

DIN EN 10247

ICS 77.040.99

Ersatz für
DIN V ENV 10247:1998-06**Metallographische Prüfung des Gehaltes nichtmetallischer Einschlüsse
in Stählen mit Bildreihen;
Deutsche Fassung EN 10247:2007**

Micrographic examination of the non-metallic inclusion content of steels using standard pictures;

German version EN 10247:2007

Détermination micrographique de la teneur en inclusions non-métalliques des aciers à l'aide d'images-types;

Version allemande EN 10247:2007

Gesamtumfang 84 Seiten

Normenausschuss Materialprüfung (NMP) im DIN

Nationales Vorwort

Für die Deutsche Fassung dieser Norm ist der Arbeitsausschuss NA 062-01-31 GA „Metallographische Prüfverfahren“ verantwortlich.

Das für diese Norm zuständige Normungsgremium hatte in Abstimmung mit dem Unterausschuss „Metallographie“ des Stahlinstituts VDEh im Zusammenhang mit der Veröffentlichung dieser Europäischen Norm die Frage über die Zurückziehung oder die weitere Gültigkeit von DIN 50602 zu klären.

Im Stadium der Vornorm und des Norm-Entwurfes konnten Erfahrungen gesammelt werden, die zeigen, dass die Umstellung in der Betrachtungsweise der Einschlüsse sowie benötigte (gerätespezifische) Umrüstung der Mikroskope und Entwicklung einer entsprechenden Software für Bildanalysesysteme eine zeitliche Verzögerung bei der Umsetzung der Norm in der Praxis erfordern. Aus diesen Gründen wurde beschlossen, dass DIN 50602 für eine Übergangszeit von 2 Jahren weiterhin gültig bleibt. Nach dem Ablauf der Übergangszeit wird DIN 50602 zurückgezogen.

Für die Anwendung sind insbesondere die Erläuterungen in Anhang V zu berücksichtigen.

Änderungen

Gegenüber DIN V ENV 10247:1998-06 wurde folgende Änderung vorgenommen:

- a) Inhalt mit redaktionellen Änderungen als Norm übernommen.

Frühere Ausgaben

DIN V ENV 10247: 1998-06

Deutsche Fassung

**Metallographische Prüfung des Gehaltes nichtmetallischer
Einschlüsse in Stählen mit Bildreihen**

Micrographic examination of the non-metallic inclusion
content of steels using standard pictures

Détermination micrographique de la teneur en inclusions
non-métalliques des aciers à l'aide d'images-types

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 13. Januar 2007 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 des CEN 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, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



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

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

Inhalt

	Seite
Vorwort.....	5
Einleitung.....	6
1 Anwendungsbereich.....	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Grundlagen	7
4 Begriffe.....	8
4.1 Allgemeine Begriffe	8
4.2 Abstand.....	9
4.3 Parameter	9
4.4 Klassen	10
4.5 Sonstiges	10
5 Symbole und Benennungen	11
6 Probenahme	12
6.1 Allgemeines	12
6.2 Mindestumformgrad	12
6.3 Größe und Anordnung der Messfläche	13
6.4 Anzahl der Proben	13
6.5 Probenvorbereitung.....	13
7 Prüfverfahren	14
7.1 Vergrößerung	14
7.2 Gesichtsfeld	14
7.3 Festlegung der Richtreihenbilder	14
7.3.1 Größe und Form.....	14
7.3.2 Parameter	15
7.3.3 Anordnung der Bilder.....	15
7.4 Durchführung	15
7.4.1 Allgemeines	15
7.4.2 Mehrere Einschlüsse unterschiedlicher Größe in einem Gesichtsfeld.....	15
7.4.3 Abrastern der Probe	16
7.4.4 Art der Auswertung	16
7.4.5 Auswertung unterschiedlicher Arten von Einschlüssen.....	16
7.4.6 Auswertung ohne besondere Vereinbarungen.....	17
7.4.7 Aufzeichnung der Ergebnisse	17
8 Arten der Auswertung	17
8.1 Ermittlung der größten Einschlüsse, Auswerteverfahren P.....	17
8.1.1 Grundlage	17
8.1.2 Auswertung von P_L (größte Länge)	17
8.1.3 Auswertung von P_d (größter Durchmesser)	18
8.1.4 Auswertung von P_a (größte Fläche)	18
8.2 Ermittlung des Messfeldes mit den größten Einschlussparametern, Verfahren M	18
8.2.1 Grundlage	18
8.2.2 Auswertung von M_n (Auswertung für die Anzahl)	18
8.2.3 Auswertung von M_L (Auswertung für die Länge)	18
8.2.4 Auswertung von M_d (Auswertung für den Durchmesser).....	18
8.2.5 Auswertung von M_a (Auswertung für die Fläche).....	18
8.3 Ermittlung des mittleren Einschlussgehaltes: Auswerteverfahren K	19
8.3.1 Grundlage	19
8.3.2 Abrastern einer Probe für die Ermittlung des mittleren Einschlusses	19
8.3.3 Auswertung	20
8.3.4 Auswertung von K_n, K_L für gestreckte sowie K_n, K_d für globulare Einschlüsse	20
8.3.5 Auswertung von K_n und K_a	20

	Seite
9 Prüfbericht	21
Anhang A (normativ) Art der Einschlüsse	34
Anhang B (normativ) Standardparameter und Auswertearten für den Fall, dass keine anderen Vereinbarungen bestehen	36
Anhang C (informativ) Beispiele für unterschiedliche Einschlussarten	37
Anhang D (informativ) Formfaktor	41
Anhang E (informativ) Beispiele für Vergrößerungen	42
Anhang F (informativ) Einzelheiten der Okulareinsätze	44
Anhang G (normativ) Herstellung der Okulareinsätze	45
G.1 Allgemeines	45
G.2 Mikroskope mit normalem Gesichtsfeld	45
G.3 Großfeldmikroskope	47
Anhang H (normativ) Grundlagen für die Berechnung der Richtreihenbilder	49
Anhang K (normativ) Regeln für die Klassierung	51
K.1 Definition von Klassen	51
K.2 Klassierung der Länge	51
K.3 Klassierung der Breite	51
K.4 Klassierung von Durchmessern	51
K.5 Klassierung der Fläche	52
Anhang L (informativ) Vergleich von Einschlussarten in unterschiedlichen Normen	53
Anhang M (informativ) Ermittlung der größten Einschlüsse	54
Anhang N (informativ) Ermittlung des Messfeldes mit den größten Einschlussparametern	56
N.1 Allgemeines	56
N.2 Auswertung von M_n	56
N.3 Auswertung von M_n, M_L und M_d	56
N.4 Auswertung von M_n und M_a	56
Anhang P (informativ) Ermittlung des mittleren Einschlussgehaltes	60
P.1 Allgemeines	60
P.2 Auswertung von K_n, K_L und K_d	60
P.3 Auswertung von K_n und K_a	60
P.4 Begrenzte Auswertebereiche	61
Anhang Q (normativ) Berechnungsgrundlagen für die Auswertung	68
Q.1 Ermittlung der größten Einschlüsse	68
Q.2 Ermittlung des Messfeldes mit den größten Einschlussparametern	68
Q.2.1 Berechnung von M_n	68
Q.2.2 Berechnung von M_L	68
Q.2.3 Berechnung von M_d	69
Q.2.4 Berechnung von M_a	69
Q.3 Ermittlung des mittleren Einschlussgehaltes	69
Anhang R (normativ) Ermittlung der Genauigkeit und der Abrasterparameter für die Ermittlung des mittleren Einschlussgehaltes	71
Anhang S (informativ) Randfehlerkorrektur	74
S.1 Allgemeines	74
S.2 Auswertung Messfeld für Messfeld	74
Anhang T (normativ) Berechnung von Mittelwerten der Parameter für eine Klasse	76
Anhang U (normativ) Mittelwerte der Parameter	77

	Seite
Anhang V (informativ) Anmerkungen der Arbeitsgruppe	78
V.1 Allgemeines	78
V.2 Länge.....	78
V.3 Breite	78
V.4 Anzahl	78
V.5 Auflösung	78
V.6 Fläche.....	79
V.7 Kennzeichnung von Einschlüssen	79
V.8 Rundliche Teilchen	80
V.9 Formfaktor	80
V.10 Kombinierte Einschlüsse	81
V.11 Messfeld.....	81
Literaturhinweise	82

Vorwort

Dieses Dokument (EN 10247:2007) wurde vom Technischen Komitee ECISS/TC 2 „Steel - Physical-chemical and non-destructive testing“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom AFNOR gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Oktober 2007, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Oktober 2007 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Texte dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN [und/oder CENELEC] sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Dieses Dokument ersetzt ENV 10247:1998.

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

Einleitung

Dieses Dokument beschreibt Arbeitsweisen für die Kennzeichnung von Einschlüssen in Stahl auf Grund ihrer Morphologie unter Verwendung von Richtreihenbildern.

Die Auswerteverfahren beruhen auf physikalischen Grundlagen, sodass die Ergebnisse mit Messungen von Einschlüssen verglichen werden können.

Die Ergebnisse werden in physikalischen Einheiten angegeben: Länge in $\mu\text{m}/\text{mm}^2$, Anzahl/ mm^2 , Flächen in $\mu\text{m}^2/\text{mm}^2$. Gegenüber den bisher angewendeten Normen wird in dieser Norm die Schreibweise der Klassenbezeichnung mit der Länge (Zeilenindex) begonnen. Diese Ergebnisse können verglichen werden mit den Auswertungen in anderen Normen.

Die Messbedingungen, z. B. die Regeln für die Rasterung der Messfläche, sind so festgelegt, dass eine Optimierung zwischen der Vergrößerung und der Anzahl der auszuwertenden Messfelder gefunden wird. Die erreichte Genauigkeit ist bei manueller Auswertung und einer Messung unter Verwendung von bildanalytischen Methoden gleich.

Die Richtreihenbilder sind über mathematische Gleichungen ermittelt worden.

Die Ergebnisse und ihre Genauigkeit können unmittelbar aus den Auswertungen der einzelnen Messfelder abgeleitet werden.

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm legt ein Verfahren zur mikroskopischen Kennzeichnung von nichtmetallischen Einschlüssen unter Verwendung von Richtreihenbildern fest.

Das Verfahren gilt nicht für Teilchen mit einer Länge kleiner als 3,0 µm oder einer Breite kleiner als 2,0 µm. Auf Grund einer Festlegung in einer Produktnorm oder durch Vereinbarung zwischen den Beteiligten können für spezielle Produkte Einschlüsse mit einer Breite kleiner als 2 µm ausschließlich entsprechend ihrer Länge bewertet werden. Gestreckte Einschlüsse mit einer Länge größer als 1 410 µm werden getrennt gezählt und liegen außerhalb der oberen Grenze des Anwendungsbereichs dieser Norm. Globulare Einschlüsse mit Durchmessern größer als 3,0 µm sind in der Auswertung enthalten.

Es wird vorausgesetzt, falls Teilchen gestreckt sind oder falls zeilenförmige Anordnungen von Teilchen auftreten, diese parallel zueinander liegen. Andere Anordnungen werden durch diese Norm nicht berücksichtigt. Die Norm gilt für Proben mit mikroskopischen Agglomerationen unter der Annahme einer makroskopisch regellosen Verteilung.

Aus den Ergebnissen der hier beschriebenen Verfahren kann eine Auswertung nach anderen Normen abgeleitet werden.

Diese Europäische Norm gilt nicht für Automatenstähle.

ANMERKUNG Das Grundprinzip der Norm erlaubt die Bestimmung des Gehaltes an nichtmetallischen Einschlüssen mit Bildanalysetechnik.

2 Normative Verweisungen

Das folgende zitierte Dokument ist für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

EN ISO/IEC 17025, *General requirements for the competence of testing and calibration laboratories (ISO/IEC 17025:2005)*

3 Grundlagen

Das Verfahren besteht in einem Vergleich zwischen den in einem Blickfeld beobachteten Einschlüssen mit den Bildern einer Richtreihe. Die in dieser Europäischen Norm definierten Richtreihenbilder bauen auf der Form der Einschlüsse auf, für jede Form werden zusätzlich Länge, Breite und Fläche berücksichtigt. Dies gilt für die Spalten 1 bis 10, in Spalte 11 wird die Anzahl wiedergegeben.

Die der Norm zu Grunde liegende Geometrie der Einschlüsse ist eine Ellipse mit dem Kreis als Spezialfall der Ellipse (siehe Bild 1a). Einschlüsse mit einer Form entsprechend einem Rechteck oder Quadrat werden als Ellipse bzw. Kreis behandelt, da die jeweiligen Flächen sich im Rahmen der vorgeschlagenen Art der Auswertung nicht wesentlich unterscheiden.

Die Bilder sind in Zeilen und Spalten angeordnet. Die Länge ändert sich von Zeile zu Zeile, der Formfaktor ändert sich von Spalte zu Spalte. Mit der Norm werden grundsätzlich die Morphologie und die Anordnung von Einschlüssen bewertet. Es können keine Informationen über die Kristallstruktur und über die chemische Zusammensetzung der ausgewerteten Einschlüsse abgeleitet werden.

Die allgemeine Auswertepaxis erfordert üblicherweise eine Unterscheidung zwischen Einschlüssen mit unterschiedlicher chemischer Zusammensetzung. Die Definitionen der Arten kann in Produktnormen festgelegt werden. Sind derartige Normen nicht erarbeitet, muss die Kennzeichnung von Morphologien zwischen den Beteiligten vereinbart werden.

Um die Beschreibung zu erleichtern, ist in Anhang A, Bild A.1, ein Beschreibungsbaum angegeben.

Die Bilder der Richtreihe stellen die oberen Grenzen von Klassen dar. Eine Länge L_x ist in Zeile q zu klassieren, wenn

$$L_{q-1} < L_x \leq L_q \text{ } \mu\text{m} \quad (1)$$

Die Breite w_x ist in Spalte k zu klassieren, wenn

$$w_{k-1} < w_x \leq w_k \text{ } \mu\text{m} \quad (2)$$

In Bild 5 erhalten die Bilder in der ersten Zeile am Kopf sowie die in der ersten Spalte an der linken Seite keine Nummer. Diese dick umrandeten Bilder mit Teilchen stellen die untere Grenze dar. Einschlüsse mit einer Länge kleiner als die der Einschlüsse in dieser Zeile oder einer Breite kleiner als die in der linken Spalte werden für die Klassierung außer Acht gelassen.

Einschlüsse, die als Spalte 6 und 11 klassiert werden, werden globular genannt.

Die ausgewählten Parameter sind Anzahl, Länge, Breite und Fläche. Die Ergebnisse einer Auswertung können sein: die größten Einschlüsse, Einschlüsse in dem Messfeld mit den meisten Einschlüssen oder mittlere Einschlussgehalte. Alle diese Werte haben physikalische Dimensionen. Zusätzlich zu diesen Werten ist eine Kennzeichnung der Anordnung der Einschlüsse innerhalb der untersuchten Probenbereiche möglich.

Den Richtreihenbildern liegen mathematische Formeln zu Grunde. Es ist nur eine begrenzte Anzahl von Bildern vorgesehen, womit die Anzahl der Möglichkeiten der Zuordnung begrenzt wird, was die Reproduzierbarkeit bei einer manuellen Auswertung verbessert. Die mathematische Grundlage erlaubt eine Anwendung sowohl für eine manuelle Auswertung als auch für eine Messung unter Verwendung von bildanalytischen Methoden, wodurch eine höhere statistische Sicherheit erreicht wird. Die Daten einer Auswertung ergeben ein breites Spektrum von Möglichkeiten zur Beschreibung des Reinheitsgrades. Die Richtreihe umfasst unterschiedliche Einschlussformen und erlaubt Arbeiten bei mehreren Vergrößerungen, sodass sie auf Stähle mit geringem Einschlussgehalt ebenso angewendet werden kann wie für Fälle, in denen eine Beurteilung der Form von Bedeutung ist.

Diese Europäische Norm ermöglicht unterschiedliche Auswertemethoden. Welche Methode gewählt wird, muss in den Produktnormen festgelegt oder zwischen den Beteiligten vereinbart werden.

Ohne vorliegende Vereinbarungen gelten die Standardverfahren der Auswertung. Dies ist die Ermittlung der größten Einschlüsse sowie die Ermittlung des mittleren Einschlussgehaltes mit den in Anhang B angegebenen Parametern.

Als Standardverfahren werden die Verfahren P_L , P_d , K_n , K_L und K_n , K_d vorgeschlagen.

4 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

4.1 Allgemeine Begriffe

4.1.1

Teilchen

Grundeinheit für die Auswertung, im Allgemeinen nichtmetallisch

4.1.2

Einschluss

allgemeine Bezeichnung für einzelne Teilchen sowie Teilchen in Verbindung mit Größe und Abstand. Mit Einschluss wird einmal ein einzeln liegendes Teilchen beschrieben. Zum anderen beschreibt der Begriff Einschluss eine Anordnung von mindestens 2 Teilchen, wenn der Abstand t (siehe Bild 2a) $\leq 10 \text{ } \mu\text{m}$ ist und der Abstand $e \leq 40 \text{ } \mu\text{m}$ ist. Dabei wird vorausgesetzt, dass die Hauptachsen der Teilchen innerhalb von $\pm 10^\circ$ parallel sind. Im Fall der Aneinanderreihung von nur zwei globularen Teilchen muss jedes Teilchen als Einzelteilchen betrachtet werden.

Ein Einschluss kann ebenfalls von mehreren Einschlusszeilen gebildet werden, wenn deren Abstände t und $e \leq 10 \mu\text{m}$ bzw. $\leq 40 \mu\text{m}$ sind (siehe Bild 2b). Teilchen mit Längen $L < 3 \mu\text{m}$ oder Breiten $w < 2 \mu\text{m}$ werden nicht berücksichtigt (siehe Bild 2c).

Sonderfälle

zusammengewachsene, gestreckte und mehr oder weniger rundliche Teilchen, siehe Bild 2d, werden in der Regel als ein Einschluss behandelt. Im Fall des Beispiels 4 wird die Breite des größten Teilchens für die Breite des Einschlusses herangezogen. Wenn in diesem Fall $W_1 > 3 \times W_2$ werden die Teilchen W_1 und W_2 getrennt ausgewertet. Beispiele hierfür zeigt Bild 2e

Beispiele für Ausbildung und Anordnung von Einschlüssen zeigt Bild 2f

4.1.3

Einschlusszeile

Anordnung von mindestens 3 Teilchen, die normalerweise in einer Zeile liegen und die einen Einschluss bilden (siehe Bilder 2b und 2f). Beispiele sind in Anhang C und Bild 2f angegeben

4.1.4

Messfläche

die auf der polierten Oberfläche der Probe auszuwertende Fläche

ANMERKUNG In der Regel umfasst die Messfläche 200 mm^2 .

4.2 Abstand

4.2.1

Abstand zwischen den Teilchen

Abstand e zwischen den Teilchen in Hauptverformungsrichtung und Abstand t senkrecht dazu (siehe Bild 2a)

4.2.2

Abstand zwischen Einschlusszeilen

entspricht derjenigen Definition für die Abstände zwischen Teilchen (siehe Bild 2b)

4.2.3

regellos

regellose Anordnung von Teilchen.

ANMERKUNG Ein Beispiel gibt Anhang C. Diese Anordnung ist definiert für ein Gesichtsfeld.

4.3 Parameter

4.3.1

Länge

Abmessung eines Einschlusses in der Hauptverformungsrichtung, stets größer als die Breite

4.3.2

Durchmesser

maximale Abmessung eines Einschlusses, der in Spalte 6 klassiert wurde (globulare Einschlüsse)

4.3.3

Breite

maximale Breite senkrecht zur Hauptverformungsrichtung. Dies ist die Breite der in das begrenzende Rechteck eingeschriebenen Ellipse mit derselben Länge wie der Einschluss.

Für eine Handauswertung kann dieser Wert nur geschätzt werden. Die Breite ist die maximale Breite gemessen senkrecht zur Verformungsrichtung für Einschlüsse mit nur einem Teilchen. Die Breite w eines Einschlusses mit 2 Teilchen ergibt sich aus der Breite des größten Teilchens (siehe Bild 2a).

Breite einer Einschlusszeile (siehe Bild 1b):

Die Breite einer Einschlusszeile ist definiert als die Breite der in das begrenzende Rechteck eingeschriebenen Ellipse mit derselben Länge wie die Einschlusszeile.

Breite eines Einschlusses aus mehreren Einschlusszeilen (siehe Bild 2b):

Der Abstand t zwischen zwei Einschlusszeilen ist definiert als der kürzeste Abstand zwischen den begrenzenden Rechtecken in Querrichtung, der Abstand e ist definiert als kürzester Abstand zwischen den begrenzenden Rechtecken in Längsrichtung.

Fall a) Für $0 \leq e \leq 40 \mu\text{m}$, $t \leq 10 \mu\text{m}$ ist die Breite eines Einschlusses aus zwei Einschlusszeilen definiert als die Breite der breitesten Einschlusszeile ($w_{\text{total}} = w_1$, $w_1 > w_2$ (siehe Bild 2b, a)).

Fall b) Für $e < 0 \mu\text{m}$, $t \leq 10 \mu\text{m}$ ist die Breite eines Einschlusses aus zwei Einschlusszeilen definiert als die Summe der Breiten der Einschlusszeilen und dem Abstand t ($w_{\text{total}} = w_1 + w_2 + t$) (siehe Bild 2b, b)).

Die Breite eines Einschlusses, der aus mehreren Einschlusszeilen besteht, wird durch die Breite der breitesten Einschlusszeile bestimmt. Diese wird unter Berücksichtigung der benachbarten Einschlusszeilen entsprechend der Fälle a) und b) ermittelt (siehe Bild 2b, c)).

4.3.4

Fläche

Fläche der in das begrenzende Rechteck eingeschriebenen Ellipse mit derselben Länge wie der Einschluss (siehe 4.3.3 und Bilder 1a, 1b)

4.3.5

Formfaktor

Der Formfaktor ist definiert als der Exponent f in der Gleichung

$$\frac{L^2}{a} = \frac{4}{\pi} \left(\frac{L}{c} \right)^f \quad (3)$$

ANMERKUNG Einzelheiten siehe Anhang D.

4.4 Klassen

4.4.1

gestrecktes Teilchen

Teilchen mit einer elliptischen Form, siehe Bild 1a

4.4.2

globulares Teilchen

runde oder rechteckige Teilchen, die in Spalte 6 klassiert werden

4.4.3

Art

Einschlüsse werden nach Arten unterschieden entsprechend ihrer Farbe, Form und ihrer Anordnung, nicht nach ihrer chemischen Zusammensetzung (siehe Anhang A).

4.5 Sonstiges

4.5.1

Schmelze

Menge eines Werkstoffs, die gleichzeitig hergestellt wurde und ähnlichen Arbeitsbedingungen unterlegen hat

4.5.2

begrenzte Auswertung

Ergebnisse der Ermittlung des mittleren Einschlussgehaltes, begrenzt auf Einschlüsse, die einen vorgegebenen Wert von Länge, Formfaktor oder Fläche überschreiten

5 Symbole und Benennungen

Symbol	Einheit	Benennung
a	μm^2	Fläche von Einschlüssen
b		Breite eines Bleches
c	μm	Faktor, 1 μm
d	μm	Durchmesser von Einschlüssen
e	μm	Abstand zwischen den Teilchen (Längsrichtung)
f		Formfaktor
b		schwarz erscheinend
g		grau erscheinend (wie Sulfide)
h		farbig (rosa oder gelb) erscheinend (wie Nitride)
i		Index für Einschlüsse
j		Index für Messfelder
k		Spaltennummer
m		Art der Einschlüsse
$\max$		Index für größte Werte von n , L , w , d , a (für j oder s)
n		Anzahl der ausgewerteten Teilchen, Einschlüsse
n_s		Anzahl der ausgewerteten Einschlüsse je Probe
o		schwarz erscheinend (wie Oxide)
p		Index für Teilchen
q		Zeilennummer
s		Index für Proben
t	μm	Abstand zwischen den Teilchen (Querrichtung)
u	μm	Skaleneinheit in einem Messokular eines Mikroskopes
v		Breite der polierten Fläche
w	μm	Breite von Einschlüssen
x		Variable
$\bar{a}_v$		mittlerer Wert von n , L , w , a ...
α		regellos, Art der Einschlüsse: gestreckt
α_g		regellos, Art der Einschlüsse: gestreckt, grau erscheinend
α_b		regellos, Art der Einschlüsse: gestreckt, schwarz erscheinend
α_{gb}		regellos, Art der Einschlüsse: gestreckt, grau/schwarz erscheinend
β		zeilige Anordnung, Art der Einschlüsse: globular
β_b		zeilige Anordnung, Art der Einschlüsse: globular, schwarz erscheinend
γ		zeilige Anordnung, Art der Einschlüsse: gestreckt

γ_b		zeilige Anordnung, Art der Einschlüsse: gestreckt, schwarz erscheinend
γ_g		zeilige Anordnung, Art der Einschlüsse: gestreckt, grau erscheinend
δ		regellos, Art der Einschlüsse: globular
δ_b		regellos, Art der Einschlüsse: globular, schwarz erscheinend
δ_g		regellos, Art der Einschlüsse: globular, grau erscheinend
δ_{gb}		regellos, Art der Einschlüsse: globular, grau/schwarz erscheinend
A	μm^2	Fläche des Gesichtsfeldes auf der Probe
B		polierte Oberfläche
D		Durchmesser eines Produktes
MD		Hauptrichtung der Verformung (z. B. Walzrichtung)
E	mm	Länge der Messfläche
G		Vergrößerung
H	μm	Länge des Messfeldes der Probe
I		Länge eines Objektstrichmaßstabes
K	–, μm , $\mu\text{m}^2/\text{mm}^2$	mittlerer Einschlussgehalt
L	μm	Länge eines Einschlusses
M	–, μm , $\mu\text{m}^2/\text{mm}^2$	Messfeld mit den meisten Einschlüssen
N_j		Anzahl der Messfelder
N_s		Anzahl der Proben
P		größter Einschluss
Q		Faktor für die Auswertung nach Methode K
R		begrenzte Auswertung
W	mm	Breite der Messfläche (siehe Bild R.1)

Kombinierte Symbole können als Index oder in einer Linie geschrieben werden.

BEISPIEL	K_L, KL	Ermittlung des mittleren Einschlussgehaltes nach der Länge;
	n_j, nj	Anzahl der Einschlüsse in einem Feld;
	$\overline{n_j}, \overline{nj}$	mittlere Anzahl der Einschlüsse in einem Feld.

6 Probenahme

6.1 Allgemeines

Soweit in den Technischen Lieferbedingungen nicht anders festgelegt, gelten die folgenden Festlegungen.

6.2 Mindestumformgrad

Die Form der Einschlüsse hängt sehr stark von dem Umformgrad des Stahles ab. Die Richtreihe kann nur verwendet werden, wenn die Form der Einschlüsse in den Proben mit derjenigen in den Richtreihenbildern verglichen werden kann.

ANMERKUNG Ein mindestens 5-facher Umformgrad der Erzeugnisse wird empfohlen. Ist die Umformung kleiner als 5-fach, sollte darauf geachtet werden, dass eindeutig zwischen Poren und Einschlüssen unterschieden wird, da beides vorliegen kann.

6.3 Größe und Anordnung der Messfläche

Die polierte Oberfläche der Probe, an der der Einschlussgehalt ermittelt werden soll, muss mindestens 200 mm^2 umfassen mit einer Mindestlänge größer als 20 mm und einer Mindestbreite größer als 10 mm (z. B. $25\text{ mm} \times 20\text{ mm}$). Es sollte möglich sein, innerhalb dieser Fläche eine rechteckige Messfläche von 200 mm^2 für die Auswertung festzulegen mit einem Länge-zu-Breite-Verhältnis von 2 (z. B. $20\text{ mm} \times 10\text{ mm}$). Die lange Seite dieser Messfläche muss parallel zur Hauptumformrichtung liegen (z. B. der Walzrichtung).

Die Probenahme und die Anzahl der Proben müssen in der Produktnorm festgelegt oder zwischen den Beteiligten vereinbart werden.

Liegt keine Vereinbarung vor, muss die Probenahme wie folgt vorgenommen werden, siehe Bild 3:

- Stabstahl oder Knüppel mit einem Durchmesser von über 50 mm: Die Messfläche muss in der Mitte zwischen Oberfläche und Mitte liegen (siehe Bild 3a);
- Stabstahl mit einem Durchmesser kleiner gleich 50 mm, aber größer als 25 mm: Die zu prüfende Fläche umfasst die gesamte Fläche zwischen Mitte und Außenkante (siehe Bild 3b);
- Stabstahl mit einem Durchmesser kleiner gleich 25 mm: Die zu prüfende Fläche umfasst den gesamten Querschnitt. Die Länge ist so zu wählen, dass die Gesamtfläche etwa 200 mm^2 beträgt (siehe Bild 3c);
- Bleche mit einer Dicke kleiner als 25 mm: Die Probe umfasst die gesamte Dicke (siehe Bild 3d);
- Bleche mit einer Dicke zwischen 25 mm und 50 mm: Die Probe umfasst die halbe Dicke, sie wird zwischen Oberfläche und Mitte angeordnet;
- Bleche mit Dicken größer als 50 mm: Die Probe umfasst ein Viertel der Dicke, die Probenlage wird nicht festgelegt.

Die Lage der Messflächen bei Rohren sind in Bild 3e festgelegt.

Für dünne Produkte kann eine Probe aus mehreren Einzelblechen zusammengesetzt sein. In diesem Fall ist die Prüffläche eines Bleches kleiner als 200 mm^2 .

Für alle anderen Produkte muss die Probenahme zwischen den Beteiligten vereinbart werden.

6.4 Anzahl der Proben

Einzelne Proben ergeben keinen kennzeichnenden Wert für den Gehalt an Einschlüssen einer Schmelze oder eines Loses. Aus diesem Grund müssen die Prüfungen mit mehreren Proben durchgeführt werden. Falls die Anzahl der auszuwertenden Proben nicht in einer Produktnorm oder durch eine besondere Vereinbarung festgelegt ist, muss der Einschlussgehalt an mindestens sechs Proben geprüft werden.

6.5 Probenvorbereitung

Die Proben müssen so geschnitten werden, dass eine für die Prüfung geeignete Oberfläche entsteht. Um eine ebene Fläche zu erzeugen und Abrundungen der Kanten beim Polieren der Proben zu vermeiden, können die Proben mechanisch eingefasst oder eingebettet werden.

Beim Polieren der Proben ist es wichtig, Verformung und Herausreißen von Einschlüssen oder Fremdschichten auf der polierten Fläche zu vermeiden, sodass die Oberfläche so sauber wie möglich ist und das Erscheinungsbild der Einschlüsse nicht verfälscht wird. Die entsprechenden Maßnahmen sind vor allem bei dünnen Einschlüssen von besonderer Bedeutung. Es wird empfohlen, Diamantpaste für das Polieren zu verwenden. Die Art der Schmiermittel kann abhängen von der Art der Einschlüsse (Wasser kann eine unbrauchbare Lösungsflüssigkeit für einige Arten von Einschlüssen sein, z. B. Sulfide). Teilchen des Schleif- und Poliermittels dürfen nicht in die Probenoberfläche eingedrückt werden. In einigen Fällen kann es notwendig sein, die Proben vor dem Polieren zu härten, damit die Einschlüsse nicht herausgerissen werden.

7 Prüfverfahren

7.1 Vergrößerung

Die Vergrößerung G ist nur durch die Größe des Messfeldes auf der Probe definiert. Für die Auswertung nach der Richtreihe können die drei folgenden unterschiedliche Vergrößerungen gewählt werden, die durch die Länge H der Kante des Messfeldes definiert sind: $H = 350 \mu\text{m}$, $H = 710 \mu\text{m}$, $H = 1\,410 \mu\text{m}$.

Diese Werte müssen mit einer Messgenauigkeit von $\pm 0,02 \text{ mm}$ für die Handauswertung eingehalten werden. Die Fläche A eines Messfeldes auf der Probe ist in Tabelle 1 angegeben:

Tabelle 1 — Fläche A abhängig von der Länge des Messfeldes

H in μm	A in mm^2	Vergrößerung
350	0,13	200:1
710	0,5	100:1
1 410	2,0	50:1

BEISPIEL Siehe Anhang E.

Die Länge von $710 \mu\text{m}$ ist zu verwenden, wenn nichts anderes vereinbart ist. Falls es nicht möglich ist, diesen Wert zu verwenden, können andere Vergrößerungen gewählt werden. Dies muss im Prüfbericht angegeben werden. Die Vergrößerung darf während einer Auswertung nicht gewechselt werden.

ANMERKUNG Bei bildanalytischer Auswertung muss die Auflösung des Bildes höher sein als die kleinste zu bestimmende Länge. Sie sollte bei 100-facher Vergrößerung (10er Objektiv) $1 \mu\text{m}/\text{Pixel}$ oder höher sein und sich an der optischen Auflösung des Gesamtsystems orientieren, welche im Idealfall als $0,3 \mu\text{m}$ reicht.

Zur sicheren Unterscheidung von Teilchen nach Grauwert/Farbe ist auch eine Überabtastung zulässig. Die kleinsten zu bestimmenden Teilchen sollten mit mindestens 10 Pixeln abgebildet sein.

7.2 Gesichtsfeld

Bei einer Vergrößerung entsprechend $H = 710 \mu\text{m}$ ist das Messfeld definiert durch ein entsprechend geätztes Glas im Okular, Angaben dazu siehe Bild 4a. Für Weitfeldmikroskope kann ein geätztes Glas entsprechend den Definitionen in Bild 4b verwendet werden.

In dieses geätzte Glas sind zusätzliche Informationen eingearbeitet, siehe Anhang F. Angaben zur Herstellung dieser Messeinsätze sind in Anhang G gegeben.

Eine Skaleneinheit in dem Okulareinsatz entspricht etwa $10 \mu\text{m}$ für $H = 710 \mu\text{m}$. Der genaue Wert muss durch eine Kalibrierung ermittelt werden.

Bei bildanalytischer Auswertung kann bei Einsatz des Auswerteverfahrens K (8.3, mittlerer Einschlussgehalt) das Gesichtsfeld die gesamte Bildfläche der Kamera ausmachen. In diesem Fall ist eine geeignete Randkorrektur vorzusehen.

7.3 Festlegung der Richtreihenbilder

7.3.1 Größe und Form

Als Form der Einschlüsse wird eine Ellipse angenommen, siehe Bild 1. Von dieser idealen Form abweichend sind die Bilder der Richtreihe so gezeichnet worden, dass sie möglichst wirklichkeitsgetreu erscheinen mit entsprechenden Änderungen von Größe und Form, siehe Bild 5. Die Regeln für die Zeichnung der Bilder sind in Anhang H zusammengefasst.

ANMERKUNG Die kleinen Einschlüsse können nur in den Richtreihenbildern der Originalgröße der offiziellen Richtreihe erkannt werden, sie sind in Bild 5 nicht sichtbar.

7.3.2 Parameter

Für die Handauswertung gelten die Parameter Anzahl n , Länge L , Breite w und Fläche a der einzelnen Einschlüsse und können unter Verwendung dieser Parameter berechnet bzw. geschätzt werden unter Verwendung der in Tabelle 2 angegebenen Daten der Bilder (siehe Abschnitt 8).

7.3.3 Anordnung der Bilder

Die Bilder der Richtreihe sind in horizontalen Zeilen q und vertikalen Spalten k angeordnet (siehe Bild 5). Die Spalten 1 bis 5 enthalten Ellipsen mit unterschiedlichen Breiten, womit gestreckte Einschlüsse wiedergegeben werden. Spalte 6 enthält Kreise zur Kennzeichnung globularer Einschlüsse. Die Spalten 7 bis 10 geben globulare Einschlüsse wieder, die in Zeilen angeordnet sind. Die Abmessungen entsprechen den Werten, die für die Spalten 1 bis 5 angegeben sind. Spalte 11 zeigt unterschiedliche Anzahlen von Einschlüssen je Messfeld, um das Zählen durch eine Schätzung ersetzen zu können (siehe 7.4.2).

Die nicht gekennzeichneten Quadrate auf der linken Seite zeigen Einschlüsse mit einer Breite von $2\text{ }\mu\text{m}$, die am Kopf Einschlüsse mit einer Länge von $3\text{ }\mu\text{m}$. Dadurch werden die unteren Grenzen für die Auswertung gekennzeichnet. Unterhalb der Richtreihenbilder sind die Arten der Einschlüsse entsprechend der Kennzeichnung in Anhang A wiedergegeben.

Die Bilder stellen die Obergrenzen der Klassen dar. Eine Klasse ist gekennzeichnet durch die Nummer der Zeile q und der Spalte k in dieser Reihenfolge.

BEISPIEL Die Klassenbezeichnung 3.4 kennzeichnet die Klasse, Zeile 3 und Spalte 4.

Einzelheiten enthält Anhang K.

7.4 Durchführung

7.4.1 Allgemeines

Die vorbereitete Probe wird unter das Mikroskop gelegt und im Allgemeinen eine Vergrößerung entsprechend einer Messfeldgröße von $H = 710\text{ }\mu\text{m}$ (100-fach) eingestellt. In jedem Gesichtsfeld werden die Einschlüsse mit den Bildern der Richtreihe verglichen und für jeden Einschluss zunächst die Nummer der Zeile und darauf die Nummer der Spalte der Klasse bestimmt, in welche die Einschlüsse fallen. Für diesen Vergleich müssen die Richtreihenbilder in Originalgröße verwendet werden, nicht die Bilder von Bild 5. Die Bilder sind die Obergrenzen der Klasse, siehe Abschnitt 3 und Anhang K. Um den Vergleich zu vereinfachen, können die Okulareinsätze entsprechend Bild 4 benutzt werden. Die Skalenwerte sind nur richtig für die Vergrößerungen, für welche die Okulareinsätze angefertigt wurden.

Zusätzlich zu ihrer Größe können die Einschlüsse entsprechend ihrer Farbe, ihrer Form und ihrer Anordnung klassifiziert werden (siehe Anhang A).

7.4.2 Mehrere Einschlüsse unterschiedlicher Größe in einem Gesichtsfeld

7.4.2.1 Allgemeines

Um die Auswertung mehrerer Einschlüsse in einem Gesichtsfeld zu vereinfachen, können folgende Vorgehensweisen angewendet werden:

7.4.2.2 Gestreckte Einschlüsse

Länge, Breite oder indirekt Fläche. Bis zu 3 Einschlüsse werden getrennt ausgewertet. Falls mehr als 3 Einschlüsse in einem Gesichtsfeld vorliegen, muss die Auswertung in drei Schritten gemacht werden.

- a) Einschlüsse mit einer Länge größer als ein Viertel der Länge des größten Einschlusses im Gesichtsfeld werden entsprechend der Richtreihe einzeln ausgewertet.
- b) Für den Rest der Einschlüsse werden die mittlere Länge aller Einschlüsse und ihre mittlere Breite abgeschätzt. Diese Mittelwerte werden klassiert, d. h. Zeilen- und Spaltennummer festgelegt.
- c) Die Anzahl der Einschlüsse wird für die in Schritt b) festgelegte Klasse aufgeschrieben. Diese Anzahl kann unter Verwendung von Spalte 11 der Richtreihe geschätzt werden (siehe Bild 5).

7.4.2.3 Globulare Einschlüsse

Einschlüsse mit einem Durchmesser größer gleich $11\text{ }\mu\text{m}$ müssen einzeln ausgewertet werden. Kleine Einschlüsse müssen in drei Schritten ausgewertet werden:

- a) Einschlüsse mit einem Durchmesser größer als die Hälfte des Durchmessers des größten Einschlusses im Gesichtsfeld werden entsprechend der Richtreihe einzeln ausgewertet.
- b) Für den Rest der Einschlüsse wird der mittlere Durchmesser geschätzt und dieser Wert durch Vergleich mit den Bildern der Spalte 6 der Richtreihe klassiert.
- c) Die Anzahl der Einschlüsse wird für die so ermittelte Klasse aufgeschrieben. Diese Anzahl kann unter Verwendung der Spalte 11 geschätzt werden (siehe Bild 5).

7.4.3 Abrastern der Probe

Für die Ermittlung der größten Einschlüsse sowie die Ermittlung des Messfeldes mit den meisten Einschlüssen muss die gesamte Messfläche Feld für Feld abgerastert werden. Für die Ermittlung des mittleren Einschlussgehaltes gibt es mehrere Verfahren (siehe 8.3).

7.4.4 Art der Auswertung

Es gibt drei Auswertarten, die durch eine Produktnorm oder Übereinkunft zwischen den Beteiligten angewendet werden:

- a) Ermittlung der größten Einschlüsse (siehe 8.1);
- b) Ermittlung des Messfeldes mit den größten Einschlussparametern (siehe 8.2);
- c) Ermittlung des mittleren Einschlussgehaltes (siehe 8.3).

Für die Ermittlung des mittleren Einschlussgehaltes kann die Auswertung begrenzt werden auf Einschlüsse, die größer sind als eine festgelegte Länge, ein Durchmesser oder eine Fläche, oder die Auswertung wird getrennt für einzelne Spalten durchgeführt. Diese Begrenzungen müssen in den Produktnormen festgelegt sein.

7.4.5 Auswertung unterschiedlicher Arten von Einschlüssen

Diese Europäische Norm bezieht sich lediglich auf die Größe, die Form und die Anordnung von Einschlüssen. Als zusätzliche Kennzeichnung können die Farben der Einschlüsse verwendet werden (siehe Anhang A.) Weitere Informationen und Beispiele gibt Anhang C.

Gruppen von Einschlussarten und Anordnungen können mit denen anderer Normen verglichen werden (siehe Anhang L).

7.4.6 Auswertung ohne besondere Vereinbarungen

Falls keine anderen Vereinbarungen getroffen werden, wird entsprechend den in Anhang B angegebenen Parametern und Verfahren ausgewertet.

7.4.7 Aufzeichnung der Ergebnisse

Für die Aufzeichnung und abschließende Berechnung der Ergebnisse wird empfohlen, die Formblätter von Anhang M, Anhang N und Anhang P oder davon abgeleitete Formblätter zu verwenden, die den Anforderungen der jeweiligen Prüfstellen genügen.

Wenn keine besonderen Vereinbarungen getroffen sind, müssen die heterogenen Einschlüsse, teilweise oder vollständig umschlossen (Typ EAD), als jeweils ein Teilchen betrachtet werden.

Ob Einschlüsse mit unterschiedlichen Teilchen nach Bild 2d, Beispiel 2, als getrennte Arten oder als ein Teilchen oder als 2 Arten gemischter Teilchen bewertet werden sollen, muss in den Produktnormen oder durch eine Vereinbarung zwischen den Beteiligten festgelegt werden. Ohne Vereinbarung muss ein Einschluss der sowohl aus gestreckten als auch aus globularen Teilchen besteht, nach der überwiegenden Form ausgewertet werden.

Zahlenwerte kleiner als 10 werden auf zwei Stellen hinter dem Komma genau angegeben, alle anderen Zahlenwerte werden mathematisch auf ganze Zahlen gerundet.

8 Arten der Auswertung

8.1 Ermittlung der größten Einschlüsse, Auswerteverfahren P

8.1.1 Grundlage

Die gesamte Messfläche muss Gesichtsfeld für Gesichtsfeld abgerastert werden. Als Messfeldgröße muss $H = 710 \mu\text{m}$ gewählt werden, siehe 7.1. In jeder Messfläche wird für jede Art von Einschlüssen lediglich der Einschluss mit dem größten Wert des ausgewählten Parameters (L , d oder a) durch Vergleich mit den Richtreihenbildern ausgewertet und aufgeschrieben.

Ein Einschluss, der den Messfeldrand schneidet, muss durch Verfahren der Probe mit dem Mikroskopisch in das Messfeld verschoben werden.

Das Ergebnis der Auswertung ist das Mittel der an N_s Proben gemessenen Werte.

Die diesem Auswerteverfahren zu Grunde liegenden Gleichungen sind in Anhang Q zusammengestellt.

Formblätter zum Aufschreiben und Berechnen sind mit Erläuterungen und Beispielen in Anhang M zusammengestellt.

8.1.2 Auswertung von P_L (größte Länge)

Die Auswertung kann als Zählung der größten Länge P_L durchgeführt werden. Bei dieser Auswertung wird lediglich die Zeilennummer entsprechend dem größten Einschluss in der Prüffläche entsprechend den Richtreihenbildern aufgezeichnet. Das Endergebnis P_L ist der Mittelwert über N_s Proben.

8.1.3 Auswertung von P_d (größter Durchmesser)

Diese Auswertung gilt für globulare Einschlüsse. Die Auswertung ist vergleichbar zu derjenigen von P_L , allerdings begrenzt auf Einschlüsse der Klasse entsprechend Spalte 6.

8.1.4 Auswertung von P_a (größte Fläche)

Die Auswertung kann als Zählung der größten Fläche P_a durchgeführt werden. Es wird lediglich der Einschluss mit der größten Fläche registriert. Dies wird erreicht durch eine Klassierung entsprechend Länge und Breite. Aus den entsprechenden Zeilen- und Spaltennummern ergeben sich dann die Flächen aus Tabelle 2.

8.2 Ermittlung des Messfeldes mit den größten Einschlussparametern, Verfahren M

8.2.1 Grundlage

Der Wert entsprechend Verfahren M wird ermittelt durch Begutachtung der gesamten Messfläche. Als Messfeld muss stets $H = 710 \mu\text{m}$ (100-fach) gewählt werden (siehe 7.1).

Für jede Probe und für jede Art von Einschlüssen wird nur das Messfeld ausgewertet, in dem Einschlüsse mit dem größten Wert des gewählten Parameters (n , L , w oder a) vorliegen und die entsprechende Zeilen- und Spaltennummer aufgezeichnet.

Einschlüsse, die die Messfeldkante schneiden, müssen durch Verfahren der Probe mit dem Mikroskoptisch in das Messfeld gelegt werden.

Das Ergebnis der Auswertung ist der Mittelwert der Einzelwerte von N_s geprüften Proben.

Formblätter zum Aufschreiben und Berechnen mit Kommentaren und Beispielen sind in Anhang N zusammengestellt. Die diesem Verfahren zu Grunde liegenden Gleichungen sind in Anhang Q angegeben.

8.2.2 Auswertung von M_n (Auswertung für die Anzahl)

Für jede Probe wird lediglich für jede Art der Einschlüsse die größte in einem Messfeld gefundene Anzahl aufgeschrieben.

Liegen nur wenige Einschlüsse vor, werden sie gezählt. Anderenfalls kann ihre Anzahl unter Verwendung von Bild 5, Spalte 11, geschätzt werden. Für N_s Proben ist M_n der Mittelwert der einzelnen Werte M_{ns} .

8.2.3 Auswertung von M_L (Auswertung für die Länge)

Für die gesamte Messfläche jeder Probe s wird nur das Messfeld ausgewertet, das die größte kumulierte Länge aller Einschlüsse einer Einschlussart enthält. Für eine Probe ist dieser Wert M_{LS} .

Alle Längen der Einschlüsse müssen berücksichtigt werden.

Für N_s Proben ist M_L der Mittelwert der einzelnen Werte M_{LS} .

8.2.4 Auswertung von M_d (Auswertung für den Durchmesser)

Für N_s Proben ist M_d der Mittelwert der Einzelwerte M_{ds} , die wie die Werte M_{LS} ermittelt werden.

8.2.5 Auswertung von M_a (Auswertung für die Fläche)

Es wird lediglich das Messfeld mit der größten Flächensumme aller Einschlüsse einer Art ausgewertet. Für eine Probe ist dieser Wert M_{as} .

8.3 Ermittlung des mittleren Einschlussgehaltes: Auswerteverfahren K

8.3.1 Grundlage

Das Auswerteverfahren K ergibt einen Mittelwert der Parameter für eine statistisch signifikante Anzahl von Messfeldern. Der Messwert K wird durch Abrastern der gesamten Messfläche oder von so vielen Messfeldern ausgewertet, dass eine vorgegebene Vertrauensgrenze erreicht wird (siehe 8.3.2).

Im Auswerteverfahren K können berechnet werden:

- a) Die Anzahl (K_n) oder Anzahl und Länge (K_n , K_L) oder Anzahl und Fläche (K_n , K_a) für gestreckte Einschlüsse.
- b) Die Anzahl (K_n) oder Anzahl und Durchmesser (K_n , K_d) oder Anzahl und Fläche (K_n , K_a) globularer Einschlüsse.

Die gesamte Anzahl der ausgewerteten Messfelder N_j inklusive leere Messfelder muss gezählt werden.

Falls keine Produktnorm oder andere Vereinbarungen etwas anderes festlegen, werden Auswertung und Berechnung für eine Vertrauensgrenze von 60 % ausgeführt.

Die Gleichungen, die diesem Auswerteverfahren zu Grunde liegen, sind in den Anhängen Q, T und U zusammengestellt.

Formblätter für das Aufschreiben und Berechnen mit Kommentaren und Beispielen sind in Anhang P zusammengestellt.

8.3.2 Abrastern einer Probe für die Ermittlung des mittleren Einschlusses

8.3.2.1 Allgemeines

Die Messfläche kann regellos oder Messfeld für Messfeld abgerastert werden. Die längere Seite der Messfläche (d. h. die Walzrichtung) innerhalb von $\pm 10^\circ$ parallel zur senkrechten Achse (oder der Achse y entsprechend Bild 4) orientiert sein. Regellose Rasterung, wie in 8.3.2.3 beschrieben, darf nur angewandt werden, wenn alle Einschlüsse berücksichtigt worden sind, nicht aber für die Auswertung von begrenzten Werten.

8.3.2.2 Definition der Auswertebedingungen

Während der Bewertung der Präparationsqualität einer Probe oder aus Erfahrung schätzt der Auswerter die Mittelwerte der wichtigsten Arten von Einschlüssen bei 100-facher Vergrößerung. Die mittlere Anzahl und mittlere Länge oder mittlerer Durchmesser sind zu bestimmen. Anschließend kann unter Verwendung von Anhang R die Vergrößerung und daraus abgeleitet die Mindestanzahl der auszuwertenden Messfelder festgelegt werden, wenn eine bestimmte Vertrauensgrenze eingehalten werden soll.

8.3.2.3 Regellose Rasterung

Die regellose Rasterung erlaubt eine erhebliche Verminderung der Anzahl der zu prüfenden Felder, wenn eine bestimmte Vertrauensgrenze eingehalten werden soll. Dabei müssen folgende Regeln beachtet werden:

- a) Regellos wird lediglich in der Hauptverformungsrichtung gerastert.
- b) Die Rasterungen senkrecht zur Hauptverformungsrichtung müssen über die gesamte Breite der Messfläche gehen und stets dieselbe Anzahl von Messfeldern umfassen, bis die Anzahl der Einschlüsse und die Anzahl der Messfelder erreicht sind, die nachfolgend angegeben sind:
 - 1) 25 Einschlüsse für eine Vertrauensgrenze von 60 % und mindestens 30 Messfelder;
 - 2) 100 Einschlüsse für eine Vertrauensgrenze von 80 % und mindestens 50 Messfelder.

In Anhang R ist die Vorgehensweise bei Verwendung eines Mikroskops mit handgesteuertem Tisch oder für einen rechnergesteuerten Tisch angegeben. Bei rechnergesteuerter Rasterung muss die Lage der aufeinander folgenden Rasterungen senkrecht zur Hauptverformungsrichtung regellos vorgegeben werden.

8.3.2.4 Vollständige Abrasterung

Als Alternative zu einer regellosen Rasterung muss die gesamte Messfläche abgerastert werden unabhängig von der Vergrößerung.

Für eine Auswertung von Werten, die eine Größe beinhalten, muss eine Randfehlerkorrektur in der Form eingeführt werden, dass sichergestellt ist, dass ein Einschluss nur einmal erfasst wird (siehe Anhang S).

8.3.3 Auswertung

8.3.3.1 Vollständige Auswertung

Die Werte der Parameter, wie sie bei der Klassierung anfallen (siehe Anhang K), sind obere Grenzwerte. Für die Auswertung der Mittelwerte werden die Parameter jeder Klasse als Mittelwert zusätzlich angegeben. Die hier erforderliche Berechnung ist in Anhang T beschrieben. Da lediglich das Ergebnis dieser Berechnung für die Auswertung benötigt wird, ist es in den Formblättern für die Aufzeichnung wiederholt (siehe Anhang P). Unabhängig von der verwendeten Vergrößerung folgt unter Verwendung der Richtreihenbilder die Auswertung immer dem in Anhang K beschriebenen Vorgehen. Ein Einschluss mit einer Länge von $70\text{ }\mu\text{m}$ würde allerdings in Zeile 4 klassiert bei einer Vergrößerung von $H = 1\,410\text{ }\mu\text{m}$ (50-fach), in Zeile 5 bei einer Vergrößerung von $H = 710\text{ }\mu\text{m}$ (100-fach) und in Zeile 6 bei einer Vergrößerung von $H = 350\text{ }\mu\text{m}$ (200-fach). Dies wird allerdings korrigiert durch den Mittelwertsfaktor Q (siehe Tabelle U.1).

8.3.3.2 Begrenzte Auswertung

Für eine Auswertung kann festgelegt werden, nur Einschlüsse oberhalb eines bestimmten Wertes, z. B. oberhalb einer Länge entsprechend Zeile 4 der Richtreihe auszuwerten. Einzelheiten sind in Anhang P, Tabelle P.6 und Tabelle P.7 sowie in Anhang Q.3 angegeben.

8.3.4 Auswertung von K_n , K_L für gestreckte sowie K_n , K_d für globulare Einschlüsse

Für jede Probe wird die Anzahl für jede Art von Einschlüssen getrennt Messfeld für Messfeld entsprechend den Zeilen der Richtreihenbilder klassiert. Ein Beispiel gibt Tabelle P.2.

Die Anzahl der auszuwertenden Messfelder ist in 8.3.2 festgelegt. Nach Abschluss der Rasterung wird die gesamte Anzahl der Einschlüsse je Zeile berechnet, siehe Tabelle P.2 und die Gesamtzahl der Messfelder ermittelt. Hieraus ergibt sich die gesamte abgerasterte Fläche.

Das Endergebnis wird entsprechend einem in Tabelle P.3 angegebenen Formblatt ausgerechnet.

Dieses zweite Formblatt enthält alle Informationen zur Berechnung von K_n und K_L für α , β , γ , gestreckte Einschlüsse sowie K_n und K_d für globulare Einschlüsse der Art δ . Diese Formblätter ermöglichen auch eine Berechnung der mittleren Einschlussgrößen.

8.3.5 Auswertung von K_n und K_a

Jede Probe wird Messfeld für Messfeld ausgewertet, wobei die Anzahl der Einschlüsse entsprechend der Klassierung nach Zeile und Spalte notiert werden.

Die Anzahl der Messfelder ist in 8.3.2 festgelegt. Einzelheiten der Auswertung können Anhang B entnommen werden, die Gleichungen sind in Anhang Q, Anhang T und Anhang U aufgeführt.

Das Verfahren zur Ermittlung von K_a kann nicht verwendet werden, um den wahren Volumenanteil zu ermitteln. Diese Ermittlung ist festgelegt in ISO 9042.

9 Prüfbericht

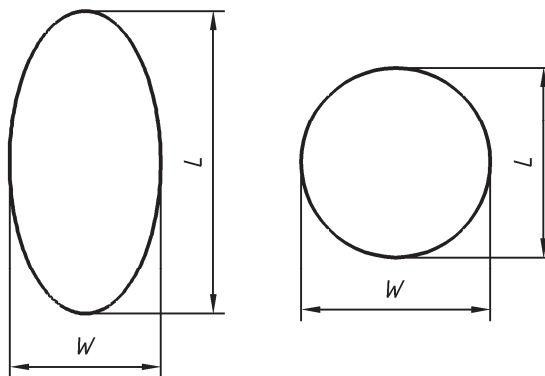
Die Prüfergebnisse müssen nach EN ISO/IEC 17025 angegeben werden, und der Prüfbericht muss folgende Angaben enthalten:

- a) Hinweis auf diese Europäische Norm;
- b) Stahlsorte und soweit notwendig, Angabe des Herstellungsprozesses;
- c) Form und Abmessung des Produktes, von dem die Proben entnommen wurden;
- d) Auswerteverfahren nach Abschnitt 8 unter Hinzufügung besonderer Bedingungen;
- e) Ergebnis der Auswertung entsprechend den Angaben in einer Produktnorm oder entsprechend Vereinbarungen zwischen den Beteiligten;
- f) jede Besonderheit, die während der Prüfung aufgetreten ist;
- g) die verwendete Vergrößerung, wenn sie nicht 100:1 beträgt.
- h) Hinweis auf bildanalytische Auswertung

Tabelle 2 — Längen, Breiten, Flächen, Längen-zu-Breiten-Verhältnisse L/w sowie Formfaktoren für die Bilder der Richtreihe

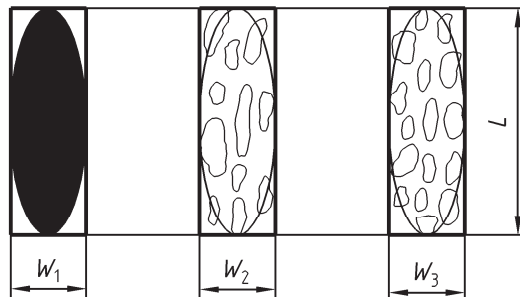
			Einzelne und zusammenhängende lang gestreckte Einschlüsse Spalten 1 bis 5 und 7 bis 10 Länge $L \geq 3 \mu\text{m}$ und Breite $w \geq 2 \mu\text{m}$					Globulare Einschlüsse Spalte 6 $d \geq 3 \mu\text{m}$
Zeile q	L μm		1 oder 7	2 oder 8	3 oder 9	4 oder 10	5	6
1	5,50	$w \mu\text{m}$ $a \mu\text{m}^2$ L/w f			2,00 9,00 2,70 0,58			5,50 24 1,00 0,00
2	11	$w \mu\text{m}$ $a \mu\text{m}^2$ L/w f			3,00 25 3,80 0,56	8,00 71 1,34 0,12		11 95 1,00 0,00
3	22	$w \mu\text{m}$ $a \mu\text{m}^2$ L/w f			4,00 71 5,40 0,55	12 200 1,90 0,21		22 380 1,00 0,00
4	44	$w \mu\text{m}$ $a \mu\text{m}^2$ L/w f		2,00 71 22 0,81	6,00 200 7,60 0,54	16 565 2,70 0,26		44 1 525 1,00 0,00
5	88	$w \mu\text{m}$ $a \mu\text{m}^2$ L/w f		3,00 200 30 0,76	8,00 565 11 0,53	23 1 600 3,80 0,30	65 4 525 1,30 0,07	88 6 100 1,00 0,00
6	176	$w \mu\text{m}$ $a \mu\text{m}^2$ L/w f		4,00 565 43 0,73	12 1 600 15 0,53	33 4 525 5,40 0,33	93 12 800 1,90 0,12	176 24 500 1,00 0,00
7	353	$w \mu\text{m}$ $a \mu\text{m}^2$ L/w f	2,00 566 177 0,88	6,00 1 600 61 0,70	16 4 525 22 0,52	46 12 800 7,60 0,35	131 36 200 2,70 0,17	
8	705	$w \mu\text{m}$ $a \mu\text{m}^2$ L/w f	3,00 1 600 244 0,84	8 4 525 86 0,68	23 12 800 30 0,52	65 36 200 11 0,36		
9	1410	$w \mu\text{m}$ $a \mu\text{m}^2$ L/w f	4,00 4 525 345 0,81	12 12 800 122 0,66	33 36 200 43 0,52	93 102 400 15 0,38		

ANMERKUNG Einschlüsse mit einem Längen-zu-Breiten-Verhältnis $L/w < 1,30$ werden als globulare Einschlüsse betrachtet,
siehe Bild 1a.

**Legende** $L \neq w$: Ellipse $1,00 \leq L/w < 1,30$: Kreis

$$a = \frac{\pi}{4} \times L \times w$$

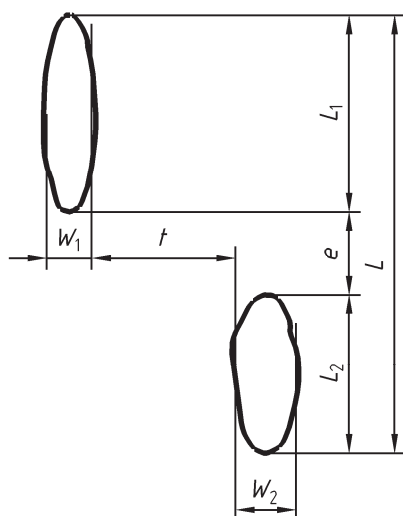
$$w = \frac{4}{\pi} \times \frac{a}{L}$$

Bild 1a — Definition von Ellipse und Kreis als Standardformen**Legende**

$$w_1 = w_2 = w_3 = w$$

$$a_1 = a_2 = a_3 = a = L \times w \times \frac{\pi}{4} \approx 0,8 \times L \times w$$

Bild 1b — Drei unterschiedliche Einschlüsse mit derselben Länge L , Breite w und Fläche a der umschlossenen Bereiche



Legende

Falls $e \leq 40 \mu\text{m}$ und $t \leq 10 \mu\text{m}$

$$L = L_1 + e + L_2$$

$$w_2 > w_1$$

$$w = w_2$$

(1 Einschluss)

Falls $e > 40 \mu\text{m}$ oder $t > 10 \mu\text{m}$

$$L_1 = L_1 \quad w_1 = w_1$$

$$L_2 = L_2 \quad w_2 = w_2$$

(2 Einschlüsse)

Bild 2a — Definition von Einschlüssen, die sich aus einzelnen Teilchen zusammensetzen