

DIN EN ISO 22459



ICS 81.060.30

Einsprüche bis 2024-05-22
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN ISO 22459:2022-07

Entwurf

**Hochleistungskeramik –
Faserverstärkungen von keramischen Verbundwerkstoffen –
Bestimmung der Verteilung von Zugfestigkeit und Zugdehnung bis zum
Versagen von Filamenten innerhalb eines Multifilamentkabels bei
Raumtemperatur (ISO/FDIS 22459:2024);
Deutsche und Englische Fassung prEN ISO 22459:2024**

Fine ceramics (advanced ceramics, advanced technical ceramics) –

Reinforcement of ceramic composites –

Determination of distribution of tensile strength and tensile strain to failure of filaments
within a multifilament tow at ambient temperature (ISO/FDIS 22459:2024);

German and English version prEN ISO 22459:2024

Céramiques techniques –

Renfort de céramiques composites –

Détermination de la distribution de la résistance en traction et de la déformation à la rupture
en traction de filaments dans un fil multifilamentaire à température ambiante
(ISO/FDIS 22459:2024);

Version allemande et anglaise prEN ISO 22459:2024

Anwendungswarnvermerk

Dieser Entwurf mit Erscheinungsdatum 2024-03-22 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil das beabsichtigte Dokument 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 nmp@din.de 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 den DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP), 10772 Berlin oder Am DIN-Platz, Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin.

Es wird gebeten, mit den Kommentaren zu diesem Entwurf jegliche relevanten Patentrechte, die bekannt sind, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP)

Gesamtumfang 44 Seiten

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 22459:2024) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 206 „Fine ceramics“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 184 „Hochleistungskeramik“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN (Deutschland) gehalten wird.

Das zuständige nationale Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 062-02-94 AA „Prüfung von Hochleistungskeramik — Keramische Verbundwerkstoffe“ im DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP).

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Für die in diesem Dokument zitierten Dokumente wird im Folgenden auf die entsprechenden deutschen Dokumente hingewiesen:

ISO 7500-1	siehe	DIN EN ISO 7500-1
ISO 19630	siehe	DIN EN ISO 19630

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Änderungen

Gegenüber DIN EN ISO 22459:2022-07 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Bild 2 wurde durch eine bessere Darstellung des Querschnitts verbessert;
- b) Bild 3 wurde verbessert, indem die Messlänge als Ebene dargestellt wurde.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN ISO 7500-1, *Metallische Werkstoffe — Kalibrierung und Überprüfung von statischen einachsigen Prüfmaschinen — Teil 1: Zug- und Druckprüfmaschinen — Kalibrierung und Überprüfung der Kraftmesseinrichtung*

DIN EN ISO 19630, *Hochleistungskeramik — Verfahren zur Prüfung der Faserverstärkungen — Bestimmung der Zugeigenschaften von Endlosfasern bei Raumtemperatur*

– Leerseite –

**Hochleistungskeramik – Faserverstärkungen von keramischen Verbundwerkstoffen –
Bestimmung der Verteilung von Zugfestigkeit und Zugdehnung bis zum Versagen von
Filamenten innerhalb eines Multifilamentkabels bei Raumtemperatur
(ISO/FDIS 22459:2024)**

Fine ceramics (advanced ceramics, advanced technical ceramics) – Reinforcement of ceramic composites –
Determination of distribution of tensile strength and tensile strain to failure of filaments within a multifilament
tow at ambient temperature (ISO/FDIS 22459:2024)

Céramiques techniques – Renfort de céramiques composites – Détermination de la distribution de la résis-
tance en traction et de la déformation à la rupture en traction de filaments dans un fil multifilamentaire à
température ambiante (ISO/FDIS 22459:2024)

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	4
Vorwort	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	6
4 Kurzbeschreibung	7
5 Bedeutung und Anwendung	7
6 Prüfeinrichtung	8
6.1 Zugprüfeinrichtung	8
6.2 Datenerfassung	9
7 Probekörper	9
7.1 Allgemeines	9
7.2 Probekörper mit Fenster	9
7.3 Probekörper mit Zylinderschäften	9
8 Probekörpervorbereitung	10
8.1 Allgemeines	10
8.2 Probekörper mit Fenster	10
8.3 Probekörper mit Zylinderschäften	11
8.4 Anzahl der Proben	11
9 Durchführung der Prüfung	12
9.1 Bestimmung des Anfangsquerschnitts	12
9.2 Bestimmung der Messlänge	12
9.3 Einspanneinrichtungen	12
9.4 Wahl der Dehnungsrate	12
9.5 Durchführung der Prüfung	13
9.6 Bestimmung der Nachgiebigkeit der Krafteinleitung	13
9.7 Gültigkeit der Prüfung	13
10 Berechnung der Ergebnisse	13
10.1 Berechnung der Nachgiebigkeit der Krafteinleitung C_1	13
10.2 Berechnung der Faserbruchwahrscheinlichkeit P_j durch Prüfungen an Probekörpern mit einer Messlänge von 200 mm	15
10.2.1 Bestimmung des wahren Ursprungs	15
10.2.2 Konstruktion der Hüllkurve und Bestimmung der momentanen Nachgiebigkeit $C_{t,j}$	15
10.2.3 Faserbruchwahrscheinlichkeit	16
10.3 Verteilung der Bruchdehnung der Fasern	17
10.3.1 Berechnung der Bruchdehnung der Fasern	17
10.3.2 Verteilung der Bruchdehnung der Fasern	17
10.4 Verteilung der Faserfestigkeit	18
10.4.1 Anfangsquerschnitt	18
10.4.2 Berechnung der Faserfestigkeit	18
10.4.3 Verteilung der Faserfestigkeit	18
10.4.4 Mittelwert der Faserfestigkeiten	19
10.4.5 Mittlere Faserfestigkeit	19
11 Prüfbericht	19
Anhang A (informativ) Auszug aus dem Handbuch der mathematischen Funktionen	21
Literaturhinweise	22

Bilder

Bild 1 — Prüfaufbau (allgemeine Skizze)	8
Bild 2 — Probekörper mit Fenster (allgemeine Skizze, Seitenansicht)	9
Bild 3 — Probekörper mit Zylinderschäften (allgemeine Skizze)	10
Bild 4 — Probekörper mit Fenster, Vorbereitung (allgemeine Skizze)	11
Bild 5 — Probekörper mit Zylinderschäften, Vorbereitung (allgemeine Skizze)	11
Bild 6 — Befestigung des Probekörpers (allgemeine Skizze)	12
Bild 7 — Kraft-Verschiebungs-Kurve und Bestimmung des wahren Ursprungs	14
Bild 8 — Bestimmung der Nachgiebigkeit der Krafteinleitung	15
Bild 9 — Aufbau der Hüllkurve und momentane Nachgiebigkeit	16
Bild A.1 — Werte für die Funktion $\Gamma(x + 1) = x!$ für $0 < x < 3,39$ [7]	21

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 22459:2024) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 206 „Fine ceramics“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 184 „Hochleistungskeramik“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN gehalten wird.

Dieses Dokument wird EN ISO 22459:2022 ersetzen.

Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung nationaler Normungsinstitute (ISO-Mitgliedsorganisationen). Die Erstellung von Internationalen Normen wird üblicherweise von Technischen Komitees von ISO durchgeführt. Jede Mitgliedsorganisation, die Interesse an einem Thema hat, für welches ein Technisches Komitee gegründet wurde, hat das Recht, in diesem Komitee vertreten zu sein. Internationale staatliche und nichtstaatliche Organisationen, die in engem Kontakt mit ISO stehen, nehmen ebenfalls an der Arbeit teil. ISO arbeitet bei allen elektrotechnischen Normungsthemen eng mit der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) zusammen.

Die Verfahren, die bei der Entwicklung dieses Dokuments angewendet wurden und die für die weitere Pflege vorgesehen sind, werden in den ISO/IEC-Direktiven, Teil 1 beschrieben. Es sollten insbesondere die unterschiedlichen Annahmekriterien für die verschiedenen ISO-Dokumentenarten beachtet werden. Dieses Dokument wurde in Übereinstimmung mit den Gestaltungsregeln der ISO/IEC-Direktiven, Teil 2 erarbeitet (siehe www.iso.org/directives).

ISO weist auf die Möglichkeit hin, dass die Anwendung dieses Dokuments mit der Verwendung eines oder mehrerer Patente verbunden sein kann. ISO bezieht jedoch in dieser Hinsicht keinerlei Stellung bezüglich Nachweis, Gültigkeit oder Anwendbarkeit jeglicher beanspruchten Patentrechte. Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieses Dokuments lag ISO keine Mitteilung über ein Patent bzw. mehrere Patente vor, welche/s zur Umsetzung dieses Dokuments erforderlich sein könnte/n. Anwender werden jedoch darauf hingewiesen, dass dies möglicherweise nicht der aktuelle Informationsstand ist. Dieser kann jedoch der Patentdatenbank unter www.iso.org/patents entnommen werden. ISO ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Jeder in diesem Dokument verwendete Handelsname dient nur zur Unterrichtung der Anwender und bedeutet keine Anerkennung.

Für eine Erläuterung des freiwilligen Charakters von Normen, der Bedeutung ISO-spezifischer Begriffe und Ausdrücke in Bezug auf Konformitätsbewertungen sowie Informationen darüber, wie ISO die Grundsätze der Welthandelsorganisation (WTO, en: World Trade Organization) hinsichtlich technischer Handelshemmnisse (TBT, en: Technical Barriers to Trade) berücksichtigt, siehe www.iso.org/iso/foreword.html.

Dieses Dokument wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 206, *Fine ceramics* erarbeitet in Zusammenarbeit mit dem Europäischen Komitee für Normung (CEN), Technisches Komitee CEN/TC 184, *Hochleistungskeramik*, in Übereinstimmung mit der Vereinbarung zur technischen Zusammenarbeit zwischen ISO und CEN (Wiener Vereinbarung) erarbeitet.

Diese zweite Ausgabe annulliert und ersetzt die erste Ausgabe (ISO 22459:2020), von der sie eine geringfügige Überarbeitung darstellt.

Die wichtigsten Änderungen sind wie folgt:

- Bild 2 wurde durch eine bessere Darstellung des Querschnitts verbessert;
- Bild 3 wurde verbessert, indem die Messlänge als Ebene dargestellt wurde.

Rückmeldungen oder Fragen zu diesem Dokument sollten an das jeweilige nationale Normungsinstitut des Anwenders gerichtet werden. Eine vollständige Auflistung dieser Institute ist unter www.iso.org/members.html zu finden.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt die Bedingungen für die Bestimmung der Verteilung von Festigkeit und Bruchdehnung von Fasern innerhalb eines Faserbündels bei Raumtemperatur fest, indem ein Zugversuch an einem Faserbündel durchgeführt wird.

Dieses Dokument ist anwendbar für unbeschichtete Faserbündel aus keramischen Endlosfasern, von denen angenommen wird, dass sie sich unter Beanspruchung frei und unabhängig verhalten und bis zum Bruch ein linear-elastisches Verhalten zeigen. Die Ergebnisse dieses Verfahrens sind nicht mit den Festigkeitswerten von eingebetteten Faserbündeln zu verwechseln, die mithilfe von ISO 24046 bestimmt wurden.

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).

ISO 7500-1, *Metallic materials — Calibration and verification of static uniaxial testing machines — Part 1: Tension/compression testing machines — Calibration and verification of the force-measuring system*

ISO 10119, *Carbon fibre — Determination of density*

EN 1007-2, *Hochleistungskeramik — Keramische Verbundwerkstoffe — Verfahren zur Prüfung der Faserverstärkungen — Teil 2: Bestimmung der Feinheit*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <https://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: verfügbar unter <https://www.electropedia.org/>

3.1

Messlänge

L_0

Anfangsabstand zwischen zwei Referenzmarkierungen auf dem Faserbündel

Anmerkung 1 zum Begriff: Üblicherweise wird der Abstand zwischen den eingespannten Enden des Bündels als Messlänge gewählt.

3.2

Anfangsquerschnitt

S_0

Querschnittsfläche des Bündels

3.3

Längenänderung des Bündels

A

Zunahme der Messlänge während des Zugversuchs

3.4.1

Gesamtnachgiebigkeit

C_t

Quotient aus der gemessenen Verschiebung und der zugehörigen Kraft im Zugversuch

3.4.2

Nachgiebigkeit der Krafteinleitung

C_l

Quotient aus der Längenänderung der Krafteinleitung, ohne den Beitrag des Probekörpers, und der zugehörigen Kraft im Zugversuch

3.5

Dehnung

ε

Quotient aus der Längenänderung des Bündels A und der Messlänge L_0

3.6

Faser-Bruchdehnung

$\varepsilon_{r,j}$

Dehnung im Intervall j in den nichtlinearen Abschnitten der Kraft-Verschiebungs-Kurve

3.7

Faserfestigkeit

$\sigma_{r,j}$

Quotient aus der Zugkraft und der Querschnittsfläche aller ungebrochenen Fasern im Intervall j in den nichtlinearen Abschnitten der Kraft-Verschiebungs-Kurve

3.8

Mittelwert der Faserfestigkeit

$\bar{\sigma}_r$

statistischer Mittelwert der Festigkeit der Fasern im Bündel für jede Prüfung, bestimmt aus den Festigkeitsparametern der Fasern in der Weibull-Verteilung

3.9

mittlere Faserfestigkeit

$\bar{\bar{\sigma}}_r$

arithmetisches Mittel der Festigkeitsmittelwerte

4 Kurzbeschreibung

Ein Faserbündel wird einer Zugbeanspruchung mit konstanter Verschiebungsrate ausgesetzt, bis alle Fasern im Bündel gebrochen sind. Kraft und Verschiebung werden gemessen und aufgezeichnet. Aus der Kraft-Verschiebungs-Kurve wird die zweiparametrische Weibull-Verteilung der Bruchdehnung und der Festigkeit der Fasern durch Aufteilen der nichtlinearen Abschnitte der Kurve in diskrete Intervalle j , die einer steigenden Anzahl gebrochener Fasern im Bündel entsprechen, bestimmt.

5 Bedeutung und Anwendung

Da sich die Verschiebung direkt am Bündel nur schwer messen lässt, wird sie gewöhnlich indirekt über eine Messung der Nachgiebigkeit ermittelt, die die Beiträge der Krafteinleitung, Einspanneinrichtungen und der Aufleimer enthält. Diese Beiträge müssen bei der Analyse bereinigt werden. Diese Bereinigung ist nicht notwendig, wenn die Längenänderung des Bündels direkt gemessen werden kann (durch Anwendung eines geeigneten Wegaufnehmersystems). Die Berechnung der Ergebnisse in Abschnitt 10 gilt auch für diesen Fall, indem die Nachgiebigkeit der Krafteinleitung des Systems gleich null gesetzt wird.

Das Auswertungsverfahren beruht auf einer Analyse des nichtlinearen Bereichs der Kraft-Verschiebungs-Kurve, der durch das fortschreitende Versagen der Fasern während des Versuchs entsteht. Die Größe dieses

Bereichs wird durch eine höhere Steifigkeit des Krafteinleitungs- und Einspannsystems begünstigt. Wenn die Kraft-Verschiebungs-Kurve diesen nichtlinearen Bereich nicht aufweist, kann das Auswertungsverfahren nach diesem Dokument nicht angewendet werden.

Die Verteilung der Faserbruchdehnungen hängt bei solchen Faserbündeln, die eine große Anzahl an Fasern enthalten, nicht von der anfänglichen Anzahl der Fasern ab; daher wird sie nicht von der Anzahl der schon vor dem Versuch gebrochenen Fasern beeinflusst, sofern diese Anzahl begrenzt bleibt. Die Bestimmung der Verteilung der Faserfestigkeit erfordert die Kenntnis des Anfangsquerschnitts des Bündels. Die Schwankung der Faserdurchmesser, die die Festigkeitswerte beeinflusst, wird nicht berücksichtigt.

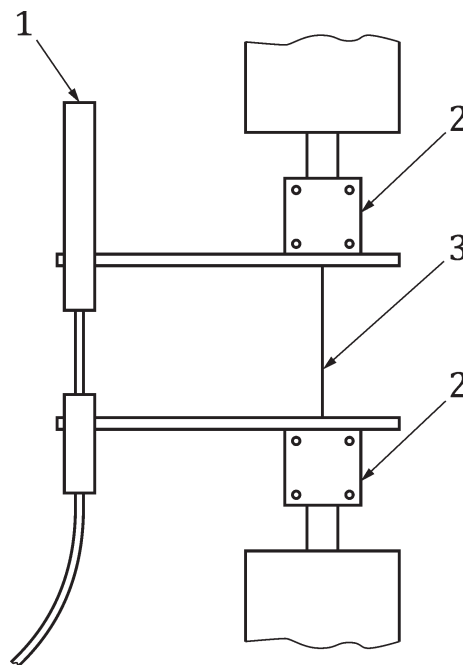
Die Weibull-Parameter, die mithilfe dieses Versuchs ermittelt und auf die entsprechende Messlänge extrapoliert werden, können aufgrund unterschiedlicher Prüfbedingungen nicht direkt mit denjenigen verglichen werden, die in Zugversuchen an Monofilamenten nach ISO 19630 ermittelt wurden [1].

6 Prüfeinrichtung

6.1 Zugprüfeinrichtung

Die Prüfmaschine muss mit einem System zur Messung der auf den Probekörper wirkenden Kraft und der Verschiebung oder zur direkten Messung der Längenänderung des Bündels ausgestattet sein. Die Maschine muss mindestens den Anforderungen der Klasse 1 nach ISO 7500-1 entsprechen. Die Einspanneinrichtungen müssen den Probekörper in Richtung der Kraft ausrichten. Ein Verrutschen des Probekörpers in der Einspanneinrichtung muss verhindert werden.

ANMERKUNG Die Verwendung eines Verschiebungsmessgeräts, das an den Enden der Einspanneinrichtungen [5] [6] (siehe Bild 1) oder am Bündel selbst [4] [5] [6] befestigt wird, wird voraussichtlich den Beitrag verschiedener Teile der Krafteinleitung zur gemessenen Verschiebung begrenzen und damit die Genauigkeit erhöhen.



Legende

- 1 Verschiebungsmessgerät
- 2 Einspanneinrichtung
- 3 Probekörper

Bild 1 — Prüfaufbau (allgemeine Skizze)

6.2 Datenerfassung

Ein kalibriertes Aufzeichnungsgerät muss verwendet werden, um die Kraft-Verschiebungs-Kurven aufzuzeichnen. Empfohlen wird der Einsatz eines digitalen Datenerfassungssystems.

7 Probekörper

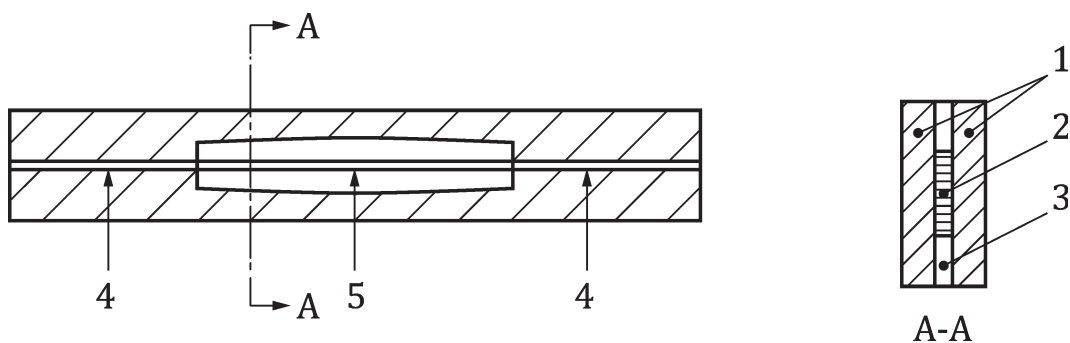
7.1 Allgemeines

Probekörper mit einer Messlänge von 200 mm müssen verwendet werden, um die Verteilungen der Faserfestigkeit und der Bruchdehnung der Fasern zu bestimmen. Um die Nachgiebigkeit der Krafteinleitung zu bestimmen, müssen Probekörper der Messlängen 100 mm und 300 mm verwendet werden. Beispiele für zwei Arten von Probekörpern sind nachfolgend angegeben.

7.2 Probekörper mit Fenster

Ein Probekörper mit Fenster ist in Bild 2 dargestellt. Ein vorgespanntes Bündel ist zwischen zwei identischen Werkstoffplatten mit jeweils einem mittig angebrachten Fenster befestigt. Wird die Verschiebung nicht direkt am Faserbündel gemessen, ist die Messlänge durch die Höhe des Fensters gegeben.

ANMERKUNG Diese Art von Probekörpern hat den Vorteil der leichten Handhabbarkeit.



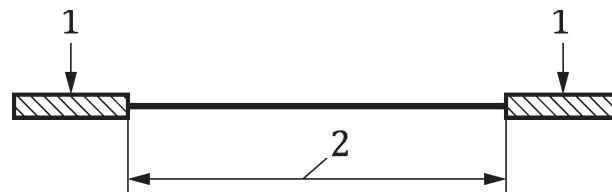
Legende

- 1 Platten
- 2 Faserbündel
- 3 Klebestellen
- 4 eingespanntes Ende
- 5 Messlänge

Bild 2 — Probekörper mit Fenster (allgemeine Skizze, Seitenansicht)

7.3 Probekörper mit Zylinderschäften

Ein Probekörper mit Zylinderschäften ist in Bild 3 dargestellt. Beide Enden eines vorgespannten Faserbündels sind in Zylindern mit kleinen Durchmessern, die in der Regel aus Metall bestehen, befestigt. Wird die Verschiebung nicht direkt am Faserbündel gemessen, ist die Messlänge durch den Abstand zwischen den inneren Enden der an dem vorgespannten Bündel befestigten Zylinder gegeben. Die Länge des Zylinders muss so bemessen sein, dass die Haftfestigkeit des Faserbündel-Probekörpers am Zylinder optimiert ist. Es wird eine Länge von mehr als 30 mm empfohlen.



Legende

- 1 Zylinder
- 2 Messlänge

Bild 3 — Probekörper mit Zylinderschäften (allgemeine Skizze)

8 Probekörpervorbereitung

8.1 Allgemeines

Bei der Probenvorbereitung ist mit äußerster Sorgfalt darauf zu achten, dass das Verfahren von Probekörper zu Probekörper wiederholbar ist. Bei Verwendung von Klebstoff müssen derselbe Klebstoff und dieselbe Einkleblänge des Bündels für die Vorbereitung aller Probekörper einer Messreihe verwendet werden. Probekörper müssen vorsichtig gehandhabt werden, um das Brechen der Fasern zu vermeiden.

Eine gute Wiederholbarkeit bei der Probekörpervorbereitung ist erforderlich, um eine exakte Bestimmung der Nachgiebigkeit der Krafteinleitung zu ermöglichen.

Bestimmte Fasern enthalten ein Schlichtmittel. Es schützt die Fasern vor Beschädigung bei der Handhabung oder verhindert die Reibung zwischen den Fasern während der Prüfungen. Es sollte nicht entfernt werden. Aufgrund seines geringen Elastizitätsmoduls trägt es nicht zur Lastverteilung bei. Es sollte darauf geachtet werden, dass der Klebstoff nicht in das Faserbündel außerhalb des Rahmens läuft. Geeignet sind Epoxid- oder Kunstharze, die hervorragende Benetzungseigenschaften mit SiC- und aluminiumoxidbasierten Keramiken aufweisen.

8.2 Probekörper mit Fenster

Ein unverdrilltes Faserbündel wird zwischen zwei identischen Platten aus Pappkarton oder einem anderen geeigneten Werkstoff eingeklebt. Die Fasern sind auszurichten. Dafür wird auf beide Enden der zwei Platten reichlich Klebstoff aufgetragen, dann wird das Bündel auf der Mittellinie einer der Platten unter Aufbringen einer kleinen axialen Vorkraft angeordnet. Die über die Platte hinausragenden Enden des Bündels werden mit Klebeband auf einer Unterlage fixiert (siehe Bild 4), und auf die Enden des Bündels in den Einspannbereichen wird reichlich Klebstoff aufgetragen. Danach wird die zweite Platte mit der mit Klebstoff bestrichenen Seite auf die erste aufgepresst.