



PROPIEDADES DEL NÍQUEL QUÍMICO

Enthone España, S.A.
Carlos Pertegaz

La utilización del recubrimiento de níquel químico más fósforo es ampliamente conocida debido a su excelente comportamiento a la corrosión y a las características físicas del depósito obtenido.

Estos depósitos se obtienen mediante una reacción catalítica por codeposición de níquel y fósforo desde una amplia variedad de procesos que, básicamente, contienen iones de compuestos de níquel e hipofosfito como agente reductor.

Los primeros procesos de níquel químico datan del año 1946, aunque podrían ser anteriores, ya que figura una patente americana del año 1916...

El depósito obtenido contiene un nivel de fósforo entre el 2 al 13% que también influye de forma significativa en las propiedades físicas del mismo.

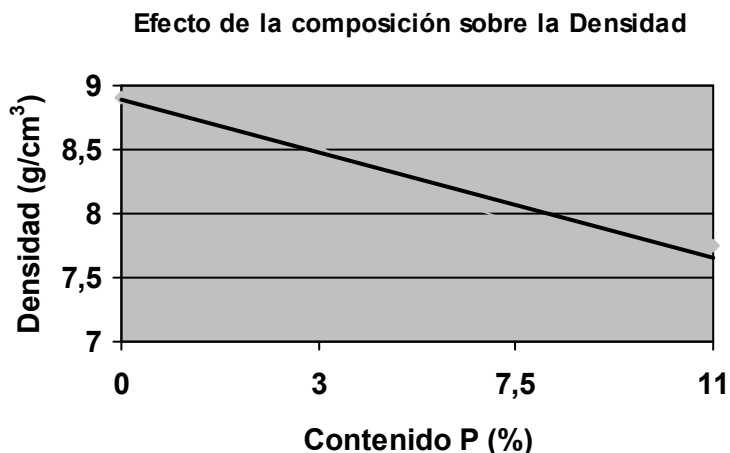
Las propiedades del níquel químico se pueden desglosar en:

- Composición y estructura del depósito.
- Propiedades físicas.
- Propiedades mecánicas.
- Resistencia a la corrosión.

1. COMPOSICIÓN Y ESTRUCTURA

Las mayores diferencias entre el níquel electrodepositado y el níquel químico están asociadas con su pureza y estructura del depósito. Por ejemplo, la pureza del níquel electrodepositado es mayor del 99%, pero cuando se utiliza el hipofosfito sódico como agente reductor en el níquel químico, dicha composición del depósito oscila entre el 87 y 98 % del Ni, y el resto entre el 3 y el 12 % en P teniendo una influencia en la densidad del depósito.

Composición & Estructura Estructura amorfa – no cristalina



En la industria normalmente se identifica la película de níquel químico de acuerdo al contenido en fósforo (P) del depósito:

Bajo P	2 – 5 %
Medio P	6 – 9 %
Alto P	10 – 13 %

Consecuentemente, una de las características necesarias para tener definido el tipo de níquel químico a aplicar, es el de especificar el contenido de fósforo del depósito. Asimismo, la variación de dicho contenido de P nos proporcionará diferencias en las propiedades de la resistencia a la corrosión y en la dureza.

La estructura del níquel químico es responsable de algunas de sus únicas propiedades. Difiere de la estructura cristalina del níquel electrodepositado ya que se define como una estructura amorfa, siendo más visible con depósitos por encima del 10,5 % de P, aportando una barrera más efectiva de protección a la corrosión.

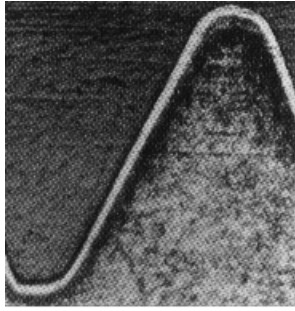
El tratamiento térmico de los depósitos de níquel-fósforo, puede causar significantes cambios en sus propiedades y estructura.

2. PROPIEDADES FÍSICAS

UNIFORMIDAD

Una de sus principales características es la habilidad de producir depósitos con un grado muy elevado de uniformidad en su espesor. Es evidentemente beneficioso cuando estamos delante de piezas con cierta complejidad geométrica dónde el níquel electrodepositado produciría una irregular deposición e incluso no habría deposición en algunas zonas.

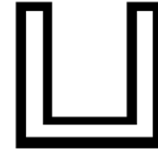
Geométricamente “uniforme” espesor



Corte Metalográfico

Ideal para evitar el rectificado mecánico posterior

Deposición
Níquel químico



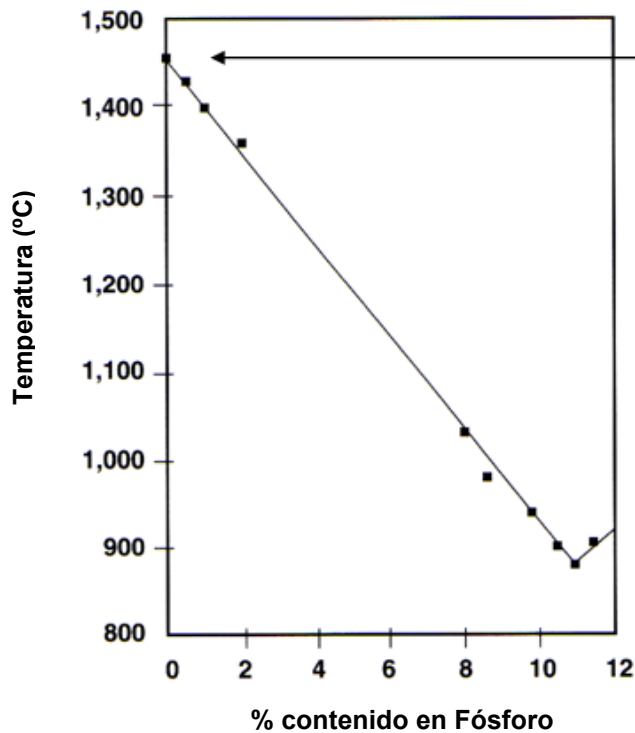
Deposición
Níquel
electrolítico



PUNTO DE FUSIÓN

El punto de fusión es inferior al del níquel puro ya que el contenido de P en el depósito hace que sea dicha diferencia elevada, siendo menor cuanto mayor contenido de P tiene el depósito.

Así, tenemos que el níquel puro tiene un punto de fusión de 1455 °C y con un contenido del 11 % de P se reduce hasta los 880 °C (eutéctico).



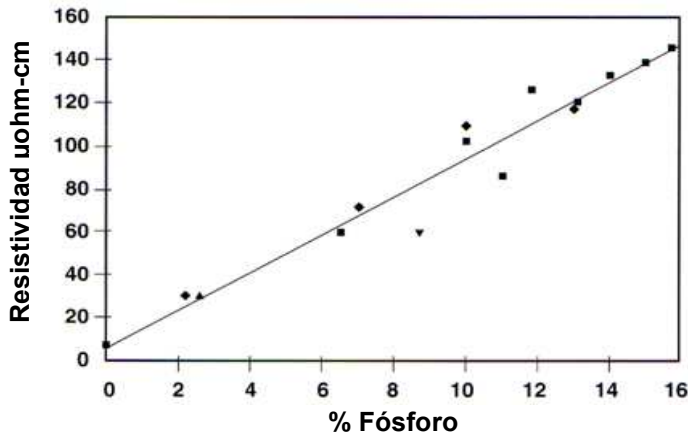
1455°C para níquel puro

El punto de fusión decrece casi linealmente con el incremento de P en el depósito

PROPIEDADES ELÉCTRICAS

La resistividad del níquel puro es de 7,8 $\mu\text{ohm-cm}$ siendo la del níquel químico superior en más de 10 veces. La codeposición del P hace que la resistividad del níquel químico aumente con el incremento del contenido en fósforo. Normalmente los valores que alcanza están dentro del rango de 30 a 100 $\mu\text{ohm-cm}$ desde el bajo al alto contenido en P.

RESISTENCIA ELÉCTRICA



Aumenta con el incremento del contenido en P

Tratamiento Térmico reduce la resistividad eléctrica

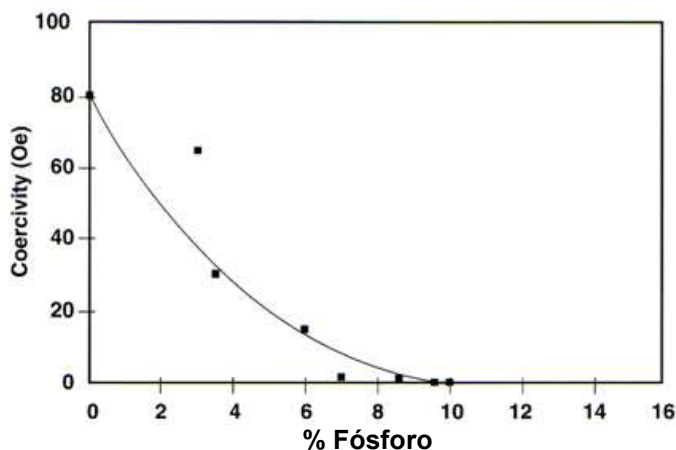
Disminuye la soldabilidad

También es importante conocer que a mayor resistividad (mayor nivel de P en el depósito) menor soldabilidad del níquel químico, siendo esta característica muy importante en algunas aplicaciones industriales.

Relacionado con las propiedades eléctricas tenemos otra característica intrínseca y no menos importante del níquel químico, como es la propiedad magnética del depósito de Ni+P. Esta característica es definitiva para una de las aplicaciones más extendidas con la producción de "memory discs" con el níquel químico de alto contenido en P (> 11% P).

La influencia del magnetismo en el níquel químico varía con el nivel de P en el depósito, siendo no magnético un contenido > 11% de P.

MAGNETISMO



Disminuye el magnetismo

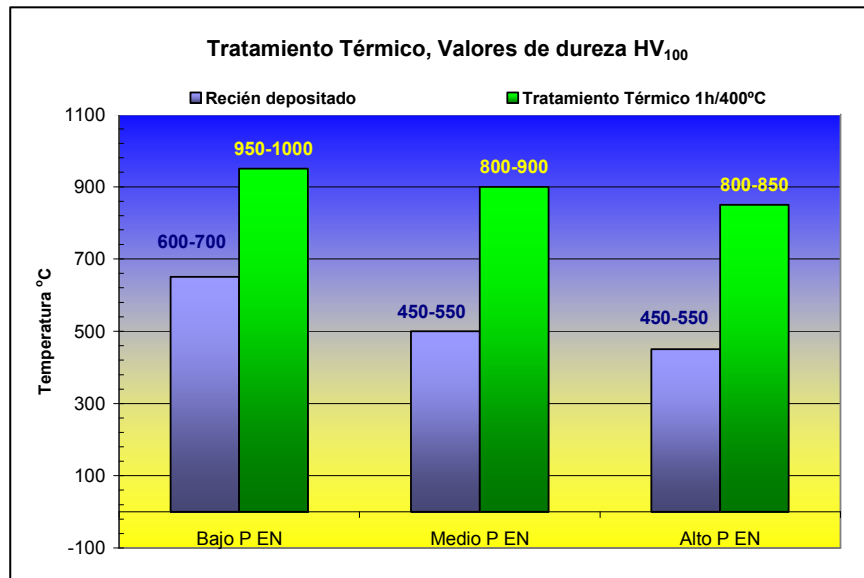
- Depósitos por encima del 11% son esencialmente no magnéticos.
- Tratamientos térmicos por encima de 260 °C restauran las propiedades magnéticas del níquel químico.

3. PROPIEDADES MECÁNICAS

DUREZA

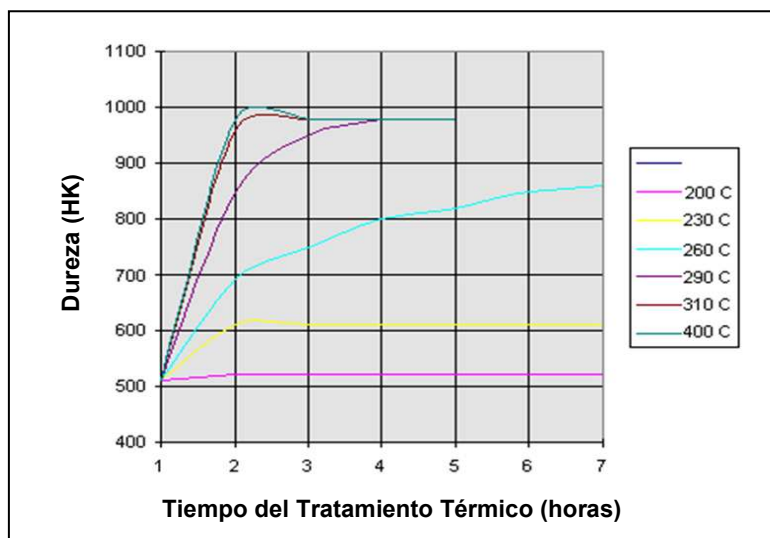
La dureza del níquel químico es un factor clave en muchas aplicaciones. Dicho valor de dureza lo podemos diferenciar entre el que se obtiene “recién depositado” que está fuertemente relacionado con el contenido de P en el depósito y el que se pueda obtener con un tratamiento térmico.

DUREZA Y TRATAMIENTO TÉRMICO



Mínimo 50 µ depósito

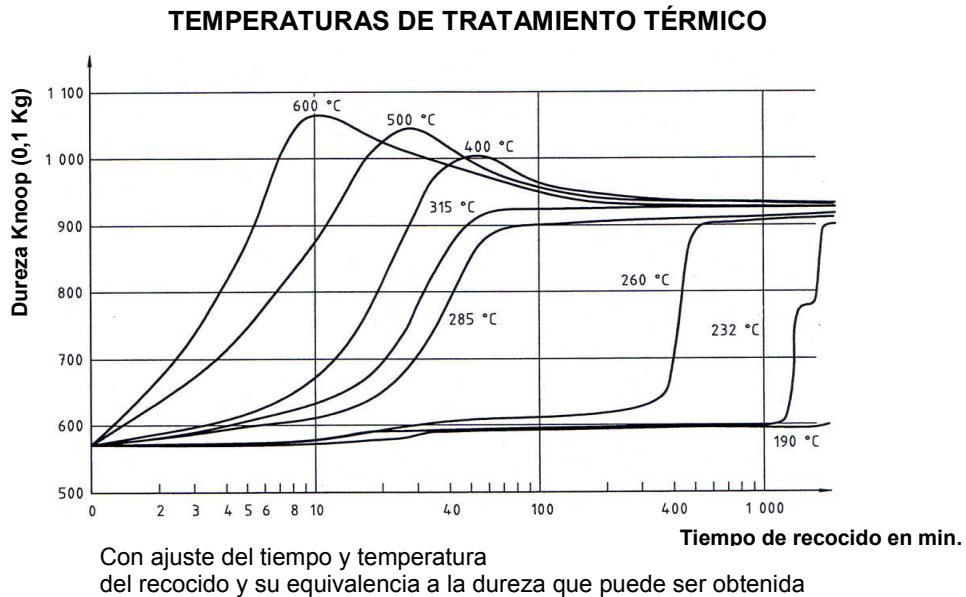
El rango de temperaturas que se utiliza en el tratamiento térmico se sitúa entre los 350 y 400 °C para obtener sus valores máximos con cualquier contenido de P en el depósito, cifrándose entre los 850 y 950 HK₁₀₀. No obstante, sí que hay diferencias a menores temperaturas.



Efecto del tratamiento térmico a diferentes temperaturas en la dureza del depósito del níquel químico de alto contenido en P

Similar al Bajo y Medio contenido en P

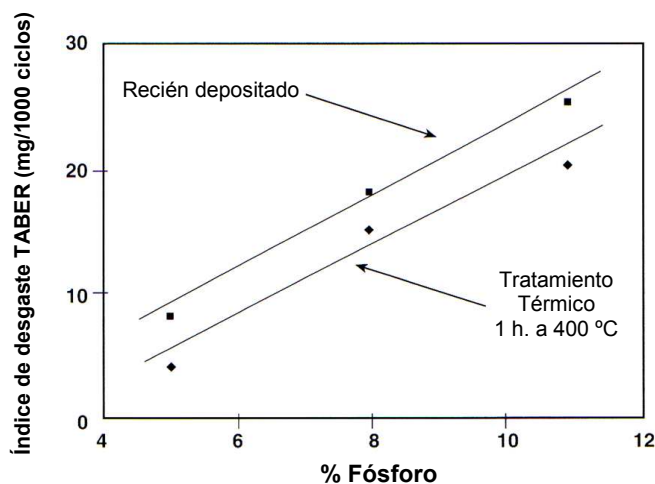
Sin embargo, a través de un recocido posterior se pueden llegar a conseguir unas durezas mayores de hasta 1050 HK₁₀₀, según se puede ver en la gráfica siguiente.



La dureza no es el único factor a valorar, ya que la resistencia al desgaste también es muy importante en muchos casos. El níquel químico recién depositado tiene buena resistencia a la abrasión y a la erosión, pero no es tan duro como otros depósitos electrodepositados, tal como el cromo duro. Naturalmente, la dureza y la resistencia al desgaste pueden ser incrementadas por el tratamiento térmico a valores similares a los del cromo duro y además, con no agresión al medio ambiente, por lo que puede ser un buen sustituto.

En situaciones en que dos superficies metálicas deban friccionar, el gripaje puede ocurrir, particularmente si la dureza de ambas superficies metálicas es similar. La habilidad de modificar la dureza del níquel químico con un tratamiento térmico o con el control del contenido en fósforo puede ser utilizado como una ventaja técnica para evitar el gripaje si las superficies en contacto son de níquel químico.

Hay varios métodos de controlar la resistencia al desgaste, siendo el método TABER el más usado.



Natural lubricidad	
Coeficiente de fricción	
Cr vs Acero	0,20
Cr vs Ni químico	0,30
Ni vs Acero	0,20
Ni químico vs Acero	0,26
Ni vs Ni	Gripado
Ni químico vs Ni	0,25

En los resultados del índice TABER podemos leer qué depósitos de níquel químico, con bajo o alto contenido en P después de un tratamiento térmico, obtienen valores de dureza similares al cromo duro, y muy superiores al níquel electrodepositado.

Tratamiento térmico específico para mejorar la ADHERENCIA

Otra característica del níquel químico es la influencia que tiene el realizar un determinado tratamiento térmico para mejorar la adherencia entre la película del níquel químico y la base metálica sobre la que está depositada.

TRATAMIENTO TÉRMICO PARA MEJORAR LA ADHERENCIA

Metal	Fuerza de unión Recién depositado – Tratamiento Térmico realizado (Kg/mm²)	Temperatura de Tratamiento Térmico (°C)	Tiempo (h)
Acero	35 – 42 +	180 – 200	2 – 4
Cobre	16 – 20	180 – 200	2 – 2,5
Aluminio, endurecido anteriormente	10,5 - 24,6	120 – 130	1 – 6
Aluminio, recién endurecido	10,5 – 24,6	140 – 150	1 – 2
Titanio		300 – 320	1 – 4

Sin embargo, el tratamiento térmico normal para el níquel químico aumenta la dureza pero reduce la ductilidad.

TENSIÓN INTERNA

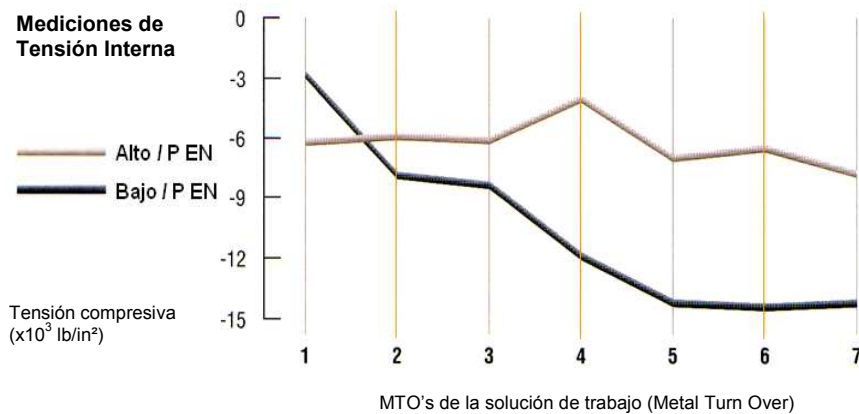
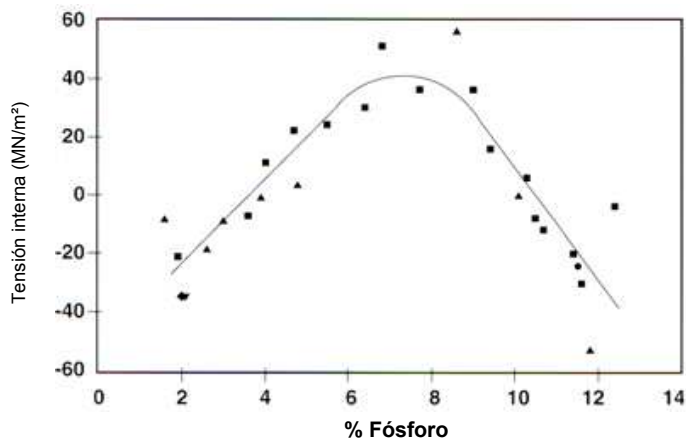
La tensión interna se refiere a la fuerza interna que es capaz de generar para cambiar el tamaño del depósito para liberar dicha fuerza, y puede provocar fisuras o roturas del depósito.

Por ejemplo, la resistencia a la fatiga de materiales puede verse reducida si el recubrimiento que se aplique posee elevado índice de tensión interna.

En términos generales, en función del contenido de P en el depósito nos aporta las siguientes características:

- Bajo P : Tensión compresiva, tanto en soluciones nuevas como viejas.
- Medio P : Tensión compresiva en soluciones nuevas pero de tracción en soluciones viejas.
- Alto P : Tensión compresiva en soluciones nuevas, pero aumenta su tensión de tracción a medida que la solución de trabajo envejece.

TENSIÓN INTERNA



Los factores que influyen en las tensiones internas de un depósito de níquel químico son:

- Tipo de baño.
- Antigüedad del baño (MTO's).
- Contaminación de la solución de trabajo.
- Metal base a tratar.

4. RESISTENCIA A LA CORROSIÓN

La resistencia a la corrosión del níquel químico es una de las mayores razones esgrimidas para su generalizada utilización en la industria, como una capa protectora efectiva y uniforme sobre toda la superficie metálica.

Naturalmente, no todos los tipos de níquel químico se comportan de igual manera ante la corrosión, sea atmosférica o en contacto con soluciones alcalinas o ácidas.

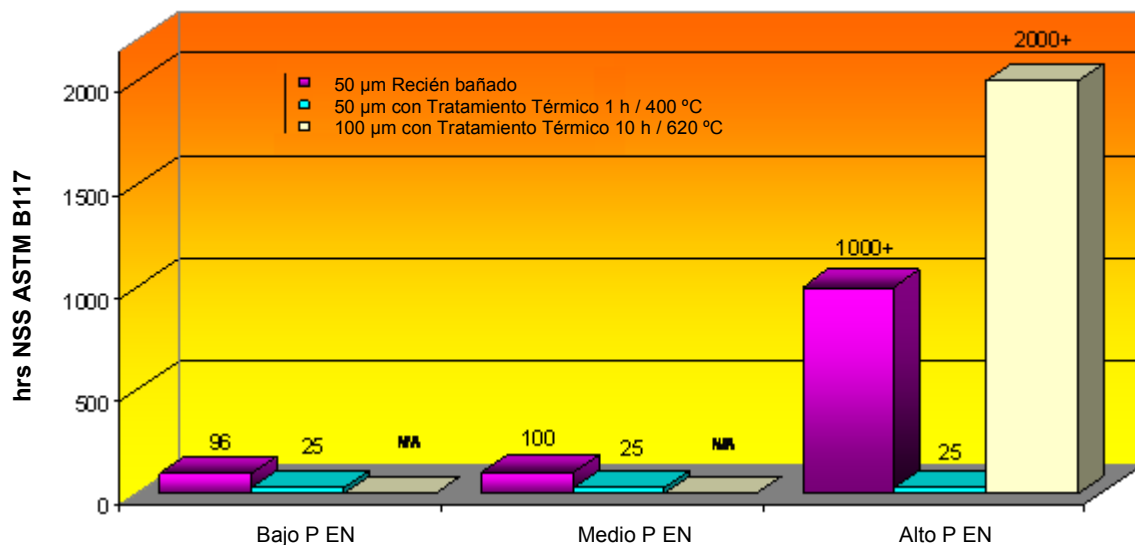
Por ejemplo, los depósitos de alto contenido en fósforo tienen peor comportamiento que los de bajo contenido en fósforo en altas temperaturas, en medios muy alcalinos o ácidos. Otros factores a tener en cuenta son la naturaleza y estado superficial del sustrato, el espesor del depósito así como los requerimientos posteriores a realizar como el tratamiento térmico.

El níquel químico no es un depósito de sacrificio como lo son el zinc o el cadmio, sino que es una verdadera barrera entre el medio corrosivo y el metal base o sustrato. Consecuentemente el espesor del film y la ausencia de porosidad son de gran importancia. En general los depósitos de níquel químico tienen un espesor uniforme y muy poca porosidad.

La porosidad disminuye al aumentar el espesor y se ve realmente reducida con un contenido de P > 10%.

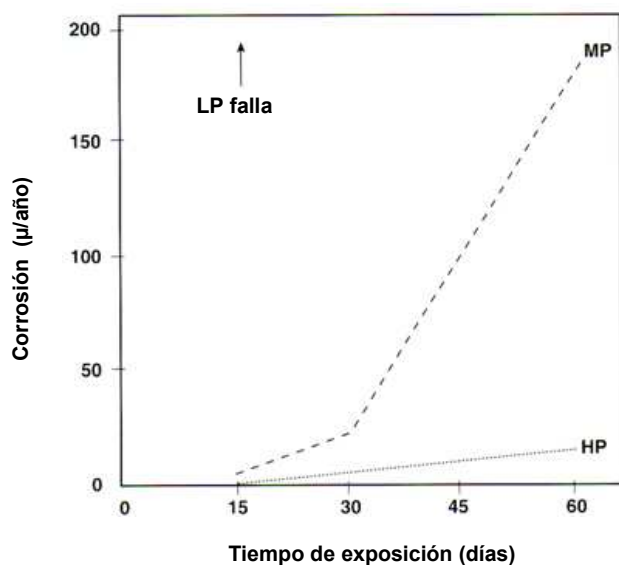
La naturaleza amorfa de estos depósitos de níquel químico con alto contenido en P es ventajosa en ambientes corrosivos.

La condición y estado superficial del sustrato tiene un significativo efecto en la porosidad del níquel químico y generalmente los depósitos con elevados espesores son recomendados para sustratos rugosos para asegurar una baja porosidad y óptima resistencia a la corrosión.



Como regla general, el Tratamiento Térmico disminuye la resistencia a la corrosión

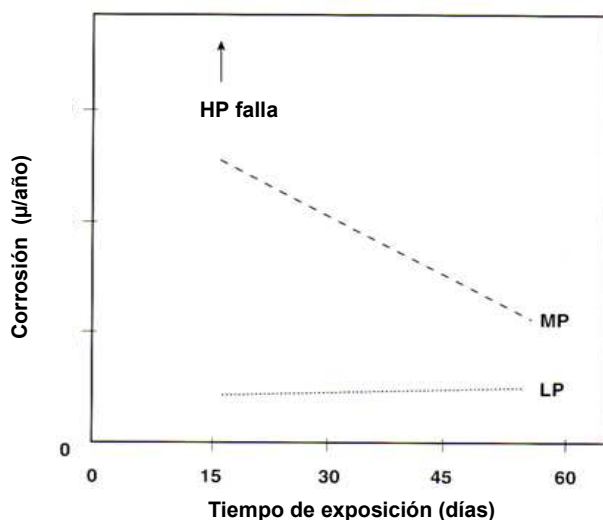
RESISTENCIA A LOS ÁCIDOS



Efecto de la composición de níquel químico con la resistencia a la corrosión en una solución de ácido fosfórico al 75% peso a 40 °C

LP : Bajo contenido P
MP : Medio contenido P
HP : Alto contenido P

RESISTENCIA A LOS ÁLCALIS



Efecto de la composición de níquel químico con la resistencia a la corrosión en una solución de sosa cáustica al 45% peso a 40 °C

El níquel químico es frecuentemente requerido para conseguir una buena resistencia a la corrosión y al desgaste. El tratamiento térmico es utilizado para aumentar la dureza y aumentar las propiedades de resistencia al desgaste. Naturalmente, en función de la temperatura utilizada, se obtiene un incremento de la porosidad y con ello se ve reducida su resistencia a la corrosión debido, probablemente, a la formación de microfisuras en la superficie del níquel químico, y en especial con el de alto contenido en fósforo.

En general se obtienen buenos resultados:

- Si se escoge el proceso adecuado y con el nivel de P necesario para cada aplicación.
- Si se aplica adecuadamente sobre el metal base, con una correcta preparación de la pieza y con el espesor adecuado.
- Si se escoge el proceso adecuado para cumplir con los requerimientos del acabado.