Энгельсский технологический институт (филиал) федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»

МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТНО-ПЛАСТИЧЕСКИМ ДЕФОРМИРОВАНИЕМ

Методическое указание к практической работе по дисциплине «Электрофизические и электрохимические методы обработки материалов» для студентов направления

15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»

очной и заочной форм обучения

Энгельс 2026

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучить влияние поверхностно-пластической деформации на свойства обработанных деталей.

2. ЗАДАНИЕ

1. Изучить правила техники безопасности, связанные с выполнением данной работы.
2. Познакомится с обзором методов поверхностно-пластической деформации металлов, используемых при ремонте машин.
3. Подготовить рабочее место и произвести упрочнение поверхности детали (валика).
4. Определить твёрдость и шероховатость необработанной и обработанной поверхностей.
5. Провести статистическую обработку результатов замеров твёрдости и шероховатости поверхности обработанной детали.
6. Подвести итог проделанной работе, сделать анализ полученных результатов, навести порядок на рабочем месте.
7. Составить отчёт о проделанной работе и защитить у преподавателя.

3. ОБОРУДОВАНИЕ, ПРИБОРЫ, ИНСТРУМЕНТ

8. Станок токарный 16К20
9. Устройство для виброупрочнения.
10. Устройство для ротационного упрочнения.
11. Устройство для обкатывания шариком.
12. Твердомер (по Роквеллу).
13. Твердомер (по Викерсу).
14. Детали для упрочнения (по заданию преподавателя).
15. Микрометры МК 25-50, 50-75.
16. Профилометр.
17. Ветошь.

4. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Упрочнение деталей поверхностным пластическим деформированием наиболее прост, доступен для ремонтно-обслуживающих предприятий АПК. Вместе с тем это эффективный способ повышения несущей способности и долговечности деталей машин. Изменяя физико-механические свойства и состояние поверхностных слоев деталей, ППД повышает их циклическую прочность и коррозионную стойкость. Запас прочности деталей, работающих при циклических нагрузках , при этом удается повысить в 1,5…2,0 и даже в три раза и тем самым увеличить сроки их

службы. Одновременно могут быть улучшены и также свойства как твердость, шероховатость поверхности, смачиваемость маслами, износостойкость в условиях граничного и жидкостного трения. Основная причина повышения прочности и долговечности деталей машин при их упрочнении ППД - возникновение в поверхностных слоях металла благоприятных сжимающих остаточных напряжений (явление 1 наклёпа). С помощью ППД можно упрочнять такие восстановленные детали как оси опорных катков и направляющих колес, гладкие и коленчатые валы двигателей. Широко, используют ППД для упрочнения рессор, пружин, шестерен, поворотных цапф, полуосей, шаровых опор, валов коробок передач и др.

Недостатками процессов ремонта деталей с использованием наплавки и осталивания являются снижение усталостной прочности и износостойкости деталей из-за возникновения пористости, трещиноватости, неоднородности структуры, наличия остаточных растягивающих напряжений и др. Кроме того, на заключительных операциях механической обработки, при шлифовании, не только утрачивается эффект упрочнения поверхностного слоя, но и возникают дополнительные дефекты (трещины, прожоги и т.д.), которые становятся источниками разрушения деталей. Для того, чтобы устранить влияние указанных выше факторов на долговечность деталей, можно применить следующие основные способы поверхностного упрочнения восстановленных деталей: обкатывание шариком или роликом, дробеструйная обработка, Виброупрочнение (чеканка), алмазное выглаживание, ультразвуковая обработка, относящаяся к методам механического холодного упрочнения.

Проведённые многочисленные исследования позволили установить влияние микрорельефа поверхности металлического контртела на силы трения ($F_{тр.}$, Н) и скорость ($V_{ск.}$, м/мин) перемещения относительно резиновой манжеты, которое иллюстрирует осциллограммы на рисунке 1.

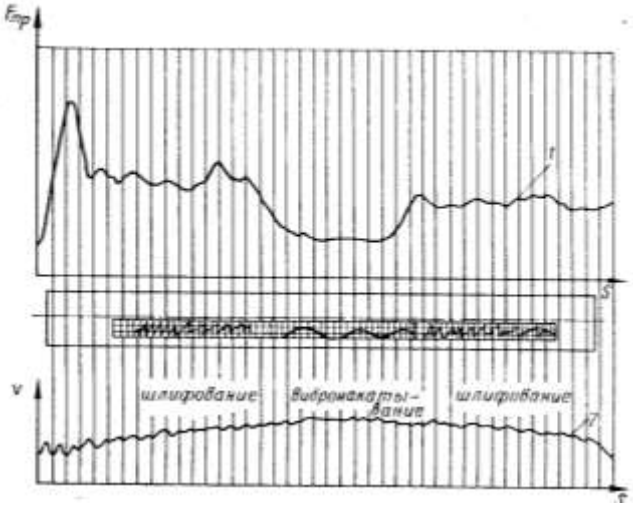


Рисунок 1. Зависимость сил трения и скорости относительного перемещения металлического штока и резиновой манжеты гидроуплотнительной пары от микрорельефа рабочей поверхности штока

Левый участок осциллограммы 1 соответствует перемещению резиновой манжеты по шлифованному участку вала, средний – по вибронакатанному того же вала и правый – по шлифованному. При переходе со шлифованного на вибронакатанный участок силы трения $N^{ш}_{стр.}$ заметно снижаются и вновь возрастают при переходе на шлифованный участок. Соответственно возрастала скорость относительного перемещения вала и манжет при переходе со шлифованного на вибронакатанный участок (осциллограмма 2). Столь заметное влияние формы неровностей поверхности контртела на условия трения иллюстрируется схемой контактирования резины со шлифованной и вибронакатанной поверхностями контртела. (рисунок 2).

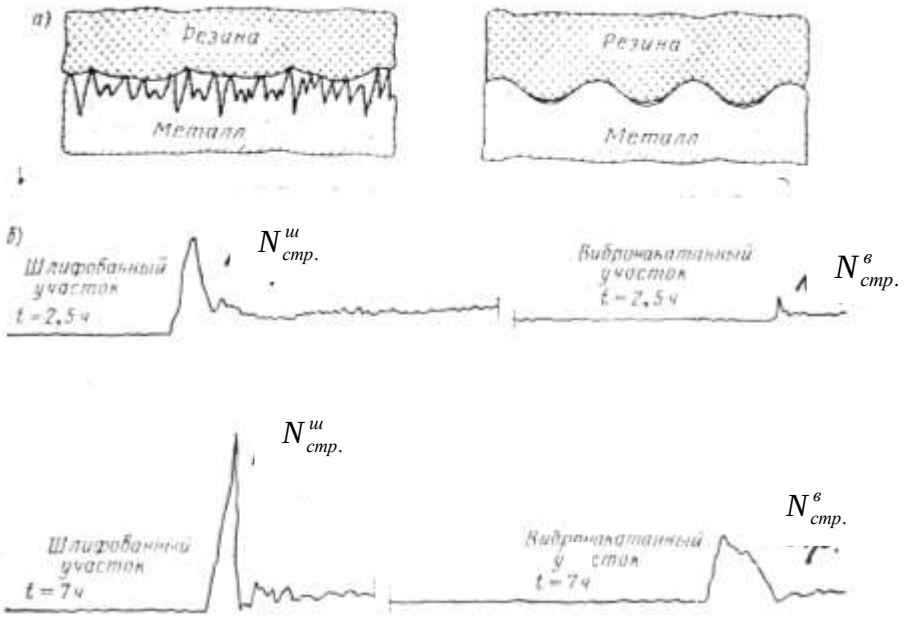


Рисунок 2. Схема контактирования резины с поверхностью металлического штока и осциллограммы усилия страгивания резиновой манжеты.

Радиус закругления вершин неровностей шлифованной поверхности 8-го класса – составлял 10 мкм, а вибронакатанной того же класса – порядка 900 мкм. Если учесть, что однородность неровностей по высоте вибронакатанного вала была минимум на порядок выше, то станет понятным, насколько меньшее сопротивление приходится преодолевать резиновой мажете при перемещении по вибронакатанной поверхности по сравнению с перемещением по шлифованной.

Решающее влияние оказывает микрорельеф рабочей поверхности штока гидроуплотнительной пары и на усилие, необходимое для начального сдвигания манжеты относительно штока при вылеживании пары (без относительного перемещения), сопровождающимся высыханием смазки, адгезией и другими явлениями, приводящими к резкому увеличению усилия стягивания.

Из сопоставления осциллограмм, приведённых на рисунке 2. б. видно, насколько снижается усилие страгивания манжеты по вибронакатанному штоку по сравнению со страгиванием по шлифованному. В этом случае сказывается не только более благоприятная форма выступов неровностей (вид IV), но и их впадин

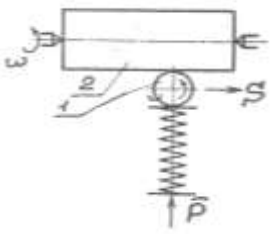
(большой радиус закругления впадин r’), обеспечивающий лучший контакт резины со смазывающим слоем (рисунок 2 а). Таким образом, силы внешнего трения непосредственно зависят от микрорельефа трущихся поверхностей и в тех случаях, когда именно эта характеристика является основной, определяющей работоспособность узла или машины в целом, отработка оптимального микрорельефа может явиться существенным резервом улучшения качества изготовляемого объекта. При этом объектом могут быть не только детали машин и приборов, но и инструмент для холодной обработки металлов давлением.

Способы механического ППД деталей имеют следующие преимущества перед другими: малая трудоёмкость, простота технологии (не требуются значительные затраты на оборудование и оснастку), возможность упрочнения деталей любой формы и размеров, возможность измерения глубины упрочнения, достижение высокой твёрдости на границах наклёпанных участков деталей.

Способы обработки и конструкции инструментов зависят от формы упрочняемой детали (поверхности). Пластическому деформированию подвергают поверхности: цилиндрические (наружные и внутренние), конические, плоские, винтовые, эвольвентные и др.

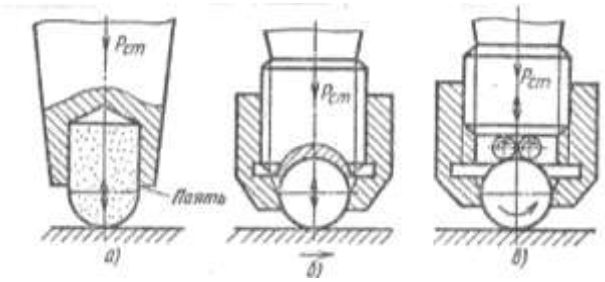
5. ВИДЫ ТЕХНОЛОГИЙ ППД ПРИ УПРОЧНЕНИИ ДЕТАЛЕЙ

Обкатывание шариком или роликом



1 – шар; 2 – обрабатываемая деталь

Рисунок 3. ***Схема упрочняюще-чистовой обработки – обкатывание шаром (ОШР).***



а и б – жёсткое; в – с обеспечением качения.

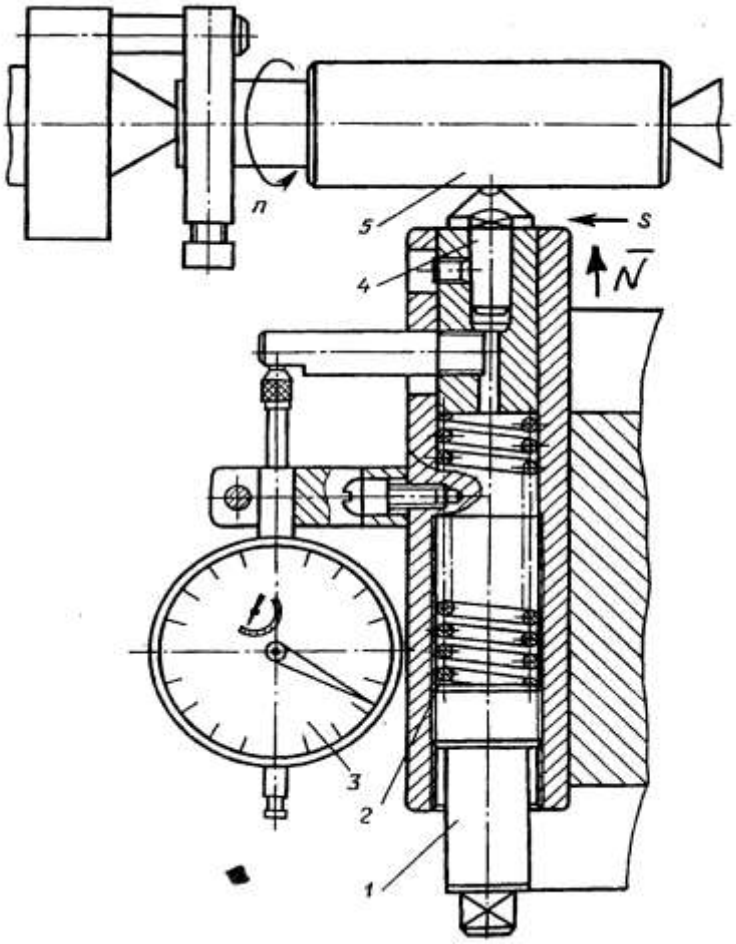
Рисунок 4. ***Схема крепления рабочей части инструмента.***

Используется при обработке накаленных стаей и сплавов шариком или роликом из стали ШХ 12, ШХ 15. Твёрдость деталей не должна превышать HRC 40…45 (из-за низкой стойкости инструмента). В результате обработки снижается шероховатость поверхности от R_z = 40 до R_a = 0,16 мкм, увеличивается микротвёрдость поверхностного слоя на 40…60%. (Рисунок 3).

Обкатывание шаром (роликом) не пригодно для обработки длинных и тонкостенных деталей.

Алмазное выглаживание

Применяют при финишной обработке деталей, твердость которых может достигать HRC 60…65. Выглаживанием алмазным или твёрдосплавным инструментом можно обрабатывать детали малой жёсткости, точность их не нарушается благодаря малой силе выглаживания. Достоинством неподвижного инструмента в процессе выглаживания является малая шероховатость обработанной поверхности при достаточной глубине упрочнённого слоя. (Рисунок 5).



1 – регулировочный винт; 2 – пружина; 3 – индикатор; 4 – алмазный наконечник; 5 – заготовка в центрах; n – частота вращения детали; S – подача инструмента.

Рисунок 5. Схема пружинной оправки для выглаживания.

Отделка и упрочнение этим методом деталей роликоподшипников приводит к повышению производительности труда по сравнению с доводкой чугунными притирами; достигаемая шероховатость поверхности — отR_a = 0,04 до R_z = 0,1 мкм, что в сочетании с упрочнением и остаточными микронапряжениями сжатия значительно повышает износостойкость детали. Скорость выглаживания 10. ..100 м/мин практически не влияет на качество поверхности. Для увеличения производительности процесса его следует вести на больших скоростях, но при этом нужно учитывать биение детали, неравномерность припуска и нагрев алмаза. В результате перегрева увеличивается скорость изнашивания алмаза. Ее принимают 40... 100 м/мин.

Основная деформация металла происходит при первом проходе инструмента. С увеличением числа проходов шероховатость существенно не меняется. Наиболее часто обрабатывают за один проход.

При алмазном выглаживании можно получить поверхность детали с шероховатостью не ниже R_a = 0,04.. .0,08 мкм, повысить твердость на 25…30%, износостойкость на 40..60 и усталостную прочность на 30…60%.

Несмотря на многие преимущества алмазного выглаживания (алмаз имеет высокую твердость, низкий коэффициент трения, высокую теплопроводность, малую способность к упругому деформированию) по сравнению с другими способами отделочно-упрочняющей обработки, этот процесс не получил широкого распространения в машиностроении из-за дефицитности и высокой стоимости природного алмаза. Недостатками алмазного выглаживания являются: обязательная ориентация кристалла алмаза в твердом направлении, необходимость использования станков повышенной точности и виброустойчивости, биение обрабатываемой детали не выше 0,05 мм, невозможность обработки прерывистых поверхностей, а также деталей, с неравномерной твердостью из-за хрупкости алмаза, при этом сила выглаживания не должна превышать 400…500 Н.

5.3. Виброупрочнение

Это способ упрочняющее-чистовой обработки. Является наиболее эффективным способом упрочнения валов и галтелей на валах. При этом методе наклёп на упражняемых поверхностях создаётся при помощи ударного действия бойка, приводимого в движение специальным приспособлением (рисунок 6). Одно из устройств состоит из опорной площадки (1) с закреплённой стойкой (2) для подвижного штока (3). Компактный электродвигатель (4) (180…240 Вт) с эксцентриком (5) на валу придаёт штоку (3) возвратно-поступательное движение с амплитудой 5…10 мм, зависящей от параметров эксцентриков.

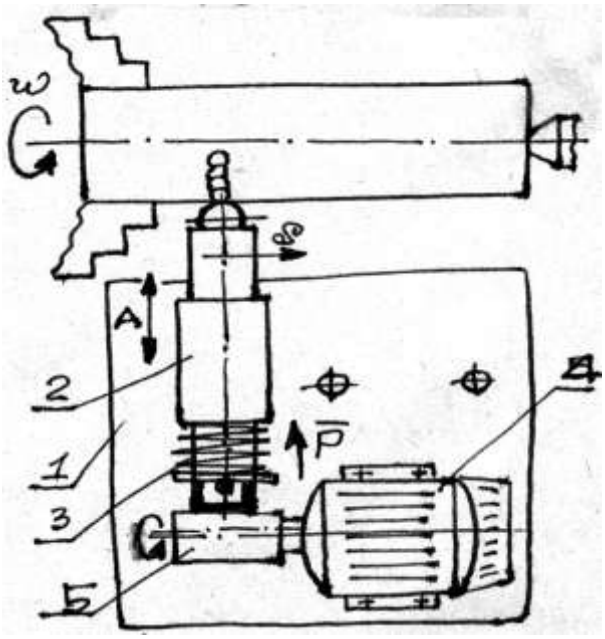
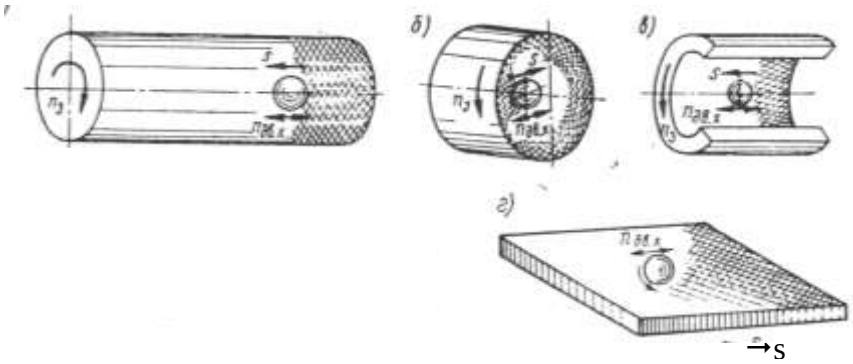


Рисунок 6. Схема устройства для виброупрочнения (пояснения по тексту).

Заканчивается шток (3) оправкой с рабочим инструментом – шариком (сталь ШХ 15).

Способ характеризуется большой деформирующей способностью, глубина наклёпа при применении метода чеканки по сравнению с обкатыванием шариком (роликом) повышается в несколько раз. Сопротивление усталости повышается на 50…100%, долговечность деталей увеличивается в 2 раза и более.

Виброголовки для обработки наружных и внутренних цилиндрических, конических и торцевых поверхностей, как правило, конструируются к токарным станкам. Основным назначением Виброголовки является осуществление осцилляционного движения деформирующего элемента. Приводы осцилляционного движения могут быть семи видов. Однако наибольшее применение получил механический привод, отличающийся простотой и надёжностью. Первая виброголовка к токарному станку для обработки наружных цилиндрических и торцовых поверхностей (конструкция ЛИТМО) имела эксцентриковый привод, при этом деформирующий элемент совершал осцилляционное движение по дуге окружности. В дальнейшем головка была в ЛИТМО модернизирована, эксцентриковый привод сохранился, однако деформирующий элемент совершал осцилляционное движение параллельно оси обрабатываемой заготовки. Головка (Рисунок 9) получила широкое применение благодаря универсальности, простоте, надёжности, невысокой стоимости.



а – наружной цилиндрической; б – торцовой; в – внутренней цилиндрической; г – плоской.

Рисунок 7. Принципиальные схемы вибронакатывания поверхностей.

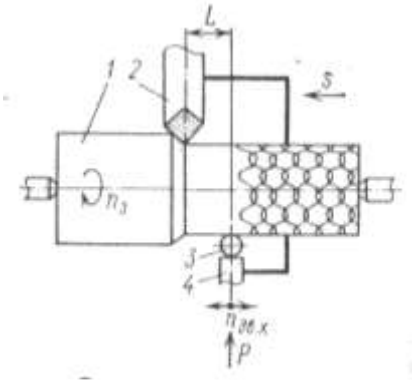


Рисунок 8. ***Схема совмещения обработки точением и вибронакатыванием (L - расстояние между вершиной резца и осью* шара).**

Корпус головки сварной конструкции состоит из трех основных частей: втулки 10, угольника 24 и основания 22. Угольник служит для установки и закрепления головки. На основании корпуса установлен электродвигатель 23 типа АОЛ-22-4 (N = 0,4 кВт, n = 10 рад/с).

Вращение вала электродвигателя с помощью сменного эксцентрика 19 преобразовывается в возвратно-поступательное движение штока 9 с шариковой головкой (вместо шариковой головки может быть установлен алмазный или твердосплавной наконечник).

Шариковая головка состоит из рабочего шара 5, опирающегося на наружное кольцо шарикового подшипника б, который вращается на оси 7, запрессованной и стопорящейся винтом 2 в корпусе 8 сепаратора-колпачка 4, удерживающего шар от выпадения. Резьбовое кольцо 3 фиксирует положение, которое должно обеспечить свободное вращение шара при минимальном зазоре между ним и стенками сепаратора. Своим хвостовиком шариковая головка устанавливается в отверстие штанги 9 и закрепляется винтом 1.

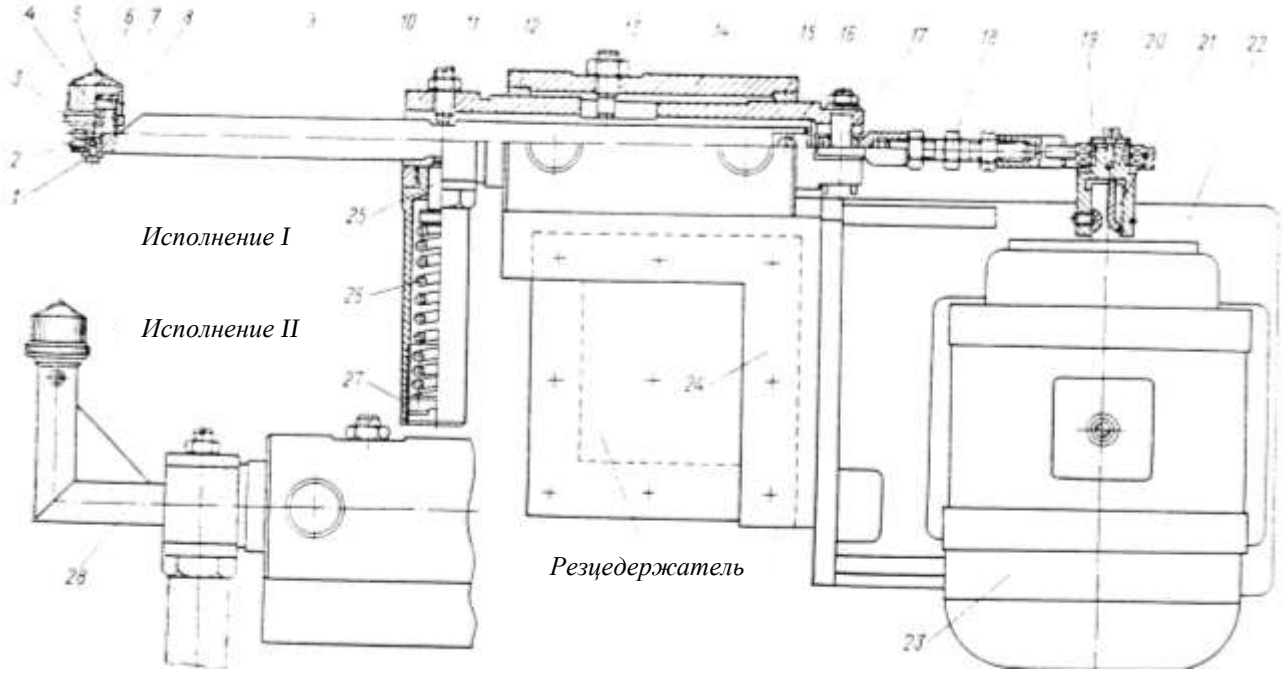


Рисунок 9. Виброголовка к токарному станку.

Штифтом 16 шток шарнирно соединен с втулкой 10. Наклон оси штока ограничен с одной стороны винтом 13 и с другой стороны — винтом 11, передающим усилие тарированной пружины 26 на шток.

Втулка 10 при помощи оси 17 и регулируемой гайкой 18 по длине тяги связана со сменным эксцентриком 19.

При вращении вала электродвигателя, сидящая на шпонке 21 втулка 20, а вместе с ней и шток 9 с шариковой головкой совершают возвратно-поступательное движение параллельно оси вращения обрабатываемой заготовки с числом осцилляций, равным частоте вращения вала двигателя, и длиной хода, равной двойному эксцентриситету эксцентрика 19. Винт 13 предотвращает поворот втулки 10 в направляющих вкладышах 12 в 15, установленных во втулке 14.

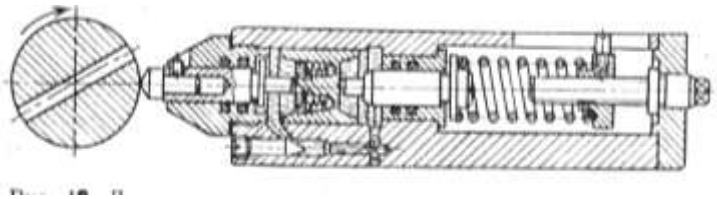


Рисунок10. Державка для обработки прерывистых поверхностей.

Величина усилия давления шара на обрабатываемую поверхность определяется степенью предварительного сжатия тарированной пружины 26 и зависит от соотношения расстояний между осью шара и осью винта 11 и наконечника 25.

Резьбовая пробка 27 служит для предварительного сжатия пружины. Окончательная установка на необходимое для на накатывания давление осуществляется дополнительным перемещением всего приспособления в направлении, перпендикулярном оси вращения заготовки. При этом шток 9 отходит от головки винта 11.

Описанное исполнение 1 приспособления применяется для вибронакатывания внутренних цилиндрических поверхностей диаметром от 50 мм и более на глубину до 125 мм; исполнение II предназначено для вибронакатывания наружных цилиндрических поверхностей. В этом случае шток 9 заменяется штоком 28. Для обработки глубоких отверстий в гильзах, трубах в других деталях применяется виброголовка более жесткой конструкции.

.

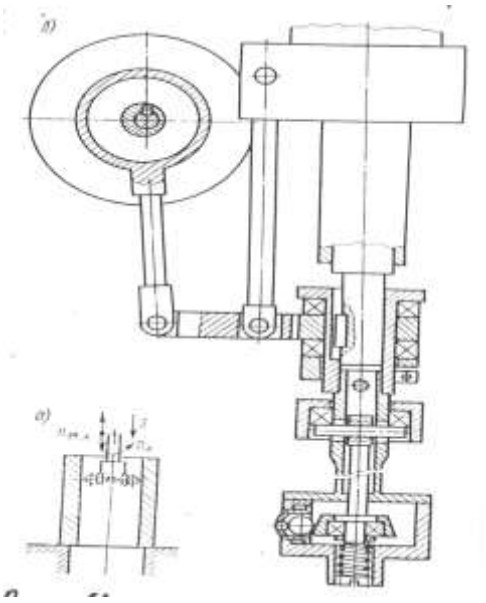


Рисунок 11. ***Схема (а) и виброголовка (б) для вибронакатывания отверстий в корпусных деталях.***

Некоторые трудности возникают при вибронакатывании отверстий в деталях типа крупногабаритных корпусов, блоков, сложной формы кронштейнов и других подобных деталей машин и приборов. Трудности связаны со сложностью или невозможностью придания вращательного движения заготовке. В этих случаях все движения, в том числе в вращательное, необходимо придавать виброголовке и производить обработку по схеме (Рисунок 11 а). Конструкция трехшариковой виброголовки к сверлильному станку А135 для обработки отверстий диаметром 100 мм в блоке цилиндров автомобильного двигателя показана на рисунке 11. Поскольку процесс вибронакатывания все шире применяется в серийном и крупносерийном производствах, в частности, при обработке гильз двигателей, штоков и гидро- и пневмоцилиндров, при вибронакатывании прерывистых поверхностей, в особенности алмазными и твердосплавными наконечниками, когда возникает опасность их разрушения, в держателях виброголовок могут закрепляться державки типа показанной на рисунке 10, в корпусе которой помимо пружины установлен гидравлический демпфер, предохраняющий наконечник от резких ударов при переходе с цилиндрических участков обрабатываемой поверхности на участки пересекающих ее пазов, отверстий, шлицов, лысок.

Основные пути решения этой за дачи: а) применение многоэлементных виброголовок; б) использование многопозиционных станков; в) применение скоростных виброголовок.

5.4. Ротационное упрочнение

Весьма эффективным способом повышения усталостной прочности, твёрдости и изностойкости восстановленных поверхностей деталей является наклёп ротационным упрочнителем (Рисунок 12).

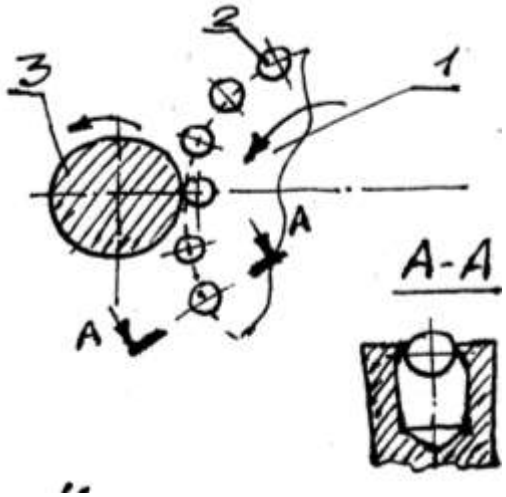


Рисунок 12. *Схема ротационного упрочнения (по тексту).*

Поверхность детали (3) подвергается ударному воздействию шариков (2), закреплённых на периферии стального диска (I), при этом шарики закреплены не подвижно, а со свободой движения (разрез А-А).

При роторном упрочнении шероховатость повышается до 9-го кл. (R_a = 0,32…0,16), глубина наклёпанного слоя может быть получена в пределах 0,3…3,0 мм, твёрдость после обработки возрастает на 30…80%, а усталостная прочность детали повышается на 50…100%.

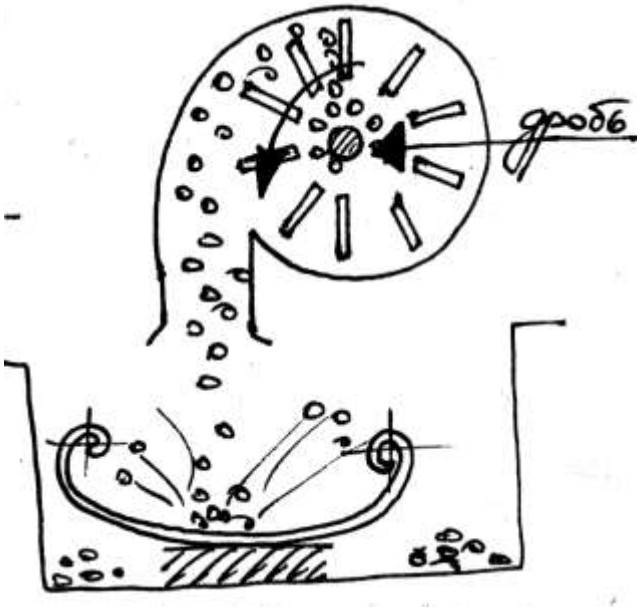
5.5. Дробеструйная обработка

При восстановлении пружин, рессор, торсионных валов с целью повышения их усталостной прочности применяют дробеструйную обработку.

В механических дробеметах (Рисунок 13) дробь выбрасывается вращающимся с большой скоростью барабаном, а в пневматических струей сжатого воздуха под давлением 0,5. . .0,6 МПа.

При обработке деталей применяют стальную или чугунную дробь диаметром 0,5. . .1,5 мм. Режим обработки рекомендуется следующий: скорость полета дроби 60... 100 м/с, время обработки 3 . .10 мин. При этом режиме наклепанный слой имеет глубину до 1 мм.

Шероховатость поверхности практически не меняется, микротвёрдость поверхностного слоя увеличивается на 30 %. Этот способ эффективен для фасонных деталей, работающих в условиях знакопеременных нагрузок. Сопротивление усталости при этом увеличивается в 1,5 раза и более.

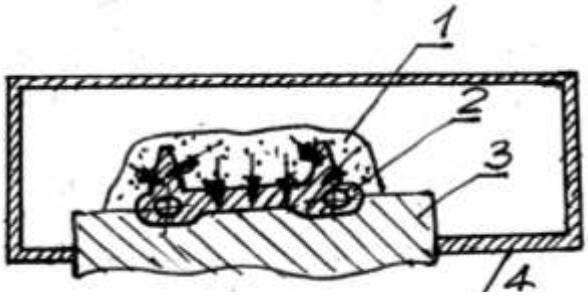


1- механический дробемёт; 2 – дробь; 3 – обрабатываемая деталь.

Рисунок 13. ***Схема дробеструйной упрочняющей обработки:***

5.6. Упрочнение взрывной волной

Основано на использовании высоких энергий, освобождаемых при детонации взрывчатых веществ (Рисунок. 14.). Скорость детонации при упрочнении составляет $7*10^3$ м/с (превышает скорость звука в ста ли на 40 %), давление на поверхности достигает $15*10^3$ МПа. Этот вид обработки значительно повышает долговечность изделий.



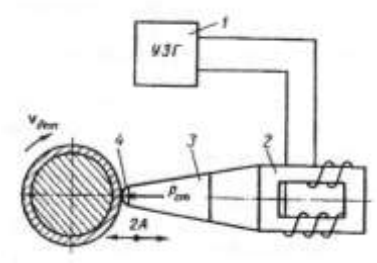
***1- взрывчатое вещество; 2 – обрабатываемая деталь; 3 – стол; 4 – высокопрочная оболочка*-камера**.

Рисунок 14. ***Схема упрочнения взрывом.***

Упрочнение взрывной волной применяют для сильно изнашивающихся деталей. Пределы текучести и прочности стали 11ОГ13Л (трак гусеничной ленты) после обработки увеличивается в 2 раза и более; микротвердость поверхности возрастает на 60.. .70 %; получаемая толщина наклепанного слоя достигает 40...50 мм, чего нельзя достичь никаким другим способом.

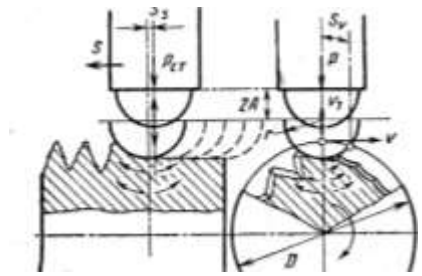
5.7. Ультразвуковая обработка

Для повышения износостойкости деталей наряду с другими методами целесообразно применять ультразвуковую упрочняюще-выглаживающую обработку, предложенную ЧИМЭСХ. Сущность процесса ультразвукового. упрочнения в том, что специальный инструмент (гладилка), вибрирующий с частотой ультразвука и определенной амплитудой смещения, создает ударное воздействие на упрочняемую поверхность и подвергает ее пластическому деформированию. К режимами обработки относятся следующие параметры: статическое усилие прижима инструмента (400…500 Н); резонансная частота колебаний инструмента (18…24 кГц); амплитуда колебаний инструмента (20...25 мкм); скорость вращения детали (О,9…1,0 м/с); продольная подача инструмента (0,I2…0,13 мм/об.). В качестве СОЖ при обработке рекомендуется применять масло индустриальное.



1 – ультразвуковой генератор; 2 – вибратор;
3 – конический концентратор; 4 – гладилка.

Рисунок 15. ***Принципиальная схема устройства для ультразвуковой упрочняющей обработки.***



P – динамическая сила; $P_{ст.}$ – статическая сила;
A – амплитуда рабочей части инструмента;
r – радиус сферы рабочей части инструмента; S – продольная подача;
S_0 - относительная подача за один период колебаний инструмента;
S_s – продольная подача за один период колебаний;
V – окружная скорость заготовки: V_1 – колебательная скорость рабочей части инструмента; D – диаметр обрабатываемой детали.

Рисунок 16. ***Схема упрочняюще-чистовой обработки ультразвуковым инструментом.***

Источниками электрической энергии ультразвуковой частоты служат ламповые генераторы (1)(Рисунок 15.) типа УЗМ-1, ВЗГ 5-1,6 или УЗМ-4. Электрическая энергии ультразвуковой частоты преобразуется в энергию механических колебаний той же частоты акустической головкой, состоящей из трех частей: вибратора (2) типа ПМС-.I,5, конического концентратора (3) и пластины (4)

из твердого сплава Т15К6. Форма пластины имеет округлую полусферическую часть, обращенную к поверхности детали.

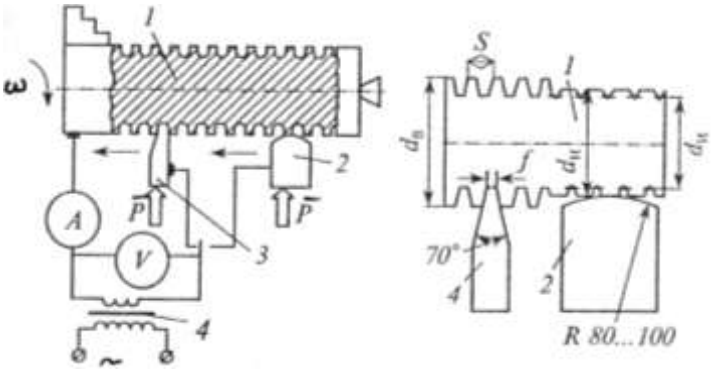
Специального припуска на данную обработку не требуется, т.к. изменение размеров детали не превышает 0,02 мм.

Сравнительные испытания на износостойкость показали, что наибольший эффект получен на деталях, наплавленных под легирующим флюсом АН-348А, шлифованных и упрочненных ультразвуковым инструментом. Их износостойкость в 7 раз ниже износостойкости образцов наплавленных и не упрочнённых, и в 4,5 раза выше износостойкости новых валов.

Ультразвуковое упрочнение в 1,5…2,0 раза повышает микротвёрдость и распределяет ее по глубине упрочнённого слоя 0,3...0,4 мм, повышает чистоту поверхности на 2 кл. и создает остаточные напряжения сжатия, а также обеспечивает большую по сравнению полированием площадь контакта поверхностей и более благоприятную форму неровностей.

5.8. Электромеханическая обработка

Предназначена для восстановления поверхностей деталей неподвижных сопряжений и состоит в искусственном нагреве металла электрическим током в зоне деформации, что способствует повышению пластических свойств металла. Схема обработки приведена на рисунке 17 (а). Процесс состоит из двух операций (Рисунок 17 б): высадки металла и сглаживание выступов до необходимого размера.



а). б).

а – схема обработки; б – схема высадки и сглаживания;
1 – деталь; 2 – сглаживающая пластина; 3 – высаживающая пластина; 4 – понижающий трансформатор.

Рисунок 17. ***Пластическое деформирование электромеханической обработкой:***

Обработку ведут на токарном станке. В резцедержатель суппорта закрепляют специальную оправку с рабочим инструментом. Деталь и инструмент подключают к вторичной обмотке понижающего трансформатора. При вращении детали к ней прижимают инструмент, который имеет продольную подачу S, которая должна быть в три раза больше контактной поверхности f пластины. Через зону контакта детали и инструмента (площадь контакта мала) пропускают ток 350…700 А напряжением 1…6 В. Деталь мгновенно нагревается до 800…900 ºС и легко деформируется инструментом. Обработка осуществляется с охлаждением, что способствует закалке поверхностного слоя.

В качестве высаживающего и сглаживающего инструмента используют пластину или ролик из твёрдого сплава (для высаживания заострённая, а для сглаживания закруглённая). При выдавливании образуются выступы, аналогичные резьбе. Диаметр детали увеличивается от $d_И$ до $d_В$. Сглаживание поверхности осуществляют до $d_Н$. Ширина сглаживающей пластинки в 3…5 раз больше подачи.

После обработки детали поверхность прерывистая, а площадь контакта с сопрягаемой деталью уменьшается. Предельное уменьшение площади контакта допускается 20%. Увеличение диаметра незакаленных деталей возможно на 0,4 мм, а закаленных – на 0,2 мм.

6. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Используя необходимое оборудование и инструмент произвести виброупрочнение поверхности детали (по заданию преподавателя).

На суппорт токарно-винторезного станка вместо резцедержателя установить устройство для виброупрочнения. Пробным включением двигателя устройства в сеть 380 В убедиться в надёжности крепления и работоспособности.

В патроне станка закрепить деталь, требующую упрочнения, отцентровать, при необходимости подвести вращающийся центр задней бабки.

Включить вращение детали с n = 9…13 мин$^{-1}$ и привод виброупрочнителя. Подвести рабочий инструмент к поверхности детали до появления характерных ударов и провести обработку на участке 25.. .30 мм, используя подачу суппорта S = 0,056. . .0,080 мм/об. По окончании обработки отвести рабочий инструмент от поверхности детали, отключить виброупрочнитель от сети, остановить вращение детали и снять ее со станка.

На необработанном и обработанном участках детали провести измерения: а) твердости б) размеров; в) шероховатости и волнистости.

С помощью проборов ТК-14-250 и ТПП-2 измерить твердость на поверхности детали, сделав 10…15 уколов индикатором по схеме (Рисунок 18).

Результаты замеров представить в таблице 1.

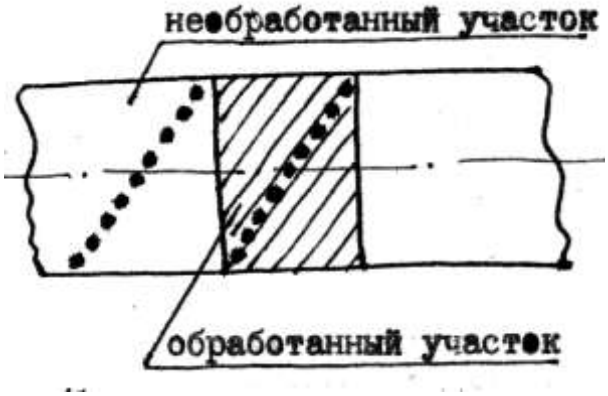
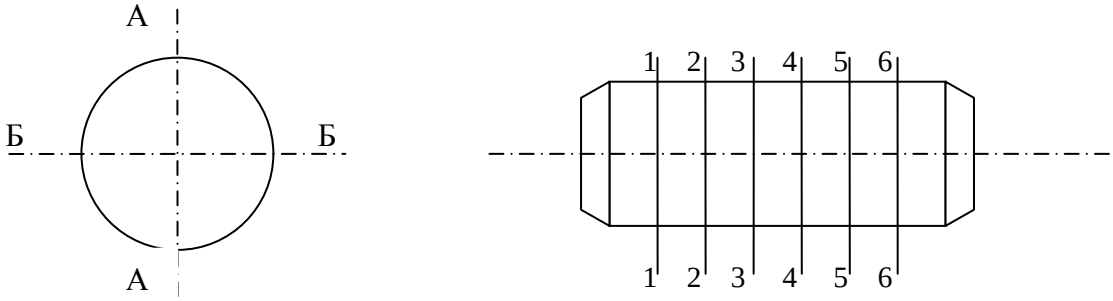


Рисунок 18. ***Схема расположения уколов при замерах твёрдости.***

Таблица 1.- Твёрдость поверхности детали

Состояние поверхности детали	Твёрдость, HRC, HУ по номеру укола											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Без упрочнения												
После упрочнения												

Целью микрометража является определение изменения размеров детали вследствие поверхностной деформации и установление величины припуска на ППД после шлифования или обработки резцом.



а). б).

а). по плоскостям; б). по сечениям.

Рисунок 19.- Схема определения размеров детали.

Используя микрометр необходимого типоразмера, определить диаметр детали в различных плоскостях и сечениях согласно схемы (Рисунок 19). Замеры сделать как обработанного, так и необработанного участков. Результаты замеров представить в таблице 2.

Таблица 2.- Результаты микрометража детали

Состояние поверхности детали	Плоскость контроля	Диаметр детали, мм по сечениям						Среднее значение диаметра, мм
		1 - 1	2 - 2	3 - 3	4 - 4	5 - 5	6 - 6	
До упрочнения	А – А							
	Б - Б							
После упрочнения	А – А							
	Б - Б							

Для определения шероховатости и волнистости поверхности детали до и после обработки воспользоваться методом профилографирования. При помощи приборов М252, М283 определить изменение состояния поверхности, взяв для сравнения средние значения либо по шкале R_Z, либо по шкале R_a. В случае графической регистрации результатов кроме числовой оценки сравнить и проанализировать полученные кривые профилограмм.

По результатам замеров твёрдости провести статистическую обработку в следующем порядке.

1. Среднее значение параметра при n < 25 рассчитывается по формуле:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^{n} X_i}{n},$$

где X_i – опытное значение твёрдости;

n – число замеров твёрдости.

2. Определить величину дисперсии параметра: $\sigma^2 = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^{n} \left(X_i - \overline{X}\right)^2$
3. Найти среднеквадратическое отклонение по формуле: $\sigma = \sqrt{\sigma^2}$
4. Проверить опытную информацию на выпадающие точки по правилу 3-х сигма: $ОДТ = \overline{X} \pm 3 \cdot \sigma$
5. Рассчитать коэффициент вариации: $\nu = \frac{\sigma}{\bar{x}}$
6. по величине коэффициента вариации выбрать близкий теоретический закон распределения параметра, а именно:

- в случае $\nu < 0{,}30$ отдают предпочтение закону нормального распределения (ЗНР);

- в случае $\nu > 0{,}50$ - закон распределения Вейбулла (ЗРВ);

- в случае промежуточного значения необходим большой объём информации и графическое построение: гистограмм, полигона, дифференциальной и интегральной кривых.

Результаты статистической обработки представить в таблице 3.

Таблица 3.- Результаты статистической обработки.

Состояние поверхности детали	X	σ^2	σ	ν	Закон распределения
До упрочнения					
После упрочнения					

7. ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ

1. Проверить наличие заземления станка.
2. Не опираться на вращающие части станка.
3. Тщательно застегнуть пуговицы халата, не допускать свисающих концов рукавов.
4. Объявлять окружающим момент включения станка и установки в целом.

8. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. К изменению (улучшению) каких свойств деталей проводят способы ППД?
2. Преимущества и недостатки конкретных методов ППД?
3. Какие из перечисленных методов ППД могут быть использованы в ремонтных мастерских?

9. ЛИТЕРАТУРА

1. Воловик Е.Л. Справочник по восстановлению деталей. – М.: Колос, 1981. - 351с.
2. Технология ремонта машин и оборудования / Под ред. И.С.Левитского.– М.: Колос, 1975.- 560 с.
3. Молодык Н.В., Зенкин А.С. Восстановление деталей машин. Справочник.-М.: Машиностроение, 1989. – 480 с.
4. Башков Г.П. Выглаживание восстановленных деталей. – М.: Машиностроение, 1979.- 80 с.
5. Восстановление и упрочнение деталей оборудования перерабатывающих отраслей АПК: Обзорная информация. – М.: 1989. – 14 с.