



Qualitätsbestimmende Prozessparameter beim Kleben mit Reaktionsklebstoffen und praxisnahe Prüfmethoden

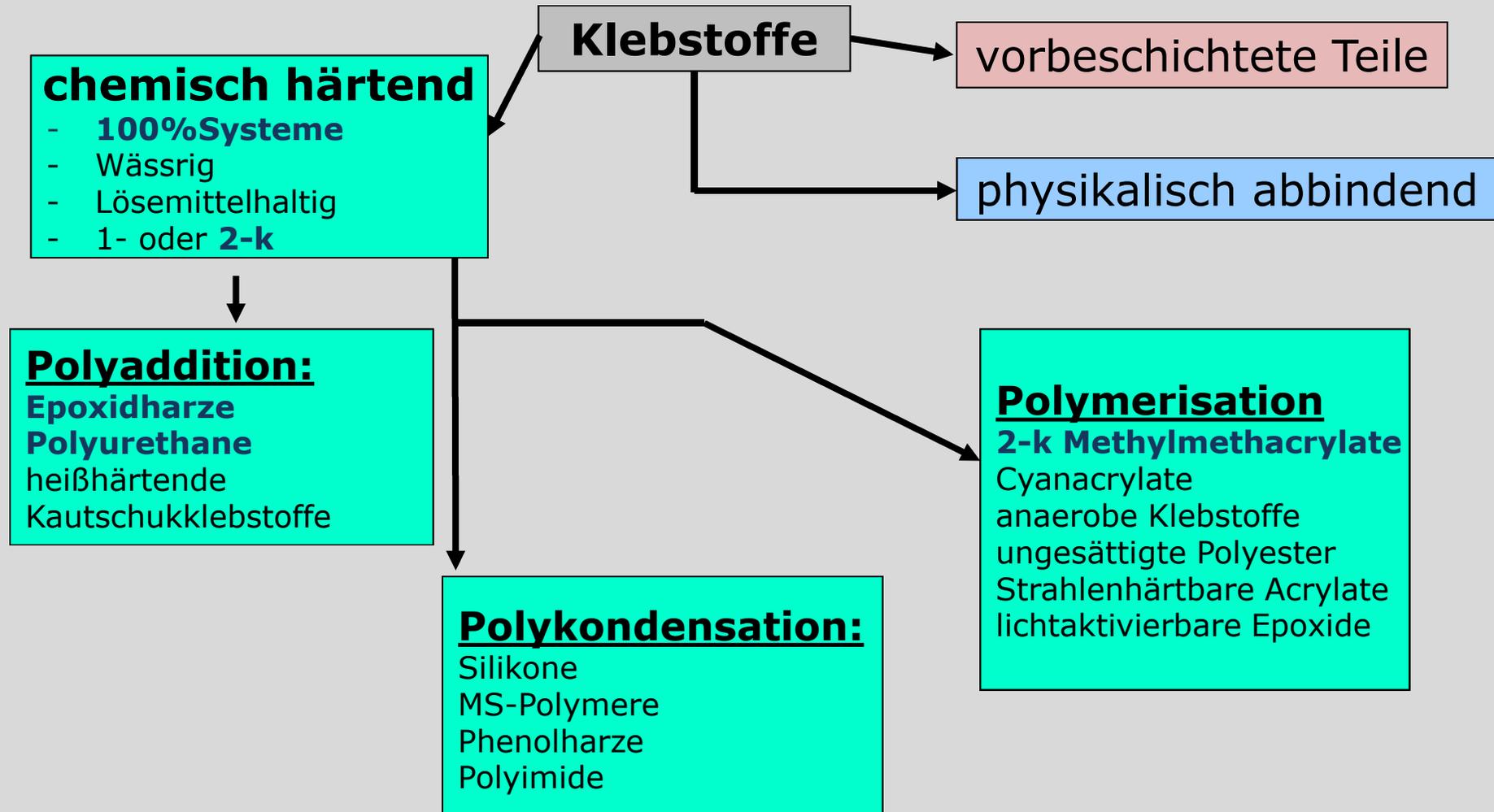


Übersicht

- Einleitung
- Systematik der (Reaktions-)Klebstoffe
- Qualitätsrelevante Prozessparameter im Allgemeinen und Speziellen
 - Oberflächenqualität
 - Validierung eines Oberflächenzustands
 - Überprüfung in der Fertigung
 - Mischungsverhältnis und Mischqualität von 2-k-Klebstoffen
 - Anlagentechnik
 - Mischverfahren (statisch, dynamisch)
 - Verarbeitungszeiten von Reaktionsklebstoffen (2-k-Klebstoffe, 1-k-Klebstoffe)
 - Topzeit/offene Zeit/Hautbildezeit
 - Erreichen einer Handhabungsfestigkeit, bzw. der Endfestigkeit
 - Einfluss der Umgebungs- und Prozessbedingungen auf die Verarbeitungszeiten
 - Wärmebeschleunigte Klebstoffhärtung, was ist zu beachten
- Zusammenfassung - Resümee

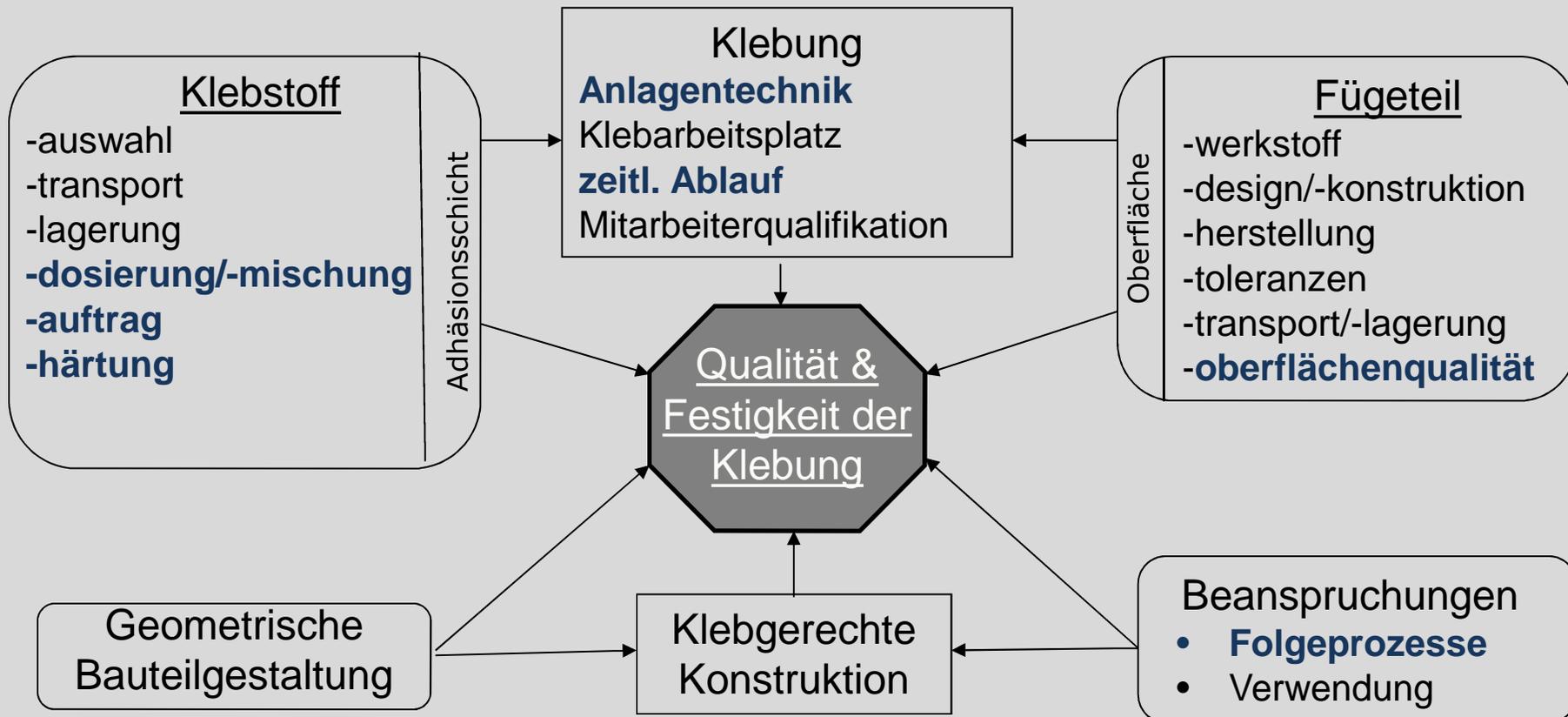


Systematik der (Reaktions-) Klebstoffe





Qualitätsbestimmende Einflussfaktoren beim Kleben



nach: G. Habenicht, Kleben, Springer Verlag, 2002



Oberflächenqualität

Die Fügeteiloberfläche ist von ausschlaggebender Bedeutung für die Qualität, d.h. Festigkeit und Dauerhaftigkeit einer Klebung.

- Die verschiedenen für die Adhäsion relevanten Kräfte haben sehr geringe Reichweiten ($< 1 \text{ nm}$)
- Adhäsionskräfte zwischen Fügeteil und Klebstoff können sich nur dann bilden, wenn die zur Ausbildung von Wechselwirkungen befähigten Molekülgruppen des Fügeteils und des Klebstoffs sich ausreichend annähern können.
- Der Klebstoff muss die Fügeteiloberfläche benetzen, dazu muss die Oberflächenspannung des Fügeteils größer sein als die des Klebstoffs.
 - Die Oberflächenenergie, insbesondere ihr polarer Anteil kann als Kriterium im Rahmen der Qualitätssicherung genutzt werden
- Zwar ist eine gute Benetzung eine notwendige, aber keine hinreichende Voraussetzung für eine gute Haftung d.h. eine beständige Klebverbindung!



Oberflächenqualität

Validierung des Oberflächenzustandes:

Es ist zwingend erforderlich ein Oberflächenbehandlungsverfahren anhand von Laborprüfungen und ggf. an unter realen Fertigungsbedingungen hergestellten Teilen zu validieren.

Ziel: Beanspruchung < Beanspruchbarkeit

idealerweise mit kohäsivem Klebstoffversagen oder Fügeteilbruch

Dies ist Teil des im Rahmen der Prozessentwicklung zu erbringenden Nachweises, dass ein Bauteil die Anforderungen in allen Lebenszyklen über die beabsichtigte Gebrauchsdauer erfüllt.

Gerade für die Validierung des Oberflächenzustands bieten zeigende Schälprüfungen gegenüber Scherprüfungen eine bessere Differenzierung und erlauben ehrliche Aussagen hinsichtlich der erreichten Adhäsion und deren Beständigkeit.

Ggf. müssen die Prüfungen bei hoher/tiefer Temperatur, nach Medienbelastung und nach einer (beschleunigten) Alterung durchgeführt werden.



Oberflächenqualität

Validierung des Oberflächenzustandes - Prüfmethoden:

- 180° Schälversuch (T-Peel) DIN EN ISO 11339

Bestimmung des Schälwiderstands eines Klebstoffes durch Messung der Schälkraft einer T-förmigen Klebung zweier flexibler Fügeteile.

Wird auch z.T. für starre Fügeteile eingesetzt

- Rollenschälversuch DIN EN 1464

Bestimmung des Schälwiderstandes hochfester Klebungen zwischen einem starren Fügeteil und einem flexiblen Fügeteil unter vorgeschriebenen Vorbehandlungs- und Prüfbedingungen.



Oberflächenqualität

Validierung des Oberflächenzustandes - Prüfmethoden:

- Rollenschälversuch DIN EN 1464

Abschälen eines flexiblen von einem starren Füge teil unter einem konstanten Winkel von 90°

- Biegeschälversuch DIN 54461

erlaubt die Differenzierung von Hafteigenschaften, z.B. zum Vergleich von Oberflächenbehandlungen

Oberflächenqualität

Validierung des Oberflächenzustandes - Prüfmethoden:

- Cleavage Peel Test ASTM D 3801

Abschälen eines flexiblen von einem starren Fügeteil unter einem konstanten Winkel von 90°

Die Steifigkeit der Fügeteile bestimmt die Art der Krafteinleitung und hat Einfluss auf die Schälkraft und ggf. auch das Versagensbild

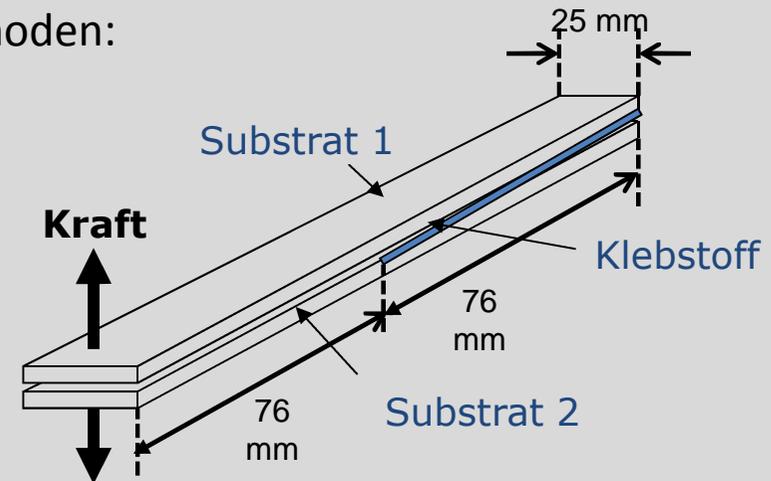


Bild: KLEBTECHNIK Dr. Hartwig Lohse e.K.



Oberflächenqualität

Validierung des Oberflächenzustandes - Prüfmethoden:

- Keilspalttest DIN 65448

Durch das Einbringen eines Keil wird die Klebung entsprechend der Steifigkeit der Fügeteile einer permanente Schälbelastung ausgesetzt.

Der Rissfortschritt unter verschiedenen klimatischen Bedingungen wird verfolgt.

Der Test wurde weiter entwickelt, um ihn insbesondere als Laborzeitraffer- oder Freibewitterungstest zu nutzen und so Aussagen hinsichtlich der Langzeitbeständigkeit einer Klebung zu erhalten

Versuchsparameter sind:

- die Keilhöhe
- der Abstand Keil – Klebschicht (a_0)
- mechanischen Eigenschaften der Fügeteile

diese bestimmen die anfängliche:

- maximale Klebschichtspannung (δ_y)
- durch die Biegung der Fügeteile gespeicherte Energie



Oberflächenqualität

Validierung des Oberflächenzustandes - Prüfmethoden:

- Raupenschälversuch DIN 54457
 - Prüfung der Haftung von elastischen Kleb- oder Dichtstoffen auf verschiedenen Untergründen.
 - Manuelles Abschälen der Raupe nach Anritzen mit einem Cutter.
 - Liefert keine Aussagen zur Festigkeit
 - Kann auch an realen Bauteilen durchgeführt werden.

Oberflächenqualität

Validierung des Oberflächenzustandes - Prüfmethoden:

- Zerstörende Prüfung des Bauteils
 - Bruchbildbeurteilung gem. festgelegter Kriterien
 - z.B. Anteil kohäsives/Fügeteil-Versagen > 80 %
 - Länge adhäsives Versagen < 150 mm
 - Subjektive Beurteilung der Klebfestigkeit





Oberflächenqualität

Ahlbrandt System GmbH

Messung der **Oberflächenenergie**:

- **Wassertropfentest:** Vergleich der Benetzungsfähigkeit eines Wassertropfens (72 mJ/m^2) auf verschiedenen Substraten (Schnelltest ohne wissenschaftlichen Anspruch zum qualitativen Vergleich)
- **Testtinten:** Serie von Flüssigkeiten mit abgestufter Oberflächenspannung (von $18 - 105 \text{ mN/m}$). Zieht sich die Testtinte nach dem Auftrag auf der Oberfläche zusammen, so ist die Oberflächenenergie des Feststoffs geringer als die der Tinte, bleibt die Benetzung mind. 2 sec erhalten, so ist die Oberflächenenergie des Feststoffs gleich oder größer als diejenige der Flüssigkeit. (DIN ISO 8296)
 - Erlaubt im Prozess eine schnelle „gut“ / „schlecht“ Differenzierung
 - Keine Aussage bezgl. Anteil an polarem und dissipativen Anteil



Oberflächenqualität

Hinweise zur Verwendung von Testtinten:

- Testtinten sind als Flüssigkeit in Flaschen und in Form von „Filzstiften“ verfügbar.
- Haltbarkeitsdatum beachten
- Bei verschmutzten Oberflächen sollte die Flüssigkeit mit einem Wattestäbchen oder ähnlichem aufgetragen werden, damit kein Schmutz über den Pinsel in die Flasche gelangen kann.
- Flaschen/Stifte nicht unnötig lange offen stehen lassen um das Verdunsten von Inhaltsstoffen und die daraus resultierende Änderung der Zusammensetzung (= Oberflächenspannung) zu vermeiden
- Nicht auf durch Testtinten verunreinigten Oberflächen kleben!



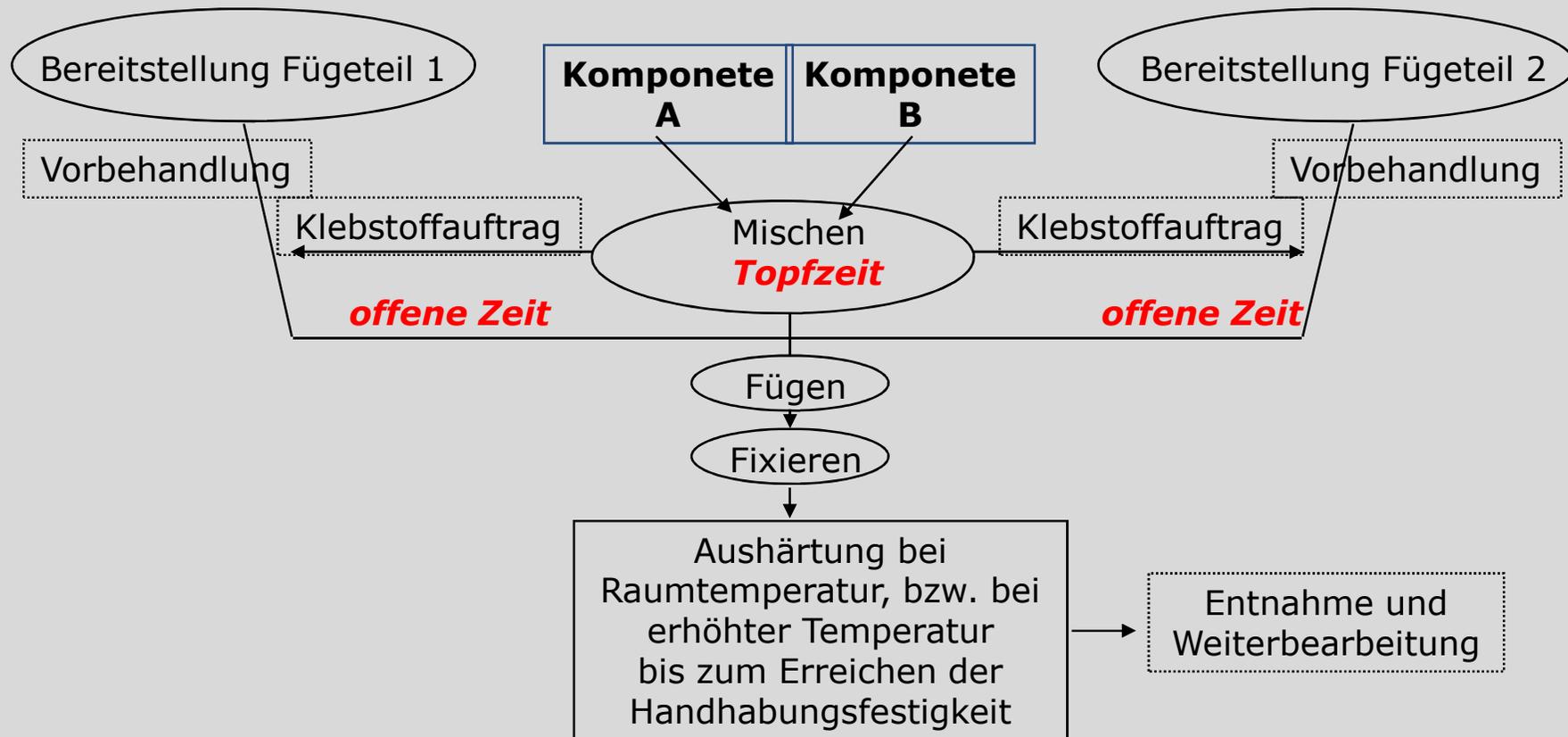
Oberflächenqualität

Messung der **Oberflächenenergie**:

- **Wassertropfentest:** Vergleich der Benetzungsfähigkeit eines Wassertropfens (72 mJ/m^2) auf verschiedenen Substraten (Schnelltest ohne wissenschaftlichen Anspruch zum qualitativen Vergleich)
- **Testtinten:** Serie von Flüssigkeiten mit abgestufter Oberflächenspannung (von $18 - 105 \text{ mN/m}$). Zieht sich die Testtinte nach dem Auftrag auf der Oberfläche zusammen, so ist die Oberflächenenergie des Feststoffs geringer als die der Tinte, bleibt die Benetzung mind. 2 sec erhalten, so ist die Oberflächenenergie des Feststoffs gleich oder größer als diejenige der Flüssigkeit.(DIN ISO 8296)
- **Randwinkelbestimmung:** Messung des Randwinkels, aus dessen Cosinus die Oberflächenspannung errechnet werden kann (DIN EN 828).
 - Deutlich höherer apparativer Aufwand und daher eher nicht für eine fertigungsbegleitende Prüfung geeignet, liefert aber die aussagekräftigsten Ergebnisse und erlaubt zwischen dem polaren (entscheidend für Adhäsion) und dispersen Anteil zu differenzieren.

Mischungsverhältnis und Mischqualität von 2-k-Klebstoffen

Der Prozessablauf bei der Verwendung eines 2-k-Klebstoffs ist durch einige Besonderheiten geprägt:





Mischungsverhältnis und Mischqualität von 2-k-Klebstoffen

Der Prozessablauf bei der Verwendung eines 2-k-Klebstoffs ist durch einige Besonderheiten geprägt:

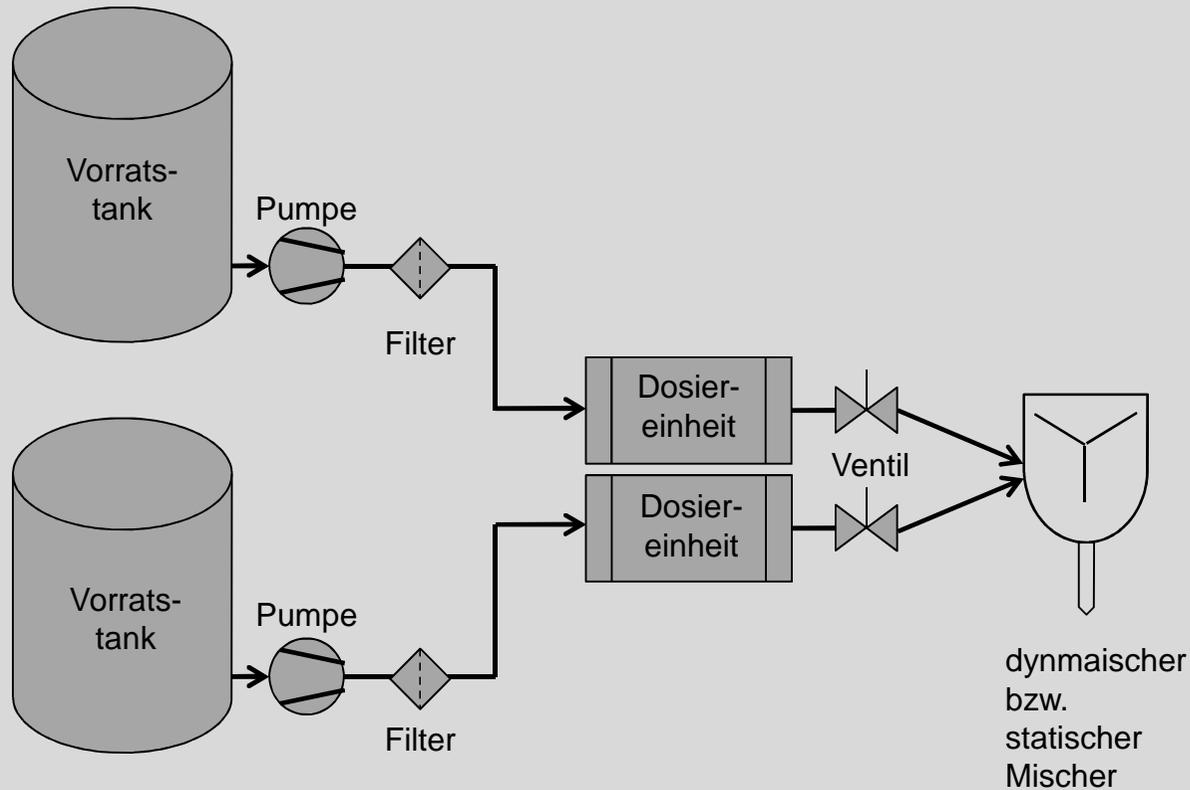
- Es müssen zwei Klebstoffkomponenten vor dem Auftragen auf das Fügeteil in einem bestimmten Mengenverhältnis homogen vermischt werden
- Die chemische Härtingsreaktion beginnt unmittelbar mit dem ersten Kontakt der beiden Komponenten
- Die Topfzeit, bzw. offene Zeit ist zu beachten
 - Definition Topfzeit: Zeitspanne, in der ein Mehrkomponentenklebstoff nach dem Mischen verarbeitet werden kann (DIN EN 923)
- Definition offene Zeit: Zeitspanne zwischen dem Ende des Klebstoffauftrags auf die Klebflächen und dem Fügen einer Klebung (DIN EN 923)

ANMERKUNG Die Topfzeit eines Klebstoffes hängt von Volumen und Temperatur des gemischten Klebstoffes sowie von der Umgebungstemperatur ab.

besser

Zeitspanne zwischen dem **Beginn** des Klebstoffauftrags auf die Klebflächen und dem Fügen einer Klebung

Mischungsverhältnis und Mischqualität von 2-k-Klebstoffen





Mischungsverhältnis

- Festgelegt durch die auf der Zusammensetzung des Klebstoffs beruhenden Angabe des Klebstoffherstellers im technischen Datenblatt
- Abweichungen führen zu abweichenden Klebstoffeigenschaften und müssen vermieden werden
 - Als Folge eines Überschusses an einer Komponente wird nicht das angestrebte Molekulargewicht erreicht und die überschüssige Komponente verbleibt als „Weichmacher“ im Klebstoff.
 - Ein Überschuss an Isocyanat bei 2-k-PU-Klebstoffen führt nach einiger Zeit zu großen Blasen im Klebstoff



Mischungsverhältnis – Dosier- und Mischanlage

Überprüfung

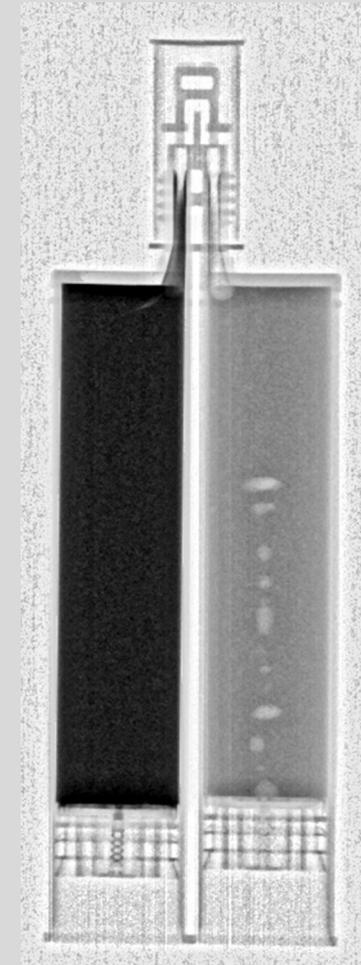
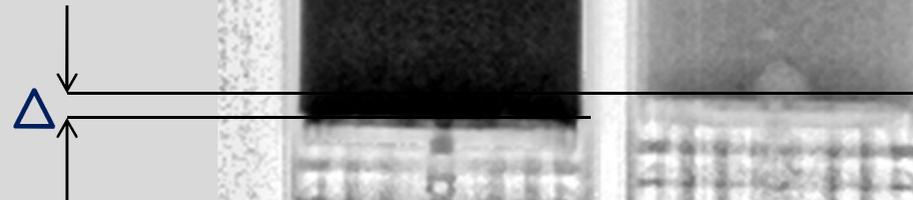
- „Auslitern“ – stichprobenartige Massebestimmung der pro Zeiteinheit extrudierten Menge der beiden Komponenten
 - Austausch des Mischers gegen einen speziellen Aufsatz, der es erlaubt die beiden Komponenten in separaten Gefäßen aufzufangen

Anmerkung: Es herrschen in der Regel beim Auslitern jedoch andere Druckverhältnisse als im regulären Betrieb, sodass von der Realität abweichende Ergebnisse ermittelt werden können. Es gibt Dosier- und Mischanlagen, die in der Ausliterstation eine Möglichkeit zur Anpassung des Druckes an die realen Bedingungen erlauben
- In-line Durchflussmessung, z.B. durch Zahnrad-Volumenzähler, ggf. mit automatischer Anpassung der Durchflussmenge

Mischungsverhältnis - Kartusche

Auch wenn bei der Verwendung von Kartuschen das Mischungsverhältnis durch die beiden Kartuschenkammern vorgegeben und „fix“ ist können

- Luftblasen
 - nicht nivellierte Kolben in der Kartusche
 - nicht nivellierte Kolben der Kartuschenpistole
- zu Dosierfehlern führen



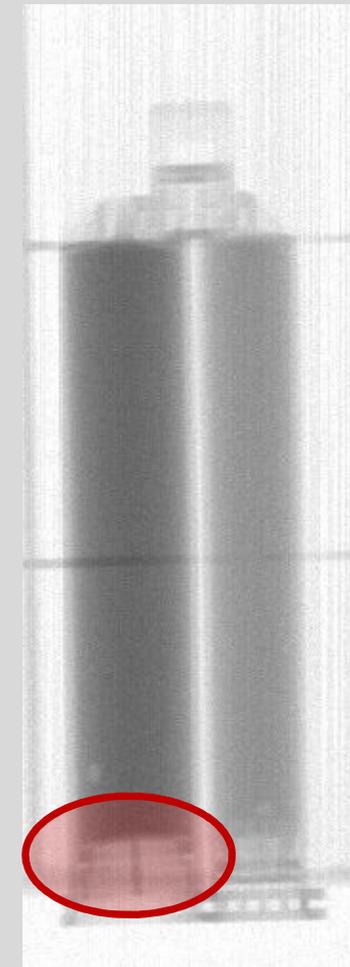
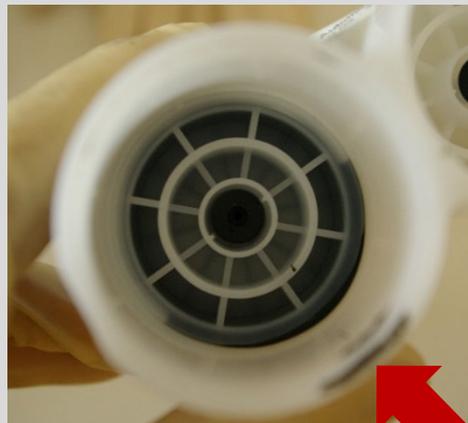
Bilder: Lohnpack GmbH

Mischungsverhältnis - Kartusche

Auch wenn bei der Verwendung von Kartuschen das Mischungsverhältnis durch die beiden Kartuschenkammern vorgegeben und „fix“ ist können

- Luftblasen
- nicht nivellierte Kolben in der Kartusche
- nicht nivellierte Kolben der Kartuschenpistole
- durch eine defekte Kartuschenpistole verkantete oder schräg eingesetzte Kolben

zu Mischungsfehlern führen



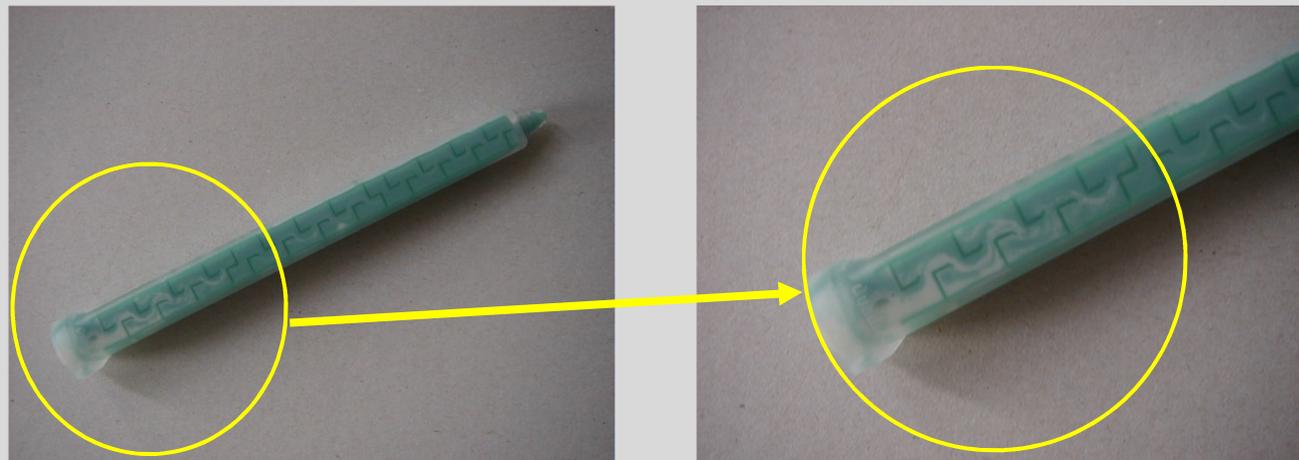
Bilder: KLEBTECHNIK Dr.
Hartwig Lohse e.K.

Bild: Lohnpack GmbH

Mischungsverhältnis und Mischqualität von 2-k-Klebstoffen

Sowohl der dynamische, als auch der statische Mischer bedarf einer hohen Aufmerksamkeit:

- Materialdruck unmittelbar vor dem Mischer: steigender Druck deutet auf das Vorhandensein von teil-ausgehärteten Klebstoff im Mischer. Die Folge ist eine Verschlechterung der Mischwirkung
- Ungestörter Klebstoffaustrag: der Klebstoff sollte geradlinig aus dem Mischer ausgetragen und nicht durch anhaftende Verunreinigungen abgelenkt werden
- Statischer Mischer: nach etwa 1/3 bis der Hälfte der Mischerlänge sollten keine Farbunterschiede (bei deutlich verschieden farbigen Komponenten) zu erkennen sein.



Bilder: KLEBTECHNIK Dr.
Hartwig Lohse e.K.



Mischungsverhältnis und Mischqualität von 2-k-Klebstoffen

Die meisten Klebstoffe zeigen bei Mischungsfehlern ein für den geschulten und erfahrenen Werker atypisches Aussehen:

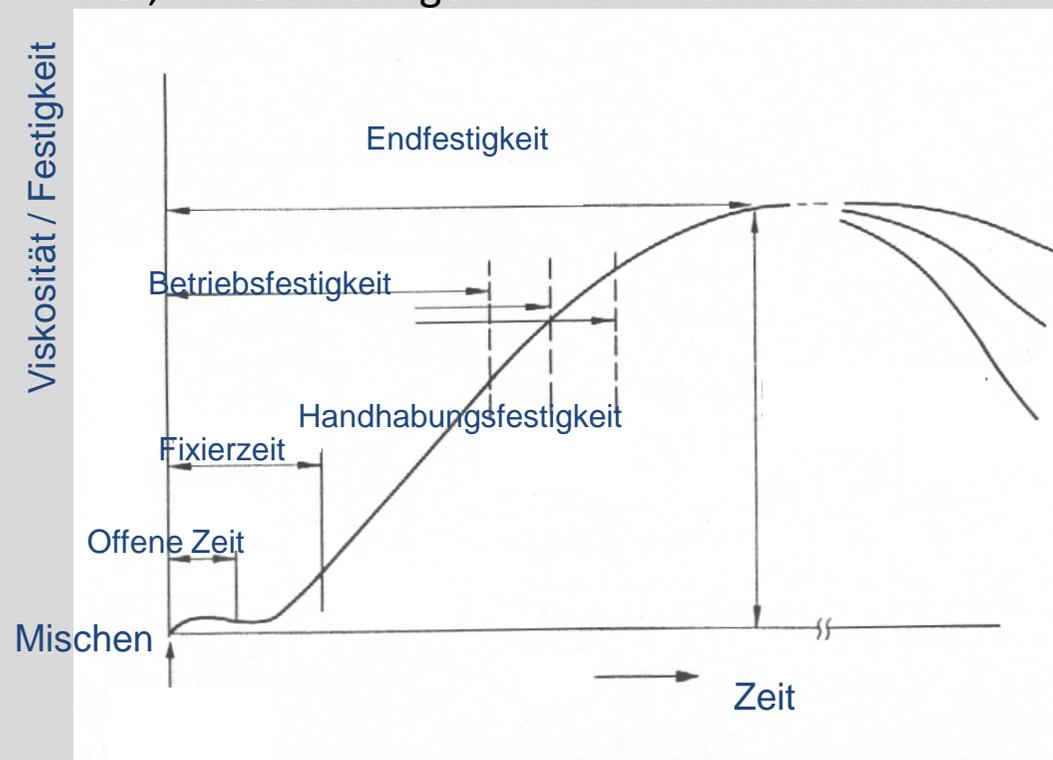
- Korrektes Mischungsverhältnis und gute Durchmischung:
 - homogene Farbe, keine Streifen
 - glatte oft leicht glänzende Oberfläche
- Korrektes Mischungsverhältnis aber schlechte Durchmischung
 - Farbunterschiede, z.B. Streifen
 - „unruhige“ Oberfläche
 - häufig „grisselige“ Oberfläche
- abweichendes Mischungsverhältnis und gute Durchmischung
 - farbliche Abweichung
 - „weiche“ Stellen im ausgehärteten Klebstoff
 - Bei Isocyanat-Überschuss (PU-Klebstoff): Auftreten von z.T. großen Blasen, jedoch erst nach einiger Zeit
 - abweichendes Raupenstandvermögen (insb. bei chem. thixotropierten PU-Klebstoffen)

Bilder: Ashland Inc

Verarbeitungszeiten von 2-k-Reaktionsklebstoffen

Besonderheiten:

- Zwei Komponenten müssen im korrekten Massen-, bzw. Volumenverhältnis zu einander bereitgestellt ...
- ... und vollständig homogen miteinander, ohne Einbringen von Luft vermischt werden
- Die Härtingsreaktion startet beim ersten Vermischen der beiden Komponenten.
- Daraus resultieren:
 - Topfzeit
 - Offene Zeit
 - Fixierzeit





Verarbeitungszeiten von 2-k-Reaktionsklebstoffen – Topfzeit/offene Zeit

Methoden zur Bestimmung der Topfzeit/offenen Zeit:

- DIN EN 14022:2010
- ISO DIS 10364.2:2007 (derzeit in Überarbeitung)

Beide Normen beschreiben folgende Verfahren:

- Bestimmung mittels Veränderung der scheinbaren Viskosität (Topfzeit > 5 min)

Die Topfzeit wird durch Messen der Zeit die zwischen dem vollständigen Mischen der beiden Klebstoffkomponenten und dem Erreichen einer bestimmten vereinbarten Viskosität (häufig Viskositätsverdoppelung) ermittelt (für Systeme mit Topfzeit > 5 min)

Der ermittelte Wert ist von einer Vielzahl von Parametern abhängig, z.B.:

- Verwendetes Viskosimeter
- Schergeschwindigkeit
- Messintervall
- Ansatzgröße
- Temperatur



Verarbeitungszeiten von 2-k-Reaktionsklebstoffen – Topfzeit/offene Zeit

Methoden zur Bestimmung der Topfzeit/offenen Zeit:

- DIN EN 14022:2010
- ISO DIS 10364.2:2007 (derzeit in Überarbeitung)

Beide Normen beschreiben folgende Verfahren:

- Bestimmung mittels Veränderung der scheinbaren Viskosität (Topfzeit > 5 min)
- Bestimmung mittels Veränderung der Extrusionsgeschwindigkeit (Topfzeit > 5 min)

Die Topfzeit wird durch Messen der Zeit ermittelt, die vergeht, bis eine bestimmte Verringerung der je Zeiteinheit unter Normalbedingungen durch eine kalibrierte Öffnung extrudierten Klebstoffmenge eingetreten ist

Der ermittelte Wert ist von einer Vielzahl von Parametern abhängig, z.B.:

- Ansatzgröße
- Extrusionsbedingungen
- Temperatur



Verarbeitungszeiten von 2-k-Reaktionsklebstoffen – Topfzeit/offene Zeit

Methoden zur Bestimmung der Topfzeit/offenen Zeit:

- DIN EN 14022:2010
- ISO DIS 10364.2:2007 (derzeit in Überarbeitung)

Beide Normen beschreiben folgende Verfahren:

- Bestimmung mittels Veränderung der scheinbaren Viskosität (Topfzeit > 5 min)
- Bestimmung mittels Veränderung der Extrusionsgeschwindigkeit (Topfzeit > 5 min)
- Bestimmung durch manuelle Auftragung

Die Topfzeit wird durch Messen der Zeit ermittelt, die vergeht bis der Klebstoff nicht mehr manuell mittels Spatel auf eine Aluminiumblech aufgetragen werden

Der ermittelte Wert ist von einer Vielzahl von Parametern abhängig, z.B.:

- Ansatzgröße
- Temperatur
- Subjektivem Empfinden des Prüfers



Verarbeitungszeiten von 2-k-Reaktionsklebstoffen – Topfzeit/offene Zeit

Methoden zur Bestimmung der Topfzeit/offenen Zeit:

- DIN EN 14022:2010
- ISO DIS 10364.2:2007 (derzeit in Überarbeitung)

Beide Normen beschreiben folgende Verfahren:

- Bestimmung mittels Veränderung der scheinbaren Viskosität (Topfzeit > 5 min)
- Bestimmung mittels Veränderung der Extrusionsgeschwindigkeit (Topfzeit > 5 min)
- Bestimmung durch manuelle Auftragung (auch für kurze Topfzeiten < 5 min)
- Bestimmung mit Hilfe der exothermen Reaktionstemperatur

Die Topfzeit wird durch Messen der Zeit ermittelt, die vergeht bis der Klebstoff aufgrund der freiwerdenden Reaktionswärme eine definierte Temperatur (z.B. 40 °C) erreicht hat

Der ermittelte Wert ist von einer Vielzahl von Parametern abhängig, z.B.:

- Ansatzgröße
- Temperatur
- Subjektivem Empfinden des Prüfers



Verarbeitungszeiten von 2-k-Reaktionsklebstoffen – Topfzeit/offene Zeit

Methoden zur Bestimmung der Topfzeit/offenen Zeit:

- DIN EN 14022:2010
- ISO DIS 10364.2:2007 (derzeit in Überarbeitung)

Beide Normen beschreiben folgende Verfahren:

- Bestimmung mittels Veränderung der scheinbaren Viskosität (Topfzeit > 5 min)
- Bestimmung mittels Veränderung der Extrusionsgeschwindigkeit (Topfzeit > 5 min)
- Bestimmung durch manuelle Auftragung (auch für kurze Topfzeiten < 5 min)
- Bestimmung mit Hilfe der exothermen Reaktionstemperatur
- Bestimmung mit Hilfe des Trocken-Recorders: speziell für 2-k (und 1-k) Systeme die leicht mit Luftfeuchtigkeit reagieren wie z.B. PU-Prepolymere

Eine dünner gewichtsbelasteter Stift wird durch eine dünne Klebstoffschicht gezogen. Bis zum Erreichen der Filmbildezeit verschwindet die vom Stift gezogene Spur anschließend wieder. Nach Beginn der Filmbildung bleibt eine deutlich erkennbare Spur zurück. Bei Erreichen der Filmtrockenzeit steigt der Stift aus der Spur heraus und gleitet auf der Filmoberfläche weiter, ohne Markierungen zu hinterlassen.

Die ermittelten Werte sind von u.a. von der Schichtdicke, der Belastung des Stiftes und der Temperatur abhängig.



Verarbeitungszeiten von 2-k-Reaktionsklebstoffen – Topfzeit/offene Zeit

Die Methoden der DIN EN 14022:2010 und ISO DIS 10364.2:2007 sind jeweils von einer Vielzahl von Parametern abhängig, sodass ein direkter Vergleich von Klebstoffen verschiedener Hersteller aufgrund von Datenblattangaben nur bedingt möglich ist und sie erlauben nur eine begrenzte Aussage bzgl. einer bestimmten Anwendung.

→ Ermittlung der offenen Zeit an extrudierten Klebstoffraupen

1. Auftragen von Klebstoffraupen gem. Praxisbedingungen
 $t = 0$
2. Eindrücken von Holzspatel in die Klebstoffraupe bis beim sofortigen Herausziehen kein Klebstoff mehr am Holzspatel verbleibt

Verarbeitungszeiten von 2-k-Reaktionsklebstoffen – Handhabungsfestigkeit

Hierbei handelt es sich um eine prozess- und bauteilspezifische Größe, die im wesentlichen von der, bei einer späteren Handhabung des Bauteils auftretenden Kräfte abhängt.

Klebstoffhersteller definieren die Handhabungsfestigkeit unterschiedlich, meist werden Werte zwischen 0,5 und 1,0 MPa angenommen und im **Zugscherversuch** (DIN EN 1465) die Zeit ermittelt, die benötigt wird diese Festigkeit, ggf. bei erhöhter Temperatur zu erreichen.

Der **Cross Peel Test** (SAE J1553) stellt eine Kombination aus Zug- und Schälbelastung dar. Der Test simuliert die bei der Entnahme eines Bauteils aus einer Fügevorrichtung auftretenden Kräfte.

In einer speziellen Prüfeinrichtung kann der verklebte Bereich beheizt werden um die Bedingungen einer Warmhärtung zu simulieren.

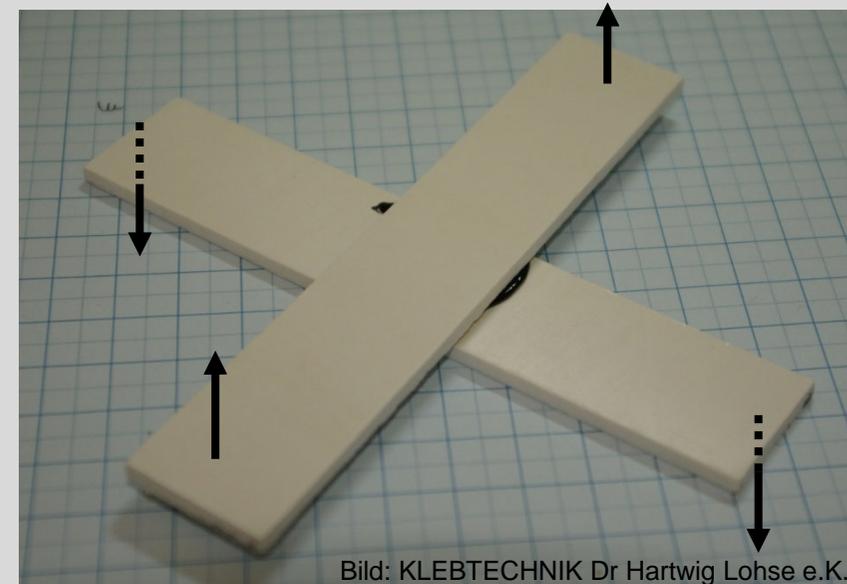


Bild: KLEBTECHNIK Dr Hartwig Lohse e.K.



Verarbeitungszeiten von 2-k-Reaktionsklebstoffen – Temperatureinfluss

Die Faustregel, dass sich die Geschwindigkeit einer chemischen bei einer Temperaturerhöhung um 10 K um den Faktor 2 erhöht gilt auch für die bei der Härtung von Reaktionsklebstoffen ablaufenden Reaktionen.



Eine erhöhte Umgebungstemperatur

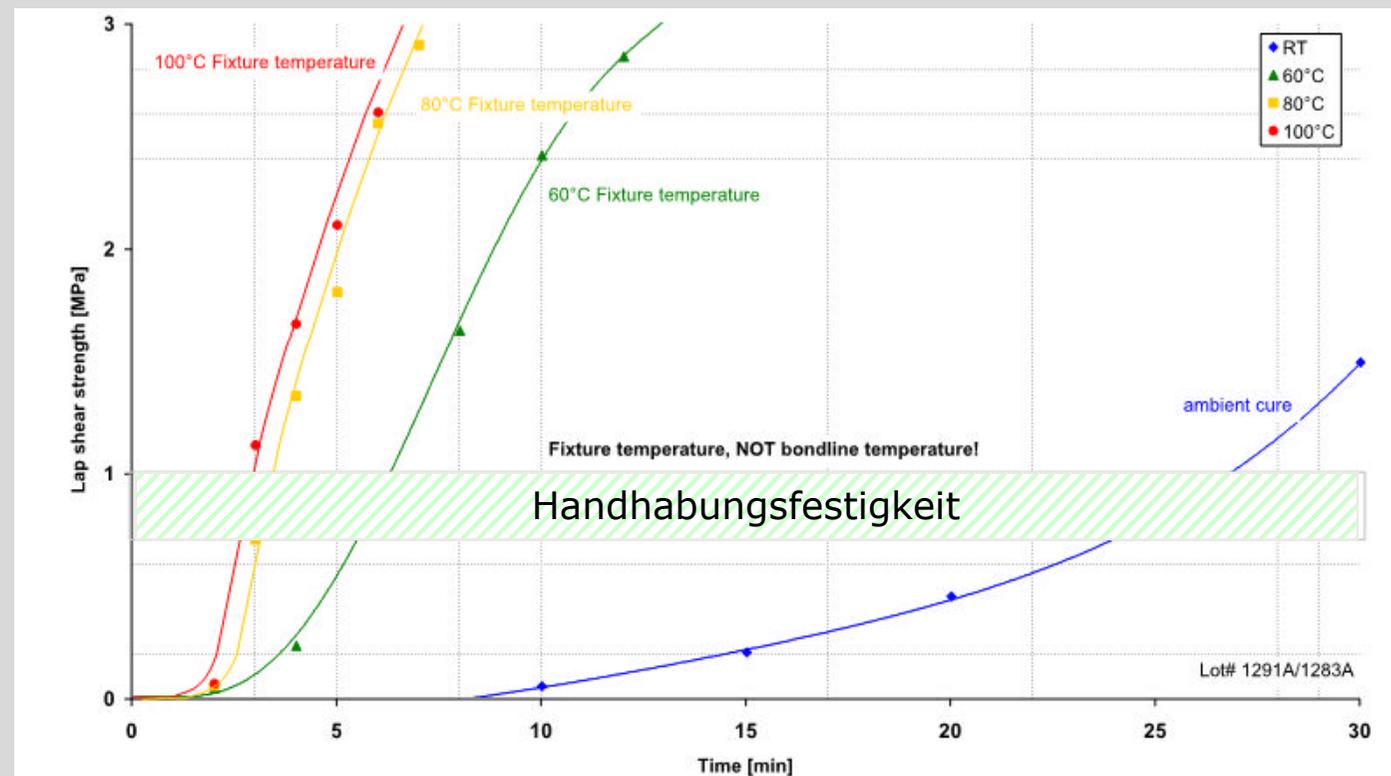
- verkürzt die Topf-/offene Zeit, sodass weniger Zeit zwischen Beginn des Klebstoffauftrags und dem Abschluss des Fügevorgangs zur Verfügung steht
- verkürzt die „Lebensdauer“ der verwendeten Mischer
- beschleunigt die Härtungsreaktion, sodass die Handhabungsfestigkeit schneller erreicht wird
- verringert die Klebstoffviskosität, was ggf. zu Mischfehlern durch erhöhten Pumpenschlupf (Zahnradpumpen) und/oder verringerter Raupenstabilität (Ablaufen) führen kann

Eine verringerte Umgebungstemperatur hat die gegenteiligen Effekte, wobei die Härtungsreaktion auch praktisch zum Stillstand kommen kann und die Viskositätserhöhung auch die Benetzungseigenschaften nachteilig beeinflusst

Verarbeitungszeiten von 2-k-Reaktionsklebstoffen – Handhabungsfestigkeit

Um Zykluszeiten zu reduzieren ohne Topf-/offene Zeit zu verringern werden 2-k-Klebstoffe häufig wärmebeschleunigt, z.B. in beheizten Fügevorrichtungen oder im Ofen gehärtet.

Es ist zu beachten, dass die mechanischen Eigenschaften des Klebstoffs und auch der Tg in gewissem Umfang von der Härtungstemperatur und –zeit beeinflusst werden.



Verarbeitungszeiten von 2-k-Reaktionsklebstoffen – Handhabungsfestigkeit

Bei der Warmaushärtung wird meist eine gleichmäßige Temperaturverteilung über die gesamte Klebnahtlänge angestrebt um in allen Bereichen eine gleichartige Aushärtung, d.h.

- gleiche Geschwindigkeit
 - gleiche resultierende Klebstoffeigenschaften
- zu gewährleisten.

Beispiel: SMC-Stoßfänger

Wärmebeschleunigte Härtung und Verbesserung der SMC-Haftung durch Diffusion der Trennmittel von der SMC-Oberfläche in den Klebstoff



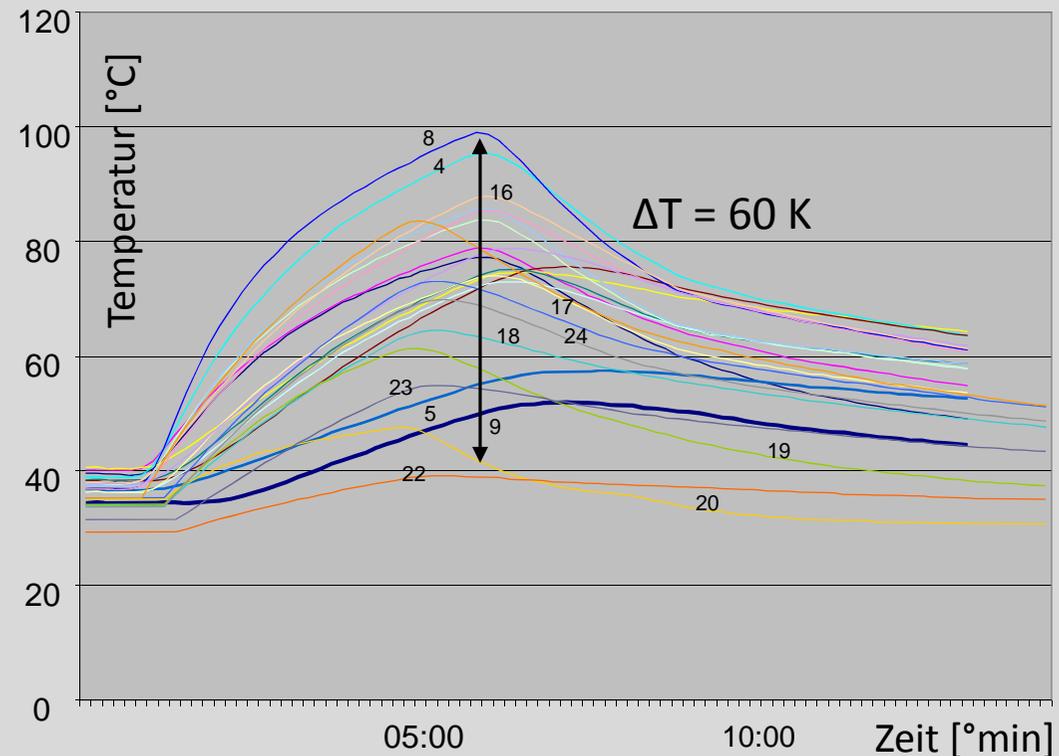
Bilder: KLEBTECHNIK Dr Hartwig Lohse e.K.

Verarbeitungszeiten von 2-k-Reaktionsklebstoffen – Handhabungsfestigkeit

Beispiel: SMC-Stoßfänger

Ursachenforschung:

Durch Messung des Temperatur-Zeit-Verlaufs während der Härtung wurde eine Temperaturdifferenz zwischen den Messpunkten von bis 60 K festgestellt, d.h. in einigen Bereichen wurde die Härtung wesentlich weniger beschleunigt und es stand auch keine ausreichende Wärme zur Verfügung um das Trennmittel in den Klebstoff diffundieren zu lassen. In anderen Bereichen wurde dagegen zu viel Wärme aufgebracht, was zur Schädigung der Oberfläche führte.





Wärmebeschleunigte Härtung von 2-k-Reaktionsklebstoffen

Klebstoffe reagieren unterschiedlich auf eine Beschleunigung durch Wärme

- 2-k-PU Klebstoffe: Gute Beschleunigungswirkung und kurzfristige Temperaturen von, je nach Klebstoffformulierung bis zu ca. 130 °C sind möglich.
 - übliche minimale Härtungszeit ca. 90 – 180 sec (offene Zeit 10 min.)
- 2-k-Epoxyd Klebstoff: Gute Beschleunigungswirkung und kurzfristige Temperaturen von, je nach Klebstoffformulierung bis zu ca. 150 °C sind möglichübliche
 - übliche minimale Härtungszeit ca. 90 – 180 sec (offene Zeit 45 min.)
- 2-k-MMA Klebstoffe: Aufgrund der enthaltenen Monomeren mit relativ niedrigen Siedepunkten ist eine Wärmebeschleunigung nur bedingt bei moderaten Temperaturen (< 60 °C) sinnvoll. Ansonsten kommt es zur Blasenbildung durch verdampfende Monomere (Kochen)



Zusammenfassung - Resümee

Da die Qualität einer Klebung nicht vollständig durch zerstörungsfreie Methoden überprüft werden kann, wird gem. DIN 9001 und anderer Qualitätsrelevanter Regelwerke (DIN 6701, DVS 3310, etc.) das Kleben als „speziellen Prozess“ bezeichnet.

Somit kommt einer

- sinnvollen,
- aussagekräftigen,
- möglichst einfach
- auch in der laufenden Fertigung

durchzuführenden Prozessüberwachung eine hohe Bedeutung zu.

Ziel des Vortrags war es einige exemplarische Prüfmethoden für im Allgemeinen wichtige Prozessparameter vorzustellen.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit...

... Fragen?