

VORBEHANDLUNG MIT NIEDERDRUCKPLASMA

Fünfmal stärker

Durch Vorbehandlung von Kunststoffoberflächen mit Niederdruckplasma kann beim Kleben im Vergleich zu nicht vorbehandelten Vergleichsproben eine erhebliche Erhöhung der Zugscherkräfte erzielt werden. Die sorgfältige Auswahl der Plasmaparameter und des Klebstoffes sind dabei von zentraler Bedeutung. Getestet wurden Polypropylen (PP), Polyetheretherketon (PEEK) und Polyamid (PA) 6.6.

MATTHIAS BESS, NICOLAS SCHWARZ

Bei jeder Klebung ist das gesamte System, bestehend aus den beiden zu verbindenden Oberflächen und dem Klebstoff nebst Handhabung und Aushärtebedingungen für das Ergebnis verantwortlich. Zahlreiche Kunststoffe sind im nativen Zustand bzw. nach dem Urformen kaum benetzbar und lassen sich daher auch nur schlecht klebtechnisch fügen. Der Ein-

satz aggressiver Chemikalien zur Vorbehandlung verbietet sich jedoch mehr und mehr, ebenso wie die Verwendung organischer Lösungsmittel.

Mit Niederdruckplasma steht ein zeitgemäßes, weil umweltfreundliches und produktionstaugliches Verfahren zur Aktivierung von Kunststoffen zur Verfügung. Da die Oberflächeneigenschaften je nach zuvor durchgeführten Bearbeitungsschritten stark variieren können, müssen jedoch in jedem Ein-

zelfall die Wirksamkeit nachgewiesen und der dazu jeweils passende Plasmaprozess entwickelt werden. Ein solcher Nachweis wurde hier exemplarisch mit quaderförmigen Materialmus-

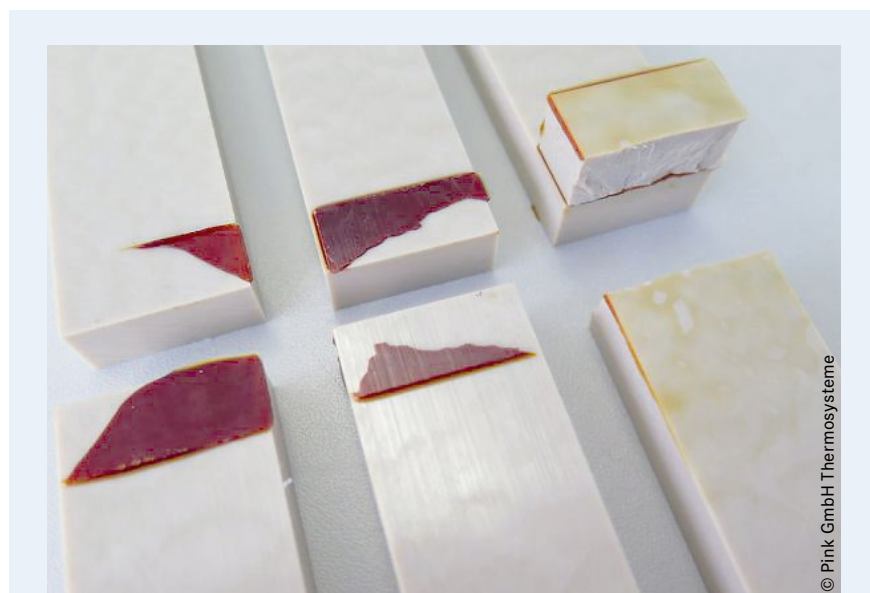


Bild 1: PEEK-Proben nach der Zugprüfung: Ohne Vorbehandlung (links), nach unzureichender Plasmabehandlung (Mitte) und nach Behandlung mit optimiertem Plasmaprozess (rechts)

Info-Box 1

Plasmabehandlung

Plasmaanlage: Pink V15-G
 Prozessgas: Sauerstoff
 Energiequelle: Mikrowelle
 Leistung: 500 W
 Dauer: 5 Minuten; bei PEEK war zusätzlich eine fünfminütige Behandlung mit einem Gemisch aus Sauerstoff und CF₄ vorgelagert

Info-Box 2

Aushärtebedingungen

Epo-Tek 301: 2 h bei 65 °C
 Epo-Tek 301-2: 3 h bei 80 °C
 Epo-Tek 353ND: 3 h bei 80 °C

Info-Box 3

Zugkraftmessungen

Apparatur: TIRAtest 2710
 Kraftaufnehmer: 10 kN
 Zuggeschwindigkeit: 5 mm/min

adhäsion – Der beste (Kleb-) Lesestoff

Material	PP		PEEK		PA 6.6		
	301	301-2	301	353 ND	301	301-2	353 ND
Klebstoff							
Mit Plasma [kN]	1,05	0,48	4,91*	5,68*	1,19	1,58	1,73
[MPa]	4,2	1,9	19,6*	22,7*	4,8	6,3	6,9
Referenz [kN]	0,20	0,21	1,09	1,24	0,61	0,81	0,86
[MPa]	0,8	0,8	4,4	5,0	2,4	3,2	3,4

Quelle: Pink GmbH Thermosysteme

Tabelle 1: Ergebnisse der Zugkraftprüfungen an verschiedenen Kunststoff-Klebstoff-Kombinationen; Umrechnung in MPa (Normierung auf die Klebfläche);

*Messwert spiegelt die Belastbarkeit des Materials wider, nicht die der Klebung.

terstreifen aus PP, PEEK und Polyamid und zweikomponentigen Epoxid-Klebstoffen von Epoxy Technology Inc. Erbracht (Bild 1).

Die Vorgehensweise

Die Behandlung der Kunststoffproben erfolgte in folgenden Schritten:

- Manuelle Vorreinigung mittels eines mit Isopropylalkohol getränkten Tuches.
- Behandlung mit Niederdruckplasma (s. Info-Box 1). Die Plasmabehandlung entfiel für die Referenzproben.

- Direkt anschließend Verklebung mit den Klebstoffen Epo-Tek 301, Epo-Tek 301-2 und Epo-Tek 353ND, danach Aushärtung im Wärmeschrank.

Die Klebfläche war einheitlich 25 mm breit und 10 mm lang (weitere Details zu den Prüfkörpern s. Bild 2). Die Plasma-prozesse wurden für die drei Kunststoffe individuell entwickelt und sind daher nicht in allen Fällen gleich (s. Infobox 1). Die Auswahl der Klebstoffe für die jeweiligen Kunststoffe erfolgte auf Rat des Klebstoffherstellers. Auch die Aushärtung erfolgte nach den vom Hersteller empfohlenen Bedingungen (s. Infobox 2). Von jeder Kunststoff-Klebstoff-Kombination wurden fünf identische Proben hergestellt und geprüft. Als Ergebnis der Zugprüfung liefert Tabelle 1 jeweils den Mittelwert. Die fertig verklebten Proben wurden vier Monate lang bei Raumtemperatur gelagert und anschließend einer Zugkraftmessung (s. Infobox 3) unterzogen.

Plasma macht den Unterschied

Die Zugkräfte, die zum Versagen der Klebverbindung führten, lagen für die plasmabehandelten Muster durchgängig deutlich höher als für die entsprechenden Vergleichsproben (Tabelle 1).

Bei PA 6.6 wurde ein Faktor von ca. 2 und bei PP – je nach Klebstoff – von 2,3 bis 5,2 erzielt. Während bei allen Referenzproben und bei plasmabehandeltem PA 6.6 stets Adhäsionsbrüche auftraten, brachen die behandelten PP-Muster (Ma-

Prüfkörper für Zugprüfung

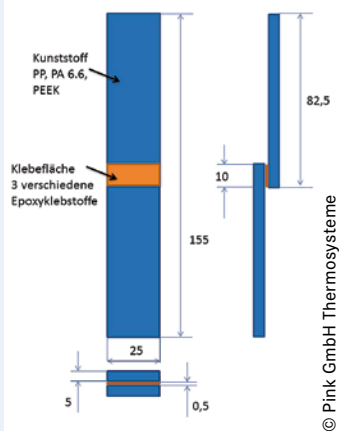


Bild 2: Aufbau der Prüfkörper, die im Rahmen der Versuchsreihe hergestellt und geprüft wurden. Bei PEEK betrug die Materialstärke 10 mm.

Jetzt 2 x
gratis testen!





Bild 3: Verhalten von Wasser auf PEEK vor (links) und nach Plasmabehandlung (rechts)

terialstärke 5 mm) teils auch im Material. Beim plasmabehandelten PEEK war in allen Fällen die Verklebung stärker als das Material – selbst dann noch, als die Materialstärke auf 10 mm verdoppelt wurde. Eine Messung der tatsächlichen Klebkraft war somit nicht möglich. Die angegebenen Zahlen (Mittelwert bis rund 5,7 kN bzw. 23 MPa) markieren lediglich eine untere Grenze.

Zustand \ Material	PP	PEEK	PA 6.6
Nach Behandlung	54°	18°	33°
Referenz	91°	80°	66°

Quelle: Pink GmbH Thermosysteme

Tabelle 2: Wasser-Randwinkel vor (Referenz) und nach Plasmabehandlung an den Kunststoffen PP, PEEK und PA 6.6.

Oberflächenspannung und Randwinkel

Zur Veranschaulichung des Plasma-Effektes wurden darüber hinaus weitere Proben der gleichen Vorreinigung und Plasmabehandlung unterzogen und deren Oberflächenenergie sowie die Wasser-Randwinkel davor und danach gemessen.

Die Oberflächenspannung erhöhte sich bei allen drei untersuchten Kunststoffen durch die Plasmabehandlung von unter 38 mN/m auf über 66 mN/m.

Die Kontaktwinkel von Wasser verringerten sich durch die Plasmabehandlung signifikant (Tabelle 2). Auch hier ist insbesondere das PEEK hervorzuheben, das den stärksten Effekt zeigte (Bild 3).

Begutachtung jedes Einzelfalls unerlässlich

Im Rahmen der Testreihe konnte gezeigt werden, dass durch Vorbehandlung mit Niederdruckplasma eine erhebliche Verbesserung der Klebkraft für die geprüften Kombinationen von Kunst- und Klebstoffen erreichbar ist. Auch wenn diese Ergebnisse mit denen früherer Unter-

suchungen im Einklang stehen, ist eine Aussage über anders gelagerte Fälle nicht unmittelbar möglich. Das Ergebnis macht einmal mehr das Potential deutlich, das die Nutzung von Niederdruckplasma eröffnet (Bild 4). Es empfiehlt sich, für entsprechende Versuche sowohl Experten für Plasma als auch für Klebstoff zu Rate zu ziehen, um bestmögliche Ergebnisse zu erhalten. ■

Epo-Tek ist ein Markenname des Unternehmens Epoxy Technology Inc.



Bild 4: Plasmaanlage, die zum Reinigen und Aktivieren von Kunststoffen und vielen anderen Materialien eingesetzt wird

Die Autoren

Dr. Matthias Beß (Tel.: +49 (0)9342/919-515, mbess@pink.de) ist bei der Pink GmbH Thermosysteme, Wertheim, im Vertrieb Plasmatechnik tätig. Nicolas Schwarz (Tel.: +49(0)821/7487214, nicolas.schwarz@jpkummer.de) ist Geschäftsführer der John P. Kummer GmbH, Augsburg.