

PUR-Applikationen in der Faltschachtelherstellung

Reihe: hhs technology in packaging and quality assurance 9/2014

Impressum

Titel: hhs technology in packaging and quality assurance
Ausgabe: 9/2014
ISSN: 2196-3290

hhs technology in packaging and quality assurance erscheint bei:
Baumer hhs GmbH
Adolf - Dembach - Str. 19
47829 Krefeld
Tel. +49 (0) 2151 - 4402 -0
www.baumerhhs.com

Verantwortlich für den Inhalt: Andreas Brandt / Thomas Walther
Autor: Jens Backer

©Baumer hhs GmbH: Text und Bilder, sofern nicht anders angegeben, unterliegen dem Copyright. Sie dürfen das Werk kopieren, weitergeben und für Schulungen nutzen, sofern Baumer hhs als Herausgeber und die Autoren genannt werden. Das Werk darf in seinem Inhalt und Aufbau selbst nicht verändert werden.

PUR-Applikationen in der Faltschachtelherstellung

Verpackungen steigern die Produktwertigkeit

Längst sind die Zeiten vorbei, in denen eine Verpackung lediglich dem Schutz eines Packguts diene. Ist eine gut durchdachte Faltschachtel qualitativ hochwertig bedruckt und hergestellt, kann Sie viel mehr. Sie schmückt und wertet das verpackte Produkt auf, bietet wertvolle Informations- und Werbefläche und wird schließlich durch ihre Attraktivität und Exklusivität selbst zum Verkaufsargument.

Dabei spielt die Auswahl des Materials eine große Rolle. Häufig kommen aufwendig beschichtete Materialien zum Einsatz, die durch ihre ausgefallene Optik und eine angenehme Haptik bestechen. So werden heutzutage immer mehr Kunststoffe oder Verbundmaterialien eingesetzt, wo man noch bis vor Kurzem eine Faltschachtel aus einfachem Karton vorgefunden hatte. Auf den Oberflächen metallisierter und kunststoffbeschichteter Materialien lassen sich durch innovative Druckverfahren spezielle Glanzeffekte oder holografische Wirkungen erzielen.

Eine besondere Form dieser Verpackung sind Faltschachteln aus vollständig transparentem Kunststoff. Hier besteht das Ziel darin, den Blick des Betrachters auf das Produkt freizugeben. Er kann sich sofort von dessen Aussehen oder Machart überzeugen, ohne nur ein gedrucktes Abbild davon zu sehen. Stärker als bei einer Fenserschachtel steht das Produkt selbst im Mittelpunkt. Und trotz des freien Blicks von allen Seiten bietet die transparente Faltschachtel alle Möglichkeiten des Schutzes, der Informationsfläche, und der Aufwertung des Produkts.



Abb. 1: Hochwertige transparente Faltschachteln

Ob bei Eisenbahnmodellen, Unterwäsche, Spielzeug, Kosmetik oder Lebensmitteln jeglicher Art, besonders im höheren Preissegment vieler Produkte, ist die Verpackung mit Klarsichtschachteln ein rasant anwachsender Markt. Besondere und z. T. neuartige Materialien sind das Mittel der Wahl, wenn es um eine schöne und wirkungsvolle Verpackung geht. Und dabei ist das Ende neuer Entwicklungen und immer effektvollerer Materialien und Oberflächen noch nicht abzusehen.

Materialien für die Verpackung der Zukunft

Wurden noch vor einigen Jahren hauptsächlich einfache PE-Folien für transparente Faltschachteln verwendet, so stehen heute noch viel mehr Kunststoffe zur Verfügung, und entsprechend unterschiedlich und vielfältig sind auch die Eigenschaften und Verarbeitungsmöglichkeiten. Jedes Substrat hat seine ganz individuellen Vor- und Nachteile, die bei der Verwendung und Verarbeitung des Materials als Faltschachtel unbedingt bedacht sein wollen. So ist beispielsweise PE (Polyethylen) zwar eines der kostengünstigsten

Folienmaterialien, hat jedoch gerade für die Faltschachtelherstellung auch erhebliche Nachteile. Es ist immer etwas milchigtrüb und matt (je höher die Dichte des Materials, desto höher die Opazität der Folie), lässt sich leicht an der Oberfläche verkratzen, hat eine schlechte Wärmeformbeständigkeit, weist hohe Rückstellkräfte (Memory) auf und ist bekannt dafür, wie schwer es sich mit konventionellen Mitteln bedrucken oder verkleben lässt. Jeder kennt das kleine Kunststoffschälchen aus PE, in welchem man den typischen 2-komponentigen Klebstoff auf Epoxidharzbasis für den Hausgebrauch anmischt. Dass sich ein ausgehärteter Klebstoffblock später so leicht davon ablösen lässt, zeigt, wie schwierig sich das Kleben von PE-Folien in einer Faltschachtelklebemaschine gestaltet. Möchte man transparente Faltschachteln herstellen, muss das Material aber möglichst glasklar sein. Es sollte zu einem hohen Grad kratzfest sein, es muss bedruckbar sein, die Rückstellkräfte müssen in den Griff zu bekommen sein, es sollte sich gut und

Bezeichnungen einiger transparenter Kunststoffe

- PE: **Polyethylen**
- PE-HD: **Polyethylen mit hoher Dichte (high density)**
- PE-LD: **Polyethylen mit niedriger Dichte (low density)**
- PC: **Polycarbonat**
- PP: **Polypropylen**
- MOPP: Monoaxial verstreckte Polypropylenfolie (**monoaxially oriented polypropylene**)
- BOPP: Biaxial verstreckte Polypropylenfolie (**biaxially oriented polypropylene**)
- PVC: **Polyvinylchlorid**
- PLA: **Polymilchsäure (polylactic acid)**
- EVA: **Ethylvinylacetat**
- PET: **Polyethylenterephthalat**
- PET-A (aPET): **amorphes Polyethylenterephthalat**
- PET-G (gPET): **Polyethylenterephthalat mit Glycol**
- PET-M (mPET): **Metallisiertes Polyethylenterephthalat; auch Polyesterfolie mylar oder biaxial orientiertes PET (boPET) genannt**

stabil verkleben lassen, und das Produkt muss später eine für die Anwendung ausreichende Stabilität und Wärmeformbeständigkeit aufweisen. Hier kommen die vielen unterschiedlichen Materialien und Fertigungsmöglichkeiten in der Kunststofffolienherstellung zum Tragen. Aussehen und Eigenschaften von Folien können modifiziert und anwendungsspezifisch ausgewählt werden. Einzelne Kunststoffe lassen sich durch Additive verändern und durch das Herstellen von Verbundmaterialien können die Vorteile mehrerer Einzelmateriale genutzt werden. So verbindet beispielsweise PET-GAG-Folie die Vorteile der beiden PET-Typen: Die Deckschichten aus PET-G

Rückstellkräfte („Memory“)

Die Neigung eines Materials, nach dem Falten wieder zurück in seine Ausgangslage gehen zu wollen, ist bei einigen Kunststofffaltchachteln besonders hoch. Die Kräfte, die dadurch entstehen, bezeichnet man als Rückstellkräfte oder „Memory“. Mit dem Begriff „Memory“ bezieht man sich auf das „Gedächtnis“ (engl. memory) des Materials an seine ursprüngliche Form. Bei Kunststoffen hat diese Eigenschaft ihre Ursache bei der Ausrichtung der langkettigen Moleküle.

In der Faltschachtelklebemaschine wird der unangenehme Effekt am deutlichsten, wenn die gefalteten und geklebten Schachteln aus dem Pressband laufen und verpackt werden müssen. Sie springen dabei oft so stark auf, dass sie sich nur mit Mühe überhaupt verpacken lassen. Unter den hohen Rückstellkräften kann auch die Klebung sowohl optisch (bei Klarsichtverpackungen) als auch in ihrer Belastbarkeit erheblich leiden.

PUR-Applikationen in der Faltschachtelherstellung

sorgen dafür, dass die Oberfläche gut bedruckbar und verklebbar ist. Die massive innere Schicht aus PET-A gibt der Folie dagegen ihre mechanische Festigkeit und sorgt für die geringe Gasdurchlässigkeit sowie einen moderateren Preis dieses Folientyps. Dabei wird für den PET-A-Kern auch Recyclat eingesetzt, sodass die Nachhaltigkeit der Folie gesteigert wird.

Wärmeformbeständigkeit

Die Wärmeformbeständigkeit ist ein Maß für die Temperaturbelastbarkeit von Kunststoffen. Werden fertige Faltschachteln aus Kunststofffolien später erwärmt, verformen sie sich und haben im Bereich der Faltungen die Neigung, in ihre frühere Form zurückzugehen. Wird für das Kleben ein Schmelzklebstoff eingesetzt, können besonders bei dünneren Folien bereits Verformungen durch den Klebstoffauftrag entstehen

Grundsätzlich wird PET-Folie wegen ihrer vielen positiven Eigenschaften für die Faltschachtelherstellung geschätzt. Sie weist im Unterschied zu den gewöhnlich etwas milchigen PE- oder PVC-Faltschachteln eine extrem hohe Transparenz auf, ist oft besser verklebbar, als andere Folien und hat kaum Rückstellkräfte. Polycarbonat hat ebenfalls eine exzellente Transparenz, ist thermisch hoch belastbar und sehr kratzfest.

Recycling und Nachhaltigkeit

Mit Ressourcen soll verantwortungsvoll umgegangen werden. Daher wird versucht, den Kreislauf rund um die Produktion von PET-Folien möglichst geschlossen zu halten. Dazu gehört, dass Produktionsabfälle sowie Stanzabfälle sortenrein erfasst, gesammelt und für die Herstellung technischer Folien wiederverwendet werden. Durch das mehrfache Erhitzen der Kunststoffe beim Recycling verlieren diese aber oft einen Teil ihrer spezifischen Eigenschaften und werden minderwertiger. Man spricht dann von „Downcycling“. Am Beispiel der PLA-Folie (Polymilchsäure) wird deutlich, wie man hochwertige transparente Verpackungen aus nachwachsenden und 100% biologisch abbaubaren Rohstoffen herstellen kann.

Verpackungen aus PLA-Folie sind wegen ihrer Unbedenklichkeit in Bezug auf migrierende Schadstoffe hervorragend für die Lebensmittel- oder Pharmaverpackung geeignet. Sie brauchen nicht mit zusätzlichen Kaschierungen oder Barriere Lacken versehen werden und können dennoch jederzeit als Primärverpackungen zum Einsatz kommen.

Für den Faltschachtelhersteller ist schließlich einer der wichtigsten Faktoren die Verklebbarkeit des Folienmaterials. Dabei können Kunststofffolien, folienkaschierter Karton, Aluminiumfolienkaschierungen und UV-Lackierungen zu einer echten Herausforderung werden. Die glatte Oberfläche bietet keinen Halt für Hotmelts; bei Klebungen mit Dispersionsklebstoffen kann das Wasser nicht einziehen und trocknen. Überhaupt scheint durch die geringe Oberflächenenergie kein Klebstoff auf Kunststoff- oder Metalloberflächen zu haften.

Doch sind genau dies die Verpackungsmaterialien, die der derzeitige Markt verlangt. Und das sind nur einige der komplexen Eigenschaften der Kunststoffe, Beschichtungen und durch Verpackungsdruck veredelten Materialien. Die beschriebenen Arten der Verpackung sind gefragter denn je, und die Anforderungen werden mit weiteren Entwicklungen auch zukünftig eher noch steigen. Der Verarbeiter muss sich daher den hohen Ansprüchen stellen.

Die hohe Kunst des Klebens

Die Verarbeitung solch schwieriger Substrate erfordert besondere Fachkenntnisse und spezielle Maßnahmen, die in der vorliegenden

Abhandlung weitgehend aufgezeigt und behandelt werden. Es handelt sich gewissermaßen um die hohe Kunst bei der Herstellung von Faltschachteln.

Zunächst gilt es, die oft sehr ausgeprägten Rückstellkräfte der Materialien unter Kontrolle zu bringen. Das ist wichtig, damit die Produkte Übergangsstellen zwischen den Maschinensegmenten der Faltschachtelklebemaschine problemlos passieren können und sich auch nach dem Durchlauf durch die Maschine ohne Schwierigkeiten verpacken lassen. Hohe Rückstellkräfte können sich auch negativ auf die Klebefestigkeit auswirken. Das passiert dann, wenn die Faltschachteln auf dem Auslaufband transportiert werden und während dieser Zeit die frisch geklebte Längsnaht durch die auftretenden Rückstellkräfte unter Zugbelastung kommt.

Oberflächenenergie

Die Oberflächenenergie ist ein Maß dafür, wie sich eine Oberfläche durch eine Flüssigkeit (z. B. Wasser oder Klebstoff) benetzen lässt oder wie leicht die Flüssigkeit abperlt. Die Oberflächenenergie eines Körpers bestimmt auch, ob ein anderer fester Körper gut oder schlecht an ihm haften bleibt. Mittels der Kontaktwinkelmessung kann das Benetzungsverhalten eines Festkörpers quantifiziert werden. Dabei wird der Randwinkel eines Tropfens einer Testflüssigkeit auf der Oberfläche des Substrats gemessen. Einfacher noch kann die Oberflächenenergie des Festkörpers als Maß für die Benetzbarkeit und das Adhäsionsverhalten durch im Handel erhältliche Testtinten oder Teststifte ermittelt werden.

Die Maßeinheit der Oberflächenenergie ist Millinewton pro Meter [mN/m] oder dyn/m (1 dyn = 10 µN). Für eine gute Benetzbarkeit und Verklebung sollte eine Oberflächenenergie von mindestens 36 mN/m gegeben sein.

Um mit den erwähnten Materialien also effizient arbeiten zu können, ist es erforderlich, den Auswirkungen solcher Kräfte entgegenzuwirken, bevor sie überhaupt auftreten. Aus diesem Grund ist besonderes Augenmerk auf das Rillen des Materials zu legen. Kunststofffolien sollten dabei in Flachbettstanzen bearbeitet werden, die mit speziell beheizten Werkzeugen für die Kunststoffverarbeitung ausgestattet sind. Ein solches Heißprägen anstelle einer einfachen „kalten“ Rillung unterstützt nicht nur das spätere kanten- und positionsgenaue Falten, sondern dient auch als Mittel, die Rückstellkräfte beim Faltprozess niedrig zu halten, und wirkt gleichzeitig einem Brechen der Oberflächen entgegen.

Als Nächstes muss man sich Gedanken über die richtige Verklebung machen. Welche Art von Klebstoff soll eingesetzt werden, um das schwierig zu verklebende Material haltbar und dauerhaft zu verkleben? Wie kann bei einer vollständig transparenten Faltschachtel, bei der man später durch die verklebten Laschen hindurchsehen kann, eine ästhetische Verklebung erzielt werden?

Altbekannte Hotmelts oder auch Dispersionsklebstoffe haben auf Folien oder metallisierten Kartons keine ausreichende Haftung. Das ist so, da die Klebkraft bei einfachen Hotmelts darauf basiert, dass der verflüssigte Klebstoff sich zwischen den Materialfasern des Substrats bzw. an dessen rauher Oberfläche mechanisch verankert. Ähnlich umschließt ein Dispersionsklebstoff Faserstrukturen des Substrats und hält sich nach der Filmbildung, also nach dem vollständigen Wegschlagen und Verdunsten des Wassers, mehr oder weniger mechanisch am Substrat.

Glatte metallisierte Oberflächen und Folien bieten jedoch keine solche Strukturen. Zudem kann bei einer Klebung mit wasserbasierenden Dispersionsklebstoffen eben dieses Wasser überhaupt nicht entweichen. Es kann weder in das Substrat wegschlagen, da die Oberfläche keine Feuchtigkeit aufnimmt, noch kann das Wasser verdunsten, da es zwischen den zwei zu verklebenden Substratschichten eingeschlossen ist.

PUR-Applikationen in der Faltschachtelherstellung

Eine der alternativen Möglichkeiten der Verklebung ist die Verwendung eines Haftschnelzklebstoffs, eines sogenannten „Haftis“. (Im englischen Sprachraum bezeichnet man diese Art Klebstoffe als „pressure sensitive adhesives“.) Dabei handelt es sich um meist harz- oder kunstharzbasierte Hotmelts, die an ihrer Oberfläche auch nach ihrem Erkalten und Erstarren immer haftklebrig bleiben. Durch diese Eigenschaft können sie auch an Folien oder metallisierten Oberflächen haften.

Solche Haftklebstoffe haben jedoch auch einige Nachteile, die in Betracht gezogen werden müssen. Eine Klebung mit einem Haftschnelzklebstoff ist nur sehr begrenzt temperaturstabil. Bei höheren Temperaturen wird ein Haftschnelzklebstoff bereits weich und kann größeren Belastungen nicht mehr standhalten. Oft können so verarbeitete Schachteln den Rückstellkräften des Substrats oder später dem Druck des Packguts nicht dauerhaft widerstehen und springen dann auf. Bei niedrigen Temperaturen, wie sie beispielsweise bei Gefrierpackungen auftreten, besteht auch die Gefahr, dass die Haftklebrigkeit nachlässt und Verklebungen einfach aufplatzen können. Eine sehr kalte Klebstoffschicht wird „gläsern“ und kann dann auch in sich selbst aufbrechen. Im Laufe der Zeit verlieren Haftschnelzklebstoffe auch einiges an Klebkraft dadurch, dass sich Weichmacher und ähnliche Inhaltsstoffe verflüchtigen. Dazu kommt, dass die Farbe des Klebstoffs nicht immer so ist, wie man sie sich wünschen würde. Haftschnelzklebstoffe sind gewöhnlich nicht vollständig farblos, sondern normalerweise eher gelblich-braun. Die Klebnaht wird daher immer ein wenig gelblich sein und ist bei vollständig transparenten Verpackungen daher oft auffällig und wirkt unästhetisch.

Natürlich kann man versuchen, Schachteln aus beschichteten oder besonders bedruckten Materialien konventionell zu verkleben. Manchmal lassen sich Beschichtungen oder Lackierungen aussparen, sodass die eigentliche zu verklebende Oberfläche doch die darunter liegende Kartonlage ist. Auch lassen sich manche Oberflächen mit einer Plasmavorbereitung so vorbereiten, dass manche konventionellen Klebstoffe doch eine größere Haftung auf ihnen haben, als gewöhnlich. Einige Hersteller vermeiden es auch ohne Aussparung auf der Lackierung oder Beschichtung zu verkleben, indem sie die Lasche (Längsnaht) nach innen verkleben. All diese Methoden sind gangbar, stellen aber letztlich doch immer einen Kompromiss dar. Solche Technologien lassen es nicht zu, eine technisch und ästhetisch einwandfreie und gleichzeitig stabile und haltbare Faltschachtel herzustellen. Die hohe Kunst des Klebens beim Verarbeiten derart hochwertiger Substrate erfordert einen Klebstoff, der nicht nur eine mechanische Haftung bietet, wie sie oben beschrieben wurde, sondern sich chemisch mit dem Substrat verbindet. Der geeignete Klebstoff darf sich nicht nachträglich durch Temperatur oder Zugbelastung verändern oder seine Haltbarkeit einbüßen. Er muss vollständig klar und transparent sein, damit er unauffällig bleibt und doch leistet, was man erwartet. Der Klebstofftyp, der den hohen Anforderungen am besten gerecht wird, heißt PUR.

PUR: Die richtige Mischung

Die Kurzbezeichnung PUR steht für Polyurethan-Schnelzklebstoff. Dabei handelt es sich um einen sogenannten reaktiven Hotmelt, d. h. um einen Klebstoff, der sich mit dem Substrat nicht nur oberflächlich, mechanisch, sondern auch chemisch verbinden kann. Das hat den Vorteil, dass es nicht mehr von Bedeutung ist, wie glatt die zu verklebende Oberfläche ist, sondern es ist eher entscheidend,

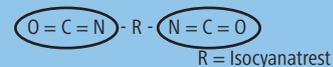
wie viele für den Klebstoff relevante Bindungspartner vorgefunden werden können. Sind solche Bindungspartner vorhanden und ist der Klebstoff einmal ausgereagert, haftet PUR extrem stark und sicher. Der Vorteil bringt gleichzeitig eine besondere Herausforderung mit sich, die oft als Nachteil gesehen wird: Ein reaktives Klebstoffsystem

PUR-Chemie

Die für die Reaktion verantwortlichen Hauptbestandteile eines Polyurethan-Schnelzklebstoffs sind Diisocyanat und Polyol. Es werden verschiedene Diisocyanate und auch unterschiedliche Polyole eingesetzt, um die Eigenschaften des Schnelzklebstoffs wunschgemäß zu beeinflussen.

Diisocyanate zeichnen sich dadurch aus, dass sie zwei reaktive Cyanatgruppen ($\text{N}=\text{C}=\text{O}$) aufweisen. Dazwischen befindet sich der restliche inaktive Teil der Verbindung.

Diisocyanat:



Die beiden reaktiven Cyanatgruppen der Diisocyanate im Klebstoff verbinden sich besonders mit sogenannten Hydroxygruppen, den OH-Gruppen. Diese befinden sich in Alkoholen, in Wasser und in Zellulose. Daher lassen sich auch Papier und Holz so gut mit PUR verkleben.

Diol (Alkohol mit zwei Hydroxygruppen):



Eine Verbindung von vielen einzelnen Diisocyanat-Molekülen (Monomeren) mit vielen Diol-Monomeren nennt man lineares Polyurethan. Die Verbindungsreaktion nennt man Polyaddition.

Verbinden sich solche linearen Moleküle aber mit Polyolen, d. h. Alkoholen mit mehr als zwei OH-Gruppen, oder mit Wassermolekülen, dann entstehen vernetzte Polyurethane. Solche vernetzten Polyurethane können nach dem abgeschlossenen chemischen Prozess nicht mehr aufgeschmolzen werden.

Wenn sich solche räumlich vernetzten Strukturen chemisch mit geeigneten Bindungspartnern an der Oberfläche der zu verarbeitenden Substrate verbinden, entsteht die so begehrte extrem haltbare Klebung.

muss sehr genau beherrscht werden. Einmal ausgehärteter Klebstoff hat seine chemische Reaktion abgeschlossen und lässt sich dann nicht mehr aufschmelzen. Es gibt also ein Zeitfenster für die Verarbeitung, das strikt eingehalten werden muss. Sonst könnten Teile des Klebstoffs sogar im Klebstoffauftragungssystem, in Tank, Schläuchen, usw. aushärten und diese unbrauchbar machen. Die Arbeit mit Polyurethan-Schnelzklebstoff ist dennoch gut möglich. Die hervorragenden Haftungseigenschaften, seine extreme Temperaturbeständigkeit und die Tatsache, dass ausgehärteter PUR praktisch unlöslich ist, sind Vorteile, welche alle Einwände dagegen eindeutig in den Schatten stellen. Was ist also PUR, was sind seine typischen Inhaltsstoffe und wie funktioniert die Verklebung von Kunststoffmaterialien oder metallisierten Oberflächen mit einem Polyurethan-Schnelzklebstoff? Für die Beantwortung dieser Fragen wird ein wenig Chemie benötigt. Gemeinhin ist Polyurethan eher als PU-Schaum oder als sogenannter „Bauschaum“ bekannt. Hier handelt es sich meist um Kartuschen oder Sprühflaschen, aus denen zwei unterschiedliche chemische Komponenten zusammengebracht, vermischt und gemeinsam aufgeschäumt werden. Später härtet die aufgeschäumte Masse aus und hat ihre bekannte Bauschaumstruktur. Ebenso besteht auch ein PUR-Schnelzklebstoff aus zwei Hauptkomponenten, die miteinander reagieren können. In einem Klebstoffgebilde befinden sich diese beiden Komponenten bereits in gemischtem

PUR-Applikationen in der Faltschachtelherstellung

Zustand, werden aber inaktiv gehalten. Erst bei der Erwärmung, die zum Aufschmelzen des Klebstoffs nötig ist, wird eine der beiden Komponenten (ein Diisocyanat) freigegeben und kann dann den Vernetzungsprozess einleiten.

Nach dem Erstarren des Klebstoffs, findet seine Vernetzung statt. Einerseits binden sich dabei Isocyanatmoleküle mit dem Vernetzungspartner, also der zweiten Klebstoffkomponente (einem Polyol). Andererseits vernetzt PUR aber auch mit passenden chemischen Bindungspartnern an der Oberfläche des zu verklebenden Substrats, wodurch die so außergewöhnlich gute Haftung zustande kommt. Drittens findet eine Vernetzung der Klebstoffkomponenten auch mit Wasser statt, das aus der Umgebungfeuchtigkeit oder der Feuchte des Substrats bezogen wird.

Wie haltbar ist eine PUR-Verbindung? Nach dem Erkalten des Klebstoffs ist die Verbindung zunächst nicht besser, als jede normale Klebung mit einem konventionellen Hotmelt. Nach dem vollständigen Reagieren und Aushärten des Polyurethans auf einer geeigneten Oberfläche, die genügend Bindungspartner bietet, ist Polyurethan jedoch praktisch unlösbar mit dem Substrat verbunden und kann nicht mehr ohne die Zerstörung des Klebstofffilms oder der Substratoberfläche getrennt werden. Das vollständige Vernetzen des Klebstoffs kann allerdings einige Zeit dauern. Je nach der Menge der beigemischten freien Isocyanate kann ein Polyurethan-Schmelzklebstoff theoretisch bereits in ein paar Minuten komplett vernetzen (beschleunigte Klebstoffe) oder aber er benötigt für den chemischen Prozess mehrere Tage (verlangsamte Klebstoffe). Bei den für geschlossene Klebstoffsysteme gut geeigneten Klebstoffen dauert die Vernetzung meistens ca. 2-3 Tage. Innerhalb dieser Zeit kann es sein, dass die Haltbarkeit der Produkte nur sehr begrenzt ist. Wenn große Rückstellkräfte herrschen, kann es sogar zum Aufspringen von Schachteln kommen, sofern diese nicht fachgerecht verpackt worden sind. Trotzdem ist das fertige PUR-geklebte Produkt am Ende besser geklebt, als das mit jedem anderen herkömmlichen Klebstoff möglich gewesen wäre.

Wie bereits aus den erwähnten Unterschieden bei der Vernetzungszeit deutlich wird, können PUR-Schmelzklebstoffe ganz unterschiedliche Eigenschaften aufweisen. Diese werden durch die Beschaffenheit der Hauptbestandteile beziehungsweise durch die verwendeten Additive (Zusatzstoffe) zumeist gezielt eingestellt. Zu den wesentlichen Eigenschaften gehört der sogenannte „Hot-Tack“. Damit bezeichnet man das Haftungsvermögen des Klebstoffs in heißem verflüssigten Zustand. Oft ist wegen der auftretenden Rückstellkräfte ein möglichst hoher Hot-Tack erwünscht. Beim Verkleben

von schwierig zu verarbeitenden Faltschachteln ist auch die offene Zeit von großer Bedeutung. Mit „offener Zeit“ ist die Zeit gemeint, innerhalb welcher sich eine definierte dicke Schicht von heißem Klebstoff noch wirkungsvoll verkleben lässt.

Zuvor wurde bereits die Farbe des PUR-Klebstoffs erwähnt. Diese kann weiß, gelblich-transparent oder auch vollständig glasklar sein. Eine weitere relevante Eigenschaft, besonders wenn man den Klebstoff mit einem geschlossenen Auftragssystem mit kontaktlos arbeitenden Auftragsdüsen aufträgt, ist die richtige Viskosität. Diese kann zwischen einigen hundert Millipascalsekunden (mPas) bis zu vielen tausend mPas liegen. Die Viskosität des Klebstoffs beeinflusst seinen Hot-Tack aber auch die Benetzung des Substrats sowie das Abrissverhalten von der Auftragsdüse. Die hervorragenden Haftungseigenschaften und seine Beständigkeit gegen Feuchtigkeit und Lösungsmittel machen Polyurethanklebstoffe auch zu einem Favoriten für Tamper-Evidence-Lösungen. Der ausgehärtete Klebstoff stellt sicher, dass sich geklebte Schachtelteile entweder gar nicht, oder nur unter erheblicher Zerstörung des Materials nachträglich lösen oder trennen lassen.

Besondere Eigenschaften erfordern überlegten Umgang

Die für Polyurethan-Schmelzklebstoffe typischen Eigenschaften und Besonderheiten bei der Verarbeitung müssen natürlich sorgfältig bedacht werden. Sie erfordern professionellen Umgang, damit die Klebungen und schließlich die damit herzustellenden Produkte am Ende auch den hohen Ansprüchen gerecht werden.

Maximale Arbeitsplatzkonzentration

Der tolerierte Grenzwert von Aerosolen in der Atemluft wird als MAK-Wert (maximale Arbeitsplatzkonzentration) bezeichnet. Für Isocyanate am Arbeitsplatz gilt als dauerhafter oberer Grenzwert eine Menge von 0,05 mg/m³. Bei jeder Änderung der Verarbeitungsbedingungen des PUR-Klebstoffs muss der Betreiber einer Produktionsanlage im Rahmen seiner Ermittlungspflicht nach § 18 GefStoffV (Gefahrstoffverordnung) der deutschen Gesetzgebung feststellen, ob dieser Grenzwert für Isocyanate eingehalten wird.

Im Bereich eines offenen PUR-Leimwerks ist es Vorschrift, eine Absaugung von mindestens 300 m³/h bei einem Maschinenanschlusswert von 1000 Pascal [Pa] Unterdruck zu betreiben. Gleichzeitig muss eine Abdeckhaube das Leimwerk gut abschließen. Die Klebstofftemperatur sollte so niedrig wie möglich gehalten werden, um ein Entweichen der Isocyanate zu minimieren. Da der kritische Temperaturbereich, in dem Isocyanate aus der Klebstoffschmelze frei gesetzt werden, etwa bei 140°C liegt, wird in einigen Fachbüchern eine Verarbeitungstemperatur von <130°C empfohlen.

Zusätzlich sind einige persönliche Schutzmaßnahmen erforderlich, um den Kontakt und die Aufnahme von PUR-Klebstoff und Isocyanat-Dämpfen zu verhindern. Solche Maßnahmen schließen die Hygiene und Verwendung einer persönlichen Schutzausrüstung (PSA) ein. Gegebenenfalls müsste sogar eine spezielle Atemschutzausrüstung getragen werden.

Tamper-Evidence

Mit Verabschiedung der Richtlinie 2011/62/EU am 8. Juni 2011 hat die EU europaweit die Weichen gestellt, Arzneimittelfälschungen in der Humanmedizin zum gesundheitlichen Schutz der Patienten besser erkennbar zu machen. Bestandteile dieser auch als „Fälschungsrichtlinie“ bekannten Novelle im sogenannten Pharmapaket der EU sind die zwei im Artikel 54 unter dem Buchstaben „o“ neu angefügten Regelungen:

Ein serialisierter Code auf jeder Verpackung versetzt die beteiligten Partner der Lieferkette in die Lage, diese Verpackung anhand eines Datenbankeintrags zu verifizieren. Jede Verpackung trägt einen individuellen Code, der die Verpackung einzigartig macht.

Gleichzeitig erschwert die Tamper-Evidence-Regelung eine Manipulation von Verpackungen. Die Verpackung wird dabei so verschlossen, dass ein vorzeitiges Öffnen bzw. eine Manipulation der Verpackung, durch Partner der Lieferkette, zum Beispiel durch den abgebenden Apotheker, entdeckt wird. Eine Aufgabe dieser Regelung ist es, das Umpacken von gefälschten Medikamenten in gültige Verpackungen zu verhindern.

Auch gesundheitliche Aspekte gilt es zu beachten. Reaktive Polyurethanklebstoffe enthalten gesundheitsschädliche Inhaltsstoffe, welche besonders durch Erwärmung und Schmelzen des Klebstoffs in Form von Gasen freigesetzt werden. Gemäß Definition handelt es sich bei den betrachteten Produkten immer um reaktive PUR-Schmelzklebstoffe auf der Basis von sogenannten Polyesterurethanprepolymeren mit Isocyanatgruppen.

Als gesundheitsschädliche Inhaltsstoffe werden gemäß der EG-Richtlinie 91/155/EWG angegeben: 1-3 % MDI (Diphenylmethan-4,4'-Diisocyanat) und geringe Mengen TDI (2,4-Diisocyanatoluol). Das beim Aufschmelzen freiwerdende Aerosol dieser Substanzen kann Augen, Schleimhäute der Atemwege und die Lunge reizen

PUR-Applikationen in der Faltschachtelherstellung

oder Kopfschmerzen verursachen. Auch andere Langzeitschäden sind möglich, wenn mit dem Klebstoff nicht fachgerecht umgegangen wird.

Würde ein Polyurethan-Schmelzklebstoff in einem Auftragssystem mit einem offenen Klebstoffbecken verarbeitet werden, müssten daher aufwändige Schutzmaßnahmen getroffen werden, um die Konzentration giftiger Gase am Arbeitsplatz so niedrig wie möglich zu halten. Auch ist ein direkter Hautkontakt zu aufgeschmolzenem Klebstoff erheblich wahrscheinlicher, wobei der Körper die giftigen Isocyanate über die Haut aufnehmen kann.

Wird der Polyurethan-Schmelzklebstoff dagegen mit einem geschlossenen Klebstoffsystem verarbeitet, kommt es erst gar nicht zu einer solchen Belastung des Arbeitsplatzes durch giftige Dämpfe. Je nach Ausführung eines entsprechenden Klebstoffauftragssystems kann der gültige MAK-Wert deutlich unterschritten werden und damit können alle gesundheitlichen Bedenken gegen die Verwendung von Polyurethan ausgeräumt werden.

Eine andere Besonderheit, die Bedacht werden muss, ist die Neigung eines Polyurethan-Schmelzklebstoffs, sowohl durch Umgebungsfeuchte als auch durch dauerhafte Erwärmung bereits im Klebstoffsystem zu vernetzen. Dabei verbinden sich reaktive Moleküle zu langen Ketten und bewirken, dass die Klebstoffschmelze immer hochviskoser, also immer dickflüssiger wird. Das führt dazu, dass nach Stillstandszeiten von Maschinen oder bei sehr langsamen Produktionen mit geringem Klebstoffverbrauch die Einstellungen von Auftragsmengen, Drücken, Ventilen usw. ständig an die sich verändernde Viskosität angepasst werden müssen, um den Prozess so stabil wie möglich zu halten. Einige Polyurethan-Schmelzklebstoffe können ihre Viskosität bei gleichbleibender Temperatur innerhalb weniger Stunden sogar verdoppeln. Anpassungen an derart drastische Viskositätsschwankungen können das Verarbeiten von Polyurethan erschweren. Bei einem geeigneten Klebstoffauftragssystem muss diese Tendenz bereits berücksichtigt worden sein und das System muss den Klebstoff so weit wie möglich schonen, um diesem Effekt entgegenzuwirken.

Wie bereits zuvor angesprochen, müssen bei der Auswahl des geeigneten Klebstoffs die Rückstellkräfte des Produkts in Betracht gezogen werden. Die offene Zeit und die Viskosität des Klebstoffs müssen an die voraussichtliche Maschinengeschwindigkeit und an die erwarteten Rückstellkräfte des zu verarbeitenden Materials angepasst sein. Ist die offene Zeit sehr lang und die Maschinengeschwindigkeit eher schnell oder die Maschine relativ kurz, dann besteht die Gefahr, dass die frisch geklebten Produkte auf dem Auslaufband aufspringen. Andererseits muss der Klebstoff so lange offen bleiben, bis die Schachtel wirklich komplett verklebt und in das Pressband gelaufen ist. Bei einem sehr dünnen Klebstoffauftrag und langsamen Maschinengeschwindigkeiten kann das zum Problem werden. Auch dann werden die Produkte nicht haltbar verklebt sein und können womöglich später beim Aufrichten und Befüllen aufgehen.

Sollen die gefertigten Produkte gleich nach der Verarbeitung in der Faltschachtelklebemaschine ausgeliefert werden, muss ebenfalls mit einer eingeschränkte Haltbarkeit und Festigkeit gerechnet werden. Da der Polyurethan immer einige Zeit für den Vernetzungsprozess benötigt, sollten Kunden darauf hingewiesen werden, dass die Schachteln nicht vor Ablauf dieser Zeit befüllt werden dürfen. Es ist angebracht, mit einer entsprechenden Notiz deutlich auf den Zeitpunkt der Fertigung und die für die vollständige Aushärtung des Klebstoffs erforderliche Zeitspanne hinzuweisen.

Besonderes Augenmerk wird bei durchsichtigen Faltschachteln auf das Aussehen und die vollständige Transparenz des Klebstofffilms

gelegt. Da die Vernetzung von Isocyanaten mit Wassermolekülen durch Abspaltung eines Kohlenstoffdioxid-Moleküls vonstatten geht, sieht man jedoch häufig Gasbläschen in dem ausgehärteten Klebstofffilm. Diese Einschlüsse machen die Klebenaht auffällig und unansehnlich. Weil es viele Faktoren für die Entstehung von Gaseinschlüssen und die Bildung von Bläschen gibt, muss diese Eigenschaft von Polyurethan-Schmelzklebstoffen bereits bei der Auswahl des Klebstoffauftragssystems berücksichtigt werden. In folgenden Abschnitten wird mehr darauf eingegangen werden, welche Besonderheiten ein geeignetes Klebstoffauftragssystem aufweisen muss und auf welche Einstellungen man achten muss, um die Wahrscheinlichkeit der Bläschenbildung so gering wie möglich zu halten.

„Melt-on-demand“ von Baumer hhs wird den Anforderungen gerecht

Grundsätzlich ist ein für einen Polyurethan-Schmelzklebstoff geeignetes Auftragssystem ein sogenanntes „Melt-on-demand“-System. Das bedeutet, dass darin nicht eine größere Menge Klebstoff sozusagen auf Vorrat aufgeschmolzen wird, wie das bei herkömmlichen Heißleimsystemen üblich ist. Das System schmilzt vielmehr von dem jeweiligen Gebinde immer nur die gerade benötigte Menge Klebstoff auf und bringt nur diese auf die Verarbeitungstemperatur. Das System beheizt und fördert den Klebstoff also „nach Bedarf“, oder englisch: „on demand“. Bei diesem Verfahren wird verhindert, dass Klebstoff, welcher zur Zeit nicht benötigt wird, bereits auf Verarbeitungstemperatur gebracht und dauerhaft heiß gehalten wird und dadurch zu viel Wärmeenergie erhält. Das beugt dem zuvor erwähnten Vernetzungsprozess im System und damit dem stetigen Viskositätsanstieg und den damit verbundenen ständigen Einstellungsanpassungen vor.

Der Kernteil des Systems, das Baumer hhs für die Verarbeitung eines Polyurethan-Schmelzklebstoffs vorsieht, ist daher ein speziell dafür geeigneter Beutelschmelzer. Beutelschmelzer stellen die gängigste Variante eines „Melt-on-demand“-Systems dar.



Abb. 2 : Xmelt Beutelschmelzgerät für PUR Klebstoffe

In dem Beutelschmelzer befindet sich eine mit runden Löchern durchbrochene Schmelzplatte, auf die ein einseitig geöffnetes, zylinderförmiges Klebstoffgebilde, ein Beutel aus metallisierter Folie mit einem festen PUR-Block gestellt wird. Oberhalb der Schmelzplatte sorgt ein zylindrischer Behälter und der Deckel des Geräts für einen hermetischen Abschluss des Klebstoffgebindes von der Umgebungsluft. Unterhalb der Schmelzplatte befindet sich ein kleiner Auffangbehälter, in welchem der durch die erhitzte Schmelzplatte lokal aufgeschmolzene Klebstoff gesammelt und auf der richtigen Verarbeitungstemperatur gehalten wird. Von dort aus wird der

PUR-Applikationen in der Faltschachtelherstellung

flüssige Polyurethan-Schmelzklebstoff mittels einer Zahnradschmelzpumpe in die Schläuche und Ventile gefördert.

Mit unterschiedlichen Sensoren im Gerät wird sichergestellt, dass mittels der Schmelzplatte immer nur so viel Klebstoff nachgeschmolzen wird, wie auch verbraucht wird. Ist im unteren Auffangbehälter ausreichend Klebstoff vorhanden, wird die Schmelzplatte nicht weiter beheizt. Der sich darüber befindende Klebstoffblock wird dadurch nicht mehr weiter aufgeschmolzen.

Anders als bei konventionellen Heißleim-Tankgeräten wird der PUR in einem Beutelschmelzer nicht unnötig thermisch belastet. Das sorgt für eine gleichbleibend hohe Stabilität des Klebstoffs und verhindert bereits ursächlich das Freisetzen unnötig großer Mengen von Isocyanaten. Der sorgfältig konstruierte Verschluss des Beutelschmelzers verhindert außerdem das Austreten der schädlichen Aerosole.

Baumer hhs ist sehr darauf bedacht, sichere Klebstoffauftragungssysteme herzustellen. Weil aber die gesundheitlichen Gefahren beim Umgang mit PUR dennoch immer wieder zu Fragen Anlass geben, wurde das gesamte hier vorgestellte PUR-Klebstoffauftragungssystem mit Beutelschmelzer und Ventiltechnik von Baumer hhs einem entsprechenden Gutachten der Berufsgenossenschaft unterzogen. Nach der sorgfältigen Konstruktionsarbeit erbrachte dieses BG-Gutachten schließlich noch einen zertifizierten Nachweis darüber, wie gering die Belastung durch gesundheitsschädigende Isocyanate wirklich ist.

Das ist nicht der einzige Grund dafür, warum der Deckel gut und dicht schließen muss. Um eine Vernetzung des nicht verbrauchten Teils des Klebstoffgebundes zu verhindern, muss ausgeschlossen werden, dass Feuchtigkeit in das System eindringen kann. Die normale Luftfeuchtigkeit der Umgebungsluft würde bereits bewirken, dass sich spätestens innerhalb einiger Stunden um den im System verbliebenen Klebstoff ein nicht wieder aufzuschmelzender

BG-Gutachten in Bezug auf die Emission giftiger Aerosole

Am 19. November 2012 wurde von der DGUV Test, einer Prüf- und Zertifizierungsstelle für die Druck und Weiterverarbeitungsindustrie, bestätigt, dass Baumer hhs mit den Komponenten Beutelschmelzer XBM-02 und dem Auftragskopf HP 500 ein Klebstoffauftragungssystem zur Verwendung an Faltschachtelklebe-maschinen zur Verfügung stellt, das nur eine sehr geringe Isocyanatemitration aufweist. Die gültigen Grenzwerte für Isocyanate werden damit weit unterschritten.

Eine messtechnische Überprüfung erfolgte auf der Grundlage der europäischen Normen EN 1010-1:2011 und EN 1010-4:2010 in Anlehnung an die Prüfgrundsätze für die Prüfung und Zertifizierung von PUR-Klebstoffemissionen GS-DP-03. Zur Bestimmung der relevanten Emissionen wurde das Klebstoffauftragungssystem in Simulation einer Verarbeitung an einer Faltschachtelklebemaschine betrieben. Es wurde ein typischer nicht-emissionsarmer PUR-Schmelzklebstoff verarbeitet und die Klebstoffverarbeitungs-menge entsprach einer typischen Produktion. Luftmessungen wurden in etwa 165 cm Höhe in unmittelbarer Nähe des Beutelschmelzers sowie ca. 30 cm oberhalb des Klebstoffauftragskopfes durchgeführt. Auch wurde bei den Messungen die diskontinuierliche Arbeitsweise des Beutelschmelzers berücksichtigt.

Besonderes Augenmerk wurde auf die Emission während eines Beutel-wechsels (Erneuern eines Klebstoffgebundes) gelegt, bei dem der Deckel des Systems geöffnet werden muss, sowie auf die besondere Situation, wenn das Gerät einer Reinigung unterzogen wird und dabei ebenfalls der Tankdeckel geöffnet ist. In diesen als kritisch zu bewertenden Situationen können grundsätzlich giftige Aerosole von Isocyanaten entweichen und es ist besondere Vorsicht angebracht, um nicht verunreinigte Luft direkt über dem Gerät einzatmen.

Das BG-Gutachten und das ausgestellte Zertifikat weisen aus, dass die gemessenen Werte während des gesamten Tests und auch in den beschriebenen kritischeren Situationen zu jeder Zeit weit unter den Grenzwerten liegt. An keinem der Messpunkte wurden die geltenden Grenzwerte überschritten. Es wurde festgehalten, dass die sichere Einhaltung der Grenzwerte damit für den Dauerbetrieb gewährleistet ist und das System bedenkenlos für die sichere Verarbeitung von Polyurethan-Klebstoff herangezogen werden kann.

duroplastischer Film bilden würde. Nicht vollständig verbrauchter Klebstoff würde an seiner Oberfläche langsam vernetzen und dadurch für die weitere Verarbeitung unbrauchbar werden. Ein angebrochenes Klebstoffgebünde müsste dann nach einer Produktion stets weggeworfen werden.

Das beschriebene System von Baumer hhs gewährleistet dagegen einen hervorragenden Schutz vor dem Eindringen von Feuchtigkeit. Es ist damit möglich, auch bereits geöffnete und sogar schon beheizte Klebstoffgebünde mehrere Tage unbeheizt und unbeachtet im System zu belassen, ohne dass der chemische Vernetzungsprozess voranschreitet. Wird der Beutelschmelzer nach solch einer Stillstandszeit wieder eingeschaltet, kann ohne Reinigung oder Austausch des darin vorhandenen Klebstoffs direkt weitergearbeitet werden.

Durch die geschlossene Bauweise des Beutelschmelzers ist es auch nicht erforderlich, den im System belassenen Klebstoff mit trockenem Stickstoff oder mit Trockenluft zu beaufschlagen. Solche Maßnahmen sind nur erforderlich, wenn PUR-Schmelzklebstoffe mit den bekannten konventionellen Heißleimsystemen verarbeitet werden sollen. Durch das Wegfallen der Trockengasbeaufschlagung bei dem Beutelschmelzer entfallen die Kosten, die mit dem Stickstoff- oder Luftverbrauch sowie der kontinuierlichen elektrischen Steuerung der Begasung verbunden sind. Auch entfällt die oft komplizierte Logistik von Gasflaschen. Sollte das Baumer hhs Klebstoffsystem einmal eine Zeitlang nicht gebraucht werden, kann es einfach abgeschaltet werden und kalt und spannungsfrei zur Seite gestellt werden. Wird es erneut eingeschaltet, ist es mit dem „alten“ darin zurückgebliebenen Klebstoff jederzeit in weniger als einer halben Stunde wieder betriebsbereit.

Abgesehen von der richtigen Behandlung des Klebstoffs aufgrund seiner chemischen Beschaffenheit gibt es noch weitere Besonderheiten bei der Herstellung von Klarsichtfaltschachteln mit PUR, die eine speziell abgestimmte Funktionsweise der verschiedenen Systemkomponenten erfordern.

Abstimmung der Klebstoffördertechnik und Auftragstechnologie

In einfacher Ausführung werden transparente Faltschachteln nur an ihrer Längsnaht geklebt. In diesem Fall benötigt man entweder ein Klebstoffauftragsventil, das den Klebstoff in einem kontaktlosen Verfahren in Form einer dünnen Raupe aufträgt, oder eines, das im Kontaktverfahren direkt eine schmale, dünne Fläche appliziert. Das Kontaktverfahren bringt den Vorteil mit sich, dass die aufgetragene Klebstoffschicht bereits sehr dünn eingestellt werden kann. Dadurch wird der Klebstoff nicht beim Verpressen des Produkts in die Breite gedrückt, was manchmal unsauber und ungleichmäßig aussieht. Auch ist die Wahrscheinlichkeit einer Bläschenbildung im Klebstoff-film geringer, da das bei der Vernetzung entstehende CO²-Gas aus einem dünnen Klebstofffilm eher entweichen kann.



Abb. 3: Leimauftragsventil

PUR-Applikationen in der Faltschachtelherstellung

Ein Kontaktauftrag mag allerdings nicht geeignet sein, wenn sich schwierige Kunststoffprodukte nur bei sehr langsamer Geschwindigkeit in der Maschine verarbeiten lassen. Die Temperatur des Klebstoffs nimmt bei einer sehr dünnen Auftragsstärke extrem schnell ab und die offene Zeit des Klebstoffs, d. h. das Zeitfenster, in dem ein ordentliches Verpressen des Produkts noch möglich ist, wird sehr kurz. Sollten beleimte Schachteln also zu lange benötigen, um die Strecke zwischen Auftragsventil und Pressband zurückzulegen, wird die Klebung später mangelhaft sein und die Schachteln möglicherweise sogar aufspringen. In einem solchen Fall sollte man sich für einen Klebstoff entscheiden, der eine ausreichend lange offene Zeit hat. Ist dies nicht möglich, muss auf einen kontaktlosen Klebstoffauftrag ausgewichen werden. Eine dadurch aufgetragene Klebstoffraupe hält aufgrund ihrer anfänglichen Form die Wärme bedeutend länger, und bleibt damit länger offen.

Für die gleichmäßige Beleimung der Längsnaht ist es erforderlich das Klebstoffauftragssystem so einzustellen, dass die Klebstoffmenge unabhängig von der Geschwindigkeit der Faltschachtelklebemaschine immer gleich bleibt. Das Baumer hhs Beutelschmelzersystem hat dafür eine geeignete Regelung vorgesehen. Dabei wird ein Klebstoff-Rückflussventil (Bypass) im Gerät entsprechend so angesteuert, dass der Druck im Klebstoffsystem proportional der Geschwindigkeit der Produktionsanlage angepasst wird. Eine zusätzliche Herausforderung ergibt sich noch beim Auftrag von Klebstoffpunkten, die auf die Bodenlaschen von Automatikbodenschachteln, sogenannten „Crash-Lock-Schachteln“, aufgebracht werden. Klebstoffpunkte können nur mit geeigneten Punktventilen aufgetragen werden, bei denen die Größe der Klebstoffpunkte in der Produktion durch die Öffnungszeit des Ventils bestimmt werden. Natürlich sollen die Klebstoffpunkte, nachdem sie einmal eingestellt und für das Produkt angepasst worden sind, ihre Größe nicht verändern. Darum benötigt man für den Auftrag von Punkten einen konstanten Druck, der unabhängig von der Produktionsgeschwindigkeit ist, während der Druck für die Längsnaht ständig an die Geschwindigkeit angepasst werden muss.

Diese Besonderheit macht ein Klebstoffauftragssystem mit zwei getrennt einstellbaren Druckeinheiten unabdingbar. Das PUR-Beutelschmelzersystem von Baumer hhs ist darum mit zwei Zahnradpumpen und zwei Druckregelsystemen ausgestattet. Der Klebstoffdruck für die Punkte kann mit einem separaten Druckregler einmalig eingestellt werden und bleibt dadurch unbeeinflusst von der Maschinengeschwindigkeit. Nur so tragen die entsprechenden Punktauftragsventile die einmal eingestellte Klebstoffmenge immer konstant auf. Der Klebstoffdruck für die Längsnaht wird dagegen mittels einer elektrischen Verbindung zwischen Streckensteuerung und Beutelschmelzgerät an eine Geschwindigkeitsänderung der Produktionsmaschine angepasst. Die austretende Klebstoffmenge für die Längsnahtbeleimung verändert sich proportional zu dieser Druckänderung, damit auch hier der Klebstoffauftrag immer gleich aussieht.

Besonders bei den zuvor erwähnten Automatikbodenschachteln ist das gleichmäßige Verpressen einer im kontaktlosen Verfahren aufgetragenen Klebstoffraupe oft ein Problem. Fast immer gibt es nach dem Zusammenfallen der Schachtel Bereiche, in denen sich mehrere Materiallagen überlappen. Sind gewöhnlich im Bereich der Längsnaht drei Materiallagen übereinander, kommen aufgrund der zusätzlichen Laschen bei den Automatikböden oft fünf Materiallagen übereinander. Liegen diese Laschen auch im Bereich der Längsnaht, dann bekommt der Klebstoffauftrag an dieser Stelle erheblich größeren Anpressdruck, der oft zu einer sehr unterschiedlich breiten Verpressung der Klebstoffraupe führt. Das Resultat ist ein in der

Breite extrem schwankender Klebstofffilm, der bei einer transparenten Faltschachtel unattraktiv aussieht.

Diese Schwierigkeit ist der Hauptgrund für den Einsatz eines Kontaktauftrags, wenn das möglich ist. Allerdings sind die dafür zu verwendenden Ventile anders aufgebaut und benötigen auch eine andere Halterung. Daher muss die Überlegung, welche Art Produkte und Materialien verarbeitet werden sollen und für welche Art des Klebstoffauftrags man sich entscheidet, auch bereits vor der Anschaffung eines PUR-Auftragssystems angestellt werden. Ein Kontaktauftrag erfordert eine sehr genaue Höheneinstellung des Ventils. Das Produkt muss das Ventil leicht an der Klebstoffaustrittsstelle, einer Schlitzdüse, berühren. Es darf aber nicht dazu kommen, dass das Ventil Kratzspuren oder Markierungen hinterlässt, die möglicherweise aufgrund der hohen Temperatur entstehen können. Das Produkt darf auch nicht zwischen irgendwelchen Unterführungen und dem Ventil eingeklemmt werden, damit es nicht zwischen den Transportbändern verschoben wird. Ist andererseits die Ventileinstellung zu hoch, ist der Kontakt zwischen der Klebstoffaustrittsstelle und dem Produkt nicht durchgehend gewährleistet. Dann kommt es zu einem ungleichmäßigem Klebstoffauftrag, Markierungen und Luft einschließen innerhalb des PUR-Films. Eine einwandfreie Kunststofffaltenschachtelproduktion mit PUR erfordert darum Feineinstellungsmöglichkeiten sowohl für die Unterführung des Produkts als auch für die Höheneinstellung der Klebstoffauftragsventile.

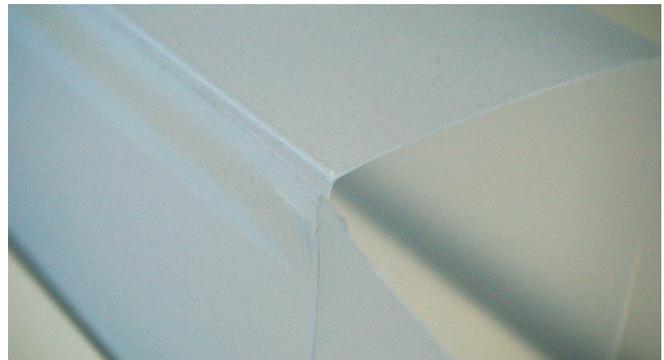


Abb. 4: Schwierige Materialien perfekt geklebt

Das Baumer hhs PUR-System beinhaltet für die Längsnahtbeleimung daher eine durchdachte Unterleimwerkskonstruktion, die die sorgfältige Produktführung sowie die Halterung und Möglichkeit einer genauen Höheneinstellung des Ventils einschließt. Dieses Unterleimwerk kann in die meisten gängigen Faltschachtelklebemaschinen einfach anstelle des für die Längsnaht vorgesehenen Scheibenleimwerks eingesetzt werden.

Auch kontaktlos arbeitende Punktauftragsventile müssen sorgfältig eingestellt werden können. Ein gut aufgetragener Klebstoffpunkt soll nach dem Verpressen möglichst rund aussehen. Damit das möglich ist, benötigt man natürlich besonders schnelle Ventile mit extrem kurzen Schaltzeiten. Damit die Klebung aber sauber aussieht muss, zusätzlich auch die für PUR so typische Neigung zur Fadenbildung bekämpft werden. Der Großteil der Gegenmaßnahmen verbirgt sich bereits in der Konstruktion des Ventils. Allerdings wird die Fadenbildung (engl.: „Tailing“ für Schwänzchenbildung) u. a. durch die Höhe des Ventils über dem Produkt beeinflusst. Hier erfordern die Ventilhalter also ebenfalls eine Möglichkeit zur Feinjustierung der Höhe. Damit der Abstand zu der zu beleimenden Laschen dann wirklich immer gleich ist, kommt es auch hier wieder auf eine gute Produktführung an. Die Baumer hhs Ventile, die für die Punktbe-

PUR-Applikationen in der Faltschachtelherstellung

leimung von PUR eingesetzt werden, bringen die erforderlichen Einsteller und Führungen bereits mit. Auch an die entsprechenden Unterführungen als Gegenstücke ist gedacht. Diese unter das Produkt zu montierenden Führungen können selbstverständlich ebenfalls in der Höhe eingestellt werden.

Nur ein Klebstoffauftragssystem, bei dem die schonende Behandlung des Polyurethan-Schmelzklebstoffs gewährleistet ist, und Materialförderung, Ventiltechnik und Produktführung gut aufeinander abgestimmt sind, stellt eine hochwertige Klebung und die hervorragende Qualität der Produkte sicher. Wie aber bereits zuvor deutlich wurde, kommt es bei der Verarbeitung der Kunststoffmaterialien nicht nur auf das richtige Klebstoffsystem an. Die ganze Maschine, angefangen vom Einleger bis hin zum Abpacken der geklebten Faltschachteln, ist von Maßnahmen und Zusatzeinrichtungen betroffen, welche die spezielle hochwertige Faltschachtel erst ermöglichen.

Keine gewöhnliche Ausrüstung für die außergewöhnliche Faltschachtel

Würden auf einer Faltschachtelklebmaschine bis jetzt nur Produkte aus einfachem Karton geklebt, ist meist viel Staub angefallen.

Sollen jetzt auf der gleichen Maschine auch Kunststoffmaterialien verarbeitet werden, kommt es zu hohen statischen Aufladungen, die den Staub auf der Oberfläche der neuen Materialien förmlich festkleben lassen. Eine alte Maschine muss deshalb vor einer Umstellung auf Kunststoff immer erst sorgfältig gereinigt werden. Das Beste ist es, wenn eine Maschine ausschließlich für die Produktion von Kunststofffalttschachteln reserviert ist. Besondere Zusatzeinrichtungen, die für die Verarbeitung von Kunststoff erforderlich sind, stehen dadurch immer zur Verfügung und die Maschine bleibt in einem Zustand, der für die Herstellung von hochwertigen transparenten Faltschachteln unabdingbar ist.

Soll eine neue Anlage eigens für die beschriebenen Materialien eingesetzt werden, können die besondere Auslegung der Maschine und bestimmte Voraussetzungen bereits zu Beginn berücksichtigt werden. So sollte z. B. die oft mangelhafte Planlage der gestanzten Kunststoffnutzen und auch deren Neigung zu statischer Aufladung bedacht werden. Die einzelnen Nutzen im Einleger sauber abziehen und zu Beginn der Transportstrecke gerade auszurichten, stellt deswegen oft das erste große Problem in der Herstellung von Kunststofffalttschachteln dar.

Wird eine normale Faltschachtel aus Karton im Magazin gewöhnlich von unten abgezogen, so ist zu überlegen, ob man nicht für die Verarbeitung von Kunststoff einen Einleger verwenden kann, bei dem das Material von oben abgezogen wird. Bei der Technik entstehen deutlich geringere Reibungskräfte, bei denen sich die Nutzen weniger statisch aufladen und sie auch weniger verkratzen. Auch lassen sich in einem Stapel, der von unten nachrückt, mehr Nutzen einlegen. Wird Kunststoffmaterial in ein herkömmliches Magazin eingelegt und von unten abgezogen, kommt es oft bereits bei Stapelhöhen von wenigen Nutzen zum Verklemmen des Materials und zu einem schiefen Einzug in die Transportstrecke. In herkömmliche Einleger können daher oft nur kleinste Mengen von Nutzen auf einmal eingelegt werden. Manchmal werden Kunststoffnutzen sogar einzeln nachgelegt, nur damit sie nicht verkratzen.

Alle Führungen, Stangen und Werkzeuge in einer Faltschachtelklebmaschine müssen für die Herstellung von Kunststoffschachteln mit Samt- oder Teflonklebeband oder anderen geeigneten Materialien beklebt werden, damit die empfindlichen glasklaren Oberflächen nicht verkratzen. Auch ist auf Sauberkeit zu achten, damit später keine ungewollten Streifen oder Abdrücke zu sehen sind.

Für das besonders glatte Material werden weiche und griffige Transportbänder benötigt. Oft sind diese etwas dicker, als die in Faltschachtelklebmaschinen standardmäßig anzutreffenden Transportbänder. Die Transportbänder müssen also ausgetauscht werden, was eine zusätzliche Investition bedeutet und auch einen gewissen Arbeitsaufwand darstellt. Es lohnt sich aber besonders dann, wenn eine Maschine ausschließlich für die Verarbeitung von Kunststoffmaterialien vorgesehen und darauf abgestimmt wird. Eine solche Maschine sollte auch unbedingt mit einer gesonderten Anpresseinheit ausgestattet sein, die sich noch vor dem eigentlichen Pressband befindet. Eine Pressung der Produkte im Schuppenstrom ist für eine gute Längsnahtverklebung mit PUR nicht ausreichend. Besonders geeignet ist eine spezielle höheneinstellbare Andruckwalze mit schmalen Stellringen, die auf die Position der Klebungen gesetzt werden können. Die Ringe sollten auch je nach Bedarf mit Klebeband beklebt werden, damit keine Markierungen auf den Produkten entstehen und damit der Andruck möglichst gleichmäßig ausgeübt werden kann. Manchmal ist es erforderlich, zusätzliche Rollen zwischen die Transportbänder zu setzen, um punktuell mehr Andruck zu erzielen.

Zuvor wurde bereits auf die chemische und physikalische Beschaffenheit der zu verklebenden Produkte eingegangen und die Möglichkeit einer Plasmavorbehandlung der so schwierig zu verklebenden Materialien erwähnt. Polyurethan benötigt chemische Angriffspunkte, wie beispielsweise die angesprochenen OH-Gruppen (Hydroxygruppen). Diese befinden sich zwar in Substraten wie Holz, Papier und Pappe natürlicherweise vor, sind aber in Kunststoffmaterialien nicht vorhanden. Die langen, gleichmäßig geschlossenen Molekülketten der Kunststoffe sind für den reaktiven PUR-Klebstoff erst einmal uninteressant. Die Oberflächenenergie, also das Maß dafür, wie sich die Oberfläche durch den Klebstoff benetzen lässt und wie dieser an der Oberfläche haftet, ist sehr niedrig. Ein plasmavorbehandeltes Material hat dagegen eine erhöhte Oberflächenenergie, die die Haftung eines Klebstoffs begünstigt.

Solch eine Plasmavorbehandlung, auch manchmal als Corona-Vorbehandlung bezeichnet, bewirkt das Aufbrechen einiger Molekülketten an der Oberfläche des Substrats und bringt Sauerstoff ein. Die Sauerstoffatome und andere Elemente aus der Luft werden chemisch angelagert und es entstehen ca. 20 unterschiedliche chemische Verbindungen, mit denen der Klebstoff später direkt vernetzen kann. Das Material verändert dadurch seine Oberflächenenergie. Sind bei unbehandelten Kunststoffen oft niedrige Werte zwischen 20 und 30 mN/m (Millinewton pro Meter) zu messen, so können bei unmittelbar zuvor mit Plasma behandelten Folien Werte von bis zu 70 mN/m gemessen werden. Das verspricht eine hervorragende Klebstoffhaftung.

Auf dem Markt werden auch bereits vollflächig plasmavorbehandelte Folien angeboten. Solche Folien sollten immer dann eingesetzt werden, wenn die Faltschachteln bedruckt werden, denn was in Bezug auf eine gute Haftung für Klebstoff gilt, ist auch für die zuvor aufgetragenen Druckfarben zu beachten. Allerdings sinkt eine anfänglich hohe Oberflächenenergie mit der Zeit wieder ab und länger gelagerte Folien lassen sich später wieder schwierig verkleben. Aus diesem Grund verwendet man eine gezielte Plasmavorbehandlung zusätzlich noch einmal direkt in der Verarbeitungsmaschine. Dafür gibt es auf dem Markt verschiedene mobile Plasmageräte, welche an der Faltschachtelklebmaschine eingesetzt werden können. Die Plasmadüsen dieser Systeme werden direkt über die zu verklebenden Laschenflächen in die Maschine gesetzt und heben so die Oberflächenenergie unmittelbar vor der Verklebung punktuell an. Dadurch wird eine größtmögliche Haftung der Klebung

PUR-Applikationen in der Faltschachtelherstellung

garantiert, unabhängig davon, wie lange das Material zuvor bereits gelagert war.

Auch am Ende der Fertigungsstrecke, wenn die geklebten Produkte aus der Faltschachtelklebmaschine kommen, sind oft noch Zusatzeinrichtungen erforderlich. Es gilt, die Produkte schnell unter leichtem Druck zu verpacken. Andernfalls könnten sie aufspringen oder es bilden sich Bläschen in der frischen Klebenaut. Sollten bei einem Maschinenstillstand auf dem Auslaufband einzelne Produkte zurückbleiben, die nicht eine gesamte Verpackungseinheit füllen, müssen diese dennoch unmittelbar unter Druck gebracht werden. Meist werden dafür Gewichte oder mobile Umreifungsgeräte eingesetzt, mittels welcher auch einige wenige Produkte schnell umreift und so unter Druckbelastung gebracht werden können.

Wie beschrieben, ermöglicht also nur eine gut abgestimmte technische Ausrüstung bestmögliche Qualität. Und zusätzlich bedarf es einer guten Portion Erfahrung im Umgang mit Kunststoffen und Polyurethan. Wie lassen sich die besonderen Eigenschaften der hochwertigen Materialien am wirkungsvollsten nutzen? Wie kann man unerwünschten Effekten gegensteuern?

Tricks und Kniffe für schwierige Materialien

Eine wesentliche Aufgabenstellung ist es bei vollständig transparenten Faltschachteln immer wieder, der Tendenz zur Bläschenbildung entgegenzuwirken. Die Tatsache, dass beim Vernetzungsprozess des Klebstoffs CO₂ entsteht, kann man nicht umgehen. Allerdings lässt es sich beeinflussen, wie schnell das Gas entsteht und ob es später im Klebstofffilm die unerwünschten Bläschen hinterlässt oder nicht. Der sicherste Weg ist es, so wenig Klebstoff wie möglich aufzutragen und durch hohen und gezielten Andruck den Klebstofffilm auf eine Stärke von weniger als 0,1 Millimeter zu verpressen. Der dünne Klebstofffilm erlaubt es den entstehenden Gasmolekülen aus dem Material herauszudriften, bevor sich größere Gasmengen überhaupt zu Bläschen ausbilden können. Wählt man von vornherein einen relativ langsam vernetzenden Klebstoff aus, ist die Gasbildung ebenfalls verlangsamt und die Wahrscheinlichkeit hoch, dass das Gas aus dem langsam vernetzenden Klebstofffilm austreten kann, bevor es zur Bläschenbildung kommt.

Es ist wichtig darauf zu achten, dass der empfindliche PUR-Klebstoff nicht im Ventil bereits hohen Scherkräften ausgesetzt wird. Solche unnötigen Kräfte treten auf, wenn die Ventile nur sehr wenig geöffnet werden und man gleichzeitig mit hohen Drücken arbeitet. PUR schäumt dann schnell auf und die dabei entstehenden Gasbläschen werden dann direkt zusammen mit dem Klebstoff aufgetragen. Besser ist es mit geringeren Drücken und dafür stärker geöffneten Ventilen zu arbeiten. PUR-Düsen sind bei dem Baumer hhs System bereits an die speziellen Erfordernisse für PUR-Klebstoff angepasst. Das Zusammenführen der Laschen bei einer transparenten Kunststofffaltenschachtel will ebenfalls gekonnt sein. Es sollte erst unmittelbar vor der erwähnten gesonderten Anpresseinheit stattfinden. Dabei ist darauf zu achten, dass der Klebstoff auf keinen Fall seitlich verschmiert werden darf. Das führt zu sichtbaren Schatten und verstärkter Bläschenbildung am Rand des Klebstofffilms. Zu diesem Zweck müssen zusätzliche Führungen eingesetzt werden, die den oberen Teil der Faltschachtel weitgehend offen und auf Abstand zur unteren mit Klebstoff versehenen Lasche halten. Erst etwa einen Zentimeter vor der Anpressrolle wird der obere Teil der Faltschachtel mit Hilfe einer Führungstange mit der Klebelasche in Kontakt gebracht.

Auch bei Automatikbodenlaschen, die mit Klebstoffpunkten versehen werden ist eine einwandfreie Führung des Produkts erforder-

lich. Einmal zusammengelegte Laschen verpressen den aufgetragenen Klebstoff zu einem runden Punkt. Die Laschen dürfen aber danach nicht mehr bewegt werden oder zueinander verrutschen. Geht eine einmal zusammengelegte Lasche in der Maschinen noch einmal auf, führt das ebenfalls unweigerlich zu Lufteinschlüssen und Bläschenbildung.

In Verbindung mit PUR und den auf dem Markt angebotenen PUR-Reinigern wird immer wieder die Frage nach den erforderlichen Reinigungszyklen angesprochen. Die aus Granulat bestehenden oder als geschlossene Beutelgebilde angebotenen Reiniger verdrängen in erster Linie den PUR. Darüber hinaus deaktivieren die Inhaltsstoffe der speziellen PUR-Reiniger aber auch die aktiven Isozyanate des Polyurethans, der noch in den Winkeln und Ecken im System verbleibt. Solch eine Reinigung sollte nur dann vorgenommen werden, wenn das PUR-System mehr als eine Woche nicht zum Einsatz kommen soll. Verbliebener Klebstoff, der im System sonst teilweise vernetzen könnte, wird dadurch vollständig entfernt. Der Nachteil einer solchen Reinigung besteht darin, dass vor einer erneuten Inbetriebnahme sämtlicher Reiniger entfernt werden muss. Zurückbleibender Reiniger würde den Vernetzungsprozess des Klebstoffs beeinträchtigen. Um sicherzustellen, dass nur noch reiner Klebstoff gefördert wird, werden die Reiniger eingefärbt. Erst wenn der geförderte PUR wieder vollständig farblos ist, kann man gewiss sein, dass die anschließenden Klebungen halten. Jede Reinigung kostet somit ein wenig Zeit und erfordert etwa ein Gebinde Klebstoff, der verworfen werden muss. Am besten wird ein PUR-System daher täglich eingesetzt. Dann macht es keine Arbeit und braucht lediglich ein- und ausgeschaltet zu werden.

Mit Sicherheit hohe Qualität

Mit dem Auftrag des Polyurethan-Schmelzklebstoffs ist eine Klebstoffüberwachung mittels spezieller HLT-Heißbleim Sensoren kombinierbar. Bei besonders schwierigen Substraten ist manchmal auch eine Überwachung durch Kamerasysteme einsetzbar. Durch diese hochwertige Qualitätskontrolle in der Maschine und die elektronische Anbindung an die Maschinensteuerung werden Produkte zentralisiert bewertet und fehlerhaft beleimte Produkte können mithilfe eines Linearauswerfers oder einer anderen geeigneten Einheit direkt ausgeschleust werden.

Mit der Entscheidung für ein Polyurethan-Schmelzklebstoffsystem von Baumer hhs können Sie hochwertigste Produkte aus exklusiven Materialien herstellen. Es gibt ein Team von erfahrenen Technikern und einen wohlorganisierten Service, der Sie mit Schulung und praktischem Rat in Ihren speziellen Anwendungen unterstützt.

Bei der professionellen Verarbeitung von PUR kommt es auf eine hohe Prozesssicherheit an, es liegt Ihnen an der Sicherheit Ihrer Mitarbeiter und nicht zuletzt müssen die Produkte sicher geklebt sein und eine hervorragende Qualität haben. All das erfordert Fachkenntnisse und Erfahrung, die nicht jeder hat.

Stellen Sie sich aber der Herausforderung, entscheiden Sie sich für Wertschöpfung und die Produkte von morgen.

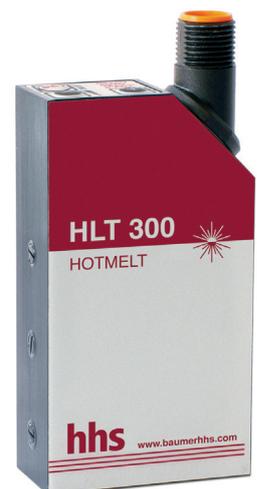


Abb. 5: Heißbleim-Sensor

Baumer hhs GmbH

Die Baumer hhs GmbH mit Sitz in Krefeld ist ein international agierender Hersteller für industrielle Leimauftrags-Systeme in Verbindung mit Qualitätssicherungs-Systemen und Kamera-Kontrollsystemen. Baumer hhs bietet seinen Kunden ein sorgfältig abgestimmtes Portfolio aus den Bereichen Heißleim- und Kaltleimverarbeitung mit Ventilen, Pumpen und Druckbehältern sowie Steuerungs- und Überwachungssysteme zur Qualitätssicherung in Leimauftrags- und Klebeanwendungen der Fabrikautomation.

Baumer hhs ist ein Teil der Schweizer Baumer Group. Das Familienunternehmen ist mit mehr als 2.500 Mitarbeitern und Produktionswerken, Vertriebsniederlassungen und Vertretungen in 36 Niederlassungen und 18 Ländern immer nahe beim Kunden. Mit weltweit gleichbleibend hohen Qualitätsstandards und einem enormen Innovationspotenzial verschafft Baumer seinen Kunden aus zahlreichen Branchen entscheidende Vorteile und messbaren Mehrwert.

Weitere Informationen zum Unternehmen Baumer hhs, zu allen Produkten und weiteren Leistungen finden Sie im Internet unter www.baumerhhs.com.