
Microstructure des fontes —

Partie 2:

**Classification du graphite par analyse
d'image**

Microstructure of cast irons —

Part 2: Graphite classification by image analysis

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO/TR 945-2:2011

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/98a65416-4e22-458d-b364-eadd246fbc5d/iso-tr-945-2-2011>



PDF – Exonération de responsabilité

Le présent fichier PDF peut contenir des polices de caractères intégrées. Conformément aux conditions de licence d'Adobe, ce fichier peut être imprimé ou visualisé, mais ne doit pas être modifié à moins que l'ordinateur employé à cet effet ne bénéficie d'une licence autorisant l'utilisation de ces polices et que celles-ci y soient installées. Lors du téléchargement de ce fichier, les parties concernées acceptent de fait la responsabilité de ne pas enfreindre les conditions de licence d'Adobe. Le Secrétariat central de l'ISO décline toute responsabilité en la matière.

Adobe est une marque déposée d'Adobe Systems Incorporated.

Les détails relatifs aux produits logiciels utilisés pour la création du présent fichier PDF sont disponibles dans la rubrique General Info du fichier; les paramètres de création PDF ont été optimisés pour l'impression. Toutes les mesures ont été prises pour garantir l'exploitation de ce fichier par les comités membres de l'ISO. Dans le cas peu probable où surviendrait un problème d'utilisation, veuillez en informer le Secrétariat central à l'adresse donnée ci-dessous.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO/TR 945-2:2011](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/98a65416-4e22-458d-b364-eadd246fbc5d/iso-tr-945-2-2011)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/98a65416-4e22-458d-b364-eadd246fbc5d/iso-tr-945-2-2011>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2011

Droits de reproduction réservés. Sauf prescription différente, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'ISO à l'adresse ci-après ou du comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office
Case postale 56 • CH-1211 Geneva 20
Tel. + 41 22 749 01 11
Fax + 41 22 749 09 47
E-mail copyright@iso.org
Web www.iso.org

Publié en Suisse

Sommaire

Page

Avant-propos	iv
Introduction.....	v
1 Domaine d'application	1
2 Termes et définitions	1
3 Désignations	2
3.1 Système de désignation pour la classification du graphite dans les fontes moulées	2
3.2 Classification du graphite par analyse d'image	2
3.3 Désignation du graphite par sa forme et sa taille	3
3.4 Désignation de taille de graphite intermédiaire	4
3.5 Désignation des structures de graphite de formes et tailles différentes	4
4 Échantillonnage et préparation des échantillons	4
4.1 Échantillons prélevés dans des pièces moulées ou échantillons coulés.....	4
4.2 Préparation de l'échantillon	4
5 Préparation de l'image binaire	5
5.1 Généralités	5
5.2 Réglage de l'éclairage d'image du microscope	5
5.3 Filtres de microscope	5
5.4 Caméra.....	5
5.5 Image binaire	6
5.6 Programme informatique d'analyse d'image.....	6
6 Mesures	7
7 Rapport d'essai.....	8
8 Mode opératoire d'acceptation	9
8.1 Généralités	9
8.2 Mode opératoire proposé pour la comparaison de la technique d'analyse d'image à la technique d'analyse visuelle donnée dans l'ISO 945-1	9
Annexe A (informative) Formes typiques du graphite dans les matériaux de fonte moulée.....	10
Annexe B (informative) Formes typiques du graphite dans les matériaux de fonte moulée (Exemples de photomicrographies)	12
Bibliographie.....	14

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 en général 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. L'ISO collabore étroitement avec la Commission électrotechnique internationale (CEI) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les Normes internationales sont rédigées conformément aux règles données dans les Directives ISO/CEI, Partie 2.

La tâche principale des comités techniques est d'élaborer les Normes internationales. Les projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour vote. Leur publication comme Normes internationales requiert l'approbation de 75 % au moins des comités membres votants.

Exceptionnellement, lorsqu'un comité technique a réuni des données de nature différente de celles qui sont normalement publiées comme Normes internationales (ceci pouvant comprendre des informations sur l'état de la technique par exemple), il peut décider, à la majorité simple de ses membres, de publier un Rapport technique. Les Rapports techniques sont de nature purement informative et ne doivent pas nécessairement être révisés avant que les données fournies ne soient plus jugées valables ou utiles.

L'attention est appelée sur le fait que certains des éléments du présent document peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence.

L'ISO/TR 945-2 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 25, *Fontes moulées et fontes brutes*.

L'ISO 945 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Microstructure des fontes*:

- *Partie 1: Classification du graphite par analyse visuelle*
- *Partie 2: Classification du graphite par analyse d'image* [Rapport technique]

Introduction

L'analyse d'image, de même que les autres méthodes de contrôle, fait partie de l'évaluation générale ou spécifique de la qualité des pièces moulées, à convenir entre le fabricant et l'acheteur au moment de l'acceptation de la commande.

La caractérisation de la forme des particules de graphite dans les fontes moulées est souvent réalisée de façon visuelle en utilisant les croquis de référence de l'ISO 945-1. La procédure décrite dans l'ISO 945-1 a un caractère subjectif évident que l'on peut maîtriser en utilisant l'analyse d'image et un logiciel de calcul approprié.

iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

[ISO/TR 945-2:2011](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/98a65416-4e22-458d-b364-eadd246fbc5d/iso-tr-945-2-2011)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/98a65416-4e22-458d-b364-eadd246fbc5d/iso-tr-945-2-2011>

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO/TR 945-2:2011

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/98a65416-4e22-458d-b364-eadd246fbc5d/iso-tr-945-2-2011>

Microstructure des fontes —

Partie 2:

Classification du graphite par analyse d'image

1 Domaine d'application

La présente partie de l'ISO 945 traite de la caractérisation bidimensionnelle de la forme et de la taille des particules de graphite dans les fontes moulées.

Une méthode normalisée de détermination de la forme du graphite par analyse d'image n'était pas encore développée au moment de l'élaboration du présent rapport, mais plusieurs méthodes sont utilisées dans l'industrie. La présente partie de l'ISO 945 a pour objet de fournir une illustration des méthodes possibles et de proposer des moyens permettant de développer la technique à l'avenir.

La présente partie de l'ISO 945 ne s'applique pas à la répartition du graphite de la fonte grise (graphite lamellaire) définie dans l'ISO 945-1.

La présente partie de l'ISO 945 décrit les méthodes utilisées pour réaliser l'analyse d'image de la forme et de la taille du graphite et fournit une méthode de comparaison avec les résultats obtenus en appliquant les techniques d'analyse visuelle.

Elle ne spécifie aucune description mathématique particulière des formes du graphite mais fournit un moyen de comparaison.

NOTE Une description mathématique de la forme du graphite est donnée dans l'ISO 16112. D'autres descriptions mathématiques des formes du graphite et d'autres informations techniques sur la recherche sont données dans la Bibliographie.

2 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

2.1

diamètre de Féret maximal

longueur maximale d'un objet quelle que soit la direction

NOTE Cette dimension s'applique à toutes les formes de graphite.

2.2

coefficient de circularité

aire de la particule de graphite divisée par l'aire du cercle dont le diamètre est le diamètre de Féret maximal de la même particule de graphite (X)

NOTE Le calcul du coefficient de circularité est illustré à la Figure 1.

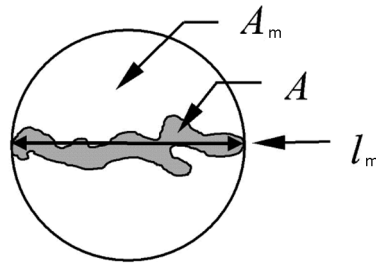


Figure 1 — Coefficient de circularité

$$\text{Coefficient de circularité} = A/A_m = 4A/\pi \cdot l_m^2$$

où

l_m est la longueur d'axe maximale de la particule de graphite considérée, qui est la distance maximale entre deux points sur le périmètre de la particule de graphite;

A_m est l'aire du diamètre du cercle l_m ;

A est l'aire de la particule de graphite considérée.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

2.3
périmètre
P

longueur totale du contour de l'objet

[ISO/TR 945-2:2011](#)

2.4
taux de graphite

teneur en graphite exprimée en pourcentage de l'aire mesurée

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/98a65416-4e22-458d-b364-eadd246fbc5d/iso-tr-945-2-2011>

3 Désignations

3.1 Système de désignation pour la classification du graphite dans les fontes moulées

Lors de l'examen de matériaux en fonte moulée en utilisant la méthode d'analyse d'image conformément à la présente partie de l'ISO 945, il convient de classer le graphite par:

- a) sa forme, désignée par les chiffres romains I à VI, voir les Annexes A et B (informatives);
- b) sa taille, désignée par les chiffres arabes 1 à 8, voir le Tableau 1.

3.2 Classification du graphite par analyse d'image

Les images de référence données dans l'Annexe A fournissent une base pour la classification des formes du graphite. Dans ce but, et à titre d'exemples de formes de graphite réelles correspondant à ces images de référence, les microstructures types du graphite dans les fontes moulées sont représentées par une série de photomicrographies données dans l'Annexe B.

La taille du graphite est déterminée en mesurant le graphite et en le comparant aux dimensions et aux numéros de référence donnés dans le Tableau 1.

Dans la mesure où les images examinées représentent des sections bidimensionnelles de particules de graphite tridimensionnelles, la taille observée de toute particule est pratiquement toujours plus petite que sa taille réelle. Il convient de tenir compte de ce fait lors de l'évaluation des répartitions des tailles des particules, qu'elle soit réalisée par des méthodes d'analyse d'image ou par la méthode d'analyse visuelle spécifiée dans l'ISO 945-1. Dans l'ISO 945-1, la taille du graphite est déterminée en fonction des plus grandes tailles de particules observées. Pour l'analyse d'image, il est approprié de procéder à un ajustement pour exclure les tailles de particules qui ne sont pas les plus grandes tailles représentatives.

3.3 Désignation du graphite par sa forme et sa taille

3.3.1 Désignation par système

Pour caractériser le graphite observé, il est généralement nécessaire de fournir des indications sur la forme et la taille des particules de graphite. À cet effet, il convient d'utiliser les symboles suivants pour les différentes positions de la désignation:

- les chiffres romains de l'Annexe A sont utilisés pour la forme du graphite, en position 1;
- les chiffres arabes du Tableau 1 sont utilisés pour la taille du graphite, en position 2.

EXEMPLE 1 Pour décrire la structure d'une fonte grise à particules de graphite lamellaire de forme I et de taille 4, il convient d'utiliser la désignation suivante:

I 4

EXEMPLE 2 Pour décrire la structure d'une fonte à particules de graphite sphéroïdal de forme VI et de taille 4, il convient d'utiliser la désignation suivante:

VI 4

ISO/TR 945-2:2011
Tableau 1 — Tailles des particules de graphite de formes I à VI

Numéro de référence	Dimensions des particules observées à un grossissement $\times 100$	Dimensions réelles
	mm	mm
1	≥ 100	≥ 1
2	50 à < 100	0,5 à < 1
3	25 à < 50	0,25 à < 0,5
4	12 à < 25	0,12 à < 0,25
5	6 à < 12	0,06 à < 0,12
6	3 à < 6	0,03 à < 0,06
7	1,5 à < 3	0,015 à < 0,03
8	< 1,5	< 0,015

NOTE 1 Ce Tableau est identique au Tableau 1 de l'ISO 945-1, à l'exception des NOTES 2, 3 et 4.

NOTE 2 Pour la détermination des fourchettes de tailles 1 et 2, un grossissement plus faible ($\times 25$ ou $\times 50$) peut être utilisé.

NOTE 3 Pour la détermination des fourchettes de tailles 6 à 8, un grossissement plus fort ($\times 200$ ou $\times 500$) peut être utilisé.

NOTE 4 Pour la détermination des fourchettes de tailles 1 et 2, la taille de la particule visible la plus grande est à retenir.

3.4 Désignation de taille de graphite intermédiaire

Si le graphite observé couvre deux tailles, on peut utiliser les deux références.

EXEMPLE 1 3/4

Pour un cas donné, la taille prédominante peut être soulignée.

EXEMPLE 2 3/4

Cette méthode peut être généralisée pour couvrir des structures où il y a plus de deux tailles.

NOTE D'autres moyens d'expression de la taille du graphite, tels que des histogrammes, peuvent être utilisés.

3.5 Désignation des structures de graphite de formes et tailles différentes

Des structures de graphite comprenant des formes et des tailles différentes peuvent être définies en calculant leurs pourcentages.

EXEMPLE Pour une fonte moulée ayant une surface de 85 % de particules de graphite sphéroïdal de forme VI et de taille 4, et 15 % de particules de graphite vermiculaire de forme III et couvrant les tailles 3 et 4, la désignation suivante doit être utilisée pour décrire la structure:

85% VI 4 + 15% III 3/4

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

4 Échantillonnage et préparation des échantillons

4.1 Échantillons prélevés dans des pièces moulées ou échantillons coulés

ISO/TR 945-2:2011

Il convient que l'emplacement duquel les échantillons sont prélevés fasse l'objet d'un accord entre le fabricant et l'acheteur, en tenant compte de toutes autres exigences spécifiées dans la norme de matériau applicable. Si un rapport d'examen est exigé, l'emplacement de prélèvement de l'échantillon doit être enregistré.

Il convient que la taille de l'échantillon soit suffisante pour représenter réellement la structure du graphite dans l'emplacement convenu duquel il a été prélevé.

4.2 Préparation de l'échantillon

4.2.1 Généralités

Il convient de veiller au soin avec lequel le meulage et le polissage des échantillons sont effectués, afin que la structure du graphite apparaisse dans sa forme et sa taille originales. Une préparation inappropriée peut entraîner une altération inacceptable de la microstructure.

Il convient de réaliser la préparation de l'échantillon en trois étapes:

- 1. Découpe;
- 2. Meulage;
- 3. Polissage.

Il convient de réaliser l'examen du graphite dans l'état sans attaque.

4.2.2 Découpe

Il convient de découper l'échantillon dans la zone convenue entre le fabricant et l'acheteur. Il convient de s'assurer que la structure n'est pas altérée par la technique de découpe.

4.2.3 Meulage

Il convient de meuler l'échantillon dans la zone convenue entre le fabricant et l'acheteur. Il convient de s'assurer que la structure n'est pas altérée par la technique de meulage.

4.2.4 Polissage

Il convient de soumettre de façon répétée les échantillons à des opérations de polissage et de décapage par attaque jusqu'à ce que la teneur réelle en graphite apparaisse. Il convient ensuite d'examiner les échantillons sans attaque.

5 Préparation de l'image binaire

5.1 Généralités

Après avoir correctement préparé l'échantillon, des images appropriées sont prises en utilisant un microscope métallographique, une caméra numérique, un programme informatique de capture d'image et le programme d'analyse d'image. Ce mode opératoire comprend plusieurs actions répétitives qui sont énumérées dans l'ordre chronologique. Tous ces facteurs peuvent avoir une incidence sur l'exposition relative de la matrice et du graphite ainsi que sur la netteté de la zone de transition entre les deux phases.

NOTE Il est recommandé de choisir un grossissement permettant d'avoir 20 particules de graphite ou plus à mesurer par champ mesuré. Le nombre de particules mesurables dépend de la résolution des pixels de la caméra numérique. Il peut se révéler utile pour améliorer l'efficacité de l'analyse d'image d'utiliser un plus grand nombre de particules.

5.2 Réglage de l'éclairage d'image du microscope

L'image finale peut être sensiblement influencée par l'intensité de la lumière sur l'échantillon. Pour les échantillons non attaqués contenant du graphite, un éclairage élevé élimine les détails de la matrice du métal, les rayures disparaissent et la matrice devient blanche unie. Simultanément, les détails dans le graphite deviennent visibles, comme par exemple, les stratifications dans les sphéroïdes de graphite. Cependant, les détails fins du graphite, tels que les lamelles fines ou les petites particules, disparaissent progressivement.

5.3 Filtres de microscope

Des filtres optiques peuvent être installés pour modifier la composition chromatique de la lumière d'éclairage.

5.4 Caméra

Un nombre minimal de pixels par unité de longueur est nécessaire pour détecter les détails fins de la structure du graphite. La résolution des pixels a une incidence directe sur le nombre de pixels sur le bord d'une particule de graphite et par conséquent également sur le périmètre de la particule. Ce paramètre apparaît dans certains facteurs de forme (par exemple, le facteur de sphéricité) qui sont utilisés pour classer les particules de graphite. Les images avec un plus petit nombre total de pixels peuvent détecter les mêmes détails sur l'échantillon si l'on augmente le grossissement du microscope.

NOTE 1 Il convient d'ajuster le système d'acquisition d'image pour éliminer le bruit de fond.

NOTE 2 Il convient de prendre des précautions pour que les niveaux de saturation en blanc et en noir ne soient pas atteints.

NOTE 3 Il convient d'utiliser une résolution minimale de 1 pixel/μm.