

Präzision in der Klebetechnik

Optimierung der 2K-Dosierung durch Micro-Meter-Mischsysteme und Exzentrerschnecken-Technologie



Alle Bilder: © Techcon

In der modernen industriellen Fertigung, insbesondere in den Hochtechnologiesektoren wie der Elektronikfertigung, Elektromobilität, Luftfahrt und Medizintechnik, ist die Wahl des optimalen Klebstoffsystems eine strategische Entscheidung. Während Einkomponenten-Systeme (1K) aufgrund ihrer einfachen Handhabung lange Zeit dominierten, setzen sich heute zunehmend Zweikomponenten-Materialien (2K) durch. Diese bieten überlegene mechanische Eigenschaften, stellen jedoch gleichzeitig höchste Anforderungen an die Dosier- und Mischtechnik.

Der technologische Wandel

Warum werden 2K-Klebstoffe unverzichtbar? Der fundamentale Unterschied zwischen 1K- und 2K-Systemen liegt in der Art der chemischen Reaktion und der Prozesskontrolle. 1K-Systeme sind „passiv“ formuliert. Sie benötigen einen externen energetischen Impuls – etwa UV-Strahlung, Luftfeuchtigkeit oder thermische Energie (Ofenhärtung) –, um die Polymerisation einzuleiten.

Dies führt in der Praxis oft zu Einschränkungen:

- **UV-Systeme:** Erreichen keine Schattenzonen in komplexen Bauteilen.
- **Thermische Systeme:** Hohe Temperaturen können empfindliche elektronische Halbleiter oder Kunststoffe beschädigen.
- **Feuchtigkeitshärtende Systeme:** Die Durchhärtung ist von der Schichtdicke und der Umgebungsfeuchte abhängig, was zu unvorhersehbaren Taktzeiten führen kann.

Die Überlegenheit der reaktiven Chemie

2K-Systeme bestehen aus einer Basis (Komponente A) und einem Härter (Komponente B). Sobald diese in einem exakt definierten Verhältnis aufeinandertreffen, startet eine autarke chemische Reaktion. Die Molekülketten vernetzen sich zu einer hochdichten, dreidimensionalen Gitterstruktur.

Diese molekulare Vernetzung bietet entscheidende Vorteile:

1. **Strukturelle Festigkeit:** Enorm hohe Zug- und Scherfestigkeiten, die oft die Festigkeit der gefügten Materialien selbst übersteigen.
2. **Gezielte Prozesszeit:** Die Aushärtung beginnt unmittelbar nach dem Mischen und ist weitgehend unabhängig von externen Faktoren.
3. **Vielseitigkeit:** Durch die Variation der Chemie (Epoxide, Polyurethane, Silicone, Acrylate) lassen sich Eigenschaften wie Flexibilität, Wärmeleitfähigkeit oder elektrische Isolationspräzise einstellen.

Die Herausforderungen der 2K-Verarbeitung im industriellen Maßstab

Obwohl 2K-Materialien technisch überlegen sind, ist ihre Verarbeitung komplex. Der Erfolg einer Klebeverbindung hängt direkt von der Stöchiometrie – dem korrekten Mischungsverhältnis – ab.

Das Risiko falscher Mischungsverhältnisse

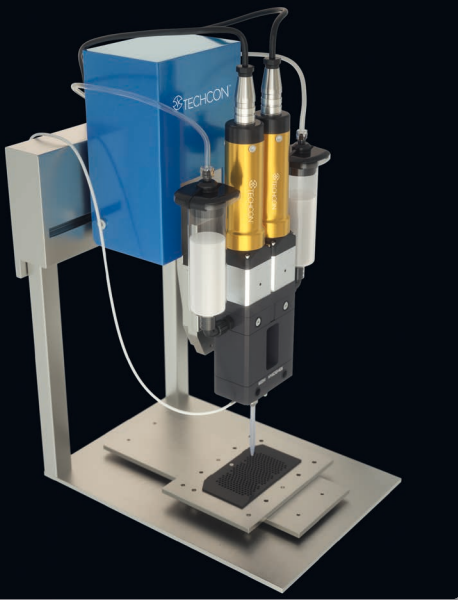
Ein zu hoher oder zu niedriger Anteil des Härters führt dazu, dass nicht alle Moleküle einen Reaktionspartner finden. Dies hat gravierende Folgen für das Endprodukt:

- **Verlust der mechanischen Stabilität:** Der Klebstoff erreicht nicht seine Endhärte oder bleibt dauerhaft klebrig.



Hochpräzises 2K-Dosiersystem: Techcon TS8200D Micro-Meter-Mix mit Steuereinheit TS580D am 3-achsigen Dosierroboter

Autor:
Janis Fietkau
Geschäftsführer
Globaco GmbH
www.globaco.de



Volumetrische 2-Komponenten-Applikation:
Techcon TS8200D Micro-Meter-Mix in der
Detailansicht

- **Chemische Instabilität:** Nicht reagierte Bestandteile können ausgasen oder ausbluten, was in der Elektronik zu Korrosion führen kann.
- **Thermische Schwächen:** Der Glasübergangspunkt (T_g) verschiebt sich, wodurch die Verbindung bei betriebsbedingter Erwärmung versagt.

Die Problematik der „Pre-Mixed and Frozen“ (PMF) Materialien:

Um die Komplexität des Mischens in der Linie zu umgehen, nutzen einige Hersteller vorge-mischte und tiefgefrorene Spritzen. Diese Methode ist jedoch mit extrem hohen Kosten verbunden:

- **Logistischer Aufwand:** Lagerung bei bis zu $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ und lückenlose Überwachung der Kühlkette.
- **Materialverlust:** Sobald eine Spritze aufgetaut ist, läuft die Topfzeit ab – unabhängig davon, ob produziert wird oder nicht.
- **CO₂-Bilanz:** Der Energieaufwand für die Tiefkühlung und den spezialisierten Transport ist ökologisch bedenklich.

Hier bietet die direkte Dosierung und Mischung in der Produktionslinie mittels hochpräziser Pumpensysteme eine wirtschaftliche und technisch überlegene Alternative.



TS580D Steuereinheit:
Die perfekt abgestimmte Prozesskontrolle für
das 2K-Dosiersystem TS8200D

Die Exzentrerschneckenpumpe

Ist das Herzstück der Präzisionsdosierung. Um 2K-Materialien prozesssicher zu verarbeiten, hat sich die Exzentrerschnecken-Technologie (Progressive Cavity, PC) als das zuverlässigste Verfahren etabliert. Das Prinzip basiert auf der Geometrie eines rotierenden Bauteils in einer feststehenden Hülse.

Aufbau und Mechanik

- **Der Rotor:** Eine ein- oder mehrgängige Außenschnecke, gefertigt aus verschleißfesten Materialien wie gehärtetem Edelstahl oder technischer Keramik.
- **Der Stator:** Ein elastomeres Bauteil mit einer doppelwendelförmigen Innengeometrie.

Durch die exzentrische Bewegung des Rotors im Stator entstehen abgeschlossene Kammern (Kavitäten). Diese Kammern wandern während der Rotation von der Saug- zur Druckseite. Da das Volumen dieser Kammern geometrisch exakt definiert ist, wird pro Umdrehung eine präzise Menge Material gefördert.

Vorteile gegenüber anderen Pumpensystemen

Im Vergleich zu herkömmlichen Verfahren bietet die PC-Pumpe einzigartige Merkmale:

1. **Pulsationsfreier Durchfluss:** Anders als bei Kolbenpumpen gibt es keinen Rückhub. Der Materialstrom ist absolut kontinuierlich, was für gleichmäßige Kleberauren essenziell ist.
2. **Scherarme Förderung:** Die Materialkammern transportieren das Medium sanft. Dies ist entscheidend für Klebstoffe, die mit hohlglas-haltigen Füllstoffen (zur Gewichtsreduzierung) oder empfindlichen Keramikpartikeln (zur Wärmeleitung) versetzt sind.
3. **Verschleißfestigkeit:** Da die Abdichtung über die elastische Verformung des Stators erfolgt, können PC-Pumpen hochgradig abrasive Materialien verarbeiten, die Zahnrad-pumpen innerhalb kürzester Zeit zerstören würden.

Viskositätsmanagement: Volumetrische Präzision vs. Druckschwankungen

Eine der größten Fehlerquellen in der Dosier-technik ist die Veränderung der Materialvisko-sität. Klebstoffe sind oft thixotrop oder tempe-raturabhängig: Ein Temperaturanstieg von nur wenigen Grad kann die Viskosität halbieren.



Techcon TS8100 Exzentrerschneckenpumpe:
Volumetrische Dosierung für automatisierte
Prozesse.

Das Problem der zeit-druck-gesteuerten Systeme

Einfache Dosiersysteme arbeiten mit kon-stantem Druck und einer festen Öffnungszeit des Ventils. Ändert sich die Viskosität, ändert sich bei gleichem Druck auch die Durchflussmenge. Das Ergebnis sind ungleichmäßige Punkte oder unterbrochene Linien.

Die volumetrische Lösung

Exzentrerschneckenpumpen sind echte Ver-drängerpumpen. Das Volumen in den Kam-mern bleibt immer gleich, unabhängig davon, ob das Material dünnflüssig oder hochviskos ist. Mit steigender Viskosität erhöht sich sogar



Volumetrische Präzision: Techcon TS8100
Exzentrerschneckenpumpe – erhältlich
in verschiedenen Volumina für flexible
Dosieranwendungen.

der Wirkungsgrad der Pumpe, da die Abdichtung zwischen Rotor und Stator durch den Gegendruck optimiert wird. Dies macht den Prozess immun gegen Temperaturschwankungen in der Produktionshalle oder Chargenvariationen des Klebstoffs.

Micro-Meter-Mischsysteme: Die Kopplung zweier Welten

Für die 2K-Verarbeitung werden zwei autarke PC-Pumpen zu einem synchronisierten System kombiniert. Dieses Verfahren ermöglicht eine bisher unerreichte Flexibilität und Genauigkeit.

Dynamische Anpassung des Mischungsverhältnisses

In modernen Systemen wird das Mischungsverhältnis nicht mehr über mechanische Anpassungen (wie das Austauschen von Zahnrädern oder Kolben), sondern rein über die Softwaresteuerung der Motoren definiert.

- **Unterschiedliche Drehzahlen:** Wenn Komponente A und B im Verhältnis 10:1 gemischt werden müssen, dreht sich Pumpe A exakt zehnmal schneller als Pumpe B.
- **Präzision im Mikroliterbereich:** Durch die Untersetzung der Antriebe können kleinste Mengen (Micro-Dosing) mit einer volumetrischen Genauigkeit von über 99 % (± 1 % Toleranz) ausgebracht werden.

Der statische Mischprozess

Nachdem die beiden Komponenten die Pumpen verlassen haben, werden sie in einem statischen Mischer zusammengeführt. Dieser besteht aus einer Kunststoffhülle mit innenliegenden Wendel-Elementen. Durch das ständige Teilen und Zusammenführen der Materialströme entsteht am Ende des Mixers ein absolut homogenes Gemisch. Da erst unmittelbar vor der Applikation gemischt wird, bleibt der Reinigungsaufwand minimal: Bei einem Produktionsstopp muss lediglich das preiswerte Kunststoff-Mischrohr

entsorgt werden; die teuren Pumpensysteme kommen nie mit dem gemischten, reagierenden Material in Kontakt.

Integration in die automatisierte Fertigung (Industrie 4.0)

Hochpräzise 2K-Dosiersysteme sind heute keine isolierten Einheiten mehr, sondern integraler Bestandteil vernetzter Produktionsumgebungen.

Kommunikation und Echtzeitsteuerung

Moderne Controller erlauben die nahtlose Anbindung an SPS-Systeme (Speicherprogrammierbare Steuerungen) oder Industrie-Roboter.

- **V-Speed-Matching:** Die Dosierrate wird in Echtzeit an die Verfahrensgeschwindigkeit des Roboters angepasst. Beschleunigt der Roboter in einer Kurve, erhöht die Pumpe synchron ihre Drehzahl, sodass die Raupenbreite exakt konstant bleibt.
- **Data Logging:** Jeder Dosierzklus wird aufgezeichnet. Für Branchen wie die Medizintechnik oder Luftfahrt ist dies essenziell für die Rückverfolgbarkeit (Traceability). Drucksensoren überwachen den Materialfluss und schlagen sofort Alarm, wenn beispielsweise eine Luftblase in der Zuleitung detektiert wird.

Branchenspezifische Anwendungen

- **Automotive:** Abdichten von Batteriegehäusen für Elektrofahrzeuge, bei denen hohe Mengen an wärmeleitfähigen Pasten (Gap Filler) präzise und schnell appliziert werden müssen.
- **Elektronik:** „Underfill“-Prozesse zum Schutz von Chips auf Platinen, wo kleinste Mengen in engste Spalten fließen müssen.
- **Luft- und Raumfahrt:** Strukturelle Verklebungen von Verbundwerkstoffen, die extremen Vibrationen und Druckunterschieden standhalten müssen.



Techcon TS8200D Micro-Meter-Mix: Volumetrisches 2K-System, optimiert für die einfache Retrofit-Anbindung an diverse Robotersysteme.

Zusammenfassung und Ausblick

Der Einsatz von Zweikomponenten-Materialien ist der Schlüssel zu leistungsfähigeren und langlebigeren Produkten. Doch die Chemie ist nur so gut wie das System, das sie verarbeitet.

Die Exzentrerschnellen-Technologie hat die Dosiertechnik revolutioniert, indem sie die Abhängigkeit von der Viskosität eliminiert und eine bisher ungekannte volumetrische Präzision ermöglicht hat. Die Kombination aus robuster Mechanik (Rotor/Stator-Prinzip) und intelligenter Softwaresteuerung macht Micro-Meter-Mischsysteme zur sichersten Investition für Hersteller, die keine Kompromisse bei der Qualität eingehen können.

In einer Zukunft, in der Ressourcen-Effizienz und Null-Fehler-Toleranz die Märkte dominieren, stellt die automatisierte 2K-Mischdosierung nicht mehr nur einen Wettbewerbsvorteil dar, sondern eine technologische Notwendigkeit. Sie minimiert Materialabfall, reduziert Ausschussquoten und garantiert eine Prozesssicherheit, die mit manuellen oder druckgesteuerten Verfahren schlichtweg nicht erreichbar ist. ◀



Techcon TS580D: Dedizierte Steuereinheit für das TS8200D-System zur präzisen Kontrolle von Mischverhältnis und Durchfluss.