

Prüfverfahren zur Bestimmung
der physikalischen Eigenschaften der Werkstoffe
von Kohlebürsten für elektrische Maschinen

DIN
IEC 413

Test procedures for determining physical properties of brush materials for electrical machines
Méthodes d'essai pour la mesure des propriétés physiques des matières de balais pour machines électriques

Die Internationale Norm IEC 413, 1. Ausgabe 1972, ist in diese Norm unverändert übernommen worden.

Nationales Vorwort

Der Inhalt der IEC-Publikation 413 wurde ohne Abweichungen, sachlich und redaktionell unverändert, in die vorliegende Norm übernommen. Die Norm enthält demgemäß Aussagen und Formulierungen, die sich aus dem Aufbau und dem Charakter der IEC-Publikation ergeben und möglicherweise nicht in allen Einzelheiten den für das DIN-Normenwerk geltenden Regelungen entsprechen.

Die Übersetzung erfolgte im Einvernehmen mit dem zuständigen Arbeitskreis 311.1.2 „Kohlebürsten und Kohlebürstenhalter“ im Unterkomitee 311.1 „Elektrische Maschinen, Leistungen und Abmessungen“ der Deutschen Elektrotechnischen Kommission im DIN und VDE.

Die in dieser Norm genannten IEC-Publikationen 136-1 und 51 stimmen sachlich überein mit DIN 43 000 Teil 1 „Kohlebürsten für elektrische Maschinen; Nennmaße und Übersicht“ bzw. mit DIN 43 780 „Elektrische Meßgeräte; Direkt wirkende anzeigende Meßgeräte und ihr Zubehör“.

Der Text der IEC-Publikation 413 enthält neben den gesetzlichen Einheiten auch Größen in anderen Einheiten (mm Hg, in, kgf). Da nach DIN 820 Teil 15 eine IEC-Norm nur unverändert als DIN-IEC-Norm übernommen werden darf, mußten auch diese Einheiten in die vorliegende Norm übernommen werden. Es wird jedoch ausdrücklich darauf hingewiesen, daß die Anwendung dieser Einheiten im nationalen amtlichen und geschäftlichen Verkehr auf Grund des Gesetzes über Einheiten im Meßwesen vom 2. Juli 1969 nicht zulässig ist. Die umgerechneten Maße dienen lediglich als Hilfsstellung im amtlichen und geschäftlichen Verkehr (z. B. bei Einfuhr und Ausfuhr) mit solchen Staaten, die noch mit diesen Einheiten arbeiten.

Zum Abschnitt 205.3 wird empfohlen, die Größe Wichte nicht mehr zu benutzen und dafür mit der Größe Dichte zu rechnen (siehe auch DIN 1306).

Im Abschnitt 302.1 wird wegen der unveränderten Übernahme der IEC-Publikation das Meßgerät Scleroscop, Shore Modell C 2, genannt. Auskunft über die Lieferfirma erteilt die DKE-Geschäftsstelle, Stresemannallee 21, 6000 Frankfurt am Main 70. Ein äquivalentes Meßgerät steht nicht zur Verfügung.

In der Anmerkung f) zum Abschnitt 302.1 enthält die IEC-Publikation einen Fehler. Es muß statt 0,024 in lauten 0,0024 in.

Fortsetzung Seite 2 bis 15

Deutsche Elektrotechnische Kommission im DIN und VDE (DKE)

Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung des DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Berlin, gestattet.

Deutsche Übersetzung

Falls bei Verhandlungen mit englisch- oder französischsprachigen Partnern Zweifelsfälle auftreten, ist die entsprechende Originalfassung der internationalen Norm heranzuziehen.

Internationale Elektrotechnische Kommission

Prüfverfahren zur Bestimmung der physikalischen Eigenschaften der Werkstoffe von Kohlebürsten für elektrische Maschinen

Vorwort

- 1 Die ordentlichen Beschlüsse und Vereinbarungen der IEC über technische Angelegenheiten, die von den Technischen Komitees vorbereitet werden, in denen alle nationalen Komitees vertreten sind, die daran ein besonderes Interesse haben, drücken – so weit wie möglich – eine internationale Übereinstimmung in der Beurteilung der behandelten Gegenstände aus.
- 2 Sie haben die Form von Empfehlungen für den internationalen Gebrauch und werden von den nationalen Komitees in diesem Sinne angenommen.
- 3 Um die internationale Vereinheitlichung voranzutreiben, drückt die IEC ihren Wunsch aus, daß alle nationalen Komitees den Text der IEC-Empfehlung für ihre nationalen Normen verwenden, so weit es die nationalen Verhältnisse erlauben. Jede Abweichung zwischen den IEC-Empfehlungen und den entsprechenden nationalen Normen sollte – so weit wie möglich – in letzteren klar angegeben werden.

Einleitung

Diese Empfehlung wurde vorbereitet vom Sub-Komitee 2 F „Kohlebürsten, Bürstenhalter, Kommutatoren und Schleifringe“ des Technischen IEC-Komitees Nr 2 „Rotierende Maschinen“.

Entwürfe wurden auf den Sitzungen in New Delhi 1960, in Bukarest 1962, in Aixles-Bains 1964, in Tokyo 1965, in Baden-Baden 1967, in London 1968 und in Washington 1970 diskutiert. Als Ergebnis dieser letzten Tagung wurde ein überarbeiteter Entwurf den nationalen Komitees zur Zustimmung nach der Sechs-Monats-Regel im Februar 1971 vorgelegt.

Die folgenden Länder stimmten ausdrücklich für diese Publikation:

Australien	Israel	Schweden
Belgien	Japan	Schweiz
Dänemark	Korea, Demokratische Volksrepublik	Südafrika
Deutschland	Niederlande	Türkei
Finnland	Österreich	UdSSR
Frankreich	Polen	Ungarn
Indien	Portugal	Vereinigte Staaten
		Vereinigtes Königreich

101 Geltungsbereich

Die physikalischen Eigenschaften, die durch diese Prüfungen ermittelt werden, charakterisieren die Bürstenwerkstoffe selbst und nicht das Betriebsverhalten auf elektrischen Maschinen. In Katalogen usw. veröffentlichte physikalische Eigenschaftswerte sollen mit Hilfe des beschriebenen Prüfverfahrens ermittelt werden. Diese Empfehlung wurde in verschiedene Abschnitte unterteilt, in denen die Verfahrensrichtlinien zur Bestimmung der folgenden Eigenschaften beschrieben sind:

- Dichte und Porosität
- Härte
- Widerstand
- Biegefestigkeit
- Aschebestimmung

Einige Prüfverfahren sind als Produktionskontrolle, andere nur für die Grundsatzforschung und für Laborbestimmungen geeignet. Es soll berücksichtigt werden, daß Bürstenwerkstoffe keramische Produkte sind und ihre Eigenschaften daher wesentlich mehr variieren als die der Metalle.

Die für diese Prüfung verwendeten Proben müssen repräsentativ für die Werkstoffpartie sein. Das Verfahren der Probenahme muß anerkannt und/oder vereinbart sein.

102 Probekörper

Einige Eigenschaften sollen an genormten Probekörpern bestimmt werden, deren Maße nachfolgend festgelegt sind. Werden die Probekörper aus einem Bürstenblock herausgeschnitten, dann ist es notwendig (zur Erzielung korrekter Werte für Härte und Festigkeit), daß die Maße (siehe Bild 1 und Bild 2) Dicke p , Breite w und Länge l in einer bestimmten Relation zur Preßrichtung bzw. zur Achse beim Strangpressen stehen. Die Länge l muß hierbei senkrecht zur Verdichtungsrichtung des Blockes bzw. parallel zur Achse beim Strangpressen liegen.

Beim Bürstenwerkstoff mit Lamellenstruktur muß die Dicke p senkrecht zur Lamination liegen (parallel zur Preßrichtung).

Die Normgrößen der Probekörper sollen sein: $p \times w \times l$

10 x 10 x 64 mm

oder

4 x 8 x 32 mm

Falls durchführbar, kann der Probekörper aus einer fertigen Bürste geschnitten sein.

Beziehungen zwischen den Maßen p , w und l für die Probekörper bezüglich Preßrichtung bzw. Achse beim Strangpressen sind in Bild 1 dargestellt.

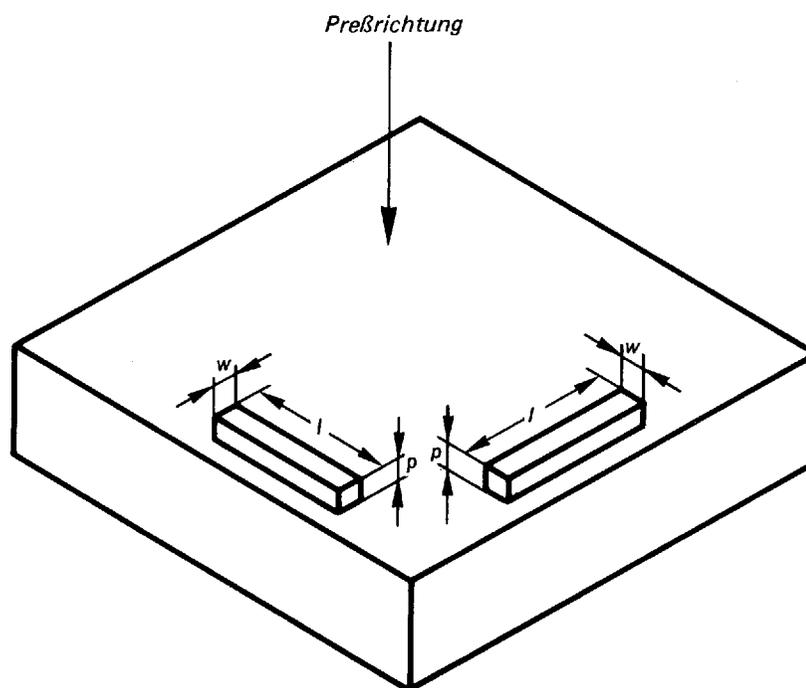


Bild 1. Gesenkgepreßter Block

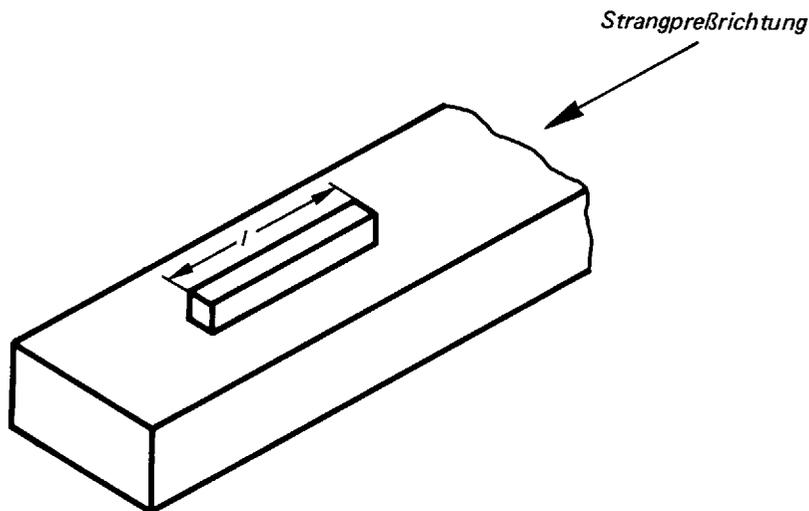


Bild 2. Stranggepreßter Block

Falls der Probekörper nicht aus einer gefertigten Bürste geschnitten werden kann, darf die Größe des Probekörpers zwischen Hersteller und Anwender vereinbart werden. Vorsicht ist geboten bei der Prüfung kleiner Probekörper, weil Schwierigkeiten bei der Handhabung zu größeren Abweichungen führen können.

Alle aneinanderstoßenden Oberflächen müssen senkrecht zueinander sein. Die Oberflächen müssen sorgfältig bearbeitet sein und die bei Kohlebürsten übliche Oberflächengüte aufweisen. Die Preßhaut muß entfernt sein.

Die zulässigen Abweichungen der Maße p und w sind $\pm 0,04$ mm, für l $\pm 0,8$ mm. Falls viele Probekörper gefertigt werden und die Dichte festgestellt werden soll, empfiehlt sich die Anwendung der zulässigen Abweichung $\pm 0,04$ mm auch für die Länge l . Zur Sicherung der Rechtwinkligkeit der Maße $p \times w$ soll die zulässige Winkelabweichung ± 15 min sein. Die Parallelität zweier gegenüberliegender Seiten soll dadurch sichergestellt sein, daß ihr Abstand in jeder Schnittebene senkrecht zum Maß l nur innerhalb 0,04 mm variiert.

201 Dichte und Porosität

Kunstkohlen sind aus porösem Werkstoff gefertigt. Die Dichte und die scheinbare Porosität dienen dem Hersteller als Kontrollhilfen.

202 Benennung und Definition

Folgende Formelzeichen werden verwendet:

m Masse des Probekörpers (trocken), (g)

V_b scheinbares Volumen des Probekörpers (einschließlich zugänglicher und geschlossener Poren), (cm^3)

V_0 Volumen der offenen Poren des Probekörpers (cm^3)

δ_b Dichte (g/cm^3)

P_s scheinbare Porosität (%)

d Durchmesser (mm)

Die Dichte ist definiert durch folgende Gleichung:

$$\delta_b = \frac{m}{V_b}$$

Die scheinbare Porosität ist definiert durch folgende Formel:

$$P_s = \frac{V_0}{V_b} \cdot 100$$

203 Verfahren zur Bestimmung der Dichte und Porosität

Die Dichte kann bestimmt werden nach einem der folgenden genormten Verfahren:

204 Meß- und Wägeverfahren

205 Eintauchverfahren

206 Öl-Absorptionsverfahren

Die Porosität P_s kann bestimmt werden durch das Öl-Absorptionsverfahren. Das Meß- und Wägeverfahren ist durchführbar bei der Produktionskontrolle und sollte vorzugsweise benutzt werden. Das Verdrängungsverfahren kann alternativ in Betracht gezogen werden, wenn Meß- und Wägeverfahren nicht durchführbar sind. Das Öl-Absorptionsverfahren ist vorzugsweise in Laboratorien durchführbar.

Für alle Verfahren sind die Meßwerte auf drei Stellen festzulegen, damit eine ausreichend genaue Prüfung der Eigenschaften sichergestellt ist.

A n m e r k u n g: Das Öl-Absorptionsverfahren kann unzuverlässige Werkstoffwerte bei Porositäten größer 30% ergeben.

204 Meß- und Wägevverfahren

204.1 Ausrüstung und Probekörper

Meßschraube für das Messen der Probekörper mit einer Fehlergrenze von $\pm 0,01$ mm. Waage für das Wägen der Probekörper mit einer Fehlergrenze von 0,5% oder besser. (Für das Wägen kleiner Probekörper soll eine Waage mit einem Endausschlag von 100 g und einer Fehlergrenze von $\pm 0,005$ g verwendet werden.) Einrichtung zum Schneiden der Probekörper in geeigneter Größe. Geeignete Schleifmaschine, die das rechtwinklige Schleifen aller aneinanderstoßenden Flächen sicherstellt.

Bezüglich der Probekörperabmessungen ist Abschnitt 102 zu beachten. Es können auch andere rechteckige oder zylindrische Probekörper in geeigneter Größe vereinbart werden, wobei auf plane Fläche und auf Rechtwinkligkeit der Seiten zueinander zu achten ist.

204.2 Prüfverfahren

Das Volumen des Probekörpers kann durch Messungen mit der Meßschraube bestimmt werden. Bei einem rechteckigen Probekörper sind die mittleren Maße der Dicke, der Breite und der Länge zu bestimmen. Bei einem zylindrischen Probekörper müssen Durchmesser und Länge bestimmt werden. Diese Messung ist auf $1/100$ mm durchzuführen.

Wägen der Probekörper in g auf drei Stellen.

204.3 Berechnung

Berechne das Volumen der Probekörper und drücke es in cm^3 aus.

$$V_b = p \cdot w \cdot l \quad (\text{oder } v = \frac{\pi d^2}{4} \cdot l \text{ bei runden Probekörpern})$$

Berechne die Dichte in Übereinstimmung mit folgender Formel:

$$\delta_b = \frac{m}{V_b}$$

205 Eintauchverfahren

205.1 Ausrüstung und Probekörper

Ein genügend großer Behälter für Wasser zum Eintauchen des Probekörpers.

Waage in Übereinstimmung mit Abschnitt 204.1.

Fett oder wasserdichtes Maskenmaterial zum Auftragen eines Films, um das Eindringen von Wasser zu verhüten.

Nach dem Eintauchen wird der Probekörper unter Wasser gewogen.

Der Durchmesser des Fadens für das Aufhängen des Probekörpers soll 0,08 mm nicht überschreiten.

Probekörper. Dieses Verfahren kann auch für unregelmäßig geformte Probekörper verwendet werden. Es muß sichergestellt sein, daß die Probekörper sauber und trocken sowie frei von metallischen oder sonstigen fremden Anhaftungen sind.

205.2 Prüfverfahren

Wägen des Probekörpers in Luft. Auftragen eines möglichst dünnen wasserabweisenden Films. Wägen des Probekörpers nochmals in Luft. Die Gewichtserhöhung durch den Film soll $1/200$ nicht überschreiten. Feststellen des Wertes auf drei Stellen in g.

Aufhängen des Probekörpers an einem Faden. Vollständiges Eintauchen in das Wasser, wobei auf die Entfernung aller auftretenden Luftblasen zu achten ist. Nach einer Weile ist das Gewicht im untergetauchten Zustand festzustellen.

Zum Eintauchen ist ein möglichst kurzer Fadenabschnitt zu verwenden.

205.3 Berechnung

Die Schwerkraft des Probekörpers auf Grund der Wägung in Luft ist G_a . Wenn der Probekörper in Wasser eingetaucht ist, verringert sich die Schwerkraft um den Wert des Auftriebes in Wasser, $\gamma_w \cdot V_b$.

(Hierbei ist γ_w die spezifische Wichte¹⁾ von Wasser und V_b das Volumen des Probekörpers.)

Das Gewicht des Probekörpers in Wasser ist demzufolge

$$G_1 = G_a - \gamma_w \cdot V_b$$

$$\text{Weiter gilt } V_b = \frac{m}{\delta_b} = \frac{G_a}{g \cdot \delta_b}$$

$$\text{und } \gamma_w = g \cdot \delta_w$$

¹⁾ Siehe Nationales Vorwort

Wenn g die Gravitationsbeschleunigung und δ_w die Dichte von Wasser ist, folgt

$$G_1 = G_a - \frac{\delta_w \cdot G_a}{\delta_b}$$

$$\text{oder } \delta_b = \delta_w \frac{G_a}{G_a - G_1}$$

Der Wert δ_w ist ziemlich genau 1.

206 Öl-Absorptionsverfahren

206.1 Ausrüstung und Probekörper

Skalen- oder Gewichtswaage in Übereinstimmung mit Abschnitt 204.1. Der Dichtemesser soll einen Schwerkraftsbereich von 0,8 bis 0,9 bei 20 °C und eine Skalenteilung von 0,001 aufweisen.

Dichtemesser-Zylinder.

Thermometer mit dem Bereich von minus 10 °C bis plus 100 °C.

Vakuumflasche mit weiter Öffnung und einem Füllvolumen von 1000 cm³.

Vakuumtrockner oder Glockengefäß (Exsikkator).

Vakuumpumpe geeignet für 20 mm Hg (oder 25 mb).

Wasserbad mit einer Temperatur unter 20 °C.

Petroleum SAE-10 (24–32 cSt bei 50 °C) oder Leichtöl.

Säge oder eine andere Vorrichtung zum Schneiden der Probekörper in geeignete Größe.

Schleifeinrichtung oder gleichwertige Einrichtung für das Glätten der unbearbeiteten Flächen.

Probekörper mit einem Gewicht zwischen 25 und 100 g. Falls der Probekörper aus einem metallgefaßten Originalstück stammt, muß für eine Entfernung jeglichen Fremdmaterials gesorgt werden.

Alle Oberflächen müssen einen vernünftigen Glättegrad ohne Grate oder scharfe Kanten aufweisen. Im allgemeinen sollen Probekörper aus metallhaltigen Werkstoffen und besonders dichten Werkstoffen größer sein als solche aus anderen Bürstenwerkstoffen.

206.2 Prüfverfahren

Probekörper unter 100 g sind in Luft auf drei Stellen zu wägen, für Probekörper über 100 g soll die Fehlergrenze 1/200 oder besser sein. Probekörper und Thermometer sind in die Vakuumflasche zu stellen, die mit der Pumpe verbunden wird. Der Druck ist allmählich auf 20 bis 60 mm Hg zu reduzieren (entspricht 25 bis 80 mbar).

Ohne Unterbrechung des Vakuums allmähliches Einfüllen des auf 70 °C vorgewärmten Öls, so daß die Probekörper vollständig bedeckt sind. Aufrechterhaltung des Vakuums von 20 bis 60 mm Hg, bis keine Blasen aus dem Probekörper mehr austreten.

Die Vakuumflasche und ihr Inhalt ist in einem Wasserbad bis unter 20 °C zu kühlen. Dann ist die Flasche aus dem Bad zu nehmen und auf 20 °C zu bringen. Danach ist der Probekörper aus dem Öl zu nehmen und trocken zu wischen. Der

ölimprägnierte Probekörper ist in Luft auf drei Stellen oder mit einer Fehlergrenze $\leq \frac{1}{200}$ zu wägen. Dieses Gewicht ist als G_2 zu notieren.

Das Öl aus der Vakuumflasche wird in den Dichtemesszylinder gegossen, die Temperatur auf 20 °C gebracht und das spezifische Gewicht festgestellt. Dieser Wert ist als δ_0 zu notieren.

Der ölimprägnierte Probekörper wird unter Eintauchen in Wasser nach Abschnitt 205.2 gewogen. Dieses Gewicht ist als G_3 zu notieren.

206.3 Berechnung

Das Gewicht des aufgenommenen Öls ist $G_0 = G_2 - G_a$

Somit ist das Volumen des absorbierten Öls $V_0 = \frac{G_0}{\delta_0}$

Analog zur Rechnung im Abschnitt 205.3 kann nun die Dichte berechnet werden:

$$\delta_b = \delta_w \frac{G_a}{G_2 - G_3}$$

Die Porosität ist:

$$P_s = \frac{V_0}{V_b} \cdot 100$$

301 Härte: Allgemein

Es gibt zwei unterschiedliche Verfahren zur Bestimmung der Härten bei Bürstenwerkstoffen:

302 Rückprallverfahren

303 Eindruckverfahren

Es kann vorausgesetzt werden, daß zwischen der Härte des Bürstenwerkstoffes und dem Verschleißverhalten keine allgemein gültige Relation besteht.

Es ist einleuchtend, daß Resultate eines speziellen Prüfverfahrens nur mit Resultaten des gleichen Verfahrens und genormten äquivalenten Verfahren kontrolliert werden können. Die Werte der Härtemessung an einer bestimmten Bürste dürfen nicht verglichen werden mit denen einer anderen Bürste oder eines anderen Blockes, es sei denn, die Preßrichtung bzw. Strangpreßrichtung ist die gleiche.

302 Rückprallverfahren

Dieses Prüfverfahren ist besonders dann für die Produktionskontrolle anwendbar, wenn der zu prüfende Werkstoff nicht sehr weich ist.

302.1 Ausrüstung und Probekörper

Scleroscop, Shore Modell C 2¹⁾ oder ein äquivalentes Gerät, ausgerüstet mit einem Spezialhammer zur Prüfung von Bürstenwerkstoffen.

A n m e r k u n g: Der Hammer und seine Komponenten sollen folgende Daten aufweisen:

- a) Masse $2,2 \text{ g} \pm 5\%$.
- b) Außendurchmesser $5,94 \begin{smallmatrix} +0,013 \\ 0 \end{smallmatrix} \text{ mm}$ ($0,234 \begin{smallmatrix} +0,0005 \\ 0 \end{smallmatrix} \text{ in}$).¹⁾
- c) Länge über alles $20,7 \text{ bis } 21,4 \text{ mm}$ ($0,815 \text{ bis } 0,840 \text{ in}$).
- d) Spiel zwischen Hammer und Führung. Obere Führung $0,19 \text{ bis } 0,31 \text{ mm}$ ($0,0075 \text{ bis } 0,012 \text{ in}$). Führung im Boden $0,04 \text{ bis } 0,08 \text{ mm}$ ($0,0015 \text{ bis } 0,003 \text{ in}$).
- e) Fallhöhe des Hammers: $251,21 \begin{smallmatrix} +0,13 \\ -0,38 \end{smallmatrix} \text{ mm}$ ($9,89 \text{ plus } 0,05 \text{ minus } 0,0015 \text{ in}$).
- f) Die Spitze des Hammers weist einen Diamant auf, dessen Form oval ist und der in einem Konus im Hammerkörper gehalten wird. Der Hammerkörper ist aus wasserhärtem Stahl mit einem Kohlenstoffgehalt von annähernd 1,2% C gefertigt. Nach dem Einsetzen des Diamants wird gehärtet und angelassen. Die Berührungsfläche des Diamants weist eine Krümmung von $1,32 \text{ mm} \pm 5\%$ ($0,052 \text{ in} \pm 5\%$), gemessen über eine Bogenlänge von $0,061 \text{ mm}$ ($0,024 \text{ in}$)¹⁾, auf.

Die Probekörper sollen eine Größe entsprechend Abschnitt 102 oder eine andere angemessene Größe aufweisen. Am Probekörper soll die Preßhaut entfernt sein, die Oberfläche soll maschinell bearbeitetes, von Beschädigungen freies Aussehen haben. Schmutz, Gries oder andere fremde Werkstoffe dürfen nicht anhaften. Rechteckige Probekörper sollen mindestens zwei parallele Seiten aufweisen. Runde Probekörper sollen gleichmäßigen Durchmesser haben, andernfalls der Hammer schief aufprallt und falsche Ergebnisse erscheinen. Die genaue Prüfung von runden Teilen wird erleichtert, wenn diese zwei parallele flache Seiten aufweisen, die maschinell bearbeitet sind.

302.2 Aufstellung des Instrumentes

Das Instrument ist auf eine feste Unterlage zu stellen und ins Lot zu bringen. Es ist zu prüfen, ob das Bleilot an der Vorderseite des Instrumentes frei im Ring schwingen kann. Ferner ist die Justierung des Instrumentes mit einem besonderen Probekörper zu prüfen.

Der Amboß ist für den Probekörper vorzubereiten. Falls dieser einen kreisförmigen Querschnitt hat und keine flachen Seiten aufweist, ist ein prismatischer Amboß zu verwenden. Bei rechteckigem Querschnitt des Probekörpers ist ein flacher Amboß zu benutzen (zum Instrument gehörendes Teil).

A n m e r k u n g: Der Amboß ist sauberzuhalten. Staub und Schmutz sind mit einem flusenfreien Tuch vom Amboß zu wischen. Falls eine prismatische Auflage benutzt wird, ist vorher der Amboß und die Auflagefläche des Prismas zu reinigen. Staub zwischen den beiden Amboßflächen würde zu falschen Ergebnissen führen.

302.3 Durchführung der Härteprüfung

Der Probekörper ist so auf den passenden Amboß zu stellen, daß der Hammer in der Preßrichtung bei Blockmaterial bzw. senkrecht zur Strangpreßachse bei extrudiertem Material auftrifft.

Der Probekörper ist bis zur Beendigung der Prüfung zu befestigen. Nach Lösung des Hammers ist die Rückprallhöhe zu notieren. Wenn möglich, ist die Härte an je fünf verschiedenen Punkten zweier Seiten des Probekörpers zu messen.

Ungenaueres Ablesen führt zu falschem Ergebnis. Der niedrigste Wert bei jeder der zwei Gruppen von fünf Messungen ist zu streichen und der Durchschnitt der acht verbleibenden Ergebnisse als wirkliche repräsentative Härte des Probekörpers zu nehmen.

¹⁾ Siehe Nationales Vorwort

303 Eindruckverfahren

Dieses Verfahren ist anwendbar für die Produktionskontrolle. Bei dieser Prüfung wird eine Kugel in die Oberfläche des Probekörpers gedrückt. In zwei Operationen wird die bleibende Zunahme der Eindringtiefe der Kugel unter speziellen Bedingungen gemessen (siehe Bild 3). Die Härte soll an gefertigten Bürsten direkt gemessen werden, wenn

1. bei metallfreiem Werkstoff t , a oder r (siehe Definition in der IEC-Publikation 136-1¹⁾) mindestens 10 mm beträgt oder
2. es handelt sich um eine metallisierte Kohle, wobei a und t mindestens 10 mm betragen und innerhalb eines metallfreien Abschnittes von mindestens 10 mm Länge liegen.

Bei Messungen an kleineren Probekörpern kann es durch Zerspringen, Zerdrücken und infolge von Deformationen zu Fehlern kommen. Für solche Bürsten sind die Härtemessungen am Bürstenblockwerkstoff vorzunehmen, bevor dieser zu Bürsten geschnitten wird.

303.1 Ausrüstung und Probekörper

Rockwellhärte-Prüfgerät, ausgerüstet für verschiedene Kräfte F_0 , F_1 und F wie nachstehend erwähnt. Ein hydraulischer Stoßdämpfer verhindert ein plötzliches Ansteigen der Kraft. Er ist so eingeteilt, daß die Kraft während der Härteprüfung von F_0 bis $F = F_0 + F_1$ innerhalb von 2 bis 8 Sekunden zunimmt (ISO-Empfehlung R 80).

Die Kugel weist eine polierte Oberfläche auf und hat den Durchmesser D in mm. Die Toleranz soll j6 des ISO-Systems entsprechen. Die Kugel soll eine Vickers-Härte von mindestens 850 HV aufweisen (bei der Prüfung ist die Krümmung der Kugel zu berücksichtigen). Die Oberfläche soll poliert und frei von Beschädigungen sein.

Im Laufe der Zeit wird durch Deformation die Kugel größer und überschreitet ihre spezielle Toleranz. Außerdem kann ihre Oberfläche beschädigt werden. Sie ist dann auszutauschen.

Anzeige der verbleibenden Eindringtiefe (Tiefenlehre). Die Anzeige soll eine proportionale Skaleneinteilung von 0 bis 130 aufweisen, wobei der Abstand zwischen den Skalenteilen zwischen 30 und 130 der Eindringtiefe 0,002 mm entspricht. Ein Skalenteil soll also 0,002 mm entsprechen. Die Anzeige soll eine Fehlergrenze von $\pm 0,001$ mm aufweisen.

Starre Auflage für den Probekörper. Der Probekörper soll mit Abschnitt 102 übereinstimmen oder eine andere annehmbare Größe mit zwei parallelen Flächen aufweisen. Vor Beginn der Härteprüfung soll der Probekörper auf Oberflächenfehler oder andere Defekte geprüft werden. Die auf der Unterlage aufliegende Fläche und die zu prüfende Fläche müssen gereinigt und damit frei von fremden Werkstoffen sein. Wird die Härteprüfung am Bürstenblockwerkstoff durchgeführt, ist zu prüfen, ob die zwei parallelen Flächen die sorgfältig maschinell hergestellte Oberflächengüte, wie sie bei Kohlebürsten üblich ist, aufweisen.

A n m e r k u n g: Nach jedem Austausch von Prüfkugel oder Auflage muß sichergestellt sein, daß die neue Prüfkugel oder der neue Support sich in korrekter Lage befindet. Bei jeder Prüfung muß das Gerät vor stoßartiger Belastung oder Vibrationen geschützt sein.

303.2 Prüfverfahren

Die Prüfung findet bei normalen Umgebungstemperaturen statt. Es ist wichtig, daß die Probekörper fest auf der Unterlage aufliegen und daß Verschiebungen während der Prüfung nicht erfolgen können. Falls nicht anders vereinbart, soll die Kraftrichtung während der Härteprüfung mit der Preßrichtung bei Blockwerkstoff übereinstimmen bzw. senkrecht zur Achse bei extrudiertem Werkstoff wirken.

Die Prüfpunkte sind so zu wählen, daß ihr Abstand zueinander oder ihr Abstand zu irgendwelchen Kanten oder Ausnehmungen mindestens dem Kugeldurchmesser oder dem 2,5fachen des Kugeleindrucks entspricht, wenn keine anderen Vereinbarungen vorliegen.

Eine Kombination von Kugeldurchmesser D , Prüfvorkraft F_0 und Prüfkraft F_1 ist aus folgender Tabelle zu wählen:

Kombination 1: für Naturgraphit

Kombination 2: für Metallgraphit

Kombination 3, 4 und 5: für Metallgraphit, Elektrographit und Hartkohle

Kombination Nr	1	(2) *	3	4	5	
D	10	(10) *	10	10	10	mm
F_0	10	(10) *	10	10	10	kgf ¹⁾
F_1	10	(30) *	50	90	140	kgf ¹⁾
$F = F_0 + F_1$	20	(40) *	60	100	150	kgf ¹⁾

*) Diese Kombination ist möglichst zu vermeiden.

A n m e r k u n g: In Übereinstimmung mit der von der ISO festgelegten Praxis sind die Kräfte für alle Härteprüfungen in kgf ausgedrückt. Diese Entscheidung wurde gefällt, nachdem eine Veränderung der Einheit für die Kraft an den vielen schon im Einsatz befindlichen Härteprüfeinrichtungen auf daN nicht möglich ist.¹⁾

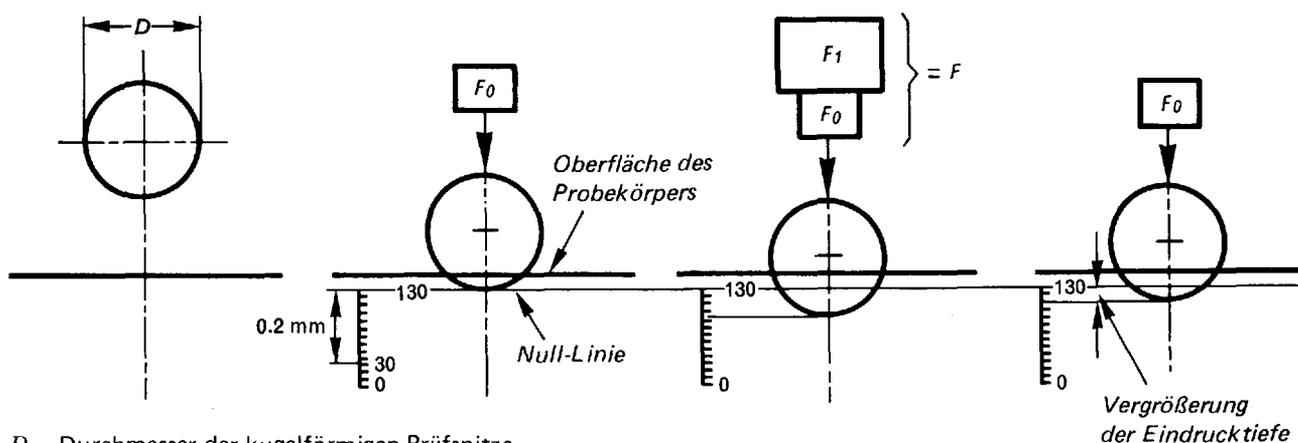
1) Siehe Nationales Vorwort

Falls mit den vorgenannten Kombinationen keine sinnvollen Ergebnisse erreicht werden, darf eine abweichende Kugelgröße verwendet werden, und diese Information muß im Bericht festgehalten werden. In einem solchen Falle sollte eine Kugel mit 5 mm Durchmesser bevorzugt verwendet und eine der vorstehend genannten Kräfte-Kombinationen gewählt werden.

Die Kugel ist gegen die Oberfläche des Probekörpers zu drücken, die Anpressung senkrecht zur Oberfläche ohne Schock-einwirkung zu erhöhen, bis die Prüfvorkraft $F_0 = 10 \pm 0,2$ kgf erreicht ist¹⁾. Die Uhr des Anzeigerätes (Tiefenmaß) ist in Anfangsposition zu setzen.

Die Kraft ist ohne Schockeinwirkung innerhalb von 2 bis 8 Sekunden um den Wert F_1 zu vergrößern, bis die Prüfgesamtkraft $F = F_0 + F_1$ erreicht ist.

Die zulässige Abweichung für F_1 ist $\pm 0,5\%$.



D Durchmesser der kugelförmigen Prüfspitze

F_0 Prüfvorkraft

F_1 Prüfkraft

Bild 3. Härteprüfung: Eindruckmethode

Nachdem die Nadel des Anzeigerätes (Tiefenmaß) ruhig steht, was üblicherweise innerhalb von 10 Sekunden erfolgt, wird die Prüfkraft F_1 zurückgenommen, so daß nur noch die Prüfvorkraft F_0 wirkt. In speziellen Fällen, insbesondere bei höherer Plastizität des Bürstenwerkstoffes, ist F_1 erst nach 20 bis 25 Sekunden nach Beginn der Zeigerbewegung wegzunehmen.

Von der Skala ist die bleibende Eindringtiefe während der Einwirkung der Prüfvorkraft F_0 abzulesen. Falls erforderlich, ist anschließend der vergleichbare Rockwell-Härtegrad zu bestimmen. (Die meisten Skalen weisen die Rockwell-Härtegrade auf einer roten Skala aus.)

Für jeden Probekörper soll die folgende Anzahl von Messungen durchgeführt werden:

An fertigen Bürsten, wenn beide Seiten der zu prüfenden Fläche kleiner als 16 mm sind: Eine Prüfung an jeder der zwei Flächen.

An fertigen Bürsten, wenn beide Seiten der zu prüfenden Fläche wenigstens 16 mm sind: Zwei Prüfungen an jeder der zwei Flächen.

An Bürstenblockwerkstoffen: Fünf Prüfungen an jeder der zwei Flächen.

Der arithmetische Mittelwert aller Messungen an einem Probekörper ist zu notieren. Hierbei soll bei Bürstenblockwerkstoffen der niedrigste Wert jeder Fläche gestrichen werden. Das arithmetische Mittel der acht übrigen Ergebnisse gilt als repräsentatives Ergebnis der Härteprüfung.

Der Härtewert, gemessen mit einer bestimmten Kraft, ist zu bezeichnen mit den Buchstaben HR und einem Index, der sich aus dem Kugeldurchmesser D und der Prüfgesamtkraft F zusammensetzt, z. B. $HR_{10/60}$.

401 Widerstand. Allgemein

Es sind verschiedene Verfahren für die Bestimmung des Widerstandes des Bürstenwerkstoffes allgemein üblich. Folgende Prüfverfahren für die Fertigungskontrolle werden am häufigsten gebraucht:

402 Voltmeter-Amperemeter-Verfahren

403 Kelvin-Brückenverfahren

¹⁾ Siehe Nationales Vorwort

402 Voltmeter-Amperemeter-Verfahren

402.1 Ausrüstung und Probekörper

Gleichstromquelle für 0 bis 6 V und 40 A (z. B. Akkumulator mit variablem Widerstand).

Millivoltmeter für Gleichstrom mit einem Widerstand von mindestens 1000 Ω/V und vorzugsweise folgenden Meßbereichen:

- 0 bis 300 mV
- 0 bis 150 mV
- 0 bis 75 mV
- 0 bis 30 mV
- 0 bis 15 mV
- 0 bis 7,5 mV
- 0 bis 3 mV

Amperemeter für Gleichstrom mit vorzugsweise folgenden Meßbereichen:

- 0 bis 75 A
- 0 bis 30 A
- 0 bis 15 A
- 0 bis 7,5 A
- 0 bis 3 A

(Alle Meßgeräte sollten der Klasse 1,5 der IEC-Publikation 51 „Unmittelbar anzeigende elektrische Meßgeräte und ihr Zubehör“ entsprechen. 1)).

Schalter zur Unterbrechung und zum Schließen des Meßkreises.

Zwei Stromkontakte mit elastischen selbsteinstellenden Kontaktoberflächen (z. B. Kupfergaze), zwischen denen ein genormter Probekörper in Übereinstimmung mit Abschnitt 102 eingesetzt werden kann.

Der Abstand der Meßspitzen aus Edelstahl zueinander soll nicht kleiner als 30% und nicht größer als 50% der Länge des Probekörpers sein. Die zulässige Abweichung für den Abstand ist $\pm 1\%$ des Nominalwertes.

Probekörper in Übereinstimmung mit Abschnitt 102.

402.2 Prüfverfahren

Die Probekörper sollen bei einer Temperatur von $25^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$ geprüft werden. Die Maße des Probekörpers sind mit einer Fehlergrenze von maximal 0,5% zu ermitteln. Der Probekörper wird längs zwischen die zwei Stromkontakte gesetzt, und die Meßspitzen werden gegen die Oberfläche $w \times l$ des Probekörpers gepreßt. Die Andruckkraft der Meßspitzen soll so groß sein, daß der Zeiger des Millivoltmeters ruhig steht.

Es ist zu prüfen, ob die Meßspitzen symmetrisch zur Achse der Oberfläche $w \times l$ angeordnet sind. Der Abstand der Meßspitzen ist zu notieren.

Anmerkung: Der Meßspitzenabstand ist in gewissen Zeitabständen zu prüfen. Dabei werden die Meßspitzen gegen die Oberfläche eines Bürstenwerkstoffstückes gepreßt, dessen Oberfläche überschliffen und einwandfrei sauber ist. Es ergeben sich gut erkennbare Markierungen. Die Distanz zwischen diesen Markierungen kann mit Hilfe eines Mikroskops gemessen werden.

Der Strom wird durch den Prüfkreis geleitet. Eine geeignete Skala des Amperemeters und Millivoltmeters ist zu wählen und der Wert des Stromes mit Hilfe des variablen Widerstandes so zu justieren, daß die Anzeige beider Meßgeräte in der oberen Hälfte des Anzeigenbereiches liegt.

Anmerkung:

1. In der Tabelle 1 werden Werte für den Strom und den Meßspitzenabstand und die Meßbereiche des Millivoltmeters vorgeschlagen.
2. Damit durch die Erwärmung der Probekörper keine Verfälschung des Meßwertes eintritt, soll möglichst schnell abgelesen werden.

Die Meßwerte des Amperemeters und Millivoltmeters sind zu notieren und der Strom im Prüfkreis zu unterbrechen. Die Meßspitzen sind von der Meßfläche des Probekörpers zu lösen. Nach Rücknahme des Druckes auf die zwei Kontakte ist der Probekörper umzudrehen, so daß die Meßspitzen mit einer anderen Oberfläche $w \times l$ in Kontakt kommen. Es wird mit der gleichen Kraft wie vorher angedrückt.

Das Prüfverfahren wird mit dem gleichen Stromwert wiederholt.

Das arithmetische Mittel des Spannungsabfalles, gemessen an zwei Flächen $w \times l$, ist der Berechnung des Widerstandes zugrunde zu legen.

402.3 Berechnung

Der Widerstand (spezifischer Widerstand) ρ ist in Übereinstimmung mit folgender Formel zu berechnen:

$$\rho = \frac{U \cdot p \cdot w}{I \cdot l_u}$$

1) Siehe Nationales Vorwort

Hierin ist:

- ρ spezifischer Widerstand des Bürstenwerkstoffes in Ohm · Meter
- U Spannungsabfall zwischen den Meßspitzen in Volt
- p Dicke des Probekörpers in Meter
- w Breite des Probekörpers in Meter
- I Strom durch den Probekörper in Ampere
- l_u Abstand zwischen den Meßspitzen in Meter

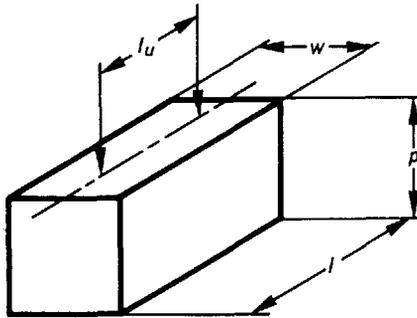


Bild 4.

Anmerkung: Es wird empfohlen, den Widerstand des Bürstenwerkstoffes in Mikro-Ohm · Meter anzugeben. In die vorgenannte Formel ist dann der Spannungsabfall in Millivolt, der Strom in Ampere, die Maße p , w und l_u in mm einzusetzen.

403 Kelvin-Brückenverfahren

403.1 Ausrüstung und Prüfmuster

Gleichstromquelle, Amperemeter, elastische (z. B. Kupfergewebe) oder selbstausrichtende Kontakte und Meßspitzen in Übereinstimmung mit Abschnitt 402.1.

Kelvin-Brücke mit einem Meßbereich von 10 Mikro-Ohm bis 1 Ohm.

Galvanometer empfindlich bis 1 Mikro-Ampere je Skalenteilung.

Schalter für intermittierenden Stromfluß durch den Probekörper.

Probekörper in Übereinstimmung mit Abschnitt 102.

403.2 Prüfverfahren

Die Probekörper sollen bei einer Temperatur von $25\text{ °C} \pm 10\text{ °C}$ geprüft werden. Die Maße des Probekörpers sind mit einer Fehlergrenze von maximal 0,5% zu ermitteln. Der Probekörper wird längs zwischen die zwei Stromkontakte gesetzt. Für einwandfreien Kontakt des Probekörpers mit der Kelvin-Brücke ist zu sorgen. Die Meßspitzen werden gegen die Oberfläche $w \times l$ des Probekörpers gepreßt. Die Andruckkraft der Meßspitzen soll so groß sein, daß der Zeiger des Millivoltmeters ruhig steht.

Es ist zu prüfen, ob die Meßspitzen symmetrisch zur Achse der Oberfläche $w \times l$ stehen. Der Abstand der Meßspitzen ist zu notieren.

Anmerkung: Der Meßspitzenabstand ist in gewissen Zeitabständen zu prüfen. Dabei werden die Meßspitzen gegen die Oberfläche eines Bürstenwerkstoffstückes gepreßt, dessen Oberfläche überschliffen und einwandfrei sauber ist. Es ergeben sich gut erkennbare Markierungen. Die Distanz zwischen diesen Markierungen kann mit Hilfe eines Mikroskops gemessen werden.

Der Strom wird intermittierend mit Hilfe des Schalters durch den Prüfkreis geleitet. Sobald der Strom eingeschaltet ist, ist der Brückenwiderstand zu justieren, bis das Galvanometer keine Abweichung zeigt. Der Widerstand R des Probekörpers zwischen den Meßspitzen ist zu notieren.

Anmerkung: Die Justierung des Brückenwiderstandes soll so schnell wie möglich erfolgen, damit der Einfluß der Erwärmung auf den Widerstandswert vermieden wird.

Die Meßspitzen sind von der Fläche des Probekörpers zu lösen. Nach Rücknahme des Druckes auf die zwei Kontakte ist der Probekörper umzudrehen, so daß die Meßspitzen mit einer anderen Oberfläche $w \times l$ des Probekörpers in Kontakt kommen. Es wird mit der gleichen Kraft wie vorher angedrückt. Das Prüfverfahren wird mit dem gleichen Strom wiederholt.

Das arithmetische Mittel der gemessenen Widerstände von zwei Flächen $w \times l$ ist der Berechnung des Widerstandes zugrundezulegen.

403.3 Berechnung

Der Widerstand ρ ergibt sich aus der folgenden Formel:

$$\rho = \frac{R \cdot p \cdot w}{l_u}$$

Hierin ist:

ρ Widerstand (spezifischer Widerstand) des Bürstenwerkstoffes in Ohm · Meter

R Widerstand des Probekörpers zwischen den Meßspitzen in Ohm

p Dicke des Probekörpers in Meter

w Breite des Probekörpers in Meter

l_u Abstand zwischen den Meßspitzen in Meter

Anmerkung: Man erhält den Widerstand p in Mikro-Ohm · Meter, sobald man in die vorgenannte Formel R in Milli-Ohm, p , w und l_u in mm einsetzt. Es wird empfohlen, den Widerstand des Bürstenwerkstoffes in Mikro-Ohm · Meter anzugeben.

Tabelle 1. Zusammenpassende Prüfbedingungen

Probekörper	l_u	ρ_{max}	I	U_{max}
$p \cdot w \cdot l$ mm	mm	$\mu\Omega m$	A	mV
10 · 10 · 64	25	600,00	2	300,0
		300,00	4	300,0
		150,00	8	300,0
		75,00	8	150,0
		37,50	8	75,0
		15,00	8	30,0
		7,50	8	15,0
		3,75	8	7,5
		1,50	20	7,5
		0,75	40	7,5
		0,60	20	3,0
		0,30	40	3,0
		4 · 8 · 32	16	600,00
300,00	2			300,0
150,00	4			300,0
75,00	4			150,0
37,50	4			75,0
15,00	4			30,0
7,50	4			15,0
3,75	4			7,5
1,50	10			7,5
0,75	20			7,5
0,60	10			3,0
0,30	20			3,0

501 Biegefestigkeit**501.1 Ausrüstung und Probekörper**

Druckvorrichtung mit geeigneter Skala (z. B. hydraulische oder mechanische Presse). Die Vorrichtung soll instande sein, Kräfte bis etwa 1500 N aufzubringen und mit einer Fehlergrenze von $\pm 2\%$ zu messen.

Die drei Biegeschneiden sind gerundet.

Der Radius der Druckschneide soll sein: $r = 4$ bis 5 mm

Der Radius der Auflagerschneiden soll sein: $r = 1$ mm $\pm 0,5$ mm

Die beiden äußeren (Auflagerschneiden) sollen in einer Ebene und parallel zueinander liegen, ihr Mittenabstand soll nicht mehr als $\pm 0,2$ mm vom Nennwert abweichen. Die mittlere Schneide (Druckschneide) soll immer parallel zu den beiden anderen stehen, sie soll beweglich in einer Ebene senkrecht zu jener der Auflager und mittig zu diesen angeordnet sein.

Der Probekörper soll mit Abschnitt 102 übereinstimmen.

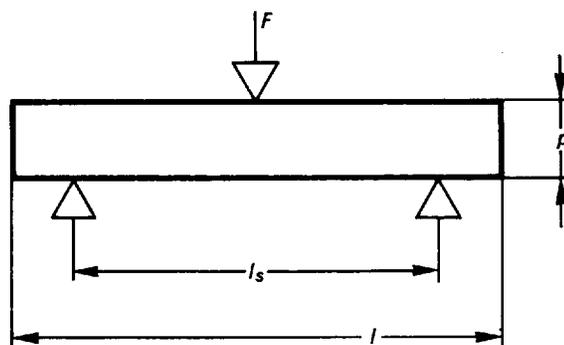


Bild 5.

501.2 Prüfvorgang

Der Abstand l_s zwischen den beiden Auflagerschnitten ist auf Übereinstimmung mit dem Wert aus Tabelle 2 zu überprüfen und zu notieren. Die Maße des Probekörpers sind zu prüfen und zu notieren.

w und p sollen mit einer Fehlergrenze von maximal 0,5% gemessen werden.

Der Probekörper ist symmetrisch so auf die zwei Auflagerschnitten zu legen, daß das Maß l senkrecht zu den Schnitten und das Maß w parallel zu ihnen verläuft.

Die Belastung durch die Druckschneide soll in der Mitte des Probekörpers zwischen den beiden Auflagerschnitten erfolgen.

Anmerkung:

1. Die Druckschneide soll sich in senkrechter Ebene und parallel zu den Auflagerschnitten ohne meßbare Reibung bewegen können.
2. Die Belastung soll gleichmäßig und ruckfrei innerhalb 5 Sekunden erfolgen.

Die Gesamtkraft F , bei der das Prüfmuster bricht, ist zu notieren.

501.3 Berechnung

Die Biegefestigkeit wird nach folgender Formel berechnet:

$$\sigma = \frac{3}{2} \cdot \frac{l_s}{w \cdot p^2} \cdot F$$

Hierin ist:

σ Biegefestigkeit des Bürstenwerkstoffes in MN/m²

F Gesamtkraft im Moment des Bruches in N

l_s Abstand der Biegeauflagerschnitten

w Breite des Prüfmusters in mm

p Dicke des Prüfmusters in mm

Tabelle 2 gibt für jeden der beiden genormten Probekörper den empfohlenen Wert für die Auflagerlänge l_s und den entsprechenden Wert des Koeffizienten c an.

$$c = \frac{3}{2} \cdot \frac{l_s}{w \cdot p^2}$$

σ in MN/m² ist dann einfach zu erhalten durch die Formel:

$$\sigma = c \cdot F$$

Tabelle 2.

Maße der genormten Probekörper			Empfohlene Werte für l_s	Entsprechende Werte für c
p	w	l		
mm	mm	mm	mm	$\frac{1}{\text{mm}^2}$
10	10	64	50,0	0,075
4	8	32	25,6	0,300

Wenn möglich, soll der Probekörper 10 x 10 x 64 mm verwendet werden. Wenn aus irgendeinem Grunde der Probekörper 4 x 8 x 32 benutzt wurde, soll dies notiert werden.

601 Aschegehalt. Allgemeines

Bürstenwerkstoffe können relativ kleine Mengen anderer chemischer Elemente und Verbindungen enthalten. Diese können wie in einigen Naturgraphitsorten normal auftreten oder, wie z. B. Siliciumcarbid, absichtlich zugefügt werden. Diese Werkstoffe werden unter der allgemeinen Bezeichnung „Asche“ zusammengefaßt. Sie können einen Einfluß bei der Bildung der Patina oder eine abreibende Wirkung haben. Es ist deshalb wünschenswert, ein Prüfverfahren zur Bestimmung des Aschegehalts zu haben. Das Prüfverfahren wird in erster Linie vom Hersteller für die Produktionskontrolle verwendet werden.

601.1 Ausrüstung

Ofen für Temperaturen bis zu 1000 °C.

Einrichtung zur Regulierung der Ofentemperatur.

Gerät zur Messung der Temperatur bis 1000 °C.

Trockenofen für Temperaturen bis mindestens 110 °C.

Thermometer für Temperaturen bis mindestens 110 °C.

Exsikkator mit einer geeigneten hygroskopischen Substanz, z. B. Silica-Gel. Die hygroskopische Substanz ist zu erneuern, falls notwendig.

Anmerkung: Der Trockenofen, das Thermometer und der Exsikkator sind nicht notwendig, wenn entsprechende Vorsichtsmaßnahmen getroffen werden.

Flache Behälter von geeigneter Größe und aus geeignetem Werkstoff. Diese Behälter sollen numeriert sein und bis zur Gewichtskonstanz bei 1000 °C gegläht werden. Wenn sie nicht gebraucht werden, sollten sie in dem Trockenofen aufbewahrt werden.

Zange zum Bewegen der Behälter.

Analytische Waage, die einen Behälter und etwa 5 g Bürstenwerkstoff mit einer Fehlergrenze von $\pm 0,2$ mg wägen kann.

Gerät zur Herstellung einer Werkstoffprobe, z. B. Säge oder Bohrer.

Spatel, Pistell und Mörser.

601.2 Werkstoffprobe

Es sollen etwa 5 g Bürstenwerkstoff von fertigen Bürsten oder Bürstenplatten entnommen werden, die für den zu prüfenden Werkstoff repräsentativ sind. (1 oder 2 g sind für eine Probe üblich, die von einer Bürste entnommen wird.)

Die Stücke sollen in einem Mörser bis zu einer Korngröße von 0,5 mm oder kleiner zerkleinert werden.

Anmerkung: Jede mögliche Vorsichtsmaßnahme sollte bei der Präparation der Probe getroffen werden, um jedes Einbringen von Fremdstoffen zu vermeiden.

601.3 Prüfverfahren für nichtmetallhaltige Bürsten

Die Werkstoffprobe ist in einem Ofen bei $100 \text{ °C} \pm 10 \text{ °C}$ bis zur Gewichtskonstanz zu trocknen (dies kann 2 Stunden dauern).

Ein sauberer, trockener Behälter wird mit einer Fehlergrenze von 0,2 mg gewogen.

Dieses Gewicht wird als G_1 bezeichnet.

1 bis 5 g der getrockneten Werkstoffproben werden zugefügt, und der Behälter plus Werkstoffprobe wird mit einer Fehlergrenze von 0,2 mg gewogen.

Dieses Gewicht wird als G_2 notiert.

Der Behälter mit Werkstoffprobe ist in den Ofen zu schieben und die Temperatur langsam bis mindestens 800 °C, jedoch nicht über 1000 °C zu erhöhen. Während der Aufheizperiode sollen alle erkennbaren Gerüche bestimmt und bezeichnet werden (insbesondere Phenol oder Schwefel). Die Temperatur ist so lange zu halten, bis der gesamte Kohlenstoff verbrannt ist.

Anmerkung: Wenn alle obengenannten Anforderungen erfüllt sind, sollte eine 12stündige Erhitzung für alle Werkstoffe genügen, um eine vollständige Veraschung bis zur Gewichtskonstanz zu erhalten.

Der Behälter mit Inhalt wird aus dem Ofen genommen und in zugedektem Zustand bis auf etwa 200 °C abgekühlt und dann in einen Exsikkator gegeben. Gewogen wird, wenn der Behälter die Temperatur des Wägers angenommen hat.

Der Behälter wird mit Inhalt mit einer Fehlergrenze von 0,2 mg gewogen.

Dieses Gewicht wird mit G_3 notiert.

601.4 Berechnung

Der Aschegehalt wird nach folgender Formel berechnet:

$$a = 100 \frac{\text{Gewicht der Asche}}{\text{Gewicht der trockenen Werkstoffprobe}} \% = 100 \frac{G_3 - G_1}{G_2 - G_1} \%$$

Wenn keine besonderen Vereinbarungen zwischen Besteller und Hersteller getroffen werden, sind wenigstens fünf Prüfungen in Übereinstimmung mit den vorgenannten Festlegungen durchzuführen.

Das arithmetische Mittel ist zu errechnen und wird als der wahre Aschegehalt angesehen; der Streubereich soll angegeben werden.

Falls der Hersteller zur Zeit der Auftragserteilung einen Wert für den Aschegehalt festgelegt hat, soll der wahre Aschegehalt mit dem festgelegten Wert verglichen werden. Der wahre Aschegehalt soll zwischen den Grenzen liegen, die in dem Diagramm Bild 6 angegeben sind.

A n m e r k u n g: Die in Bild 6 angegebenen Grenzen haben nur vorläufig Gültigkeit.

601.5 Prüfverfahren für metallhaltige Bürsten

Weil unterschiedliche Verfahren der Aschebestimmung für metallhaltige Bürsten angewendet werden müssen, die von der Ab- oder Anwesenheit bestimmter Hauptelemente oder Verbindungen wie Silber, Zinn, Molybdändisulfid (MoS_2), Kunststoffen usw. abhängig sind, wird hier kein Prüfverfahren vorgeschlagen.

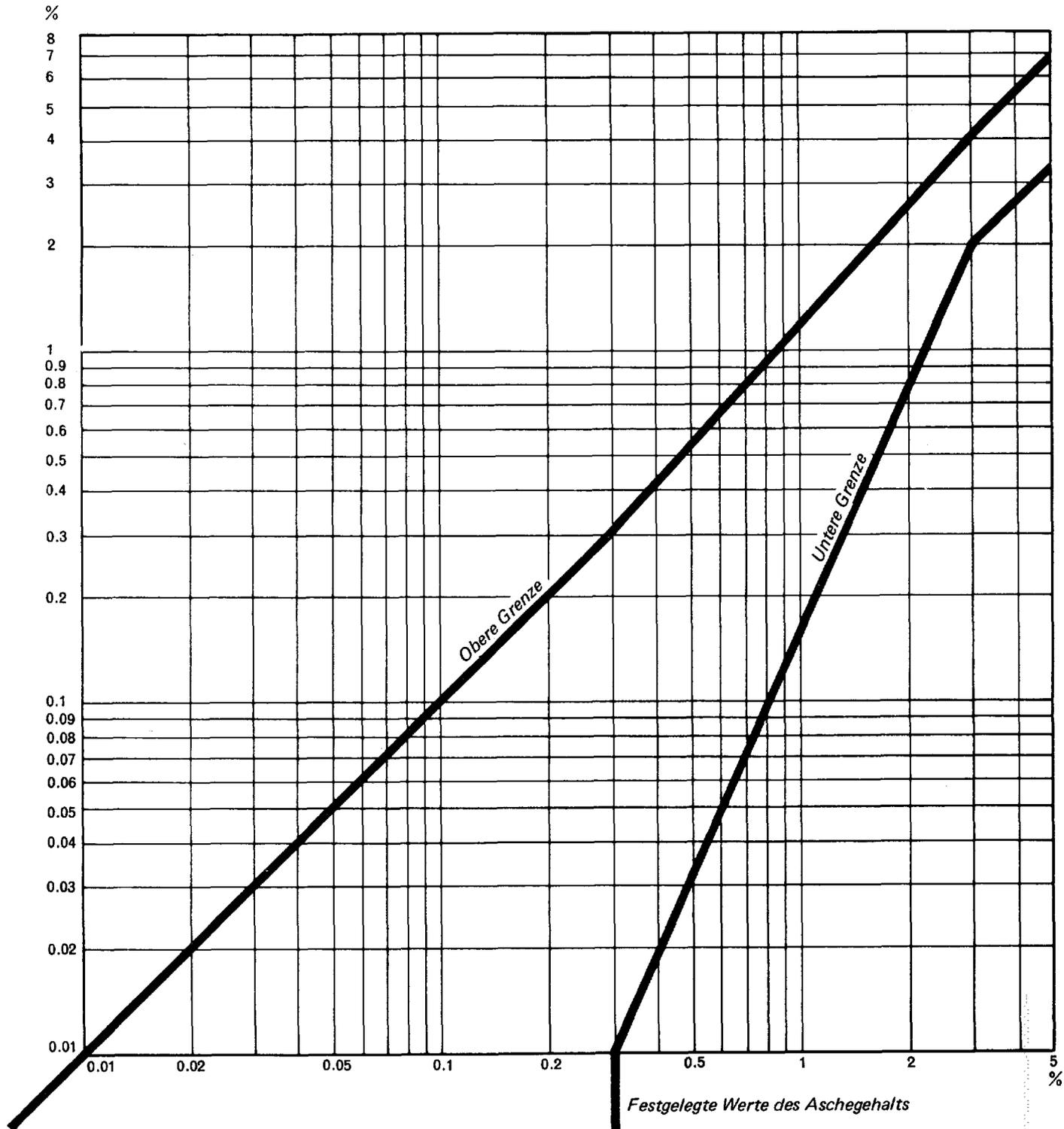


Bild 6. Obere und untere Grenzen des wahren Aschegehaltes für verschiedene Werte des Aschegehaltes