

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 1 232 808 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:

21.08.2002 Patentblatt 2002/34(51) Int Cl.7: **B21B 45/02, B21B 19/06**(21) Anmeldenummer: **02000996.5**(22) Anmeldetag: **17.01.2002**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

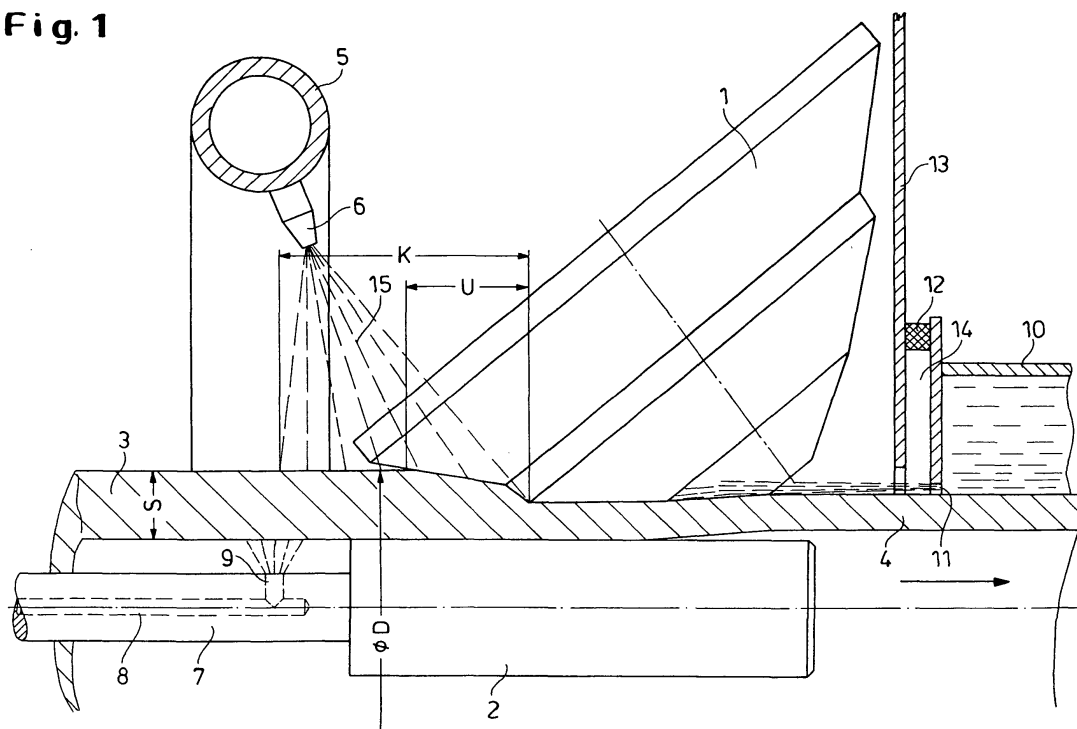
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE TR**

Benannte Erstreckungsstaaten:

AL LT LV MK RO SI(30) Priorität: **17.02.2001 DE 10107567**(71) Anmelder: **SMS Meer GmbH****41069 Mönchengladbach (DE)**(72) Erfinder: **Roller, Erling****45133 Essen (DE)**(74) Vertreter: **Valentin, Ekkehard****Patentanwälte****Grosse-Valentin-Gihske****,Hammerstrasse 2****57072 Siegen (DE)**(54) **Verfahren zum Kaltwalzen von nahtlosen Kupferrohren**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen von nahtlosen NE-Rohren, insbesondere von nahtlosem Kupferrohr aus einer stranggegossenen oder stranggepreßten Rohrluppe und dem anschließenden Walzen der Rohrluppe, insbesondere auf einem Planetenschrägwalzwerk, zu einem Rohr. Erfindungsgemäß wird die Rohrluppe (3) zur Ausbildung einer

Kühlzone (K) in der einlaufenden Umformzone (U) des Walzwerks durch allseitig konzentrisch gerichtetes, intensives Besprühen mit Kühlmedien (15), vorzugsweise unter hohem Druck beaufschlagt und dabei eine solche Wärmemenge abgeführt, daß ein Temperaturanstieg des gewalzten Kupferrohres (4), insbesondere auf Rekristallisationstemperatur, zumindest teilweise unterdrückt wird.

Fig. 1**EP 1 232 808 A2**

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen von nahtlosen NE-Rohren, insbesondere von nahtlosem Kupferrohr aus einer stranggegossenen oder stranggepreßten Rohrluppe und deren anschließendem Walzen insbesondere auf einem Planetenschrägwalzwerk.

[0002] Ein derartiges Herstellungsverfahren zum Kaltwalzen von Kupferrohren ist in dem Dokument US 4,876,870 beschrieben. Es handelt sich dabei um ein Verfahren zum Herstellen von Rohren aus Ne-Metallen, wie Kupfer, Nickel, Zirkonium oder Titanium bzw. deren Legierungen, bei Umgebungstemperatur aus stranggegossenem oder extrudiertem Vormaterial, umfassend planetarisches Kaltwalzen, um eine Reduktion von wenigstens 70% in einem einzelnen Stich zu erreichen, wobei infolge der Reduktion als Widerstand des Materials gegen die Deformation ein Temperaturanstieg bis zur Kristallisationstemperatur erfolgt und sich bei Kupfer eine Korngröße im Bereich von 0,005 bis 0,050 mm ergibt. Bei Kupfermaterial erfolgt der Temperaturanstieg während des Walzens bis auf Werte zwischen 250 °C und 750 °C.

[0003] Beim Walzen der zuvor genannten Materialien macht man sich den physikalischen Effekt zunutze, dass sich das Walzmaterial nur durch die Umformarbeit so weit erhitzen kann, bis die für eine Rekristallisation ausreichende Temperatur erreicht wird. Dabei durchläuft das Material während des Walzvorganges zwei unterschiedliche Phasen. Im Bereich des Kaltwalzens, d. h. ausgehend von der Raumtemperatur bis zum Erreichen einer erhöhten Walztemperatur, tritt zunächst eine Kaltverfestigung des Materials ein. Bei der dann anschließenden weiteren Umformung und dem damit verbundenen weiteren Temperaturanstieg, nimmt die Umformfestigkeit des Materials wieder ab und erreicht ihren niedrigsten Wert in der Zone der höchsten Temperatur. Diese beträgt je nach Höhe des Umformgrades etwa 700 bis 800 °C. In diesem Temperaturbereich findet eine rasche Rekristallisation des Gefüges statt, wenn vorher eine ausreichend hohe Kaltverformung auf etwa 70% durchgeführt wird. Eine niedrige Umformfestigkeit ist gleichbedeutend mit einer niedrigen Zugfestigkeit bzw. Streckgrenze des Materials, d.h., dass dieses praktisch im weichgeglühten Zustand des Walzwerk verläßt.

[0004] Eine Rekristallisation des Gefüges kann in vielen Fällen zweckmäßig sein, weil sie die Weiterverarbeitung erleichtert. Bspw. erfordert eine anschließende Außenverrippung des Rohres ein weichgeglühtes Gefüge mit niedriger Festigkeit, weil sich anderenfalls eine Verrippung nicht ohne Materialfehler durchführen ließe.

[0005] In anderen Fällen ist bei dieser Verarbeitungsstufe ein rekristallisiertes Gefüge nicht erforderlich oder sogar unerwünscht, bspw. bei der Herstellung von Installationsrohren. Versuche mit Hohlstrangguß aus SF-Kupfer der Abmessung 85 Außendurchmesser x 15 mm Wanddicke, über anschließendes Kaltpilgern auf ei-

ne Abmessung 58 x 2,4 mm, haben gezeigt, dass das kaltverfestigte und nicht rekristallisierte Material ohne Probleme zu einem Installationsrohr der Abmessungen 15 x 1 mm weitergezogen werden konnte. Als Grenzfall war sogar ein Ziehen auf die Wärmetauscherrohrabmessung 6,35 x 0,3 mm möglich. Das kaltgepilgerte Rohr wurde bei dieser Bearbeitung nicht zwischengeglüht.

[0006] Kupfer ist ein Werkstoff, welcher ohne zwischenzeitliche Wärmebehandlung hohen Streckungen unterworfen werden kann. Im vorgenannten Beispiel, d. h. bei der Herstellung des Wärmetauscherrohres 6,35 x 0,3 mm hatte die Gesamtstreckung ein Verhältnis 548:1. Das Kaltpilgern ist demnach als ein weit verbreitetes Verfahren bei der Herstellung von Kupferrohren bekannt. Während des Walzens werden Rohr und Walzen mit einer Kühlemulsion beaufschlagt. Weil das Kaltpilgerverfahren darüber hinaus einen guten Umformwirkungsgrad besitzt, verläßt das Rohr ein entsprechendes Walzwerk mit einer Temperatur von < 100 °C.

[0007] Nachteilig beim Planetenschrägwalzverfahren ist außerdem die Tatsache, daß weichgeglühte Kupferrohre, obwohl von der Abmessung her durchaus möglich, nicht direkt auf Trommelziehmaschinen weiterverarbeitet werden können.

[0008] Der Transport der Rohrbunde erfolgt in der Regel in waagerechter Lage in sogenannten Körben. Diese Körbe sind oben offene flache Rundbehälter, die auf Transportbahnen flexibel zu unterschiedlichen Orten transportiert und mit speziellen Hebevorrichtungen auch gestapelt oder in andere Transportebenen geliftet werden können. Dies wird dadurch ermöglicht, daß die Körbe nicht fest mit den Transportmitteln verbunden sind, sondern nur lose aufgelegt oder angehängt werden. Nachteilig bei diesen Körben ist allerdings, daß weiche, vom Planetenschrägwalzwerk herkommende Rohre an der Oberfläche durch den Transport selbst und beim anschließenden Ziehen beschädigt werden können, weil die einzelnen Rohrlagen aufeinanderliegen und beim Transportieren und Ziehen des Rohres aus den Körben heraus aufeinander reiben. Die Beschädigungsgefahr wird um so größer, je höher die Bundgewichte sind. Sie ist bei Trommelziehmaschinen besonders hoch, weil diese gegenüber kontinuierlichen Geradeausziehmaschinen mit mehrfach höherer Geschwindigkeit ziehen. Bei den qualitativ besonders anspruchsvollen, dünnwandigen Rohren für Klimageräte mit Wanddicken bis herunter zu 0,3 mm, auch ACR-Rohre genannt (Air Condition and Refrigeration Tubes), werden die Rohrbunde deshalb nach dem Planetenschrägwalzwerk in eine senkrechte Lage aufgerichtet, um anschließend in dieser Lage auf den von Natur aus langsameren vorgenannten Geradeausziehmaschinen gezogen zu werden. Für den Transport der Hängebunde werden normalerweise mit Haken versehene Kettenbahnen eingesetzt, die fest zwischen zwei Orten installiert sind und deren Zielorte nicht frei angesteuert werden können. Durch diese Maßnahme bindet man sich

aber an ein unflexibles Transportsystem und an eine langsame Ziehtechnik. Dies gilt nur für weiche Rohre, wie sie beim herkömmlichen Planetenschrägwalzen erzeugt werden. Würde es gelingen, auf dem Planetenschrägwalzwerk auch harte, nichtrekristallisierte Rohre herzustellen, wäre man in der Auswahl der anschließenden Transportmittel und Ziehanlagen frei und könnte auch für die Produktion der qualitativ anspruchsvolleren ACR-Rohre einen Bundtransport in Körben sowie Ziehen der Bunde in waagerechter Lage auf schnellen Trommelziehmaschinen einsetzen.

[0009] Auch das vorgenannte Kaltpilgerverfahren hat gegenüber dem Planetenschrägwalzen nicht nur Vorteile.

[0010] Beim Kaltpilgern handelt es sich um ein schrittweises Walzverfahren mit einem hin- und hergehenden Walzgerüst. Um ein maßlich zufriedenstellendes Rohr zu erhalten, muß die eingesetzte Rohrluppe schrittweise vorgeschoben und jeweils um einen Winkel von bspw. 57° gedreht werden. Dieses Vorschieben und Drehen kann nur in den jeweiligen Endpunkten des Walzgerüsts durchgeführt werden, wenn die mit einer speziellen Kalibrierung versehenen Walzen das Rohr kurzzeitig freigeben. Die hierfür zur Verfügung stehende Zeit ist extrem kurz mit der Folge, dass die Luppe mit einer hohen Beschleunigung vorgeschoben und gedreht werden muß. Aus diesem Grunde muß die Masse der Luppe, also das Einsatzgewicht, beschränkt werden. Nach dem heutigen Stand der Technik sind beim Kaltpilgern maximale Luppengewichte von etwa 550 kg einsetzbar. Vom Markt werden aber zusehends höhere Einsatzgewichte verlangt, weil dadurch die Nebenzeiten beim Ziehen und die Anzahl der Transportmittel wie Körbe für die Rohrbunde, herabgesetzt werden.

[0011] Eine Beschreibung der Arbeitsweise eines Rohrkaltwalzwerks im Pilgerverfahren ist der DE-OS 1 752 996 zu entnehmen. Der darin beschriebene Stand der Technik besteht aus auf Walzenzapfen aufgesetzten Triebrädern, die bei der Hin- und Herbewegung des Walzgerüsts mit Zahnstangen im Eingriff stehen und hierbei vor- und rückwärts gedreht werden.

[0012] Bei der aus diesem Dokument bekannten Bauart rutschen, da der Triebrädradius unveränderlich ist und der tatsächliche Abwälzradius der Kaliber sich beim Walzenumlauf in weitem Bereich ändert, die Walzen auf dem zu walzenden Rohr, wodurch die Rohrgüte verschlechtert wird. Die beim Walzenrutschen entstehende und auf den Rohling einwirkende Axialkraft macht es unmöglich, dünnwandige Rohre mit üblichen Vorschüben zu walzen, weil die Rohlingstirnseiten beim Fertigwalzen gegen den Stoß anlaufen, wodurch entsprechend die Walzwerksleistung gesenkt wird. Außerdem wird durch die größere Axialkraft die Lebensdauer einer Reihe von Walzwerken, Vorschubwerken für Rohlinge, Spannvorrichtungen für Dornstangen u.a., gekürzt.

[0013] Wegen der allgemein bekannten Nachteile von intermittierenden, nicht kontinuierlichen Arbeitsweisen geht eine wesentliche Bestrebung nach einem

gleichmäßig ablaufenden Walzprozeß dahin, dem Kaltpilgern das Planetenschrägwalzverfahren vorzuziehen. Dieses Walzverfahren hat den weiteren Vorteil, dass eine Beschränkung der beim Kaltpilgern einsetzbaren Luppengewichte von etwa 550 kg nicht vorhanden sind. Hier braucht die Luppe nur kontinuierlich vorgeschoben zu werden, weshalb sich höhere Einsatzgewichte von 750 kg und mehr erzielen lassen. Dabei wird die Umformung des Materials in einer relativ kurzen Umformzone in einem konstanten Walzprozeß vollzogen.

[0014] Beim Planetenschrägwalzverfahren war jedoch von erheblichem Nachteil, dass sich je nach Höhe des Umformgrades des Materials eine Temperaturerhöhung bis auf 700 bis 800 °C bei gleichzeitiger Rekristallisation des Gefüges automatisch einstellte, auch wenn ein weichgeglühtes Gefüge mit niedriger Festigkeit nicht erforderlich war oder erwünscht war.

[0015] Ausgehend vom vorgenannten Stand der Technik liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Planetenschrägwalzverfahren vorzuschlagen, welches die vorgenannten Nachteile und Schwierigkeiten vermeidet bzw. überwindet, indem es beim Umformprozeß einen Temperaturanstieg bis in Rekristallisationstemperatur zumindest teilweise verhindert, wobei das Material im kaltverfestigten Zustand den Umformprozeß verlassen kann und sich damit wesentlich besser zur weitergehenden Umformung durch Ziehen eignet; auch soll der Produktionsablauf nicht - wie beim Kaltpilgerverfahren - schrittweise hin- und hergehend, sondern kontinuierlich fortschreitend erfolgen.

[0016] Zur Lösung der Aufgabe wird bei einem Verfahren zum Herstellen von nahtlosem Kupferrohr aus einer Rohrluppe und deren anschließendem Walzen auf einem Planetenschrägwalzwerk mit der Erfindung vorgeschlagen, dass die Rohrluppe zur Ausbildung einer Kühlzone in der einlaufenden Umformzone des Walzwerks durch allseitig konzentrisch gerichtetes Besprühen mit Kühlmedien, vorzugsweise unter hohem Druck beaufschlagt und dabei eine solche Wärmemenge abgeführt wird, daß ein Temperaturanstieg des gewalzten Kupferrohres, insbesondere auf Rekristallisationstemperatur, zumindest teilweise unterdrückt wird.

[0017] Damit lassen sich durch das Verfahren nach der Erfindung sowohl die Vorteile des Pilgerschrittverfahrens, als auch die Vorteile des Planetenschrägwalzverfahrens miteinander zu einem äußerst flexiblen und effizienten Herstellungsverfahren für Kupferrohre verbinden.

[0018] Eine Ausgestaltung sieht vor, dass die Umformwärme mit einer Wärmeübergangszahl $> 10.000 \text{ W/m}^2\text{K}$ abgeführt und dabei die Länge der Kühlzone mit $K \geq 2 \text{ U}$ bestimmt wird.

[0019] Eine weitere Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens sieht vor, dass zusätzlich zur Kühlung der Umformzone des Walzwerks von außen her ein Kühlmedium, bevorzugt reines Wasser, durch die Haltestange des Innenwerkzeugs hindurch in die Rohrluppe derart eingespeist wird, dass der Umformzone durch

Verdampfung weitere Wärme entzogen und das Wasser zu 100 % verdampft wird. Durch diese Maßnahme wird die primäre Kühlwirkung auf die Rohrluppe im Bereich vor den Umformwalzen optimiert.

[0020] Eine weitere Ausgestaltung des Verfahrens sieht vor, dass die Einlaufgeschwindigkeit der Rohrluppe in die Umformzone derart eingestellt wird, dass eine Kühlzeit T in der Kühlzone nach folgender Formel entsteht:

$$T = 2U / (V + V/L) + U / (V/L) \geq 2,5; \text{ hierin bedeuten}$$

T = Kühlzeit (sec)

U = Länge der Umformzone der Rohrluppe (m)

V = Rohraustrittsgeschwindigkeit (m/s)

L = Streckung der Rohrluppe

[0021] Eine weitere erfinderische Ausgestaltung des Verfahrens sieht vor, dass auf der Auslaufseite der Umformzone des Walzwerkes eine sekundäre Kühlung eingesetzt wird, bspw. eine mit Kühlwasser geflutete Wasserkammer, um eine Temperaturabsenkung des gewalzten Kupferrohres auf $\leq 100^\circ\text{C}$ zu erzielen.

[0022] Weiterhin sieht das Verfahren nach der Erfindung vor, dass die Sekundärkühlung so eingestellt wird, dass sie das austretende Kupferrohr bereits unmittelbar hinter der Umformzone des Walzwerkes kühlt, wodurch die Temperatur des Kupferrohres mit großer Sicherheit auf $\leq 100^\circ\text{C}$ eingestellt werden kann.

[0023] Und weiter kann mit dem Verfahren in vorteilhafter Weise vorgesehen sein, dass die Sekundärkühlung so dicht an das Abdeckgehäuse des Walzwerkständers herangesetzt wird, dass dieses gegen Austreten von Schutzgas abgedichtet wird, mit dem das Abdeckgehäuse geflutet wird.

[0024] Zur Optimierung des Herstellungsprozesses kann das Verhältnis Luppendurchmesser/Luppenwanddicke mit $D/S \geq 5:1$ festgelegt werden. Und schließlich ist das Verfahren bevorzugt dadurch gekennzeichnet, dass die Streckung der Rohrluppe in der Umformzone auf $L \leq 8$ begrenzt wird.

[0025] Weitere Einzelheiten, Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachstehenden Erläuterung eines in der Zeichnung schematisch dargestellten Ausführungsbeispiels. Es zeigt die

Figur 1 in Seitenansicht und im Schnitt ein Teilstück der zu bearbeitenden Rohrluppe durch Walzen zu einem Rohr auf einem Planetenschrägwalzwerk.

[0026] Die Figur 1 zeigt in einer vereinfachten Form den Walzspalt des Planetenschrägwalzwerkes. Eine von drei Walzen ist mit 1 bezeichnet, das Innenwerkzeug mit 2 und die Rohrluppe mit 3. Diese Rohrluppe 3 wird durch einen nicht gezeigten Einstößler in Pfeilrichtung = Walzrichtung vorgeschoben, bis ihr vorderes Ende von den Walzen 1 erfaßt und durch die Walzen selbst vorgetrieben wird, wobei der Einstößler auch während

des Walzens den Vorschub unterstützen kann. Am Berührungspunkt zwischen Rohrluppe 3 und Walze 1 beginnt die mit U bezeichnete Umformzone. Innerhalb dieser Zone wird nahezu die gesamte Umformarbeit verrichtet, im folgenden Teil wird das Rohr nur noch geglättet.

[0027] Um die Rohrluppe 3 herum ist ringförmig ein Verteilungsrohr 5 angeordnet, welches eine Reihe von Spritzdüsen 6 für eine Kühlflüssigkeit besitzt. Es handelt sich hierbei vorzugsweise um reines Wasser oder um Wasser mit den Wärmeübergang fördernden Additiven, bspw. Tensiden, oder Additiven zum Ausüben einer Schmierwirkung. Der Düsenstrahl (15) wird mit hohem Druck und vorgegebenem Spritzwinkel so auf die Rohrluppe 3 gerichtet, dass eine Kühlzone K abgedeckt wird. Die Länge dieser Kühlzone K beträgt mindestens 2U. Dabei ist berücksichtigt, dass ein Teil der Umformwärme, bedingt durch die gute Wärmeleitung des Kupfers, während des Walzens in die Rohrluppe 3 zurückfließt und hier bereits abgeführt werden kann. Der Druck der Kühlflüssigkeit wird dabei so eingestellt, dass eine Wärmeübergangszahl von mindestens $10.000 \text{ W/m}^2\text{K}$ erreicht wird.

[0028] Mit Vorteil kann zusätzlich durch die Haltestange 7 für das Innenwerkzeug 2 hindurch mittels einer Bohrung 8 mit mindestens einer Austrittsöffnung 9 vorzugsweise reines Wasser in die Rohrluppe 3 eingespritzt werden, um durch die Verdampfung Wärme abzuführen. Dabei wird die Wassermenge so dosiert eingestellt, dass das Wasser möglichst restlos verdampft.

[0029] Auf der Auslaufseite des Planetenschrägwalzwerkes ist eine weitere Wasserkühlung vorgesehen, um die Temperatur des gewalzten Kupferrohres 4 auf $\leq 100^\circ\text{C}$ abzusenken. Diese Wasserkühlung besteht vorzugsweise aus einer geschlossenen Wasserkammer 10 mit Durchlauföffnungen 11 für das Rohr 4. Gegen die Walzrichtung gesehen wird das Kühlwasser so gelenkt, dass es das Rohr schon unmittelbar nach Verlassen der Umformzone des Walzwerkes umspült.

[0030] Wie weiterhin schematisch dargestellt ist, wird die Wasserkammer 10 so dicht an die Walzwerkständerabdeckungen 13 herangeführt, dass mittels einer Dichtung 12 die Abdeckung 13 gegen Austreten von Schutzgas abgedichtet ist. Die Wasserkammer 10 dient dabei als zusätzliche Dichtvorrichtungen für das Gas. Das zwischen der Abdeckung 13 und der Wasserkammer 10 austretende Wasser gelangt in den Spalt 14 und wird hier abgeleitet.

50 Liste der Bezugszeichen

[0031]

- | | |
|---|------------------------------------|
| 1 | Walze des Planetenschrägwalzwerkes |
| 2 | Innenwerkzeug |
| 3 | Rohrluppe |
| 4 | Gewalztes Rohr |
| 5 | Verteilungsrohr |

- 6 Spritzdüse
- 7 Haltestange
- 8 Bohrung
- 9 Austrittsöffnung
- 10 Wasserkammer
- 11 Durchlaßöffnung
- 12 Dichtung
- 13 Walzwerkständerabdeckung
- 14 Spalt
- 15 Kühlwasserstrahlen

V = Rohraustrittsgeschwindigkeit (m/sec)

L = Streckung der Rohrluppe

Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen von nahtlosen NE-Rohren, insbesondere von nahtlosem Kupferrohr aus einer stranggegossenen oder stranggepreßten Rohrluppe und deren anschließendem Walzen, insbesondere auf einem Planetenschrägwalzwerk, **dadurch gekennzeichnet,** **dass** die Rohrluppe (3) zur Ausbildung einer Kühlzone (K) in der einlaufenden Umformzone (U) des Walzwerks durch allseitig konzentrisch gerichtetes Besprühen mit Kühlmedien (15), vorzugsweise unter hohem Druck beaufschlagt und dabei eine solche Wärmemenge abgeführt wird, daß ein Temperaturanstieg des gewalzten Kupferrohres (4), insbesondere auf Rekristallisationstemperatur, zumindest teilweise unterdrückt wird. 20
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,** **dass** die Umformwärme mit einer Wärmeübergangszahl $> 10.000 \text{ W/m}^2\text{K}$ abgeführt und dabei die Länge der Kühlzone mit $K = \geq 2U$ bestimmt wird. 35
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet,** **dass** zusätzlich zur Kühlung der Umformzone (U) des Walzwerkes von außen her ein Kühlmedium, bevorzugt reines Wasser, durch die Haltestange (7) des Innenwerkzeuges (2) hindurch in die Rohrluppe (3) derart eingespritzt wird, dass der Umformzone (U) durch Verdampfung weitere Wärme entzogen und das Wasser zu 100 % verdampft wird. 45
4. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet,** **dass** die Einlaufgeschwindigkeit der Rohrluppe (3) in die Umformzone (U) derart eingestellt wird, dass in der Kühlzone (K) eine Kühlzeit (T) nach folgender Formel entsteht: 50

$$T = 2U / (V + V/L) + U / (V/L) \geq 2,5 \text{ (sec); hierin bedeuten}$$

T = Kühlzeit (sec)

U = Länge der Umformzone der Rohrluppe (m)
5. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet,** **dass** auf der Auslaufseite der Umformzone (U) des Walzwerks eine sekundäre Kühlung eingesetzt wird, bspw. eine mit Kühlwasser geflutete Wasserkammer (10), um eine Temperaturabsenkung des gewalzten Kupferrohres (4) auf $\leq 100 \text{ }^\circ\text{C}$ zu erzielen. 10
6. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet,** **dass** die Sekundärkühlung so eingestellt wird, dass sie das austretende Kupferrohr (4) bereits unmittelbar hinter der Umformzone (U) des Walzwerks kühlt. 15
7. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet,** **dass** die Sekundärkühlung so dicht an das Abdeckgehäuse (13) des Walzwerkständers herangesetzt wird, dass dieses gegen Austreten von Schutzgas abgedichtet wird, mit dem das Abdeckgehäuse geflutet wird. 25
8. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet,** **dass** das Verhältnis Rohrluppendurchmesser (D)/Rohrluppenwanddicke (S) mit $D/S \geq 5:1$ festgelegt wird. 30
9. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet,** **dass** die Streckung (L) der Rohrluppe (3) in der Umformzone (U) auf $L \leq 8$ begrenzt wird. 40

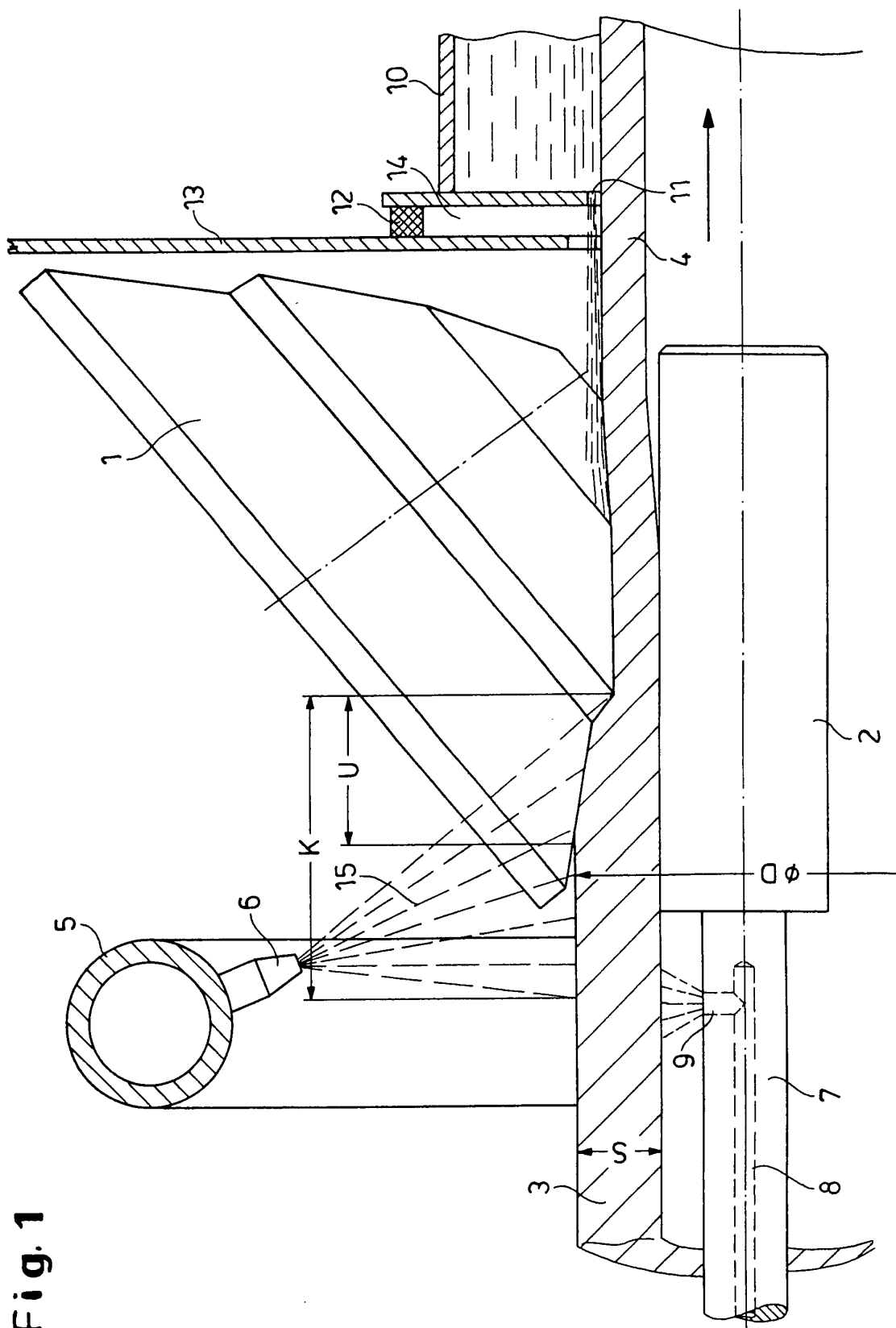


Fig. 1