

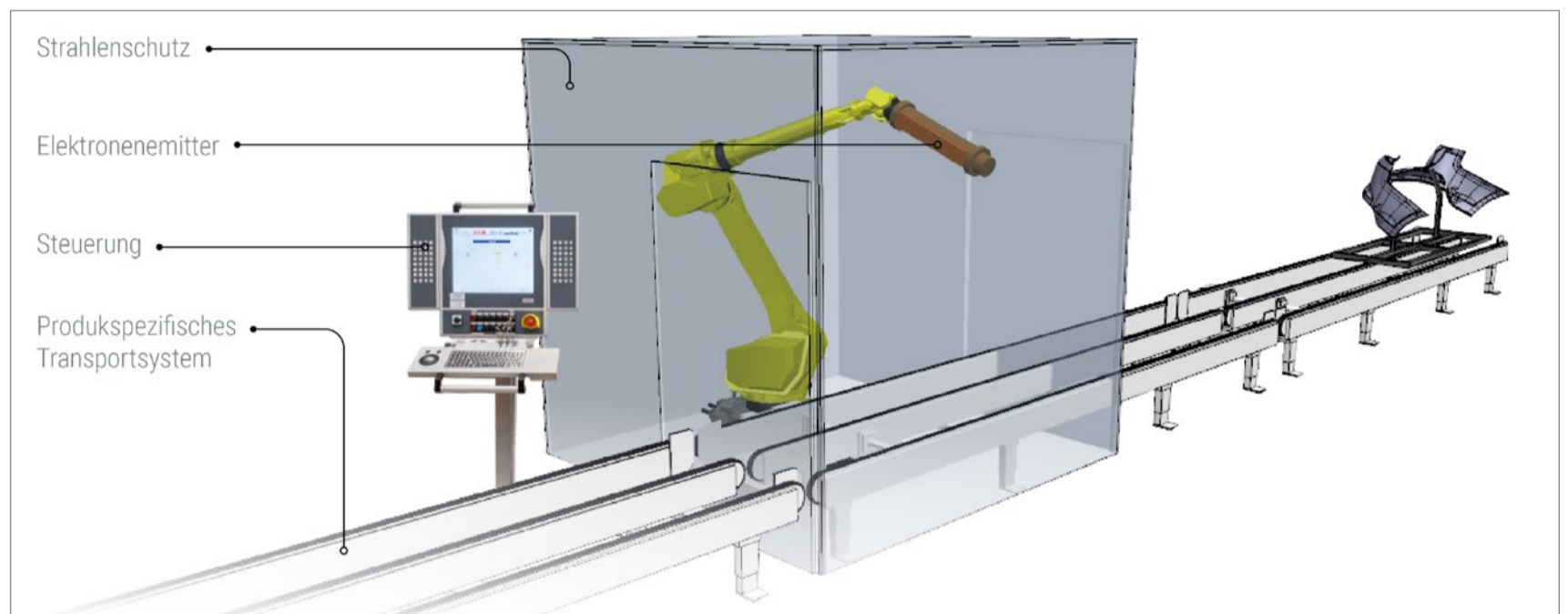
# Unbekannte Technologie, großes Potenzial

Verbesserte Emittter machen die Elektronenstrahlhärtung attraktiver

Die Elektronenstrahlhärtung (ESH) von Lacken ist eine vielversprechende Alternative zu thermisch härtenden Systemen und dank neuen Emitttern sind kurze Amortisationszeiten möglich. Mit dem richtigen Verständnis der Technologie, lassen sich zahlreiche verschiedene Beschichtungslösungen realisieren.

NACHGEFRAGT:  
JAN GESTHUIZEN

Die schlanke Bauform neuer Emittter ermöglicht es, sie an einem Industrieroboter zu montieren und so neue Anwendungsbereiche für die Strahlenhärtung von Lacken zu eröffnen. Dadurch werden dreidimensionale Oberflächen erreicht und die Technologie kann unproblematisch in Produktionslinien integriert werden. Im Vergleich zum thermischen Verfahren ist der Platzbedarf gering. Die Strahlenquellen selbst sind je nach Bauart als Punktemittter nicht größer als 100 x 480 mm oder als Linienemittter nicht größer als 240 x 726 mm. Auch die hohe Energieeffizienz, die Oberflächenrate (gehärtete



Elektronenemittter auf Robotern erlauben die Lackierung von 3D-Formteilen.

Grafiken und Tabelle: Asis

Beschichtungsfläche pro Zeit) und die Standzeiten sind vorteilhaft. Diese Eigenschaften führen dazu, dass sich die Investitionskosten bereits bei einer zu härtenden Oberfläche ab vier Millionen Quadratmetern pro Jahr in nur einem Jahr amortisieren.

Das Potenzial zeigt sich etwa in der multifunktionalen Verwendbarkeit dieser Technologie. Die Elektronenbehandlung aktiviert und funktionalisiert auch die Oberflächen von

Kunststoffteilen vor einem Beschichtungs- oder Klebprozess. Die Aktivierung der Oberfläche erfolgt dabei während der Härtung durch dieselben Emittter, die auch den Lack aushärten lassen, da diese durch den Lack auch in das Substrat eindringen. Je nach Substrat können dieselben Emittter auch vorab die Oberfläche aktivieren, um eine ausreichende Benetzung sicherzustellen, wie es vor allem bei Kunststoffen verbreitet ist. Die ESH ist damit eine effiziente Alternative zum energie- und CO<sub>2</sub>-intensiven Beflammen in der Lackier Vorbereitung. Auch unvollständig gehärtete SMC-Formteile lassen sich durch diesen Anlagentyp aushärten und manuelle Nachbearbeitungsschritte wie Schleifen können eingespart werden. Gerade bei Beschichtungen im Außenbereich ist ein hoher UV-Schutz erforderlich. Hier bietet die ESH einen energieoptimierten Lösungsansatz, da UV-Stabilisatoren die ESH nicht beeinflussen.

## Energieverluste deutlich reduzieren

Der übliche Energieverlust der thermischen Trocknung und Härtung lässt sich selbst mit modernen, stark gedämmten Öfen nicht vollständig verhindern. Strahlungstrocknung und -härtung kann durch den zielgerichteten Energieeintrag daher signifikant Energie einsparen und ermöglicht es auf lösemittelfreie

Beschichtungssysteme zu setzen, die nach der Härtung sofort weiterverarbeitbar sind. Diese Eigenschaft bringt auch die UV-Härtung mit, wobei die Elektronenstrahlhärtung dieser gegenüber gewisse Vorteile zeigt. Im Gegensatz zur UV-Härtung werden bei der ESH keine toxischen Photoinitiatoren zur Härtung benötigt. Die Härtung erfolgt durch niederenergetische Elektronen. Sie übertragen ihre Energie an alle Bestandteile, Atome und Moleküle in der Beschichtung. Am Ende der Energieübertragung entstehen freie Radikale, die die Polymerisation/Vernetzung in Gang setzen. Durch diese Radikale gelingt es, elektronenbehandelte Beschichtungen mit erhöhten chemischen, mechanischen und thermischen Eigenschaften herzustellen.

ESH-Lacke gehören zu den hochviskosen festkörperreichen Lacken (High-Solids). Die Lackapplikationstechnik muss daher modifiziert werden, um die Viskosität der ESH-Lacke anforderungsspezifisch zu senken. Dies lässt sich beispielsweise erreichen, indem der ESH-Lack in einem Durchlauferhitzer erwärmt oder in einer temperaturgesteuerten Spritzkabine appliziert wird. In Zusammenarbeit mit einem Lackhersteller kann durch die Verwendung niederviskoser Bindemittelsysteme die Viskosität des ESH-Lackes anwendungsspezifisch

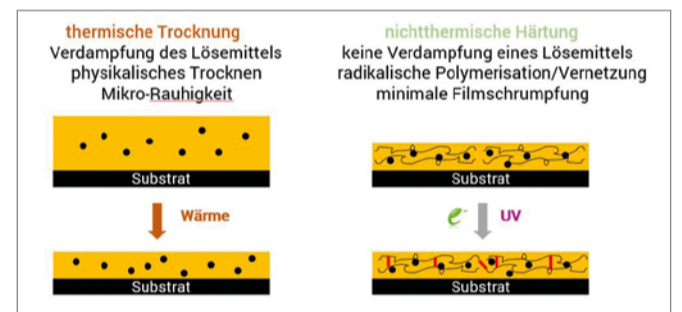


Abb. 2: Bei der nicht-thermischen Härtung entweichen keine Lösemittel. Zudem findet kaum Filmschrumpfung statt.

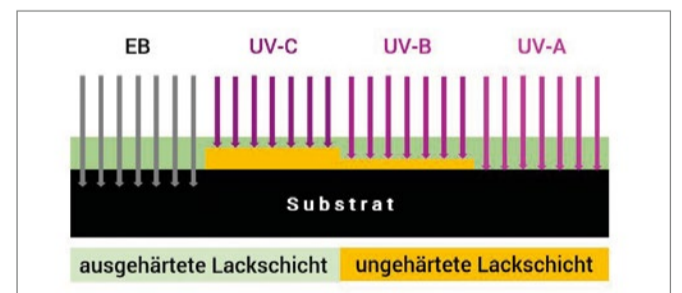


Abb. 3: Bei der Elektronenbehandlung ist die gleichzeitige Behandlung des Substrats möglich, da die Elektronen bis in dieses vordringen.

verringert werden. Je nach Ausgangsviskosität des zu applizierenden Lackes ist eine Erwärmung auf 25 bis 40 °C nötig.

## Voraussetzungen und Prozesssteuerung

Eine maßgeschneiderte Härtung der flüssigen Beschichtung ist durch die gezielte Wahl der Prozessparameter Beschleunigungsspannung, Strahlstrom, Dosis und Dosisleistung möglich. Diese sind von der Beschichtungsdicke sowie den Komponenten der zu härtenden Beschichtung (Oligomere, Monomere, Pigmente, Füllstoffe, Additive) und der chemischen Umgebung

während der ESH abhängig. Die Beschleunigungsspannung bestimmt den räumlichen Energieeintrag und wird an die Dicke der zu härtenden flüssigen Beschichtung angepasst. So wird die Erwärmung des Substrates und eine unerwünschte Substratschädigung minimiert. Der Anteil der in der Beschichtung absorbierten Elektronenenergie steigt mit der Flächendichte der Beschichtung und legt die ESH pigmentierter, hochgefüllter dicker Beschichtungen nahe.

Die Dosis in der Einheit „Gy“ charakterisiert die pro Masse absorbierte Energie und steuert die Anzahl der in der Beschichtung erzeugten

## VORTEILE ESH

- erhöhte Filmeigenschaften (z.B. hohe Härte, hohe Kratzbeständigkeit, hohe Abriebfestigkeit, hohe thermische Beständigkeit, hohe Lösemittelbeständigkeit, hoher Glanz, geringer Schrumpf, keine Alterung durch UV-Licht)
- kaum Emission flüchtiger Stoffe (VOC)
- Niedrigtemperaturprozess
- stabile Verarbeitungszeiten
- drastische Senkung des Energieverbrauchs (um 70 – 80%)
- geringerer Raumbedarf
- 100%ige Recyclingfähigkeit (z.B. keine Veränderung des Oversprays)

## NACHTEILE ESH

- kaum / keine Härtung im Schattenbereich
- erhöhte Kosten für Beschichtungsformulierungen (teure Rohstoffe, kleinere Volumen)
- strahlenhärtbare Oligomere können Hautreizungen und Geruchsbelästigung verursachen
- arbeiten in Atmosphäre mit geringem Restsauerstoffgehalt
- höhere Investitionskosten
- zusätzliche Abschirmung gegen Röntgen- und Bremsstrahlung
- geringe Viskositätskontrolle und bedingte Spritzfähigkeit der Beschichtungsformulierungen

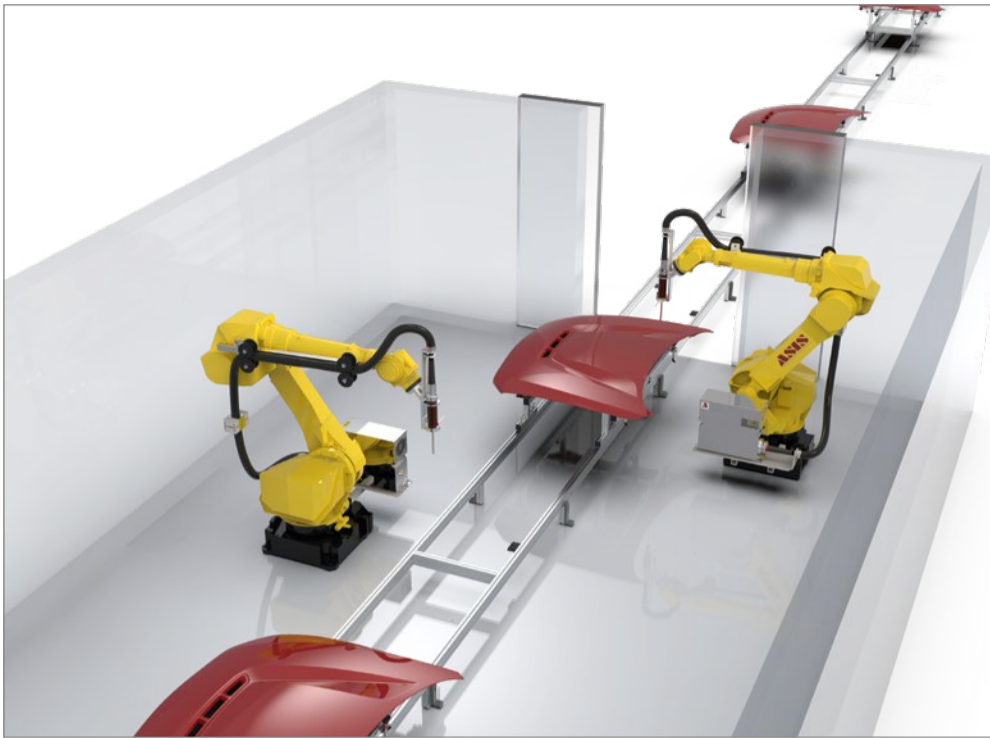


Abb. 4: Die robotergesteuerte Härting macht auch dreidimensionale Formteile für die Härting per Elektronenstrahl zugänglich.

Parameter	thermisch	ESH
Feststoffgehalt der flüssigen Beschichtung	60%	100%
Masse der festen Beschichtung pro m <sup>2</sup>	20 g	20 g
VOC pro m <sup>2</sup> bei einer Lösemitteldichte von 0,9 g/cm <sup>3</sup>	12 g	0 g
Energiebedarf	~0,091 kWh/m <sup>2</sup> [5]	~0,028 kWh/m <sup>2</sup>
CO <sub>2</sub> -Freisetzung durch Lösemittelverbrennung	37 g/m <sup>2</sup> [5]	0 g/m <sup>2</sup>

Der Vergleich von Energieverbrauch und CO<sub>2</sub>-Freisetzung für thermische Trocknung und ESH (50 kGy) zeigt deutliche Vorteile der Elektronenstrahlhärting.

Radikale, d.h. die Intensität der Polymerisation/Vernetzung. Sie ist von der Verweilzeit der zu härtenden Beschichtung im Strahlenfeld des Elektronenemitters abhängig. Die für die Härting erforderliche Dosis hängt von der Lackrezeptur ab und beträgt meist zwischen 40 kGy und 80 kGy.

Die Dosisleistung während der ESH beschreibt dabei die pro Zeit absorbierte Dosis und wird bei konstantem Abstand des Elektronenemitters zur härtenden Beschichtung durch den Strahlstrom gesteuert. Damit beeinflusst sie die Radikalerzeugungsrate und alle zeitabhängigen Prozesse während der ESH wie z.B. die Reaktionskinetik, sekundäre Reaktionen mit Luftsauerstoff und

hoher Dosisleistung ermöglicht einen höheren Sauerstoffrestgehalt und damit eine höhere Wirtschaftlichkeit, da der Stickstoffverbrauch sinkt.

#### Roboterspezifischer Anlagenaufbau

Bei der Wechselwirkung beschleunigter Elektronen mit Materie entstehen Röntgen- und Bremsstrahlung. Diese müssen durch eine entsprechende Abschirmung absorbiert werden. Somit besteht die ESH Anlage für die Lackierlinie aus Roboter-gesteuerten kompakten Elektronenemittern sowie einem produktspezifischen Transport-, Steuerungs- und Strahlenschutzsystem. Die zum Einsatz kommenden kompakten Elektronenemitter

werden 10% (bei 200 keV) bis 40% (bei 100 keV) der Elektronenenergie absorbiert. Zu hohe Betriebstemperaturen des Elektronenaustrittsfensters führen daher zur Ermüdung und letztendlich zum mechanischen Versagen der Titanfolie, sodass im Interesse langer Standzeiten die flächenspezifische Strahlleistung begrenzt ist. Das heißt, die maximale Strahlleistung eines Elektronenemitters wird durch die Fläche des Elektronenaustrittsfensters bestimmt. Somit besitzt ein Fingeremitter im Vergleich zum Flächenemitter eine signifikant geringere Strahlleistung und Oberflächenrate (gehärtete Beschichtungsfläche pro Zeit). Das wirkt sich auch auf die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens aus. Effiziente Flächenemitter werden daher mit 3D-fähigen Fingeremittern kombiniert, um einen effizienten Betrieb zu erreichen. Auch wenn die Emitter auf Robotern montierbar sind, sollten 3D-Teile ggfs. auf verschiedenen Bahnen ausgehärtet werden, um Dosischwankungen auf unter 10% zu minimieren.

Der Energieverbrauch während der ESH ist von der Dosis und der Dicke der zu härtenden Beschichtung abhängig. Bei optimalen ESH-Parametern beträgt der dosisspezifische Energieverbrauch für Beschichtungsdicken von 20 g/m<sup>2</sup> bzw. 80 g/m<sup>2</sup> 0,55 Wh/(kGy·m<sup>2</sup>) bzw. 0,79 Wh/(kGy·m<sup>2</sup>). Während

der thermischen Trocknung einer Beschichtung mit einem Lösemittelgehalt von 40% beträgt die CO<sub>2</sub>-Emission pro Flächendichte getrockneter Beschichtung 1,85. Das entspricht einer CO<sub>2</sub>-Emission von 37 g/m<sup>2</sup> bei einer Flächendichte der getrockneten Beschichtung von 20 g/m<sup>2</sup>, wie in der Tabelle links zu sehen ist.

Bei Beachtung aller relevanten Faktoren, von Lackformulierung, der richtigen Applikationstechnik und der Härting unter Stickstoffatmosphäre, ermöglicht die Elektronenstrahlhärting mit neuen Emittlern äußerst wirtschaftliche Beschichtungen. Die Kosten der ESH inklusive Investitions- (ROI: 1 Jahr), Energie-, Stickstoff- und Wartungskosten sind kleiner 0,35 € pro m<sup>2</sup>, wenn die jährlich zu härtende Oberfläche dreidimensionaler Formteile mehr als 4 Mio. m<sup>2</sup> beträgt.

#### ZUM NETZWERKEN:

ASIS GmbH,  
Landshut, Uwe Gohs,  
Mobil: +49 151 18068998,  
u.gohs@asis-gmbh.de,  
www.asis-gmbh.de

## Zeitvorteil mit neuen Sensoren

Messtechnikanbieter Optisense hat seine berührungslosen Schichtdickensensoren neu designt und erlaubt so eine schnellere Montage.

Die neue „PaintChecker Industrial Line“ ist durch das robuste Industriegehäuse in rauen Umgebungen einsetzbar. Das optimierte thermische Design ermöglicht den Dauereinsatz mit hohen Messraten. Den Sensor gibt es auch als Highpower-Variante. Die neue Generation lässt sich dank des neuen Designs nun besonders schnell montieren. Waren frühere Modelle noch mit einem zylindrischen Gehäuse versehen, das eine eigene Halterung benötigte, sind die neuen Gehäuse mit Gewinden für gängige M3 Schrauben versehen und lassen sich so direkt auf plane Flächen der Anlagen verschrauben.

Die Messbereiche der Schichtdicke liegen zwischen



Die neuen Sensoren lassen sich einfacher montieren.

Foto: Optisense

1 und 1000 µm.

Das optimierte thermische Design

ermöglicht den Dauereinsatz mit hohen Messraten bis zu 2,5 Hz. Der Winkelsensor „PaintChecker Industrial Angle“ ist mit einer speziellen Optik mit gefaltetem Strahlengang ausgestattet. Dadurch ergibt sich eine besonders kompakte Bauform, die den Einsatz selbst auf engstem Raum ermöglicht.

#### ZUM NETZWERKEN:

OptiSense Gesellschaft für Optische Prozessmesstechnik mbH & Co. KG, Haltern am See, Jörg Mülleneisen, Tel. +49 2364 50882-17, muelleneisen@optisense.com www.optisense.com

## Für den Durchblick in der Ausbildung

Gratis-Exemplar bei Sammel-Bestellung



**BESSER LACKIEREN**

NETZWERK FÜR INDUSTRIELLE LACKIERTECHNIK



Weitere Informationen  
[www.besserlackieren.de/shop](http://www.besserlackieren.de/shop)

### Eine hohe Emitterleistung erlaubt einen höheren Restsauerstoffgehalt in der Lackieranlage

die Temperaturerhöhung in der Beschichtung. Da Sauerstoff die Härting der flüssigen Beschichtung behindert, ist eine nahezu inerte Gasatmosphäre während der ESH erforderlich. Zu beachten ist, dass die Elektronenstrahlhärting in einer Stickstoffatmosphäre durchzuführen ist. Der wesentliche äußere Einflussfaktor auf das Lackierergebnis ist daher, neben der Temperatur, der Restsauerstoffgehalt. Eine ESH mit

ter sind Flächen- und Fingeremitter. Das für die Erzeugung freier Elektronen erforderliche Vakuumsystem wird in Strahlaustrittsrichtung durch ein dünnes Elektronenaustrittsfenster abgeschlossen. Die niederenergetischen Elektronen geben beim Verlassen des Vakuumsystems einen Teil ihrer kinetischen Energie ab und erwärmen so das Elektronenaustrittsfenster. In einer 11 µm dicken Titanfolie