Zusammenfassung

Verbesserung der Beschichtungshaftung bei Anbauteilen aus PP-Werkstoffen durch Ermittlung des Einflusses der Kunststoffadditive

Kunststoffe auf Polypropylen(PP)-Basis sind u.a. in der Automobilindustrie aus Gründen der Gewichtsreduktion weit verbreitet. Für dekorative Anwendungen werden PP-Anbauteile hochwertig beschichtet, wobei es trotz hoher Produktionsstandards immer wieder zu Haftfestigkeitsproblemen kommt. Es ist bekannt, dass die Effizienz der praxisüblichen Reinigungs- und Aktivierungsverfahren (PowerWash, CO_2-Schneestrahlen, Beflammen, Plasmabehandlung und Fluorierung) einen wesentlichen Einfluss auf die Lackhaftfestigkeit hat.

Im industriellen Umfeld wird bei auftretendem Haftversagen von Lackverbunden das Hauptaugenmerk auf die Effizienz der Oberflächenaktivierung (Art und Anteil der gebildeten polaren Gruppen, Polarität) bzw. die Optimierung von Prozessparametern der Aktivierungsverfahren (Beflammen, Plasmabehandlung, Fluorierung) gelegt. Kaum diskutiert wird der Einfluss von Additiven (u. a. Stabilisatoren, Fließhilfsmittel sowie Füllstoffe) auf die Werkstoffeigenschaften und die Lackhaftung. Insbesondere migrierfähige Additive könnten hierbei einen entscheidenden Anteil am Haftversagen besitzen. Bei den im Kunststoff migrierfähigen Additiven handelt es sich um niedermolekulare, meist organische Stoffe, i. d. R. liegt ein Gemisch unterschiedlicher Stoffklassen (z. B. paraffinische Wachse, Fettsäureester, Fettsäureamide, aromatische Verbindungen) vor. Als Füllstoff ist Talkum sehr verbreitet.

In diesem Forschungsprojekt stand zunächst die Aufklärung der Ursachen für die Schwächung der Lackhaftfestigkeit durch Kunststoffadditive in der obersten Substratschicht im Vordergrund. Getestet wurde die Haftfestigkeit mittels Dampfstrahlprüfung (DIN 55662) nach erfolgtem Temperaturwechseltest. Dieses Testverfahren stellt eines der größten möglichen Belastungsszenarien für den Lackverbund dar. Hierzu wurden Modellsubstrate mit der zum üblichen Gehalt deutlich erhöhten Menge des jeweiligen Additivs hergestellt und bzgl. ihrer Lackierbarkeit und der Haftfestigkeit der Lackschicht im für Automotive üblichen Dreischichtaufbau untersucht. Dabei wurde festgestellt, dass der haftmindernde Effekt der Additive nicht in der Schwächung der Grenzfläche Substrat / Beschichtung liegt, was zu Adhäsionsversagen führen würde. Vielmehr konnte hauptsächlich kohäsives Versagen im Substrat nachgewiesen werden. Oberflächenaktive Substanzen (z. B. Formtrennmittel) scheinen dabei eine besondere Rolle zu spielen, da sie die Haftfestigkeit an den inneren Grenzflächen Talkum/PP herabsetzen können. Äußere Verunreinigungen, wie z. B. Fette, Öle oder Stäube, können hingegen Haftversagen mit adhäsivem Anteil hervorrufen.

Es hat sich gezeigt, dass das Benetzungsverhalten und die Oberflächenrauheit der Substrate durch erhöhte Additivierung im Vergleich zur Referenz nicht signifikant verändert werden. Bezüglich der Haftfestigkeit wurde von allen untersuchten Additiven (Fließhilfe, Formtrennmittel, Thermostabilisator) das Formtrennmittel als das kritischste Additiv identifiziert. So konnte auf diesen Proben nach Aktivierung der höchste Formtrennmittelgehalt in den Spülprobenergebnissen und in XPS-Untersuchungen gefunden werden.

Industrielle Reinigungsverfahren konnten das Formtrennmittel auf der Oberfläche wirksamer entfernen als die Laborreinigung. PowerWash zeigte sich dabei ohne Ofentrocknung effektiver – nach der Trocknung kann das Formtrennmittel nachmigrieren. Ein kritisches Substrat mit deutlich erhöhter Menge an Formtrennmittel konnte jedoch mit keinem der untersuchten Reinigungsverfahren auf ein zum Referenzsubstrat vergleichbares Niveau bzgl. Haftfestigkeit und Benetzung verbessert werden.

Während des Projektes konnte festgestellt werden, dass die Beflammungsparameter an die Reinigungsmethode angepasst werden müssen. Dies trifft vor allem auf die Laborreinigung im Vergleich zu den industriellen Methoden (PowerWash, CO_2-Schneestrahlen) zu, wodurch jeweils ein eigenes Optimum in der Parameterauswahl gefunden wurde. Weiterhin konnte gezeigt werden, dass die reine Betrachtung der Oberflächenenergie der Substrate nur bedingt für die Bewertung einer qualitativ guten Oberflächenaktivierung geeignet ist. Wenn die Oberflächenenergie der Substrate den Anforderungen (ca. 40 mN/m) entspricht, ist dies nicht mit hoher Haftfestigkeit des Lackverbundes gleichzusetzen.

Im Rahmen dieses Projekts wurde außerdem die Vergleichbarkeit von Probenplatten und 3D-Formteilen aus demselben Granulat überprüft. Dabei wurden gravierende Unterschiede in der Haftfestigkeit, Oberflächenenergie und auch in der oberflächennahen Additivauflagemenge festgestellt. Die auf Probenplatten durchgeführten Optimierungsarbeiten bezüglich Reinigungs- und Aktivierungsparametern können damit nicht ohne Weiteres auf 3D-Formteile übertragen werden.