

Prof. Dr.-Ing. Frank Ehrig, Dipl.-Ing. (FH) Mario Studer, Dipl.-Ing. (FH) Matthias Holzinger,
Hans-Rudolf Wey, Institut für Werkstofftechnik und Kunststoffverarbeitung, Rapperswil

Dekorative Bauteile durch das Hinterspritzen von Metallfolien

Aus: VDI-Kunststoffband B 4283, Spritzgießen 2007
Hrsg.: VDI Wissensforum IWB GmbH und VDI-Gesellschaft Kunststofftechnik
© VDI Verlag, Düsseldorf 2007 (Erstveröffentlichung)

Dekorative Bauteile durch das Hinterspritzen von Metallfolien

Prof. Dr.-Ing. F. Ehrig, Institut für Werkstofftechnik und Kunststoffverarbeitung (IWK), Rapperswil/CH

Kurzfassung

Die Hybrid-Technologie als Verbindung von Kunststoff-Metall-Komponenten für strukturelle Anwendungen ist ein etabliertes Beispiel für die Kombination der Vorteile von Metall und Kunststoff in einem Formteil mittels Verbundkonstruktion. Auch für dekorative Anwendungen bietet sich die Kombination dieser Werkstoffe an, um eine Preis- und Gewichtsreduktion im Vergleich zu klassischen Technologien zu realisieren.

Hierzu werden Metallfolien, z. B. aus Edelstahl oder Aluminium, mit einer Dicke bis 0,4 mm mit Kunststoff hinterspritzt. Die Metallfolien bilden die Oberfläche des Bauteils und verleihen den gewünschten Metalllook und den Cool Touch-Effekt beim Berühren der Teile. Der Kunststoff bildet den Unterbau. Durch den Spritzgießprozess ist es möglich, Funktionen und Prozesse zu integrieren, wie zum Beispiel das Einbringen von Schnapphaken oder Befestigungsdomen. Da die Metallfolien sehr dünn sind, können durch den Spritzdruck gleichzeitig Werkzeugoberflächenstrukturen auf die Formteilerfläche abgeformt werden. Hierdurch ergeben sich neue Designmöglichkeiten.

1. Einleitung

Zur Steigerung der Marktattraktivität von Produkten zum Beispiel aus der Elektro-, Haushalts- und Automobilindustrie geht der Trend zunehmend zu individuellem Design und mehr Exklusivität. Kunststoffe bieten aufgrund ihrer Verarbeitung große Gestaltungsfreiheiten und durch die Möglichkeit der Massenproduktion sowie durch die Integration von Funktionen und Prozessen wirtschaftliche Vorteile. Diese Vorteile eröffnen immer neue Anwendungsbereiche und ermöglichen teilweise die Substitution anderer Werkstoffe, allerdings müssen auch die

gesteigerten Anforderungen hinsichtlich Haptik und Optik erfüllt werden.

Für die Realisierung hochwertiger Oberflächen werden daher vermehrt Oberflächenveredelungsprozesse angewendet und hochwertige Dekormaterialien eingesetzt. Bekannte Veredelungsverfahren sind z. B. das Bedrucken, Lackieren oder auch Cubic-Printing. Zur Realisierung von Bauteilen mit Metalloptik werden zusätzlich das Galvanisieren, das Heißprägen sowie das Hinterspritzen von Kunststofffolien eingesetzt. Bei diesen Verfahren können Oberflächen mit metallischer Optik hergestellt werden, die von den Metallbauteilen kaum unterschieden werden können. Allerdings ist es nicht möglich, das Empfinden einer metallischen Haptik, den sogenannten Cool-Touch-Effekt zu realisieren.

Unter dem Cool Touch Effekt versteht man die bei der Berührung von Körpern empfundene Kältewirkung. Die Ursache dieses Effekts liegt in der Berührung (Kontakt) und die Wirkungsweise im Kälteempfinden (psychologisch). Physika-

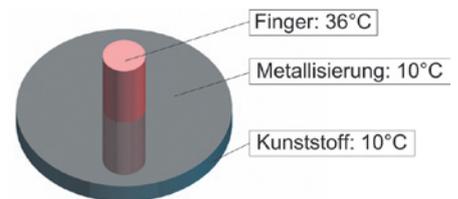


Bild 1: Modelldiskretisierung und Starttemperaturen

lisch betrachtet, lässt sich dieser Effekt durch die bei der Berührung von zwei Körpern vorliegende Kontakttemperatur begründen. Zur Erzielung eines metallisch kalten Gefühls, muss die Wärme über das Oberflächendekor schnell abgeführt werden. Die entscheidenden Einflussfaktoren sind hierbei die thermischen Eigenschaften des Dekors, die Dekordicke sowie der Wärmeübergang vom Menschen zur Bauteiloberfläche. Kunststoffe weisen in der Regel eine niedrige Wärmeleitfähigkeit auf, so dass Veredelungsverfahren, wie das Hinterspritzen von Kunststofffolien, das Bedrucken oder Lackieren ausgeschlossen

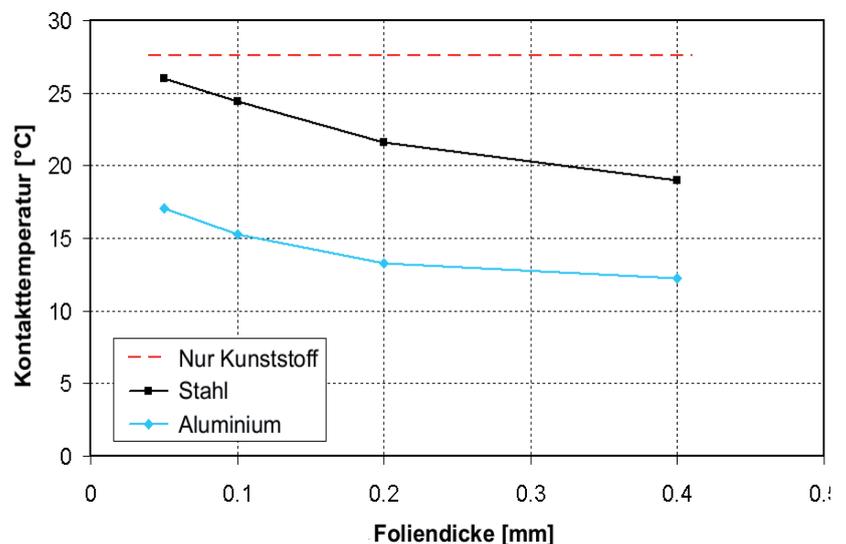


Bild 2: Kontakttemperatur in Abhängigkeit von Dekorart und -dicke

werden können. Näher betrachtet wurde daher der Einfluss einer metallischen Oberfläche. Im Rahmen einer einfachen FEM-Betrachtung wurden der Einfluss der thermischen Eigenschaften sowie die Dekordicke analysiert (Bild 1).

Es wurden folgende Annahmen getroffen:

Kunststoffplatte: Durchmesser 50 mm, Dicke 3 mm

Abmaße des Kontaktpartners („Finger“): Durchmesser 10 mm, Länge 10 mm

Dicke der Metallisierung: 0,05 mm, 0,1 mm, 0,2 mm und 0,4 mm

Thermische Eigenschaften:

Aluminium: $\rho=2'700 \text{ kg/m}^3$,
 $\lambda=238 \text{ W/m/K}$, $c_p=945 \text{ J/kg/K}$

Stahl: $\rho=8'000 \text{ kg/m}^3$,
 $\lambda=15 \text{ W/m/K}$, $c_p=477 \text{ J/kg/K}$

Kunststoff: $\rho=1'000 \text{ kg/m}^3$,
 $\lambda=0.2 \text{ W/m/K}$, $c_p=1'400 \text{ J/kg/K}$

Die Ergebnisse gemäß Bild 2 zeigen, dass zur Erzielung des Cool Touch-Effektes eine bestimmte Metallschichtdicke erforderlich ist. Der Kunststoff wirkt als Isolator. Die vom Finger in das Dekor einfließende Wärmemenge kann bei einem dickeren Dekor besser abgeführt werden, was zu einem kälteren Empfinden führt. Die Kontakttemperaturen von ganz dünnen Stahlschichten liegen nur knapp unter derjenigen homogener Kunststoffbauteile. Die Kontakttemperatur bei Aluminiumoberflächen liegt deutlich unter derjenigen aus Stahl. Die Ergebnisse verdeutlichen auch, warum metallpigmentierte Schichten oder selbst verchromte Schichten mit Dicken von 15-40 μm keinen Cool Touch-Effekt liefern können.

Allerdings spielt das persönliche Empfinden, welches eher subjektiv ist und sich daher physikalisch nicht beschreiben lässt, ebenfalls eine wichtige Rolle. In einem nicht repräsentativen, aber interessanten Versuch wurden 30 Personen bezüglich ihres Kälteempfindens bei fünf Aluminiumstreifen der Dicken von 20 –100 μm befragt [1]. Lediglich beim Aluminiumstreifen mit einer Dicke von 100 μm schätzen insgesamt 70 % der Befragten diesen als metallisch bis mittelkalt ein. Auch diese einfache Abschätzung zeigt zumindest auf, dass eine Mindestdicke für eine metallische Haptik vorhanden sein muss.



Bild 3: Dekoration mit Aluminium und Edelstahl [Fotos: Miele AG, Audi AG, Nokia AG, Geberit AG, Internet]

2. Kunststoff-Metall-Verbund für dekorative Bauteile

Zur Erzeugung einer metallischen Haptik werden derzeit Bauteile oft aus Vollmetall eingesetzt bzw. Metallbänder im Dickenbereich von 400 – 700 μm um ein thermoplastisches, spritzgepresenes Trägerbauteil gebördelt. Dies ist allerdings mit einem hohen Energieeinsatz und Fertigungskosten verbunden.

Die Hybrid-Technologie als Verbindung von Kunststoff-Metall-Komponenten für strukturelle Anwendungen ist ein etabliertes Beispiel für die Kombination der Vorteile von Metall und Kunststoff in einem Formteil mittels Verbundkonstruktion. Auch für dekorative Anwendungen bietet sich die Kombination dieser Werkstoffe an, um eine Preis- und Gewichtsreduktion im Vergleich zu klassischen Technologien zu realisieren.

Das Hinterspritzen von Metallfolien bietet hier neue Möglichkeiten mit den bekannten Vorteilen, die bereits vom Hinterspritzen von Kunststofffolien bekannt sind [2, 3]. Hierzu werden Metallfolien, z. B. aus Edelstahl oder Aluminium, mit einer Dicke bis 0,4 mm mit Kunststoff hinterspritzt. Die Metallfolien bilden die

Oberfläche des Bauteils und verleihen den gewünschten Metalllook und den Cool Touch-Effekt beim Berühren der Teile. Der Kunststoff bildet den Unterbau. Durch den Spritzgießprozess ist es möglich, Funktionen und Prozesse zu integrieren, wie zum Beispiel das Einbringen von Schnapphaken oder Befestigungsdomen. Bei Metallfolien geringerer Dicke bis 0,3 mm können durch den Spritzdruck gleichzeitig Werkzeugoberflächenstrukturen auf die Formteiloberfläche abgeformt werden. Hierdurch ergeben sich neue Designmöglichkeiten. Es lassen sich somit dekorative Bauteile mit einem hohen Automatisierungsgrad und Integrationspotenzial herstellen.

3. Hinterspritzen von Metallfolien

Die Anforderungen an Dekorbauteile sind sehr unterschiedlich. Je nach Anwendung müssen entsprechende spezifische Temperatur- und Klimawechseltests, splitterfreies Bruchverhalten, UV- und Chemikalienbeständigkeit, u. a. m. erfüllt werden. Allen Anwendungen gemeinsam ist die Forderung nach optisch und haptisch einwandfreien Bauteilen, eine gute Haftung zwischen Metallfolie und Kunststoff sowie ein verzugfreies Bauteil.

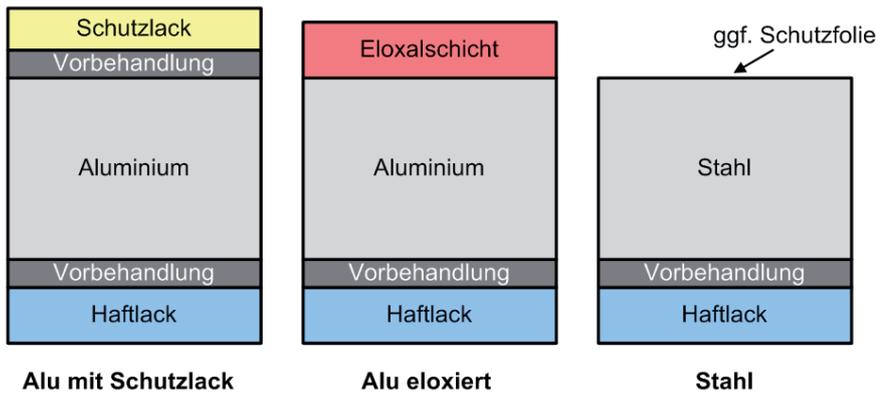


Bild 4: Aufbau der Metallfolien

Anforderungen an Metallfolien und Kunststoffträger

Bild 4 zeigt den typischen Aufbau der Metallfolien aus Aluminium und Edelstahl.

Der Schutzlack bzw. die Eloxalschicht schützen die Aluminiumfolie vor Korrosion, Chemikalien, UV-Bestrahlung und erhöhen die Kratzfestigkeit der Oberfläche. Bei Edelstahl wird in der Regel auf einen Schutzlack verzichtet. Zur Vermeidung des bekannten Finger-Print-Effekts wäre eine Beschichtung notwendig. Edelstahl wird vielfach mit Schutzfolie geliefert, um Oberflächenbeschädigungen während des Verarbeitungsprozesses und des Transports zu vermeiden. In der Regel sind die Metallfolien mit verschiedenen Oberflächenstrukturen erhältlich, von glänzend bis strukturiert. Da diese

über den Walzprozess eingebracht werden, steht nur eine bestimmte Auswahl zur Verfügung. Zu beachten ist die erhöhte Empfindlichkeit der Metallfolien hinsichtlich Abzeichnungen auf der Oberfläche durch Staubpartikel, Handling und Positionierung im Werkzeug im Vergleich zu Kunststofffolien.

Allen Halbzeugen gemeinsam ist die Haftvermittlerschicht auf der Kontaktseite zum Kunststoff. Diese Haftvermittlerschicht muss vor dem Hinterspritzen auf die Metallfolie aufgebracht werden. Hierbei kann es sich zum einen um einen Lacksystem handeln, welches direkt beim Metallfolienlieferanten aufgetragen wird, zum anderen können aber auch Klebefilme aufkaschiert werden. Je nach hinterspritztem Kunststofftyp muss die entsprechende Haftvermittlerschicht ausgewählt werden. Von Seiten der Prozesstechnik spielen Werkzeug- und Masstemperatur eine große Rolle, da die Ansprechtemperatur des Haftvermittlersystems erreicht werden muss. Hier ist eine enge Zusammenarbeit zwischen Halbzeughersteller und Verarbeiter notwendig und es

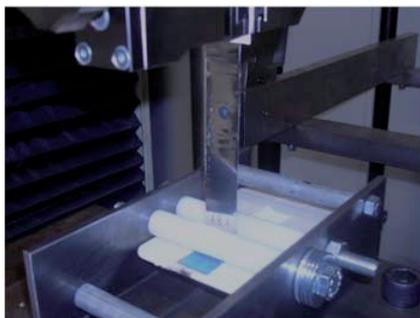
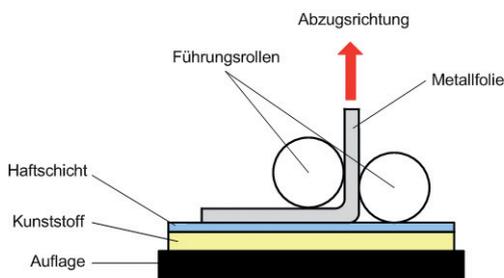


Bild 5: Prüfung der Haftung im Rollenschälversuch

müssen ggf. Vorversuche durchgeführt werden.

Der Kunststoffträger muss eine ausreichende Härte aufweisen, um eine plastische Verformung des Dekors bei punktueller mechanischer Belastung zu verhindern. Die unterschiedlichen Wärmeausdehnungskoeffizienten von Aluminium und Kunststoff sowie ein erhöhtes Schwindungspotenzial des Kunststoffes beeinflussen den Verzug von mit Metallfolien dekorierten Bauteilen. Zur Minimierung der Verzugneigung werden daher in der Regel faserverstärkte Kunststoffe eingesetzt.

In Untersuchungen am IWK wurden Metallfolien aus Edelstahl und Aluminium mit unterschiedlichen Haftvermittlern mit verschiedenen Kunststoffen hinterspritzt [4]. Hierbei wurden sowohl die Prozessparameter beim Spritzgießen als auch beim Aufkaschieren von Klebefolien variiert. Als Kunststoffträger wurde ein ABS/PC und ein PA 6.6 verwendet. Die Prüfung der Haftung zwischen der Metallfolie und dem Kunststoffträger wurde in einem Rollenschälversuch in Anlehnung an die DIN 53289 bzw. DIN 53530 durchgeführt (Bild 5) [5, 6].

Bild 6 zeigt den Verlauf des Trennwiderstands für ein Haftvermittlersystem über die Abzugslänge. In diesem Beispiel ist ebenfalls deutlich sichtbar, dass im Angussbereich der Trennwiderstand stark abfällt, was auf Auswaschungen bei diesem Haftvermittlersystem zurückzuführen ist. Es gibt auch Haftvermittlersysteme, bei denen der Effekt gerade entgegen gesetzte, d. h. Trennwiderstand steigernde, Wirkung besitzt. Dies kann auf die erhöhte Temperatur im Angussbereich zurückgeführt werden.

In Bild 7 sind einige Ergebnisse der Untersuchungen zusammenfassend darge-

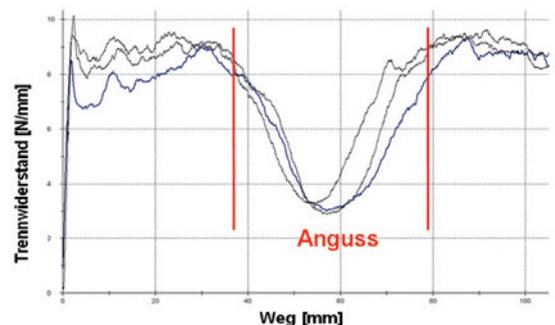


Bild 6: Trennwiderstand in Abhängigkeit der Abzugslänge

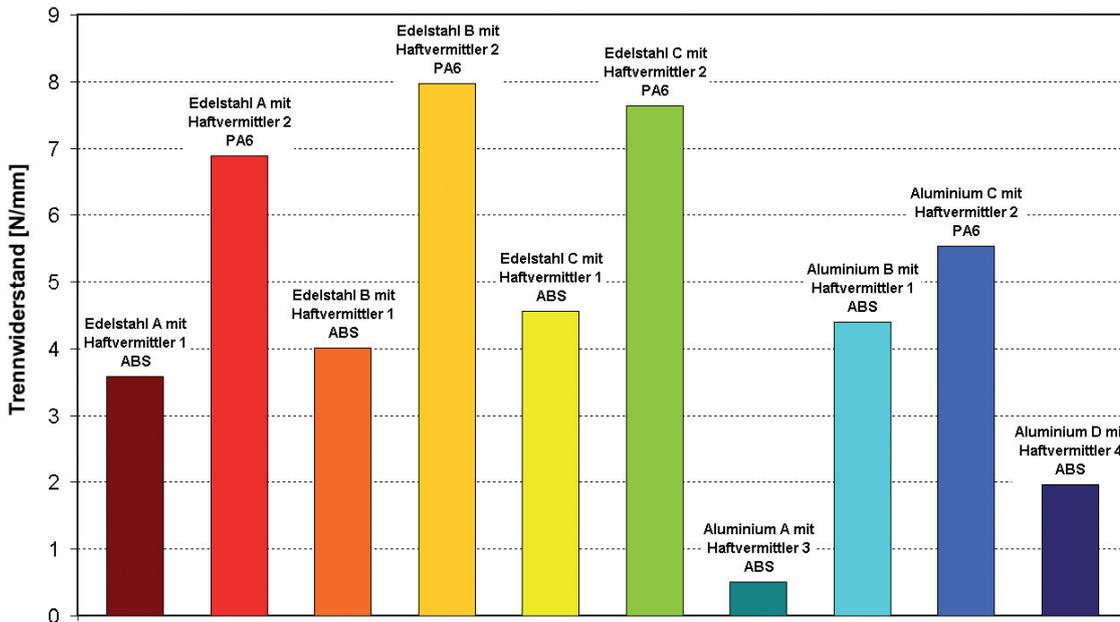


Bild 7: Trennwiderstände für verschiedene Verbundsysteme

stellt. Die Ergebnisse zeigen unterschiedliche Trennwiderstände in Abhängigkeit vom Haftvermittlersystem, Metallfolien- und Kunststofftyp. Es liegen bislang noch keine Erkenntnisse vor, welcher Trennwiderstand für eine ausreichende Haftung über die Gebrauchsdauer mindestens erreicht werden muss. Dies ist wahrscheinlich abhängig vom Einsatzgebiet und daher in Zusammenarbeit mit den Industriepartnern anhand der jeweiligen Pflichtenhefte zu untersuchen.

Realisierung von Oberflächenstrukturen

Wie bereits erwähnt, bietet der Einsatz dünner Metallfolien bis ca. 300 µm die Möglichkeit, durch den Spritzdruck Werkzeugstrukturen direkt im Spritzgießprozess abzuformen. Hierdurch können kostengünstig Schriftzüge und Design-

elemente im Bauteil ohne zusätzliche Nachfolgeprozesse, wie Ätzen oder Prägen, realisiert werden. Bild 8 zeigt beispielhaft einfache Demobauteile des IWK mit verschiedenen Oberflächendesigns.

Bei der Entwicklung der Designstrukturen ist zu beachten, dass der Einspritzdruck vom Anguss bis zur Fließfront stetig abnimmt. Dies kann je nach Strukturtiefe und -breite zu ungleichmäßiger Abformung führen, da in angussfernen Bereichen der Spritzdruck zur Ausformung nicht mehr ausreicht. Daher ist bei der Werkzeugauslegung das Fließweg-Wanddicken-Verhältnis des verwendeten Kunststoffs zu berücksichtigen. Auf der anderen Seite dürfen die Strukturen nicht zu scharfkantig bzw. zu hoch oder zu tief sein, da sonst der Schutzlack oder sogar die Metallfolie reißen könnte. Diese teilweise nicht sichtbaren Risse

sind potenzielle Schwachstellen für einen Korrosionsangriff. Aktuelle Untersuchungen am IWK sollen dazu dienen, Auslegungsrichtlinien für erhabene und vertiefte Strukturen zu erarbeiten. Hierzu dient das in Bild 9 dargestellte Versuchsbauteil mit dem Logo der Hochschule Rapperswil.

Erste Untersuchungen wurden mit einer 0,2 mm dicken Aluminiumfolie durchgeführt. Es zeigte sich, dass im Bauteil vertiefte Strukturen weniger kritisch sind als erhabene Strukturen. Bild 10 zeigt für den Ausschnitt im Bereich der Buchstaben „SR“ eine Rissbildung bei 0,4 mm Strukturhöhe. Weitere Untersuchungen sollen Informationen über maximale Höhen/Tiefen sowie die notwendigen Radien liefern.

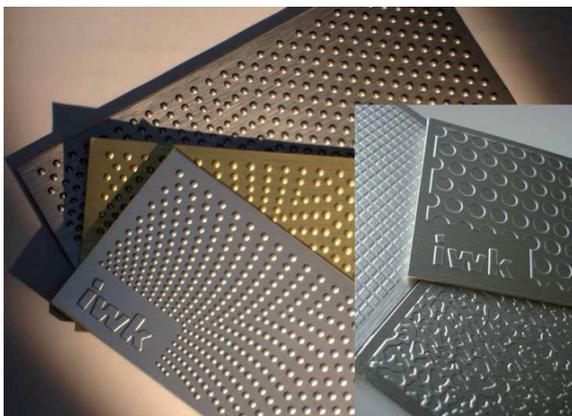


Bild 8: IWK-Demobauteile mit verschiedenen Oberflächendesigns

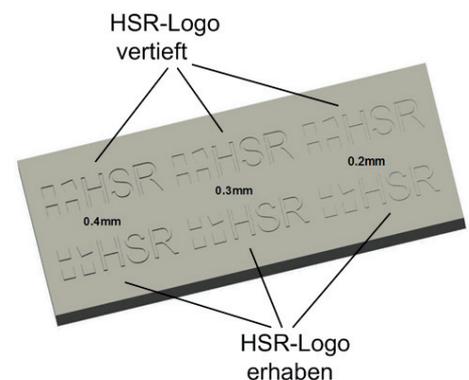


Bild 9: Versuchsbauteil mit erhabenen und vertieften Strukturen

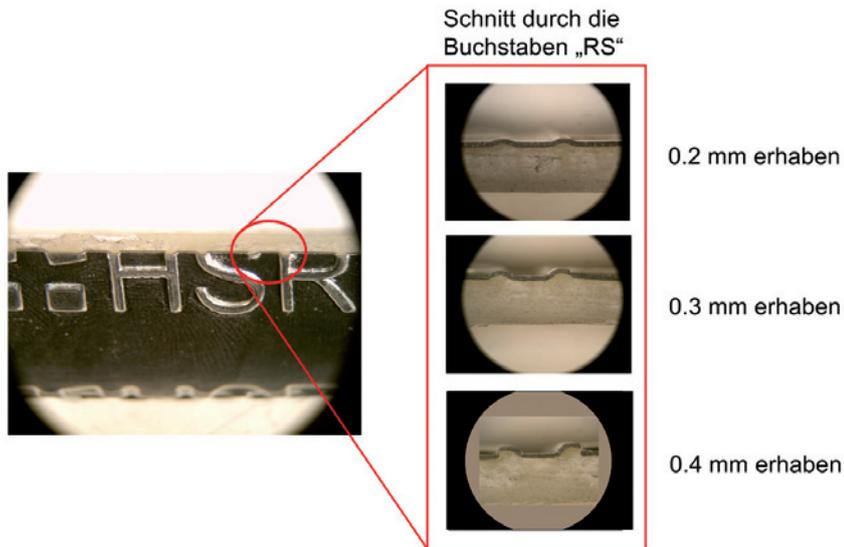


Bild 10: Strukturabformung bei einer 0,2 mm dicken Aluminiumfolie



Bild 11: Radienabschluss an Metallfolien hinterspritzten Bauteilen

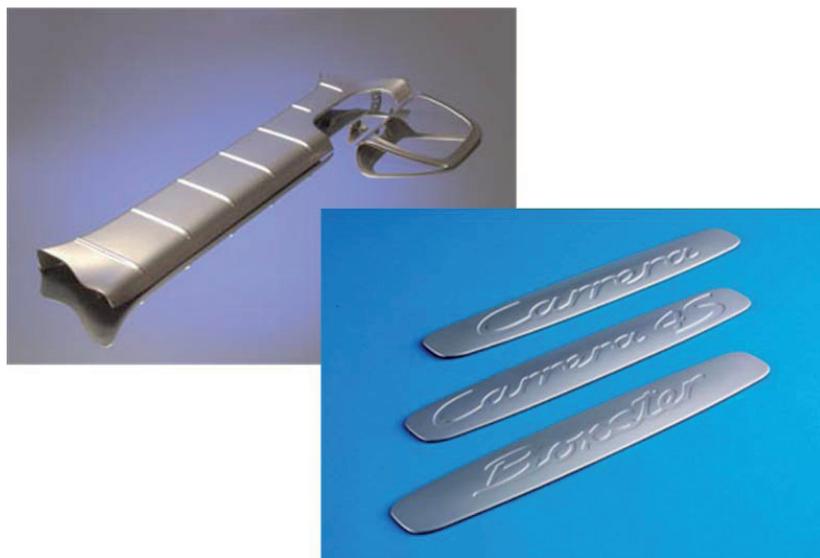


Bild 12: Serienbauteile aus der Automobilindustrie: Links Kofferraumverkleidung des Porsche Cayman S in Edelstahlfolie, rechts Einstiegsleisteneinleger aus Aluminium im Porsche Carrera [Fotos: Scherer & Trier]

Realisierung von Bauteilen mit Umbug

Dekorbauteile grenzen meist an andere Bauteile an. Daher ist es wichtig, dass die Metallfolie nicht eben ausläuft, sondern einen schönen Radienabschluss an der Seite besitzt. Metallfolien haben ein anderes Tiefziehverhalten im Vergleich zu Kunststofffolien. Sie besitzen eine geringere Bruchdehnung und sind daher im Umformgrad wesentlich eingeschränkter. Wichtige Einflussfaktoren sind der minimale Oberflächen- und Eckradius in Abhängigkeit der Umbugtiefen. Die Metallfolien können in einem vorgelagerten Prozess vorgeformt und anschließend hinterspritzt werden. Für einfachere Geometrien kann allerdings auch der Spritzdruck zur Ausformung des Umbugs genutzt werden. Anschließend muss das Bauteil entweder im Spritzgießprozess direkt oder in einem nachgelagerten Prozess von dem umlaufenden Metallrand z. B. durch Stanzen befreit werden (Bild 11). Wichtig bei der Umformung von Aluminiumfolien ist, dass hierbei der Schutzlack oder die Eloxalschicht nicht zerstört wird, da hier dann Schwachstellen hinsichtlich der Korrosion entstehen. Dies steht natürlich im Widerspruch zur Forderung eines harten Schutzlackes zur Erzielung einer hohen Kratzfestigkeit. Entwicklungen am Markt versuchen hier einen vernünftigen Kompromiss zu erzielen.

Aktuelle Anwendungsbeispiele und Ausblick

Das Metallfolienhinterspritzen ist eine junge Technologie. Erste Serienanwendungen gibt es zwar schon seit mehreren Jahren, aber fast ausschließlich in der Automobilindustrie sowohl mit Aluminium- als auch mit Edelstahloberfläche (Bild 12) [8, 9].

Ein großes Potenzial liegt überall dort, wo zusätzliche Funktionen und Prozesse integriert werden können. Daher wird zunehmend der Ersatz von Metallblechen diskutiert, die zur Befestigung speziell umgeformt oder an die Zusatzteile angeschweißt werden müssen. Ebenfalls interessant ist die Substitution des Verchromens der Kunststoffbauteile, wodurch ein zumeist ausgelagerter Veredelungsprozess durch das Metallfolienhinterspritzen in die eigene Produktion

integriert werden kann. Anwendungsgebiete finden sich überall dort, wo Blenden im Metalldesign realisiert werden müssen, wie z. B. im Bereich der Elektro- und Kleinkleingeräte, Weiße Ware oder auch im Sanitärbereich. Die Anwendung des Metallfolienhinterspritzens ist insbesondere dann interessant, wenn es sich um hohe Stückzahlen handelt, da doch einige Investitionen für Vorformwerkzeuge, Vorformpresse und Handling getätigt werden müssen.

[9] Ehrig, F, Butzek J.: Neue Möglichkeiten der Metalldekoration durch Folienhinterspritzten, Beitrag zur IIR-Fachkonferenz „Oberflächen im Kfz-Interieur“ am 30. 6. und 1. 7. 2003 in Stuttgart

4. Literatur

- [1] Butzek, J.: Untersuchung zur Herstellung dekorierte Formteile für die Automobilindustrie durch Hinterspritzten von dünnen Aluminiumbändern, Diplomarbeit am IKV an der RWTH-Aachen, 2001
- [2] Wielpütz, M.: Sonderanwendungen. WEKA – Praxishandbuch Plus – Kunststoffpraxis: Konstruktion Teil 10, Kapitel 2.7, 5. Aktualisierung, Kissing: WEKA Media, 2001
- [3] Wielpütz, M.: In-mould film decoration – Process and new application opportunities. In: Proceedings of the 2nd International European Conference Injection Moulding, 2001 of the Society of Plastic Engineers, Scandinavia, Copenhagen, Denmark, 2001
- [4] Caduff, C.: Untersuchung des Einsatzes von Haftvermittlern beim Metallfolienhinterspritzten, Studienarbeit am IWK an der HSR, Rapperswil, 2006
- [5] N.N.: Trennversuch an haftend verbundenen Gewebelagen, DIN 53530, Beuth-Verlag GmbH, Berlin, 1981
- [6] N.N.: Rollenschälversuch DIN 53289, Beuth-Verlag GmbH, Berlin, 1979
- [7] Zollinger, M.: Analyse der Haftung und Verformung der Metallfolien bei metallfoliendekorierte Bauteilen, Laufende Studienarbeit am IWK an der HSR, Rapperswil, 2007
- [8] Ehrig, F.: Aktuelle Produkte und effiziente Verfahrenstechniken beim Spritzgießen. Vortrag auf dem Kunststoff-Symposium Schweiz 2002, Perspektive Kunststoff, 6. Juni 2002 am KATZ, Aarau

Institut für Werkstofftechnik und Kunststoffverarbeitung (IWK)
Oberseestr. 10
CH-8640 Rapperswil
Schweiz

Tel.: 0041 55 222 4905
Fax: 0041 55 222 4769
www.iwk.hsr.ch