
Современные технологии химико-термической обработки

Модифицирование структуры поверхностного слоя детали

1. На этапе формообразующих операций

Литье, обработка давлением, резание, порошковая металлургия.

2. Поверхностное пластическое деформирование (ППД)

Статическое, ударное, комбинированное

3. Поверхностная термическая обработка

Закалка без оплавления, обработка высококонцентрированными потоками энергии, отпуск

4. Химико-термическая обработка (ХТО)

Поверхностное легирование неметаллами или металлами (диффузионная металлизация)

5. Ионная имплантация

Модификация или легирование поверхностных слоев

6. Формирование композиционных структур

Шаржирование, динамическое легирование

7. Комбинированные методы модифицирования

Термомеханическая обработка и др.

Классификация способов химико-термической обработки



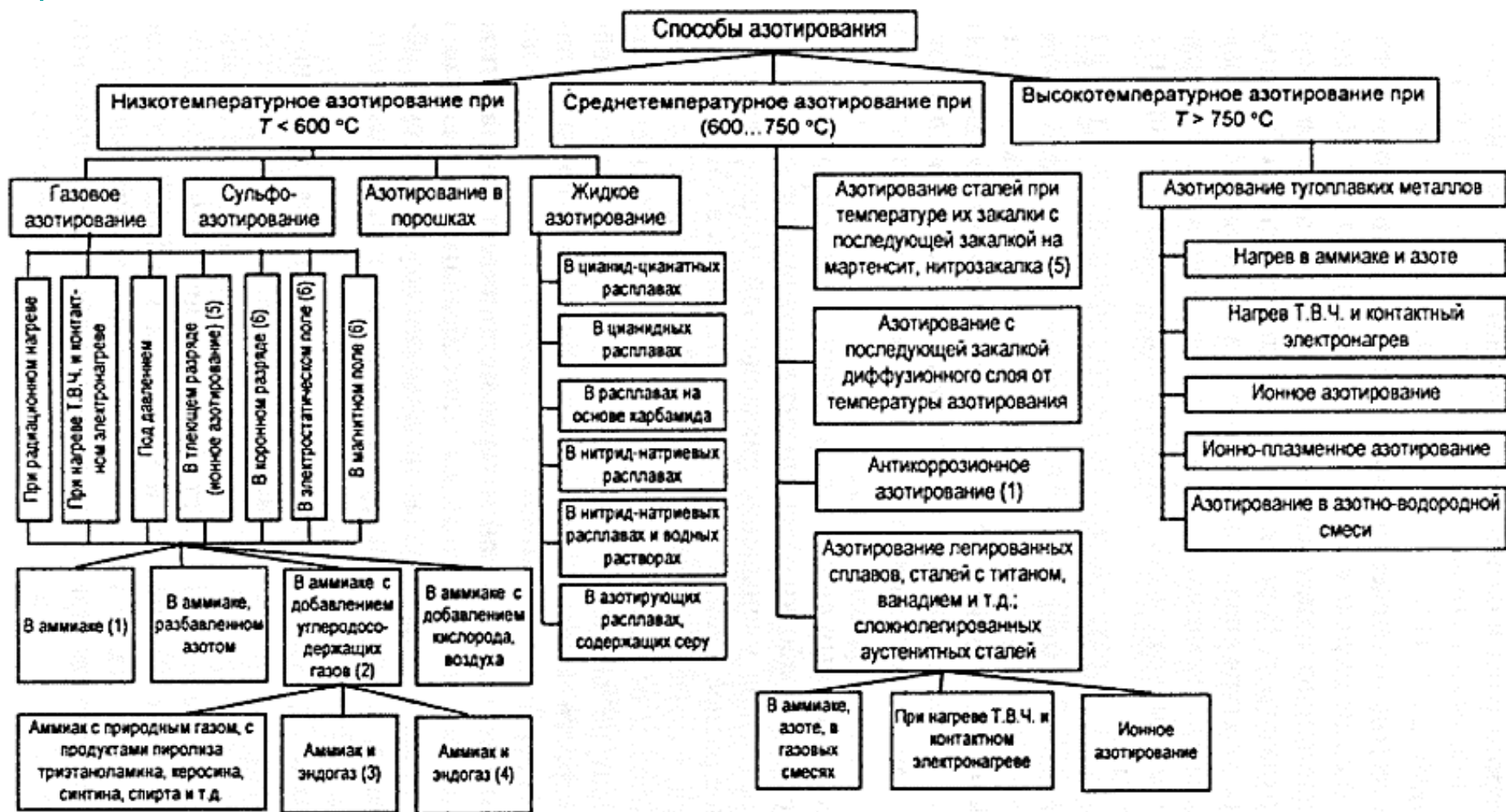
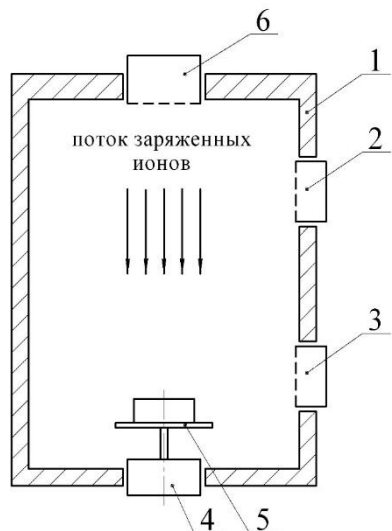


Рис. 1 Классификация способов азотирования:

(1) для углеродистых сталей рекомендуется закалка диффузионного слоя. Охлаждение с температуры азотирования в воде, масле, водовоздушной смеси; (2) низкотемпературная нитроцементация, углеродоазотирование;

(3) нитротрирование (nitrotieren, nitemper – процесс) (при радиационном нагреве); (4) нитрок (nitrok) (при радиационном нагреве); (5) «Марстрессинг»-процесс; (6) возможно азотирование в очищенном азоте; (7) в атмосфере продуктов пиролиза карбамида $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ и серы

Принцип ионно-плазменного азотирования



В результате физико-химических реакций, протекающих на поверхности деталей, охваченных слоем ионизированного газа, активно образуются различные модификации диффузионных покрытий, состоящие из нитридов железа, хрома и др. элементов.

Схема азотирования:

- 1 – вакуумная камера;
- 2 – система подачи газа;
- 3 – вакуумная система;
- 4 – узел вращения;
- 5 – держатель с образцом;
- 6 – источник генерации заряженных частиц



Внешний вид установки для ионно-плазменного азотирования

Генерация плазмы в тлеющем разряде и усовершенствованные методы

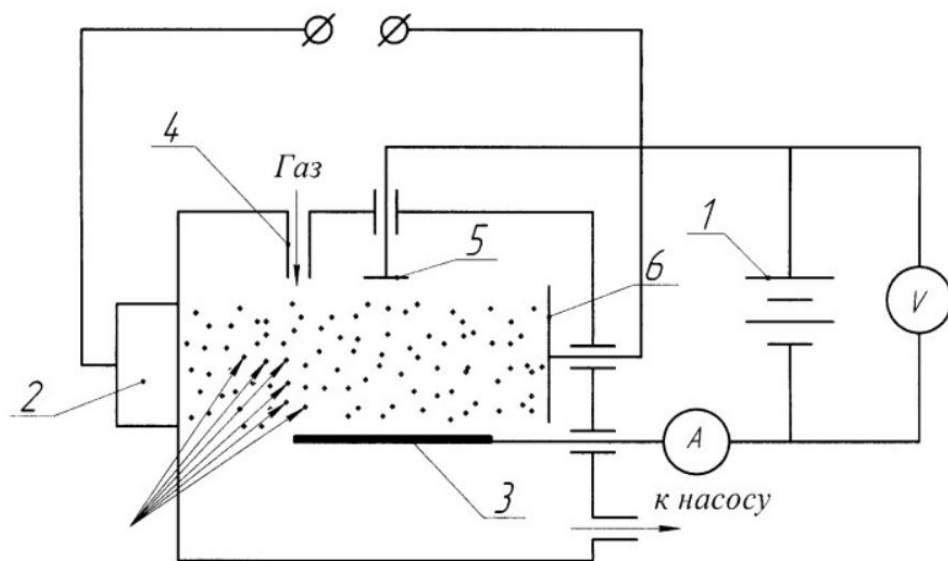


При азотировании в тлеющем разряде, процесс диффузионного насыщения осуществляется в азотсодержащей газовой среде при рабочем давлении в камере установки 0,4-10 мбар под воздействием импульсной плазмы (частота 10 кГц, напряжение 400-800 В), возникающей между катодом - деталью и анодом - стенками вакуумной камеры.



Для управления плотностью ионного тока в системах, где подложка с деталями выполняет функцию катода используют **схему полого катода**

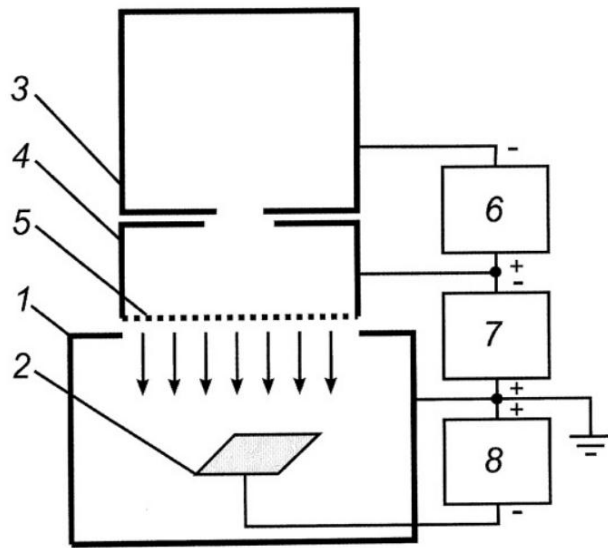
«Способ ионного азотирования стали» (патента RU 2413784)



- 1 - источник питания,
- 2 - электронную пушку,
- 3 - катод-деталь,
- 4 - устройство подачи рабочего газа, 5 - анод,
- 6 - вспомогательный анод.

Способ азотирования стальных изделий в тлеющем разряде, включающий вакуумный нагрев изделий, являющихся катодом, в плазме азота повышенной плотности. Плазму азота повышенной плотности формируют в прикатодной области пучком сгенерированных и ускоренных вспомогательным анодом электронов, при этом электроны, вылетающие из электронной пушки, направляют к аноду и к вспомогательному аноду, создавая электронный газовый поток, обеспечивающий столкновение электронов с нейтральными частицами и поддержание существования плазмы, при этом скоростью движения электронов управляют посредством вспомогательного анода, подключенного к собственному источнику питания.

«Способ плазменного азотирования изделия из стали или из цветного сплава» (патент RU 2413033)



- 1 - плазменная камера;
2 – изделие; 3 – катод; 4 – анод;
5 – мелкоструктурная сетка;
6, 7, 8 – источники питания.

Давление азота в
плазменной камере 0,01-1 Па.

В плазменную камеру 1 помещают изделия 2. В межэлектродный промежуток между катодом 3 и анодом 4 напускают азот, прикладывают между катодом и анодом напряжение ~ 1 кВ, которое задается источником питания постоянного тока 6, и зажигают тлеющий или дуговой разряд низкого давления. Часть тока разряда замыкается на мелкоструктурную сетку 5, причем часть электронов поступает в полость плазменной камеры 1. Между анодом 4 и заземленными стенками плазменной камеры 1 от источника питания 7 подают напряжение 100-1000 В, которое обеспечивает извлечение электронов через отверстия в мелкоструктурной сетке 5 и формирование электронного пучка. После достижения рабочей температуры снижают мощность электронного пучка и проводят насыщение поверхностного слоя изделия азотом в течение временного интервала, длительность которого определяется требуемой толщиной азотированного слоя и температурой изделий.



Ионное азотирование обеспечивает требуемое качество и служебные свойства на любых сталях, сплавах и металлокерамике и предназначены для различных изделий и инструмента во всех отраслях промышленности.

Основные преимущества:

- экологическая чистота, безвредность и безотходность процессов;
- ресурсосбережение за счет резкого сокращения электроэнергии в 2-5 раз и рабочих газов в 100-200 раз;
- повышение производительности, снижение трудоёмкости и себестоимости в 2-4 раза.

Метод низкотемпературного интенсивного азотирования



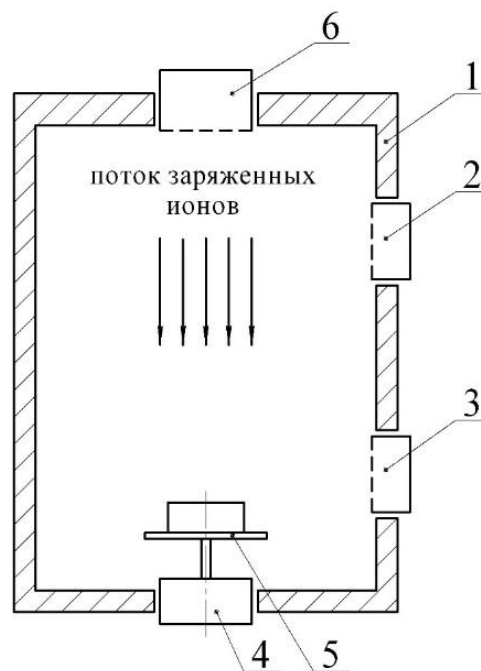
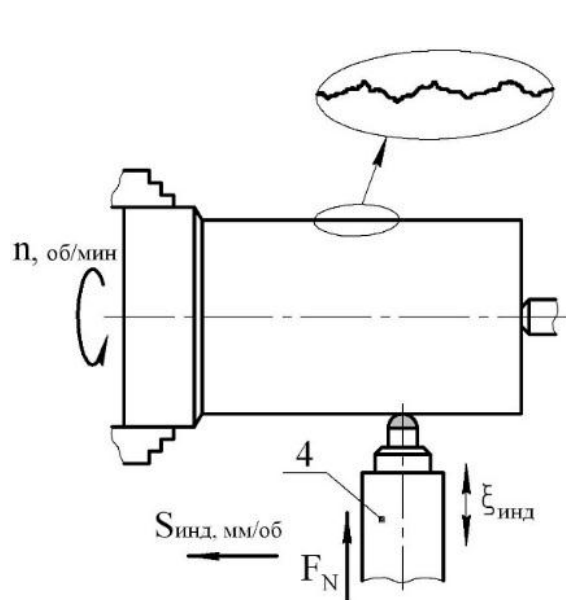
Установка разработана в Институте
сильноточной электроники СО РАН, г.
Томск, РФ.

Азотирование в дуговом разряде низкого давления

Вакуумная ионно-плазменная установка с плазмогенератором ПИНК с подачей на азотируемое изделие отрицательного напряжения смещения.

Давление в камере	0,9 Па
Ток разряда	10 А
Напряжение горения разряда	40 В
Напряжение смещения на образцах	– 600 В
Температура процесса	200-500°С

Комбинированная упрочняющая обработка, включающая предварительную УФО поверхности стальной детали и последующее ионно-плазменное азотирование



Сталь 20X13 и 40X13

Температура
азотирования

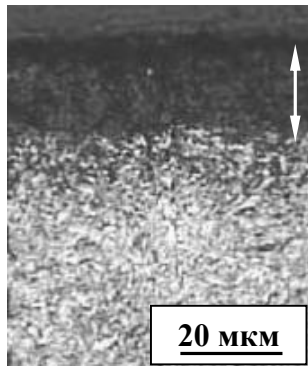
200, 350, 450, 500°C

Время азотирования

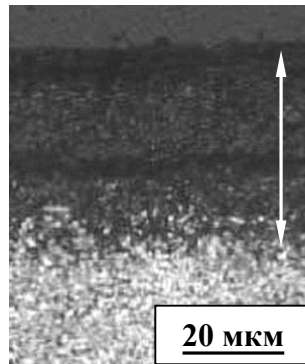
40 мин, 2, 4, 8 часов

Характеристики упрочненного слоя

Азотирование

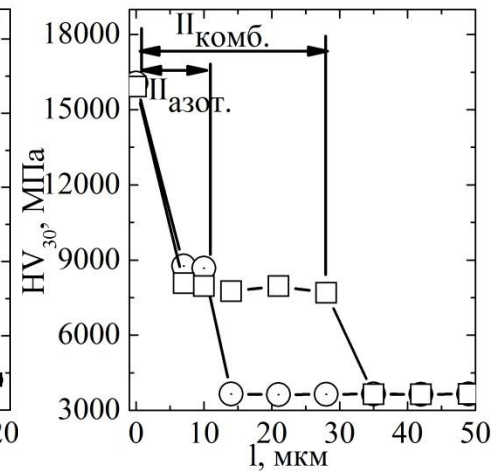
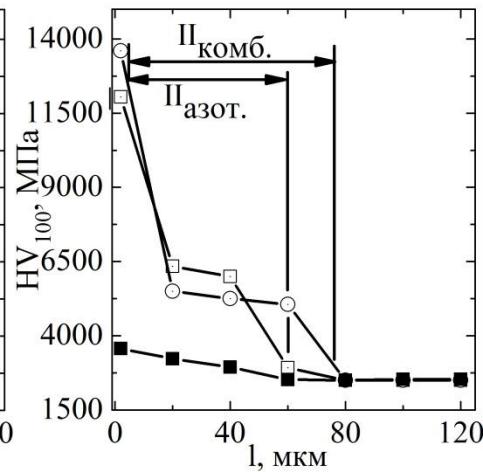
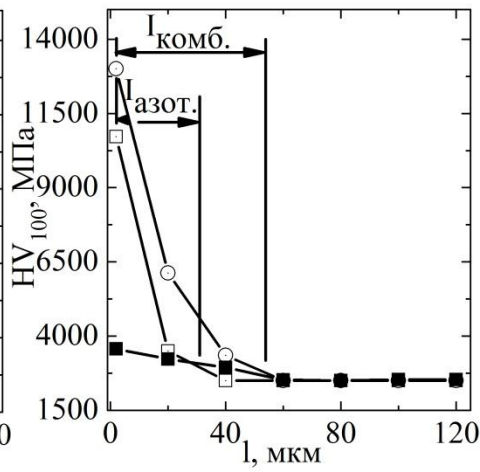
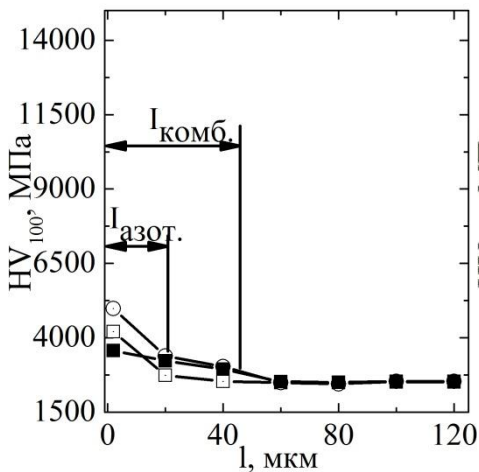


Комбинированная обработка



Микроструктура поверхностного слоя стали 40X13 после азотирования при температуре 500°C

Распределение микротвердости по глубине упрочненного слоя



— Сталь 20X13
200°C, 8 часов

— Сталь 20X13
350°C, 4 часа

— Сталь 20X13
500°C, 40 минут

— Сталь 40X13
500°C, 40 минут

Литература для подготовки отчета к Лабораторной работе

«Ионно-плазменные технологии нанесения диффузионных слоев»

1. Белоус В.А., Носов Г.И. Ионное азотирование сталей в дуговом разряде низкого давления // Технология машиностроения. – 2004. – № 3. – С. 35-39.
 2. Борисов Д.П., Коваль Н.Н., Щанин П.М. Генерация объемной плазмы в дуговом разряде с накаливаемым катодом // Изв. вузов. Физика. – 1994. – № 3. – С. 115-120.
 3. Щанин П.М., Коваль Н.Н., Гончаренко И.М., Григорьев С.В. Азотирование конструкционных сталей в газовых разрядах низкого давления // Физика и химия обработки материалов. – 2001. – № 3. – С. 16-19.
-