



28, chemin les Carretès

31600 MURET

Tél. : 62.23.02.80

Fax : 61.51.65.63

INTRODUCTION

Le nickelage chimique est un procédé industriel de dépôt de nickel allié au phosphore ou dans une moindre mesure au bore, obtenu sans aucune source extérieure de courant. Il offre des solutions techniques exceptionnelles et concurrence les dépôts électrolytiques conventionnels, lorsqu'ils sont utilisés pour leurs qualités de dureté, de résistances à l'usure, au frottement, à l'abrasion, à la corrosion...

Il supplante même ces derniers lorsqu'il s'agit du traitement de pièces de formes compliquées dont toutes les parties ne peuvent être accessibles aux lignes de courant.

Ses caractéristiques les plus remarquables sont :

- une épaisseur uniforme quelle que soit la forme des pièces,
- des propriétés variables selon les traitements thermiques effectués.

L'uniformité de l'épaisseur est obtenue pour autant que toutes les parties de la pièce soient en contact avec le bain et que celui-ci est correctement renouvelé.

L'exemple cité le plus couramment est celui des engrenages ou des pièces filetées : quel que soit l'endroit, l'épaisseur est la même (fond, flanc, sommet de file).

Cette propriété entraîne des avantages incontestables et donc des applications innombrables, non seulement quand il s'agit des aspects dimensionnels, mais encore lorsque l'on recherche une protection contre la corrosion, un équilibrage de pièces soumises à des rotations élevées, voire une économie de réusinage après dépôt. Grâce au nickel chimique, la même protection est assurée en tous points d'une pièce, ce qui n'est évidemment pas le cas pour un dépôt électrolytique qui possède des épaisseurs très différentes d'un point à un autre.

Bien entendu, la corrosion se déclenche en premier lieu aux endroits où elles sont minimales. La précision sur l'épaisseur du dépôt peut être très grande ; en pratique on peut garantir ± 1 à 2 microns.

L'influence des traitements thermiques est due au fait que l'on est en présence d'un alliage dont la structure change sous l'effet de la température. Il est ainsi possible de favoriser la dureté qui bien que déjà très élevée en sortie de bain peut, suite à un traitement thermique approprié, concurrencer celle du chrome.

En pratique, on peut effectuer des dépôts de nickel chimique sur de nombreux supports : les fontes, les aciers au carbone et alliés, les aciers inoxydables, les alliages d'aluminium, de cuivre, l'argent, l'or, le titane, l'uranium, le zirconium, le béryllium, le platine, le palladium, le rhodium, le silicium, le cobalt, le nickel et ses alliages, le Monel, etc...

Pour l'utilisateur, le nickel chimique procure un certain nombre d'avantages économiques :

- une augmentation de la durée des pièces en service,
- gain de poids en substituant un alliage léger nickelé à un alliage plus lourd ; ainsi, dans l'industrie automobile, des alliages d'aluminium nickelé permettent un gain de poids remarquable et des procédés de surface, dureté, frottement, résistance à l'usure très bonnes,
- diminution du prix de revient en utilisant un matériau courant nickelé plutôt qu'un matériau onéreux. C'est l'exemple dans l'industrie électrique du remplacement du cuivre par de l'aluminium étamé grâce à une sous-couche de nickel chimique.

Le nickel chimique concurrence le chrome dur dans ses applications (ex. : remise à la cote...), mais il peut aussi lui être associé en tant que sous-couche. L'ensemble gagne alors en régularité tout en conservant les qualités exceptionnelles du chrome en surface.

Il peut être avantageusement utilisé comme sous-couche dans bien des cas :

- du chrome (déjà cité),
- de l'or,
- sur l'aluminium avant cadmiage, étamage, argenture, dorure.

Son absence de toxicité est intéressante.

Notons également son utilisation éventuelle comme barrière de diffusion et son intérêt possible sur le plan de la tenue à la corrosion dans des systèmes multicouches (nickel duplex ou triplex).

N'oublions pas qu'il est susceptible de rendre conducteurs, voire soudables, des matériaux qui ne le sont pas ou pas assez.

⇒ Aspect

L'aspect du dépôt peut, selon le type de bain utilisé, être mat, semi-brillant. Toutefois, l'état de surface initial influe notablement sur le résultat final. Les défauts présents avant dépôt sont reproduits. En outre le traitement thermique est susceptible de provoquer des tâches et colorations.

⇒ Rugosité

Le dépôt ne modifie généralement pas la rugosité initiale du substrat.

⇒ Épaisseur

Répetons que la caractéristique la plus remarquable est celle de la régularité des épaisseurs.

L'épaisseur de dépôt requise varie selon l'utilisation.

S'il s'agit d'une protection contre la corrosion, il faut une épaisseur qui garantisse une absence de porosité. Il faut alors souligner l'importance de la nature et de l'état de surface du substrat. Sur des surfaces grossières (brutes ou grenillées) l'épaisseur doit être plus importante que sur des surfaces lisses. Au moins 50 microns dans des conditions sévères pour des fontes mécaniques, contre 15 à 25 microns pour des surfaces usinées. S'il s'agit d'assurer une résistance à l'usure, 5 à 20 microns sont recommandés, voire plus lors d'usures sévères. Un traitement thermique améliore encore le résultat.

S'il s'agit de rendre aptes au brasage tendre des métaux qui ne le sont pas ou pas assez, l'épaisseur peut être de l'ordre de 5 microns.

Pour la réparation de pièces usées, l'épaisseur peut quelquefois dépasser les 100 microns, mais il faut alors prendre certaines précautions.

⇒ Dureté

Les dépôts bruts de bains sont de structures amorphes. La dureté d'un dépôt nickel-phosphore varie entre 480 et 550 vickers en sortie du bain ; elle est équivalente à celle de la plupart des aciers. Grâce à des traitements thermiques appropriés, on peut faire apparaître des composés définis qui précipitent finement et augmentent la dureté qui peut atteindre 1000 vickers pour un nickel-phosphore.

⇒ Adhérence

Les dépôts de nickel chimique adhèrent correctement aux substrats dès lors que les surfaces sont préalablement correctement préparées.

Les résultats sont en tous points comparables à ceux obtenus avec les dépôts électrolytiques de même genre. Pour certains alliages, un traitement thermique améliore l'adhérence grâce à une diffusion à l'interface.

| Comparaison des résultats obtenus avec l'abrasimètre de Taber pour différents revêtements charge 1000 g - Meule CS 10 | | |
|---|--|-----------------|
| Revêtement | Traitement thermique ou dureté Vickers obtenue | Indice de Taber |
| Nickel phosphore | Néant | 9,6 |
| | 200° C - 2 h | 8,7 |
| | 300° C - 2 h | 4,4 |
| | 400° C - 2 h | 3,2 |
| | 500° C - 2 h | 2,7 |
| | 650° C - 2 h | 1,3 |
| | 750° C - 2 h | 3,0 |
| Nickel-bore | Néant | 1,2 à 1,5 |
| | 400° C - 1 h | 0,4 à 0,9 |
| Chrome dur | 920 HV | 3,5 |
| | 1020 HV | 0,7 |
| Nickel brillant | 560 HV | 7,6 |
| Nickel mat | 280 HV | 10,2 |

⇒ Résistance au frottement

| Coefficients de frottement de dépôt de nickel phosphore en contact avec quelques matériaux usuels comparativement à ceux du nickel de l'acier et du chrome | | |
|--|------------------|-------------------------|
| Matériaux en contact | Frottement à sec | Frottement lubrifié (1) |
| Nickel phosphore - nickel | grippage | 0,26 |
| Nickel phosphore - nickel phosphore | 0,45 | 0,25 |
| Nickel phosphore - chrome | 0,43 | 0,30 |
| Nickel phosphore - acier | 0,38 | 0,21 |
| Nickel phosphore - fonte | 0,16 | 0,08 |
| Nickel - nickel | grippage | grippage |
| Nickel - chrome | grippage | 0,20 |
| Nickel - acier | grippage | 0,20 |
| Acier - acier | grippage | 0,20 |
| Chrome - chrome | 0,43 | 0,20 |
| Chrome - acier | 0,21 | 0,13 |
| (1) Lubrifiant : paraffine chlorée | | |

⇒ Soudabilité

Le revêtement nickel chimique se soude parfaitement à l'aide de soudures à base d'argent ou à base d'alliages étain-plomb. Une faible couche de dépôt (5 à 10 microns) est suffisante pour souder l'aluminium ou l'acier inoxydable.

Le soudage à l'arc ou au chalumeau n'est pas recommandé une fois les pièces nickelées car le phosphore du dépôt diffuse dans la soudure et la rend fragile ; dans ce cas, il est préférable de souder avant nickelage.

⇒ Résistance à la corrosion

Le nickel chimique a un comportement satisfaisant en présence des agents atmosphériques et une meilleure résistance que le nickel électrolytique en présence des acides minéraux non oxydants en solution aqueuse diluée. Sa tenue est bonne vis-à-vis des corps suivants et d'autant meilleure que la teneur en phosphore est élevée.

- Acides minéraux non oxydants en solution diluée.
- Acides organiques (spécialement acides gras).
- Bases fortes, à toutes températures et concentrations.
- Sels minéraux non oxydants.
- Hydrocarbures aliphatiques et aromatiques.
- Hydrocarbures chlorés.
- Pétroles brut.
- Matières plastiques et leurs monomères.
- Alcools, éthers, esters, polyalcools.
- Cétones.
- Produits alimentaires.

Le nickel chimique résiste parfaitement à l'acide fluorhydrique et aux fluorures de métaux lourds.

Les traitements thermiques effectués à une température supérieure à 550° C entraînent la diffusion du nickel dans l'acier et favorisent la tenue à la corrosion.

De bons résultats sont obtenus avec un traitement à 600° C pendant 6 heures.

Dans quels domaines et sur quelles pièces peut-on utiliser le nickel chimique ?

Dans tous les domaines... les applications du nickel chimique sont très nombreuses. En voici quelques exemples :

* **Accastillage**

Cadènes
Chaumards
Manilles

* **Aéronautique**

Cadres métalliques d'avion
Canalisation de soufflerie
Engrenages

Intérieurs de réacteurs
Pales de turbines
Pales de compresseurs
Pièces d'avion travaillant à chaud
Pièces d'engins téléguidés
Pièces d'équipement hydraulique
Pièces de missiles
Pièces de moteur de rocket
Pièces de surpresseurs
Pièces de viseurs
Pièces d'entrée d'air de réacteurs
Têtes de pistons en aluminium
Tubes d'échangeurs de température
Turbines de réacteurs
Vannes de circulation d'air et d'huile

*** Alimentaire**

Eléments de machines de charcuterie
Extrudeuses diverses
Machines pour la fabrication de la margarine
Matériel de conserverie

*** Armement**

Intérieurs de canons
Mécanisme
Pièces de canons et de fusils
Pièces d'explosifs

*** Bijouterie, Horlogerie, Lunetterie**

Petites pièces
Petite visserie

*** Chimie et parachimie**

Agitateurs

Autoclaves
Chaudronnerie
Convoyeurs à vis
Cuves de mélange
Echangeurs de chaleur
Equipements pour cuves
Equipements de séchage à sec
Essoreuses
Filtres
Gaines de solénoïdes
Moules
Pompes
Propulseurs
Réacteurs
Réservoirs
Séchoirs
Soupapes papillon
Tubes
Vannes
Vannes à boules
Vis boudineuses

*** Electricité et Electronique**

Appareillage de contacteurs
Armatures de relais
Boîtiers
Capots et embases de diodes
Châssis
Composants
Condensateurs
Connecteurs de conducteurs
Contacts tournants (CI)
Cosses à sertir
Cuvettes de transistors
Disques supports de mémoires
Eléments de moteurs
Eléments de périphériques
Eléments de valves magnétiques
Engrenages de calculateurs

| | |
|--|---|
| Électroniques | Cages de roulements à billes |
| Guide d'onde et pièces d'assemblage de radars | Calibres |
| Pièces d'appareillage électrique | Chambres de combustion |
| Pièces d'appareillage électronique | Claveaux |
| Pièces de connecteurs | Composants pour freins hydrauliques |
| Pièces d'équipements de radars | Compresseurs à gaz |
| Radiateur pour triyстор | Conduites |
| Refroidisseurs de diodes | Convoyeurs |
| Résistances en céramique | Corps de servo-moteurs |
| Sélecteurs de signal à haute fréquence en aluminium | Cylindres |
| * Énergie atomique | Diodes pour alternateurs |
| Chaudronnerie | Disques et cylindres en aluminium |
| Coffres à vide | Éléments de débitmètres |
| Éléments de turbines | Éléments de pompes |
| Flasques de compresseurs | Embouts |
| Raccords | Engrenages |
| Stabilisateurs | Forets |
| Tubes | Fourreaux et distributeurs de freins hydrauliques et à air comprimé |
| Vannes | Glissières |
| * Imprimerie | Injecteurs |
| Planches à rouleaux d'impression | Jauges |
| Rouleaux et alimentation pour distribution de papier | Manetons métalliques |
| Rouleaux de gravure | Parties de machines en fonte |
| Rouleaux de rotatives | Pièces pour air conditionné |
| * Mécanique | Pièces de carburateurs |
| Abrasifs aux diamants | Pièces de circuits hydrauliques |
| Appareils de distribution | Pièces gyroscopiques |
| Arbres de roues | Pièces rotatives |
| Arbres de transmission | Pistons |
| Assemblage de matériaux mixtes | Pistons pour freins à disques |
| Atomiseurs | Poulies |
| Axes de différentiels | Raccords de tuyauterie |
| | Recharges de pièces mauvaises |
| | Robinetterie (corps tournants, opercules, sphères) |
| | Rouleaux d'estampage |

| | |
|---|--|
| Segments | Matériel pour le moulage |
| Soufflets mécaniques | Moules |
| Sonnettes | Plaques d'extrusion |
| Tiges et corps de vérins | Vis d'extrusion |
| Tubulures de gazoil | |
| Turbines de ventilateurs | * Textile |
| Villebrequins de diesel | Accessoires |
| Visserie | Cylindres |
| | Engrenages |
| * Pétrole | Guides fils |
| Pièces d'équipement de matériel de forage | Filières |
| Pièces de matériel de raffinerie | |
| Vannes | * Divers |
| | Applications décoratives |
| * Plastiques | Equipements de nettoyage de vêtements (pressing) |
| Corps d'extrudeuses | Matériel de chirurgie et de dentisterie |
| Extrudeuses sur plastiques | Pompes à feu de bateaux |

Des caractéristiques nouvelles pour les pièces traitées

Les exemples suivants illustrent les différentes caractéristiques que le nickel chimique peut donner aux pièces après traitement :

Pièces hydrauliques :

Protège les parties internes contre la corrosion, de l'usure prématurée.

Equipements de forage :

Permet une meilleure résistance à la corrosion.

Moules pour plastiques :

Autorise une plus grande longévité des moules et facilite le démoulage des pièces.

Moules pour l'extrusion des plastiques :

Procure une résistance à l'abrasion et une dureté similaire à celle du chrome.

Moules pour zinc :

Diminue les fréquences et les temps de nettoyage, augmente la durée de vie des moules.

Pièces giratoires :

Offre un coefficient de friction très bas et diminue l'abrasion.

Engrenages :

Permet un dépôt uniforme, garant des cotes précises, augmentant ainsi la résistance à l'usure des pièces.

Turbines :

Le dépôt uniforme préserve l'équilibre exact des pièces.

Pièces électroniques sur aluminium :

Procure des propriétés de soudabilité, permet une meilleure conductivité et augmente la durée de vie des pièces.

Composants électroniques :

Permet de souder des composants en alliage de nickel sur les circuits imprimés.

Moulage des pièces électriques complexes :

Forme un dépôt sur le moule en aluminium permettant l'électroformage de la pièce. Le moule en aluminium peut ensuite être dissout.

Arbres cannelés (pièces diverses) :

La précision du procédé de nickel chimique permet des recharges localisées sans réusinage.

Cette liste n'est pas limitative et n'est qu'un aperçu des multiples utilisations possibles du nickel chimique.

QUESTIONS ET REPONSES

Quels sont les métaux qui peuvent être traités ?

Tous sauf étain, plomb, cadmium, zinc, antimoine, bismuth. Néanmoins, il suffit de les recouvrir au préalable par exemple d'un dépôt de cuivre électrolytique.

Est-il possible de l'employer pour recouvrir des surfaces non métalliques ?

Oui, à condition de suivre un ordre de traitements préliminaires spécial pour assurer une adhérence acceptable entre le métal et la surface non métallique.

L'adhérence est-elle identique à celle des dépôts électrolytiques comparables ?

Sur une couche métallique, l'adhérence sera comparable à condition que la préparation soit appropriée et correctement exécutée.

Quelle épaisseur maximale peut-on obtenir ?

Il n'y a pas de limite théorique. Toutefois, le dépassement des 100 microns nécessite des dispositions particulières relatives aux réajustements de bain, à l'agitation des pièces, voire aux reprises.

Quelle est l'épaisseur minimale dépourvue de porosités ?

Celle-ci dépend du substrat et des conditions d'exécution du dépôt.

Peut-on traiter des pièces en vrac ?

Oui en utilisant des tonneaux et paniers résistants à des températures pouvant atteindre 90-95° C.

Est-il possible d'effectuer un polissage du dépôt ?

Le dépôt peut être directement brillant sous certaines conditions. Le polissage est possible et même nécessaire si l'on recherche un poli miroir.

Une reprise du nickel chimique par du nickel chimique est-elle réalisable ?

Oui, mais la surface doit être correctement réactivée. Si la pièce a subi un traitement thermique ou que le traitement est ancien, cette reprise devient risquée.

Quelle est la capacité de rétention des lubrifiants ?

Sa mouillabilité, à l'opposé du chrome, est très bonne, il en résulte que le nickel chimique possède une plus grande propension à la rétention des lubrifiants.

En cas de nécessité, peut-on aisément détraiter une pièce ?

C'est une opération plus ou moins aisément réalisable selon la nature du substrat. C'est de toutes façons un traitement délicat qui est une affaire de spécialistes.

Des dépôts partiels sont-ils possibles ?

Oui, si on fait usage de vernis épargne et d'adhésifs appropriés ou de masquages mécaniques, mais il ne faut pas espérer une réduction de coût de traitement, bien au contraire. Cette solution ne doit être envisagée que s'il y a un impératif technique.

Peut-il y avoir des variations d'épaisseur ?

L'épaisseur sera uniforme si la solution a accès sur toutes les parties de la surface indistinctement. Elle peut diminuer dans les cavités où la solution stagne et s'appauvrit. L'agitation des pièces diminue ou supprime ces effets localisés.

Est-il possible de contrôler l'épaisseur avec précision ?

Oui. La tolérance peut être maintenue entre 1 et 2 microns, même pour des revêtements épais.

Quelles sont les propriétés magnétiques ?

Les dépôts bruts de bain sont amagnétiques. Il faut toutefois veiller à l'effet des traitements thermiques qui resituent une certaine susceptibilité magnétique d'autant plus élevée que la teneur en phosphore est faible.

Est-il possible de traiter des alliages carburés ou nitrurés ?

Oui, mais la gamme de préparation doit en tenir compte et l'adhérence sera toujours moindre comparativement aux aciers non traités.

Quel est l'avantage du nickel chimique par rapport au nickel électrolytique ?

Le nickel chimique dans ses applications n'est pas le concurrent du nickelage électrolytique mais plutôt celui du chrome par rapport auquel il possède des qualités indéniables.

Quel est le coût de ce procédé ?

Comparativement aux procédés concurrents, on peut avancer quelques éléments de réponses :

- le bain est plus onéreux,
- les investissements sont globalement comparables,

- la quantité de pièces produites peut être supérieure du fait d'une meilleure occupation du volume du bain.
- le coût des fluides est du même ordre,
- les précautions sont comparables excepté pour le chrome dur qui nécessite des outillages souvent plus complexes.

Dans certains cas, la question ne se pose pas : il s'impose comme le seul traitement possible.

Pourquoi le dépôt durcit-il par un traitement thermique ?

Le dépôt qui contient généralement de 6 à 13 % de phosphore a une structure amorphe en sortie de bain. Par élévation de la température, il se produit un durcissement dû à la précipitation dans la matrice de phosphure de nickel. A un maximum de précipitation correspond un maximum de dureté.

Quelle est la différence entre la résistance à l'usure du nickel chimique et celle du chrome dur ?

Quand un dépôt de nickel chimique a subi un traitement thermique approprié, sa dureté est comparable à celle du chrome dur. Mais la question relative à la prévention de l'usure est plutôt complexe et dépend de plusieurs variables. Quand la température de surface est très élevée et que le revêtement est sous sévères conditions abrasives, le chrome est préférable, ce dernier ayant en effet un coefficient de friction inférieur. Toutefois, si la lubrification est satisfaisante et si le problème de corrosion a une importance majeure, le nickel chimique est supérieur au chrome.

Est-il possible de revêtir les dépôts de nickel chimique avec du chrome ?

Sous conditions normales, ceci n'est pas nécessaire à moins que certaines propriétés spécifiques du chrome soient désirées. Un revêtement combiné est possible mais il sera toujours sujet à certaines limitations en ce qui concerne l'épaisseur du dépôt de chrome.

Une couche préalable de nickel chimique améliore le pouvoir couvrant du chrome, spécialement si le chrome est appliqué immédiatement après le nickel.

Pour certains substrats, tels que l'aluminium et le titane, ce procédé est utilisé comme un pré-revêtement pour assurer une bonne adhérence aux couches ultérieures.