

Inhaltsverzeichnis

1 Einführung	1
1.1 Kleben als Fügeverfahren	1
1.2 Vorteile und Nachteile des Klebens	2
1.3 Begriffe und Definitionen	3
2 Aufbau und Einteilung der Klebstoffe	5
2.1 Aufbau der Klebstoffe	5
2.1.1 Kohlenstoff als zentrales Element	5
2.1.2 Monomer – Polymer	6
2.1.3 Polymerbildung	7
2.2 Einteilung der Klebstoffe	7
2.2.1 Klebstoffe, die durch eine chemische Reaktion aushärten (Reaktionsklebstoffe)	7
2.2.2 Klebstoffe, die ohne eine chemische Reaktion aushärten (physikalisch abbindende Klebstoffe)	8
2.2.3 Lösungsmittelhaltige und lösungsmittelfreie Klebstoffe	9
2.2.4 Klebstoffe auf natürlicher und künstlicher Basis	9
2.2.5 Klebstoffe auf organischer und anorganischer Basis	9
2.2.6 Anwendungsbezogene Klebstoffbezeichnungen	10
2.3 Klebstoffzusätze und haftvermittelnde Substanzen	11
2.3.1 Härter	11
2.3.2 Vernetzer	12
2.3.3 Beschleuniger, Katalysatoren	12
2.3.4 Haftvermittler	12
2.3.5 Füllstoffe	12
3 Vom Klebstoff zur Klebschicht	13
3.1 Reaktionsklebstoffe – Grundlagen	13
3.1.1 Topfzeit	13
3.1.2 Mischungsverhältnis der Komponenten	14
3.1.3 Einfluss der Zeit auf die Klebstoffaushärtung	15
3.1.4 Einfluss der Temperatur auf die Klebstoffaushärtung	16
3.2 Zweikomponentige (2K-) und einkomponentige (1K-) Reaktionsklebstoffe	17
3.2.1 2K-Reaktionsklebstoffe	18
3.2.2 1K-Reaktionsklebstoffe	18
3.3 Eigenschaften der Klebschichten	19
3.3.1 Thermoplaste	19
3.3.2 Duromere	20
3.3.3 Elastomere	21
3.3.4 Thermomechanische Eigenschaften	21
3.3.4.1 Glaszustand	21
3.3.4.2 Glasübergangstemperatur T_g	22
3.3.5 Kriechen	22

4	Wichtige Reaktionsklebstoffe	23
4.1	Epoxidharzklebstoffe	23
4.1.1	Epoxidharzklebstoffe, zweikomponentig	23
4.1.2	Epoxidharzklebstoffe, einkomponentig	25
4.1.3	Reaktive Epoxidharz-Schmelzklebstoffe	25
4.1.4	Eigenschaften und Verarbeitung der Epoxidharzklebstoffe	25
4.2	Polyurethan-(PUR-)Klebstoffe	26
4.2.1	Polyurethanklebstoffe, zweikomponentig (lösungsmittelfrei)	26
4.2.2	Polyurethanklebstoffe, einkomponentig (lösungsmittelfrei)	27
4.2.3	Reaktive Polyurethan-Schmelzklebstoffe (lösungsmittelfrei)	28
4.2.4	Polyurethan-Lösungsmittelklebstoffe, einkomponentig	29
4.2.5	Polyurethan-Lösungsmittelklebstoffe, zweikomponentig	29
4.2.6	Polyurethan-Dispersionsklebstoffe	29
4.3	Acrylatklebstoffe	31
4.3.1	Cyanacrylatklebstoffe	32
4.3.2	Strahlungshärtende Klebstoffe	33
4.3.3	Methacrylatklebstoffe	34
4.3.4	Anaerobe Klebstoffe	36
4.4	Ungesättigte Polyesterharze (UP-Harze)	37
4.5	Phenolharzklebstoffe	38
4.6	Silicone	39
4.7	Zusammenfassung Reaktionsklebstoffe	40
4.8	Klebstofffolien	41
4.9	Dichtstoffe	41
4.10	Polymermörtel	42
5	Physikalisch abbindende Klebstoffe	43
5.1	Schmelzklebstoffe	43
5.2	Lösungsmittelklebstoffe	45
5.3	Kontaktklebstoffe	48
5.4	Dispersionsklebstoffe	49
5.5	Plastisole	50
5.6	Haftklebstoffe, Klebebänder	50
5.7	Klebestreifen	52
5.8	Klebestifte	52
5.9	Klebstoffe auf Basis natürlicher Rohstoffe	53
5.9.1	Caseinleime	53
5.9.2	Glutin(schmelz)leime	54
5.9.3	Dextrinleime	54
5.10	Klebstoffe auf anorganischer Basis	54
6	Bindungskräfte in Klebungen	55
6.1	Bindungskräfte zwischen Klebschicht und Füge teil (Adhäsion)	55
6.2	Benetzung	57
6.3	Oberflächenspannung	58
6.4	Bindungskräfte innerhalb einer Klebschicht (Kohäsion)	59

7 Herstellung von Klebungen	61
7.1 Oberflächenbehandlung	61
7.1.1 Oberflächenvorbereitung	62
7.1.1.1 Säubern	62
7.1.1.2 Passend machen	62
7.1.1.3 Entfetten	62
7.1.1.4 Entfettungsmittel	63
7.1.2 Oberflächenvorbehandlung	64
7.1.2.1 Mechanische Oberflächenvorbehandlung	64
7.1.2.2 Physikalische und chemische Oberflächenvorbehandlung	66
7.1.2.3 Beizen	66
7.1.2.4 Oberflächenschichten und Unterwanderungskorrosion	67
7.1.3 Oberflächennachbehandlung	68
7.1.3.1 Primer	68
7.1.3.2 Klimatisierung	68
7.2 Klebstoffverarbeitung	69
7.2.1 Vorbereitung der Klebstoffe	69
7.2.1.1 Viskositätseinstellung	69
7.2.1.2 Homogenisierung	69
7.2.1.3 Klimatisierung	69
7.2.2 Mischen der Klebstoffe	70
7.2.2.1 Industrielle Verarbeitung	70
7.2.2.2 Handwerkliche Verarbeitung	70
7.2.2.3 Dynamische Mischer	71
7.2.2.4 Statische Mischer	72
7.2.3 Auftragen der Klebstoffe	73
7.2.3.1 Auftragsverfahren	74
7.2.3.2 Kaschieren – Laminieren	75
7.2.3.3 Auftragsmenge	75
7.2.4 Fixieren der Fügeteile	76
7.2.5 Aushärten der Klebstoffe	78
7.2.5.1 Trocknen, Ablüften	78
7.2.5.2 Härtung, Aushärtung	78
7.3 Reparaturkleben	79
7.3.1 Metallische Bauteile	79
7.3.2 Kunststoffe	81
7.3.2.1 Starre Werkstoffe	81
7.3.2.2 PVC-Folien	82
7.3.2.3 Gummierte Fasergewebe	82
7.4 Fehlermöglichkeiten beim Kleben und Abhilfemaßnahmen	83
7.5 Sicherheitsmaßnahmen bei der Verarbeitung von Klebstoffen	86
7.5.1 Voraussetzungen bei der Klebstoffverarbeitung am Arbeitsplatz	86
7.5.2 Verhaltensregeln bei der Verarbeitung von Klebstoffen	87
7.6 Qualitätssicherung – Qualitätsmanagement	88
7.7 Klebtechnische Ausbildung	90

8	Klebstoffauswahl	91
8.1	Vorbemerkungen	91
8.2	Einflussgrößen auf die Klebstoffauswahl	92
8.2.1	Fügeteileigenschaften	93
8.2.2	Anforderungen an die Klebung	93
8.2.3	Voraussetzungen in der Fertigung	94
8.2.4	Verarbeitungstechnische Einflussgrößen der Klebstoffe	94
8.2.5	Eigenschaftsbezogene Einflussgrößen der Klebstoffe und Klebschichten	95
8.2.5.1	Einkomponentige Reaktionsklebstoffe	95
8.2.5.2	Zweikomponentige Reaktionsklebstoffe	96
8.2.5.3	Physikalisch abbindende Klebstoffe	97
8.3	Auswahlkriterien	98
9	Klebtechnische Eigenschaften wichtiger Werkstoffe	102
9.1	Metalle	102
9.1.1	Allgemeine Grundlagen	102
9.1.1.1	Festigkeit	102
9.1.1.2	Undurchlässigkeit gegenüber Lösungsmitteln	102
9.1.1.3	Unlöslichkeit in Lösungsmitteln	103
9.1.1.4	Wärmeleitfähigkeit	103
9.1.1.5	Temperaturbeständigkeit	103
9.1.2	Oberflächenvorbehandlung	103
9.1.3	Klebarkeit wichtiger Metalle	103
9.1.3.1	Aluminium und Al-Legierungen	104
9.1.3.2	Edelmetalle	104
9.1.3.3	Edelstähle	104
9.1.3.4	Kupfer	104
9.1.3.5	Messing	104
9.1.3.6	Stähle, allgemeine Baustähle	105
9.1.3.7	Verzinkte Stähle, Zink	105
9.1.4	Klebstoffe für Metallklebungen	105
9.2	Kunststoffe	106
9.2.1	Allgemeine Grundlagen	106
9.2.2	Klassifizierung der Kunststoffe	106
9.2.3	Identifizierung von Kunststoffen	108
9.2.4	Oberflächenvorbehandlung	108
9.2.4.1	Corona-Verfahren	109
9.2.4.2	Niederdruckplasma	109
9.2.4.3	Atmosphärendruck-Plasma	109
9.2.4.4	Beflammen (Kreidl-Verfahren)	109
9.2.4.5	Mechanische Verfahren	110
9.2.5	Kunststoffe, die in organischen Lösungsmitteln löslich oder quellbar sind	110
9.2.6	Kunststoffe, die in organischen Lösungsmitteln nicht löslich oder quellbar sind	112
9.2.7	Kunststoffschäume	112
9.2.8	Kleben von Kunststoffen mit Metallen	113

9.2.9	Kleben weichmacherhaltiger Kunststoffe	114
9.3	Glas	114
9.3.1	Oberflächenvorbehandlung	114
9.3.2	Glas – Glas – Klebungen	114
9.3.3	Glasklebungen mit strahlungshärtenden Klebstoffen	115
9.3.4	Glas – Metall – Klebungen	116
9.4	Gummi und Kautschukprodukte	116
9.5	Holz und Holzprodukte	117
9.6	Poröse Werkstoffe	118
10	Festigkeit, Berechnung und Prüfung von Klebungen	119
10.1	Begriff der Festigkeit	119
10.2	Prüfverfahren	121
10.2.1	Prüfung der Klebfestigkeit	121
10.2.2	Spannungen in einschnittig überlappten Klebungen	123
10.2.3	Prüfung der Schubfestigkeit	124
10.2.4	Prüfung des Schälwiderstandes	124
10.2.5	Prüfverfahren für Kurz- und Langzeitbeanspruchungen	127
10.3	Elastisches Kleben	128
10.4	Welle-Nabe-Verbindungen	130
11	Industrielle Anwendungen des Klebens	131
11.1	Kleben in der Luft- und Raumfahrt	131
11.2	Kleben im Fahrzeugbau	132
11.3	Kleben in der Elektronik	135
11.4	Kleben von optischen Bauteilen	136
11.5	Kleben und Dichten in der Bauindustrie	136
11.6	Kleben in der Papierverarbeitung	138
12	Konstruktive Gestaltung von Klebungen	139
13	Anhang	147
13.1	Ausgewählte Umrechnungsfaktoren angelsächsischer Einheiten und SI-Einheiten für klebtechnische Berechnungen	147
13.2	Ausgewählte deutsch-englische und englisch-deutsche Begriffe aus dem Gebiet des Klebens	148
14	Literatur	169
15	Ausgewählte Fachbegriffe der Klebtechnik	171
	Sachwortverzeichnis	191