

# Inhalt

|   |    |
|---|----|
| <b>Geschichtliches</b>  | 9  |
| <i>Die Entwicklung der Klebstoffe</i>                               | 9  |
| <i>Die Entwicklung der synthetischen Klebstoffe (2. Generation)</i> | 10 |
| Geschichte der Klebtechnik  | 11 |
| Entwicklungsgeschichte/Dichtungsmassen                              | 12 |
| <b>Allgemeine Grundlagen</b>  | 13 |
| <i>Was ist ein Klebstoff?</i>                                       | 13 |
| <i>Wie ist ein Klebstoff aufgebaut?</i>                             | 13 |
| <i>Adhäsion</i>   | 15 |
| Welche Ursachen hat die Adhäsion?                                   | 16 |
| Versuch zur Darstellung der Adhäsion                                | 17 |
| Mechanische Adhäsion  | 18 |
| Spezifische Adhäsion  | 19 |
| Weitere Adhäsionsbegriffe   | 20 |
| <i>Oberflächenspannung</i>  | 21 |
| <i>Kohäsion</i>   | 21 |
| <i>Darstellung der Adhäsion und Kohäsion</i>                        | 22 |
| Adhäsion  | 22 |
| Kohäsion  | 22 |
| Theorie   | 24 |
| <b>Kleb- und Dichtstoffe in der Technik und ihre Aufgaben</b>       | 27 |
| <i>Stoffschlüssige Verbindung</i>                                   | 30 |
| Darstellung stoffschlüssiger Verbindungen                           | 31 |
| <i>Spannungsverteilung</i>  | 31 |
| Spannungsverteilung in der Klebfuge                                 | 31 |
| Spannungsverteilung bei unterschiedlichen Fügepaarungen             | 34 |
| <i>Erhöhung der Haftreibung</i>                                     | 35 |
| <i>Kontaktkorrosion und Abdichtung</i>                              | 36 |
| <i>Die Aufgaben der Klebstoffe in der modernen Technik</i>          | 38 |
| Literaturnachweis   | 39 |
| <b>Chemischer Aufbau und Art der Kleb- und Dichtstoffe</b>          | 41 |
| <i>Physikalisch abbindende Kleb- und Dichtstoffe</i>                | 41 |
| <i>Natürliche Klebstoffe</i>  | 44 |
| <i>Lösungsmittelklebstoffe</i>                                      | 46 |

|  |     |
|--|-----|
| <i>Kontaktklebstoffe</i>   | 49  |
| Abbindeschema von lösungsmittelhaltigen Klebstoffen                | 50  |
| Einsatzbereiche der Kontaktklebstoffe                              | 50  |
| Anwendung von Kontaktklebstoffen                                   | 51  |
| Fragen und Antworten: Kontaktklebstoff                             | 51  |
| <i>Dispersionsklebstoffe</i>                                       | 52  |
| Fragen und Antworten: Dispersionsklebstoffe                        | 53  |
| <i>Klebbänder und Klebfolien</i>                                   | 54  |
| Wie sind Klebbänder und -folien aufgebaut?                         | 54  |
| Trägermaterialien  | 55  |
| Der Klebstoff der Klebbänder und -folien                           | 56  |
| Adhäsive Abdeckbänder und -folien                                  | 57  |
| Eigenschaften und Beständigkeiten der Klebbänder                   | 58  |
| Haftungstheorie  | 58  |
| Welche Kräfte wirken bei der Adhäsion?                             | 59  |
| Einflüsse auf die Hafteigenschaften                                | 59  |
| Oberflächenrautiefen bei Glas mit Klebstoff                        | 60  |
| Einfluß der Klebstoffschichtstärke auf die Benetzung               | 61  |
| Verarbeitungsrichtlinien für Klebbänder und -folien                | 62  |
| Untergrundbeschaffenheit und -vorbehandlung                        | 62  |
| Vorbereitung und Verarbeitung                                      | 62  |
| Verarbeitungshinweise  | 64  |
| Einsatzgebiete der Klebbänder und -folien                          | 65  |
| Ausgleichsvermögen auf die Oberfläche des Fügeteils                | 67  |
| Was ist bei einem technischen Einsatz von Klebbändern zu beachten? | 68  |
| Berechnung einer Klebverbindung mit Klebbändern                    | 68  |
| Prüfliste für die Auswahl des Klebbandes                           | 69  |
| Zusammenfassung der Anforderungen an ein Klebband                  | 69  |
| <i>Schmelzklebstoff</i>  | 70  |
| Eigenschaften der Schmelzklebstoffe                                | 72  |
| Herstellung der Schmelzklebstoffe                                  | 74  |
| Verarbeitung der Schmelzklebstoffe                                 | 76  |
| Verbundeigenschaften der Schmelzklebstoffe                         | 76  |
| Schmelzklebstoffauftragsgeräte                                     | 77  |
| Anwendungsgebiet der Schmelzklebstoffe                             | 79  |
| Literatur  | 85  |
| <i>Reaktionsklebstoffe</i>   | 85  |
| Chemie der Reaktionsklebstoffe                                     | 86  |
| <i>Polymerisationsklebstoffe</i>                                   | 86  |
| Einkomponenten-Polymerisationsklebstoffe                           | 86  |
| Zweikomponenten-Polymerisationsklebstoffe                          | 112 |
| Literatur  | 124 |
| <i>Polykondensationsklebstoffe</i>                                 | 124 |
| Aminoplaste  | 125 |
| Phenoplaste  | 126 |
| <i>Polyadditionsklebstoffe</i>                                     | 126 |
| <i>Epoxidharzklebstoffe</i>  | 127 |
| Kalthärtende Epoxidharzklebstoffe                                  | 128 |
| Warmhärtende Epoxidharzklebstoffe                                  | 132 |

|  |     |
|--|-----|
| Heißhärtende Epoxidharzklebstoffe                                  | 133 |
| Hochleistungs-Epoxidharzklebstoffe                                 | 136 |
| <i>Polyurethanklebstoffe</i>                                       | 144 |
| <i>Reaktive Klebstoffolien</i>                                     | 157 |
| <i>Dichtungsmassen</i>   | 161 |
| Physikalisch abbindende Systeme                                    | 166 |
| Chemisch härtende Dichtungsmassen                                  | 169 |
| Literatur  | 186 |
| <b>Werkstoffe und deren Verklebbarkeit</b>                         | 187 |
| <i>Allgemeines</i>   | 187 |
| <i>Klebtechnische Eigenschaften der Werkstoffe</i>                 | 191 |
| <i>Klebtechnische Eigenschaften der Metalle</i>                    | 195 |
| <i>Kunststoffe und Elastomere</i>                                  | 203 |
| Thermoplaste   | 205 |
| Duroplaste   | 206 |
| Elastomere (Kautschuke)  | 206 |
| <i>Klebtechnische Eigenschaften der Kunststoffe und Elastomere</i> | 207 |
| Oberflächenspannungen und Randwinkel bei Kunststoffen              | 209 |
| Diffusionsverhalten von Kunststoffen                               | 211 |
| Deformationsmechanik der Kunststoffe                               | 215 |
| Klebstoffe für Kunststoffe und Elastomere                          | 215 |
| Eigenschaften der Kunststoffe                                      | 218 |
| <i>Elektrotechnik und Elektronik</i>                               | 218 |
| Elektrisch- und wärmeleitende Kleb- und Dichtstoffe                | 221 |
| Wärmeleitende Klebstoffe   | 221 |
| <i>Sonstige Werkstoffe</i>   | 223 |
| Das Verkleben von Keramik und Steingut                             | 224 |
| Das Kleben von Beton   | 224 |
| Literatur  | 226 |
| Kleben von Holz  | 226 |
| Kleben von Glas  | 231 |
| Kleben von Textilien   | 234 |
| Literatur  | 245 |
| <i>Vorbehandlung der Werkstoffe</i>                                | 246 |
| Reinigen und Entfetten   | 247 |
| Mechanische Vorbehandlung  | 247 |
| Chemische Vorbehandlung  | 247 |
| Thermische Vorbehandlung   | 247 |
| Elektrische Vorbehandlung  | 248 |
| Niederdruckplasma-Vorbehandlung                                    | 248 |
| <i>Vorbehandlung von Metallen</i>                                  | 248 |
| Bearbeitungseinflüsse auf die Oberfläche                           | 259 |
| <i>Vorbehandlung von Nichtmetallen</i>                             | 259 |
| <i>Vorbehandlung von Kunststoffen</i>                              | 261 |
| Vorbehandlung von Fügeiteiloberflächen aus Kunststoff              | 261 |

|  |     |
|--|-----|
| Vorbehandlung der einzelnen Kunststoffe                  | 273 |
| Literatur  | 277 |
| <b>Grundlagen der Kleb- und Dichttechnik</b>             | 279 |
| <i>Vorbereitungs- und Verarbeitungsparameter</i>         | 279 |
| <i>Herstellung von Kleb- und Dichtverbindungen</i>       | 280 |
| Kleb- und Dichtvorgang                                   | 280 |
| Klebstoffauftrag   | 280 |
| Flüssige Kleb- und Dichtstoffe                           | 280 |
| Feste Kleb- und Dichtstoffsysteme                        | 283 |
| Arbeitsbedingungen beim Kleben und Dichten               | 283 |
| Literatur  | 290 |
| <i>Verarbeitungsvorrichtungen Kleb- und Dichttechnik</i> | 290 |
| Moderne Auftragstechnik                                  | 290 |
| Dosieren – Mischen – Portionieren                        | 291 |
| Auftragsgeräte   | 292 |
| Materialversorgung                                       | 295 |
| Pasten- und Vakuummischer                                | 297 |
| Dosiersysteme für Cyanacrylatklebstoffe                  | 298 |
| Schmelzklebstoffgeräte                                   | 302 |
| Misch- und Dosieranlagen                                 | 302 |
| Anwendungsbeispiele                                      | 308 |
| Literatur  | 310 |
| <i>Raumgestaltung</i>                                    | 311 |
| Arbeitsschema beim Kleben und Dichten                    | 311 |
| Glaskleben – Adhäsionsklebung                            | 312 |
| <i>Umgang mit Klebverbindungen</i>                       | 316 |
| Mechanische Bearbeitung                                  | 316 |
| Mehrfach-Klebverfahren                                   | 317 |
| Schweißen von geklebten Fügeteilen                       | 317 |
| Literatur  | 317 |
| <b>Kontrollen und Prüfverfahren</b>                      | 319 |
| <i>Zerstörende Prüfverfahren</i>                         | 319 |
| Die Prüfung nach Materialprüfnormen                      | 319 |
| Was ist statische Belastung?                             | 320 |
| Was ist dynamische Belastung?                            | 320 |
| Zugversuch   | 324 |
| Druckscherversuch  | 325 |
| Zugscherversuch  | 326 |
| Torsionsscherversuch                                     | 327 |
| Schälversuch   | 328 |
| Biegeversuch   | 330 |
| Biegeschälfestigkeiten                                   | 330 |
| Langzeitfestigkeiten                                     | 330 |
| Dynamische Langzeitfestigkeiten                          | 331 |
| Zeitstandversuche  | 332 |
| Dauerstandfestigkeit                                     | 333 |

|  |     |
|--|-----|
| <i>Zerstörungsfreie Prüfungen</i>  | 334 |
| Zerstörungsfreie statische und dynamische Belastungsprüfungen            | 335 |
| Akustische Prüfverfahren   | 336 |
| Elektrische Prüfverfahren  | 340 |
| Röntgenverfahren   | 340 |
| Wärmeflußverfahren   | 341 |
| Infrarotverfahren  | 341 |
| <i>Klebstoffbruch</i>  | 343 |
| Bruchuntersuchungen  | 343 |
| Literatur  | 346 |
| <br>   |     |
| <b>Fehlverklebungen und ihre Ursachen</b>                                | 347 |
| <i>Fehlerquelle »Kleb- und Dichtstoffe«</i>                              | 347 |
| Viskosität   | 348 |
| Dichte   | 348 |
| <i>Fehlerquelle »Kleb- und Dichttechnik</i>                              | 349 |
| Häufige Fehlerquellen  | 349 |
| <i>Klebstoffüberwachungsprogramm</i>                                     | 354 |
| <i>Konstruktionsbedingte Fehler</i>                                      | 354 |
| Häufige Fehler   | 354 |
| Kenntnisse der Beanspruchungsarten                                       | 355 |
| Beispiel Fehlerfeststellung und dessen Beseitigung                       | 355 |
| Berechnung der Klebfestigkeiten  | 355 |
| <i>Fehlerquelle »Werkstoffe«</i>   | 358 |
| Werkstoffvorschädigungen   | 358 |
| Folgen der Wasseraufnahme  | 358 |
| Oberflächengüte  | 359 |
| <i>Fehlerquelle »Diverse«</i>  | 359 |
| Fehleranalysen   | 360 |
| Endkontrolle   | 360 |
| Fehleranalyse im Schadensfall  | 360 |
| <i>Fehler-Ursachen/Beseitigung</i>                                       | 361 |
| <i>Fehler-Ursachen/Folgen/Maßnahmen</i>                                  | 364 |
| Literatur  | 364 |
| <i>Demontage von Kleb- und Dichtungsverbindungen</i>                     | 365 |
| Mechanisches Lösen   | 365 |
| Physikalisches und thermisches Lösen                                     | 366 |
| Chemisches Lösen   | 366 |
| Wiederverwertbarkeit von Fügeteilen                                      | 367 |
| <br>   |     |
| <b>Arbeitshygiene und Arbeitsschutzmaßnahmen</b>                         | 368 |
| <i>Einführung</i>  |     |
| <i>Gewebetoxologische Begriffe und tierexperimentelle Untersuchungen</i> | 370 |
| Akute Toxizität  | 370 |
| Haut- und Schleimhautverträglichkeit                                     | 371 |

|   |     |
|---|-----|
| Lokale Hautreizwirkung  | 371 |
| Sensibilisierung  | 371 |
| Subchronische und chronische Toxizität                                  | 372 |
| <i>Toxische Eigenschaften der wichtigsten Kunststoffe</i>               | 373 |
| Vorbemerkung  | 373 |
| Epoxidharze   | 373 |
| Härter für Epoxidharze  | 374 |
| Polyurethanharze  | 376 |
| <i>Arbeitshygienische Maßnahmen beim Umgang mit Kunststoffprodukten</i> | 377 |
| Aufnahme durch den Mund   | 377 |
| Kontakte mit den Augen  | 377 |
| Kontakte mit der Haut   | 377 |
| Amino- und Phenolplastharze   | 378 |
| Hilfsstoff  | 378 |
| Prinzipielle Hinweise zur Arbeitshygiene                                | 379 |
| <i>Erste Hilfe</i>  | 383 |
| Augen   | 383 |
| Haut  | 383 |
| Inhalation  | 383 |
| <i>Schutzmaßnahmen beim Umgang mit Cyanacrylatklebstoffen</i>           | 384 |
| Arbeitshygiene  | 384 |
| Klebstoff-Dämpfe: Augen   | 384 |
| Schleimhäute  | 384 |
| Klebstoff-Flüssigkeit: Augenkontakt                                     | 384 |
| Reinigung von Arbeitsgeräten, Lösen von Klebverbindungen:               |     |
| Hautverklebung  | 384 |
| Humanmedizin  | 385 |
| Reinigung der Arbeitsgeräte   | 385 |
| <b>Wirtschaftlichkeit und Wertanalyse</b>                               | 386 |
| <i>Einmalige Kosten</i>   | 386 |
| <i>Wiederkehrende Kosten</i>  | 386 |
| Fertigungskosten und räumliche Gestaltung                               | 386 |
| Personal- und Fertigungskosten  | 386 |
| Fertigungs- und Materialkosten  | 387 |
| Literatur   | 387 |
| <b>Produkthaftung</b>   | 388 |
| <i>Rechtliche Grundlagen</i>  | 388 |
| <i>Gliederung der Produktionsverantwortung</i>                          | 388 |
| Konstruktionsverantwortung  | 388 |
| Fabrikationsverantwortung   | 389 |
| Informationsverantwortung   | 390 |
| Produktionsbeobachtungspflicht  | 390 |
| Organisationsverantwortung  | 390 |
| Umkehr der Beweislast   | 390 |
| Funktionsgerechte Prüfverfahren   | 390 |
| Leichtfertigkeit im Sprachgebrauch                                      | 391 |

|  |     |
|--|-----|
| Verpflichtung und Herausforderung  | 391 |
| Zusammenfassung  | 392 |
| Literatur  | 392 |
| <b>Zusammenfassung und klebtechnische Begriffe</b>                       | 393 |
| <i>Klebtechnische Begriffe</i>   | 393 |
| <i>Zusammenfassung</i>   | 397 |
| Werkstoff  | 397 |
| Auftrag und Verarbeitung   | 397 |
| Leistungserwartung   | 397 |
| <i>Fragebogen</i>  | 398 |
| <i>Zusammenfassung der wichtigsten Klebstoff-Normen</i>                  | 399 |
| VDI-Richtlinien  | 403 |
| <i>Kunststoff-Übersicht</i>  | 403 |
| <i>Neue SI-Einheiten und alte Einheitsgrößen</i>                         | 413 |
| 1. Länge, Fläche, Volumen  | 413 |
| 2. Masse (Gewicht), Massenträgheit                                       | 413 |
| 3. Kraft, Druck, Einheiten für Festigkeit                                | 414 |
| 4. Zeit, Geschwindigkeit, Frequenz                                       | 414 |
| 5. Energie, Arbeit, Wärmemenge   | 414 |
| 6. Temperatur  | 415 |
| 7. Eigenschaften von Flüssigkeiten und Gasen                             | 416 |
| <i>Abgeleitete SI-Einheiten und ihr Zusammenhang mit den Basisgrößen</i> | 416 |
| <i>Verzeichnis der Formelzeichen</i>                                     | 418 |
| <b>Register</b>  | 420 |