



(11) **EP 3 720 982 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
20.11.2024 Patentblatt 2024/47

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
C22C 19/03 ^(2006.01) **C22B 4/06** ^(2006.01)
C22F 1/10 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **18826925.2**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
C22C 19/03; C22B 9/18; C22B 9/20; C22F 1/10

(22) Anmeldetag: **03.12.2018**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/DE2018/100980

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2019/110050 (13.06.2019 Gazette 2019/24)

(54) **VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINER NICKEL-BASISLEGIERUNG**

METHOD FOR PREPARING A NICKEL-BASED ALLOY

PROCÉDÉ DE FABRICATION D'UN ALLIAGE À BASE DE NICKEL

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR

(30) Priorität: **04.12.2017 DE 102017128663**
29.11.2018 DE 102018009375

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
14.10.2020 Patentblatt 2020/42

(73) Patentinhaber: **VDM Metals International GmbH**
58791 Werdohl (DE)

(72) Erfinder:
• **GEHRMANN, Bodo**
58840 Plettenberg (DE)

• **ERPENBECK, Burkhard**
59199 Bönen (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-B1- 1 377 690 WO-A1-02/072897
WO-A1-2013/117529 WO-A1-2016/209591
DE-A1- 102015 016 729

• **CHOUDHURY A: "STATE OF THE ART OF SUPERALLOY PRODUCTION FOR AEROSPACE AND OTHER APPLICATION USING VIM/VAR OR VIM/ESR", ISIJ INTERNATIONAL, TOKYO, JP, vol. 32, no. 5, 1 January 1992 (1992-01-01), pages 563 - 574, XP000600856**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer Nickel-Basislegierung.

[0002] Der EP 1 377 690 B1 ist ein Verfahren zur Herstellung einer Superlegierung auf Nickelbasis zu entnehmen, die im Wesentlichen frei von positiver und negativer Seigerung ist, wobei das Verfahren folgendes umfasst:

- Gießen einer Legierung in eine Gießform,
- Glühen und Überaltern der Legierung durch Erwärmung derselben mit mindestens 649°C über eine Dauer von mindestens 10 Stunden,
- Elektroschlackeumschmelzen der Legierung mit einer Schmelzrate von mindestens 3,63 kg/Minute,
- Verbringen der Legierung in einen Wärmeofen innerhalb von 4 Stunden nach der vollständigen Verfestigung,
- Halten der Legierung in dem Wärmeofen bei einer ersten Temperatur von 316°C bis 982°C über eine Dauer von mindestens 10 Stunden,
- Erhöhen der Ofentemperatur von der ersten auf eine zweite Temperatur von mindestens 1163°C dergestalt, dass thermische Spannungen innerhalb der Legierung vermieden werden,
- Halten der Legierung auf der zweiten Temperatur für einen Zeitraum von mindestens 10 Stunden,
- Vakuum-Lichtbogen-Umschmelzen einer VAR-Elektrode der Legierung mit einer Schmelzrate von 3,63 bis 5 kg/Minute um einen VAR-Block herzustellen.

[0003] Die Legierung auf Nickelbasis betrifft bevorzugt Alloy 718 oder Alloy 706.

[0004] Es ist allgemein bekannt, dass Wärmebehandlungen im höheren Temperaturbereich (z.B. 500-1250°C) genutzt werden können, um Steigerungen zu homogenisieren und Spannungen im Material abzubauen.

[0005] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein alternatives, kostengünstigeres Verfahren zur Herstellung einer Nickel-Basislegierung vorzustellen, mittels welchem eine Verbesserung der Mikrostruktur sowie eine Reduzierung von Defekten, welche beim letzten Umschmelzschrift in das Material eingebracht werden, möglich ist, um zukünftigen Kundenanforderungen gerecht zu werden. Gegenüber dem in EP 1 377 690 B1 offenbarten Verfahren sollen Kosten die durch aufwendige Prozessführung zwischen dem ersten und dem zweiten Umschmelzen entstehen vermieden werden. Und die Qualität durch Vermeiden von schmelz- und umschmelzbedingten Fehlern deutlich verbessert werden.

[0006] Diese Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren zur Herstellung einer Nickel-Basislegierung, indem

- eine Elektrode durch VIM, VOF oder VLF erzeugt wird,
- die Elektrode in einem Ofen zur Reduzierung von Spannungen und Überalterung einer Wärmebehandlung im Temperaturbereich zwischen 500 und 1300°C für einen Zeitraum von 10 bis 336 Stunden unterzogen wird, wobei mindestens 10 Stunden und maximal 48 Stunden im Temperaturbereich von 1000°C bis 1300°C wärmebehandelt wird,
- die Elektrode an Luft oder im Ofen auf eine Temperatur zwischen Raumtemperatur und kleiner 900°C abgekühlt wird,
- die abgekühlte Elektrode anschließend durch ESU mit einer Umschmelzrate von 3,0 bis 10 kg/Minute zu einem ESU-Block umgeschmolzen wird,
- der ESU-Block an Luft oder im Ofen auf eine Temperatur zwischen Raumtemperatur und kleiner 900°C abgekühlt wird,
- der ESU-Block erneut mit einer Umschmelzrate von 3,0 bis 10 kg/Minute Und einer Schwankungsbreite der Umschmelzrate von weniger als 15% %, besser noch 10%, idealerweise 5%, mittels VAR umgeschmolzen wird,
- der umgeschmolzene VAR-Block einer Wärmebehandlung im Temperaturbereich zwischen 500 und 1250°C für einen Zeitraum von 10 bis 336 Stunden unterzogen wird,
- der VAR-Block anschließend durch Warm- und/oder Kaltformgebung an die gewünschte Produktform und Abmessung gebracht wird.

[0007] Vorteilhafte Weiterbildungen des erfindungsgemäßen Verfahrens (z.B. weitere VAR Umschmelzschrift) sind den Unteransprüchen zu entnehmen.

[0008] Gegenüber dem Stand der Technik wird auf den Wärmebehandlungsschrift nach dem ESU Umschmelzen verzichtet, die Umschmelzrate genauer festgeschrieben. Die Wärmebehandlung findet somit ausschließlich an der Basislektrode und nicht, wie im Stand der Technik beschrieben, am ESU-Block statt. Das so erzeugte Material weist eine viel geringere Ausprägung von umschmelzbedingten Fehlern auf.

[0009] Durch die gezielte Wärmebehandlung der VIM Blocks werden innere Spannungen abgebaut und Seigerungsdefekte aufgelöst. Dies wirkt sich positiv auf die spätere Umschmelzschrift ESU und VAR aus.

[0010] Eine weitere Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens sieht vor, dass

- eine Elektrode durch VIM erzeugt wird,

EP 3 720 982 B1

- falls die Ni-Basislegierung Gamma-Strich Phase bildet: die Elektrode in einen Ofen verbracht wird, bevor sie kälter als 200°C, idealerweise bevor sie kälter als 250°C ist,
- die Elektrode in einem Ofen zur Reduzierung von Spannungen und Überalterung einer Wärmebehandlung im Temperaturbereich zwischen 500 und 1250°C über einen Zeitraum von 10 bis 336 Stunden, unterzogen wird,
- 5 - die Elektrode an Luft oder im Ofen auf eine Temperatur zwischen Raumtemperatur und kleiner 900°C abgekühlt wird,
- die Oberfläche der Elektrode zur Entfernung von Fehlern und zur Säuberung (z.B. durch Bürsten, Schleifen, Beizen, Trennen, Schälen, etc.) bearbeitet wird,
- die abgekühlte Elektrode anschließend durch ESU mit einer Umschmelzrate von 3,0 bis 10 kg/Minute zu einem ESU-Block mit 400 bis 1500 mm Durchmesser umgeschmolzen wird,
- 10 - der ESU-Block an Luft oder im Ofen auf eine Temperatur zwischen Raumtemperatur und kleiner 900°C abgekühlt wird,
- ggf. die Oberfläche des ESU-Blocks zur Entfernung von Fehlern und zur Säuberung (z.B. durch Bürsten, Schleifen, Beizen, Trennen, Schälen, etc.) bearbeitet wird,
- der abgekühlte ESU-Block einer weiteren Wärmebehandlung im Temperaturbereich zwischen 500 und 1250°C für einen Zeitraum von 10 bis 336 Stunden unterzogen wird,
- 15 - der ESU-Block an Luft oder im Ofen auf eine Temperatur zwischen Raumtemperatur und kleiner 870°C abgekühlt wird,
- der ESU-Block mittels VAR erneut mit einer Umschmelzrate von 3,0 bis 10 kg/Minute und einer Schwankungsbreite der Umschmelzrate von weniger als 15% %, besser noch 10% idealerweise 5% zu einem VAR-Block mit 400 bis 1500mm Durchmesser umgeschmolzen wird,
- 20 - falls die Ni-Basislegierung Gamma-Strich Phase bildet: der VAR-Block in einen Ofen verbracht wird, bevor dieser im Kopfbereich nicht kälter als 200°C, idealerweise bevor diese kälter als 250°C ist,
- der umgeschmolzene VAR-Block einer Wärmebehandlung im Temperaturbereich zwischen 500 und 1250°C für einen Zeitraum von 10 bis 336 Stunden unterzogen wird,
- 25 - der VAR-Block an Luft oder im Ofen auf eine Temperatur zwischen Raumtemperatur und kleiner 900°C abgekühlt wird, oder heiß mit mehr als 850°C an einen Warmformprozess übergeben wird.
- der VAR-Block anschließend durch Warm- und/oder Kaltformgebung (z.B. Schmieden, Walzen, Ziehen,) an die gewünschte Produktform (z.B. Block, Stange, Draht, Blech, Band, Folie) und Abmessung gebracht wird.

- 30 **[0011]** Von Vorteil kann sein, wenn die Elektrode vor ihrer ersten Umschmelzung einer Bearbeitung der Oberfläche (z.B. durch Bürsten, Schleifen, Beizen, Trennen, Schälen etc.) unterzogen wird. Hier können Fehler entfernt werden, welche durch das weitere Umschmelzen nicht beseitigt werden und für spätere Anwendungen von Schaden sein können.
- [0012]** Einem weiteren Gedanken der Erfindung gemäß wird der ESU-Block vor seiner VAR-Umschmelzung einer weiteren Bearbeitung der Oberfläche (z.B. durch Bürsten, Schleifen, Beizen, Trennen, Schälen, etc.) unterzogen, wobei
- 35 auch hier Fehler entfernt werden können, welche durch das weitere Umschmelzen nicht beseitigt werden können.
- [0013]** Einem weiteren Gedanken der Erfindung gemäß wird statt der ESU-Umschmelzung direkt einer VAR-Umschmelzung durchgeführt.
- [0014]** Dieses Verfahren lässt sich auf jede Ni-Legierung und vor allem für Legierungen gemäß Tabelle 1 anwenden.
- [0015]** Im Folgenden wird eine Legierungszusammensetzung vorgestellt, die mittels der erfindungsgemäßen Verfahrensparameter erzeugt werden kann. Alle Angaben sind in Gew.-%:
- 40

	C	max. 0,25
	S	max. 0,03
	Cr	17 - 32
45	Ni	33 - 72
	Mn	max. 1
	Si	max. 1
	Mo	0 - 10
50	Ti	max. 3,25
	Nb	max. 5,5
	Cu	max. 0,5
	Fe	max. 25
	Al	max. 3,15
55	V	max. 0,6
	Zr	max. 0,12
	Co	max. 35

EP 3 720 982 B1

und herstellungsbedingte Verunreinigungen.

[0016] Sowie ggf. optional (Angaben in Gew.-%):

5	Nb + Ta	max. 5,2
	B	max. 0,02
	Se	max. 0,0005
	Bi	max. 0,00005
	Pb	max. 0,002
10	P	max. 0,03

[0017] Vorteilhaft können folgende Elemente wie folgt eingestellt werden (Angaben in Gew.-%):

15	C	max. 0,2
	S	max. 0,02
	Cr	17 - 25
	Ni	45 - 58
	Mn	max. 0,6
20	Si	max. 0,4
	Mo	0-6,1
	Ti	0,1 - 2,7
	Al	max. 1,7
25	Co	max. 13

[0018] Im Folgenden wird ein Beispiel einer Legierung auf Basis von Alloy 718 vorgestellt (Angaben in Gew.-%):

30	C	max. 0,08
	S	max. 0,015
	Cr	17 - 21
	Ni	50 - 55
	Mn	max. 0,35
35	Si	max. 0,35
	Mo	2,8 - 3,3
	Ti	0,65 - 1,15
	Nb	4,75 - 5,5
	Cu	max. 0,3
40	Fe	6 - 25
	P	max. 0,015
	Al	0,2 - 0,8
	Co	max. 1
45	B	max. 0,006
	Ta	max. 0,05
	Pb	max. 0,001
	Se	max. 0,0005
	Bi	max. 0,00005

[0019] Alternativ kann diese Legierung auch höhere Ni-Gehalte aufweisen.

55	C	max. 0,1
	S	max. 0,03
	Cr	17 - 32
	Ni	58 - 79
	Nb	max. 0,6

EP 3 720 982 B1

(fortgesetzt)

5	Fe	max. 18
	C	max. 0,1
	S	max. 0,02
	Cr	17 - 30
	Ni	58 - 72
	Mn	max. 1
10	Si	max. 1
	Mo	0 - 10
	Ti	max. 3,25
	Nb	max. 4,1
	Cu	max. 0,5
15	Fe	max. 18
	Al	max. 3,15
	V	max. 0,6
	Zr	max. 0,1
20	Co	max. 15

[0020] Sowie ggf. optional (Angaben in Gew.-%):

25	B	max. 0,008
	Se	max. 0,0005
	Bi	max. 0,00005
	Pb	max. 0,002
	P	max. 0,03

[0021] Weitere Einschränkungen sind wie folgt denkbar (Angaben in Gew.-%):

30	C	0,01 - 0,04
	Mn	max. 0,5
35	Si	max. 0,5
	Cu	max. 0,2

[0022] Sowie ggf. optional (Angabe in Gew.-%):

40	Mo	8 - 10
----	----	--------

[0023] Im Folgenden wird ein Beispiel einer Legierung auf Basis von Alloy 780 vorgestellt (Angaben in Gew.-%):

45	C	max. 0,1
	S	max. 0,015
	N	max. 0,03
	Cr	16 - 20
	Ni	26 - 62
50	Mn	max. 0,5
	Si	max. 0,3
	Mo	2-4
	Ti	0,1 - 1
55	Cu	max. 0,5
	Fe	max. 10
	P	max. 0,03
	Al	1 - 3

EP 3 720 982 B1

(fortgesetzt)

Mg	max. 0,01
Ca	max. 0,01
Zr	max. 0,05
Co	15 - 28
B	max. 0,02
O	max. 0,02
Nb + Ta	4 - 6

[0024] Material welches durch diesen Fertigungsprozess hergestellt wird, weist deutlich weniger Fehler (50%) mit Vergleichsfehlergröße 0,8 mm in einer Ultraschallprüfung auf.

[0025] Das erfindungsgemäße Verfahren soll bevorzugt einsetzbar sein für folgende Legierungen:

- Alloy 601
- Alloy 602 CA und dessen Variante MCA
- Alloy 617 und dessen Varianten 617 B und 617 OCC
- Alloy 625
- Alloy 690
- Alloy 699XA
- Alloy 718 und dessen Varianten
- Alloy 780
- Alloy 788
- Alloy 80A
- Alloy 81
- Alloy X-750
- Alloy C-263
- Alloy K-500
- Waspaloy
- FM 625
- FM 617 sowie
- FM 602

Tabelle 1 zeigt beispielhafte Analysebereiche der vorgenannten Legierungen

[0026] Erzielt werden Blockformate > 400 mm (rund und eckig).

[0027] Die VIM- ESU- und VAR-Blöcke können auch an Elektrodenabmessung geschmiedet werden, um eine bessere Homogenität zu erzeugen, welche je nach Legierung und Blockdurchmesser erforderlich sein kann.

[0028] Die Warmumformung an die geforderte Produktform und Abmessung kann nach den üblichen Verfahren (Schmieden, Walzen usw.) erfolgen.

[0029] Die nach diesem Verfahren gefertigten Blöcke und Stangen können mit üblichen Verfahren weiter zu Halbzeugformen (Stangen, Bleche, Bänder, Folien, Drähten usw.) weiter gefertigt werden.

[0030] Das erfindungsgemäße Verfahren wird beispielhaft wie folgt erläutert:

[0031] Es wurden mehrere Schmelzen z.B. S3 und S4 mit dem erfindungsgemäßen Verfahren gefertigt.

- Die Elektroden wurden durch VIM erzeugt.
- Die Elektroden wurden, zur Reduzierung von Spannungen und zum Ausgleich von Seigerungen, in einem Ofen im Temperaturbereich zwischen 500°C und 1300°C für einen Zeitraum von 10 bis 72 Stunden wärmebehandelt. Hierbei wurden für mindestens 10 Stunden und maximal 48 Stunden der Temperaturbereich von 1000°C bis 1300°C behandelt.
- Die Elektrode wurden an Luft oder im Ofen auf eine Temperatur zwischen Raumtemperatur und kleiner 900°C abgekühlt
- Die Elektrode wurden Oberflächenbehandlungen wie Schleifen, etc. unterzogen
- Die Elektroden wurden anschließend durch ESU mit einer Umschmelzrate von 3 bis 6 kg/Minute zu einem ESU-Block umgeschmolzen,
- Die ESU-Blöcke wurden im Ofen auf eine Temperatur zwischen Raumtemperatur und kleiner 900°C abgekühlt,
- Die ESU-Blöcke wurden mit einer Umschmelzrate von 3 bis 6 kg/Minute mittels VAR umgeschmolzen wird,

EP 3 720 982 B1

- Die VAR-Blöcke wurden darauf in einem Ofen im Temperaturbereich zwischen 500 und 1220°C für einen Zeitraum von 20 bis 100 Stunden wärmebehandelt,
- Die VAR-Blöcke wurden anschließend geschliffen oder unbearbeitet durch Warm- bzw. Kaltformgebung zu Stangen verarbeitet.

[0032] Bei den Vergleichsschmelzen S1 und S2 ohne das erfindungsgemäße Verfahren wurden die durch VIM erzeugten Elektroden, zur Reduzierung von Spannungen und zum Ausgleich von Seigerungen, nur in einem Ofen im Temperaturbereich zwischen 500°C und 1000°C für einen Zeitraum von 10 bis 48 Stunden wärmebehandelt,

[0033] Alle Schmelzen (sowohl erfindungsgemäß als auch Vergleichsschmelzen) wurden gemäß der Analyseberichte Alloy 718 (siehe Tabelle 1) gefertigt.

[0034] Die bei der Fertigung aufgetretenen Abweichungen der gewählten Umschmelzrate sind Abbildungen 1 bis 4 zu entnehmen.

[0035] Es traten Abweichungen der Umschmelzrate bis zu folgender Höhe auf.

	S1 (414972)	S2 (415078)	S3 (415130)	S4 (415156)
Überschreitung	+26,39%	+43,89%	+2,2	+2,2
Unterschreitung	-40,83%	-46,67%	-0,83	-0,56

Tabelle 1

	VDM Alloy 601	VDM Alloy 602 CA / MCA	VDM FM 602	VDM Alloy 617 (B/OCC)	VDM FM 617	VDM Alloy 625
	Alloy 601	Alloy 602 CA / MCA	FM 602	Alloy 617 (B/OCC)	FM 617	Alloy 625
Masse%	min - max	min - max	min - max	min - max	min - max	min - max
C	0,03-0,1	0,15-0,25	0,15-0,25	0,05-0,08	0,05-0,15	-0,03
S	-0,015	-0,01		-0,008		-0,01
N						
Cr	21-25	24-26	24-26	21-23	20-24	21-23
Ni	58-63	59-66	59-66	45-58	50-61	58-71
Mn	-1	-0,5	-0,5	-0,5	-1	-0,5
Si	-0,5	-0,5	-0,5	-0,3	-1	-0,4
Mo				8-10	8-10	8-10
Ti	-0,5	0,1-0,2	0,1-0,2	0,25-0,5	-0,6	-0,4
Nb				-0,6		
Cu	-0,5	-0,1	-0,1		-0,5	
Fe	-18	8-11	8-11	-1,5	-3	-5
P	-0,02	-0,02		-0,012	-0,03	-0,01
Al	1-1,7	1,8-2,4	1,8-2,4	0,8-1,3	0,8-1,5	-0,4
Mg						
Ca						
SE						
V				-0,6		
Zr		0,01-0,1	0,01-0,1			

EP 3 720 982 B1

(fortgesetzt)

	Masse%	min - max	min - max	min - max	min - max	min - max	min - max
5	W					-0,5	
	Co			-1	11-13	10-15	-1
	Y			0,05-0,12			
	La						
10	B	-0,006			0,001-0,005		
	Hf						
	Ta						
15	Ce						
	O						
	Pb						
	Sn						
20	Zn						
	Se						
	Bi						
25	Sb						
	Cd						
	Hg						
	H						
30	As						
	Nb + Ta			3,2-3,8			3,2-3,8

35		VDM FM 625	VDM Alloy 690	VDM Alloy 699XA	VDM Alloy 718	VDM Alloy 718 CTP	VDM FM 718
		FM 625	Alloy 690	Alloy 699XA	Alloy 718	Alloy 718 CTP	FM 718
40							
	Masse%	min - max	min - max	min - max	min - max	min - max	min - max
	C	-0,1	-0,05	0,005-0,12	-0,08	-0,045	-0,08
	S		-0,015	-0,01	-0,015	-0,01	
45	N			-0,05			
	Cr	20-23	27-31	26-30	17-21	17-21	17-21
	Ni	58-71	58-66	62-72	50-55	50-55	50-55
50	Mn	-0,5	-0,5	-0,5	-0,35	-0,35	-0,3
	Si	-0,5	-0,5	-0,5	-0,35	-0,35	-0,3
	Mo	8-10			2,8-3,3	2,8-3,3	2,8-3,3
	Ti	-0,4		-0,6	0,65-1,15	0,8-1,15	0,7-1,1
55	Nb	3-4,1		-0,5	4,75-5,5	Nb+Ta	4,8-5,5
	Cu	-0,5	-0,5	-0,5	-0,3	-0,23	-0,3

EP 3 720 982 B1

(fortgesetzt)

	Masse%	min - max	min - max	min - max	min - max	min - max	min - max
5	Fe	-5	7-11	-2,5	6-25	12-24	-24
	P			-0,02	-0,015	-0,01	-0,015
	Al	-0,4		2-3	0,2-0,8	0,4-0,6	0,2-0,8
	Mg						
10	Ca						
	SE						
	V						
15	Zr			-0,1			
	W						
	Co				-1	-1	
	Y						
20	La						
	B			-0,008	-0,006	-0,006	-0,006
	Hf						
25	Ta				-0,05		
	Ce						
	O						
	Pb				-0,0005	-0,001	
30	Sn						
	Zn						
	Se				-0,0003	-0,0005	
35	Bi				-0,00003	-0,00005	
	Sb						
	Cd						
	Hg						
40	H						
	As						
	Nb + Ta	3,2-3,8				4,87-5,2	

45		VDM Alloy 780	VDM Alloy 788	Waspaloy	VDM Alloy C-263	VDM Alloy 80A	VDM Alloy 81
		Alloy 780	Alloy 788	Waspaloy	Alloy C-263	Alloy 80A	Alloy 81
50				N07001			
				2.4654			
	Masse%	min - max	min - max	min - max	min - max	min - max	min - max
55	C	-0,1	0,04-0,1	0,02-0,1	0,04-0,08	0,04-0,1	-0,08
	S	-0,015	-0,01	-0,03	-0,007	-0,015	-0,02
	N	-0,03					

EP 3 720 982 B1

(fortgesetzt)

	VDM Alloy 780	VDM Alloy 788	Waspaloy	VDM Alloy C-263	VDM Alloy 80A	VDM Alloy 81
5	Alloy 780	Alloy 788	Waspaloy	Alloy C-263	Alloy 80A	Alloy 81
			N07001			
			2.4654			
	Masse%	min - max	min - max	min - max	min - max	min - max
10	Cr	16-20	18-21	19-21	18-21	28-32
	Ni	26-62	51-69	49,6-62,5	65-79	59-66
	Mn	-0,5	-1	-0,6	-1	-0,7
15	Si	-0,3	-0,5	-0,75	-1	-0,7
	Mo	2-4		3,5-5	5,6-6,1	-0,5
	Ti	0,1-1	1,8-2,7	2,75-3,25	1,9-2,4	1,5-2,1
	Nb					
20	Cu	-0,5	-0,2	-0,5	-0,2	-0,25
	Fe	-10	8-15	-2	-0,7	-1,5
	P	-0,03	-0,02	-0,03	-0,015	
25	Al	1-3	1-1,8	1,2-1,6	0,3-0,6	1-1,8
	Mg	-0,01				-1
	Ca	-0,01				
	SE					
30	V					
	Zr	-0,05		0,02-0,12		0,01-0,1
	W					
35	Co	15-28	3-7	12-15	19-21	01. Mrz
	Y					
	La					
40	B	-0,02	-0,008	0,003-0,01	-0,005	-0,006
	Hf					
	Ta					
	Ce					
45	O	-0,02				
	Pb				-0,002	
	Sn					
50	Zn					
	Se					
	Bi					
	Sb					
55	Cd					
	Hg					
	H					

EP 3 720 982 B1

(fortgesetzt)

	VDM Alloy 780	VDM Alloy 788	Waspaloy	VDM Alloy C-263	VDM Alloy 80A	VDM Alloy 81
5	Alloy 780	Alloy 788	Waspaloy	Alloy C-263	Alloy 80A	Alloy 81
			N07001			
			2.4654			
10	Masse%	min - max	min - max	min - max	min - max	min - max
	As					
	Nb + Ta	4-6				

15		VDM Alloy K-500	Alloy X-750	
		Alloy K-500	Alloy X-750	
			N07750	
20			2.4669	
	Masse%	min - max	min - max	
	C	-0,18	-0,08	
	S	-0,01	-0,01	
25	N			
	Cr		14-17	
	Ni	63-70	70-77,5	
30	Mn	-1,5	-1	
	Si	-0,5	-0,5	
	Mo			
	Ti	0,35-0,85	2,25-2,75	
35	Nb		0,7-1,2	
	Cu	27-33	-0,5	
	Fe	0,5-2	5-9	
40	P	-0,02		
	Al	2,3-3,15	0,4-1	
	Mg			
45	Ca			
	SE			
	v			
	Zr			
50	W			
	Co		-1	
	Y			
	La			
55	B			
	Hf			

(fortgesetzt)

	VDM Alloy K-500	Alloy X-750	
	Alloy K-500	Alloy X-750	
		N07750	
		2.4669	
Masse%	min - max	min - max	
Ta			
Ce			
O			
Pb	-0,006		
Sn	-0,006		
Zn	-0,02		
Se			
Bi			
Sb			
Cd			
Hg			
H			
As			
Nb + Ta		0,7-1,2	

Begriffserläuterungen

[0036]

- VIM Vaccum Induction Melting (Vakuum Induktions Erschmelzung)
- VOD Vaccum Oxygen Decarburization (Vakuum Sauerstoff Entkohlung)
- VLF Vaccum Ladle Furnace (Vakuum Pfannen Ofen)
- ESU Elektro Schlacke Umschmelzung
- VAR Vacuum Arc Remelting (Vakuum Lichtbogen Umschmelzung)

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung einer Nickel-Basislegierung, indem

- eine Elektrode durch VIM, VOF oder VLF erzeugt wird,
- die Elektrode in einem Ofen zur Reduzierung von Spannungen und Überalterung einer Wärmebehandlung im Temperaturbereich zwischen 500 und 1300°C für einen Zeitraum von 10 bis 336 Stunden unterzogen wird, wobei mindestens 10 Stunden und maximal 48 Stunden im Temperaturbereich von 1000°C bis 1300°C wärmebehandelt wird.
- die Elektrode an Luft oder im Ofen auf eine Temperatur zwischen Raumtemperatur und kleiner 900°C abgekühlt wird,
- die abgekühlte Elektrode anschließend durch ESU mit einer Umschmelzrate von 3,0 bis 10 kg/Minute zu einem

ESU-Block umgeschmolzen wird,

- der ESU-Block an Luft oder im Ofen auf eine Temperatur zwischen Raumtemperatur und kleiner 900°C abgekühlt wird,
- der ESU-Block erneut mit einer Umschmelzrate von 3,0 bis 10 kg/Minute und einer Schwankungsbreite der Umschmelzrate von weniger als 15% %, besser noch 10%, idealerweise 5%, mittels VAR umgeschmolzen wird,
- der umgeschmolzene VAR-Block einer Wärmebehandlung im Temperaturbereich zwischen 500 und 1250°C für einen Zeitraum von 10 bis 336 Stunden unterzogen wird,
- der VAR-Block anschließend durch Warm- und/oder Kaltformgebung an die gewünschte Produktform und Abmessung gebracht wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Elektrode vor ihrer ESU-Umschmelzung einer Oberflächenbehandlung unterzogen wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der ESU-Block vor seiner VAR-Umschmelzung einer Oberflächenbearbeitung unterzogen wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei

- eine Elektrode durch VIM erzeugt wird,
- falls die Ni-Basislegierung Gamma-Strich Phase bildet: die Elektrode in einen Ofen verbracht wird, bevor sie kälter als 200°C, idealerweise bevor sie kälter als 250°C ist,
- die Elektrode in einem Ofen zur Reduzierung von Spannungen und Überalterung einer Wärmebehandlung im Temperaturbereich zwischen 500 und 1250°C über einen Zeitraum von 10 bis 336 Stunden, unterzogen wird,
- die Elektrode an Luft oder im Ofen auf eine Temperatur zwischen Raumtemperatur und kleiner 900°C abgekühlt wird,
- die Oberfläche der Elektrode zur Entfernung von Fehlern und zur Säuberung (z.B. durch Bürsten, Schleifen, Beizen, Trennen, Schälen, etc.) bearbeitet wird,
- die abgekühlte Elektrode anschließend durch ESU mit einer Umschmelzrate von 3,0 bis 10 kg/Minute zu einem ESU-Block mit 400 bis 1500 mm Durchmesser umgeschmolzen wird,
- der ESU-Block an Luft oder im Ofen auf eine Temperatur zwischen Raumtemperatur und kleiner 900°C abgekühlt wird,
- ggf. die Oberfläche des ESU-Blocks zur Entfernung von Fehlern und zur Säuberung (z.B. durch Bürsten, Schleifen, Beizen, Trennen, Schälen, etc.) bearbeitet wird,
- der abgekühlte ESU-Block einer weiteren Wärmebehandlung im Temperaturbereich zwischen 500 und 1250°C für einen Zeitraum von 10 bis 336 Stunden unterzogen wird,
- der ESU-Block an Luft oder im Ofen auf eine Temperatur zwischen Raumtemperatur und kleiner 870°C abgekühlt wird,
- der ESU-Block mittels VAR erneut mit einer Umschmelzrate von 3,0 bis 10 kg/Minute und einer Schwankungsbreite der Umschmelzrate von weniger als 15% %, besser noch 10% idealerweise 5% zu einem VAR-Block mit 400 bis 1500mm Durchmesser umgeschmolzen wird,
- falls die Ni-Basislegierung Gamma-Strich Phase bildet: der VAR-Block in einen Ofen verbracht wird, bevor dieser im Kopfbereich nicht kälter als 200°C, idealerweise bevor diese kälter als 250°C ist,
- der umgeschmolzene VAR-Block einer Wärmebehandlung im Temperaturbereich zwischen 500 und 1250°C für einen Zeitraum von 10 bis 336 Stunden unterzogen wird,
- der VAR-Block an Luft oder im Ofen auf eine Temperatur zwischen Raumtemperatur und kleiner 900°C abgekühlt wird, oder heiß mit mehr als 850°C an einen Warmformprozess übergeben wird.
- der VAR-Block anschließend durch Warm- und/oder Kaltformgebung (z.B. Schmieden, Walzen, Ziehen,) an die gewünschte Produktform (z.B. Block, Stange, Draht, Blech, Band, Folie) und Abmessung gebracht wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der VAR-Block in weiteren VAR-Umschmelzschritten mit einer Umschmelzrate von 3,0 bis 10 kg/Minute umgeschmolzen und im Anschluss einer Wärmebehandlung im Temperaturbereich zwischen 500 und 1300°C für einen Zeitraum von 10 bis 336 Stunden unterzogen wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der VAR-Block nach der letzten Wärmebehandlung an Luft oder im Ofen auf eine Temperatur zwischen Raumtemperatur und kleiner 900.°C abgekühlt wird.

EP 3 720 982 B1

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der VAR-Block nach der letzten Wärmebehandlung heiß in eine Warmformgebung bei einer Temperatur von mehr als 800°C überführt wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Legierung folgender Zusammensetzung eingesetzt wird (in Gew.-%):

C	max. 0,25 %
S	max. 0,03%
Cr	17 - 32%
Ni	33 - 72%
Mn	max. 1 %
Si	max. 1 %
Mo	0 - 10 %
Ti	bis 3,25%
Nb	bis 5,5 %
Cu	bis 0,5%
Fe	bis 25 %
P	max. 0,03%
Al	bis 3,15%
V	max. 0,6 %
Zr	max. 0,1 %
Co	bis 35%
B	max. 0,02 %

und herstellungsbedingte Verunreinigungen.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Legierung folgender Zusammensetzung eingesetzt wird (in Gew.-%):

C	max. 0,08
S	max. 0,015
Cr	17-21
Ni	50-55
Mn	max. 0,35
Si	max. 0,35
Mo	2,8-3,3
Ti	0,65-1,15
Nb	4,75-5,5
Cu	max. 0,3
Fe	6-25
P	max. 0,015
Al	0,2-0,8
Co	max. 1
B	max. 0,006
Pb	max. 0,001
Se	max. 0,0005
Bi	max. 0,00005
Nb+Ta	4,75 bis 5,5%

und herstellungsbedingte Verunreinigungen.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Legierung folgender Zusammensetzung eingesetzt wird (in Gew.-%):

	C	max. 0,1
	S	max. 0,015
5	N	max. 0,03
	Cr	16-20
	Ni	26-62
	Mn	max. 0,5
	Si	max. 0,3
10	Mo	2-4
	Ti	0,1-1
	Cu	max. 0,5
	Fe	max. 10
	P	max. 0,03
15	Al	1-3
	Mg	max. 0,01
	Ca	max. 0,01
	Zr	max. 0,05
20	Co	15-28
	B	max. 0,02
	O	max. 0,02
	Nb +	Ta 4-6

25 und herstellungsbedingte Verunreinigungen.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei der Durchmesser des erzeugten VAR-Blocks >450mm ist.
- 30 12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, wobei der Durchmesser des erzeugten VAR-Blocks >500mm ist.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, wobei der Erzeugte Block frei von Umschmelzdefekten ist und im Ultraschall eine Vergleichsfehlergröße von <0,8mm aufweist..
- 35 14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13 bei dem die Wärmebehandlung des VIM-Blocks für mindestens 10 Stunden und maximal 48 Stunden im Temperaturbereich von 1000°C bis 1300°C erfolgt.

Claims

- 40 1. Method for producing a nickel-based alloy, by
- producing an electrode by VIM, VOF or VLF,
 - subjecting the electrode to a heat treatment in an oven in a temperature range between 500 and 1300°C for a period from 10 to 336 hours in order to reduce stresses and overaging, wherein heat treatment takes place
 - 45 in the temperature range from 1000°C to 1300°C for at least 10 hours and not more than 48 hours,
 - cooling the electrode in air or in the oven to a temperature between room temperature and lower than 900°C,
 - subsequently remelting the cooled electrode by ESR at a remelt rate from 3.0 to 10 kg/minute to form an ESR block,
 - cooling the ESR block in air or in the oven to a temperature between room temperature and lower than 900°C,
 - 50 - remelting the ESR block again by VAR at a remelting rate from 3.0 to 10 kg/minute and with a fluctuation margin of the remelting rate of less than 15%, better still 10%, ideally 5%,
 - subjecting the remelted VAR block to a heat treatment in the temperature range between 500 and 1250°C for a period from 10 to 336 hours,
 - 55 - then bringing the VAR block to the desired product shape and dimension by hot and/or cold forming.
2. Method according to Claim 1, **characterized in that** the electrode is subjected to a surface treatment before it undergoes ESR remelting.

3. Method according to Claim 1 or 2, **characterized in that** the ESR block is subjected to a surface treatment before it undergoes VAR remelting.

4. Method according to any one of Claims 1 to 3, wherein

- an electrode is produced by VIM,
- if the Ni base alloy forms a gamma prime phase: the electrode is placed in an oven before it is colder than 200°C, ideally before it is colder than 250°C,
- the electrode is subjected to a heat treatment in a temperature range between 500 and 1250°C over a period from 10 to 336 hours in an oven for reducing stresses and overaging,
- the electrode is cooled in air or in the oven to a temperature between room temperature and lower than 900°C,
- the surface of the electrode is machined to remove defects and to clean it (e.g., by brushing, grinding, pickling, separating, peeling, etc.),
- the cooled electrode is subsequently remelted by ESR at a remelting rate from 3.0 to 10 kg/minute to form an ESR block of 400 to 1500 mm diameter,
- the ESR block is cooled in air or in the oven to a temperature between room temperature and lower than 900°C,
- optionally, the surface of the ESR block is machined to remove defects and to clean it (e.g., by brushing, grinding, pickling, separating, peeling, etc.),
- the cooled ESR block is subjected to further heat treatment in the temperature range between 500 and 1250°C for a period from 10 to 336 hours,
- the ESR block is cooled in air or in the oven to a temperature between room temperature and lower than 870°C,
- the ESR block is remelted again by VAR at a remelt rate from 3.0 to 10 kg/minute and with a fluctuation margin of the remelting rate of less than 15%, better still 10%, ideally 5% to form a VAR block having a diameter from 400 to 1500 mm,
- if the Ni base alloy forms a gamma prime phase: the VAR block is placed in an oven before it is colder than 200°C, ideally before it is colder than 250°C in the head area,
- the remelted VAR block undergoes heat treatment in the temperature range between 500 and 1250°C for a period from 10 to 336 hours,
- the VAR block is cooled in air or in the oven to a temperature between room temperature and lower than 900°C, or is transferred to a thermoforming process while in the hot state above 850°C,
- the VAR block is then brought into the desired product shape (e.g., block, rod, wire, sheet, strip, foil) and dimension by hot and/or cold forming (e.g., forging, rolling, drawing).

5. Method according to any one of Claims 1 to 4, **characterized in that** the VAR block is remelted in further VAR remelting steps with a remelting rate from 3.0 to 10 kg/minute and subsequently undergoes heat treatment in the temperature range between 500 and 1300°C for a period from 10 to 336 hours,

6. Method according to any one of Claims 1 to 5, **characterized in that** after the final heat treatment in air or in the oven the VAR block is cooled in air or in the oven to a temperature between room temperature and lower than 900°C.

7. Method according to any one of Claims 1 to 5, **characterized in that** after the final heat treatment the VAR block is transferred to a thermoforming process while in the hot state, above a temperature of 800°C.

8. Method according to any one of Claims 1 to 7, **characterized in that** an alloy of the following composition is used (in % by weight):

C	max. 0.25%
S	max. 0.03%
Cr	17 - 32%
Ni	33 - 72%
Mn	max. 1%
Si	max. 1%
Mo	0 - 10%
Ti	up to 3.25%
Nb	up to 5.5%
Cu	up to 0.5%

(continued)

	Fe	up to 25%
	ρ	max. 0.03%
5	Al	up to 3.15%
	V	max. 0.6%
	Zr	max. 0.1%
	Co	up to 35%
10	B	max. 0.02%

and production-related impurities.

9. Method according to any one of Claims 1 to 8, **characterized in that** an alloy of the following composition is used (in% by weight):

	C	max. 0.08
	S	max. 0.015
	CR	17-21
20	Ni	50-55
	Mn	max. 0.35
	Si	max. 0.35
	Mo	2.8-3.3
25	Ti	0.65-1.15
	Nb	4.75-5.5
	Cu	max. 0.3
	Fe	6-25
	P	max. 0.015
30	Al	0.2-0.8
	Co	max. 1
	B	max. 0.006
	Pb	max. 0.001
	Se	max. 0.0005
35	Bi	max. 0.00005
	Nb+Ta	4.75 to 5.5%

and production-related impurities.

10. The method according to any one of Claims 1 to 8, **characterized in that** an alloy of the following composition is used (in % by weight):

	C	max. 0.1
45	S	max. 0.015
	N	max. 0.03
	Cr	16-20
	Ni	26-62
50	Mn	max. 0.5
	Si	max. 0.3
	Mo	2-4
	Ti	0.1-1
	Cu	max. 0.5
55	Fe	max. 10
	P	max. 0.03
	Al	1-3

(continued)

Mg	max. 0.01
Ca	max. 0.01
Zr	max. 0.05
Co	15-28
B	max. 0.02
O	max. 0.02
Nb+Ta	4-6

and production-related impurities.

11. Method according to any one of Claims 1 to 10, wherein the diameter of the VAR block produced is > 450 mm.

12. Method according to any one of Claims 1 to 11, wherein the diameter of the VAR block produced is > 500 mm.

13. Method according to any one of Claims 1 to 12, wherein the block produced is free from remelt defects and in the ultrasound has a comparison error size < 0.8 mm.

14. Method according to any one of Claims 1 to 13, wherein the heat treatment of the VIM block takes place for at least 10 hours and a maximum of 48 hours in the temperature range from 1000°C to 1300°C.

Revendications

1. Procédé de fabrication d'un alliage à base de nickel, dans lequel

- une électrode est produite par fusion par induction sous vide (VIM), par four sous vide à l'oxygène (VOF) ou un four-poche sous vide (VLF),
- l'électrode est soumise à un traitement thermique dans une plage de températures se situant entre 500 et 1300° C pendant une période de 10 à 336 heures pour réduire les contraintes et le survieillissement, sachant que le traitement thermique est d'au moins 10 heures et au maximum de 48 heures dans une plage de températures de 1000° C à 1300° C,
- l'électrode est refroidie à l'air ou au four à une température se situant entre la température ambiante et inférieure à 900° C,
- l'électrode refroidie est ensuite refondue par une unité de refusion sous laitier électrolytique (ESU) avec une vitesse de refusion de 3,0 à 10 kg/minute en un bloc refondu sous laitier électrolytique (ESU),
- le bloc ESU est refroidi à l'air ou au four à une température se situant entre la température ambiante et inférieure à 900° C,
- le bloc ESU est à nouveau refondu avec une vitesse de refusion de 3,0 à 10 kg/minute et une largeur de variation de la vitesse de refusion inférieure à 15 %, mieux encore de 10 %, de façon idéale de 5 %, au moyen de la refusion à l'arc sous vide (VAR),
- le bloc VAR refondu est soumis à un traitement thermique dans une plage de températures se situant entre 500 et 1250° C pendant une période de 10 à 336 heures,
- le bloc VAR est ensuite mis à la forme de produit et à la dimension souhaitées par formage à chaud et/ou à froid.

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'électrode est soumise à un traitement de surface avant sa refusion dans une unité de refusion sous laitier électrolytique (ESU).

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** le bloc ESU est soumis à un traitement de surface avant sa refusion à l'arc sous vide (VAR).

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, sachant qu'

- une électrode est produite par fusion par induction sous vide (VIM),
- au cas où l'alliage à base de Ni forme une phase Gamma prime : l'électrode est passée dans un four avant qu'elle ne soit plus froide que 200° C, de façon idéale avant qu'elle ne soit plus froide que 250° C,

EP 3 720 982 B1

- l'électrode est soumise à un traitement thermique dans une plage de températures se situant entre 500 et 1250° C pendant une période de 10 à 336 heures pour réduire les contraintes et le survieillessement,
- l'électrode est refroidie à l'air ou au four à une température se situant entre la température ambiante et inférieure à 900° C,
- la surface de l'électrode est traitée pour enlever des défauts et pour nettoyer (par ex. : par brossage, meulage, décapage, détachage, écroutage, etc.),
- l'électrode refroidie est ensuite refondue par une unité de refusion sous laitier électrolytique (ESU) avec une vitesse de refusion de 3,0 à 10 kg/minute en un bloc refondu sous laitier électrolytique (ESU) avec un diamètre de 400 à 1500 mm,
- le bloc ESU est refroidi à l'air ou au four à une température se situant entre la température ambiante et inférieure à 900° C,
- le cas échéant, la surface du bloc ESU est traitée pour enlever des défauts et pour nettoyer (par ex. : par brossage, meulage, décapage, détachage, écroutage, etc.),
- le bloc ESU refroidi est soumis à un autre traitement thermique dans une plage de températures se situant entre 500 et 1250° C pendant une période de 10 à 336 heures,
- le bloc ESU est refroidi à l'air ou au four à une température se situant entre la température ambiante et inférieure à 870° C,
- le bloc ESU est refondu à nouveau au moyen d'une refusion à l'arc sous vide (VAR) à une vitesse de refusion de 3,0 à 10 kg/minute et une largeur de variation de la vitesse de refusion inférieure à 15 %, mieux encore de 10 %, de façon idéale de 5 % en un bloc refondu à l'arc sous vide (VAR) d'un diamètre de 400 à 1500 mm,
- au cas où l'alliage à base de Ni forme une phase Gamma prime : le bloc VAR est passé dans un four avant que celui-ci ne soit plus froid dans la zone de tête que 200° C, de façon idéale avant que celui-ci ne soit plus froid que 250° C,
- le bloc VAR refondu est soumis à un traitement thermique dans une plage de températures se situant entre 500 et 1250° C pendant une période de 10 à 336 heures,
- le bloc VAR est refroidi à l'air ou au four à une température se situant entre la température ambiante et inférieure à 900° C ou est transféré chaud à plus de 850° C à un processus de formage à chaud,
- le bloc VAR est ensuite mis à la forme de produit (par ex. : bloc, barre, fil, tôle, bande, feuille) et à la dimension souhaitées par formage à chaud et/ou à froid (par ex. : forgeage, laminage, étirage).

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** le bloc refondu à l'arc sous vide (VAR) est refondu dans d'autres phases de refusion à l'arc sous vide (VAR) à une vitesse de refusion de 3,0 à 10 kg/minute et ensuite soumis à un traitement thermique dans une plage de températures se situant entre 500 et 1300° C pendant une période de 10 à 336 heures.
6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** le bloc VAR est refroidi après le dernier traitement thermique à l'air ou au four à une température se situant entre la température ambiante et inférieure à 900° C.
7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** le bloc VAR est transféré, après le dernier traitement thermique, chaud à un formage à chaud à une température de plus de 800° C.
8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce qu'un** alliage de la composition suivante est introduit (en %/poids):

C	max. 0,25 %
S	max. 0,03 %
Cr	17 - 32 %
Ni	33 - 72 %
Mn	max. 1 %
Si	max. 1 %
Mo	0 - 10 %
Ti	jusqu'à 3,25 %
Nb	jusqu'à 5,5 %
Cu	jusqu'à 0,5 %
Fe	jusqu'à 25 %

EP 3 720 982 B1

(suite)

5	P	max. 0,03 %
	Al	jusqu'à 3,15 %
	V	max. 0,6 %
	Zr	max. 0,1 %
	Co	jusqu'à 35 %
	B	max. 0,02 %

10 et impuretés issues de la fabrication.

9. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, **caractérisé en ce qu'un** alliage de la composition suivante est introduit (en %/poids):

15	C	max. 0,08
	S	max. 0,015
	Cr	17 - 21
	Ni	50 - 55
20	Mn	max. 0,35
	Si	max. 0,35
	Mo	2,8 - 3,3
	Ti	0,65 - 1,15
	Nb	4,75 - 5,5
25	Cu	max. 0,3
	Fe	6 - 25
	P	max. 0,015
	Al	0,2 - 0,8
30	Co	max. 1
	B	max. 0,006
	Pb	max. 0,001
	Se	max. 0,0005
	Bi	max. 0,00005
35	Nb+Ta	4,75 à 5,5 %

et impuretés issues de la fabrication.

- 40 10. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, **caractérisé en ce qu'un** alliage de la composition suivante est introduit (en %/poids):

45	C	max. 0,1
	S	max. 0,015
	N	max. 0,03
	Cr	16 - 20
	Ni	26 - 62
	Mn	max. 0,5
50	Si	max. 0,3
	Mo	2 - 4
	Ti	0,1 - 1
	Cu	max. 0,5
	Fe	max. 10
55	P	max. 0,03
	Al	1 - 3
	Mg	max. 0,01

EP 3 720 982 B1

(suite)

Ca	max. 0,01
Zr	max. 0,05
Co	15 - 28
B	max. 0,02
O	max. 0,02
Nb+Ta	4 - 6

et impuretés issues de la fabrication.

11. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, sachant que le diamètre du bloc VAR produit est > 450 mm.
12. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, sachant que le diamètre du bloc VAR produit est > 500 mm.
13. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, sachant que le bloc produit est exempt de défaut de refusion et comporte aux ultrasons une valeur d'erreur de comparaison de < 0,8 mm.
14. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 13 pour lequel le traitement thermique du bloc de fusion par induction sous vide (VIM) a lieu pendant au moins 10 heures et au maximum 48 heures dans une plage de températures de 1000° C à 1300° C.

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- EP 1377690 B1 [0002] [0005]