



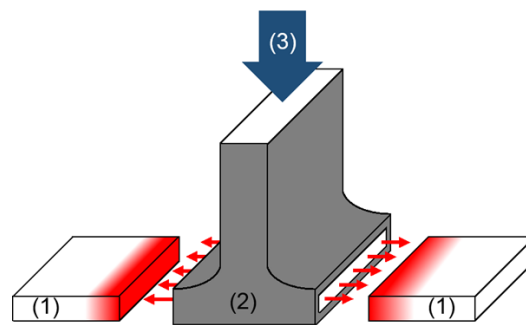
**Max Bialaschik, M.Sc.**

---

## Warmgasschweißen von Kunststoffen – Analyse der Wärmeübergangsmechanismen und Grenzen der Technologie

---

In der Industrie werden glasfaserverstärkte und Hochtemperaturkunststoffe in der Regel mittels Infrarotschweißen gefügt, falls die beim Vibrationsschweißen auftretende Partikelbildung in der Fertigung nicht mehr gewünscht bzw. zulässig ist. Da das IR-Schweißen in der Praxis, insbesondere durch den sehr aufwendigen Aufbau des IR-Strahlersystems und der komplexen Strahler-Werkstoff-Wechselwirkungen nicht unproblematisch ist, hat sich ein weiteres berührungsloses Erwärmungsverfahren, das Warmgasstumpfschweißen, am Markt etabliert. Beim Schweißen mit Warmgas wird die Fügefläche durch einen Warmgasstrahl plastifiziert, der durch eine dem Formteil angepasste Düsengeometrie austritt (siehe nachfolgendes Bild). Dadurch ergeben sich die typischen Vorteile der berührungslosen Erwärmung. Zudem ist das Verfahren für Hochtemperaturkunststoffe geeignet und erzeugt keinen Abrieb. Erschwert wird der Einsatz des Warmgasstumpfschweißens dadurch, dass es derzeit keine wissenschaftliche Grundlage für die Prozessauslegung gibt. Es liegen lediglich firmeninterne Erfahrungswerte vor, die sich im Wesentlichen auf den einzigen Anlagenhersteller und seine Anwender beschränken.



*Prinzip des Warmgasschweißens im Stumpfschweißverfahren. (1) Fügeteile, (2) Warmgaswerkzeug, (3) Gaszufuhr*

Im Rahmen des bereits im Jahr 2021 abgeschlossenen Kooperationsprojektes mit der Professur Kunststoffe an der TU Chemnitz wurden Grundlagen zum Warmgasstumpfschweißen systematisch erarbeitet. Zentraler Punkt war dabei das Erwärmverhalten und die daraus resultierenden mechanischen Eigenschaften der Schweißverbindungen. An Plattenprobekörpern (vorrangig aus Polypropylen und Polyamid) wurden Aufschmelzversuche durchgeführt. Dabei wurde untersucht, zu welchen Schmelzeschichtdicken der Einsatz von unterschiedlichen Düsengeometrien, Gastemperaturen und Volumenströmen in Abhängigkeit der Anwärmzeiten führen. Lokale Messungen der Schmelzeschichtdicke ermöglichten eine Analyse des Schmelzeschichtprofils auf der Fügefläche. Weiterhin wurden Schweißversuche mit den gleichen Variationen der

Parameter durchgeführt. Eine Analyse der Schweißproben erfolgte sowohl optisch als auch mechanisch. Außerdem war die Ermittlung des Einflusses des eingesetzten Prozessgases (Stickstoff und Luft) auf die Schweißnahtqualität ein Kern des Forschungsprojektes. Dabei sollte die Frage geklärt werden, welche Einflüsse die Gasart auf die kurzzeitmechanischen Eigenschaften hat und inwieweit eine thermische Schädigung die entstehenden Schweißnähte beeinflusst. Insbesondere bei thermisch-oxidativ anfälligen Kunststoffen kann durch Einsatz eines Inertgases die Materialschädigung reduziert werden.

Die durchgeführten Untersuchungen haben gezeigt, dass die Düsengeometrie sowie deren Erwärmparameter einen entscheidenden Einfluss auf die entstehenden Schmelzprofile und damit auch auf die Schweißnahtfestigkeiten haben. Während die Runddüsen die Wärme sehr punktuell in die Fügeebene einbringen, kann mit der Schlitzdüse eine homogene Erwärmung über die gesamte Fügefläche erreicht werden. Dadurch ist eine auf das verwendete Düsensystem angepasste Erwärmstrategie notwendig. Mit der Schlitzdüse konnte eine werkstoffschonendere Erwärmung der Fügeteile mit geringen Gastemperaturen realisiert werden. Vorteilhaft war dies bei einem nicht hitzestabilisierten PA66, bei dem mit der Schlitzdüse unter Verwendung des Prozessgases Luft ähnlich gute Schweißnahtfestigkeiten erreicht werden konnten, wie beim Schweißen mit dem Runddüsen Werkzeug und Stickstoff. Weiterhin konnte gezeigt werden, dass ein Übertrag auf der Schlitzdüsengeometrie auf einen realitätsnahen Prüfkörper erfolgreich möglich ist. Es wurden ferner die Einflüsse der Gasart und der Fügerichtung analysiert. Hier zeigte sich, dass beim Schweißen von Polypropylen unabhängig von der Art des Prozessgases hohe Schweißnahtfestigkeiten erreicht werden können. Beim Schweißen von Polyamiden hingegen können beim Verwenden von Stickstoff als Prozessgas mit dem Runddüsen-Werkzeug höhere Schweißnahtfestigkeiten bei geringeren Standardabweichungen erzielt werden. Hinsichtlich der Fügerichtung konnte festgestellt werden, dass sie einen großen Einfluss auf das entstehende Schmelzprofil hat. Bei der Schweißnahtfestigkeit ist dieser Einfluss jedoch materialabhängig. Während bei Polypropylen kaum Abhängigkeiten erkennbar sind, ergibt sich für PA6 eine höhere Festigkeit bei vertikaler Fügerichtung, während beim glasfaserverstärkten PA6 die Zugfestigkeiten mit horizontaler Fügerichtung größer sind.

### **Danksagung**

Wir danken der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e.V. (AiF-Nr. 20119 B) für die finanzielle Förderung der Arbeiten, die aus Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) erfolgt. Außerdem bedanken wir uns für die Unterstützung der Unternehmen aus dem projektbegleitenden Ausschuss.