DIN EN 4533-001

DIN

ICS 49.090

Einsprüche bis 2018-04-09
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 4533-001:2008-02

Entwurf

Luft- und Raumfahrt – Faseroptische Systemtechnik – Handbuch – Teil 001: Anschlussverfahren und Werkzeuge; Deutsche und Englische Fassung FprEN 4533-001:2017

Aerospace series –
Fibre optic systems –
Handbook –
Part 001: Termination methods and tools;
German and English version FprEN 4533-001:2017

Série aérospatiale –
Systèmes des fibres optiques –
Manuel d'utilisation –
Partie 001: Méthodes des terminaisons et des outils;
Version allemande et anglaise FprEN 4533-001:2017

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2018-02-09 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 nl@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 Luft- und Raumfahrt (NL), 10772 Berlin, Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin.

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 237 Seiten

DIN-Normenausschuss Luft- und Raumfahrt (NL)

© DIN Deutsches Institut für Normung e. V. · Jede Art der Vervielfältigung, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung des DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Berlin, gestattet.
Alleinverkauf der Normen durch Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin

Preisgruppe 33
www.din.de
www.beuth.de

Documents Document Sharing Hub
2820364

Full document details: E DIN EN 4533-001:2018-03

Nationales Vorwort

Der Verband der Europäischen Luft-, Raumfahrt- und Verteidigungsindustrie Normung (ASD-STAN) ist vom Europäischen Komitee für Normung (CEN) für zuständig erklärt worden, Europäische Normen (EN) für das Gebiet der Luft- und Raumfahrt auszuarbeiten. Durch die Vereinbarung vom 3. Oktober 1986 wurde ASD Assoziierte Organisation (ASB) des CEN.

Das vorliegende Dokument (FprEN 4533-001:2018) wurde von ASD-STAN, Fachbereich Elektrik, unter Mitwirkung deutscher Experten des DIN-Normenausschusses Luft- und Raumfahrt (NL) erarbeitet.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 131-04-10 AA „LWL und LWL-Komponenten“ im DIN-Normenausschuss Luft- und Raumfahrt (NL).

Entsprechend Beschluss 57/9 des Technischen Ausschusses des Beirats des DIN-Normenausschusses Luft- und Raumfahrt (NL) sind die europäischen Luft- und Raumfahrt-Normungsergebnisse zweisprachig, in Deutsch und Englisch, in das Deutsche Normenwerk zu überführen. Aus diesem Grund wurde der Deutschen Fassung dieses Dokuments die Englische Fassung hinzugefügt.

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

IEC PAS 6175-3-31	siehe DIN EN 61755-3-31
IEC 61300-3-30	siehe DIN EN 61300-3-30
IEC 61300-3-35	siehe DIN EN 61300-3-35

Änderungen

Gegenüber DIN EN 4533-001:2008-02 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

a) die Norm wurde grundlegend überarbeitet und inhaltlich erweitert;

b) Abschnitt 3 wurde u. a. um einen Abschnitt zum Außenmantel, sowie der Abschnitt zu den Lichtwellenleiterverbindungen um mehrere Unterabschnitte ergänzt;

c) Abschnitt 5 wurden Unterabschnitte zu Werkzeugen zum Schneiden und zum Abstreifen des Außenmantels, sowie Inhalte zum Schneiden von Fasern, zu Beschichtung, Kleben, Reinigung und Polieren hinzugefügt;

d) der bisher als 5.12 geführte Abschnitt zu Inspektionen findet sich jetzt in erweiterter Form mit mehreren Unterabschnitten im neuen Abschnitt 6.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN 4533-001:2018-03

Nationaler Anhang NA
(informativ)

Literaturhinweise

DIN EN 61300-3-30, *Lichtwellenleiter-Verbindungselemente und passive Bauteile — Grundlegende Prüf- und Messverfahren — Teil 3-30: Untersuchungen und Messungen — Polierwinkel und Faserposition von Mehrfaser-Steckverbindern mit einer Ferrule*

DIN EN 61300-3-35, *Lichtwellenleiter — Verbindungselemente und passive Bauteile — Grundlegende Prüf- und Messverfahren — Teil 3-35: Untersuchungen und Messungen — Visuelle Inspektion von Lichtwellenleiter-Steckverbindern und Faser Stub-Transceivern*

DIN EN 61755-3-31, *Lichtwellenleiter — Verbindungselemente und passive Bauteile — Optische Schnittstellen für Lichtwellenleiter-Steckverbinder — Teil 3-31: Optische Schnittstelle rechteckige Polyphenylensulfid-Ferrule 8 Grad abgewinkelt physikalischer Kontakt für Einmodenfasern*

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN 4533-001:2018-03

— Leerseite —

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN 4533-001:2018-03

– Entwurf –

ASD/TC

Datum: 2017-12

FprEN 4533-001:2017

ASD/TC

Sekretariat: ASD-STAN

Luft- und Raumfahrt — Faseroptische Systemtechnik — Handbuch — Teil 001: Anschlussverfahren und Werkzeuge

Série aérospatiale — Systèmes des fibres optiques — Manuel d'utilisation — Partie 001 : Méthodes des terminaisons et des outils

Aerospace series — Fibre optic systems — Handbook — Part 001: Termination methods and tools

ICS:

Deskriptoren

Dokument-Typ: Europäische Norm
Dokument-Untertyp:
Dokument-Stage: formelle Abstimmung
Dokument-Sprache: D

STD Version 2.9d

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN 4533-001:2018-03

Inhalt

Seite

Europäisches Vorwort **4**

Einleitung **5**

1 Anwendungsbereich **6**
1.1 Allgemeines **6**
1.2 Notwendigkeit von hochintegrierten Anschlüssen **7**

2 Normative Verweisungen **7**

3 Auswahl der Bauteile **8**
3.1 Elemente **8**
3.2 Lichtwellenleiterkabel **8**
3.2.1 Allgemeines **8**
3.2.2 Kabelkonstruktion **8**
3.2.3 Auswahl der Faser **9**
3.2.4 Fasermantelwerkstoffe **11**
3.3 Primärpolsterungswerkstoffe **12**
3.3.1 Funktion **12**
3.3.2 Acrylat **12**
3.3.3 Polyimid **12**
3.3.4 Silicium **13**
3.3.5 Zugentlastungselemente **13**
3.4 Außenmantel **13**
3.5 Lichtwellenleiterverbindungen (Steckverbinder) **14**
3.5.1 Einleitung **14**
3.5.2 Die optische Schnittstelle **15**
3.5.3 Einwege-Verbindungen/Steckverbinder **22**
3.5.4 Mehrwege-Verbindungen/Steckverbinder **22**
3.5.5 Auswahl der Werkzeuge **23**

4 Gesundheits- und Sicherheitsaspekte **24**
4.1 Allgemeines **24**
4.2 Chemikalien **24**
4.3 Scharfe Kanten **25**

5 Anschlussprozess **26**
5.1 Ziel **26**
5.2 Vorbereitung des Kabels **26**
5.2.1 Allgemeines **26**
5.2.2 Zuschneiden **26**
5.2.3 Entfernen des Außenmantels **28**
5.2.4 Werkzeuge für die Handhabung von Kabeln (Greifen des Kabels) **33**
5.2.5 Zuschneiden/Entfernen von Zugentlastungselementen **34**
5.3 Entfernen von Sekundärbeschichtung(en) **35**
5.4 Entfernen der Primärbeschichtungen **36**
5.4.1 Allgemeines **36**
5.4.2 Mechanische Techniken für das Entfernen von Primärbeschichtungen **37**
5.4.3 Alternative Verfahren **43**
5.4.4 Problematische Beschichtungen — Polyimid und Silicium **45**
5.4.5 Nachweis verringerter Festigkeit beim Abstreifen von Polsterungsbeschichtungen **47**

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN 4533-001:2018-03

5.4.6 Reinigen oder nicht reinigen ... 48
5.5 Klebstoffe ... 49
5.5.1 Allgemeines ... 49
5.5.2 Klebstofftypen ... 49
5.5.3 Die Bedeutung der Glasübergangstemperatur (T_g) ... 51
5.5.4 Aushärtungsprogramm für Epoxidharze ... 53
5.5.5 Benutzerfreundlichkeit ... 56
5.5.6 Qualifikation ... 59
5.6 Vorbereitung von Steckverbindern ... 60
5.6.1 Trockenes Anpassen (Nicht durchführen!) ... 60
5.7 Anbringung von Fasern an der Endstelle ... 61
5.7.1 Klebstoffauftrag ... 61
5.7.2 „Beste Verfahrensweise“ für das Einführen der Faser ... 65
5.8 Aushärten des Klebstoffs ... 69
5.8.1 Allgemeines ... 69
5.8.2 Ausrichtung ... 69
5.8.3 Ausrüstung für das Aushärten ... 69
5.9 Entfernen überschüssiger Faser ... 73
5.9.1 Allgemeines ... 73
5.9.2 Grobes Ritzen nach dem Aushärten ... 73
5.9.3 Vorritzen ... 75
5.9.4 Sicherheit ... 75
5.9.5 Ritzwerkzeuge ... 75
5.9.6 Handwerkzeuge mit Federklingen ... 76
5.9.7 Ritzen von Fasern in Ferrulen mit mehreren Fasern ... 77
5.10 Polieren ... 77
5.10.1 Begründung ... 77
5.10.2 Leistungsmetrik ... 77
5.10.3 Geometrien der Endfläche ... 78
5.10.4 Parameter für die Endflächengeometrie ... 79
5.10.5 Polierschritte ... 89
5.10.6 Verfahren für das Kontrollieren Endflächengeometrie ... 104

6 Inspektion zu Beginn der Gebrauchsdauer ... 111
6.1 Optische oder visuelle Inspektion (Sichtprüfung) ... 111
6.2 Interferometrische Inspektion ... 114
6.2.1 Inspektion und Kriterien für „Bestehen“ und „Nichtbestehen“ ... 115

Literaturhinweise ... 119

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN 4533-001:2018-03

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (FprEN 4533-001:2017) wurde vom Verband der Europäischen Luft-, Raumfahrt- und Verteidigungsindustrie — Normung (ASD-STAN) erstellt.

Nachdem Umfragen und Abstimmungen entsprechend den Regeln dieses Verbandes durchgeführt wurden, hat diese Norm die Zustimmung der nationalen Verbände und offiziellen Behörden der Mitgliedsländer der ASD erhalten, bevor sie CEN vorgelegt wurde.

Dieses Dokument ist derzeit zur formellen Abstimmung vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN 4533-001:2006 ersetzen.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN 4533-001:2018-03

Einleitung

a) Das Handbuch

Der Zweck der EN 4533 ist die Bereitstellung von Informationen zur Verwendung von LWL-Komponenten in Luftfahrtplattformen. Diese Dokumente enthalten ebenfalls beste Verfahren („best practices“) für die Unterstützung über die gesamte Gebrauchsdauer der Einrichtungen hinweg. An gegebener Stelle wird im gesamten Text auf detailliertere Datenquellen verwiesen.

Das Handbuch ist in 4 Teile gegliedert, die sich auf grundlegende Aspekte der Lebensdauer eines optischen Kabelbaums beziehen, und zwar:

Teil 001: Anschlussverfahren und Werkzeuge

Teil 002: Prüfung und Messung

Teil 003: Verfahren zur Fertigung und Installation von Leitungsbündeln

Teil 004: Reparatur, Instandhaltung, Reinigung und Inspektion.

a) Hintergrund

In der Luft- und Raumfahrtindustrie ist die Tatsache allgemein akzeptiert, dass Photonentechnologie wesentliche Vorteile gegenüber konventioneller elektrischer Gerätetechnik aufweist. Dazu gehören eine massive Signal-Bandbreitenkapazität, elektrische Sicherheit und die elektromagnetische Störfestigkeit (EMI) von passiven LWL-Bauteilen. Auch wesentliche Gewichtseinsparungen lassen sich im Vergleich zu elektrischen Kabelbäumen realisieren, welche unter Umständen einer starken Abschirmung bedürfen. Bis heute besteht darin die kritische Antriebskraft für LWL-Kommunikationssysteme in der Luft- und Raumfahrt aufgrund der zunehmenden Verwendung von nicht metallischen Flugzeugstrukturen. Künftige Anforderungen für die Luft- und Raumfahrt treiben die Bandbreitenspezifikationen in einigen Fällen von zweistelligen Werten im Mbit/s-Bereich in den Multi-Gbit/s-Bereich, d. h. jenseits der Grenzen elektrischer Anschlusstechnologie. Die Eigenschaften der Photonentechnologie können in vielen Luftfahrtanwendungen potenziell vorteilhaft eingesetzt werden, sowohl z. B. bei Video-/Messfühler-Mehrfachbetrieb, Funksignalen für die Flugüberwachung, elektronischer Kriegsführung sowie Unterhaltungssystemtechnik als auch Messfühler für das Überwachen von Flugzeugstrukturen.

Das Grundmaterial optischer Verbindungen oder der „optische Kabelbaum“ ist der Schlüssel für die erfolgreiche Einführung optischer Technologie bei kommerziellen und militärischen Luftfahrzeugen. Im Vergleich zu ausgereiften Telekommunikationsanwendungen müssen Lichtwellenleitersysteme für Luftfahrzeuge in einer feindlichen Umgebung (z. B. bei extremen Temperaturen, Feuchtigkeit, Vibrationen und Verunreinigung) betrieben werden, und sie beinhalten zusätzliche physikalische Einschränkungen durch das Luftfahrzeug (z. B. Kabelbaumhalterungen, erforderliche enge Biegeradien und Gehäuseverbindungen). Bis vor kurzem waren die optische Kabelbaumtechnologie und damit verbundene Verfahrensweisen für die Anwendung ohne große Systemreserve unzureichend entwickelt. Darüber hinaus wurden viele Aspekte der Lebensdauer in den Internationalen Normen nicht angemessen behandelt. Der Mangel an angenommenen Normen führt zu luftfahrzeugspezifischer Gerätetechnik und Unterstützung. Diese Faktoren beinhalteten gemeinsam einen wesentlichen Kostennachteil (Kosten für Anschaffung und Unterhalt), die die Wettbewerbsfähigkeit von optischen Kabelbäumen gegenüber äquivalenter Elektrotechnik häufig verringerten. Mit der Einführung von eher standardisierten Arten von Lichtwellenleitern (nach Telekommunikationsart) für Kabel in der Luft- und Raumfahrt und der Verfügbarkeit von handelsüblichen Produkten (COTS) in besonders robuster Bauweise ändert sich diese Situation. Diese verbesserten Entwicklungen waren aufgrund der signifikanten Kollaboration in Sachen Forschung zwischen Herstellern von Komponenten, den Herstellern von Einrichtungen sowie den Flugzeugfirmen als Endkunden letztlich möglich.

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN 4533-001:2018-03

1 Anwendungsbereich

1.1 Allgemeines

Teil 001 der EN 4533 untersucht die Anschlussaspekte von Lichtwellenleiterkabeln für Anwendungen in der Luft- und Raumfahrt. Anschließen bezieht sich hierbei auf die Installation einer optischen Endstelle am Ende einer gepolsterten Faser oder eines Lichtwellenleiterkabels. Der Prozess umfasst mehrere Verfahren oder Praktiken, die nacheinander ausgeführt werden. Obgleich verschiedene Anschlüsse spezifische Anschlussverfahren aufweisen, teilen viele gemeinsame Elemente und diese werden in diesem Dokument besprochen. Ein Anschluss ist notwendig, um eine optische Verbindung zwischen zwei Netzwerk- oder Systemkomponenten herzustellen oder Lichtwellenleiter zusammenzuführen.

Der Endpunkt des Lichtwellenleiters verfügt über eine Präzisionsferrule mit einem nach engen Toleranzen hergestellten zentralen Bohrloch, welches den Lichtwellenleiter aufnimmt (geeignet verbunden und poliert). Eine genaue Ausrichtung mit einer anderen (verbindenden) Endstelle wird durch den Ausrichtungsmechanismus der Verbindung (oder des Steckverbinders) sichergestellt. Neben Ferrulen mit Einzelfasern bestehen ebenso Ferrulen mit mehreren Fasern (z. B. die MT-Ferrule) und auch diese werden in diesem Teil des Handbuchs besprochen.

Eine weitere Technologie zur Verbindung zweier Fasern ist die Strahlaufweitung oder Linsentechnologie. Zwei Kugellinsen werden hierbei zur Aufweitung, Kollimierung und schließlich zur Refokussierung des Lichtes aus und zu den Fasern verwendet. Kontakte werden nicht miteinander verbunden. Dies reduziert den Verschleiß zwischen zwei Kontakten und erlaubt eine höhere Anzahl an Steckzyklen. Diese Technologie ist weniger empfindlich gegenüber Ausrichtungsfehlern und Staub. Verluste sind stabiler als bei einer Kontaktierung durch Stoßspleißung, obgleich die nominellen Verluste höher sind.

Eine Anmerkung zur Terminologie

Die aktuelle Terminologie im Feld der Lichtwellenleiter zur Anwendung in der Luft- und Raumfahrt verwendet den Begriff „optische Endstelle“ (Terminus oder Termini). Der Begriff „optischer Kontakt“ wird in einigen Dokumenten verwendet und hat eine ähnliche Bedeutung. Jedoch wird der Begriff „Kontakt“ nun eher für elektrische Verbindungspole verwendet. Die optische Endstelle (oder Terminus) ist in einer Verbindung eingehaust („Steckverbinder“ ist ein gleichwertiger Begriff). Bei diesen Verbindungen kann es sich um Einwege- oder Mehrwege-Verbindungen handeln. Die Verbindung oder der Steckverbinder beherbergen in den meisten Fällen den Ausrichtungsmechanismus für die optische Endstelle (üblicherweise eine geteilte C-Hülse aus Keramik oder Metall). Der Leser sollte sich dieser verschiedenen Begriffe bewusst sein.

Eine optische Verbindung kann als Länge eines Lichtwellenleiterkabels betrachtet werden, welche an beiden Enden mit Lichtwellenleiterendstellen abgeschlossen ist. Die optische Verbindung stellt eine Übertragungslinie zwischen zwei Komponenten über die optischen Endstellen bereit, welche üblicherweise in einem Verbindungsgerät (meistens ein Steckverbinder) mit engen Toleranzen innerhalb des Ausrichtungsmechanismus untergebracht sind, um eine Lichttransmission mit geringen Verlusten sicherzustellen.

Teil 001 erläutert die Notwendigkeit von hochintegrierten Anschlüssen, bietet Einblick in die Problematik der Bauteilauswahl, und enthält Vorschläge für die beste Verfahrensweise für das Anschließen von Fasern an Endstellen bei hochintegrierten Anwendungen. Ein detaillierter Überblick über die Anschlussprozesse ist in Abschnitt 4 dieses Teils enthalten und wird weitestgehend in Übereinstimmung mit der Abfolge eines typischen Anschlussverfahrens vorgenommen.

Die große Vielfalt an erhältlichen Kabelkonstruktionen und Steckverbindern macht es sehr schwierig, eine einzelne, auf alle Kombinationen zutreffende Anschlussvorschrift festzulegen. Daher konzentriert sich dieses Handbuch auf die gemeinsamen Eigenschaften der meisten Anschlusspraktiken und definiert beste Praktiken („best practices“) für aktuelle Anwendungen von Lichtwellenleitern an Bord von Flugzeugen

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN 4533-001:2018-03

sowie die Anwendungen der nahen Zukunft. Dadurch waren die Studien im Rahmen dieses Teils auf derzeit erhältliche Kabel mit Quarzglasfasern für die Luft- und Raumfahrt sowie mit Klebstoff gefüllte Steckverbinder mit Stirnflächenkopplung begrenzt. Viele der beschriebenen Grundsätze wären jedoch ebenfalls auf andere Anschlusstechniken anwendbar. Andere Anschlussarten werden ausführlicher im Reparatur-Teil dieses Handbuchs berücksichtigt.

Es ist anzumerken, dass der klebstoffbasierte Prozess des Klebens und Polierens auf die Mehrzahl der Einwege-Lichtwellenleiterverbindungen und Endstellen für Mehrwege-Verbindungen und Mehrwege-Steckverbinder anwendbar ist. Diese teilen jene Gemeinsamkeit.

1.2 Notwendigkeit von hochintegrierten Anschlüssen

Für die Anwendung eines Lichtwellenleitersystems in einem Luftfahrzeug ist es zwingend erforderlich, den spezifikationsgerechten, durchgehenden Betrieb der Systembestandteile über die gesamte Lebensdauer des Systems sicherzustellen. Ein wichtiger Aspekt dieser Anforderung ist die Notwendigkeit zuverlässiger Verbindungsbauelemente. Verbindungen sind die Schlüsselkomponente in jedem Lichtwellenleitersystem oder -netzwerk. Digitale Kommunikationsverbindungen, Sensorsysteme, Unterhaltungssyteme usw. erfordern alle Verbindungen sowohl an den Schnittstellen der Einrichtungen als auch zur Verbindung von Kabeln und Kabelbaumabschnitten über das gesamte Luftfahrzeug hinweg.

Verbindungen müssen gegenüber des An- und Absteckens, Umgebungsveränderungen und auch den Auswirkungen von Kontaminationen beständig sein. Sie müssen zugänglich gegenüber Inspektion und Reinigung während der gesamten Gebrauchsdauer sein.

Die Auswahl der für die optischen Verbindungen verwendeten Technologie hängt hauptsächlich von der Umgebung ab. Die Leistungsfähigkeit im Betrieb ist eine Hauptsäule der Komponentenauswahl. Die Schnittstelle zwischen Kabel und Steckverbinder muss bewertet werden, um die Wirksamkeit der Lösung nachzuweisen.

Hochintegrierte Anschlüsse sind notwendig, um eine zuverlässige Lichttransmission mit wenigen Verlusten über die Verbindung sicherzustellen. Hochintegrierte Anschlüsse werden durch die Beachtung der besten Praktiken und der Verwendung der korrekten Werkstoffe, Werkzeuge und Verfahrensweisen sowie entsprechenden Kontrollen erreicht.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. 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).

Alle Verbindungstechnologien werden im Kontext der EN 4533-001 berücksichtigt

EN 4533-002, *Luft- und Raumfahrt — Faseroptische Systemtechnik — Handbuch — Prüfung und Messung*

EN 4533-003, *Luft- und Raumfahrt — Faseroptische Systemtechnik — Handbuch — Verfahren zur Fertigung und Installation von Leitungsbündeln*

EN 4533-004, *Luft- und Raumfahrt — Faseroptische Systemtechnik — Handbuch — Reparatur, Instandhaltung, Reinigung und Inspektion*

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN 4533-001:2018-03

3 Auswahl der Bauteile

3.1 Elemente

Es ist wichtig zu erkennen, dass ein unkompliziert erscheinender Lichtwellenleiteranschluss tatsächlich eine komplexe Wechselwirkung der Bestandteile beinhaltet, wie: Fasern, Ferrulen, Faserbeschichtungen, Steckverbinderkonstruktion, Zugentlastungselemente, Befestigungsverfahren, Klebstofftyp and Härtungssystem (sofern verwendet), Werkstoffeigenschaften usw. Jedes dieser Elemente hat Einfluss auf den Anschluss hinsichtlich Zuverlässigkeit, Störfestigkeit und Prozesskomplexität.

Die folgenden Abschnitte behandeln die Schlüsselelemente bezüglich des Anschlusses.

3.2 Lichtwellenleiterkabel

3.2.1 Allgemeines

Viele verschiedene Arten von Lichtwellenleiterkabeln existieren auf dem heutigen Markt. Kabel sind im Grunde Baugruppen, welche den optischen Lichtleiter (welcher das Lichtsignal des Systems überträgt) enthalten und schützen. Der zentrale Lichtleiter ist üblicherweise aus Quarzglas gefertigt, obgleich auch andere Werkstoffe verwendet werden können. Glas ist von Natur aus beständig, obwohl es gegen externe Schäden und andere Faktoren geschützt werden muss, welche eine Schwächung verursachen könnten (für gewöhnlich Feuchtigkeit und Kontamination durch Fluide beim Vorliegen von Defekten und Spannungen). Das Kabel sorgt für die Schutzschichten des Glases und umfasst ebenfalls Zugentlastungselemente (diese Elemente sind wichtige Teile des Anschlusses zum Zwecke der Zugentlastung) sowie einen schützenden Außenmantel.

Bei den meisten Anwendungen in der Luft- und Raumfahrt tragen die Kabel einen einzelnen, zentralen Lichtwellenleiter (der, wie in den vorherigen Abschnitten beschrieben, geeignet geschützt ist). Bei der Konstruktion der Einzelfaserkabel kann es Variationen geben. Manche können dabei über eine eng anliegende Ummantelung, andere eher über eine lose Mantelkonstruktion verfügen. Es werden auch Kabel entwickelt, bei denen eine große Anzahl an Fasern in einem Schutzrohr eingehaust wird. Es ist anzumerken, dass viele Kabelkonstruktionen, die in der terrestrischen Telekommunikation und Datenübertragung eingesetzt werden für die Verwendung in der Luft- und Raumfahrt nicht geeignet sein werden. Im Allgemeinen liegt das an Einschränkungen der Umgebungsverträglichkeit, zumeist aufgrund der Umgebungsbedingungen.

3.2.2 Kabelkonstruktion

Wie bereits in der Einleitung erwähnt sorgt die Kabelkonstruktion für den Schutz der zentralen Lichtleiter.

Obwohl die Gestaltung von Lichtwellenleiterkabeln für die Anwendung in Luftfahrzeugen bei den verschiedenen Herstellern relativ ähnlich ist, bestehen wichtige Unterschiede zwischen den Kabeln. Die beiden Hauptunterschiede sind die Werkstoffe von Faserbeschichtungen und Zugentlastungselementen der Kabel. Jedes hat seine eigenen Vor- und Nachteile hinsichtlich der Anschlussverfahren. Simplex-Kabel für den Einsatz in der Luft- und Raumfahrt sind üblicherweise wie in Bild 1 gezeigt konstruiert.

Ein weiterer Unterschied zwischen den Kabelkonstruktionen liegt darin, ob die Beschichtungen entweder „eng“ oder „semi-lose“ an den darunterliegenden Schichten aufliegen. Dies hat auch Auswirkungen auf den Betrieb des angeschlossenen Kabels (bezüglich der vollen Zugfestigkeit, die mit Kabeln loser Struktur erreicht werden kann).

Bei einem engen Kabel sind keine Bewegungen zwischen den Schichten erkennbar.

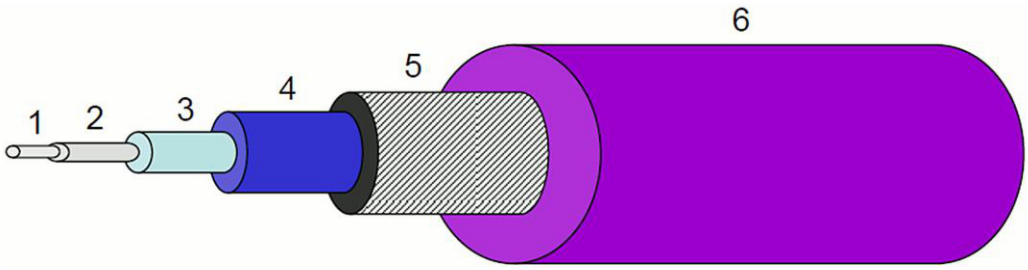
Bei einem semi-losen Kabel sind eingeschränkte Bewegungen zwischen den Schichten erkennbar. Dabei kann es sich um Bewegungen zwischen der Faser und der Polsterung (im Falle von 900-µm-Kabeln) oder zwischen der Polsterung und den oberen Schichten (im Falle von 1,8-mm-Simplexkabeln) handeln.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN 4533-001:2018-03

Eine enge Konstruktion ist für gewöhnlich leichter abzuschließen, kann aber empfindlicher gegenüber Umgebungsänderungen sein, wenn nicht die geeigneten Werkstoffe ausgewählt werden. Manche Kabelkonstruktionen verfügen über eine semi-lose Auslegung, bei welcher die zentrale Faser eine gewisse Mobilität zwischen einer der Kabelschichten aufweist (üblicherweise ein innerer Mantel). Diese Konstruktion ist üblicherweise schwerer abzuschließen, kann aber eine bessere Umgebungsleistung bieten (weil die Faser von anderen Schichten isoliert ist).

Das Verhalten des Steckverbinders ist anders, je nachdem ob es sich um ein enges oder semi-loses Kabel handelt. Im Allgemeinen wird bei einer engen Konstruktion der Faserkontakt bei Zug unterbrochen. Eine semi-lose Konstruktion ermöglicht einen zugsicheren Anschluss.



Legende

1 Faserkern
2 Fasermantel
3 Primärpolsterung
4 Sekundärpolsterung
5 Zugentlastungselement
6 Außenmantel

Bild 1 — Typischer Aufbau von Lichtwellenleiterkabeln für die Luft- und Raumfahrt

ANMERKUNG Der Lichtleiter der Glasfaser umfasst die Bereiche Faserkern und Fasermantel.

Das Bild hebt die Schlüsselelemente eines Lichtwellenleiterkabels in der Luft- und Raumfahrt hervor. Diese Elemente werden im Folgenden eingehender beschrieben.

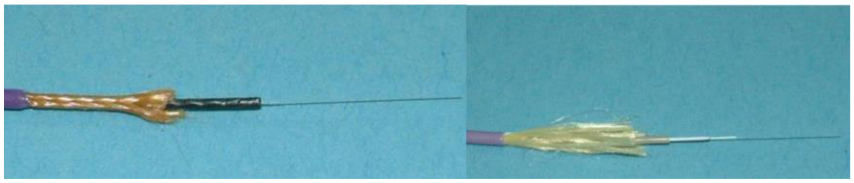


Bild 2 — Beispiele für EU-genormte Kabel

3.2.3 Auswahl der Faser

Der zentrale Lichtleiter wird durch die Bereiche Faserkern/Fasermantel definiert. Dies ist die Faser, welche durch das Kabel ausreichend geschützt werden muss. Es ist anzumerken, dass sowohl Faserkern als auch Fasermantel für gewöhnlich aus Glas geformt werden. Das Glas im Faserkern verfügt über einen höheren Brechungsindex als der Fasermantel und dies erlaubt eine Lichtlenkung entlang der Faser durch Totalreflexion. Obgleich die meisten Fasern in der Luft- und Raumfahrt aus Glas gefertigt sind, wird anerkannt, dass auch andere Faserkonstruktionen existieren, einschließlich Kunststofflichtwellenleiter (POF) und Fasern mit Plastikbeschichtungen (PCS). Sehr neuartige Fasern, wie photonische Kristallfasern (PCF) oder polarisationserhaltende Fasern (PM) können in spezialisierten Anwendungen in der Luft- und Raumfahrt zukünftig ebenfalls Anwendung finden.

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN 4533-001:2018-03

Eine der Hauptunterschiede zwischen Kabeln ist, ob das Kabel einen Einmoden- oder Mehrmoden-Lichtwellenleiter trägt. Die Auswahl des Lichtleiters wird vom System oder Netzwerk vorgeschrieben. Die meisten aktuellen Datenkommunikationssysteme an Bord von Luftfahrzeugen verwenden mehrmoden-basierte Kabel. Die relativ kurzen Längen an Bord von Flugzeugen bedeuten, dass Mehrmodenfasern derzeit eine ausreichende Bandbreite zur Verfügung stellen können (bis zu ~ 10 Gbps) und ihre relativ großen Kerne sind leichter zu verbinden (im Vergleich zu einer Einmodenlösung). Sensorsysteme erfordern in der Regel einmodenbasierte Kabel. Zukünftige Bandbreitenanforderungen oder die Notwendigkeit des Multiplexens von Daten in gemeinsamen Fasern könnte den Bedarf an mehr Einmodenfaserkabeln in der Luft- und Raumfahrt antreiben, obgleich anerkannt werden muss, dass Einmodenfasern (~ 9 µm Kerngröße) schwerer auszurichten und schwerer frei von Kontamination zu halten sind.

Mehrmodenfasern können entweder dem Stufenindex (SI) oder dem Gradientenindex entsprechen. Gradientenindex-Fasern weisen ein abgestuftes Profil zum Brechungsindex der Faser auf. Im Grunde erhöht dies die Bandbreite der Faser durch Abgleichung der verschiedenen möglichen Lichtpfade durch den Bereich des Faserkerns (und reduziert somit die Verstreuung oder die Aufteilung von Datenimpulsen, die auftreten können). Höhere Datenübertragungsraten sind mit Gradientenindex-Fasern möglich. Stufenindex-Fasern werden vor allem bei Altsystemen (Legacy-System) vorgefunden. Wie der Name vermuten lässt, zeigt das Brechzahlprofil eine stufenartige Änderung der Werte bei der Definition der Änderung vom Faserkern zum Fasermantelmaterial.

In der Vergangenheit waren Fasergrößen in der Luft- und Raumfahrt oftmals größer als übliche hochvolumige Fasern, wie die in der Datenkommunikation und Telekommunikation verwendeten, und hatten daher entsprechende Nachteile hinsichtlich Kosten und Verfügbarkeit (die zugehörigen Komponenten, die für den Anschluss erforderlich waren, waren ebenfalls keine Standardausführungen und daher auch teurer). Beispiele für größere Fasergrößen sind 200/280 µm, 100/140 µm (wobei die Konvention das Maß des Faserkerns/Fasermantels bestimmt). Die Branchen der Datenkommunikation und Telekommunikation verwenden üblicherweise Fasern der Größe 62,5/125 µm, 50/125 µm (Mehrmoden) und 9/125 µm (Einmoden). Die neuesten Fasern werden bei neuen Systemen an Bord von Luftfahrzeugen nun mit diesen Fasergrößen spezifiziert, welche zur Standardkonfiguration werden.

Diese Fasern haben einen gemeinsamen äußeren Manteldurchmesser von 125 µm, was für den Anschluss von Relevanz ist. Das bedeutet, dass die Ferrulen an den Endstellen von Lichtwellenleitern kostengünstiger werden können (diese Komponenten werden für den Telekommunikationssektor in Masse produziert). Eine Reihe von Unternehmen verpackt diese Datenkommunikations- und Telekommunikationsfasern nun in einem Kabel für die Luft- und Raumfahrt, was bedeutet, dass Kabel mit höherer Bandbreite der Luftfahrtindustrie nun zur Verfügung stehen.

Andere erwähnenswerte Faktoren bei der Auswahl der Fasern sind:

— Bandbreite:

  — Mehrmodenfasern (innerhalb des Kabels) werden mit der OM-Kennzeichnung (en: optical multimode) bezeichnet. OM1 bezeichnet eine Fasergröße von 62,5/125 µm, OM2, OM3 und OM4 bezeichnen Fasergrößen von 50/125 µm mit steigender Bandbreite.

— Strahlungsbeständigkeit (harte Strahlung):

  — Diese können bei bestimmten militärischen Programmen spezifiziert sein.

— Biegefestigkeit:

  — Kabel mit biegetoleranten oder biegefesten Fasern werden in zunehmendem Maße hergestellt. Diese Kabel weisen geringere Verluste bei Biegung im Vergleich mit biegungsempfindlichen Fasern auf. Jedoch sollten, wie an anderer Stelle in EN 4533 erwähnt, Fasern nicht weiter als ihre

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN 4533-001:2018-03

empfohlenen kleinsten Biegeradien gebogen werden. Diese sind nicht beständiger als konventionelle Fasern.

Die untere Tabelle zeigt eine Zusammenfassung der grundlegenden Eigenschaften einer Faser. Die Fasern wurden in Übereinstimmung mit den ITU-Regeln in Kategorien eingeordnet.

Tabelle 1 — Grundlegende Eigenschaften einer Faser nach ITU-Regeln

Einmoden/Mehrmoden	**Ø Faserkern** (µm)	**Modale Mindestbandbreite** (MHz.km) 850 nm / 1 310 nm	**Kategorie**
Einmoden	9	N/A	G652
Einmoden	9	N/A	G657
Mehrmoden	62,5	200 / 500	OM1
Mehrmoden	50	500	OM2
Mehrmoden	50	1 500 / 2 000	OM3
	50	3 500 / 4 700	OM4

Aus der Perspektive des Anschlusses besteht wenig Unterschied zwischen Lichtwellenleitern mit kleinem und größerem Faserkern. Die hauptsächlichen Fasereigenschaften, die den Anschlussprozess beeinflussen, beziehen sich auf die Werkstoffe für Fasermantel und Primärbeschichtung.

Die aufkommende Nutzung von Mehrfaser-Reihensteckverbindern (z. B. jene, die auf der MT-Ferrule basieren, die im weiteren Verlauf besprochen wird) in manchen Anwendungen in der Luft- und Raumfahrt bedeutet, dass Kabel mit mehreren Fasern notwendig sind. Eine typische Konstruktion wird unten gezeigt. Frühe Mehrfaserkabel waren als Flachbandkabel ausgeführt. Aktuellere Konstruktionen verfügen jedoch über Kabel mit Rundprofil und (angemessen geschützten) losen Fasern im Inneren. Diese Kabel umfassen üblicherweise auch ein Zugentlastungselement. Diese Technologie ist noch nicht standardisiert.

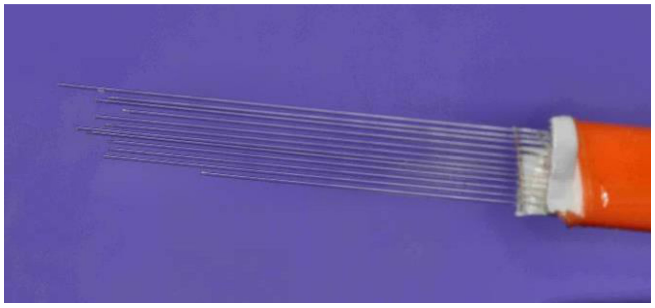


Bild 3 — Beispiel für Mehrwegekabel

3.2.4 Fasermantelwerkstoffe

3.2.4.1 Beschichtungen und Polsterungen – Eine Anmerkung zur Terminologie

Der zentrale Lichtleiter wird im Kabel durch verschiedene Materialschichten geschützt. Der Leser sollte sich bewusst sein, dass verschiedene Texte auf verschiedene Arten und Weisen auf diese Schichten verweisen. Die Bezeichnung der Reihenfolge der Schichten haben jedoch die meisten Texte gemein. Daher liegen die Primärschichten direkt neben dem Lichtleiter (für gewöhnlich an der Mantelschicht der Faser aufgebracht). Sekundärschichten werden direkt oberhalb der Primärschicht aufgebracht und so weiter.

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN 4533-001:2018-03

Verwirrung besteht in manchen Fällen hinsichtlich der nicht einheitlichen Verwendung von Begriffen wie „Beschichtung“, „Polsterung/Polster“ und „Mantel“. Beispielsweise ist die Verwendung der Begriffe „Primärpolsterung“ und „Primärbeschichtung“ in verschiedenen Texten häufig vorzufinden. Begriffe wie „Sekundärbeschichtung“ und „Sekundärpolsterung“ würden sich ebenfalls auf eine Beschichtung beziehen, die oberhalb der ersten (primären) Schutzschicht liegt. Bei Sekundärschichten kann es sich manchmal um Hybride handeln, die aus verschiedenen Werkstoffen bestehen (und manchmal schwer voneinander zu trennen sind). Letztlich kann auch eine begrenzende Mantelschicht im Kabel vorliegen. Der Begriff „begrenzender Mantel“ impliziert eine röhrchenartige Konstruktion, welche der beschichteten Faser erlaubt, sich innerhalb des Kabels zu bewegen (semi-lose).

3.3 Primärpolsterungswerkstoffe

3.3.1 Funktion

Unmittelbar oberhalb des Lichtwellenleiters befindet sich die Primärpolsterungsschicht. Die Hauptfunktion der Primärpolsterung ist der Schutz der Faser gegenüber Beschädigungen durch Abrieb und Umgebung. Verluste durch Mikrobiegen in der Faser werden ebenfalls eingeschränkt. Im Allgemeinen wird diese Beschichtung zum Zeitpunkt der Faserherstellung aufgebracht. Diese sorgt für die erste Schutzschicht am Glas. Sie muss für ausreichenden Schutz sorgen, aber gleichzeitig beim Anschließen leicht zu entfernen sein.

Bei den meisten Fasern wird ein Acrylat-Werkstoff für die Primärpolsterung verwendet, andere Werkstoffe wie Silicium, Polyimid, herstellerspezifische Polymere und sogar Metall, wie Gold oder Aluminium (obwohl dies Spezialfälle sind, die hier nicht berücksichtigt werden), können jedoch auch vorgefunden werden. Diese alternativen Polsterungswerkstoffe können die Betriebstemperatur der Faser erhöhen. Kohlenstoff wird in manchen Fällen auf spezielle Fasern aufgebracht, um die Faseroberfläche hermetisch abzudichten und Feuchtigkeit davon abzuhalten, die Glasoberfläche zu erreichen (üblicherweise bei Raumfahrtanwendungen). Für eine detaillierte Übersicht der Werkstoffe, siehe Abschnitte weiter unten.

Es sollte hervorgehoben werden, dass die Temperaturbeständigkeit einer Glasfaser nicht bezüglich der Betriebsumgebung des Luftfahrzeuges eingeschränkt ist. Glas ist auch bei sehr hohen sowie sehr niedrigen Temperaturen beständig (und wird auch entsprechend in anderen Anwendungen verwendet). Es sind vielmehr die Temperaturbereiche der Schutzschichten (die von essentieller Wichtigkeit sind, um Schäden an der Faser zu vermeiden), welche die Temperaturbeständigkeit des Kabels begrenzen. Im Vergleich dazu können andere Faserarten (z. B. POF und PCS) grundsätzlich schon durch die Betriebstemperatur des Faserwerkstoffes selbst eingeschränkt sein.

In Anwendungen der Luft- und Raumfahrt sind die am häufigsten eingesetzten primären Beschichtungswerkstoffe Acrylat, Polyimid und Silicium. Eine kurze Beschreibung dieser Werkstoffe ist unten festgehalten.

3.3.2 Acrylat

Dies ist vielleicht der gebräuchlichste Werkstoff für die Primärpolsterung von Lichtwellenleitern und relativ einfach mittels Handwerkzeugen zu entfernen. Die Polsterung besteht gewöhnlich aus einem UV-gehärteten, durchscheinenden Acrylat, das üblicherweise dieselbe Dicke wie die Faser aufweist. Gewöhnliche Acrylate weisen eine Temperaturbeständigkeit von bis zu etwa 90 °C bis 100 °C auf (oberhalb dieser Temperatur können diese zerbrechen, sich verfärben und spröde werden). In den letzten Jahren ist jedoch Acrylat für höhere Temperaturen (en: higher temperature acrylates, HTA) zum Standard-Polsterungsmaterial geworden und wird nun auch für Kabel der Luft- und Raumfahrt verwendet. HTAs erweitern den Betriebstemperaturbereich auf 150 °C und bis zu 180 °C. Niedertemperaturgrenzen liegen im Bereich von −60 °C. Acrylat unterliegt der Ausgasung bei Einsatz in drucklosen Umgebungen. Manche Hersteller haben diese Polsterungen bei Temperaturen von bis zu −65 °C ohne Verschlechterung betrieben.

3.3.3 Polyimid

Diese Polsterung hat einen größeren Temperaturbereich als UV-gehärtete Acrylate und kann in Temperaturen bis etwa 300 °C und über kurze Zeiträume sogar bis etwa 400 °C verwendet werden. Obgleich

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN 4533-001:2018-03

sie für Hochtemperaturanwendungen nützlich sind, sind Polyimidpolsterungen schwer mit gängigen mechanischen Werkzeugen zu entfernen. Fasern mit diesem Werkstoff sind für die Installation in Steckverbinderferrulen ausgelegt, ohne dass das Entfernen der Primärpolsterung erforderlich ist. Dies ist nur möglich, weil Konzentrizität und Grenzabweichungen der Außendurchmesser von Faserkern/Fasermantel/Primärpolsterung streng kontrolliert werden. Dies erscheint als ideale Konstruktionslösung, weil die Faseroberfläche nicht berührt werden muss. Der vergrößerte Polyimid-Durchmesser ist allerdings nicht kompatibel mit genormten Ferrulenöffnungsdurchmessern von Steckverbindern, wodurch nicht genormte Ferrulen mit den damit verbundenen Nachteilen hinsichtlich Kosten und Verfügbarkeit verwendet werden müssen. Das Entfernen von Polyimidpolsterungen wird später in diesem Dokument besprochen (siehe 5.4.4). Polyimid unterliegt in drucklosen Umgebungen nicht dem Ausgasen.

3.3.4 Silicium

Die Hauptvorteile von Silicium als Primärbeschichtung sind die Verringerung der Auswirkungen von Mikrokrümmungen der Faser durch die „Polster“-Wirkung der weichen Primärbeschichtung, deren Widerstandsfähigkeit gegen hohe Temperaturen (bis einschließlich 200 °C), deren Beständigkeit gegen Wasserdurchdringung sowie deren geringe Entflammbarkeit. Allerdings muss dieser Werkstoff, wie auch Acrylat, vor dem Einführen von Lichtwellenleitern in dafür vorgesehenen Steckverbindern abgestreift werden. Dies ist keineswegs einfach (siehe Abschnitt zur Entfernung problematischer Primärbeschichtungen) und kann einen Rückstand hinterlassen, welcher die Verbindung von Faser und Ferrule beeinträchtigen könnte. Auch die Entfernung von Silicium wird in 5.4.4 näher erläutert. Manche weichen Siliciumbeschichtungen erlauben einen Niedertemperaturbetrieb der Fasern von z. B. bis zu −100 °C.

3.3.5 Zugentlastungselemente

Beinahe alle Lichtwellenleiterkabel sind mit einer Art Zugentlastungselement ausgestattet. Dieses dient dazu, die externen Lasten des Kabels von der Faser im Inneren zu isolieren und eine hervorragende Festigkeit in Längsrichtung sicherzustellen; üblicherweise in Form von Fasersträngen entlang der Faserachse oder gewoben zu einem Geflecht. Der gebräuchlichste Werkstoff hierfür ist ein sehr robuster, fester Werkstoff namens Aramidgarn. Dies ist jedoch keineswegs der einzige für diesen Zweck eingesetzte Werkstoff — eine der Hauptalternativen ist Glasfaser. Neue Konstruktionen von Lichtwellenleiterkabeln für die Luft- und Raumfahrt setzen mittlerweile eine Mischung aus Glasfaser und Aramidgarn ein, um das Zugentlastungselement mit niedrigeren Rauchemissionen zu versorgen als bei Zugentlastungselementen aus reinem Aramidgarn.

Glasfasern sind besser an den Wärmeausdehnungskoeffizient der Lichtwellenleiter angepasst als Aramidgarn und werden verwendet, wenn ein Kabel bei hohen Temperaturen (> 135 °C) maßhaltig sein muss. Dieser Aspekt muss berücksichtigt werden, wenn ein Kabel über einen längeren Zeitraum einer Temperaturwechselbeanspruchung mit schnellen Änderungen innerhalb eines großen Temperaturbereiches ausgesetzt ist. Aramidgarn scheint jedoch die aktuellsten Temperaturanforderungen in der Luft- und Raumfahrt (−65 °C bis 150 °C) zu erfüllen.

Diese beiden Werkstoffe müssen auf ganz unterschiedliche Weise behandelt werden, um einen wirksamen Schutz gegen die Beanspruchung von Lichtwellenleitern während des Anschlussprozesses zu erzielen. Aramidgarn und andere ähnliche Werkstoffe können durch Crimpen direkt auf einen Steckverbinder oder Anschlüsse aufgebracht werden; mit Glasfasern ist dies nicht möglich, da sie zu spröde sind. Kabel mit Zugentlastungselementen aus Glasfaser sollten mit Klebstoff verbunden werden oder durch Crimpen am Kontaktkörper über dem Außenmantel aufgebracht werden.

Zugentlastungselemente müssen eine eingeschränkte Wirkung auf die optische Leistung der Faser bei Zug mit einer Festigkeit unterhalb der Zugfestigkeit aufweisen.

3.4 Außenmantel

Lichtwellenleiterkabel teilen sich dieselbe Umgebung wie elektrische Kabel. Die erforderlichen Leistungsfähigkeiten bleiben ähnlich.

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN 4533-001:2018-03

Der Außenmantel sorgt für die chemische Beständigkeit des Kabels. Kabel unterliegen an Bord dem Kontakt mit Flüssigkeiten wie Treibstoffen, Hydraulikflüssigkeiten, Reinigungsflüssigkeiten, Ölen, Enteisungsmittel...

Die Kabel dürfen durch diese Einflüsse nicht verändert werden. Der Werkstoff für den Außenmantel wird hauptsächlich basierend auf der chemischen Beständigkeit ausgewählt.

Kabel müssen auch mechanischen Belastungen sowie Abrieb, Reißen, Beugen, Verwindungen, Zusammendrücken und Stößen widerstehen.

Der Außenmantel sorgt für Beständigkeit gegen radiale Spannungen. Auch dient der Außenmantel als eine Art Dämpfer, welcher die Auswirkungen dieser Spannung reduziert.

Der Werkstoff des Außenmantels darf die optische Leistung bei extremen Temperaturen nicht beeinflussen.

Der Werkstoff des Außenmantels darf das Biegen des Kabels nicht beeinflussen.

Bei manchen Anwendungen wird die Abdichtung des Steckverbinders durch Fixierung des Außenmantels im rückseitigen Gehäuse des Steckverbinders erreicht. Die Maße des Kabels sind daher von kritischer Wichtigkeit.

Bei manchen Anwendungen muss das Kabel Entflammbarkeits- oder Toxizitätsanforderungen entsprechen. Diese Leistungsfähigkeit hängt nicht ausschließlich mit dem Außenmantel zusammen, sondern ist eine Kombination aus allen Werkstoffschichten.

Fluorpolymer ist eines der am meisten verwendeten Werkstoffe in dieser Sache.

3.5 Lichtwellenleiterverbindungen (Steckverbinder)

3.5.1 Einleitung

Zweck aller Lichtwellenleiterverbindungen oder Steckverbindern von Lichtwellenleiter ist das Ausrichten von zwei oder mehr Lichtwellenleitern und das Halten dieser Fasern innerhalb physikalischer Befestigungen, um eine gute optische Schnittstelle mit guter Lichttransmission aufrecht zu erhalten. Dies kann auf vielfältige Weise erreicht werden.

Es gibt eine große Anzahl verschiedener Steckverbinder, die für das entsprechende Anschlussverfahren zur Verfügung stehen. Daher ist es erforderlich, die Unterschiede zwischen diesen Steckverbindertypen sowie dessen jeweiligen Eigenschaften zu kennen. Bei der Festlegung eines Steckverbinders für Lichtwellenleiter muss Folgendes definiert werden: das Herstellungsverfahren für optische Schnittstellen, das Faserbefestigungsverfahren sowie die Anzahl der aufzunehmenden Fasern und die Struktur des Kabels (siehe 3.2.2).

Eine andere Konstruktion der Endstelle wird für gewöhnlich für jede dieser verschiedenen Konstruktionen benötigt, um jedwedes mögliche Ausknicken der Faser, wenn zwei Endstellen miteinander verbunden werden, zu verhindern. Viele Steckverbinder verwenden eine federbelastete Ferrule innerhalb der Endstelle. Bei Herstellen der Verbindung bewegt sich die Baugruppe aus Faser/Ferrule rückwärts zur Rückseite der Verbindung (des Steckverbinders). Diese Art der Endstelle erfordert eine semi-lose Rohrkabelkonstruktion, um Platz für die Bewegung der Faser zu haben. Der Kontakt bietet Platz für die Bewegung der Faser im Kabel und reduziert Biegungsverluste.

Ein enges Kabel hätte nicht die nötige Kapazität, um Freiraum für die Bewegung der Faser zu bieten und würde so zu Spannungen und möglichen Biegungsverlusten führen. Manche Hersteller produzieren spezielle Endstellen für enge Kabelkonstruktionen. Diese Endstellen biegen auf eine andere Art und Weise durch, um ein Knicken der Faser zu vermeiden.

Documents
Document Sharing Hub

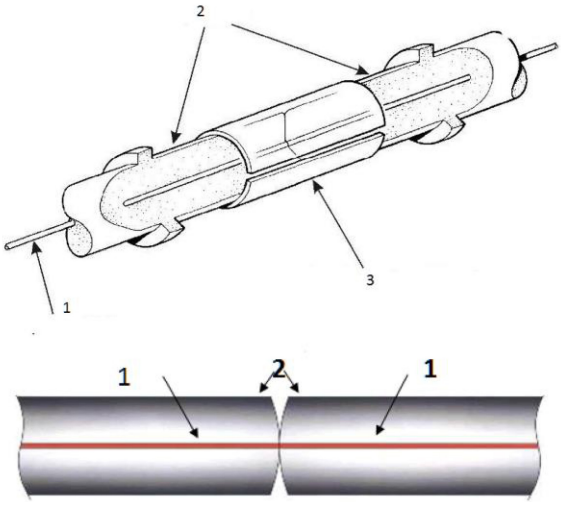
Full document details: E DIN EN 4533-001:2018-03

3.5.2 Die optische Schnittstelle

Konstrukteure von Lichtwellenleitersystemen haben die Option, optische Steckverbinder mit einem von zwei Steckgesichtern zu verwenden, dabei handelt es sich um eine „Stirnflächenkopplung“ oder eine Verbindung mit „aufgeweitetem Strahl“. Diese unterschiedlichen Arten der Schnittstelle werden im Folgenden beschrieben.

3.5.2.1 Stirnflächenkopplung

Ein typischer Aufbau „mit Stirnflächenkopplung“ ist in Bild 4 dargestellt. Die Fasern sind physikalisch mit der Muffe verbunden.



Legende

1 Lichtwellenleiter
2 Ferrulen
3 Zentrierhülse mit Spalt

Bild 4 — Schnittstelle mit Stirnflächenkopplung für Lichtwellenleiter

Das untere Bild zeigt eine detaillierte Darstellung des physischen Kontaktes bzw. der Stirnflächenkopplung zwischen Fasern und Ferrulen.

Dies ist das einfachste der beiden Verfahren hinsichtlich der Anzahl der Elemente im optischen Weg. Das Betriebsverhalten dieser Schnittstelle ist hochgradig abhängig von der Qualität der Faserendfläche. Dies beinhaltet strenge Anforderungen hinsichtlich Sauberkeit und Polieren (oder Ritzen) sowie hinsichtlich der Ausrichtung.

Die meisten Schnittstellen mit Stirnflächenkopplung werden hergestellt, wenn zwei Gegensteckferrulen in engem Kontakt stehen. Eine Feder im Endstellengehäuse oder innerhalb der Verbindung (des Steckverbinders) sorgt für die nötige Kraft. Wie im weiteren Verlauf noch detaillierter besprochen wird, ist bei Anschlüssen mit Glasfaser das Ende der Ferrule im Allgemeinen mit einem bestimmen Krümmungsradius ausgebildet (gewölbtes Profil). Ferrulen mit flachem Profil wurden in frühen Systemen verwendet und können gelegentlich noch in Altsystemen (Legacy-Systemen) angefunden werden. Im Falle der gewölbten Ferrulen, werden die zwei Ferrulen elastisch so zusammengedrückt, dass die zwei Fasern stets in engem Kontakt stehen. Die resultierende Schnittstelle weist nur sehr geringe Verluste auf und profitiert bei korrekter Politur außerdem von geringer Rückreflexion.

Aufgrund des physikalischen Kontaktes zwischen den Fasern, wird diese Art der Verbindung oft als PC-Verbindung (en: physical connection) bezeichnet. Wenn die Endfläche der Faser/Ferrule auf einen

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN 4533-001:2018-03

höheren Qualitätsgrad poliert ist und eine niedrigere Rückreflexion aufweist, kann auch der Begriff UPC („Ultra PC“) angetroffen werden.

Alle unten angegebenen Rückreflexionen stehen mit dem Lichtwellenleiter im Zusammenhang.

Eine Variante der Schnittstelle mit Stirnflächenkopplung ist der Steckverbinder mit Winkelschliff (en: angle polished connector, APC). Auch hier stehen die Ferrulen im engen Kontakt, aber das Endprofil der Ferrule wird in einem bestimmten Winkel hergestellt (üblicherweise 8 Grad), um sicherzustellen, dass jegliches reflektierte Licht nicht wieder in die Faser zurückgeleitet wird (eine solche Reflexion könnte beispielsweise eine Laserquelle stören und in manchen Systemen für Instabilität sorgen). APC-Verbindungen können die Rückreflexion auf ein Maß von ~ −65 dB reduzieren.

APC-Verbindungen werden allgemein in Einmoden-Systemen verwendet, welche empfindlich gegenüber Rückreflexionen sind. Ein Beispiel hierfür wären RF-über-Glasfaser-Verbindungen („RF over Fibre“). Solche Systeme werden mehr und mehr auf Luftfahrzeugen eingesetzt. Zu Identifikationszwecken verfügen APC-Verbindungen üblicherweise über ein grünes Erkennungsband an der optischen Endstelle. APC-Endstellen sollten nicht mit normalen PC-Endstellen verbunden werden. Die entstehende Verbindung würde an hohen Verbindungsverlusten leiden.

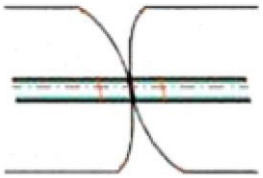


Bild 5 — Schnittstelle mit Winkelschliff-Steckverbinder (APC)

Verbindungen mit Stirnflächenkopplung weisen generell eine Toleranz gegenüber Fluidkontaminationen auf, weil Fluide entweder aus dem Kontaktbereich herausgepresst werden oder, falls Fluide zurückbleiben, diese als Fluid mit passendem Brechungsindex agieren kann und so die Lichtverbindung über die Schnittstelle hinweg verbessert.

Es ist hierbei anzumerken, dass bei Ferrulenverbindungen mit mehreren Fasern (mittels rechteckiger MT-Ferrule) die Verbindungen grundsätzlich einer Anordnung von Fasern mit Stirnflächenkopplung entsprechen. Mehrmodenfasern weisen üblicherweise ein Faserendprofil der PC-Art auf. Einmodenfasern in einem MT-Aufbau dürfen mit einem angewinkelten Endprofil versehen werden. Die zum Polieren der Profile mehrfaseriger MT-Ferrule notwendige Präzision bedeutet, dass das Polieren per Maschine die einzige realistische Herstellungsmethode darstellt.

Tabelle 2 — Reflexion und Verlustleistung von optischen Steckverbindern

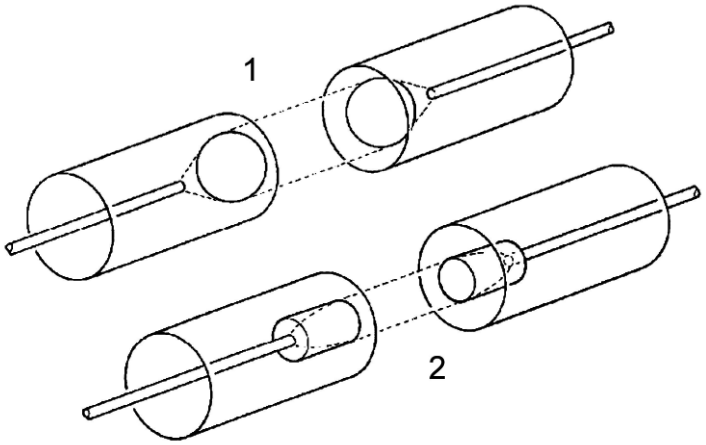
Verbindung	Typische Reflexion (dB)	Typische Verluste (dB)
PC	40	0,2
UPC	55	0,09
APC	65	0,15

3.5.2.2 Schnittstelle mit aufgeweitetem Strahl

Eine Alternative zu Stirnflächen-Steckgesichtern ist es, Linsen zwischen beiden Faserenden zu positionieren (siehe Bild 4). Steckverbinder mit derartigen Linsen werden als Steckverbinder mit „aufgeweitetem Strahl“ bezeichnet. Zweck dieser Linse ist es, den Ausgang der Faser mit kleinem Durchmesser und Zerstreuung in einen Ausgang mit größerem Durchmesser und parallel ausgerichtetem Lichtstrahl umzuwandeln. Dies hat

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN 4533-001:2018-03

Vorteile bezüglich erhöhter Toleranz gegenüber Verunreinigung mit Feinpartikeln. Das Einbeziehen von Linsen erhöht jedoch sowohl die Steckverbinder-Einfügungsdämpfung im Vergleich zu Stirnflächen-Steckgesichtern als auch die Kosten und Komplexität des Anschlussprozesses. Jedoch ist bei Steckverbindern mit aufgeweitetem Strahl außerdem die Einfügungsdämpfung üblicherweise geringer als bei aktuellen Technologien.



Legende

1 Kugellinse
2 GRIN-Linse

Bild 6 — Lichtwellenleiterschnittstellen mit aufgeweitetem Strahl (GRIN = Gradientenindex)

Steckverbinder mit aufgeweitetem Strahl können ferner in jene Verbinder mit integrierter Optik (siehe Bild 7) und neuere Konstruktionen mit entfernbaren Endstellen (siehe Bild 7) aufgeteilt werden. Steckverbinder mit integrierten Einsätzen umfassen die Optiken und die Baugruppe aus Faser/Ferrule in einem abgedichteten Verbindungsgehäuse. Optische Kanäle können nicht auf einfache Art und Weise ausgetauscht werden. Manche können über optische Fenster oberhalb der Linsen verfügen, um die Reinigung leichter zu machen. Neuere Konstruktionen von Verbindungen mit aufgeweitetem Strahl verwenden entfernbare Endstellen. Diese können in einem Mehrwegeverbinder (-verbindung) ausgetauscht werden.

Manche Konstruktionen verfügen über Spitzen mit aufgeweitetem Strahl, die mit konventionellen Endstellen von Lichtwellenleitern eine Schnittstellenverbindung eingehen und so eine Verbindung mit aufgeweitetem Strahl bilden.

Verbindungen mit aufgeweitetem Strahl sind in Anwendungen in der Luft- und Raumfahrt derzeit nicht häufig anzutreffen, aber diese Situation ändert sich. Verbindungen dieser Art werden im Allgemeinen in bodenbasierten und maritimen Anwendungen eingesetzt, wo Verbindungen oftmals miteinander verkettet werden.

Aufgrund der größeren Strahlgröße, sind Steckverbinder mit aufgeweitetem Strahl beständiger gegenüber Teilchenkontaminationen. Jedoch muss darauf geachtet werden, dass keine Fluide in den Steckverbindern mit aufgeweitetem Strahl eingeschlossen werden. Fluide können den Strahl ablenken und verstreuen, was zu höheren Verlusten führt. Eine routinemäßige Reinigung kann vor dem Wiederanschluss erforderlich sein, um sicherzustellen, dass keine Fluidkontaminationen vorliegen.

Aufgrund der beiderseitigen Anordnung von Optiken an den Enden der Verbindung, tolerieren Steckverbinder mit aufgeweitetem Strahl laterale Bewegungen zwischen den zwei Hälften der Verbindung. Sie dulden jedoch keine Neigung der Faser/Ferrulen.

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN 4533-001:2018-03



Bild 7 — Beispiel für einen Steckverbinder mit aufgeweitetem Strahl mit integrierten Optiken

Linsen sind klar zu erkennen



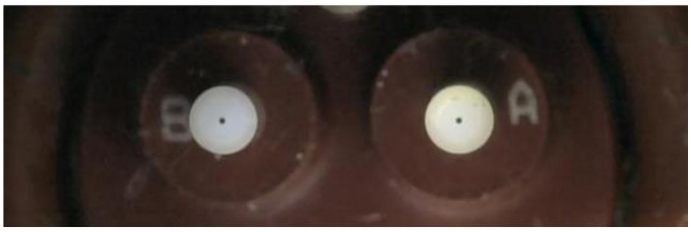


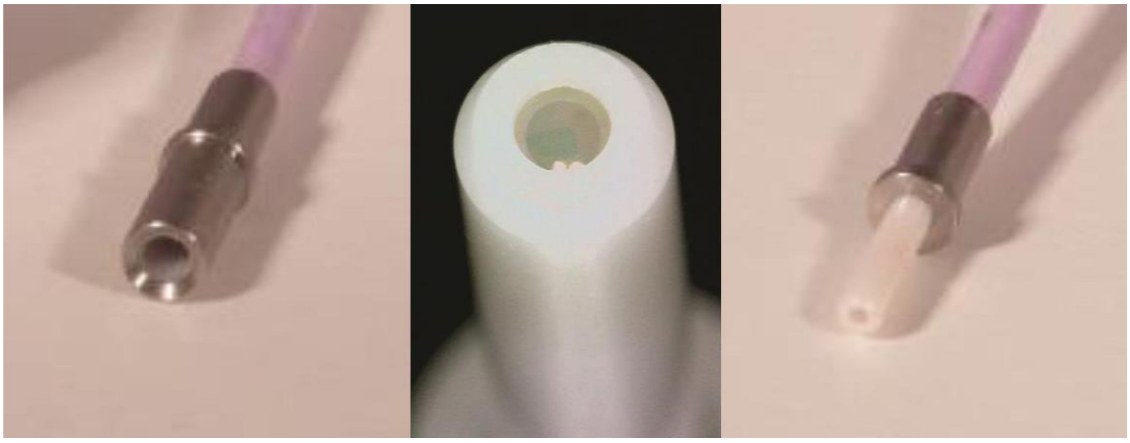
Bild 8 — Beispiel für Steckverbinder mit aufgeweitetem Strahl mit entfernbaren Endstellen. Das Linsenelement ist am Ende der Endstellen sichtbar

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN 4533-001:2018-03

3.5.2.3 Kreisförmige Ferrulen

Die meisten modernen Verbindungen von Lichtwellenleitern verwenden kreisförmige Keramikferrulen (üblicherweise aus Zirkonium), um die Faser in ihrer Position zu halten. Die Ferrule verfügt über ein Bohrloch im Mittelpunkt, welches nur geringfügig größer als der Manteldurchmesser der Faser ist. Bei Einmodenanwendungen (wo der Faserkern sehr klein ist, ~ 9 µm), kann das Bohrloch nur 1 bis 2 µm größer sein. Mehrmodenferrulen können über ein etwas größeres Bohrloch verfügen, aber viele Hersteller von Steckverbindern spezifizieren mittlerweile für Mehrmodenverbindungen (Steckverbinder) Ferrulen mit Einmodentoleranz. Dies stellt eine bessere Ausrichtung des Faserkerns und geringe Verluste sicher.



Legende

1 Keramikferrule am Ende der Endstelle

Bild 8 bis — Detaildarstellung der Endstelle von Lichtwellenleiter, welche die Keramikferrulen zur genauen Ausrichtung der Faser innerhalb einer Verbindung zeigt

Die Endansicht zeigt die Faser im Zentrum der weißen Keramikferrule (hier wird ein Steckverbinder mit 2 Kanälen gezeigt).

In frühen Ausführungen von LWL-Steckverbindern war der Ferrulenwerkstoff üblicherweise Metall mit einer breiten Bohrung über einen großen Teil der Ferrulenlänge. Gewöhnlich enthielt nur ein kleiner Teil der Ferrulenspitze die Präzisionsbohrung für die Faserausrichtung oder das „Juwel“. Metallferrulen sind einfach zu polieren, wodurch das Risiko des übermäßigen Polierens besteht. Sogar Keramikferrulen können leicht zu stark poliert werden. Es muss jedoch beim Einsatz von Metallferrulen beachtet werden, dass beim Herstellen der Verbindung Partikel entstehen würden, welche die Endflächen verunreinigen. Kostengünstigere, kreisförmige Polymerferrulen sind ebenfalls verfügbar, obgleich man diese nicht für Anwendungen in der Luft- und Raumfahrt empfohlen würde.

Die Ausrichtung (sowohl lateral als auch axial) von zwei Fasern wird hergestellt, wenn diese in einer Ausrichtungsbaugruppe zusammengeführt werden (ausschließlich durch physikalischen Kontakt). Üblicherweise handelt es sich hierbei um eine geteilte C-Profilhülse, die oftmals aus Keramik besteht, obgleich metallische Führungshülsen auch verwendet werden dürfen (z. B. Phosphorbronze). Keramikferrulen führen zu einer besseren Wiederholbarkeit und Lebensdauer. Das Herstellen eines Kontaktes zwischen gemischten Materialien ist zwar möglich, führt aber zu Ausbrüchen oder Spänen.

Die Führungshülse wird in Einwege-Steckverbindern verwendet, wobei jedes verbundene Paar ihre eigene Führungshülse hat. Die typischen kreisförmigen Ferrulen in der Luft- und Raumfahrt verfügen über Durchmesser von 1,25 mm, 2,5 mm und 1,6 mm. Die Ferrulen werden axial durch Federdruck ausgerichtet, der entweder durch die optische Endstelle oder von einer separaten Feder in der Verbindung (im Steckverbinder) aufgebracht wird.

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN 4533-001:2018-03

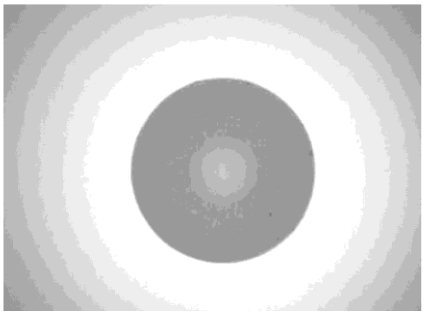


Bild 9 — Eine Mehrmodenfaser (Endansicht) eingelegt in eine Keramikferrule

Unterabschnitt 3.2.2 weist auf die Möglichkeiten von engen und semi-losen Kabeln hin. Eine andere Konstruktion der Endstelle wird für gewöhnlich für jede dieser anderen Konstruktionen benötigt, um jedwedes mögliche Ausknicken der Faser, wenn zwei Endstellen miteinander verbunden werden, zu verhindern. Viele Steckverbinder verwenden eine federbelastete Ferrule innerhalb der Endstelle. Bei Herstellen der Verbindung bewegt sich die Baugruppe aus Faser/Ferrule rückwärts zur Rückseite der Verbindung (des Steckverbinders). Diese Art der Endstelle erfordert eine semi-lose Rohrkabelkonstruktion, um Platz für die Bewegung der Faser zu haben. Ein enges Kabel hätte nicht die nötige Kapazität, um Freiraum für die Bewegung der Faser zu bieten und würde so zu Spannungen und möglichen Biegungsverlusten führen. Manche Hersteller produzieren spezielle Endstellen für enge Kabelkonstruktionen. Diese Endstellen biegen auf eine andere Art und Weise durch, um ein Knicken der Faser zu vermeiden.

3.5.2.4 Ferrulen mit mehreren Fasern (en: multi-fibre Ferrules, MT)

Obgleich diese derzeit nicht weitläufig eingesetzt werden, gibt es doch einige Avioniksysteme, bei welchen langsam mit dem Einsatz von MT-Ferrulen mit mehreren Fasern begonnen wird. Dabei handelt es sich um rechteckige Ferrulen, die für gewöhnlich aus einem thermoplastischen Material hergestellt sind, typischerweise Polyphenylsulfid (PPS) , welches oftmals mit Silika-Partikeln verstärkt wird, wie in Bild 11 und Bild 10 gezeigt. Diese Fasern werden linear mit einer Teilung von 250 µm aufgestellt. Üblicherweise verfügen diese über bis zu 12 Fasern in einer Reihe, aber die Reihen können aufgestapelt werden, um bis zu 72 Fasern in einer Verbindungsferrule zu ermöglichen. MT-Steckverbinder werden in Systemen verwendet, welche eine große Menge an Kanälen in einem kleinen Arbeitsbereich benötigen. Allgemein werden MT-Ferrulen im Standard-Temperaturbereich −40 °C bis 85 °C qualifiziert. Einige Luft- und Raumfahrtprüfungen werden im Temperaturbereich −55 °C bis 125 °C durchgeführt.

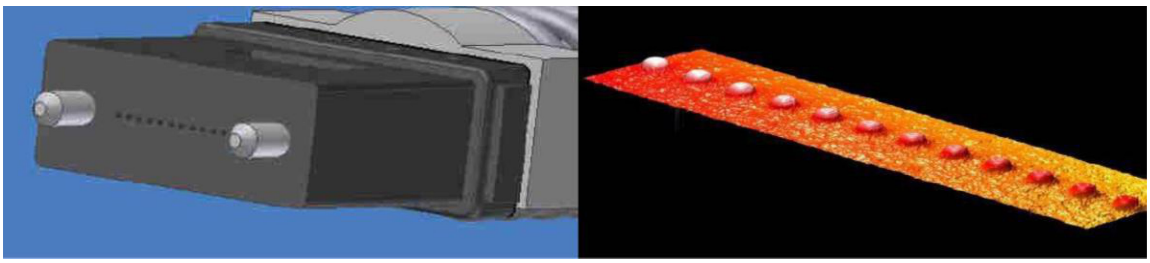


Bild 10 — Eine MT-Ferrule mit mehreren Fasern

Dieses Bild zeigt eine Einzelaufbauvariante mit 12 Fasern. Die 12 Präzisionsbohrlöcher weisen eine Teilung von 250 µm auf. Die großen Stifte (aus rostfreiem Stahl) nahe der Außenkante dienen der Ausrichtung und Verbindung mit den zugehörigen Hohlräumen der anderen Hälfte. Das rechte Bild zeigt einen leichten Faserüberstand einer jeden Faser im Aufbau.

Das Ende der Ferrule muss vorsichtig poliert werden, um das korrekte Profil zu erreichen. Das Polierverfahren führt zu einigen Überständen der einzelnen Fasern, wie in Bild 10 gezeigt.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN 4533-001:2018-03

MT-Ferrulen können Einmoden- oder Mehrmodenfasern verwenden und die Ferrulen sind entweder in Einmoden- oder Mehrmoden-Gütegraden verfügbar, wobei die Einmodenvariante Löcher mit engeren Toleranzen aufweist. MT-Ferrulen sind zur Verbindung mit Kabeln mit mehreren Fasern ausgelegt. Verbindungshersteller produzieren mittlerweile Steckverbinder, welche die MT-Schnittstelle im Gehäuse beherbergen. In manchen Fällen werden mehrere MT-Ferrulen in einer einzelnen Verbindung bzw. in einem Steckverbindergehäuse untergebracht.

Die Führungshülse wird in Einwege-Steckverbindern und auch Mehrwege-Steckverbindern verwendet, wobei jedes verbundene Paar ihre eigene Führungshülse hat. Die typischen kreisförmigen Ferrulen in der Luft- und Raumfahrt verfügen über Durchmesser von 1,25 mm, 2,5 mm und 1,6 mm. Die Ferrulen werden axial durch Federdruck ausgerichtet, der entweder durch die optische Endstelle oder von einer separaten Feder in der Verbindung (im Steckverbinder) aufgebracht wird.

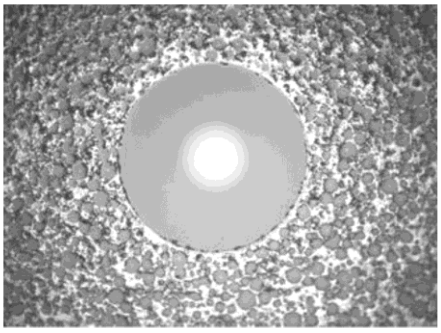


Bild 11 — Eine Mehrmodenfasern (Endansicht) eingelegt in eine MT-Ferrule mit mehreren Fasern (rechts)

Sowohl Faser als auch Ferrulen wurden poliert. Es wird besonders auf die Zuschlagpartikeln im thermoplastischen MT-Material hingewiesen.

3.5.2.5 Faserbefestigungsverfahren

Es gibt zwei Hauptbefestigungsverfahren von Faser zu Steckverbinder. Erstens „Kleben und Polieren“, wobei eine Faser in eine Ferrule eingeklebt und anschließend poliert wird. Bei diesem Verfahren wird gewöhnlich ein wärmehärtender Klebstoff, eine Wärmequelle für dessen Aushärten sowie verschiedene Stärken von Polierfolie und Polierwerkzeugen verwendet, um eine gute Oberflächenbeschaffenheit des Faserendes zu erzielen.

Obwohl der Prozess von „Kleben und Polieren“ in einer Luftfahrzeugumgebung erreicht werden kann, bestehen merkliche Unterschiede zu einem Anschlussprozess bei konventionellen elektrischen Leitungen. Dies führte zu einer aufwändigen Suche nach einem mechanischen, trockenen Anschlussprozess, der keine Wärmequelle für das Befestigen von Fasern an Steckverbindern erfordert. Einige Anschlussverfahren unter Anwendung von Klebstoff können mit Spezialklebstoff, z. B. anaeroben Klebstoffen, durchgeführt werden, ohne dass eine Wärmequelle erforderlich ist. Das Wärmeverhalten dieser Klebstoffe ist jedoch dem von wärmegehärteten Epoxidharzen unterlegen.

Es gibt selbstverständlich andere Anschlussprozesse für Steckverbinder; dabei handelt es sich jedoch häufig um Varianten oder Mischformen der beiden oben genannten Techniken. Die einzige nennenswerte Ausnahme ist eine Abwandlung des Schmelzspleißens (ein Faser-Reparaturprozess, der für das dauerhafte Verbinden von zwei Fasern ausgelegt ist). Bei dieser Technik wird eine geritzte Faser in einen Steckverbinder eingeführt und durch elektrisches Lichtbogenschweißen mit einer vormontierten, vorpolierten Faser verbunden. Diese Technik ist nicht sehr verbreitet und beinhaltet wesentliche Sicherheitsanforderungen bei der Anwendung an Bord eines Luftfahrzeugs.

Diese Technologie wird jedoch zu Instandhaltungszwecken verwendet, wenn ein Kabel beispielsweise gebrochen ist. Die Schmelzspleißfasern werden in einem besonderen Gehäuse geschützt, um die

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN 4533-001:2018-03

Ausgangsleistung des Kabels zu bewahren. Dies sorgt für einen adäquaten Schutz über die gesamte Gebrauchsdauer hinweg.

Faserbefestigung wird in der Luft- und Raumfahrt überwiegend unter Anwendung eines Klebstoffs erzielt, während im Telekommunikationsbereich Crimpen verbreitet ist. Für Quarzglasfasern gibt es gegenwärtig keine für die Luft- und Raumfahrt geeigneten, mechanischen Anschlussprozesse. Daher werden im vorliegenden Dokument einzig Anschlüsse mit Klebstoff berücksichtigt. Das bedeutet nicht, dass in der Zukunft nicht alle mechanischen Anschlüsse durch Crimpen und Ritzen anwendbar werden.

Beim dritten Prozess handelt es sich um eine Mischung aus Crimpen und dem Einsatz von Epoxiden.

3.5.2.6 Anzahl der Faserkanäle

Der Konstrukteur der Lichtwellenleitersysteme hat eine einzige Wahl bei der Entscheidung zu treffen, wie Mehrfach-Lichtwellenleiter mit Geräten und anderen Lichtwellenleitern zu verbinden sind: entweder durch Anwendung von Mehrfach-Einwege-Steckverbindern oder eines Mehrwege-Steckverbinders. Einwege- und Mehrwege-Steckverbinder werden im Bild 12 veranschaulicht.

3.5.3 Einwege-Verbindungen/Steckverbinder

Die einfachste Art der Verbindung für Lichtwellenleiter ist der Einwege-Steckverbinder. Dieser Steckverbinder verbindet ein einzelnes Kabel mit einem anderen mit integrierter Zugentlastung und (für gewöhnlich) einer Form von Schutz gegen die Umgebung. Die Faserendfläche ist gewöhnlich leicht zugänglich für die Reinigung und Inspektion in derartigen Steckverbindern, entweder durch Demontage oder durch freiliegende Ferrulen und einer gesonderten Führungsader oder einem Adapter. Da diese Art von Steckverbinder dafür ausgelegt ist, einzelne Lichtwellenleiterkabel aufzunehmen, ist ein Einsatz bei Mehrfach-Lichtwellenleiterkabeln nicht sehr platzsparend. Bei Einwege-Steckverbindern kann es sich um Stecker/Steckerbuchsen-Kombinationen oder Mischpol-Endstellen (dieselbe Konstruktion an beiden Gegensteckverbindern) handeln. Eine Federverriegelung wird vermutlich an mindestens einer Seite der Einwege-Verbindung vorgesehen, um die Fasern in engem Kontakt zu halten.

3.5.4 Mehrwege-Verbindungen/Steckverbinder

Entsprechend seiner Bezeichnung ist dieser Typ Steckverbinder dafür ausgelegt, zwei oder mehr Lichtwellenleiter gleichzeitig zu verbinden. Da Steckverbinder-Kopplungsteile bei einer Reihe von optischen Ferrulen (oder Anschlüssen) üblich ist, gilt diese Anordnung als relativ platzsparend. Bei diesem Typ Steckverbinder können Reinigung und Inspektion schwierig sein, sofern keine abnehmbare Führungshülse vorgesehen ist (diese wird manchmal auch als abnehmbarer Fronteinsatz bezeichnet). Während bei Einwege-Steckverbindern Lastisolation der Faser durch das Verbinden der Zugentlastungselemente mit dem Ende des Steckverbinders erzielt wird, verlassen sich Mehrwege-Steckverbinder im Allgemeinen auf eine gesonderte Stützhülse, üblicherweise für Schutz und Zugentlastung. Dieses Bauteil wird gewöhnlich auf die Rückseite eines Mehrwege-Steckverbinders aufgeschraubt und dient als Verankerungspunkt für die einzelnen Zugentlastungselemente eines Kabels. In Bild 5 ist ein typischer Mehrwege-Steckverbinder für Lichtwellenleiter dargestellt (Beispiel mit angebrachter Stützhülse).

Der MT-Steckverbinder kann als Mehrwege-Steckverbinder in einem kleinen Arbeitsbereich eingestuft werden, obgleich die einzelnen Kanäle nicht entfernt werden können. Ein Beispiel für einen robusten Steckverbinder, welcher eine MT-Ferrule verwendet, ist in Bild 14 gezeigt.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN 4533-001:2018-03



Legende

1 Mehrwege-Steckverbinder
2 Einwege-Steckverbinder

Bild 12 — Beispiele für Mehrwege-Steckverbinder

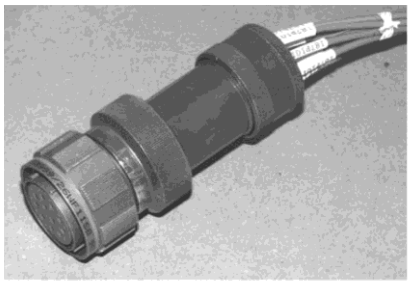


Bild 13 — Typischer Mehrwege-Steckverbinder für Lichtwellenleiter (mit angebrachter Stützhülse)



Legende

1 MT-Ferrule

Bild 14 — Mehrwege-Steckverbinder mit einem Ferrulenaufbau (MT) aus mehreren Fasern

3.5.5 Auswahl der Werkzeuge

Die Entwicklung von Anschlussprozessen für Lichtwellenleiter hat zu einer großen Spanne von Werkzeugen geführt, die für das Befestigen von Lichtwellenleitern an dafür vorgesehenen optischen Steckverbindern verfügbar sind.

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN 4533-001:2018-03

Die unterschiedlichen Aspekte des Anschlussprozesses von Lichtwellenleitern werden im Abschnitt 5 besprochen, es werden allerdings für die folgenden Hauptverfahren Werkzeuge benötigt:

— Kabelvorbereitung (Ablängen);

— Entfernen des Außenmantels;

— Handhabung der Kabel;

— Entfernen der Beschichtungen;

— Klebstoffauftrag;

— Aushärten des Klebstoffes;

— Ritzen der Faser;

— Politur (per Hand oder maschinellem Prozess).

Da sich die Eigenschaften von Siliciumdioxid und Kupfer sehr unterscheiden, sind folgende Punkte zu beachten:

— die meisten Werkzeuge für die Kabelvorbereitung gleichen denen für elektrische Steckverbinder/Kabel;

— eine geeignete Auswahl von Werkzeugen verringert im Allgemeinen die Anforderungen an die fachlichen Fertigkeiten;

— optische Anschlüsse unterscheiden sich von elektrischen Leitungsanschlüssen, da die Endqualität des Anschlusses keine einfache Funktion der Werkzeugqualität ist, sondern auch von Fähigkeit und Urteilsvermögen des Bedienpersonals abhängig sein kann (obgleich ein gewisser Grad an Automatisierung möglich ist);

— der optische Anschlussprozess erfordert im Allgemeinen den Zugang zu einer Energiequelle (für Härtungsprozesse von Epoxidharz);

— Werkzeuge sind sorgfältig auszuwählen, insbesondere für alle Arbeitsschritte, bei denen die Quarzglasfaser freigelegt wird. Kleine Änderungen an einem Werkzeug oder der Art seiner Verwendung können vermeidbare Unterschiede in der Festigkeit der Faser verursachen.

4 Gesundheits- und Sicherheitsaspekte

4.1 Allgemeines

Der Einsatz von Lichtwellenleitersystemen in einer Luftfahrzeugumgebung führt zu Überlegungen hinsichtlich Gesundheit und Sicherheit, wie sie ähnlich in der Industrie allgemein erforderlich sind. Die Prozesse und die damit verbundenen Risiken haben die folgenden zu berücksichtigenden Hauptpunkte ergeben.

4.2 Chemikalien

Klebstoffe und Reinigungsprodukte enthalten ausnahmslos Chemikalien und andere Stoffe, die eine Berücksichtigung der jeweiligen Gesundheits- und Sicherheitsdaten erfordern. Bei Chemikalien müssen die jeweiligen COSHH-Regelungen zur Handhabung und Exposition beachtet werden. Zusätzlich können bestimmte Anschlussprozesse die Ausführung von Risikobeurteilungen erfordern. Die folgende Liste enthält

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN 4533-001:2018-03

den Anwendungsbereich der Faktoren, die vor dem Einsatz der Chemikalien, der in den verschiedenen Phasen jeder (optischen oder elektrischen) Kabelbaumbaugruppe erforderlich sein kann, zu erwähnen sind:

— Identifikation (Unterpunkte hinzugefügt);

— Zusammensetzung;

— Identifizierung der Gefährdungen;

— Erste-Hilfe-Maßnahmen;

— Brandbekämpfungsmaßnahmen;

— Maßnahmen bei unbeabsichtigtem Freisetzen;

— Handhabung und Lagerung;

— Expositionskontrolle/persönliche Schutzausrüstung;

— physikalische und chemische Eigenschaften;

— Stabilität und Reaktivität;

— toxikologische Angaben;

— ökologische Angaben;

— Entsorgungsproblematik;

— Angaben zum Transport;

— Angaben zu Vorschriften.

Diese Liste ist nicht dafür vorgesehen, vom Einsatz von Lichtwellenleitersystemen abzuhalten, weil sich die Verfahrensweise von der für andere allgemein in der Industrie verwendete Stoffe nicht unterscheidet.

4.3 Scharfe Kanten

Scharfe Kanten können nicht nur an der Faser selbst auftreten, sondern auch durch die bei der Vorbereitung der Faser während der Anschlussverfahren verwendeten Werkzeuge. Scharfkantige Enden freiliegender Fasern können durch Beschädigung oder Bruch des fertiggestellten Kabelbaums oder bei einem beliebigen Herstellungsschritt auftreten. Vor allem in der Ritzphase der Anschlussherstellung entstehen oftmals scharfe Kanten an den Lichtwellenleitern. Ein weiterer scharfer Punkt ist die Nadel der Spritze, welche zur Einführung des Epoxid-Klebstoffes in die Steckverbinderferrule verwendet wird.

Während des Anschlusses der Fasern sind scharfe Kanten sicher zu entsorgen und Maßnahmen zum Schutz des Bedienpersonals zu ergreifen, d. h. das Eindringen in Haut oder Augen bzw. das Einatmen von Glaspartikeln ist zu verhindern.

Es ist mittlerweile gängige Praxis in vielen Organisationen, Abfallbehälter für scharfe Teile, wie sie in der Medizin verwendet werden, zur Entsorgung der scharfen Abfälle von Lichtwellenleitern zu verwenden. Diese gelben Behälter verfügen über einen Einwurfschacht, der versiegelt werden kann, wenn der Behälter voll ist. Der Abfall wird dann üblicherweise durch eine autorisierte Mülldeponie verbrannt. Die oben aufgeführten Faktoren für Chemikalien können verwendet werden, um die Risiken bei der Handhabung von scharfen Kanten in ähnlicher Weise zu klassifizieren.

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN 4533-001:2018-03

Durch die unterschiedliche Art der in Klebstoffen und Reinigungsmitteln enthaltenen Chemikalien und Stoffe sowie durch die Handhabung von scharfkantigen Gegenständen, die während der Herstellung von LWL-Kabelbäumen verwendet werden, wird empfohlen, dass für Vorschriften und Anwendungen derartiger Werkstoffe der örtliche oder durch die Firma bestimmte Beauftragte für Gesundheit und Sicherheit zu Rate gezogen wird.

5 Anschlussprozess

5.1 Ziel

Das Hauptziel eines Anschlussverfahrens für Lichtwellenleiter ist es, einen solchen in einem Ausrichtungselement (gewöhnlich der Ferrule einer Endstelle eines Lichtwellenleiters, welche dann in einen Steckverbinder hineinpasst) zu befestigen und dort während der Herstellung, Installation und Betrieb während der Lebensdauer der angeschlossenen Konstruktion zu halten. Faser, Ausrichtungselement sowie die dementsprechenden Grenzabmaße müssen vorher ausgewählt werden, um eine korrekte Ausrichtung des Faserkerns sicherzustellen. Die Genauigkeit der Faserkernausrichtung wird im Allgemeinen durch Installation der Faser in einer Ferrule mit einer Öffnung mit hoher Präzision und geringer Grenzabweichung erreicht. Dies ist auch für das Erzielen einer geeigneten Faserendflächenqualität für die Gewährleistung einer guten Lichtwellenübertragung und, falls zutreffend, einer geringen optischen Rückreflexion erforderlich.

Um dies zu erreichen, ist es erforderlich, eine Reihe von gesonderten, aufeinanderfolgenden Prozessen durchzuführen. Die genaue Abfolge dieser Prozesse kann in Abhängigkeit vom Anschlussverfahren des Herstellers unterschiedlich sein. Die meisten Verfahrensweisen beinhalten jedoch einen wesentlichen Anteil der in den folgenden Abschnitten beschriebenen Schritte.

5.2 Vorbereitung des Kabels

5.2.1 Allgemeines

Für den Zugang zur Faser ist es erforderlich, ein Lichtwellenleiterkabel vor dem Befestigen an der Steckverbinderferrule vorzubereiten. Dies umfasst das Entfernen verschiedener Schutzschichten innerhalb festgelegter Abmessungen sowie das Abstreifen von Außenmantel und Polsterungsschicht sowie das Zuschneiden des Zugentlastungselements sowie der Bindungsschicht, falls vorhanden.

5.2.2 Zuschneiden

Zweck dieses Arbeitsschrittes ist das gleichmäßige Durchtrennen eines festgelegten Lichtwellenleiterkabels (Faser, Zugentlastungselemente sowie alle zusätzlichen Schutzschichten) bei gleichzeitigem Vermeiden von Kabelbeschädigungen, durch die nachfolgende Vorbereitungsprozesse von Kabeln erschwert werden. Dieser Prozess sollte darüber hinaus sowohl die Lebensdauer des Werkzeugs sicherstellen als auch die Benutzerfreundlichkeit optimieren.

Das Zuschneiden eines Lichtwellenleiterkabel-Werkstückes kann als eher gewöhnliches Problem erscheinen. Es sollte jedoch beachtet werden, dass Lichtwellenleiterkabel nach den meisten Luft- und Raumfahrtspezifikationen Quarzglas-LWL und Zugentlastungselemente aus Aramidgarn enthalten. Diese Werkstoffe sind hart bzw. fest, eine Kombination, die die Lebensdauer konventioneller Drahtschneider aus gehärtetem Stahl wesentlich verringert. Zu erwarten ist eine Beschädigung der Werkzeugklinge aus gehärtetem Stahl nach dem ersten Schnitt durch ein typisches Lichtwellenleiterkabel für die Luft- und Raumfahrt entsprechend Bild 15.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN 4533-001:2018-03

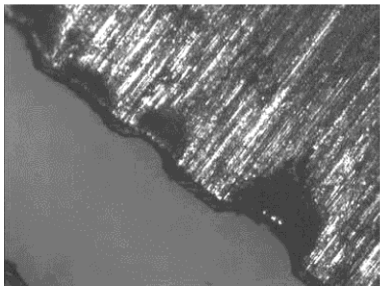


Bild 15 — Beschädigung eines Werkzeugs aus gehärtetem Stahl nach dem Schnitt durch einen Quarzglas-LWL

Als bester Werkzeugtyp für das Trennen von Lichtwellenleiterkabeln haben sich Klaviersaitenschneider mit Klingen aus Wolframcarbid erwiesen. Dabei muss es sich eher um Klingen für Stirnflächen als um Scherklingen handeln, da bei Scherklingen eine unzulässig hohe Last auf das Scharnier des Werkzeugs wirkt. Es hat sich erwiesen, dass ein Werkzeug mit einer Klinge aus Wolframcarbid viele tausend Schnitte mit geringen oder ohne Anzeichen von Abnutzung widerstehen kann. Ein derartiges Werkzeug wird im Bild 16 gezeigt.



Bild 16 — Abstreifwerkzeug mit Spitze aus Wolframcarbid zur Durchschneidung von Lichtwellenleiterkabeln

Dieses Kabel ist für das Abstreifen von Zugentlastungselementen nützlich.

Es besteht die Möglichkeit, dass der Trennvorgang bei bestimmten Arten von Lichtwellenleiterkabeln ein angeschrägtes oder grobkantiges Ende erzeugt, insbesondere bei Kabelenden, die Fasern mit einer Polyimid-Primärbeschichtung enthalten (siehe Bild 17). Im Allgemeinen bewahren mit Polyimid beschichtete Fasern bei Einfügung in ein Hochpräzisionsbohrloch ihre Beschichtung, sodass eine Verfälschung des Beschichtungsdurchmessers eine Einführung in die Ferrule verhindern kann.

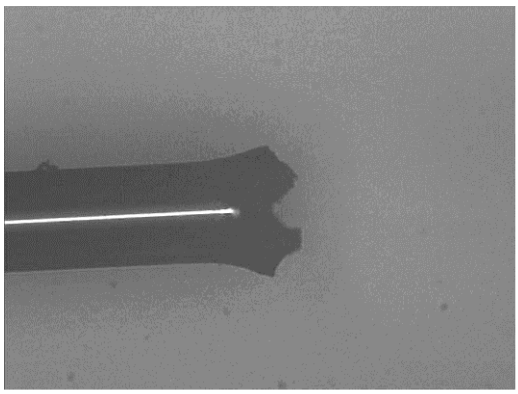


Bild 17 — Angeschrägtes Ende einer Polyimidfaser

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN 4533-001:2018-03

5.2.3 Entfernen des Außenmantels

5.2.3.1 Zweck

Zweck dieses Arbeitsschrittes ist das gleichmäßige Entfernen einer kontrollierten, vorher festgelegten Länge des Kabelpolsterwerkstoffs, ohne darunterliegende Kabelschichten zu beschädigen und während sichergestellt wird, dass die verbleibende Schnittfläche der Polsterung senkrecht zur Faser und frei von groben Kanten (z. B. „Ohren“) ist. Dies kann außerdem sowohl bei langer Lebensdauer des Werkzeugs als auch bei einfacher Anwendung erfolgen.

Der Bereich möglicher Werkzeuge für diesen Arbeitsschritt ist groß und wie bei vielen von Hand durchgeführten Prozessen ist die Auswahl des Werkzeugs für das Abstreifen des Außenmantels von persönlichen Vorlieben und der Gebrauchstauglichkeit abhängig. Jedoch müssen einige wichtige Aspekte hinsichtlich Abstreifwerkzeugen berücksichtigt werden.

5.2.3.2 Rotationswerkzeuge

Kabel mit losen Rohren (Ummantelungen) können den Einsatz einfacher Rotationswerkzeuge (Bild 18 — Beispiel eines Rotationswerkzeuges [Einsatz durch Einführung und Rotation um die Kabelummantelung]) ermöglichen, welche zur Einkerbung des Materials um die Ummantelung rotieren. Der zu entfernende Teil des Mantels wird dann einfach abgezogen und die abgestreifte Länge so freigelegt. Diese Art von Werkzeug kann an vielen Kabeln mit enger Ummantelung nicht eingesetzt werden, da die Ummantelung zu eng über den zugrundeliegenden Bestandteilen extrudiert ist. Dies führt dazu, dass selbst nach Einkerbung die Ummantelung nicht einfach abgezogen werden kann. Wenn diese Werkzeuge eingesetzt werden, ist sicherzustellen, dass die Beschichtung eingekerbt wird und nicht durchschnitten. Andernfalls können die zugrundeliegenden Zugentlastungselemente oder Polsterschichten beschädigt werden. Eine regelmäßige Kalibrierung der Klingentiefe ist aus diesem Grunde erforderlich.

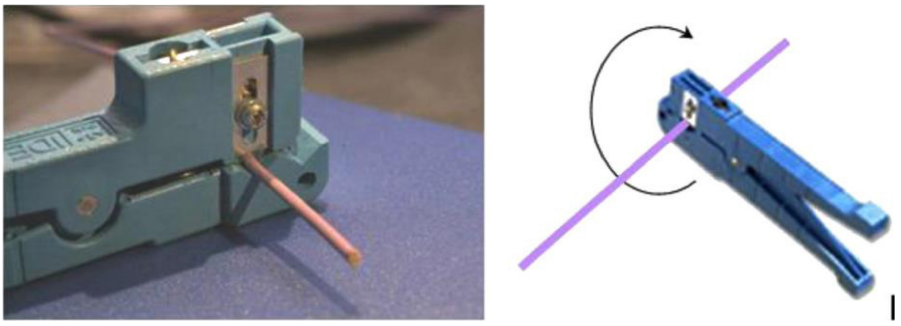


Bild 18 — Beispiel eines Rotationswerkzeuges (Einsatz durch Einführung und Rotation um die Kabelummantelung)

5.2.3.3 Stripmaster-Werkzeuge

Diese Art von Werkzeug (in Bild 19 gezeigt) wird manchmal zum Entfernen der Ummantelungen von Lichtwellenleiterkabeln verwendet. Dieser Mechanismus ist zum Teil automatisiert. Das Kabel wird zwischen den Greifoberflächen (im weiteren Verlauf erläutert) positioniert und mit der korrekten Abstreiföffnung ausgerichtet. Wenn die Griffe zusammengedrückt werden, fallen die Klingen in das Kabel ein. Wenn die Griffe dann weiter gedrückt werden, wird der Klingenteil vom Griffteil getrennt und entfernt so den Bereich der Ummantelung. Es muss hierbei darauf geachtet werden, dass das Werkzeug vollständig eingreift und die Teile ordentlich getrennt werden, andernfalls könnte das Kabel über seinen kleinsten Biegeradius hinaus gebogen werden und brechen. Zwei der gebräuchlichsten Klingenarten werden im Folgenden besprochen.

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN 4533-001:2018-03

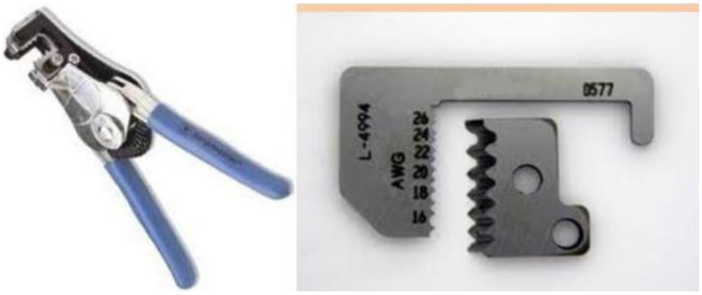


Bild 19 — Beispiel eines Stripmaster-Werkzeugs und Klingensatzes

Die Stripmaster-Werkzeuge verfügen in der Regel über zwei Arten von Klingen, nämlich die messerartigen Klingen und die gesenkartigen Klingen.

Die messerartigen Klingen (Bild 20) sind scharf und verfügen über einen sehr kleinen, scharfen Kontaktbereich beim Klingenschluss, welcher in der Regel Verschleiß ausgesetzt ist. In diesem Fall wird im Laufe der Abnutzung einer Klinge die Abstreiföffnung kleiner und ovaler, wobei die Möglichkeit besteht, dass letztendlich die darunterliegenden Schichten berührt und beschädigt werden. Prüfungen haben jedoch erwiesen, dass diese Werkzeuge einige der besten Abstreifergebnisse im Neuzustand erbringen. Ein optimales Ergebnis (in diesem Falle durch messerartige Klingen) wird im Bild 21 veranschaulicht. Es wird besonders auf die saubere Kante der verbleibenden Ummantelung des Kabels und die Integrität der darunterliegenden Zugentlastungselemente hingewiesen.

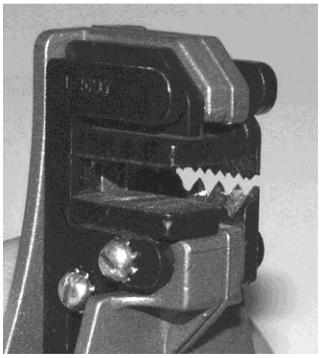


Bild 20 — Messerartige Klingen (Stripmaster-Werkzeug)

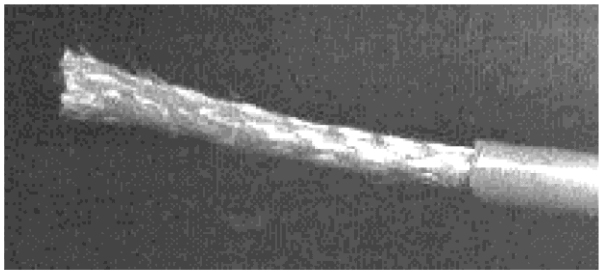


Bild 21 — Beispiel einer abgestreifen Ummantelung zeigt ein gutes Abstreifergebnis durch Messerklingen

Gesenkartige Klingen (Bild 22) besitzen eine relativ große Kontaktfläche bei Klingenschluss. Diese Kontaktfläche nutzt sich nur gering ab. Daher unterliegen einzig die Schneidklingen mit Präzisionsschliff der Abnutzung, deren Durchmesser bei Gebrauch zunimmt. Dadurch sinkt die Abstreifleistung bei fortschreitender Abnutzung des Werkzeugs bis auf den Punkt, an dem kein Abstreifen des Außenmantels von Kabeln mehr erfolgt. Dies ist eine relativ sichere Ausfallart des Werkzeugs. Die Größe des Hohlraums oder des Freiraums hinter der gesenkartigen Klinge bestimmt, ob das verbleibende Kabel „eingeschlossen“ wird, wenn sich die

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN 4533-001:2018-03

Klingen schließen. Ein derartiger Einschluss kann zur Erzeugung von „Ohren“ an der verbleibenden Ummantelung des Kabels führen. Ein Veranschaulichung solcher „Ohren“ ist im Bild 23 zu finden.

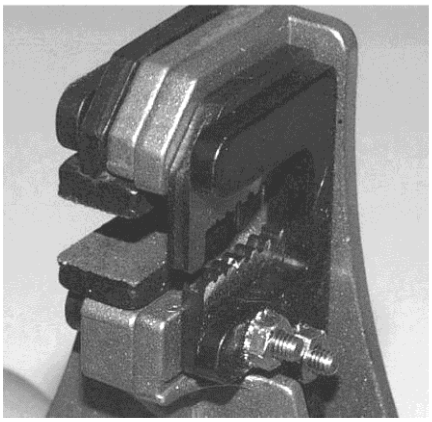


Bild 22 — Gesenkartige Klingen am Stripmaster-Werkzeug

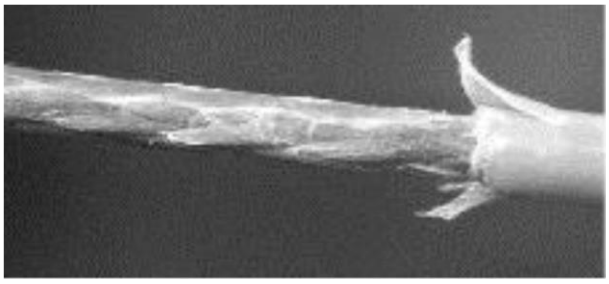


Bild 23 — Beispiel einer abgestreiften Ummantelung, die „Ohren“ aufweist, welche durch Einschluss der verbleibenden Ummantelung in den Gesenkklingen verursacht wurden

ANMERKUNG 1 Die Auswahl der korrekten gesenkartigen Klingen kann ähnliche Ergebnisse wie bei messerartigen Klingen liefern, es sollte allerdings auf die Vermeidung von „Ohren“ geachtet werden.

ANMERKUNG 2 Dieses Verfahren ist veraltet und wird bei Kabeln loser Struktur nicht empfohlen.

Offensichtlich ist eine saubere Kante der Ummantelung das wünschenswerte Ziel eines Abstreifprozesses. Zerfetzte „Ohren“ an der Ummantelung können bei der nachfolgenden Einführung in ein Verbindungselement (oder einen Steckverbinder) für Probleme sorgen.

5.2.3.4 Werkzeuge mit Scherklingen

Scherklingen (oder scherenartige Klingen) (z. B. Bild 24) haben oft geschärfte Öffnungen in V-Form, um den Außenmantel zu durchtrennen. Sie funktionieren auf die gleiche Weise wie Haushaltsabstreifer für elektrische Leitungen mit eher schwankenden Ergebnissen. Bild 24 zeigt die scherenartige Geometrie dieser Scherklingen.

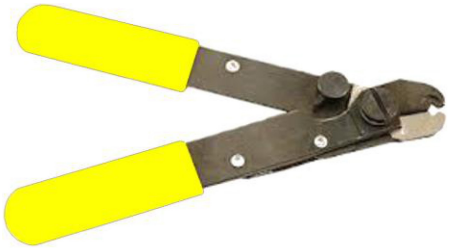


Bild 24 — Scherenartige Klingen an einem Mantelabstreifer

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN 4533-001:2018-03

Scherklingenwerkzeuge können in Abhängigkeit der Dicke der Ummantelung und des Kabels beim Schneiden des Werkzeugs durch das Kabel eine massive Verbiegung des Kabels verursachen. Es ist wichtig, das Werkzeug während des Betriebes nicht in einem unpassenden Winkel zu halten, sondern senkrecht zur Kabelachse (Abstreifung entlang der Kabelachse). Dadurch soll sichergestellt werden, dass die Abstreiföffnung nicht auf eine kleinere, ellipsenförmige Öffnung (anstelle eines kreisförmigen Profils) geschlossen wird. Offensichtlich würde eine kleinere Öffnung zur Beschädigung der zugrundeliegenden Schichten führen und ebenfalls die Zugentlastungselemente aufschneiden oder beschädigen.

5.2.3.5 Präzisionskabelabstreifer mit mehreren Öffnungen

Präzisionskabelabstreifer mit mehreren Öffnungen können zum Abstreifen von Lichtwellenleiterkabeln verwendet werden. Wie der Name vermuten lässt, weisen diese Werkzeuge mehrere Öffnungen zum Abstreifen verschiedener Kabelgrößen auf. Manche können über Öffnungen zum Abstreifen der äußeren Ummantelung sowie zusätzliche Öffnungen zum Abstreifen von zugrundeliegenden Beschichtungen und Polsterungen verfügen. Spezielle Werkzeuge für Lichtwellenleiter sind verfügbar, aber Abstreifwerkzeuge für elektrische Kabel können manchmal auch verwendet werden. Beispiele werden in Bild 25 gezeigt. Diese Werkzeuge können Eigenschaften von gesenkartigen und messerartigen Klingen vereinen.

Hinsichtlich des Klingenverschleißes, hängen die Auswirkungen vom Kontaktpunkt ab, welcher die Abstreiföffnung „stoppt“. Wenn der Kontaktpunkt (bei Werkzeugschluss) sich an der Spitze des Werkzeugs befindet, unterliegt dieser Punkt keinem Verschleiß. Die Präzisionsabstreiföffnung wird häufig mit fortschreitender Abnutzung größer. Die Präzisionsöffnung wird jedoch gebildet, wenn die Schneiden der beiden Schermesserklingen aufeinander treffen. Erfahrungsgemäß brechen diese sehr feinen, ungeschützten Kanten häufig, wodurch am freigelegten Kabelende „Ohren“ entstehen. Ursache dafür sind kleine Fehlstellen am Kontaktpunkt zwischen den Klingen. Ähnliche Abnutzungsmerkmale wurden auch bei Werkzeugen für das Entfernen der Primärbeschichtung beobachtet. Es sollte beachtet werden, dass die Öffnungsgrößen dieser Werkzeuge oft den Festlegungen hinsichtlich SWG oder AWG (Standard Wire Gauge oder American Wire Gauge) entsprechen. Diese Nummern geben nicht zuverlässig eine gleichbleibende Öffnungsgröße an, d. h. zwei unterschiedliche mit 22 AWG bezeichnete Werkzeuge haben nicht zwingend Abstreiföffnungen der gleichen Größe. Daher sollte beim Einsatz von Werkzeugen dieser Art mit Sorgfalt umgegangen werden. Für jedes Abstreifwerkzeug wird eine Kalibrierung und Kontrolle der Abstreiföffnung empfohlen, um sicherzustellen, dass die Werkzeuge die korrekte Größe aufweisen und für den jeweiligen Zweck geeignet sind.



Bild 25 — Links: Präzisionskabelabstreifer mit mehreren Öffnungen Rechts: Abstreifer für elektrische Kabel

Auch hier wird empfohlen, die Werkzeuge während des Abstreifvorgangs senkrecht zur Kabelachse zu halten (d. h. nebenher). Wenn jedoch das Kabel eine enge Ummantelung aufweist, dann kann dies sich schwierig gestalten. Das verbleibende Kabel wird für gewöhnlich durch die freie Hand des Bedieners zurückgehalten und das Kabel könnte sich übermäßig stark verbiegen, wenn versucht wird, den Mantel abzuziehen. Einer der wichtigsten Punkte bei der Handhabung und Installation von Lichtwellenleiterkabeln

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN 4533-001:2018-03

ist, dass der *kleinste Biegeradius* nicht überschritten werden darf. Dies kann die Lebensdauer eines Kabels drastisch reduzieren oder, in extremen Fällen, die Faser vollständig zerbrechen.

In Abhängigkeit von der Kabelgröße, kann das Abstreifen kleinerer Abschnitte zu einer geringeren Störung des zugrundeliegenden Kabels sorgen als zu versuchen, einen großen Abschnitt „in einem Rutsch“ zu entfernen.

5.2.3.6 Klingeneinstellungen

Wird der Einsatz eines Abstreifwerkzeugs für Lichtwellenleiter in einem Luftfahrzeug erwogen, sollte die Werkzeugleistung streng kontrolliert werden, während der Bereich für möglichen Missbrauch begrenzt wird.

Alle Werkzeuge mit von Hand einstellbarer Klingenschnitttiefe für den Ausgleich von Abnutzung müssen vermieden werden, sofern das Einstellen nicht ausreichend kontrollierbar ist, da dies zu fehlerhaft eingestellten Klingen und somit zu der möglichen Beschädigung darunterliegender Kabelschichten führen kann.

Für gewöhnlich wird eine Abstreiföffnung der Klingen gewählt, die gerade etwas größer ist als die darunterliegende Beschichtung (oder das Zugentlastungselement), wie in Bild 26 gezeigt. Es ist wünschenswert, dass darunterliegende Schichten nicht gestört werden, da dies zu einer Reduzierung des Faserschutzes führen kann.

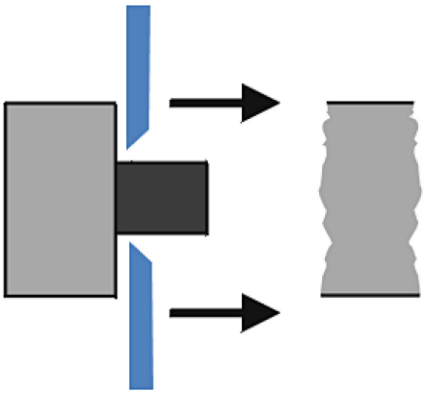


Bild 26 — Abstreiföffnungen von Werkzeugen sollten so gewählt werden, dass diese gerade etwas größer sind als die darunterliegende Beschichtung oder Kabelschicht

Wenn Klingenöffnungen gewählt werden, die in Relation zur darunterliegenden Beschichtung oder dem Zugentlastungselement zu klein sind, kann dies zur Beschädigung dieses Kabelelements führen. Dies wird im Bild 27 veranschaulicht. Die Beschädigung (Aufscheuerung) des Zugentlastungselements wurde durch eine zu kleine Öffnung an einem Mantelabstreifer verursacht.



Bild 27 — Schaden am Zugentlastungselement durch Öffnung falscher Größe

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN 4533-001:2018-03

5.2.3.7 Automatisierte Mantelabstreifer

Automatisierte Maschinen sind zur Entfernung der äußeren Ummantelungen von Lichtwellenleiterkabeln ebenfalls verfügbar (oder können angetroffen werden). Bei diesen muss der Bediener das Kabel lediglich in eine Öffnung einführen. Innerhalb dieser Maschinen befinden sich Funktionen zur Ausrichtung sowie ein Mechanismus zum Abstreifen des Kabels. Diese Art von Maschine sollte regelmäßig gewartet und kalibriert werden, um sicherzustellen, dass die Abstreifklingen im guten Zustand sind und der Mechanismus korrekt arbeitet. Wenn die Zugentlastungselemente zu stark verwoben sind, dann kann sich der Mechanismus in den Zugentlastungselementen verwickeln.

Es sollte beachtet werden, dass die Behandlung mancher Kabelkonstruktionen in automatisierten Abstreifmaschinen problematisch sein kann. Dabei können Problemfälle, wie das Verwickeln mit Zugentlastungselementen, im Abstreifmechanismus auftreten. Zusätzlich weisen einige Lichtwellenleiterkabel einen Haltegarn oder -faden auf, der um das Zugentlastungselement gewickelt ist. Auch dieser kann sich in automatisierten Werkzeugen verheddern. Es sollte sichergestellt werden, dass die automatischen Werkzeuge für die jeweilige abzustreifende Kabelart korrekt eingerichtet sind.

5.2.4 Werkzeuge für die Handhabung von Kabeln (Greifen des Kabels)

Das Führen und Halten von Kabeln kann auf verschiedene Weise erreicht werden: von Hand, integriert im Abstreifwerkzeug oder durch ein gesondertes Werkzeug. Einige Werkzeuge haben kleine Bereiche in V-Form, die sowohl das Ausrichten des Kabels zu den Schneiden erleichtern als auch nach dem Einklemmen verhindern, dass sich Kabel mit kleinen Durchmessern hin und her bewegen.

Der eigentliche Prozess des Greifens von Lichtwellenleiterkabeln für die Luft- und Raumfahrt ist aus zwei Gründen wichtig. Da diese Kabel für den Gebrauch bei hohen Temperaturen unter Einwirkung aggressiver Chemikalien ausgelegt sind, ist ein Außenmantel mit geringem Reibungskoeffizienten üblich (zum Beispiel ETFE, Ethylen-Tetrafluorethylen). Die Ummantelungsmaterialien können daher schwer zu greifen sein. Darüber hinaus sind diese Kabel durch scharfkantig gerippte Greifvorrichtungen (üblich bei manchen Abstreifern für elektrische Leitungen, z. B. Stripmaster) leicht verformbar.

Erfahrungsgemäß ist der beste Kabel-„Greifer“ für ETFE eine Kabelklemme – entweder aus Gummi mit hohem Reibungskoeffizienten oder mit harter, „gekörnter“ Oberfläche. Bei der „gekörnten“ Oberfläche besteht die geringere Wahrscheinlichkeit einer Beschädigung der Faser als bei Typen mit harter Rändelung oder feinen parallelen Riefen. Der Einsatz von Riefen-Kabelklemmen kann erhebliche Verformungen bei LWL-Kabeln für die Luft- und Raumfahrt verursachen und muss daher vermieden werden. Bild 28 veranschaulicht diesen Unterschied. Wie oben angemerkt, kann der Einsatz der Hand zum Greifen und Stützen des verbleibenden Kabels (wie beispielsweise bei Abstreifwerkzeugen der Fall ist) eine starke Biegung des Kabels verursachen, sodass dieser Prozess auf kontrollierte Art und Weise ausgeführt werden sollte.

Der Einsatz von Kabelgreifmechanismen sollte beim Einsatz von semi-losen Kabelkonstruktionen, bei denen eine gewisse Mobilität der Faser innerhalb der Kabelkonstruktion besteht, sorgfältig kontrolliert werden. Offensichtlich könnte ein übermäßiger Druck auf das Kabel die darunterliegenden Schichten verformen, sodass die Faser eingeschlossen und dessen Bewegung behindert wird. Bei diesen Kabelkonstruktionen sind Abstreifwerkzeuge für Mäntel, welche die Mäntel nicht festklemmen, vorzuziehen.

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN 4533-001:2018-03

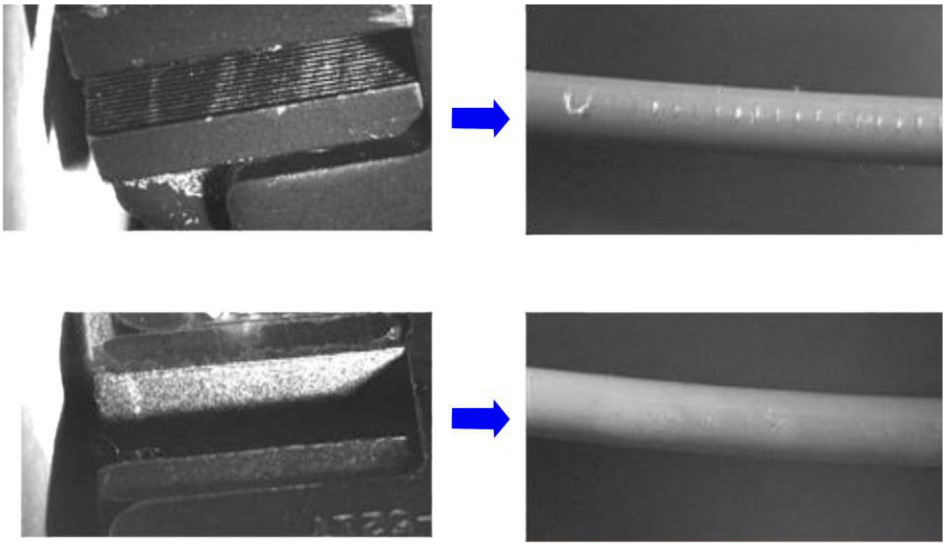


Bild 28 — Schäden an Lichtwellenleiterkabel durch Kabelklemmplatte



Bild 29 — Werkzeug für die Handhabung von Lichtwellenleiterkabeln

5.2.5 Zuschneiden/Entfernen von Zugentlastungselementen

Bei den meisten Anschlussverfahren für Lichtwellenleiterkabel, die Zugentlastungselemente aus Aramidgarn enthalten, müssen diese auf eine festgelegte Länge zugeschnitten werden. Die freiliegende Länge von Zugentlastungselementen ist wichtig, weil dadurch deren Oberfläche bestimmt wird, die bei nachfolgenden Crimpvorgängen eingeschlossen werden kann. Dies wiederum bestimmt die Ausziehfestigkeit zwischen Kabel und Anschluss.

ANMERKUNG Die Festigkeit der Epoxidharzverbindung zwischen Faser und Ferrule wird bei diesem Punkt nicht berücksichtigt, da das Befestigungsverfahren für Zugentlastungselemente dafür ausgelegt ist, die Faser/Ferrulen-Anordnung gegenüber von außen einwirkenden Zuglasten zu isolieren.

Die exakte Durchführung dieses Arbeitsschrittes ist relativ schwierig und die beste Art, für die freiliegende Abstreiflänge eine vernünftige Grenzabweichung einzuhalten, ist ein „Schneiden und Abstreifen“ in zwei Schritten. Bei diesem Prozess wird der Außenmantel abgestreift und das Zugentlastungselement auf dieser Abstreiflänge möglichst vollständig entfernt. Der Außenmantel wird dann weiter abgestreift, um die erforderliche Länge des Zugentlastungselements freizulegen (siehe Bild 30).

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN 4533-001:2018-03

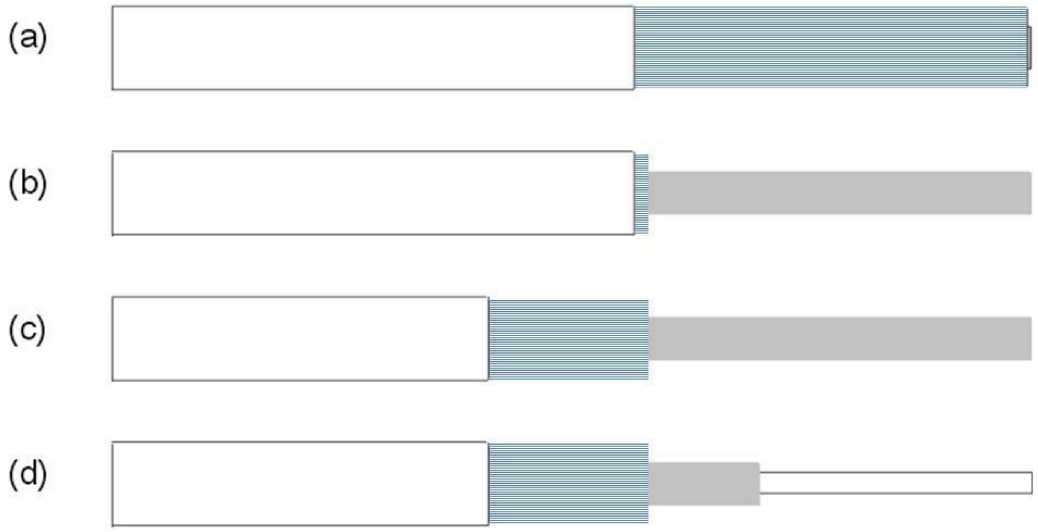


Bild 30 — Sequenz, die das Verfahren das „Schneidens und Abstreifens“ zur Herstellung eines ordentlichen Abschlusses am Zugentlastungselement (a) Abstreifen der Ummantelung auf eingestellten Abstand (b) Zuschneiden des Zugentlastungselements auf Rand der Ummantelung (c) Weiteres Abstreifen auf Abstand zur Ummantelung (d)

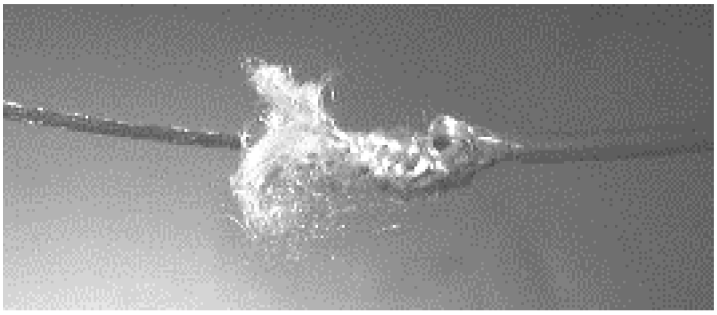


Bild 31 — Unscharfes Zugentlastungselement. Ergebnis stumpfer Klingen und verwobener Fasern

Es ist anzumerken, dass auch automatisierte Maschinen für das Zuschneiden von Zugentlastungselementen verfügbar sind. Diese funktionieren für gewöhnlich so, dass das Zugentlastungselement zu einer Seite gezogen und dann geschnitten wird. Diese Art von Prozess funktioniert zwar gut bei Strängen, aber nicht bei geflochtenen Zugentlastungselementen. Zusätzlich umfassen einige Kabel einen um das Zugentlastungs-element gewobenen Faden, wie zuvor im Kontext der Abstreifung von Ummantelungen erwähnt. Dieser kann den automatisierten Abstreifvorgang behindern und muss in der Regel zuerst entfernt werden.

Da Glasfaser naturgemäß spröde ist, bestehen keine besonderen Anforderungen, die über die von Aramidgarn hinausgehen. Bei der Arbeit mit Glasfasern oder Aramidgarn muss ein geeigneter Schutz getragen werden, da diese Stoffe Hautirritationen hervorrufen können und möglicherweise scharfe Stellen und Stäube eine Gefährdung für die Augen oder das Einatmen darstellen könnten.

5.3 Entfernen von Sekundärbeschichtung(en)

Die Wahl des Werkzeugs ist abhängig davon, ob die Sekundärbeschichtung gesondert von oder gleichzeitig mit der Primärbeschichtung abgestreift wird. In letzterem Fall wird die erforderliche Werkzeugpräzision durch die Anforderungen an das Entfernen der Primärbeschichtung bestimmt, d. h. die Werkzeuge für das Abstreifen der Primärbeschichtung sind zu verwenden. Muss die Sekundärbeschichtung getrennt entfernt werden, ist die Auswahl des Werkzeugs weniger kritisch.

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN 4533-001:2018-03

Es ist erwiesen, dass das Abstreifen von Sekundär- und Primärbeschichtung in einem Arbeitsschritt weniger Beschädigungen an der darunterliegenden Glasfaser verursacht als das getrennte Entfernen einzelner Beschichtungen. Diese Arbeit wurde an 200-/280-µm-SI-Kabeln (EN 4532) durchgeführt. Darüber hinaus können durch das Entfernen von Mehrschichtpolstern weniger Rückstände auf der Faser verbleiben (vorhandene Rückstände können das Verbinden mit der Ferrule beeinträchtigen, so dass eine Reinigung der Faser erforderlich sein kann). Es ist allerdings anzumerken, dass die Entfernung mehrerer Beschichtungen auf diese Art und Weise die Lebensdauer der Klingen in der Regel verkürzt, weil mehr Material durchschnitten werden muss. Wie im Bild 37 gezeigt, können Klingen an der Schneidkante der Öffnung einem Verschleiß unterliegen. Eine regelmäßige Überwachung des Klingenzustands (durch Sichtprüfung) ist daher empfohlen.

Dieser Prozess könnte bei Kabeln mit kleinerem Durchmesser mit anderen Beschichtungen als Silicium unter Umständen nicht geeignet oder empfehlenswert sein.

Bei der Entwicklung eines Anschlussverfahrens sollte die Eignung dieser Maßnahmen gründlich geprüft werden, um sicherzustellen, dass diese sich für die in Betracht gezogene Kabelkonstruktion eignen.

5.4 Entfernen der Primärbeschichtungen

5.4.1 Allgemeines

Die Bezeichnung „Primärbeschichtung“ bezieht sich gewöhnlich auf die unmittelbar neben dem Fasermantel liegende Polsterbeschichtung. Wie in 3.2.4 erwähnt, wird diese Beschichtung in manchen Texten auch als Primärpolster bezeichnet. Gewöhnliche Telekommunikationsfasern mit einem Glasmanteldurchmesser von 125 µm sind häufig mit einer Standard-Primärbeschichtung aus Acrylat mit einem Durchmesser von 250 µm darüber ausgestattet. Lichtwellenleiterkabel sind im Allgemeinen mit Sekundärpolsterbeschichtungen über der Primärbeschichtung sowie Zugentlastungselementen und einem Außenmantel versehen. Wie zuvor erwähnt, ist die Primärbeschichtung die vielleicht wichtigste Kabelschicht, da sie die letzte Schutzschicht vor Erreichen der Glasfaseroberfläche ist.

Die Vorbereitung eines Anschlusses oder Spleißes erfordert gewöhnlich das Entfernen der Primärbeschichtung, so dass die Faser in eine Steckverbinderferrule oder eine andere Ausrichtungsstruktur (z. B. in einen Spleiß) eingeführt werden kann. Es ist wichtig zu beachten, dass die Oberfläche des Glasmantels gewöhnlich freiliegt, sobald die Primärbeschichtung entfernt ist. Diese Oberfläche ist anfällig für Beschädigungen durch Handhabung sowie Kontakt mit Schwebstoffteilchen und anderen Oberflächen. Trotz der natürlichen Festigkeit von Glasfasern (Quarzglasfasern) verringert sich diese erheblich aufgrund kleiner „Fehler“, wenn die Faser beansprucht wird. Die „beste Verfahrensweise“ ist daher das Entfernen der Primärbeschichtung mit größtmöglicher Sorgfalt mit Werkzeugen, die die Beschädigung der Glasoberfläche minimieren.

Gewöhnliche Beschichtungen sind unterschiedlich hart und daher unterschiedlich einfach zu entfernen. Die gebräuchlichsten Acrylate und Hochtemperaturacrylatbeschichtungen sind relativ weich und können leicht mit Handwerkzeugen entfernt werden (andere Prozesse können in bestimmten, spezialisierten Anwendungen zum Einsatz kommen, wie im weiteren Verlauf erläutert wird). Einige Fasern sind mit einer Polyimid-Beschichtung darüber erhältlich. Diese Polyimid-Beschichtung ist dafür ausgelegt, dass sie über der Faser verbleibt, um diese in ungünstigen Umgebungen zu schützen. Die zugehörige Steckverbinderkonstruktion ist für die Aufnahme dieser Polyimidschicht ausgelegt. Während die meisten Primärpolster aus Acrylat mit mechanischen Handwerkzeugen einfach zu entfernen sind, ist dies bei Polyimid-Beschichtungen nicht möglich. Anmerkungen zur Entfernung von Polyimid finden sich in 5.4.4.

Eine weitere Beschichtung, welche als Primärbeschichtung angetroffen werden kann, ist Silicium. Genau wie Acrylat, ist dieses Material darauf ausgelegt, von der Faser entfernt zu werden. Es wird auf das Kabel aufgetragen, um eine hohe Temperaturleistung zu erreichen. Wie im weiteren Verlauf erläutert wird, kann die Entfernung dieses Materials jedoch in manchen Fällen schwierig sein und Rückstände an der Glasfaser hinterlassen. Siehe 5.4.4 zu diesem Problemfall.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN 4533-001:2018-03

Die Glasfaser muss frei von jeglichen Rückständen bleiben. Jegliche Rückstände führen zu einer schlechten Leistungsfähigkeit bei den nachfolgenden Vorgängen (Kleben ...).

Acrylate können in Kombination mit anderen Schichten auftreten, z. B. Acrylate mit einem Siliciumüberzug, wie beim Kabel nach EN 4532. Diese kombinierten Schichten können in der Regel zusammen entfernt werden.

Im Folgenden werden mögliche Verfahren zur Entfernung von Primärbeschichtungen (Polstern) von Fasern erläutert. Wenn eine Erhitzung erforderlich ist, dann muss die Temperatur des eingesetzten Verfahrens die Eigenschaften des Glases berücksichtigen und das Polstermaterial so aufweichen, dass es sich leicht und ohne Beschädigungen abstreifen lässt

Die Faser darf nach der Ausführung von Schritten zur Entfernung von Beschichtungen keinerlei Spuren aufweisen.

5.4.2 Mechanische Techniken für das Entfernen von Primärbeschichtungen

5.4.2.1 Handwerkzeuge

Die gebräuchlichste Technik für das Entfernen von weichen Acrylat-Primärpolsterungen ist die Verwendung eines Handwerkzeugs für das Abstreifen eines Lichtwellenleiters. Diese Werkzeuge sind Abstreifern für elektrische Leitungen ähnlich und verfügen über eine exakte Klingenöffnung, die geringfügig größer ist, als der Durchmesser des Lichtwellenleitermantels. Eine Auswahl gebräuchlicher Werkzeuge ist im Bild 32 zu sehen. Mechanische Handwerkzeuge haben den Vorteil, dass sie in einem kleinen Bereich einsetzbar sind und keine damit verbundenen Stromversorgungs- oder Sicherheitsanforderungen bestehen. Daher können sie in Produktionsumgebungen und der Reparatur (z. B. im Luftfahrzeug oder in der Nähe des Luftfahrzeugs) verwendet werden. Die Werkzeugbacken werden um die Polsterung geschlossen und die Beschichtung in Längsrichtung der Faser abgestreift. Einige Handwerkzeuge sind dafür ausgelegt, rechtwinklig zur Faserachse gehalten zu werden, andere für das Freilegen der Faser durch Schließen der Klingen und Ziehen des Werkzeugs entlang der Faserachse. Einige Werkzeuge sind ausgereifter als andere und mit Führungen ausgestattet, um die Faser im Abstreifer zu zentrieren und deren Durchbiegung zu minimieren. Die Bedienungsanleitung der Hersteller muss vor Anwendung der mechanischen Abstreifwerkzeuge gelesen werden. Die folgenden Empfehlungen zur besten Verfahrensweise müssen ebenfalls beachtet werden.



Bild 32 — Einige Abstreifwerkzeuge zur Entfernung der Primärbeschichtung von Lichtwellenleitern. Die oberen zwei Werkzeuge verfügen über Ausrichtungsmechanismen und Klingen für die Stirnflächen. Das untere Werkzeug ist robuster ausgeführt, hat aber keine Ausrichtungsfunktionen (lediglich eine Abstreiföffnung). Eine Abwinkelung dieses Werkzeugs sollte vermieden werden.

Es ist wichtig, das richtige, für eine bestimmte Faser geeignete Abstreifwerkzeug auszuwählen. Kein Werkzeug gleicht dem anderen! Wichtige Parameter sind die Größe der Abstreiföffnung sowie die Größe

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN 4533-001:2018-03

einer vorhandenen Führungsader. Die Abstreiföffnung muss geringfügig größer sein als der freizulegende Fasermantel. Beim Abstreifen einer 280-µm-Faser beispielsweise wäre ein Werkzeug mit einer Öffnungsgröße von 305 µm geeignet. Ein Abstandsfaktor von mindestens 20 µm ist empfehlenswert. Bei den meisten Abstreifwerkzeugen ist die Klingenöffnung auf dem Werkzeugkörper angegeben oder durch unterschiedliche Farbcodes für jede Öffnungsgröße gekennzeichnet. Ist die Öffnungsgröße geringer als die Größe der darunterliegenden Faser oder annähernd gleich, besteht ein hohes Risiko, die Faser mit der Klinge zu beschädigen. Einige Werkzeuge können mit Führungsadern ausgestattet sein, um die mittige Ausrichtung der Faser zu unterstützen. Sie müssen gerade ausreichend groß sein, um das Durchstecken der verbleibenden Polsterungsschichten zu ermöglichen. Ist die Führungsadern zu groß, kann die Faser nicht genau zwischen den Abstreifklingen zentriert und möglicherweise während des Abstreifens erheblich gebogen werden, wodurch sie möglicherweise beschädigt und ihre Lebensdauer verringert wird.

Unabhängig vom Werkzeug wird das Entfernen der Polsterung nacheinander in geeigneten Abschnitten von jeweils höchstens 10 mm Länge empfohlen. Beim Versuch, die Polsterung in größeren Abschnitten oder sogar in einem Schritt abzustreifen, kann die Faser unzulässig beansprucht und möglicherweise beschädigt werden.

Das Biegen der Faser während des Abstreifens muss vermieden werden. Die ummantelte Faser muss mit einer Hand nahe des abzustreifenden Endes gegriffen werden (oder durch ein Handhabungswerkzeug für Fasern gehalten werden) ohne die Faser um die Hand zu wickeln. Das Werkzeug wird dann mit der anderen Hand betätigt, wobei darauf zu achten ist, die Faser gerade zu halten. Die Werkzeugbacken sind um die beschichtete Faser zu schließen, um sie vor dem Abstreifen der Beschichtung einzukerben.

Abstreifen muss idealerweise in einem glatten, positiven Vorgang erfolgen. Wiederholtes Schaben mit dem Werkzeug über die freiliegende Faseroberfläche muss vermieden werden. Im Feld (d. h. am Luftfahrzeug oder in der Nähe eines Luftfahrzeugs) muss auch eine geeignete Lagermöglichkeit zur Sammlung scharfer Abfallprodukte der Fasern eingerichtet werden. In einer Produktionsumgebung können größere Sammelbehälter für scharfe Teile, wie sie aus der Medizin bekannt sind, eingesetzt werden und sollten dem Produktionspersonal zur Verfügung gestellt werden. Kleine Mengen an Beschichtungsrückständen müssen vorzugsweise eher durch Reinigung als durch wiederholten Einsatz des Werkzeugs entfernt werden. Das empfohlene Reinigungsverfahren ist eine beschränkte Anzahl an Wischbewegungen entlang der Faserachse mittels eines fusselfreien Wischtuchs mit nicht entzündlicher Reinigungslösung optischer Güte.

Die Klingenöffnung des Werkzeugs ist rechtwinklig zur Faserachse zu halten. Dadurch wird ein Abwinkeln des Werkzeugs während des Abstreifens minimiert. Eine kreisförmige Schneidöffnung wird bei Abwinkeln elliptisch, wodurch sich die Abstreiföffnung verringert. Dadurch erhöht sich das Risiko von Kontakt zwischen Klinge und Faseroberfläche sowie einer Beschädigung der Faser. Werkzeuge mit Orientierungshilfen zur Ausrichtung der Faser können dabei helfen, dieses Problem zu vermeiden. Die Bilder 33 und 34 veranschaulichen diesen Aspekt.

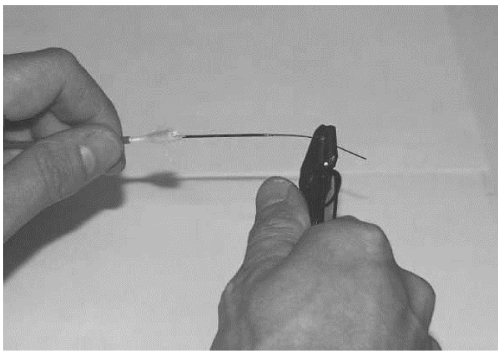


Bild 33 — Abgewinkelt zur Faser gehaltenes Abstreifwerkzeug

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN 4533-001:2018-03

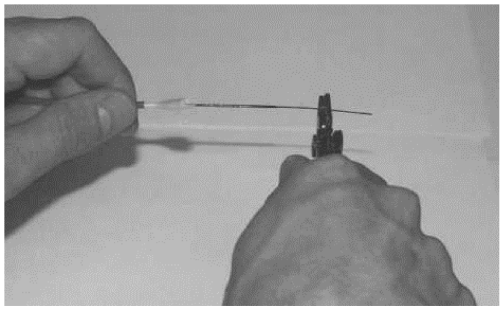


Bild 34 — Korrekt gehaltenes Abstreifwerkzeug zur Minimierung der Faserbiegung

Sobald die Faser freigelegt ist, muss der Kontakt der freiliegenden Glasoberfläche mit anderen Oberflächen oder Verunreinigungen sorgfältig vermieden werden. Im Allgemeinen muss die Umgebung für das Abstreifen möglichst sauber (staubfrei) sein. Das Ablegen der Faser auf einer Werkbank oder einem Tisch ist nicht zu empfehlen. Nach dem Abstreifen muss die Faser bis zum Gebrauch gelagert werden, wobei jeder Kontakt mit dem freiliegenden Glas zu vermeiden ist. Eine einfache Technik ist das Einklemmen des mit dem Mantel versehenen Faserabschnitts, wobei sich das freigelegte Ende frei im Raum befindet. Ein fester Schaumstoffblock mit eingeschnittenen Schlitzen ist eine nützliche und kostengünstige Lösung zur Aufbewahrung abgestreifter Fasern während des Anschlusses. Es ist nicht empfehlenswert, die freiliegende Faser für einen langen Zeitraum zu lagern. Kleben der Faser (wie bei einem Anschluss) muss möglichst schnell nach dem Entfernen des Primärpolsters erfolgen.

Abstreifwerkzeuge müssen regelmäßig gereinigt werden, um ein Ansammeln von Beschichtungswerkstoff zu vermeiden (was zu ungenauem Abstreifen und Beschädigung der Faser führen könnte). Ein kleiner Pinsel für die Werkzeugreinigung ist für dieses Verfahren geeignet. Die Reinigung mit trockener Luft ist ein gutes und kontaktfreies Verfahren zur Reinigung von Verunreinigungen an Werkzeugschneiden. Falls dieses Verfahren zum Einsatz kommt, sollten freigesetzte Ablagerungen und Reste genauso wie andere Lichtwellenleiterreste gesammelt und entsorgt werden.

Die Werkzeugöffnung muss ebenfalls in regelmäßigen Intervallen überprüft und kalibriert werden, um die Klinge auf Abnutzung und Beschädigung zu kontrollieren. Eine neue Klingenöffnung ist in Bild 35 dargestellt. Die Öffnung muss sauber sein und ihr Durchmesser muss der auf dem Werkzeugkörper angegebenen Größe entsprechen. Das in Bild 35 dargestellte Werkzeug wurde als 305-µm-Werkzeug festgelegt und entspricht sichtbar annähernd der Spezifikation. In Bild 36 ist ein Werkzeug dargestellt, dessen zwei Klingen für Stirnflächen gegeneinander versetzt sind. Dieses Phänomen kann Beschädigungen des Lichtwellenleiters verursachen. Die versetzten Klingen bilden nun eine Abstreiföffnung, die kleiner als die festgelegte Werkzeuggröße ist. Dadurch könnten die Klingen beim Abstreifen die Glasoberfläche berühren sowie Fehler im Glas und eine verringerte Festigkeit verursachen.

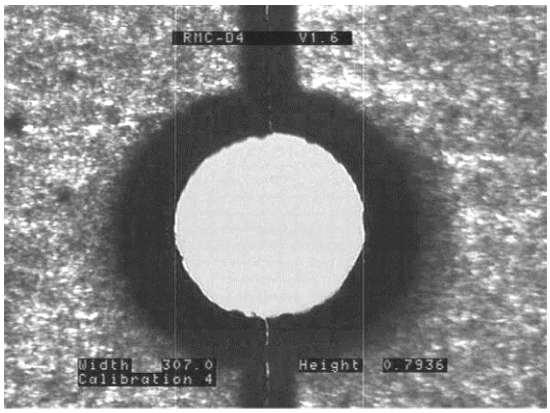


Bild 35 — Neue Klingenöffnung

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN 4533-001:2018-03

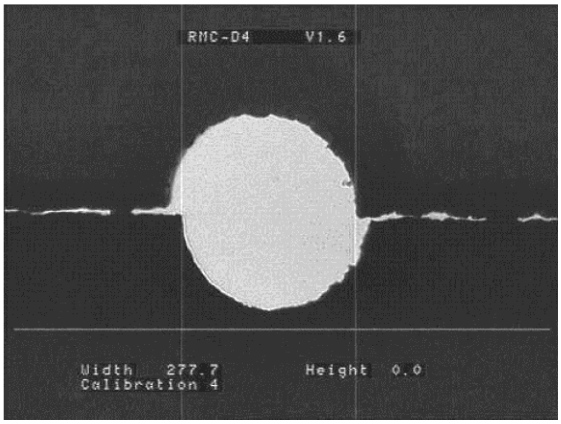


Bild 36 — Klingen mit Versatz

In Abhängigkeit von der Abnutzung der Klingen, können sich diese auch verziehen oder deformiert werden. Mitunter kann die Klingenöffnung größer werden als die festgelegte Werkzeuggröße, wie in Bild 36 dargestellt.

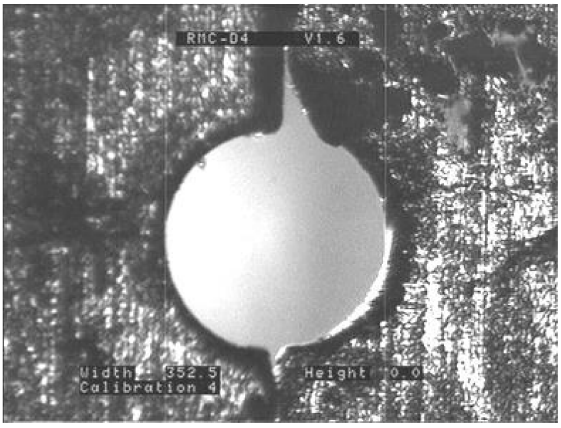


Bild 37 — Abgenutzte Werkzeugklingen

Die Öffnung muss auch regelmäßig auf Beschädigung untersucht werden. Scharfe „Grate“, die auf den Werkzeugklingen auftreten, verringern oft die Abstreiföffnung und können die Glasoberfläche schnell beschädigen.

Ein Beispiel für einen Grat wird im Bild 38 gezeigt. Dies ist aufgrund der Schärfe und einer einhundertprozentigen Chance, die Faser aufzukratzen, einer der potenziell schädlichsten Defekte. Diese treten manchmal an „neuen“ Werkzeugen auf, bei denen der Prozess der Öffnungsausformung (z. B. durch Laserstrahlbohren) nicht effektiv funktioniert hat. Offensichtlich sind Qualitätskontrollen bei diesen Werkzeugen nicht garantiert. Daher ist es wichtig, jedes Werkzeug vor dem Gebrauch zu untersuchen.

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN 4533-001:2018-03

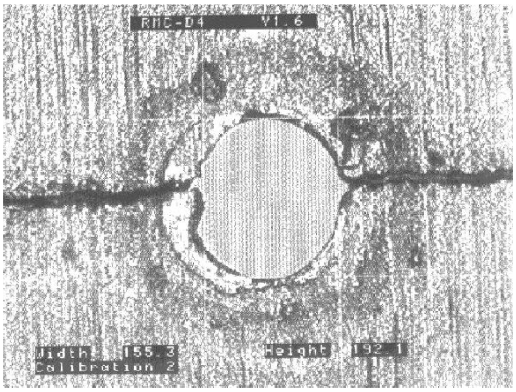


Bild 38 — Scharfer Grat an der Öffnung eines „neuen“ Werkzeugs

Es wird der Einsatz von Werkzeugen empfohlen, die mit einer Ausrichtungsfunktion versehen sind, um die freizulegende Faser zu zentrieren. Werkzeuge, die nur mit einer Abstreiföffnung ausgestattet sind, werden für das Entfernen von Primärbeschichtungen nicht empfohlen. Sie lassen sich zu leicht abwinkeln, was zu Beschädigungen der Faser führt.

Manche Kabel weisen eine Kombination aus Polsterungsschichten auf, siehe 5.3. Beispielsweise verfügt das Kabel nach EN 4532 über mehrere Beschichtungen (Acrylat/Silicium), welche effektiver in einem Vorgang abstreift werden. Dadurch kann auch der nach dem Abstreifen auf der Faser verbleibende Rückstand verringert werden. In Abhängigkeit von Kombination, Größe und Zusammensetzung der Beschichtungen ist es jedoch möglich, dass sich die Faser bei dem Versuch, mehrere Polsterungen zu entfernen, biegt. Die Lebensdauer der Werkzeuge kann ebenfalls verkürzt werden, wenn diese Mehrfachpolsterungen relativ hart sind. Daher muss auch der Klingenzustand regelmäßig geprüft werden. Die Eignung dieses Verfahrens muss idealerweise an einer spezifischen Kabelart geprüft werden.

Nach jedem Abstreifen mittels Werkzeug sollte die freigelegte Faser gereinigt werden. Auf diese Reinigung wird im weiteren Verlauf detaillierter eingegangen, aber in jedem Falle sollte für die Reinigung ein fusselfreies Wischmaterial (üblicherweise Wischtücher oder Taschentücher) verwendet werden, welches mit einer nicht entzündlichen Reinigungslösung optischer Güte angefeuchtet wurde.

5.4.2.2 Automatische mechanische Abstreifwerkzeuge

Durch den Einsatz automatischer Polsterabstreifwerkzeuge ist es möglich, viele der durch Bedienpersonal verursachten Prozessvariablen zu verringern. Erhältlich ist eine kleine Maschine, die ausschließlich für das Abstreifen von Primärpolstern ausgelegt ist. Ein Beispiel wird im Bild 39 gezeigt. Diese Maschine erwärmt die Polsterung vor dem Abstreifen zwischen zwei Platten. Der Heizvorgang erweicht die Beschichtung, wodurch sie sich leichter entfernen lässt. Der automatische Abstreifvorgang vereinfacht den Prozess und die Faser wird zentriert, wodurch das Risiko des Biegens minimiert wird.

Dieser Maschinentyp ist ebenso wie die Handwerkzeuge mit einer Klingenöffnung ausgestattet (siehe auch hier Bild 39). Es besteht die Möglichkeit einer Beschädigung der Faser, wenn die Öffnung nicht die korrekte Größe hat. Wie schon bei mechanischen Handwerkzeugen, muss die Größe der Klingenöffnung größer gewählt werden als der Durchmesser der darunterliegenden Faser, wobei ein Freiraum von 20 µm als geeignet gilt.

Durch die zusätzliche Heizfunktion ist mit diesem Maschinentyp das wirksame Abstreifen längerer Polsterungsabschnitte als mit einem mechanischen Handwerkzeug möglich. Dadurch kann das Entfernen einer Primärbeschichtung für einen Steckverbinderanschluss wahrscheinlich in einem Arbeitsschritt erfolgen. Es ist sorgfältig sicherzustellen, dass sich die verbleibende Polsterungsbeschichtung während des Abstreifvorgangs nicht „kräuselt“. Tritt dies ein, müssen die Abstreifparameter möglicherweise angepasst werden. Temperatur, Abstreifgeschwindigkeit sowie Verweildauer der Heizplatten können bei diesem Maschinentyp gewöhnlich verändert werden. Studien weisen darauf hin, dass höhere Temperaturen bei der Entfernung von Polsterungen (und der Reduzierung von „Kräuseleffekten“) effektiver sind als längere

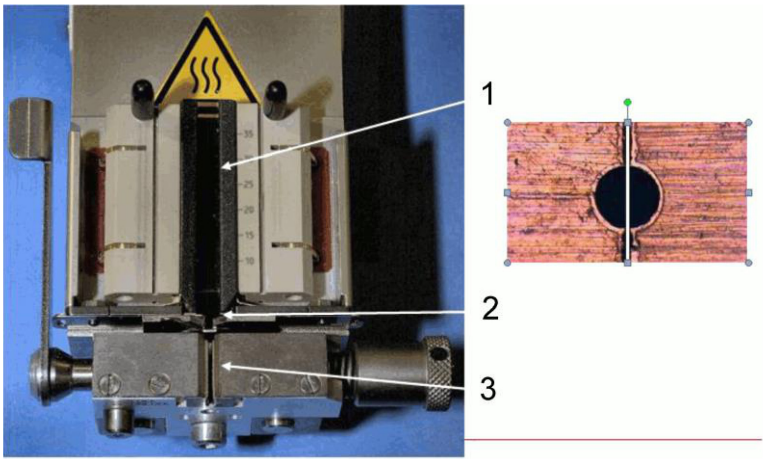
Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN 4533-001:2018-03

Haltezeiten (obgleich dieses Ergebnis auch vom spezifischen Kabel und der Faser abhängen kann). Eine Reinigung der Faser wird nach einem automatisierten Abstreifen empfohlen, um eine starke Bindung zwischen Faser und Epoxidharz sicherzustellen.

Weil unterschiedliche Abstreiflängen für Ummantelungen für verschiedene Steckverbinder und Mehrwege-Kontakte erforderlich sein können, ist es möglich, dass die Klemmbacken von automatisierten Maschinen unter Umständen nicht für alle Anschlussverfahren geeignet sind. In manchen Fällen kann eine individuell angepasste Klemme notwendig sein.

Die Natur der anderen Beschichtungen, wie beispielsweise Silicium, bedeutet, dass automatisierte Werkzeuge selbst für die Entfernung des Großteils der Primärpolsterungsschicht ungeeignet sein können. Beispielsweise können die Schmierqualitäten dieses Materials den Eingriff der Klingen stören. Die Wirksamkeit der automatisierten Abstreifer sollte individuell bewertet werden.



Legende

1 Heizplatten
2 Klingenbereich
3 Faser- oder Kabelklemme

Bild 39 — Links: Vorgeschlagenes Bild Ein automatisierter Abstreifer für Primärbeschichtungen Rechts: Zusammengesetztes Bild mehrerer Abstreifklingen

5.4.2.3 Abstreifen von Kabeln mit mehreren Fasern

Die vorstehenden Erläuterungen zum Abstreifen von Fasern beziehen sich auf Simplex-Anwendungen (d. h. einzelne Fasern). Aufgrund der steigenden Verbreitung von Ferrulen mit mehreren Fasern (die meisten Systeme basieren auf der in 3.5.2.2 erläuterten MT-Ferrule), kann es sein, dass an Luftfahrzeugen auch Kabel mit mehreren Fasern abgestreift werden müssen. Aufgrund der Anzahl der Fasern, kann dieser Prozess im Grunde nur durch eine automatisierte Abstreifmaschine erfolgen. Ferner sind diese Fasern in der Regel in flachen Kabelkonstruktionen für mehrere Fasern laminiert (zusammengeklebt). Es werden auch Kabel mit mehreren Fasern in runden und losen Röhrchen hergestellt und bei diesen Konstruktionen können die Fasern mit einem speziellen Werkzeug vorbereitet und in die richtige Reihenfolge gebracht werden. Sobald sich die Fasern in diesem Werkzeug befinden, können diese dann abgestreift werden.

Ein Beispiel für ein derartiges automatisiertes Flachfaserabstreifgerät (und auch ein Handhabungswerkzeug für Kabel) wird im Bild 40 gezeigt. Wie der bereits erläuterte Simplex-Abstreifer verwendet auch diese Maschine Wärme, um die Faserbeschichtung aufzuweichen. Die Fasern werden in einem speziellen Handhabungswerkzeug festgeklemmt und nach der Erhitzung wird der Schlitten, welcher das Werkzeug festhält, zurückgezogen, um die Fasern abzustreifen. Dies ist beim Abstreifen mehrerer Fasern mit Acrylat-beschichtungen effektiv. Andere Materialien können spezialisiertere Verfahren, möglicherweise unter Einsatz der alternativen in 5.4.3 erläuterten Methoden erfordern.

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: E DIN EN 4533-001:2018-03



Bild 40 — Rechts: Flachfaserabstreifer zum Abstreifen von Kabel mit mehreren Fasern. Links: Ein Handhabungswerkzeug für Flachkabel ist abgebildet

5.4.2.4 Anmerkung zum Abstreifen kurzer Längen semi-loser Rohrkabel

Dieser Abschnitt behandelt die in 3.2.2 definierte semi-lose Struktur, wo eine eingeschränkte Bewegung der Zwischenschicht zwischen der Sekundärpolsterung und den oberen Schichten besteht.

Ein Abstreifen der Beschichtungen der Fasern, vor allem der Primärbeschichtung, führt dazu, dass eine Kraft auf die Faser ausgeübt wird. Üblicherweise ist diese Kraft beim Abstreifen eines Kabels, das sich noch auf einer Spule befindet oder beim Abstreifen von kürzeren Kabelabschnitten, die bereits angeschlossen wurden, nicht signifikant. In beiden Fällen ist das übrige Kabel gut verankert und die Faser sollte nicht herausgezogen werden können.

Jedoch sollte mit großer Sorgfalt vorgegangen werden, wenn ein kurzer Abschnitt einer semi-losen Rohrkabelkonstruktion abgestreift wird, wenn das andere Ende nicht entsprechend verankert ist. Bei manchen dieser Kabel, ist die Glasfaser mobil und die Abstreifkraft kann ausreichen, um die Faser aus dem Kabel herauszuziehen oder diese zumindest maßgeblich zu verschieben. Feste Leiteraufbauten sind davon nicht betroffen. Die Lösung zu diesem Problem ist die Verankerung der Glasfaser beim Abstreifen. Dies kann beispielsweise durch Fixierung der Faser an einem Ende mittels Klebstoff erfolgen (die Art des Klebstoffes ist nicht maßgeblich, solange dieser die Faser festhält und der verklebte Abschnitt später bei Vorbereitung des anderen Endes abgeschnitten werden kann). Ein weiteres Verfahren ist die Erhöhung der Reibung der Faser durch Aufwickeln des Kabels auf einen kürzeren Durchmesser. Allerdings wird dies nicht empfohlen, da das Kabel über den kleinsten Biegeradius hinaus gebogen werden könnte. Zusätzlich kann das Kabel danach streben, in diese eng gewickelte Form zurückzukehren und somit nur schwer wieder zu begradigen sein.

5.4.3 Alternative Verfahren

Einige alternative Verfahren zur Entfernung von Primärbeschichtungen werden im Folgenden erläutert. Aus Gründen, die ebenfalls angeführt werden, sind die meisten dieser Verfahren für die Vorbereitung von Anschlüssen in der Luft- und Raumfahrt nicht geeignet. Zusätzlich wären diese ohnehin nur innerhalb einer Produktionsumgebung denkbar und könnten nie an einem Luftfahrzeug oder in der Nähe eines Luftfahrzeugs eingesetzt werden.

5.4.3.1 Chemisches Abstreifen

Untersuchungen der Auswirkungen verschiedener Abstreifverfahren auf die Festigkeit der Faser haben gezeigt, dass chemische Abstreifverfahren weniger Beschädigungen der Faser als mechanische Abstreifverfahren (per Hand oder automatisiert) verursachen. Das liegt daran, dass kein Kontakt zwischen Faser und harten Abstreifklingen besteht.

Es gibt eine Reihe von Verfahren für die chemische Entfernung von Primärbeschichtungen und diese werden zu informativen Zwecken unten kurz zusammengefasst. Diese können in bestimmten, spezialisierten Bereichen zum Einsatz kommen, werden aber im Allgemeinen nicht für das Abstreifen von Fasern in der Luft- und Raumfahrt empfohlen. Dies liegt an den möglichen Problemen hinsichtlich Gesundheit und Sicherheit (Exposition und Verschütten) sowie dem Risiko, andere Teile des Kabels zu kompromittieren

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN 4533-001:2018-03

(beispielsweise eine Dochtwirkung der Chemikalien auf das Kabel und eine potenzielle Schädigung der Schutzschichten).

Verschiedene Chemikalien können entweder zur Aufweichung oder vollständigen Entfernung einer Primärbeschichtung verwendet werden. Chemikalien, welche zur Aufweichung der Beschichtung eingesetzt wurden, umfassen Dichlormethan, Methylethylketon (MEK) oder Aceton (manchmal werden auch kommerziell verfügbare Farbentferner verwendet). Diese Liste ist Änderungen aufgrund der Entwicklung von Umweltschutzgesetzen vorbehalten. Aggressivere chemische Verfahren umfassen den Einsatz einer heißen, konzentrierten Säure (üblicherweise Schwefelsäure) zur vollständigen Entfernung der Primärpolsterung. Dieses Verfahren ist bei Acrylaten effektiv und ist gleichzeitig eines der wenigen Verfahren, welches auch in der Lage ist, Polyimid effektiv zu entfernen (obgleich diese Schicht darauf ausgelegt ist, in der Regel bei den meisten Anschlüssen auf der Faser zu verbleiben). Jedes chemische Verfahren erfordert eine gründliche Spülung zur Entfernung aller Rückstände der aktiven Chemikalie. Offensichtlich machen die Probleme in Bezug auf Gesundheit und Sicherheit sowie die Risiken für andere Materialien im Anschlussprozess den Einsatz chemischer Verfahren in der Luft- und Raumfahrtindustrie größtenteils unmöglich.

Wenn unter besonderen Umständen ein chemisches Abstreifen notwendig ist, dann muss dieses strengstens kontrolliert erfolgen.

5.4.3.2 Abbrennverfahren

Das Abbrennen der Primärbeschichtung mit einer Flamme ist möglich. Allerdings birgt Abbrennen ein hohes Risiko der Versprödung der Lichtwellenleiter und bei dem Prozess kann/können Ruß/Rückstände auf der Faser verbleiben, die durch wiederholtes Abwischen (was die Faser weiter schwächen könnte) entfernt werden müssten. Zusätzlich sind die Verbrennungsprodukte aus diesem Prozess mit großer Wahrscheinlichkeit schädlich. Daher ist ein Abbrennen von Beschichtungen für Anwendungen in der Luft- und Raumfahrt strengstens untersagt.

5.4.3.3 Lichtbogenverfahren

Diese Technik für das Entfernen der Beschichtungen erfordert das Führen der Faser durch den Schmelzschweißlichtbogen einer Schmelzspleißmaschine. Obwohl dieser Prozess feste Primärbeschichtungen wirksam entfernt, bestehen Bedenken hinsichtlich einer möglichen Versprödung und/oder einer Änderung der Brechzahl der Faser sowie einer Gefährdung durch Funkenbildung. Das Verfahren wird daher nicht für die allgemeine Anwendung empfohlen und ist derzeit an Bord von Luftfahrzeugen verboten.

5.4.3.4 Heizwendelverfahren

Obwohl es hauptsächlich in der Vergangenheit eine Rolle spielte, soll das Heizwendelverfahren an dieser Stelle erwähnt werden. In diesem Verfahren wird ein Drahtspulenelement auf eine Temperatur von etwa 650 °C erwärmt (bis die Färbung ein dunkles Orange erreicht). Die Faser (wobei der Großteil der Primärbeschichtung bereits mechanisch entfernt wurde) wird dann gleichmäßig durch die Spule geführt und dann wieder zurückgezogen. Dieses Verfahren wurde zur Entfernung von Siliciumrückständen an Fasern verwendet. Jedoch können die Ergebnisse schwanken, vom Bediener abhängig sein (das Verfahren erfordert Geschick) und Beschädigungen anderer Kabelschichten können auftreten. Genau wie die Abbrenn- und Lichtbogenverfahren wird auch dieses Verfahren für den Einsatz auf Luftfahrzeugen nicht empfohlen.

5.4.3.5 Laserabstreifen

Das Laserabstreifen ist ein sehr präzises Verfahren, mit welchem Beschichtungen von Fasern entfernt werden können und (falls notwendig) eine Vorritzung der Glasfasern für einen Anschluss möglich ist. Da dieses Verfahren offensichtlich kostenintensiver ist als andere Verfahren, würde dessen Einsatz eine hohe Durchsatzmenge erfordern, um wirtschaftlich tragfähig zu werden.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN 4533-001:2018-03

5.4.3.6 Klingenbasiertes Rotationsabstreifen

Es gibt einige spezialisierte, klingenbasierte Maschinen, von denen behauptet wird, dass sie abstreifte Fasern mit hoher Festigkeit herstellen würden. Die Beschichtung wird bei diesen Maschinen durch eine Klinge, die nah an der Faseroberfläche verläuft, abgetragen während die Faser unter Spannung rotiert. Eine vorsichtige Steuerung der Klingenhöhe und des Klingenwinkels ist erforderlich und dies kann nur durch eine Maschine erfolgen. Maschinen, die auf diesem Wirkprinzip basieren, sind for Polyimid-Beschichtungen verfügbar. Da es sich um einen mechanischen Prozess handelt, liegen keine sicherheitsrelevanten Auswirkungen vor.

5.4.4 Problematische Beschichtungen — Polyimid und Silicium

5.4.4.1 Polyimid

Zwei Hauptbeschichtungen, welche in spezialisierten Lichtwellenleiterkabeln der Luft- und Raumfahrt angetroffen werden können, sind Polyimid und Silicium. Der folgende Abschnitt hebt einige der Eigenschaften und Probleme mit diesen Beschichtungen hervor, die auftreten können, wenn diese entfernt werden müssen.

Polyimid-Primärbeschichtungen sind gewöhnlich dafür ausgelegt, auf der Faser zu verbleiben (für deren Schutz und hohe Leistungsfähigkeit in der Gegenwart von Wärme und Chemikalien) und sind daher absichtlich schwer entfernbar. Polyimid wird für gewöhnlich als Beschichtung mit engen Toleranzen aufgetragen und muss daher normalerweise nicht abgestreift werden (Ferrulen mit Sondergrößen sind notwendig, um den Durchmesser mit Polyimid-Beschichtung aufnehmen zu können). Jedoch kann dies unter Bestimmten Voraussetzungen unvermeidbar sein (z. B. bei Einfügung einer 125-µm-Ferrule). Wenn Polyimid entfernt werden muss, sind mechanische Handwerkzeuge in der Regel nicht effektiv und spezialisierte Verfahren stattdessen notwendig.

Wie in 5.4.3 erläutert, gibt es eine Reihe alternative Prozesse, einschließlich heißer Säuren, Plasma-Maschinen, Laserabstreifern und automatisierten Klingenabstreifern.

Der Einsatz heißer, konzentrierter Schwefelsäure hat offensichtlich starke gesundheitliche und sicherheitsrelevante Auswirkungen und müsste in einer sehr streng kontrollierten Art und Weise umgesetzt werden. Dieser Prozess würde auch giftige Abfälle verursachen. Nach diesem Prozess wäre ein gründliches Spülen/Reinigen der Faser zur Entfernung aller Rückstände der Säure notwendig.

Manche Spezialhersteller produzieren Abstreifwerkzeuge für Polyimid, die mittels Plasma oder Lichtbogenverfahren funktionieren. Diese Prozesse müssten entsprechend verifiziert werden, um sicherzustellen, dass keine Einschränkung der Faserfestigkeit eintritt. Ebenso stellen diese Verfahren eine mögliche Gefährdung durch Funken dar, was deren Einsatzmöglichkeiten einschränken könnte. Ähnlich müsste auch ein Laserabstreifen verifiziert werden, um zu zeigen, dass keine Einschränkung der Faserfestigkeit eintritt. Dieses Verfahren ist im Vergleich zu den anderen Prozessen mit hohen Kosten verbunden.

Eine automatisierte klingenbasierte Rotationsmaschine kann eingesetzt werden. Dabei handelt es sich um einen mechanischen Prozess, welcher demnach wahrscheinlich die am wenigsten problematische Lösung unter diesen Spezialprozessen darstellt. Die Hersteller erheben einen Anspruch auf gute Festigkeitswerte bei Fasern, die auf diese Art und Weise abgestreift werden.

Abbrennverfahren werden für die Entfernung von Polyimid nicht empfohlen, da diese zu einer Versprödung der Faser und zur Herstellung gefährlicher Verbrennungsprodukte führen können.

5.4.4.2 Silicium

Manche Fasern weisen eine primäre Polsterungsschicht neben der Glasfaser auf, welche den möglichen Temperaturbereich der Faser erhöht und diese zusätzlich vor Schäden bewahrt. Es gibt derzeit einige Anwendungen in der Luft- und Raumfahrt, welche Lichtwellenleiterkabel mit Siliciumbeschichtung verwenden, allerdings werden neue Konstruktionen mit Fasern, die eine Beschichtung mit Hochtemperatur-acrylat aufweisen und derzeit produziert werden, vermutlich in der Zukunft zu einem reduzierten Einsatz

AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN 4533-001:2018-03

von siliciumbeschichteten Fasern sorgen. Silicium ist relativ leicht von der Faser abzustreifen und kann den Anschein einer sauberen zugrundeliegenden Faser erwecken. Jedoch bleiben bei manchen Kabeln Rückstände an der Glasfaser, welche die Bindung zwischen Faser und Ferrule beeinträchtigen könnten, wenn diese nicht ordentlich entfernt werden. Dieser Effekt variiert von Kabel zu Kabel in Abhängigkeit der verwendeten Art der Siliciumbeschichtung und des Verfahrens zur Kabelherstellung.

Im schlimmsten Falle könnte dieser Effekt die Bindungsfestigkeit zwischen Faser und Ferrule mittels Epoxid-Klebstoff der entsprechenden Güte für die Luft- und Raumfahrt halbieren. Dieser Effekt war für das Problem des „Herauswachsens“ von Fasern in manchen frühen Anschlusslösungen von Lichtwellenleitern in der Luft- und Raumfahrt verantwortlich. Leider würde eine vollständige Entfernung der Rückstände den Einsatz unerwünschter Verfahren, wie dem Abstreifen durch Säure (normale Lösungsmittel könnten unwirksam sein) oder unberechenbare hitzebasierte Verfahren erfordern.

Obgleich dieser Effekt des Siliciumrückstandes erwiesen ist (durch analytische Verfahren wie XPS und die Messung des Kontaktwinkels der Faser sowie Ausziehprüfungen von Fasern/Ferrulen), könnten die endgültigen Auswirkungen dieses Effekts auch nur eingeschränkte Folgen haben. Manche Kabel in der Luft- und Raumfahrt verfügen über Siliciumpolsterungen, die leicht abgestreift werden können und anscheinend keine Rückstände hinterlassen. Zusätzlich werden andere Elemente des Anschlussprozesses soweit wie möglich optimiert, um eine direkte Belastung der Verbindung zwischen Faser und Ferrule auf ein Minimum zu reduzieren. Spannungen der Faser können reduziert werden durch:

— Optimierung der Befestigung der Zugentlastungselemente an der Endstelle des Lichtwellenleiters (Isolierung von Spannungen);

— Erreichen der korrekten Abstreiflängen (Verhinderung von Mikrokrümmungen der Faser im Anschluss);

— Minimierung der Haftspannungen (z. B. bei der Verklebung);

— Sicherstellung der bestmöglichen Klebstoffverbindung. (Dieser letzte Punkt bedeutet den Einsatz des besten verfügbaren Klebstoffes und Aushärtungsprogrammes (wird in 5.5 erläutert)).

Wenn diese Elemente vorliegen, kann es sein, dass Probleme in Bezug auf Siliciumrückstände im Betrieb gar nicht auftreten.

Es wird angemerkt, dass Silicium in manchen Kabelkonstruktionen auch in einer anderen Rolle und nicht als Primärbeschichtung vorliegen kann. Beispielsweise kann es oberhalb einer Primärbeschichtung aus Acrylat aufgebracht werden, wie beim Kabel nach EN 4532. In diesen Fällen sollte es keine Probleme hinsichtlich der Reduzierung der Haftfestigkeit geben, weil keine Siliciumrückstände an der Glasmantelschicht verbleiben, wenn die Beschichtungen entfernt werden.

Als Hinweis auf die bewährten Verfahrensweisen, wird es nicht empfohlen, dasselbe Werkzeug zum Abstreifen von Fasern mit einer Primärbeschichtung aus Silicium und einer Beschichtung aus Acrylat zu verwenden. Das liegt daran, dass hierbei übergreifende Verunreinigungen eintreten könnten, d. h. Übertragung des Siliciums auf die Glasfaser, deren Acrylatschicht gerade abgestreift wurde.

5.4.4.3 Qualitative Prüfung der Sauberkeit von Fasern

Als qualitative Prüfung für die Sauberkeit einer Faseroberfläche kann das Geräusch dienen, welches die Faser bei der Reinigung mit nicht entzündlicher Reinigungslösung optischer Güte und fusselfreiem Wischmaterial erzeugt. Ein „Quietschen“ weist auf eine Oberfläche hin, die frei von Verunreinigungen ist. Dieser Zustand kann für gewöhnlich bei mit Acrylat gepolsterten Fasern erreicht werden, wo die Beschichtung leicht zu entfernen ist. Bei Fasern mit Silicium kann sich dies aufgrund der oben genannten Gründe schwieriger gestalten.

Hilfsmittel, wie Mikroskope, können bei der Bewertung der Sauberkeit ebenfalls nützlich sein.

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: E DIN EN 4533-001:2018-03