

Frank Ehrig und Hans-Rudolf Wey

In der Simulation vereint

Metallfolienhinterspritzen



Institut für Werkstofftechnik
und Kunststoffverarbeitung

Institut für Werkstofftechnik
und Kunststoffverarbeitung (IWK)
HSR Hochschule für Technik Rapperswil
Oberseestrasse 10, Postfach 1475
CH-8640 Rapperswil
T +41 (0)55 222 47 70
F +41 (0)55 222 47 69
iwk@hsr.ch
www.iwk.hsr.ch

Das Versuchsbauteil in Form einer Blende dient zur Evaluation der Simulationsrechnungen

(Bilder: IWK)



Metallfolienhinterspritzen. Das Hinterspritzen von Metallfolien erfordert aufgrund der komplexen Prozesskette bis zur Serienreife teilweise umfangreiche Iterationsschleifen bei der Werkzeugtechnik. Die gezielte Kombination der Simulationstools Umformen und Füllen hilft, die Vorgänge in den einzelnen Prozessschritten zu verstehen, den Aufwand bei der Produktumsetzung deutlich zu reduzieren und damit Zeit und Kosten zu sparen.

In der Simulation vereint

**FRANK EHRIG
HANS-RUDOLF WEY**

Um die Marktattraktivität ihrer Produkte zu steigern, gehen viele Hersteller aus der Elektro-, Klelektro-, Haushalts- oder Automobilindustrie dazu über, individuelle Designs und mehr Exklusivität in den Vordergrund zu rücken. Da metallische Oberflächen in diesem Bereich eine große Rolle spielen, gewinnt das Hinterspritzen von Metallfolien zunehmend an Bedeutung. Hierzu werden Folien in einer Dicke von bis zu 0,3 mm, z. B. aus Edelstahl oder Aluminium, mit Kunststoff hinterspritzt. Die Metallfolien bilden die Oberfläche des Bauteils und verleihen ihm den gewünschten Metalllook und den sogenannten Cool-Touch-Effekt, d. h. sie lösen beim Berühren eine Kälteempfindung aus.

Der Kunststoff bildet dabei einen stabilen Unterbau. Im Spritzgießen lassen sich zudem Funktionen und Prozesse integrieren wie beispielweise durch

Schnapphaken oder Befestigungsdomen. Da Metallfolien sehr dünn sind, kann der Verarbeiter über die Spritzdruckeinstellung Oberflächenstrukturen des Werkzeugs auf die Formteilerfläche abformen. Hierdurch ergeben sich für die Designer neue Möglichkeiten.

Ein junges Verfahren

Das Hinterspritzen von Metallfolien ist ein noch junges Verfahren, das die Automobilhersteller bislang für Einstiegsleisten oder Ladekanten eingesetzt haben. In den letzten Jahren wurden zu diesem Thema umfangreiche Untersuchungen hinsichtlich Haftvermittlerauswahl und Werkzeugtechnik durchgeführt [1, 2].

Bei der Substitution verchromter Bauteile oder Vollmetallteile sowie bei der Umsetzung neuer Produkte stellt sich immer wieder die Frage nach der Verformbarkeit der Metallfolien. Höhe bzw. Tiefe und Breite der Strukturen sind bei Designelementen auf der Oberfläche die maßgeblichen Größen. Oberflächen- und Eckradien sowie seitliche Ziehtiefen, um die Metallfolien umgeformt werden sol-

len, spielen bei dreidimensionalen Bauteilen eine große Rolle (**Bild 1**). In Abhängigkeit von der Komplexität der Geometrie und der Positionierung des Zugschnitts in der Trennebene lassen sich 3D-Bauteile durch die Druckverteilung im Spritzgießen herstellen. Ist die Umformung im Hinterspritzen nicht realisierbar, müssen die Zuschnitte in einem vorgelagerten Prozess vorgeformt werden.

Voruntersuchungen im Institut für Werkstofftechnik und Kunststoffverar-

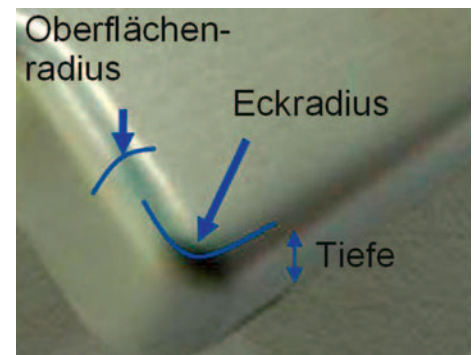


Bild 1. Das Zusammenspiel der geometrischen Größen beeinflusst die Herstellung der dreidimensionalen Bauteile erheblich

ARTIKEL ALS PDF unter www.kunststoffe.de
Dokumenten-Nummer KU110307

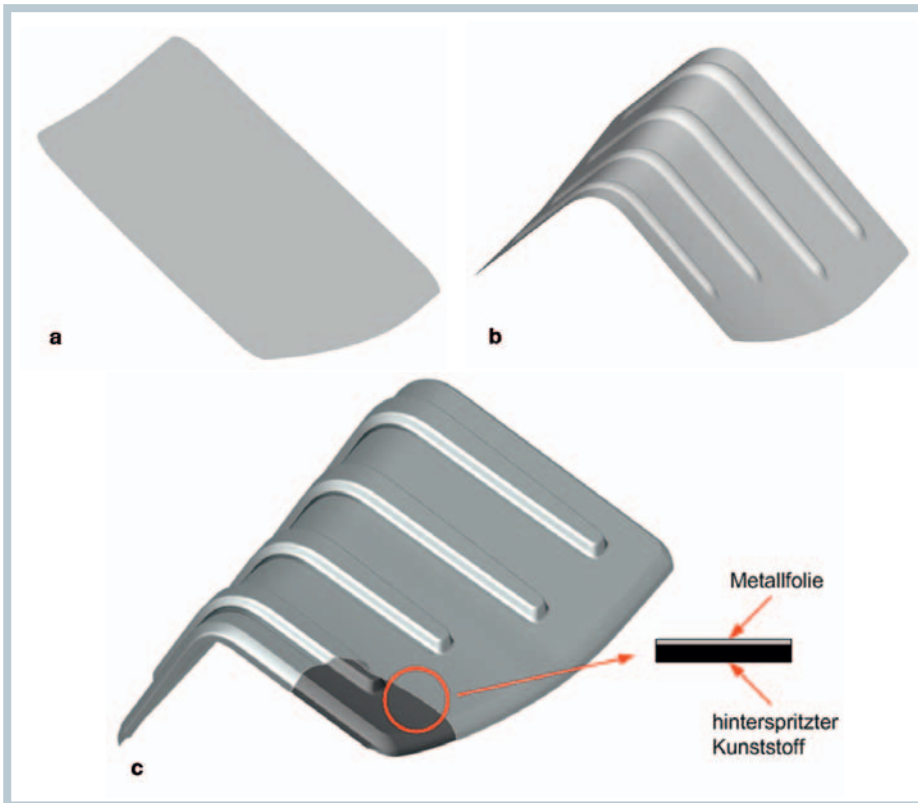


Bild 2. Die Herstellung der Blende verläuft in einem mehrstufigen Prozess: a) Folienschnitt, b) Vorformung und c) Ausformen durch Hinterspritzen

durch Überschreiten bestimmter Dehngrenzen auftreten, vorhersagen lassen, ist noch Bestandteil der Untersuchungen. Um diese Ziele zu erreichen, muss die Simulationsberechnung die Vorgänge bei den einzelnen Prozessschritten transparenter machen. Dazu ist es notwendig, den Einfluss der Prozessparameter auf die Bauteileigenschaften zu analysieren.

Umformen und Ausformen kombiniert

Die Prozesskette für das Herstellen einer dreidimensionalen Bauteilgeometrie gliedert sich wie folgt (Bild 2): Bei komplexen Geometrien mit Ziehtiefen größer als die Wanddicke wird die Metallfolie in der Regel vorgeformt. Der Umformgrad entspricht ca. 70 bis 90 % der Endkontur. Die Endkontur wird durch die zeit- und ortsabhängige Druckverteilung im Spritzgießprozess ausgeformt. Im Gegensatz zur konventionellen Vorformung allein erzielt die Kombination von konventioneller und Medienumformung insgesamt höhere Umformgrade für die Metallfolie. Der Grund liegt in der flächigen Kraftaufbringung beim Spritzgießen, die ein

beitung, Hochschule für Technik Rapperswil, Schweiz, haben gezeigt, wie schwierig es ist, allgemein gültige Auslegungsrichtlinien zu erarbeiten. Die Möglichkeiten und Grenzen hängen zu stark vom gegenseitigen Beeinflussen der Strukturen oder der Radien untereinander ab, d. h. wie eng sie räumlich beieinander liegen [3]. Zu Beginn eines Projekts ist daher nicht klar, ob eine Geometrie überhaupt umsetzbar ist. Des Weiteren sind zeit- und kostenaufwendige Iterationsschleifen notwendig, um ein Spritzgieß- und Vorformwerkzeug zu bemustern und abzustimmen.

Ziel der Simulation einer Prozesskette ist zum einen, bereits in der Konzeptphase die grundsätzliche Machbarkeit zu bewerten. Zum anderen sollen während der Betriebsmittelentwicklung die Maßnahmen zur Werkzeugoptimierung simuliert und bewertet werden, um Trial-and-Error-Versuche zu reduzieren. Wichtige Ergebnisse für die Bauteilauslegung sind neben dem Spannungs- und Dehnungszustand der Folie, um eine mögliche Rissbildung vorherzusagen, das Aufzeigen von Faltenbildung. Diese Falten sind in der Fertigung ein wesentliches Ausschusskriterium.

Ob sich Farbveränderungen der Metallfolien durch Gefügeänderungen, die

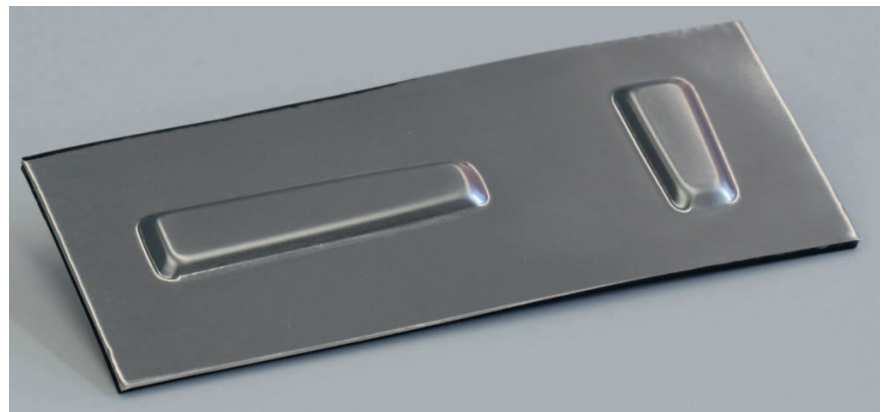


Bild 3. Die grundsätzlichen Zusammenhänge werden an einem einfachen Bauteil mit Vertiefungen in und quer zur Fließrichtung (links) betrachtet; so beeinflusst die Reibung zwischen Metallfolie und Werkzeugoberfläche die Faltenbildung (rechts)



Reibwert 0,1



Reibwert 0,5

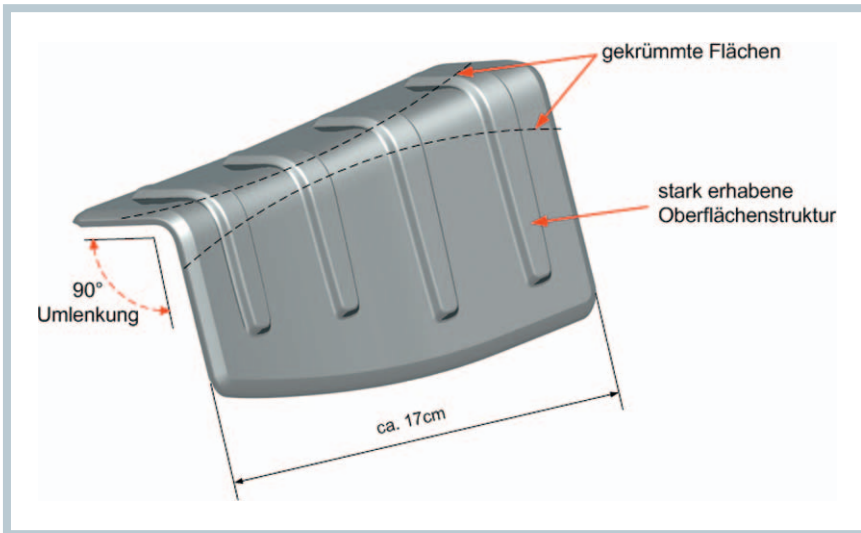


Bild 4. Als Beweis für die Praxistauglichkeit hat das Institut gemeinsam mit einem Verarbeiter ein dreidimensionales Bauteil mit ausgeprägten Strukturen an der Oberfläche entwickelt

Bild 5. Die Simulation des Vorformprozesses (links) verglichen mit dem realen Vorformprozess (rechts)



Nachrutschen der Folie ermöglicht und somit Riss- und Faltenbildung reduziert.

Für die Umformsimulation wird Stampack der AutoForm Development GmbH, Zürich/Schweiz, eingesetzt. Da diese Software normalerweise Bänder ab einer Dicke von 0,5 mm berechnet, muss sie für dünne Folien erst erprobt werden. Um den Formfüllvorgang im Spritzgießwerkzeug zu berechnen, kombiniert das IWK das Programm mit der Füllsimulation Cadmould der simcon kunststofftechnische Software GmbH, Würselen.

Dafür werden grundsätzliche Zusammenhänge an einem einfachen Demobauteil erarbeitet. Das Teil hat eine erhabene Struktur in und quer zur Fließrichtung (**Bild 3 links**). Das Hinterspritzen einer ebenen Metallfolie und die sich daraus ergebende Folienumformung

wird berechnet. Folgende Parameter werden variiert:

- das Material der Metallfolie ist Edelstahl oder Aluminium und wird über die Spannungs-Dehnungskurve eingegeben,
- die Reibung der Metallfolie an der Werkzeugwand wird über Reibwerte einbezogen,
- die Fließbehinderung der Metallfolie im Spritzgießwerkzeug wird über einen Niederhalter mit unterschiedlicher Anpresskraft berücksichtigt und
- das zeitliche und örtliche Druckniveau durch Verwendung unterschiedlicher Teilfüllungen, mit der die Metallfolie beaufschlagt wurde – eingegeben als $p=f(t, x, y)$ über eine definierte Schnittstelle.

Die Software berücksichtigt nicht die Änderung des Druckniveaus im Spritzgießwerkzeug, die die Verformung der Metallfolie und die sich damit verändernde Bauteilwanddicke verursachen.

Die verwendeten Reibwerte beeinflussen die Faltenbildung wie folgt (**Bild 3**): Bei einem Reibwert von 0,1 rutscht die Edelstahlfolie in die Vertiefung im Bereich der in Fließrichtung ausgerichteten Struktur hinein. Somit bilden sich bei beiden Vertiefungen Falten. Bei 0,5 kann das Material aufgrund der hohen Reibung nicht

nachrutschen. Dadurch werden die Falten minimiert. Es entsteht jedoch eine größere Dehnung im Material. Diese darf bei größeren Vertiefungen nicht außer Acht gelassen werden, da es sonst zum Überschreiten der Bruchdehnung und damit zu Rissen im Material kommt.

Die grundsätzlichen Abklärungen haben gezeigt, dass sich eine Verformung aufgrund der Druckverteilung im Spritzgießprozess berechnen lässt.

Praxisnah getestet

Zusammen mit der Dr. Schneider Kunststoffwerke GmbH, Kronach, entwickelte man ein praxisnahes Versuchsbauteil. Dieses ist sehr stark dreidimensional verformt und verfügt über ausgeprägte Strukturen an der Oberfläche (**Bild 4**). Aufgrund der Komplexität des Bauteils sind einige Iterationsschleifen bei der Umsetzung notwendig. Um zu ermitteln, ob die Berechnungsergebnisse die Realität widerspiegeln, werden die neuen Simulationstools für den Vorform- und Hinterspritzprozess auf das Versuchsbauteil angewendet.

Im ersten Schritt wird ausgehend von einem ebenen Metallfolienzuschnitt der Vorformprozess berechnet. Die Strukturelemente werden in dieser Phase nur zu ca. 70 % ausgeformt. Ein Vergleich zwi-

! Animationen

Für ein Verständnis der Prozesse sind nicht nur die Endergebnisse von Interesse, sondern der gesamte Prozessverlauf in seinen Einzelschritten. Die zugehörigen Animationen des gesamten Umformprozesses sind daher abgelegt unter www.iwk.hsr/publikationen

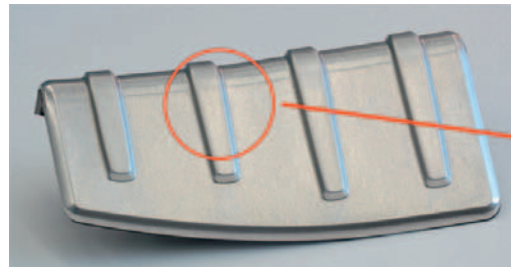


Bild 6. Ein Vergleich des simulierten hinterspritzten Bauteils (links) mit einem realen (rechts) zeigt: In der Fertigung zeichnen sich nicht spürbare Linien an den Oberflächen ab, die die Simulation nicht mehr abbildet



Bild 7. Wird die Druckverteilung im Hinterspritzprozess verändert, bilden sich Falten am Auslauf der Oberflächenstrukturen; hier stimmt die Simulation erneut mit der Praxis überein

schen Simulation und realem Vorformling zeigt sehr gute Übereinstimmungen (Bild 5). Die berechnete, vorgeformte Metallfolie wird im zweiten Schritt mit der zeitlich und örtlich veränderlichen Werkzeuginnendruckverteilung beaufschlagt. In dieser Phase werden die Strukturen vollständig ausgeformt. Das reale Bauteil zeigt zwar keine Falten mehr, aber an den Oberflächen zeichnen sich nicht spürbare Linien ab. Diese bildet die Simulation nicht ab, ansonsten weist sie jedoch eine gute Übereinstimmung auf (Bild 6). Ob es sich bei den Linien um farbliche Veränderungen aufgrund erhöhter Dehnbelastung oder um Beschädigungen durch Kontakt mit der Werkzeugoberfläche handelt, kann an dieser Stelle noch nicht beantwortet werden.

Durch ein höheres Druckniveau im Hinterspritzen entstehen am simulierten Bauteil Falten am Auslauf der Oberflächenstrukturen (Bild 7). Diese Probleme treten ebenfalls in der Realität auf. Die er-

höhten Drücke – beispielsweise resultierend aus einer erhöhten Einspritzgeschwindigkeit – führen im Bereich der Oberflächenstrukturen zu einer stärkeren Ausformung. Dabei wird die Metallfolie stärker in die Vertiefung hineingezogen, was eine Faltenbildung in der noch nicht mit Schmelze beaufschlagten Metallfolie in der Umgebung zur Folge hat. Am realen Bauteil können diese Falten auch nicht mehr durch die Schmelze herausgedrückt werden.

Ausblick

Die ersten Ergebnisse haben gezeigt, dass die Berechnung des Umformverhaltens der Metallfolie im Vorform- und im Spritzgießwerkzeug großes Potenzial hat.

So kann der Verarbeiter bereits zu Beginn der Produktentwicklung die grundsätzliche Machbarkeit bewerten und einige Entwicklungsschleifen bei der Gestaltung und Abstimmung der Werkzeuge einsparen. Berechnungen für andere Bauteile bestätigten die gute Übereinstimmung von Theorie und Praxis.

In weiterführenden Untersuchungen überprüft das Institut die genannten Einflussfaktoren an Praxisbauteilen. Zudem analysiert es die Veränderungen im Gefüge der Metallfolie bei großen Dehnungen sowie ihre Auswirkungen auf das Erscheinungsbild. ■

LITERATUR

- 1 Ehrig, F.; Wey, H.: Folientechnik für metallische Oberflächen. Kunststoffe 97 (2007) 11, S. 72–74
- 2 Dörr, N.: Möglichkeiten des Metallfolienhinterspritzens mit dekorativen Aluminium-Folien. Vortrag, 3. Folien + Fahrzeug. Hanser Verlag, Fellbach/Stuttgart 2008
- 3 Ehrig, F.; Wey, H.: Dekorative Bauteile mit Cool Touch-Effekt durch das Hinterspritzen von Metallfolien. Vortrag, 2. CTI-Forum Automobile Folien. CTI, Würzburg 2009

DIE AUTOREN

PROF. DR.-ING. FRANK EHRIG, geb. 1967, leitet seit 2005 das Institut für Werkstofftechnik und Kunststoffverarbeitung (IWK) an der Hochschule für Technik Rapperswil, Schweiz; frank.ehrig@hsr.ch
 HANS-RUDOLF WEY, geb. 1956, ist seit 2005 als Laborleiter am selben Institut tätig.

i **Kontakt**

Institut für Werkstofftechnik und Kunststoffverarbeitung (IWK)
Hochschule für Technik Rapperswil
CH-8640 Rapperswil
TEL +41 55 222 4770
→ www.iwk.hsr.ch

Dr. Schneider Kunststoffwerke GmbH
D-96317 Kronach-Neuses
TEL +49 9261 968 1476
→ www.dr-schneider.com

STUDIERN SIE MASCHINEN- TECHNIK | INNOVATION.

UND MAN REISST SICH UM SIE.

Neue Vertiefung Kunststofftechnik im Bachelor-Studiengang Maschinentchnik | Innovation:

- Solide, breite Ausbildung in Maschinentchnik
- Kunststoff- und fertigungsgerechte Gestaltung innovativer Produkte
- Vertieftes Verständnis der Werkstoffeigenschaften von Kunststoffen und Composites
- Kenntnisse in Werkzeug- und Prozesstechnik
- Anwendung moderner Softwaretools zur Bauteilauslegung



**HSR
HOCHSCHULE FÜR TECHNIK
RAPPERSWIL**