

Klebstoffaushärtung mit neuester LED-Technologie

LED auf dem Vormarsch – auch in der Klebstoffaushärtung. DELOLUX 80: Maßgeschneiderte Entwicklung für die schnelle Polymerisation licht- und UV-härtender Produkte. Optimierung des Prozesses durch neue technische Features. Bessere Bedingungen für die Voraktivierung von Klebstoffen.

Peter Müller, Leiter F&E Gerätetechnik, DELO Industrie Klebstoffe

Light Emitting Diode – kurz LED – ist das Zauberwort, wenn es heute um Licht geht. Die elektronischen Halbleiterelemente können durch die Auswahl der Materialien und der Dotierung verschiedenes Licht erzeugen, und zwar in einem eng eingegrenzten Spektralbereich. Nachdem die LED lange Zeit aufgrund geringer Lichtausbeute und fehlender Verfügbarkeit aller Lichtfarben überwiegend in Nischenanwendungen eingesetzt wurden, erschließen sich der LED nun weite Einsatzbereiche z. B. in der Beleuchtungstechnik. Mitentscheidend für diesen Erfolg war die Entwicklung von so genannten III-V Halbleitern, die im blauen und grünen Spektralbereich ihr Licht emittieren und die die Erzeugung von weißem Licht ermöglichen.

Darüber hinaus wurde in den vergangenen zehn Jahren an einer Vervielfachung der Intensität der LEDs gearbeitet. Mittlerweile stehen so leistungsfähige LED Dies zur Verfügung, dass sich weitere Anwendungsbereiche eröffnen: die Polymerisierung von photoinitiert härtenden Klebstoffen und UV-Lacken, die bisher ausschließlich über klassische Entladungslampen ausgehärtet wurden.

Einleuchtende Vorteile

Der Einsatz von LED-Technologie bietet bei der Aushärtung von Klebstoffen zahlreiche Vorteile gegenüber konventionellen Strahlern:

- Die Lebensdauer von LEDs liegt um den Faktor 20 höher als die von Entladungslampen. Dazu kommt, dass Entladungslampen im Prozess dauerhaft angeschaltet sein müssen. Eine LED kann beliebig oft an und ausgeschaltet werden und muss im Prozess nur in der Zeit leuchten, in der die eigentliche Härtung des Klebstoffs stattfindet. Da das Ein- und Ausschalten keinen Einfluss auf die Lebensdauer hat, sondern nur die Gesamtbetriebsdauer zählt, erhöht sich die effektive Lebensdauer der LED um ein Vielfaches.
- Leuchtdioden lassen sich unbegrenzt regeln. So kann die Intensität durch die Vorgabe des Stromes stufenlos zwischen 0% und 100% eingestellt werden. Eine exakte Synchronisation im Prozess wird gewährleistet durch Einschaltvorgänge, die im Millisekundenbereich liegen. Aufgrund dieser Eigenschaften lassen sich Belichtungsrampen und Impulse in beliebiger Form erzeugen.
- Bei LEDs handelt es sich um Kaltlichtquellen, die keine Strahlung im nahen und mittleren Infrarot abgeben, die zum Erhitzen des Klebstoffs oder des Bauteils führen kann.

Erste LED-Handlampen zur industriellen Klebstoffhärtung wurden auf dem Markt bereits vorgestellt. In der Praxis erwies es sich als problematisch, dass die Lampen nur eine begrenzte Zeit bei voller Leistung betrieben werden können, da eine effiziente Kühlung fehlt. Die Halbleiterlichtquellen wandeln nur ca. 15% bis 20% der elektrischen Energie in Licht um, den Rest in Wärme; daher ist ein richtiges Thermomanagement Voraussetzung, um die LEDs optimal zu nutzen.

Neue Generation für schnelle Prozesse

Will man alle Vorteile der LED-Technologie nutzen, muss man bei Design und Entwicklung der Lampen eine Vielzahl von Dingen beachten, die sich nur durch langjährige Erfahrung in der Klebstoffherstellung und -verarbeitung herleiten lassen. Als erfolgreicher Systemanbieter stellt DELO Industrie Klebstoffe jetzt eine völlig neue Generation von Aushärtelampen auf Basis von Halbleiterlichtquellen vor (siehe Abb.1). Ziel war es, eine sehr intensive Lichtquelle zur Aushärtung von Acrylat- und Epoxydharzklebstoffen zu entwickeln, die sich optimal in Fertigungsprozesse integrieren lässt. Dazu wird das Licht von bis zu 20 auf einer Platine dichtest gepackten Power LED-Dies in einen Konzentrator eingekoppelt. Diese Optik besitzt am Ausgang einen Durchmesser von 17 mm und eine Abstrahlcharakteristik von 30 °, wie sie für einen Flüssigkeitslichtleiter entsprechender Lichtleiterlampen typisch ist. Durch das angepasste Emissionsspektrum von 405 bzw. 460 nm ermöglicht DELOLUX 80 die optimale Aushärtung photoinitiert härtender Klebstoffe.



Abbildung 1
*Neu auf dem Markt: LED-Lampe
DELOLUX 80 zur optimierten
Aushärtung von photoinitiert
härtenden Klebstoffen*

Die Platine der DELOLUX 80 ist flüssigkeitsgekühlt, der eigentliche LED-Kopf ist über einen flexiblen Schlauch, der sowohl die Kühlung als auch die Versorgungs- und Überwachungsleitungen enthält, mit dem Steuermodul verbunden.

Der Kühlung und Überwachung des LED-Kopfes kommt eine zentrale Rolle zu, da die empfindlichen Chips bei zu hohen Temperaturen (> 100 ° C am PN-Übergang) deutlich stärker degradieren bzw. sogar zerstört werden. Erst eine effektive Flüssigkühlung ermöglicht dauerhaft die hohen elektrischen Leistungen, die notwendig sind, um die entsprechenden Lichtintensitäten zu erreichen. Auf der

anderen Seite werden für den Betrieb sicherheitsrelevante Parameter wie Temperatur an der Platine und in der Kühlflüssigkeit und deren Durchflussmenge direkt am LED-Kopf überwacht, um etwaige Fehler im Prozess sofort rückzumelden bzw. eine Beschädigung der LEDs im Störfall zu verhindern.

Am Austritt der Optik werden Bestrahlungsstärken von 1,5 W/cm² (405nm-Version) sowie 1,8 W/cm² (460 nm-Version) auf einer Fläche von ca. 230 mm² erreicht. In der unten stehenden Tabelle ist die Lichtleistung, wie sie für existierende Lichtleiterlampen typisch ist, im Vergleich zur DELOLUX 80 zusammengestellt.

	UVA 320 nm – 390 nm	VIS 390 nm-500 nm
Lichtleiterlampe	3,5 W - 4,5 W	2,5 W – 3,5 W
DELOLUX 80 (405 nm)	--	3,2 – 3,4 W
DELOLUX 80 (460 nm)	---	3,9 – 4,2 W

Damit weist die DELOLUX 80 im sichtbaren Spektralbereich die gleiche bzw. sogar eine etwas höhere Lichtleistung wie jetzige Entladungslampen mit Lichtleiter auf. Die UVA-Leistung, über die Lichtleiterlampen zusätzlich verfügen, lässt sich in vielen Anwendungen nicht nutzen, z. B. bei der Verklebung von Kunststoffen, da der Kunststoff unterhalb 400 nm nicht transparent ist. Somit werden mit der neuen LED-Lampe ähnliche Taktzeiten erreichbar sein, wie mit konventionellen Lichtleiterlampen.

Abbildung 2 zeigt als Beispiel den Aushärteverlauf von DELO-PHOTOBOND AD475, einem lichthärtenden Acrylat. Der Klebstoff wird jeweils mit der LED-Lampe bzw. mit einer Lichtleiterlampe mit der gleichen Intensität im sichtbaren Spektralbereich belichtet.

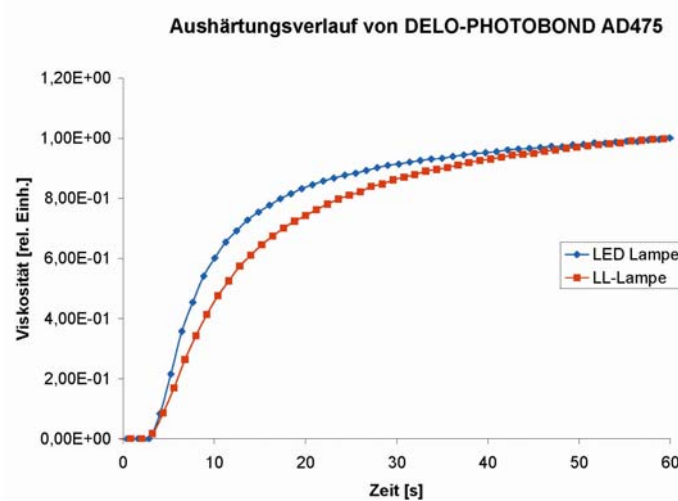


Abbildung 2

Reaktivitätsverlauf von DELO-PHOTOBOND, ausgehärtet mit einer Entladungslampe bzw. der LED-Lampe

Man sieht, dass der Reaktionsverlauf unabhängig von der verwendeten Lampe in einigen zehn Sekunden abgeschlossen ist. Bei Belichtung mit der LED-Lampe polymerisiert der Klebstoff sogar etwas schneller.

Optimiert für mehr Prozesssicherheit

Neben der maximal zu erreichenden Intensität spielt der Einschwingvorgang auf ein stabiles Intensitätsniveau ebenfalls eine wichtige Rolle für den Prozess. Bei LEDs sind Temperatur und abgegebene Lichtmenge fest miteinander verknüpft: je wärmer der Halbleiterchip, desto geringer die Lichtausbeute. Bei vielen bisher eingesetzten Kühlkonzepten wird auf aktive oder passive Luftkühlung gesetzt, die eine relativ lange Thermalisierungszeit nach dem Einschalten mit sich bringt. Das Verhalten von Intensitäts- und Temperaturverlauf eines herkömmlichen, luftgekühlten Moduls ist in Abbildung 3 dargestellt.

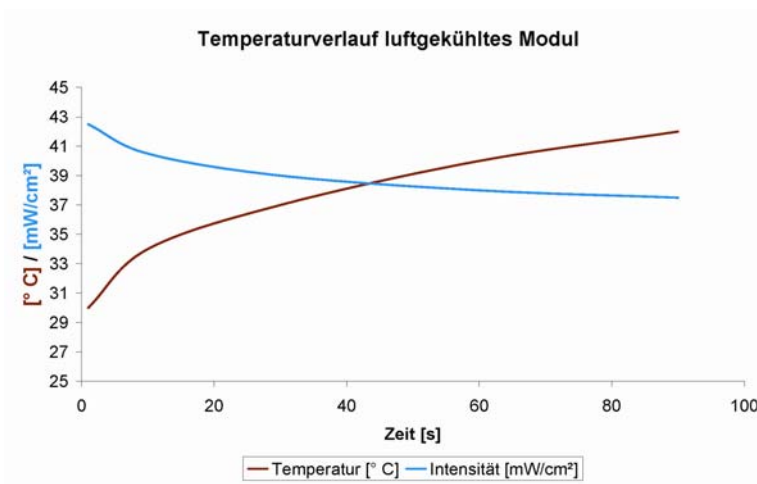


Abbildung 3

Temperatur- und Intensitätsverlauf eines herkömmlichen, luftgekühlten LED-Moduls.

Erst nach ca. einer Minute stellt sich eine konstante Temperatur und somit eine konstante Intensität ein. Bei der DELOLUX 80 hingegen ergibt sich aufgrund einer neuartigen Flüssigkeitskühlung ein Temperaturverlauf, der schon nach 0,1 s ein stabiles Niveau erreicht (siehe Abbildung 4).

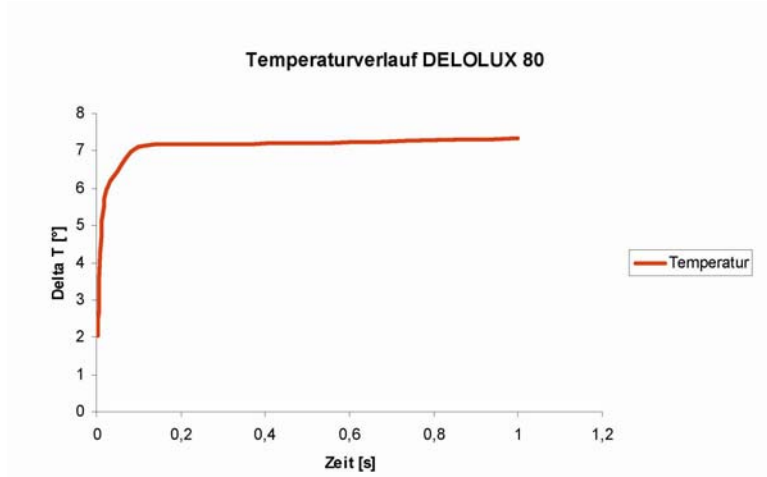


Abbildung 4
Temperaturverlauf am LED-Kopf der DELOLUX 80 nach dem Einschalten

Ab diesem Zeitpunkt bleibt die Intensität konstant. Somit sind auch sehr schnelle Ein- und Ausschaltvorgänge mit konstanter Intensität realisierbar.

Grundvoraussetzung für die Aushärtung von Klebstoffen ist die spektrale Übereinstimmung von Absorption des Photoinitiators und Emission der Lampe. Wirklich intensive LED Dies im blauen Spektralbereich werden von der Industrie derzeit bei Wellenlängen um 400 nm und 460 nm angeboten. Beide Wellenlängen eignen sich ideal, um lighthärtende Acrylate oder lichtaktivierbare Epoxyde zu polymerisieren (siehe Abbildung 5) und können wahlweise als Lampenkopf der DELOLUX 80 gewählt werden.

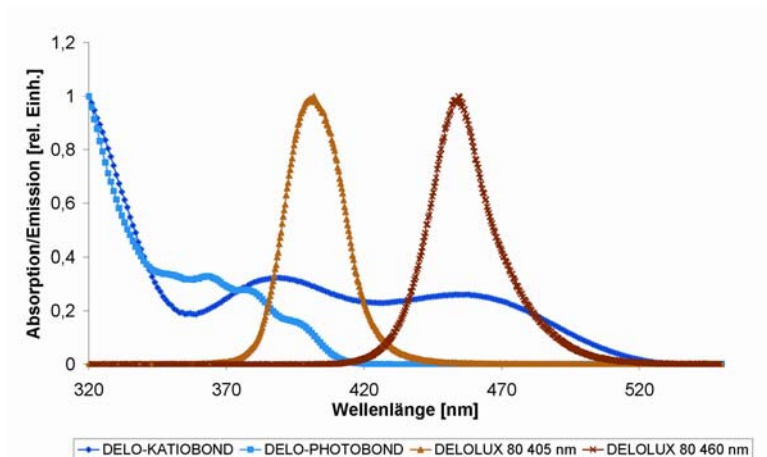


Abbildung 5
Absorptionsspektren von DELO-PHOTOBOND und DELO-KATIOBOND und mögliche Emissionsspektren der DELOLUX 80.

Neue Möglichkeiten für die Voraktivierung

Nahezu alle lichthärtenden Acrylate besitzen eine Absorption bis 420 nm bzw. 440 nm und können mit Wellenlängen um 400 nm ausgehärtet werden. Für lichtaktivierbare Epoxidharze empfiehlt es sich, Wellenlängen um 460 nm zur Polymerisierung zu wählen. Lichtaktivierbare Epoxidharze können mit Licht genauso bis zur Endfestigkeit ausgehärtet werden wie Acrylate, besitzen darüber hinaus die herausragende Eigenschaft der Voraktivierbarkeit. Dazu wird der Klebstoff mit einer geeigneten Intensität für wenige Sekunden belichtet. Während einer darauf folgenden Offenzeit kann ein weiteres undurchstrahlbares Teil gefügt werden, und der Klebstoff härtet ohne weitere Lichtzufuhr aus. Die Stabilität dieses Prozesses wird maßgeblich von den Eigenschaften und dem Langzeitverhalten der verwendeten Lampentechnologie mit bestimmt.

Hier bietet die LED-Technologie spezifische Vorteile gegenüber Entladungslampen:

- Die stabile Intensität während der Belichtung und die lange Lebensdauer kombiniert mit einem sehr geringen Intensitätsabfall, hält die Offenzeiten deutlich konstanter.
- Die Reaktivität des Klebstoffs wird nicht durch Wärmeeintrag aus der Lampe beeinflusst.
- Die langwellige Strahlung um 460 nm sorgt für eine homogene Voraktivierung über die gesamte Schichtdicke.

Profitieren vom Systemanbieter

Die Verwendung von Halbleiterlichtquellen bietet herausragende Vorteile beim Aushärten von Klebstoffen im Prozess. Vor allem durch die lange Lebensdauer in Kombination mit den Regelungsmöglichkeiten sowie durch wesentliche kostentechnische Vorteile sind sie den bisher am Markt verfügbaren Entladungslampen deutlich überlegen. Zur Erreichung hoher Intensitäten in Kombination mit langer Lebensdauer ist ein ausgeklügeltes Thermomanagement Grundvoraussetzung. All diese Anforderungen hat DELO als erfahrener Klebstoffhersteller und Systemanbieter bei der Entwicklung der DELOLUX 80 berücksichtigt. Die Aushärtelampe ist damit ideal bei der Polymerisierung von Klebstoffen in hoch automatisierten Prozessen geeignet, bei denen neben Taktzeit die Prozesssicherheit höchste Priorität besitzt.

1.363 Wörter

10.200 Zeichen (inkl. Leerzeichen)

08/2007