

FricRiveting (ReibNieten): Entwicklung eines neuen Fügeverfahrens für Kunststoff-Leichtbaulegierung Multi-Material-Strukturen

Motivation:

In der Transportbau- und Bauindustrie werden immer häufiger so genannte Multi-Material-Strukturen eingesetzt, die einerseits Kunststoffe und andererseits Metalle umfassen, wobei die beiden Materialbestandteile kraftschlüssig miteinander verbunden sind. Auf diese Weise werden die Eigenschaften beider Materialien kombiniert, um einen Makroverbundwerkstoff mit verbesserten Eigenschaften zu erhalten.

Um die Kunststoffe und Metalle miteinander zu verbinden, können zunächst mechanische Verbindungen und Klebeverbindungen eingesetzt werden. Die mechanischen Verfahren, wie zum Beispiel, Nieten und Clinchen, weisen folgende Nachteile auf. Zum einen treten in den Werkstücken hohe Spannungskonzentration auf, zum anderen kann es zu einem späteren Lockern der Verbindung infolge von Kriechen, Feuchtigkeit und Relaxation kommen. Klebeverbindungen weisen den Nachteil auf, dass die Festigkeit der Verbindung nur schwer abgeschätzt werden kann. Andere Probleme bei den Klebeverbindungen sind die langen Herstellungstaktzeiten wegen der notwendigen Oberflächenvorbehandlung und Aushärtzeit. Zu Berücksichtigen ist außerdem die Umweltbelastung die durch die Emission von aushärtenden Lösungsmitteln entsteht. Neben diesen oben genannten Fügeverfahren sind noch einige Schweißverfahren und Hybrid-Verbindungstechniken (Kombination von einem Fügeverfahren und Kleben) bekannt. Hierbei treten Nachteile auf, wie zum Beispiel hoher Energieverbrauch zur Verbindungsherstellung, Oberflächenvorbehandlung und geringe Zuverlässigkeit der Verbindungen, sodass sie in sensiblen Bereich nicht eingesetzt werden können.

Das ReibNieten (FricRiveting) Verfahren

Ausgehend vom Stand der Technik bietet das Reibnieten die Möglichkeit zuverlässige Verbindungen zwischen Metall- und Kunststoff-Werkstücken in einfacher Weise herzustellen. Das Reibnieten (FricRiveting) ist ein neues Punktverbindungsverfahren, welches sowohl auf mechanischer Verbindung (Form- und Kraftschlüssigkeit) als auch auf Reibschweißtechnik beruht.

Die Fügepartner (Grundmaterialien) werden mit Hilfe eines metallischen Bolzens verbunden. Als Grundmaterialien können thermoplastische und metallische Werkstoffe in verschiedenen

Kombinationen verwendet werden. Die Grundmaterialien können verschiedene Formen und Oberflächen aufweisen und in mehreren Schichten angeordnet werden. Der Bolzen (Niete) kann profiliert werden; dabei sind verschiedene Geometrien denkbar. Mehrere Prozessvarianten sind auch realisierbar. Allerdings wird hierdurch nur das grundsätzliche Prinzip im Folgenden beschrieben.

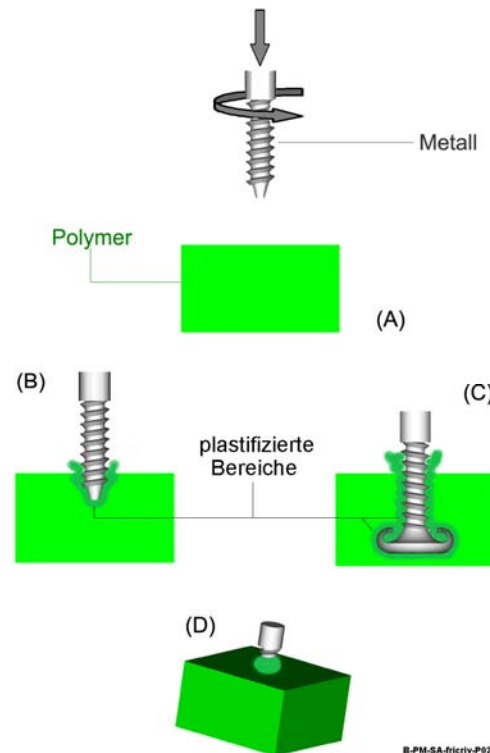


Abb. 1: Das ReibNieten Verfahren

In der folgenden Konfiguration wird ein metallischer Bolzen mit einem oder mehreren Kunststoffelementen verbunden. Der in Rotation versetzte Bolzen wird auf die Oberfläche des Kunststoff-Grundwerkstoffs punktuell gedrückt (Abb. 1.A), welcher vor dem Fügeprozess auf einer Unterlage fixiert werden muss. Während der Anfangsphase dringt der Bolzen in das Grundmaterial ein und es formt sich eine dünne Schicht aus aufgeschmolzenem/aufgeweichtem Kunststoffmaterial um den Bolzen (Abb. 1.B). Mit Erreichen einer bestimmten Tiefe erhöht sich die Reibleistung signifikant. Dies wird durch die höhere Anpresskraft hervorgerufen, die durch die höhere thermische Ausdehnung des Kunststoffs im Vergleich zum Bolzenmaterial entsteht. Obwohl der metallische Bolzen die Wärme schnell abführt, wird

mehr Wärme generiert, was zu einer steigenden Temperatur im Bolzenmaterial führt. Dadurch plastifiziert die Spitze des Bolzens und wölbt sich entsprechend der Temperatur und Druckverhältnisse auf.

Durch die Verformung der Bolzenspitze wird diese formschlüssig im Grundwerkstoff verankert (Abb. 1.C). Die Festigkeit der Verbindung kann durch eine Profilierung des Bolzens noch verbessert werden, welche nach der Abkühlung und somit Aushärtung des Kunststoffs zur höheren Tragfähigkeit beiträgt. Die endgültige Verbindung ist in Abbildung 1.D dargestellt. Die Position des aufgewölbten Bolzenendes kann in Bezug auf die Tiefe kontrolliert werden. Es ist möglich ohne Durchdringung der Gegenseite eine Verbindung herzustellen.

Bei dem ReibNieten Verfahren werden die positiven Verbindungseigenschaften von Nieten und Hybridverbindungs-methoden für Metalle, Kunst- und Verbundkunststoffe erreicht. Mit dem Verfahren sollen die positiven Eigenschaften dieser konventionellen Füge-techniken wie mechanische Zuverlässigkeit, Korrosions- und Alterungsbeständigkeit, Gewichtersparnis und Verringerung der Produktionskosten miteinander verbunden werden.

Das ReibNieten Verfahren kann, aufgrund seiner punktförmigen Verbindungs-konfiguration, das Nieten sowie das Hybrid Niet-Kleben von Komposit- und Multi-Material-Strukturen ohne wesentliche konstruktive Anpassungen ersetzen. Die erforderliche Maschinenausstattung ist einfach gehalten. Herkömmliche Reibschweiß- oder Industriebohrmaschinen können für die Methode benutzt werden. Die Probenaufspannung kann gleich der für das Reibschweißen und Fräsen sein. Zusätzliches Werkzeug wird nicht benötigt. Der Fügezyklus wird im Vergleich zu herkömmlichen Verbindungen als kürzer und simpler angesehen. Dies kann aufgrund des Wegfalls weiterer Vorbereitungsschritte wie Oberflächenbehandlung, Einbringen eines Einsatzes in die Füge-stelle und verkürzter Aushärtezeit vorausgesetzt werden.

Die Verbindung wird höhere mechanische Festigkeiten aufweisen, da eine geringere Spannungskonzentration im Kunststoff erwartet werden kann. Der durch den innigen Kontakt zwischen Kunststoff und Metall erzeugte Abdichtungscharakter der Verbindung wird die Widerstandsfähigkeit gegen Korrosion und Alterung und damit die Lebensdauer der Verbindung erhöhen. Die Verwendung einer Standardbohrmaschine sowie die einfache Technik zur Herstellung des Werkzeugs, macht das FricRiveting Verfahren verglichen mit herkömmlichen Verfahren preiswert.

Ein Beispiel einer ReibNieten-Verbindung zwischen einer 13,4 mm Polyetherimide-Platte und einem $\phi 5$ mm Aluminium 2024-T351 Bolzen ist in Abb.2 zu sehen. Die Formschlüssigkeit der Bolzenspitze ist für die hervorragende Verbindungszugfestigkeit von durchschnittlich $F_{max} = 9,5$ kN verantwortlich (siehe Abb.3).

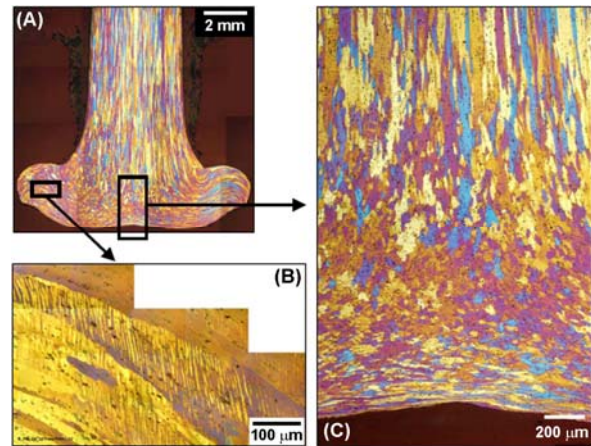


Abb.2. Mikrogefüge-zonen und Eigenschaften der PEI-Alu ReibNieten-Verbindung.

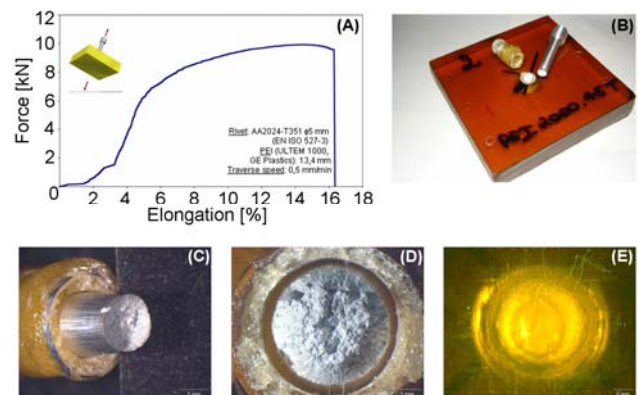


Abb.3. Zugfestigkeit der reibgenieteten Verbindung.

Referenz

S.T. Amancio Filho, M. Beyer, J.F. dos Santos, DE 102005056606A1 -Verfahren zum Verbinden eines metallischen Bolzens mit einem Kunststoff-Werkstück (FricRiveting), deutsches Patent, 2007.