



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 698 26 807 T2 2005.10.13

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) EP 0 916 420 B1

(21) Deutsches Aktenzeichen: 698 26 807.5

(96) Europäisches Aktenzeichen: 98 309 271.9

(96) Europäischer Anmeldetag: 12.11.1998

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: 19.05.1999

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: 06.10.2004

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: 13.10.2005

(51) Int Cl.⁷: B21C 37/06

B21C 37/08

(30) Unionspriorität:
968642 12.11.1997 US

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT,
LI, LU, MC, NL, PT, SE

(73) Patentinhaber:
**Kaiser Aerospace & Electronics Corp., Foster City,
Calif., US**

(72) Erfinder:
**Glasier, Jr., Louis F., Anaheim, California 92806,
US; Dosdourian, Michael J., Whittier, California
90603, US**

(74) Vertreter:
**Patentanwälte Kewitz & Kollegen Partnerschaft,
60325 Frankfurt**

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Herstellung von Metallrohren aus schweißbaren duktilen Metallen**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelebt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

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

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf das Formen von zylindrischen rohrförmigen Metallgegenständen aus einem geschweißten Rohrrohling. Die vorliegende Erfindung stellt ein einzigartiges Verfahren zum Formen eines längs erstreckten, verhältnismäßig dünnwandigen zylindrischen rohrförmigen Metallgegenstands mit verbesserten metallurgischen Eigenschaften aus einem geschweißten Rohrrohling mit wesentlich größerer Materialstärke bereit. Die vorliegende Erfindung wirkt auf den Rohrrohling mittels Walz-Strangpressen bei Raumtemperatur ein, um für eine gleichzeitige Reduzierung der Wandstärke und eine Verlängerung der röhrenförmigen Wandstruktur zu sorgen.

[0002] Aus dem Stand der Technik ist es wohl bekannt, dünnwandige Metallrohre einer gewünschten Länge mittels Walz-Strangpressen eines verhältnismäßig dicken Rohrrohlings zu einem dünnwandigen Rohr größerer Länge herzustellen. Solche Rohre werden aus geschmiedeten oder gegossenen nahtlosen Rohrrohlingen geformt. In dem Fall, dass geschmiedete oder gegossene Rohrrohlinge verwendet werden, werden diese mittels unterschiedlicher Raum- oder Hochtemperaturverfahren einschließlich des Walz-Strangpressens zu einem nahtlosen dünnwandigen Endrohr geformt.

[0003] Zum anderen, wenn geschweißte Rohre verwendet werden, die aus einem dicken oder dünnen Blechmaterialvorrat hergestellt wurden, ist das Endresultat ein dick- oder dünnwandiges Rohr mit Naht, welche durch das Schweißen definiert ist; bei der Verarbeitung solcher geschweißter Rohre wird jedoch kein Walz-Strangpressen angewendet.

[0004] Dünnwandige nahtlose Rohre besitzen im Vergleich zu den dünnwandigen geschweißten Rohren hochwertige Eigenschaften wie einheitliche Festigkeit, Korrosionsfestigkeit und Ähnliches. Trotzdem besteht ein erheblicher Unterschied in den Kosten zwischen den Beiden in dem Sinne, dass das nahtlose Rohr sehr viel teurer in der Herstellung ist als das Rohr mit Schweißnaht. Die zusätzlichen Kosten resultieren von den im Vergleich zu den geschweißten Rohlingen höheren Kosten für die geschmiedeten oder gegossenen nahtlosen Rohlinge. Die vorliegende Erfindung betrifft ein einzigartiges Verfahren zum Formen eines im Wesentlichen nahtlosen Rohrs aus einem Rohrrohling mit Schweißnaht.

[0005] Die US 4,690,716 offenbart ein nahtloses Rohrmaterial, das aus geschweißten Vorläufern aus Zirkonium- oder Titan-Material mittels sukzessiven Erhitzens vollständig durch die Wand hindurch von Längssegmenten von geschweißten Rohren geformt wurde, um das Material in die Betaphase zu überführen und die Segmente danach schnell abzuschrecken, wobei das Erhitzen und Abschrecken so bewirkt wird, dass das Wachstum von Betakörnern innerhalb des Materials verhindert wird. Das Rohr wird dann kalten Reduzierungsschritten wie Pilgern unterzogen, um die Wanddicke für das endgültige Rohr auf die gewünschte Wanddicke zu reduzieren. Das zuletzt eingestellte Material wird danach einer Rekristallisation oder einem Entspannungsglühen unterzogen.

[0006] Die vorliegende Erfindung stellt ein Verfahren zur Herstellung von Metallrohren aus schweißbaren und duktilen Metallen bereit, mit den Schritten: Ein rohrförmiger Rohrmaterialvorrat einer vorgewählten Länge, der aus einem flachen Blechmaterialvorrat zu einer zylindrischen Form geformt wurde und eine Schweißnaht aufweist, die aus dem Ausgangsmaterial des Blechmaterialvorrats ausgebildet ist, wird verwendet, um die einander gegenüberliegenden Enden des zylindrisch geformten Blechmaterialvorrats zu verbinden; der Rohrmaterialvorrat wird zugeschnitten, um Rohrrohlinge einer gewünschten Länge auszubilden; die Rohrrohlinge werden im Wesentlichen vollständig ausgeglüht, gefolgt von einer raschen Abkühlung und einem Entfernen von überschüssigem Schweißmaterial von der äußeren Oberfläche der Rohrrohlinge; Walz-Strangpressen der Rohrrohlinge, um gewalzte Rohrrohlinge einer größeren Länge auszubilden und zugleich die Wandstärke um mindestens 30% zu reduzieren; und die gewalzten Rohrrohlinge werden im Wesentlichen vollständig ausgeglüht, gefolgt von einer raschen Abkühlung, um mechanische Spannungen zu beseitigen, die von dem Walz-Strangpressen resultieren, und um die Kornstruktur des Schweißmaterials neu auszubilden, sodass diese vergleichbar zu der Metall-Mikrostruktur des ungeschweißten Ausgangsmaterials ist, sodass die gewalzten Rohrrohlinge fertige, nahtfreie Rohre darstellen.

[0007] Ferner stellt die vorliegende Erfindung ein Verfahren zum Herstellen von Metallrohren aus schweißbaren und duktilen Metallen bereit, mit den Schritten: Ein rohrförmiger Rohrmaterialvorrat einer vorgewählten Länge wird aus einem flachen Blechmaterialvorrat zu einem Rohrrohling einer zylindrischen Form geformt, der eine Schweißnaht aufweist, die aus dem Ausgangsmaterial des Blechmaterialvorrats ausgebildet ist, um die einander gegenüberliegenden Enden des zylindrisch geformten Blechmaterialvorrats zu verbinden; der geformte Rohrrohling wird vollständig ausgeglüht, gefolgt von einer raschen Abkühlung; der Rohrrohling wird zu

einem kreisförmigen Profil gerade gerichtet und gerundet; der Rohrrohling wird im Wesentlichen vollständig ausgeglüht, gefolgt von einer raschen Abkühlung und einem Entfernen von überschüssigem Schweißmaterial von der äußeren Oberfläche des Rohrrohlings; Walz-Strangpressen des Rohrrohlings, um einen gewalzten Rohrrohling einer größeren Länge auszubilden, wobei zugleich die Wandstärke um mindestens 30% reduziert wird; und der gewalzte Rohrrohling wird im Wesentlichen vollständig ausgeglüht, gefolgt von einer raschen Abkühlung, um eine mechanische Spannung zu entfernen, die von dem Walz-Strangpressen resultiert, und um die Kornstruktur der Schweißverbindung neu auszubilden, sodass diese vergleichbar zu der Metall-Mikrostruktur des ungeschweißten Ausgangsmaterials ist, sodass der gewalzte Rohrrohling ein fertiges, nahtfreies Rohr darstellt.

[0008] Daher wird in der vorliegenden Erfindung der geschweißte Rohrrohling in der Weise behandelt, dass die Mikrostruktur der Schweißung im Rohr im Wesentlichen durch komplett metallurgische Rekristallisation und chemische Homogenisierung verwischt wird, sodass er im Wesentlichen nicht von dem Ausgangsmaterial des ursprünglichen Blechmaterialvorrats zu unterscheiden ist. Dies ist hauptsächlich ein nahtloses oder nahtfreies Rohr mit einer gleichgerichteten geschmiedeten Kornstruktur. Dies wird erzielt durch die Anwendung von thermischer Behandlung und kontrollierter mechanischer Verformung des ursprünglichen geschweißten Rohrrohlings bei Raumtemperatur.

[0009] Der Schritt des Walz-Strangpressens, der oben erwähnt wurde, kann mittels Geräten und Techniken durchgeführt werden, die aus dem Stand der Technik wohl bekannt sind. Beispielsweise kann der Schritt des Walz-Strangpressens mittels des Verfahrens und des Geräts, die in dem U.S. Patent mit der Nummer US 3,222,905 gezeigt und beschrieben werden und das am 14. Dezember 1965 an A.W. Ernestus für ein „Verfahren zum Formen von röhrenförmigen Metallprodukten mittels Walz-Strangpressen“ erteilt wurde, durchgeführt werden.

[0010] Daher stellt die vorliegende Erfindung ein verbessertes Verfahren zum Herstellen von im Wesentlichen nahtlosen Metallrohren aus geschweißten Rohrrohlungen bereit, die im Vergleich zu Metallrohren wie sie zurzeit aus geschweißten Rohrrohlungen hergestellt werden außerordentlich verbesserte mechanische Festigkeit und Härte sowie erhöhte Korrosionsfestigkeit aufweisen. Dies ist auf die verbesserte Einheitlichkeit der Mikrostruktur und der Beseitigung der mechanischen und metallurgischen Auswirkungen an Kerbanhäufung der Schweißverbindung zurückzuführen.

[0011] Daher ist es ein Ziel der vorliegenden Erfindung, ein einmaliges Verfahren zum Herstellen eines geschweißten Metallrohrs, das im Wesentlichen nahtlos oder nahtfrei ist, bereitzustellen.

[0012] Ein weiteres Ziel der vorliegenden Erfindung ist es, solch ein nahtloses oder nahtfreies Rohr aus geschweißtem Rohrmaterialvorrat mit dem Verfahren herzustellen, das im Wesentlichen die Schweißnaht reformiert, um eine Mikrostruktur zu erhalten, die im Wesentlichen die gleiche Mikrostruktur wie die des Ausgangsmaterials ist.

[0013] Andere Ziele, Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden aus der anschließenden Beschreibung und den beigefügten Ansprüchen ersichtlich, in Verbindung mit den angehängten Zeichnungen, wobei die Zeichnungen Folgendes zeigen:

[0014] [Fig. 1](#) ist ein Blockdiagramm, das die im erfindungsgemäßen Verfahren angewandten Schritte A–F aufzeigt;

[0015] [Fig. 2](#) ist eine mikroskopische Aufnahme von hundertfacher Vergrößerung eines Schedule 40S Rohrmaterialvorrats nach Schritt B und zeigt die unterschiedliche Kornstruktur zwischen dem Ausgangsmaterial und dem Schweißmetall;

[0016] [Fig. 3](#) ist eine mikroskopische Aufnahme von hundertfacher Vergrößerung des Rohrmaterialvorrats aus [Fig. 2](#) nach dem weiteren Ausglühschritt von Schritt D und zeigt die Kornstrukturen des Schweißmetalls bei zwei unterschiedlichen Ausglühtemperaturen; und

[0017] [Fig. 4](#) ist eine mikroskopische Aufnahme von hundertfacher Vergrößerung des Rohrrohlings, der aus dem Rohrmaterialvorrat in [Fig. 2](#) geformt wurde, nach dem Walz-Strangpressen in Schritt E und dem Ausglühen in Schritt F.

[0018] In der folgenden Beschreibung wurden eine Reihe von Bezugnahmen zu Ausdrücken und Beschrei-

bungen, die im Stand der Technik bekannt sind, aufgezeigt. Zur besseren Handhabung wurden solche Ausdrücke und Beschreibungen in das WÖRTERBUCH DER AUSDRÜCKE UND SPEZIFIKATIONEN; das der Beschreibung folgt, aufgenommen.

[0019] Das vorliegende erfindungsgemäße Verfahren kann zur Ausbildung von im Wesentlichen nahtlosen Rohren aus Metallen wie rostfreiem Stahl, Titan, Aluminium oder aus beliebigen anderen schweißbaren, duktilen Metallegierungen verwendet werden. In der folgenden Beschreibung wird das Verfahren auf Rohre angewendet, die aus austenitischem ASTM/ASME-A/SA312 – Edelstahl hergestellt wurden. Zusätzlich kann das vorliegende erfindungsgemäße Verfahren mit geschweißten Rohrrohlingen, die eine weite Spanne von Durchmessern und Wandstärken abdecken, durchgeführt werden.

[0020] Der geschweißte Rohrrohling wird aus einem flachen Blechmaterialvorrat geformt. Nachdem der Blechmaterialvorrat in eine zylindrische Form geformt worden ist, werden die gegenüberliegenden, sich axial erstreckenden Stirnseiten mittels einer Schweißverbindung, die mittels Schmelzschweißung bewerkstelligt wird, verbunden, und zwar mit oder ohne Schweißzusatzwerkstoff, der im Wesentlichen die gleiche Zusammensetzung aufweist wie das Ausgangsmaterial des Blechmaterialvorrats. Das Ergebnis ist jedoch ein geschweißtes Endrohr, bei dem die Mikrostruktur der Schweißnaht deutlich von der des Ausgangsmaterials abweicht. Es ist die Schweißnaht, die das Rohr mit Schweißnaht im Vergleich zu nahtlosen Rohren mit geringerer Festigkeit, Korrosionsfestigkeit und anderen Eigenschaften ausstattet. Diese Problematik wird weitestgehend durch die im Wesentlichen nahtfreien Rohre, die nach der vorliegenden Erfindung geformt wurden, überwunden.

[0021] Beispielsweise kann das erfindungsgemäße Verfahren verwendet werden, um austenitischen ASTM/ASME-A/SA312 – Edelstahl, geschweißte Schedule 40S Rohrwandstärke in Rohrdurchmesser („Nominal Pipe Size“ (NPS)) von 150 mm (6 Inch) 170 mm (6, 625) bis 610 mm (24 Inch) 610 mm (24,000 Inch) im Außendurchmesser zu entsprechender nahtloser Schedule 5S und 10S Rohrwandstärke mit Rohrdurchmesser (NPS) von 150 mm (6 Inch) 170 mm (6,625) bis 610 mm (24 Inch) 610 mm (24,000 Inch) im Außendurchmesser (gezeigt in der folgenden Tabelle von Rohrdurchmessergrößen und Wandstärken Schedule) umzuwandeln.

Tabelle A

Rohrdurchmesser (NPS) und Schedule (Wandstärke)

NPS	Tatsächlicher Außendurchmesser	Sch 40S	Sch 10S	Sch 5S
150 mm (6 ")	170 mm (6,625 ")	7 mm (0,280 ")	3 mm (0,134 ")	2,5 (0,100 ")
200 mm (8 ")	220 mm (8,625 ")	8 mm (0,322 ")	4 mm (0,148 ")	2,5 (0,100 ")
250 mm (10 ")	275 mm (10,750 ")	9 mm (0,365 ")	4 mm (0,165 ")	3 mm (0,134 ")
300 mm (12 ")	325 mm (12,750 ")	9,5 mm (0,375 ")	4,5 mm (0,180 ")	4 mm (0,156 ")
360 mm (14 ")	360 mm (14,000 ")	9,5 mm (0,375 ")	5 mm (0,188 ")	4 mm (0,156 ")
400 mm (16 ")	400 mm (16,000 ")	9,5 mm (0,375 ")	5 mm (0,188 ")	4 mm (0,165 ")
460 mm (18 ")	460 mm (18,000 ")	9,5 mm (0,375 ")	5 mm (0,188 ")	4 mm (0,165 ")
510 mm (20 ")	510 mm (20,000 ")	9,5 mm (0,375 ")	5,5 mm (0,218 ")	5 mm (0,188 ")

560 mm (22 ")	560 mm (22,000 ")	9,5 mm (0,375 ")	6 mm (0,250 ")	5,5 mm (0,218 ")
610 mm (24 ")	610 mm (24,000 ")	9,5 mm (0,375 ")	6 mm (0,250 ")	5,5 mm (0,218 ")

[0022] Die Verfahrensschritte, um das nahtfreie Rohr aus einem geschweißten Rohrrohling herzustellen, werden als Schritte A–F in [Fig. 1](#) gezeigt.

[0023] Da die Vorrichtung zur Metallformung der Schritte A, B, C und D, wie das vorgenannte '905 Patent veranschaulicht, bekannt ist, und daher solch speziellen Details keinen Teil der vorliegenden Erfindung darstellen, wurden solche Details zum Zwecke der Einfachheit weggelassen.

Schritt A

[0024] Der Schedule 40S geschweißte Rohrmaterialvorrat aus Edelstahl wird hergestellt in Übereinstimmung mit ASTM/ASME-A/SA312, Typ 304/304L. Der Rohrmaterialvorrat wird aus einem flachem Blechmaterialvorrat hergestellt, zylindrisch geformt und mittels Wolfram-Gas-Lichtbogenschweißung („gas tungsten arc welded“ (GTAW))) entlang den gegenüberliegenden Stirnseiten von beiden Seiten (OD & ID) ohne Schweißzusatzmaterial geschweißt. Der Rohrmaterialvorrat kann so wie er geformt wird typischerweise eine Länge von um die 6 m (20 feet) aufweisen.

Schritt B

[0025] Als Nächstes wird der Rohrmaterialvorrat bei etwa 1040 °C (1900 °F) vollständig ausgeglüht und innerhalb von etwa 10 Minuten rasch auf 425 °C (800 °F) abgekühlt. Der Rohrmaterialvorrat wird dann zu einem kreisförmigen Profil gerade gerichtet und gerundet.

Schritt C

[0026] Der Rohrmaterialvorrat, der wie erwähnt um die 6 m (20 feet) lang sein kann, wird in verschiedene Längen geschnitten, um Rohrrohlinge ausgewählter Länge zu formen. Diese ausgewählten Längen können abhängig von dem endgültig herzustellenden Rohr oder den endgültig herzustellenden Rohren variieren.

Schritt D

[0027] Die Rohrrohlinge werden danach gereinigt und für etwa 1/2 Stunde bei einer Temperatur zwischen um die 1050 °C (1925 °F) und um die 1120 °C (2050 °F) vollständig ausgeglüht, gefolgt von einer raschen Abkühlung. Der Rohrrohling wird danach OD geschliffen, um Schweißmaterial, das sich an der Schweißnaht gebildet hat, zu entfernen und um eine glatte Außenoberfläche bereitzustellen.

Schritt E

[0028] Als Nächstes wird der Rohrrohling bei Raumtemperatur mittels Walz-Strangpressen in einer Weise, die allgemein beschrieben werden soll, zu einem dünnwandigen Rohr geformt. Der Schritt des Walz-Strangpressens kann in einem Durchlauf oder in mehreren Durchläufen, abhängig von der Größe des Rohrrohlings und der gewünschten endgültigen Wandstärke und Länge, durchgeführt werden. Wie aus Tabelle A hervorgeht, wurde die Wandstärke des Schedule 40S Rohrrohlings auf eine Schedule 10S Wandstärke oder im Weiteren auf eine Schedule 5S Wandstärke reduziert. Daher kann die Wandstärke typischerweise um mindestens 30%, ausgehend vom Rohrmaterialvorrat, zum endgültig geformten Rohrrohling, reduziert werden.

[0029] Das Walz-Strangpressen in Schritt E stellt ein rotierendes mechanisches Verformungsverfahren dar, in dem eine Walze mit einer Reihe von in Umfangsrichtung beabstandeten, rotierenden gehärteten Stahlwalzen in die Wandstärke von der Innendurchmesseroberfläche eines Rohres eingepresst werden, während der Außendurchmesser des Rohres mittels einer gehärteten Stahleinschließung oder Press- bzw. Schneidrings eingespannt wird. Wenn die Rohrlänge über die rotierenden Walzen und durch den Press- bzw. Schneidring reduziert wird, verringert dieses Walz-Strangpressen die Wandstärke des gesamten Rohrs und erhöht die Gesamtlänge, während ein konstanter Außendurchmesser beibehalten bleibt. Wie weiter unten beschrieben wird, können einzelne oder mehrere Schritte zur Reduzierung der Wandstärke durchgeführt werden, um die gewünschte endgültige Wandstärke zu erhalten, die eine resultierende mechanische Spannung von der gesamten Wandreduzierung hervorruft. Eine komplette Rekristallisation der Schweißnaht wird danach im nachträglichen Ausglühzyklus in Schritt F durchgeführt.

Schritt F

[0030] Der mittels Walz-Strangpressens behandelte Rohrrohling wird vollständig ausgeglüht, um die mechanische Spannung, die vom Bearbeiten mittels des Walz-Strangpressens stammt, zu entfernen und um die Mikrostruktur der Schweißung auf eine im Vergleich zu der Mikrostruktur des (ungeschweißten) Ausgangsmaterials gleichgerichtete Schmiedekornstruktur zu homogenisieren und zu rekristallisieren.

[0031] Die gewalzten Rohrrohlinge werden gereinigt und danach durch Erhitzen bei etwa 1050 °C (1925 °F) vollständig ausgeglüht und innerhalb von rund 10 Minuten unter etwa 425 °C (800 °F) abgekühlt. Die Rohre werden danach entzündert und wie benötigt geschliffen.

[0032] Deshalb kann das Verfahren geschweißte Rohre aus Edelstahl (ASTM/ASME-A/SA312, Typ 304/304L) mit Schedule 40S Wand-Deshalb kann das Verfahren geschweißte Rohre aus Edelstahl (ASTM/ASME-A/SA312, Typ 304/304L) mit Schedule 40S Wandstärke zu einem entsprechenden nahtlosen und vollständig geschmiedeten Schedule 5S und 10S Rohrrohling mit Rohrdurchmessern von 150 bis 610 mm (6 bis 24 Inch) („nominal pipe size“ NPS) umarbeiten.

[0033] Die mechanischen Eigenschaften der umgearbeiteten Schedule 10S Rohrrohlinge können all die Spezifikationsanforderungen für nahtlose Rohre aus ASTM/ASME-A/SA312, Typ 304/304L, wie spezifischer Fes-

tigkeitsgegenzug, Umformfestigkeit, Dehnungsfestigkeit, in longitudinaler und in senkrecht zur Achse geprüfter Richtungen, erfüllen oder übertreffen. Der Rohrrohling kann ebenfalls den Anforderungen der Ausbreitprobe und der Biegeprüfung von ASTM/ASME-A/SA312 genügen.

[0034] Zusätzlich können mechanische Anforderungen wie umgekehrtes Abflachen, Fackeltest, Flanschtest und Härteanforderungen von ASTM-A249 (eine Spezifikation sowohl für geschweißte als auch für nahtlose Rohre) erfüllt und übertroffen werden.

[0035] Der Schedule 10S Rohrrohling aus Edelstahl wird eine Vielzahl von ASTM Korrosionstestanforderungen, wie Tests der Schweißnahtzerfallskorrosion für ASTM-A249 und Tests der interkristallinen Korrosion („intergranular corrosion“ IGA) für ASTM-A 262 der Verfahren A, B, C, E und F erfüllen oder übertreffen. Insbesondere die Ergebnisse des Tests der Schweißnahtzerfallskorrosion für ASTM-A249 sind insofern signifikant, dass ein Korrosionsverhältnis vom Schweißungsmaterial zu Ausgangsmaterial von bis zu 1,25 als akzeptabel erachtet wird, während das Verhältnis eines typischen nahtfreien Rohres, das entsprechend der vorliegenden Erfindung bearbeitet wurde, weniger als 1,0 beträgt. Dieses verbesserte Korrosionsverhalten ist auf die Rekrystallisation und das Homogenisieren der Schweißung zurückzuführen.

[0036] Die Beurteilung der Mikrostruktur der Wandstärke des Schedule 10S Rohrrohlings offenbart eine geschmiedete Struktur mit durchgehend ASTM in den Korngrößen, die von Nummer 4 bis 6 für das (unge schweißte) Ausgangsmaterial, das rekristallisiert und vollständig geschmiedet war, und mit ausgerichteten ASTM-Korngrößen, die von Nummer 5 bis 6,5 in dem Schweißmetall und in der von der Hitze beeinflussten Zone der vorherigen Schweißverbindung reichen.

[0037] Daher kann das im Wesentlichen nahtfreie Rohr im Wesentlichen alle die mechanischen Eigenschaften und verbesserten Korrosionsresistenzen eines nahtlosen ASTM/ASME-A/SA312 Rohres vorweisen.

[0038] Allgemein und wie zuvor erwähnt verwendet das erfindungsgemäße Verfahren ein Walz-Strangpress – Verfahren, das ähnlich zu dem Verfahren ist, welches in der U.S. Patentschrift mit der Nummer US 3,222,905 für ein „Verfahren zum Formen von rohrförmigen Metallprodukten durch Walz-Strangpressen“, erteilt am 14. Dezember 1965 an A.W. Ernestus, gezeigt und beschrieben wurde. Daher kann in der vorliegenden Erfindung ein geschweißter Rohrrohling, der anfangs eine relativ kurze Länge aufweist und dickwandig ist, wie in Tabelle A gezeigt, mittels Vorrichtungen, wie sie das '905 Patent zeigt und beschreibt, mittels Walz-Strangpressen bearbeitet werden. Wie im '905 Patent gezeigt wird, kann eine axiale Zugkraft auf den Rohrrohling über ein Greif- bzw. Klammerwerkzeug im Eingriff mit einer in der Innenwand nahe einem Ende des Rohlings gefrästen Kupplungsaussparung oder einer ringförmigen, einwärts vorstehenden Lippe, die an einem Ende des Rohrrohlings geformt wurde, aufgebracht werden. Der Rohrrohling wird dann in einen kranzförmigen, ringartigen Größenpressring eingesetzt und eine Streckverbindung in den Rohrrohling eingesetzt und an das Ende des Rohrrohlings entweder mit dem Greif- bzw. Klemmwerkzeug oder mit danach auf die innere Oberfläche des Rohrrohlings ein und wird in einer fixierten, radial gegenüberliegenden Lagebeziehung zu dem Pressring gehalten und eine starke axiale Zugkraft wird auf das Ende des Rohrrohlings mittels einer geeigneten Zugeinheit über die Streckverbindung aufgebracht. Wie erwähnt weist die Walzvorrichtung eine Reihe von in Umfangsrichtung beabstandeten, rotierenden gehärteten Stahlwalzen auf, die radial nach Außen gerichtet betätigt werden können, um gepresst im Eingriff mit der inneren Oberfläche des Rohrrohlings zu sein. Auf diese Weise wird der Rohrrohling durch den Pressring gezogen, während sein Innenraum pressgewalzt wird, wodurch sich sein Innen durchmesser vergrößert, sich die Wandstärke reduziert und er mit der Hilfe der axialen Zugkraft extrudiert wird, wenn er durch den gespannten äußeren Pressring gezogen wird.

[0039] Während das '905 Patent nur eine Walzvorrichtung mit einem einzigen Satz von gehärteten Stahlwalzen aufzeigt, können aber auch mehrere Sätze von Stahlwalzen verwendet werden, um für eine weitere Reduzierung der Wandstärke zu sorgen. Dieser letztere Konstruktionstyp wird das Walz-Strangpressen des Rohrrohlings in einem Durchlauf durch die Walzvorrichtung und den Pressring auf die gewünschte Wandstärke und Länge erleichtern.

[0040] Das Ergebnis des oben beschriebenen Verfahrens ist die im Wesentlichen vollständige Verwischung bzw. Auslöschung der Schweißnaht mittels der im Wesentlichen vollständigen metallurgischen Rekrystallisation und chemischen Homogenisierung, wobei die Schweißstelle und das Ausgangsmaterial im Wesentlichen die gleichen Kornstrukturen aufweisen. Dies kann anhand der mikroskopischen Aufnahmen der [Fig. 2–Fig. 4](#) des Verfahrens veranschaulicht werden, das bei dem Rohrvorrat aus geschweißtem Edelstahl, wie erwähnt, angewendet wird. Daher zeigt [Fig. 2](#) deutlich die unterschiedlichen Kornstrukturen zwischen dem Material der Schweißnaht und dem Ausgangsmaterial. [Fig. 3](#) zeigt einen signifikanten Grad an Gleichförmigkeit zwischen

der Kornstruktur des Materials der Schweißung und der Kornstruktur des Ausgangsmaterials aufgrund der Rekristallisation (vergleiche [Fig. 3](#) mit [Fig. 4](#)). Am Ende, wenn das Verfahren beendet ist, ist die Kornstruktur des Materials der Schweißung und des Ausgangsmaterials metallurgisch im Wesentlichen gleichförmig (siehe [Fig. 4](#)). Daher wandelt das erfindungsgemäße Verfahren geschweißten Rohrvorrat in einen fertigen gleichwertigen nahtlosen Rohrrohling effizient um.

[0041] Während die obige Beschreibung nur mit Bezug auf Edelstahl gemacht worden ist, so soll dennoch festgestellt werden, dass das Verfahren auch auf andere Eisenmetalle wie auch auf andere Materialien wie Titan, Aluminium und andere im Wesentlichen schweißbare und duktile Metalle angewandt werden kann. Es soll im Weiteren festgestellt werden, dass während der vorhergehenden Beschreibung die Umwandlung des Rohrvorrats mit Schedule 40S Wandstärke zu Schedule 10S Wandstärke erwähnt wurde, das Verfahren aber auch genauso gut angewandt werden kann, um Schedule 40S Wandstärke zu Schedule 5S Wandstärke oder andere ähnliche Reduzierungen umzuwandeln.

WÖRTERBUCH DER BEGRIFFE UND SPEZIFIKATIONEN

1. ASTM-A312 austenitischer Edelstahl: Eine Beschreibung der Amerikanischen Gesellschaft zum Testen und für Materialien („American Society for Testing and Materials (ASTM)“) benennt „ein nahtloses und geschweißtes austenitisches Edelstahlrohr“, das vierundvierzig (44) Sorten von austenitischem Edelstahl verkörpert, einschließlich Sorten von Zusammensetzungen des Typs 304 und 316. „Austenitisch“ bezieht sich auf die metallurgische Struktur der Legierungen.
2. ASTM-SA312 austenitischer Edelstahl: Eine Beschreibung der Amerikanischen Gesellschaft zum Testen und für Materialien benennt „nahtlose und geschweißte austenitische Edelstahlrohre“, die im Wesentlichen identisch zu ASTM-A312 sind.
3. Schedule 405, 10S, usw.: Schedule bezieht sich auf die Wandstärke des Rohrrohlings.
4. OD: OD („outside diameter“) bezieht sich auf den Außendurchmesser des Rohrs.
5. ID: ID („inside diameter“) bezieht sich auf den Innendurchmesser des Rohrs.
6. Rohrdurchmesser („Nominal Pipe Size“ (NPS)): NPS bezieht sich auf den Außendurchmesser eines Rohrs für Rohre bis einschließlich 300 mm (12 Inch). Der Innendurchmesser (ID) für Rohre bis einschließlich 300 mm (12 Inch) ist zusätzlich ungefähr gleich zur NPS. Rohre mit 360 mm (14 Inch) und größer beziehen sich ebenfalls auf den Außendurchmesser des Rohrs als Rohrdurchmesser.
7. Gleichgerichtete geschmiedete Kornstruktur: Die gleichgerichtete Kornstruktur bezieht sich auf eine Mikrostruktur bestehend aus Körnern mit einer Längen-, Weiten- und Höhendifferenz von in etwa der gleichen Größe. Normalerweise ist die Korngröße einer Legierung ein relatives Maß der Agglomerationsgröße von zusammengewachsenen Kristallen. Geschmiedet betrifft dabei die Verarbeitungsgeschichte der Rohrkörper, wobei das Rohr durch mechanisches Bearbeiten, wie beispielsweise Schmieden, Hämmern und Extrudieren, ausgebildet wurde, was im Gegensatz zu den Körnern steht, die sich im Schmelzzustand befinden.
8. Schweißnahtzerfall ASTM-A249: Dieser Test bezieht sich auf Rohrmaterial, wird jedoch auch bei geschweißten Rohren angewandt. Trotzdem wird der Test nicht für geschweißte Rohre benötigt. Der Test schließt das Eintauchen von Rohrproben in eine kochende 20%-ige Salzsäure für eine Zeit ein, die ausreicht, um 40 bis 60% des Ausgangs- bzw. Basismetalls zu entfernen. Die mittlere Reduzierung der Stärke des Schweißmetalls wird mit der Stärke des Ausgangs- bzw. Basismetalls verglichen, wobei ein Verhältnis von 1,25 oder weniger akzeptabel ist.
9. IGA ("Intergranular Attack" Korngrenzenangriff) Korrosionsversuch für ASTM-A262, Ausführungen A, B, C, E und F.: Eine Reihe von chemischen Belichtungsversuchen, die bestimmen, ob ein Edelstahl auf einen Korngrenzenangriff (Korngrenze) in unterschiedlichen korrosiven Umgebungen aufgrund der Chemie und der thermisch-mechanischen Vergangenheit des Rohrs empfindlich ist.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen von Metallrohren aus schweißbaren und duktilen Metallen, mit den Schritten:
 - a) ein rohrförmiger Rohrmaterialvorrat einer vorgewählten Länge, der aus einem flachen Blechmaterialvorrat zu einer zylindrischen Form geformt wurde und eine Schweißnaht aufweist, die aus dem Ausgangsmaterial des Blechmaterialvorrats ausgebildet ist, wird verwendet, um die einander gegenüberliegenden Enden des zylindrisch geformten Blechmaterialvorrats zu verbinden;
 - b) der Rohrmaterialvorrat wird zugeschnitten, um Rohrrohlinge einer gewünschten Länge auszubilden;
 - c) die Rohrrohlinge werden im Wesentlichen vollständig ausgeglüht, gefolgt von einer raschen Abkühlung und einem Entfernen von überschüssigem Schweißmaterial von der äußeren Oberfläche der Rohrrohlinge;
 - d) Walz-Strangpressen der Rohrrohlinge, um gewalzte Rohrrohlinge einer größeren Länge auszubilden und

zugleich die Wandstärke um mindestens 30% zu reduzieren; und

e) die gewalzten Rohrrohlinge werden im Wesentlichen vollständig ausgeglüht, gefolgt von einer raschen Abkühlung, um mechanische Spannungen zu beseitigen, die von dem Walz-Strangpressen resultieren, und um die Kornstruktur des Schweißmaterials neu auszubilden, sodass diese vergleichbar zu der Metall-Mikrostruktur des ungeschweißten Ausgangsmaterials ist, sodass die gewalzten Rohrrohlinge fertige, nahtfreie Rohre darstellen.

2. Verfahren zum Herstellen von Metallrohren aus schweißbaren und duktilen Metallen, mit den Schritten:

- a) ein rohrförmiger Rohrmaterialvorrat einer vorgewählten Länge wird aus einem flachen Blechmaterialvorrat zu einem Rohrrohling einer zylindrischen Form geformt, der eine Schweißnaht aufweist, die aus dem Ausgangsmaterial des Blechmaterialvorrats ausgebildet ist, um die einander gegenüberliegenden Enden des zylindrisch geformten Blechmaterialvorrats zu verbinden;
- b) der geformte Rohrrohling wird vollständig ausgeglüht, gefolgt von einer raschen Abkühlung;
- c) der Rohrrohling wird zu einem kreisförmigen Profil gerade gerichtet und gerundet;
- d) der Rohrrohling wird im Wesentlichen vollständig ausgeglüht, gefolgt von einer raschen Abkühlung und einem Entfernen von überschüssigem Schweißmaterial von der äußeren Oberfläche des Rohrrohlings;
- e) des Rohrrohlings Walz-Strangpressen, um einen gewalzten Rohrrohling einer größeren Länge auszubilden, wobei zugleich die Wandstärke um mindestens 30% reduziert wird; und
- f) der gewalzte Rohrrohling wird im Wesentlichen vollständig ausgeglüht, gefolgt von einer raschen Abkühlung, um eine mechanische Spannung zu entfernen, die von dem Walz-Strangpressen resultiert, und um die Kornstruktur des Schweißmaterials neu auszubilden, sodass diese vergleichbar zu der Metall-Mikrostruktur des ungeschweißten Ausgangsmaterials ist, sodass der gewalzte Rohrrohling ein fertiges, nahtfreies Rohr darstellt.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 und 2, bei dem der Metall-Rohrmaterialvorrat aus einem austenitischen ASTM/ASME-A/SA312 – Edelstahl hergestellt ist.

4. Verfahren nach Anspruch 1, mit den Schritten:

der rohrförmige Rohrmaterialvorrat einer vorgewählten Länge wird aus dem flachen Blechmaterialvorrat zu einer zylindrischen Form geformt, mit einer Schweißnaht, die aus dem Ausgangsmaterial des Blechmaterialvorrats ausgebildet wird, um die einander gegenüberliegenden Enden des zylindrisch geformten Blechmaterialvorrats zu verbinden;
der geformte Rohrmaterialvorrat wird vollständig ausgeglüht, gefolgt von einer raschen Abkühlung, einem Geraudeziehen und Runden des Rohrmaterialvorrats zu einem kreisförmigen Profil; und
der Rohrmaterialvorrat wird zugeschnitten, um die Rohrrohlinge der gewünschten Länge auszubilden.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1, 2 und 4, bei dem der Metall-Rohrmaterialvorrat aus einem austenitischen Edelstahl hergestellt wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1, 2 und 4, bei dem der Metall-Rohrmaterialvorrat aus einem austenitischen Edelstahl hergestellt wird, wobei das Schweißmaterial, das neu ausgebildet wird, eine einachsige Schmiede-Kornstruktur aufweist, die vergleichbar zu der Mikrostruktur des vollständig ausgeglühten Ausgangsmetalls ist.

7. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem:

der rohrförmige Rohrmaterialvorrat in dem Schritt a) ein austenitischer Edelstahl ist;
zwischen den Schritten a) und b) der Rohrmaterialvorrat bei etwa 1040°C (1900°F) vollständig ausgeglüht wird, gefolgt von einer raschen Abkühlung;
das im Wesentlichen vollständige Ausglühen des Schrittes d) zwischen etwa 1050°C (1925°F) und 1120°C (2050°F) ausgeführt wird; und
das im Wesentlichen vollständige Ausglühen des Schrittes e) bei etwa 1050°C (1925°F) ausgeführt wird.

8. Verfahren nach Anspruch 2, bei dem:

der rohrförmige Rohrmaterialvorrat in dem Schritt a) ein austenitischer Edelstahl ist;
das vollständige Ausglühen des Schrittes b) bei etwa 1040°C (1900°F) ausgeführt wird;
das im Wesentlichen vollständige Ausglühen des Schrittes d) zwischen etwa 1050°C (1925°F) und 1120°C (2050°F) ausgeführt wird; und
das im Wesentlichen vollständige Ausglühen des Schrittes f) bei etwa 1050°C (1925°F) ausgeführt wird.

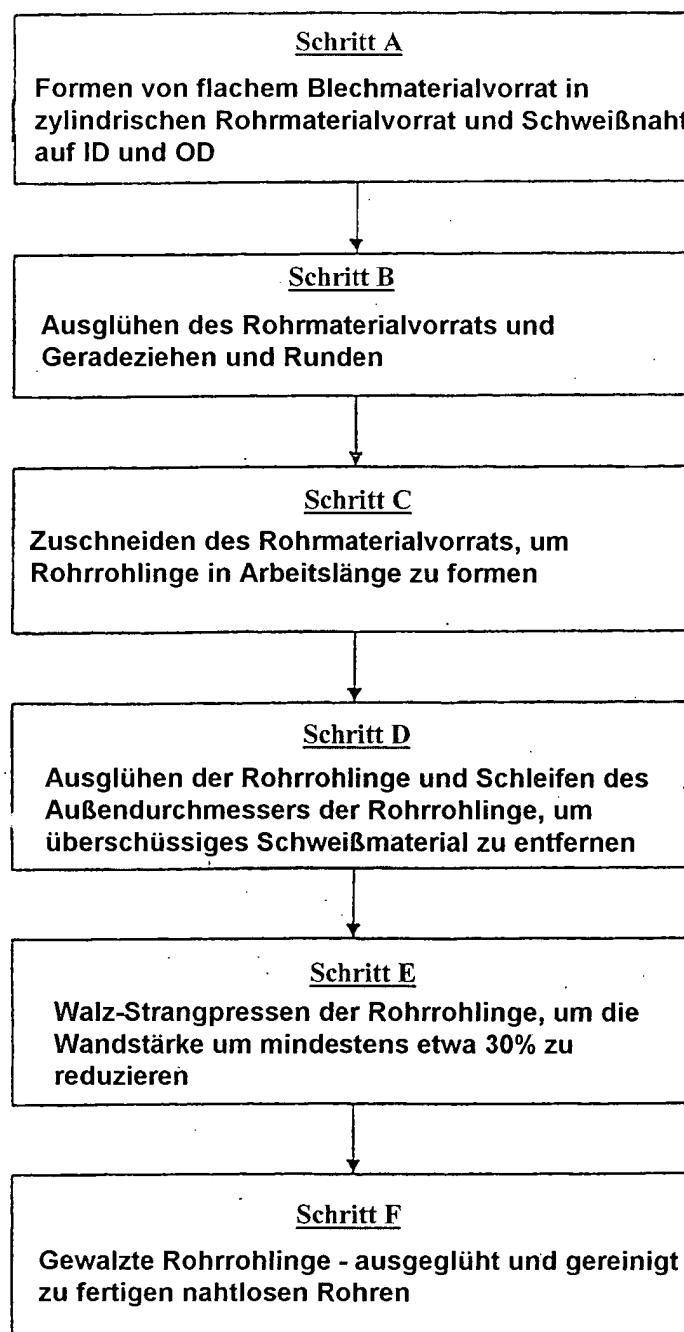
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1, 2, 4, 7 und 8, bei dem das Schweißmaterial, das neu gebildet wurde, eine einachsige Schmiede-Kornstruktur aufweist, die vergleichbar zu der Kornstruktur der Mikrostruktur

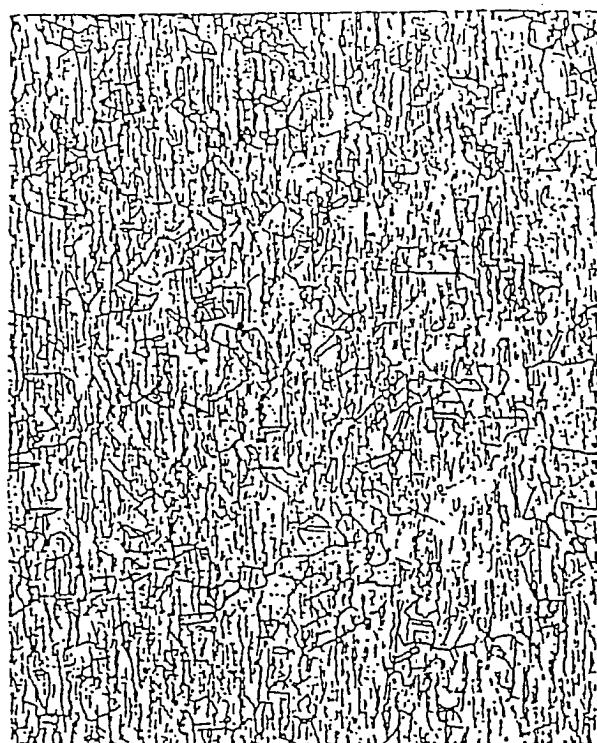
DE 698 26 807 T2 2005.10.13

des vollständig ausgeglühten Ausgangsmetalls ist.

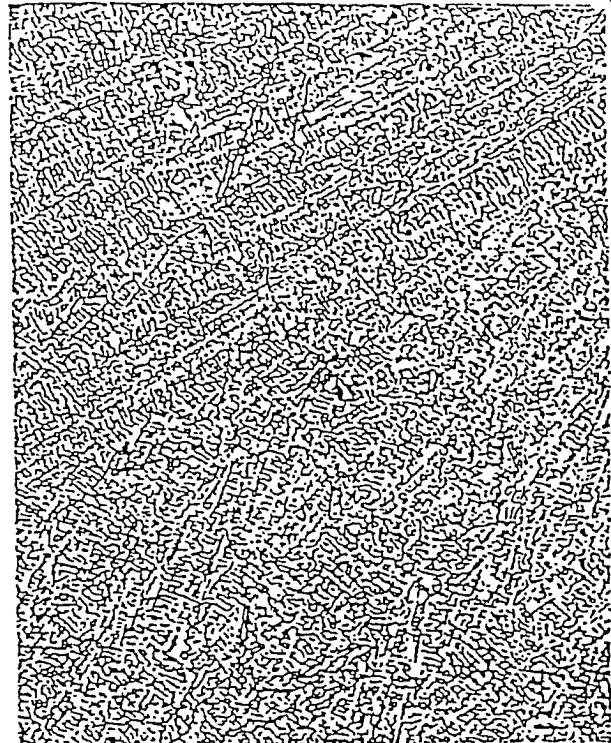
Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

Figur 1





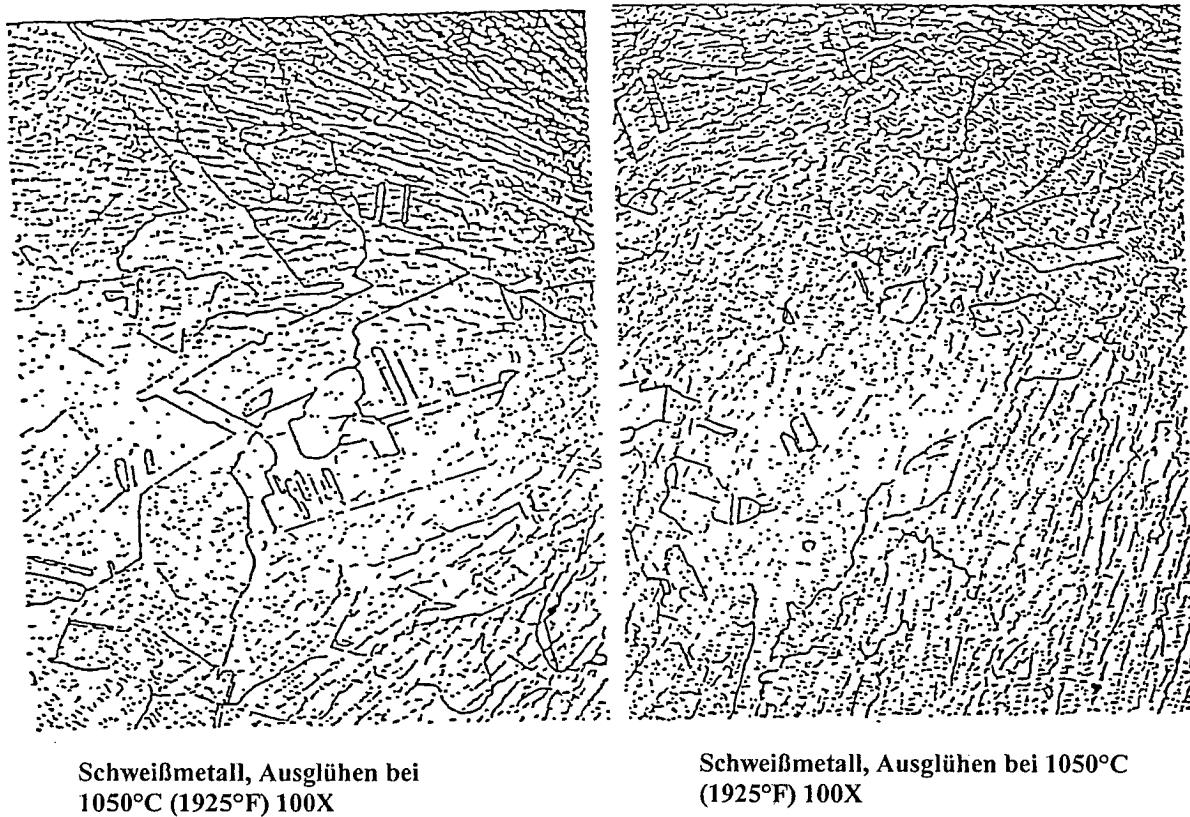
Ausgangsmetall 100X



Schweißmetall 100X

Mikroaufnahmen
nach Schritt B

Figur 2



Mikroaufnahmen von Schweißmetall
nach Schritt D

Figur 3



Ausgangsmetall 100X



Schweißmetall 100X

Mikroaufnahmen
nach den Schritten E & F

Figur 4