

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 583/2008

(22) Anmeldetag: 14.04.2008

(45) Veröffentlicht am: 15.01.2010

(51) Int. Cl.⁸: **B23K 20/12**

(2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:

EP 1884308A1

DE 102005029882A1

US 5697544A

(73) Patentinhaber:

TECHNISCHE UNIVERSITÄT GRAZ

A-8010 GRAZ (AT)

FORSCHUNGSHOLDING TU GRAZ GMBH

A-8010 GRAZ (AT)

(72) Erfinder:

WEINBERGER THOMAS DIPL.ING.

GRAZ (AT)

(54) RÜHRREIBPUNKTSCHWEISSEN

(57) Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung bzw. ein Verfahren zum Verbinden von mindestens zwei Werkstücken (7,8) durch Reibschweißen. Die Vorrichtung umfasst dabei eine rotierend antreibbare Achse, an der ein Reibschweißwerkzeug (1) angeordnet ist, wobei das Reibschweißwerkzeug (1) zumindest ein rotierend antreibbares stiftartiges Werkzeug (2) aufweist, das von zumindest einem rotierend antreibbaren Hohlzylinder (3) umgeben ist. Das Reibschweißwerkzeug (1) ist entlang seiner Drehachse (10) durch die sich plastifizierenden Werkstücke (7, 8) bewegbar, wobei das stiftartige Werkzeug (2) und der Hohlzylinder (3) unabhängig voneinander in axialer Richtung bewegbar sind. Der Hohlzylinder (3) weist an seiner dem zumindest einen oberen Werkstück (7) zugewandten Seite einen lösbaren Reibbelag (6) mit einer Reibfläche (5) auf.

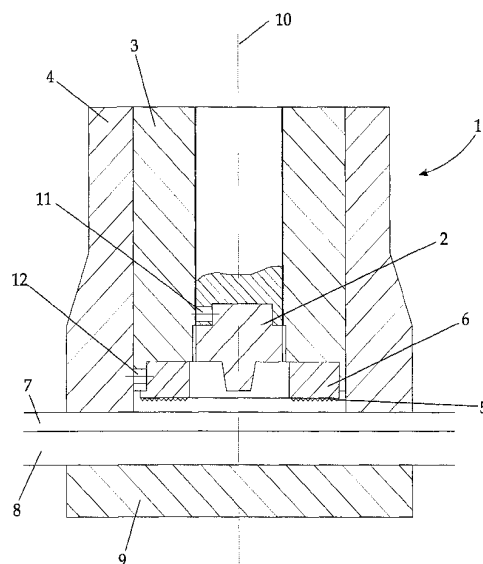


Fig. 1

Beschreibung

RÜHRREIBPUNKTSCHWEIßEN

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung bzw. ein Verfahren zum Verbinden von mindestens zwei Werkstücken durch Reibschweißen gemäß dem Oberbegriff von Anspruch 1.

[0002] Das Reibschweißen ist ein seit einiger Zeit bekanntes Fügeverfahren, bei dem in der ursprünglichen Form zwei zu verbindende Werkstücke mit einer voreinstellbaren Kraft gegeneinander gedrückt und relativ zueinander bewegt werden. Die durch die Reibung in den Kontaktflächen entstehende Wärme führt zu einer Plastifizierung der Werkstücke im Verbindungsbereich und zu einer Vermischung der Werkstoffe im jeweils oberflächennahen Bereich. Bei der Abkühlung der Werkstoffe wird so eine Schweißverbindung zwischen den Werkstücken ausgebildet.

[0003] Im Gegensatz zu den Widerstandspunktschweißen können mit diesem Verfahren nicht nur Stahlbleche, sondern auch alle anderen plastifizierbaren Materialien, wie beispielsweise Aluminiumlegierungen, miteinander verschweißt werden. Neben dem hohen Energieverbrauch und dem erhöhten Verschleiß der Elektrode beim Schweißen von höherfesten Blechen (AHSS) erweist sich beim Widerstandsschweißen weiters das durch die Aufschmelzung der Werkstoffe bedingte Auftreten von Fehlstellen als nachteilig.

[0004] Eine Weiterentwicklung des Reibschweißens ist das Reibpunktschweißen zur Herstellung punktförmiger Schweißverbindungen ohne Materialzugabe. Dieses Verfahren ist beispielsweise in der EP 1230062 A1 beschrieben. Dabei wird ein Werkzeugkopf, der aus einem Stift, einer darum angeordneten Hülse sowie einem umschließenden Gehäuse besteht, mit einem genau definierten Druck auf den Verbindungsbereich der Werkstücke aufgesetzt. Das rotierende Werkzeug erzeugt Reibungswärme und plastifiziert so den Werkstoff. Der rotierende Stift drückt dabei in das Werkstück hinein. Die umgebende Hülse wird gleichzeitig vom Werkstück abgehoben. Dabei entsteht zwischen der Hülse und dem festen Gehäuse ein Hohlraum. Dieser nimmt den Werkstoff, den der Stift verdrängt, auf. Der Vorgang ist beendet, sobald der Stift eine definierte Tiefe in der untersten Verbindungslage erreicht hat. Sobald er aus dem Werkstück hinausgezogen wird drückt die gegenläufige Hülse den plastifizierten Werkstoff wieder in den Verbindungsbereich zurück.

[0005] Nachteilig an dieser Lösung ist insbesondere, dass der Werkzeugkopf in das kalte Material gedrückt wird. Besonders beim Schweißen von Stahl treten hier hohe Kräfte und Momente auf, die eine Verwendung des Verfahrens nicht zulassen.

[0006] Der Verschleiß der Bestandteile des Werkzeugs ist sehr hoch, sodass die Teile zu hohen Kosten häufig gewechselt werden müssen, was einen hohen Wartungsaufwand bedeutet. Dies liegt auch darin begründet, dass sich durch die Konstruktion der vorgeschlagenen Vorrichtung das Austauschen der einzelnen Teile relativ aufwändig gestaltet. Weiters kann es beim Verdrängen und Zurückdrücken des plastifizierten Materials zu einem Verkleben der einzelnen Bestandteile des Werkzeugs kommen.

[0007] Es ist daher eine Aufgabe der Erfindung, eine kostengünstige und möglichst wartungsarme Vorrichtung bzw. ein praktikables Verfahren zum Reibschweißen bereitzustellen, mit der/dem punktförmige Schweißverbindungen zwischen unterschiedlichen Werkstoffen hergestellt werden können, insbesondere solchen Werkstoffen, die mit konventionellen Schmelzschweißverfahren nicht oder nur schwer geschweißt werden können.

[0008] Diese Aufgabe wird mit einer Vorrichtung der eingangs erwähnten Art erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass der Hohlzylinder an seiner dem zumindest einen oberen Werkstück zugewandten unteren Seite einen lösbaren Reibbelag mit einer Reibfläche aufweist.

[0009] Dank der Erfindung ist es möglich, den Verschleiß der Bestandteile eines Reibschweißwerkzeugs zu reduzieren, bzw. die Kosten für die Wartung eines solchen Werkzeugs und die dazu benötigten Verschleißteile deutlich zu reduzieren. Während bei den bisher bekannten

Lösungen aufwändige Arbeiten notwendig sind, um Verschleißteile zu tauschen, ist dieser Vorgang bei der erfindungsgemäßen Lösung durch das Vorsehen des lösbaren Reibbelags stark vereinfacht. Es muss also nicht der ganze Hohlzylinder, sondern nur der Reibbelag getauscht werden. Außerdem kommt es bei Verwendung der erfindungsgemäßen Vorrichtung bzw. während des Verfahrens nicht zu Spritzern oder Rauchentwicklung.

[0010] Das Rührreibschweißen wurde in den letzten Jahren sehr stark weiterentwickelt und für Werkstoffe wie beispielsweise Stahl, Kupfer oder Titan erprobt. Bisher bekannte Verfahren konnten aufgrund der höheren Temperaturen bzw. Prozesskräfte und hohem Verschleiß des Rührwerkzeuges bei diesen Werkstoffen kaum angewandt werden. Die Erfindung ermöglicht ein kostengünstiges Werkzeug, das die Prozesskräfte vermindert und einen akzeptablen Preis bei ausreichender Standzeit aufweist.

[0011] Die lösbare Verbindung zwischen Hohlzylinder und Reibbelag kann auf verschiedene Arten ausgeführt sein. Dem Fachmann sind hiezu viele Lösungen bekannt, die alle gemeinsam haben müssen, dass sie leicht verwendbar sind und durch die Beanspruchung beim Reibschweißen nicht in ihrer Funktion beeinträchtigt werden.

[0012] Besonders gute Ergebnisse lassen sich erzielen, wenn der Reibbelag aus Hartmetall gefertigt ist. Dieses Material zeichnet sich durch hohe Verschleißfestigkeit aus und kann bei hohen Temperaturen und hohen Drücken verwendet werden. Gleichzeitig sind die Materialkosten sehr gering. Möglich wäre auch die Verwendung keramischer Bauteile wie z.B. Siliziumnitrid. Im Prinzip können alle Materialien mit hoher Druckfestigkeit, geringem Verschleiß und ausreichender Prozesstemperatur verwendet werden. Die meisten alternativen Werkstoffe sind allerdings sehr teuer und eignen sich nicht unbedingt als Verschleißteil.

[0013] Weiters ist es von Vorteil, wenn das Reibschweißwerkzeug zumindest ein nicht rotierendes Hüllelement aufweist, wobei das stiftartige Werkzeug und der Hohlzylinder von diesem nicht rotierenden Hüllelement umgeben sind. Mit einem solchen Hüllelement kann das Reibschweißwerkzeug fix auf den zu schweißenden Werkstücken aufgesetzt werden.

[0014] Günstigerweise ist das stiftartige Werkzeug lösbar im Reibschweißwerkzeug angebracht. Zur Befestigung kann dabei ein erstes Befestigungsmittel vorgesehen sein, das im Wesentlichen normal zur Drehachse des Reibschweißwerkzeugs orientiert ist. Bei dieser Variante kann das stiftartige Werkzeug besonders einfach und Kosten sparend ausgetauscht werden, wenn sein Funktion durch zu großen Verschleiß nicht mehr den Ansprüchen genügt. Bei dem Befestigungsmittel kann es sich beispielsweise um einen federnden Bolzen handeln, der mit einer Nut im stiftartigen Werkzeug wechselwirkt, allerdings sind auch andere Lösungen möglich.

[0015] Um die Anbringung des Reibbelags einfach zu gestalten, ist weiters in einer Variante der Erfindung an der dem Werkstück zugewandten Seite des Hohlzylinders zumindest ein zweites Befestigungsmittel zur Fixierung des Reibbelags angeordnet, wobei das zweite Befestigungsmittel im Wesentlichen normal zur Drehachse des Reibschweißwerkzeugs orientiert ist. Dieses zweite Befestigungsmittel, das beispielsweise als federnder Bolzen ausgeführt sein kann, wirkt mit dem Reibbelag zusammen, der dazu vorteilhafterweise im Randbereich eine Nut aufweist. Diese Fixierung durch einen Bolzen ist allerdings nur eine von mehreren, dem Fachmann bekannten Lösungen.

[0016] Die Aufgabe der Erfindung wird weiters mit einem Verfahren der eingangs erwähnten Art erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass die folgenden Schritte durchgeführt werden:

[0017] a) Der rotierende Hohlzylinder wird in Richtung seiner Drehachse unter Druckausübung auf der Oberfläche des oberen Werkstücks ausgesetzt und erwärmt die Oberfläche im Bereich der Fügestelle, die dadurch teilweise plastifiziert;

[0018] b) Das rotierende stiftartige Werkzeug wird in Richtung seiner Drehachse in die Fügestelle und weiter in die Werkstücke bewegt und verrührt durch die Rotation das Material der Werkstücke weiter, wobei eine Verbindung zwischen diesen Werkstücken geschaffen wird; gleichzeitig wird der Hohlzylinder in axialer Richtung von der Oberfläche des oberen Werk-

stücks entfernt;

[0019] c) Nach einer gewissen Verweilzeit werden das stiftartige Werkzeug und der Hohlzylinder wieder von den Werkstücken abgehoben.

[0020] Durch das Vorwärmen des Fügebereichs mittels Reibbelags vor Aufsetzen des stiftartigen Werkzeugs wird der Verschleiß des stiftartigen Werkzeugs stark verringert. Da der Hohlzylinder als Verschleißteil ausgeführt ist und weiters der Reibbelag sehr billig gefertigt und einfach getauscht werden kann, werden so die notwendigen Wartungsarbeiten stark reduziert. Weiters werden dadurch die während der Verfahrensschritte wirkenden Kräfte deutlich reduziert, so dass das Verfahren auch mit Schweißrobotern durchgeführt werden kann. Durch das gleichzeitige Abheben des Hohlzylinders bei Absenkung des stiftartigen Werkzeugs wird die Ausbildung einer Schweißwulst begünstigt, weiters wird verhindert, dass es durch das bereits plastifizierte Material zu einem Verkleben der Bestandteile des Reibschweißwerkzeugs kommt.

[0021] Vorteilhafterweise werden vor dem Schritt a) zur Stabilisierung die Werkstücke auf einer Auflagefläche angeordnet und das Hüllelement wird auf die Werkstücke aufgesetzt.

[0022] Es ist von Vorteil, wenn das stiftartige Werkzeug und der Hohlzylinder in der gleichen Drehrichtung rotieren.

[0023] Das Verfahren lässt sich weiter verbessern, wenn in Schritt a) auf der dem Reibschweißwerkzeug abgewandten Seite der Werkstücke ein zweiter rotierender Hohlzylinder aufgesetzt wird, der den Fügebereich erwärmt. Damit kann der Verschleiß des stiftartigen Werkzeugs weiter reduziert werden, indem auch das untere Werkstück vorgewärmt wird. Grundsätzlich können die beiden Hohlzylinder in der gleichen Drehrichtung rotieren.

[0024] Allerdings ist es vorteilhaft, wenn der zweite Hohlzylinder in entgegen gesetzter Drehrichtung zum Hohlzylinder rotiert, weil es so zu einem Momentenausgleich kommt und das Verfahren besonders störungsfrei ablaufen kann.

[0025] Im Folgenden wird die Erfindung anhand eines nicht einschränkenden Ausführungsbeispiels, das in der Zeichnung dargestellt ist, näher erläutert. In dieser zeigt schematisch:

[0026] Fig. 1 eine Schnittansicht der erfindungsgemäßen Vorrichtung und

[0027] Fig. 2a bis 2e verschiedene Ausführungsformen des stiftartigen Werkzeugs und

[0028] Fig. 3a bis 3d den Ablauf des erfindungsgemäßen Verfahrens.

[0029] Fig. 1 zeigt die Schnittansicht eines Rührreibschweißwerkzeugs gemäß der Erfindung. In weiterer Folge wird das Rührreibschweißwerkzeug aus Gründen der besseren Lesbarkeit mit Reibschweißwerkzeug 1 bezeichnet. Das Reibschweißwerkzeug 1 ist im dargestellten Fall am Ende einer rotierbaren Achse fixiert, die allerdings in der Figur nicht dargestellt ist. Das Reibschweißwerkzeug 1 kann in der beschriebenen Form beispielsweise in einem Schweißroboter montiert sein, was allerdings nur einen von verschiedenen, dem Fachmann bekannten Anwendungsbereichen darstellt.

[0030] Im dargestellten Fall wird es dazu verwendet, ein oberes Werkstück 7 und ein unteres Werkstück 8 durch Rührreibschweißen miteinander zu verbinden. Die Angaben oben und unten, vertikal und horizontal sowie vergleichbare Formulierungen beziehen sich hier auf die Orientierung in Fig. 1. Die beiden Werkstücke 7, 8 sind auf einer Auflagefläche 9 angeordnet. Auch die Anwendung auf eine größere Anzahl von Werkstücken ist prinzipiell möglich, grundsätzlich gibt es keine Beschränkung was die Dicke der Werkstücke angeht. Bei der Anwendung des Verfahrens auf einem Schweißroboter ist es günstiger, Werkstücke aus dem Dünnblechbereich bis zu einer Dicke von ca. 2 mm zu bearbeiten.

[0031] Das Reibschweißwerkzeug 1 weist von außen nach innen die folgenden Bestandteile auf: Ein nicht rotierbares Hüllelement 4, einen Hohlzylinder 3 sowie ein stiftartiges Werkzeug 2. Der Hohlzylinder 3 und das stiftartige Werkzeug 2 sind rotierbar, ihre Drehachse 10 fällt dabei zusammen mit der vertikalen Symmetrieachse des Reibschweißwerkzeugs 1. Die Drehrichtung des Hohlzylinders 3 und des stiftartigen Werkzeugs 2 ist dabei vorteilhaft gleich, die beiden

Werkzeuge können aber auch jeweils in die entgegengesetzte Drehrichtung rotieren. Alle Bestandteile sind unabhängig voneinander in axialer Richtung bewegbar.

[0032] Am unteren Ende des Hohlzylinders 3 ist ein austauschbarer Reibbelag 6 lösbar angeordnet, der an seiner Unterseite eine spezielle Reibfläche 5 aufweist. Die Reibfläche 5 ist dabei prinzipiell als auf verschiedene Arten gestaltbare Aufrauung der Oberfläche des Reibbelags 6 ausgeführt. Bei der Ausgestaltung ist darauf zu achten, dass der Reibbelag durch zunehmenden Verschleiß nicht in seiner Wirkung beeinträchtigt wird - es ist daher eine einfache Ausführung zu bevorzugen. Mit dem Reibbelag 6 wird der Bereich, in dem die Werkstücke 7, 8 verschweißt werden sollen (Fügebereich 13, siehe Fig. 3a-3d), vorgewärmt.

[0033] Der Reibbelag 6 kann auf verschiedene Arten am Hohlzylinder befestigt sein. Da der Hohlzylinder 3 beim Reibschweißen sowieso gegen das Werkstück gedrückt und dadurch an seinem Platz gehalten wird, ist keine besondere Befestigung notwendig, die darüber hinausgeht, den Reibbelag 6 gegen Herabfallen zu sichern. Allerdings muss der Reibbelag 6 auch gegen Verdrehen gesichert sein, um ein „Durchrutschen“ zu verhindern. So eine Verdrehungssicherung kann beispielsweise in Form einer Kante am Rand des Reibbelags realisiert werden, die mit einem entsprechenden Werkzeug im unteren Bereich des Hohlzylinders 3 zusammenwirkt. Es ist zu beachten, dass beim Reibschweißen abhängig vom Werkstoff hohe Temperaturen im Bereich von 1000° C oder mehr auftreten können, die die Werkzeuge stark beanspruchen und bei Befestigungslösungen berücksichtigt werden müssen.

[0034] In Fig. 1 ist eine Lösung dargestellt, bei der der Reibbelag 6 im Seitenbereich eine Nut aufweist. Im unteren Bereich des Hohlzylinders 3 ist zumindest ein zweites Befestigungsmittel 12, hier ein federnder Bolzen, angeordnet, der im Wesentlichen normal zur Drehachse 10 orientiert ist. Der Bolzen wirkt mit der Nut des Reibbelags 6 zusammen und hält den Belag an seinem Platz, solange der Hohlzylinder 3 nicht auf dem ersten Werkstück 7 aufsitzt.

[0035] Der rotierende Hohlzylinder 3 mit dem Reibbelag 6 wird beim erfindungsgemäßen Verfahren vor dem stiftartigen Werkzeug 2 auf das obere Werkstück 7 aufgesetzt. Durch die Reibung zwischen Reibfläche 5 und Werkstückoberfläche wird das Material erwärmt, dadurch reduziert sich die Festigkeit des Materials der Werkstücke reduziert bzw. werden diese teilweise plastifiziert.

[0036] Der Reibbelag 6 kann aus verschiedenen Materialien gefertigt sein. Vorteilhaft ist die Verwendung verschleißfesten und druckfesten Werkstoffen, die eine Arbeitstemperatur von mindesten 800° C haben. Mögliche Werkstoffe sind Hartmetalle aufgrund ihrer hohen Druckfestigkeit und guten Verschleißbeständigkeit. Unter Hartmetallen versteht man landläufig gesinterte Carbidhartmetalle, bestehend beispielsweise aus Wolframcarbid und Cobalt. Hartmetalle zeichnen sich durch hohe Härte, Verschleißfestigkeit und die hohe Temperaturfestigkeit aus. Das Material ist günstig in der Anschaffung, damit kann der Reibbelag 6 als billiges, einfach zu wechselndes Verschleißteil gefertigt werden. Im Prinzip können alle Materialien mit hoher Druckfestigkeit, geringem Verschleiß und ausreichender Prozesstemperatur verwendet werden. Die meisten alternativen Werkstoffe sind allerdings sehr teuer und eignen sich nicht unbedingt als Verschleißteil. Möglich wäre auch die Verwendung keramischer Bauteile wie z.B. Siliziumnitrid.

[0037] Die Verbindung der Werkstücke 7, 8 erfolgt nach dem Vorwärmen mit dem rotierenden stiftartigen Werkzeug 2. Dieses wird in axialer Richtung auf das obere Werkstück 7 aufgesetzt und in das im Fügebereich teilweise plastifizierte Material der Werkstücke 7, 8 hineinbewegt. Die Geometrie des stiftartigen Werkzeugs 2 in Fig. 1 ist dabei eine von mehreren möglichen Geometrien, aus denen der Fachmann wählen würde. Beispiele für mögliche Geometrien sind in den Fig. 2a bis 2e dargestellt: Neben der bereits bekannten Geometrie mit gerader Schulter und kegelförmigem, nach unten zusammenlaufendem Stift (Fig. 2a) hat Fig. 2b einen sich nach unten erweiternden Stift und Fig. 2c einen geraden Stift. Fig. 2d zeigt eine leicht konkave Schulterform, während in Fig. 2e eine leicht konvexe Schulterform dargestellt ist.

[0038] Vorteilhafterweise ist das stiftartige Werkzeug 2 ebenfalls lösbar im Reibschweißwerk-

zeug 1 angebracht. Da das Werkzeug unter extremen Bedingungen betrieben wird und daher Verschleiß unterliegt, muss es in regelmäßigen Abständen ausgetauscht werden, was durch eine lösbare Anordnung erleichtert wird.

[0039] Das stiftartige Werkzeug 2 kann hier ähnlich wie der Reibbelag 6 mit einem Befestigungsmittel, hier einem ersten Befestigungsmittel 11, im Reibschweißwerkzeug 1 an seinem Platz gehalten werden. Bei dem ersten Befestigungsmittel 11 kann es sich wieder um einen federnden Bolzen handeln, der im Wesentlichen normal zur Drehachse des Reibschweißwerkzeugs orientiert ist. Dieser Bolzen kann wieder mit einer Nut im stiftartigen Werkzeug 2 wechselwirkt.

[0040] Gleichzeitig mit dem Aufsetzen des stiftartigen Werkzeugs 2 wird vorteilhafterweise der Hohlzylinder 3 mit dem Reibbelag 6 wieder von der Oberfläche des oberen Werkstücks 7 abgehoben. Durch die Drehbewegung des stiftartigen Werkzeugs 2 wird das plastifizierte Material verrührt und nach einer gewissen Verweilzeit, typischerweise im Bereich von 0 bis 3 Sekunden, entsteht eine Verbindung der Werkstücke 7, 8. Die Verweilzeit hängt dabei von den zu verschweißenden Materialien sowie der Dicke der Werkstücke ab. Danach werden das stiftartige Werkzeug 2 und das Hüllelement 4 wieder von den Werkstücken abgehoben.

[0041] In den Fig. 3a bis 3d sind die einzelnen Verfahrensschritte zur Ausführung einer Schweißverbindung durch Reibschweißen nach dem erfindungsgemäßen Verfahren dargestellt. Das Reibschweißwerkzeug 1 ist dabei vor Beginn des Verfahrens über der dem Reibschweißwerkzeug 1 zugewandten Oberfläche des oberen Werkstücks 7 angeordnet. Die Bezeichnungen oberhalb und über bzw. unterhalb und unter beziehen sich hier wie schon bei der Beschreibung von Fig. 1 auf die Orientierung der Figuren in der Zeichnung.

[0042] In einem ersten Schritt des erfindungsgemäßen Verfahrens (Fig. 3a) sind zwei Werkstücke 7, 8 überlappend angeordnet, die mittels Rührreibschweißens verbunden werden sollen.

[0043] Günstigerweise liegen dabei die Werkstücke 7, 8 auf einer Auflagefläche 9 auf. Die überlappenden Werkstücke 7, 8 werden nun durch das Hüllelement 4 auf die Auflagefläche 9 geklemmt. Dies ist durch die beiden Pfeile in Fig. 3a verdeutlicht. Die beiden rotierbaren Werkzeuge innerhalb des Hüllelements 4 treten dabei noch nicht in Kontakt mit den Werkstücken 7, 8.

[0044] Im nächsten Schritt, dargestellt in Fig. 3b, wird der Hohlzylinder 3 mit dem Reibbelag 6 im rotierenden Zustand im Fügebereich 13 auf die Oberfläche des oberen Werkstücks 7 abgesenkt (Pfeile). Durch die Reibung zwischen Reibbelag 6 und der Oberfläche des oberen Werkstücks 7 entsteht Wärme, die das Material im Fügebereich 13 erhitzt und teilweise plastifiziert. Je nach zu schweißendem Material entstehen hier Temperaturen bis zu 1000° C und mehr.

[0045] In einer Variante der Erfindung kann von der Unterseite der Werkstücke 7, 8 ein zweiter rotierender Hohlzylinder 3' (in strichlierter Form dargestellt) herangeführt werden, der die Unterseite des unteren Werkstücks 8 erwärmt und die Plastifizierung der Werkstücke 7, 8 im Fügebereich 13 beschleunigt. In diesem Fall müsste natürlich die Auflagefläche 9 entsprechend gestaltet sein, beispielsweise mit einer Öffnung im Bereich der Fugestelle 12. Diese Variante der Erfindung ist dann günstig, wenn besonders dicke Werkstücke verschweißt werden sollen. Günstigerweise rotieren in diesem Fall der zweite Hohlzylinder 3' an der Unterseite des unteren Werkstücks 8 und der Hohlzylinder 3 an der Oberfläche des oberen Werkstücks 7 in entgegengesetzter Richtung - dadurch wird ein Momentenausgleich zwischen Ober- und Unterseite erzielt.

[0046] In einem dritten Schritt, Fig. 3c, wird nun das rotierende stiftartige Werkzeug 2 in den Fügebereich 13 bewegt. Das stiftartige Werkzeug 2 kann dabei verschiedene Geometrien aufweisen. Durch die Reibungshitze ist die Festigkeit der Werkstücke 7, 8 im Fügebereich 13 so stark reduziert, dass das stiftartige Werkzeug 2 das plastifizierte Material der beiden Werkstücke 7, 8 miteinander verrührt. Nach einer gewissen Verweilzeit entsteht eine Verbindung der beiden Werkstücke 7, 8. Während das stiftartige Werkzeug 2 in den Fügebereich 13 abgesenkt wird, was durch den Pfeil nach unten dargestellt ist, wird der Hohlzylinder 3 mit dem Reibbelag

6, der nur der Vorerwärmung dient, wieder vom oberen Werkstück 7 abgehoben, was ebenfalls durch Pfeile verdeutlicht ist. Durch die bereits erfolgte Vorerwärmung der Werkstücke 7, 8 im Fügebereich 13 wird der Verschleiß des stiftartigen Werkzeugs 2 deutlich reduziert. Weiters kann sich so besser eine Schweißwulst bilden.

[0047] Im letzten Schritt, Fig. 3d, wird das gesamte Reibschweißwerkzeug 1, bzw. das stiftartige Werkzeug 2 und das Hüllelement 4, wieder von der Oberfläche 12 des ersten Werkstücks 7 abgehoben. Wie aus der Figur erkennbar ist, ist im Fügebereich 13 eine Verbindung zwischen den beiden Werkstücken 7, 8 entstanden.

[0048] Bezugszeichenliste

- | | |
|----|----------------------------|
| 1 | Reibschweißwerkzeug |
| 2 | stiftartiges Werkzeug |
| 3 | Hohlzylinder |
| 3' | zweiter Hohlzylinder |
| 4 | Hüllelement |
| 5 | Reibfläche |
| 6 | Reibbelag |
| 7 | oberes Werkstück |
| 8 | unteres Werkstück |
| 9 | Auflagefläche |
| 10 | Drehachse |
| 11 | erstes Befestigungsmittel |
| 12 | zweites Befestigungsmittel |
| 13 | Fügebereich |

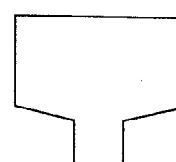
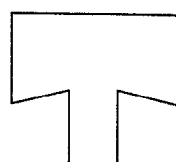
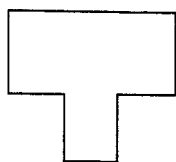
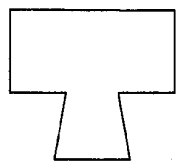
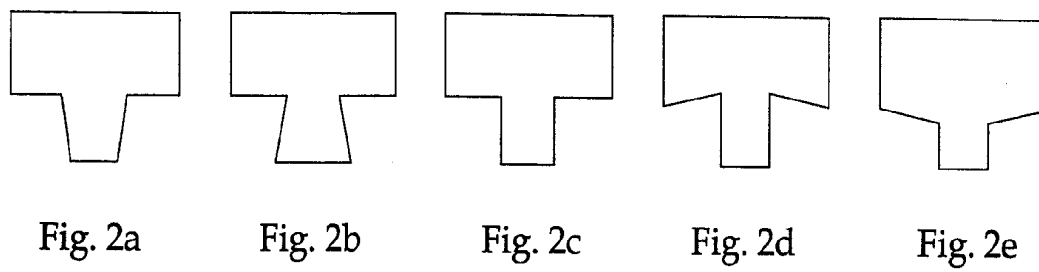
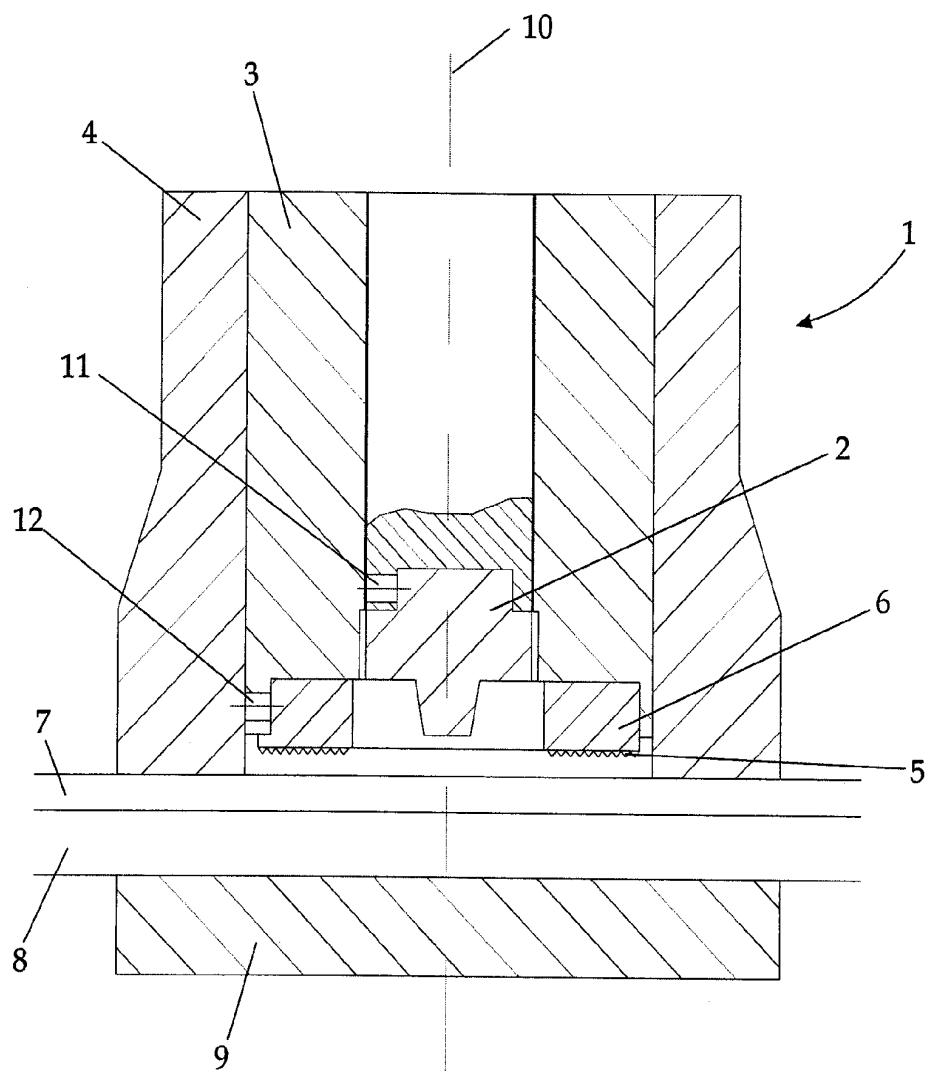
Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Verbinden von mindestens zwei Werkstücken (7, 8) durch Reibschweißen, umfassend eine rotierend antreibbare Achse, an der ein Reibschweißwerkzeug (1) angeordnet ist, wobei das Reibschweißwerkzeug (1) zumindest ein rotierend antreibbares stiftartiges Werkzeug (2) aufweist, das von zumindest einem rotierend antreibbaren Hohlzylinder (3) umgeben ist, und das Reibschweißwerkzeug (1) entlang seiner Drehachse (10) durch die sich plastifizierenden Werkstücke (7, 8) bewegbar ist, wobei das stiftartige Werkzeug (2) und der Hohlzylinder (3) unabhängig voneinander in axialer Richtung bewegbar sind, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Hohlzylinder (3) an seiner dem zumindest einen oberen Werkstück (7) zugewandten Seite einen lösbaren Reibbelag (6) mit einer Reibfläche (5) aufweist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Reibbelag (6) aus Hartmetall gefertigt ist.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Reibschweißwerkzeug (1) zumindest ein nicht rotierendes Hüllelement (4) aufweist, wobei das stiftartige Werkzeug (2) und der Hohlzylinder (3) von diesem nicht rotierenden Hüllelement (4) umgeben sind.
4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass das stiftartige Werkzeug (2) lösbar im Reibschweißwerkzeug (1) angebracht ist.
5. Vorrichtung nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Befestigung des stiftartigen Werkzeugs (2) im Reibschweißwerkzeug (1) zumindest ein erstes Befestigungsmittel (11) vorgesehen ist, das im Wesentlichen normal zur Drehachse (10) des Reibschweißwerkzeugs (1) orientiert ist.
6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass an der dem oberen Werkstück (7) zugewandten Seite des Hohlzylinders (3) zumindest ein zweites Befestigungsmittel (12) zur Fixierung des Reibbelags (6) angeordnet ist, wobei das zweite

Befestigungsmittel (12) im Wesentlichen normal zur Drehachse (10) des Reibschweißwerkzeugs (1) orientiert ist.

7. Verfahren zum Verbinden von zumindest zwei aneinander liegenden Werkstücken durch Reibschweißen, **gekennzeichnet durch** die folgenden Schritte:
 - a) Aufsetzen des rotierenden Hohlzylinders (3) eines Reibschweißwerkzeugs (1), welches zumindest ein rotierend antreibbares stiftartiges Werkzeug (2) aufweist, das von zumindest einem rotierend antreibbaren Hohlzylinder (3) umgeben ist, wobei das stiftartige Werkzeug (2) und der Hohlzylinder (3) unabhängig voneinander in axialer Richtung bewegbar sind, in Richtung der Drehachse (10) des Hohlzylinders (3) auf der Oberfläche des oberen Werkstücks (7) unter Druckausübung und Erwärmung der Oberfläche im Bereich einer Fügestelle, die dadurch teilweise plastifiziert, mittels eines lösbaren Reibbelags (6) mit einer Reibfläche (5), der an der dem zumindest einen oberen Werkstück (7) zugewandten Seite des Hohlzylinders angeordnet ist;
 - b) Bewegen des rotierenden stiftartigen Werkzeugs (2) des Reibschweißwerkzeugs (1) in Richtung seiner Drehachse (10) in die Fügestelle und weiter in die Werkstücke (7, 8) und Verrühren des Materials der Werkstücke (7, 8) durch die Rotation, wobei eine Verbindung zwischen diesen Werkstücken geschaffen wird; gleichzeitig wird der Hohlzylinder (3) mit dem lösbaren Reibbelag (6) in axialer Richtung von der Oberfläche des oberen Werkstücks (7) entfernt;
 - c) Abheben des stiftartigen Werkzeugs (2) und der Hohlzylinder (3) von den Werkstücken (7, 8) nach einer gewissen Verweilzeit.
8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass vor dem Schritt a) zur Stabilisierung die Werkstücke (7, 8) auf einer Auflagefläche (9) angeordnet werden und das Hüllelement (4) auf die Werkstücke (7, 8) aufgesetzt wird.
9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass das stiftartige Werkzeug (2) und der Hohlzylinder (3) in der gleichen Drehrichtung rotieren.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass in Schritt a) auf der dem Reibschweißwerkzeug (1) abgewandten Seite der Werkstücke (7, 8) ein zweiter rotierender Hohlzylinder (3') aufgesetzt wird, der den Fügebereich (13) erwärmt.
11. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass der zweite Hohlzylinder (3') in entgegen gesetzter Drehrichtung zum Hohlzylinder (3) rotiert.

Hierzu 2 Blatt Zeichnungen



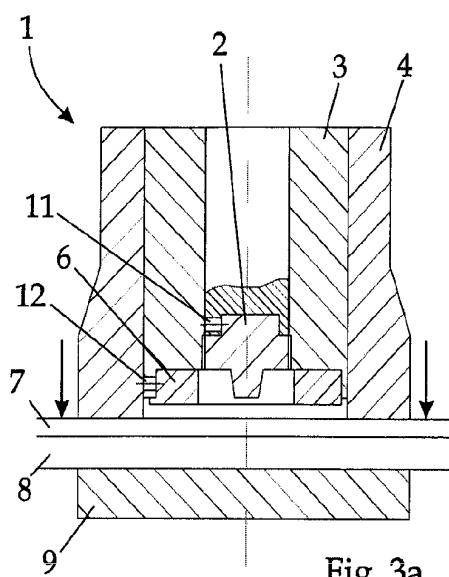


Fig. 3a

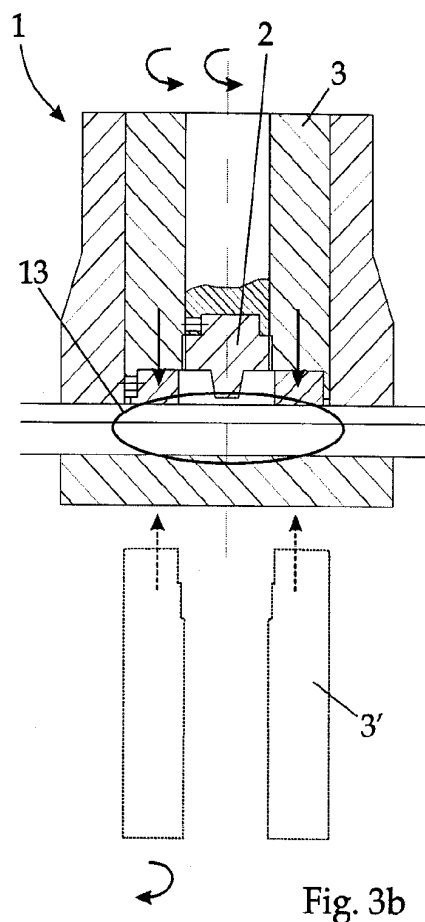


Fig. 3b

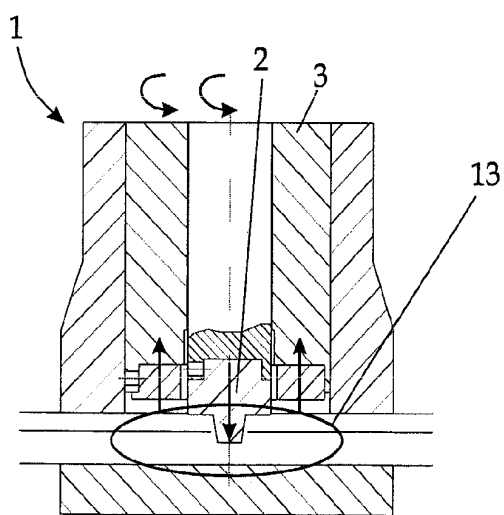


Fig. 3c

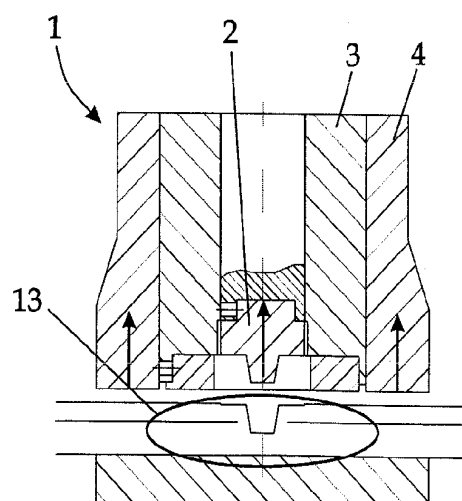


Fig. 3d