
Norme internationale



643

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

Aciers — Détermination micrographique de la grosseur du grain ferritique ou austénitique des aciers

Steels — Micrographic determination of the ferritic or austenitic grain size

Première édition — 1983-09-01

ITeH STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 643:1983

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/c633df34-2f85-40c0-9795-30a484789437/iso-643-1983>

CDU 669.14 : 186.82

Réf. n° : ISO 643-1983 (F)

Descripteurs : acier, essai, micrographie, détermination, austénite, granulométrie.

Prix basé sur 27 pages

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 correspondant. 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.

La Norme internationale ISO 643 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 17, *Acier*, et a été soumise aux comités membres en décembre 1981.

Les comités membres des pays suivants l'ont approuvée :

<u>ISO 643:1983</u>		
Afrique du Sud, Rép. d'	Corée, Rép. dém. p. de	Nouvelle-Zélande
Allemagne, R.F.	Égypte, Rép. arabe d'	Pays-Bas
Australie	Espagne	Sri Lanka
Autriche	France	Suède
Belgique	Hongrie	Suisse
Brésil	Inde	Tchécoslovaquie
Bulgarie	Irlande	Turquie
Canada	Italie	URSS
Chine	Japon	USA
Corée, Rép. de	Norvège	Vénézuéla

Le comité membre du pays suivant l'a désapprouvée pour des raisons techniques :

Royaume-Uni

Cette Norme internationale annule et remplace la Recommandation ISO/R 643-1967, dont elle constitue une révision technique.

Aciers — Détermination micrographique de la grosseur du grain ferritique ou austénitique des aciers

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

1 Objet et domaine d'application

La présente Norme internationale spécifie la méthode de détermination micrographique de la grosseur du grain ferritique ou austénitique des aciers. Elle précise les méthodes de mise en évidence du grain et d'estimation de la grosseur moyenne du grain révélé.

2 Définitions

2.1 grain : Figure polygonale fermée, à côtés plus ou moins courbes, qu'il est possible de faire apparaître en réseau sur une coupe plane de l'échantillon, polie et préparée pour examen micrographique.

On distingue :

2.1.1 grain austénitique : Soit le grain des aciers présentant à la température ambiante une structure austénitique monophasée ou biphasée (îlots de ferrite δ),

soit le grain formé au cours d'un traitement thermique comportant une austénitisation à une température et une durée données.

2.1.2 grain ferritique : Grain observé dans la structure monophasée ou biphasée (îlots de perlite) résultant généralement de la transformation $\gamma \rightarrow \alpha$ (à l'exception des aciers ferritiques-delta)¹⁾.

2.2 indice : Nombre G positif, nul ou éventuellement négatif, qui est déduit à partir du nombre moyen m des grains, dénombrables sur une aire de 1 mm^2 de la section de l'échantillon. Par définition, $G = 1$ pour $m = 16$; les autres indices sont donnés par la formule :

$$m = 8 \times 2^G$$

2.3 segment intercepté : Segment de la ligne de mesure traversant le grain. Soient \bar{N} le nombre moyen de grains traversés par une ligne de mesure de longueur L , la valeur moyenne du segment intercepté est :

$$\bar{L} = \frac{L}{\bar{N}}$$

2.4 intersection : Point du joint de grain où la ligne de mesure traverse le grain.

1) L'estimation du grain ferritique se fait généralement pour les aciers non alliés dont la teneur en carbone est inférieure ou égale à 0,25 %. En présence d'îlots perlitiques de dimensions identiques à celles de grains de ferrite, les îlots sont alors comptés comme des grains de ferrite.

3 Symboles et abréviations

Les symboles utilisés sont indiqués sur le tableau 1.

4 Méthodes

4.1 Principe

4.1.1 La grosseur du grain est mise en évidence par l'examen micrographique d'une coupe polie de l'échantillon, préparée par une méthode appropriée au type d'acier et au renseignement cherché.

NOTE — Si la commande ou la Norme internationale définissant le produit ne stipule pas la méthode de mise en évidence du grain, le choix de cette méthode est laissé à l'initiative du producteur.

Cette grosseur moyenne est caractérisée

- a) soit par un indice obtenu
 - le plus souvent, par comparaison avec des images-types pour la mesure de la grosseur du grain;
 - ou par comptage en déterminant le nombre moyen de grains par unité de surface;
- b) soit par la valeur moyenne du segment intercepté.

Dans le cas d'une Norme internationale définissant le produit, la dimension du grain est exprimée soit par une limite supérieure ou inférieure, soit par une fourchette indiquant les variations admissibles à un état de référence déterminé.

Tableau 1 — Symboles

Symboles	Désignation	Valeur
g	Grossissement linéaire (à noter en référence) de l'image microscopique	En principe 100
D	Diamètre du cercle limitant sur le verre dépoli du microscope ou sur une éprouvette photographique l'image de la surface de référence de l'éprouvette	79,8 mm (surface = 5 000 mm ²)
n_1	Nombre de grains complètement à l'intérieur du cercle de diamètre D	
n_2	Nombre de grains coupés par le cercle de diamètre D	
n_{100}	Nombre total conventionnel de grains observés sur l'image de diamètre D (dans le cas d'un grossissement 100)	$n_{100} = n_1 + \frac{n_2}{2}$
n_g	Nombre total conventionnel de grains observés sur l'image de diamètre D (dans le cas d'un grossissement g)	
K	Facteur pour passer du grossissement linéaire utilisé g au grossissement linéaire 100	$K = \frac{g}{100}$
m	Nombre de grains par millimètre carré de surface de l'éprouvette dans la région examinée	$m = 2 n_{100}$ (grossissement \times 100) $m = 2 K^2 n_g$ (grossissement \times g)
G	Indice conventionnel de grosseur du grain	
d_m	Diamètre moyen du grain, en millimètres	$d_m = \frac{1}{\sqrt{m}}$
a	Aire moyenne du grain, en millimètres carrés	$a = \frac{1}{m}$
L	Longueur sur la surface de l'éprouvette de la ligne de mesure, en millimètres	
\bar{N}	Nombre moyen d'intersections par la ligne de mesure de longueur L	
\bar{N}_L	Nombre moyen d'intersections par la ligne de mesure par unité de longueur	$\bar{N}_L = \frac{\bar{N}}{L}$
\bar{L}	Segment intercepté moyen, en millimètres	$\bar{L} = \frac{L}{\bar{N}} \quad \bar{L} = \frac{1}{\bar{N}_L}$
N_x	Nombre d'intersections par millimètre dans la direction longitudinale ¹⁾	
N_y	Nombre d'intersections par millimètre dans la direction transversale ¹⁾	
N_z	Nombre d'intersections par millimètre dans la direction perpendiculaire ¹⁾	

1) Le mode de désignation de la direction est conforme à l'ISO 3785, Acier — Désignation des axes des éprouvettes.

5 Prélèvement et préparation de l'échantillon

5.1 Prélèvement

Si la commande ou la Norme internationale définissant le produit ne spécifie pas le nombre d'échantillons et l'emplacement du prélèvement sur le produit, ceux-ci sont laissés à l'initiative du producteur. L'échantillon est poli suivant les techniques habituelles.

5.2 Mise en évidence du grain ferritique

Les grains ferritiques doivent être mis en évidence par attaque soit au nital (solution alcoolique d'acide nitrique), soit au picral (solution alcoolique d'acide picrique), soit par un réactif approprié.

5.3 Mise en évidence du grain austénitique

Dans le cas des aciers présentant à la température ambiante une structure austénitique monophasée ou biphasée (flots de ferrite δ), la mise en évidence du grain se fait directement par une attaque micrographique appropriée.

Dans le cas des autres aciers, on utilise, compte tenu du renseignement désiré, l'une ou l'autre des méthodes décrites ci-après, à savoir :

- méthode Béchet-Beaujard, par attaque par une solution saturée aqueuse d'acide picrique (voir 5.3.1);
- méthode Kohn, par oxydation ménagée (voir 5.3.2);
- méthode McQuaid Ehn, par cémentation (voir 5.3.3);

ou, éventuellement, d'autres méthodes prévues par accord particulier à la commande.

Il est à noter que lors d'essais comparatifs entre les diverses méthodes, il est indispensable d'avoir les mêmes conditions de traitement thermique et que les résultats peuvent sensiblement diverger d'une méthode à l'autre.

5.3.1 Méthode Béchet-Beaujard, par attaque par une solution saturée aqueuse d'acide picrique

5.3.1.1 Domaine d'application

Cette méthode met en évidence le grain austénitique formé au cours du traitement thermique de l'échantillon. Elle est applicable à des échantillons ayant une structure martensitique ou bainitique fine.

5.3.1.2 Préparation

Normalement, aucun traitement thermique ultérieur n'est nécessaire si l'échantillon présente une structure martensitique ou bainitique fine. Dans le cas contraire, un traitement thermique est nécessaire.

Dans le cas où les conditions de traitement de l'éprouvette ne sont pas prévues par la Norme internationale définissant le produit et sauf spécification contraire, les conditions suivantes sont à appliquer dans le cas des aciers de construction pour traitement thermique au carbone et des aciers faiblement alliés :

- 1 1/2 h à 850 ± 10 °C, pour les aciers dont la teneur en carbone est supérieure à 0,35 %;
- 1 1/2 h à 880 ± 10 °C, pour les aciers dont la teneur en carbone est inférieure ou égale à 0,35 %.

Après ce traitement, l'éprouvette est généralement trempée à l'eau ou à l'huile.

5.3.1.3 Polissage et attaque

Une face plane de l'échantillon doit être polie pour examen micrographique. Elle doit être attaquée pendant un temps suffisant au moyen d'une solution aqueuse saturée d'acide picrique additionnée d'au moins 0,5 % d'alkylsulfonate de sodium ou d'un autre agent mouillant approprié.

NOTE — La durée de l'attaque peut varier de quelques minutes à plus d'une heure. Un léger réchauffage de la solution à 60 °C par exemple peut améliorer l'action d'attaque et réduire la durée de l'attaque.

Plusieurs attaques et polissages successifs sont parfois nécessaires pour assurer un contraste suffisant entre les joints des grains et le fond général de l'échantillon. Dans le cas d'acier trempé à cœur, un revenu peut être effectué avant prélèvement de l'échantillon.

5.3.1.4 Résultat

Les joints des grains d'austénite apparaissent, à la température d'austénisation, directement à l'examen micrographique.

5.3.2 Méthode Kohn, par oxydation ménagée

5.3.2.1 Domaine d'application

Cette méthode met en évidence, par oxydation préférentielle des joints, le contour du grain austénitique formé au cours de l'austénitisation à la température d'un traitement thermique déterminé.

5.3.2.2 Préparation

Une face de l'échantillon doit être polie. Le reste de sa surface ne doit pas présenter de traces d'oxyde. L'échantillon est placé dans un tube laboratoire dans lequel, soit un vide de 1 Pa est obtenu, soit un gaz inerte circule (par exemple de l'argon purifié). Il doit être austénitisé dans les conditions du cycle thermique (vitesse de chauffage, température, durée de maintien) prévues par accord particulier ou, à défaut de celui-ci, dans les conditions prévues dans la Norme internationale définissant le produit.

Au bout du temps de chauffage prévu, on introduit de l'air dans le tube pendant une durée de 10 à 15 s.

L'échantillon est ensuite trempé à l'eau. En général, l'échantillon peut être directement observé au microscope.

NOTE — Dans le cas d'une oxydation importante de l'échantillon, l'oxyde qui adhère à la face antérieurement polie doit être enlevé par polissage léger avec un abrasif fin, en veillant à ce que le réseau d'oxyde qui s'est formé aux limites des grains soit conservé; puis le polissage sera terminé par les méthodes habituelles. L'échantillon est ensuite attaqué par le réactif de Vilella :

acide picrique (cristallisé)	1 g
acide chlorhydrique ($\rho_{20} = 1,19$ g/ml)	5 ml
éthanol	100 ml

ou par le réactif de Benedicks :

acide métanitrobenzène sulfonique	5 ml
éthanol	100 ml.

5.3.2.3 Résultat

L'oxydation préférentielle des joints fait apparaître le contour des grains austénitiques.

Une préparation bien conduite ne doit pas provoquer l'apparition de globules d'oxyde aux joints des grains.

Il peut être nécessaire, dans certains cas, pour mieux distinguer les joints par effet de relief, de recourir à un éclairage oblique.

5.3.3 Méthode McQuaid Ehn, par cémentation à 925 °C

5.3.3.1 Domaine d'application

Cette méthode, spécifique aux aciers de cémentation, met en évidence les joints des grains austénitiques formés pendant la cémentation de ces aciers. Elle ne convient généralement pas pour déterminer les grains réellement formés au cours d'un autre traitement thermique.

5.3.3.2 Préparation

Les échantillons doivent être exempts de toute trace de décarburation ou d'oxydation superficielle. Tout traitement préalable à froid, à chaud, mécanique ou autre peut avoir une influence sur la taille du grain obtenu; la spécification de produit doit faire la mention des traitements à effectuer avant la détermination lorsqu'il y a lieu de prendre en compte de telles considérations.

En général, les échantillons doivent être convenablement répartis dans une caissette de cémentation à couvercle fermant, remplie de ciment sec et actif. Habituellement, le ciment se compose de 60 % de charbon de bois en grains et de 40 % (*m/m*) de carbonate de baryum (CO₃Ba). Le volume de ciment utilisé doit être au moins 30 fois le volume des échantillons à cémenter.

La cémentation doit être effectuée par maintien de l'échantillon à 925 ± 10 °C pendant 6 h. Ceci est généralement obtenu par

maintien de la caissette de cémentation à 925 ± 10 °C pendant 8 h. Dans la plupart des cas, on obtient une couche cémentée d'environ 1 mm. Le refroidissement de l'échantillon jusqu'à une température inférieure à la température critique doit être fait avec une vitesse suffisamment lente pour assurer la précipitation de la cémentite aux joints de grain de la zone hypereutectoïde de la couche cémentée.

Un ciment neuf doit être employé à chaque fois.

5.3.3.3 Polissage et attaque

L'échantillon cémenté doit être coupé normalement à sa surface. Une des coupes doit être polie pour examen micrographique. Elle doit être attaquée :

a) soit par le réactif de Le Chatelier et Igevski :

acide picrique (cristallisé)	2 g
hydroxyde de sodium (soude caustique)	25 g
eau	100 ml,

à l'état bouillant, ou

sous forme d'attaque électrolytique 6 V — 60 sec

b) soit par le nital :

acide nitrique	2 à 5 ml
($\rho_{20} = 1,33$ g/ml)	
éthanol	pour compléter à 100 ml.

L'utilisation d'autres réactifs est permise, à condition de conduire aux mêmes résultats.

5.3.3.4 Résultat

Les joints des grains de la couche cémentée, qui a environ 1 mm d'épaisseur, doivent être révélés par un réseau de cémentite proeutectoïde.

5.3.4 Autres méthodes de mise en évidence du grain austénitique

Pour certains aciers, après un traitement thermique simple (recuits ou normalisés, trempés et revenus, etc.), le contour des grains d'austénite peut apparaître à l'examen micrographique sous les formes suivantes : réseau de ferrite proeutectoïde entourant des grains de perlite, réseau de troostite entourant des grains de martensite, etc. Le grain austénitique peut être également mis en évidence par attaque thermique sous vide (non nécessairement suivie d'une oxydation). La spécification du produit doit, dans ces cas, faire mention de ces méthodes simplifiées¹⁾.

1) Parmi ces méthodes, on peut citer les suivantes :

- précipitations aux joints des grains au cours d'un refroidissement;
- méthode du gradient de trempé, etc.

6 Caractérisation de la grosseur de grain

6.1 Caractérisation par un indice

L'indice est défini en 2.2 par la formule

$$m = 8 \times 2^G \quad \dots (1)$$

Cette formule peut s'écrire :

$$G = \frac{\log m}{\log 2} - 3 \quad \dots (2)$$

ou

$$G = \frac{\log m}{0,301} - 3 \quad \dots (2b)$$

6.1.1 Évaluation par comparaison à des images-types

On compare l'image vue sur le verre dépoli du microscope (ou sur une épreuve photographique) à une série d'images-types¹⁾. Ces images-types au grossissement 100 sont numérotées de I à VIII et telles que leur numéro est égal à l'indice G [voir planches A à D (annexe B) ou E à G (annexe C)].

On détermine celle de ces images-types dont la grosseur de grain est la plus voisine de celle de l'échantillon.

Dans le cas où le grossissement g de l'image examinée est différent de 100, l'indice G sera égal au numéro M de l'image-type la plus voisine, modifié en fonction du rapport des grossissements :

$$G = M + 6,64 \log \frac{g}{100} \quad \dots (3)$$

Le tableau 2 donne la correspondance entre les indices pour les grossissements usuels.

Tableau 2 — Correspondance entre les indices pour les grossissements usuels

Grossissement de l'image	Indice de grain du métal pour une image identifiée à l'image-type n°							
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
25	-3	-2	-1	0	1	2	3	4
50	-1	0	1	2	3	4	5	6
100	1	2	3	4	5	6	7	8
200	3	4	5	6	7	8	9	10
400	5	6	7	8	9	10	11	12
800	7	8	9	10	11	12	13	14

6.1.2 Évaluation par comptage

La méthode de comptage est définie dans l'annexe A.

6.1.3 Estimation de l'indice

Qu'il s'agisse de l'estimation par comparaison ou de l'estimation par comptage, la précision obtenue est rarement meilleure que la demi-unité. L'indice indiqué sera arrondi au nombre entier.

6.2 Caractérisation par le segment intercepté

Compter sur le verre dépoli du microscope ou sur la microphotographie d'un champ représentatif, le nombre de grains traversés par la ligne de mesure. On peut également compter le nombre d'intersections, les deux façons de compter donnent le même résultat.

La ligne de mesure peut être linéaire ou circulaire. La grille de mesure de la figure 1 illustre les types de ligne de mesure à employer.

La grille doit être appliquée une seule fois sur le champ observé. Elle doit être appliquée au hasard sur un nombre suffisant de champs afin d'avoir un comptage valable.

6.2.1 Méthode du segment intercepté linéaire

La ligne de mesure est constituée de quatre portions de droite ayant une longueur totale de 500 μ m et disposées comme indiqué à la figure 1. Cette disposition permet de diminuer l'influence de l'anisotropie des grains. Les lignes verticale et horizontale sont utilisées pour la mesure de la grosseur de grains dans différentes directions. L'une des deux lignes est orientée dans la direction choisie.

Le grossissement doit être choisi tel que l'on ait au moins 50 intersections pour une seule mesure.

Les règles suivantes doivent être respectées :

6.2.1.1 Dans le cas où l'on compte les segments interceptés

Lorsque la ligne de mesure se termine à l'intérieur d'un grain, le segment intercepté par ce grain est compté comme 1/2.

6.2.1.2 Dans le cas où l'on compte les intersections

— L'extrémité de la ligne de mesure est comptée comme 1/2 uniquement lorsqu'elle touche exactement un joint de grain;

— lorsque la ligne est tangente au joint d'un grain, on compte également une intersection;

1) Ces images-types sont celles définies dans l'Euronorm 103-71 [(planches A à D) (annexe B)]. Les planches E à G (annexe C) sont reprises de l'ASTM E 112-77. Les images-types choisies doivent être conservées pendant toute la durée de l'examen.

- lorsque l'intersection coïncide avec un point triple (jonction de 3 grains) on la compte comme 1,5 intersection;
- dans le cas de grains de forme irrégulière lorsque la ligne coupe le même grain en deux points différents, les deux intersections doivent être comptées.

NOTE — La méthode Snyder-Graff, décrite dans l'annexe A, constitue une application de la méthode du segment intercepté linéaire dans le cas des aciers à outils (aciers rapides).

6.2.2 Méthode du segment intercepté circulaire

La ligne de mesure est constituée soit par l'ensemble des trois cercles concentriques définis à la figure 1 soit par un seul cercle.

La longueur totale des trois cercles de la grille définie à la figure 1 est de 500 mm. Le grossissement doit être choisi tel que l'on ait au moins 50 intersections lors de la superposition de la grille de mesure sur le champ observé.

Dans le cas du cercle unique, on utilise le cercle le plus grand correspondant à une circonférence de 250 mm. Dans ce cas, le grossissement à utiliser doit permettre de compter au moins 25 intersections.

La méthode du segment intercepté circulaire tend à donner des valeurs du segment intercepté légèrement en excès et par conséquent des valeurs du nombre d'intersections légèrement en défaut. Afin de compenser cette tendance, l'intersection correspondant à un point triple doit être comptée comme deux intersections au lieu des 1,5 intersection de la méthode du segment intercepté linéaire.

6.2.3 Évaluation des résultats

En répétant plusieurs fois les mesures du nombre d'intersections sur des champs différents, il est possible de déduire la valeur moyenne du nombre d'intersections \bar{N} .

Si L est la longueur de la ligne de mesure, on obtient :

$$\bar{N}_L = \frac{\bar{N}}{L} \quad \dots (4)$$

La valeur moyenne du segment intercepté est calculée par la formule :

$$\bar{L} = \frac{1}{\bar{N}_L} \quad \dots (5)$$

Dans le cas de structures non équiaxes, il est possible de déterminer le nombre d'intersections sur trois coupes respectivement :

- une coupe longitudinale;
- une coupe transversale;
- une coupe perpendiculaire.

Le nombre moyen d'intersections par millimètre, \bar{N}_L , est alors déterminé par la formule :

$$\bar{N}_L = \frac{1}{3}(\bar{N}_x + \bar{N}_y + \bar{N}_z) \quad \dots (6)$$

où

\bar{N}_x est le nombre moyen d'intersections par millimètre sur la coupe longitudinale;

\bar{N}_y est le nombre moyen d'intersections par millimètre sur la coupe transversale;

\bar{N}_z est le nombre moyen d'intersections par millimètre sur la coupe perpendiculaire.

NOTES

1 Grains d'indices de grosseur différents

Dans certains cas, la surface examinée peut comprendre des grains appartenant à deux ou plusieurs systèmes d'indices de grosseur différents. On le reconnaît, par exemple, à la présence de plusieurs grains contigus de dimensions notablement différentes de celles de l'ensemble. On peut alors être amené à faire des comptages par dimensions et à déterminer deux ou plusieurs indices avec mention éventuelle de leur fréquence ou de leur localisation.

2 Grains maclés

Ils sont, sauf spécification contraire, comptés pour un seul grain (voir figure 2).

3 Grains non équiaxes

On peut compléter la désignation de la grosseur des grains en déterminant le rapport de leurs dimensions obtenu en mesurant sur deux axes rectangulaires convenablement choisis, l'un d'eux pouvant être celui du laminage, la longueur interceptée par un même nombre de grains et en prenant le rapport de ces longueurs.

7 Procès-verbal d'essai

Le procès-verbal d'essai doit mentionner

- a) la nuance de l'acier examiné;
- b) la nature du grain déterminé (ferritique ou austénitique);
- c) la méthode utilisée et les conditions opératoires;
- d) l'indice de grosseur de grain ou la valeur du segment moyen.

Annexe A

Méthode d'évaluation par comptage

(Fait partie de la présente Norme internationale)

A.1 Principe

Le grossissement linéaire g de l'image doit être tel qu'une cinquantaine de grains au moins puissent être dénombrés dans l'aire délimitée par un cercle de diamètre de 79,8 mm (aire 5 000 mm²) tracé sur le verre dépoli du microscope (ou sur une épreuve photographique).

Le grossissement linéaire est 100 en principe. Dans ce cas, la surface en vraie grandeur sur l'échantillon est de 0,5 mm² (voir figure 3).

On doit déterminer le nombre de grains n_1 complètement intérieurs au cercle et le nombre de grains n_2 coupés par la circonférence.¹⁾

Le nombre total de grains est, par convention :

$$n_{100} = n_1 + \frac{n_2}{2} \quad \dots (7)$$

Le nombre de grains par millimètre carré de surface de l'échantillon est :

$$m = 2 n_{100} \quad \dots (8)$$

ou, dans le cas d'un grossissement g quelconque :

$$m = 2 \left(\frac{g}{100} \right)^2 n_g \quad \dots (9)$$

ou

$$m = 2 K^2 n_g \quad \dots (10)$$

avec

$$K = \frac{g}{100} \quad \dots (11)$$

Le diamètre moyen, en millimètres, du grain de vraie grandeur est :

$$d_m = \frac{1}{\sqrt{m}} \quad \dots (12)$$

L'aire moyenne, en millimètres carrés, du grain en vraie grandeur est :

$$a = \frac{1}{m} \quad \dots (13)$$

À chaque valeur de G correspond une valeur nominale de m . On rattache à une valeur entière de G les valeurs observées de m , calculées par la formule (8) ou (9) comprises dans les limites indiquées par le tableau 3.

A.2 Indications relatives aux structures particulières

A.2.1 Dans le cas des aciers plus carburés, lorsque, d'une part, les îlots perlitiques sont entourés par un liséré de ferrite ou de cémentite dessinant un réseau continu, se reporter à 5.3.4 (dans la méthode du segment intercepté, prendre le milieu de ce liséré comme limite de grain). Dans le cas où le réseau est mal défini, d'autre part, la méthode de mesure doit faire l'objet d'un accord particulier.

A.2.2 Les grains des métaux ont une forme polyédrique irrégulière mais la mesure de leur grosseur moyenne peut être effectuée de façon simple. L'usage courant s'est établi de désigner sous le nom de «grains» les figures géométriques limitant les sections de ces polyèdres par le plan de coupe de l'échantillon. Mais il ne faut pas perdre de vue que, dans ces conditions, l'estimation de la grosseur moyenne du grain d'un acier ne peut être précise. En effet, même si l'acier était constitué de polyèdres égaux, les aires des polygones observés sur une section plane quelconque pourraient prendre toutes les valeurs comprises entre une valeur maximale et zéro (la répartition statistique des valeurs de ces aires peut être calculée si l'on connaît la forme du polyèdre constitutif).

A.3 Méthode Snyder-Graff²⁾

A.3.1 Domaine d'application

Cette méthode s'applique à la détermination du grain austénitique des aciers rapides à l'état trempé et revenu par la méthode du segment intercepté linéaire.

1) On peut aussi faire le décompte de la même manière sur une surface limitée par un carré de 70,7 mm de côté (aire égale à 5 000 mm²) ou par un rectangle de même surface, par exemple 80,0 mm × 62,5 mm.

2) Snyder, RW et Graff, HF : Study of grain size in hardened high speed steel. *Metal Progress* (1938) Avril, pages 377/80.

Tableau 3 – Évaluation du nombre de grains en fonction des différents paramètres

Valeurs des indices de grosseur de grain G	Nombre de grains m par millimètre carré		Diamètre moyen quadratique d_m du grain mm	Aire moyenne quadratique a du grain mm ²	Segment intercepté moyen \bar{L} mm	Nombre moyen d'intersections pour la ligne de mesure par millimètre
	Valeur nominale	Valeurs limites de (exclu) à (inclus)				
-7	0,062 5	0,046 0,092	4	16	3,577	0,279
-6	0,125	0,092 0,185	2,828	8	2,529	0,395
-5	0,25	0,185 0,37	2	4	1,788	0,559
-4	0,50	0,37 0,75	1,414	2	1,265	0,790
-3	1	0,75 1,5	1	1	0,894	1,118
-2	2	1,5 3	0,707	0,5	0,632	1,582
-1	4	3 6	0,500	0,25	0,447	2,237
0	8	6 12	0,354	0,125	0,320	3,125
1	16	12 24	0,250	0,062 5	0,226	4,42
2	32	24 48	0,177	0,031 2	0,160	6,25
3	64	48 96	0,125	0,015 6	0,113	8,84
4	128	96 192	0,088 4	0,007 81	0,080	12,5
5	256	192 384	0,062 5	0,003 90	0,056 6	17,7
6	512	384 768	0,044 2	0,001 95	0,040 0	25,0
7	1 024	768 1 536	0,031 2	0,000 98	0,028 3	35,4
8	2 048	1 536 3 072	0,022 1	0,000 49	0,020 0	50,0
9	4 096	3 072 6 144	0,015 6	0,000 244	0,014 1	70,7
10	8 192	6 144 12 288	0,011 0	0,000 122	0,010 0	100
11	16 384	12 288 24 576	0,007 8	0,000 061	0,007 07	141
12	32 768	24 576 49 152	0,005 5	0,000 030	0,005 00	200
13	65 536	49 152 98 304	0,003 9	0,000 015	0,003 54	283
14	131 072	98 304 196 608	0,002 8	0,000 007 5	0,002 50	400
15	262 144	196 608 393 216	0,002 0	0,000 003 7	0,001 70	588
16	524 288	393 216 786 432	0,001 4	0,000 001 9	0,001 20	833
17	1 048 576	786 432 1 572 864	0,001 0	0,000 000 95	0,000 87	1 149

NOTE — Ce tableau donne à titre indicatif les valeurs entre les différents paramètres et n'est valable que pour les grains équiaxes.

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/c633df34-2f85-40c0-9795-30a484789437/iso-643-1983>

A.3.2 Préparation

L'échantillon prélevé dans le produit habituellement à l'état trempé et revenu, ne subit aucun traitement thermique complémentaire.

Après polissage, l'échantillon est attaqué par le réactif contenant jusqu'à 10 % (V/V) d'acide chlorhydrique et 3 % (V/V) d'acide nitrique dans de l'alcool méthylique. La durée d'attaque doit être de 2 à 10 min. Plusieurs attaques et polissages successifs sont parfois nécessaires. Selon les conditions du traitement thermique subi par le produit, la surface de l'échantillon est plus ou moins colorée.

A.3.3 Mesure

Compter, à un grossissement de 1 000, le nombre de grains traversés par une ligne de mesure de 125 mm de long. Cinq comptages doivent être effectués dans des directions différentes sur des champs répartis au hasard.

A.3.4 Résultat

Sauf spécification contraire, la moyenne arithmétique du nombre de grains interceptés lors des cinq mesures caractérise la grosseur du grain. À partir de cette valeur peut être déterminé le segment intercepté moyen.

A.4 Autre système de désignation de la grosseur du grain

A.4.1 Il existe actuellement, en plus du système de désignation de la grosseur de grain décrit dans la présente Norme internationale, un système américain.

Ce système définit la grosseur du grain par un indice G , dit ASTM (E 112-80) qui correspond aux deux définitions suivantes.

A.4.1.1 Méthode du segment moyen intercepté

L'indice G (ASTM) = 0 correspond à un segment moyen intercepté de 32,0 mm mesuré à un grossissement de 100.

L'équation donnant les autres indices en fonction

— du segment moyen intercepté, est :

$$G \text{ (ASTM)} = 10,000 - 6,643 9 \log_{10} \bar{L} \quad \dots (14)$$

— du nombre moyen d'intersections par unité de longueur (mm), est :

$$G \text{ (ASTM)} = -3,287 7 + 6,643 9 \log_{10} \bar{N}_L \quad \dots (15)$$

A.4.1.2 Méthode par comptage

Par définition, l'indice G (ASTM) = 1 correspond à un nombre de 15,500 grains par unité de surface (millimètre carré).

L'équation donnant les autres indices en fonction du nombre de grains par unité de surface (millimètre carré) est :

$$G \text{ (ASTM)} = -2,954 2 + 3,321 9 \log_{10} m \quad \dots (16)$$

A.4.2 Relations numériques entre les divers indices de grosseur du grain, dans le cas des structures régulières

L'équation (2) indiquée en 6.1 peut s'écrire sous la forme :

$$G = -3 + 3,321 9 \log_{10} m \quad \dots (17)$$

La comparaison de cette formule avec la formule (16) montre que

$$G \text{ (ASTM)} - G = 0,045 8.$$

L'indice ASTM définit un grain légèrement plus gros que celui qui est défini dans la présente Norme internationale, mais la différence n'atteint pas le vingtième d'unité d'indice. Elle est négligeable, car l'estimation de la grosseur du grain n'est généralement possible qu'à la demi-unité près, dans les conditions les plus favorables.

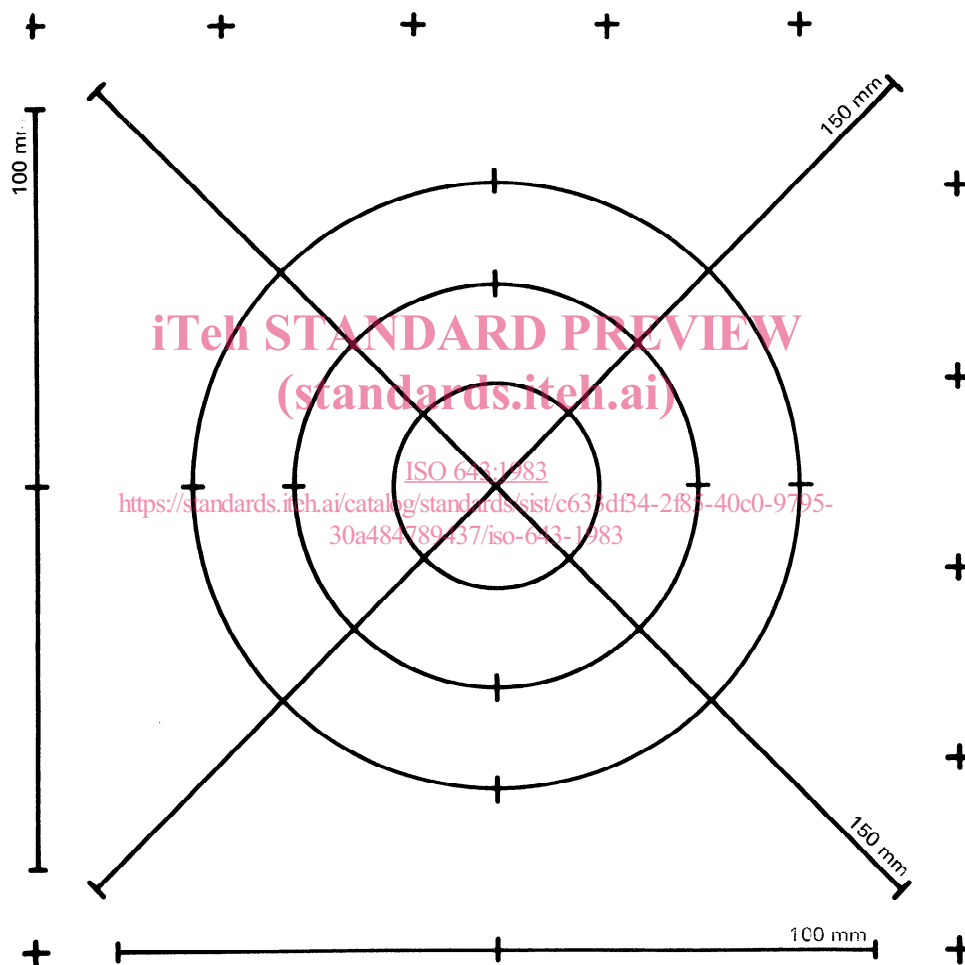


Figure 1 — Grille de mesure pour la méthode du segment intercepté

Les dimensions, en millimètres, des trois cercles sont

Diamètre	Circonférence
79,58	250,0
53,05	166,7
26,53	83,3
	Total 500,0

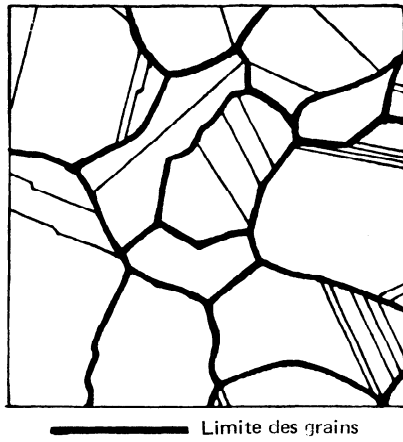


Figure 2 — Évaluation du nombre de grains (grains maclés)

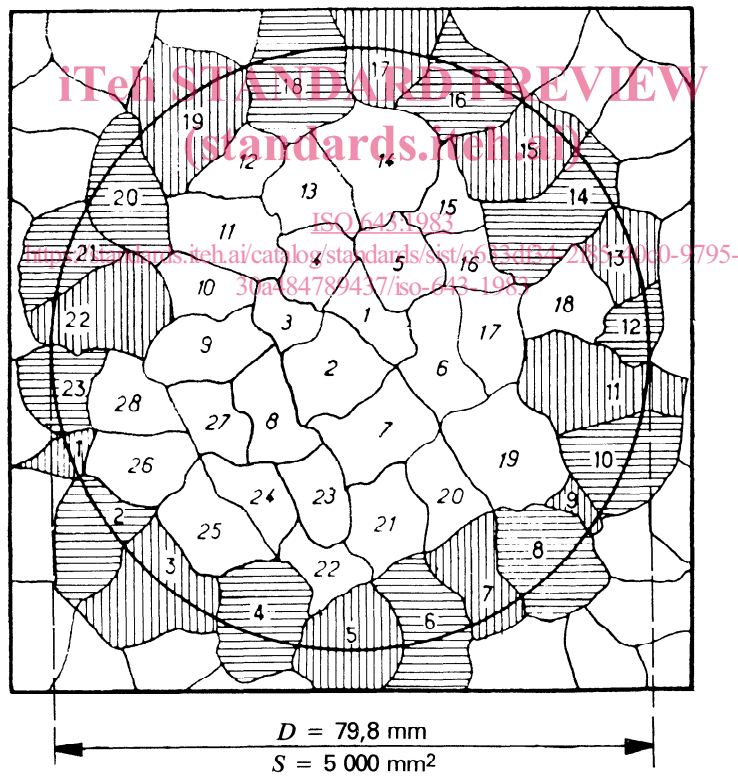


Figure 3 — Évaluation du nombre de grains dans une aire délimitée par un cercle