hardening, deformation, rollers.

Эпоха научно-технической революции характеризуется непрерывным ускорением и ужесточением условий эксплуатации машин, приборов, аппаратов. Это обусловило расширение и повышение требований к качеству изготовления их деталей. В первую очередь это относится к обработке и формированию поверхностных слоев материалов деталей, поскольку самые сложные явления, определяющие практически все служебные свойства деталей и машин, приборов протекают в поверхностных слоях. Именно поэтому уделяется огромное внимание проблеме качества поверхности в полном ее объеме во всех передовых промышленных странах. Качество поверхностей, обработанных поверхностным пластическим деформированием роликами, зависит от материала, размеров и формы обрабатываемой детали, режимов обработки, конструкции ролика.

К основным результирующим параметрам процесса поверхностного пластического деформирования (ППД) относится глубина упрочнения. Аналитическому определению глубины упрочнения посвящены работы многих ученых. Были рассмотрены работы Хейфеца С.Г., Кудрявцева И.В., Ярославцева В.М., Дрозда М.С., Федорова А.В., Сидякина Ю.М., Матлина М.М., Лебского С.Д. Полученные ими аналитические зависимости показывают, что на глубину упрочнения влияют размеры ролика и детали, а также усилие деформирования и площадь контактной зоны. Наличие такого разнообразия формул указывает на то, что нет единого подхода в определении глубины упрочнения. Данное исследование выполнялось поэтапно и поэтому имеет свой алгоритм:

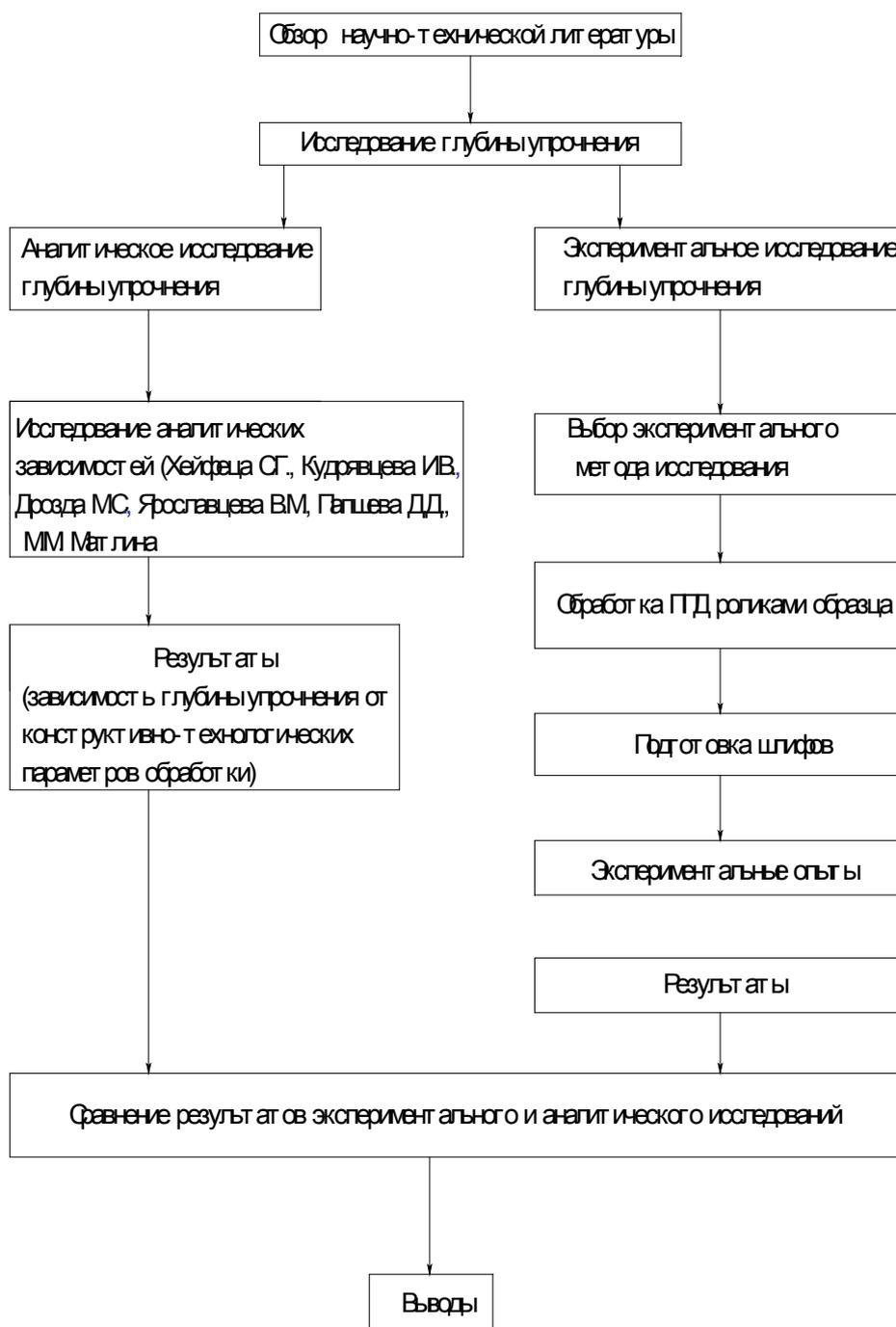


Рис.1. Алгоритм исследования глубины упрочнения

В данной работе обработка ППД производилась цилиндрическим роликом диаметром 50 мм и с приведенным радиусом гпр равным 4 мм по предварительно обработанному методом точения валу стали 45. Обкатывался вал с разными усилиями деформирования Р по разделенным участкам №1, 2, 3 ( таблица 1). Участок №0 не обрабатывался для сравнения в дальнейшем, как с исходным образцом при определении глубины упрочнения.

После обработки ППД вал был разрезан на размеченные участки. Метод микротвердости для упрочнения тонких деформированных поверхностных слоев металла позволяет исследовать слои глубиной от десятых долей до нескольких мм. При этом минимальная глубина исследуемого слоя обусловлена величиной нагружения алмазной пирамидой при максимальных нагрузках. Распределение микротвердости в упрочненном поверхностном слое металла определяется в основном на косых шлифах. Далее на торцевых поверхностях образцов были сделаны косые шлифы для получения шероховатости не меньше Ra 3,2 мкм. Такое качество поверхности необходимо было получить для дальнейшего исследования образцов на микротвердомере ПМТ-3М. Обработка шлифов проводилась по наклонному к обработанной поверхности сечению (угол 1–5). При этом исследуемая зона упрочненного металла увеличивается. Окончательная обработка и полирование шлифов выполнялась с помощью пасты ГОИ (с зерном 10–20 мкм). Экспериментальное определение глубины упрочнения заключается в том, что на торцевой поверхности каждого из образцов измерялась твердость по вдавленным отпечаткам алмазным индентором (по Виккерсу) с шагом 0,01 мм от края поверхности к центру.

Исследование влияния усилия деформирования и кратности его приложения (количество циклов деформирования) проводилось при постоянных значениях остальных факторов (диаметр ролика – 10 мм, задний угол – 0°40', число оборотов – 100 об/мин). Изменение количества циклов деформирования осуществлялось за счет варьирования величины подачи.

Таблица 1. Параметры обработки ППД роликами

Номер образца	Р,Н	Радиус ролика гр, мм	Приведенный радиус ролика гпр, мм	Площадь контакта S, мм <sup>2</sup>
0	-	-	-	-
1	1039	25	4	0,61
2	1559	25	4	0,61

3	2079	25	4	0,61
---	------	----	---	------

Экспериментальное определение глубины упрочнения заключалось в том, что на торцевой поверхности каждого из образцов измерялась твердость по вдавленным отпечаткам алмазным индентором (по Виккерсу) с шагом 0,01 мм от края поверхности к центру. Сначала твердость измерялась на образце № 0. Далее измерялись образцы № 1, 2, 3. Отпечатки на этих образцах делались до тех пор, пока твердость становилась равной твердости образца №0. Затем измерялось расстояние от края поверхности до последнего отпечатка. Данное расстояние и является глубиной упрочнения (рис.2).

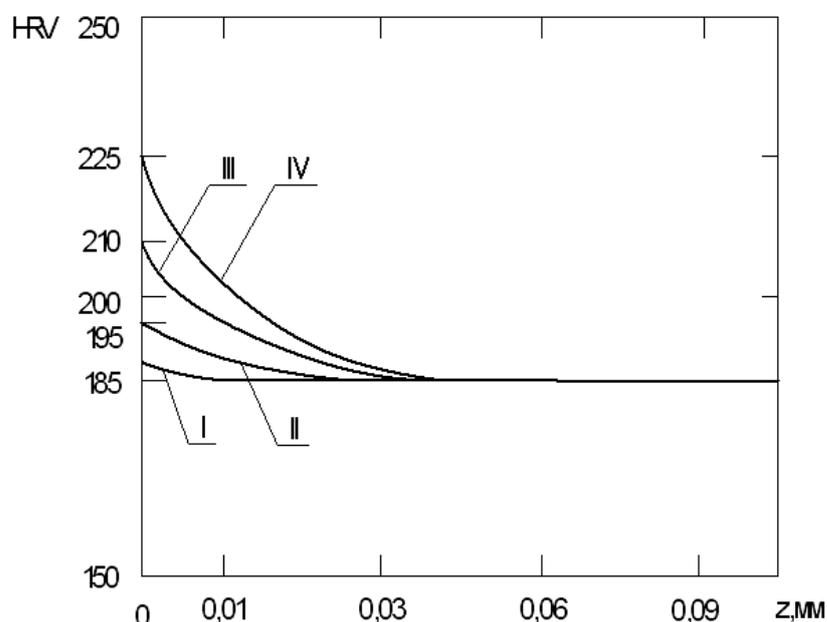


Рис. 2. Зависимость твердости по Виккерсу HRV<sub>э</sub> от координаты z упругопластической площади контакта цилиндрического ролика с поверхностью детали:  
I – образец № 0; II – образец № 1; III – образец № 2; IV – образец № 3

В результате проведения исследований глубины упрочнения по аналитическим зависимостям было выявлено, что глубина упрочнения возрастает с увеличением усилия деформирования по формулам Хейфеца С. Г., Дрозда М.С., Папшева Д. Д., с увеличением радиусов сопряжения по формуле Ярославцева и уменьшается по формулам Кудрявцева И. В., Матлина М. М., Лебского С. Л.

Зависимость глубины упрочнения от усилия деформирования, полученная по результатам эксперимента, ближе всего совпадает с зависимостью, полученной по формуле М.С. Дрозда, А.В. Федорова, Ю.И. Сидякина при прочих равных условиях.

Таким образом, для аналитического прогнозирования глубины упрочнения можно рекомендовать данную формулу.

### **Список литературы**

1. Дрозд М.С., Федоров А.В., Сидякин Ю.М. Расчет глубины распространения пластической деформации в зоне контакта тел произвольной кривизны // Вестник машиностроения. – 1973. – № 1. – С. 54-57.
2. Жасимов М.М. Управление качеством деталей при поверхностном пластическом деформировании. – Алма-Ата: Наука, 1986. – 328 с.
3. Матлин М.М., Бабаков А.В. Определение глубины пластически деформированного слоя при упрочняющей обработке деталей цилиндрическими роликами // Вестник машиностроения. – 2002. – №10.
4. Папшев Д.Д. Отделочно-упрочняющая обработка ППД. – М.: Машиностроение, 1978. – 150 с.
5. Шнейдер Ю.Г. Технология финишной обработки давлением. – СПб.: Политехник, 1998. – 414 с.

### **Рецензенты:**

Клепиков В.В., д.т.н., профессор, зам. зав. кафедрой «Технология и металлорежущие системы автомобилестроения», «Московский государственный индустриальный университет», г. Москва.

Таратынов О.В., д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Технология и металлорежущие системы автомобилестроения», «Московский государственный индустриальный университет», г. Москва.