

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 912 264 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:

02.02.2000 Patentblatt 2000/05

(21) Anmeldenummer: **97932754.1**

(22) Anmeldetag: **04.07.1997**

(51) Int Cl.7: **B21C 1/00**, C21D 8/10

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/DE97/01452

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 98/01242 (15.01.1998 Gazette 1998/02)

(54) **VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG VON PRÄZISIONSSTAHLROHREN**

PROCESS FOR MANUFACTURE OF PRECISION STEEL TUBES

PROCEDE POUR FABRIQUER DES TUBES DE PRECISION EN ACIER

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB IT

(30) Priorität: **08.07.1996 DE 19628714**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
06.05.1999 Patentblatt 1999/18

(73) Patentinhaber: **MANNESMANN
Aktiengesellschaft
40213 Düsseldorf (DE)**

(72) Erfinder:

- **CLAUS, Ronald
D-59514 Welper (DE)**
- **WIETE, Jürgen
D-49326 Melle (DE)**
- **HAHN, Rüdiger
D-59494 Soest (DE)**
- **MEIMETH, Stefan
D-59063 Hamm (DE)**

(74) Vertreter: **Meissner, Peter E., Dipl.-Ing. et al
Meissner & Meissner,
Patentanwaltsbüro,
Hohenzollerndamm 89
14199 Berlin (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:

EP-A- 0 629 009	EP-A- 0 718 411
DE-A- 3 113 207	US-A- 3 975 967
US-A- 4 210 843	US-A- 5 200 005

- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 013, no. 156 (C-585), 14.April 1989 & JP 63 310923 A (SUMITOMO METAL IND LTD), 19.Dezember 1988,**
- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 096, no. 008, 30.August 1996 & JP 08 104945 A (NISSHIN STEEL CO LTD), 23.April 1996,**
- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 004, no. 002 (C-069), 9.Januar 1980 & JP 54 137422 A (NIPPON KOKAN KK), 25.Oktober 1979,**

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 eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 0 912 264 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von Präzisionsstahlrohren durch Kaltumformung von Rohrluppen, insbesondere in mehreren Umformschritten, mit oder ohne Innenwerkzeug.

[0002] Ein derartiges Verfahren ist aus der DE 38 14 648 A1 bekannt.

[0003] Es gehört seit vielen Jahren zum allgemeinen Stand der Technik, nahtlose oder geschweißte Stahlrohre in ihren Abmessungen (Durchmesser und Wanddicke) durch Kaltumformung zu Präzisionsrohren weiter zu reduzieren. Dabei kann mit oder ohne Innenwerkzeug gearbeitet werden. Am weitesten verbreitet ist die Kaltumformung durch Kaltziehen. Es ist aber z.B. auch möglich, die als Einsatzmaterial verwendeten Rohrluppen durch Kaltpilgern auf die gewünschten Abmessungen umzuformen. Letzteres ist üblicherweise auf die Verarbeitung von Edelstählen und Sonderlegierungen beschränkt. Insbesondere beim Kaltziehen werden vorwiegend Rohrluppen aus Baustählen eingesetzt.

[0004] Bei der Kaltumformung von Stählen treten regelmäßig Veränderungen der technologischen Eigenschaften ein. Es kommt je nach Umformgrad zu deutlichen Steigerungen der Zugfestigkeit (Kaltverfestigung). Bei Baustählen ist dies aufgrund des Kohlenstoff- und Stickstoffgehaltes (wesentlich über 0,005 %) unvermeidbar mit erheblichen Verschlechterungen der Duktilität (z.B. Bruchdehnung) verbunden. Die Kaltverfestigung, die vielfach im Endprodukt durchaus erwünscht ist, bringt für die Kaltumformung selbst einen erheblichen Nachteil mit sich, da mit zunehmendem Umfang der Kaltumformung immer größere Kräfte für die weitere Umformung aufgebracht werden müssen, so daß die Leistungsgrenzen der eingesetzten Umformmaschine überschritten werden können. Darüber hinaus stößt die weitere Kaltumformbarkeit wegen der abnehmenden Duktilität an Grenzen. Aus diesen Gründen ist es normalerweise notwendig, nach ein oder zwei Kaltumformschritten eine Gefügeumwandlung durch eine Normalisierungsglühung vorzunehmen. Bevor der nächste Kaltumformschritt erfolgen kann, ist eine Ziehmittel- und Ziehmittelträgerschlüfung vorzunehmen. Dies erhöht den Aufwand der Herstellung von Präzisionsstahlrohren in erheblichem Maße.

[0005] Aus der US 5 200 005 ist ein Verfahren bekannt, nach dem Bleche mit erhöhter Festigkeit und Duktilität durch Warmumformung aus einem sog. IF-Stahl (Interstitial Free) hergestellt werden können. Derartige Stähle sind zur Herstellung von Tiefziehblechen seit vielen Jahren bekannt. In einer ersten Variante sieht die US 5 200 005 die Herstellung von Stahlband durch Vorwalzen bei einer Temperatur von 1260 °C und Fertigwalzen bei etwa 710 °C vor. Nach einer zweiten Verfahrensvariante erfolgt das Vorwalzen bei 850 °C und das Fertigwalzen bei etwa 700 °C.

[0006] Eine Herstellung von Stahlrohren aus IF-Stählen ist bisher nicht bekanntgeworden. Dies dürfte einerseits durch den Umstand bedingt sein, daß IF-Stähle von Natur aus eine vergleichsweise geringe Festigkeit aufweisen. Andererseits lassen sich solche Stähle unter den üblichen Verfahrensbedingungen der Herstellung nahtloser Stahlrohre durch Warmwalzen nicht bearbeiten, da ihr Verformungswiderstand zu gering ist. Auch die Herstellung geschweißter Rohre aus IF-Stahl ist bisher nicht in Erwägung gezogen worden.

[0007] Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren vorzuschlagen, mit dem Präzisionsstahlrohre herstellbar sind, die im Verhältnis zu ihrer Festigkeit eine außerordentlich hohe Duktilität (z.B. Bruchdehnung) besitzen.

[0008] Gelöst wird diese Aufgabe durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen 2 bis 6 angegeben.

[0009] Die Erfindung sieht vor, als Einsatzmaterial für die Herstellung von Präzisionsstahlrohren Rohrluppen aus einem IF-Stahl zu verwenden. Derartige IF-Stähle zeichnen sich durch sehr geringe Massenanteile der Elemente Kohlenstoff und Stickstoff aus, die sich auf Zwischengitterplätzen im Eisenkristallgitter (interstitiell) einlagern. Die Rohrluppen können nahtlos durch Warmwalzen unter speziellen Bedingungen oder durch Schweißen hergestellt werden. Dabei können z.B. übliche HF-Schweißverfahren oder vorteilhafterweise auch Laserschweißverfahren (sehr kleine Wärmeeinflußzone) eingesetzt werden. Das Gefüge der verwendeten Rohrluppen sollte eine Korngröße von mindestens der Güte ASTM6 bis zu ASTM9 aufweisen.

[0010] Die Zusammensetzung des im erfindungsgemäßen Verfahren verwendeten IF-Stahls ist zweckmäßigerweise wie folgt:

	Element	zweckmäßige Zusammensetzung	bevorzugte Zusammensetzung
	C	< 0,005 %	< 0,003 %
	Si	< 0,2 %	ca. 0,02 %
	Mn	0,05 - 0,4 %	0,05 - 0,15 %
	P	< 0,04 %	< 0,01 %
	S	< 0,01 %	< 0,005 %
	Al _{ges}	0,02 - 0,05 %	ca. 0,02 %
	Cu	< 0,1 %	< 0,1 %
	Cr	< 0,2 %	< 0,1 %

(fortgesetzt)

	Element	zweckmäßige Zusammensetzung	bevorzugte Zusammensetzung
5	Ni	< 0,2 %	< 0,1 %
	Mo	< 0,1 %	< 0,01 %
10	(Ti	0,01 - 0,12 %	zusammen
	(Nb	0,01 - 0,24 %	ca. 0,06 %
	B	< 0,0005 %	< 0,0003 %
15	N	0,0020 - 0,0120 %	ca. 0,0050 %
	Rest Eisen und übliche Verunreinigungen		

[0011] Die Rohrluppen aus IF-Stahl lassen sich in hervorragender Weise durch Kaltumformung zu Präzisionsstahlrohren weiterverarbeiten. Bisher wurden solche Präzisrohre üblicherweise aus nahtlosen oder geschweißten Luppen konventioneller Baustähle durch Kaltziehen hergestellt, wobei wegen des eingeschränkten Kaltumformvermögens das Kaltziehen in sehr vielen Teilschritten (Einzelzüge) erfolgen mußte, wenn Rohre mit besonders kleinem Durchmesser erzeugt werden sollten, wie dies beispielsweise bei Präzisionsstahlrohren der Fall ist, die als Kraftstoffeinspritzrohre oder als Vormaterial zur Niet-Herstellung eingesetzt werden sollen. Bei Kraftstoffeinspritzrohren aus Baustahl wird üblicherweise nach jedem Kaltzug eine Normalisierungsglühung durchgeführt. Dieser bekannte Verfahrensablauf ist wegen der vielen Arbeitsschritte mit hohem Aufwand belastet. Hinzu kommt, daß bei der Werkstoffklasse der Baustähle jede verformungsbedingte Festigkeitssteigerung mit einer Verminderung an Duktilität verbunden ist. In vielen Anwendungsfällen von Präzisionsrohren möchte man aber gleichzeitig gute Festigkeits- und Duktilitätswerte haben. Hier bieten Rohre aus IF-Stahl den Vorteil, daß trotz erheblicher Festigkeitssteigerungen infolge Kaltverformung nur vergleichsweise geringe Einbußen bei der Duktilität hingenommen werden müssen.

[0012] Bei den nach der Erfindung eingesetzten nahtlosen oder geschweißten Rohrluppen aus IF-Stahl ergibt sich demgegenüber bei der Kaltumformung eine ganz wesentliche Verringerung des Herstellungsaufwandes. Diese Kaltumformung kann beispielsweise durch Kaltziehen mit oder ohne Innenwerkzeug erfolgen. Bei jedem Einzelzug ergibt sich zwar auch eine Erhöhung der Festigkeit, also eine Erhöhung des Formänderungswiderstands. Diese Erhöhung ist allerdings erheblich geringer als bei einem Kohlenstoffstahl und bei allen anderen in der Präzisionsrohrherstellung üblichen Stählen. Aus diesem Grunde lassen sich Stahlrohre aus IF-Stählen mit vergleichsweise deutlich geringerer Anzahl an Einzelzügen auf eine bestimmte Abmessung reduzieren, als dies bei einem Kohlenstoffstahl der Fall ist. Der Umformgrad bei jedem Einzelzug kann also größer sein. Daher ist die Erfindung auch vorteilhaft, wenn die Kaltumformung lediglich in einem einzigen Umformschritt stattfindet. Weiterhin ist als wesentlich zu beachten, daß im Mittel deutlich mehr Einzelzüge hintereinander durchgeführt werden können, ohne daß zuvor durch eine Glühung eine Reduzierung des Formänderungswiderstandes herbeigeführt werden muß, damit die weitere Kaltumformung auf noch kleinere Abmessungen erfolgen kann. Zweckmäßigerweise beträgt das Verhältnis der Anzahl der Verformungsschritte zur Anzahl der Glühungen mindestens 3, vorzugsweise mindestens 3,5 und besonders bevorzugt mindestens 4. Vorzugsweise sollte die Glühung jeweils unterhalb der Normalisierungstemperatur in einem Temperaturbereich von etwa 680 bis 720 °C erfolgen. Soll die Festigkeitserhöhung nach der Kaltverfestigung weitgehend erhalten bleiben und ist gleichzeitig eine sehr hohe Duktilität erwünscht, kann bei Temperaturen unter 550 °C spannungsarm geglüht werden. Um nach der Kaltumformung eine besonders hohe Festigkeit des erzeugten Präzisionsrohres zu erreichen, kann zweckmäßigerweise nach der letzten Glühung noch eine Kaltumformung in mindestens 3 Verformungsschritten folgen. Dadurch lassen sich ohne weiteres Festigkeitsstufen erreichen, die mit denen üblicher Baustähle (St37) vergleichbar sind, wobei diese günstigen Festigkeitswerte begleitet sind von ausgezeichneten Werten der Duktilität. Insoweit sind die nach dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellten Präzisionsrohre den bekannten Präzisionsrohren aus Kohlenstoffstahl sogar überlegen. Die erfindungsgemäße Herstellung ist insgesamt deutlich weniger aufwendig, obwohl für die Herstellung des Stahlvormaterials ein höherer Aufwand getrieben werden muß, da die Gehalte an Kohlenstoff und Stickstoff auf sehr niedrige Werte abgesenkt werden müssen. Wenn nach der Kaltumformung eine abschließende Glühung bei 680 - 720 °C durchgeführt wird, liefert das erfindungsgemäße Verfahren Rohre oder rohrähnliche Hohlkörper, die bei niedriger Festigkeit eine außergewöhnliche Verformbarkeit besitzen.

[0013] Nachfolgend wird die Erfindung anhand von zwei Ausführungsbeispielen näher erläutert.

Beispiel 1

[0014] Auf einer Kaltziehbank wurde eine nahtlose Rohrluppe aus einem IF-Stahl eingesetzt, die folgende Zusammensetzung aufwies:

C	0,003 %
Si	0,01 %
Mn	0,11 %
P	0,007 %
S	0,005 %
Al _{ges}	0,024 %
Cu	0,05 %
Cr	0,04 %
Ni	0,03 %
Mo	0,01 %
V	< 0,002 %
Ti	0,064 %
Nb	0,0020 %
B	< 0,0003 %
N	0,0046 %
Fe	Rest

[0015] Diese Rohrluppe hatte einen Durchmesser von 42,4 mm und eine Wanddicke von 5,6 mm und wies eine mittlere Korngröße der Güte ASTM6 auf. Das Kaltziehen wurde in insgesamt sechs Einzelzügen bis auf eine Endabmessung von 6,0 mm Durchmesser und 2,0 mm Wanddicke durchgeführt. Nach dem dritten Kaltzug erfolgte eine Glühung bei 680-720 °C. Hätte man ein vergleichbares Rohr aus einem Stahl St37 hergestellt, wäre zwar eine Kaltumformung ebenfalls in sechs Kaltzügen möglich gewesen. Allerdings hätten mindestens drei Zwischenglühungen erfolgen müssen, um den Formänderungswiderstand des Materials auf einen für die benutzte Ziehbank zulässigen Wert zu vermindern.

Beispiel 2

[0016] Eine HF-geschweißte Rohrluppe gleicher Abmessung und gleicher Zusammensetzung wie im Beispiel 1 wurde auf einer Kaltziehbank eingesetzt. Die mittlere Korngröße dieser Rohrluppe entsprach der Güte ASTM7. Die Kaltumformung wurde in insgesamt 11 Kaltzügen durchgeführt, wobei das umgeformte Rohr jeweils nach dem 3., 6. und 8. Zug unterhalb der Normalisierungstemperatur bei 720 °C geglüht wurde. Die Kaltverformung führte zu Präzisionsrohren mit nur noch 2,5 mm Durchmesser und 0,25 mm Wanddicke. Im Falle einer Herstellung derartiger Präzisionsrohre in der konventionellen Weise aus einem St37 wären insgesamt 13 Kaltzüge und 5 Glühungen notwendig geworden.

[0017] Durch den erfindungsgemäßen Einsatz von Rohrluppen aus IF-Stahl läßt sich der für die Erzeugung von Präzisionsstahlrohren notwendige Aufwand vermindern, obwohl beim Einsatzmaterial (Erzeugung der Stahlschmelze) deutlich mehr Aufwand getrieben werden muß. Die gezielte Ausnutzung der Kaltverfestigung durch einen oder mehrere Umformschritte ist vorteilhafterweise möglich ohne eine unerwünscht starke Verschlechterung der Duktilität. Daher sind technologische Eigenschaften darstellbar, die denen einfacher Baustähle (wie z.B. St37) ebenbürtig oder sogar überlegen sind. Dies läßt sich mit vergleichsweise weniger Kaltumformungsschritten realisieren, so daß die Kapazität einer bestehenden Kaltziehbank entsprechend erhöht werden kann.

[0018] Außerdem kann die Zahl der erforderlichen Glühungen zwischen einzelnen Kaltziehschritten wesentlich reduziert werden. Es sind Rohre herstellbar, die ein außerordentlich hohes Umformvermögen aufweisen.

Patentansprüche

- Verfahren zur Herstellung von Präzisionsstahlrohren durch Kaltumformung von Rohrluppen, insbesondere in mehreren Umformschritten, mit oder ohne Innenwerkzeug, dadurch gekennzeichnet, daß als Einsatzmaterial eine Rohrluppe aus IF-Stahl (interstitial free) verwendet wird.

EP 0 912 264 B1

2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
daß ein IF-Stahl mit folgender Zusammensetzung eingesetzt wird:

5		C	< 0,005 %
		Si	< 0,2 %
		Mn	0,05 - 0,4 %
		P	< 0,04 %
10		S	< 0,01 %
		Al _{ges}	0,02 - 0,05 %
		Cu	< 0,1 %
		Cr	< 0,2 %
15		Ni	< 0,2 %
		Mo	< 0,1 %
	mindestens eines der	(Ti	0,01 - 0,12 %
20	beiden Elemente	(Nb	0,01- 0,24 %
		B	< 0,0005 %
		N	0,0020 - 0,0120 %
25		Rest Eisen und übliche Verunreinigungen	

3. Verfahren nach Anspruch 2,
dadurch gekennzeichnet,
daß der IF-Stahl folgende Zusammensetzung aufweist:

30		C	< 0,003 %
		Si	ca. 0,02 %
		Mn	0,05 - 0,15 %
		P	< 0,01 %
35		S	< 0,005 %
		Al _{ges}	ca. 0,02 %
		Cu	< 0,1 %
		Cr	< 0,1 %
40		Ni	< 0,1 %
		Mo	< 0,01 %
	mindestens eines der	(Ti	zusammen
45	beiden Elemente	(Nb	ca. 0,06 %
		B	< 0,0003 %
		N	ca. 0,0050 %
50		Rest Eisen und übliche Verunreinigungen	

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
dadurch gekennzeichnet,
daß nach mehreren Umformschritten jeweils eine Glühung bei 680 bis 720 °C erfolgt, wobei das Verhältnis der
Anzahl der Umformschritte zur Anzahl der Glühungen mindestens 3 beträgt.

5. Verfahren nach Anspruch 4,
dadurch gekennzeichnet,

daß nach der letzten Glühung mindestens noch 1, insbesondere mindestens noch 3 Umformschritte folgen.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
dadurch gekennzeichnet,
daß als Rohluppen geschweißte, insbesondere lasergeschweißte Stahlrohre eingesetzt werden.

Claims

1. A method of producing precision steel tubes by cold forming tube blanks, in particular in several forming stages, with or without an internal die, characterised in that a tube blank of IF (interstitial free) steel is used as the raw material.

2. A method according to claim 1, characterised in that an IF steel of the following composition is used:

	C	< 0.005 %
	Si	< 0.2 %
	Mn	0.05 - 0.4 %
	P	< 0.04 %
	S	< 0.01 %
	Al _{total}	0.02 - 0.05 %
	Cu	< 0.1 %
	Cr	< 0.2 %
	Ni	< 0.2 %
	Mo	< 0.1 %
at least one of the two elements	(Ti	0.01 - 0.12 %
	(Nb	0.01 - 0.24 %
	B	< 0.0005 %
	N	0.0020 - 0.0120 %
	the rest being iron and the usual impurities.	

3. A method according to claim 2 characterised in that the IF steel exhibits the following composition:

	C	< 0.003 %
	Si	approx. 0.02 %
	Mn	0.05 - 0.15 %
	P	< 0.01 %
	S	< 0.005 %
	Al _{total}	approx. 0.02 %
	Cu	< 0.1 %
	Cr	< 0.1 %
	Ni	< 0.1 %
	Mo	< 0.01 %
at least one of the	(Ti	together

(continued)

two elements	(Nb	approx. 0.06 %
	B	< 0.0003 %
	N	approx. 0.0050 %
	the rest being iron and the usual impurities.	

4. A method according to any one of claims 1 to 3, characterised in that each time, after several forming stages, annealing at 680 to 720 °C is carried out, the ratio of the number of forming stages to the number of annealing processes amounting to at least 3.
5. A method according to claim 4, characterised in that the last annealing process is followed by at least another 1, in particular at least another 3, forming stages.
6. A method according to any one of claims 1 to 5, characterised in that welded, in particular laser-welded, steel tubes are used as the tube blanks.

Revendications

1. Procédé pour fabriquer des tubes d'acier de précision par déformation à froid d'ébauches de tube, en particulier en plusieurs étapes de déformation, avec ou sans outil interne, caractérisé en ce que, comme matière de charge, il est utilisé une ébauche de tube en acier IF (« Interstitial Free »).
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'un acier IF ayant la composition suivante est utilisé :

	C	<0,005 %
	Si	<0,2 %
	Mn	0,05 - 0,4 %
	P	< 0,04 %
	S	< 0,01 %
	Al _{ges}	0,02 - 0,05 %
	Cu	< 0,1 %
	Cr	< 0,2 %
	Ni	< 0,2 %
	Mo	< 0,1 %
au moins un des deux éléments	(Ti	0,01 - 0,12 %
	(Nb	0,01 - 0,24 %
	B	< 0,0005 %
	N	0,0020 - 0,0120 %

le restant étant du fer et des impuretés usuelles.

3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que l'acier IF présente la composition suivante :

	C	<0,003 %
	Si	~0,02 %

EP 0 912 264 B1

(suite)

5 10		Mn	0,05 - 0,15 %
		P	< 0,01 %
		S	< 0,005 %
		Alges	~ 0,02 %
		Cu	< 0,1 %
		Cr	< 0,1%
		Ni	< 0,1 %
		Mo	< 0,01 %
15	au moins un des deux éléments	(Ti	ensemble
		(Nb	~ 0,06 %
		B	< 0,0003 %
		N	~ 0,0050 %

le restant étant du fer et des impuretés usuelles.

4. Procédé selon une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que, après plusieurs étapes de déformation, il est effectué, à chaque fois, un recuit à 680 à 720°C, le rapport du nombre des étapes de déformation au nombre des recuits valant au moins 3.
5. Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce que, après le dernier recuit, au moins encore 1, en particulier au moins encore 3 étapes de déformation suivent.
6. Procédé selon une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce qu'il est utilisé, comme ébauches de tube, des tubes d'acier soudés, en particulier soudés au laser.