



(10) **DE 697 24 326 T3** 2014.08.14

(12) **Übersetzung der geänderten europäischen Patentschrift**

(97) **EP 0 810 056 B2**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **697 24 326.5**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **97 20 1482.3**

(96) Europäischer Anmeldetag: **16.05.1997**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **03.12.1997**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **27.08.2003**

(97) Veröffentlichungstag

des geänderten Patents beim EPA: **21.05.2014**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **14.08.2014**

(51) Int Cl.: **B23K 26/12 (2006.01)**

B29C 65/06 (2006.01)

Patentschrift wurde im Einspruchsverfahren geändert

(30) Unionspriorität:

655926 31.05.1996 US

(73) Patentinhaber:

The Boeing Co., Seattle, Wash., US

(74) Vertreter:

**Patent- und Rechtsanwälte Kraus & Weisert,
80539, München, DE**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, FR, GB, SE

(72) Erfinder:

Colligan, Kevin J., North Bend WA 98045, US

(54) Bezeichnung: **Oszillierendes Reibrührschweißen mit simultaner Kühlung**

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

Bereich der Erfindung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Rührreibschweißen. Insbesondere wird erfindungsgemäß eine bei dem Rührreibschweißverfahren erzeugte überschüssige Hitze abgeführt, so dass eine ebenere Schweißnahtoberfläche erzeugt wird.

Hintergrund der Erfindung

[0002] Rührreibschweißen (FSW ("Friction Stir Welding")) ist ein relativ neues Schweißverfahren zum Verbinden von Teilen von Materialien, wie z. B. Metallen, Kunststoffmaterialien und anderen Materialien, welche unter aufgebrachtener Reibungshitze weich werden und sich vermischen, um ganzheitlich verbunden zu werden. Eine detaillierte Beschreibung der FSW-Vorrichtung und des FSW-Verfahrens kann in den Patentveröffentlichungen WO 93/10935; WO 95/26254; und in dem US-Patent 5,460,317 gefunden werden. WO 93/10935 wird als nächstliegender Stand der Technik angesehen. Eine der verwendbaren Vorrichtungen für FSW ist in **Fig. 1A** und **Fig. 1B** dargestellt. Zwei Teile, beispielhaft erklärt anhand der Platten **10A'** und **10B'**, werden, wie dargestellt, derart ausgerichtet, dass Kanten der zu schweißenden Platten in direktem Kontakt auf einer Aufspannplatte **12'** zusammengehalten werden. Ein FSW-Gerät **W'** besitzt einen Ansatz **14'** an seinem distalen Ende und eine sich von dem Ansatz mittig nach unten erstreckenden nicht verschleißbaren Schweißstift **16'**. Wenn das drehende Gerät **W'** in Kontakt mit der Schnittstelle zwischen den Platten **10B'** und **10A'** gebracht wird, wird der sich drehende Stift **16'**, wie dargestellt, in Kontakt mit dem Material der beiden Platten gedrückt. Die Drehung des Stiftes in dem Material und ein Reiben des Ansatzes gegen die obere Oberfläche des Materials erzeugt eine große Reibungswärmemenge sowohl bei dem Schweißgerät als auch bei der Plattenschnittstelle. Diese Hitze erweicht das Material der Platten in der Nähe des sich drehenden Stiftes und Ansatzes, wobei ein Vermischen des Materials erfolgt, was nach einem Aushärten eine Schweißnaht bildet. Das Gerät wird in Längsrichtung entlang der Schnittstelle zwischen den Platten **10A'** und **10B'** bewegt, wobei eine verlängerte Schweißnaht entlang der gesamten Schnittstelle zwischen den Platten gebildet wird. Der Ansatz **14'** des Schweißgerätes verhindert, dass erweichtes Material von den Platten nach oben entkommt und drückt das Material in die Schweißverbindung. Wenn die Schweißnaht fertig ist, wird das Schweißgerät zurückgezogen.

[0003] Von Rührreibschweißverfahren nach dem Stand der Technik erzeugte Schweißungen können ebene Schweißnähte für bestimmte Materialien er-

zeugen, aber für nicht extrudierbare Aluminiumlegierungen ist die maximale Spindelgeschwindigkeit durch ein Kleben des Materials an dem Schweißgerät-Ansatz und Stift ernsthaft begrenzt. Für diese Legierungen, beispielhaft erklärt an den Aluminiumlegierungen 7075, 2014, 2090 und 2024, verschlechtert sich, wenn die Spindelgeschwindigkeit und entsprechend die Hitzeaufnahme bei den Schweißnähten ansteigt, die Oberflächenstruktur der oberen Oberfläche der Schweißnähte, indem sie unebener wird. Bei höheren Spindelgeschwindigkeiten und höherer Hitzeaufnahme verklebt das Aluminiummaterial und baut sich auf dem Schweißgerätansatz auf, wobei Material von den Seiten der Schweißnahtoberfläche weggerissen wird. Für lange Schweißnähte kann dieser Zustand solch extreme Aufbauten verursachen, dass ein Fortsetzen der Schweißung unmöglich wird. Das überhitzte Schweißgerät kann manchmal auch Oberflächenmaterial von der Mitte der Schweißnahtoberfläche teilweise wegziehen, wodurch ein "Fischschuppen" artiges Erscheinungsbild auf der oberen Oberfläche der Schweißnaht erzeugt wird, was sich entlang der Länge der Schweißnaht fortschreitend verschlechtert. Für bestimmte Anwendungen ist solch eine unebene Schweißnahtoberfläche unerwünscht und erfordert eine zusätzliche Bearbeitung, um eine ebene Oberfläche zu erzeugen. Unebene Oberflächen sorgen oft für Ansatzpunkte von Ermüdungsbrüchen und sind deshalb im Allgemeinen unerwünscht, insbesondere wenn das geschweißte Teil unter Bedingungen eingesetzt werden soll, welche Ermüdung verursachen können, wie z. B. bei zyklischen Bedingungen unter aufgebrachtener Last. Es gibt einen Bedarf für ein FSW-Verfahren, welches eine Schweißnaht von verminderter Oberflächenunebenheit erzeugt, welches für die meisten Anwendungen keine nachfolgende Bearbeitung benötigen würde und welches eine gleichmäßige, ebene Oberflächenstruktur aufweisen würde.

Zusammenfassung der Erfindung

[0004] Die Erfindung stellt eine Vorrichtung zum Erzeugen einer Rührreibschweißung von rührreibschweißfähigen Materialien, wie z. B. von nicht extrudierbaren Aluminiumlegierungen, zur Verfügung, welche eine ebenere Oberfläche aufweist, als es bisher mit einer herkömmlichen Rührreibschweißanlage erzielt wird. Die Schweißung wird bei höheren Geschwindigkeiten erzeugt und weist eine handelsüblich akzeptable Oberflächenebenheit auf, so dass für die meisten Zwecke keine nachfolgende Bearbeitung benötigt wird.

[0005] Erfindungsgemäß ist nun festgestellt worden, dass die Häufigkeit der Schweiß einschränkungen bei nicht extrudierbare Materialien, welche auf der zunehmenden Unebenheit der Schweißnahtoberfläche beruht, wenn die Schweißgeschwindigkeit zunimmt, von der überschüssigen Hitze verursacht

wird, welche während des Rührreibschweißverfahrens an den Kontaktflächen zwischen dem Gerät und dem zu schweißenden Werkstück erzeugt wird. Während eine bestimmte Wärmemenge erforderlich ist, um ein Erweichen des Materials zu bewirken, um die Schweißnaht zu bilden, verursacht überschüssige Hitze, dass das erweichte Material an dem sich drehenden Stift und dem Ansatz des Rührreibschweißgeräts klebt. Die drehende und seitliche Bewegung des Geräts gegen diese für einen Klebstoff typischen Kräfte verursacht die ungleichmäßige Schweißnahtoberfläche. Deshalb existiert ein Verfahren zum Rührreibschweißen, das den Schritt eines gleichzeitigen Kühlens des Schweißgerätes während des Schweißverfahrens beinhaltet, um die überschüssige Hitze abzuführen. Dieses Verfahren ermöglicht eine deutliche Steigerung der Schweißgeschwindigkeit, vorzugsweise zumindest ungefähr eine 20% Steigerung, und insbesondere zumindest ungefähr eine 100% Steigerung, während eine akzeptable Schweißnahtebenheit beibehalten wird. Die Erfindung stellt eine Vorrichtung zum Rührreibschweißen zur Verfügung, welche durch ein Kühlmittel gekühlt wird und welche durch die Merkmale nach Anspruch 1 oder 3 gekennzeichnet ist.

[0006] In einer Ausführungsform zirkuliert das Kühlmittel in dem Körper des Gerätes, um die überschüssige Hitze abzuführen. In dieser Ausführungsform besitzt das erfindungsgemäße Rührreibschweißgerät einen Gerätekörper mit einem drehbaren, gewöhnlich nicht verschleißbaren Stift und einem Ansatz an seinem distalen Ende, welche zusammen für Rührreibschweißteile ausgestaltet sind. Der Gerätekörper besitzt einen Innenraum, welcher sich in Hitze leitender Verbindung mit dem Stift und vorzugsweise auch mit dem Ansatz des Schweißgerätes befindet. Der Innenraum ist ausgestaltet, damit ein Kühlmittel dort hindurch fließt, um die überschüssige Hitze einschließlich einer von dem Ansatz und dem Stift abgeleiteten Hitze abzuführen.

[0007] In einer anderen Ausführungsform wird die Hitze von dem Rührreibschweißgerät durch eine Ummantelung abgeführt, welche einen distalen Abschnitt des Gerätekörpers umgibt. Die Ummantelung besitzt einen Einlass, welcher eine Flüssigkeitsverbindung mit einer Quelle des Kühlmittels hat, und einen Auslass zum Austritt des aufgeheizten Kühlmittels. Wenn das Gerät im Einsatz ist, fließt deshalb das Kühlmittel durch die Ummantelung, wobei Hitze von dem Gerät abgeführt wird, so dass die überschüssige Hitze von dem drehbaren Stift und dem Ansatz abgeführt wird.

[0008] In einer anderen Ausführungsform wird die Abführung der Hitze durch Sprühen eines Kühlmittels (wie z. B. kalter Luft oder eines flüssigen Kühlmittels, wie z. B. Wasser) auf das Gerät und die umgebenden zu schweißenden Oberflächen während

des Schweißschrittes erzielt. Vorzugsweise ist der zu kühlende Geräteabschnitt mit Rippen ausgestattet, um eine Hitzeabführung zu ermöglichen.

[0009] Erfindungsgemäß werden Rührreibschweißungen von sogar nicht extrudierbaren Aluminiumlegierungen bei wirtschaftlich brauchbaren Geschwindigkeiten erzeugt und besitzen eine solch verminderte Oberflächenstrukturunebenheit, dass sie wirtschaftlich eingesetzt werden können.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0010] Die vorangegangenen Aspekte und viele der damit verbundenen Vorteile dieser Erfindung werden leichter verständlich, wenn dieselbe durch Bezugnahme auf die folgende detaillierte Beschreibung verstanden und im Zusammenhang mit den beigefügten Zeichnungen gesehen wird, wobei:

[0011] Fig. 1A ist eine schematische Darstellung eines Rührreibschweißgerätes nach dem Stand der Technik;

[0012] Fig. 1B ist eine schematische Seitenansicht, welche ein Rührreibschweißgerät nach dem Stand der Technik im Einsatz zeigt;

[0013] Fig. 2 verdeutlicht eine Rührreibschweißvorrichtung mit einer Düse zum Bereitstellen eines Kühlmittels, welche nicht Bestandteil der vorliegenden Erfindung ist; und

[0014] Fig. 3 ist eine schematische Darstellung einer Ausführungsform eines erfindungsgemäßen innen gekühlten Schweißgerätes im Querschnitt;

[0015] Fig. 4 ist eine schematische Seitenansicht, teilweise im Querschnitt, welche eine außen ummantelte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Gerätes darstellt;

[0016] Fig. 5 ist eine schematische Seitenansicht eines luftgekühlten Gerätes mit Rippen, welches nicht Bestandteil der vorliegenden Erfindung ist;

[0017] Fig. 6A ist ein optisches Mikrobild, welches Details der Oberfläche einer Schweißnaht darstellt, wobei ein Rührreibschweißgerät nach dem Stand der Technik eingesetzt ist; und

[0018] Fig. 6B ist ein optisches Mikrobild einer Oberfläche einer erfindungsgemäß hergestellten Schweißnaht.

Detaillierte Beschreibung der bevorzugten Ausführungsform

[0019] Erfindungsgemäß wird überschüssige Hitze von einem Rührreibschweißgerät (FSW) abgeführt,

um den Grad der Haftung zwischen dem Gerät und einem erweichten, schwer zu schweißenden Material, wie z. B. von nicht extrudierbaren Aluminiumlegierungen, zu vermindern, so dass eine Schweißnaht mit einer ebeneren Oberfläche mit einer höheren Geschwindigkeit erzeugt wird. Solche Schweißnähte mit ebener Oberfläche haben viele mögliche, nicht nur ästhetische, Vorteile, sondern auch indem das Risiko des Beginns eines Ermüdungsbruches oder einer Korrosion vermindert wird. Außerdem vermeidet oder vermindert die Herstellung solcher Schweißnähte den Bedarf für eine kostspielige weitere Bearbeitung der Schweißnaht, um eine ebene Oberfläche zu erzeugen. Die Erfindung erhöht auch die Schweißgeschwindigkeit, indem dem FSW-Gerät höhere Drehzahlen ermöglicht werden.

[0020] Mit dem Verfahren wird überschüssige Hitze von dem Rührreibschweißgerät abgeführt während die Rührreibschweißnaht gebildet wird. Somit geschieht das Abführen der Hitze gleichzeitig mit dem Schweißbetrieb. Während die erfindungsgemäße Vorrichtung für alle Arten von Material, welche einem Rührreibschweißen unterzogen werden, geeignet ist, ist die Erfindung insbesondere nützlich, wenn sie bei Materialien angewendet wird, welche schwierig zu rührreibschweißen sind, wie z. B. die nicht extrudierbaren Aluminiumlegierungen, beispielsweise die 2024, 7075, 2014 und 2090 Legierungen. Nach dem Stand der Technik werden diese Legierungen typischerweise mit einer viel geringeren Geschwindigkeit als die extrudierbaren Aluminiumlegierungen geschweißt, um eine Schweißnaht zu erzeugen, welche sich über das ganze Werkstück ausdehnt und welche eine Oberflächenebenheit besitzt, welche handelsüblich ohne den Bedarf für eine nachfolgende Bearbeitung akzeptabel ist. Während daher eine ein viertel Inch dicke extrudierbare Aluminiumlegierung, wie z. B. die Legierung 6061, mit einem mit 1600 rpm (Umdrehungen pro Minute) drehenden Rührreibschweißgerät mit einer Geschwindigkeit von 15 Inch pro Minute geschweißt werden kann, um eine ebene Schweißnaht zu erzeugen; müsste eine nicht extrudierbare Legierung mit einer niedrigeren Gerätedrehzahl und einer niedrigeren Schweißgeschwindigkeit geschweißt werden. Typischerweise kann nach dem Stand der Technik eine ein achtel Inch dicke nicht extrudierbare Legierung, wie z. B. die Legierung 2024, mit einer Gerätedrehzahl von ungefähr 500 rpm bei einer Schweißgeschwindigkeit von 3,5 Inch pro Minute geschweißt werden. Dies erzeugt eine Schweißnaht über das ganze Werkstück, welche eine Oberfläche von akzeptabler Ebenheit ohne den Bedarf für eine nachfolgende Bearbeitung besitzt. Erfindungsgemäß kann dasselbe ein achtel Inch dicke Werkstück der 2024 Legierung mit einer Gerätedrehzahl von zumindest ungefähr 800 rpm geschweißt werden, um eine Schweißnaht mit einer Geschwindigkeit von ungefähr acht Inch pro Minute zu erzeugen, welche sich über das ganze Werkstück ausdehnt und eine

handelsüblich akzeptable ebene Oberfläche besitzt. Ebenso kann ein ein achtel Inch dickes Werkstück einer 7075 Aluminiumlegierung (einer nicht extrudierbaren Legierung) mit einem mit 1100 rpm drehenden Gerät und einer Schweißgeschwindigkeit von 13 Inch pro Minute geschweißt werden, um eine Schweißnaht zu erzeugen, welche sich über das ganze Werkstück mit einer Oberfläche von akzeptabler Ebenheit ohne nachfolgende Verarbeitung erstreckt. Nach dem Stand der Technik, wobei die erfindungsgemäßen Geräte nicht eingesetzt werden, wäre dasselbe Werkstück der Legierung 7075 mit einem mit 600 rpm drehenden Gerät geschweißt worden und hätte eine Schweißnaht mit einer Geschwindigkeit von nur sieben Inch pro Minute erzeugt.

[0021] Aus dem Vorhergehenden ist klar, dass die Erfindung eine deutliche Steigerung der Drehzahl des Rührreibschweißgerätes ermöglicht mit einer dramatischen Steigerung der Schweißgeschwindigkeit, in Inch pro Minute, als Begleiterscheinung. Vorzugsweise ermöglicht die Erfindung eine Steigerung der Schweißgeschwindigkeit um zumindest ungefähr 20%, insbesondere um zumindest ungefähr 100%, während eine Schweißnahtoberflächenebenheit beibehalten wird, welche gewöhnlich handelsüblich akzeptabel ist, ohne eine nachfolgende Bearbeitung zu erfordern, obwohl solch eine Verarbeitung für bestimmte Anwendungen optional ausgeführt werden kann.

[0022] Die Erfindung stellt eine Auswahl von Vorrichtungen zum Abführen überschüssiger Hitze zur Verfügung und die bevorzugten Ausführungsformen von diesen Vorrichtungen werden in den beigefügten Figuren zur Vereinfachung der Erklärung erläutert. Andere Vorrichtungen, welche dieselbe Funktion des Abführens einer überschüssigen Hitze, so dass eine ebenere Schweißnahtoberfläche mit einer höheren Geschwindigkeit erzeugt wird, ausführen, liegen eindeutig auch innerhalb des Geltungsbereichs der Erfindung.

[0023] Bezug nehmend auf **Fig. 2**, eine schematische Seitenansicht eines bevorzugten Beispiels, ist ein im Wesentlichen zylindrischer Schweißgerätekörper **30** mit einem proximalen Ende **34** mit einer Verbindung zu einem Antriebsmotor zum Drehen des Gerätes und mit einem distalen Ende **36**, welches mit einem Ansatz **38** und einem im Wesentlichen zylindrischen Stift **40**, welcher sich axial nach unten durch eine Mitte des Ansatzes erstreckt, ausgestattet. Wie dargestellt besitzt der Stift **40** ein Ende **42** und eine äußere Oberfläche, welche spiralförmig genutet ist. Der Ansatz **38** ist gewöhnlich leicht nach oben von seinem kreisförmigen Umfang zu dem Stift **40** in seiner Mitte mit einem Winkel von ungefähr 10° abgeschrägt.

[0024] Erfindungsgemäß reicht eine Düse **50** in die Nähe des Schweißgerätekörpers **30**, insbesondere des distalen Endes **36**, wenn sich ein zu schweißendes Werkstück **20** auf einer Aufspannplatte **24** befindet. Der sich drehende zylindrische Stift hat ein Ende **42** an seinem distalen Ende, das sich bis zu einer Tiefe durch das Werkstück **20** hindurch erstreckt, um für einen minimalen Spielraum zwischen sich und der Aufspannplatte **24** zu sorgen. Somit erstreckt sich der Stift im Wesentlichen durch die gesamte Dicke des Werkstückes **20**, um eine kontinuierliche Schweißnaht **26** durch das gesamte Werkstück zu erzeugen. Die Düse befindet sich in einer Flüssigkeitsverbindung mit einer Quelle eines Kühlmittels, wie z. B. einer Flüssigkeit oder Luft, welches unter Druck der Düse zugeführt wird, so dass das Kühlmittel in einem Nebel die Düse verlässt, welcher direkt auf das distale Ende **36** des Gerätes und das umgebende Werkstück **20** auftrifft. Deswegen führt das Kühlmittel überschüssige Hitze sowohl von dem freiliegenden Abschnitt des Ansatzes **38**, welcher sich während des Schweißens über dem Werkstück **20** befindet, als auch von dem Werkstück **20** selbst und der zu bildenden Schweißnaht **26** ab. Hitze wandert auf Grund von Leitung von dem heißen sich drehenden Stift **40** und dem Ansatz **38** zu deren Umgebungen, nämlich dem Werkstück **20** und der Schweißnaht **26**, von wo dann das Kühlmittel die Hitze abführt. Demzufolge sind die Temperaturen der Oberfläche des drehenden Ansatzes **38** und des Werkstückes deutlich geringer als sie in dem Fall, wenn es die Zuführung des Kühlmittels nicht gegeben hätte, geworden wären. Diese durch Abführung der überschüssigen Hitze verursachten verminderten Oberflächentemperaturen sorgen, wie oben erläutert, für eine ebenere Schweißnahtoberfläche bei einer höheren Schweißgeschwindigkeit. Die Menge des Kühlmittels sollte gesteuert werden, um die Abführung von derart viel Hitze, dass es den Schweißbetrieb beeinflusst, zu vermeiden. Ein Kühlmitteldurchsatz von ungefähr 0,01 gpm ist gewöhnlich geeignet, und der Durchsatz kann für eine bestimmte Anwendung leicht optimiert werden.

[0025] Fig. 3 stellt schematisch im Querschnitt ein innen gekühltes erfindungsgemäßes FS-Gerät dar. Wie dargestellt besitzt der im Wesentlichen zylindrische Gerätekörper **60** ein proximales Ende **62** zum Koppeln an einen Motor zum Drehen des Gerätes und ein distales Ende **64** mit Gewinde. Ein kappenförmiger Ansatz **66** mit einer kreisförmigen Ansatzbasis **65** und einem Rand **67** mit Innengewinde befindet sich durch das Gewinde mit dem distalen Ende des FSW in Eingriff, um einen zylindrischen Innenraum **74** zwischen der Basis **63** des Gerätekörpers **60** und der Basis **65** des Ansatzes zu ergeben. Ein Stift, vorzugsweise mit einem spiralförmig genuteten Äußeren, erstreckt sich von der Mitte der Basis des Ansatzes nach unten. Das Gerät besitzt einen Innenraum, vorzugsweise einen schlangentarti-

gen oder gewundenen Innenraum, welcher sich in einer Flüssigkeitsverbindung mit einer Quelle des Kühlmittels und mit einer Senke zum Aufnehmen des aufgeheizten Kühlmittels befindet. Bei der dargestellten Ausführungsform wird der Innenraum von senkrecht beabstandeten und waagerechten Bohrungen gebildet. Somit dringt eine im Wesentlichen waagerechte Einlassbohrung **70** ungefähr bis zu der Mitte des distalen Endes **64** des zylindrischen Gerätekörpers **60** ein. Eine senkrechte Mittenbohrung **72** erstreckt sich von der fernsten Ausdehnung der waagerechten Bohrung **70** nach unten, um bei der Basis **63** des distalen Endes **64** des Gerätekörpers **60** auszutreten, so dass sie sich in einer Flüssigkeitsverbindung mit einem Raum **74** befindet. Ein ringförmiger Raum **76** umgibt konzentrisch zu der Mittenbohrung **72** die Mittenbohrung **72** und erstreckt sich von der Basis **63** des Gerätekörpers **60** unter die Einlassbohrung **70**. Somit befindet sich die Mittenbohrung **72** durch den Innenraum **74** bei dem äußerst distalen Ende **63** des Gerätekörpers **60** in einer Flüssigkeitsverbindung mit dem ringförmigen Raum. Eine Ausgangsbohrung **78** erstreckt sich von einem oberen Ende des ringförmigen Raumes **76**. Bei der Einlassbohrung **70** eintretende Kühlmittelflüssigkeit fließt die mittige Bohrung **72** hinunter, in den zylindrischen Innenraum **74**, in den ringförmigen Raum **76** und hinaus durch die Ausgangsbohrung **78**.

[0026] Um das Kühlmittel zu leiten, umgibt ein zylindrischer Kühlmittelansatz **80** konzentrisch mit und beabstandet von dem Gerätekörper **60** die Einlass-**70** und Auslass-**78** Bohrungen. Der Ansatz **80** ist gegen den Körper **60** des Gerätes mit einem oberen O-Dichtungsring über der Einlassbohrung **70** abgedichtet, und ist auch gegen den Gerätekörper mit einem unteren O-Dichtungsring **84** unter der Ausgangsbohrung **78** abgedichtet. Zusätzlich ist der Ansatz **80** gegenüber dem Gerätekörper **60** durch einen zwischen den Einlass-**70** und Auslass-**78** Bohrungen befindlichen O-Ring **86** abgedichtet. Somit bildet der Ansatz **80** eine getrennte Einlasskammer **90**, welche sich in einer Flüssigkeitsverbindung mit der Einlassbohrung **70** befindet, und eine Auslasskammer **96**, welche sich in einer Flüssigkeitsverbindung mit der Auslassbohrung **78** befindet. Ein Kühlmittelinlassschlauch **92** ist mit der Einlasskammer **90** des Ansatzes gekoppelt, und ein Kühlmittelauslassschlauch **98** ist mit der Auslasskammer **96** des Ansatzes **80** gekoppelt. Ein Steuern des Kühlmittelflusses ist wichtig, um ein Überkühlen des Gerätes, wodurch das Schweißverfahren beeinflusst wird, zu vermeiden. Ein Kühlmitteldurchsatz von ungefähr 0,1 Gallonen pro Minute ist geeignet.

[0027] Eine alternative Ausführungsform, wobei eine außen kühlende Ummantelung eingesetzt wird, ist schematisch in Fig. 4 dargestellt. In dieser Ausführungsform besitzt der zylindrische Schweißgerätekörper **100** ein proximales Ende **102**, welches zum

Koppeln an ein Mittel zum Drehen des Gerätes ausgestaltet ist, und ein distales Ende **104**, welches mit einem mittigen sich nach unten erstreckenden von einem Ansatz **108** umgebenen Stift **106** ausgestattet ist. Das im Wesentlichen zylindrische distale Ende **104** des Gerätekörpers **100** ist mit einer äußeren Struktur ausgestattet, welche ausgestaltet ist, um Hitze abzuleiten, bei diesem Beispiel mit einer Reihe von sich um den Umfang erstreckenden Rippen **120**. Die Struktur vergrößert den Oberflächenbereich des distalen Endes, wodurch eine Abführung einer größeren Wärmemenge für eine effektivere Kühlung ermöglicht wird. Eine im Wesentlichen zylindrische Ummantelung **110** umgibt das gerippte distale Ende **104** des Gerätes **100** und ist durch einen oberen O-Ring **112** und einen unteren O-Ring **114** gegen den Gerätekörper **100** abgedichtet. Somit umgibt die Ummantelung **110** die Rippen **120** und ist von den Rippen beabstandet, um einen ringförmigen Bereich **122** bereitzustellen, welcher sich in einer Flüssigkeitsverbindung mit einem Einlassanschluss **116** und einem Auslassanschluss **118** der Ummantelung befindet. Im Einsatz tritt die Kühlmittelflüssigkeit bei dem Einlassanschluss **116** ein, fließt in den ringförmigen Raum und um die Rippen **120** herum, und tritt bei dem Auslassanschluss **118** aus, wobei Hitze von der Oberfläche des Gerätes **100** abgeführt wird. Dieses Abführen von überschüssiger Hitze, welches durch Steuern der Temperatur des hereinkommenden Kühlmittels und seiner Strömungsgeschwindigkeit gesteuert werden kann, erlaubt die Herstellung einer Schweißnaht von im Wesentlichen gleichförmiger Ebenheit mit einer viel höheren Geschwindigkeit, sogar wenn eine Aluminiumlegierung mit hoher Festigkeit, wie z. B. Aluminium 2024 oder 7075, geschweißt werden soll. Wie zuvor ist gewöhnlich ein Kühlmitteldurchsatz von ungefähr 0,1 gpm geeignet, und der Durchsatz kann leicht durch eine Versuchsdurchführung für eine beliebige bestimmte Anwendung optimiert werden.

[0028] In einem noch anderen in **Fig. 5** schematisch dargestellten Beispiel wird das Schweißgerät durch Einsatz von kalter Luft als Kühlmittel gekühlt. Bei diesem Beispiel ist das Schweißgerät **100**, wie oben, mit einer Reihe von sich über den Umfang erstreckenden Rippen **120** auf seinem distalen Ende **104** ausgestattet. Anstatt einer umgebenden Ummantelung **110** ist jedoch mindestens eine Düse **125** derart ausgerichtet, dass sie kontinuierlich kalte Luft oder ein anderes kaltes Gas auf die Rippen **120** des Schweißgerätes bläst, um für Kühlung zu sorgen. Wie oben ergibt diese Abführung von überschüssiger Hitze ein kühleres Schweißgerät, so dass eine Schweißnaht mit einer gleichförmigen, ebenen oberen Oberfläche mit einer höheren Geschwindigkeit erzeugt wird.

[0029] Erfindungsgemäß wird eine Schweißnaht, welche deutlich ebener, als es mit Rührreibschweiß-Techniken und Geräten nach dem Stand der Technik erreichbar ist, erzeugt. Wie man auf **Fig. 6A**, ei-

nem optischen Mikrobild einer Rührschweißnaht einer Aluminiumlegierung 2024 mit einer achtfachen Vergrößerung, sehen kann, ist eine entsprechend dem Stand der Technik erzeugte Schweißnaht uneben und besitzt offene Risse auf ihrer oberen Oberfläche. Die Schweißnaht wurde mit einer FSW-Gerätedrehzahl von 640 rpm und einer Schweißgeschwindigkeit von 6,3 Inch pro Minute erzeugt. Erfindungsgemäß erzeugte Schweißnähte, beispielhaft erklärt anhand der **Fig. 6B**, einem optischen Mikrobild mit derselben Vergrößerung für dasselbe Material, besitzen eine gleichmäßige, ebene Oberfläche ohne Oberflächenrisse. Diese Schweißnaht wurde mit einem mit 640 rpm drehenden FSW-Gerät und einem Schweißen mit einer Geschwindigkeit von 6,3 Inch pro Minute erzeugt. Die in **Fig. 6B** dargestellte Schweißnahtoberfläche wurde mit einem auf der Verbindung zwischen dem Geräteansatz und der Schweißnahtoberfläche auf der Seite entgegengesetzt zu der Schweißrichtung aufgebracht Luft/Wasser-Nebel erzeugt. Es kann erwartet werden, dass diese Verringerung der Unebenheit die Wahrscheinlichkeit des Beginns eines Ermüdungsbruches und einer Oberflächenkorrosion vermindern wird und dass deswegen die Lebensdauer (und Sicherheit) der geschweißten Teile verlängert werden würde. Es wird auch erwartet, dass lange Schweißnähte erzeugt werden können, ohne dass sich Material auf dem Ansatz aufbaut.

[0030] Obwohl nur einige beispielhafte Ausführungsformen dieser Erfindung im Detail oben beschrieben worden sind, wird der Fachmann leicht verstehen, dass viele Veränderungen an den beispielhaften Ausführungsformen möglich sind, ohne grundlegend von den neuen Lehren und Vorteilen dieser Erfindung abzuweichen. Entsprechend sollen alle solche Veränderungen auch vom Umfang dieser Erfindung, wie er in den folgenden Ansprüchen definiert ist, mit umfasst sein. In den Ansprüchen sind alle Mittel- und Funktionsklauseln dazu bestimmt, die hierin beschriebenen Strukturen als die angegebene Funktion durchführend und nicht nur strukturelle Äquivalente, sondern auch äquivalente Strukturen zu umfassen. Obwohl ein Nagel und eine Schraube keine strukturellen Äquivalente sein können, da ein Nagel eine zylindrische Oberfläche einsetzt, um Holzteile aneinander zu befestigen, wohingegen eine Schraube eine spiralförmige Oberfläche einsetzt, können in dem Umfeld einer Befestigung von Holzteilen ein Nagel und eine Schraube dennoch äquivalente Strukturen sein.

Patentansprüche

1. Rührreibschweißgerät, wobei das Gerät einen Gerätekörper (**60**) mit einem Stift und einem Ansatz (**66**) an einem distalen Ende umfasst, wobei der Stift und der Ansatz zum Erzeugen einer Reibungshitze ausgestaltet sind, wenn sie sich zusammen im Kon-

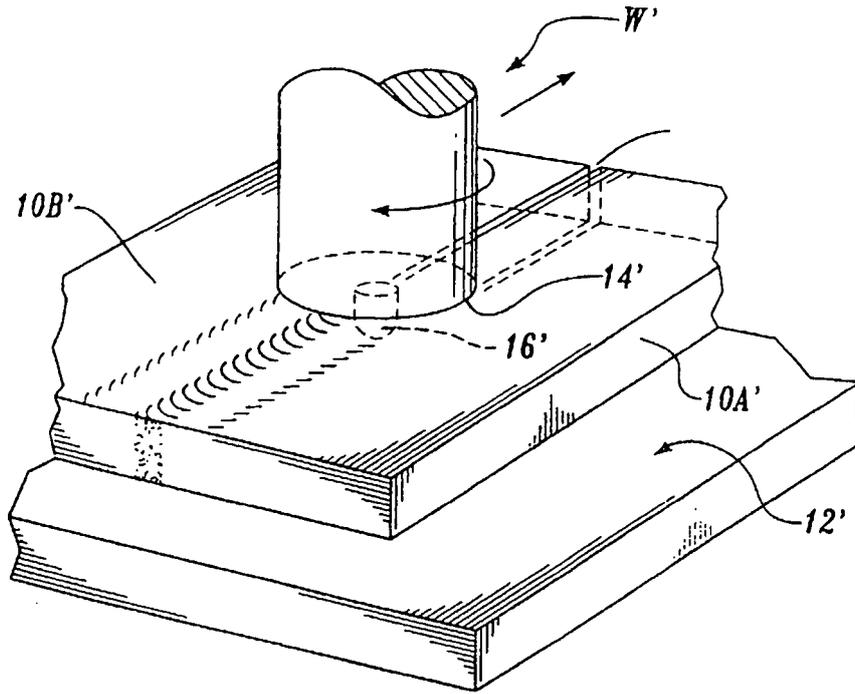
takt mit zu schweißenden Teilen drehen, wobei die Hitze bewirkt, dass eine Schweißnaht zwischen den Teilen gebildet wird, gekennzeichnet durch:
einen in dem Körper des Schweißgerätes definierten Innenraum (**94**), wobei der Raum sich in einer Flüssigkeitsverbindung mit einer Quelle eines Kühlmittels befindet und Wände des Raumes sich in Hitze leitender Verbindung mit dem distalen Ende des Gerätekörpers befinden, wobei, wenn das Kühlmittel während des Schweißbetriebes durch den Raum fließt, dass distale Ende (**64**) gekühlt wird.

2. Gerät nach Anspruch 1, wobei sich der Innenraum in einer Flüssigkeitsverbindung mit einem den Gerätekörper umgebenden Ansatz befindet, wobei der Ansatz (**80**) in Einlass- und Auslass-Abteilungen unterteilt ist, wobei sich die Einlassabteilung des Ansatzes in einer Flüssigkeitsverbindung mit einem Einlass des Innenraumes und der Quelle des Kühlmittels befindet.

3. Rührreibschweißgerät, wobei das Gerät einen Gerätekörper (**100**) mit einem Stift (**106**) und einem Ansatz (**108**) an einem distalen Ende des Gerätekörpers umfasst, wobei der Stift und der Ansatz zum Erzeugen von Reibungshitze ausgestaltet sind, wenn sie sich im Kontakt mit einem zu schweißenden Werkstück drehen, wobei die Hitze eine auszubildende Schweißnaht bewirkt, gekennzeichnet durch:
eine das distale Ende des Gerätekörpers umgebende Ummantelung (**110**), wobei die Ummantelung einen Einlass (**116**) in Flüssigkeitsverbindung mit einer Quelle eines Kühlmittels und einen Auslass (**118**) zum Austritt des aufgeheizten Kühlmittels besitzt, wobei die überschüssige Hitze von dem distalen Ende des Gerätekörpers abgeführt wird, wenn das Kühlmittel während des Schweißens durch die Ummantelung fließt.

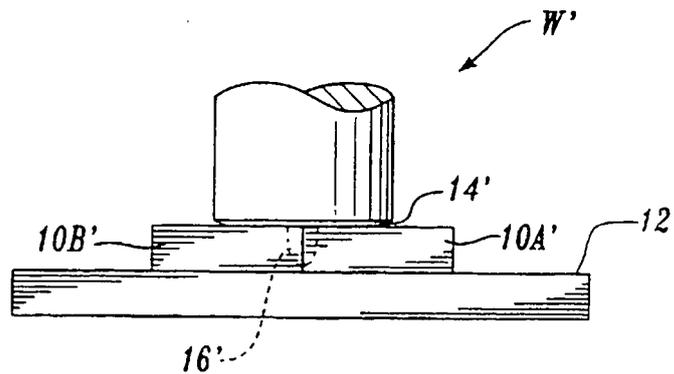
Es folgen 6 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



(Stand der Technik)

Fig. 1 A



(Stand der Technik)

Fig. 1 B

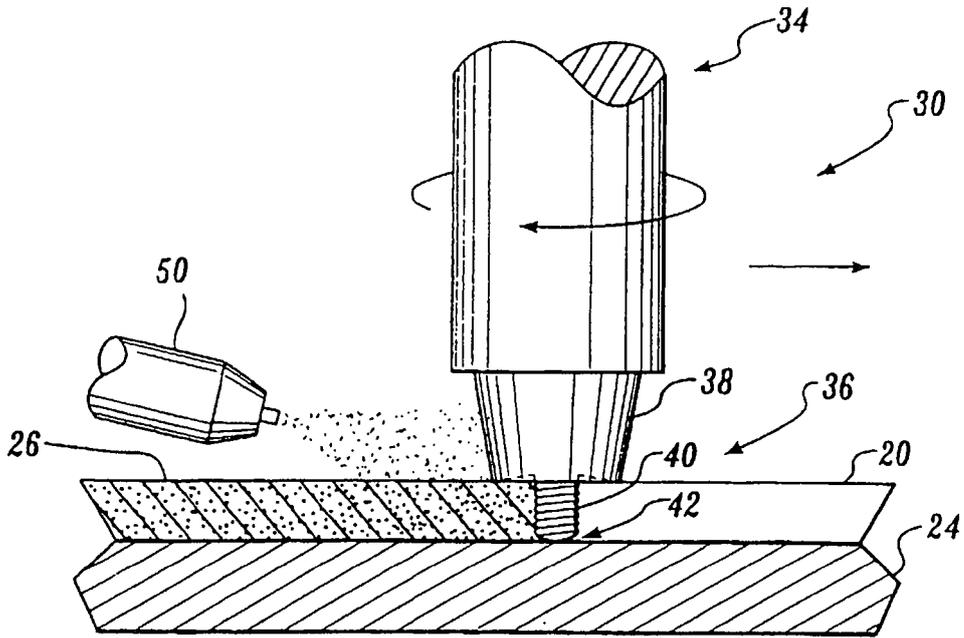


Fig. 2

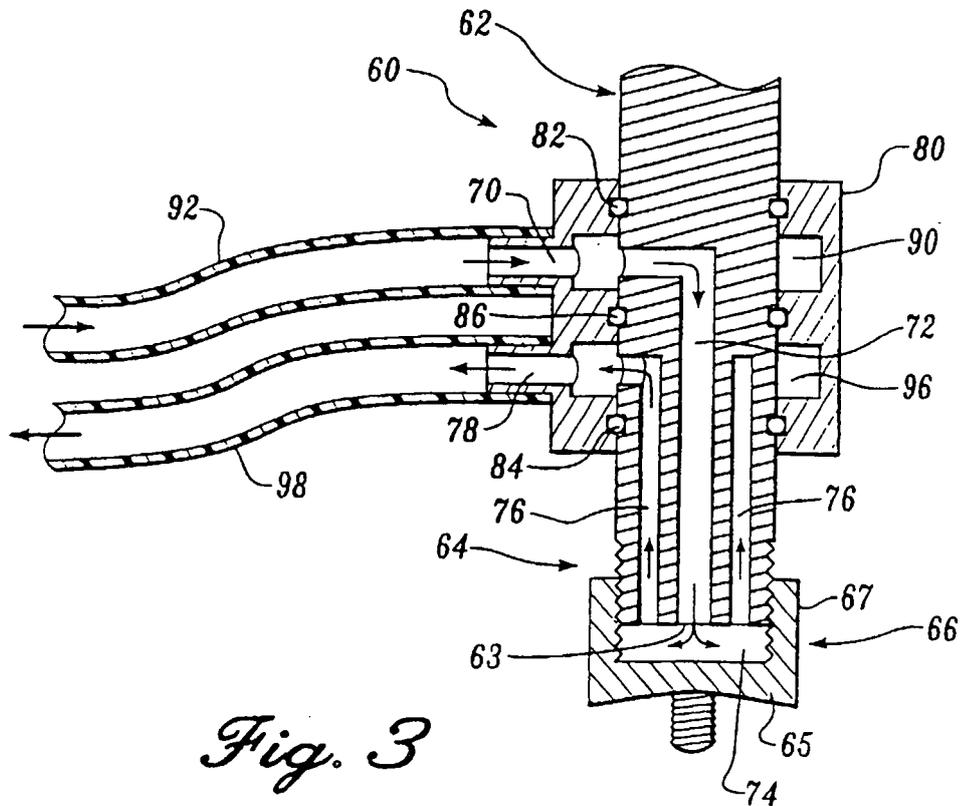


Fig. 3

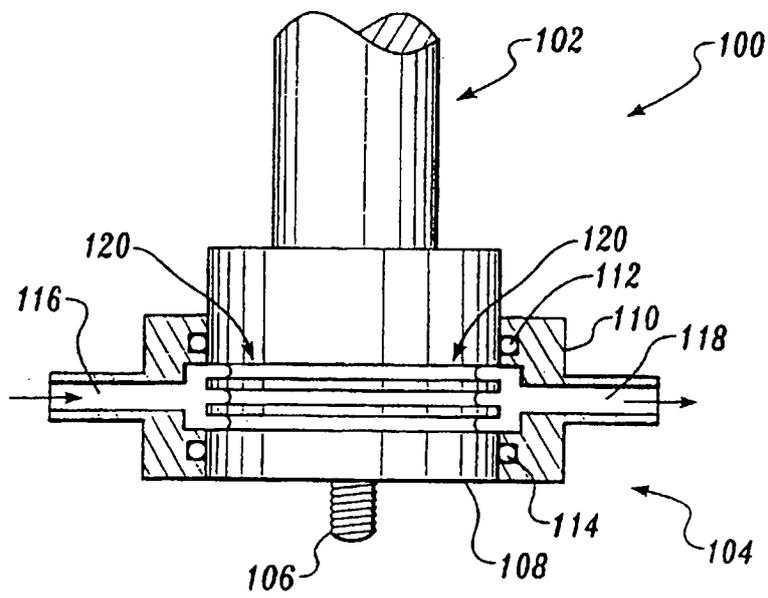


Fig. 4

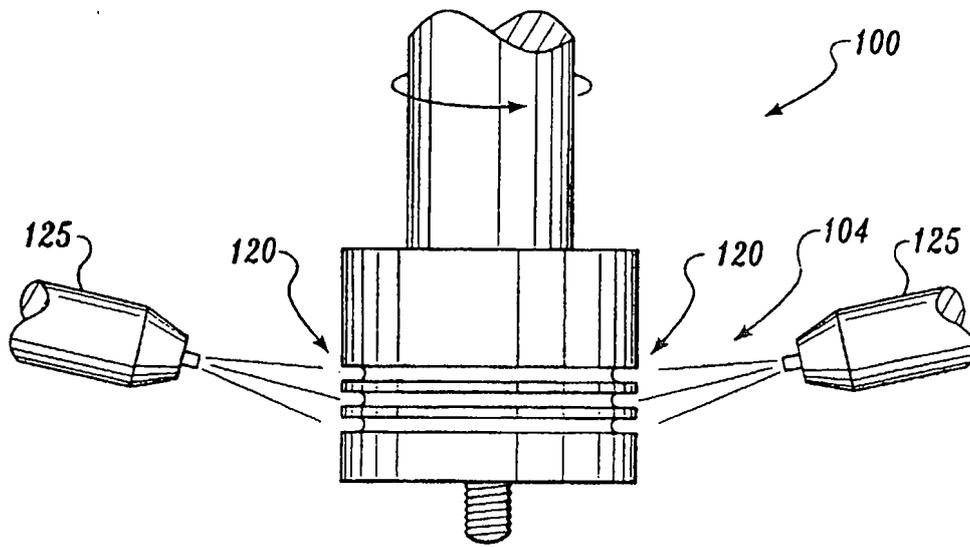


Fig. 5

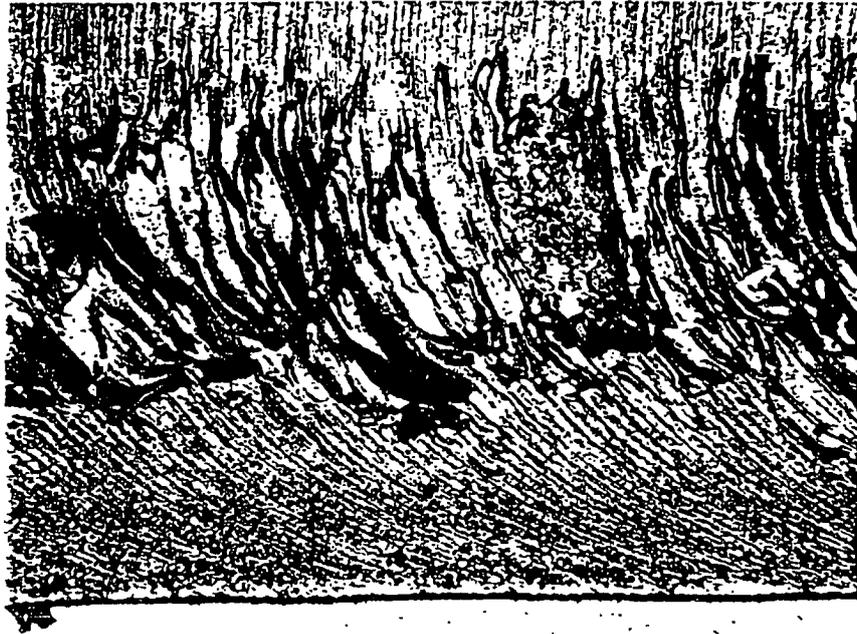


Fig. 6A

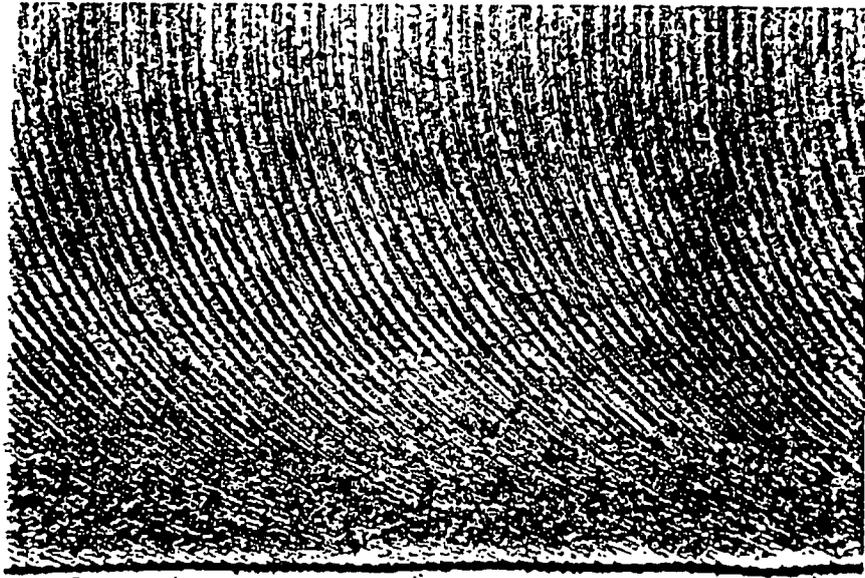


Fig. 6B