DIN EN 60793-1-31 (VDE 0888-231)

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 33.180.10

Einsprüche bis 2017-12-13

Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 60793-1-31
(VDE 0888-231):2011-02

Entwurf

Lichtwellenleiter – Teil 1-31: Messmethoden und Prüfverfahren – Zugfestigkeit (IEC 86A/1798/CD:2017)

Optical fibres –
Part 1-31: Measurement methods and test procedures –
Tensile strength
(IEC 86A/1798/CD:2017)

Fibres optiques –
Partie 1-31: Méthodes de mesure et procédures d'essai –
Résistance à la traction
(IEC 86A/1798/CD:2017)

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2017-10-13 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 des DIN unter www.entwuerfe.din.de 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/stellungnahme 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 44 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN 60793-1-31:2017-11

Anwendungsbeginn

Anwendungsbeginn dieser Norm ist ... .

Inhalt

Seite

Nationales Vorwort ... 4
Einführung ... 5
1 Anwendungsbereich ... 6
2 Normative Verweisungen ... 6
3 Begriffe ... 6
4 Gefahren ... 6
5 Prüfeinrichtung ... 6
5.1 Allgemeines ... 6
5.2 Einspannen der Faser an den beiden Enden ... 7
5.3 Aufnahme der Probe ... 7
5.4 Strecken der Faser ... 7
5.5 Messen der beim Bruch aufgewendeten Kraft ... 8
5.6 Regelungseinrichtungen für die Umgebungsbedingungen ... 8
6 Probenvorbereitung ... 9
6.1 Definition ... 9
6.2 Stichprobengröße und Messlänge ... 9
6.3 Zusätzliche Messungen ... 10
6.4 Umgebung ... 10
7 Durchführung ... 10
7.1 Vorbereitende Schritte ... 10
7.2 Verfahren für einen einzelnen Prüfling ... 10
7.3 Verfahren für alle Proben bei einer gegebenen Nenndehnungsrate ... 11
8 Berechnungen ... 11
8.1 Umrechnung von Zugbelastung in Bruchbeanspruchung ... 11
8.2 Erstellen eines Weibull-Funktionsgraphen ... 12
8.3 Berechnung der Weibull-Parameter ... 12
9 Ergebnisse ... 13
9.1 Aufzunehmende Angaben ... 13
9.2 Aufzuzeichnende Angaben ... 13
10 Angaben in der Spezifikation ... 14
Anhang A (informativ) Typische Vorrichtungen für die dynamische Zugspannungsprüfung ... 15
Anhang B (informativ) Leitfaden zum Einspannen der Faser ... 17
Anhang C (informativ) Leitfaden zur Beanspruchungsrate ... 21
Literaturhinweise ... 23

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN 60793-1-31:2017-11

Seite

Bilder

Bild 1 – Bimodaler Weibull-Funktionsgraph der Zugfestigkeit eines Prüfaufbaues mit 20 m Messlänge bei einer Dehnungsrate von 5 %/min 9
Bild A.1 – Abspannrollenanordnung 15
Bild A.2 – Prüfvorrichtung für die Translation 15
Bild A.3 – Vorrichtung mit einer drehenden Abspannrolle 16
Bild A.4 – Vorrichtung für lange Längen mit drehenden Abspannrollen 16
Bild A.5 – Mehrfachprüfvorrichtung mit drehenden Abspannrollen 16
Bild B.1 – Allmähliches Herausgleiten 17
Bild B.2 – Ungleichmäßiges Herausgleiten 17
Bild B.3 – Sägezahnartiges Herausgleiten 18
Bild B.4 – Annehmbare Übertragungsfunktion 18
Bild B.5 – Typische Abspannrolle 19
Bild B.6 – Isostatisches Zusammenpressen 19
Bild B.7 – Schneckenumwicklung 20
Bild C.1 – Regelungssystem für die Beanspruchungsrate 21
Bild C.2 – Zeitlicher Veränderung von Belastung und Belastungsgeschwindigkeit 22

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN 60793-1-31:2017-11

Nationales Vorwort

Das internationale Dokument IEC 86A/1798/CD:2017 „Optical fibres – Part 1-31: Measurement methods and test procedures – Tensile strength“ (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 SC 86A „Fibres and cables“ der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) erarbeitet und den nationalen Komitees zur Stellungnahme vorgelegt.

Die 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 prEN nur 2 Monate 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 UK 412.6 „Lichtwellenleiter und Lichtwellenleiterkabel“ 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 [und/oder ISO] sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 60793-1-31 (VDE 0888-231):2011-02 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

a) Korrektur der Gleichungen (3b) und (4b) sowie Neubenummerung der Gleichungen;

b) Redaktionelle Anpassung des gesamten Dokuments.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN 60793-1-31:2017-11

Lichtwellenleiter – Teil 1-31: Messmethoden und Prüfverfahren – Zugfestigkeit (IEC 86A/1798/CD:2017)

Einführung

Bruchbeanspruchungsverteilungen können zur Bewertung der Zuverlässigkeit einer Faser für verschiedene Bedingungen angewendet werden. In IEC/TR 62048 werden die mathematischen Berechnungen dafür dargestellt. Zur Vervollständigung einer gegebenen Voraussage der Zuverlässigkeit muss mit den zur Charakterisierung einer Verteilung angewendeten Prüfungen Folgendes untersucht werden:

– die Grundgesamtheit der Faser, z. B. Beschichtung, Fertigungsperiode, Durchmesser;
– Messlänge, d. h. Länge des geprüften Abschnitts;
– Beanspruchungs- oder Dehnungsraten;
– Prüfumgebung;
– Vorbehandlung oder Alterungsmaßnahmen;
– Stichprobengröße.

Mit diesem Verfahren wird die Festigkeit der optischen Faser bei einer festgelegten gleichmäßigen Dehnungsrate gemessen. Es ist eine zerstörende Prüfung und nicht als Ersatz für Nachweisprüfungen geeignet.

Dieses Verfahren wird bei einer Messlänge von 0,5 m und einer festgelegten höchsten Dehnungsrate von 25 %/min für solche *typischen* Lichtwellenleiter angewendet, bei denen der Median der Bruchbeanspruchung über 3,1 GPa (450 kpsi) liegt. Für Fasern mit einem kleineren Median der Bruchbeanspruchung haben die Bedingungen dieser Norm keine ausreichende Genauigkeit erzielt.

Die Prüfung wird üblicherweise an „kurzen Längen“ bis zu 1 m oder an „langen Längen“ von 10 m bis 20 m und mit einer Probenanzahl zwischen 15 und 30 ausgeführt.

Die Prüfumgebung und jegliche Vorbehandlung oder Alterung sind für den Ausgang der Prüfung entscheidend. Es gibt kein anerkanntes Modell zur Extrapolation von Ergebnissen für eine Umgebung auf eine andere. Bei einer gegebenen Beanspruchungs- oder Dehnungsrate nimmt die Bruchbeanspruchung jedoch ab, wenn die relative Feuchtigkeit ansteigt. Es wurden sowohl Anstiege als auch Abnahmen der gemessenen Parameter der Festigkeitsverteilung als Ergebnis der Vorbehandlung bei erhöhter Temperatur und Feuchtigkeit, selbst für einen oder zwei Tage, beobachtet.

Diese Prüfung basiert auf der Theorie der Bruchmechanik spröder Werkstoffe und auf der Beschreibung der Zunahme der Fehlstellen durch ein Potenzgesetz (siehe IEC/TR 62048). Obwohl anderswo auch andere Theorien beschrieben wurden, ist die Theorie der Bruchmechanik auf Grundlage eines Potenzgesetzes diejenige, die allgemein am meisten anerkannt ist.

Eine typische Grundgesamtheit besteht aus Fasern, die nicht absichtlich beschädigt wurden bzw. umweltbedingt gealtert sind. Eine typische Faser hat einen Nenndurchmesser von 125 µm und eine Acrylat-Beschichtung mit einem Nenndurchmesser von bis zu 250 µm. Für solche typische Grundgesamtheiten sind die Vorgabebedingungen festgelegt. Untypische Grundgesamtheiten können alternative Beschichtungen, umweltbedingt gealterte Fasern oder bewusst beschädigte bzw. verschlissene Fasern enthalten. Für nicht typische Grundgesamtheiten wird ebenfalls eine Anleitung zur Verfügung gestellt.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN 60793-1-31:2017-11

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil der IEC 60793 stellt Werte für die Zugfestigkeit von Lichtwellenleiter-Faserproben bereit. Mit diesem Verfahren werden individuelle Längen nicht zu Kabeln verarbeiteter und nicht gebündelter Glasfasern geprüft. Faserabschnitte werden durch kontrolliert ansteigende Beanspruchung oder Dehnung, die sich gleichmäßig über die gesamte Länge und den Querschnitt der Faser verteilt, bis zum Bruch belastet. Die Beanspruchung oder Dehnung wird mit einer konstanten Nenngeschwindigkeit erhöht, bis Bruchstellen auftreten.

Die Verteilung der Zugfestigkeitswerte einer gegebenen Faser hängt stark von der Probelänge, Belastungsgeschwindigkeit und den Umgebungsbedingungen ab. Die Prüfung kann für Nachweise verwendet werden, bei denen statistische Angaben über die Faserfestigkeit verlangt werden. Die Prüfergebnisse werden in Form einer statistischen Verteilung im Rahmen der Qualitätskontrolle dargestellt. Üblicherweise wird die Prüfung nach einer Temperatur- und Feuchtigkeitsvorbehandlung der Probe durchgeführt. In einigen Fällen kann es jedoch genügen, die Werte bei Raumtemperatur- und üblichen Feuchtigkeitsbedingungen zu messen.

Dieses Verfahren gilt für Lichtwellenleiter der Kategorien A1, A2, A3 sowie der Klassen B und C.

Ziel dieser Norm ist es, einheitliche Anforderungen für die mechanische Eigenschaft der Zugfestigkeit einzuführen.

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 60793-1-20, *Optical fibres – Part 1-20: Measurement methods and test procedures – Fibre geometry*

IEC 60793-1-21, *Optical fibres – Part 1-21: Measurement methods and test procedures – Coating geometry*

3 Begriffe

Es werden keine Begriffe in diesem Dokument angegeben.

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

– IEC Electropedia: unter http://www.electropedia.org/
– ISO Online Browsing Platform: unter http://www.iso.org/obp

4 Gefahren

Bei dieser Prüfung werden Abschnitte von Lichtwellenleitern gedehnt, bis ein Bruch auftritt. Beim Brechen können Glassplitter im Prüfbereich verteilt werden. Es wird empfohlen, Schutzschirme zu verwenden. Über die gesamte Zeit müssen im Prüfbereich Schutzbrillen getragen werden.

5 Prüfeinrichtung

5.1 Allgemeines

Dieser Abschnitt legt die grundlegenden Anforderungen an die Vorrichtungen fest, die für die Prüfung der dynamischen Festigkeit verwendet werden. Es gibt viele Ausführungen, die diesen Anforderungen gerecht

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN 60793-1-31:2017-11

werden können. Einige Beispiele werden in Anhang A gezeigt. Die Auswahl einer bestimmten Ausführung hängt von Faktoren ab wie:

– der Messlänge eines Prüflings,
– dem Bereich der Beanspruchungs- oder Dehnungsraten,
– den Umweltbedingungen,
– der Festigkeit der Prüflinge.

5.2 Einspannen der Faser an den beiden Enden

Die zu prüfende Faser wird an den beiden Enden eingespannt und gedehnt, bis ein Bruch im Bereich der Messlänge auftritt. Die Einspannvorrichtung darf bis zum Bruch der Faser kein Herausgleiten zulassen und muss einen Bruch im Bereich der Einspannvorrichtung soweit wie möglich verhindern.

Ein in der Einspannvorrichtung auftretender Bruch ist aufzuzeichnen, aber nicht für spätere Berechnungen zu verwenden. Da die Dehnung der Faser während der Prüfung zunimmt, tritt an der Einspannvorrichtung etwas Schlupf auf. Bei größerer Beanspruchung kann im Zusammenhang mit der kurzen Messlänge das Herausgleiten Beschädigungen verursachen und Ursache von Fehlern beim Einspannen sein, die schwierig festzustellen sind. Die Häufigkeit solcher Ausfälle ändert sich häufig mit der Beanspruchungs- oder Dehnungsrate. Um der Möglichkeit vorzubeugen, dass Fehler beim Einspannen die Analyse beeinflussen, ist es notwendig, die Faserrückstände bzw. alle weiteren Umstände sorgfältig zu untersuchen.

Eine üblicherweise mit einem elastomeren Mantel umhüllte Abspannrolle ist zum Einspannen zu verwenden (siehe Bild A.1 in Anhang A). Ein Abschnitt der Faser, der nicht geprüft wird, ist einige Male auf die Abspannrolle zu wickeln und die Faser ist an den Enden zum Beispiel mit einem Gummiband zu sichern. Die Faser muss ohne Überkreuzen aufgewickelt werden. Die Oberfläche der Abspannrolle muss strapazierfähig genug sein, damit die Faser diese bei voller Belastung nicht einschneidet. Schlupf und Fehler bedingt durch die Abspannrolle hängen von der Beeinflussung durch die Faserbeschichtung, dem Oberflächenwerkstoff der Abspannrolle, der Dicke und der Anzahl der Umwicklungen ab. Es sind im Vorfeld sorgfältige Prüfungen notwendig, um die Wahl einer Abspannrollenoberfläche zu bestätigen.

Die Durchmesser von Abspannrolle und Umlenkrolle müssen so ausgeführt sein, dass die Faser durch die Biegebeanspruchung auf der Abspannrolle nicht bricht. Für die üblichen Glasmantel-Fasern dürfen die Biegebeanspruchungen 0,175 GPa nicht überschreiten. (Für eine übliche Glasfaser mit 125 µm Mantel/250 µm Beschichtung beträgt der kleinste Durchmesser der Abspannrolle damit 50 mm.) Eine bestimmte Ausführung einer Einspannvorrichtung ist in Anhang B angegeben.

5.3 Aufnahme der Probe

Der Prüfling ist in den beiden Einspannvorrichtungen zu befestigen. Die Messlänge ist die Länge der Faser zwischen den Achsen der Abspannrollen, bevor sie gedehnt wird. Es dürfen eine oder mehrere Umlenkrollen verwendet werden, über die der Prüfling aufgenommen werden kann, um den für Prüfungen an großen Messlängen notwendigen Platzbedarf zu verringern (siehe Bild A.4 in Anhang A). Die Oberflächen dürfen keine Ablagerungen aufweisen, und die Umlenkrollen müssen so ausgeführt sein, dass die Fasern durch sie nicht beschädigt werden können. Der Rest der Faser, abgesehen von Umlenkrollen und Abspannrollen, darf nicht berührt werden.

Werden wie in Bild A.5 in Anhang A mehrere Fasern gleichzeitig geprüft, ist eine Prallflächenvorrichtung erforderlich, um zu verhindern, dass durch den Bruch einer Faser diese in die anderen zu prüfenden Fasern hinübergeschleudert wird bzw. diese anderweitig beeinträchtigt.

5.4 Strecken der Faser

Die Faser ist mit einer festen Nenndehnungsrate zu strecken, bis sie bricht. Die Nenndehnungsrate wird als prozentuale Zunahme der Länge je Minute im Verhältnis zur Messlänge ausgedrückt.

Es gibt zwei grundsätzliche Verfahren, die Faser zu dehnen:

AVA Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN 60793-1-31:2017-11

Verfahren A: Der Abstand zwischen den Einspannvorrichtungen der Abspannrollen ist zu vergrößern, indem sie mit einer festen Geschwindigkeit auseinanderbewegt werden, wobei der Anfangsabstand gleich der Messlänge ist (Bild A.2 in Anhang A).

Verfahren B: Eine Abspannrolle ist mit einer festen Geschwindigkeit zu drehen, um die Faser anzuheben und den Abschnitt zwischen den Abspannrollen zu dehnen (Bilder A.3 bis A.5 in Anhang A). Das Aufwickeln der Faser auf der Abspannrolle muss ohne Überkreuzen erfolgen.

Die Dehnungsrate ist auf ± 10 % der Nenndehnungsrate zu kalibrieren. Manche Einrichtungen sind rechnergesteuert und ermöglichen die dynamische Steuerung der Bewegung der Abspannrollen, um eine gleichmäßige Beanspruchungsrate zu erreichen. Eine gesonderte Ausführung dessen wird im Anhang C behandelt.

Die Dehnungsrate ist zwischen Abnehmer und Hersteller zu vereinbaren. Üblicherweise wird ein Bereich der Dehnungsrate von 2,5 % bis 5 % oder von 15 % bis 25 % verwendet.

5.5 Messen der beim Bruch aufgewendeten Kraft

Für jeden Prüfling ist mit Hilfe einer bis auf ± 1 % der tatsächlichen Belastung kalibrierten Kraftmesszelle die Zugbelastung (Zugkraft) beim Bruch zu messen. Dies kann auf verschiedene Weise erfolgen:

– mit einem Streifenschreiber;
– Messgerät mit Spitzenwertspeicher;
– Computererfassung der Messdaten.

Für die Bestimmung der Beanspruchungsrate ist ein Verfahren zur Messung der Zugbelastung als Funktion der Zeit vorzusehen. Dies ist nicht für jede einzelne Prüfung notwendig, muss aber gelegentlich wiederholt werden.

Die Kraftmesszelle ist für jeden Bereich der Bruchbelastungen auf 0,5 % der Bruch- bzw. der Höchstbelastung zu kalibrieren, wobei sie in derselben Art und Weise ausgerichtet ist, in der eine Faser geprüft wird. Dies erfolgt, indem der Prüfling durch eine Schnur, befestigt an einem bekannten Gewicht, ersetzt wird. Für das Verfahren B kann eine leichte Umlenkrolle mit geringer Reibung anstelle der Abspannrolle verwendet werden, die nicht an der Kraftmesszelle befestigt ist. Die an dem einen Ende an der Abspannrolle der Kraftmesszelle und an dem anderen Ende an einem bekannten Gewicht befestigte Schnur muss die Ausrichtung eines Prüflings nachempfinden und einen mit dem eines Prüflings vergleichbaren Durchmesser haben. Mindestens drei Kalibriergewichte, die den Bereich der üblichen Ausfälle einschließen, werden empfohlen.

5.6 Regelungseinrichtungen für die Umgebungsbedingungen

Es ist bekannt, dass gemessene Bruchbeanspruchung und Ermüdungsmerkmale sich mit der Temperatur und der Feuchtigkeit der Faser ändern, die sowohl während der Vorbehandlung als auch während der Prüfung geregelt werden müssen. Es können viele Einrichtungskonfigurationen verwendet werden, die die erforderlichen Regeleinrichtungen, einschließlich der für den gesamten Prüfraum, zur Verfügung stellen.

Typische Anforderungen an die Regelung sind:

– Temperatur: 23 °C ± 2 °C
– Relative Luftfeuchte: 50 % ± 5 %

Durch Einkapselung des Prüflings können auch andere umweltbedingte Prüfungen ausgeführt werden, wie hohe Feuchtigkeit ohne Niederschlag, indem Wasserdampf in die Einkapselung eingespeist wird. Bild A.5 in Anhang A zeigt die Mehrfachprüfvorrichtung, die eine Einkapselung über einem zirkulierenden Wasserbad vorsieht.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN 60793-1-31:2017-11

6 Probenvorbereitung

6.1 Definition

Eine Probe besteht aus einer oder mehreren Fasern aus einer Grundgesamtheit. Jede Probe liefert in Ergebnis, indem sie in kürzere Längen zerschnitten wird, die Prüflinge genannt werden. Die Prüfergebnisse für diese Prüflinge werden kombiniert, um ein Gesamtergebnis für die Probe zu erhalten. Der Begriff „Probengröße“ wird in diesem Dokument zur Angabe der Anzahl der geprüften Prüflinge verwendet.

Für LWL-Bänder werden die Prüflinge einheitlich aus einer Bandstruktur ausgewählt. Die Faser ist sorgfältig vom Band zu lösen, um eine ungewollte Verminderung der Festigkeit zu vermeiden.

6.2 Stichprobengröße und Messlänge

Das Ergebnis der Prüfung ist eine statistische Verteilung der Werte der Bruchbeanspruchung. Demzufolge sind alle aufgezeichneten Parameter statistischer Natur mit Schwankungen, die eine Funktion der Probengröße und der Schwankungen der Größe der Fehlstellen innerhalb der Probe sind. Der schwächste Punkt bzw. die größte Fehlstelle eines Prüflings wird brechen, und die typische Bruchbeanspruchung nimmt mit zunehmender Messlänge ab.

Eine gegebene Grundgesamtheit kann Fehlstellen aufgrund vielfältiger Ursachen aufweisen. Ein Beispiel ist die im Weibull-Funktionsgraphen in Bild 1 (siehe auch 6.2) dargestellte bimodale Gesamtverteilung eines Aufbaues mit 20 m Messlänge. Die enge, beinahe senkrechte Verteilung rechts (um 5 GPa) wird als der intrinsische Bereich bezeichnet, die breitere Verteilung darunter ist der extrinsische Bereich.

Beim Prüfen an einer Messlänge von 0,5 m werden üblicherweise keine Fehlstellen aus dem extrinsischen Bereich gemessen. Von Zeit zu Zeit wird jedoch die Bruchbeanspruchung für eine extrinsische Fehlstelle gemessen und erscheint als „Ausreißer“. Wird der Ausreißer in die Datenanalyse einbezogen, treten Fehler in den Parametern auf. Es wird empfohlen, für übliche Prüfungen einheitliche Verfahren zur Entfernung von Ausreißern zu verwenden.

Für Prüfungen, die zur Messung der Kennwerte des extrinsischen Bereichs ausgelegt sind, werden beträchtliche Stichprobengrößen (Hunderte von Prüflingen) und lange Messlängen (20 m) empfohlen. Zum Messen der Kennwerte des intrinsischen Bereichs gemäß dieser Norm wird häufig eine Messlänge von 0,5 m verwendet. Für die Prüfung der dynamischen Festigkeit wird oftmals eine Stichprobengröße von 30 verwendet. Jede Abweichung von diesen Werten ist in der Bauartspezifikation festzulegen.

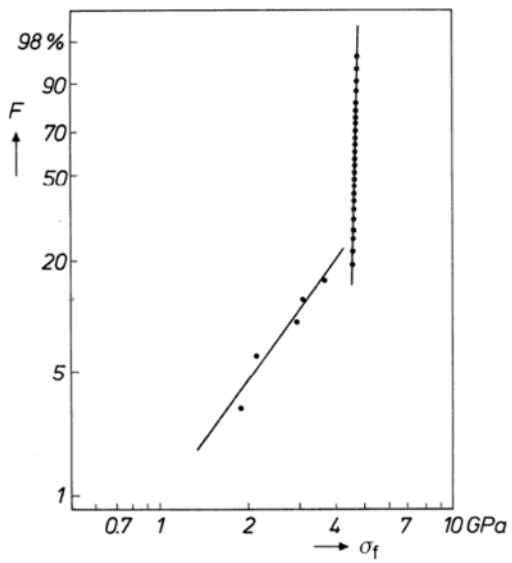

Bild 1 – Bimodaler Weibull-Funktionsgraph der Zugfestigkeit eines Prüfaufbaues mit 20 m Messlänge bei einer Dehnungsrate von 5 %/min

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN 60793-1-31:2017-11

Um zu ermitteln, ob eine festgelegte Genauigkeit erreicht wurde, können statistische Analysen durchgeführt werden.

6.3 Zusätzliche Messungen

Für die Berechnungen der Bruchbeanspruchung ist es erforderlich, die Zugspannung in die Querschnittsbeanspruchung des Glasanteils der Faser umzurechnen. Zur Ermittlung der Querschnittsfläche wird in dieser Berechnung der nach IEC 60793-1-20 gemessene Manteldurchmesser verwendet. Die Beschichtung trägt ebenfalls einen Teil der Zugspannung, was die Beanspruchung des Glasquerschnitts verringert. Abschnitt 6.1 enthält die Gleichungen zur Beanspruchungsberechnung.

Der Beschichtungs-Korrekturfaktor ist abhängig von der Beschichtungsdicke, gemessen nach IEC 60793-1-21, und des Elastizitätsmoduls für jede Lage der Beschichtung sowie des Moduls für das Glas. Der Modul gehärteter Beschichtungen wird oftmals vom Hersteller gekennzeichnet. Für typische Fasern liegt der Anteil des Einflusses auf die Gesamtbelastung durch die Beschichtung bei weniger als 5 % der Gesamtlast, und ein Ausgleich (eine Messung) für die Beschichtung ist nicht erforderlich (siehe 6.1). Wenn so verfahren wird, ist die aufgezeichnete Bruchbeanspruchung um einen festen prozentualen Anteil größer als die tatsächliche. Wird die Beeinflussung durch die Beschichtung ausgeglichen, darf für alle Prüflinge ein Durchschnitts- bzw. Nennwert verwendet werden. Der Einfluss des Moduls der Beschichtung auf die Bruchbeanspruchung kann sich mit der Beanspruchungs- oder Dehnungsrate verändern. Beträgt bei irgendeiner Beanspruchungs- oder Dehnungsrate der Anteil mehr als 5 % der Gesamtbelastung, dann ist der Einfluss der Beschichtung in die Berechnung einzubeziehen.

6.4 Umgebung

Es gibt zwei grundlegende umgebungsbedingte Betrachtungen: Umgebung für den Alterungsprozess und die Prüfumgebung.

Manchmal ist eine Alterung der Faser erforderlich. Sogar kurze beschleunigte Alterung kann bei manchen Fasern eine Zunahme bzw. Abnahme der gemessenen Festigkeit zur Folge haben. Die Ursachen dieser Erscheinungen sind nicht vollständig bekannt. Als Folge davon werden Hochrechnungen über die Umgebungsbedingungen bei beschleunigter Alterung zu anderen Umgebungen untersucht.

Nach einer umfassenden Alterung kann sich der Reibungsschluss auf der Beschichtungsoberfläche geändert haben. Nach jeder Alterung und vor jeder Prüfung sollten die Faserprüflinge mindestens 12 Stunden in der Prüfumgebung vorbehandelt werden.

Die übliche Prüfumgebung hat 23 °C ± 2 °C und 50 % ± 5 % relative Luftfeuchte. Die Wahl einer anderen Umgebung, wie eine hohe nicht kondensierende Feuchtigkeit, kann erheblich andere Werte für die Bruchspannung ergeben.

7 Durchführung

7.1 Vorbereitende Schritte

1) Alterung des Prüflings, falls erforderlich.
2) Vorbehandlung der Prüflinge.

7.2 Verfahren für einen einzelnen Prüfling

1) Der Prüfling ist an den Abspannrollen zu befestigen und es ist sicherzustellen, dass die Faser sich nicht überkreuzt oder durch die Befestigung im Bereich der Messlänge beschädigt wird.
2) Die Einstellungen der Vorrichtung für die gewünschte Nenndehnungsrate sind zu überprüfen.
3) Die Anzeige der Aufzeichnung der Zugspannung ist zurückzusetzen.
4) Es ist mit der Abspannrollenbewegung beginnen. Bei einer Nenndehnungsrate von bis zu 0,03 %/min darf der Prüfling mit 0,3 %/min bis zur Hälfte der bei der langsameren Geschwindigkeit erwarteten Bruchbeanspruchung vorgespannt werden. Die erwartete Bruchbeanspruchung kann aus Ergebnissen

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN 60793-1-31:2017-11

bei höheren Dehnungsraten abgeleitet werden. Beschädigt das Prüfen die Faser, wird das Vorspannen nicht empfohlen, es sei denn, dass die erwartete Zeit bis zum Bruch mehr als 4 Stunden beträgt.

5) Zum Zeitpunkt des Bruchs ist die Abspannrolle anzuhalten und die Bruchbeanspruchung sowie, falls erforderlich, die Beanspruchungsrate aufzuzeichnen.

6) Es ist zu überprüfen, dass der Bruch nicht an der Abspannrolle aufgetreten ist. Andernfalls ist die Messung zu kennzeichnen, so dass sie nicht in die Berechnungen aufgenommen wird.

7) Die verbliebene Faser ist aus der Abspannrolle zu entfernen und unterstützende Messungen sind, wenn notwendig, wie in 4.3 durchzuführen.

7.3 Verfahren für alle Proben bei einer gegebenen Nenndehnungsrate

1) Die Nenndehnungsrate und alle Merkmale der Grundgesamtheit sind aufzuzeichnen.

2) Es ist zu bestimmen, ob die Einflüsse der Beschichtung ausgeglichen werden. In dem Fall sind die entsprechenden Parameter der Beschichtung aufzuzeichnen (siehe 6.1). Der Mantelnenndurchmesser ist zu erfassen, wenn der Nennwert für die Berechnung der Beanspruchung verwendet wird.

3) 5.2 ist für jeden Prüfling durchzuführen.

4) Für die Berechnung der Bruchbeanspruchung aller Prüflinge ist nach 6.1 vorzugehen und diese sind in ansteigender Reihenfolge zu sortieren.

5) Fertigstellung des Weibull-Funktionsgraphen (siehe Bild 1) nach 6.2, wenn notwendig. Wenn notwendig, werden die Weibull-Parameter m_d und S_0 nach 6.3 ermittelt.

6) Sofern für die Anforderungen an die Handhabbarkeit erforderlich, werden der Median der Bruchbeanspruchung σ_{50} und das 15. Perzentil der Bruchbeanspruchung σ_{15} nach 6.2 berechnet.

8 Berechnungen

8.1 Umrechnung von Zugbelastung in Bruchbeanspruchung

Folgende Formelzeichen und Einheiten werden verwendet:

- Fasermaße µm
- Messlänge m
- Beanspruchung σ und Bruchbeanspruchung σ_f GPa
- Zugspannung T und Bruchspannung T_f N
- Beanspruchungsrate σ GPa/s

Verfahren A:

Wenn die Belastung im Wesentlichen entsprechend der Zugspannung T ausgerichtet ist und D_g der Manteldurchmesser ist, gibt Gleichung (1) die Beanspruchung ohne Ausgleich für die Beschichtung an:

$$\sigma = \frac{4 \times 10^3 T}{\pi D_g^2} \quad \text{in GPa} \qquad (1)$$

Verfahren B:

Mit Ausgleich für die Beschichtung werden folgende Gleichungen verwendet. Es ist der Bruch zu berechnen

$$R = \frac{E_0 A_0}{E_0 A_0 + \sum_{j=1}^{N} E_j A_j} \qquad (2)$$

Dabei ist

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN 60793-1-31:2017-11

E_0 der Elastizitätsmodul für das Glas, üblicherweise 70,3 GPa für Quarzglas;

A_0 die Querschnittsfläche der Glasfaser;

N für Beschichtungslagen, die mit j indiziert sind, sind E_j und A_j der Elastizitätsmodul bzw. die Querschnittsfläche für jede Lage.

Die Beanspruchung mit einem Ausgleich für die Beschichtung ist gegeben durch:

$$\sigma_c = \sigma R \tag{3}$$

8.2 Erstellen eines Weibull-Funktionsgraphen

In Bild 1 wird ein typischer Weibull-Funktionsgraph gezeigt, in dem die durch die Werte hindurch gezeichnete Gerade eine ideale Weibull-Verteilung darstellt. Obwohl Weibull-Funktionsgraphen üblicherweise für die Darstellung der Daten einer gegebenen Nenndehnungsrate verwendet werden, kann die tatsächliche Verteilung von Weibull abweichen.

1) Die Bruchbeanspruchungswerte sind in aufsteigender Folge zu sortieren.
2) Sei k der Rang einer gegebenen Bruchbeanspruchung, z. B. k = 1, 2, 3, ..., N, und sei σ_{fk} die k-te Bruchbeanspruchung.
3) Sei

$$x_k = \ln \sigma_{fk} \tag{4}$$

und

$$y_k = \ln\left(-\ln\left[1-\frac{k-0{,}5}{N}\right]\right) \tag{5}$$

4) y_k in Abhängigkeit von x_k ist zu zeichnen. Die Achsen sind mit den zugehörigen Werten für die Wahrscheinlichkeit und die Bruchbeanspruchungen zu kennzeichnen.

ANMERKUNG Der Median der Bruchbeanspruchung σ_{50} und das 15. Perzentil der Bruchbeanspruchung σ_{15} werden bei Bedarf berechnet.

Wenn 0,5 N + 0,5 eine ganze Zahl ist, gilt $\sigma_{50} = \sigma_{0,5N+0,5}$. Andernfalls wird σ_{50} durch eine geeignete Interpolation zwischen $\sigma_{0,5N}$ und $\sigma_{0,5N+1}$ bestimmt.

Wenn 0,15 N + 0,5 eine ganze Zahl ist, gilt $\sigma_{15} = \sigma_{0,15N+0,5}$. Andernfalls wird σ_{15} durch eine geeignete Interpolation zwischen $\sigma_{[0,15N+0,5]}$ und $\sigma_{[0,15N+0,5]+1}$ bestimmt, wobei eckige Klammern für die Funktion der größten ganzen Zahl stehen.

8.3 Berechnung der Weibull-Parameter

Die kumulative Häufigkeitsfunktion der Weibull-Verteilung ist gegeben durch

$$F = 1 - \exp\left[-\left(\frac{\sigma}{S_0}\right)^{m_d}\right] \tag{6}$$

wobei F dem $\frac{k-0{,}5}{N}$ von Gleichung (5) entspricht. Daraus folgt:

$$y_k = m_d \ln\left(\frac{\sigma_{fk}}{S_0}\right) \tag{7}$$

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN 60793-1-31:2017-11

Methode A – Einfache Methode nach Rangfolge

Für übliche Stichprobengrößen (siehe 4.1) kann die folgende Methode angewendet werden. Die Werte sind zu bestimmen

$$k_1 = 0{,}15N + 0{,}5$$
$$k_2 = 0{,}85N + 0{,}5 \quad (8)$$
$$k_3 = 0{,}5N + 0{,}5$$

Es ist zu berechnen

$$m_\mathrm{d} = \frac{y_{k_2} - y_{\mathrm{k}_1}}{x_{\mathrm{k}_2} - x_{\mathrm{k}_1}} \quad (9)$$

und

$$S_0 = \exp\left[\frac{0{,}366\ 512}{m_\mathrm{d}} + x_{\mathrm{k}_3}\right] \quad (10)$$

Methode B – Methode der maximalen Wahrscheinlichkeitsschätzung (en: Maximum Likelihood Estimation – MLE)

Der Logarithmus der Wahrscheinlichkeitsfunktion lautet:

$$\ln[L(m_\mathrm{d}, S_0)] = N\ln(m_\mathrm{d}) - Nm_\mathrm{d}\ln(S_0) + (m_\mathrm{d} - 1)\sum_{k=1}^{N}\ln(\sigma_{\mathrm{fk}}) - S_0^{-m_\mathrm{d}}\sum_{k=1}^{N}\sigma_{\mathrm{fk}}^{m_\mathrm{d}} \quad (11)$$

m_d und S_0 sind so auszuwählen, dass Gleichung (11) maximiert wird. Für einen gegebenen Wert von m_d ist der optimale Wert von S_0

$$S_0 = \frac{1}{N}\sum_{k=1}^{N}\sigma_{\mathrm{fk}}^{m_\mathrm{d}} \quad (12)$$

Der optimale Wert von m_d wird durch ein iteratives Verfahren bestimmt.

9 Ergebnisse

9.1 Aufzunehmende Angaben

Die nachfolgenden Angaben sollten für jede Prüfung aufgezeichnet werden:

- Kennzeichnung der Faser;
- Datum und Titel;
- Festigkeitswerte – der Dehnungswert, bei dem die Faser bricht, ist als Festigkeit der Faser aufzuzeichnen (Weibull-Funktionsgraph und wenn zutreffend die Weibull-Parameter m_d und S_0).

9.2 Aufzuzeichnende Angaben

Die nachfolgenden Angaben sollten für jede Prüfung zu Verfügung gestellt werden:

- Länge der Probe;
- Ziehgeschwindigkeit (Dehnungsrate);
- Art der Klemmvorrichtungen;

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN 60793-1-31:2017-11

– relative Luftfeuchte und Umgebungstemperatur;
– jede besondere Vorbehandlung.

10 Angaben in der Spezifikation

In der Bauartspezifikation müssen die folgenden Angaben festgelegt sein:

– sämtliche zutreffenden Abweichungen vom Verfahren;
– Ausfall- oder Annahmekriterien.

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN 60793-1-31:2017-11