

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
413**

Première édition
First edition
1972-01

**Méthodes d'essai pour la mesure
des propriétés physiques des matières de balais
pour machines électriques**

**Test procedures for determining
physical properties of brush materials
for electrical machines**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 413: 1972

Numéros des publications

Depuis le 1^{er} janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000.

Publications consolidées

Les versions consolidées de certaines publications de la CEI incorporant les amendements sont disponibles. Par exemple, les numéros d'édition 1.0, 1.1 et 1.2 indiquent respectivement la publication de base, la publication de base incorporant l'amendement 1, et la publication de base incorporant les amendements 1 et 2.

Validité de la présente publication

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la CEI afin qu'il reflète l'état actuel de la technique.

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles dans le Catalogue de la CEI.

Les renseignements relatifs à des questions à l'étude et des travaux en cours entrepris par le comité technique qui a établi cette publication, ainsi que la liste des publications établies, se trouvent dans les documents ci-dessous:

- «Site web» de la CEI*
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement (Catalogue en ligne)*
- **Bulletin de la CEI**
Disponible à la fois au «site web» de la CEI* et comme périodique imprimé

Terminologie, symboles graphiques et littéraux

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 60050: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI).

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera la CEI 60027: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*, la CEI 60417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*, et la CEI 60617: *Symboles graphiques pour schémas*.

* Voir adresse «site web» sur la page de titre.

Numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series.

Consolidated publications

Consolidated versions of some IEC publications including amendments are available. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

Validity of this publication

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology.

Information relating to the date of the reconfirmation of the publication is available in the IEC catalogue.

Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is to be found at the following IEC sources:

- **IEC web site***
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates (On-line catalogue)*
- **IEC Bulletin**
Available both at the IEC web site* and as a printed periodical

Terminology, graphical and letter symbols

For general terminology, readers are referred to IEC 60050: *International Electrotechnical Vocabulary* (IEV).

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications IEC 60027: *Letter symbols to be used in electrical technology*, IEC 60417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets* and IEC 60617: *Graphical symbols for diagrams*.

* See web site address on title page.

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
413**

Première édition
First edition
1972-01

**Méthodes d'essai pour la mesure
des propriétés physiques des matières de balais
pour machines électriques**

**Test procedures for determining
physical properties of brush materials
for electrical machines**

© IEC 1972 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

No part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from the publisher.

International Electrotechnical Commission
Telefax: +41 22 919 0300

3, rue de Varembeé Geneva, Switzerland
e-mail: inmail@iec.ch IEC web site <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

S

*Pour prix, voir catalogue en vigueur
For price, see current catalogue*

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4
Articles	
101 et 102. Généralités	6-8
201 à 206. Masse volumique et porosité	10-14
301 à 303. Dureté	16-22
401 à 403. Résistivité	24-30
501. Résistance à la flexion	32
601. Taux de cendres: généralités	34

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60413:1972

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
Clauses	
101 and 102. General	7-9
201 to 206. Density and porosity	11-15
301 to 303. Hardness	17-23
401 to 403. Resistivity	25-31
501. Transverse strength	33
601. Ash content: general	35

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60413:1972

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

MÉTHODES D'ESSAI POUR LA MESURE DES PROPRIÉTÉS PHYSIQUES
DES MATIÈRES DE BALAIS POUR MACHINES ÉLECTRIQUES

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 3) Dans le but d'encourager l'unification internationale, la CEI exprime le vœu que tous les Comités nationaux adoptent dans leurs règles nationales le texte de la recommandation de la CEI, dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Toute divergence entre la recommandation de la CEI et la règle nationale correspondante doit, dans la mesure du possible, être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

PRÉFACE

La présente recommandation a été établie par le Sous-Comité 2F: Dimensions des balais de charbon, des porte-balais, des collecteurs et des bagues, du Comité d'Etudes N° 2 de la CEI: Machines tournantes.

Un premier projet fut discuté lors des réunions tenues à New Delhi en 1960, à Bucarest en 1962, à Aix-les-Bains en 1964, à Tokyo en 1965, à Baden-Baden en 1967, à Londres en 1968 et à Washington en 1970. A la suite de cette dernière réunion, un projet révisé fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en février 1971.

Les pays suivants se sont prononcés explicitement en faveur de la publication:

Afrique du Sud	Inde
Allemagne	Israël
Australie	Japon
Autriche	Pays-Bas
Belgique	Pologne
Corée (République	Portugal
démocratique populaire de)	Royaume-Uni
Danemark	Suède
Etats-Unis d'Amérique	Suisse
Finlande	Turquie
France	Union des Républiques
Hongrie	Socialistes Soviétiques

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**TEST PROCEDURES FOR DETERMINING PHYSICAL PROPERTIES
OF BRUSH MATERIALS FOR ELECTRICAL MACHINES**

FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters, prepared by Technical Committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 3) In order to promote international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees should adopt the text of the IEC recommendation for their national rules in so far as national conditions will permit. Any divergence between the IEC recommendations and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.

PREFACE

This recommendation has been prepared by Sub-Committee 2F: Dimensions of carbon brushes, brush-holders, commutators and slip-rings, of IEC Technical Committee No. 2: Rotating Machinery.

A first draft was discussed at the meetings held in New Delhi in 1960, in Bucharest in 1962, in Aix-les-Bains in 1964, in Tokyo in 1965, in Baden-Baden in 1967, in London in 1968 and in Washington in 1970. As a result of this latter meeting, a revised draft was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in February 1971.

The following countries voted explicitly in favour of publication:

Australia	Netherlands
Austria	Poland
Belgium	Portugal
Denmark	South Africa
Finland	Sweden
France	Switzerland
Germany	Turkey
Hungary	Union of Soviet
India	Socialist Republics
Israel	United Kingdom
Japan	United States
Korea (Democratic People's	of America
Republic of)	

MÉTHODES D'ESSAI POUR LA MESURE DES PROPRIÉTÉS PHYSIQUES DES MATIÈRES DE BALAIS POUR MACHINES ÉLECTRIQUES

101. Objet

Les propriétés déterminées par ces essais caractérisent les matières mêmes des balais et non leur fonctionnement sur une machine électrique.

Les valeurs des propriétés physiques publiées dans les catalogues, etc., doivent être déterminées à partir des méthodes expérimentales décrites dans les présentes recommandations.

Le but des différentes sections de cet ensemble de recommandations est de fournir des méthodes normalisées pour la détermination des propriétés suivantes, caractérisant les matières de balais:

- Masse volumique et porosité;
- Dureté;
- Résistivité;
- Résistance à la flexion;
- Taux de cendres.

Certaines méthodes expérimentales conviennent pour le contrôle de la qualité de la production, d'autres seulement pour des recherches plus poussées, utilisant des techniques de laboratoire précises.

Il faut se rappeler que les matières de balais sont généralement fragiles et poreuses et que, par conséquent, il n'est pas surprenant que leurs propriétés physiques varient beaucoup plus que les propriétés correspondantes des métaux.

Les éprouvettes utilisées pour ces essais doivent être représentatives du lot de matière contrôlé, en utilisant une procédure ou une technique de prélèvement d'éprouvettes reconnue et/ou approuvée.

102. Epreuve

Certaines propriétés doivent être déterminées sur une éprouvette normalisée ayant les dimensions indiquées ci-dessous. Lorsqu'on découpe l'éprouvette dans le bloc de matière, il est nécessaire (afin d'obtenir une valeur correcte lorsqu'on mesure la dureté et la résistance à la flexion) que les dimensions (voir les figures 1 et 2) — épaisseur p , largeur w et longueur l — aient une position bien déterminée par rapport à la direction de compression ou à l'axe d'extrusion. La longueur l doit être perpendiculaire à la direction de compression des plaques comprimées et parallèle à l'axe d'extrusion des blocs extrudés. Lorsqu'il s'agit de matières de structure laminée, l'épaisseur p doit être perpendiculaire au laminage (parallèle à la direction de compression).

Les dimensions $p \times w \times l$ de l'éprouvette normalisée doivent être les suivantes:

- $10 \times 10 \times 64$ mm;
- ou
- $4 \times 8 \times 32$ mm.

Lorsque c'est possible, une éprouvette peut être découpée dans un balai usiné.

TEST PROCEDURES FOR DETERMINING PHYSICAL PROPERTIES OF BRUSH MATERIALS FOR ELECTRICAL MACHINES

101. Scope

The properties determined by these tests are inherent in the brush materials themselves as distinct from performance characteristics in operation on electrical equipment.

Values of physical properties published in catalogues, etc., shall be based upon test methods, given in these recommendations.

The purpose of the different sections in these recommendations is to provide a uniform procedure for determining the following properties of brush materials:

- Density and porosity;
- Hardness;
- Resistivity;
- Transverse strength;
- Ash content.

Some test methods are suitable for use in production quality control, others only for more thorough investigations, using precise laboratory techniques.

It should be kept in mind that since brush materials are generally brittle, porous materials, it is reasonable that their properties vary much more than the same properties in metals.

Samples used for these tests must be representative of the batch of material involved using a recognized and/or agreed sampling procedure or technique.

102. Test specimen

Some of the properties are to be determined on a standard test specimen (sample) with dimensions as given below. When the test specimen is cut from brush block material, it is necessary (in order to obtain a correct value when measuring the hardness and the transverse strength) that the dimensions (see figures 1 and 2) — thickness p , width w and length l — have a definite relation to the direction of pressing pressure or axis of extrusion. The length l must be perpendicular to the direction of compression for pressed blocks and must be along the axis of extrusion for extruded blocks. On brush material of laminated structure, the thickness p must be perpendicular to the lamination (parallel to the direction of compression).

The dimensions $p \times w \times l$ of the standard test specimen should be:

$10 \times 10 \times 64$ mm;

or

$4 \times 8 \times 32$ mm.

Where practicable, a test specimen may be cut from a manufactured brush.

Relations entre les dimensions p , w et l de l'éprouvette et la direction de la compression ou de l'axe d'extrusion.

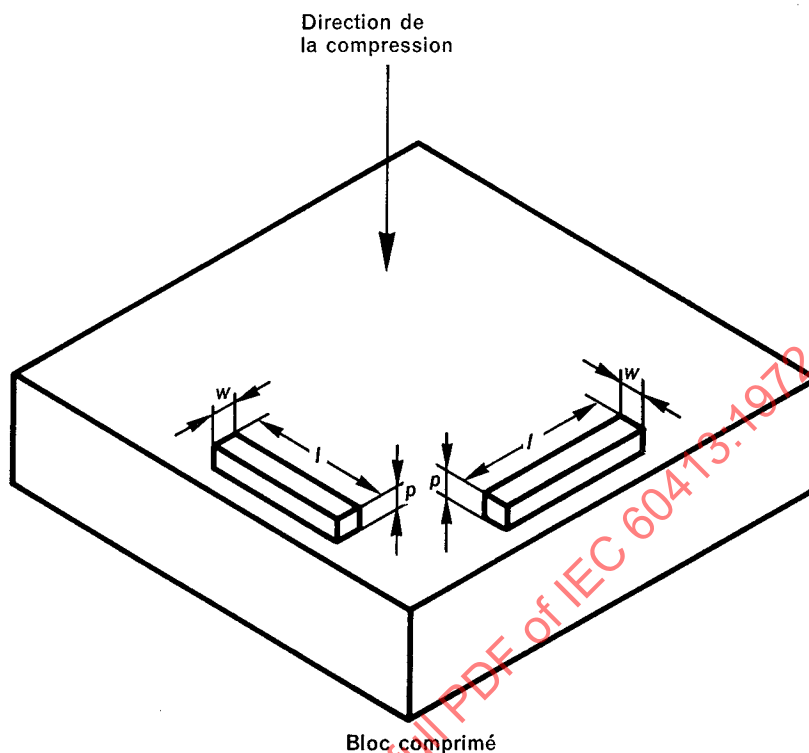


FIGURE 1

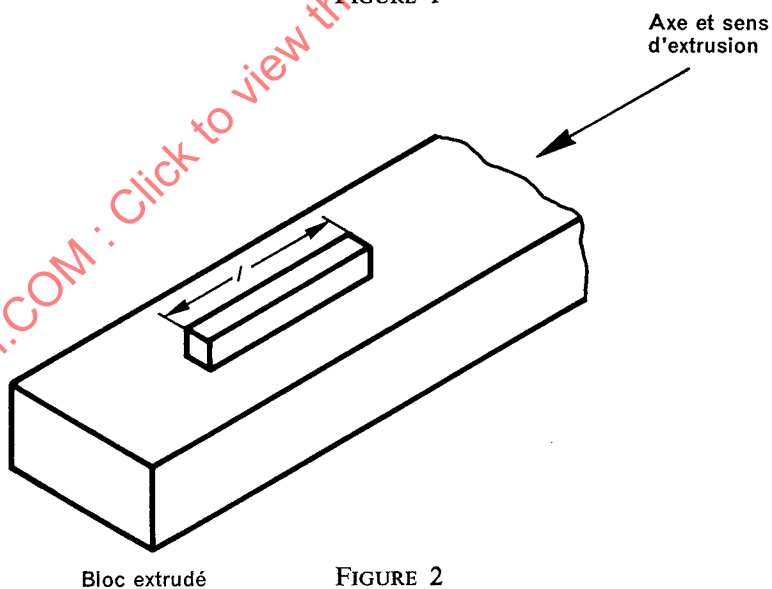


FIGURE 2

Dans les cas où il n'est pas possible de découper une éprouvette de dimensions normalisées dans un balai usiné, les dimensions doivent être déterminées d'un commun accord entre l'utilisateur et le fabricant. Des précautions doivent être prises lorsque l'on essaie des éprouvettes de dimensions inférieures car, en raison des difficultés de manipulation, les écarts peuvent être grands.

Toutes les surfaces contiguës doivent former entre elles des angles droits. L'éprouvette doit être usinée avec l'état de surface habituel pour les balais en charbon et, en particulier, doit être exempte de toutes traces de croûtes de moulage ou d'extrusion.

*Relations between dimensions p , w and l of test specimen
and direction of pressing pressure or direction of extrusion*

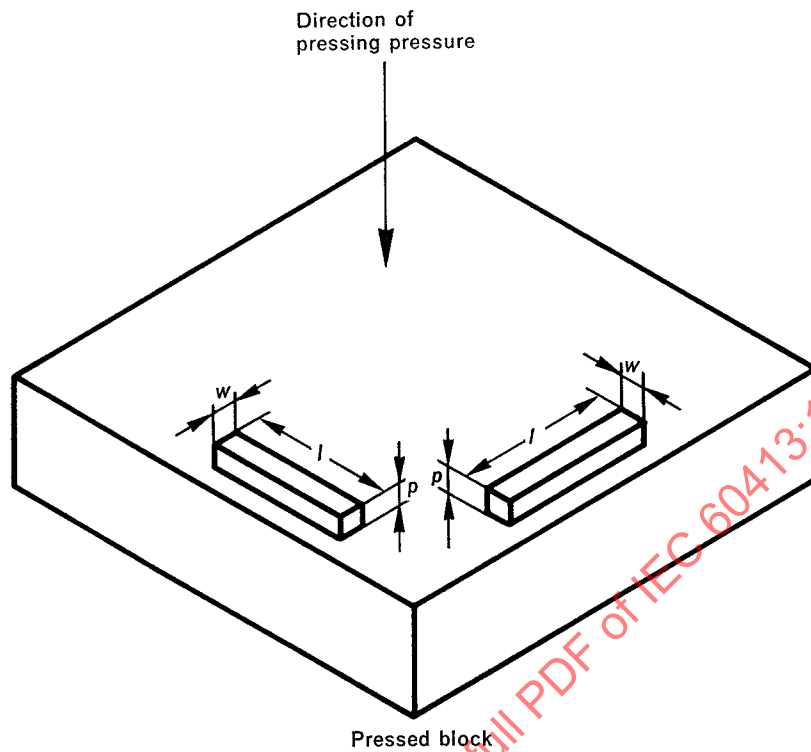


FIGURE 1

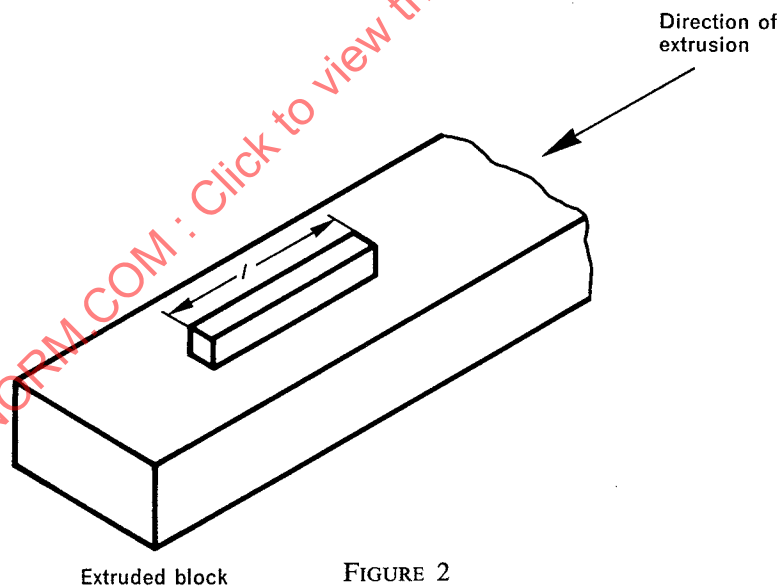


FIGURE 2

In cases where it is not possible to cut a standard size test specimen from a manufactured brush, the size should be a matter of agreement between the user and the manufacturer. Caution should be used in testing smaller size pieces as the deviation may be great, due to difficulty in handling.

All adjacent surfaces must be at right angles. The specimen should be carefully machined to the surface finish normally used for carbon brushes. All traces of any die skin or extrusion skin should be removed.

La tolérance pour les dimensions p et w est de $\pm 0,04$ mm et pour la dimension l de $\pm 0,8$ mm.

Quand il y a beaucoup d'éprouvettes à contrôler, notamment pour la mesure de la masse volumique, il est commode d'appliquer à la dimension l la même tolérance $\pm 0,04$ mm qu'à p et w .

Afin d'assurer un bon équerrage, le faux équerre des angles de la section $p \times w$ doit être de $\pm 15'$. Le parallélisme, défini par la différence des distances des deux côtés opposés de toute section perpendiculaire à la dimension l , doit être inférieur à 0,04 mm.

201. Masse volumique et porosité : généralités

Le charbon artificiel est une matière essentiellement poreuse et, pour cette raison, la masse volumique apparente et la porosité apparente sont utiles au fabricant de produits carbonés pour le contrôle de ses produits.

202. Désignations et définitions

Nous utiliserons les symboles suivants:

- m = masse de l'éprouvette (sèche) [en g]
- V_b = volume de la matière (y compris les pores ouverts et fermés) [en cm³]
- V_o = volumes des pores ouverts de l'éprouvette [en cm³]
- δ_b = masse volumique « apparente » [en g/cm³]
- P_s = porosité « apparente » [en pourcentage]
- d = diamètre [en mm]

La masse volumique apparente est alors définie par l'équation suivante:

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

La porosité apparente est définie par la formule suivante:

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

203. Méthodes pour déterminer la masse volumique apparente et la porosité

La masse volumique δ_b peut être déterminée par une des méthodes normalisées suivantes:

- 204. Méthode par mesure des dimensions et pesée;
- 205. Méthode par immersion;
- 206. Méthode par absorption d'huile.

La porosité P_s peut être déterminée à l'aide de la méthode par absorption d'huile.

La première de ces méthodes — méthode par mesure des dimensions et pesée — convient pour le contrôle de la qualité de la production et doit être utilisée de préférence. La méthode par immersion peut être considérée comme une alternative et peut être utilisée lorsque la première méthode est inapplicable ou ne convient pas. La méthode par absorption d'huile est indiquée pour être utilisée en laboratoire.

Toutes ces méthodes donnent trois chiffres significatifs exacts, ce qui est suffisamment précis pour le contrôle de ces propriétés, les produits en carbone ayant une dispersion bien supérieure à celle des métaux.

Note. — La méthode par absorption d'huile peut donner des valeurs sujettes à caution pour des matériaux dont la porosité dépasse 30%.

The tolerance on the dimensions p and w is ± 0.04 mm and the tolerance on the dimension l is ± 0.8 mm.

When a large number of test specimens are concerned and density is one of the properties measured, it is more convenient to apply the tolerance of ± 0.04 mm to dimension l as well as to dimensions p and w .

In order to ensure squareness of the $p \times w$ section, the tolerance for the angles shall be $\pm 15'$. The parallelism defined by the difference between the dimensions of the two opposite sides at any cross-section perpendicular to the l dimension should be within 0.04 mm.

201. Density and porosity: general

Manufactured carbon is an inherently porous material and, therefore, both bulk (i.e. apparent) density and apparent porosity are useful to the manufacturer of carbon products as aids in control.

202. Nomenclature and definitions

The following letter symbols are used:

- m = mass of test specimen (dry) [g]
- V_b = bulk (apparent) volume of material (including accessible and closed pores) [cm³]
- V_o = volume of the accessible pores of the specimen [cm³]
- δ_b = bulk density [g/cm³]
- P_s = apparent porosity [percentage]
- d = diameter [mm]

The bulk density is then defined by the equation:

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

The apparent porosity is defined by the formula:

$$P_s = \frac{V_o}{V_b} \cdot 100.$$

203. Methods for determining the bulk density and porosity

The bulk density δ_b may be determined by one of following standard methods:

- 204. Measurement-and-weight method;
- 205. Immersion method;
- 206. Oil-absorption method.

The porosity P_s may be determined by the oil-absorption method.

The measurement-and-weight method is suitable for production quality control and should preferably be used. The immersion method is considered to be an alternative and may be used in cases where the measurement-and-weight method cannot be applied or is unsuitable. The oil-absorption method is suitable for laboratory use.

All these methods are considered accurate to three significant figures, which is sufficiently accurate for checking these properties, since carbon products vary much more than metals.

Note. — The oil-absorption method may give unreliable values for material with a porosity higher than 30%.

204. Méthode par mesure des dimensions et pesée

204.1 Appareillage et éprouvette

Un micromètre permettant de mesurer l'éprouvette en charbon avec une précision de $\pm 0,01$ mm.

Une balance ou un trébuchet convenant à la pesée de l'éprouvette et ayant une sensibilité de 0,5 % ou plus. (Pour des éprouvettes de petites dimensions, une balance d'une portée de 100 g et d'une sensibilité de $\pm 0,005$ g est tout à fait convenable.)

Une scie ou tout autre outil pour découper l'éprouvette aux dimensions convenables.

Une meule ou tout autre dispositif pour usiner l'éprouvette de telle façon que toutes les faces planes contiguës soient à angle droit.

Une éprouvette conforme aux indications de l'article 102, ou tout autre échantillon rectangulaire ou cylindrique de taille convenable dont les extrémités sont planes et à angle droit par rapport aux côtés.

204.2 Mode opératoire

Avec le micromètre, faire les mesures nécessaires pour le calcul du volume de l'éprouvette. Cela signifie qu'il faut mesurer l'épaisseur, la largeur et la longueur des pièces rectangulaires ou le diamètre et la longueur des pièces cylindriques. Ces mesures doivent être faites à un centième de millimètre près.

Peser l'éprouvette en grammes avec trois chiffres significatifs exacts.

204.3 Calcul

Calculer le volume V_b de l'éprouvette et l'exprimer en cm^3 suivant la formule:

$$V_b = p \times w \times l \quad \text{ou} \quad \frac{\pi d^2}{4} \cdot l.$$

Calculer la masse volumique apparente δ_b à l'aide de la formule suivante:

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

205. Méthode par immersion

205.1 Appareillage et éprouvette

Un récipient d'eau assez grand pour qu'on puisse y plonger l'éprouvette.

Une balance ou un trébuchet comme décrit au paragraphe 204.1.

De la graisse, ou un autre agent imperméable à l'eau, pour en recouvrir l'éprouvette afin d'empêcher l'absorption d'eau.

Un fil pour suspendre l'éprouvette immergée pendant la pesée. Le diamètre du fil ne doit pas dépasser 0,08 mm.

Une éprouvette. Comme cette méthode peut être utilisée pour des éprouvettes de forme irrégulière, aucune préparation n'est nécessaire, mais il faut veiller à ce que l'éprouvette soit propre, sèche et dépourvue de toute substance étrangère, métallique ou autre.

205.2 Mode opératoire

Peser l'éprouvette dans l'air. Déposer sur toutes les surfaces de l'éprouvette une couche aussi fine que possible de graisse ou d'une autre matière imperméable à l'eau. Peser encore une fois l'éprouvette dans l'air. L'accroissement de masse dû à cette couche ne doit pas être supérieur à 1/200. Exprimer le résultat en grammes avec trois chiffres significatifs.

204. Measurement-and-weight method

204.1 *Equipment and test specimen*

Micrometer suitable for measuring the test specimen with an accuracy of ± 0.01 mm.

Scale or balance suitable for weighing the test specimen and having a sensitivity of 0.5% or better. (For specimens of the common small sizes, a balance having a capacity of 100 g and a sensitivity of ± 0.005 g is very suitable.)

Saw or other device for cutting the sample to a suitable size.

Grinding wheel or other device for machining the test specimen so that all adjacent surfaces are at right angles.

The specimen in accordance with Clause 102 or any rectangular or cylindrical sample of a suitable size the ends of which are plane and at right angles to the sides.

204.2 *Test procedure*

Using the micrometer, make the measurements necessary for calculating the volume of the test sample. This means measuring the thickness, width and length of rectangular pieces or the diameter and length of cylindrical pieces. These measurements are to be taken to the nearest hundredth of a millimetre.

Weigh the sample in grammes to three significant figures.

204.3 *Calculations*

Calculate the volume V_b of the sample and express in cm^3 :

$$V_b = p \times w \times l \quad \text{or} \quad \frac{\pi d^2}{4} \cdot l.$$

Calculate the bulk density δ_b in accordance with the following formula:

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

205. Immersion method

205.1 *Equipment and test specimen*

Container of water large enough to immerse the test sample.

Scale or balance in accordance with Sub-clause 204.1.

Grease or other waterproof masking material for coating the sample to prevent the absorption of water.

Thread to suspend sample while it is being weighed during immersion. The diameter of the thread shall not exceed 0.08 mm.

Test specimen. As this method may be used for irregularly-shaped samples, no preparation is necessary beyond making sure that the sample is clean, dry and free from extraneous metal or foreign material.

205.2 *Test procedure*

Weigh the sample in air. Coat as thinly as possible all surfaces of the sample with grease or other waterproof masking material. Weigh the sample in air again. The increase due to the coating should not exceed one part in 200. Express the result in grammes to three significant figures.

Suspendre l'éprouvette par un fil attaché à la balance. Plonger l'éprouvette complètement dans l'eau en prenant soin de chasser toutes les bulles d'air, et peser pendant que l'éprouvette est immergée. Utiliser la longueur de fil la plus courte possible.

205.3 Calcul

Lorsque l'éprouvette est pesée dans l'air, la force qui s'y exerce (due à la pesanteur) est égale à G_a . Lorsque l'éprouvette est plongée dans l'eau, la force due à la pesanteur qui s'exerce sur elle est toujours égale à G_a , mais l'éprouvette est en même temps sollicitée, d'après le principe d'Archimède, par une autre force $\gamma_w \cdot V_b$ (où γ_w est le poids spécifique de l'eau et V_b le volume de l'éprouvette), de sorte que le poids mesuré dans l'eau est égal à :

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

mais

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

et

$$\gamma_w = g \cdot \delta_w$$

où g est l'accélération de la pesanteur et δ_w la densité de l'eau. Ainsi, nous avons :

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

ou

$$\delta_b = \delta_w \frac{G_a}{G_a - G_t}$$

La valeur de δ_w est très proche de 1.

206. Méthode par absorption d'huile

206.1 Appareillage et éprouvette

Une balance comme décrit au paragraphe 204.1.

Un densimètre pouvant mesurer les densités entre 0,800 et 0,900 à 20 °C, gradué en millièmes.

Un densimètre cylindrique.

Un thermomètre pouvant mesurer les températures entre -10 °C et +100 °C.

Un bécet à large goulot, d'une capacité de 1 000 cm³.

Un dessiccateur à vide ou une cloche à vide.

Une pompe à vide capable de produire une pression absolue de 20 mm de mercure (environ 25 mb).

Un bain d'eau maintenu à une température inférieure à 20 °C.

De l'huile minérale de qualité SAE 10 (24-32 cSt à 50 °C) ou du kérosène.

Une scie ou tout autre outil pour découper l'éprouvette à la taille convenable.

Une meule ou autre appareil pour léger chanfreinage.

On utilise des éprouvettes de 25 à 100 g. Si l'éprouvette provient d'une pièce comportant à l'origine des accessoires métalliques ou qui était recouverte d'un métal, toutes ces matières étrangères doivent être enlevées. Toutes les surfaces doivent être meulées jusqu'à un poli raisonnable, de telle sorte qu'il ne reste ni barbes ni arêtes vives pouvant s'écailler pendant l'essai. En général, les qualités métal-graphite ainsi que les matériaux très denses doivent être mesurés sur éprouvettes de dimensions plus grandes que celles qui servent pour la mesure des densités des autres matières de balais.

206.2 Mode opératoire

Si l'éprouvette ne pèse pas plus de 100 g, la peser dans l'air avec trois chiffres significatifs; si elle pèse plus de 100 g, la peser avec une précision d'au moins 1/200.

Suspend the sample by a piece of thread from the balance. Immerse it completely in water, taking care to remove all air bubbles, and weigh it while it is thus immersed. Use the minimum possible length of thread.

205.3 Calculations

When weighed in air, the force on the sample (due to gravity) is G_a . When the sample is immersed in water, the force on it (due to gravity) is also G_a , but, according to Archimedes' principle, another force $\gamma_w \cdot V_b$ (where γ_w is the specific weight of water and V_b is the volume of the sample) is also acting on the sample so that the weight measured in water is:

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

but

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

and

$$\gamma_w = g \cdot \delta_w$$

where g is the acceleration due to gravity and δ_w is the density of the water. Thus:

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

or

$$\delta_b = \delta_w \frac{G_a}{G_a - G_l}.$$

The value of δ_w is very close to 1.

206. Oil-absorption method

206.1 Equipment and test specimen

Scale or balance in accordance with Sub-clause 204.1.

Hydrometer having a specific gravity range of 0.800 to 0.900 at 20 °C and graduated to 0.001.

Hydrometer cylinder.

Thermometer having a range of -10 °C to +100 °C.

Beaker having a wide mouth and a capacity of 1 000 cm³.

Vacuum desiccator or bell jar.

Vacuum pump capable of developing an absolute pressure of 20 mm of mercury (about 25 mb).

Water bath held at a temperature below 20 °C.

Petroleum oil grade SAE-10 (24-32 cSt at 50 °C) or kerosene.

Saw or other device for cutting the sample to a suitable size.

Grinding wheel or other device for smoothing off rough edges.

A test specimen with a weight of 25 to 100 g. If the sample is taken from a piece which originally had metal fittings, plating, etc., all such foreign material is to be removed. All surfaces must be ground to reasonable smoothness so that there are no burrs or sharp edges to chip off during the test. In general, metal-graphite grades and very dense materials should be tested in samples larger than those taken from other brush materials.

206.2 Test procedure

Weigh the sample in air to three significant figures for samples weighing up to 100 g, or to an accuracy of 1 in 200 or better for samples weighing more than 100 g.

Introduire l'éprouvette et un thermomètre dans le b cher, relier la pompe au b cher et réduire la pression progressivement jusqu'à 20-60 mm de mercure (environ 25 à 80 mb).

Sans détruire le vide, introduire graduellement de l'huile ou du kérosène, chauffé préalablement à 70  C, dans le b cher jusqu'à ce que l'éprouvette soit complètement recouverte d'huile.

Maintenir la pression à 20-60 mm de mercure (environ 25 à 80 mb) jusqu'à ce que l'éprouvette cesse d'émettre des bulles d'air.

Refroidir le b cher et son contenu au-dessous de 20  C dans un bain d'eau. Retirer le b cher du bain et attendre que la température remonte à 20  C.

Arrivé à ce point de l'opération, retirer l'éprouvette de l'huile et l'essuyer soigneusement.

Peser dans l'air l'éprouvette imprégnée d'huile jusqu'à trois chiffres exacts ou d'au moins 1/200. Noter ce poids désigné par G_2 .

Verser l'huile du b cher dans le cylindre du densimètre, amener sa température à 20  C et lire la densité. Noter cette valeur, désignée par δ_o .

Peser l'éprouvette imprégnée d'huile immergée dans l'eau comme décrit au paragraphe 205.2. Noter ce poids, désigné par G_3 .

206.3 Calcul

Le poids de l'huile absorbée est égal à $G_o = G_2 - G_a$. Ainsi le volume d'huile absorbée est égal à $V_o = \frac{G_o}{\delta_o}$. Suivant des calculs analogues à ceux du paragraphe 205.3, la densité apparente δ_o peut être obtenue à l'aide de la formule:

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

et la porosité par la formule:

$$P_s = \frac{V_o}{V_b} \cdot 100.$$

301. Dureté: généralités

Il y a deux méthodes différentes couramment utilisées pour la détermination de la dureté des matières de balais:

302. Méthode par rebondissement;

303. Méthode par pénétration.

Il faut se rappeler qu'il n'y a pas de rapport entre la dureté d'une matière de balais et son pouvoir abrasif.

Il est évident que les résultats obtenus avec une certaine méthode ne peuvent être contrôlés qu'avec des résultats obtenus avec la même méthode, et ne peuvent être normalisés que par rapport à des normes équivalentes.

Les valeurs de dureté mesurées sur balais individuels ne peuvent être comparées avec celles qui sont prises sur d'autres balais ou sur des blocs de matière que si la direction de compression (ou de l'extrusion) est la même.

302. Méthode par rebondissement

Cette méthode expérimentale convient au contrôle de la qualité de la production, en particulier si la matière n'est pas trop tendre.

Place the sample and a thermometer in the beaker, connect the pump to the beaker and reduce the pressure gradually to 20-60 mm of mercury (about 25-80 mb).

Without breaking the vacuum, gradually introduce oil or kerosene, preheated to 70 °C, into the beaker so that the sample is covered completely with oil.

Maintain the pressure at 20 to 60 mm of mercury (about 25-80 mb) until the sample stops emitting bubbles.

Cool the beaker and its contents to below 20 °C in the water bath. Remove the beaker from the bath and allow the temperature to rise to 20 °C.

At this point, remove the sample from the oil and wipe it dry.

Weigh the oil-impregnated sample in air to three significant figures or to 1 in 200 or better. Record this weight as G_2 .

Pour the oil from the beaker into the hydrometer cylinder, bring its temperature up to 20 °C and read its specific gravity. Record this value as δ_o .

Weigh the oil-impregnated sample submerged in water as described in Sub-clause 205.2. Record this weight as G_3 .

206.3 Calculations

The weight of the oil absorbed is $G_o = G_2 - G_a$. Thus the volume of oil absorbed is $V_o = \frac{G_o}{\delta_o}$. In analogy with the calculations in Sub-clause 205.3, the bulk density δ_b can be obtained as:

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

and the porosity

$$P_s = \frac{V_o}{V_b} \cdot 100.$$

301. Hardness: general

There are two different methods in general use for determining the hardness of brush materials:

302. Rebound method;

303. Indentation method.

It should be kept in mind that there is no general relation between the hardness of a brush material and the abrasiveness of the same material.

It is recognized that results obtained for a particular test method can be checked only against results obtained by the same method and standardized against equivalent standards.

The values of hardness measured on individual brushes may not be comparable to those taken on other brushes, or on brush blocks, unless the direction of pressing (or of extrusion) is the same.

302. Rebound method

This test method is suitable for production quality control, especially if the material to be tested is not very soft.

302.1 Appareillage et éprouvette

Un scléroscope, modèle SHORE C2 ou modèle équivalent, équipé d'un marteau spécial pour l'essai des matières de balais.

Note. — Le marteau et ses accessoires doivent répondre aux conditions suivantes :

- a) Masse $2,2 \text{ g} \pm 5 \%$;
- b) Diamètre extérieur $5,94 \begin{smallmatrix} + 0,013 \\ 0 \end{smallmatrix} \text{ mm}$;
- c) Longueur totale de 20,7 à 21,4 mm ;
- d) Jeu entre marteau et tube de 0,19 à 0,31 mm en haut du tube et de 0,04 à 0,08 mm au fond du tube ;
- e) Hauteur de laquelle tombe le marteau : $251,21 \begin{smallmatrix} + 0,13 \\ - 0,38 \end{smallmatrix} \text{ mm}$;
- f) L'extrémité du marteau doit être un diamant de forme ovale et logée dans un trou conique dans le corps du marteau. Le corps doit être en acier à outils trempant à l'eau, contenant environ 1,2 % de carbone et doit être soumis, après l'insertion du diamant, à une trempe suivie d'un revenu. A la surface de contact, le diamant doit avoir une courbure de $1,32 \text{ mm} \pm 5 \%$, mesurée sur un arc de longueur 0,61 mm.

L'éprouvette peut avoir la grandeur indiquée à l'article 102 ou toute autre grandeur convenable. La pièce que l'on veut mesurer doit être « épidermée » et avoir une surface usinée, lisse, sans défauts ni impuretés, ni grains d'abrasifs, ni autres substances étrangères. Une pièce rectangulaire doit avoir au moins deux surfaces parallèles. Une pièce circulaire doit avoir un diamètre parfaitement constant, sinon le marteau frapperait l'éprouvette obliquement et il en résulterait de fausses lectures. Lorsqu'on utilise des pièces circulaires, il est préférable d'usiner deux surfaces planes parallèles afin d'améliorer la précision de l'essai.

302.2 Mise en place de l'instrument de mesure

Placer l'instrument sur un support fixe.

Mettre l'instrument de niveau.

Vérifier si le fil à plomb sur le devant de l'instrument peut se balancer librement dans l'anneau.

Vérifier l'étalonnage de l'instrument en utilisant des éprouvettes de référence préparées à l'avance.

Disposer l'enclume pour l'éprouvette.

Si l'éprouvette a une section circulaire et qu'il est impossible d'usiner des surfaces parallèles plates convenables, utiliser l'enclume en V. Si l'éprouvette a une section rectangulaire, utiliser l'enclume plate de base, qui fait partie de l'instrument.

Note. — Tenir les enclumes propres. Nettoyer les enclumes avec un chiffon doux. Si l'on utilise une enclume en V, essuyer l'enclume plate et la surface opposée de l'enclume en V avant de les juxtaposer. Des poussières entre les deux enclumes causeraient des erreurs de lecture.

302.3 Essai de dureté

Poser l'éprouvette sur l'enclume appropriée, de telle façon que l'impact du marteau soit dirigé suivant la direction de compression dans le cas de matières moulées pour balais et perpendiculairement à l'axe d'extrusion pour les matières extrudées.

Abaisser le tube contre l'éprouvette et le tenir fermement pendant l'essai.

Lâcher le marteau et lire la hauteur du rebondissement.

Si possible, la dureté est mesurée en cinq points sur chacune des deux faces opposées de l'éprouvette.

Pour éviter que des lectures anormalement basses puissent fausser le résultat, il faut écarter la lecture la plus basse dans chacune des deux séries de cinq lectures. La moyenne des huit lectures restantes est représentative de la dureté de l'éprouvette.

302.1 *Equipment and test specimen*

Scleroscope, SHORE model C2 or the equivalent, equipped with a special hammer for testing brush material.

Note. — The hammer and its components should be as follows:

- a) Mass: $2.2 \text{ g} \pm 5\%$;
- b) Outside diameter: $5.94 \begin{smallmatrix} + 0.013 \\ 0 \end{smallmatrix} \text{ mm}$ ($0.234 \begin{smallmatrix} + 0.0005 \\ 0 \end{smallmatrix} \text{ inch}$);
- c) Overall length: 20.7 to 21.4 mm (0.815 to 0.840 inch);
- d) Clearance between hammer and tube. At the top tube: 0.19 to 0.31 mm (0.0075 to 0.012 inch); at the bottom of the tube: 0.04 to 0.08 mm (0.0015 to 0.003 inch);
- e) Height from which hammer falls: $251.21 \begin{smallmatrix} + 0.13 \\ - 0.38 \end{smallmatrix} \text{ mm}$ ($9.890 \begin{smallmatrix} + 0.005 \\ - 0.015 \end{smallmatrix} \text{ inch}$);
- f) The tip of the hammer is to be a diamond, oval in shape and driven into a tapered hole in the hammer body. The body is to be water hardening drill-rod containing approximately 1.2% of carbon and is to be hardened and tempered after insertion of the diamond. Measured at the contact surface, the diamond is to have a curvature of $1.32 \text{ mm} \pm 5\%$ ($0.052 \text{ inch} \pm 5\%$), measured over a 0.61 mm (0.024 inch) long arc.

The test specimen may be of a size indicated in Clause 102, or any other convenient size. The piece to be tested should have the skin removed, and the surface should be machined smooth and free from defects, dirt, grit or other foreign material. A rectangular piece should have at least two parallel surfaces. A circular piece should have a uniform diameter, otherwise the hammer will strike the piece a glancing blow and false readings will result. Preferably, and if permissible, when testing circular pieces, two parallel flat surfaces should be machined to facilitate accurate testing.

302.2 *Setting up the instrument*

Place the instrument on a firm support.

Level up the instrument.

Check that the “plumb bob” on the front of the instrument can swing freely in the ring.

Check the calibration of the instrument using previously prepared reference samples.

Prepare the anvil for the test piece.

If the test piece is circular in cross-section and suitable parallel flat surfaces cannot be machined, use the vee block anvil. If the test piece is rectangular in cross-section, use the basic flat anvil (which is part of the instrument proper).

Note. — Keep the anvils clean. Wipe dust and dirt particles off the anvils with a soft lintless cloth. When a vee block anvil is used, wipe the flat anvil and the mating surface of the vee block anvil clean before placing them together. Dirt particles between the two anvils would cause false readings.

302.3 *Making the hardness test*

Place the piece on the appropriate anvil so that the hammer impact is applied in the direction of the pressing pressure in the case of brush block materials and perpendicular to the axis of extrusion for extruded materials.

Lower the tube against the test piece and hold it firmly while the test is being made.

Release the hammer, and read the height of the rebound.

If possible, measure the hardness at five points on each side of the test specimen.

To avoid random low readings giving a false result, disregard the lowest readings in each of the two groups of five readings. The average of the eight remaining readings is taken as being representative of the hardness of the specimen.

303. Méthode par pénétration

Cette méthode convient au contrôle de la qualité de la production.

L'essai consiste à forcer une bille dans la surface d'une éprouvette en deux opérations et à mesurer l'augmentation permanente de la profondeur de l'empreinte de cette bille dans des conditions bien déterminées (voir la figure 3, page 22).

La dureté peut être mesurée directement sur des balais terminés :

1. dans le cas où le balai n'est pas cuivré et où les dimensions t , a et r (comme défini dans la Publication 136-1 de la CEI) sont toutes les trois au moins égales à 10 mm;
2. dans le cas où le balai est cuivré et où a et t sont au moins égales à 10 mm et où, en même temps, la partie non cuivrée de r est également au moins égale à 10 mm.

Les mesures effectuées sur un petit échantillon peuvent être sujettes à erreur à cause des fissurations, des écrasements et des déformations possibles.

Pour tous les autres balais, la mesure de la dureté doit être faite sur le bloc lui-même avant découpage des balais.

303.1 Appareillage et éprouvette

Un appareil de mesure pour la dureté Rockwell (pénétromètre) équipé pour différentes charges F_0 , F_1 et F comme indiqué ci-après. L'appareil doit comporter un dispositif amortisseur (dashpot) pour empêcher que la charge soit appliquée brutalement; il faut le régler de façon que la charge, au cours de l'essai de dureté, s'accroisse de F_0 à $F = F_0 + F_1$ dans un temps de 2 à 8 secondes (Recommandation ISO R 80).

Une bille en acier poli, d'un diamètre de D mm. Les tolérances admises pour le diamètre ne doivent pas dépasser celles prévues dans les Recommandations ISO pour le degré j6. La bille doit avoir une dureté Vickers d'au moins 850 (en tenant compte de la courbure de la bille au cours de l'essai); elle doit être polie et dépourvue de défauts de surface. Toute bille ayant, après l'essai, une déformation supérieure à la tolérance indiquée ci-dessus ou un défaut de surface quelconque doit être éliminée, et la mesure correspondante écartée.

Une jauge de profondeur pour mesurer l'augmentation permanente de la profondeur de pénétration. Cette jauge doit posséder un cadran à échelle uniforme allant de 0 à 130, la distance entre les divisions 30 et 130 devant correspondre à une profondeur de pénétration de 0,200 mm, c'est-à-dire que l'unité de l'échelle est égale à 0,002 mm. La jauge doit être précise à $\pm 0,001$ mm.

Un support rigide pour l'éprouvette. L'éprouvette doit répondre aux prescriptions de l'article 102 ou alors présenter deux surfaces parallèles et de dimensions convenables. Avant l'essai de dureté, il faut examiner l'éprouvette pour s'assurer qu'elle ne comporte ni fissures ni défauts de surface. La surface en contact avec le support et la surface d'essai doit être propre et dépourvue de substances étrangères. Lorsque l'essai de dureté est effectué sur bloc pour balais, il faut vérifier que les deux faces parallèles sont usinées avec soin et qu'elles présentent l'état de surface habituel des balais de carbone.

Note. — Après chaque changement de la bille ou du support, il faut vérifier que la nouvelle bille (ou le nouveau support) est correctement montée dans son logement.

Pendant la durée de l'essai, l'appareil doit être protégé des chocs ou des vibrations.

303.2 Mode opératoire

L'essai est effectué à la température ambiante.

Il est important que l'éprouvette soit bien en contact avec le support, de telle sorte qu'aucun déplacement ne puisse se produire pendant l'essai. Sauf avis contraire, l'éprouvette doit être placée de telle sorte que la direction de la charge pendant l'essai de dureté coïncide avec la direction de la force de compression dans le cas d'une matière comprimée ou bien soit perpendiculaire à l'axe d'extrusion pour des matières extrudées.

303. Indentation method

This test method is suitable for production quality control.

The test consists in forcing a ball into the surface of a test piece in two operations and measuring the permanent increase of the depth of indentation of this ball under specified conditions (see figure 3, page 23).

The hardness may be measured directly on manufactured brushes if:

1. The brush is not coppered and t , a and r (as defined in IEC Publication 136-1) are at least 10 mm; or
2. The brush is coppered and a and t are at least 10 mm and at the same time the part of r that is not coppered is at least 10 mm.

Measurements taken on a smaller specimen may be subject to error, due to possible effects of cracking, crushing and deformation.

For all other brushes, the measurement of the hardness is to be made on the brush block material before the brushes are cut to size.

303.1 Equipment and test specimen

Rockwell hardness test apparatus (penetrometer) with equipment for different loads F_0 , F_1 and F as given below. A device (such as a dashpot) should be incorporated to prevent the load from being applied suddenly; it should be adjusted so that, during the hardness test, the load increases from F_0 to $F = F_0 + F_1$ within 2 to 8 seconds (ISO Recommendation R 80).

Ball indenter made of polished material and having a diameter of D mm. No diameter of the ball should differ from the nominal diameter by more than the value corresponding to grade j_6 of the ISO System. The ball should have a Vickers hardness of at least 850 (taking into account the curvature of the ball, when testing); it should be polished and free from surface defects. Any ball showing any deformation after the test greater than the tolerance specified above, or any surface defect, should be rejected and the corresponding test discarded.

Indicator (depth gauge) for measuring the permanent increase of depth of indentation. The indicator is to have a uniform dial scale reading from 0 to 130 where the distance between the scale divisions 30 and 130 should correspond to a depth of indentation of 0.200 mm, i.e. one scale unit corresponds to 0.002 mm. The indicator should be accurate to ± 0.001 mm.

Rigid support for the test piece. Test specimen shall be in accordance with Clause 102 or any sample of a suitable size with two parallel surfaces. Before the hardness test, the sample should be inspected to ensure that there are no cracks or other surface defects. The surface in contact with the support and the surface to be tested should be clean and free from foreign matter. When a hardness test is made on brush block material, it should be checked that the two parallel surfaces are carefully machined to the surface finish normally used for carbon brushes.

Note. — After each change or removal and replacement of the ball penetrator or the support, it should be ascertained that the new penetrator (or the new support) is correctly mounted in its housing.
Throughout the test, the apparatus should be protected from shock or vibration.

303.2 Test procedure

The test is carried out at ambient temperature.

It is important that the sample lies firmly on the support so that displacement cannot occur during the test. Unless otherwise agreed, the sample should be placed so that the direction of the load during the hardness test will be applied in the direction of pressing pressure in the case of brush block materials and perpendicular to the axis of extrusion for extruded materials.

Choisir le point de l'empreinte de telle façon que la distance entre les centres de deux empreintes voisines ou bien entre le centre d'une empreinte quelconque et une arête de l'éprouvette ou une cavité quelconque soit au moins égale, sauf spécification contraire, au diamètre de la bille ou à 2,5 fois le diamètre de l'empreinte.

Choisir une combinaison convenable pour le diamètre D de la bille, la charge préliminaire F_0 et la charge additionnelle F_1 suivant les indications ci-après:

Combinaison 1: pour matières au graphite naturel;

Combinaison 2: pour matières métal-graphite;

Combinaisons 3, 4 et 5: pour matières métal-graphite, électrographitées et charbons durs.

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

* Ces combinaisons devraient être évitées dans la mesure du possible.

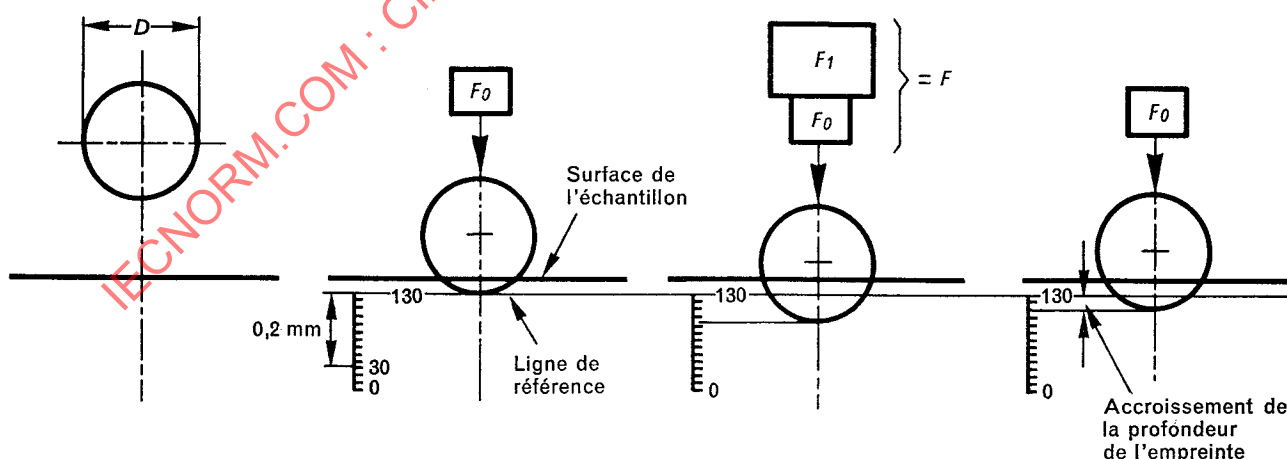
Conformément à la pratique établie par l'Organisation internationale de normalisation (ISO), les charges de tous les essais de dureté sont exprimées en kgf. Cette décision a été prise du fait qu'il n'est pas possible de changer en daN les charges de toutes les machines d'essais de dureté.

Si aucune des combinaisons ci-dessus ne donne de lectures valables, on utilisera une bille d'une taille différente et on le mentionnera dans le rapport d'essai. Dans ce cas, une bille de 5 mm de diamètre sera utilisée de préférence avec les combinaisons de charges données dans le tableau.

Amener la bille contre la surface de l'éprouvette. Appliquer progressivement la pression sur la bille, perpendiculairement à la surface et sans à-coups jusqu'à ce que la charge préliminaire F_0 de $10 \pm 0,2$ kgf soit atteinte.

Régler le cadran de la jauge de profondeur à sa position initiale.

Augmenter la charge, sans à-coups (en 2 à 8 secondes), de la charge additionnelle F_1 jusqu'à ce qu'on ait obtenu une charge totale $F = F_0 + F_1$. La tolérance sur F_1 est $\pm 0,5\%$.



Essai de dureté: méthode par pénétration

D = diamètre de la bille
 F_0 = charge initiale
 F_1 = charge additionnelle

FIGURE 3

Choose the position of any indentation in such a way that the distance between the centres of two adjacent indentations or from the centre of any indentation to the edge of the sample or to any cavity will be at least one ball diameter or 2.5 times the diameter of the impression diameter, unless otherwise agreed.

Choose a combination of ball diameter D , preliminary load F_0 and additional load F_1 as follows:

Combination 1: for natural graphite materials;

Combination 2: for metal graphite materials;

Combinations 3, 4 and 5: for metal graphite, electrographite and hard carbon materials.

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

* These combinations should be avoided as far as possible.

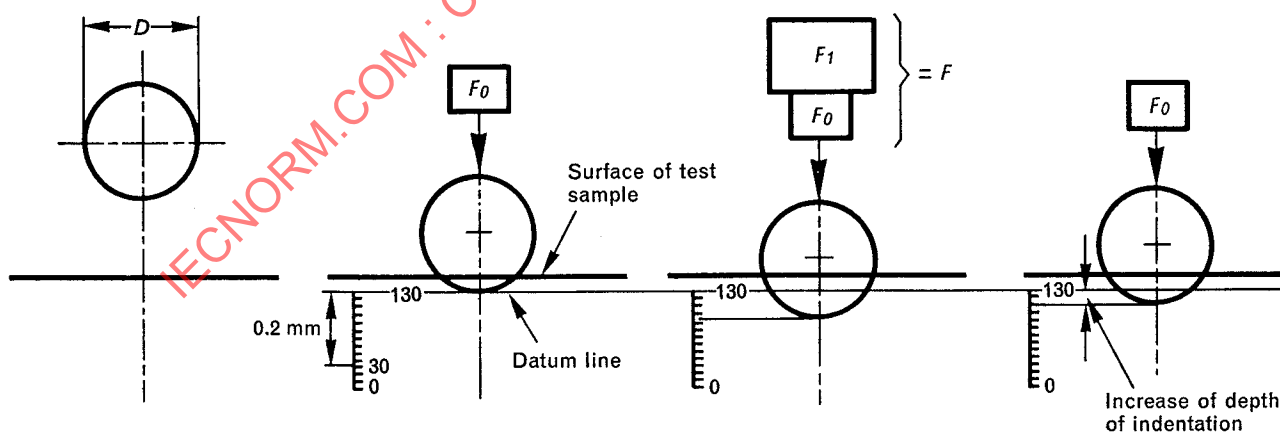
In accordance with the practice laid down by the International Organization for Standardization (ISO), the loads for all hardness testing are expressed in kgf. This decision was taken as it is considered impracticable to change the loads on all standard hardness testing machines to daN.

Where none of the listed combinations gives a suitable reading, a different size ball may be used, and this information included in the report. In this situation, preference should be given to using a 5 mm diameter ball, with the combinations of load given in the table.

Place the ball against the surface of the test piece. Apply pressure gradually to the ball perpendicular to the surface without sudden shock until the preliminary load F_0 of 10 ± 0.2 kgf is attained.

Set the dial of the indicator (depth gauge) at the initial position.

Increase the load, without sudden shock and within 2 to 8 seconds, by the value of additional load F_1 , thus obtaining a total load $F = F_0 + F_1$. The tolerance on F_1 is $\pm 0.5\%$.



Hardness test: indentation method

D = diameter of ball penetrator
 F_0 = preliminary load
 F_1 = additional load

FIGURE 3

Une fois que l'aiguille de la jauge de profondeur s'est stabilisée, ce qui peut en général demander jusqu'à 10 secondes selon la matière mesurée, retirer la charge additionnelle F_1 pour ramener la charge à la valeur préliminaire F_0 .

Dans les cas spéciaux de matières de balais où le temps de mesure dépend principalement de la plasticité dans les conditions de l'essai, F_1 est enlevé 20 à 25 secondes après le commencement du déplacement de l'aiguille de la jauge de profondeur.

Lire sur le cadran l'augmentation permanente de la profondeur de l'empreinte pendant que la charge préliminaire F_0 est encore appliquée. Calculer, si nécessaire, la dureté Rockwell correspondante. (La plupart des cadrans donnent la dureté Rockwell en lecture directe sur l'échelle rouge.) Si, en utilisant l'une des combinaisons du tableau, on obtient des valeurs moyennes supérieures à 110 ou inférieures à 30, on recommencera les mesures en utilisant une combinaison plus adéquate.

Le nombre d'essais à exécuter sur chaque éprouvette est:

- Pour des balais usinés dont les deux surfaces devant être testées ont des dimensions inférieures à 16 mm:
 - 1 essai sur chacune de ces deux faces;
- Pour des balais usinés dont les deux faces devant être testées ont des dimensions égales ou supérieures à 16 mm:
 - 2 essais sur chacune de ces deux faces;
- Pour des blocs de matière pour balais:
 - 5 essais sur chacune des deux faces.

Prendre, pour valeur de la dureté, la moyenne arithmétique des lectures faites pour chaque éprouvette. Toutefois, pour les blocs de matière de balais, il convient de ne pas tenir compte de la valeur la plus basse obtenue sur chaque face; la moyenne arithmétique des huit mesures restantes est alors représentative de la dureté.

La valeur de la dureté obtenue pour une charge déterminée doit être désignée par les lettres *HR* avec un indice qui indique le diamètre D de la bille et la charge totale F utilisés: par exemple $HR_{10/60}$.

401. Résistivité: généralités

Il existe plusieurs méthodes couramment utilisées pour la détermination de la résistivité des matières de balais. Les méthodes les plus fréquemment utilisées pour le contrôle de la qualité de la production sont les suivantes:

- 402. Méthode voltmètre-ampèremètre;
- 403. Méthode du pont de Kelvin.

402. Méthode voltmètre-ampèremètre

402.1 Appareillage et éprouvette

Source de courant continu pouvant fournir des tensions comprises entre 0 et 6 V et des intensités de 40 A (par exemple, accumulateur et résistance variable).

- Un millivoltmètre pour courant continu de résistance interne d'au moins 1 000 Ω/V et ayant de préférence les échelles suivantes:

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

When the needle of the indicator (depth gauge) is steady, which generally takes up to 10 seconds according to the material being tested, remove the additional load F_1 so as to bring the load back to the preliminary load F_0 .

In special cases, where the brush material under these conditions of the test, shows greater time dependent plasticity, F_1 is removed 20 to 25 seconds after the indicator commences to move.

Read from the dial the permanent increase of depth of indentation while the preliminary load F_0 is still applied. Deduce, if necessary, the corresponding Rockwell hardness number. (Most dial scales give a direct reading of the Rockwell hardness number on the red scale.) If, when using one combination of the table, the average value obtained is greater than 110 or less than 30, the test should be repeated using a more suitable combination.

Make the following number of hardness tests on each sample:

- On manufactured brushes where the two dimensions of the surface to be tested are both less than 16 mm:
 - 1 test on each of the two surfaces;
- On manufactured brushes where the two dimensions of the surfaces to be tested are both at least 16 mm:
 - 2 tests on each of the two surfaces;
- On brush block material:
 - 5 tests on each of the two surfaces.

Record, as the hardness, the arithmetical mean value of the readings taken on each sample. However, in the case of brush block material it is advisable to disregard the lowest value obtained on each face; the arithmetical mean of the eight remaining results is then considered representative of the hardness.

The hardness value obtained for a specified load should be designated by the letters *HR* in combination with an index figure stating which ball diameter D and total load F had been used, for instance $HR_{10/60}$.

401. Resistivity: general

There are several different methods in general use for determining the resistivity of brush materials. The methods used most frequently for production quality control are the following:

- 402. Voltmeter-ammeter method;
- 403. Kelvin bridge method.

402. Voltmeter-ammeter method

402.1 Equipment and test specimen

Source of direct current providing a range of 0 to 6 volts and 40 A (for instance storage battery and variable resistance).

- Millivoltmeter for direct current having a resistance of at least 1 000 Ω/V and preferably having the following scales:

- 0 to 300 mV
- 0 to 150 mV
- 0 to 75 mV
- 0 to 30 mV
- 0 to 15 mV
- 0 to 7.5 mV
- 0 to 3 mV

— Un ampèremètre pour courant continu, ayant autant que possible les échelles suivantes:

0 à 75 A
0 à 30 A
0 à 15 A
0 à 7,5 A
0 à 3 A

(Tous les appareils de mesure doivent être conformes à la classe 1.5 de la Publication 51 de la CEI: Appareils de mesure électriques indicateurs à action directe et leurs accessoires.)

— Un interrupteur pour ouvrir et fermer le circuit d'essai.

— Deux contacts élastiques (par exemple, en toile de cuivre) ou à positionnement automatique. Les deux pièces doivent être conçues de façon à supporter une éprouvette normalisée ayant les dimensions définies à l'article 102.

— Des électrodes pointues d'acier inoxydable ayant un écartement qui ne soit pas inférieur à 30 % et supérieur à 50 % de la longueur de l'éprouvette. La tolérance pour l'écartement est de $\pm 1\%$ de sa valeur nominale.

— Eprouvette conforme aux indications de l'article 102.

402.2 Mode opératoire

L'éprouvette doit être essayée à une température de 25 ± 10 °C.

Mesurer et noter les dimensions de l'éprouvette avec une précision d'au moins 0,5 %.

Placer l'éprouvette en long entre les deux pièces de contact.

Appuyer les électrodes de prise de tension contre la surface $w \times l$ de l'éprouvette. La pression de contact de ces électrodes est considérée comme suffisante lorsque l'aiguille du millivoltmètre est stable.

Vérifier que les électrodes sont positionnées symétriquement par rapport aux axes de la surface $w \times l$.

Noter l'écartement des électrodes.

Note. — L'écartement des électrodes doit être vérifié à intervalles réguliers. On effectue ce contrôle en appliquant les électrodes sur la surface plane et polie d'un morceau de matière donnant facilement des marques nettes et bien définies. Ensuite, on mesure au microscope la distance entre les centres de ces marques.

Etablir le courant dans le circuit d'essai. Choisir les échelles appropriées sur l'ampèremètre et le millivoltmètre et régler la valeur de l'intensité du courant à l'aide de la résistance variable, de telle sorte qu'on obtienne sur les deux appareils de mesure des lectures supérieures à 50 % de l'échelle totale.

Notes 1. — Des valeurs proposées pour le courant, l'écartement des électrodes et l'échelle du millivoltmètre sont données au tableau I.

2. — Les lectures doivent être faites rapidement pour éviter tout échauffement de l'éprouvette pouvant influencer sur la valeur de la résistivité.

Noter les valeurs lues sur l'ampèremètre et le millivoltmètre, et couper le courant à travers le circuit d'essai.

Retirer les électrodes de prise de tension de la surface de l'éprouvette.

Desserrer les deux contacts d'amenée de courant, retourner l'éprouvette afin que les électrodes de prise de tension soient en contact avec l'autre surface $w \times l$ de l'éprouvette et les resserrer.

Recommencer l'essai avec le même courant.

On utilisera, pour le calcul de la résistivité, la valeur moyenne arithmétique des chutes de tension mesurées sur les deux surfaces $w \times l$.

— Ammeter for direct current preferably having the following scales:

- 0 to 75 A
- 0 to 30 A
- 0 to 15 A
- 0 to 7.5 A
- 0 to 3 A

(All instruments should be in accordance with class 1.5 of IEC Publication 51, Direct Acting Indicating Electrical Measuring Instruments and Their Accessories.)

- Switch for breaking and closing the test circuit.
- Two current contacts comprising resilient (for instance copper gauze) or self-aligning contact surfaces. The two surfaces are to be suitably arranged to hold between them a standard test specimen with dimensions in accordance with Clause 102.
- Sharp potential pointers of stainless steel having a spacing not less than 30% and not greater than 50% of the length of the specimen. The tolerance on the spacing is $\pm 1\%$ of its nominal value.
- Test specimen in accordance to Clause 102.

402.2 Test procedure

The test specimen should be tested at a temperature of $25 \pm 10^\circ\text{C}$.

Measure and record the dimensions of the test specimen to an accuracy of 0.5% or better.

Put the test specimen lengthwise between the two current contacts.

Press the potential pointers against one of the surfaces $w \times l$ of the specimen. The force on the potential pointers is considered to be sufficient if the needle of the millivoltmeter is steady.

Check that the potential pointers are symmetrically located in relation to the axis of the surface $w \times l$.

Record the potential pointer spacing.

Note. — This potential pointer spacing is to be checked at regular intervals. The check is made by pressing the pointers against a flat ground surface of a piece of brush material on which clear, well defined marks are easily obtained. The distance between the centres of these marks is then measured by means of a microscope.

Pass the current through the test circuit. Choose suitable scale on ammeter and millivoltmeter and adjust the value of the current, by means of the variable resistance, so that readings of over 50% full scale deflection are obtained on both instruments.

Notes 1. — Suggested values of current, potential pointer spacing and millivoltmeter scale are given in Table I.

2. — The readings should be taken quickly in order to avoid heating the specimen since this may influence the value of the resistivity.

Record the ammeter and millivoltmeter readings and break the current through the test circuit.

Disengage the potential pointers from the surface of the test specimen.

Remove the pressure from the two current contacts, turn the test specimen over, so that the potential pointers are in contact with the other surface $w \times l$, and apply the same force as before.

Repeat the test procedure using the same current.

The arithmetical mean value of the voltage drops measured on the two surfaces $w \times l$ is used for calculation of the resistivity.

402.3 Calcul

La résistivité ρ est calculée à partir de la formule suivante :

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

dans laquelle :

ρ = résistivité de la matière des balais, en ohms-mètres

U = tension entre les électrodes, en volts

p = épaisseur de l'éprouvette, en mètres

w = largeur de l'éprouvette, en mètres

I = intensité du courant traversant l'éprouvette, en ampères

l_u = distance entre les électrodes, en mètres.

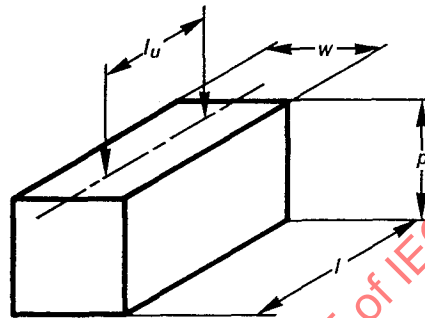


FIGURE 4

Note. — Il est recommandé que la résistivité des matières de balais soit exprimée en microhms-mètres ($\mu\Omega m$). On obtient ρ en microhms-mètres si, dans la formule ci-dessus, U est mesuré en millivolts, I en ampères et p , w et l_u en millimètres.

403. Méthode du pont de Kelvin

403.1 Appareillage et éprouvette

Une source de courant continu, un ampèremètre, des contacts élastiques (par exemple en toile de cuivre) ou à positionnement automatique et des électrodes selon le paragraphe 402.1.

Un pont de Kelvin mesurant de 10 microhms à 1 ohm.

Un galvanomètre d'une sensibilité de 1 micro-ampère par division de l'échelle.

Un interrupteur dans le circuit de l'éprouvette.

Une éprouvette conforme aux indications de l'article 102.

403.2 Mode opératoire

L'éprouvette doit être essayée à une température de 25 ± 10 °C.

Mesurer et noter les dimensions de l'éprouvette avec une précision d'au moins 0,5 %.

Placer l'éprouvette en long entre les deux contacts.

Relier correctement et soigneusement l'éprouvette au pont de Kelvin.

Appuyer les électrodes de prise de tension contre une des surfaces $w \times l$ de l'éprouvette. La pression de contact de ces électrodes est considérée comme suffisante lorsque l'aiguille du galvanomètre est stable.

Vérifier que les électrodes sont positionnées symétriquement par rapport aux axes de la surface $w \times l$.

Noter l'écartement des électrodes.

Note. — L'écartement des électrodes doit être vérifié à des intervalles réguliers. On fait ce contrôle en appuyant les électrodes contre la surface plane et polie d'un morceau de matière de balais donnant facilement des marques nettes et bien définies. On mesure ensuite, au microscope, la distance entre les centres de ces marques.

402.3 Calculations

The resistivity (specific resistance) ρ is calculated in accordance with the following formula:

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

where:

ρ = resistivity (specific resistance) of the brush material, in ohm-metres

U = voltage drop between the potential pointers, in volts

p = thickness of test specimen, in metres

w = width of test specimen, in metres

I = current through test specimen, in amperes

l_u = distance between the potential pointers, in metres.

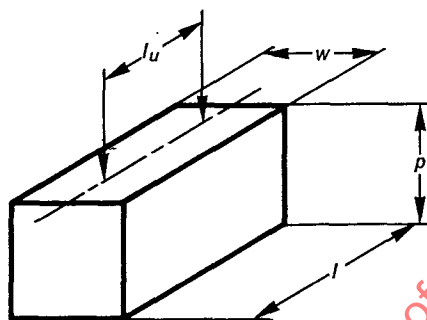


FIGURE 4

Note. — It is recommended that the resistivity of brush materials should be quoted in microhm-metre units ($\mu\Omega\text{m}$). ρ is obtained in microhm-metre if, in the formula above, U is measured in millivolts, I in amperes and p , w and l_u all in millimetres.

403. Kelvin bridge method

403.1 Equipment and test specimen

Source of direct current, ammeter, resilient (for instance copper gauze) or self-aligning current contacts and potential pointers in accordance with Sub-clause 402.1.

Kelvin bridge having a range of 10 microhms to 1 ohm.

Galvanometer sensitive to 1 microampere per scale division.

Switch for passing the current intermittently through the specimen.

Test specimen in accordance with Clause 102.

403.2 Test procedure

The specimen should be tested at a temperature of $25 \pm 10^\circ\text{C}$.

Measure and record the dimensions of the test specimen to an accuracy of 0.5% or better.

Place the test specimen lengthwise between the two current contacts.

Connect the test specimen to the Kelvin bridge correctly and carefully.

Press the potential pointers against one of the surfaces $w \times l$ of the specimen. The force on the potential pointers is considered to be sufficient if the needle of the millivoltmeter is steady.

Check that the potential pointers are symmetrically located in relation to the axis of the surface $w \times l$.

Record the potential pointer spacing.

Note. — The potential pointer spacing is to be checked at regular intervals. This check is made by pressing the pointers against a flat, ground surface of a piece of brush material on which clear well-defined marks are easily obtained. The distance between the centres of these marks is then measured by means of a microscope.

Au moyen de l'interrupteur, établir par intermittence le courant dans le circuit d'essai. Quand le courant passe, ajuster les résistances du pont successivement jusqu'à ce que le galvanomètre indique une déviation nulle. Lire la résistance R de l'éprouvette entre les électrodes.

Note. — L'ajustement des résistances du pont doit être effectué le plus vite possible afin d'éviter tout échauffement de l'éprouvette pouvant influencer sur la valeur de la résistance.

Retirer les électrodes de prise de tension de la surface de l'éprouvette.

Desserrer les deux contacts d'amenée de courant, retourner l'éprouvette afin que les électrodes de prise de tension soient en contact avec l'autre surface $w \times l$ de l'éprouvette, et les resserrer.

Recommencer l'essai avec le même courant.

On utilisera pour le calcul de la résistivité la moyenne arithmétique des résistances mesurées sur les deux surfaces ($w \times l$).

403.3 Calcul

La résistivité ρ est calculée selon la formule suivante:

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

dans laquelle:

ρ = résistivité de la matière des balais, en ohms-mètres

R = résistance de l'éprouvette entre les électrodes, en ohms

p = épaisseur de l'éprouvette, en mètres

w = largeur de l'éprouvette, en mètres

l_u = distance entre les électrodes, en mètres.

Note. — On obtient ρ en microhms-mètres si, dans la formule ci-dessus, R est mesuré en milliohms, p , w et l_u , en millimètres.

Il est recommandé que la résistivité des matières de balais soit exprimée en microhm-mètres ($\mu\Omega m$).

TABLEAU I
Bonnes conditions d'essai

Eprouvette	l_u	ρ max	I	U max
$p \times w \times l$ mm mm mm	mm	$\mu\Omega m$	A	mV
10 × 10 × 64	25	600,00	2,00	300,0
		300,00	4,00	300,0
		150,00	8,00	300,0
		75,00	8,00	150,0
		37,50	8,00	75,0
		15,00	8,00	30,0
		7,50	8,00	15,0
		3,75	8,00	7,5
		1,50	20,00	7,5
		0,75	40,00	7,5
		0,60	20,00	3,0
		0,30	40,00	3,0
		600,00	1,00	300,0
		300,00	2,00	300,0
4 × 8 × 32	16	150,00	4,00	300,0
		75,00	4,00	150,0
		37,50	4,00	75,0
		15,00	4,00	30,0
		7,50	4,00	15,0
		3,75	4,00	7,5
		1,50	10,00	7,5
		0,75	20,00	7,5
		0,60	10,00	3,0
		0,30	20,00	3,0
		600,00	1,00	300,0
		300,00	2,00	300,0
		150,00	4,00	300,0
		75,00	4,00	150,0

Pass current intermittently, by means of the switch, through the test circuit. When the current is on, adjust the bridge resistance successively until the galvanometer has zero deflection. Read the resistance R of the specimen between the potential pointers.

Note. — The adjustment of the bridge resistance should be made as quickly as possible in order to avoid any heating of the specimen that may influence the value of the resistance.

Disengage the potential pointers from the surface of the test specimen.

Remove the pressure from the two current contacts, turn the test specimen over, so that the potential pointers are in contact with the other surface $w \times l$ of the specimen, and apply the same force as before.

Repeat the test procedure using the same current.

The arithmetical mean value of the resistances measured on the two surfaces $w \times l$ is used for calculation of the resistivity.

403.3 Calculation

The resistivity ρ is calculated in accordance with the following formula:

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

where:

ρ = resistivity (specific resistance) of the brush material in ohm-metres

R = resistance of test specimen, between potential pointers, in ohms

p = thickness of test specimen, in metres

w = width of test specimen, in metres

l_u = distance between potential pointers, in metres.

Note. — ρ is obtained in microhm-metres if, in the formula above, R is measure in milliohms and p , w and l_u all in millimetres.

It is recommended that the resistivity of brush materials should be quoted in microhm-metre units ($\mu\Omega m$).

TABLE I
Suitable test conditions

Test specimen	l_u	ρ max	I	U max
$p \times w \times l$ mm mm mm	mm	$\mu\Omega m$	A	mV
10 × 10 × 64	25	600.00	2.00	300.0
		300.00	4.00	300.0
		150.00	8.00	300.0
		75.00	8.00	150.0
		37.50	8.00	75.0
		15.00	8.00	30.0
		7.50	8.00	15.0
		3.75	8.00	7.5
		1.50	20.00	7.5
		0.75	40.00	7.5
		0.60	20.00	3.0
		0.30	40.00	3.0
		600.00	1.00	300.0
		300.00	2.00	300.0
4 × 8 × 32	16	150.00	4.00	300.0
		75.00	4.00	150.0
		37.50	4.00	75.0
		15.00	4.00	30.0
		7.50	4.00	15.0
		3.75	4.00	7.5
		1.50	10.00	7.5
		0.75	20.00	7.5
		0.60	10.00	3.0
		0.30	20.00	3.0
		600.00	1.00	300.0
		300.00	2.00	300.0
		150.00	4.00	300.0
		75.00	4.00	150.0

501. Résistance à la flexion

501.1 Appareillage et éprouvette

Dispositif de pression (par exemple presse hydraulique ou mécanique) avec manomètre ou échelle adéquate. Le dispositif doit pouvoir développer et mesurer des forces jusqu'à environ 1 500 N avec une précision de $\pm 2\%$.

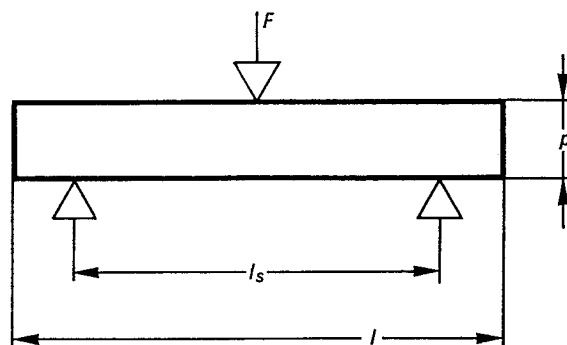


FIGURE 5

Les arêtes des trois couteaux sont arrondies:

Le rayon pour le couteau de charge doit être: $r = 4$ à 5 mm;

Le rayon pour les deux couteaux supports doit être: $r = 1$ mm $\pm 0,5$ mm.

Les arêtes supérieures des deux couteaux supports doivent être dans le même plan, parallèles entre elles, et la distance entre leurs centres ne doit pas s'écarter de plus de $\pm 0,2$ mm de la valeur nominale. L'arête du couteau central (qui transmet la charge) doit toujours être parallèle à celles des deux autres couteaux, se mouvoir dans un plan vertical, perpendiculaire au plan des deux couteaux supports, et être placée à égale distance de chacun d'eux.

L'éprouvette doit être conforme aux indications de l'article 102.

501.2 Mode opératoire

Vérifier que la distance l_s entre les deux couteaux supports est égale à la valeur recommandée au tableau 2. Noter la distance l_s .

Mesurer les dimensions de l'éprouvette et les noter. w et p doivent être mesurés avec une précision d'au moins $0,5\%$.

Placer l'éprouvette symétriquement sur les deux couteaux supports, la dimension l étant perpendiculaire aux couteaux et la dimension w leur étant parallèle.

Appliquer, au moyen du couteau de charge, l'effort au centre de l'éprouvette, à égale distance des deux couteaux supports.

Notes 1. — L'arête du couteau de charge doit pouvoir se déplacer dans son plan vertical en restant parallèle aux arêtes des couteaux supports, sans provoquer le moindre frottement parasite mesurable.

2. — La force doit être appliquée avec un taux d'accroissement uniforme, sans chocs, et de manière que la rupture se fasse après 5 secondes au moins.

Noter la force totale effective F à laquelle l'éprouvette se rompt.

501.3 Calcul

La résistance à la flexion σ est calculée selon la formule suivante:

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

501. Transverse strength

501.1 Equipment and test specimen

Pressure device with a suitable pressure gauge or scale (for example, any hydraulic or mechanical press). The device should be capable of developing and measuring forces up to about 1 500 N with an accuracy of $\pm 2\%$.

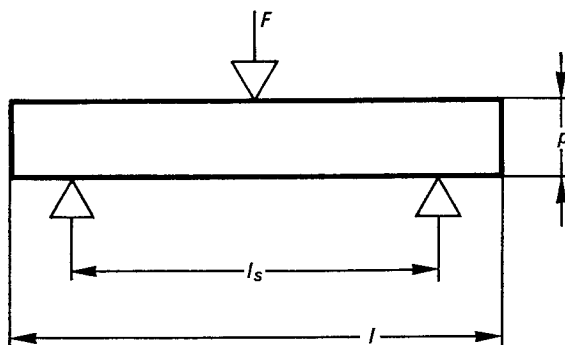


FIGURE 5

The three knife edges are rounded:

The radius for the loading knife edge should be: $r = 4$ to 5 mm;

The radius for the supporting knife edges should: $r = 1 \text{ mm} \pm 0.5 \text{ mm}$.

The outer two knife edges (the supporting knife edges) should lie in the same plane and be parallel and the distance between their centres should not differ from the nominal value by more than ± 0.2 mm. The knife edge in the middle (the loading knife edge) should always be parallel to the two outer ones and should be movable in a plane perpendicular to the plane through the two supporting knife edges and located midway between them.

The test specimen should be in accordance with Clause 102.

501.2 Test procedure

Check that the distance l_s between the two supporting knife edges is equal to the value recommended in Table 2. Record the distance l_s .

Check the dimensions of the test specimen and record them. w and p should be measured to an accuracy of 0.5% or better.

Place the specimen symmetrically on the two supporting knife edges with the dimensions l perpendicular to the knife edges and the dimension w parallel to them.

Apply, by means of the loading knife edge, the stress at the centre of the specimen, midway between the two supporting knife edges.

Notes 1. — The loading knife edge should be able to move in its vertical plane and parallel to the supporting knife edges without causing any measurable parasitic friction.

2. — The force should be applied at a uniform rate without shock so that the rupture takes place in not less than 5 seconds.

Record the total force net F at which the test specimen ruptures.

501.3 Calculations

The transverse strength σ is calculated in accordance with the following formula:

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