

Georg Krüger

Klettverschlüsse

Materialien, Herstellung,
Prüfung, Anwendungen



EXTRA
Mit kostenlosem E-Book

HANSER

Krüger
Klettverschlüsse

Die Internet-Plattform für Entscheider!

- **Exklusiv:** Das Online-Archiv der Zeitschrift Kunststoffe!
- **Richtungweisend:** Fach- und Brancheninformationen stets top-aktuell!
- **Informativ:** News, wichtige Termine, Bookshop, neue Produkte und der Stellenmarkt der Kunststoffindustrie

Kunststoffe.DE

Immer einen Click voraus!

Georg Krüger

Klettverschlüsse

Materialien, Herstellung,
Prüfung, Anwendungen

HANSER

Der Autor:

Dr. Georg Krüger, Am Schlossberg 27, 76889 Pleisweiler-Oberhofen

Bibliografische Information Der Deutschen Bibliothek:

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <<http://dnb.d-nb.de>> abrufbar.

ISBN: 978-3-446-43440-0

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

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutzgesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Alle in diesem Buch enthaltenen Verfahren bzw. Daten wurden nach bestem Wissen erstellt und mit Sorgfalt getestet. Dennoch sind Fehler nicht ganz auszuschließen. Aus diesem Grund sind die in diesem Buch enthaltenen Verfahren und Daten mit keiner Verpflichtung oder Garantie irgendeiner Art verbunden. Autor und Verlag übernehmen infolgedessen keine Verantwortung und werden keine daraus folgende oder sonstige Haftung übernehmen, die auf irgendeine Art aus der Benutzung dieser Verfahren oder Daten oder Teilen davon entsteht.

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte, auch die der Übersetzung, des Nachdruckes und der Vervielfältigung des Buches oder Teilen daraus, vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf ohne schriftliche Einwilligung des Verlages in irgendeiner Form (Fotokopie, Mikrofilm oder einem anderen Verfahren), auch nicht für Zwecke der Unterrichtsgestaltung – mit Ausnahme der in den §§ 53, 54 URG genannten Sonderfälle – reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

© Carl Hanser Verlag, München 2013

Herstellung: Steffen Jörg

Coverconcept: Marc Müller-Bremer, www.rebranding.de, München

Coverrealisierung: Stephan Rönigk

Satz: Manuela Treindl, Laaber

Druck und Bindung: Kösel, Krugzell

Printed in Germany

Vorwort

Innerhalb der Fügeverfahren wird zwischen lösbaren und unlösbaren Verbindungen unterschieden, wobei das Interesse an mehrfach lösbaren Verbindungen ständig steigt. Es gibt nur wenige Verbindungen, die sich wieder trennen lassen und gleichzeitig kostengünstig in großen Mengen und in kürzester Zeit herstellbar sind. Klettverbindungen gehören zu diesen Verfahren und sind deshalb die optimale Lösung, wenn keine sehr großen Haltekräfte vorhanden sind und das Verbinden und Trennen in wenigen Sekunden erfolgen muss.

Klettverschlüsse bestehen aus unterschiedlich gewebten Textilien, die entweder eine flauschartige Struktur besitzen oder bei denen Haken eingewebt oder mit Bindemitteln in eine Webstruktur eingearbeitet wurden. Eine andere Form sind Kunststoffbänder, aus denen Pilzköpfe oder ähnliche Formen mit Hinterschnedungen herausragen. Werden solche Bänder durch Druck verbunden, bewirken die Hinterschnedungen der Pilzköpfe und Haken einen tragfähigen Verbund. Das Grundprinzip der Klettverbindungen wurde den „Kletten“ in der Natur nachempfunden. Deshalb hat sich auch der Begriff „Klettverbindungen“ als Oberbegriff für diese Art der lösbaren Verbindungen durchgesetzt, obwohl sich die Verbindungsmechanismen bei den klassischen Klettverbindungen und den Druckverschlüssen deutlich unterscheiden. Das Klettprinzip ist inzwischen auch mit Metallblechen realisiert worden, so dass lösbare Verbindungen, sogenannte Metaklett-Verbindungen für neue Anwendungsbereiche existieren.

Inzwischen gibt es eine große Vielfalt flauschartiger Textilien und Bänder mit verschiedenen Haken- und Pilzkopfformen und damit viele Kombinationen für sehr unterschiedliche Anwendungsbereiche. Da Klettverschlüsse aus sehr unterschiedlichen Kunststoffmaterialien und mit verschiedenen Verfahren hergestellt werden, sind Kenntnisse über solche lösbaren Verbindungen für die richtige Auswahl bei konkreten Anwendungen unerlässlich. Klettverschlüsse können schälend, scherend oder lotrecht belastet werden. Dabei treten sehr unterschiedliche Haltekräfte und – beim Lösen der Verbindung – Trennkräfte auf. Gleichzeitig existieren viele Einzellösungen, bei denen Klettbänder zur Verbindung und Fixierung genutzt werden, ohne dass es eine zusammenfassende Information über Klettbänder gibt.

Da über die Zusammenhänge von Material, Klettform, Feuchtigkeit, Temperatur oder Belastungsrichtung wenig Informationen vorliegen und eine zusammenhängende Darstellung fehlt, hat sich der Carl Hanser Verlag die Aufgabe gestellt, diese Lücke zu schließen. Daraus resultierte eine kreative Zusammenarbeit zwischen dem Autor und dem Lektorat Kunststoffe beim Carl Hanser Verlag, so dass der Verlag durch viele Hinweise die inhaltliche Gestaltung des Buches unterstützen konnte. Dafür bedankt sich der Autor insbesondere bei Frau Ulrike Wittmann und Herrn Steffen Jörg. Auch Frau Dr. Stricker und Herr Weirauch der Firma 3M Deutschland sowie Herr Johannsen der Firma Fixum Creative Technology in Neuwied haben durch Proben viele Untersuchungen möglich gemacht und durch ihre Fachgespräche die Gestaltung des Buches gefördert. Für die Bereitstellung von Proben gilt auch der Dank an die Firmen Vorwerk in Hameln, Velcro Deutschland in Freiburg am Neckar und Reinz-Dichtungstechnik in Neu-Ulm.

Pleisweiler-Oberhofen im März 2013

Georg Krüger

Inhaltsverzeichnis

Vorwort.....	V
Abkürzungen.....	XI
1 Einführung.....	1
1.1 Geschichte der Klettverbindungen.....	2
1.2 Materialien für Klettverbindungen.....	3
1.3 Vorteile der Klettverbindungen.....	4
1.4 Hakenbänder und Pilzkopfverschlüsse.....	4
1.5 Merkmale der Klettverbindungen.....	6
2 Formen der Klettbänder und Druckverschlüsse.....	9
2.1 Klettbänder/Haken- und Flauschbänder.....	9
2.1.1 Klettprinzip.....	9
2.1.2 Unterscheidungsmerkmale der Klettverbindungen.....	10
2.1.3 Hakenbänder.....	11
2.1.4 Eingefärbte Hakenbänder.....	12
2.2 Flauschbänder.....	14
2.2.1 Rückseite der Flauschbänder.....	16
2.3 Pilzköpfe.....	17
3 Materialien.....	29
3.1 Polyolefine.....	30
3.2 Polyamide.....	33
3.3 Polyester.....	35
3.4 Hochtemperaturkunststoffe.....	35
4 Herstellung.....	39
4.1 Weben und Extrusion.....	39
4.2 Stanzen, Schneiden, Perforieren.....	44

4.3	Selbstklebende Ausrüstung	45
4.3.1	Klebstoffe	50
4.3.1.1	Acrylat-Klebstoffe.....	52
4.3.1.2	Kautschuk-Klebstoffe.....	53
4.3.1.3	Haftschmelzklebstoffe.....	58
4.3.1.4	UV-vernetzende Haftklebstoffe.....	60
4.3.1.5	Silikon-Haftklebstoffe	61
4.3.2	Liner.....	62
4.3.3	Vorbehandlung	65
4.3.3.1	Coronabehandlung.....	67
4.3.3.2	Atmosphärendruck-Plasma.....	68
4.3.3.3	Beflammung.....	69
4.3.3.4	Gasphasenfluorierung	70
4.4	Nähen, Schweißen, Aktivieren.....	72
5	Prüfmethoden.....	75
5.1	Übersicht	75
5.2	Prüfmethoden für Klettverbindungen und Haftklebstoffe.....	78
5.3	Prüfung von Klebverbindungen.....	81
5.3.1	Rolling-Ball-Test	83
5.3.2	Schlaufentest	84
5.3.3	Dynamischer Zugscherversuch	84
5.3.4	Spezielle Methoden für Haftklebstoffe.....	93
5.4	Prüfung von Klettverbindungen und Druckverschlüssen	94
5.5	Schälversuch	96
5.5.1	T-Peel-Test von Klettverbindungen	96
5.5.2	180°-Schälversuch.....	98
5.5.3	Keiltest.....	99
5.6	Scherversuch.....	102
5.6.1	Statischer Scher- und Zugversuch an Klettverbindungen	104
5.6.2	Dynamischer Zugscherversuch an Klettverbindungen.....	105
5.7	Stirnabreißversuch, dynamischer Zugversuch	111
5.8	Spezielle Methoden.....	114
6	Einflüsse auf die Tragfähigkeit	119
6.1	Klettbanddehnung.....	119
6.2	Prüfgeschwindigkeit	120
6.3	Mehrfachkletten.....	122
6.4	Klebkraft nach statischer Belastung.....	123
6.5	Prüfgeschwindigkeit und Überlappung.....	124
6.6	Probenanordnung	125

6.7 Füllstoffe.....	126
6.8 Temperatur.....	127
6.9 Feuchtigkeit, Medien.....	130
6.10 Fehlerquellen	131
7 Anwendungsbeispiele	133
7.1 Industrielle Anwendungen	136
7.1.1 Teppichböden.....	136
7.1.2 Fahrzeugbau	140
7.1.3 Kabelbinder	140
7.1.4 Konsumartikel.....	141
7.1.5 Textilien.....	142
7.1.6 Medizintechnik.....	142
7.1.7 Verpackungen	143
7.2 Mehrfaches Verbinden und Trennen	146
7.3 Vor- und Nachteile des Klebens oder Nähens	147
8 Glossar	149
9 Stichwortverzeichnis	155

Abkürzungen

AD	Atmosphärendruck
CrNi	Chrom-Nickel
DSC	Differenzial Scanning Calorimetry
HB	Brinellhärte
HF	Hochfrequenz
LVS	Low Viskosity System
ND	Niederdruck
PSA	Pressure Sensitive Adhesive
PK-Bänder	Pilzkopf-Bänder
PES-Gewebe	Polyester-Gewebe
PAS-Gewebe	Polyamid-Gewebe
POS-Gewebe	Polyolefin-Gewebe
REM	Raster-Elektronen-Mikroskopie
SAFT	Shear Adhesion Failure
UV	Ultra Violet
UV-A	langwellige UV-Strahlung
UV-B	mittlere UV-Strahlung
UV-C	kurzwellige UV-Strahlung

Kunststoffe:

EPDM	Ethylenpropylendien-Mischpolymer
MEK	Methylethylketon
NR	Natural Rubber (natürlicher Kautschuk)
NBR	Nitrilkautschuk
PA	Polyamid

PA 6	Polyamid 6
PA 12	Polyamid 12
PA 66	Polyamid 66
PAN	Polyacrylnitril
PE	Polyethylen
PET	Polyester
PE-LD	Polyethylen low density
PE-HD	Polyethylen high density
PES	Polyethersulfon
PMMA	Polymethylmethacrylat
PP	Polypropylen
PPS	Polyphenylensulfid
PTFE	Polytetrafluorethylen
PUR	Polyurethan
PVC	Polyvinylchlorid
PVC-P	Polyvinylchlorid weichmacherhaltig
SBS	Styrol-Butadien-Styrol-Copolymer
SEBS	Styrol-Ethylen-Butylen-Styrol-Copolymer
SIS	Styrol-Isopren-Styrol-Copolymer
TPE	Thermoplastische Elastomere

1

Einführung

In der Verbindungstechnik besteht überwiegend die Aufgabe, zwei Materialien dauerhaft zu verbinden, also unlösbare Verbindungen herzustellen. In den letzten Jahren wird zunehmend gefordert, dass sich Verbindungen auch leicht wieder lösen lassen, um eine möglichst einfache Materialtrennung zu gewährleisten. Aber nicht nur beim Material-Recycling sind lösbare Verbindungen gefordert – auch bei vielen Anwendungen sind Verbindungen notwendig, die einmal oder mehrmals lösbar sind.

Die meisten unlösbaren Verbindungen, die durch Schweißen, Löten, Kleben, Nieten oder Durchsetzfügen hergestellt werden, lassen sich nur mit großem Aufwand wieder trennen. Selbst lösbare Schraubverbindungen sind keine optimale Lösung, wenn es gilt, Materialien mehrfach zu verbinden und zu trennen. Bei flexiblen Materialien, die geschweißt, geklebt oder genäht werden können, eignen sich auch diese Fügeverfahren nicht, um sehr schnell Materialien zu verbinden und zu trennen.

Daher besteht ein großes Interesse an Verfahren, mit denen sich gleiche und sehr unterschiedliche Materialien leicht verbinden lassen und mit denen Verbindungen auch mehrfach leicht wieder gelöst werden können. Zu den mehrfach lösbaren Verbindungen gehören neben den vielen Varianten der Schnappverbindungen Haftklebstoff- und Klettverbindungen. Auch Magnetverbindungen zählen zu den sehr leicht mehrfach lösbaren Verbindungen. Die Verbindung entsteht beim Kontakt eines Magneten aus einer Neodym-Eisen-Bor-Legierung mit einem Gegenstück aus Eisen. Unter besonderen Bedingungen ergeben auch Reißverschlüsse mehrfach lösbare Verbindungen. Alle vier Techniken haben bestimmte Anwendungsbereiche mit entsprechenden Anwendungsgrenzen. Im Fall der Klettverbindungen gehört der Einsatz von Haftklebstoffen, die auch als PSA (pressure sensitive adhesives) bezeichnet werden, in Kombination mit den Klettbändern zum Stand der Technik, so dass neben den geschweißten und genähten Klettverbindungen mit diesen Hybridsystemen neue Anwendungen möglich wurden.

Klettbänder werden häufig auch unter dem Begriff Haftverschlüsse angeboten. Dabei muss berücksichtigt werden, dass der Verbindungseffekt keine Folge der Adhäsion zwischen einem Substrat und einem Klebstoff ist, sondern das Ergebnis von geometrisch bedingten Verklammerungen, Reibungen und Verformungen

beim Schließen und Trennen. Die „Haftung“ von Klettverschlüssen ist Ausdruck der Klettkräfte, die sich bei der mechanischen Belastung während der Anwendung oder beim Trennen ergeben. Die Haftung von Klebverbindungen wird daher als Klebfestigkeit bezeichnet, die Haftung von Klettverbindungen als Klettfestigkeit. Die gemessenen Kräfte werden als Klebkräfte und Klett- oder Haltekräfte bezeichnet.

■ 1.1 Geschichte der Klettverbindungen

In der Natur findet man viele Beispiele für ausgeklügelte Verbindungstechniken. Ein bekanntes Beispiel ist die Klette (lat.: *Artium lappa*). Der Samen der Klette wird von Hüllblättern umschlossen, an deren Enden sich Stacheln mit Widerhaken befinden (Bild 1.1). Diese Widerhaken krallen sich in anderen flauschigen oder stark strukturierten Oberflächen fest. Dieses Grundprinzip wurde vom Schweizer Georges De Mestral erstmals in Klettverbindungen umgesetzt. Sie bestehen im Allgemeinen aus einem System von Haken- und Schlaufen- bzw. Schlingenbändern oder Vliesen, wobei besonders die „Haken“ auch Hinterschneidungen sein können, wie sie bei pilzartigen Köpfen entstehen. De Mestral beobachtete das Klettprinzip Anfang der 1950er Jahre auf Spaziergängen und entwickelte daraus ein zuverlässiges Verschlusssystem. Er meldete es 1951 zum Patent an und erhielt das Patent 1952. Diese Methode zum mehrfachen Verbinden oder Verschließen ist also erst etwa 60 Jahre alt, die Herstellung solcher Klettverbindungen hat sich aber zu einem selbstständigen Fertigungszweig entwickelt. Inzwischen gibt es eine Vielzahl von Anwendungen, die vor wenigen Jahrzehnten noch nicht denkbar waren. Nachdem die Patentrechte 1978 ausgelaufen waren, befassten sich mehrere Firmen mit der Entwicklung von Klettverbindungen, so dass inzwischen viele Varianten im Markt angeboten werden.



BILD 1.1 Klette *Artium lappa* mit Widerhaken