

	Stahl Mikrophotographische Bestimmung der scheinbaren Korngröße (ISO 643:2003) Deutsche Fassung EN ISO 643:2003	DIN EN ISO 643
--	--	---------------------------------

ICS 77.040.99

Ersatz für
DIN 50601:1985-08

Steels — Micrographic determination of the
apparent grain size (ISO 643:2003);
German version EN ISO 643:2003

Aciers — Détermination micrographique de la
grosseur de grain apparente (ISO 643:2003);
Version allemande EN ISO 643:2003

Die Europäische Norm EN ISO 643:2003 hat den Status einer Deutschen Norm.

Nationales Vorwort

Diese Norm ist im Komitee ISO/TC 17 „Stahl“ ausgearbeitet worden. Für die deutsche Mitarbeit und Übersetzung ist der Arbeitsausschuss NMP 131/FES „Metallographische Prüfverfahren“ des Normenausschusses Materialprüfung (NMP) verantwortlich.

Für die in diesem Dokument zitierten Internationalen Normen wird im Folgenden auf die entsprechenden Deutschen Normen hingewiesen:

ISO 3785 siehe DIN EN ISO 3785

Änderungen

Gegenüber DIN 50601:1985-08 wurde folgende Änderung vorgenommen:

— Übernahme der Gliederung von ISO 643.

Frühere Ausgaben

DIN 50601: 1985-08

Fortsetzung Seite 2
und 40 Seiten EN

Normenausschuss Materialprüfung (NMP) im DIN Deutsches Institut für Normung e. V.
Normenausschuss Eisen und Stahl (FES) im DIN

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN ISO 3785, *Stahl — Kennzeichnung von Probenachsen (ISO 3785:1976); Deutsche Fassung EN ISO 3785:1995.*

Deutsche Fassung

Stahl - Mikrophotographische Bestimmung der scheinbaren Korngröße (ISO 643:2003)

Steels - Micrographic determination of the apparent grain size (ISO 643:2003)

Aciers - Détermination micrographique de la grosseur de grain apparente (ISO 643:2003)

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 21. Januar 2003 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist. Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Management-Zentrum oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Management-Zentrum mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, die Slowakei, Spanien, der Tschechischen Republik, Ungarn und dem Vereinigten Königreich.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

Management-Zentrum: rue de Stassart, 36 B-1050 Brüssel

Inhalt

	Seite
Vorwort	3
1 Anwendungsbereich und Zweck	3
2 Normative Verweisungen	3
3 Begriffe	4
4 Symbole und Abkürzungen	7
5 Prinzip	8
6 Auswahl und Vorbereitung der Probe	8
6.1 Lage der Probenentnahmestelle	8
6.2 Sichtbarmachen der Ferritkorngrenzen	8
6.3 Sichtbarmachen der Austenit- und ehemaliger Austenitkornmessungen	8
7 Bestimmung der Korngröße	13
7.1 Kennzeichnung der Korngröße durch eine Kennzahl.....	13
7.2 Kennzeichnung der Korngröße nach dem Linienschnitt-Verfahren	14
8 Prüfbericht	17
Anhang A (informativ) Zusammenfassung der Verfahren zum Sichtbarmachen von Ferrit-, Austenit- oder ehemaligen Austenitkorngrenzen in Stählen	18
Anhang B (normativ) Bestimmung der Korngröße – Genormte Bildreihentafeln aus ASTM E 112	19
Anhang C (normativ) Auswertungsverfahren	34
Anhang ZA (informativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen	40

Vorwort

Dieses Dokument EN ISO 643:2003 wurde von ECISS/TC 2 „Steel — Physico-chemical and non-destructive testing“ in Zusammenarbeit mit dem ISO/TC 17 „Steel“ erarbeitet, dessen Sekretariat von AFNOR gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis August 2003 und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis August 2003 zurückgezogen werden.

Entsprechend der CEN/CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, die Slowakei, Spanien, die Tschechische Republik, Ungarn und das Vereinigte Königreich.

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm ISO 643:2003 wurde vom CEN als Europäische Norm ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

ANMERKUNG Die normativen Verweisungen auf Internationale Normen sind im Anhang ZA (normativ) aufgeführt.

1 Anwendungsbereich und Zweck

Diese Internationale Norm legt mikrophotographische Verfahren zur Bestimmung der scheinbaren Ferrit- oder Austenitkorngroße von Stählen fest. Es werden Verfahren zum Sichtbarmachen der Korngrenzen und zur Schätzung der mittleren Korngroße von Proben mit einer gleichmäßigen Größenverteilung beschrieben. Obwohl die Körner dreidimensional sind, können sie durch eine metallographische Schnittebene von einem beliebigen Punkt am Rand eines Korns bis einschließlich durch seinen maximalen Durchmesser so durchschnitten werden, dass auch in einer Probe mit vollständig übereinstimmender Korngroße in der zweidimensionalen Ebene eine scheinbare Korngroße erzeugt wird.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden normativen Dokumente enthalten Festlegungen, die durch Verweisung in diesem Text Bestandteil der vorliegenden Internationalen Norm sind. Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieser Internationalen Norm waren die angegebenen Ausgaben gültig. Alle Normen unterliegen der Überarbeitung. Vertragspartner, deren Vereinbarungen auf dieser Internationalen Norm basieren, werden gebeten, die Möglichkeit zu prüfen, ob die jeweils neuesten Ausgaben der im Folgenden genannten Normen angewendet werden können. Die Mitglieder von IEC und ISO führen Verzeichnisse der gegenwärtig gültigen Internationalen Norm.

ISO 3785, *Steel — Designation of test piece axes.*

ISO 14250, *Steel — Metallographic characterization of duplex grain size and distributions.*

ASTM E 112, *Standard Test Method for Determining Average Grain Size.*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieser Internationalen Norm gelten folgende Begriffe.

3.1

Korn

erscheint in einer polierten und auf geeignete Weise für die mikrophotographische Untersuchung vorbereiteten Querschnittfläche als geschlossene polygonale Form mit mehr oder weniger gekrümmten Seiten

Es wird unterschieden zwischen:

3.1.1

Austenitkorn

Kristall mit kubisch flächenzentriertem Gefüge, das Glühzwillinge enthalten kann

3.1.2

Ferritkorn

Kristall mit kubisch raumzentriertem Gefüge, das keine Glühzwillinge enthält¹⁾

3.2

Korngrößen-Kennzahl

eine Zahl G , die positiv, Null oder möglicherweise negativ ist und aus der mittleren Anzahl m der Körner bestimmt wird, die auf 1 mm² Querschnittsfläche der Probe gezählt werden.

ANMERKUNG Definitionsgemäß ist $G = 1$ für $m = 16$; die anderen Indizes ergeben sich aus folgender Gleichung:

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

3.3

Anzahl Schnittpunkte der Körner N mit einer Messlinie (Linienschnittpunkte mit Körnern N)

Anzahl der von einer entweder geradlinigen oder kreisförmigen Messlinie durchquerten Körner. Siehe Bild 1.

ANMERKUNG Gerade Messlinien enden üblicherweise innerhalb eines Kornes. Diese Endsegmente zählen als $\frac{1}{2}$ Korn. $\bar{N}$ ist der Mittelwert der bei einer Anzahl von Auswertungen ermittelten Anzahl Körner, die von einer zufällig angeordneten Messlinie durchquert wird. $\bar{N}$ wird durch die wahre Länge der Messlinie L_0 dividiert, um die Anzahl der Linienschnittpunkte der Körner je Längeneinheit der Messlinie $\bar{N}_L$ zu bestimmen, wobei die Messlinie im Allgemeinen in Millimeter (mm) angegeben wird.

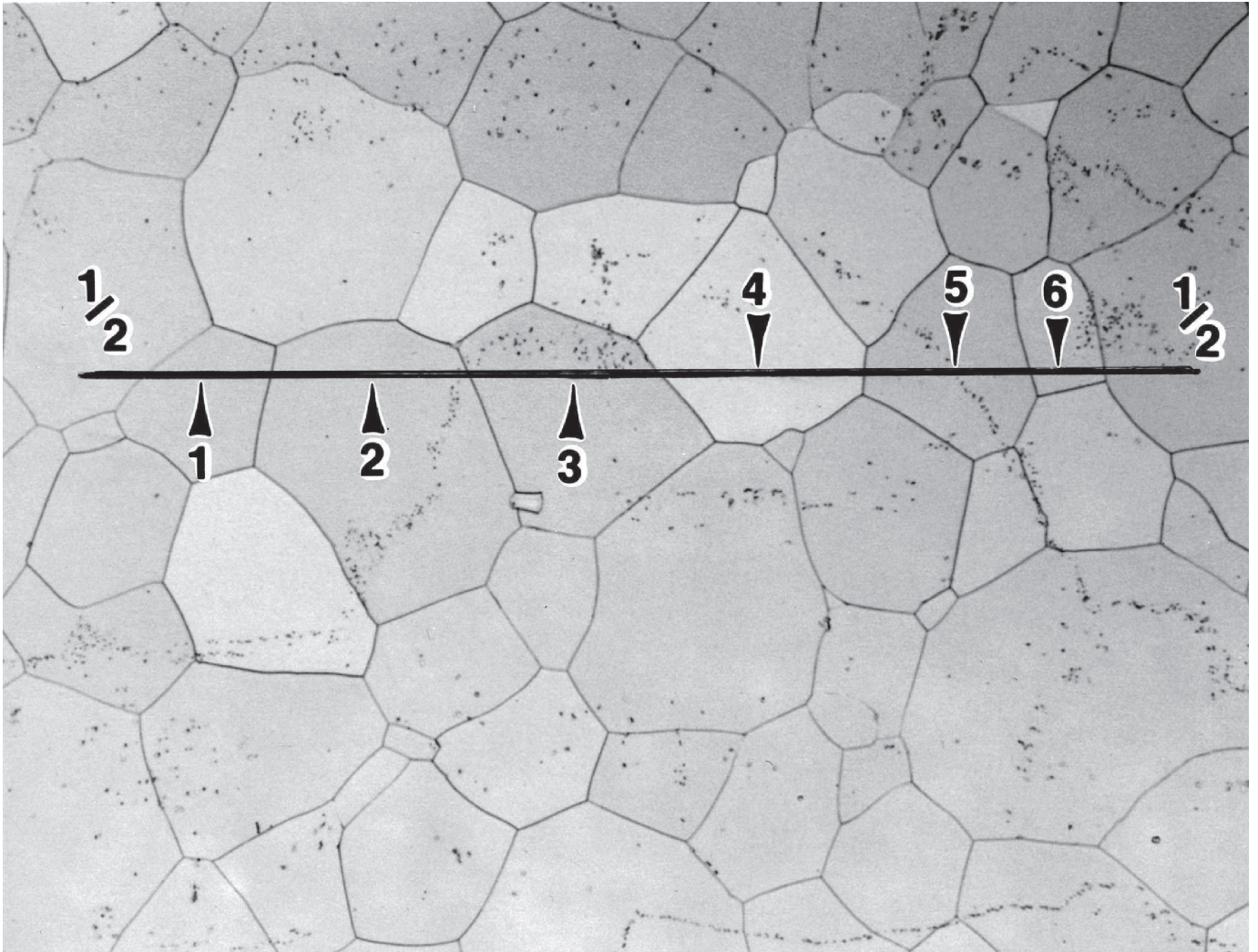
3.4

Anzahl Schnittpunkte der Korngrenzen P mit einer Messlinie (Linienschnittpunkte mit Korngrenzen P)

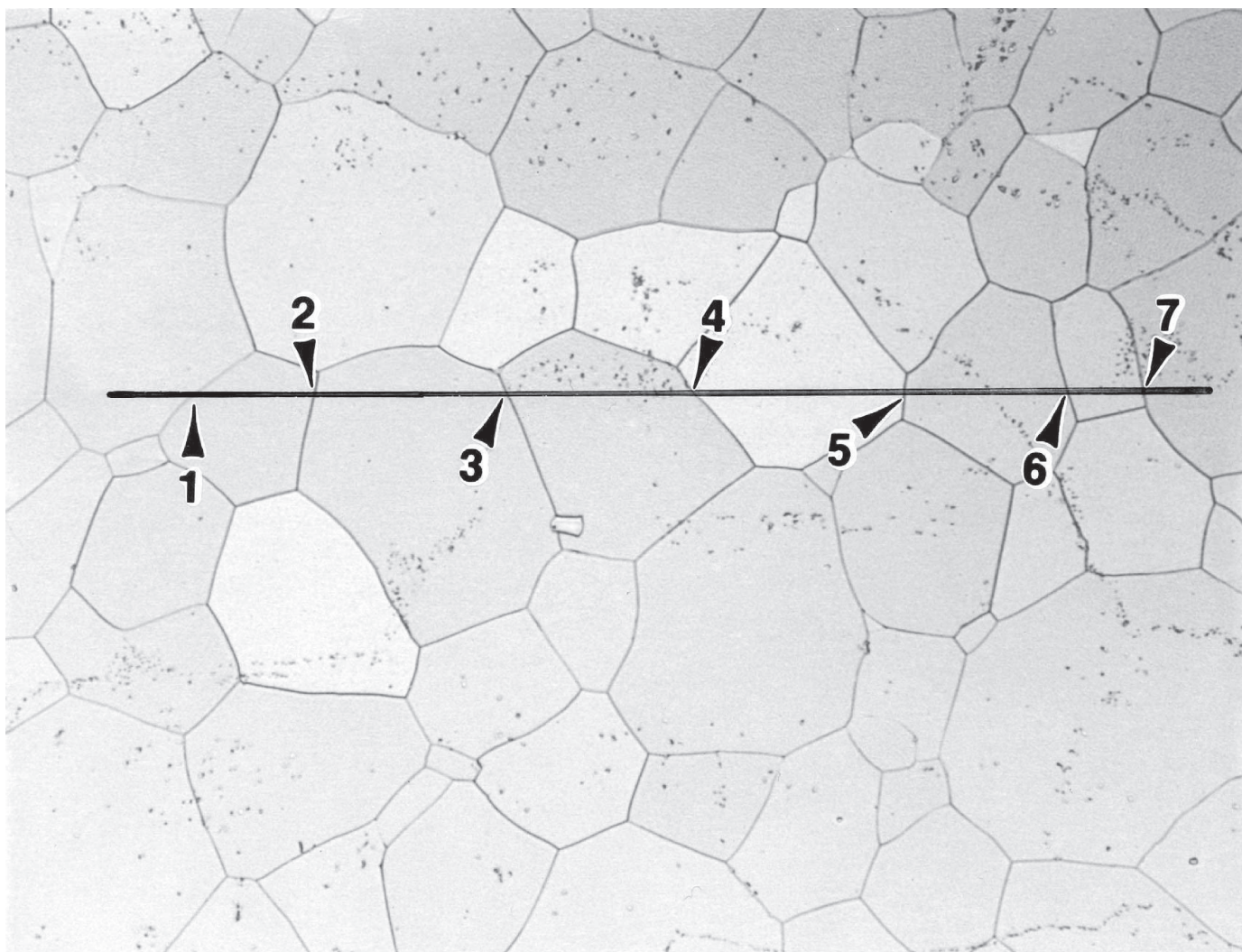
Anzahl der Schnittpunkte einer geraden oder kreisförmigen Messlinie mit den Korngrenzen, siehe Bild 1.

ANMERKUNG $\bar{P}$ ist der Mittelwert der bei einer Anzahl von Auswertungen ermittelten Anzahl Korngrenzen, die von einer zufällig angeordneten Messlinie geschnitten wird. $\bar{P}$ wird durch die wahre Länge der Messlinie l_t dividiert, um die Anzahl der Linienschnittpunkte der Korngrenzen je Längeneinheit der Messlinie $\bar{P}_L$ zu bestimmen, wobei die Messlinie im Allgemeinen in Millimeter (mm) angegeben wird.

1) Für unlegierte Stähle mit einem Kohlenstoffgehalt von 0,25 % oder weniger wird die Ferritkorngröße im Allgemeinen geschätzt. Wenn möglicherweise vorhandene Perlitinseln Maße haben, die den Maßen der Ferritkörner entsprechen, werden diese Inseln als Ferritkörner gezählt.



Zählungen der Anzahl Schnittpunkte der Körner N mit einer geraden Messlinie in einphasigem Korngefüge, wenn 6 Körner durchquert werden und zwei Linienschnittsegmente innerhalb eines Kornes enden ($2 \cdot \frac{1}{2} = 1 N$), d. h. es ist $N = 7$.



Zählungen der Anzahl Schnittpunkte der Korngrenzen P mit einer geraden Messlinie in einphasigem Korngefüge, wenn 7 Linienschnittpunkte vorliegen, d. h. es ist $P = 7$.

Bild 1 — Beispiele für Linienschnittpunkte mit Korngrenzen (P) und mit Körnern (N)

4 Symbole und Abkürzungen

Die verwendeten Symbole werden in Tabelle 1 angegeben.

Tabelle 1 — Symbole

Symbole	Definition	Wert
$\bar{a}$	mittlere Kornfläche, in Quadratmillimeter	$\bar{a} = \frac{1}{m}$
A_F	scheinbare Fläche des Beobachtungsfeldes, in Quadratmillimeter	–
$\bar{d}$	mittlerer Korndurchmesser, in Millimeter	$\bar{d} = \frac{1}{\sqrt{m}}$
D	Durchmesser des Kreises, der auf der Mattscheibe des Mikroskops oder auf der Mikrogefügeaufnahme das Beobachtungsfeld der Proben-Referenzfläche begrenzt	79,8 mm (Fläche = 5 000 mm ²)
g	lineare Vergrößerung des mikroskopischen Bildes (als Referenz)	im Regelfall: 100
G	Korngrößen-Kennzahl	–
K	Umrechnungsfaktor von der linearen Vergrößerung g auf die lineare Vergrößerung 100	$K = \frac{g}{100}$
l	mittlere Länge des Linienschnittsegments, im Allgemeinen in Millimeter angegeben	$l = \frac{1}{N_L} = \frac{1}{P_L}$
L	Länge der Messlinie, dividiert durch die Vergrößerung, in Millimeter	–
L_T	Wahre Länge, dividiert durch die Vergrößerung, in Millimeter	–
m	Anzahl Körner je Quadratmillimeter Probenfläche im untersuchten Bereich	$m = 2 n_{100}$ (bei 100facher Vergrößerung) $m = 2 K^2 n_g$ (bei g -facher Vergrößerung)
M	Nummer der genormten Bildreihentafel mit der besten Übereinstimmung, wenn g nicht 100 beträgt	–
n_g	Gesamtanzahl der Körner auf dem von einem Kreis mit dem Durchmesser D festgelegten Beobachtungsfeld (bei g -facher Vergrößerung)	–
n_1	Anzahl der vollständigen Körner innerhalb des Kreises mit dem Durchmesser D	–
n_2	Anzahl der vom Kreis mit dem Durchmesser D geschnittenen Körner	–
n_{100}	Gesamtanzahl der Körner auf dem von einem Kreis mit dem Durchmesser D festgelegten Beobachtungsfeld (bei 100facher Vergrößerung)	$n_{100} = n_1 + \frac{n_2}{2}$
$\bar{N}$	Mittelwert der bei mehreren Auswertungen bestimmten Anzahl Körner, die von der Länge L der Messlinie geschnitten werden	–
$\bar{N}_L$	mittlere Anzahl Schnittpunkte der Körner je Längeneinheit der Messlinie	$\bar{N}_L = \frac{\bar{N}}{L}$
N_x	Anzahl Schnittpunkte je Millimeter in Längsrichtung ^a	–
N_y	Anzahl Schnittpunkte je Millimeter in Querrichtung ^a	–
N_z	Anzahl Schnittpunkte je Millimeter in der dazu rechtwinkligen Richtung ^a	–
$\bar{P}$	Mittelwert der bei mehreren Auswertungen bestimmten Anzahl Korngrenzen, die von zufällig angeordneten Messlinien geschnitten werden	–
$\bar{P}_L$	mittlere Anzahl Schnittpunkte der Korngrenzen je Längeneinheit der Messlinie	$\bar{P}_L = \frac{\bar{P}}{L}$

^a Verfahren zur Richtungsbezeichnung nach ISO 3785.

5 Prinzip

Die Korngröße wird durch mikrophotographische Untersuchung einer Schnittfläche der Probe bestimmt, die nach einem der Stahlsorte und dem Ziel der Untersuchung entsprechenden Verfahren vorbereitet wurde.

ANMERKUNG Wenn bei der Bestellung oder in der Internationalen Produktnorm das Verfahren zum Sichtbarmachen des Korns nicht festgelegt wird, ist die Auswahl des Verfahrens dem Hersteller überlassen.

Die mittlere Korngröße wird gekennzeichnet:

- a) entweder durch eine Kennzahl,
 - die üblicherweise durch einen Vergleich mit genormten Bildreihentafeln zur Bestimmung der Korngröße ermittelt wird
 - oder durch eine Zählung der mittleren Anzahl Körner je Flächeneinheit;
- b) oder durch den Mittelwert des Linienschnittsegments.

6 Auswahl und Vorbereitung der Probe

6.1 Lage der Probenentnahmestelle

Wenn bei der Bestellung oder in der Internationale Produktnorm die Anzahl der Proben und die Stelle, an der sie dem Produkt zu entnehmen sind, nicht festgelegt werden, ist die Auswahl dem Hersteller überlassen, obwohl bekannt ist, dass die Präzision der Korngrößenbestimmung bei Untersuchung einer größeren Anzahl Proben zunimmt. Daher wird empfohlen, zwei oder mehr Schlibfbilder auszuwerten. Es sollte sichergestellt werden, dass die Proben für das Produkt repräsentativ sind (d. h. die Entnahme von stark verformtem Material, z. B. von den äußersten Enden bestimmter Produkte oder durch Scherverfahren ist zu vermeiden usw.). Die Proben müssen nach den üblichen Verfahren poliert werden.

Wenn in der Produktnorm nichts anderes festgelegt ist oder mit dem Kunden vereinbart wurde, muss die Schlibffläche in Längsrichtung der Probe liegen, d. h. parallel zur Hauptverformungsachse bearbeiteter Produkte. Durch eine Bestimmung der Korngröße in einer Querebene wird bei nicht gleichachsigen Körnern ein systematischer Messfehler eingebracht.

6.2 Sichtbarmachen der Ferritkorgrenzen

Ferritkörner werden durch Ätzen mit Nital (ethanolische 2 %ige bis 3 %ige Salpetersäurelösung) oder einem anderen geeigneten Ätzmittel sichtbar gemacht.

6.3 Sichtbarmachen der Austenit- und ehemaliger Austenitkornmessungen

6.3.1 Allgemeines

Bei Stählen, die bei Umgebungstemperatur ein einphasiges oder zweiphasiges Austenitgefüge (Delta-Ferritkörner in austenitischer Matrix) haben, müssen die Körner durch ein Ätzmittel sichtbar gemacht werden. Für einphasige austenitische rostfreie Stähle sind die am häufigsten verwendeten Ätzmittel „glyceregia“, Kallings Reagenz (N° 2) und Marples Reagenz. Das beste elektrolytische Ätzen für ein- oder zweiphasige rostfreie Stähle erfolgt mit 60 %iger Salpetersäure bei 1,4 V Gleichstrom, innerhalb von 60 s bis 120 s zum Auffinden der Korngrößen, aber nicht von Zwillingskörnern. Eine 10 %ige Oxalsäure, 6 V, innerhalb von 60 s, wird häufig verwendet, ist aber weniger effektiv als 60 % HNO₃.

Für andere Stähle muss in Abhängigkeit vom Untersuchungsziel eines der nachfolgend aufgeführten Verfahren angewendet werden:

- Verfahren nach „Bechet-Beaujard“ durch Ätzen mit wässriger gesättigter Pikrinsäurelösung (siehe 6.3.2),
- Verfahren nach „Kohn“ durch kontrollierte Oxidation (siehe 6.3.3),

- Verfahren nach „McQuaid-Ehn“ durch Aufkohlung (siehe 6.3.4),
- Verfahren zur Sensibilisierung der Korngrenzen (siehe 6.3.7)
- oder, in Ausnahmefällen sonstige Verfahren, die bei Bestellung besonders vereinbart werden müssen.

ANMERKUNG Die ersten drei Verfahren für ehemalige Austenitkorngrenzen, während die anderen für austenitische Mangan- oder austenitische rostfreie Stähle geeignet sind, siehe Anhang A.

Es sollte beachtet werden, dass für Vergleiche zwischen den verschiedenen Verfahren gleiche Wärmebehandlungsbedingungen anzuwenden sind und dass die nach verschiedenen Verfahren ermittelten Ergebnisse beträchtlich voneinander abweichen können.

6.3.2 Verfahren nach „Bechet-Beaujard“ durch Ätzen mit wässriger gesättigter Pikrinsäurelösung

6.3.2.1 Anwendungsbereich

Dieses Verfahren macht Austenitkörner sichtbar, die bei der Wärmebehandlung einer Probe gebildet werden. Es ist auf Proben mit martensitischem oder bainitischem Gefüge anwendbar. Um eine effektive Ätzung zu erzielen, muss ein Mindestgehalt von 0,005 % P vorliegen.

6.3.2.2 Vorbereitung

Das Bechet-Beaujard-Ätzmittel wird üblicherweise auf einer wärmebehandelten Stahlprobe angewendet. Im Allgemeinen ist keine weitere Wärmebehandlung notwendig, wenn die Probe martensitisches oder bainitisches Gefüge hat. Für andere Gefügearten ist eine weitere Wärmebehandlung erforderlich.

Falls die Bedingungen zur Behandlung der Probe in der Internationalen Produktnorm nicht angegeben werden und keine gegenteiligen Festlegungen getroffen wurden, müssen für wärmebehandelte unlegierte Baustähle und niedrig legierte Stähle folgende Bedingungen angewendet werden:

- 1,5 h bei $(850 \pm 10)^\circ\text{C}$ für Stähle mit einem Kohlenstoffgehalt größer als 0,35 %,
- 1,5 h bei $(880 \pm 10)^\circ\text{C}$ für Stähle mit einem Kohlenstoffgehalt gleich oder kleiner als 0,35 %.

Nach dieser Behandlung sollte die Probe im Allgemeinen in Wasser oder Öl abgeschreckt werden.

6.3.2.3 Polieren und Ätzen

Eine ebene Schnittfläche der Probe wird für die mikroskopische Untersuchung poliert. Sie wird über eine geeignete Dauer mit gesättigter wässriger Pikrinsäurelösung geätzt, die mindestens 0,5 % Natriumalkylsulfonat oder ein anderes Spannungsmittel enthält.

ANMERKUNG Die Ätzdauer kann wenige Minuten bis mehr als eine Stunde betragen. Eine Erwärmung der Lösung auf 60°C kann die Ätzwirkung verbessern und die Ätzdauer abkürzen.

Zur Verstärkung des Kontrastes zwischen den Korngrenzen und der Grundmasse der Probe ist es mitunter notwendig, das Ätzen und Polieren einmal oder mehrere Male zu wiederholen. Proben aus durchgehärtetem Stahl dürfen vor der Auswahl angelassen werden.

WARNHINWEIS — Beim Erwärmen von Lösungen, die Pikrinsäure enthalten, muss das Verkochen der Lösung vermieden werden, da Pikrinsäure explosiv werden kann.

6.3.2.4 Ergebnis

Die Grenzen ehemaliger Austenitkörner sollten bei der mikroskopischen Untersuchung sofort sichtbar werden.

6.3.3 Verfahren nach „Kohn“ durch kontrollierte Oxidation

6.3.3.1 Anwendungsbereich

Bei diesem Verfahren wird das austenitische Korngefüge sichtbar, das durch selektive Oxidation der Korngrenzen während der Austenitisierung bei der Temperatur einer entsprechenden Wärmebehandlung gebildet wird.

6.3.3.2 Vorbereitung

Eine Fläche der Probe wird poliert. Die übrigen Probenflächen dürfen keine Oxidspuren aufweisen. Die Probe wird in einen Laboratoriumswärmeschrank gebracht, in dem entweder ein Vakuum von 1 Pa vorhanden ist oder ein inertes Gas umläuft (z. B. gereinigtes Argon). Die Probe wird nach dem vom Käufer oder in der Internationalen Produktnorm festgelegten Austenitisierungsverfahren wärmebehandelt.

Nach Abschluss der festgelegten Erwärmungsdauer muss über eine Dauer von 10 s bis 15 s Luft in den Wärmeschrank eingeleitet werden.

Danach wird die Probe in Wasser abgeschreckt. Die Probe kann im Allgemeinen direkt unter einem Mikroskop untersucht werden.

ANMERKUNG 1 Das Oxidationsverfahren kann ohne inerte Atmosphäre durchgeführt werden.

ANMERKUNG 2 Das an der zuvor polierten Oberfläche anhaftende Oxid sollte durch leichtes Polieren mit einem feinen Schmirgelmittel entfernt werden, wobei darauf zu achten ist, dass das Oxidnetz, das sich auf den Korngrenzen gebildet hat, erhalten bleibt; im Anschluss daran sollte das Polieren nach den üblichen Verfahren fortgesetzt werden. Dann sollte die Probe mit Vilella's Ätzmittel geätzt werden:

- Pikrinsäure 1 g,
- Salzsäure 5 ml,
- Ethanol 100 ml.

6.3.3.3 Ergebnis

Die selektive Oxidation der Korngrenzen macht das Gefüge der Austenitkörner sichtbar.

Wenn die Vorbereitung vorschriftsmäßig erfolgt, sollten an den Korngrenzen keine Oxidkügelchen auftreten.

In einigen Fällen kann es notwendig sein, eine Schrägbeleuchtung oder DIC-Verfahren (Differential Interference Contrast) anzuwenden, um die Grenzen durch Kontrast besser sichtbar zu machen.

6.3.4 Verfahren nach „McQuaid-Ehn“ durch Aufkohlung bei 925 °C

6.3.4.1 Anwendungsbereich

Dieses Verfahren ist speziell für Einsatzstähle bestimmt und macht Austenitkorngrenzen sichtbar, die beim Aufkohlen dieser Stähle gebildet werden. Dieses Verfahren ist im Allgemeinen nicht geeignet, Korngrenzen sichtbar zu machen, die bei anderen Wärmebehandlungen entstanden sind.

ANMERKUNG Es darf auch eine „Scheinaufkohlung“ angewendet werden. Die Probe wird wie beim Aufkohlen, aber ohne kohlenstoffreiche Atmosphäre behandelt. Die weitere Wärmebehandlung erfolgt nach den Festlegungen für das jeweilige Produkt. Die Korngrenzen werden durch das Bechet-Beaujard-Ätzmittel sichtbar gemacht, siehe 5.3.1.

6.3.4.2 Vorbereitung

Die Proben dürfen keine Spuren einer Entkohlung oder Oberflächenoxidation zeigen. Alle vorangegangenen Kalt- und Warmverformungen, mechanische Bearbeitungen usw. können die Form der gebildeten Körner beeinflussen; in der Produktspezifikation müssen die Behandlungen angegeben werden, die in diesen Fällen vor einer Korngrößenbestimmung durchzuführen sind.

Nach dem Aufkohlen wird die Probe so langsam abgekühlt, dass sich an den Korngrenzen der aufgekohlten Probe im übereutektischen Bereich gelöster Kohlenstoff als Zementit ausscheiden kann.

Die Aufkohlung muss erreicht werden, indem die Probe über eine Dauer von 6 h bei $(925 \pm 10)^\circ\text{C}$ behandelt wird. Zu diesem Zweck wird der Einsatzkasten im Allgemeinen 8 h bei $(925 \pm 10)^\circ\text{C}$ einschließlich der Aufheizzeit gehalten. In den meisten Fällen wird eine 1 mm dicke Aufkohlungszone erzeugt. Nach der Aufkohlung muss die Probe so langsam abgekühlt werden, damit die Ausscheidung des Zementits an den Korngrenzen des übereutektischen Bereichs der Aufkohlungszone sichergestellt ist.

Für jede Durchführung muss ungebrauchtes Aufkohlungspulver verwendet werden.

6.3.4.3 Probenvorbereitung

Die aufgekohlte Probe wird senkrecht zu ihrer Oberfläche zerschnitten. Einer der Querschnitte sollte für die mikroskopische Untersuchung vorbereitet werden. Er muss geätzt werden:

a) entweder durch Eintauchen mindestens 1 min in eine bei 100°C siedende Lösung aus „Le Chatelier- und Igewski“-Reagens (alkalisches Natriumpikrat) mit folgender Zusammensetzung:

- Pikrinsäure 2 g,
- Ätznatron 25 g,
- Wasser 100 ml.

oder durch elektrolytisches Ätzen bei Raumtemperatur 60 s bei einem Gleichstrom von 6 V;

b) oder mit Nital:

- Salpetersäure 2 ml bis 5 ml,
- Ethanol Restmenge zum Auffüllen auf 100 ml.

Andere Ätzmittel dürfen angewendet werden, sofern sie gleiche Ergebnisse ermöglichen.

6.3.4.4 Ergebnis

Die Grenzen der ehemaligen Austenitkörner in der übereutektischen aufgekohlten Oberflächenzone werden durch Ausscheidung von voreutektoidem Zementit nachgezeichnet.

6.3.5 Verfahren mit voreutektoidem Ferrit

ANMERKUNG Im Anhang A werden Richtlinien für die Anwendung dieses Verfahrens in Abhängigkeit vom Mikrogefüge des jeweiligen Produkts aus Stahl angegeben.

6.3.5.1 Prinzip

Das Verfahren ist für unlegierten Stahl mit einem Kohlenstoffgehalt von etwa 0,25 % bis 0,6 % sowie für niedrig legierte Stähle geeignet, z. B. Stähle, die Mangan-Molybdän, 1 % Chrom, 1 % Chrom-Molybdän und 1,5 % Nickel-Chrom enthalten. Die Grenzen der ehemaligen Austenitkörner werden als voreutektoides Ferritnetz sichtbar gemacht.

6.3.5.2 Vorbereitung

Die in der Produktnorm angegebenen Austenitisierungsbedingungen werden angewendet. Proben aus unlegiertem Stahl oder einem anderem Stahl mit geringer Härte werden in Luft oder im Ofen abgekühlt oder teilweise isothermisch so umgewandelt, dass die Austenitkorngrenzen durch Ferrit konturiert werden.

Proben aus legierten Stählen werden nach dem Austenitisieren teilweise isothermisch bei einer geeigneten Temperatur im Bereich von 650°C bis 720°C umgewandelt und dann in Wasser abgeköchelt.