

Klettverschlüsse

Materialien, Herstellung, Prüfung, Anwendungen

Bearbeitet von
Georg Krüger

1. Auflage 2013. Buch. 168 S.
ISBN 978 3 446 43440 0
Format (B x L): 17,2 x 24,5 cm
Gewicht: 541 g

[Weitere Fachgebiete > Technik > Technologien diverser Werkstoffe > Technologie der Textil- und Faserverarbeitung](#)

Zu [Inhaltsverzeichnis](#)

schnell und portofrei erhältlich bei


DIE FACHBUCHHANDLUNG

Die Online-Fachbuchhandlung beck-shop.de ist spezialisiert auf Fachbücher, insbesondere Recht, Steuern und Wirtschaft. Im Sortiment finden Sie alle Medien (Bücher, Zeitschriften, CDs, eBooks, etc.) aller Verlage. Ergänzt wird das Programm durch Services wie Neuerscheinungsdienst oder Zusammenstellungen von Büchern zu Sonderpreisen. Der Shop führt mehr als 8 Millionen Produkte.

HANSER

Leseprobe

Georg Krüger

Klettverschlüsse

Materialien, Herstellung, Prüfung, Anwendungen

ISBN (Buch): 978-3-446-43440-0

ISBN (E-Book): 978-3-446-43493-6

Weitere Informationen oder Bestellungen unter

<http://www.hanser-fachbuch.de/978-3-446-43440-0>

sowie im Buchhandel.

■ 1.3 Vorteile der Klettverbindungen

Die Gründe für das Interesse an Klettverbindungen sind vielfältig. Zu den wichtigsten Vorteilen gehören:

- hohe Flexibilität
- niedriger Preis (abhängig von der konkreten Anwendung und möglichen Alternativen)
- geringe Montagekosten
- keine Spezialwerkzeuge und Geräte erforderlich
- keine Korrosion, da Klettverschlüsse aus organischen Textilien bestehen
- materialunabhängige Verbindungstechnik
- hohe Zuverlässigkeit bei sachgerechter Ausführung und Anwendung
- Alltagsstauglichkeit und leichte Benutzung
- gutes Waschverhalten
- schnelle Montage und Demontage ohne Spezialkenntnisse
- hohe Wiederholbarkeit (abhängig vom Klettbandtyp)
- Sofortverbindung nach dem Zusammenpressen der Klettbänder
- hörbares und dadurch kontrollierbares Schließen bei Druckverschlüssen mit Pilzköpfen

■ 1.4 Hakenbänder und Pilzkopfverschlüsse

Man unterscheidet zwischen Haken- und Pilzkopfverschlüssen, die auch als Druckverschlüsse bezeichnet werden. Die Verschlüsse mit Pilzköpfen sind höher auf Scheerung beanspruchbar, das heißt, die Haltekraft ist größer als bei den Haken-Flausch-Kombinationen. Allerdings lässt die Haltekraft bei wiederholtem Schließen im Vergleich zu den Hakenverschlüssen eher nach. Die Hakenverschlüsse bzw. Hakenklettverbindungen bestehen aus einem System von Haken und Flausch (Bild 1.2), die Pilzkopf-Druckverschlüsse aus zwei Pilzkopfbändern, die zusammengepresst werden (Bild 1.3). Die Pilzkopfbänder (nachfolgend auch als PK-Bänder bezeichnet) sind inzwischen so weit entwickelt, dass auch eine Kombination von Flauschbändern mit Pilzkopfbändern zu hoch belastbaren Verbindungen geführt hat. Beim Zusammenpressen greifen die Hinterschneidungen der Pilzköpfe von Druckverschlüssen ineinander, so dass bei reiner Zugbelastung hohe Kräfte notwendig sind, um die Hinterschneidungen durch eine Verformung der Pilzköpfe zu überwinden.

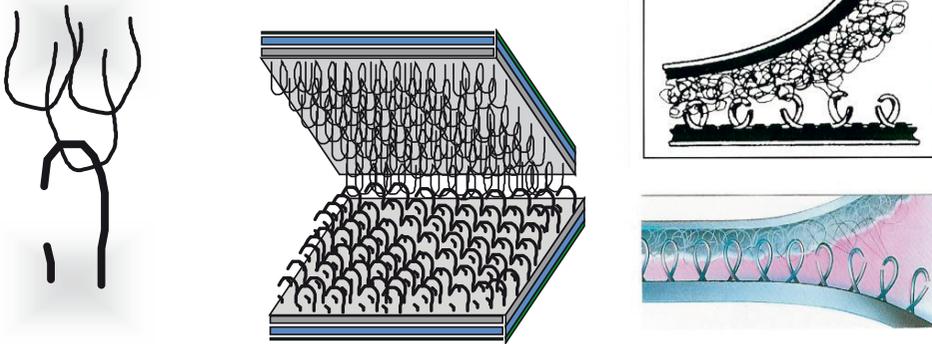


BILD 1.2 Grundprinzip von Klettverbindungen mit Haken- und Flauschbändern
[Bildquelle: 3M, Neuss]

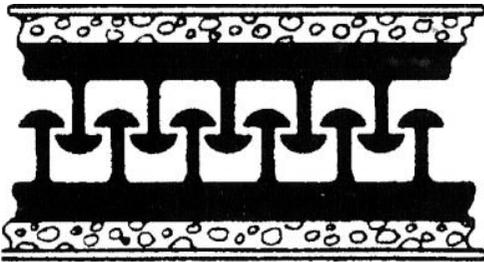


BILD 1.3 Grundprinzip von Druckverschlüssen
[Bildquelle: 3M, Neuss]

Zu den neueren Entwicklungen gehören Pilzkopf- und gewebe Bänder mit einer Gesamtdicke von unter 1 mm, die nur sehr wenig „auftragen“.

Klettverbindungen und Druckverschlüsse besitzen ebenso wie die Haftklebstoffe eine Soforthaftung, sobald Haken und Flausch ineinandergreifen. Bei den Haken-Flausch-Verbindungen muss aber berücksichtigt werden, dass die beiden Bänder sich geringfügig gegeneinander verschieben können, die Verbindung ist also nicht absolut lagestabil. Bei vielen Verbindungen sind solche Positionsungenauigkeiten jedoch kein Ausschlusskriterium.

Um die eigentliche Verbindung herzustellen, werden die Haken- und Flauschbänder auf die zu verbindenden Flächen genäht, gesteppt, geschweißt oder geklebt. Das Nähen, Steppen oder Schweißen ist weit verbreitet im Bekleidungs- und Sportbereich oder in der Automobilindustrie, da dort Klettverschlüsse auf flexiblen Textilien befestigt werden müssen. Bei formsteifen Materialien werden Klettverschlüsse auch direkt auf Kunststoff- und Metallbauteile geklebt. In solchen Fällen erhalten die Klett- und Druckverschlüsse eine selbstklebende Ausrüstung oder besitzen Beschichtungen, die durch Wärme oder Lösemittel aktiviert werden und dann unter Druck auf dem Gegenmaterial kleben.

2.1.3 Hakenbänder

Typische Beispiele für Hakenbänder zeigen Bild 2.1 und Bild 2.2. Schon aus der Bilddarstellung ist zu erkennen, dass die Hakenbänder nach unterschiedlichen Verfahren hergestellt werden. Die rasterelektronische Aufnahme eines Hakenbandes in Bild 2.4 zeigt, wie die Haken in die Bindung zwischen Kett- und Schussfäden eingebunden sind.

Wenn die textilen Klettbänder nicht zu dicht gewebt werden, sind die Bänder luft- und wasserdurchlässig. Diese Eigenschaften werden zum Beispiel bei Kletten von Filterelementen gefordert.

Das Bild 2.3 zeigt die Ausrichtung der Widerhaken in einer Klettverbindung. Durch die Anordnung ist eine ausreichende Belastbarkeit in den beiden entgegengesetzten Richtungen möglich. Allerdings ist der Verklammerungseffekt in Querrichtung gering, so dass bei Hakenbändern nach Bild 2.3 die Verbundfestigkeit richtungsabhängig ist. Die Haken haben einen Abstand von 1,5 mm und sind 0,2 mm dick.

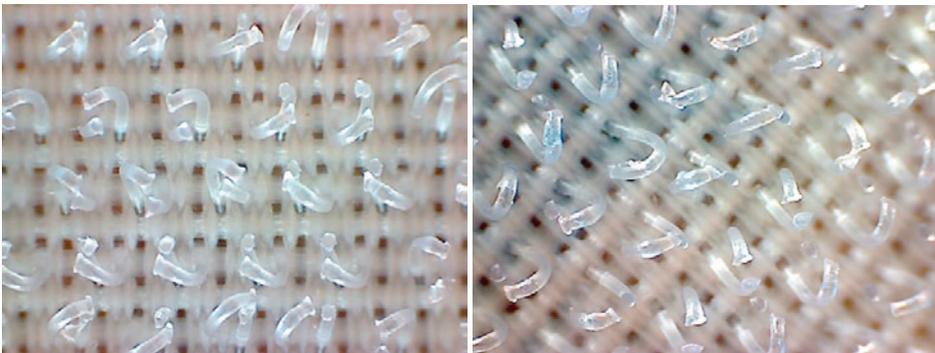


BILD 2.1 Hakenbänder aus Polyethylen, rechts: einige Haken nach mehrmaligen Gebrauch abgebrochen

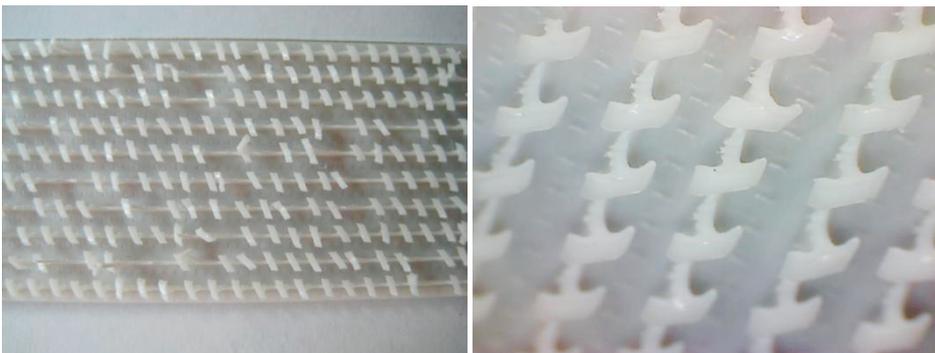


BILD 2.2 Hakenband aus PE; rechts: Ausgangszustand, links: nach mehrmaligem Schließen und Öffnen

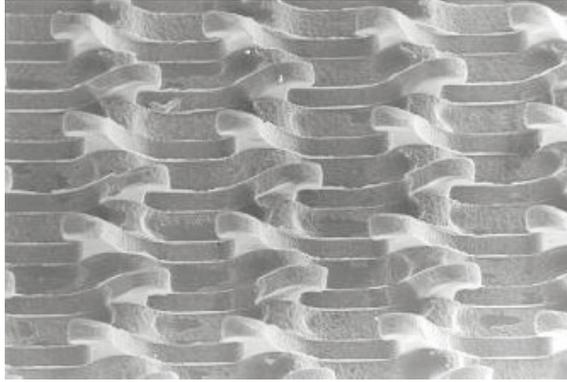


BILD 2.3 REM-Aufnahme eines Hakenbandes mit entgegengesetzt ausgerichteten Haken

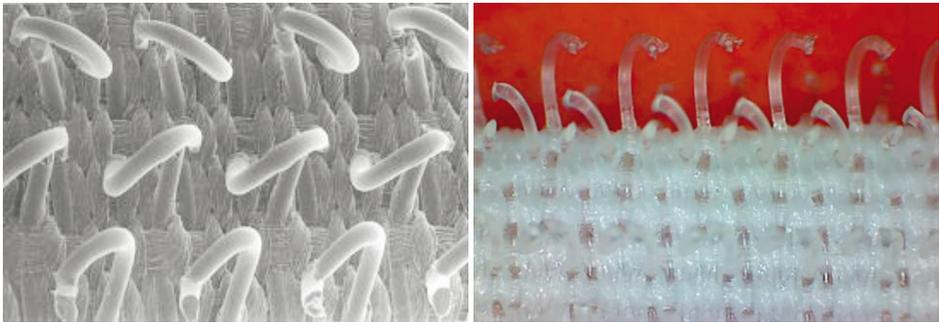


BILD 2.4 links: REM-Aufnahme eines Hakenbandes, rechts: Haken geschnitten

2.1.4 Eingefärbte Hakenbänder

Bei einigen Anwendungen werden schwarz eingefärbte Hakenbänder benötigt (Bild 2.5), um in Kombination mit geeigneten Flauschbändern „unauffällige“ Klettverbindungen in technischen Anwendungen und im Konsumbereich zu ermöglichen. Bei mehrfachem Gebrauch können die Schlaufen und Schlingen der Flauschbänder teilweise aus dem Verbund herausgerissen werden. Außerdem können die Haken „ermüden“ und brechen oder sich so verformen, dass sie nicht mehr zur Haltbarkeit der Klettverbindungen beitragen. Das Bild 2.6 zeigt die Haken nach mehrfachem Gebrauch. Der schwarze Hintergrund wurde zur Vermeidung von Reflexionen weiß abgedeckt, um die Haken deutlicher hervorzuheben.

Die Haken in Bild 2.7 verankern sich unabhängig von der Montagerichtung und sind auch in beiden Belastungsrichtungen gleichmäßig belastbar. Bei diesen Klett-bändern handelt es sich um Bänder mit palmartigen Formen, die sich ebenso wie Haken mit den Schlingen verbinden.

3

Materialien

Bei der Verbindung von Haken mit Flauschbändern werden zwei sehr unterschiedliche Geometrien aus Kunststoffen zusammengedrückt. In gleicher Weise werden metallische Klettverbindungen von verformten Metallbändern zusammengedrückt. Dabei muss mindestens ein Element der Verbindung ausreichend stabil sein, um eine Durchdringung zu erreichen. Die stabileren Elemente sind überwiegend die Haken. Bei den Druckverschlüssen werden die Pilzköpfe oder vergleichbare Geometrien so zusammengedrückt, dass praktisch alle Pilzköpfe zur Haltbarkeit beitragen. Bei der Kombination von Haken oder Pilzköpfen mit Flausch- oder Veloursbändern sind die Haken und Pilzköpfe die starren Fügepartner, mit denen sich die Schlingen der Flausch- oder Veloursbänder verbinden.

Bei der Verbindung von Haken- und Flauschbändern werden etwa 60 % der möglichen Verklammerungen zur Übertragung von Kräften genutzt. Bei Druckverschlüssen besteht eine fast 100-prozentige Verbindung der Pilzköpfe. Werden Pilzköpfe mit Flauschbändern kombiniert, wird nur ein Teil der möglichen Verbindungen zur Kraftübertragung genutzt.

Um die unterschiedlichen Verformungsgrade beim Zusammenfügen und beim Lösen der Verbindungen zu gewährleisten, werden die Haken- und Flauschbänder aus verschiedenen Kunststoffen hergestellt. Der Kraftaufwand beim Verbinden und Lösen soll möglichst gering sein. Dies setzt eine hohe Flexibilität der Pilzköpfe und Hakenbänder voraus. Dass die Klettverbindungen zur interessanten Alternative innerhalb der lösbaren Verbindungen geworden sind, liegt unter anderem auch an der großen Auswahl von Kunststoffen, die für diese Aufgaben eingesetzt werden können. Selbst innerhalb der einzelnen Kunststofftypen gibt es mehrere Varianten, die sich aufgrund unterschiedlicher Steifigkeiten und Nachgiebigkeiten für verschiedene Anwendungen eignen. Neben der Steifigkeit und Flexibilität bestimmen die Farbvielfalt, die UV-Stabilität der ausgewählten Kunststoffe, die thermische Belastbarkeit, die Lösemittelstabilität und das Brandverhalten die möglichen Anwendungen. Bei textilen Anwendungen, bei denen viele Waschprozesse zu erwarten sind, wird eine hohe Stabilität gegenüber Waschlagen vorausgesetzt.

Bei der Kunststoffauswahl für Klettverbindungen ist auch die Herstellungsmethode zu berücksichtigen. So werden die Flauschbänder in einem Web- oder Wirkvorgang aus synthetischen Fasern produziert. Die Grundlage für solche Flauschbänder sind immer geeignete organische Fasern, die sich in Webstühlen verarbeiten lassen, genadelt werden können oder mit klebenden Bindemitteln zusammengehalten werden.

Zu den wichtigsten Kunststoffen für Klettverbindungen zählen Polyolefine, Polyamide, Polyaramide und Polyester. Gewebe aus Polyester-, Polyamid- und Polyolefinfasern werden auch kurz als PES-, PAS- oder POS-Gewebe bezeichnet. Für die Widerhaken in Klettverbindungen werden vor allem Polyolefine (PE, PP), Polyamide (PA 12, PA 66) oder Polyester (PET), für die Velours- und Flauschbänder vor allem Fasern aus PET und PA 66 verwendet. Bei thermischen Belastungen bis 230 °C und in Sonderanwendungen werden aromatische Polyamide als Haken- und Flauschmaterial eingesetzt.

■ 3.1 Polyolefine

Zur Gruppe der Polyolefine, die für die Herstellung von Klettverbindungen und Druckverschlüsse von Bedeutung sind, gehören Polyethylen (PE), Polypropylen (PP) und Copolymere dieser Kunststoffe. Die Copolymere verleihen den reinen Polyolefinen gezielt mechanische Eigenschaften, die für das Verformungsverhalten wichtig sind. Polyethylene gehören zu den teilkristallinen Kunststoffen, das heißt, die Polymermoleküle sind in der Lage, so genannte Kristallite zu bilden. Kristallite sind Bereiche in der Polymermatrix mit höherer Dichte und größeren inneren Festigkeiten. Diese höhere Dichte in Teilbereichen eines Polyethylenmoleküls ergibt sich immer dann, wenn die Wechselwirkungen zwischen den Polymermolekülen groß sind und zu einer höheren Packungsdichte führen. Dies führt zu einem höheren Ordnungszustand, der die Eigenschaften erheblich verändert. Große Wechselwirkungskräfte – diese sind sinngemäß mit magnetischen Anziehungskräften vergleichbar – ergeben sich nur dann, wenn mindestens einige Abschnitte der vielen Polymermoleküle in der Lage sind, sich anzunähern bzw. parallel nebeneinander anzuordnen. Die Bildung besonders vieler Bereiche mit Kristalliten ist immer dann möglich, wenn die Polyethylenmoleküle nicht stark verzweigt sind. Hohe Kristallinität bedeutet also geringe Verzweigung, viele Kristallite bedeuten hohe Dichte, hohe innere Festigkeit und hohe thermische Belastung bei hoher Schmelztemperatur. Die nichtkristallinen Bereiche werden als amorphe Bereiche bezeichnet. Sie schmelzen bei niedrigeren Temperaturen, sind mechanisch weniger belastbar und spannungsrissempfindlicher, dafür aber leichter zu Folien, Fäden und Bändern zu

Bei Alterungsprüfungen des Klebstoffes werden Proben im Wärmeschrank bei 60 °C über mehrere Wochen gelagert und überprüft, ob nach dem Schälversuch Klebstoffreste auf dem Glas zu erkennen sind. Alternativ ist der Kochtest eine Methode, die Änderung der Haftung durch äußere Einflüsse bei Acrylat-Haftklebstoffen schnell abschätzen zu können. Die Klebverbindungen mit textilen Klettbandern werden beim Kochtest eine Stunde in Wasser gekocht. Nach der Abkühlung werden die Rest-Scherfestigkeit oder der Rest-Schälwiderstand bestimmt. Wenn sich die Eigenschaften der beteiligten Kunststoffe selbst durch das Kochen verändern, muss dieser Effekt bei der Interpretation der Messergebnisse berücksichtigt werden.

Die „Vorgeschichte“ der Herstellung lässt sich durch das Rollverhalten beim Tempern in Fertigungsrichtung und quer zur Fertigungsrichtung abschätzen. Ein Beispiel sind Pilzköpfe aus PP, die bei 150 °C gelagert werden und sich dann mehr oder weniger stark nach außen krümmen. Die inneren Spannungen werden auch in wenigen Minuten sichtbar, wenn etwa 3 bis 5 cm lange Druckverschlussabschnitte in Benzin oder Toluol gelagert werden. Bei gewebten Klettbandern existieren keine inneren Spannungen.

Für die Verträglichkeit von Kunststoffprodukten ist es notwendig, die flüchtigen Bestandteile im Klebstoff und in den Kunststoffen zu kennen. Dazu wird in der ersten Stufe der Masseverlust bei 100 °C oder anderen Temperaturen gemessen. Für einen Vergleich ist es wichtig, Proben mit gleicher Oberfläche einzusetzen.

5.3.1 Rolling-Ball-Test

Der Rolling-Ball-Test (Bild 5.1) ist eine sehr einfache Variante, den Tack zu bestimmen. Der Test besteht darin, eine Kugel mit einer definierten kinetischen Energie über die Klebstoffschichten der Klettbander rollen zu lassen. Aufgrund der Klebrigkeit kommt die Kugel nach einer bestimmten Lauflänge zum Stillstand. Kurze Abrollwege stehen für hohe Klebrigkeiten, lange Abrollwege für geringe Klebrigkeiten.

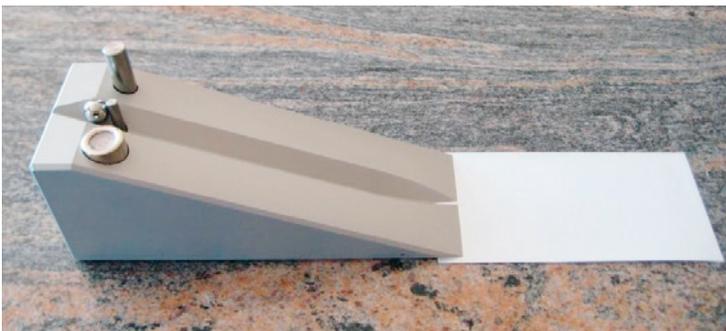


BILD 5.1 Vorrichtung für den Rolling-Ball-Test

5.3.2 Schlaufentest

Beim Schlaufentest wird ein 300 mm langes und 25 mm breites Klettband mit der Klebstoffschicht in die obere Klemmbacke einer Zugprüfmaschine so eingespannt, dass sie gegen eine horizontale Stahl- oder Glasplatte zeigt. Die Platte ist in der unteren Klemmbacke eingespannt.

Das Band wird bei einem Versuch mit einer Geschwindigkeit von 100 mm/min gegen die Prüfplatte gefahren, so dass es praktisch auf der unteren Platte „abgelegt“ wird (Bild 5.2). Nachdem eine Fläche von 1250 mm^2 belegt ist (dies entspricht einer Prüflänge von 50 mm), wird die Prüfmaschine angehalten und mit der gleichen Geschwindigkeit wieder auseinander gefahren. Gemessen wird die Kraft, die erforderlich ist, um eine Klebfläche von insgesamt 1250 mm^2 wieder zu trennen. Der Tack wird in $\text{N}/1250 \text{ mm}^2$ angegeben.



BILD 5.2 Prüfanzordnung des Schlaufentestes mit Druckverschlussband

5.3.3 Dynamischer Zugscherversuch

Mit Strukturklebstoffen und doppelseitigen Haftklebebändern kann man einschnittige Zugscherproben durch das Kleben von zwei Fügeteilen herstellen und die Scherfestigkeit bei einer vorgegebenen Prüfgeschwindigkeit in Anlehnung an die DIN EN 1465 bestimmen (Bild 5.3).

Im Gegensatz zum statischen Scherversuch steigt beim dynamischen Scherversuch die Kraft stetig bis zum Bruch bzw. Versagen der Klebung an. Bei Klettverbindungen mit Rückseitenbeschichtung bestehen die Proben (Bild 5.3) nicht aus zwei formstabilen Proben, sondern aus einem festen Fügeteil (Metalle, Gläser, Kunststoffe) und dem flexiblen Klettband, das das andere „Fügeteil“ darstellt.

Die Schälwiderstände der 180°-Schälversuche mit Haken-Schlaufen-Verbindungen flexibler Bänder sind nur geringfügig von der Hakenform und dem Gewebe des Flauschbandes abhängig. Es gibt aber auch Kombinationen, die sich deutlich unterscheiden. Es werden zum Beispiel für Haken-Flauschband-Kombinationen folgende Schälwiderstände erreicht:

1. Haken-Flauschband-Kombination SJ 3572 mit SJ 3571:

90°-Schälversuch $9,6 \pm 1,8$ N/25 mm

180°-Schälversuch $9,5 \pm 1,8$ N/25 mm

2. Haken-Flauschband-Kombination SJ 3526 mit SJ 3527:

90°-Schälversuch $13,7 \pm 1,0$ N/25 mm

180°-Schälversuch $35,5 \pm 1,0$ N/25 mm

Mit weichen Veloursbändern und Haken ergeben sich nur geringe Schälwiderstände von $8,7 \pm 0,8$ N/25 mm, bei der Kombination von Pilzköpfen mit Flauschbändern liegen die Schälwiderstände über 67 N/25 mm.

Wird beim 180°-Schälversuch ein Band auf ein festes Substrat geklebt und das andere ist ein flexibles Band, hängen die Schälwiderstände davon ab, ob die Haken- oder Flauschbänder aufgeklebt werden. Ist das Flauschband P23F aufgeklebt, lässt sich zum Beispiel das Hakenband P20H mit 42,7 N/25 mm abschälen, wird dagegen das Hakenband P20H aufgeklebt, erreicht das Flauschband P23F einen Schälwiderstand von 9,1 N/25 mm.

Die Beispiele zeigen, dass innerhalb der verschiedenen Haken-Flausch-Kombinationen große Unterschiede bestehen. Bei Kombinationen aus Druckverschluss und Flauschband oder bei der Kombination von Druckverschlüssen untereinander ergeben sich noch größere Trennkräfte. Dadurch ist eine gute Differenzierung der Produkte möglich und bei Produktentwicklungen sind die Qualitätsunterschiede schnell zu erkennen.

Mit der Vorschrift AFERA 4001 wird das Verhalten von Haftklebstoffen bei niedrigen Temperaturen beurteilt. Die Vorschrift kann auch für Klettbander genutzt werden. Wichtig ist dabei, dass die Proben 16 bis 24 Stunden bei der niedrigen Temperatur lagerten und dann geprüft werden.

5.5.3 Keiltest

Eine besondere Form eines Trennversuches von Klettverbindungen oder Druckverschlüssen ist der Keiltest. Die Proben werden in einer Länge von 80 mm auf zwei 120 mm lange T-Profile geklebt. Anschließend werden Haken- und Flauschband verbunden. Beim keilförmigen Öffnen der Klettverbindungen (Bild 5.16) ergeben sich

typische Kraft-Weg-Diagramme mit hoher Reproduzierbarkeit der Trennwiderstände (Bild 5.17). Beim Keiltest wird wie beim Schälversuch die Trennkraft – bezogen auf die Probenbreite – entlang des Trennweges gemessen. Die Messkurven sind mit den Schäldiagrammen vergleichbar, aber gleichzeitig ist zu berücksichtigen, dass sich beim Keiltest Zug-, Schäl- und Schubkräfte überlagern, und nicht isoliert angegeben werden können. Das entspricht aber eher den praktischen Bedingungen, da bei Klettverbindungen selten reine Zug- oder Schubbelastungen auftreten. Wenn die untere Probe bei einem Keiltest in einem Wasserbehälter befestigt wird, kann der Keiltest die Trennwiderstände im Kontakt mit Wasser erfassen.



BILD 5.16 Keiltest von Klettverbindungen mit Aluminium-T-Profilen

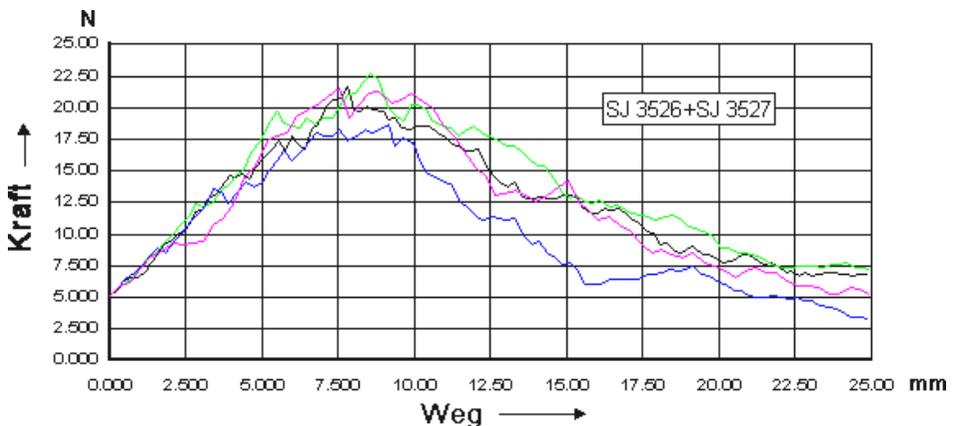


BILD 5.17 Keiltest einer Haken-Flaschverbindung, Klettfläche 24 mm × 80 mm, Prüfgeschwindigkeit 50 mm/min, 1. bis 4. Versuch

■ 6.9 Feuchtigkeit, Medien

Die Haftung von Klettbandern ist nicht nur eine Funktion der Hakengeometrie und der Hakenzahl pro Fläche, sondern auch der Reibung zwischen den „Kletten“. Die ersten beiden Faktoren sind konstruktive Größen, die Reibung ist dagegen vom Materialtyp und jeweiligen Oberflächenzustand abhängig. Daher ist es möglich, über die Reibung die Klettkraft zu beeinflussen. So bewirkt eine Gasphasenfluorierung, bei der die Rauheit der Kunststoffoberfläche im mikroskopischen Bereich verändert und dadurch die Reibung verschlechtert wird, eine Erhöhung der Zugkräfte beim Trennen von Klettbandern aus PP. Bezieht man die Zugkräfte wie beim Stirnabreißversuch auf die Klettfläche von 25 mm × 25 mm, erreicht die „Zugfestigkeit“ nach der Gasphasenfluorierung mit 2,39 MPa einen Wert, der von vielen Haftklebebandern nicht erreicht wird. Im Ausgangszustand ohne Gasphasenfluorierung beträgt die Zugfestigkeit 0,89 MPa. Klettbander haben gegenüber Haftklebebandern außerdem den Vorteil, dass die Zugkräfte nicht so ausgeprägt temperaturabhängig sind. Die Steigerung der Klettkräfte bei Zugbeanspruchung ist allerdings vom Materialtyp und der Klett konstruktion abhängig. Bei einer Schälbeanspruchung wird durch die Gasphasenfluorierung keine nennenswerte Erhöhung der Schälkräfte erreicht.

Durch das Verwenden von Gleitmitteln in vergleichsweise hoher Konzentration im Kunststoff (besonders bei PP) verringern sich die Haftkräfte. Allerdings liegt die Verringerung der Kräfte lediglich bei etwa 20 % gegenüber dem Ausgangszustand.

Falls Feuchtigkeit auf aufgeklebte Klettverbindungen einwirkt, ist eine hohe Wasserstabilität erforderlich. Es gibt mehrere Verfahren zum Nachweis der Wasserstabilität. Nach einem Kochtest und 24 Stunden Trocknung der Klebstoffschicht sollte sich die Klebfestigkeit um weniger als 20 % verringern. Ein anderer Test sieht vor, die Proben so auf eine Platte zu befestigen, dass die Klebstoffschicht offen liegt. Die Proben werden sieben Tage lang in Wasser mit einer Temperatur von 60 °C gelegt. Ein Klebstoff ist wasserstabil, wenn die Klebstoffschicht nach einer Trocknung nicht blasig und milchig trüb ist und ein hoher Schälwiderstand gemessen wird. Klettbander mit Haftklebstoffbeschichtungen können auch auf Glasträger geklebt und sieben Tage in Wasser bei 60 °C gelagert werden. Wenn nach 24 Stunden Trocknung die Festigkeitsänderungen bestimmt werden, lässt sich die Wasserstabilität ebenfalls abschätzen.

■ 6.10 Fehlerquellen

Klettverbindungen sind bei richtiger Auswahl der Kombination von Haken- und Flauschbändern, von Druckverschlüssen mit Pilzköpfen oder Kombinationen von Druckverschlüssen mit Flauschbändern dauerhaft haltbar, wenn die Haltekräfte nicht überschritten werden. Die Höhe der Haltekräfte wird entscheidend von der Beanspruchungsrichtung bestimmt. Bei Schäl-, Scher- oder Zugbeanspruchung ergeben sich sehr unterschiedliche Absolutwerte für die Haltekräfte. Dies kann bei der Auswahl der Klettverbindungen berücksichtigt werden. Bei aufgeklebten Klettverbindungen müssen auch die Besonderheiten der Klebverbindungen beim Klettbandkonzept beachtet werden. Wenn Klettverbindungen trotzdem versagen, gibt es Fehlerquellen, die häufig nicht berücksichtigt werden oder deren Bedeutung für die Haltbarkeit einer Klettverbindung unterschätzt wird. Insbesondere sind zu beachten:

- Eine mögliche Weichmacherwanderung aus dem Klebstoff in das Klettbandmaterial bei Haftschnelklebstoffen auf Basis thermoplastischer Kautschuke. Dies führt zu einer Erweichung des Klettmaterials und bei Belastung zu einer Ausdehnung, die nicht vorgesehen war. Eine einfache Methode, die Weichmacherwanderung und ihre Wirkung auf das Klettmaterial zu erfassen ist, die DSC-Messung.
- Temperatur- und zeitabhängige Schrumpfungseffekte ergeben unkontrollierbare Belastungen in Klebstoffschichten und in den Klettverbindungen. Bei genähten Klettbindern sind die Schrumpfungseffekte nicht von Bedeutung, da die Klettbinden nicht fest fixiert sind.
- Unterschiedliche Ausdehnungskoeffizienten, besonders beim Kontakt mit Metallen bewirken Welligkeit und partielles Ablösen.
- Unterschiedliche Wärmebelastungen hinter sonnenbestrahlten Fenstern ergeben bei großen Flächen ebenfalls Welligkeit, besonders bei geklebten Teppichen.
- Bei Klebungen muss Feuchtigkeit vermieden werden. Alle Haftklebstoffe versagen auf feuchten Untergründen. Selbst bei nachträglicher Diffusion von Feuchtigkeit in die Klebverbindung wird die Haftung deutlich verringert. Besonders synthetische Kautschuke reagieren empfindlich auf Feuchtigkeit.