

## HERSTELLUNG VON REGEN-LICHT-SENSOREN

# Erfolgreiches Krisenmanagement dank Plasma

Ein Haftungsproblem bei der Herstellung von Regen-Licht-Sensoren, die zur Scheibenwischersteuerung eingesetzt werden, hätte bei einem baden-württembergischen Sensorhersteller beinahe zum Ausfall der neu konzipierten Produktion geführt. Welche Probleme gab es zu bewältigen und wie wurden sie gelöst?

INÈS A. MELAMIES

Das schwäbische Familienunternehmen Weber-Formenbau gilt als Spezialist für anspruchsvolle Mehrkomponenten-Spritzgussteile für die Automobil-, Medizin- und Elektrogeräteindustrie. So wird hier zum Beispiel im Auftrag eines großen Automobilzulieferers die komplexe Polycarbonatoptik für Regen-Licht-Sensoren im Spritzgießverfahren hergestellt. Aufgebaut ist der Regen-Licht-Sensor mitsamt seinem Gehäuse aus verschiedenen Kunststoffschichten, die präzise und vollflächig aufeinander haften. Dabei muss sichergestellt sein, dass nicht der kleinste Luftpneinchluss vorhanden ist, da bereits winzige Luftbläschen Fehlfunktionen dahingehend auslösen könnten, dass der Sensor Regen erkennt, obwohl die Sonne scheint.

## Die Funktion

Das Funktionsprinzip von Regensenoren beruht darauf, dass der auf die Windschutzscheibe auftreffende Tageslichtstrahl durch eine Linse gesendet und von ihr reflektiert wird (Bild 2). Die Reflektion nimmt eine Fotodiode auf und misst dabei optoelektronisch die Lichtbrechung. Bei trockener Windschutz-



Bild 1: Mit nahezu Schallgeschwindigkeit trifft das Openair-Plasma auf die Polycarbonat-Linsen. Die mikrofeine Reinigung und hohe Aktivierung verleiht dem Kunststoff neue Haftungseigenschaften.



Bild 2: Der Regen-Licht-Sensor reflektiert ankommende Lichtstrahlen und misst dabei die Lichtbrechung. Transparentes LSR bildet die Aufschicht für die Anbindung an die Glasscheibe.

**Bild 3:** Die hoch komplexe Polycarbonat-Optik der Sensoren wird bei Weber-Formenbau im 3K-Spritzguss hergestellt.



**Bild 4:** Die PC-Linsen werden zunächst mit einem PBT-Gehäuse umspritzt.



**Bild 5:** Schnitt-Ansicht: links ein Teil der LSR Schicht, rechts die noch unbeschichteten Linsen



**Bild 6:** Das fertige Sensor-Spritzgießteil

scheibe wird die gesamte Lichtmenge relativ gleichmäßig reflektiert (Totalreflexion) und an die Fotodiode weitergeleitet. Wassertropfen oder Wasserschlieren auf dem Glas stören jedoch die Reflexion. Je mehr Regen beim Fahren die Glasoberfläche benetzt, desto mehr verringert sich die gemessene Lichtintensität an der Diode und desto stärkere Impulse sendet der Sensor an die automatische Steuerung des Scheibenwischers.

Mit der Fertigung der Kunststoffoptik allein ist es jedoch nicht getan, denn zum einen muss ein solch empfindliches Bauteil noch gut geschützt, d.h. „ummantelt“ werden, zum anderen bedarf es auch noch einer Auflageschicht für die Haftung auf der Windschutzscheibe.

### Die Herausforderung

Zur Fertigung der Sensorbauteile erweiterte das Esslinger Unternehmen seine Produktionsflächen in der Kunststoffteilefertigung und investierte in neue Maschinen, da die zu produzierenden Bauteile aufgrund ihrer Komplexität mehrere Fertigungsschritte und Spritzgießanlagen erforderten. In einer ersten Spritzgießmaschine sollten zunächst aus drei Komponenten die Polycarbonat-Linsen gefertigt werden (Bild 3). Mit einer Gesamtlänge von nur knapp 3 Zentimetern beinhalten diese Lichtleiter sowohl die Sensorfunktion für das Tageslicht als auch die für die Benetzung der äußeren Frontscheibe durch Wasser.

Nach einer aufwendigen optischen Einzelprüfung werden im nächsten Fertigungsschritt die Vorspritzlinge in einer 2K-Spritzgießmaschine mit Polybutylenterephthalat (PBT) umspritzt (Bild 4), das damit als eine Art Gehäuse dient und die PC-Optiken seitlich fest umschließt. Die Sichtflächen der kleinen PC-Optiken bleiben dabei frei. Die gesamte PC/PBT-Fläche sollte in einem nächsten Arbeitsschritt mit einer Schicht aus transparentem LSR (Liquid Silicone Rubber) übergelassen werden (Bilder 5 und 6). Der Flüssigsilikonkautschuk

bildet die Kontaktfläche zur Frontscheibe. Da Regen-Licht-Sensoren für den Fall des Bruches der Windschutzscheibe abnehmbar und damit wiederverwendbar sein sollen, bestand die Forderung, dass das LSR eine hohe Haftung zum PBT-Gehäuse und den PC-Linsen aufweist.

### Das Haftungsproblem

Doch exakt bei diesem Fertigungsschritt tat sich ein nicht erwartetes Haftungsproblem auf: Das als letzte Komponente zur Anbindung an die Frontscheibe eingespritzte LSR wurde von der Oberfläche der Polycarbonat-Linsen abgestoßen. Bei der Prüfung zeigten sich Luftblasen – minimal, aber doch ausreichend, um die Lichtbrechung derart beeinflussen zu können, dass der Sensor einen „ungewünschten Regenimpuls“ erhält.

„Neunhundert Bauteile sollten in nur wenigen Wochen zur Auslieferung kommen und wir machten uns sofort an die Arbeit, Ursache und Lösung für das Haftungsproblem zu finden,“ erinnert sich Elvira Postic, geschäftsführende Gesellschafterin der Weber-Formenbau GmbH & Co. KG und Enkelin des Firmengründers. Doch weder eine Modifizierung des Polycarbonats noch haftungsstärkere Silikone schafften Abhilfe. Erst nachdem Clemens Trumm, Leiter Anwendungstechnik bei Momentive Performance Materials, sowie die Hochschule Esslingen zur Beratung hinzugezogen wurden, erkannte man, dass die mangelhafte Benetzbarkeit des Polycarbonats nicht mit dem LSR, sondern mit der PC-Oberfläche im Zusammenhang stand. Die Oberflächenenergie war zu niedrig, außerdem erzeugten partiell filmische Verunreinigungen Haftungsstörungen. Trumm machte den Vorschlag, die Substratoberflä-



Bild 7: Die Plasmatreat Düse wurde bei Weber-Formenbau in den vollautomatischen Spritzgießprozess integriert.

che mit Plasma zu behandeln und empfahl die Firma Plasmatreat aus dem westfälischen Steinhagen.

### Kaltes Plasma

Das von dem Unternehmen bereits 1995 patentierte Plasmaverfahren Openair basiert bekanntlich auf einem Düsensystem (Bild 7) und arbeitet unter normalen Luftbedingungen. Seine Intensität ist so hoch, dass Bearbeitungsgeschwindigkeiten von mehreren 100 m/min erreicht werden können. Typische Erwärmungen von Kunststoffoberflächen betragen während der Behandlung weniger als 30 °C. Das System ist durch eine dreifache Wirkung gekennzeichnet: Es aktiviert die Oberfläche durch gezielte Oxidationsprozesse, entlädt erstere gleichzeitig und bewirkt eine mikrofeine Reinigung. Aufgrund der speziellen Düsenkonstruktio-

on bleibt der Behandlungsraum an der Substratoberfläche nahezu elektrisch potenzialfrei.

### Aktivierung von Oberflächen

Trifft das AD-Plasma auf eine Kunststoffoberfläche, so werden dabei Sauerstoff- und stickstoffhaltige Gruppierungen in die meist unpolare Polymermatrix eingebaut. Die Oberfläche wird somit unsichtbar modifiziert. Möglich wird diese Wirkung durch die im Plasma vorhandenen energiereichen Radikale, Ionen, Atome und Molekülfragmente, die ihre Energie an die Oberfläche des zu behandelnden Materials abgeben und chemische Reaktionen initiieren. Die entstandenen funktionellen Hydroxyl-, Carbonyl-, Carboxyl-, und Ethergruppen – aber auch Sauerstoffverbindungen des Stickstoffs – gehen mit Klebstoffen und Lacken teils sehr feste chemische Bindungen ein

und tragen so zur Verbesserung der Haftung bei.

### Oberflächenenergie

Mit Oberflächenenergie (mJ/m<sup>2</sup>) bezeichnet man bekanntlich das Maß für die Energie, die bei der Erzeugung neuer Materialoberflächen zum Aufbrechen der chemischen Bindungen notwendig ist. Sie ist das wichtigste Maß für die Beurteilung der voraussichtlichen Haftung einer Klebschicht oder einer Oberflächenbeschichtung. Unpolare Kunststoffe besitzen meist eine geringe Oberflächenenergie zwischen < 28 mJ/m<sup>2</sup> und 40 mJ/m<sup>2</sup>. Aber erst Oberflächenenergien ab 38 bis 42 mJ/m<sup>2</sup> erlauben erfahrungsgemäß gute Haftungsvoraussetzungen. Durch die Plasmabehandlung wird die Oberflächenenergie deutlich erhöht, indem polare Gruppen, wie Hydroxylfunktionen, auf der Oberfläche er-

zeugt werden. Dadurch wird zum einen die Benetzung mit einem gegebenen Lack, einem Klebstoff oder einer anderen flüssigen Beschichtung verbessert und zum anderen eine kovalente Bindung, das heißt eine sehr stabile Atombindung an die Oberfläche ermöglicht.

Bei Flüssigkeiten ist die Oberflächenenergie gleich der Oberflächenspannung, und jede Flüssigkeit, jede Farbe, jeder Klebstoff hat eine Eigenspannung. Die sichere Haftung einer Beschichtung setzt voraus, dass die Oberflächenenergie des Festkörpers größer ist als die Oberflächenspannung (mN/m) des flüssigen Klebstoffs. Versuche bei Plasmatareat haben ergeben, dass durch die Vorbehandlung mit Openair-Plasma Energiewerte über 72 mJ/m<sup>2</sup> möglich werden.

### Die Lösung

Bis zur Auslieferung der einwandfreien Bauteile blieben dem Spritzgießhersteller noch genau fünf Tage. Sofort nach der Fehleranalyse führte Plasmatareat einen Testlauf mit 100 Bauteilen durch. Unmittelbar nach der Vorbehandlung wurden die Bauteile wieder zurück nach Esslingen geliefert, wo sie umgehend mit LSR überspritzt wurden. Die optische Prüfung war eindeutig: Es wurde kein einziger Lufteinschluss festgestellt, das Silikon haftete perfekt auf dem Polycarbonat. Weitere achthundert Bauteile erfuhren am nächsten Tag dieselbe Vorbehandlung – mit demselben positiven Ergebnis.

Damit die Bauteile im Tray beim Spritzgießproduzenten direkt behandelt werden konnten, erhielt dieser bereits am Folgetag eine Plasma-Leihanlage. Gleichzeitig wurde ein Anlagenkonzept ausgearbeitet, um die Bauteile zunächst offline zu behandeln, denn die gewünschte Integration der Plasmaanlage schien nicht realisierbar, da alle Bearbeitungsseiten in der Spritzgießmaschine bereits belegt waren. Nach Aussagen des Plasmatareat-Vertriebslei-

ters Joachim Schübler ist diese Situation häufig anzutreffen: „Ein neuer Prozess klappt wider Erwarten nicht und unsere Technologie soll mit einer Inline-Vorbehandlung helfen. Dann schauen wir uns die neue Maschine an und stellen fest, es gibt keinen Platz für den Einbau des Systems.“

### Plasma-Integration

Im Fall von Weber-Formenbau konnte jedoch in Kooperation mit der Firma KIKI-Automations und dem Spritzgießmaschinenhersteller Arburg eine Integrationslösung gefunden werden. Die Maschine wurde im Bereich des Maschinengestells entsprechend umgebaut. Die Plasmadüse fährt – anstatt wie üblich von oben – von unten aus dem Maschinenbett in das Werkzeug ein. Es gibt zwei Kavitäten, die mittels einer Dreheinheit bewegt werden. In der oberen erfolgt der Umspritzprozess der PC-Optiken mit PBT, dann wird gedreht und die sich in der unteren Kavität befindenden und schon umspritzten Teile werden mittels eines pneumatischen Bewegungssystems mit Plasma behandelt. Anschließend wird das Silikon aufgespritzt. Der Inline-Prozess dauert nur wenige Sekunden: Das im Maschinengestell gelegene xy-Bewegungssystem wird in den Arbeitsbereich des Werkzeuges gefahren. Eine Plasmadüse kann dadurch über den Haftungsbereich fahren und aktiviert die Oberfläche der PC-Optiken für eine langzeitstabile Haftung zum LSR.

### Fazit

Das Anwendungsbeispiel zeigt, dass Hersteller gut beraten wären, wenn sie bereits bei der Planung einer neuen Produktionslinie die Möglichkeit einer automatisierten Vorbehandlung von Kunststoffoberflächen berücksichtigten, da die ständige Optimierung von Materialien deren Zusammensetzung und damit die Haftungseigenschaften bedeutend verändern kann. Im Fall des Esslin-

ger Sensorherstellers gelang es durch Einsatz der Openair Technik innerhalb kürzester Zeit, nicht nur das unerwartet aufgetretene Haftungsproblem vollständig zu beseitigen, sondern auch den Ausschuss wesentlich zu senken. Das Plasmatareat Verfahren zeichnet sich neben der hohen Wirksamkeit vor allem durch seine Sicherheit und Reproduzierbarkeit im Produktionsprozess aus. Herkömmliche Vorbehandlungsmethoden wie die Reinigung mit Nasschemikalien oder mechanische Methoden können durch diesen Plasmaprozess komplett ersetzt, schädliche Emissionen vermieden und Arbeitsschritte eingespart werden. Weber-Formenbau fertigt heute etwa 120.000 Regen-Licht-Sensoren im Monat und hat mittlerweile die dritte Plasmaanlage aus Steinhagen zum Einsatz gebracht. ■

### Die Autorin

Inès A. Melamies  
(+49 (0)2224 989 7588,  
im@bluerondo.de) ist Inhaberin  
der Unternehmensberatung  
Blue Rondo International e. K  
in Bad Honnef.

Weitere Informationen  
zum Thema Plasmatechnik:  
Plasmatareat GmbH,  
D-33803 Steinhagen,  
Tel.: +49 (0) 5204 / 9960-0,  
mail@plasmatareat.de

über die Herstellung von  
Regen-Licht-Sensoren:  
Wilhelm Weber GmbH & Co. KG,  
Tel.: +49 (0) 711 / 31 54 99-0,  
info@Weber-Formenbau.de