

Nickel : Construire l'ancienne économie, alimenter la nouvelle

Le nickel est le cinquième élément le plus courant sur terre et possède des propriétés ferreuses et non ferreuses. On le trouve dans des minerais latéritiques et sulfurés qui sont raffinés pour être utilisés dans des alliages tels que l'acier inoxydable et le nickel de haute pureté qui peut être utilisé dans la fabrication de batteries Lithium-Ion et de superalliages.

Elementum Metals: 30/11/2021

30/11/2021



Le nickel est le cinquième élément le plus courant sur terre et possède des propriétés ferreuses et non ferreuses. On le trouve dans des minerais latéritiques et sulfurés qui sont raffinés pour être utilisés dans des alliages tels que l'acier inoxydable et le nickel de haute pureté qui peut être utilisé dans la fabrication de batteries Lithium-Ion et de superalliages.

Les réserves, l'offre et le traitement sont concentrés dans une poignée de pays.

Historiquement, l'acier inoxydable a été le principal moteur de la demande ; l'offre de nickel de qualité inférieure n'est pas limitée, mais l'offre de nickel de classe 1 est serrée ; les gouvernements préoccupés par la sécurité de l'approvisionnement et les facteurs environnementaux visent un recyclage intensif. Les alliages de nickel sont largement utilisés dans les articles domestiques quotidiens, les infrastructures, les transports, les raffineries de pétrole, la fabrication de produits chimiques, les soins de santé et l'exploration spatiale. Le nickel est utilisé de manière intensive dans les batteries des véhicules électriques, car il offre une plus grande densité énergétique et une plus grande capacité de stockage à moindre coût. Il est également utilisé dans de nombreuses autres nouvelles technologies énergétiques telles que l'énergie éolienne, nucléaire, hydroélectrique, l'hydrogène, l'énergie solaire et géothermique, ainsi que les systèmes de capture du carbone. Le profil prospectif de l'offre et de la demande de nickel a conduit à le décrire comme la "nouvelle essence", même si cette comparaison ne tient pas compte de son utilisation potentielle dans une économie circulaire.

Introduction au nickel

Le nickel est un élément chimique portant le symbole Ni et le numéro atomique 28. C'est un métal blanc argenté lustré avec une légère teinte dorée, à la fois dur et ductile. C'est le cinquième élément le plus courant sur terre et il est largement présent dans la croûte et le

noyau terrestres.¹

Le nickel a été découvert au 15^e siècle en Allemagne sous la forme d'un minerai rouge-brun ; comme le cuivre ne pouvait pas être extrait, on l'appelait Kupfernicker ou le cuivre du diable. Le nickel a été identifié pour la première fois en 1751 par le chimiste suédois Axel Cronstedt. Après la guerre de Sécession, le nickel et le cuivre ont été utilisés dans les pièces de monnaie ; depuis lors, la pièce de 5 cents est connue sous le nom de "nickel".

Extraction, traitement et classes

Le nickel est un élément de transition qui possède à la fois des propriétés ferreuses, telles que la durabilité et la résistance, et des propriétés non ferreuses, notamment une résistance élevée à la corrosion, la malléabilité et l'usinabilité.

On trouve le nickel dans des minerais latéritiques normalement situés dans des régions tropicales comme Sulawesi en Indonésie, qui sont exploités à ciel ouvert, et dans des minerais sulfurés souvent associés à des minerais de cuivre, comme à Kambalda dans les Eastern Goldfields en Australie occidentale, qui sont exploités sous terre. La ville septentrionale de Norilsk est au centre de l'industrie du nickel en Russie, aux Philippines, la région de Caraga à Mindanao est très productive et au Brésil, les mines sont situées dans la région centrale de Goiás.

Le nickel de classe 2, qui peut être utilisé dans l'acier inoxydable avec une pureté d'environ 75 %, est obtenu à partir de ferronickel (environ 35 % de nickel, 65 % de fer) ou de fonte de nickel (NPI, entre 4 et 13 % de nickel pur), qui sont principalement traités en Chine.²

Le nickel de classe 1 sous forme de poudre, de briquettes, de nickel électrolytique ou de nickel carbonyle, dont la Bourse des métaux de Londres spécifie une pureté d'au moins 99,8 %, tel que celui utilisé dans les batteries au lithium-ion, peut être obtenu à partir de gisements de minerai latéritique ou sulfurique, bien que le raffinage des minerais latéritiques utilise généralement plus d'énergie et de produits chimiques que celui des minerais sulfuriques.³

Les minerais latéritiques sont traités à la fois par des approches hydrométallurgiques et pyrométallurgiques, l'approche optimale dépendant de la nature de la composition du minerai. L'extraction par solvant - Électrowinning est une méthode hydrométallurgique utilisant la lixiviation, les extractants et l'électrowinning, principalement appliquée aux minerais à faible teneur. Le four électrique à four rotatif est une méthode pyrométallurgique adaptée aux minerais à prédominance de saprolite qui implique le séchage, la réduction et la fusion. Des méthodes telles que le procédé Caron font appel à la fois à l'hydrométallurgie et à la pyrométallurgie, mais les coûts sont élevés et les taux de récupération faibles.

Le minerai sulfuré est le plus souvent traité par fusion instantanée. Le minerai sec est introduit dans le four avec de l'air préchauffé, de l'air enrichi en oxygène ou de l'oxygène pur, ce qui produit une matte liquide (jusqu'à 45 % de nickel) et des scories. La matte contenant du fer et du soufre est oxydée par l'injection d'air ou d'oxygène dans un bain en fusion.

Différents procédés sont utilisés pour raffiner la matte de nickel ; le grillage en lit fluidisé et la réduction au chlore et à l'hydrogène produisent des oxydes de nickel de haute qualité contenant plus de 95 % de nickel, tandis que le procédé à la vapeur de carbonyle est utilisé pour produire des pastilles de nickel de haute pureté.⁴

Réserves, dynamique de l'offre et de la demande

Les plus grands pays producteurs de nickel sont l'Indonésie, les Philippines et la Russie, qui représentent ensemble 55 % de la production mondiale. Les réserves sont concentrées en Indonésie, en Australie et au Brésil et représentent 58% du total mondial, dont environ 60% de minerais latéritiques et 40% de minerais sulfurés.⁵

Les deux tiers de la demande mondiale de nickel sont destinés au ferronickel utilisé dans la fabrication de l'acier inoxydable. Les alliages non ferreux représentent 12% de la demande mondiale, tandis que la demande d'alliages ferreux représente 5%.⁶

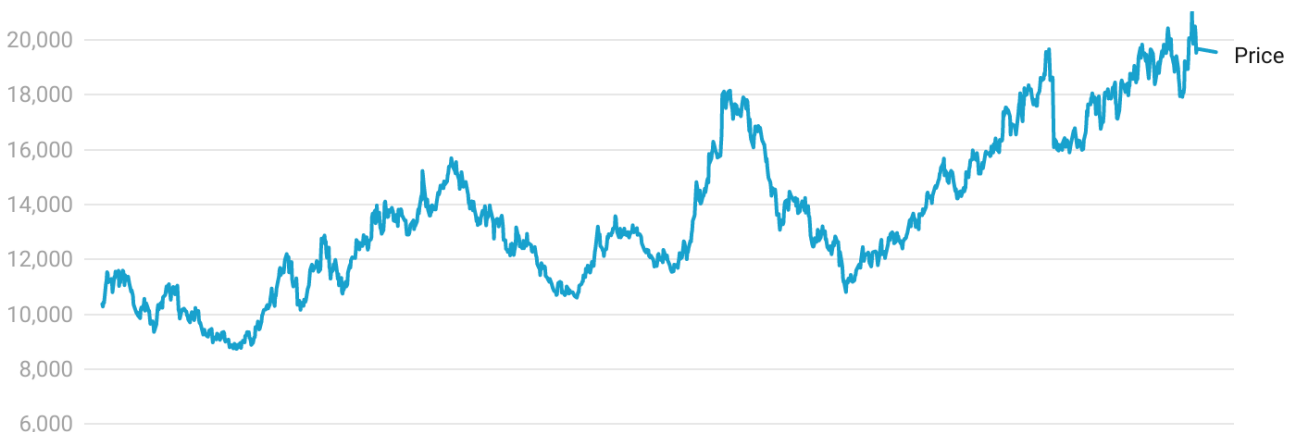
Historiquement, l'acier inoxydable a été le principal moteur de la demande de nickel de classe 1 et 2. Le nickel de classe 1 a atteint un prix record de plus de 50 000 dollars par tonne en 2007 en raison d'une forte demande exacerbée par de faibles stocks, puis les prix ont chuté en raison de l'impact de la crise financière mondiale sur la demande. L'expansion de la production chinoise de NPI au cours de la dernière décennie a entraîné une augmentation du nickel de classe 2 et une baisse correspondante de la quantité de classe 1 utilisée dans la production d'acier inoxydable, ce qui a provoqué une baisse des prix de la classe 1. Les sociétés minières ont donc réduit leurs dépenses d'investissement pour développer une plus grande capacité de production.

20 Years to October 2021 - Class 1 Nickel Price US\$



Source: Bloomberg US\$ nickel London Metal Exchange spot per tonne • Created with Datawrapper

5 Years to October 2021 - Class 1 Nickel Price US\$





Source: Bloomberg US\$ nickel London Metal Exchange spot per tonne • Created with Datawrapper

La demande mondiale de nickel devrait augmenter de 9,2 % pour atteindre 2,58 millions de tonnes en 2021, répartie à parts à peu près égales entre la classe 1 et la classe 2, tandis que l'offre estimée augmentera de 5,8 % pour atteindre 2,64 millions de tonnes. L'excédent de 132 000 tonnes observé en 2020 devrait tomber à 58 000 tonnes.⁷

Alors que le stockage de l'acier inoxydable est très répandu et que la production chinoise de NPI peut être rapidement augmentée en réponse à la hausse des prix, le nickel de classe 1 fait l'objet d'une offre limitée. Les contraintes d'approvisionnement en nickel de classe 1 peuvent être résolues soit en réduisant la classe 1 utilisée dans l'acier inoxydable et d'autres alliages, soit en introduisant une capacité de production supplémentaire de classe 1.

Le Tsingshan Holdings Group, l'un des producteurs d'acier inoxydable les plus importants et les plus prospères au monde, a annoncé début 2021 qu'il s'était associé à Huayou Cobalt et CNGR Advanced Material pour fournir à partir de 2022 100 000 tonnes de matte de nickel, un intrant pour la production de sulfate de nickel destiné aux batteries des véhicules électriques.

L'annonce de cette nouvelle matière première de classe 1 a fait chuter le prix du nickel en raison de l'augmentation prévue de l'offre de nickel de qualité batterie. Même si, en théorie, cela peut atténuer la pénurie de nickel de classe 1, l'impact environnemental de la conversion du NPI en matte peut signifier que les batteries fabriquées à partir de cette source ne respecteraient pas les normes environnementales, ce qui réduirait à néant la viabilité d'un approvisionnement accru. Ou alors, il faudrait dépenser beaucoup plus pour l'aligner sur les processus "plus propres".⁸

Compte tenu de la future dynamique possible de l'offre et de la demande, les commentateurs se sont demandé si le nickel pourrait être la "nouvelle essence", reconnaissant qu'une croissance significative de la demande semble probable alors que l'offre est concentrée dans une poignée de pays au statut économique émergent. Cette comparaison met en évidence la possibilité de voir apparaître des risques similaires à ceux observés lors de la crise pétrolière des années 1970.

Recyclage

Si le recyclage de l'acier inoxydable est bien établi, en 2019 le nickel recyclé représentait 48% de la production minée, le recyclage du nickel de classe 2 ne soulage pas directement la demande de classe 1 pour les batteries et les superalliages.⁹

Le recyclage des batteries lithium-ion n'en est toutefois qu'à ses débuts et est considéré par des gouvernements tels que l'UE comme d'une importance vitale, tant pour la sécurité de l'approvisionnement que pour des raisons environnementales. La stratégie de l'UE en matière de batteries pour VE comprend à la fois un soutien financier aux fabricants et aux recycleurs de batteries, comme les 400 millions de dollars accordés à Northvolt, premier fabricant européen de batteries, un régime de recyclage rigoureux pour les batteries des véhicules et des normes relatives aux batteries, notamment en matière de durée de vie et de durabilité. Le cadre européen vise une efficacité de récupération du nickel des batteries

Lithium-Ion de 90% d'ici 2025 et de 95% d'ici 2030.¹⁰

Alliages de nickel

Environ 3 000 alliages contenant du nickel comme élément principal sont utilisés, le plus courant étant l'acier inoxydable. Par exemple, l'acier inoxydable de type 304 contenant 8 % de nickel est couramment utilisé dans les articles de tous les jours tels que les casseroles, les écrous, les boulons et les éviers domestiques, tandis que le type 316 contenant 11 % de nickel est employé dans des applications plus exigeantes telles que la transformation des aliments, la brasserie et les applications médicales. Tous deux ont une structure cristalline austénitique ; le type 304, qui présente une bonne ductilité et une bonne formabilité, contient également 18% de chrome, tandis que le type 316, qui offre une résistance supérieure aux acides et aux chlorures, contient 2 à 3% de molybdène.¹¹

Environ 90 % de tout le nickel neuf vendu chaque année est utilisé pour créer des alliages tels que ceux utilisés dans les infrastructures, la construction de bâtiments, les systèmes de transport, y compris les trains et les wagons, et les centrales électriques. L'acier inoxydable est également largement utilisé dans la distribution et le traitement de l'eau et dans l'industrie alimentaire pour ses caractéristiques non corrosives, non toxiques et hautement hygiéniques.

Les alliages de nickel spécialisés sont utilisés pour leur résistance supérieure dans des environnements hautement corrosifs, comme dans les usines pétrochimiques, dans les unités d'épuration par voie humide qui réduisent les émissions de gaz sulfureux des centrales électriques au charbon, et dans l'industrie chimique. Les superalliages de nickel sont utilisés dans les moteurs à réaction des avions où la résistance, la tolérance aux températures élevées et la capacité à résister à une usure constante sont essentielles. Dans le domaine de la santé, les alliages de nickel sont utilisés dans les instruments de précision tels que les appareils chirurgicaux robotisés. En outre, leur non-toxicité et leur biocompatibilité en font des alliages appréciés pour les dispositifs implantés tels que les stents et les stimulateurs cardiaques.

Les superalliages fabriqués avec du nickel de classe 1, capables de supporter des températures élevées et résistants à l'oxydation, sont utilisés dans l'industrie spatiale pour les moteurs de fusée, la propulsion spatiale et la production d'énergie. Leurs caractéristiques, notamment leur durabilité dans des conditions extrêmes, en font des éléments précieux pour les satellites et les véhicules spatiaux tout-terrain.

La demande de ces alliages utilisés dans les économies basées sur le carbone de la "vieille économie" va continuer à croître, car les économies en développement continuent à investir dans les infrastructures de transport, à construire de nouvelles villes et à développer leurs industries. Les économies développées continueront également à consommer ces alliages, en particulier pour revitaliser les infrastructures vieillissantes, comme le fait le projet de loi sur les infrastructures du président Biden, d'un montant de 1,2 trillion de dollars, approuvé par l'assemblée législative américaine début novembre.

Le nickel dans la nouvelle économie - Batteries lithium-ion

Le principal avantage de l'utilisation du nickel dans les batteries est qu'il permet d'obtenir une densité énergétique plus élevée et une plus grande capacité de stockage à un coût moindre. Historiquement, une teneur élevée en cobalt était utilisée pour obtenir une plus grande densité énergétique. Cependant, avec l'augmentation des prix du cobalt et les préoccupations concernant l'éthique de l'extraction du cobalt, les nouvelles technologies se sont de plus en plus concentrées sur le potentiel du nickel qui est désormais reconnu

de plus en plus concentrées sur le potentiel du nickel qui est désormais reconnu comme le composant clé.

Dans les premières technologies de batterie, comme la batterie NMC 111, la cathode contenait des quantités égales de nickel, de manganèse et de cobalt. L'utilisation du nickel a augmenté dans les batteries NMC 532 et 622, tandis que la plus récente batterie haute performance NMC 811 utilise huit parties de nickel pour chacun des autres éléments.¹²

Le rapport commandé par le Centre commun de recherche de l'UE à Roskill estime que la demande mondiale de nickel attribuable aux batteries atteindra 2,86 millions de tonnes de nickel métal d'ici 2040, dont 95 % seront liées aux automobiles, ce qui représente une croissance composée de 17,6 % par an sur 20 ans.¹³

Autres utilisations dans la nouvelle économie

En plus d'être utilisé dans les batteries pour ses propriétés électrochimiques, le nickel est utilisé à des degrés divers dans de nombreuses autres technologies de la nouvelle énergie.

Energy Technology	Importance of Nickel
Electric vehicles and batteries	H
Hydrogen	H
Geothermal	H
Concentrating solar power	M
Wind	M
Nuclear	M
Solar photo-voltaic	L
Hydro-electric	L
Bioenergy	L

Source: International Energy Authority • Created with Datawrapper

La fiabilité et la longévité sont des caractéristiques essentielles dans les parcs éoliens offshore, où l'on s'attache à contrôler les besoins et les coûts de maintenance. Les alliages de nickel sont utilisés pour leur résistance, leur durabilité et leurs caractéristiques anticorrosives : les boîtes de vitesses des turbines doivent être résistantes, c'est-à-dire capables de supporter l'énergie mécanique sans se fracturer, tandis que les équipements de sécurité doivent être durables et fiables.

Les centrales nucléaires utilisent des alliages de nickel dans les systèmes de transfert de chaleur et de refroidissement, car leur résistance à la chaleur et à la corrosion est d'une importance vitale pour garantir la durabilité, la fiabilité et la sécurité. Dans les centrales hydroélectriques, la quantité de nickel utilisée est faible, mais son utilisation est essentielle pour garantir la longévité de composants importants tels que les pales de turbine et les commandes de vannes de barrage.

Les systèmes de capture du carbone recueillent les gaz émis par les activités à forte intensité de carbone, telles que les centrales électriques au charbon, et les transportent via des navires ou des tuyaux pour les séquestrer sous forme de carbone dans des formations rocheuses. Le CO₂ est transporté dans des navires à haute pression et basse température, ce qui nécessite des alliages de nickel pour leur résistance et leurs caractéristiques anticorrosives. Des pipelines sous-marins capables de résister à la corrosion sont également utilisés pour transporter le gaz jusqu'au point de séquestration.

La production d'hydrogène, qui consiste à diviser les molécules d'eau en hydrogène et en oxygène, fait normalement appel à des catalyseurs rares et coûteux tels que le platine. Toutefois, de nouvelles techniques utilisant le nickel sont en cours de développement, ce qui permet de réduire les coûts et d'augmenter l'efficacité. L'hydrogène vert est potentiellement une source importante d'énergie sans carbone générée à partir d'énergies renouvelables ; son stockage en vrac permet de l'utiliser en remplacement de gaz à forte teneur en carbone comme le gaz naturel.

L'énergie géothermique exploite la chaleur naturelle sous la surface de la terre en capturant l'énergie dans l'eau et la vapeur utilisées pour le chauffage ou la production d'électricité verte. Les tuyaux et leurs composants sont fabriqués en alliages de nickel pour leur résistance à la chaleur extrême et aux environnements corrosifs.

Le nickel est utilisé dans des alliages de haute spécification dans les centrales thermiques solaires qui captent les rayons du soleil en conduisant la chaleur à travers des sels fondus. Les métaux utilisés dans ces tours de chaleur doivent être résistants à des températures extrêmement élevées et à des produits chimiques hautement corrosifs. Une autre application solaire est l'utilisation du nickel dans les cellules solaires entièrement transparentes, en cours de développement dans le but de transformer les fenêtres de tous les jours en panneaux générateurs d'électricité.

Conclusion

En conclusion, le nickel continuera d'être largement utilisé dans la "vieille" économie, tout en étant un composant essentiel de la nouvelle révolution énergétique. Alors que le recyclage s'est historiquement concentré sur les alliages, il semble que le nickel pur se prête également bien au recyclage avec la technologie et les investissements nécessaires. Les sources limitées de production créent des risques d'approvisionnement pour de nombreuses économies, mais le recyclage obligatoire offre la perspective que ces risques peuvent être en grande partie atténués par le développement du traitement et de l'utilisation circulaires.

Notes de bas de page :

1. <https://nickelinstitute.org/about-nickel/#properties>
2. <http://metallpedia.asianmetal.com/metal/nickel/application.shtml>
3. <https://www.lme.com/en/Metals/Non-ferrous/LME-Nickel/Contract-specifications>
4. https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/5cb00df9-e2c1-4b92-a585-6bef08d8a5de/nickel_PPAH.pdf?MOD=AJPERES&CVID=jqeDjcl
5. <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2020/mcs2020-nickel.pdf>
6. <http://metallpedia.asianmetal.com/metal/nickel/application.shtml>
7. <https://www.reuters.com/business/autos-transportation/sumitomo-metal-sees-global-nickel-demand-battery-use-rise-18-2021-2021-06-29/>
8. <https://metal.digital/articles/tsingshan/>

9. <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2020/mcs2020-nickel.pdf>
10. [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2021/689337/EPRS_BRI\(2021\)68933](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2021/689337/EPRS_BRI(2021)68933)
11. <https://nickelinstitute.org/about-nickel/stainless-steel/>
12. <https://metal.digital/articles/gigafactories/>
13. <https://roskill.com/news/nickel-european-commission-publishes-roskill-study/>