



**ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ  
СПОСОБАМИ МЕТАЛЛИЗАЦИИ И  
ТЕРМИЧЕСКИМ НАПЫЛЕНИЕМ**



**ДЕМОНСТРАЦИОННЫЕ  
СЛАЙДЫ**

---

# ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ СПОСОБАМИ МЕТАЛЛИЗАЦИИ И ТЕРМИЧЕСКИМ НАПЫЛЕНИЕМ

## План:

- Основные термины и определения.
- Классификация способов восстановления деталей способами металлизации и термическим напылением.
- Электродуговое напыление (металлизация).
- Газопламенное напыление.
- Плазменное напыление.
- Детонационное напыление.

**1. Ремонт машин /Под.ред.Тельнова Н.Ф. - М.: Агропромиздат, 1992 г.**

**2. Саньков В.М. Эксплуатация и ремонт мелиоративных и строительных машин. М.:Агропромиздат, 1986 г.**

**3. Yo`ldoshev Sh.U. Mashinalar ishonchliligi va ta`mirlash asoslari. - Toshkent: O`zbekiston, 2006 y. - 650 b.**

**4. Технология ремонта машин. Под ред. проф.А.А.Пучина. - М.:КолосС, 2007.-488 с.:ил.**

**5. Надежность и ремонт машин. Под ред. проф.В.В.Курчаткина. М.: Колос, 2000 г. - 776 с.**

**6. Усков В.П. Справочник по ремонту базовых деталей двигателей. - Брянск. 1998 й. - 589 б.**

---

## ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

**Газотермическое напыление** в соответствии с ГОСТ 28076—80 определено как процесс получения покрытий с применением высокотемпературной газовой струи, используемой для напыления частиц расплавленного металла на поверхность восстанавливаемой детали, соединение с которой осуществляется путем металлургического взаимодействия и механического сцепления.

**Для расплавления металла** используют газовое пламя, дуговой разряд, плазменную струю, детонационную волну, что послужило основой названия способов напыления — **газопламенное, электродуговое, плазменное и детонационное.**

---

# КЛАССИФИКАЦИЯ СПОСОБОВ

## 7. Газотермическая металлизация

Электродуговая

Газопламенная

Плазменная

Детонационная

Высокочастотная

Электроимпульсная

Ионно-плазменная

**Газотермическое напыление** в соответствии с ГОСТ 28076—80 определено как процесс получения покрытий с применением высокотемпературной газовой струи, используемой для напыления частиц расплавленного металла на поверхность восстанавливаемой детали, соединение с которой осуществляется путем металлургического взаимодействия и механического сцепления.

**Электродуговое напыление (металлизация).** Это процесс, при котором металл, чаще всего в виде двух электродных проволок, расплавляется электрической дугой и затем струей сжатого воздуха наносится на предварительно подготовленную поверхность изношенной детали.

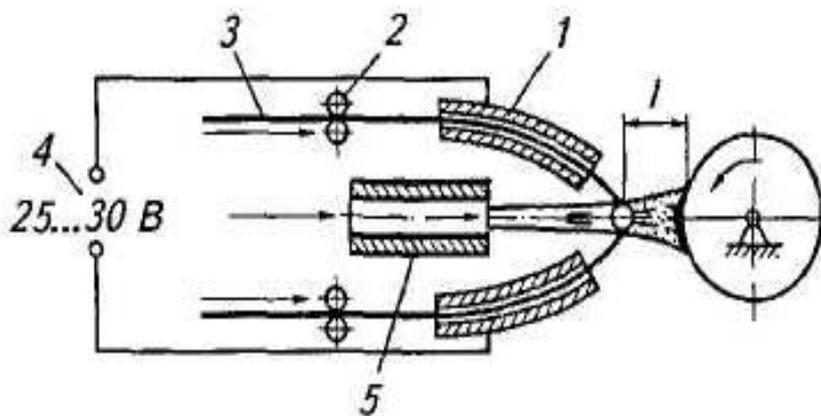
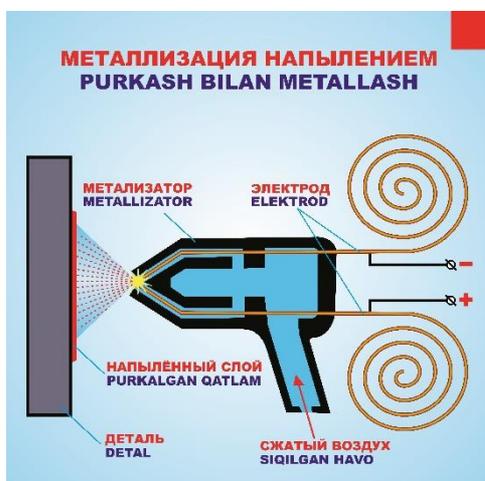
**Газопламенное напыление.** При данном способе напыляемый материал в виде порошка или проволоки плавится в высокотемпературном источнике тепла, образующегося в результате горения смеси кислорода и горючих газов, и струей транспортирующей газа наносится на предварительно подготовленную поверхности.

**Плазменное напыление.** Плазма — это высокотемпературный, сильно ионизированный газ. Ионизация — процесс превращения (электронейтральных атомов и молекул в электрически заряженные частицы — ионы.

**Детонационное напыление.** Это процесс нанесения покрытия на поверхность изношенных деталей с использованием энергии, выделяющейся при мгновенном сгорании взрывчатой смеси. Осуществляют его на специальных установках (пушках).

## ЭЛЕКТРОДУГОВОЕ НАПЫЛЕНИЕ (МЕТАЛЛИЗАЦИЯ)

Это процесс, при котором металл, чаще всего в виде двух электродных проволок, расплавляется электрической дугой и затем струей сжатого воздуха наносится на предварительно подготовленную поверхность изношенной детали. Процесс электродугового напыления осуществляют с помощью специального аппарата — металлизатора, основными конструктивными элементами которого являются источник тока, соединенный с направляющими — латунными наконечниками, ролики для подачи электродной проволоки, устройство для подвода сжатого воздуха — сопло.



1 — латунные наконечники (направляющие); 2 — ролики для подачи проволоки; 3 — электродная проволока; 4 — источник тока; 5 — воздушное сопло;  $l$  — расстояние от восстанавливаемой поверхности до электрической дуги

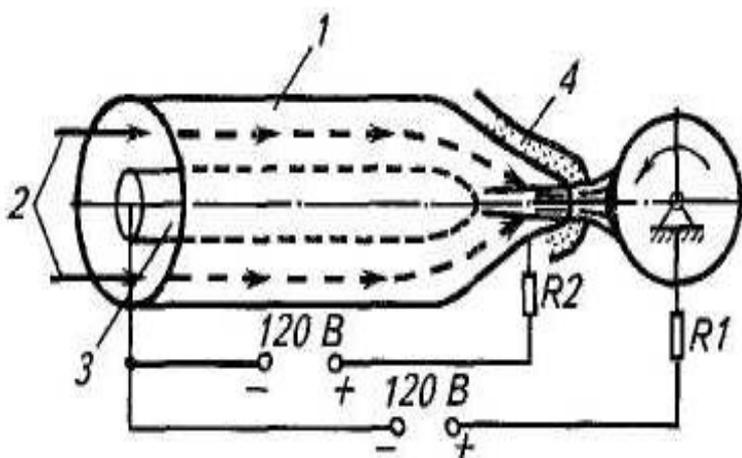
Покрyтия получают с помощью переносных металлизаторов ЭМ-14М, стационарных (станочных) ЭМ-12М, ЭМ-15 и высокочастотных МВЧ-1 и МВЧ-2, а также комплектов оборудования КДМ-1 и КДМ-2.

При восстановлении поверхностей деталей неподвижных соединений применяют малоуглеродистую проволоку из стали 08, 10, 15, 20. Для получения износостойких покрытий на деталях, работающих в подвижных соединениях, используют проволоку из высокоуглеродистых (У7, У7А, У8, У10) и легированных (ШХ15 и др.) сталей.



## ПЛАЗМЕННОЕ НАПЫЛЕНИЕ

Электроны от электронейтрального атома отрываются с затратой большого количества энергии. При плазменном напылении это тепловая энергия, выделяющаяся при горении электрической дуги, размещенной в узком канале специального устройства — плазмотрона. Электрическая дуга обдувается соосным потоком инертного плазмообразующего газа, сжимается, и ее температура повышается до 10000...30000 С. Металлические порошки, в том числе тугоплавкие, попадая в плазменную струю, расплавляются. Частицы расплавленного металла приобретают скорость 50...200 м/с и осаждаются на поверхности вращающейся детали, температура поверхности которой при этом не превышает 150 С.



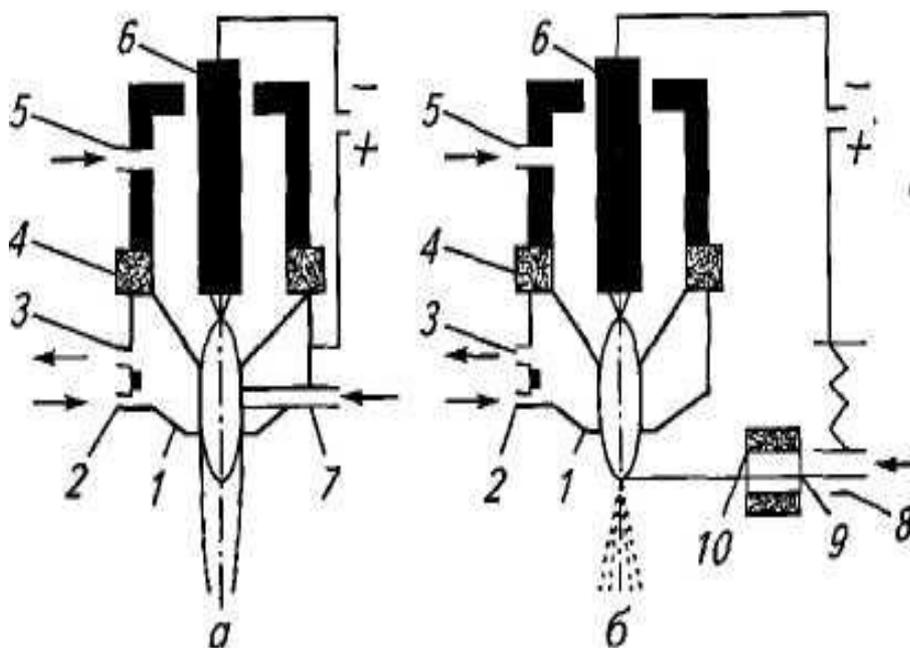
- 1— бутылкообразный анод (медное водоохлаждаемое сопло);
- 2— плазмообразующий газ;
- 3 — вольфрамовый катод;
- 4 — транспортирующий газ;
- R1 и R2 — сопротивления

Выбор режима плазмообразования, а также плазмообразующего и транспортирующего газов зависит от вида напыляемого материала (порошок, проволока) и назначения покрытия. Наиболее часто в качестве плазмообразующих и транспортирующих газов используют азот, аргон, гелий и водород. Давление газов 0,4...0,6 МПа. Расход плазмообразующего газа 3,5...4,5 л/мин, транспортирующего — 5,5...6,0 л/мин.

## ПЛАЗМЕННОЕ НАПЫЛЕНИЕ

В качестве напыляемого материала используют, как правило, порошковые композиции на основе никеля и титана, позволяющие получать твердость поверхности восстанавливаемой детали от 35 до 50 HRC (ПН85Ю15; ПН70Ю30; ПН55Т45 и др.), коррозионностойкие (ПР-Х18НД; ПР-Х20Н80 и др.), а также самофлюсующиеся порошки (хромборникелевые) — ПР-Н80Х13С2Р; ПР-Н70Х17С4Р4; ПГ-ХН80СР4 и др. Бор, содержащийся в данных материалах, снижает температуру плавления хрома, никеля и железа и в сочетании с кремнием образует борсиликатное стекло, играющее роль флюса при плазменном напылении.

### СХЕМА ПЛАЗМАТРОНА



**а – при использовании порошков;**

**б – при использовании электродных проволок;**

1 — сопло (анод); 2 и 3 — подача охлаждающей жидкости; 4 — изоляционное кольцо; 5 — подача плазмообразующего газа; 6 — вольфрамовый электрод (катод); 7 — подача порошка; 8 — контактное устройство для электродной проволоки; 9 — электрод проволока (анод); 10 — направляющая трубка

## ДЕТОНАЦИОННОЕ НАПЫЛЕНИЕ

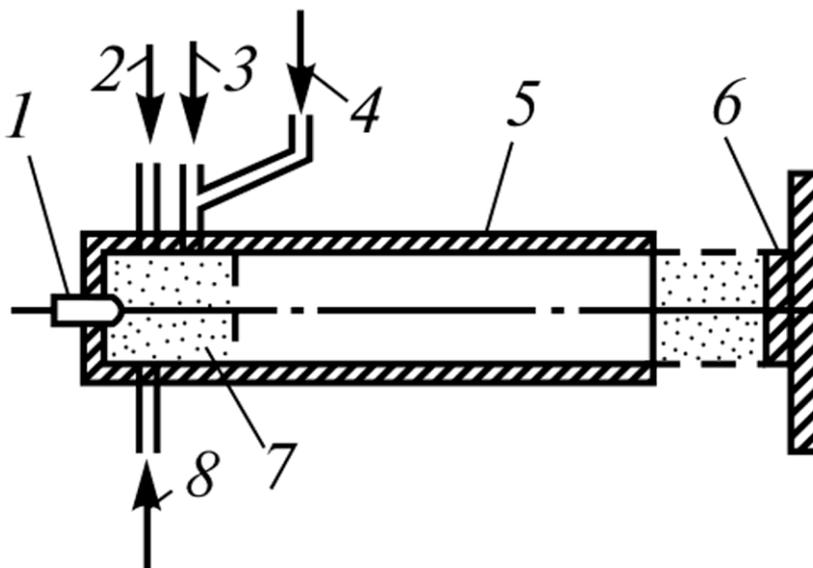
Осуществляют его на специальных установках (пушках). В рабочую камеру установки подается горючая смесь и напыляемый порошок

С помощью электрической искры смесь поджигается (взрывается), и из взрывной камеры по стволу установки пламя распространяется до возникновения детонационной волны, скорость распространения которой 1000...3500 м/с. Продукты детонации увлекают за собой частицы порошка, которые кроме тепловой получают и кинетическую энергию. Скорость выхода порошка из пушки 600...1000 м/с. Установленная на пути следования потока газов и порошка деталь покрывается частицами напыляемого материала, образуя плотный слой покрытия.

Детонационное напыление в сравнении с ранее рассмотренными способами имеет ряд преимуществ:

- более высокая скорость перемещения частиц металла;
- более высокая сцепляемость покрытия с основой;
- получение покрытия плотной структуры. Пористость покрытия не превышает 1 %.

В качестве горючей смеси применяют кислород с пропан-бутановой смесью, ацетиленом или пропаном.



1-электр свеча; 2-кислород; 3-азот; 4-металлический порошок; 5-ствол; 6-напыленный металл; 7-камера взрыва; 8-ацетилен.