

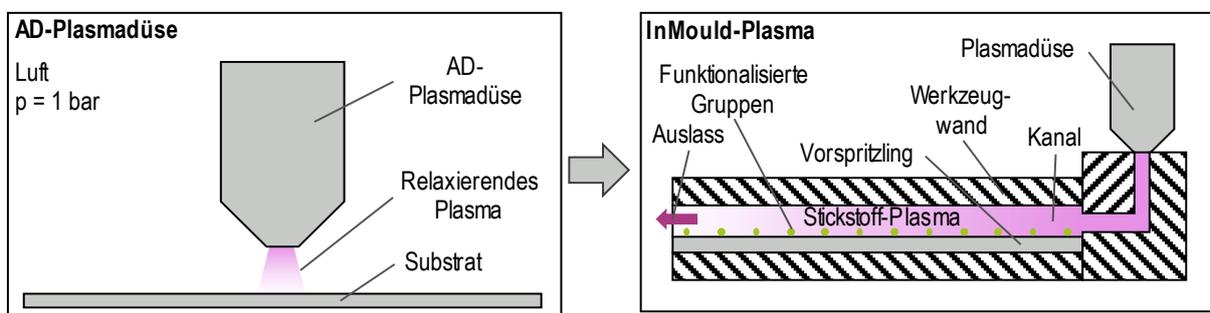


Dennis Rauen, M.Sc.

InMould-Plasma - Entwicklung einer flächigen Oberflächenvorbehandlung mittels Plasmas im Spritzgießprozess

Ein häufig eingesetztes Verfahren zur Verbesserung der Haftfestigkeit mehrkomponentiger inkompatibler Systeme ist die Oberflächenvorbehandlung durch Plasmatechnologie. Anwendungsgebiete für den Einsatz von Plasma in der Weiterverarbeitung sind das Kleben, das Bedrucken, die Lackierung und das 2K-Spritzgießen. Trotz der flexiblen Einsatzmöglichkeiten und guter Integrierbarkeit in bestehende Fertigungsprozesse ist eine vollständige Integration in den Spritzgießprozess bisher nicht erfolgt.

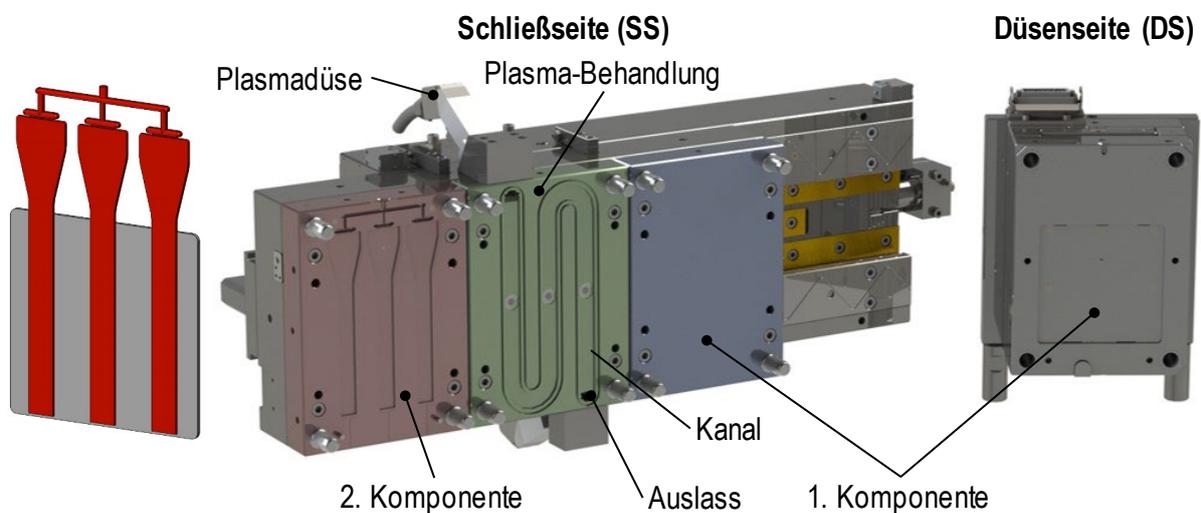
Die bisherige Plasmatechnik unter Atmosphärendruck kann nur ein Plasma mit sehr begrenzter Lebensdauer zur Verfügung stellen. Dies äußert sich in einer verhältnismäßig geringen Reichweite des Plasmastrahls. Die Technik eignet sich daher nur bedingt zur Aktivierung größerer Volumina, wie sie in der freigestellten Kavität des Spritzgießwerkzeuges über der zu behandelnden Fläche auftreten. Daher wird bei etablierten Systemen die Plasmabehandlung bei geöffnetem Werkzeug durchgeführt. Bei der InMould-Plasma Technik kann aufgrund der Isolierung des Plasmas von der Umgebung durch das geschlossene Werkzeug das Stickstoffplasma höhere Reichweiten und Intensitäten erreichen. In der nachfolgenden Abbildung ist der Vergleich zwischen den etablierten Vorbehandlungsverfahren bei geöffnetem Werkzeug und der InMould-Plasma Technik dargestellt.



Schematische Darstellung der Plasmavorbehandlung bei geöffnetem Werkzeug (links) und der InMould-Plasma Technik

Innerhalb des Forschungsprojektes soll das InMould-Plasma Verfahren für die Oberflächenvorbehandlung großflächiger Kunststoffbauteile im 2-Komponenten-Spritzgießverfahren entwickelt und modelliert werden. Ziel dabei ist die homogene Oberflächenaktivierung der ersten Komponente des Probekörpers im Spritzgießprozess.

Die Plasmabehandlung wird in einem Mehrkomponentenspritzgießwerkzeug (vgl. nachfolgende Abbildung) integriert, um eine Haftung zwischen inkompatiblen bzw. nicht ausreichend haftenden Materialien zu schaffen. Hierzu steht ein modulares 2K-Overmolding-Untersuchungswerkzeug mit drei Stationen zur Herstellung von Hart-/Weich-Schälprüfkörpern zur Verfügung. In der ersten Spritzgießstation wird eine quadratische Platte abgeformt und verbleibt in der Düsenseite. Durch einen Schiebetisch wird die zweite Station, die Plasmastation, vor die zuvor gespritzte Platte verfahren. Die Oberflächenaktivierung findet nun partiell in den frei gestellten Bereichen in Form einer Schlangengeometrie statt. Nach erneuter Werkzeugöffnung wird in der dritten Station die zweite Komponente auf die funktionalisierten Kontaktflächen der Grundplatte gespritzt. Die so in einem Schuss entstehenden drei Prüfkörper sind hinsichtlich der Geometrie an die Richtlinie VDI 2019 zur Bestimmung der Schälfestigkeit angelehnt.



Darstellung des Werkzeuges zur Herstellung von drei Schälprobekörper (links) nach VDI 2019

Weitere Ziele des Forschungsprojektes sind die Erweiterung der Materialkombinationen, insbesondere im Bereich Hart/Weich, die homogene Behandlung von Wanddickensprüngen, Hinterschnitten und Durchbrüchen sowie die homogene Behandlung von 3D-Oberflächen und Bauteilen von Mehrfachkavität-Werkzeugen. Dazu werden unterschiedliche Materialkombinationen (z. B. PP/TPU, POM/TPU etc.) sowohl ohne als auch mit Plasmaaktivierung der Oberfläche gefertigt und die Schälfestigkeit des Verbundes untersucht. Weiterhin soll der Schälwiderstand in Abhängigkeit der Alterung der Materialkombinationen modelliert werden, um Lebensdauervorhersagen treffen zu können. Dazu wird der gefertigte Verbund unterschiedlichen Alterungsprozessen wie der Ofenalterung oder dem Klimawechseltest ausgesetzt und anschließend der Schälwiderstand mittels Schälprüfung untersucht.

Um Vorhersagen zur homogenen Plasmabehandlung von verschiedenen Geometrien und Mehrfachkavitäten treffen zu können, müssen der Plasmastrom simuliert und einfache Geometrien (z. B. Wanddickensprünge) modelliert werden. Dazu wird ein Formeinsatz für die zweite Station des Versuchswerkzeuges entwickelt. Dieser Formeinsatz besitzt verschiedene auswechselbare Geometrien (Düsen und Stufen), die in den Plasmakanal eingelegt werden können. Die daraus folgende modifizierte Plasmabehandlung kann mittels

Kontaktwinkelmessung der ersten Komponente oder des Schälwiderstandes durch Abschälen der zweiten Komponente analysiert werden. Die Ergebnisse der Untersuchungen zu verschiedenen Geometrien sollen für die Konstruktion von Werkzeugen als Gestaltungsrichtlinien herangezogen werden.

Mit den erlangten Erkenntnissen der Simulation des Plasmastroms soll eine Konstruktion zur Offline-Behandlung, d. h. die Plasmabehandlung wird nicht im Spritzgießprozess stattfinden, sondern außerhalb der Maschine, von mehreren Kavitäten erfolgen. Die homogene Aktivierung der Oberfläche wird mittels Messung der Oberflächenenergie und eines 180-Grad-Schälversuchs nach DIN EN ISO 8510-2 mit Tesafilm® als Haftklebstoff untersucht. Des Weiteren soll eine Konstruktion eines Werkzeuges zur Offline-Plasmabehandlung von Probekörpern erfolgen, mit der die Plasmaaktivierung eines 3D-Bauteils untersucht werden kann.

Die Untersuchungen bezüglich der Alterung eines PP/TPU-Verbundes zeigten, dass weder eine Wärmelagerung bei 80 °C noch bei 120 °C einen nennenswerten Einfluss auf den Schälwiderstand des Verbundes hatten. Die Kondenswasser-Konstantklima-Prüfung, Wasserlagerung und Klimawechselprüfung zeigten einen negativen Einfluss auf den Schälwiderstand des Verbundes. Eine Kältelagerung konnte den Schälwiderstand des Verbundes erhöhen, doch mit weiter steigender Dauer der Kälteaussetzung nahmen die Schälwiderstände wieder ab.

Danksagung

Wir danken dem „Zentralen Innovationsprogramm Mittelstand“ (ZIM) für die finanzielle Förderung der Arbeiten, die aus Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) erfolgt. Zudem bedanken wir bei unserem Kooperationspartner Plasmatrete GmbH für die gute Zusammenarbeit.