

## **ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ МЕТАЛЛИЗАЦИЕЙ**

### ***Цель работы***

1. Углублённое изучение научно-теоретических основ предметов "Надёжность и ремонт машин" и "Технология ремонта машин".
2. Овладение современными методами восстановления деталей на примере электродуговой металлизации.
3. Получение практических навыков восстановления деталей указанным способом.

### ***Задание***

1. Ознакомится с мерами безопасности при выполнении работ по металлизации деталей.
2. Ознакомиться с сущностью процесса металлизации, а также областью применения, строением и свойствами металлизированных покрытий.
3. Ознакомиться с технологией восстановления деталей методом электродуговой металлизации.
4. Произвести восстановление детали указанным в п.3. методом по выбранной технологии.
5. Составить отчёт о работе.

### ***Оборудование, инструменты, приспособления:***

1. Токарный станок 1М63.
2. Установка для металлизации ЭМП-1.
3. Источник питания ВДУ-506УЗ.
4. Шлифовальный станок 3А423.
5. Восстанавливаемая деталь.

### ***Сущность процесса металлизации.***

Расплавленный металл распыляется струей инертного газа или воздуха на частицы размером от 3 до 300 мкм и со скоростью 100...300 м/с наносится на специально подготовленную поверхность. Соединение с основным металлом детали происходит за счет механических и частично молекулярных связей. Нанесенное покрытие представляет собой пористый, хрупкий слой металла сравнительно высокой твердости и низкой механической прочности. Слой хорошо пропитывается смазочным материалом и в условиях небольших нагрузок имеет высокую износостойкость. Но при больших удельных нагрузках на сдвиг и сжатие (зубья шестерен, шлицы, кулачки распр. валов, шпоночные канавки, резьбы и т. п.), а также в условиях полного отсутствия смазочного материала (поверхности сцепления, тормозные барабаны и т. п.) металлизационное покрытие быстро разрушается

(выкрашивается). Поэтому восстанавливать такие детали металлизацией нельзя.

В зависимости от способа расплавления наносимого материала металлизацию называют электрической (расплавление электрической дугой или Т.Б.Ч.), газопламенной (расплавление газовым пламенем) и плазменной (расплавленной плазменной струей). Аппараты, с помощью которых расплавляют и наносят металл, называются металлизаторами.

По способу расплавления металла электрическую металлизацию делят на *дуговую* и *высокочастотную*. Последняя не получила применения из-за высокой стоимости и громоздкости оборудования.

Электродуговая металлизация находит в последнее время все большее применение на ремонтных предприятиях. Схема ее показана на рис. 1. Две изолированные одна от другой проволоки *1* подаются с одинаковой скоростью специальным механизмом *2*. При выходе из наконечников *3* между проволоками зажигается электрическая дуга. Газ, подаваемый под давлением по каналу *4* в зону дуги *5*, расплавляет металл и напыляет его на деталь *6*.

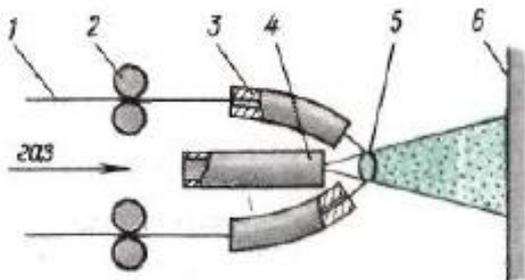


Рисунок 1 – Схема электродуговой металлизации: *1* — электродная проволока; *2* — механизм подачи проволоки; *3* — наконечник; *4* — канал для газа; *5* — электрическая дуга; *6* — деталь.

Промышленностью выпускаются стационарные универсальные аппараты ЭМ-12М и ЭМ-15, работающие от сварочных преобразователей ПСМ-1000 или выпрямителей ВД-1601. Поставляют также комплекты КДМ-2 и ручной дуговой аппарат ЭМ-14М.

Механизм подачи проволоки приводится в действие от электродвигателя (ЛК-6А, ЭМ-6, МЭС-1, ЭМ-12, ЭМП-1) или от воздушной турбинки (ЛК-У, ЭМ-У, ЭМ-3, ЭМ-9, ЭМ-14). Источником питания служит сварочный генератор или выпрямитель, подающий ток до 200А при напряжении 17- 40В. Сжатый газ нагнетается компрессором производительностью 2-3 кубометра в минуту в ресивер ёмкостью не менее 2 кубометров, затем очищается в маслолагоотделителе и поступает через редуктор к металлизатору. Производительность металлизатора составляет от 2 до 25 кг/ч.

### ***Области применения металлизации***

Металлизация применяется в различных областях:

*1. Нанесение покрытий с целью защиты от коррозии.*

Покрывая мостовые фермы, мачты, бензоёмкости, закладные детали в бетон цинком, алюминием, кадмием, тем самым защищает их от атмосферной коррозии, действия воды, дымовых газов и т.д.

*2. Исправление дефектного литья.*

Применяется для создания непроницаемых пористых стенок, изделий чугунного и цветного литья, устранения течи, заделки литейных и кавитационных раковин.

### 3. Антифрикционные покрытия.

Находят применение в связи с возможностью применения биметаллической проволоки получать безоловянистые псевдосплавы с высокими антифрикционными свойствами (близкими по свойствам к баббитам марок БН, БТ, Б16, сплавы ЦАМ 10-5 и др.).

### 4. Декоративные и другие виды покрытий.

### 5. Восстановление изношенных деталей.

Применяется в ремонтных целях для наращивания наружных поверхностей тел вращения (валов, шеек, осей, шпинделей), плоских поверхностей, а также поверхностей под прессовую посадку (гнезда под подшипники, втулки и т.д.).

## **Строение и свойства покрытий**

Процесс распыления сопровождается изменениями структуры металла, его физических свойств и химического состава, вызываемого выгоранием отдельных элементов (угар составляет: углерода (С) 25-35%, кремния (Si) 25-45%, марганца (Mn) 35-38%, серы (S) 25-26%).

Образуемый при металлизации слой состоит из сцепленных между собой частиц металла, каждая из которых покрыта окисной плёнкой.

Вследствие такого строения металлизационные покрытия отличаются пористостью (пор до 15%), и несколько меньшим (8-15%), по сравнению с основным металлом, удельным весом (6,3-6,7 г/см<sup>3</sup> против 7,7-7,9 г/см<sup>3</sup>).

Процесс осаждения металлических частиц на поверхность детали и прочность сцепления их с основным металлом и друг с другом многими исследователями объясняется как *механическая связь* (развитая поверхность детали, полученная нарезанием канавок, рваной резьбы, анодно-механической, пескоструйной и др. видами обработок обеспечивает более высокую прочность сцепления), *явление смачивания* (благодаря малому времени полёта — до 0,003 с. — частицы попадают на деталь в большинстве своём в жидком, расплавленном состоянии), а также *молекулярной связью* (при ударе частиц о поверхность детали твёрдые окисные плёнки растрескиваются, обнажая чистые "ювенильные" поверхности частиц основного металла, при сближении последних и возникают молекулярные связи).

Металлизационные покрытия непластичны, хрупки, но хорошо сопротивляются сжатию (напряжение сжатию составляет 480-564 МН/м<sup>2</sup>). Вследствие происходящей в процессе распыления воздушной заковки частиц и наличия в металлизационном слое окислов твёрдость покрытия обычно на 20-40% выше, чем твёрдость исходного материала.

С увеличением в проволоке содержания углерода твёрдость покрытия возрастает, как это видно из следующих данных [2].

Содержание углерода %,	0,1	0,4	0,8
------------------------	-----	-----	-----

Твёрдость НВ	180 - 200	230 - 250	300 - 350
--------------	-----------	-----------	-----------

Благодаря повышенной твёрдости и способности металлизированного слоя впитывать в себя смазку (до 15-18% по объёму) износоустойчивость металлизационных покрытий значительно превышает износоустойчивость обычных металлов.

В условиях сухого трения металлизированные покрытия работают неудовлетворительно.

Электропроводность покрытия в 13-20 раз ниже, чем стали.

### 3. Технология восстановления деталей

Технология восстановления изношенных деталей методом электродуговой металлизации заключается в подготовке поверхности, нанесении металлического покрытия, обработки покрытия.

#### 3.1. Подготовка поверхности.

Заключается в следующем:

3.1.1. Очистка от жировых и других загрязнений.

3.1.2. Снятие с поверхности металлических изделий окисной плёнки.

3.1.3. Создание шероховатости для обеспечения сцепления со слоем покрытия.

3.1.4. Очистка от жировых и других загрязнений заключается в обтирке и промывки в моющих составах, растворителях и т.д.

Поверхность детали из пористого металла обезжиривают нагревом. Например, чугунные детали нагревают до температуры 200...250°C и выдерживают до полного удаления смазки в течение 2...8 ч.

Снятие с поверхности металлических изделий окисной плёнки и создание шероховатости для обеспечения сцепляемости со слоем покрытия заключается в различных видах обработки: грубым шлифованием, песко-дробеструйной обработкой, нанесением насечки, нарезкой рваной резьбы, проточкой заплечиков, а также нанесением подслоя из молибдена, алюминицикала и т.д.

Подготовку поверхности типа "вал" обычно выполняют на токарном станке резцом с углом при вершине 60°, смещённым ниже центра на 5-10 мм при вылете 0-60 мм. Частота вращения до 60 мин<sup>-1</sup> (для деталей диаметром до 50 мм), подача 1,25 мм/об, глубина нарезания 0,8 мм.

Иногда производят прикатку вершин при помощи электромеханической обработки. Подготовленную таким образом поверхность следует металлизировать не позднее 2 часов после окончания подготовки.

Лучший способ для подготовки поверхности детали любой твердости — обдувка крошкой из оксида алюминия или стальной крошкой с размерами зерен 0,8... 1,2 мм и нанесение промежуточного слоя (подложки) из смеси никеля с алюминием. При нанесении этой смеси способом металлизации между никелем и алюминием происходит экзотермическая реакция, и протекает она довольно медленно. В момент удара наносимых частиц о поверхность детали их температура достигает 1450°C.

В результате слой, состоит из никеля, алюминия и их оксидов, прочно приваривается к поверхности и образует шероховатость, которая создает условия для надежного сцепления последующего металлизационного слоя с поверхностью. Смесь никеля с алюминием применяют в виде порошка и порошковой проволоки, оболочка которой выполнена из никеля, а в качестве наполнителя используется алюминиевый порошок, или наоборот.

### 3.2. Выбор режимов нанесения металлического покрытия.

Выбор работы металлизатора устанавливается в зависимости от источника электрического питания, применяемого материала, диаметра проволоки, давления сжатого воздуха и т.д. Напряжение на дуге устанавливается в зависимости от требований, предъявляемых к покрытию [5] (см. табл. 1).

Таблица 1 — Напряжение на дуге в зависимости от материала покрытия

Материал проволоки	Интервал напряжений, В
Цинк	17-32
Алюминий	23-30 и 40
Сталь	25-30
Медь	25-35
Молибден	27-35

Чем выше содержание углерода в проволоке, тем выше износостойкость и твёрдость покрытия. Наиболее оптимальным является, когда в проволоке углерода содержится 0,7%, что экспериментально доказано (см. рис.2).

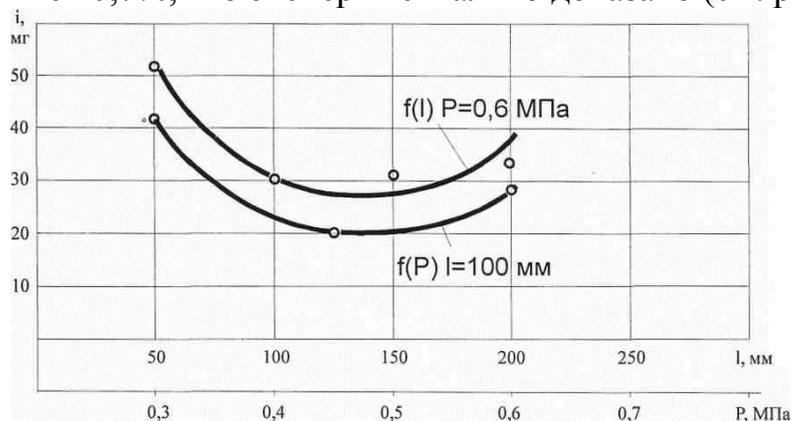


Рисунок 2 – Влияние расстояния напыления ( $l$ ) и давления ( $P$ ) на износ ( $i$ ) металлизационного покрытия из стали 45.

При выборе электродной проволоки необходимо учитывать выгорание углерода и других элементов (см. рис. 3).

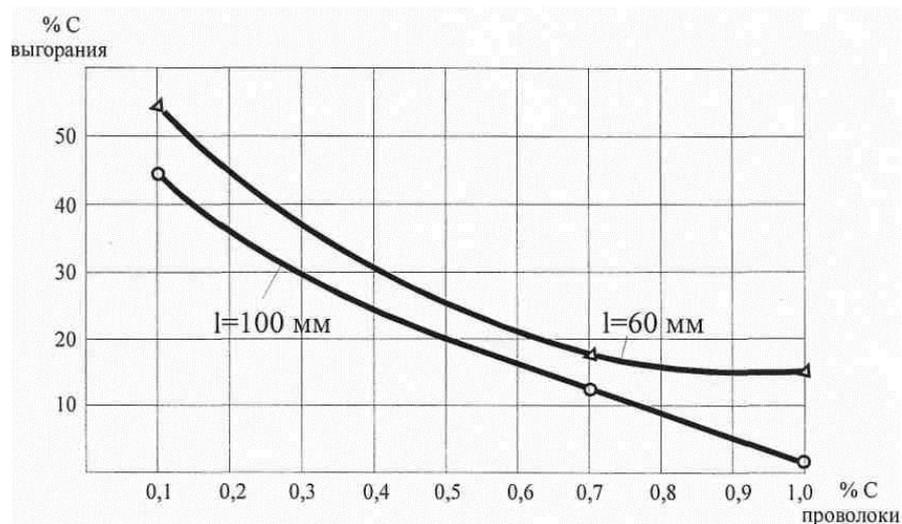


Рисунок 3 – Выгорание углерода в покрытии в зависимости от содержания его в

проволоке.  $l$  — расстояние напыления.

Таким образом, наиболее оптимальные результаты получаются при напылении сталью с содержанием углерода 0.7-0.8%, расстоянии напыления  $l=100$  мм, давлении дутьевой струи 0,6 МПа, напряжении 30 В.

#### 4. Восстановление стальной детали типа "вал" электродуговой металлизацией.

4.1. Ознакомится с устройством, органами управления станка 1М61 (см. рис. 4).

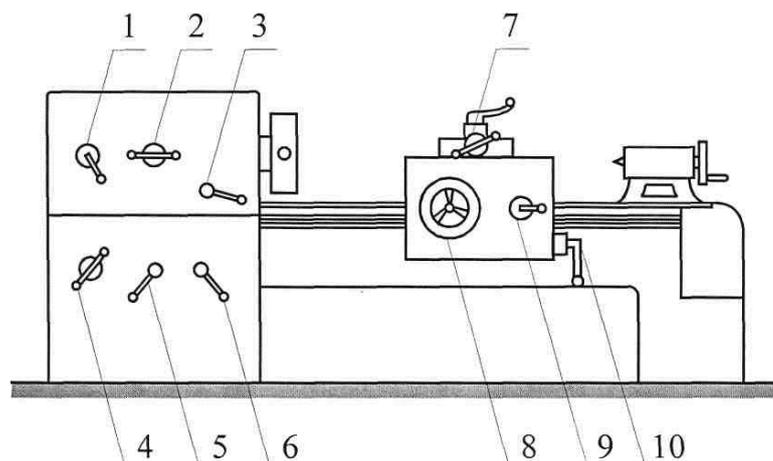


Рисунок 4 – Органы управления станка 1М61. 1 - рукоятка установки нормального или увеличенного шага резьбы и реверсирования вращения ходового винта; 2- рукоятка установки числа оборотов шпинделя; 3 - рукоятка установки чисел оборотов (перебор); 4 - установка величины подачи; 5 - установка шага резьбы; 6 - включение ходового винта или ходового вала; 7 - маховичок поперечного перемещения суппорта; 8 - маховичок продольного перемещения суппорта; 9 - рукоятка включения маточной гайки; 10 - включение прямого или обратного вращения шпинделя.

**4.2. Устройство и техническая характеристика установки ЭМП-1**  
(установка электродугового металлатора с узким факелом распыления и порошковым питателем).

4.2.1. Общее устройство установки ЭМП-1 представлено на рисунке 5.

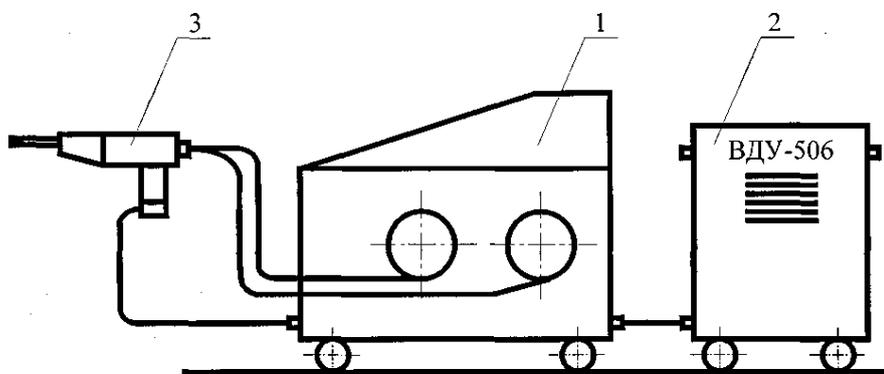


Рисунок 5 – Установка ЭМП-1. 1 - шкаф управления; 2 - выпрямитель ВДУ-506; 3 – пистолет - металлатор.

Она состоит из следующих составных частей (см. рис.5): шкафа управления 1 (на каркасе которого смонтированы пульт управления, две кассеты с проволокой, порошковый питатель, фильтр - влагоотделитель, реле давления, дроссель, вентили и др.), выпрямителя сварочного тока 2, пистолета металлатора 3, смонтированного на токарном станке. Все части соединены между собой проводами управления и кабелями

4.2.2. Краткая техническая характеристика ЭМП-1

а) Тип	стационарный
б) Номинальная производительность по распылённому металлу, кг/ч	до 20
в) Диаметр применяемой проволоки, мм	1,6-2,5
г) Коэффициент использования металла	не менее 0,7
д) Угол факела распыла, град.	15-25
е) Рабочее давление сжатого воздуха, МПа	0,5-0,6
ж) Расход сжатого воздуха, м <sup>3</sup> /мин	1,8
з) Рабочий ток дуги, А	не более 400
и) Мощность дуги, кВт	16
к) Уровень шума на рабочем месте, Дб	91
л) Удельное электропотребление по напылённому металлу, кВт-ч/кг	0,91
м) Масса, кг:	
- установки	146
- металлатора	8,1

4.2.3. Пульт управления ЭМП-1.

Пульт управления смонтирован на передней наклонной стенке шкафа управления. Он имеет вид (см. рис.6)

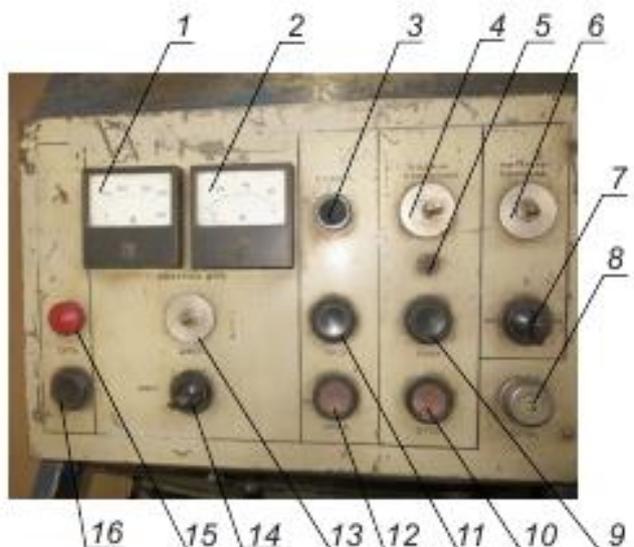


Рисунок 6 – Пульт управления ЭМП-1: 1 – амперметр; 2 – вольтметр; 3 - контрольная лампа "Падение давления воздуха ниже нормы"; 4 - резистор регулирования подачи проволоки; 5 - кнопка пробного включения эл. двигателя металлизатора без сварки; 6 - резистор регулирования частоты колебания механизма порошкового питателя; 7 - включение в рабочий режим порошкового питателя; 8 - кнопка отключения работы металлизатора; 9 и 10 - кнопки пуска и остановка подачи проволоки; 11 и 12 - кнопки включения и отключения сжатого воздуха; 13 - резистор регулирования; 14 - переключатель режима работы (местный или дистанционный); 15 - лампа "Питание в схему подано"; 16 - кнопка включения питания сети.

Пистолет - металлизатор установки ЭМП-1 (см. рис. 7) состоит из корпуса 3 и тиристорного привода 10. Корпус служит для размещения всех составных частей металлизатора. Внутри корпуса находится червячная пара 9 привода. Ролики 4 и 12 служат для подачи проволоки, причём коническим роликом 4 можно изменять скорость подачи проволочной проволоки вращением гайки 14, что даёт возможность осуществлять подачи анодной и катодной проволок с различными скоростями. Кроме этого, дополнительно изменить скорость подачи проволоки можно заменой сменной шестерни 15, которая находится в корпусе с левой стороны металлизатора.

Изменение частоты вращения левого ролика (если смотреть сверху), посаженного на один вал с червячным колесом 9 осуществляется регулированием числа оборотов тиристорного привода резистором 4 пульта управления (см. рис. 6). От осей ролики изолированы диэлектрическими втулками.

#### 4.2.4. Пистолет - металлаторустановки ЭМП-1

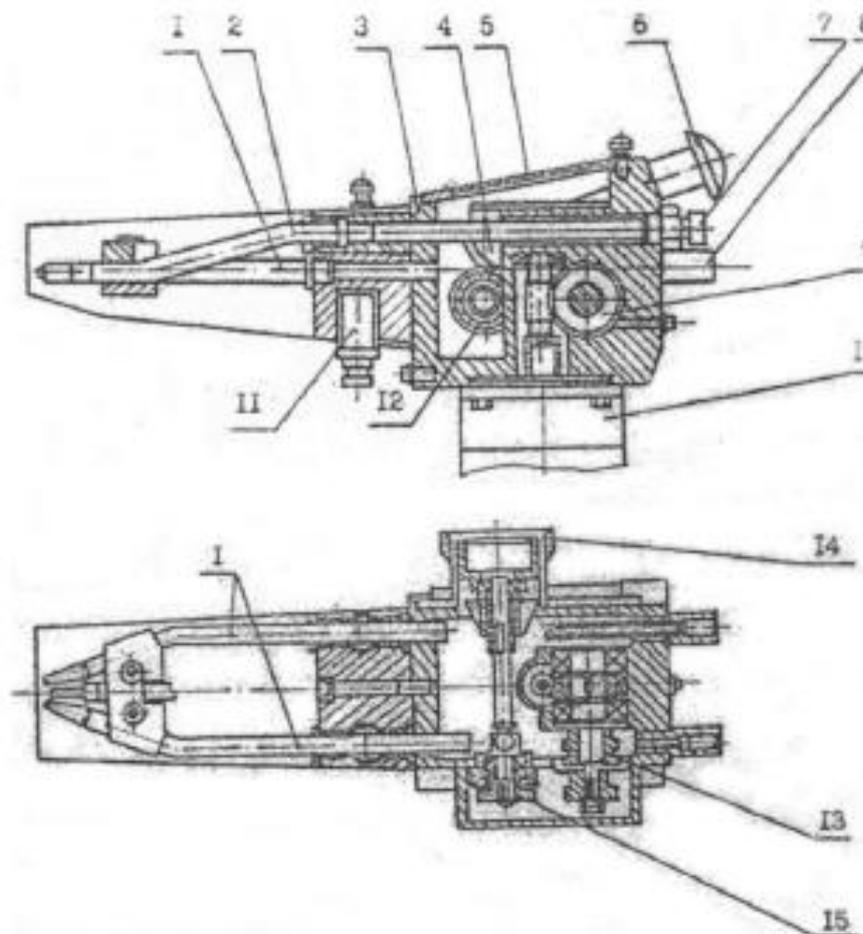


Рисунок 7 – Пистолет - металлатор установки ЭМП -1: 1 - направляющие для проволоки; 2 - воздухопровод; 3 - корпус; 4 - ролик; 5 - верхняя крышка; 6 - кнопки прижатия роликов вверх; 7 - ниппель подвода воздуха; 8 - штуцер; 9 - червячная пара привода; 10 - тиристорный привод; 11.- контактный болт; 12 - конический ролик; 13 - верхний ролик; 14 - гайка изменения подачи проволоки; 15 - шестерня.

Чтобы проволока не проскальзывала на нижних ведущих роликах, силу прижатия верхних роликов осуществляют вращением маховичков 6.

Штуцеры 8 выполнены из диэлектрика и служат соединительной частью с накидными гайками направляющих для проволоки. Направляющие 1 через электроизоляционные втулки установлены в корпусе металлатора.

Верхняя откидная крышка 5 служит для свободного доступа к элементам металлатора при заправке проволоки и обслуживании. Она фиксируется винтом.

Воздухопровод 2 представляет собой трубку с припайным на конце соплом, по которому в зону дуги подводится воздух или воздух с порошком. Ниппель 7 служит для подключения к воздушной магистрали.

Внешний вид пистолета – металлатора представлен на рисунке 8.



Рисунок 8 – Пистолет - металлатор.  
Рисунок 8 – Пистолет – металлатор

#### 4.2.5. Порядок выполнения работы.

1. Подготовить деталь для восстановления.
2. Зажать деталь в патроне токарного станка.
3. Установить расстояние металлизации.
4. Проверить наличие проволоки на кассетах шкафа управления (если нет — зарядить на кассеты и в металлатор, откинув его верхнюю крышку, до выхода проволок из наконечника).
5. Включить автоматический выключатель, расположенный на задней панели шкафа управления.
6. Произвести пробное включение привода подачи проволоки нажатием кнопки 5 (см. рис. 6) на панели пульта управления и вращением маховичков 6 отрегулировать необходимую силу прижатия верхних роликов металлатора.
7. Установить переключатель 14 в положение "МЕСТ", а переключатель 7 в положение "О" (рис. 6).
8. Установить резистором 4 (рис. 6) необходимую скорость подачи электродной проволоки, а гайкой 14 (рис. 7) равномерность подачи одной проволоки относительно другой.
9. Включить общую сеть кнопкой 15 (рис. 6), при этом загорится контрольная лампа 16.
10. Включить автоматический выключатель ВДУ-506 (на задней панели его) — на электроды подаётся питание.
11. Включить вращение детали и продольную подачу каретки токарного станка.
12. Нажать кнопку 11 "ПУСК" — подаётся сжатый воздух.
13. Нажать кнопку 9 "ПУСК" (рис. 6) — включается привод подачи проволоки.

14. Произвести восстановление детали.
15. Отключить установку в обратном порядке.
16. Нажать кнопку 8 красного цвета (рис. 6).
17. Снять деталь, когда она остынет и произвести необходимую механическую и термическую обработки.