
Norme internationale



7527

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION • МЕЖДУНАРОДНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ • ORGANISATION INTERNATIONALE DE NORMALISATION

Nickel, ferro-nickel et alliages de nickel — Dosage du soufre — Méthode par titrage iodométrique après combustion dans un four à induction

STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

Nickel, ferronickel and nickel alloys — Determination of sulfur content — Iodimetric titration method after induction furnace combustion

ISO 7527:1985

Première édition — 1985-12-15

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/569e8c6d-60db-4cae-9eb5-7f8bd0b8ee06/iso-7527-1985>

CDU 669.24 : 543.242.3 : 543.845

Réf. n° : ISO 7527-1985 (F)

Descripteurs : nickel, alliage de nickel, ferro-nickel, analyse chimique, dosage, soufre, méthode volumétrique.

Avant-propos

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (comités membres de l'ISO). L'élaboration des Normes internationales est confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique créé à cet effet. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO participent également aux travaux.

Les projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour approbation, avant leur acceptation comme Normes internationales par le Conseil de l'ISO. Les Normes internationales sont approuvées conformément aux procédures de l'ISO qui requièrent l'approbation de 75 % au moins des comités membres votants.

[ISO 7527:1985](#)

La Norme internationale ISO 7527 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 155, *Nickel et alliages de nickel*.
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/569e8c6d-60db-4cae-9eb5-7c0b3c004e-7527-1985>

L'attention des utilisateurs est attirée sur le fait que toutes les Normes internationales sont de temps en temps soumises à révision et que toute référence faite à une autre Norme internationale dans le présent document implique qu'il s'agit, sauf indication contraire, de la dernière édition.

Nickel, ferro-nickel et alliages de nickel — Dosage du soufre — Méthode par titrage iodométrique après combustion dans un four à induction

1 Objet et domaine d'application

La présente Norme internationale spécifie une méthode titrimétrique après combustion, pour le dosage du soufre à des teneurs comprises entre 0,001 et 0,3 % (*m/m*) dans le nickel et le ferro-nickel et à des teneurs comprises entre 0,002 et 0,1 % (*m/m*) dans les alliages de nickel. Des exemples de composition sont donnés dans l'annexe.

2 Références

ISO 385/1, *Verrerie de laboratoire — Burettes — Partie 1: Spécifications générales.*

ISO 648, *Verrerie de laboratoire — Pipettes à un trait.*

ISO 1042, *Verrerie de laboratoire — Fioles jaugées à un trait.*

ISO 5725, *Fidélité des méthodes d'essai — Détermination de la répétabilité et de la reproductibilité par essais interlaboratoires.*

ISO 7525, *Nickel — Dosage du soufre — Méthode spectrométrique par absorption moléculaire au bleu de méthylène après distillation d'acide sulfhydrique.*

3 Principe

Combustion d'une prise d'essai dans un courant d'oxygène porté à haute température dans un four à induction haute fréquence, en présence de fondants et d'accélérateurs.

Absorption du dioxyde de soufre formé dans une solution acidifiée iodoamidonnée et titrage en continu par une solution titrée d'iodate de potassium.

4 Réactifs et matériaux

Au cours de l'analyse, sauf indications différentes, utiliser uniquement des réactifs de qualité analytique reconnue, et de l'eau distillée ou de l'eau de pureté équivalente.

4.1 Oxygène (O₂), 99,5 % (*m/m*) minimum.

4.2 Chaux sodée, de granulométrie 0,7 à 1,2 mm (14 à 22 mesh).

4.3 Perchlorate de magnésium [Mg(ClO₄)₂], de granulométrie 0,7 à 1,2 mm (14 à 22 mesh).

4.4 Laine de verre.

4.5 Creusets et couvercles.

4.5.1 Les creusets en céramique doivent être de dimensions précises pour permettre de placer l'échantillon en position correcte dans la bobine d'induction du four à induction (voir 9.1).

4.5.2 Calciner les creusets au préalable dans un four à air ou à oxygène, porté à 1 100 °C pendant au moins 1 h, et les conserver ensuite dans un dessiccateur ou un récipient clos. On peut également utiliser un four à résistance à tube de combustion où passe le courant d'oxygène. Les couvercles des creusets utilisés pour retenir les produits solides d'oxydation dans la zone chaude doivent être précalcinés de la même manière.

4.6 Fondants: Étain à basse teneur en soufre, cuivre plus étain, cuivre ou pentaoxyde de vanadium (voir 9.2).

4.7 Accélérateurs: Cuivre à basse teneur en soufre, fer, tungstène ou nickel (voir 9.2).

4.8 Nickel, à basse teneur en soufre, de valeur connue [$< 0,001$ % (*m/m*)].

4.9 Aciers de référence normalisés, à teneur en soufre comprise entre 0,1 et 0,2 % (*m/m*).

4.10 Acide chlorhydrique, $\rho_{20} = 1,19$ g/ml, dilué 1 + 99.

4.11 Solution iodoamidonnée.

Transférer 9 g d'empois d'amidon soluble dans un bécher de 50 ml, ajouter 5 à 10 ml d'eau et agiter jusqu'à obtenir une pâte lisse. Verser lentement le mélange dans 500 ml d'eau bouillante. Refroidir, ajouter 15 g d'iodure de potassium et agiter jusqu'à mise en solution. Diluer à 1 litre avec de l'eau et homogénéiser.

ISO 7527-1985 (F)

4.12 Iodate de potassium, solution titrée.

Mettre en solution exactement 0,222 5 g d'iodate de potassium dans 900 ml d'eau contenant 1 g d'hydroxyde de sodium. Transvaser dans une fiole jaugée de 1 000 ml, diluer au trait de jauge avec de l'eau et homogénéiser.

1 ml de cette solution titrée est équivalent à 0,1 mg de S.

4.13 Iodate de potassium, solution titrée.

Transvaser 200 ml de solution d'iodate de potassium (4.12) dans une fiole jaugée de 1 000 ml, diluer au trait de jauge avec de l'eau et homogénéiser.

1 ml de cette solution titrée est équivalent à 0,02 mg de S.

NOTE — Les équivalents en soufre de 4.12 et 4.13 se fondent sur une conversion et une récupération complète du soufre en dioxyde de soufre. Des étalons à teneur en soufre connue servent à l'étalonnage de la solution.

5 Appareillage

5.1 L'appareillage requis pour la combustion dans un four à induction haute fréquence et le titrage de l'anhydrique sulfureux ainsi formé est commercialisé par un certain nombre de fabricants. On suivra pour les instructions d'emploi les directives du fabricant (voir 9.3).

5.2 **Burettes**, de capacité 50 ml, graduées par division de 0,1 ml, et de capacité 10 ml, graduées par division de 0,02 ml, conformes à l'ISO 385/1, classe A.

5.3 **Pipettes**, conformes à l'ISO 648, classe A.

5.4 **Fioles jaugées**, conformes à l'ISO 1042, classe A.

6 Échantillonnage et échantillons

6.1 L'échantillonnage et la préparation des échantillons pour laboratoire doivent se faire par des méthodes agréées par les deux parties ou, en cas de litige, selon les règles de la Norme internationale appropriée.

6.2 L'échantillon pour laboratoire se présente généralement sous la forme de poudre, de granules, de copeaux de fraisage ou de perçage, et aucune préparation ultérieure n'est nécessaire.

6.3 Si l'on pense que l'échantillon pour laboratoire a pu être pollué par de l'huile ou de la graisse au cours du fraisage ou du perçage, on doit le nettoyer par lavage dans de l'acétone à haute pureté, suivi d'un séchage à l'air.

6.4 Si l'échantillon pour laboratoire contient des particules ou des morceaux de tailles différentes, la prise d'essai peut être obtenue par une méthode de division au diviseur à lames.

7 Mode opératoire

AVERTISSEMENT — Les risques engendrés par la combustion sont généralement des risques de brûlures pendant la calcination préalable des creusets en céramique et pendant les fusions. Utiliser toujours des pinces pour saisir les creusets et enfermer les creusets utilisés dans des récipients appropriés. La manipulation des bouteilles à oxygène doit se faire avec les précautions d'usage.

7.1 Dosage

7.1.1 Peser, à 0,001 g près, 0,9 à 1,1 g d'échantillon pour essai et les transférer dans un creuset précalciné (4.5) contenant une quantité convenable du fondant préféré (4.6). Ajouter si nécessaire la quantité appropriée d'accélérateur (4.7). L'ajout de fondant et d'accélérateur est fonction des caractéristiques propres de l'appareil et du type de matériau à doser. Pour 1,0 g d'échantillon, on ajoute en règle générale 2 g de cuivre, 1 g de cuivre plus 1 g de fer, 2 à 3 g de tungstène ou 1 g de pentaoxyde de vanadium plus 1 g de poudre de fer. Placer le couvercle du creuset en position.

7.1.2 Placer le creuset et son contenu sur leur support dans le four. Monter le tout en position de combustion sous débit d'oxygène.

7.1.3 Ajouter 50 à 70 ml d'acide chlorhydrique (4.10) et 2 ml de solution iodoamidonnée (4.11) dans le récipient d'absorption. Ajouter à la burette suffisamment de solution d'iodate de potassium (4.13) pour obtenir l'intensité de couleur bleue considérée comme le point final du titrage. Remplir à nouveau la burette jusqu'au repère zéro.

NOTE — Si la teneur en soufre dépasse 0,02 % (*m/m*), utiliser une solution d'iodate plus concentrée (4.12).

7.1.4 Allumer le four et procéder à la combustion de l'échantillon en débitant l'oxygène dans le circuit. Titrer en continu par la solution d'iodate de potassium (4.13) pour maintenir la couleur bleue de la solution iodoamidonnée qui marque le point final de la réaction. Ne jamais laisser la solution se décolorer pendant le titrage, en raison d'une perte possible de dioxyde de soufre. Une fois la combustion du contenu du creuset complètement achevée, point marqué par l'absence de décoloration ultérieure de la solution bleue, et qui intervient en règle générale au bout de 5 min environ, couper l'alimentation de la bobine d'induction.

7.1.5 Noter le volume de solution de titrage ajoutée.

7.1.6 Répéter les opérations 7.1.1 à 7.1.5.

7.2 Essai à blanc

7.2.1 Introduire dans un creuset précalciné (4.5) la quantité de fondant et d'accélérateur permettant le dosage (7.1) et ajouter 1,00 g de nickel à basse teneur en soufre connue (4.8).

7.2.2 Procéder de la manière indiquée en 7.1.2 à 7.1.5.

NOTES

- 1 Le volume de solution de titrage correspond au blanc du creuset, au fondant, à l'accélérateur et au soufre dans le nickel pur.
- 2 L'essai à blanc ne doit pas donner plus de 0,001 % (*m/m*) de soufre.
- 3 Si la valeur donnée par l'essai à blanc est anormalement élevée, rechercher la source de pollution et l'éliminer.

7.3 Étalonnage

7.3.1 Choisir un échantillon de référence normalisé certifié d'acier (4.9).

NOTE — Pour le ferro-nickel, on utilisera des matériaux de références à plus haute teneur en soufre.

7.3.2 Utiliser l'échantillon de référence normalisé certifié d'acier, en liaison avec le nickel pur à basse teneur en soufre [$<0,001$ % (*m/m*)] connue ou déterminée suivant l'ISO 7525.

7.3.3 Peser une quantité appropriée des deux matériaux (7.3.1 et 7.3.2) dans un creuset précalciné. Cette quantité représente le haut de gamme d'étalonnage. Ajouter les quantités définies à l'avance de fondant et d'accélérateur et effectuer la combustion de la manière indiquée en 7.1.2 à 7.1.5.

7.3.4 Répéter les opérations 7.3.3 pour vérifier la répétabilité de l'indication.

7.3.5 Répéter les opérations 7.3.3 avec différents rapports d'échantillon de référence et de nickel pur pour obtenir une vérification de l'étalonnage sur toute l'étendue requise.

7.3.6 Le tableau 1 illustre l'application de la technique d'étalonnage utilisant un échantillon de référence normalisé certifié en acier contenant 0,100 % (*m/m*) de S et un échantillon de référence en nickel contenant 0,001 % (*m/m*) de S.

Tableau 1 — Exemple d'étalonnage

Masse d'acier	Masse de nickel	Teneur en soufre du composé
g	g	% (<i>m/m</i>)
0,500	0,500	0,050 + 0,000 5
0,300	0,700	0,030 + 0,000 7
0,100	0,900	0,010 + 0,000 9
0	1,000	0,0010

NOTES

- 1 Il est important de maintenir une température élevée après fusion de l'échantillon pour garantir le complet transfert du dioxyde de soufre du four dans le vase de titrage.
- 2 Une combustion calme est nécessaire pour éviter les projections sur le couvercle du creuset, qui retirent de la masse fondue de la zone de chauffage par induction.

7.3.7 Soustraire le volume de solution de titrage nécessaire pour l'essai à blanc (7.2) des volumes de solution de titrage nécessaire pour chaque étalonnage (7.3.1).

7.3.8 Calculer la masse, en microgrammes, de soufre présent dans chaque prise d'essai soumise à combustion pour l'étalonnage, et reporter cette valeur sur la courbe en fonction du volume correspondant de solution de titrage corrigé pour tenir compte de la valeur de l'essai à blanc.

8 Expression des résultats

8.1 Calcul

8.1.1 Soustraire le volume de solution de titrage nécessaire pour l'essai à blanc du volume nécessaire pour la prise d'essai.

8.1.2 Relever sur la courbe d'étalonnage la masse, en microgrammes, de soufre correspondant dans la prise d'essai.

8.1.3 La teneur en soufre, exprimée en pourcentage en masse, dans la prise d'essai est donnée par la formule

$$\frac{m_1}{m_0} \times 10^4$$

m_1 est la masse, en microgrammes, de soufre dans la prise d'essai;

m_0 est la masse, en grammes, de la prise d'essai.

8.1.4 Noter la moyenne des deux résultats obtenus pour chaque échantillon pour essai.

8.2 Fidélité

La méthode spécifiée dans la présente Norme internationale a été soumise à un programme d'essais interlaboratoires mettant en jeu 14 laboratoires de six pays différents. Dix échantillons ont été analysés en double sur deux jours différents, suivant le mode opératoire normalisé.

La répétabilité et la reproductibilité ont été calculées conformément à l'ISO 5725 et ont donné les résultats indiqués dans le tableau 2.

9 Remarques sur le mode opératoire et l'appareillage

9.1 Creusets et couvercles

Les creusets destinés à contenir l'échantillon, les ajouts éventuels et la masse fondue résultante doivent être en céramique. Ils doivent être de dimensions précises appropriées au système et s'adapter au support prévu dans le four pour permettre un positionnement correct de la prise d'essai dans le creuset et dans la bobine d'induction.

Tableau 2 — Résultats de l'analyse statistique

Métal ou alliage	Moyenne de la teneur en soufre [% (m/m)]	Écart-type intralaboratoire, s_w	Écart-type interlaboratoire, s_b	Répétabilité, r	Reproductibilité, R
Ferro-nickel					
A22	0,020	0,000 8	0,002 2	0,002 3	0,006 6
A28	0,024	0,000 8	0,001 5	0,002 2	0,004 9
C1	0,024	0,000 6	0,000 7	0,001 7	0,002 6
C2	0,049	0,001 0	0,001 7	0,002 9	0,005 6
C3	0,074	0,000 9	0,004 7	0,002 5	0,014
C4	0,20	0,002 5	0,013	0,007	0,039
Nickel					
YG	0,006 7	0,000 2	0,000 5	0,000 5	0,001 6
YF	0,014	0,000 3	0,001 4	0,000 9	0,004 0
Alliage de nickel					
AK (H*)	0,003 2	0,000 5	0,001 4	0,001 3	0,004 1
AO (B*)	0,017 8	0,000 3	0,002 5	0,000 9	0,007 1

* Se réfère au type d'alliage du tableau 5.

Les dimensions normales des creusets de combustion sont les suivantes :

hauteur	25 mm
diamètre extérieur	25 mm
diamètre intérieur	20 mm
épaisseur de paroi	2,5 mm
épaisseur de fond	8 mm

Les creusets sont précalcinés à 1 100 °C dans un courant d'oxygène pour éliminer le soufre. Le couvercle posé éventuellement sur le creuset sert à retenir les produits solides d'oxydation dans la zone chaude de la bobine d'induction. Ces couvercles sont précalcinés de la même manière que les creusets (voir 4.5.2).

9.2 Fondants et accélérateurs

9.2.1 L'addition de fondant a pour effet, en liant les petites particules d'échantillon, de rendre le couplage avec le four plus efficace et de fluidifier la masse fondue. On considère comme fondants satisfaisants l'étain, le cuivre allié à l'étain, le cuivre et le pentaoxyde de vanadium.

9.2.2 Le cuivre, le fer, le tungstène et le nickel sont des accélérateurs courants. On ajoute un accélérateur pour plusieurs raisons et notamment :

- a) pour assurer un bon couplage lors du chauffage par induction lorsque l'échantillon ne possède pas de qualités très satisfaisantes à cet égard, par exemple, échantillon finement divisé ou matériau de composition complexe ;
- b) pour servir de combustible chimique augmentant la température de combustion ;
- c) pour augmenter la masse de matière dans le creuset sans augmenter la masse de la prise d'essai si celle-ci doit être faible.

Tout fondant ou accélérateur doit avoir une basse teneur en soufre et servir pour l'étalonnage. La valeur totale de l'essai à blanc regroupant toutes les sources (oxygène, réfractaires, fondant et accélérateur) ne doit pas dépasser une teneur en soufre de 0,001 % (m/m).

NOTE — Certains matériaux agissent à la fois comme fondants et comme accélérateurs.

9.3 Caractéristiques et fonctionnement général des fours à induction haute fréquence

9.3.1 Le four de combustion se compose d'une bobine d'induction et d'un générateur de hautes fréquences. La chambre du four est un tube en silice qui s'adapte à l'intérieur de la bobine. Ce tube est garni au fond d'une plaque métallique percée d'un orifice pour l'arrivée du gaz qui s'adapte de façon étanche au tube par l'intermédiaire d'un joint torique. Le dioxyde de soufre formé pendant la combustion passe dans le vase de titrage par un tube en verre.

9.3.2 Le vase de titrage est équipé d'une cellule photoélectrique permettant de contrôler l'intensité de la teinte bleue donnée par la solution iodoamidonnée ajoutée à la solution de titrage. L'intensité du bleu peut être mesurée par un galvanomètre relié à la cellule photoélectrique. L'addition de solution de titrage s'effectue manuellement. Avec certains appareils, cette opération se fait automatiquement jusqu'à une intensité de couleur déterminée à l'avance. Il est possible d'évaluer à l'œil nu l'intensité de la couleur bleue, mais la fidélité de l'analyse n'est pas aussi bonne.

9.3.3 Le générateur a habituellement une puissance apparente de 1,5 à 2,5 kV·A, mais la fréquence utilisée par les fabricants peut varier. On trouve des valeurs de 2 à 6 ; 15 et 20,0 MHz. La puissance fournie par le générateur est transmise à la bobine d'induction qui entoure le tube en silice ; celle-ci est généralement refroidie à l'air pulsé.

9.3.4 Le creuset contenant l'échantillon, le fondant et l'accélérateur est placé sur un support dont la position est fixée avec précision, de telle sorte que lorsqu'il a été mis à la bonne hauteur, le métal contenu dans le creuset se trouve situé correctement dans la bobine d'induction pour favoriser un bon couplage après mise sous tension.

9.3.5 Le diamètre de la bobine d'induction, le nombre d'enroulements, la forme géométrique de la chambre du four, ainsi que la puissance du générateur déterminent le degré de couplage possible. Ces facteurs sont décidés par le fabricant de l'appareil.

9.3.6 La température atteinte au cours de la combustion dépend du four, ainsi que du type et de la quantité de métal dans le creuset. La température du four doit être maintenue élevée (> 1700 °C) dans le four après la fusion de la prise d'essai, pour permettre l'élimination complète du dioxyde de soufre.

9.3.7 L'arrivée d'oxygène est purifiée par passage dans des tubes garnis de chaux sodée (4.2) et de perchlorate de magnésium (4.3). Le débit d'oxygène peut varier d'un appareil à l'autre, mais il est généralement d'environ 1,5 l/min.

9.3.8 Le filtre en laine de verre séparant la chambre du four de l'analyseur doit être changé dès que nécessaire. La chambre du four, le support du creuset et le piège filtrant doivent être nettoyés souvent pour éliminer les résidus d'oxydes.

10 Procès-verbal d'essai

Le procès-verbal d'essai doit contenir les indications suivantes :

- a) la référence de la méthode utilisée ;
- b) les résultats de l'analyse ;
- c) le nombre d'essais répétés différents ;
- d) les phénomènes inhabituels notés pendant l'analyse ;
- e) toute opération non comprise dans la présente Norme internationale ou considérée comme facultative.

iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

[ISO 7527:1985](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/569e8c6d-60db-4cae-9eb5-7f8bd0b8ee06/iso-7527-1985)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/569e8c6d-60db-4cae-9eb5-7f8bd0b8ee06/iso-7527-1985>

Annexe

Exemples de composition de nickel, ferro-nickel et alliages de nickel

(La présente annexe ne fait pas partie intégrante de la norme.)

Les exemples de composition figurant aux tableaux 3, 4 et 5 ne doivent pas être interprétés comme des spécifications de composition chimique.

Tableau 3 — Exemples de composition de nickel (%)

Ni + Co	Co (max.)	C (max.)	Cu (max.)	Fe (max.)	S (max.)
99,95	0,1	0,015	0,005	0,02	0,002 5
99,9	0,5	0,03	0,03	0,03	0,03
99,0	1,5	0,15	0,2	0,4	0,01

Tableau 4 — Exemples de composition de ferro-nickel (%)

Type	Ni	C (max.)	Cu (max.)	Fe	S (max.)	Si (max.)
LC	15	0,005	0,10	Le reste	0,03	0,20
	60	0,03	0,20			
MC	15	0,03	0,5	Le reste	0,10	1,0
	60	1,0	2,0			
HC	15	1,0	2,0	Le reste	0,40	4,0
	60	2,5	2,0			

NOTE — Co est généralement 1/40 à 1/20 de Ni.

Tableau 5 — Exemples de composition d'alliages de nickel (%) ¹⁾

Alliage ²⁾	Al	B	C	Co ³⁾	Cr	Cu	Fe	Mn	Mo	Ni	P	S	Si	Ti	Autres
A	—	—	0,30	—	—	28,0 34,0	2,5	2,0	—	63,0 ⁴⁾	—	0,025	0,5	—	—
B	—	—	0,15	—	14,0 17,0	0,5	6,0 10,0	1,0	—	72,0 ⁴⁾	—	0,015	0,5	—	—
C	0,4 1,0	—	0,08	—	14,0 17,0	0,5	5,0 9,0	1,0	—	70,0 ⁴⁾	—	0,015	0,5	2,2 2,8	Nb plus Ta 0,7 à 1,2
D	0,2 0,8	0,006	0,08	—	17,0 21,0	0,3	Le reste	0,4	2,8 3,3	50,0 55,0	0,015	0,015	0,4	0,6 1,2	Nb plus Ta 4,7 à 5,5
E	0,15 0,60	—	0,10	—	19,0 23,0	0,7	Le reste	1,5	—	30,0 35,0	—	0,015	1,0	0,15 0,60	—
F	—	—	0,08 0,15	5,0	18,0 21,0	0,5	5,0	1,0	—	Le reste ⁴⁾	—	0,020	1,0	0,2 0,6	Pb 0,005
G	1,0 2,0	0,020	0,13	15,0 21,0	18,0 21,0	0,2	1,5	1,0	—	Le reste	—	0,015	1,0	2,0 3,0	Zr 0,15
H	4,5 4,9	0,003 0,010	0,12 0,17	18,0 22,0	14,0 15,7	0,2	1,0	1,0	4,5 5,5	Le reste	—	0,015	1,0	0,9 1,5	Zr 0,15
I	0,3 0,6	0,005	0,04 0,08	19,0 21,0	19,0 21,0	0,2	0,7	0,6	5,6 6,1	Le reste	—	0,007	0,4	1,9 2,4	Ti plus Al 2,4 à 2,8
J	—	—	0,02	1,0	1,0	—	2,0	1,0	26,0 30,0	Le reste ⁴⁾	0,040	0,035	0,1	—	—
K	1,2 1,6	0,003 0,010	0,02 0,10	12,0 15,0	18,0 21,0	0,1	2,0	1,0	3,5 5,0	Le reste	0,015	0,015	0,1	2,8 3,3	Zr 0,02 à 0,08
L	—	—	0,02	2,5	14,5 16,5	—	4,0 7,0	1,0	15,0 17,0	Le reste	0,040	0,035	0,08	—	V 0,35 W 3,0 à 4,5

1) Les valeurs individuelles sont des limites maximales, sauf pour le nickel où ce sont des minimums.

2) On a utilisé des lettres pour les alliages au lieu des appellations commerciales, en attendant la normalisation d'une désignation ISO neutre.

3) Lorsqu'aucune limite n'est fixée, la teneur maximale en cobalt est de 1,5 % (m/m).

4) Le cobalt compte dans certains alliages comme du nickel.