

Ионно-плазменное упрочнение

Вакуумные ионно-плазменные методы упрочнения поверхностей деталей включают следующие процессы:

генерацию (образование) корпускулярного потока вещества; его активизацию, ускорение и фокусировку;

конденсацию и внедрение в поверхность деталей (подложек).

Генерация: корпускулярного потока вещества возможна его испарением (сублимацией) и распылением.

Испарение: переход конденсированной фазы в пар осуществляется в результате подвода тепловой энергии к испаряемому веществу.

Твердые вещества обычно при нагревании расплавляются, а затем переходят в газообразное состояние. Некоторые вещества переходят в газообразное состояние минуя жидкую фазу. Такой процесс называется **сублимацией**.



С помощью методов вакуумной ионно-плазменной технологии можно выполнить:

1) модифицирование поверхностных слоев:

- ионно-диффузионное насыщение; (ионное азотирование, науглероживание, борирование и др.);
- ионное (плазменное) травление (очистка);
- ионная имплантация (внедрение);
- отжиг в тлеющем разряде;
- ХТО в среде несамостоятельного разряда;

2) нанесение покрытий:

- полимеризация в тлеющем разряде;
- ионное осаждение (триодной распылительной системе, диодной распылительной системе, с использованием разряда в полой катоде);
- электродуговое испарение;
- ионно-кластерный метод;
- катодное распыление (на постоянном токе, высокочастотное);
- химическое осаждение в плазме тлеющего разряда.

Преимущества методов вакуумного ионно-плазменного упрочнения

- высокая адгезия покрытия к подложке;
- равномерность покрытия по толщине на большой площади;
- варьирование состава покрытия в широком диапазоне, в пределах одного технологического цикла;
- получение высокой чистоты поверхности покрытия;
- экологическая чистота производственного цикла.

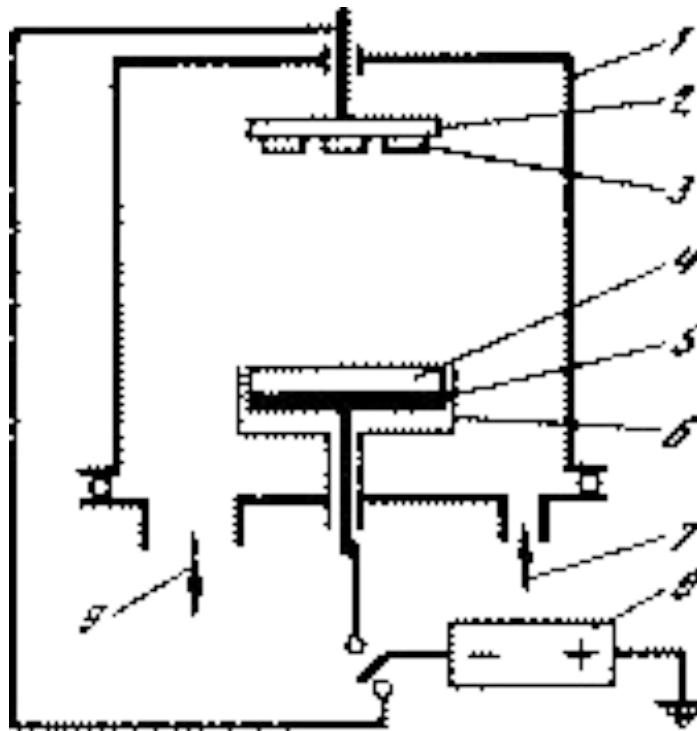
Ионное распыление

Ионные распылители разделяют на две группы:

плазмоионные, в которых мишень находится в газоразрядной плазме, создаваемой с помощью тлеющего, дугового и высокочастотного разряда. Распыление происходит в результате бомбардировки мишени ионами, извлекаемыми из плазмы;

автономные источники без фокусировки и с фокусировкой ионных пучков, бомбардирующих мишень.

Принципиальная система распыления



1- камера; 2- подложкодержатель; 3- детали (подложки); 4- мишень;
5- катод; 6- экран; 7- подвод рабочего газа; 8- источник питания; 9- откачка.

ХТО в среде тлеющего разряда

Диффузионные установки с тлеющим разрядом используются для проведения процессов азотирования, цементации, силицирования и других видов ХТО из газовой фазы. Глубина диффузионного слоя достигает нескольких миллиметров при равномерном насыщении всей поверхности изделия. Процесс ведется при пониженном давлении, равном $10^{-1} - 10^{-3}$ Па, что обеспечивает существование тлеющего разряда.

Преимущества применения тлеющего разряда :

- высокий коэффициент использования электроэнергии (расход только на ионизацию газа и нагрев детали);
- уменьшение длительности процесса, за счет быстрого нагрева до температуры насыщения;
- увеличения активности газовой среды и поверхностного слоя;
- возможность получения покрытий из тугоплавких металлов, сплавов и химических соединений.

Недостатки процесса:

- низкое давление в камере (10^{-1} Па), малая производительность, работа в периодическом режиме,
- невозможность обработки длинномерных изделий (например, труб),
- значительный расход электроэнергии
- высокая стоимость установок.

Ионно-диффузионное насыщение

Преимущества перед процессом обычного газового азотирования:

- сокращение длительности цикла в 3-5 раз;
- уменьшение деформации деталей в 3-5 раз;
- возможность проведения регулируемых процессов азотирования с получением слоев с заданным составом и структурой;
- возможность уменьшения температуры процесса азотирования до 350-400 °С, что позволяет избежать разупрочнения материалы сердцевины изделий;
- уменьшение хрупкости слоя и повышение его служебных характеристик;
- простота защиты отдельных участков деталей от азотирования;
- устранение опасности взрыва печи;
- снижение удельных расходов электрической энергии в 1,5-2 раза и рабочего газа в 30-50 раз;
- улучшения условий труда термистов.

Недостатки:

- невозможность ускорения процесса путем увеличения плотности ионного потока, т.к. в результате перегрева деталей снижается поверхностная твердость;
- интенсификация процесса ионного азотирования;
- наложение магнитного поля с целью увеличения плотности тока и снижения давления газа;
- за счет создания поверхности детали заданной дефектности (предварительное пластическое деформирование, термическая обработка).

Установка ионной цементации ЭВТ 25



Ионная цементация

- При ионной цементации в граничном слое создается высокий градиент концентрации углерода. Скорость роста науглероженного слоя материала составляет 0,4...0,6 мм/ч, что в 3...5 раз превышает этот показатель для других способов цементации. Продолжительность ионной цементации для получения слоя толщиной 1...1,2 мм сокращается до 2...3 часов.
- Вследствие низкого расхода газов, электроэнергии и непродолжительного времени обработки производственные затраты снижаются в 4...5 раз. К технологическим преимуществам ионной цементации следует отнести высокую равномерность науглероживания, отсутствие внешнего и внутреннего окисления, уменьшение коробления деталей.
- Объем механической обработки сокращается на 30 %, число технологических операций уменьшается на 40 %, продолжительность цикла обработки сокращается на 50 %.

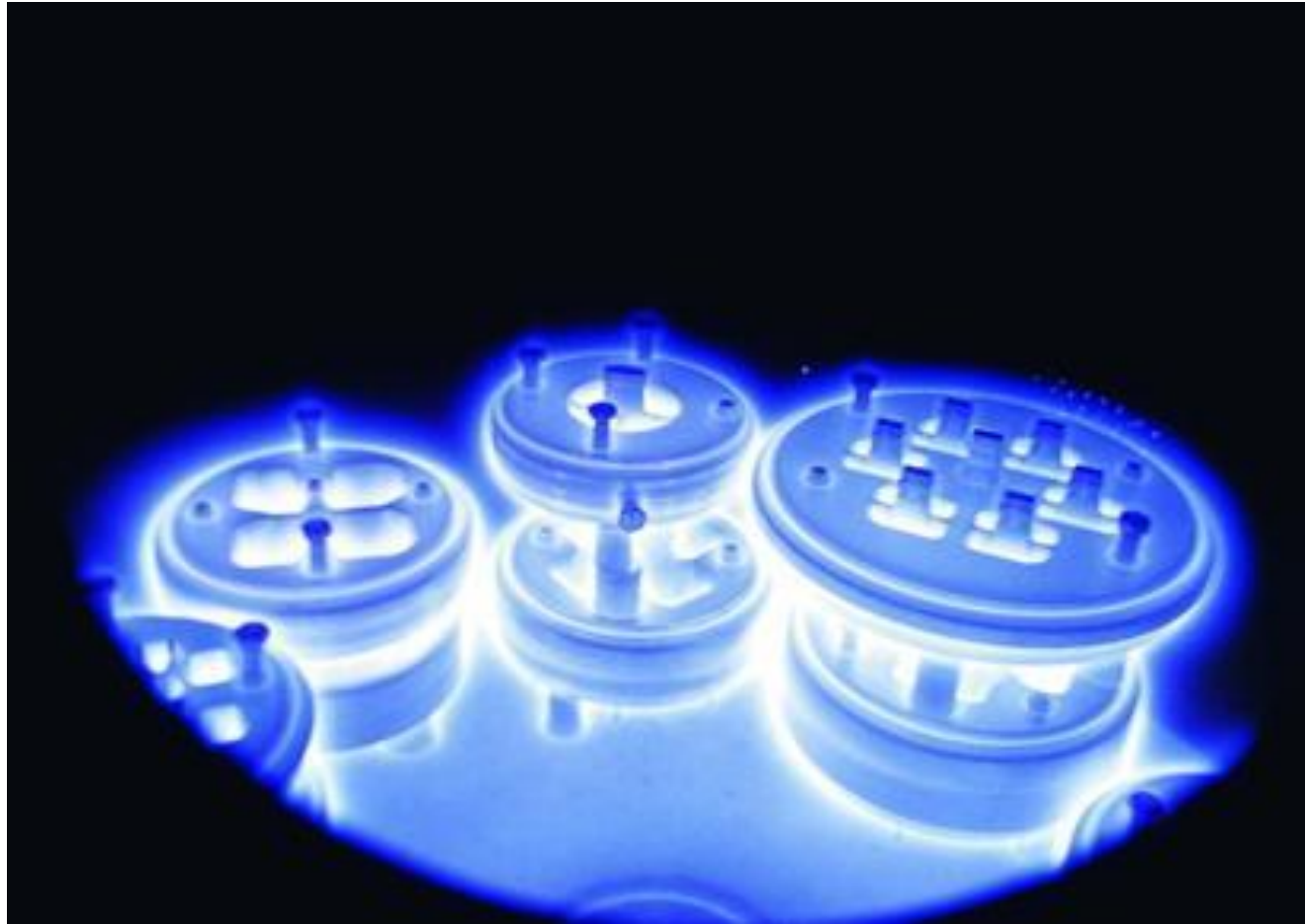
Распределение твердости по толщине цементированного слоя при двухстадийном режиме ионной цементации



Внешний вид установки для ионного азотирования

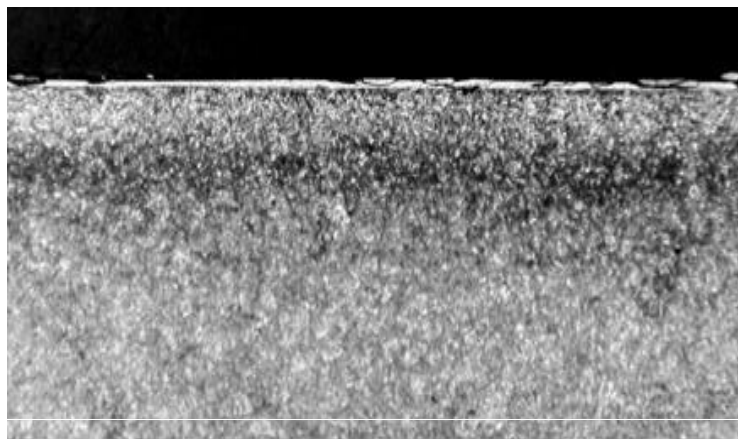


Процесс ионного азотирования

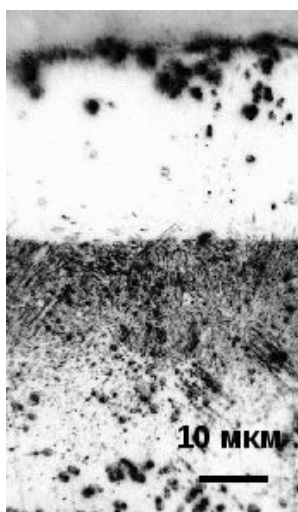


Ионно-плазменное азотирование (ИПА)

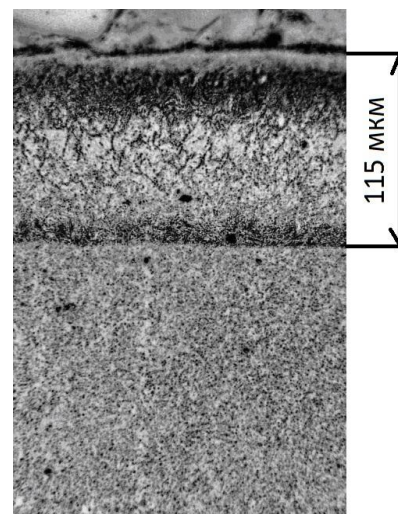
- ИПА— разновидность химико-термической обработки деталей машин, инструмента, штамповой и литейной оснастки, обеспечивающая диффузионное насыщение поверхностного слоя стали (чугуна) азотом или азотом и углеродом в азотно–водородной плазме при температуре 450 – 600 °С, а также титана или титановых сплавов при температуре 800 – 950 °С в азотной плазме.
- Сущность ионно-плазменного азотирования заключается в том, что в разряженной до 200– 1000 Па азотсодержащей газовой среде между катодом, на котором располагаются обрабатываемые детали, и анодом, роль которого выполняют стенки вакуумной камеры, возбуждается аномальный тлеющий разряд, образующий активную среду (ионы, атомы, возбужденные молекулы). Это обеспечивает формирование на поверхности изделия азотированного слоя, состоящего из внешней – нитридной зоны с располагающейся под ней диффузионной зоной.



Микроструктура азотированного слоя инструментальной стали 4X5МФС



а



б

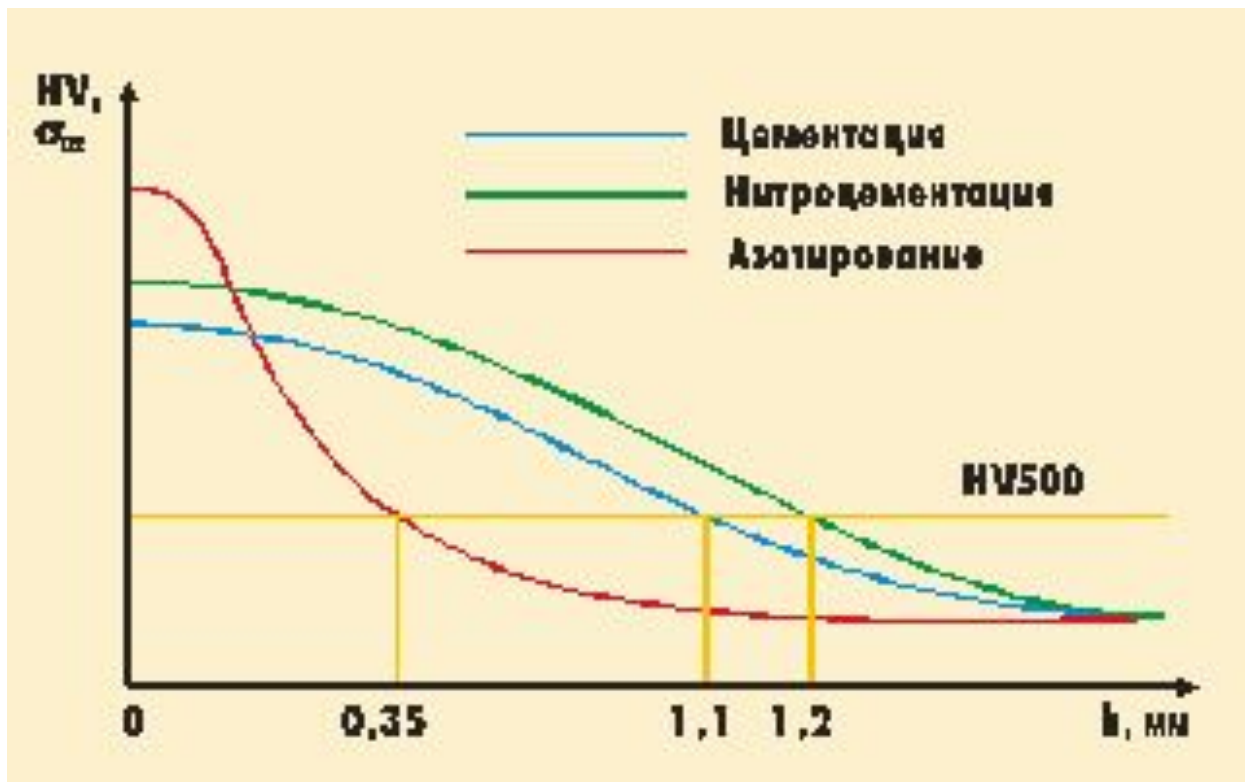
Микроструктуры сталей У8 (а) и 20Х13 (б) после ионно-плазменного азотирования

Шестерни в камере установки



Установка УА-63-950/3400 с изменяемой геометрией рабочей камеры (высота 1,7 или 3,4 м)





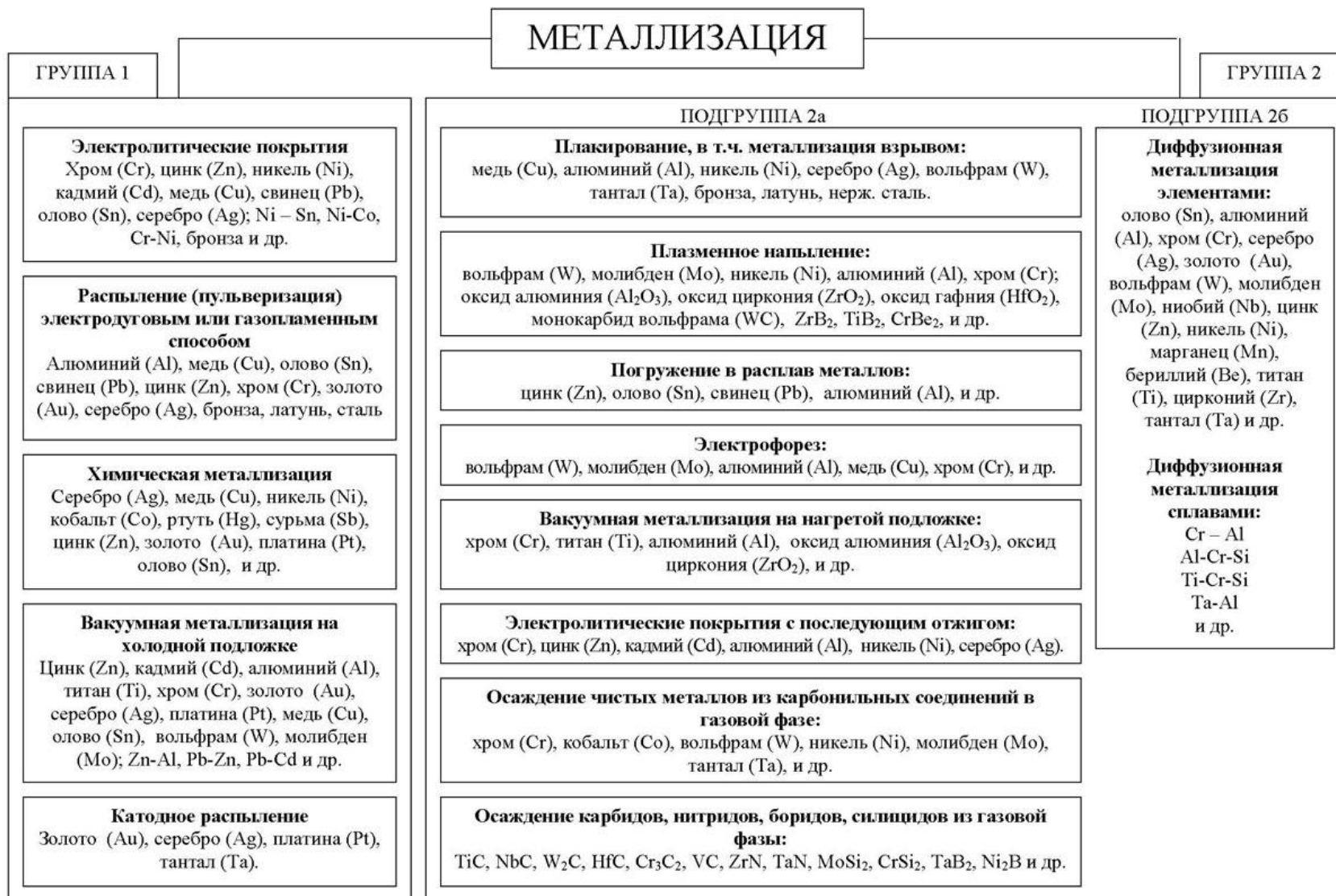
Кривые изменения механических свойств по толщине слоя для различных способов ХТО

Применение метода ионно-плазменного азотирования

данным методом обрабатываются следующие изделия:

- форсунки для легковых автомобилей, несущие пластины автоматического привода, матрицы, пуансоны, штампы, пресс-формы (Daimler Chrysler);
- пружины для системы впрыска (Opel);
- коленчатые валы (Audi);
- распределительные (кулачковые) валы (Volkswagen);
- коленчатые валы для компрессора (Atlas, США и Wabco, Германия);
- шестерни для BMW (Handl, Германия);
- автобусные шестерни (Voith);
- упрочнения прессового инструмента в производстве алюминиевых изделий (Нугховенс, Скандекс, Джон Девис и др.).
- Есть положительный опыт промышленного использования данного метода странами СНГ: Беларусь – МЗКТ, МАЗ, БелАЗ; Россия – АвтоВАЗ, КамАЗ, ММПП «Салют», Уфимское моторостроительное объединение (УМПО).
- Методом ИПА обрабатываются:
- шестерни (МЗКТ);
- шестерни и другие детали (МАЗ);
- шестерни большого (более 800 мм) диаметра (БелАЗ);
- впускные и выпускные клапаны (АвтоВАЗ);
- коленчатые валы (КамАЗ).

МЕТОДЫ ДИФфуЗИОННОЙ МЕТАЛЛИЗАЦИИ И ИХ РЕАЛИЗАЦИЯ



Металлизация изделий по типу 1 производится в декоративных целях, для повышения твёрдости и износостойкости, для защиты от коррозии. Из-за слабого сцепления покрытия с подложкой этот вид металлизации нецелесообразно применять для деталей, работающих в условиях больших нагрузок и температур.

Технология металлизации по типам 1 и 2а предусматривает наложение слоя вещества на поверхность холодного или нагретого до относительно невысоких температур изделия.

К этим видам металлизации относятся: электролитические (гальванотехника); химические; газопламенные процессы получения покрытий (напыление); нанесение покрытий плакированием (механо-термический); диффузионный, погружением в расплавленные металлы.

Технология металлизация по типу 2б предусматривает диффузионное насыщение металлическими элементами поверхности деталей, нагретых до высоких температур, в результате которого в зоне диффузии элемента образуется сплав (Диффузионная металлизация). В этом случае геометрия и размеры металлизированной детали практически не меняются.

Ионно-плазменная металлизация

- *Ионно-плазменная металлизация* имеет ряд существенных преимуществ по сравнению с другими видами металлизации. Высокая температура плазмы и нейтральная среда позволяют получать покрытия с большей структурной однородностью, меньшей окисляемостью, более высокими когезионными и адгезионными свойствами, износостойкостью и др. по сравнению с этими свойствами других видов металлизации. С помощью этого метода металлизации можно распылять различные тугоплавкие материалы: вольфрам, молибден, титан и др., твердые сплавы, а также окислы алюминия, хрома, магния и др. Нанесение покрытия можно осуществлять распылением как проволоки, так и порошка.
- Собственно металлизация состоит из трех процессов: плавления твердого металла проволоки или порошка (при *ионно-плазменной металлизации*), распыления расплавленного металла и формирования покрытия.
- Материалами для напыления могут быть любые тугоплавкие металлы в виде проволоки или порошка, но могут использоваться и среднеутлеродистые легированные проволоки типа Нп-40, Нп-3ОХГСА, Нп-3Х13 и др. В условиях авторемонтных предприятий в качестве тугоплавких материалов может применяться сплав типа ВЗК (стеллит) или сормайт, обладающий высокими износостойкостью и коррозионной стойкостью.