

Applications:

Le groupe des alliages pour hautes températures comprend des matériaux sans molybdène, qui sont utilisés principalement dans des fluides gazeux à de hautes températures, comme par ex. des grilles de fours, les conduites d'échappement de fumées, des équipements de chargement, des échangeurs de chaleur à hautes températures.

3.4.9 Aciers inoxydables à usinabilité améliorée (voir chapitres 3.3.9 et 5.3.4)

4 ESSAI DES MATERIAUX

(Pour des valeurs mécaniques et des aides de calcul sur les matériaux livrables, voir au chapitre 7.)

4.1 Essais mécaniques (destructifs)

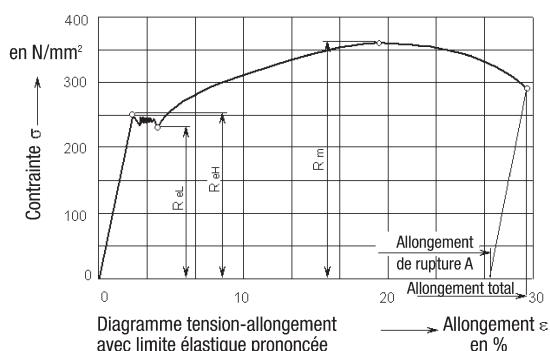
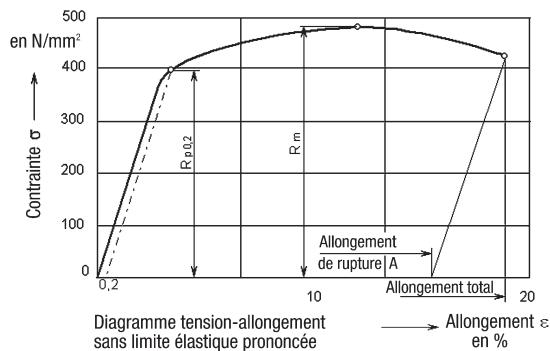
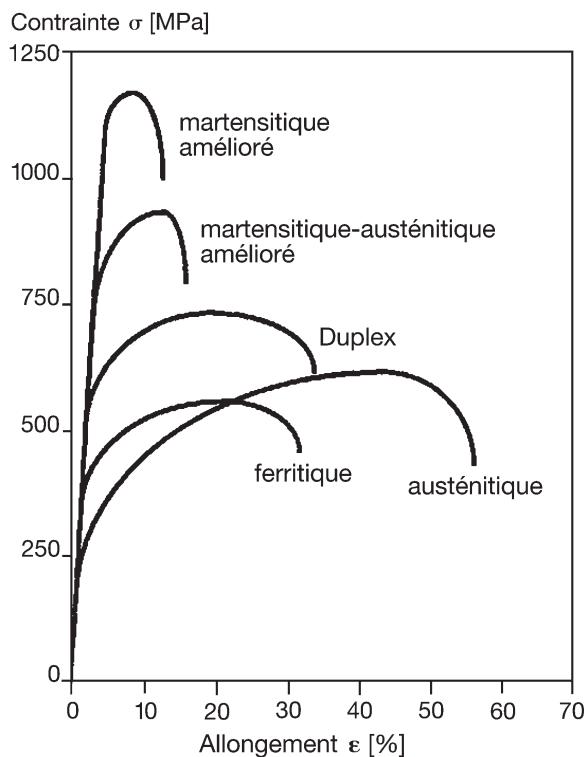
On détermine avec ces essais des caractéristiques des matériaux qui sont nécessaire d'une part pour la construction et d'autre part pour la comparaison de divers matériaux entre eux concernant certaines propriétés ou permettant leur aptitude pour une application donnée. Les valeurs déterminées par ces essais dépendent dans la plupart des cas de la température, de l'état de traitement thermique et des conditions d'essai. Pour une indication correcte et la comparaison avec d'autres valeurs, l'indication de la température d'essai, de l'état de traitement thermique et des conditions d'essai sont indispensable, s'ils sont différents des conditions standard définies par les normes.

4.1.1 Essai de traction (EN ISO 6892, parties 1 à 3)

L'essai de traction détermine le comportement de la matière au cours d'une sollicitation axiale en traction. On soumet alors une éprouvette confectionnée selon DIN 50125 à un allongement sur une machine d'essai, lentement jusqu'à la rupture, et on enregistre le diagramme tension-allongement (aussi nommé diagramme σ - ϵ). Ce dernier présente pour pratiquement tous les aciers une partie linéaire (déformation élastique réversible). Le graphique suivant montre les courbes typiques tension-allongement pour différentes sortes d'acières inoxydables.

Contraintes [N/mm²]

Dans le domaine technique, les contraintes résultant de la force de traction (= force appliquée divisée par la section) se rapportent toujours à la section initiale de l'éprouvette. Les unités de mesure usuelles aujourd'hui pour les contraintes sont indiquées en N/mm² ou MPa (1 N/mm² = 1 MPa). Les principales caractéristiques de la matière mesurée par cet essai sont:



Limite élastique apparente R_e / Limite conventionnelle d'élasticité R_p [N/mm²]

Les deux valeurs indiquent la contrainte mesurée au passage de la déformation élastique à la déformation plastique, c'est-à-dire qu'après avoir passé cette contrainte, une déformation permanente subsiste. Cette tension est aussi appelée limite élastique apparente. Pour les contraintes de compression, le terme de "limite d'écrasement" est utilisé. Pour déformer durablement un métal (pliage, emboutissage, refoulement, etc.), sa limite élastique apparente doit toujours être dépassée. L'écoulement est toujours accompagné d'un écrouissage de la matière. La limite apparente d'élasticité R_e est déterminée sur les aciers non alliés ou faiblement alliés à l'endroit où, sur le diagramme tension-allongement, la contrainte de traction reste constante ou diminue pour la première fois quand l'allongement augmente (voir chapitre 4.1.1.1, diagramme à droite).

Sur les aciers fortement alliés, comme les aciers inoxydables, ce passage n'est pas si nettement prononcé. La limite conventionnelle d'élasticité R_p est donc déterminée pour un allongement non proportionnel défini qui doit être indiqué (voir chapitre 4.1.1.1, diagramme du haut).

$R_{p0.2}$	allongement plastique à 0.2%
	base usuelle de dimensionnement
$R_{p0.01}$	allongement plastique à 0.01 %
	limite technique d'élasticité
$R_{p1.0}$	allongement plastique à 1.0 %
	utilisé fréquemment pour les aciers austénitiques

Résistance à la traction R_m [N/mm²]

La résistance à la traction est la contrainte obtenue en divisant la force de traction maximale par la section initiale.

Allongement à la rupture A [%]

L'allongement à la rupture est une mesure de l'allongement d'un matériau (ductilité). L'éprouvette est en l'occurrence sollicitée par un essai de traction. L'allongement à la rupture est défini comme le quotient de l'allongement résiduel à la rupture par rapport à la longueur initiale, noté en pour cent.

En fonction de la forme du produit et du test standard, différentes éprouvettes sont utilisées pour ces essais. En Europe on utilise généralement des jauge étalonnées en longueur $L_0 = 5,65 \sqrt{S_0}$ (S_0 = section transversale). Lors d'essais sur du feuillard mince (épaisseurs <3 mm) on peut utiliser des jauge non proportionnelles avec une longueur de 80 mm ($A_{80 \text{ mm}}$). Les normes américaines telles que ASTM A370 préconisent quant à elles une longueur de jauge de 2 pouces, soit ($A_{50 \text{ mm}}$).

Constantes élastiques E, G, K, μ

Dans le domaine élastique (linéaire) du diagramme tension-allongement, la loi de Hooke $\sigma = E \times \epsilon$ s'applique. Cette loi dit que, dans le domaine élastique, l'allongement ϵ est proportionnel à la tension σ appliquée. La constante de proportionnalité correspondante s'appelle module d'élasticité E ou plus brièvement module E. Le module E est une mesure de la résistance qu'oppose une matière à son allongement élastique. Pour les aciers inoxydables austénitiques, la valeur du module E est de 200 kN/mm² environ.

La loi de Hooke s'applique aussi aux déformations au cisaillement et en compression, dans le domaine élastique. Les facteurs de proportionnalité correspondants sont le module de glissement G et le module de compression K. G et K représentent une mesure de la résistance qu'oppose une matière à son glissement élastique au cisaillement ou à une variation hydrostatique élastique de volume.

Les 3 constantes élastiques sont liées entre elles par les relations suivantes:

$$E = 2G(1+\mu)$$

$$E = 3K(1-2\mu)$$

μ est appelé coefficient de contraction transversale ou constante de Poisson. Pour les aciers inoxydables, μ se situe vers 0.3.

Les caractéristiques des matériaux établis par l'essai de traction peuvent être utilisées directement pour le calcul de constructions, alors que les valeurs mentionnées par la suite servent entre autres à la comparaison de divers matériaux.

Striction Z [%]

L'éprouvette de traction brisée présente à l'endroit de la rupture un rétréissement plus ou moins prononcé (contraction de section) qui peut montrer selon l'éprouvette une cassure plutôt ductile ou plutôt fragile. La striction de rupture Z est égale à la différence entre les sections initiale et de rupture divisée par la section initiale. Elle est une mesure pour l'aptitude à la déformation de la matière.

Ténacité à la rupture K_{1c} [MNm^{-3/2}]

La ténacité à la rupture renseigne sur la résistance d'une matière à la propagation d'une fissure présente dans la matière ou à l'influence de discontinuités (entailles, rainures, percages, hétérogénéités de matière) sur le comportement à la rupture. Plus la ténacité à la rupture est basse, plus une fissure présente s'agrandira facilement. La ténacité à la rupture se mesure sur des éprouvettes spéciales avec amorce de fissure au cours d'un essai de traction spécial commandé par ordinateur. L'essai étant complexe, les valeurs de ténacité à la rupture ne sont disponibles que dans une mesure limitée.

4.1.2 Estimation des diverses résistances

Pour l'estimation approximative des diverses valeurs de résistance, on peut utiliser les équations suivantes:

$$\begin{aligned} \text{Résistance à la traction } R_m \text{ [N/mm}^2\text{]} &= 3.4 \times \text{dureté Brinell HB} \\ \text{Limite élastique apparente } R_e \text{ [N/mm}^2\text{]} &= 0.8 \times \text{résist. à la traction } R_m \\ \text{Résistance à la fatigue } \text{ [N/mm}^2\text{]} &= 0.6 \times \text{résist. à la traction } R_m \\ \text{Résistance à la torsion } \text{ [N/mm}^2\text{]} &= 0.3 \times \text{résist. à la traction } R_m \end{aligned}$$

4.1.3 Essai de dureté

La dureté désigne la résistance d'une matière contre la pénétration d'un corps encore plus dur. Pour déterminer la dureté, on applique un pénétrateur dur avec une force définie à la surface de l'éprouvette et on mesure l'empreinte qui en résulte. A l'aide d'un tableau correspondant, on peut déduire la dureté de l'éprouvette en fonction de la dimension de l'empreinte. Sur les appareils modernes, cette conversion est effectuée au moyen d'un ordinateur. Dans le domaine de l'acier, les quatre méthodes de mesure de dureté suivantes sont usuelles:

méthode	désignation	pénétrateur	norme
Brinell	HB	bille d'acier trempée	EN ISO 6506-1
Vickers	HV	pyramide de diamant	EN ISO 6507-1
Rockwell B	HRB	bille d'acier trempée	EN ISO 6508-1
Rockwell C	HRC	cône de diamant	EN ISO 6508-1

Pour l'indication de la dureté, il faut veiller à la désignation correcte de la charge et des dimensions du pénétrateur selon la norme correspondante, car les valeurs ne sont pas comparables simplement entre elles. Un tableau de comparaison ou de conversion pour les diverses valeurs de dureté est donné au chapitre 7.

Essai Brinell

Cette méthode ne convient en raison de la dureté limitée de la bille d'acier que pour des duretés moyennes jusqu'à 500 HB environ. On peut déterminer la résistance à la traction à partir de la dureté Brinell, à l'aide de la formule suivante:

$$\text{Résistance à la traction } R_m \approx \alpha \times \text{dureté HB}$$

Le facteur de conversion α dépend de la matière et il est de 3.6 pour les aciers au carbone et de 3.4 pour les aciers inoxydables.

Essai Vickers

Cette méthode convient en raison de la dureté extrêmement élevée de la pyramide de diamant (env. 10000 HV) pour toutes les plages de dureté. Par réduction de la charge, cette méthode convient parfaitement pour déterminer la dureté de feuilles minces, de couches de revêtement dures et de constituants de structures (petite charge, respectivement microdureté). Pour des duretés jusqu'à env. 300 HB/HV, les valeurs mesurées par les deux méthodes sont pratiquement égales, c'est-à-dire $HB \approx HV$.

Essai Rockwell

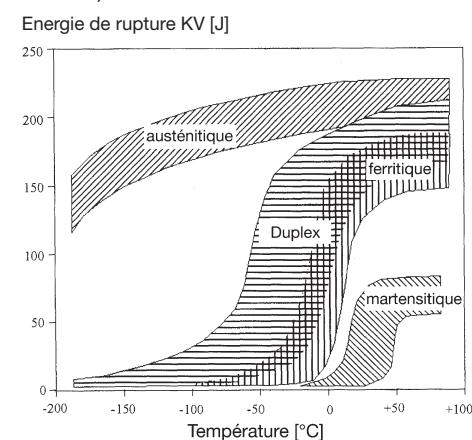
Au contraire des deux autres méthodes, dans l'essai Rockwell, la charge est appliquée en deux étapes (charge préalable et charge principale, ceci pour la compensation d'effets de surface et du mouvement élastique de ressort de la matière de l'éprouvette. La dureté est définie à partir de la différence des profondeurs de pénétration sous les charges préalable et principale, et elle peut être lue directement sur un comparateur. On supprime ainsi la mesure de l'empreinte, ce qui conduit à des temps de mesure plus courts et permet d'automatiser l'essai de dureté. Les empreintes Rockwell étant relativement profondes, il n'est pas possible de mesurer des matériaux minces ou des couches de revêtement.

- Rockwell B (B = bille)
plage de mesure recommandée: 35 – 100 HRB, ne convient que pour des matériaux de dureté moyenne
- Rockwell C (C = cône)
plage de mesure recommandée: 20 – 67 HRB, ne convient que pour des matériaux durs. Pour l'essai de couches minces en surface, on peut appliquer la méthode Super-Rockwell, qui travaille avec des charges réduites et produit en conséquence des empreintes moins profondes .

4.1.4 Essai de flexion par choc (EN ISO 148-1)

On examine avec cette méthode d'essai si un matériau présente un comportement plutôt ductile ou plutôt fragile. Une matière fragile n'est sous certaines circonstances pas en mesure de compenser des contraintes par une déformation. En cas de dépassement d'une charge critique, il se produit alors sans avertissement une rupture fragile dangereuse, explosive. Afin d'examiner sur la base d'une éprouvette un comportement ductile ou fragile, on choisit la sollicitation de telle sorte que la matière soit confrontée à toutes les influences favorisant une rupture fragile, comme une sollicitation brusque, multi-axiale, et éventuellement à basse température. Selon la matière, on travaille avec des éprouvettes entaillées ou non. Ces éprouvettes sont brisées sur un mouton-pendule. On mesure l'énergie nécessaire pour casser l'éprouvette. Par cet essai, on peut aussi tester l'influence de diverses fragilités, comme celles dues aux basses températures, au revenu, etc. Selon l'alliage, la température peut avoir une

influence importante sur la résilience, comme le montre le graphique suivant. Les aciers martensitiques, ferritiques et duplex présentent avec une température descendante une zone de température relativement étroite pour laquelle la résilience tombe brusquement à presque zéro (fragilisation aux basses températures). Selon l'alliage, cette baisse a déjà lieu à des températures supérieures au point de congélation. Les aciers austénitiques ne présentent pas une baisse de résilience si marquée avec une température descendante, c'est-à-dire qu'ils conservent aussi aux basses températures la plus grande partie de leur haute résilience (appelés aciers ductiles à froid).



Energie de divers types d'aciérs inoxydables en fonction de la température

Energie de rupture [J]

C'est l'énergie consommée par l'essai de flexion par choc indiquée en J. De basses valeurs signalent un comportement fragile, des valeurs élevées un comportement ductile. Il faut toujours indiquer si les valeurs ont été mesurées avec une éprouvette entaillée ou non. Pour les éprouvettes entaillées, il faut encore indiquer la forme de l'entaille.

Résilience [J/cm²]

La résilience est l'énergie de rupture par choc divisé par la section d'essai et elle est exprimée en J/cm².

4.1.5 Essais d'endurance (DIN 50100)

Les essais d'endurance, appelés aussi de Wöhler ou de fatigue, examinent le comportement d'un matériau sous une sollicitation oscillante permanente sous une charge qui se situe au-dessous de la limite élastique. La sollicitation peut dans ce cas se trouver dans le domaine de la compression ou de la traction, avec ou sans précontrainte. Le but de l'essai est de constater sous quelle charge la matière supporte sans se rompre un nombre défini de cycles de charge, le plus souvent dans une plage de 10^5 à 10^8 . Etant donné qu'un grand nombre d'éprouvettes doivent être essayées, de tels essais sont très complexes et les données correspondantes ne sont que difficilement ou même pas du tout disponibles. Pour des essais dit en service, par exemple pour la simulation de cycles de décollage et d'atterrissement, les sollicitations sont variées en fonction des sollicitations réelles apparaissant en service. Les résultats de telles séries d'essais sont rassemblés dans des diagrammes dit de Wöhler.

Limite de fatigue [N/mm²]

Abréviation pour limite de fatigue sous charge alternée. Elle est aussi appelée limite d'endurance et indique la plus grande sollicitation alternée qu'une matière supporte indéfiniment sans déformation inadmissible ni rupture.

Fatigue

Elle est produite principalement par une sollicitation alternée. La structure de la matière se trouve disloquée, ce qui conduit finalement à la rupture.

4.1.6 Essai de fluage (EN 10291)

Le fluage est un processus activé par la chaleur, qui peut conduire à la rupture. On entend par-là un écoulement, c'est-à-dire une déformation plastique de la matière, sous l'effet de tensions inférieures à la limite élastique. La vitesse de fluage dépend de la contrainte appliquée, de la température et du temps, c'est-à-dire que la vitesse de fluage n'est pas constante. L'essai de fluage sert à déterminer le comportement de la matière sous une sollicitation statique au-dessous de la limite élastique et à une température pour laquelle la durée de sollicitation a une influence importante sur la résistance. Le but de l'essai est de déterminer la résistance à la rupture sous charge permanente.

Les essais de fluage étant très complexes, ils ne sont réalisés que dans des cas particuliers, par exemple pour des matières travaillant à haute température pour des aubes de turbines.

Résistance à la rupture sous charge permanente [N/mm²]

La résistance à la rupture sous charge permanente est la plus grande contrainte sous une température définie pour laquelle un écoulement initial s'arrête et qui conduit en cas de dépassement à la rupture de l'éprouvette. Cette valeur ne pouvant pas être constatée, on détermine la résistance au fluage.

Résistance au fluage [N/mm²]

On entend par-là la contrainte sous une température définie pour laquelle la rupture se produit après une durée de charge définie (10^3 à 10^6 h). Cet essai sert principalement à déterminer le comportement de la matière à haute température sous une sollicitation constante (statique). Les indications du temps et de la température sont indispensables.

Allongement de rupture par fluage A_u [%]

Il indique l'allongement permanent après la rupture de l'éprouvette et il est exprimé en %.

Striction de rupture par fluage Z_u [%]

C'est le quotient de la réduction de section à l'endroit de la rupture par la section initiale. L'indication est donnée en %.

Limite de fluage [N/mm²]

La limite de fluage est la contrainte statique qui conduit à une valeur donnée de fluage sous une température définie, après une durée de charge définie. Les indications du temps et de la température sont indispensables.

4.1.7 Essais spéciaux

En plus de ces méthodes générales d'essais mécaniques, il existe encore une quantité d'autres procédés d'essais mécaniques, qui sont souvent fortement liés à la méthode de mise en forme envisagée pour la matière et qui sont décrits en détail dans les normes correspondantes. On donnera encore comme exemples les méthodes d'essai suivantes:

Essai au mandrin

Dans cet essai, l'extrémité d'un tube est élargie au moyen d'un mandrin conique et on examine dans quelle mesure le tube peut être élargi sans se fissurer.

Essai sur éprouvette soudée

Dans ce processus, on examine la capacité de déformation (ductilité) d'un cordon de soudure. On plie une tôle avec un cordon de soudure appliqué jusqu'à ce que le cordon de soudure commence à se fissurer.

Essai d'emboutissage

Dans cet essai, on presse une bille d'un diamètre de 2 cm environ dans une tôle jusqu'à ce que la partie bombée de la tôle présente des marques d'écoulement ou des fissures.

4.1.8 Essais d'usinage

Dans ces essais, on détermine les paramètres optimaux pour l'usinage (vitesse de coupe, avance, angle de coupe, etc.) pour les diverses méthodes d'usinage (fraisage, perçage, tournage, rectification, érosion, soudage, etc.). Des informations détaillées pour les diverses matières sont disponibles sur demande ou auprès de vos fournisseurs d'outils.

4.2 Essais physiques

Les caractéristiques physiques (conductibilité électrique, dilatation thermique, perméabilité magnétique, etc.) sont vérifiées par des méthodes physiques correspondantes, sur lesquelles nous n'entrerons pas plus en détail ici.

4.3 Essais chimiques

Les essais chimiques servent à déterminer la composition chimique d'un acier et d'éventuelles impuretés ainsi qu'à vérifier sa résistance aux milieux agressifs.

4.3.1 Analyse spectrale

L'analyse spectrale est aujourd'hui la méthode la plus rapide et la plus rationnelle pour déterminer la composition chimique d'un alliage.

Dans ce procédé, on allume un arc électrique court entre l'objet à examiner et une électrode. Les composants de l'alliage en s'évaporent influencent le rayonnement de l'arc, chaque élément émettant une couleur de lumière qui lui est propre. L'intensité dépend de sa teneur. La lumière produite est transmise par des fibres optiques vers un analyseur optique qui détermine le spectre (distribution des couleurs). On peut déduire de la répartition spectrale les éléments d'alliage renfermés dans l'objet à examiner. Avec des appareils de laboratoire très modernes, il est possible de déterminer simultanément jusqu'à 64 éléments. Par comparaison avec les spectres normaux enregistrés dans l'ordinateur de contrôle, on peut aussi déterminer la désignation de la matière.

4.3.2 Analyses chimiques

Les analyses chimiques ne sont encore exécutées aujourd'hui plus que dans des cas exceptionnels, car elles ne saisissent qu'un seul élément et elles sont très complexes. Elles sont encore utilisées le plus fréquemment pour des éléments qui ne peuvent pas être détectés par l'analyse spectrale, comme par ex. C, Si, Mn, P, S ainsi que les gaz O₂, H₂ et N₂. Des appareils modernes d'analyse spectrale sont cependant toujours plus en mesure de déterminer aussi ces éléments.

Des tests chimiques rapides spéciaux servent fréquemment à constater la présence ou l'absence d'un élément défini, par ex. le molybdène, pour faire une distinction rapide entre des aciers V2A et V4A.

4.3.3 Essais de corrosion

Font partie des essais de corrosion les tests de cuisson selon Huey ou Strauss, les tests de corrosion au brouillard salin, au

brouillard d'eau, à la corrosion dans les fissures et à la corrosion fissurante sous tension, ainsi éventuellement de l'examen de la corrosion intercristalline. Ces tests de laboratoire servent à vérifier la résistance à la corrosion d'une matière donnée, sous des conditions de corrosion définies (fluide, concentration, température, contrainte, etc.).

Depuis peu, des appareils sont disponibles avec lesquels la résistance relative à la corrosion peut être examinée sans destruction sur la pièce terminée, par ex. pour la vérification des cordons de soudure.

4.4 Examens structurels

Ces méthodes permettent d'examiner la macrostructure et la microstructure d'un matériau.

4.4.1 Macrostructure (examen non destructif)

Ces procédés servent au contrôle de défauts éventuels internes et externes des pièces, sans les endommager ni les détruire.

Défauts de surface

Ces procédés sont utilisés le plus souvent sur des pièces terminées ou presque pour la détection de défauts qui s'étendent jusqu'à leur surface, comme par ex. des fissures. Les procédés utilisés à cet effet sont:

- Poudre magnétique (ne convient que pour des matériaux magnétisables): dans ce procédé, la pièce est pulvérisée au moyen d'un liquide fluorescent magnétisable, puis magnétisée. Des défauts en surface conduisent à des perturbations des lignes de champ magnétiques et à un enrichissement de liquide en ces endroits. En les examinant à la lumière UV, ces défauts sont bien visibles.
- Ressuage (convient pour tous les matériaux): la pièce est pulvérisée avec un liquide rouge qui pénètre dans les défauts en raison de sa grande capacité de pénétration. Après un moment d'attente, le liquide est essuyé et la surface est recouverte par un spray d'un «révélateur» blanc qui aspire la couleur restée dans les défauts et les rend ainsi visibles.

Défauts internes

Pour détecter des défauts qui ne s'étendent pas jusqu'à la surface (criques, grandes inclusions, défauts de soudure, grands pores), on applique les méthodes suivantes:

- Ultrasons (procédé utilisable pour tous les matériaux présentant une surface relativement lisse): la pièce est exposée à des ultrasons de l'ordre de grandeur de quelques 100 kHz à quelques MHz. Le son est réfléchi aux endroits des défauts. L'écho est affiché sur un écran. Le procédé convient bien pour un emploi mobile, mais une interprétation correcte exige cependant une certaine expérience.
- Examen aux rayons X, isotopiques ou gamma: l'affichage se faisant sur film, ces procédés seront utilisés si le résultat doit être conservé durablement. Ils sont toutefois limités à des épaisseurs de matière jusqu'à 150 mm. En raison de la nécessité d'équipements de protection contre les radiations, ces procédés sont coûteux et nécessitent en conséquence des spécialistes. Des applications mobiles sont possibles.
- Tomographie par ordinateur: ce procédé connu en médecine permet la représentation en 3 dimensions des défauts. Les inconvénients en sont un appareillage complexe ainsi que la nécessité d'équipements de protection et en conséquence de spécialistes.

4.4.2 Structure fine et microstructure

Pour l'examen de la structure fine et de la microstructure, on utilise des méthodes métallographiques en relation avec des microscopes optiques ou électroniques. Ces méthodes sont utilisées d'une part dans la recherche fondamentale et le développement, et d'autre part, elles servent aussi à l'éclaircissement de défauts (par ex. défauts de traitement thermique ou de structure) et de dégâts ainsi que de leurs causes.

5 MISE EN FORME ET USINAGE

5.1 Principes généraux de mise en forme et d'usinage

Les aciers inoxydables présentent en raison de leur part d'alliage élevée en chrome, nickel et molybdène des caractéristiques de mise en forme et d'usinage qui se différencient nettement de celles des aciers faiblement alliés et qu'il s'agit de prendre en considération pour un emploi fructueux de ces matériaux. Les aciers inoxydables sont le plus souvent mis en forme à l'état de livraison.

La mise en forme des aciers inoxydables doit être absolument séparée de celle des aciers non alliés, ce qu'on appelle la "séparation noir/blanc". Sinon il existe un grand risque que la surface de l'acier inoxydable soit souillée par des particules de fer, ce qui conduit inévitablement à la rouille erratique. Cette séparation ne s'applique pas aux seuls locaux, mais aussi aux outils utilisés. Également pour le stockage et le transport des aciers inoxydables, tout contact avec des aciers non alliés doit être évité (bandes d'acier pour la fixation, supports en fer non protégés, etc.).

5.2 Mise en forme par formage

5.2.1 Formage à chaud

Un formage à chaud est possible pour tous les aciers inoxydables. En raison de leur mauvaise conductibilité thermique, l'échauffement doit se faire lentement jusqu'à env. 800–850 °C, au-dessus, il peut avoir lieu rapidement.

Les aciers ferritiques sont très tendres aux températures usuelles de formage et tendent à la "formation de fentes" ainsi qu'à une croissance rapide du grain, ce qui ne peut être empêché que par une forte déformation. Les pièces en acier ferritique sont le plus souvent refroidies à l'air libre.

Le formage à chaud des aciers martensitiques ne pose en général pas de problème, si l'on tient compte au chauffage et au refroidissement du comportement au changement de structure. Afin de réduire le risque de fissuration des aciers martensitiques, il faut éviter un refroidissement trop rapide. Les matières austénitiques devraient être chauffées régulièrement. L'atmosphère ne doit pas contenir de soufre ni avoir une action carburante. Ceci est particulièrement important pour les sortes à haute teneur en nickel. Les pièces d'une section de plus de 3 mm sont trempées à l'eau.

Pour obtenir des propriétés optimales du matériau, les pièces formées à chaud devraient être soumises à un traitement thermique ultérieur. Les températures de traitement correspondantes sont indiquées dans le tableau 7.6.

5.2.2 Formage à froid

Les procédés les plus usuels de formage à froid sont le laminage, le matriçage, le pliage et l'emboutissage. En principe, tous les aciers inoxydables conviennent au formage à froid. Le degré de déformation admissible est cependant spécifique à la matière, de même que l'écrouissage qui en résulte.