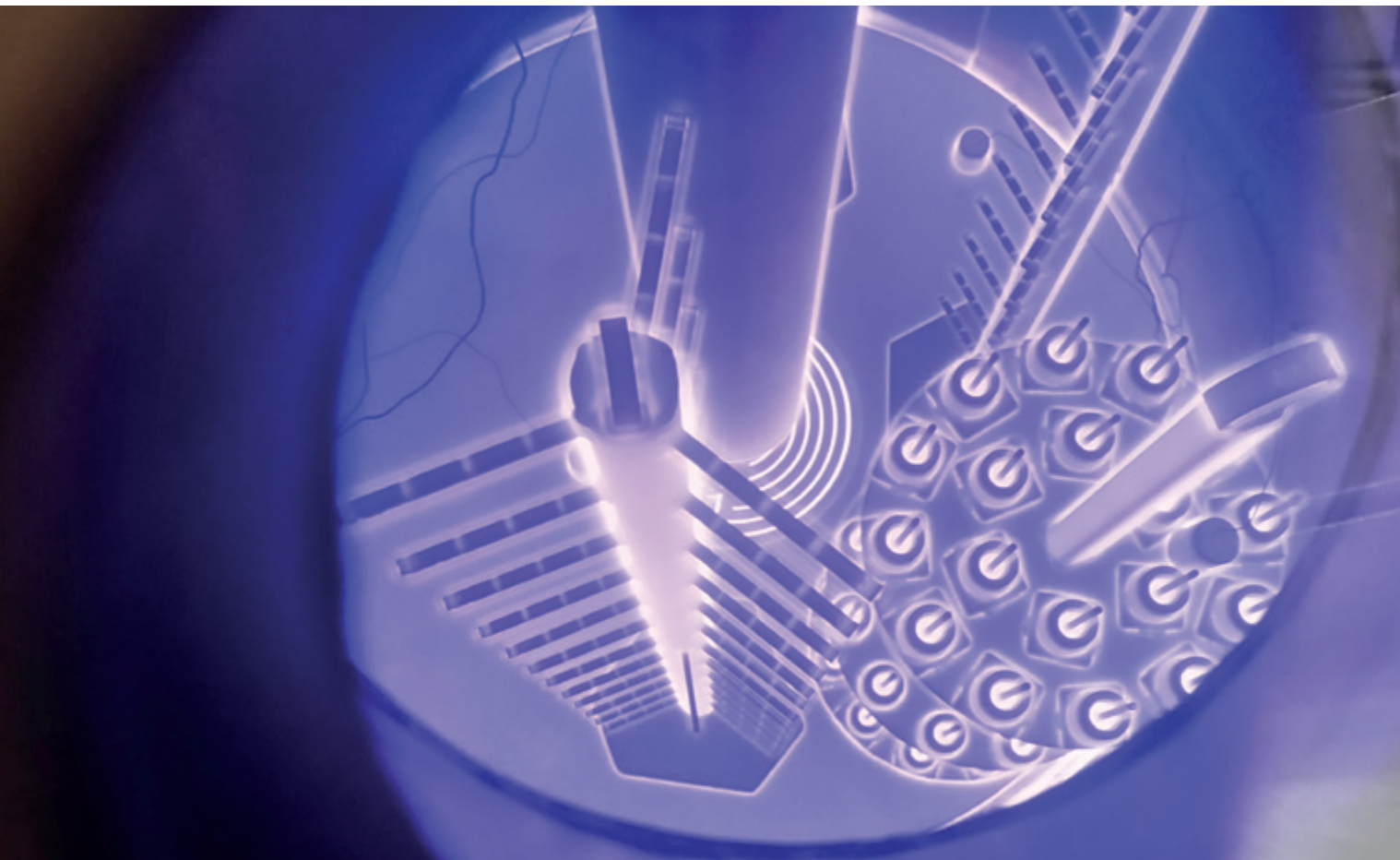


EBOOK DEL CURSO

Nivel básico



Fundamentos de Nitruración por Plasma

Conoce el método de endurecimiento superficial que garantiza **resultados metalúrgicos superiores** y no contamina el medioambiente.

Fundamentos de Nitruración por Plasma

Conoce el método de endurecimiento superficial que garantiza **resultados metalúrgicos superiores** y no contamina el medioambiente.

Andrés Bernal D. | José Domingo Guerra B. | María Fernanda Cadavid T.

02

© 2024 | TRATAR | Tratamientos Térmicos

Este material tiene fines educativos y no puede usarse con propósitos económicos o comerciales. **TRATAR | Tratamiento Térmicos** posee y retiene todos los derechos de autor y otros derechos de propiedad intelectual de este curso, por tanto no puede ser reproducido, modificado, copiado ni comunicado sin consentimiento por escrito de la Compañía.



Presentación

En el dinámico mundo de la industria metalmecánica, la eficiencia es la clave para mantener la competitividad y alcanzar la excelencia de la fabricación. Si bien la nitruración por plasma como proceso comenzó en la década de 1920 como una **alternativa ambientalmente limpia** frente a la nitruración por baño de sales, hay quienes aún continúan viéndola como una especie de 'alquimia moderna'.

Lejos de ser un arte místico, **la nitruración por plasma es una ciencia precisa**, una técnica avanzada que mezcla la física, la química y la metalurgia para mejorar significativamente las propiedades de los metales, lo mejor: **con resultados repetibles**.

Diseñamos este curso con el objetivo de poner nuestro conocimiento de más de 40 años como fabricantes de equipos y tratamentistas térmicos, no solo para informar, sino también para inspirar a ingenieros, técnicos y empresarios a adoptar prácticas más sostenibles, **alcanzar resultados precisos** y prolongar la vida útil de las piezas.

Te presentamos los fundamentos básicos con los que podrás entender en qué consiste esta tecnología y desbloquear el potencial innovador en tus procesos de producción. Si tienes observaciones y preguntas, no dudes en contactarnos.

Todo listo para comenzar?

03

HACER EL CURSO ONLINE PARA RECIBIR EL CERTIFICADO




CONTACTAR UN ASESOR DE TRATAR



Fundamentos de Nitruración por Plasma | Conoce el método de endurecimiento superficial que garantiza resultados metalúrgicos superiores y no contamina el medioambiente.





Viewport de Horno de Nitruración por Plasma de ION HEAT. 

Contenido

Conceptos preliminares

- 1.1 La necesidad de endurecimiento en la fabricación de herramientas y partes.
- 1.2 Tratamientos térmicos vs. Tratamientos termoquímicos, ¿cuál ruta elegir?
- 1.3 ¿Qué es el plasma?
- 1.4 El plasma en la nitruración

UNIDAD 1

La Nitruración por Plasma y resultados esperados

- 2.1 La Nitruración por Plasma en 10 tips.
- 2.2 ¿Cómo es el proceso de la Nitruración por Plasma?
- 2.3 Reacciones que ocurren en la superficie de la pieza durante la nitruración.
- 2.4 Descubriendo la Zona Compuesta (Capa Blanca).
- 2.5 Aplicaciones industriales.

UNIDAD 2

Optimización y Personalización de Procesos de Nitruración

- 3.1 Comparación con métodos alternativos de nitruración.
- 3.2 Diferencia entre nitruración y nitrocarburo ferrítica.
- 3.3 Elección de los gases para hacer nitruración.

UNIDAD 3

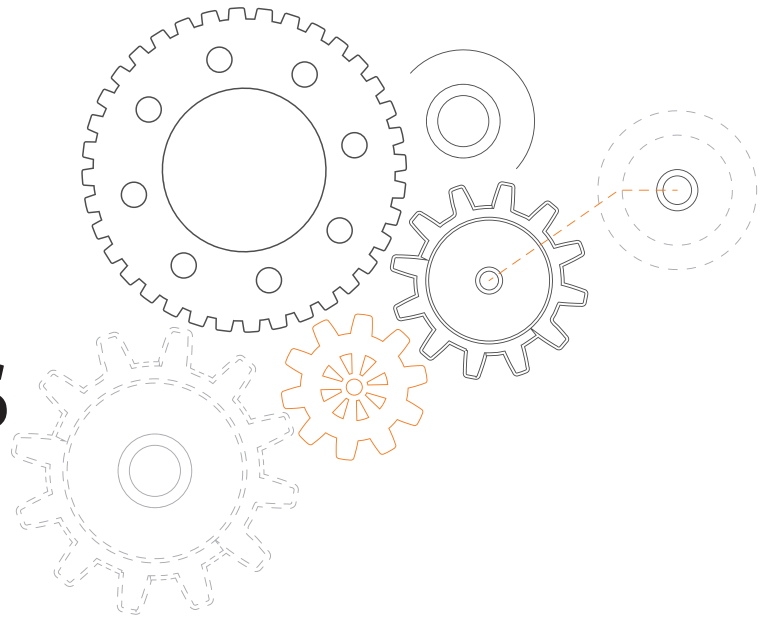
05

RECUERDA HACER LA EVALUACIÓN FINAL PARA RECIBIR EL CERTIFICADO



UNIDAD 1

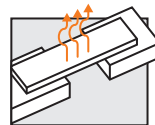
Conceptos preliminares



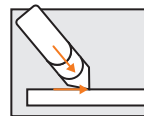
1.1. La necesidad de endurecimiento en la fabricación de herramientas y partes de maquinaria

El primer paso para fabricar partes de maquinaria o herramientas es el diseño. El segundo, la selección de la materia prima, por lo general un acero que responda bien a la función que deba cumplir la pieza. En esta etapa inicial de manufactura **se emplean 'aceros blandos'**, es decir, que sean fácilmente "mecanizables".

Una vez mecanizadas, las piezas deben someterse a tratamientos térmicos que adecuen sus **propiedades mecánicas según los requerimientos del diseño**, entre estas:



Aumentar la resistencia mecánica, a la fatiga, el desgaste y, ligada a estas, la dureza.



Evitar el desgaste adhesivo/abrasivo, mejorando su capacidad de carga y previniendo la formación de grietas.

El tratamiento térmico es el **proceso que eleva el acero a su máximo potencial**, consiguiendo que la pieza se transforme en un producto final, resistente al desgaste y capaz de soportar las rigurosas exigencias de su aplicación prevista.

TE PUEDE INTERESAR:

Para aprender a seleccionar el acero correcto para la fabricación de herramientas y partes de maquinaria, explora nuestro curso 100% gratuito sobre Aceros y Fundiciones. Enlace: <https://www.tratar.com.co/cursos-disponibles>



Fundamentos de Nitración por Plasma | Conoce el método de endurecimiento superficial que garantiza resultados metalúrgicos superiores y no contamina el medioambiente.

1.2. ¿Cuál ruta elegir?

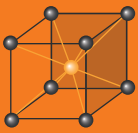
Tratamientos
térmicos

VS

Tratamientos
termoquímicos

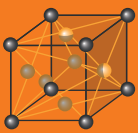
Los tratamientos térmicos, como los famosos temple y revenido, consisten en someter las piezas a altas temperaturas, sostenerlas un tiempo determinado a estas temperaturas y luego enfriarlas rápidamente. **Este choque térmico produce una reorganización de los átomos del acero**, o sea un cambio en su estructura cristalina.

Dependiendo de la temperatura alcanzada, del tiempo de sostenimiento y la velocidad de enfriamiento, estos pueden adoptar principalmente tres tipos de estructuras:



FERRITA

Es una estructura cristalina cúbica en la que los átomos están centrados en el cuerpo, una fase de baja dureza y alta ductilidad.



AUSTENITA

es una fase centrada en caras, que permite una mayor solubilidad del carbono en el hierro y, por tanto, adopta una estructura más uniforme y densa que se traduce en mayor dureza y resistencia, comparada con la ferrita, pero menor ductilidad.



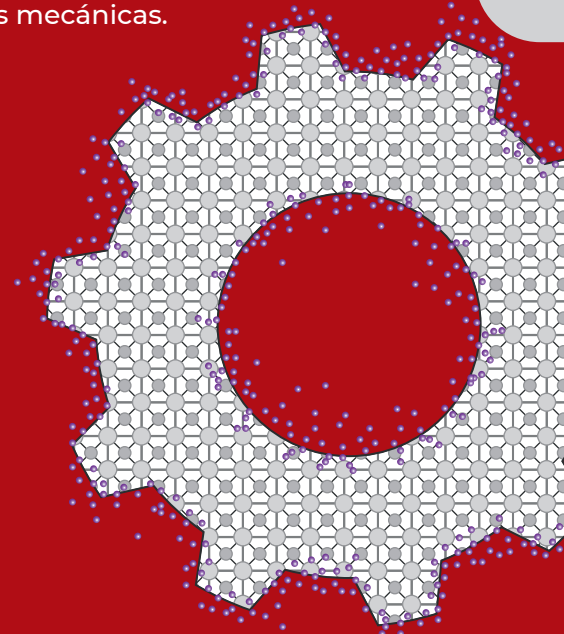
MARTENSITA

es una fase extremadamente dura, pero quebradiza (frágil), que 'congela' los átomos en una posición distorsionada.

Por su parte, los tratamientos termoquímicos, como la carburización, la carbonitruración, la cementación, la nitruración y la nitrocarburación, no solo involucran el control de la temperatura, sino también la modificación de la composición química superficial del acero. Esta dualidad abre un amplio espectro de posibilidades, ventajas y aplicaciones.

A grandes rasgos, los tratamientos termoquímicos se basan en la **difusión de átomos a través de las 'vacancias' del metal** (pequeñas irregularidades o espacios vacíos en la red cristalina). Es importante mencionar que solo los átomos extremadamente pequeños (Carbono, Hidrógeno, Nitrógeno y Oxígeno) pueden moverse a través de estos intersticios.

Estos átomos 'nuevos' forman aleaciones / compuestos duros con los elementos de aleación propios del acero, optimizando sus propiedades mecánicas.





IMPORTANTE TENER CLARO:

Los **tratamientos térmicos producen un 'cambio de fase'**. Este concepto se refiere a la transformación de la estructura cristalina del metal durante el cambio de temperatura, que altera las propiedades del metal. Si bien esto es clave para incrementar la dureza, la tenacidad y la resistencia de las piezas, nos deja frente a varios retos:



EXPANSIÓN Y CONTRACCIÓN

TÉRMICA: Durante el calentamiento y el enfriamiento, el metal se expande y se contrae, lo que conlleva a cambios en el volumen y generación de tensiones internas que deforman la pieza.



TRANSFORMACIÓN DE FASE

ASIMÉTRICA: Tensiones internas resultantes de la expansión o contracción desigual.



DISTRIBUCIÓN DESIGUAL

DEL CALOR que puede deformar el material.

Por esto, la mayoría de los tratamientos térmicos precisan el empleo de técnicas posteriores, como el rectificado, para corregir geometrías, superficies y dimensiones.

La **carburación y la carbonitruración**, se realizan a alta temperatura, por eso **se consideran procesos austeníticos**. Eso implica una transformación de fase y, por consiguiente, deformación de la pieza y leves cambios dimensionales.

Mientras tanto, **la nitruración y la nitrocarburación son considerados procesos ferríticos**, puesto que pueden llevarse a cabo a una temperatura menor, en zona de fase ferrítica. Su principio se basa en el bombardeo de iones de nitrógeno, los cuales se difunden en la superficie del metal, mejorando sus propiedades 'a la medida'.

El resultado de este proceso es la formación de una capa exterior con una composición química diferente a la del núcleo.

Esto permite lograr propiedades combinadas, es decir alta dureza y resistencia al desgaste en la superficie y tenacidad en el núcleo de la pieza.

Para resaltar:

- Como no se produce transformación de fase, los cambios dimensionales son casi nulos.
- La resistencia a la fatiga está dada por los esfuerzos de compresión en la superficie, creados por haber difundido átomos de nitrógeno donde no había.

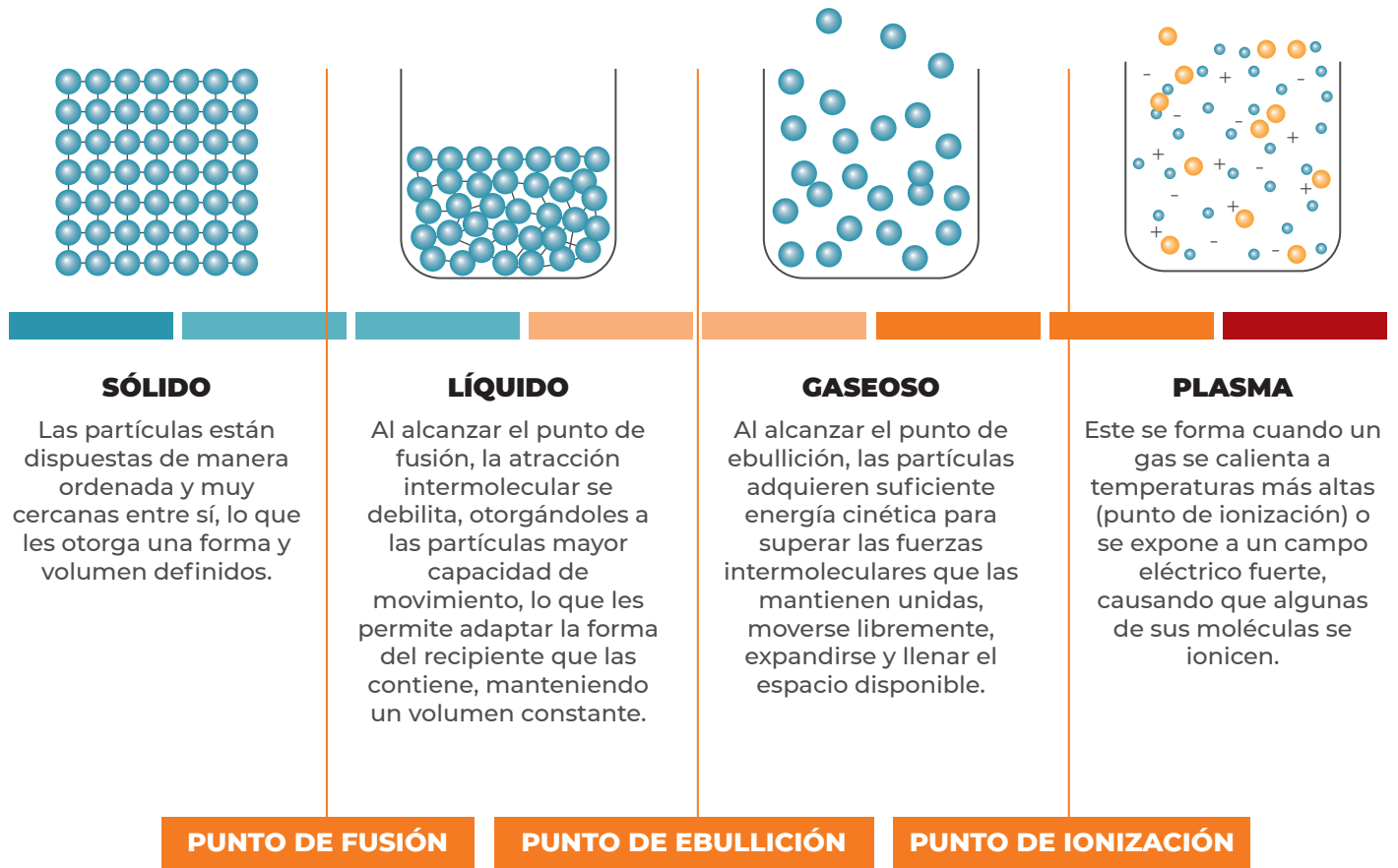
TE PUEDE INTERESAR:

Descarga el infográfico de resumen de este tema
En PDF: [Procesos térmicos vs. Termoquímicos, ¿cuál camino tomar?](#)



1.3 ¿Qué es el plasma?

En nuestra experiencia cotidiana solemos estar familiarizados con tres estados de la materia: sólido, líquido y gaseoso. Estos se diferencian entre sí por la forma en que las moléculas interactúan y se atraen.



El cuarto estado de la materia es el plasma. La ionización implica que los electrones se separen de los átomos, creando un **conjunto de partículas cargadas eléctricamente, conocidas como iones**. A diferencia de los gases, el plasma adquiere propiedades únicas, como conductividad eléctrica, generación de campos magnéticos, emisión de luz y energía cinética elevada.

El plasma es el estado más abundante de la materia en el universo, presente en las estrellas y en el medio intergaláctico. En la ingeniería de materiales, puntualmente en la Nitruración por Plasma, sus aplicaciones son revolucionarias para **modificar la composición química y mejorar las propiedades de los metales**.

TE PUEDE INTERESAR:

Descarga el infográfico de resumen de este tema
En PDF: [¿Qué es plasma?](#)



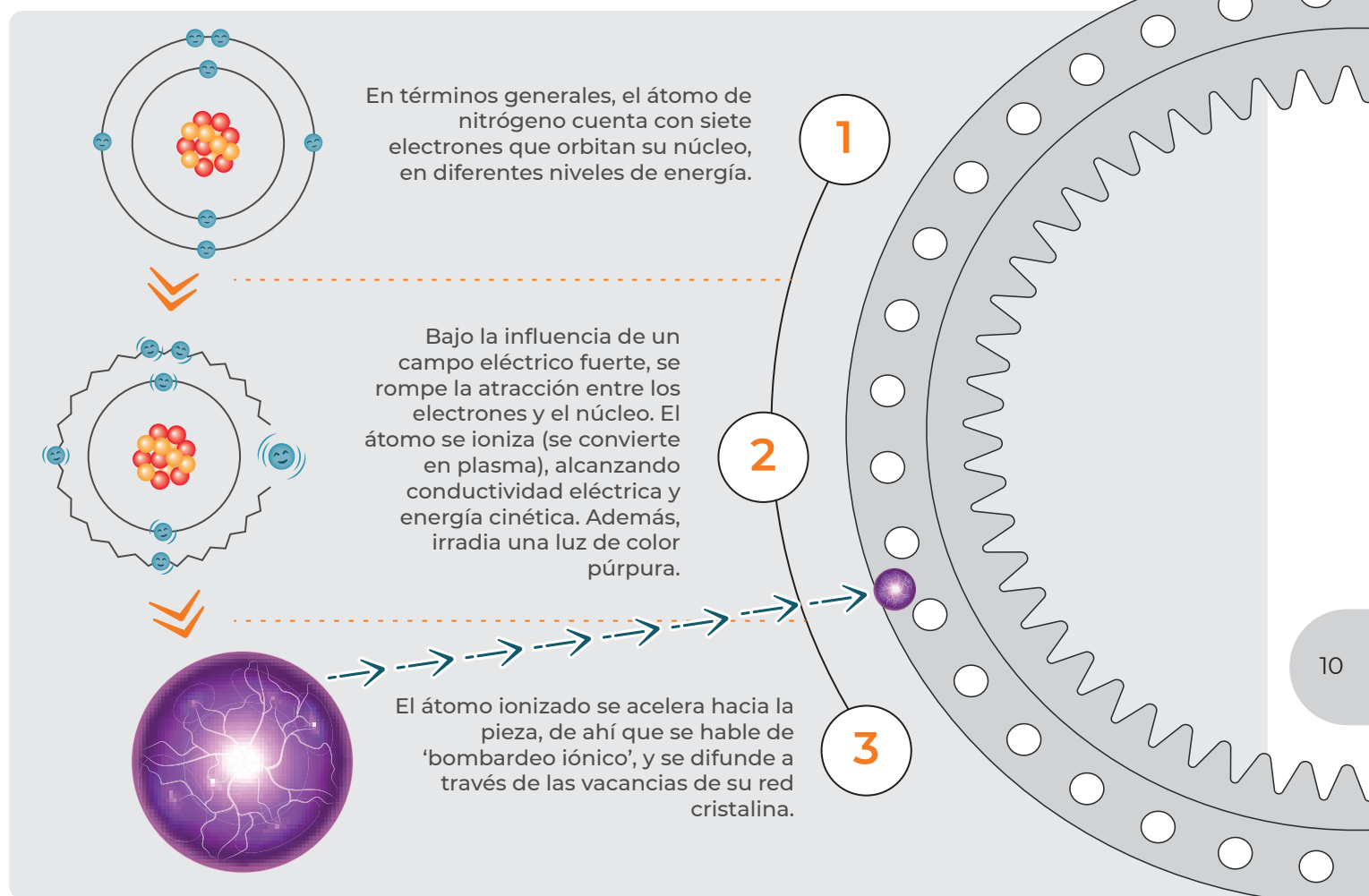
Fundamentos de Nitruración por Plasma | Conoce el método de endurecimiento superficial que garantiza resultados metalúrgicos superiores y no contamina el medioambiente.



1.4 El Plasma en la nitruración

En el contexto de los procesos termoquímicos, la Nitruración por Plasma consiste en formar una mezcla de gases de nitrógeno e hidrógeno y someterla a una energía suficiente para liberar electrones de sus átomos o moléculas (convertirla en plasma). **Durante el proceso se crea un conjunto de partículas cargadas eléctricamente**, compuesta por iones positivos y electrones libres.

Esto se logra generando un campo magnético que **acelera los iones hacia la superficie** de la pieza, que terminan por difundirse en sus vacancias, formando compuestos de nitruro con los elementos de aleación del metal y, en consecuencia, una capa más dura que el material base, lo que mejora la resistencia al desgaste, la fatiga y la corrosión.



CONOCE NUESTRO CANAL DE YOUTUBE

Encuétranos como @tratar.ingenieria y @ionheat



Fundamentos de Nitruración por Plasma | Conoce el método de endurecimiento superficial que garantiza resultados metalúrgicos superiores y no contamina el medioambiente.




En resumen...

Lo que te debe quedar claro de esta unidad como preámbulo de la Nitruración por Plasma:

- ✓ Es un proceso termoquímico.
- ✓ En la nitruración por plasma NO se producen cambios de fase en la estructura del metal.
- ✓ Esto ocurre gracias a que el proceso corre bajo una temperatura ferrítica, que no altera la estructura cristalina centrada en el cuerpo de los átomos del metal.
- ✓ Los aceros inoxidable austeníticos se pueden nitrurar por plasma, sin que pierdan la inoxidableidad.
- ✓ Al correr a una temperatura 'baja', las deformaciones de la pieza son casi nulas, por eso no suelen ser necesarios los rectificadores posteriores.
- ✓ El proceso se basa en la difusión de iones de nitrógeno en las vacancias de la estructura cristalina del metal.
- ✓ Las 'vacancias' son pequeñas irregularidades o espacios vacíos, propios de la red cristalina de los metales.
- ✓ Una técnica para difundir nitrógeno en la superficie del metal es la nitruración asistida por plasma.





En TRATAR | Tratamientos Térmicos somos pioneros en ofrecer servicio de Nitruración por Plasma en Colombia y Perú. 

UNIDAD 2

Nitruración por Plasma y resultados esperados

En el mundo de los tratamientos térmicos industriales, la Nitruración por Plasma ha marcado un antes y un después en la ingeniería de superficies. Esta Unidad explica las reacciones que ocurren en las piezas hasta la **formación de la capa**


nitrurada, que es lo que realmente se busca con la Nitruración por Plasma.

Comencemos con el Top 10 de fundamentos que prepararán tu camino para comprender este proceso de manera integral:


2.1 La Nitruración por Plasma en 10 tips

- 01 QUÉ ES NITRURACIÓN POR PLASMA**


También conocida como **nitruración iónica**, es un proceso termoquímico basado en la difusión de átomos de nitrógeno a través de la superficie del acero para formar compuestos duros llamados nitruros e introducir tensiones internas de compresión.


- 02 ¿QUÉ MATERIALES SE PUEDEN NITRURAR?**

Se usa para mejorar las propiedades superficiales de componentes de:

 - Aceros**
 - Aceros inoxidables**
 - Fundiciones de hierro**
 - Titanio**
 - Aleaciones de níquel**
- 03 ¿QUÉ TIPO DE PROCESO ES?**

La Nitruración por Plasma es un **proceso termoquímico** cuyo objetivo es la difusión de nitrógeno en las vacancias de la pieza para formar nitruros con sus diferentes elementos de aleación, lo que mejora las propiedades superficiales, sin alterar las del núcleo.



TE PUEDE INTERESAR:

Descarga el infográfico de resumen de este tema en PDF: [Fundamentos de Nitruración por Plasma](#)



Fundamentos de Nitruración por Plasma | Conoce el método de endurecimiento superficial que garantiza resultados metalúrgicos superiores y no contamina el medioambiente.

04	¿RANGOS DE PROFUNDIDAD DE CAPA?	El proceso forma una capa superficial de alta dureza que puede medir desde un par de micras en materiales altamente aleados, hasta 0.7 mm en los de baja aleación.	
05	¿CUÁL ES LA TEMPERATURA DEL PROCESO?	Para endurecimiento de aceros, el proceso funciona en una temperatura 'baja', entre el rango de los 350 °C – 600 °C (662 °F - 1112 °F). Por su parte, la nitruración por plasma del titanio sí requiere una temperatura más alta: 850 °C (1562 °F).	
06	¿EL PROCESO PRODUCE CAMBIOS DE FASE?	A la temperatura a la que se sostiene el proceso, la difusión de nitrógeno se produce en la fase ferrítica del acero , por lo que no se produce ninguna transformación de fase durante el enfriamiento del sustrato.	
07	¿CUÁL ES LA DUREZA ESPERADA?	La dureza superficial obtenida depende en gran medida de la composición del metal y de la microestructura. Esta puede oscilar entre 400 Hv en aceros al carbono hasta 1400 HV en calidades muy aleadas.	
08	¿CUÁLES SON LOS USOS RECOMENDADOS?	La Nitruración por Plasma garantiza excelentes resultados en componentes que necesitan propiedades de resistencia al desgaste adhesivo y la fatiga , que requieren enmascaramiento de determinadas zonas y en los que no se desea rectificado final.	
09	¿EL PROCESO ES AMBIENTALMENTE AMIGABLE?	Sí, porque utiliza hidrógeno y nitrógeno como gases de proceso. Estos no son corrosivos y garantizan un proceso eficiente y limpio. Vale la pena resaltar que la Nitruración por Plasma no utiliza gases ni productos químicos tóxicos, como el amoníaco o las sales de cianuro.	
10	¿CUÁLES SON LAS VENTAJAS?	La Nitruración por Plasma es un proceso muy avanzado, y los equipos en los que se lleva a cabo tienen un alto desarrollo tecnológico en su instrumentación. Esto significa que basta con aplicar la receta correcta para obtener resultados repetibles, entre ellos:	

- | | | |
|--|---|--|
| <p>↑ Aumenta</p> <p>Dureza superficial y resistencia al desgaste, la fatiga y la corrosión.</p> | <p>↓ Disminuye</p> <p>La corrosión, el desgaste adhesivo, el desgaste y los fallos prematuros.</p> | <p>↓ Evita</p> <p>Distorsiones del tratamiento térmico convencional y rectificadores adicionales.</p> |
|--|---|--|



2.2 ¿Cómo es el proceso de la Nitruración por Plasma?

Los hornos en los que se lleva a cabo la Nitruración por Plasma son piezas de ingeniería excepcional y los protagonistas principales del éxito del proceso. En TRATAR (Colombia y Perú) utilizamos hornos NitrEos fabricados por ION HEAT, con excelentes resultados metalúrgicos.

A muy grandes rasgos,
un horno de estos está equipado con:



Una cámara (campana o retorta) donde se introducen las piezas que se van a nitrurar.



Panel de gases que inyecta la mezcla de gases exacta definida en la receta metalúrgica.



Sistema de bombeo que crea un vacío en la cámara.



Fuente de alimentación de plasma de pulsado bipolar, que genera la potencia eléctrica necesaria para ionizar los gases de la mezcla.



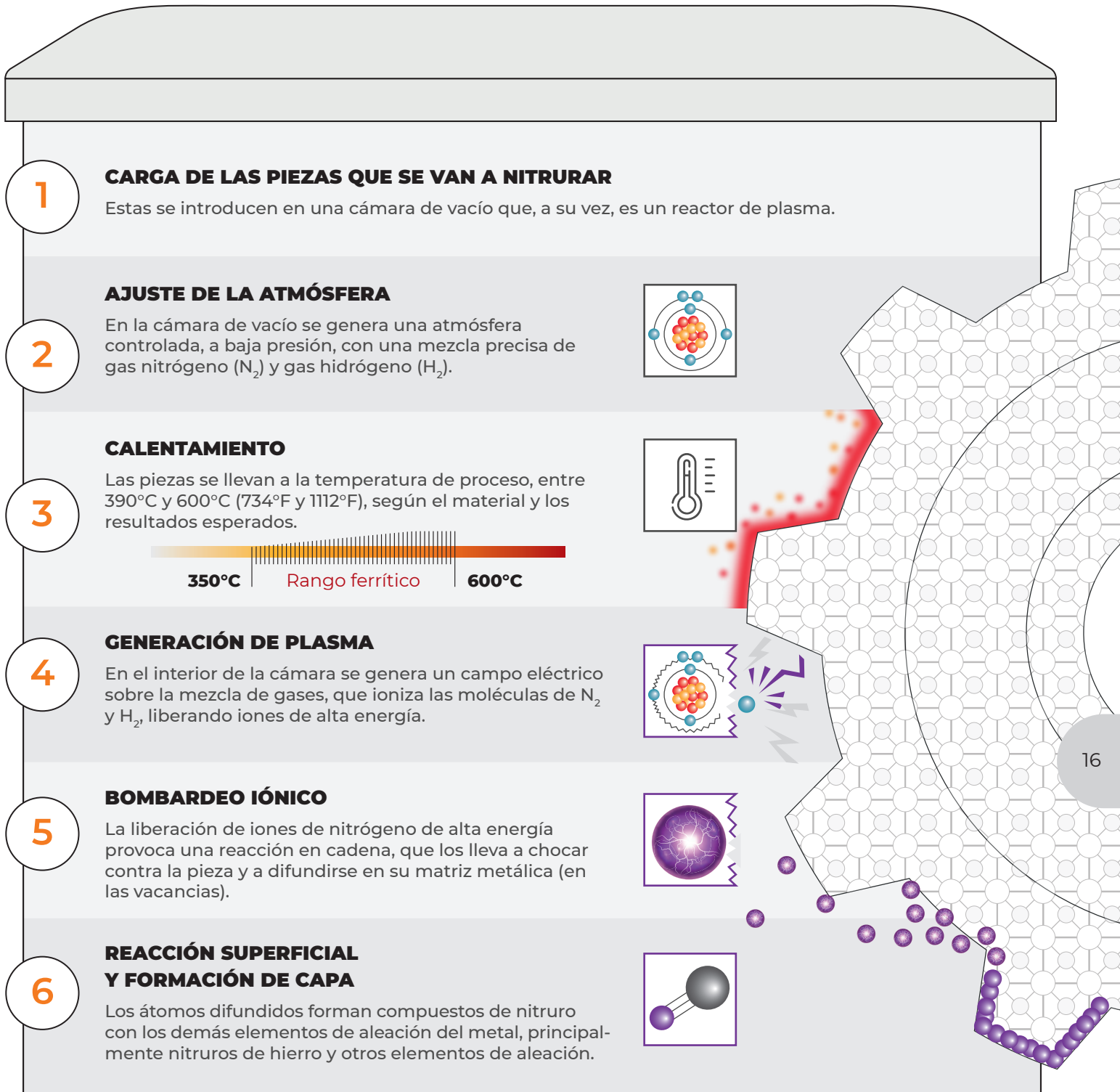
Fuentes de calor/ventilación que mantienen una temperatura del proceso uniforme.



Un software que controla todas las variables del proceso.



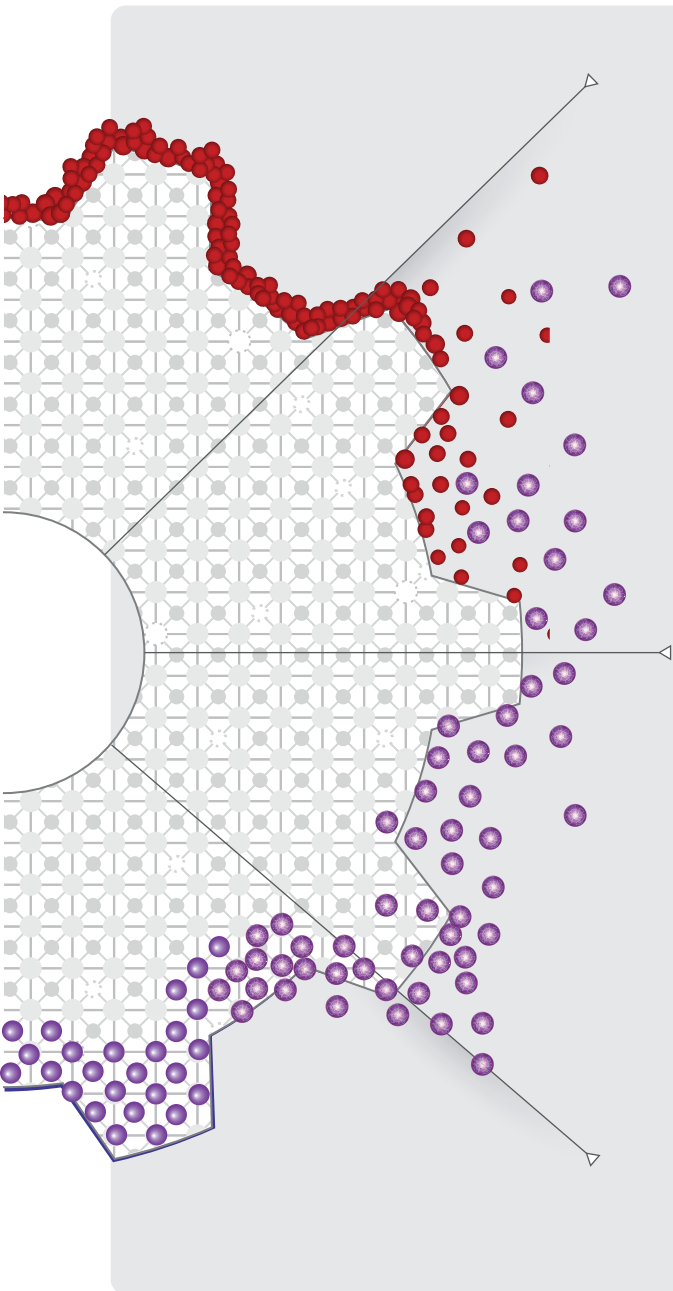
Ahora bien, los pasos del proceso de nitruración son:



2.3 Reacciones que ocurren en la superficie de la pieza durante la nitruración.

En la lección anterior revisamos lo que debe hacer el equipo de Nitruración por Plasma para generar iones de nitrógeno y difundirlos en la superficie de las piezas que se van a nitrurar.

Ahora, nos enfocaremos en las reacciones que se dan en la superficie de las piezas durante el proceso, y que permiten **alcanzar esa capa de gran dureza**. Podemos mencionar tres:



ETAPA 1: SPUTTERING

Después del mecanizado (antes de iniciar el proceso de nitruración), las superficies de las piezas suelen contener capas no uniformes de material y diversos contaminantes, tales como óxidos, residuos orgánicos, grasas, depósitos de polvo y partículas.

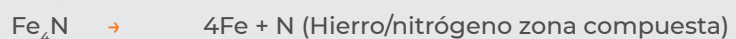
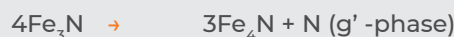
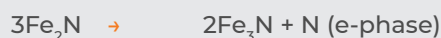
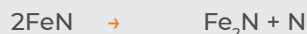
Pero, cuando comienza el bombardeo iónico, los mismos iones se encargan de preparar la pieza para obtener resultados metalúrgicos homogéneos y eficientes. **El impacto de estos, ayudados por una reacción reductora con hidrógeno, remueven los óxidos de hierro y demás contaminantes** presentes en la superficie del metal. Esta acción se conoce como *sputtering*, que se traduce al español como 'pulverización catódica'.

ETAPA 2: FORMACIÓN DE CAPA

Como resultado del impacto de los iones y la presencia de nitrógeno atómico en la superficie, comienza la formación de la capa de nitruro de hierro (FeN). Esto ocurre cuando los iones de nitrógeno se difunden a través de la superficie de la pieza.

ETAPA 3: DESCOMPOSICIÓN DEL FeN

El bombardeo continuo del plasma provoca la inestabilidad del FeN, que termina descomponiéndose así:

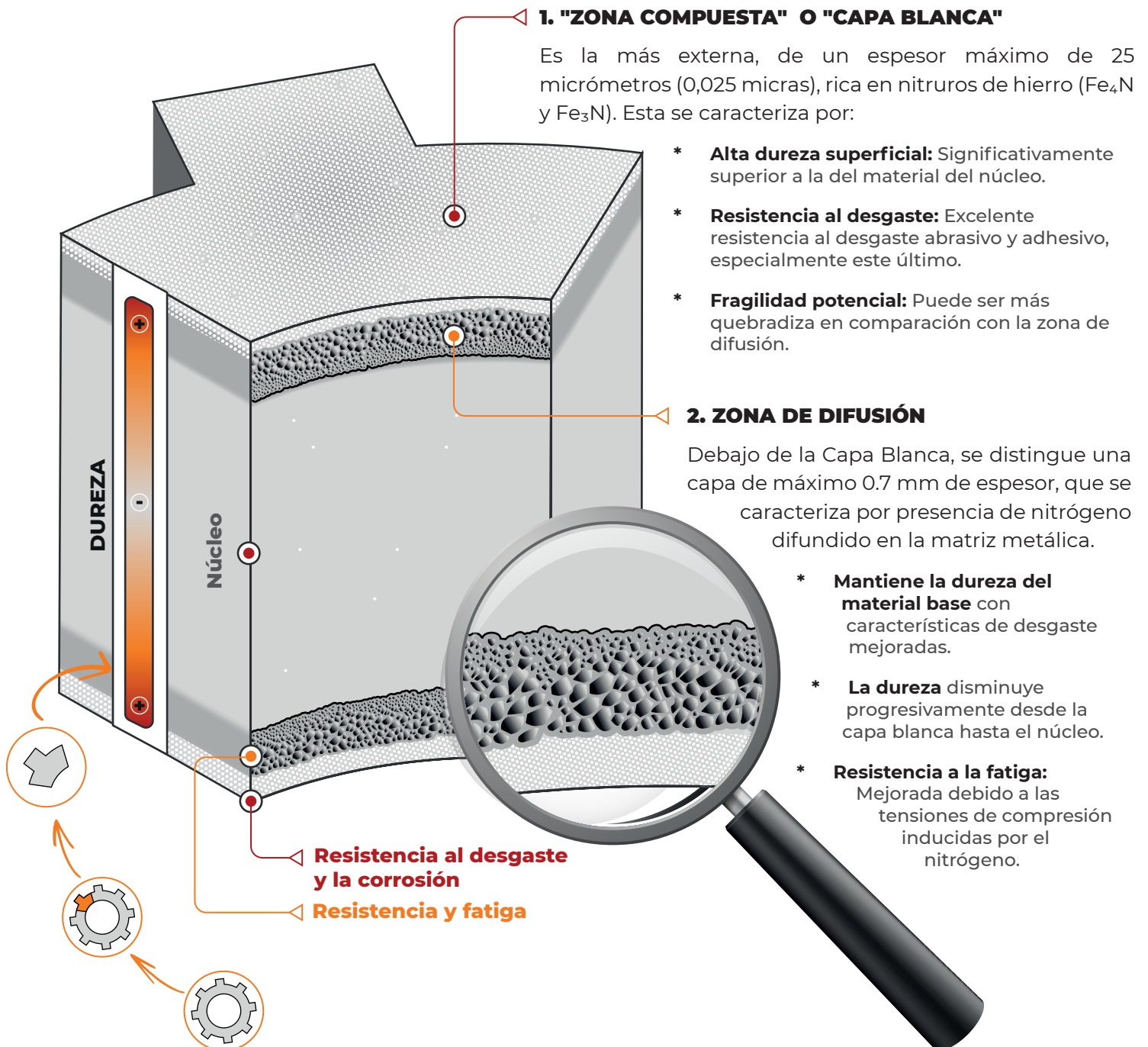


Esta capa de hierro, principalmente (Fe_3N y Fe_4N), y otros nitruros, son los **responsables de la creación de la 'Zona Compuesta' o 'Capa Blanca'**, que es una especie de manto cerámico de alta dureza, bajo coeficiente de fricción y resistencia a la corrosión.



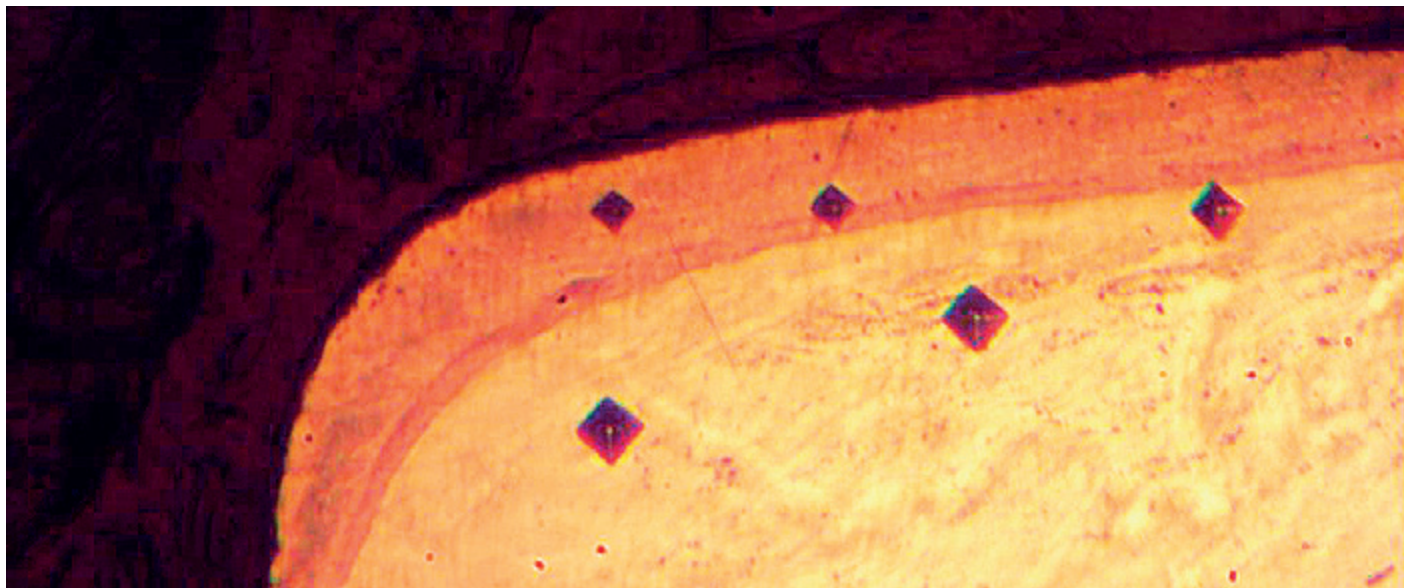
2.4 Descubriendo la Zona Compuesta (Capa Blanca).

Cuando se observa al microscopio una sección transversal de una pieza que ya ha sido sometida a Nitruración por Plasma, se pueden distinguir dos zonas:



Aquí es importante preguntarse: En términos metalúrgicos, ¿la capa blanca es conveniente o inconveniente?

Es un hecho que la dureza superficial y la resistencia al impacto son inversamente proporcionales. Por eso, la Capa Blanca tiene ventajas y desventajas, que hacen que sea indicada solo para ciertos usos.



VENTAJAS

- **Mayor dureza superficial:** Aumenta significativamente la resistencia al desgaste por deslizamiento.
- **Fricción reducida:** Especialmente beneficioso para piezas que requieren propiedades de baja fricción.
- **Resistencia a la corrosión mejorada:** Aumenta la resistencia a la corrosión de la superficie.



USOS RECOMENDADOS

- **Componentes que requieren alta resistencia al desgaste:** Engranajes, rodamientos, discos de freno.
- **Sustitución del cromo duro:** Cuando la dureza superficial y la resistencia a la corrosión son cruciales.
- **No recomendado** para componentes sometidos a grandes cargas de impacto, por su potencial fragilidad.



DESVENTAJAS

- **Fragilidad potencial:** Puede aumentar la fragilidad, reduciendo la resistencia al impacto.
- **Dificultad de mecanizado:** La dureza puede dificultar el mecanizado posterior al tratamiento.
- **Inconsistencia:** El espesor y las propiedades pueden variar en función de las condiciones de nitruración, afectando el rendimiento.



APLICACIONES QUE SE BENEFICIAN

- **Engranajes y componentes de transmisión:** Para mejorar la resistencia al desgaste.
- **Algunas herramientas de corte:** Para mantener el filo y la durabilidad.
- **Superficies deslizantes:** Donde se necesita baja fricción y alta resistencia al desgaste.



2.5 Aplicaciones industriales

Tenemos claro que la Nitruración por Plasma se utiliza en una amplia gama de aplicaciones en las que es necesario mejorar la durabilidad y el rendimiento de los componentes metálicos en condiciones de funcionamiento exigentes (propiedades combinadas). Si a esto le sumamos que los equipos de nitruración cuentan con

tecnología de precisión que garantiza resultados repetibles y estandarizables, podemos comprender la razón por la que las industrias que requieren certificaciones de calidad (como la Nadcap) cada vez se encuentran más atraídas por 'convertirse al plasma'.

ALGUNAS DE ELLAS SON:



AUTOMOTRIZ

Piezas de motor (por ejemplo, cigüeñales, árboles de levas, anillos de pistón), componentes de transmisión, engranajes y otras piezas de alto desgaste.



AEROESPACIAL

Fabricación de componentes críticos, como piezas del tren de aterrizaje, husillos, engranajes y componentes del motor.

PETRÓLEO Y GAS

Incluidas válvulas, bombas y equipos de perforación, que están sometidos a entornos duros y corrosivos.



GENERACIÓN DE ENERGÍA

Como turbinas y generadores.

ARMAMENTO Y DEFENSA

Algunos componentes de armas de fuego, como los portacerrojos.



MANUFACTURA INDUSTRIAL

Herramientas, troqueles, rodillos, moldes de inyección de plástico y aluminio utilizados en los procesos de fabricación.

HERRAMIENTAS DE CORTE Y CONFORMADO

Se utilizan en procesos de corte, conformado y mecanizado, como taladros, machos y fresas, matrices de estampación, rodillos, etc.



DISPOSITIVOS MÉDICOS

Para la fabricación de componentes biocompatibles, como instrumentos quirúrgicos e implantes ortopédicos.



En resumen...

Lo que te debe quedar claro de esta unidad:

- ✓ La Nitruración por Plasma se puede utilizar en piezas de aceros (incluidos los inoxidables), titanio, fundiciones de hierro y aleaciones de níquel.
- ✓ El objetivo principal del proceso es alcanzar una capa superficial de alta dureza, sin alterar las propiedades del núcleo.
- ✓ El espesor máximo de la capa nitrurada es de 0.7 mm.
- ✓ La temperatura de proceso se considera 'baja', ya que oscila en el rango entre los 350 – 600 °C para el caso de los aceros.
- ✓ La dureza superficial obtenida depende de la composición del metal y de la dureza de partida, en un rango entre 400 Hv en aceros al carbono lisos hasta 1400 HV en calidades muy aleadas.
- ✓ La Nitruración por Plasma garantiza excelentes resultados para aquellas piezas que requieren propiedades mejoradas de resistencia al desgaste adhesivo y la fatiga.
- ✓ El principio del proceso es el bombardeo iónico. Este requiere de un horno de nitruración que cuente con: a) una cámara de vacío con una atmósfera controlada, a baja presión, de (N₂) y gas hidrógeno (H₂). b) Un sistema de calentamiento que ofrezca una temperatura uniforme. c) Una fuente de alimentación eléctrica que ionice el gas. d) Un software que controle todas las variables del proceso.
- ✓ El bombardeo iónico es clave para: a) Hacer sputtering y limpiar la pieza que va a ser tratada. b) Difundir iones de nitrógeno en las vacancias de la estructura cristalina del acero. c) Descomponer las capas de nitruro de hierro en fases de alta dureza, con bajo coeficiente de fricción y mayor resistencia a la corrosión.
- ✓ La capa nitrurada está conformada por dos zonas: La más exterior, de apenas 25 micrómetros de espesor, y alta dureza y resistencia, conocida como 'capa blanca'. Y la Zona de Difusión, de hasta 0,7 mm de espesor, de gran resistencia a la fatiga y el desgaste. Estas dos zonas se complementan para ofrecer propiedades mecánicas excepcionales en componentes críticos y mecanismos exigentes.
- ✓ La Nitruración por Plasma está recomendada para engranajes, rodamientos, discos de freno, moldes de inyección, componentes biocompatibles y piezas que requieran superficies deslizantes de alta resistencia al desgaste. Pero no está indicada para piezas que precisan alta resistencia al impacto.

TE PUEDE INTERESAR:

Te recomendamos descargar los infográficos de síntesis de este tema:

- [Reacciones que ocurren en la superficie de la pieza.](#)
- [Qué es la Zona Compuesta \(Capa Blanca\).](#)
- [Capa blanca, ¿activo o pasivo?](#)
- [Aplicaciones de la Nitruración por Plasma.](#)





Matriz de extrusión de aluminio sometida a nitruración por plasma en TRATAR | Tratamiento Térmico.



UNIDAD 3

Optimización y Personalización de Procesos de Nitruración

La nitruración por plasma es una herramienta versátil que puede ser adaptada para cumplir con requisitos específicos. Como ya lo hemos mencionado, en la práctica permite el desarrollo de recetas precisas, resultados repetibles y excelentes resultados metalúrgicos en cierto tipo de piezas, especialmente en aquellas que

requieren **propiedades mejoradas de resistencia al desgaste adhesivo y la fatiga.**

Por eso, para redondear el tema y darle un buen fin a este curso es importante tocar tres temas que debes tener en cuenta antes de tomar la decisión de 'convertirte' a la nitruración por plasma:

3.1 Comparación con métodos alternativos de nitruración

Los métodos más conocidos para difundir nitrógeno en las superficies de las piezas metálicas son la **nitruración a gas, el baño de sales de cianuro y la nitruración por plasma.** Si bien esta última ofrece ventajas únicas en términos de precisión, control y calidad de tratamiento superficial, entre los tratamentistas térmicos tradicionales aún persiste resistencia hacia la migración tecnológica.

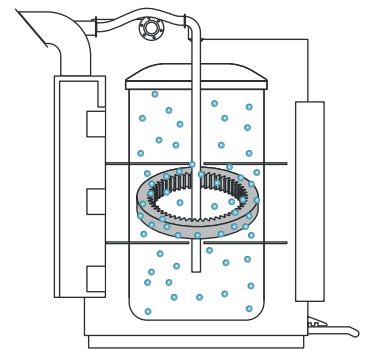
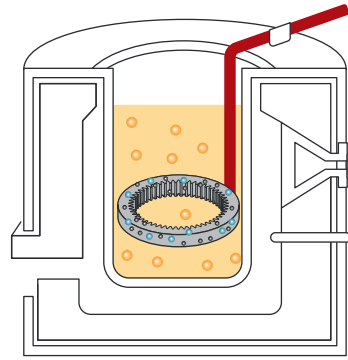
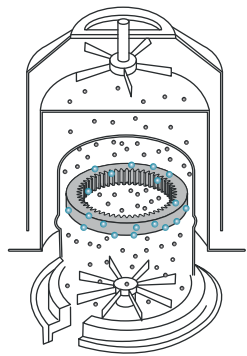
Algunas razones que explican este fenómeno son: la familiaridad que hay en la industria frente a los métodos 'de toda la vida', la adquisición de equipos

de nitruración por plasma exige una inversión inicial alta y la falsa creencia de que este es un proceso complejo de implementar.

Entre defensores y detractores de cada una de las tecnologías hay una especie de 'duelo de titanes' en el que no hay ganadores ni perdedores. Por eso, antes de decidirse por alguna de ellas, lo más sano y responsable es tener un panorama general de sus ventajas y desventajas.

Es importante aclarar que cada método tiene sus méritos y sus aplicaciones óptimas. **LA SIGUIENTE TABLA LOS COMPARA A GRANDES RASGOS:**





GAS

BAÑO DE SALES

PLASMA

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

Consiste en exponer piezas de acero a una atmósfera rica en gas amoníaco a temperaturas elevadas. El gas se disocia, liberando átomos de nitrógeno que se difunden por la superficie del material.

Inmersión de las piezas metálicas en un baño de sales con cianuro. A alta temperatura, las sales se disocian en iones cianuro y sodio. Los iones de cianuro son la fuente de nitrógeno y carbono que se difunden en la superficie.

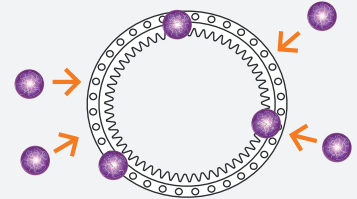
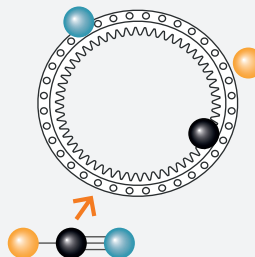
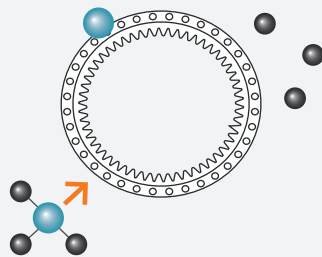
Consiste en someter las piezas a un bombardeo de iones de nitrógeno, que son absorbidos por la superficie y forman compuestos de nitruro con los elementos de aleación del material.

PRINCIPIO

NH₃ | Difusión de amoníaco
 $2\text{NH}_3 \rightarrow \text{N}_2 + 3\text{H}_2$

NaCN | Difusión de sales de cianuro
 $4\text{NaCN} \rightarrow 2\text{NaCN} + \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CO} + 2\text{N}$
 $3\text{Fe} + 2\text{CO} \rightarrow \text{Fe}_3\text{C} + \text{CO}_2$

N⁺ | Bombardeo de iones de nitrógeno
 Gas con carga eléctrica



TEMPERATURA

520 - 600°C / 932 - 1112°F

570 - 620°C / 1058 - 1148°F

350-800°C / 662-1382 °F

TIEMPO DE PROCESO

10-120 horas

2-4 horas

Hasta 120 horas

PROFUNDIDAD DE CAPA NITRURADA

0.05 - 0.7 mm
 (50 - 700 micrómetros)

0.05 - 0.15 mm
 (50 - 150 micrómetros)

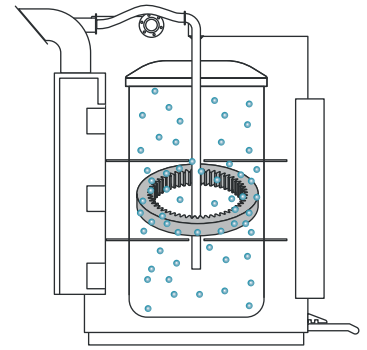
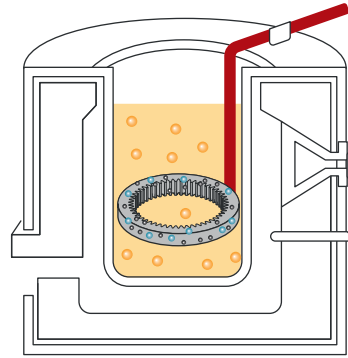
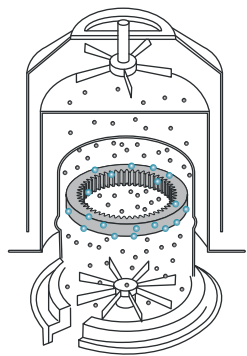
0.05 - 0.7 mm
 (50 - 700 micrómetros)

** Estimaciones generales. Las variables del proceso varían en función del material, la geometría de la pieza y los resultados esperados.*



Fundamentos de Nitruración por Plasma | Conoce el método de endurecimiento superficial que garantiza resultados metalúrgicos superiores y no contamina el medioambiente.





GAS

BAÑO DE SALES

PLASMA

VENTAJAS

- Capas nitruradas profundas.
- Flexibilidad en el tamaño de las piezas y facilidad de carga del horno.
- Posibilidad de realizar nitruración y FNC (Nitrocarburo ferrítico).

- Tiempos de tratamiento cortos.
- Capa blanca gruesa.
- Solución barata.

- Capas nitruradas profundas.
- Limpieza por Sputtering.
- Resultados repetibles.
- Gases respetuosos con el medio ambiente.
- Baja descarburación.
- Bajo consumo de gas.
- Fácil enmascaramiento de las superficies seleccionadas.
- Posibilidad de realizar nitruración y FNC.

DESVENTAJAS

- Uso de gases corrosivos.
- Sin efecto limpiador.
- Aceros inoxidables difíciles de nitrurar.
- No es fácil controlar las reacciones termodinámicas.
- Elevado consumo de gas.

- Las piezas con costuras no selladas o geometrías complejas pueden atrapar la solución salina, incluso tras un enjuague riguroso.
- Corrosión/picaduras en caso de inmersión prolongada.
- Caja poco profunda.
- Prohibida en algunas lugares debido a la contaminación.
- Venenosa.

- Agujeros y cortes profundos.
- Cátodo hueco + Efectos de borde.
- La carga del horno requiere atención a los detalles.

TE PUEDE INTERESAR:

Descarga el infográfico de resumen de este tema
En PDF: [¿Cuál es el mejor método de nitruración](#)



Fundamentos de Nitruración por Plasma | Conoce el método de endurecimiento superficial que garantiza resultados metalúrgicos superiores y no contamina el medioambiente.





3.2 Diferencia entre nitruración y nitrocarburoción ferrítica

Existe un proceso ‘hermano’ de la nitruración: la nitrocarburoción ferrítica. En común, tienen que ambos son procesos de tratamiento de superficie que implican difusión de iones en la superficie de la pieza. **La diferencia radica en que en la nitrocarburoción ferrítica, además de nitrógeno, se utiliza carbono, con el fin de aumentar el espesor de la capa blanca,** una propiedad útil en piezas

que van a estar expuestas a **ambientes corrosivos** o donde la resistencia a la adhesión es un factor crítico, como válvulas, ejes y equipos de la industria alimentaria.

Te recomendamos conocer la diferencia entre estos procesos para sacarle el mayor provecho a tus equipos y lograr mejores resultados:



NITRURACIÓN

NITROCARBURACIÓN FERRÍTICA

ELEMENTOS POR DIFUNDIR	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> <p>N</p> <p>Nitrógeno</p> </div>	<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center; margin-right: 10px;"> <p>N</p> <p>Nitrógeno</p> </div> + <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center; margin-left: 10px;"> <p>C</p> <p>Carbono</p> </div> </div>
OBJETIVO	<p>Formación de un compuesto de nitruro fino y duro en la superficie, además de una zona de difusión buena y fuerte debajo, con el fin de mejorar:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Dureza de la superficie. ✓ Capacidad de carga. ✓ Resistencia al desgaste. ✓ Resistencia a la fatiga. 	<p>Formación de nitruros y carburos duros en la superficie, para aumentar el espesor de la capa blanca y mejorar:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Capacidad de carga. ✓ Resistencia a la fatiga. ✓ Resistencia al desgaste adhesivo. ✓ Resistencia a la corrosión. ✓ Lubricidad.
PROCESO	<div style="text-align: center;">  </div> <p>Enfocado en la zona de difusión más que en la capa blanca.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 20px;"> <div style="text-align: center;"> <p>Dureza de la superficie</p> <p>+++++</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Resistencia a la fatiga</p> <p>+++++</p> </div> </div>	<div style="text-align: center;">  </div> <p>Creación de una capa blanca más gruesa y una zona de difusión menos profunda que la nitruración. La introducción de carbono en la superficie satura la composición química del acero, convirtiéndolo en un compuesto.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 20px;"> <div style="text-align: center;"> <p>Dureza de la superficie</p> <p>+++++</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Resistencia a la fatiga</p> <p>++++</p> </div> </div>
MATERIALES	<p>Aceros de medio a alto carbono Fundiciones de hierro Aceros inox. Aleaciones de níquel Titanio.</p>	<p>Aceros con bajo contenido en carbono Fundiciones de hierro.</p>
PARA TENER EN CUENTA	<p>Cuando se busca la mejor relación entre dureza y ductilidad, en piezas con alta resistencia a la fatiga.</p>	<p>Busca mejorar las propiedades de deslizamiento y resistencia a la corrosión.</p>
APLICACIONES	<p>Engranajes, árboles de levas, herramientas de corte, componentes de motores, taladros, etc.</p>	<p>Además de las anteriores, piezas expuestas a ambientes corrosivos, como válvulas, ejes y equipos de la industria alimentaria.</p>
MECANISMO INDICADO	<p>Resistencia a la fatiga rotacional, capacidad de carga.</p>	<p>Desgaste por deslizamiento</p>
TEMPERATURA DE PROCESO	<p>390°C - 530°C Hasta 800°C para Titanio</p>	<p>550°C - 650°C</p>





3.3 Elección de los gases para hacer nitruración.

Este tema es importante porque la elección de los gases y su proporción específica es clave para controlar el proceso, adaptar las propiedades de la capa nitrurada y lograr los resultados deseados en diferentes materiales y aplicaciones.

Además, es de resaltar que **la nitruración por plasma NO utiliza gases corrosivos**, una ventaja

que repercute en la vida útil de los equipos, reduce los costes de mantenimiento y garantiza un proceso respetuoso con el medio ambiente, mejorando los estándares de calidad y los resultados metalúrgicos.

LOS GASES USADOS EN LA NITRURACIÓN POR PLASMA SON:





NITRÓGENO

Gas primario

Cuando se somete a una descarga eléctrica en una cámara de vacío, la molécula de nitrógeno se disocia y el nitrógeno atómico se ioniza para crear un plasma que contiene especies activas de nitrógeno (N_2^+), N_2^- , N_4^+ y N^{2*} , que forman nitruros en la superficie de la pieza, mejorando su dureza y resistencia al desgaste, entre otras.



HIDRÓGENO

Transporte y dilución

El hidrógeno actúa como gas reductor y, al ionizarse, ayuda a activar el gas nitrógeno proporcionándole electrones libres. Ayuda a diluir el nitrógeno hasta el potencial de nitruración correcto y ayuda a reducir los óxidos presentes en la superficie, activando así la superficie para una nitruración posterior.



ARGÓN

Transporte y limpieza

Proporciona un medio para el transporte de especies reactivas, ayuda a estabilizar la descarga eléctrica y garantiza que el plasma se mantenga constante durante el proceso. El Argón es un átomo más pesado, por lo que aumenta la energía cinética con la que golpea la superficie, creando un efecto de pulverización catódica más fuerte.



METANO

Gas de proceso

Es un gas donante de carbono para la FNC por plasma o nitrocarburo ferrítica. Los átomos de carbono y nitrógeno forman compuestos duros en la capa superficial del material, haciendo que el acero sea más duro y resistente al desgaste. El metano se utiliza en bajas cantidades, por lo que es probable que una sola botella dure un par de años.





A manera de cierre...

A lo largo de este curso, hemos explorado los fundamentos básicos de la nitruración por plasma, siendo realistas frente a sus complejidades y sus beneficios en el campo del endurecimiento de superficies. Mientras nos preparamos para cerrar este capítulo de aprendizaje, dejamos sobre el escritorio una reflexión sobre la importancia de aunar esfuerzos que lleven a la industria metalmeccánica a adoptar procesos más limpios.

En un mundo cada vez más consciente de la sostenibilidad, nuestra industria está llamada a reducir la emisión de gases nocivos y el uso de químicos peligrosos, sin sacrificar la exigencia por lograr resultados precisos, confiables y competitivos. En este sentido, aprender sobre la nitruración por plasma es más relevante que nunca.

Como fabricantes de hornos de nitruración por plasma y proveedores de servicios de tratamiento térmico/termoquímico, esperamos estar contribuyendo al mejoramiento de las prácticas industriales, de cara a un mundo más limpio y próspero para las generaciones venideras.

En la versión digital de este curso, de forma totalmente gratuita podrás:

Realizar la evaluación del curso (un sencillo cuestionario de comprensión) y con ello, obtener un certificado que podrás anexar a tu hoja de vida.
<https://www.tratar.com.co/cursos-disponibles>

Descargar los infográficos de resumen de cada tema, en formato PDF.

Contactar asesores cuando requieras servicio especializado.



© 2024 TRATAR | TRATAMIENTOS TÉRMICOS

El curso **Fundamentos de nitruración por plasma | Conoce el método de endurecimiento superficial que garantiza resultados metalúrgicos superiores y no contamina el medioambiente** es propiedad de **TRATAR | Tratamientos Térmicos**

Las fotografías, las ilustraciones y los renders hacen parte del banco de imágenes de la Compañía o han sido tomadas de Freepik bajo licencia Premium (Uso ilimitado sin atribución). Todo el contenido está protegido por las leyes de derecho de autor que rigen en Colombia.

Este material tiene fines educativos y no puede usarse con propósitos económicos o comerciales.

TRATAR | Tratamientos Térmicos posee y retiene todos los derechos de autor y otros derechos de propiedad intelectual de este curso, por tanto no puede ser reproducido, modificado, copiado ni comunicado sin consentimiento por escrito de la Compañía.

TRATAR | Tratamientos Térmicos certifica que ha realizado todos los esfuerzos razonables para garantizar que la información sea precisa, completa y fiable. Sin embargo, no se hace responsable de eventuales errores, consecuencia de actos y omisiones basados en la totalidad o parte de la información.



Contacto

CO | MEDELLÍN

Calle 29C # 53-23, Zona Industrial de Belén
+57 604 265 8382
tratar@tratar.com.co

CO | BOGOTÁ

Calle 22A # 132-72 Bodega 9
+57 601 746 0971
tratar@tratar.com.co

PE | LIMA

Avenida Elmer Faucett 3430,
Urbanización Industrial Bocanegra Callao
+51 (1) 575 6000
info@tratarperu.pe



www.tratar.online

