

Fließbohrnieten – eine Verbindungstechnik für Multimaterial-Komponenten

Prof. Dr.-Ing. Kurt Koppe Hochschule Anhalt (Köthen)

Multimaterialkomponenten im Leichtbau

Leichtbaukonstruktionen erfordern den Einsatz verschiedener Werkstoffe, deren spezifischen Eigenschaften speziell auf die beanspruchungsbedingten Einflüsse abgestimmt werden. Neben den mechanischen Eigenschaften z.B.: Festigkeit, Steifigkeit, Wärmeausdehnung sind es Strukturunterschiede, die eine Verbindung der Materialien schwierig bzw. oft unmöglich machen. Die schlechte und sehr unterschiedliche Schweißseignung führt dazu, dass Schmelzschweißverbindungen selten praktiziert werden. Daher dominieren Klebtechniken und mechanische Fügeverfahren und deren Kombination zur Herstellung von Leichtbaukonstruktionen.

1. Das Fließbohrnieten

1.1 Verfahrensprinzip

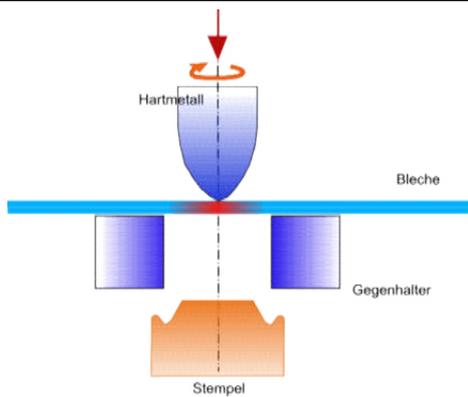
Fließbohren ist ein altbekanntes Verfahren, um mittels Hartmetallspitze durch Rotation und der dabei entstandenen Reibwärme Bohrungen und Gewinde in Bleche zu formen. Diese wirtschaftliche Fertigungstechnik hat sich z.B. in der Massenbauteilherstellung in der Automobil und Haushaltsgeräteindustrie bewährt.

Der Lösungsansatz, diesen Warmformprozess für eine Verbindungstechnik einzusetzen erfordert die Ausbildung eines Kragens an zwei Blechen bzw. dünnwandigen

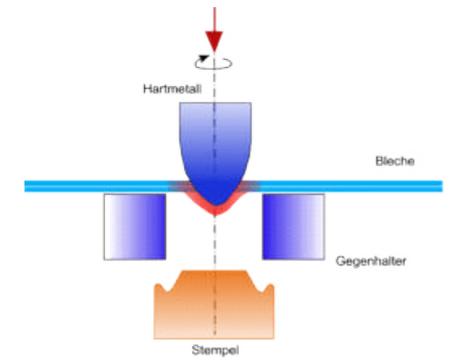
Materialien, deren Fließseigenschaften und thermischen Belastbarkeiten eine Warmumformung gestatten.

Der mit Rotation und Axialdruck aufgesetzte Fließbohrer erwärmt die Verbindungsstelle einseitig. Die Wärme wird von der Fließbohrerseite in das obere Material eingeleitet und über den Berührungskontakt in das zweite Material geführt. Je nach thermischen Eigenschaften der Stoffe, deren Warmfestigkeiten, Oberflächenkontakte und der während des Prozesses sinkenden Beulsteifigkeit kommt es zur Verformung unter der Fließbohrerspitze und zum Durchbrechen des Materials und der damit verbundenen Ausformung eines Kragens. (Bild 1)

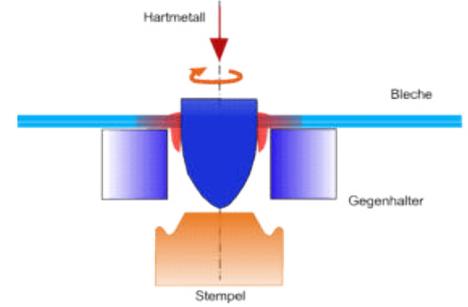
Die Ausbildung eines Kragens erfordert einen Gegenhalter, um den Wärmeübergang vom oberen Blech zu den darunter liegendem Materialien günstig zu gestalten. Beim Eindringen des Fließbohrers entsteht nach einer Verformung des Bleches eine größere Fläche zur Erzeugung der Reibwärme. Bei gleich bleibendem Axialdruck wird das erwärmte, fließfähige Material in der Anfangsphase entgegen der Krafrichtung gedrückt. Erst mit zunehmendem Eindringen des Fließbohrers beim Durchbrechen der zu verbindenden Bleche entsteht der Fluss in Krafrichtung und die Ausbildung des notwendigen Kragens. Im Folgenden wird dieser nach der Rückbewegung des Fließbohrers mit einem Werkzeugstempel zurück geformt, so dass ein Formschluss entsteht.



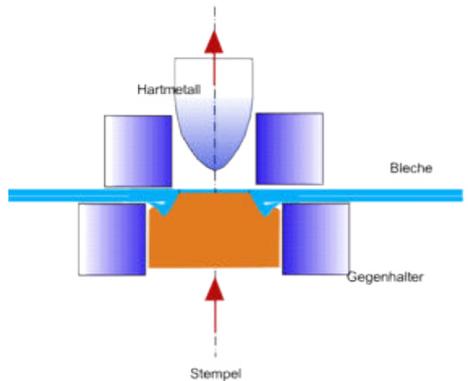
1. Die Bleche werden übereinander positioniert



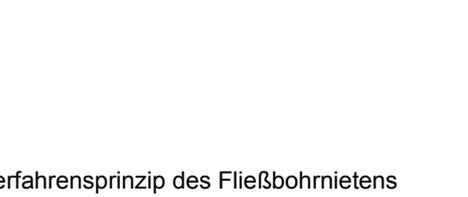
2. Erwärmung der Bleche durch Reiben mittels Hartmetallfließbohrer



3. Einförmung in das erwärmte Blech



4. Durchbruch zur Kragenbildung



5. Nietbildung durch Rückformen mit Stempel

Bild 1. Verfahrensprinzip des Fließbohrnietens

2.2 Bedingungen für eine geeignete Kragenbildung

Der Bohrungsdurchmesser muss genügend groß sein, um das Kragenvolumen soweit auszustrecken, dass ein Rückformen um das untere Blech (bzw. Kunststoffplatte) möglich ist. Dies ist beispielsweise bei Blechdicken von 1mm bei einem Durchmesser von 7 bis 8 mm gegeben. Die bekannten technologischen Bedingungen zum Fließbohren (Bild 2 und 3) sind mit üblichen Bohrmaschinenantrieben und deren Achsbelastbarkeit zu erreichen.

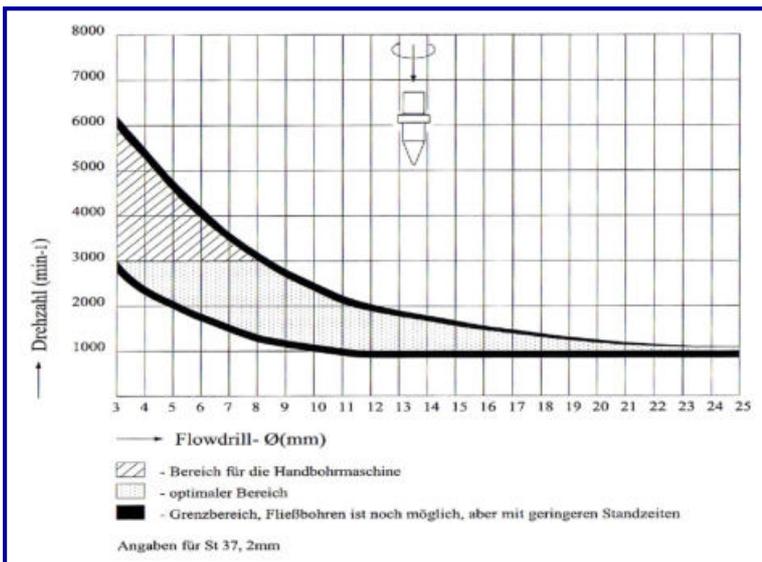


Bild 2 Drehzahlen zum Fließbohren in Abhängigkeit zum Bohrungsdurchmesser

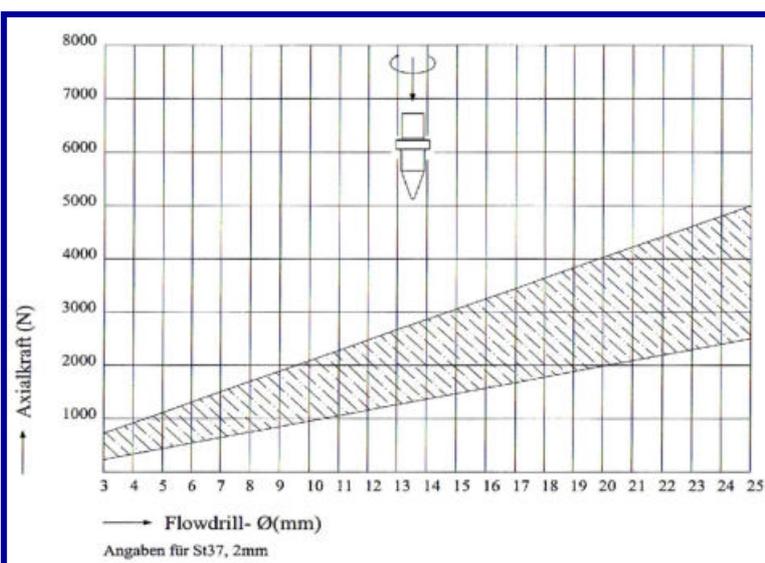


Bild 3 Axialkraft zum Fließbohren in Abhängigkeit zum Bohrungsdurchmesser

Zu den mechanischen Gegebenheiten sind werkstoffliche Voraussetzungen notwendig, wobei es von entscheidender Bedeutung ist auf welcher Seite der Werkstoff konstruktiv zum Einsatz kommt. Der Werkstoff auf der Seite des Fließbohrers muss fließfähig sein, insbesondere unter thermischen Beanspruchungen. Spröde Werkstoffe sind ungeeignet. Geeignete Werkstoffe sind:

- Legierte und unlegierte Stähle (nichtrostend und säurebeständig)

mit bis zu ca. 700 N/mm Zugfestigkeit.

- Nichteisenmetalle (mit Ausnahme spröder Metalle wie CuZn40Pb2).

- Leichtmetalle mit Si-Gehalt kleiner als 5%.

Andererseits muss der Werkstoff auf der darunter liegenden Seite nicht unbedingt, diesen den Bedingungen entsprechen. Zum Beispiel können nicht fließfähige dünne Aluminiumbleche oder Kunststoffplatten verwendet werden. Kunststoffe werden unter der Temperaturbeanspruchung aus einem darüber liegenden, durch Reibung erwärmten, Metallwerkstoff weich und können möglicherweise bis zur Verbrennung an der Oberfläche beansprucht werden. Um jedoch einen Formschluss am Rande der Bohrung zu erzielen sind die thermischen Verhältnisse auf den Schmelzpunkt des Kunststoffes abzustimmen.

Durch den Einsatz einer Bohrung im unteren Blech

(beziehungsweise) Kunststoffplatten) können auch nicht verformbare Werkstoffe zum Einsatz kommen, die formschlüssig mit dem Kragen des darüber liegenden metallischen Werkstoffes umschlossen werden.

3. Anwendungsbeispiele

Die Verbindungsmöglichkeiten, die mit oder ohne Vorloch im oberen oder unteren Bauteil gestaltet werden können sind sehr variabel für Multimaterial - Anwendungen im Leichtbau. Insbesondere sind Verbindungen mit Materialien, die sehr schlecht in ihrer Schweißseignung

zueinander passen und die umformtechnisch im kalten Zustand schwierig zu Händeln sind und somit mit mechanischen Fügeverfahren nicht zu verbinden sind.

Gegenüber anderen Nietverfahren ist beim Fließbohrnieten der erhebliche Automatisierungsaufwand für die Zuführung und Qualitätssicherung der Zusatzteile (z. B. Stanzniete) nicht notwendig.

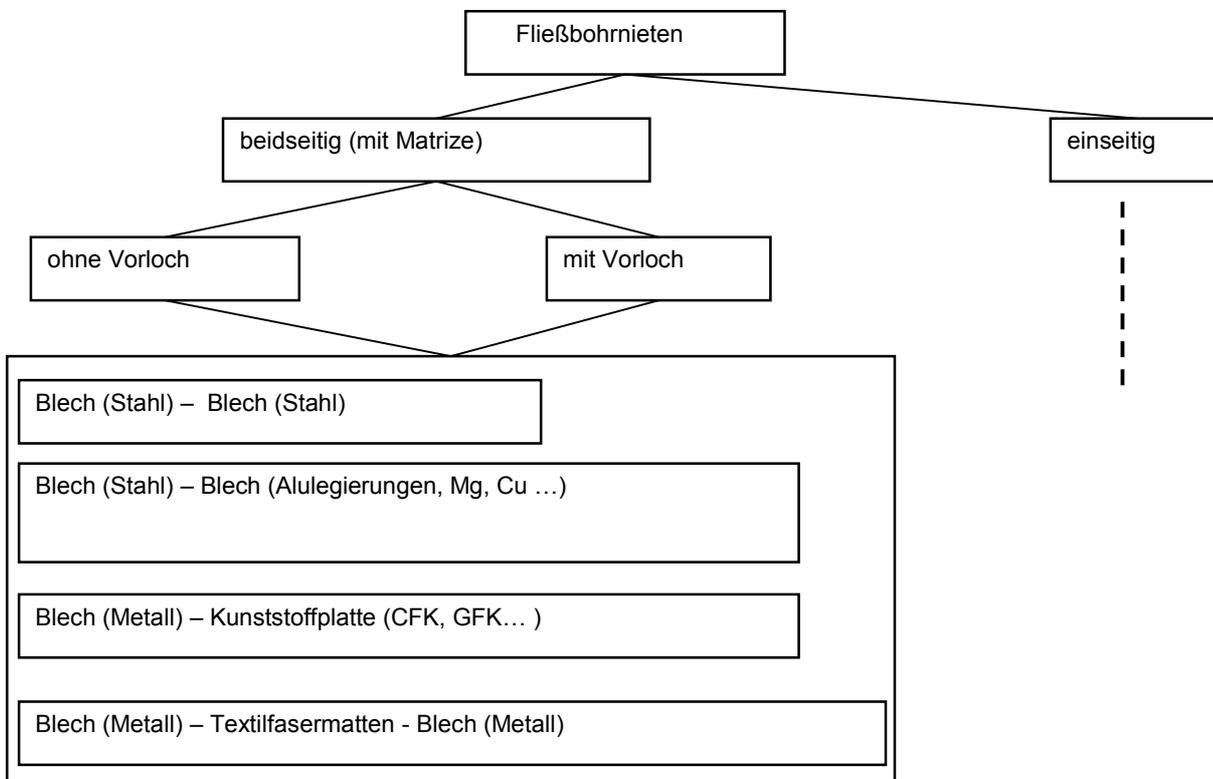


Bild 4 Übersichten zu möglichen Verbindungstechniken durch Fließbohrnieten bei beidseitiger Werkzeugzugänglichkeit

Aus der Übersicht Bild 4 ist zu erkennen, dass hierbei Werkstoffeigenschaften aufeinander prallen, die eine umfassende Betrachtung des Fügevorgangs erfordern.

Der komplexe thermische Umform- und Trennprozess, während der Kragenbildung vollzieht sich entsprechend den Wärmeleitfähigkeiten und der mechanischen Festigkeit in sehr unterschiedlichen Temperaturbereichen.

Die folgenden Temperaturmessungen zeigen auch, dass auch an Blechwerkstoffen, die keine gute Wärmeleitung haben die Wärme auch in das zweite Blech übertragen wird.

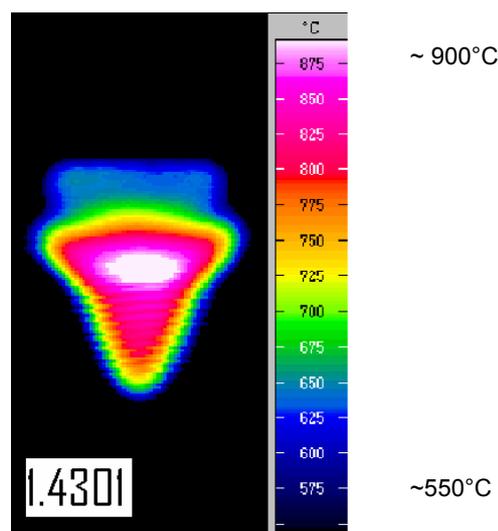


Bild 5. 1

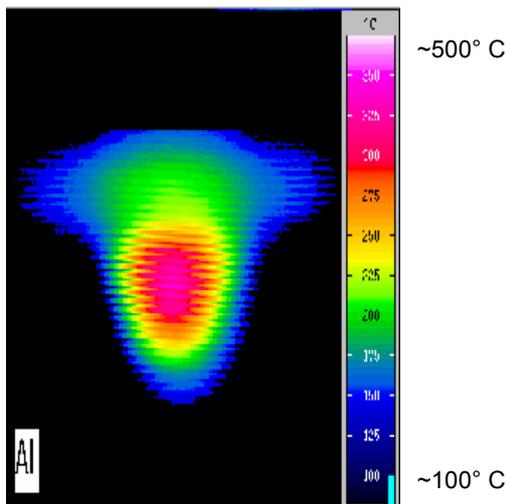


Bild 5.2

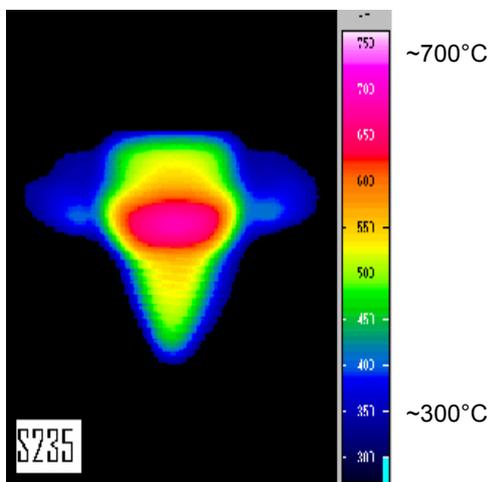


Bild 5.3

Bild 5.1 – 5.3 Thermographische Aufnahmen der Wärmeverteilung beim Fließbohren durch jeweils zwei Bleche aus 1.4301, S235, AlMg5 am Ende der Kragenbildung

Am Beispiel eines Fließbohrnietes zum Verbinden von 1mm Blechen aus 1.4501 zeigt sich die hohe Belastbarkeit von Fließbohrern, welche mit hoher Standzeit bereits in betriebenen Produktionen zu wirtschaftlichen Ergebnissen führen. Der Hohl Niet ist einseitig am umgeformten Rand mit Rissen versehen (Bild 7). Im Makroschliff ist deutlich eine formschlüssige Umklammerung zu erkennen. Die Zugfestigkeiten entsprechen den werten von Schweißpunkten.

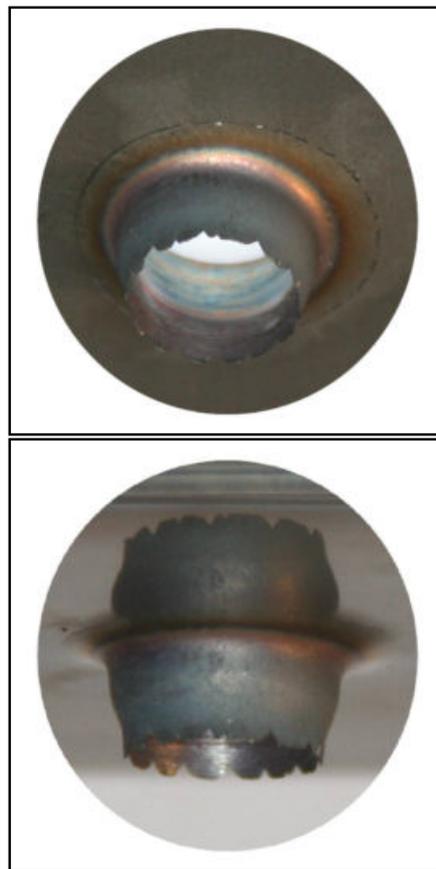


Bild 6 Kragen nach dem Fließbohrprozess durch zwei 1mm Bleche aus 1.4503



Bild 7 Stempelseite eines Fließhohl niertes aus 1. 4503

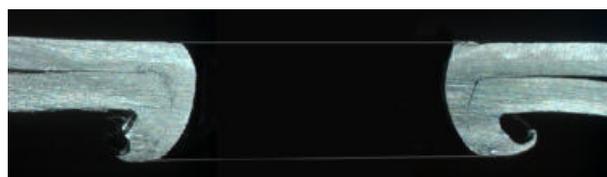


Bild 8 Makroschliff einer Fließnietverbindung aus 1.4503

Eine weitere Anwendung zeigt sich in der Verbindung von Aluminiumblechen, die sehr dünn 0,36 -0,6mm und zudem keine gute Schweißseignung und Umformbarkeit aufweisen. Diese lassen sich mit einem fließfähigen Stahlblech verbinden (Bild8). Eine sehr gute Bohrungsausbildung entsteht an Aluminiumlegierungen unter einem Stahlblech, da die Warmumformung des Stahls bei ca. 600°C betrieben wird, schmilzt der Rand um die Bohrung im Al – Blech an.

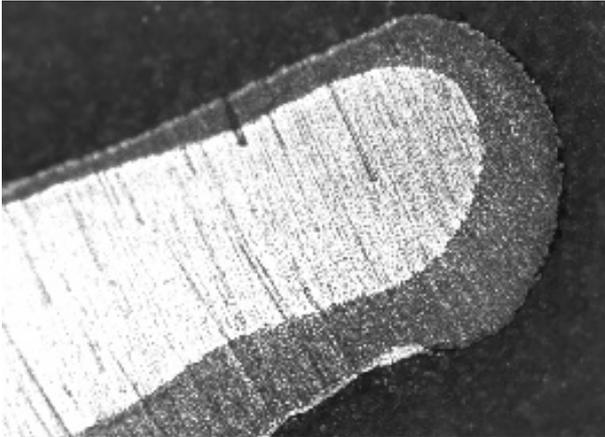


Bild 9 Makroschliff der Innenkante eines Fließbohrhohlrietes aus Stahlblech mit einem umschlossenen Blech einer Aluminiumlegierung

Die Verwendung des Verfahrens für Verbindungen von Metallischen Blechen mit Kunststoffplatten oder Bauteilen zeigen erprobte Beispiele mit guten Festigkeiten. Durch die thermische Einwirkung während der Kragenbildung in einem metallischen Blech erweicht der Kunststoff und wird durch den Kragen und dem Fließbohrer durchdrungen. Dies erfolgte in den Versuchen ohne jegliche Vorbohrung. Entscheidend ist dabei den Kunststoff nicht zu überhitzen. An den Makroschliffen kann der gute Formschluss gezeigt werden.

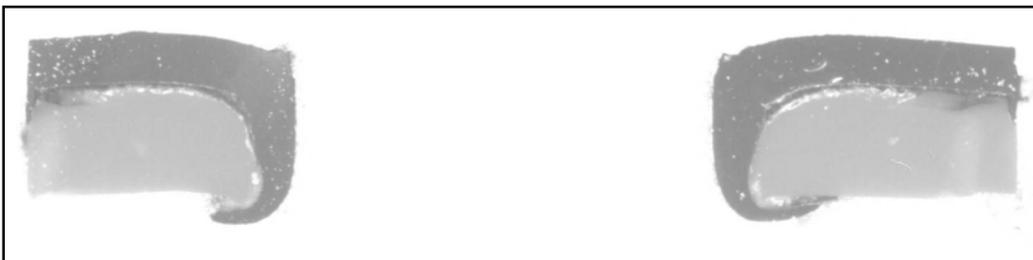


Bild 10 Makroschliff einer Stahlblech- GfK-Verbindung mit dem Fließbohrnieten.

4. Vor- und Nachteile des Fließbohrnietens

Nachteilig wirkt sich die notwendige zweiseitige Werkzeugführung und der thermischen Einfluss auf den Werkstoff aus, Jedoch haben sich bisherige Anwendungen des Fließbohrens (z B.: Gewindebohrungen), in unzähligen Serienfertigungen und Massenprodukten bewährt.

Vorteilhaft sind jedoch die vielen Kombinationsmöglichkeiten der Werkstoffe und die einfache Anwendung ohne jegliche Vorarbeiten der zu verbindenden Materialien. Zudem kann der Prozess gleichzeitig am Bauteil durchgeführt werden.

5. Zusammenfassung

Das Fließbohrnieten ist eine Verbindungstechnik zur Herstellung von Hohlrietern aus metallischen Blechen und dünnen Kunststoffplatten (Bauteilen), sowie Bleche aus schlecht schweißbaren und kalt umformbare Materialien. Das beim Fließbohren zuerst erwärmte Blech muss aus einem fließfähigen Material bestehen und zur Kragenbildung geeignet sein. Die Nietdurchmesser müssen eine Mindestgröße aufweisen, da die Volumen zur Nietbildung aus dem eigenen Material entstehen. Die ersten Untersuchungen zeigen gute Festigkeiten und eine zukunftssträchtige multimaterielle Anwendung.