DIN EN IEC 60172 (VDE 0474-172)

DIN

Diese Norm ist zugleich eine VDE-Bestimmung im Sinne von VDE 0022. Sie ist nach Durchführung des vom VDE-Präsidium beschlossenen Genehmigungsverfahrens unter der oben angeführten Nummer in das VDE-Vorschriftenwerk aufgenommen und in der „etz Elektrotechnik + Automation" bekannt gegeben worden.

VDE

ICS 29.060.10

Einsprüche bis 2020-08-26

Vorgesehen als Ersatz für DIN EN 60172:2016-02

Entwurf

Prüfverfahren zur Bestimmung des Temperaturindex von Lackdrähten und bandumwickelten Drähten (IEC 55/1794/CD:2019); Text Deutsch und Englisch

Test procedure for the determination of the temperature index of enamelled and tape wrapped winding wires
(IEC 55/1794/CD:2019);
Text in German and English

Méthode d'essai pour la détermination de l'indice de température des fils de bobinage émaillés et enveloppés de ruban
(IEC 55/1794/CD:2019);
Texte en allemand et anglais

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2020-06-26 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an dke@vde.com möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an die DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE, Stresemannallee 15, 60596 Frankfurt am Main.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 48 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 60172:2020-07

Anwendungsbeginn

Anwendungsbeginn dieser Norm ist ... .

Nationales Vorwort

Das internationale Dokument IEC 55/1794/CD:2019-07 „Test procedure for the determination of the temperature index of enamelled and tape wrapped winding wires“ (CD, en: Committee Draft) ist unverändert in diesen Norm-Entwurf übernommen worden. Dieser Norm-Entwurf enthält eine noch nicht autorisierte deutsche Übersetzung.

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung des CD entsprechend der diesbezüglich durch die IEC erteilten Erlaubnis beigefügt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen IEC-Text.

Das internationale Dokument wurde vom IEC/TC 55 "Winding wires" der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) erarbeitet und den nationalen Komitees zur Stellungnahme vorgelegt.

Die Internationale Elektrotechnische Kommission (IEC) und das Europäische Komitee für Elektrotechnische Normung (CENELEC) haben vereinbart, dass ein auf IEC-Ebene erarbeiteter Entwurf für eine Internationale Norm zeitgleich (parallel) bei IEC und CENELEC zur Umfrage (CDV-Stadium) und Abstimmung als FDIS (en: Final Draft International Standard) bzw. Schluss-Entwurf für eine Europäische Norm gestellt wird, um eine Beschleunigung und Straffung der Normungsarbeit zu erreichen. Dokumente, die bei CENELEC als Europäische Norm angenommen und ratifiziert werden, sind unverändert als Deutsche Normen zu übernehmen.

Da der Abstimmungszeitraum für einen FDIS bzw. Schluss-Entwurf FprEN nur 6 Wochen beträgt, und dann keine sachlichen Stellungnahmen mehr abgegeben werden können, sondern nur noch eine „JA/NEIN“-Entscheidung möglich ist, wobei eine „NEIN“-Entscheidung fundiert begründet werden muss, wird bereits der CD als DIN-Norm-Entwurf veröffentlicht, um die Stellungnahmen aus der Öffentlichkeit frühzeitig berücksichtigen zu können.

Für dieses Dokument ist das nationale Arbeitsgremium DKE/K 413 "Wickeldrähte" der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf ein Dokument ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnittsnummer, eine Tabelle, ein Bild usw.) bezieht sich die Verweisung auf die jeweils aktuellste Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments.

Für den Fall einer datierten Verweisung im normativen Text bezieht sich die Verweisung immer auf die in Bezug genommene Ausgabe des Dokuments.

Der Zusammenhang der zitierten Dokumente mit den entsprechenden deutschen Dokumenten ergibt sich, soweit ein Zusammenhang besteht, grundsätzlich über die Nummer der entsprechenden IEC-Publikation. Beispiel: IEC 60068 ist als EN 60068 als Europäische Norm durch CENELEC übernommen und als DIN EN 60068 ins Deutsche Normenwerk aufgenommen.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. IEC ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Das Original-Dokument enthält Bilder in Farbe, die in der Papierversion in einer Graustufen-Darstellung wiedergegeben werden. Elektronische Versionen dieses Dokuments enthalten die Bilder in der originalen Farbdarstellung.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 60172:2016-02 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

a) Überarbeitung von Abschnitt 3.1, Definition zu Temperaturindex;

b) Überarbeitung von Abschnitt 3.1, Mittelwert der Lebensdauer;

c) Überarbeitung von Abschnitt 5.1.1 zur Verdeutlichung und zur Verringerung des Bereiches von Drahtgrößen, für welche die Prüfung anwendbar ist;

d) Überarbeitung von Abschnitt 5.1.2 für mit Band umwickelte Runddrähte und für lackisolierte oder mit Band umwickelte Flachdrähte zur Verdeutlichung;

e) Überarbeitung von Abschnitt 9, um den Korrelationskoeffizienten r in den Bericht aufzunehmen.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 60172:2020-07

Inhalt

Seite

1 Anwendungsbereich ... 4
2 Normative Verweisungen ... 4
3 Begriffe ... 4
4 Kurzbeschreibung des Prüfverfahrens ... 4
5 Probekörper ... 5
5.1 Herstellung ... 5
5.1.1 Lackisolierter Runddraht ... 5
5.1.2 Mit Band umwickelter Runddraht und lackisolierter oder mit Band umwickelter Flachdraht ... 8
5.2 Tränkmittel ... 10
5.3 Anmerkungen zur Anzahl der Probekörper ... 11
5.4 Probekörperhalter ... 11
5.4.1 Für Probekörper nach 5.1.1 ... 11
5.4.2 Für Probekörper nach 5.1.2 ... 12
6 Temperaturbeanspruchung ... 12
7 Prüfspannung und ihre Anwendung ... 13
8 Auswertung ... 14
8.1 Lebensdauer des Probekörpers ... 14
8.2 Mittelwert der Lebensdauer ... 14
8.3 Linearität der Werte ... 15
8.4 Berechnung und Darstellung der thermischen Beständigkeit und des Temperaturindex ... 15
9 Prüfbericht ... 16
Anhang A (normativ) Verfahren zur Berechnung der Regressionsgeraden ... 17
Anhang B (normativ) Korrelationskoeffizient ... 21
Literaturhinweise ... 22

Bilder

Bild 1 — Vorrichtung zum Herstellen von Probekörpern aus lackisoliertem Runddraht ... 5
Bild 2 — Abstandhalter ... 6
Bild 3 — Spannvorrichtung ... 6
Bild 4 — Probekörperanordnung in einer Spannvorrichtung zum Formen ... 7
Bild 5 — Geformter Probekörper mit abgeschnittener Schlaufe ... 7
Bild 6 — Spannvorrichtung zum Biegen von Magnetdrähten, Probekörper für die Dielektrizitätsprüfung ... 9
Bild 7 — Spannvorrichtung und Probekörper ... 10
Bild 8 — Probekörperhalter ... 11
Bild 9 — Probekörperhalter und elektrische Verbindungsvorrichtung ... 12
Bild 10 — Diagramm der thermischen Beständigkeit – Temperaturindex ... 16
Bild A.1 — Eingetragene Regressionsgerade, beruhend auf dem Berechnungsbeispiel (... 20

Tabellen

Tabelle 1 — Kraft und Anzahl der Verdrillungen für Probekörper ... 5
Tabelle 2 — Prüfspannung für lackisolierte Runddrähte ... 7
Tabelle 3 – — Empfohlene Beanspruchungsdauern in Tagen je Zyklus ... 12
Tabelle 4 – — Prüfspannung für mit Band umwickelte Runddrähte und für lackisolierte oder mit Band umwickelte Flachdrähte ... 14
Tabelle A.1 — Gebräuchliche Prüftemperaturen in Grad Celsius und entsprechend in Kelvin mit ihrem Kehrwert und dem Quadrat des Kehrwerts ... 18
Tabelle A.2 — Rechenbeispiel ... 19

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 60172:2020-07

Prüfverfahren zur Bestimmung des Temperaturindex von Lackdrähten und bandumwickelten Drähten

1 Anwendungsbereich

Diese Internationale Norm legt entsprechend den Festlegungen in IEC 60216-1 ein Verfahren für die Bestimmung des Temperaturindex von lackisolierten, mit einem Tränkmittel imprägnierten oder nicht imprägnierten und mit Band umwickelten Rund- und Flachdrähten bei atmosphärischem Luftdruck fest. Dieses Verfahren beruht auf der periodischen Überwachung der Änderungen des Verhaltens bei Wechselspannungsprüfungen. Es ist nicht anwendbar auf faserisolierte Drähte oder Drähte, die mit Band umwickelt sind, das anorganische Fasern enthält.

ANMERKUNG Die aus diesem Prüfverfahren resultierenden Angaben dienen dem Konstrukteur und Entwicklungsingenieur als Information für die Auswahl der Wickeldrähte für weitere Auswertungen bei Prüfungen von Isoliersystemen und Betriebsmitteln.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

IEC 60216-1, *Electrical insulating materials – Thermal endurance properties – Part 1: Ageing procedures and evaluation of test results*

IEC 60216-3, *Electrical insulating materials – Thermal endurance properties – Part 3: Instructions for calculating thermal endurance characteristics*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1
Temperaturindex
Zahlenwert, der einen Vergleich der Temperatur/Zeit-Kenngrößen eines elektrisch isolierenden Werkstoffs oder einer einfachen Kombination von Werkstoffen auf der Grundlage der Temperatur in Grad Celsius zulässt, und der durch eine Extrapolation der Arrhenius-Kurve der Lebensdauer gegenüber der Temperatur zu einen bestimmten Zeitpunkt, üblicherweise 20 000 Stunden, ermittelt wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Bei Isoliersystemen darf der Temperaturindex aus bekannten Betriebserfahrungen oder aus einer bekannten vergleichenden Funktionsbewertung eines bewerteten und etablierten Bezugs-Isoliersystems als Basis abgeleitet werden.

[QUELLE: IEC 60050-212:2010, 212-12-11]

3.2
Lebensdauer des Probekörpers
Anzahl der Stunden, die der Probekörper der Beanspruchungstemperatur ausgesetzt ist, bis dieser bei der Spannungsprüfung ausfällt

3.3
Mittelwert der Lebensdauer
Anzahl der Stunden bis zum Ausfall, die aus dem Mittelwert der Lebensdauer des Probekörpers oder dem logarithmischen Mittelwert der Lebensdauer eines Satzes von Probekörpern bei einer Beanspruchungstemperatur nach 8.2 berechnet wird

4 Kurzbeschreibung des Prüfverfahrens

Ein Satz von Probekörpern nach Abschnitt 5 wird einem Prüfzyklus unterzogen. Dieser Zyklus besteht aus einer Beanspruchungsperiode bei einer Temperatur nach Abschnitt 6, gefolgt von einer Spannungsprüfung bei Raumtemperatur nach Abschnitt 7.

Dieser Zyklus wird wiederholt, bis eine genügende Anzahl von Probekörpern ausgefallen ist. Der Mittelwert der Lebensdauer wird nach Abschnitt 8 berechnet. Die Prüfung wird bei drei oder mehr Temperaturen

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 60172:2020-07

vorgenommen. Eine Regressionsgerade wird nach 8.4 berechnet und die Mittelwerte der Lebensdauer werden in das Diagramm der thermischen Beständigkeit als Funktion der Beanspruchungstemperatur eingetragen.

Die Temperatur in Grad Celsius, die dem Schnittpunkt der Regressionsgeraden mit der Ordinate bei 20 000-Stunden entspricht, verkörpert den Temperaturindex des geprüften Wickeldrahts.

5 Probekörper

5.1 Herstellung

5.1.1 Lackisolierter Runddraht

Der Temperaturindex kann bestimmt werden, indem lackisolierter Runddraht mit einem Nenndurchmesser von 0,28 mm bis einschließlich 2,65 mm bewertet wird

ANMERKUNG Bei lackisolierten Runddrähten werden erfahrungsgemäß Nenndurchmesser von 0,800 mm bis einschließlich 1,60 mm als zur Bearbeitung und Prüfung geeignet angesehen.

Drahtdurchmesser von 0,315 mm und 0,28 mm sind zur Anwendung zugelassen, wenn der genaue Größenbereich auf 0,50 mm und feiner begrenzt ist.

Der für die Bestimmung des Temperaturindex angewendete Isolationsgrad muss Grad 2 oder Grad 2B für Backlack-Wickeldrähte entsprechen.

Die Probekörper müssen wie folgt vorbereitet werden:

a) Ein Drahtprobekörper von etwa 400 mm Länge muss mit einer Vorrichtung nach Bild 1 über eine Länge von 125 mm verdrillt werden. Die Kraft (Gewicht), die auf das Drahtpaar während der Verdrillung angewendet wird, und die Anzahl der Verdrillungen sind in Tabelle 1 angegeben.

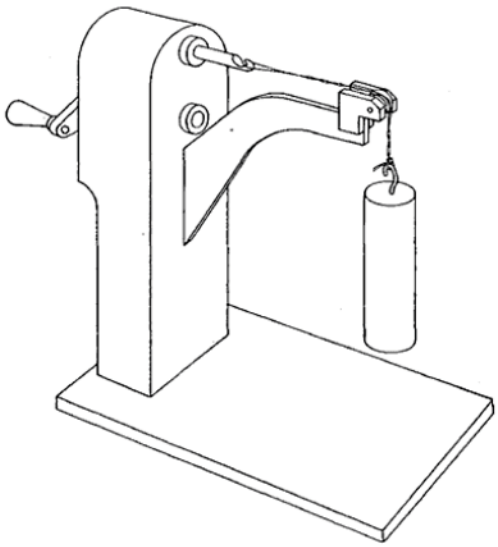


Bild 1 — Vorrichtung zum Herstellen von Probekörpern aus lackisoliertem Runddraht

Tabelle 1 — Kraft und Anzahl der Verdrillungen für Probekörper

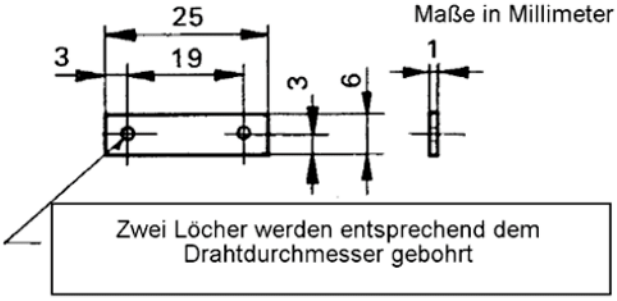
Nenndurchmesser mm		Am Drahtpaar wirkende Kraft N	Anzahl der Verdrillungen je 125 mm
über	bis einschließlich		
0,224	0,25	0,85	33
0,25	0,35	1,7	23
0,35	0,50	3,4	16
0,50	0,75	7,0	12
0,75	1,05	13,5	8
1,05	1,50	27,0	6

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN IEC 60172:2020-07

Nenndurchmesser mm		Am Drahtpaar wirkende Kraft N	Anzahl der Verdrillungen je 125 mm
über	bis einschließlich		
1,50	2,15	54,0	4
2,15	3,50	108,0	3

b) Abstandhalter dürfen nach Bild 2 vorbereitet werden. Es dürfen thermisch stabile Isolierstoffe wie Keramik oder Glasfaserlaminat verwendet werden. Die Abstandhalter werden mit einem geeigneten Kennbuchstaben oder einer Nummer gekennzeichnet.

Maße in Millimeter

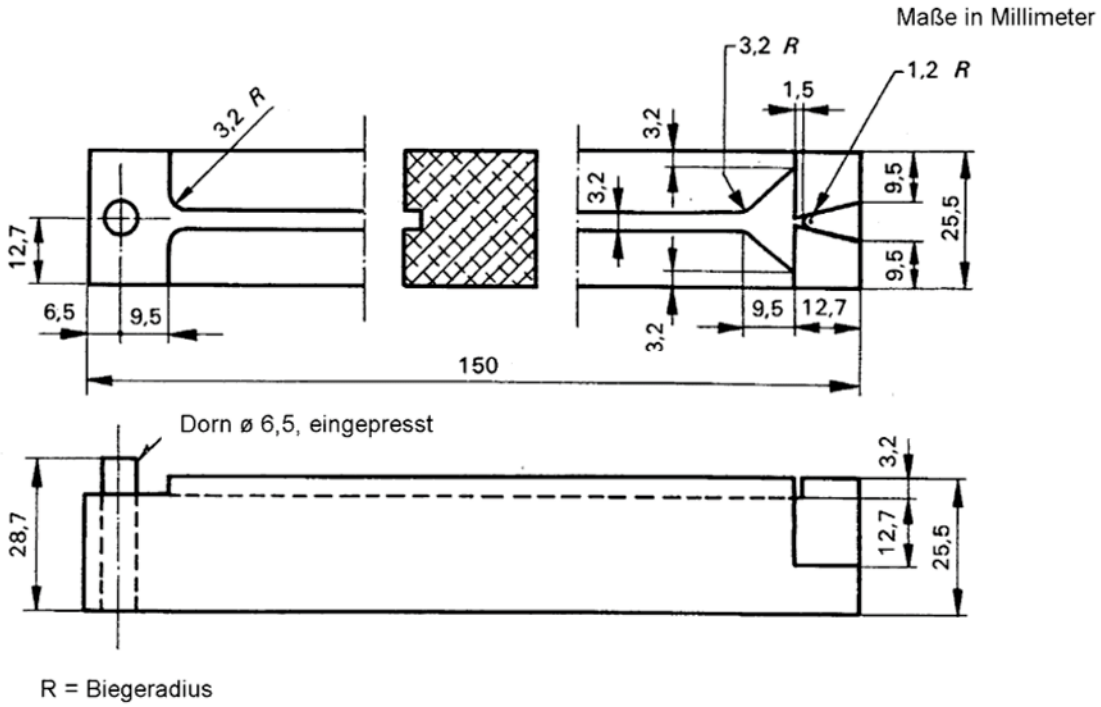


Werkstoff: Silikon-Glasfaserlaminat

Bild 2 — Abstandhalter

c) Die Probekörper dürfen in einer Spannvorrichtung geformt werden, deren Konstruktionszeichnung in Bild 3 dargestellt ist. Ein Probekörper wird in der Spannvorrichtung angeordnet und ein Abstandhalter, der an den parallelen Drahtenden des verdrillten Paars angelegt wird, wird zum Rand der Spannvorrichtung hochgeschoben, wie in Bild 4 dargestellt. Daraufhin werden die Drahtenden parallel gebogen, um den Abstandhalter in Position zu halten. Die Spannvorrichtung stellt einheitlichere Probekörper zur Verfügung. Wenn ein Probekörperhalter verwendet wird, werden keine Abstandhalter benötigt.

Maße in Millimeter



R = Biegeradius

Bild 3 — Spannvorrichtung

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN IEC 60172:2020-07

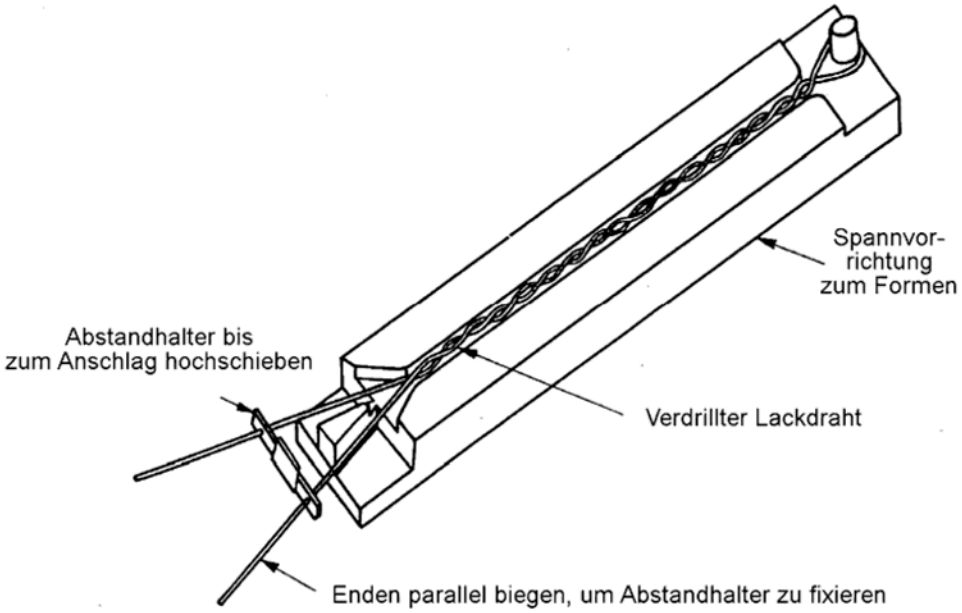


Bild 4 — Probekörperanordnung in einer Spannvorrichtung zum Formen

d) Die Schlaufe am Ende des verdrillten Bereichs muss an zwei Stellen (nicht an einer) geschnitten werden, um den größten Abstand zwischen den Schnittenden sicherzustellen, wie in Bild 5 dargestellt. Bei jedem Biegen der Drähte an diesem oder dem anderen nicht verdrillten Ende, um einen entsprechenden Abstand zwischen den Drähten herzustellen, müssen Knicke oder Beschädigungen der Isolierung vermieden werden.

Bild 5 — Geformter Probekörper mit abgeschnittener Schlaufe

Um eine Einheitlichkeit der Charge von Probekörpern sicherzustellen, wird empfohlen, dass die Probekörper vor Beginn der zyklischen Wärmebeanspruchung für eine 1 Sekunde einer Prüfspannung ausgesetzt werden, die dem Dreifachen des in Tabelle 2 festgelegten Werts entspricht, und der sie ohne Durchbruch standhalten müssen.

Tabelle 2 — Prüfspannung für lackisolierte Runddrähte

Durch die Isolierung bedingte Durchmesserzunahme (mm)		**Spannung** (Effektivwert)
über	bis einschließlich	
–	0,015	300
0,015	0,024	300
0,024	0,035	400
0,035	0,050	500
0,050	0,070	700
0,070	0,090	1 000
0,090	0,130	1 200

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN IEC 60172:2020-07

5.1.2 Mit Band umwickelter Runddraht und lackisolierter oder mit Band umwickelter Flachdraht

Dieses Verfahren ist für jede geeignete Größe eines mit Band umwickelten Runddrahts oder eines mit Band umwickelten oder lackisolierten Flachdrahts anwendbar.

Die Drahtmaße werden so gewählt werden, dass die zum Formen der Probekörper erforderlichen Biegekräfte minimiert werden. Drähte mit hoher Steifigkeit erzeugen Probekörper mit schlechten Kontaktbereichen zwischen den Drähten.

Die Probekörper müssen wie folgt vorbereitet werden:

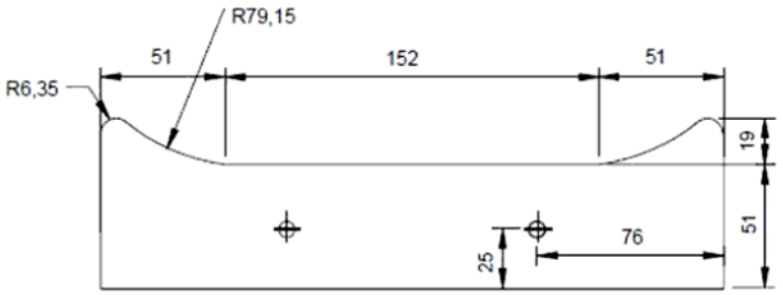
a) Zwei gerade Drahtprobekörper von jeweils 250 mm Länge müssen von der Lieferspule entnommen werden.

b) Am Ende eines jeden Drahtabschnitts muss jeweils ein 10 mm bis 15 mm langes Stück der Isolierung entfernt werden, um eine elektrische Verbindung sicherzustellen.

c) Jeder Probekörper muss in einer Spannvorrichtung geformt werden, wie in Bild 6 dargestellt. Es entsteht ein gerader mittlerer Abschnitt von etwa 150 mm Länge mit gebogenen Enden, die den notwendigen Anschlusskontakt an den beiden Enden des endgültigen Probekörpers bilden.

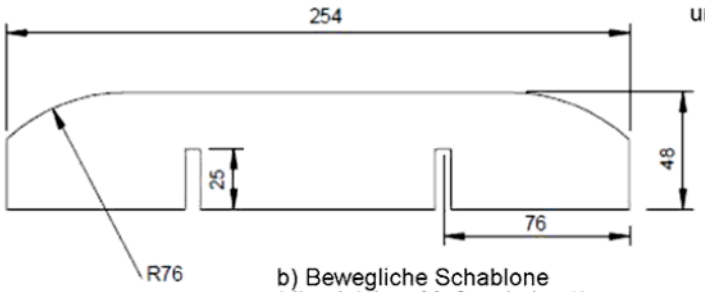
Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN IEC 60172:2020-07

Maße in Millimeter

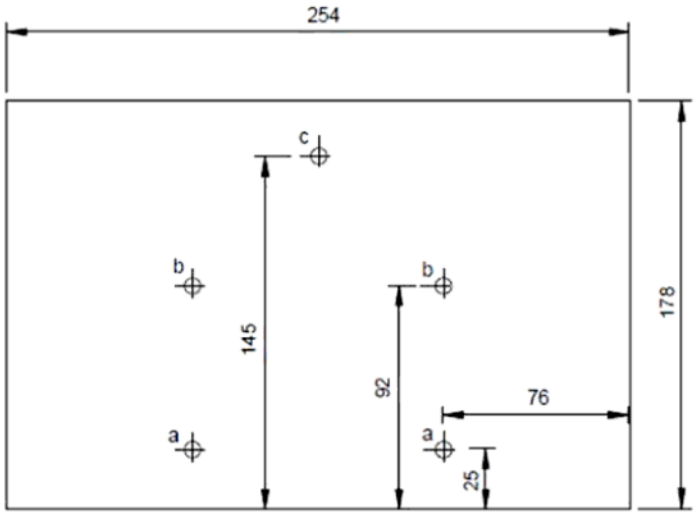


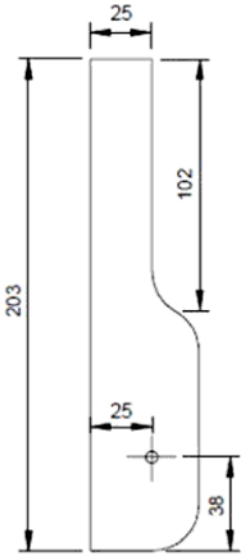
a) Fest angebrachte Schablone

Alle Teile haben eine Dicke von 12,5 mm, sind aus Verbundwerkstoff und mit Phenol imprägniert



b) Bewegliche Schablone
(die gleichen Maße wie in a))





d) Klemmhebel

a = Befestigungsschrauben für fest angebrachte Schablone
b = Befestigungsschrauben für bewegliche Schablone (Schablone muss verschiebbar sein)
c = Befestigungsschrauben für Klemmhebel (Hebel muss drehbar sein)

c) Grundplatte

Bild 6 — Spannvorrichtung zum Biegen von Magnetdrähten, Probekörper für die Dielektrizitätsprüfung

d) Die beiden geformten Probekörper müssen rückseitig aneinander befestigt und, wie in Bild 7 dargestellt, straff mit Glasfasern um den geraden mittleren Abschnitt umwickelt werden.

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN IEC 60172:2020-07

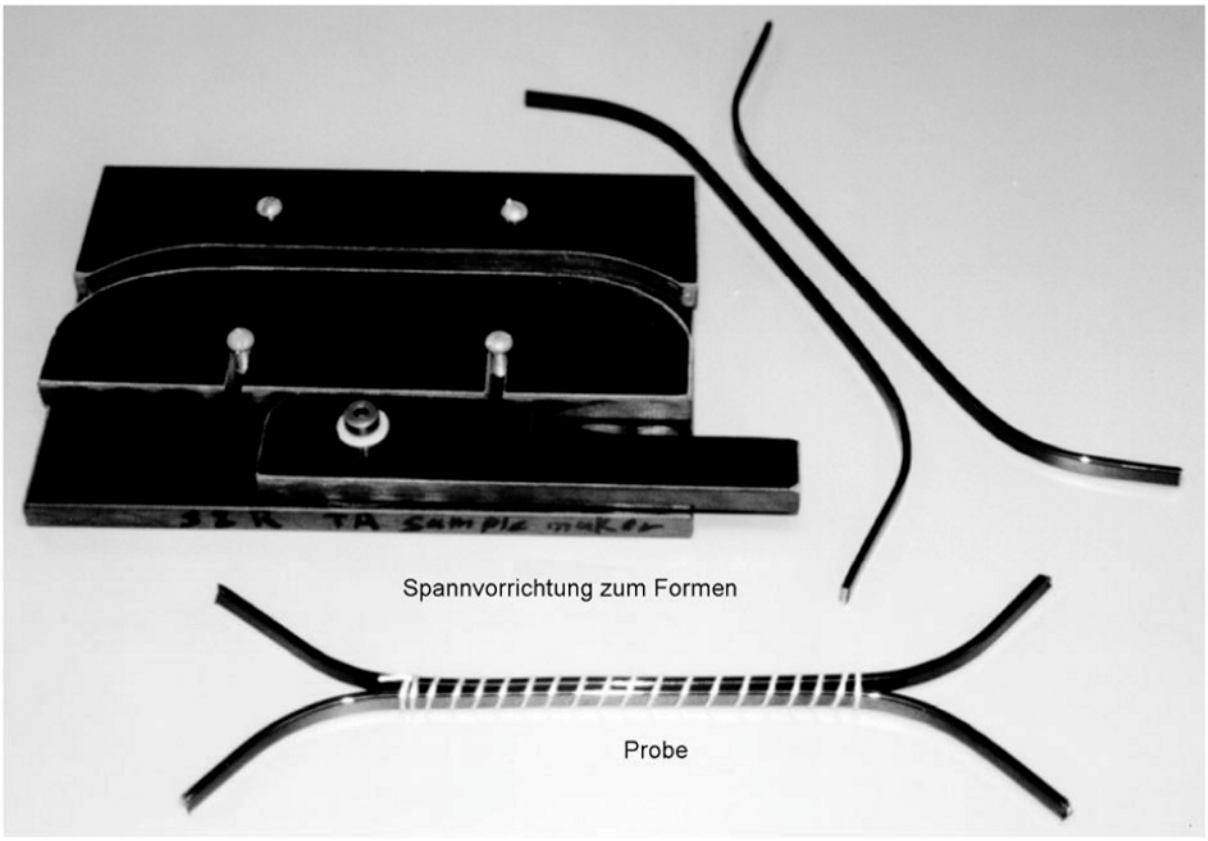


Bild 7 — Spannvorrichtung und Probekörper

Es muss darauf geachtet werden, dass der mittlere Abschnitt einen engen Kontakt zwischen den beiden Drahtstücken aufweist.

Ein weiteres Biegen der Enden nach dem Zusammenbinden muss vermieden werden. Tempern der Probekörper vor dem Prüfen oder Imprägnieren verhindert Spannungen und Risse und kann daher bei bestimmten Werkstoffen empfehlenswert sein.

e) Vor Beginn der Zyklen der Wärmebeanspruchung muss das Probestück mit einer Wechselspannung von 1 000 V auf Spannungsfestigkeit geprüft werden.

5.2 Tränkmittel

Isolierter Draht nach IEC 60317 und Tränkmittel nach IEC 60455-3-5 oder IEC 60464-3-2 können sich während des Wärmealterungsvorgangs gegenseitig beeinflussen.

ANMERKUNG Die Prüfung von mit Tränkmitteln imprägnierten Probekörpern ermöglicht eine Bewertung der Verträglichkeit der Drahtisolierung mit einem Tränkmittel. Dadurch können die Temperaturindizes verschiedener Kombinationen verglichen werden.

Wechselwirkungen zwischen Drahtisolierung und einem solchen Tränkmittel können die relative thermische Lebensdauer dieser Kombination verringern oder erhöhen verglichen mit der Lebensdauer eines ohne Tränkmittel geprüften Drahts. Daher kann dieses Prüfverfahren bei imprägnierten Probekörpern Hinweise auf die thermische Beständigkeit einer Kombination aus Drahtisolierung und Tränkmittel geben.

Wenn ein solches Tränkmittel erforderlich ist, muss das folgende Verfahren angewendet werden:

Der Probekörper muss in vertikaler Position für (60 ± 10) s (siehe Anmerkung) in das Tränkmittel eingetaucht werden. Er muss langsam und gleichmäßig mit etwa 1 mm/s herausgezogen werden. Er muss in horizontaler Lage 10 min bis 15 min abtropfen und dann nach den Empfehlungen des Herstellers oder nach einem vereinbarten Prüfplan in horizontaler Lage ausgehärtet werden. Falls mehr als eine Behandlung notwendig ist, lässt man den Probekörper bei jeder weiteren Behandlung gegenläufig eintauchen, abtropfen und aushärten.

ANMERKUNG Es ist möglich, dass einige Tränkmittel, wie z. B. Produkte hoher Viskosität oder thixotropische Produkte alternative, Verarbeitungsprozesse erfordern.

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN IEC 60172:2020-07

5.3 Anmerkungen zur Anzahl der Probekörper

Die Genauigkeit der Prüfergebnisse hängt stark von der Anzahl der Probekörper ab, die bei der jeweiligen Temperatur warm gealtert werden. Wenn es bei den Probekörpern, die der jeweiligen Temperatur ausgesetzt wurden, einen großen Streubereich der Ergebnisse gibt, wird eine größere Anzahl von Probekörpern benötigt, um eine bestimmte Genauigkeit zu erreichen.

Erfahrungsgemäß liefern 20 Probekörper ohne Tränkmittel und 10 Probekörper mit Tränkmittel Ergebnisse mit einer annehmbaren Grenzabweichung. Es müssen aber mindestens 10 Probekörper verwendet werden.

5.4 Probekörperhalter

5.4.1 Für Probekörper nach 5.1.1

Da die Behandlung einzelner verdrillter Probekörper möglicherweise zu Frühausfällen führt, wird empfohlen, dass die verdrillten Probekörper in einem geeigneten Probekörperhalter aufgenommen werden, wie in Bild 8 gezeigt. Dieser Probekörperhalter sollte so beschaffen sein, dass er die Probekörper vor von außen bewirkten mechanischen Beschädigungen und Einflüssen bewahrt. Der Halter wird so konstruiert, dass die Enden des verdrillten Probekörpers aus der Halterung herausragen, um einen elektrischen Anschluss für die Prüfspannung zu ermöglichen, wie in Bild 9 dargestellt. Der Probekörperhalter muss für mindestens 10 Probekörper ausgelegt werden, um die Handhabungszeit zu minimieren.

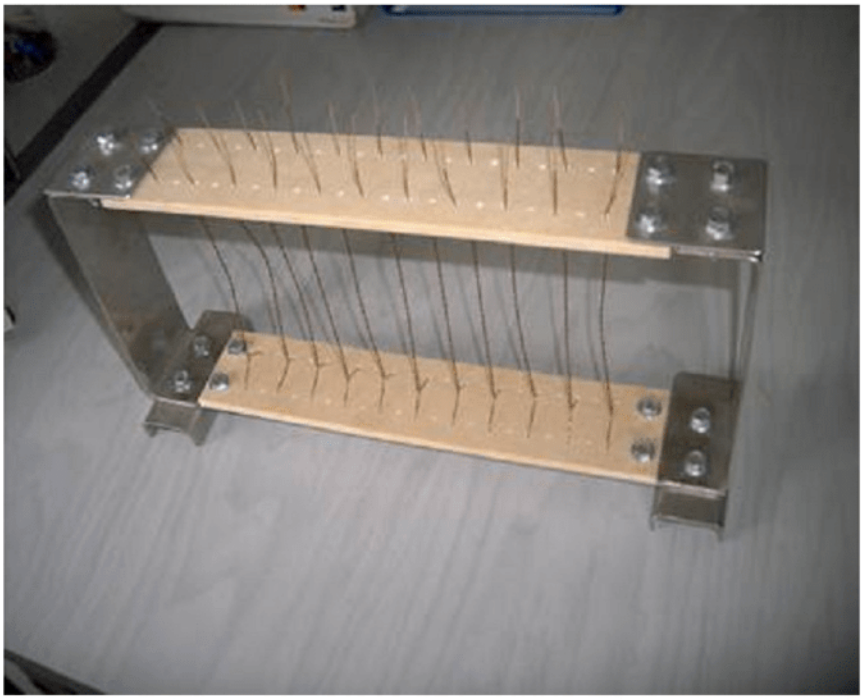
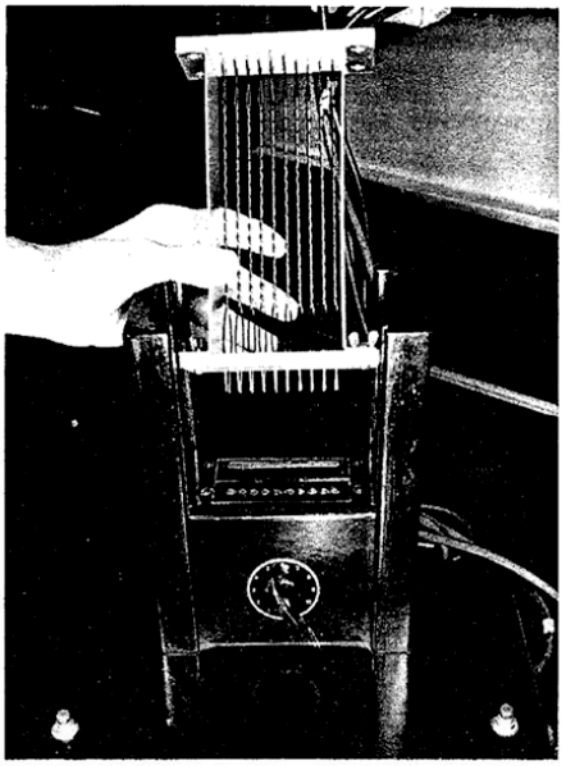


Bild 8 — Probekörperhalter

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN IEC 60172:2020-07



NEUES BILD ERFORDERLICH

Bild 9 — Probekörperhalter und elektrische Verbindungsvorrichtung

5.4.2 Für Probekörper nach 5.1.2

Die Probekörper müssen in den Wärmeschrank gehängt werden. Es ist keine besondere Halterung erforderlich.

6 Temperaturbeanspruchung

In diesem Abschnitt 6 sind die empfohlenen Temperaturen angegeben, denen die Probekörper ausgesetzt werden.

In Tabelle 3 sind die empfohlenen Temperaturen und die Dauer der Beanspruchung in jedem Zyklus angegeben. Ein Prüfyklus ist als eine Beanspruchung durch eine hohe Temperatur mit anschließender Spannungsprüfung bei Raumtemperatur (20 °C bis 30 °C) festgelegt. Dabei müssen die Probekörper ohne Berücksichtigung der Aufwärm- und Abkühlzeit in den Wärmeschrank eingebracht und aus dem Wärmeschrank entnommen werden.

Der Wärmeschrank muss vor dem Einbringen der Probekörper auf die ordnungsgemäße Prüftemperatur erwärmt werden.

Die Alterung der Probekörper sollte in einem Wärmeschrank mit Luftumwälzung durchgeführt werden, der die Temperatur der Probekörper innerhalb von 2 °C der gewählten Beanspruchungstemperatur halten kann.

Die Beanspruchungsdauern werden so gewählt, dass die Probekörper bei jeder Temperatur ungefähr 10 Zyklen ausgesetzt werden, bevor der Mittelwert der Lebensdauer erreicht wird.

Tabelle 3 — Empfohlene Beanspruchungsdauern in Tagen je Zyklus

Beanspruchungs- oder Alterungstemperatur (°C)	Schätzwert für den Temperaturindex						
	105 bis 109	120 bis 130	150 bis 159	180 bis 189	200 bis 209	220 bis 239	240 bis 249
320	–	–	–	–	–	–	1
310	–	–	–	–	–	–	2
300	–	–	–	–	–	1	4

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN IEC 60172:2020-07

Beanspruchungs- oder Alterungstemperatur (°C)	Schätzwert für den Temperaturindex						
	105 bis 109	120 bis 130	150 bis 159	180 bis 189	200 bis 209	220 bis 239	240 bis 249
290	–	–	–	–	–	2	7
280	–	–	–	–	1	4	14
270	–	–	–	–	2	7	28
260	–	–	–	1	4	14	49
250	–	–	–	2	7	28	–
240	–	–	–	4	14	49	–
230	–	–	–	7	28	–	–
220	–	–	1	14	49	–	–
210	–	1	2	28	–	–	–
200	–	2	4	49	–	–	–
190	1	4	7	–	–	–	–
180	2	7	14	–	–	–	–
170	4	14	28	–	–	–	–
160	7	28	49	–	–	–	–
150	14	49	–	–	–	–	–
140	28	–	–	–	–	–	–
130	49	–	–	–	–	–	–
120	–	–	–	–	–	–	–

ANMERKUNG Die Empfehlungen der Tabelle 3 weichen von denjenigen in IEC 60216-3 ab, werden jedoch für Lackdrähte als zweckmäßiger angesehen.

Werte für die thermische Beständigkeit, die von Probekörpern nach weniger als 8 Zyklen und nach mehr als 20 Zyklen erhalten werden, können zu falschen Ergebnissen führen und sollten nicht berücksichtigt werden, um die thermische Beständigkeit von Lackdraht vorherzusagen. Daher darf in einem solchen Fall ein kürzerer oder längerer Zyklus als in Tabelle 3 angegeben ausgewählt werden, damit die Zykluszahl in den genannten Bereich fällt.

Nachdem die Probekörper einem bestimmten Zyklus unterzogen worden sind, darf die Zyklusdauer entsprechend verlängert und verkürzt werden, um die Anzahl der Zyklen bis zum Erreichen des Mittelwerts der Lebensdauer zu beeinflussen.

Probekörper müssen mindestens drei und vorzugsweise vier Prüftemperaturen ausgesetzt werden. Die niedrigste Temperatur, empfohlen werden 20 °C über der gewünschten Temperaturklasse, muss eine Temperatur sein, die zu einem Ausfall in einem Zeitrahmen über 5000 Stunden führt. Die höchste Beanspruchungstemperatur muss einen Wert von mindestens 100 Stunden aufweisen, um als gültiger Datenpunkt berücksichtigt zu werden. Die Beanspruchungstemperaturen sollten um nicht mehr als 20 °C voneinander abweichen. Die aus den Ergebnissen abgeleitete Genauigkeit für den Temperaturindex wird sich in dem Maße verbessern, wie sich die Beanspruchungstemperatur der Temperatur annähert, der die Isolierung im Betrieb ausgesetzt ist.

7 Prüfspannung und ihre Anwendung

Die anzuwendende Prüfspannung muss eine Wechselspannung mit einer Nennfrequenz von 50 Hz oder 60 Hz sein, die annähernd sinusförmig ist, mit einem Scheitelfaktor in den Grenzen von $\sqrt{2} \pm 5\%$ (1,34 bis 1,48). Die Bemessungsleistung des Prüftransformators muss mindestens 500 VA betragen und unter Prüfbedingungen einen Strom mit praktisch unverfälschter Sinusform liefern.

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN IEC 60172:2020-07

Zur Feststellung eines Fehlers muss die Überstromeinrichtung ansprechen, wenn durch den Hochspannungskreis ein Strom von 5 mA oder mehr fließt. Der Prüfspannungsgenerator muss einen Prüfstrom (5 mA oder mehr) mit einem Spannungsfall von höchstens 10 % bereitstellen können.

Die Probekörper werden dem Wärmeschrank entnommen und auf Raumtemperatur abgekühlt. Jeder Probekörper muss einer Prüfspannung entsprechend der durchschnittlichen Dicke des Lackfilms ausgesetzt werden, wie in Tabelle 3 für Probekörper nach 5.1.1 und in Tabelle 4 für Probekörper nach 5.1.2 festgelegt. Im Falle der Verwendung von Backlackdrähten ist die Backlackschicht in der Durchmesserzunahme aufgrund der Isolierung enthalten.

Tabelle 4 — Prüfspannung für mit Band umwickelte Runddrähte und für lackisolierte oder mit Band umwickelte Flachdrähte

Durch die Isolierung bedingte Durchmesserzunahme (mm)		Spannung (Effektivwert)
über	bis einschließlich	
0,035	0,050	300
0,050	0,065	375
0,065	0,080	450
0,080	0,090	550
0,090	0,100	650
0,100	0,115	700
0,115	0,130	750
0,130	0,140	800
0,140	0,150	850

Die Prüfspannung muss für etwa 1 Sekunde an die Probekörper angelegt werden.

ANMERKUNG Diese vergleichsweise kurze Zeit der Beanspruchung ist wünschenswert, um Beeinflussungen durch Glimmentladung und dielektrische Absorption gering zu halten.

In jedem Fall muss eine mechanische Beschädigung der Probekörper vermieden werden. Die bei der Spannungsprüfung ausgefallenen Probekörper müssen verworfen und die verbleibenden Probekörper für eine weitere Temperaturbeanspruchung in den Wärmeschrank gelegt werden.

8 Auswertung

8.1 Lebensdauer des Probekörpers

Die Lebensdauer eines einzelnen Probekörpers bei einer Beanspruchungstemperatur wird bestimmt, indem das arithmetische Mittel aus der Gesamtanzahl von Stunden bei Beanspruchungstemperatur, nach welcher der Probekörper bei der Prüfspannung ausgefallen ist, und aus der Gesamtanzahl von Stunden bei Beanspruchungstemperatur des vorigen Zyklus berechnet wird. Dies beruht auf der Annahme, dass der Probekörper wahrscheinlich an einem Punkt in der Mitte des letzten Zyklus der Temperaturbeanspruchung bei der Spannungsprüfung ausgefallen wäre. Damit ist die Lebensdauer des Probekörpers gleich der Summe aller Stunden bis zum Ausfall des Probekörpers minus die Hälfte der Stunden des letzten Beanspruchungszyklus.

8.2 Mittelwert der Lebensdauer

Der Mittelwert der Lebensdauer eines Satzes von Probekörpern bei einer Beanspruchungstemperatur muss durch Berechnen des Medians oder des logarithmischen Mittelwerts bestimmt werden. Bei vielen Werkstoffen ist der Median statistisch gerechtfertigt. In den meisten Fällen verkürzt sich die Prüfzeit durch die Anwendung des Medians entscheidend, da die Prüfung beendet ist, wenn der Medianwert erhalten wird.

Wird der Median benutzt, so ergibt sich der Mittelwert der Lebensdauer wie folgt.

Wenn n die Anzahl der Probekörper in einem Probekörpersatz ist, so ergibt sich der Mittelwert der Lebensdauer:

a) bei ungeradem n als die Lebensdauer des Probekörpers mit der Nummer $(n + 1)/2$ (siehe 8.1);

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN IEC 60172:2020-07

b) bei geradem *n* als das Mittel der Lebensdauer der Probekörper mit den Nummern *n*/2 und (*n* + 2)/2 (siehe 8.1).

Wenn z. B. *n* = 12 gilt, wird der Mittelwert der Lebensdauer des Probekörpersatzes als der Mittelwert der Lebensdauer des sechsten und siebten Probekörpers bestimmt. Als Erleichterung wird empfohlen, eine ungerade Probekörperzahl zu verwenden, wenn der Mittelwert der Lebensdauer berechnet werden soll, um dadurch die Berechnung zu vereinfachen.

Bei Anwendung des Mittelwerts wird der Mittelwert der Lebensdauer aus dem Quotienten der Summe der Logarithmen der Lebensdauer der einzelnen Probekörper des Satzes (siehe 8.1) und der Gesamtanzahl *n* der Probekörper des Satzes berechnet. Die Exponentialfunktion zur Basis 10 dieses Mittelwerts ist der Mittelwert der Lebensdauer des Probekörpersatzes.

8.3 Linearität der Werte

Zur Vermeidung falscher Rückschlüsse aus der Extrapolation (siehe 8.4), sollte der Korrelationskoeffizient, wie in Anhang B dargelegt, berechnet werden, um ein Maß für die Linearität bereitzustellen.

Wenn der Korrelationskoeffizient r größer oder gleich 0,95 ist, wird eine Linearität der Messwerte angenommen, und die Messpunkte werden hinreichend nahe der Geraden liegen. Falls der Korrelationskoeffizient kleiner ist als 0,95, liegt keine Linearität vor, und es sollte noch eine weitere Messreihe bei einer Temperatur aufgenommen werden, die niedriger ist als die bisher verwendete niedrigste Temperatur.

Der neue Temperaturpunkt darf 10 °C niedriger als der bisherige niedrigste Temperaturpunkt sein. Bei einer Neuberechnung des Temperaturindex und des Korrelationskoeffizienten dürfen dann für jeden neu erhaltenen Temperaturpunkt jeweils die Messwerte bei einer Temperatur verworfen werden, wobei mit der höchsten Temperatur begonnen wird.

Es liegt Linearität der Messwerte vor, wenn die thermische Zersetzung des Lackdrahts bzw. des getränkten Lackdrahts als eine chemische Reaktion auftritt. Nichtlinearität kann darauf hinweisen, dass:

a) im verwendeten Temperaturprüfbereich zwei oder mehr Reaktionen mit unterschiedlichen Aktivierungsenergien (Anstiegen) bei unterschiedlichen Temperaturen vorherrschen, oder

b) Fehler bei der Auswahl der Probekörper und/oder der Durchführung der Prüfung aufgetreten sind.

Nichtlineare Ergebnisse sollten nicht für die Extrapolation verwendet werden.

8.4 Berechnung und Darstellung der thermischen Beständigkeit und des Temperaturindex

Die thermische Beständigkeit wird grafisch dargestellt, indem der Mittelwert der Lebensdauer (siehe 8.2) als Funktion der betreffenden Beanspruchungstemperatur dargestellt wird; hierzu wird Diagrammpapier verwendet mit logarithmisch geteilter Zeitachse als Ordinate und mit einer Teilung der Abszisse nach Kehrwerten der absoluten Temperatur. Die Beanspruchungstemperaturen bei 2 000 Stunden und bei 20 000 Stunden werden mittels der in Anhang A angegebenen Berechnung der Regression erster Ordnung abgeschätzt. Die im Diagramm durch diese beiden Punkte eingezeichnete Regressionsgerade beschreibt die thermische Beständigkeit des lackisolierten Wickeldrahts (siehe Bild 10).

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN IEC 60172:2020-07