

## STIR<sup>®</sup> - eine neue Dimension des Klebens

### Kleben als zukunftsweisende Technologie

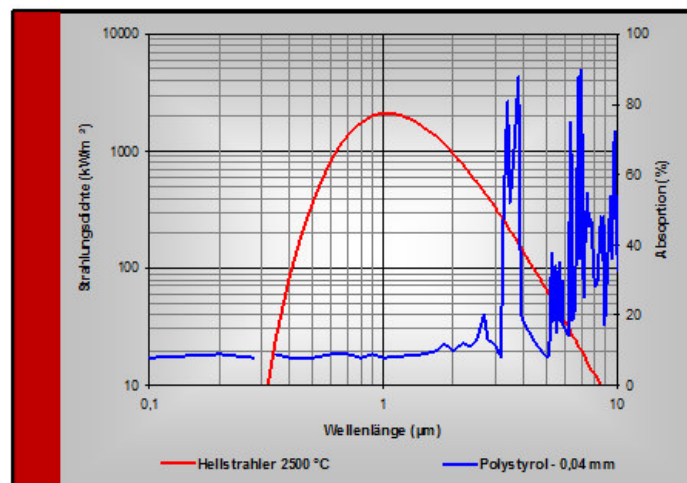
Kleben ist eine Herausforderung der Zukunft in fast allen industriellen Bereichen, insbesondere in der Photovoltaik- und Automobilbranche, und kann die herkömmlichen Verbindungsverfahren wie das Schweißen, Nieten oder Schrauben ergänzen oder ersetzen.

Die Klebetechnik erlaubt es wie kein anderes Verfahren, unterschiedlichste Materialien dauerhaft zu verbinden, ohne die Füge­teile zu beschädigen und dadurch ihre Stabilität zu beeinträchtigen. Des Weiteren handelt es sich beim Kleben um eine schnelle und kostengünstige Alternative, die wirtschaftlichen Interessen entgegenkommt.

Kleben mit STIR<sup>®</sup> ist eine neue Dimension der Klebetechnologie, die diese Anforderungen erfüllt und die Vorzüge der Infrarotwärme mit den chemischen Molekülstrukturen des Klebstoffes in Einklang bringt.

### Kleben mit STIR<sup>®</sup> - Vergleich mit herkömmlichen Strahlern

Der überwiegende Teil der herkömmlichen Infrarotstrahler sind sogenannte Hellstrahler mit hohen elektrischen Leistungsdichten bis 200 kW/m<sup>2</sup> und emittierten Maximal-Spektren im Bereich um 1 µm. Diesem Spektral-„Angebot“ steht der Spektral-„Bedarf“ der Kunststoffe bzw. Klebstoffe gegenüber, der im Bereich von 2,5 bis 10 µm liegt (s. Abb. 1). Dadurch sind viele makromolekulare Verbindungen unerreichbar für eine solche Energiequelle.



**Abb. 1** Typische Emission von Hellstrahlern – Absorption von einem Kunststoff

Entsprechende Möglichkeiten bieten hier die STIR<sup>®</sup>-Strahler, bei denen das Emissionsspektrum über die Zusammensetzung einer keramischen Schicht bestimmt ist.

STIR<sup>®</sup>-Strahler übertragen Energie kontaktlos durch mittel- und langwellige Infrarot-Strahlung, die sich erst mit der Absorption im bzw. am zu erwärmenden Klebstoff in Wärme umsetzt. Mit diesem Verfahren ist es möglich, Strahler und Produkt miteinander in Resonanz zu bringen und einen optimalen Energieeintrag zu erreichen.

Um diesen Synergie-Effekt zu verstärken, kann man die Klebstoff-Systeme mit dem potentiell geeigneten Absorbermaterial anreichern. Die Dotierung der Klebstoffe mit der gleichen Funktionalkeramik, mit der die Emitter beschichtet sind, bildet eine gute Möglichkeit für eine maximale Energieübertragung durch Strahlung.

Diese neuartigen Infrarotsysteme auf Basis STIR<sup>®</sup> (Selektives Transformiertes InfraRot) erzeugen ein Infrarot im Wellenbereich von 3,3 bis 10  $\mu\text{m}$ , das eine homogene Einkopplung von STIR<sup>®</sup>-Energie in den Klebstoff zur beschleunigten Erwärmung (Schmelzklebstoffe), Gelierung (Plastisol) bzw. Aushärtung ermöglicht.

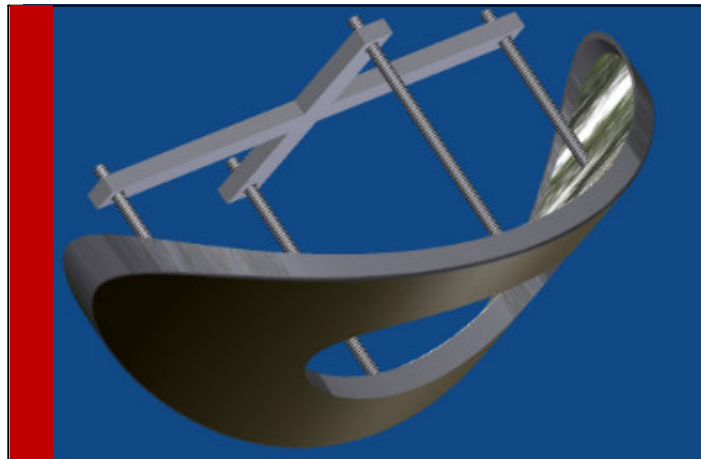
### **Thermische Bearbeitung von Klebstoffen mit STIR<sup>®</sup>**

STIR<sup>®</sup> ist im Vergleich zur herkömmlichen thermischen Bearbeitung von Beschichtungen und Kunststoffen, darunter von Klebstoffen, mit Konvektionswärme KV und klassischem Infrarot IR effektiver, da das Absorptionsvermögen der chemischen Moleküle im Produkt weitgehend dem Emissionsspektrum von STIR<sup>®</sup> entspricht. Damit kann die Erwärmung oder Aushärtung gegenüber den derzeit eingesetzten Technologien ohne Qualitätsminderung beschleunigt werden. Der Zeit- und Energieaufwand kann von 100 % auf 50 ... < 10 % reduziert werden.

Dazu zwei mögliche Einsatzbeispiele:

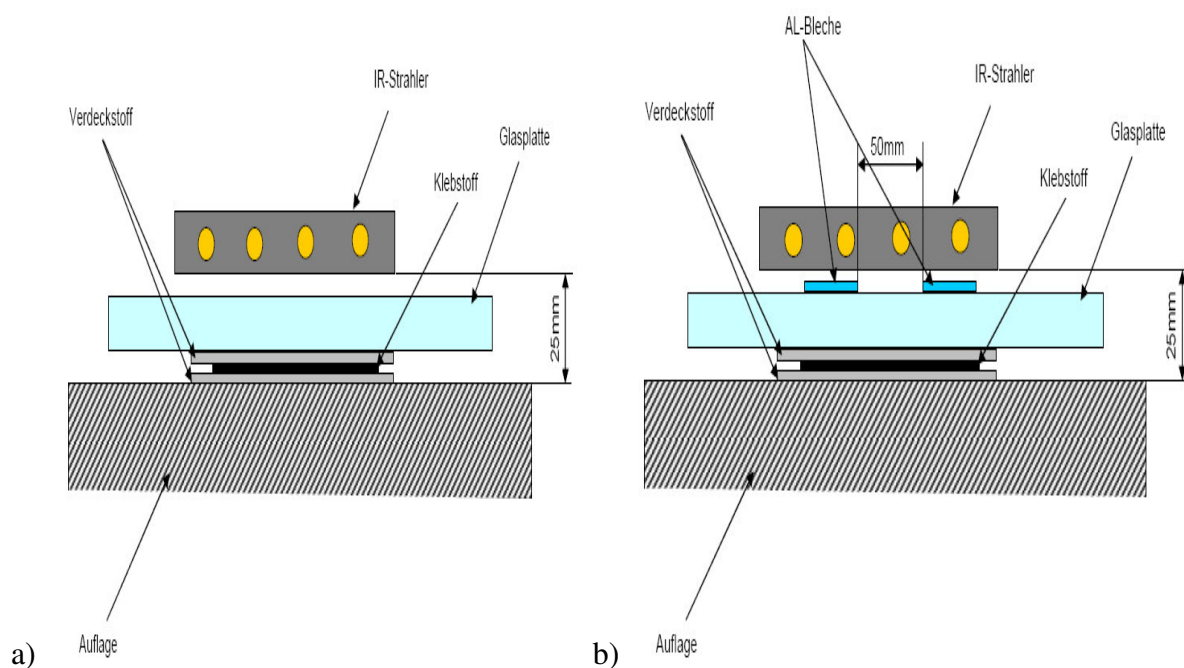
#### Verkleben von Glasscheiben mit Textilgewebe mit EP-Klebstoff in der Industrie

Sowohl die Zeit- als auch Energieeinsparungen wurden durch die technologischen Versuche in der Praxis eindrucksvoll bestätigt. In Zusammenarbeit mit der Industrie wurden Untersuchungen an 1K-EP-Klebstoffsystemen zum Verkleben von Glasscheiben mit Textilgewebe durchgeführt. Untersucht wurden die Einflüsse unterschiedlich dicker Glasplatten (5 und 15 mm) bzw. die Auswirkung der diffusen Strahlung auf die Aushärtung des Klebstoffes unter folgenden Bedingungen: STIR<sup>®</sup>-Flachstrahler, Leistungsdichte des Strahlers bei der Aushärtung des Klebstoffes 16,35 kW/m<sup>2</sup>, Emittertemperatur 380°C, Abstand zum Gut 25 mm (Abb. 3a, b). Es wurde daraufhin ein Versuchsprogramm erstellt, um diese Einflüsse beim Verkleben der Scheibe mit Textil zu ermitteln.



**Abb. 2** STIR<sup>®</sup>-3D-Strahler zum Verkleben von Textilgewebe mit Glas in der Industrie

Bei der Fertigung dieses STIR<sup>®</sup>-Strahlers wurden entsprechende technische Konfigurationen des Strahlers ausgewählt. Die Auswahl des passenden Systems hat sich nach der Größe der Aushärtungsfläche und der geforderten Aushärtungsgeschwindigkeit gerichtet. Die spezifischen Werte für den Strahler sind folgende: eine Intensität zwischen 5 und 20 kW/m<sup>2</sup> bei einer bestrahlten Fläche von 460 mm x 960 mm und einer Emittertemperatur von 300 - 680 °C (Abb. 2).



**Abb. 3** Verklebung von Textil durch a) Glasplatte unter STIR<sup>®</sup>

b) Glasplatte und Al-Bleche unter STIR<sup>®</sup>

Die Versuche haben gezeigt, dass die Dicke der Glasplatte keinen Einfluss hatte. Sowohl mit der 5 mm als auch mit der 15 mm dicken Glasplatte wurde nach 3,5 min eine Vernetzung des Klebstoffes festgestellt (Abb. 3a). Die Schälfestigkeiten der hergestellten Proben waren in mehreren Durchgängen reproduzierbar und lagen bei beiden Glasplatten auf einem vergleichbaren Niveau um 1,75 N/mm.

Die von den Al-Blechen nicht abgedeckte 50 mm Klebelänge waren vernetzt. Die Schälfestigkeiten innerhalb der nicht abgedeckten Bereiche zeigten keine großen Schwankungen. Ein signifikanter Einfluss durch das Abdecken eines Bereiches auf der Glasplatte, und der somit reduzierten diffusen Strahlung im nicht abgedeckten Bereich konnte nicht festgestellt werden (Abb. 3b).

Durch diese Umstellung von feuchtigkeithärtendem Silikon- auf ein warmhärtendes 1K-EP-System wurde das Aushärten des Klebstoffes mit der STIR<sup>®</sup>-Technologie extrem beschleunigt. Das Vernetzen des Klebstoffes zum Verbinden von Textilien mit Glas wurde extrem (zum Teil bis 90%) reduziert. Der Energieaufwand wurde dabei extrem reduziert, der Platzbedarf erheblich minimiert, der Fertigungsfluss drastisch verbessert und die Kosten enorm gesenkt.

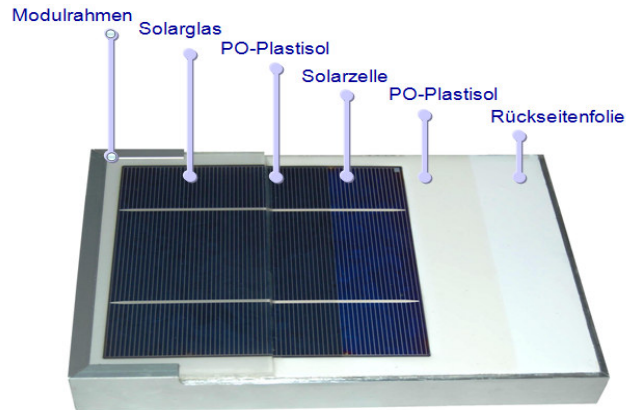
Dieser Flachstrahler ist vor allem für solche Bestrahlungsflächen geeignet, wo spezifische komplizierte technologische Anforderungen erfüllt und in kundenspezifische Lösungen integriert werden müssen.

Die Vorteile dieser Strahler sind:

- freie Dimensionierung und Gestaltung der Flächenstrahler (2D bzw. 3D)
- kleiner Abstand zwischen Strahler-Gut erlaubt gezielte Bestrahlung des Gutes und dadurch Energieeinsparung

#### Verkleben von Glasscheiben mit PO-Plastisol in der Photovoltaik-Industrie

Auch in der Photovoltaik-Branche haben sich diese Erkenntnisse bereits in die Praxis umgesetzt. In der Zusammenarbeit mit dem Institut für Kunststofftechnologie und –recycling IKTR wurden die Untersuchungen mit PO-Plastisolen zur Verkapselung von Solarzellen für die PV-Modulherstellung durchgeführt (Abb. 4). Das Versiegelungsmaterial sollte dabei die nachfolgend genannten Anforderungen erfüllen. Es sollte sowohl hochtransparent, UV- und thermisch stabil, elektrisch isolierend und einfach zu verarbeiten sein als auch sehr gute Haftungseigenschaften besitzen.

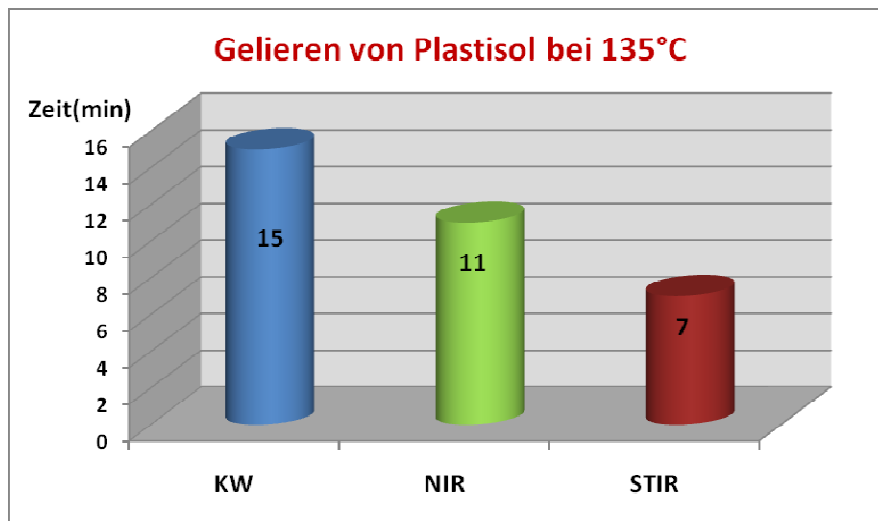


**Abb. 4** Schichtaufbau eines Solarmoduls

Zum Vergleich wurden Untersuchungen sowohl mit einem Umlufttrockenschrank (Konvektionswärme) als auch mit herkömmlichen Halogen- und STIR<sup>®</sup>-Strahlern durchgeführt.

Das folgende Bild zeigt die erzielten Ergebnisse. Das Material wurde mit Infrarot direkt durch die Strahlung (berührungsloses Erwärmen) erhitzt und nicht durch die Umgebungstemperatur wie im Umlufttrockenschrank. Der Vorteil von STIR<sup>®</sup>: es wurde weniger Energie für das Gelingen von Plastisol eingesetzt.

Bei der Gelierung im Umlufttrockenschrank liegt die Prozesszeit bei 15-20 min. Mit STIR<sup>®</sup>-Strahlern wurde die Prozesszeit auf 7 min gesenkt. Dies bedeutet eine Reduzierung der Gelierzeit um ca. 50 % für die Gelierung unter dem STIR<sup>®</sup>-Strahler.



Bei dem Verkleben von Glasscheiben wurden Plastisole mit der STIR<sup>®</sup>-Technologie sehr schnell erwärmt und dann ebenfalls geliert. Nach dem Bewitterungs- und UV-Test wurde keine sichtbare Delamination und Klebrigkeit festgestellt. Stattdessen wurde eine relative Erhöhung des Wirkungsgrades der Zellen bestätigt.



*Abb. 5 STIR<sup>®</sup>-Modul zum Gelieren von Plastisol (Draufsicht)*

**Fazit:** Der größte Vorteil der Aushärtung der 1K-EP-Klebstoffe bzw. Gelierung des Plastisols unter Verwendung des STIR<sup>®</sup>-Strahlers ist die Geschwindigkeit im Sekundenbereich. Diese schnelle Aushärtung eröffnet ein großes Einsparpotential:

- **Kürzere Prozesszyklen** - Kein langes Warten bis zur Aushärtung und Weiterverarbeitung – inline Fertigung möglich.
- **Energieeinsparung** - Der Energieaufwand kann durch kürzere Prozesszyklen von 100 % auf 50 ... < 10 % reduziert werden.
- **Geringerer Platzbedarf** - Öfen, Feuchteammern, Förderbänder und Trocknungsregale sind überflüssig.

Der Einsatz der neuen selektiv arbeitenden STIR<sup>®</sup>-Strahler auf Basis spezieller Keramiken (sowohl Rohrstrahler als auch Flächenstrahler) in Verbindung einer Dotierung der Klebstoffe bzw. Plastisole mit ebensolchen Keramiken bringt zusätzliche deutliche betriebswirtschaftliche Vorteile in Bezug auf Zeit, Energie und Qualität. Die Vorteile sind umso größer,

- je besser die spektralen Eigenschaften von Beschichtungsk Keramik, Klebstoff und Dotierungskeramik übereinstimmen.
- je größer die Konzentration der Dotierung im Klebstoff ist. Gegenläufig dazu ist aber der Kostenaufwand. Demzufolge ist für jeden konkreten Einsatzfall eine Optimierung



von Keramikart, Korngröße, Konzentration, Beschichtungsart, Klebstoffart und zu verklebender Substrate mit dem Ziel einer maximalen Effizienz durchzuführen.

- je dichter und formgetreuer der Infrarotstrahler sich an der Klebeverbindung befindet. Diese Schlussfolgerung beinhaltet u.a. auch bei Bedarf die Gestaltung von 3-D-Strahlern, die in ihrer Kontur dem Profil der Klebeverbindung entsprechen.

Damit bildet „Kleben mit STIR<sup>®</sup>“ eine neue Dimension der Klebetechnologie in den unterschiedlichen Industriebranchen.

---

*Dr. Barbara Sieczkowska*