

(19)



(11)

EP 2 089 552 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
25.01.2017 Patentblatt 2017/04

(51) Int Cl.:
C22C 38/00 (2006.01) **C22C 38/02** (2006.01)
C22C 38/06 (2006.01) **C22C 38/42** (2006.01)
C22C 38/04 (2006.01) **C22C 38/44** (2006.01)
C21D 8/06 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **07816241.9**

(22) Anmeldetag: **12.11.2007**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/CH2007/000558

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2008/058410 (22.05.2008 Gazette 2008/21)

(54) **VERFAHREN ZUR KONTINUIERLICHEN HERSTELLUNG VON DRAHT- ODER STABSTAHL**
METHOD FOR THE CONTINUOUS PRODUCTION OF STEEL WIRE OR BAR
PROCÉDÉ DE PRODUCTION EN CONTINU DE FILS D'ACIER OU DE BARRES D'ACIER

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL PL PT RO SE
SI SK TR**

(30) Priorität: **17.11.2006 CH 18482006**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
19.08.2009 Patentblatt 2009/34

(73) Patentinhaber: **Swiss Steel AG**
6020 Emmenbrücke (CH)

(72) Erfinder:
• **CHABBI, Lotfi**
6015 Reussbühl (CH)

• **URLAU, Ulrich**
6010 Kriens (CH)

(74) Vertreter: **Schmauder & Partner AG**
Patent- & Markenanwälte VSP
Zwängiweg 7
8038 Zürich (CH)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 1 371 737 FR-A1- 2 558 174
JP-A- 58 171 526 US-A- 4 619 714

• "Energy saving prodn. of medium carbon steel
wires with spherical cementite" DERWENT, 22.
Juni 1994 (1994-06-22), XP002221735 in der
Anmeldung erwähnt

EP 2 089 552 B1

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).

BeschreibungTechnisches Gebiet

5 **[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur kontinuierlichen Herstellung von Draht- oder Stabstahl.

Stand der Technik

10 **[0002]** Bei der Herstellung von Draht- und Stabstählen besteht ein fortwährendes Bedürfnis nach verbesserten Prozessen, welche insbesondere bezüglich Kosten, Logistik aber auch bezüglich der Eigenschaften der Erzeugnisse optimiert sind. Ein wichtiger Ansatz für die Prozessoptimierung liegt in der Verkürzung des Produktionsverfahrens, welche sich zum Beispiel durch Einsparung von Wärmebehandlungen erreichen lässt (siehe Ball, J. et al., "Prozessverkürzung durch Einsparung von Wärmebehandlungen bei der Herstellung von Draht und Stab", Stahl und Eisen 11(1997) Nr. 4, S. 59 - 67). Insbesondere wurde gezeigt, dass durch temperaturkontrolliertes Walzen bei bestimmten Stählen die Wärmebehandlung zur GKZ-Glühung eingespart werden kann oder ein qualitativ besseres Glühgefüge erhältlich ist, und dass bei gewissen Stählen die Vergütungsbehandlung entfallen kann. "Energy saving production of medium carbon steel wires with spherical cementite", 22.06.194, offenbart ein Verfahren bei dem Stähle mit einem mittelhohen Kohlenstoffgehalt von 0.2 bis 0.5 Gew.-% wie folgt verarbeitet werden: a) zunächst wird eine erste Warmumformung durch Walzen bei einer Temperatur zwischen $A_{c3} + 1000$ und A_{c3} durchgeführt, wobei der Gesamtumformgrad mindestens 50% beträgt; b) danach wird das Walzgut auf eine Temperatur zwischen $A_{c3} + 1000$ und A_{c3} abgekühlt und eine zweite Warmumformung durchgeführt, wobei der Gesamtumformgrad mindestens 20% beträgt; c) danach wird das Walzgut auf eine Temperatur zwischen $A_{c3} + 1000$ und A_{r1} abgekühlt und eine dritte Warmumformung auf die Endabmessung durchgeführt, wobei der Gesamtumformgrad mindestens 25% beträgt; d) schließlich wird das Walzgut in einen Ofen mit einer Temperatur zwischen A_{c1} und $A_{c1} - 1000$ gebracht und dort mindestens 30 Minuten gehalten, um danach auf Raumtemperatur abgekühlt zu werden.

25 **[0003]** In der CN 1088265 A ist ein gattungsgemässes Verfahren beschrieben, bei dem Stähle mit einem mittelhohen Kohlenstoffgehalt von 0.26 bis 0.5 Gew.-% wie folgt verarbeitet werden:

30 a) zunächst wird eine erste Warmumformung durch Walzen bei einer Temperatur zwischen $A_{c3} + 100^\circ\text{C}$ und A_{c3} durchgeführt, wobei der Gesamtumformgrad mindestens 50% beträgt;

b) danach wird das Walzgut auf eine Temperatur zwischen $A_{r3} + 100^\circ\text{C}$ und A_{r3} abgekühlt und eine zweite Warmumformung durchgeführt, wobei der Gesamtumformgrad mindestens 20% beträgt;

35 c) danach wird das Walzgut auf eine Temperatur zwischen A_{r3} und A_{r1} abgekühlt und eine dritte Warmumformung auf die Endabmessung durchgeführt, wobei der Gesamtumformgrad mindestens 25% beträgt;

d) schliesslich wird das Walzgut in einen Ofen mit einer Temperatur zwischen A_{c1} und $A_{c1} - 100^\circ\text{C}$ gebracht und dort mindestens 30 Minuten gehalten, um danach auf Raumtemperatur abgekühlt zu werden.

40 **[0004]** Das obige Verfahren ist dadurch gekennzeichnet, dass die Endumformung immer im Zweiphasengebiet erfolgt und dass nach der Endumformung stets eine Wiedererwärmung oder bestenfalls ein Halten bei der Endwalztemperatur nötig ist. Der Übergang zur Warmhaltetemperatur erfolgt also nicht durch den Abkühlprozess (vgl. Übergang von (6) nach (7) in Fig. 2 von CN 1088265 A).

Darstellung der Erfindung

50 **[0005]** Aufgabe der Erfindung ist es, ein verbessertes Verfahren zur kontinuierlichen Herstellung von Stab- oder Drahtstahl anzugeben, welches eine gute Kontrolle der Eigenschaften der Verfahrenserzeugnisse erlaubt und gleichzeitig die Prozessführung vereinfacht.

[0006] Gelöst wird diese Aufgabe durch das im Anspruch 1 definierte Verfahren.

[0007] Das erfindungsgemässe Verfahren beinhaltet die folgenden Verfahrensstufen:

55 a) in einem ersten Verfahrensschritt wird ein Stahl mit einem Gewichtsanteil von 0.02 bis 0.65% Kohlenstoff und bis zu 0.15% Silizium, 0.25 bis zu 1.5% Mangan, bis zu 0.035% Phosphor, bis zu 0.004% Schwefel, bis zu 0.5% Molybdän, bis zu 1.7% Chrom, bis zu 0.25% Kupfer, bis zu 0.008% Bor, bis zu 0.2% Nickel und bis zu 0.25% Vanadium sowie weiteren stahlüblichen Beimengungen auf $1'050$ bis $1'200^\circ\text{C}$ erhitzt, anschliessend wird eine erste Warmumformung durch Walzen bei einer Temperatur oberhalb der Rekristallisationstemperatur durchgeführt, wobei

der Gesamtumformgrad bei der ersten Warmumformung mindestens 60% beträgt;

b) in einem zweiten Verfahrensschritt wird das Walzgut unterhalb die Rekristallisationstemperatur abgekühlt und danach eine Endumformung bei einer Temperatur im Bereich des nicht-rekristallisierten Austenits vorgenommen, wobei das Abkühlen derart durchgeführt wird, dass im Walzgut vor der Endumformung ein mögliches Kornwachstum des Austenits verhindert wird und wobei der Gesamtumformgrad bei der Endumformung mindestens 30% beträgt; und

c) in einem dritten Verfahrensschritt wird das Walzgut ohne Wiedererwärmung bis zu einer vorbestimmten Warmhaltetemperatur um die Ar_1 Temperatur abgekühlt und während einer vorbestimmten Warmhaltezeit bei der besagten Warmhaltetemperatur belassen.

[0008] Überraschenderweise wurde gefunden, dass die mit dem erfindungsgemässen Verfahren hergestellten Erzeugnisse nach dem Abkühlen auf Raumtemperatur für eine weitere Kaltverarbeitung ohne Glühung geeignet sind. Anders als bei den herkömmlichen Verfahren ist es also nicht erforderlich, den erzeugten Draht- oder Stabstahl wieder aufzuwärmen. Darüber hinaus hat sich herausgestellt, dass die im dritten Verfahrensschritt des erfindungsgemässen Verfahrens aufzubringende Warmhaltezeit deutlich kürzer ist als die Dauer der nachträglichen Wärmebehandlung bei den herkömmlichen Verfahren. Im Ergebnis ist somit die Prozessdauer und die Prozesskette beim erfindungsgemässen Verfahren deutlich kürzer als bei den herkömmlichen Verfahren.

[0009] Im Gegensatz zu dem in CN 1088265 A beschriebenen Verfahren sind beim erfindungsgemässen Verfahren nur zwei statt drei Umformschritte erforderlich. Damit wird zunächst einmal erreicht, dass zwischen den Umformschritten nur eine einzige kontrollierte Zwischenkühlung statt zwei solcher Kühlungen benötigt wird. Dies vereinfacht das Verfahren und die dazu erforderliche Anlage. Darüber hinaus erfolgt beim erfindungsgemässen Verfahren der Übergang zur Warmhaltetemperatur direkt im Zuge des Abkühlprozesses. Eine Wiedererwärmung auf die Warmhaltetemperatur ist deshalb nicht erforderlich, was nicht nur eine Vereinfachung des Prozesses, sondern auch eine Energieeinsparung erlaubt.

[0010] Bevorzugte Ausführungsformen des Verfahrens sind in den abhängigen Ansprüchen definiert.

[0011] Insbesondere ist das erfindungsgemässe Verfahren einerseits für Stähle mit einen vergleichsweise niedrigen Gewichtsanteil von 0.02 bis 0.2% Kohlenstoff sowie bis zu 0.25% Molybdän und bis zu 0.008% Bor geeignet; andererseits ist es aber auch für Stähle mit einem mittleren bis hohen Gewichtsanteil von 0.2 bis 0.65% Kohlenstoff sowie 0.25 bis 0.50% Molybdän und bis zu 1.7% Chrom geeignet. Dabei ist die Warmhaltetemperatur wie nachfolgend erläutert zu wählen.

[0012] Beim bevorzugten Verfahren nach Anspruch 2 weist der Stahl einen Gewichtsanteil von 0.02 bis 0.2% Kohlenstoff und bis zu 0.15% Silizium, 0.25 bis zu 1.0% Mangan, bis zu 0.025% Phosphor, bis zu 0.004% Schwefel, bis zu 0.25% Molybdän, bis zu 0.1% Chrom, bis zu 0.25% Kupfer, bis zu 0.008% Bor, bis zu 0.2% Nickel und bis zu 0.1% Vanadium auf, wobei die Warmhaltetemperatur im Wesentlichen bei Ar_1^e liegt.

[0013] Demgegenüber weist der Stahl beim bevorzugten Verfahren nach Anspruch 3 einen Gewichtsanteil von 0.2 bis 0.65% Kohlenstoff und bis zu 0.15% Silizium, 0.25 bis zu 1.0% Mangan, bis zu 0.035% Phosphor, bis zu 0.004% Schwefel, 0.25 bis zu 0.50% Molybdän, bis zu 1.7% Chrom, bis zu 0.25% Kupfer, bis zu 0.2% Nickel und bis zu 0.1% Vanadium auf, wobei die Warmhaltetemperatur im Wesentlichen im Bereich von Ar_1^b bis Ar_1^e liegt.

[0014] Dabei bezeichnen Ar_1^b und Ar_1^e in bekannter Weise den Beginn (oberer Index "b") bzw. das Ende (oberer Index "e") der Austenit-Perlit-Umwandlung in Abkühlungsrichtung (wobei "r" für "refroidissement" steht).

[0015] Gemäss einer bevorzugten Ausführungsform wird die Endumformung bei einer Temperatur oberhalb von Ar_3 durchgeführt. Insbesondere wird gemäss Anspruch 4 die Endumformung bei höchstens $Ar_3 + 60^\circ\text{C}$ durchgeführt. Dadurch lässt sich die erforderliche Warmhaltezeit im Vergleich zu den bekannten Walzverfahren auf ungefähr die Hälfte senken.

[0016] Gemäss einer weiteren Ausführungsform wird die Endumformung bei einer Temperatur knapp unterhalb von Ar_3 durchgeführt. Insbesondere wird gemäss Anspruch 5 die Endumformung bei einer Temperatur im Bereich von Ar_1 bis Ar_3 durchgeführt, wobei die Endumformtemperatur 690°C nicht unterschreitet. Dies erlaubt eine weitere Verkürzung der erforderlichen Warmhaltezeit auf bis zu ungefähr ein Achtel gegenüber den bekannten Walzverfahren.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0017] Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachfolgend anhand der Zeichnungen näher beschrieben, dabei zeigen:

Fig. 1 eine Vorrichtung zur kontinuierlichen Herstellung von Draht- oder Stabstahl, in schematischer Darstellung, in Draufsicht;

Fig. 2 ein Temperatur-Zeit-Profil für ein Walzverfahren nach dem Stand der Technik;

Fig. 3 ein Temperatur-Zeit-Profil für eine erste Ausführungsform des erfindungsgemässen Walzverfahrens;

Fig. 4 ein Temperatur-Zeit-Profil für eine zweite Ausführungsform des erfindungsgemässen Walzverfahrens; und

5 Fig. 5 Gefüge abgeschreckter Proben nach dem letzten Stich in Abhängigkeit von der Endwalztemperatur (Stahl C).

Wege zur Ausführung der Erfindung

10 **[0018]** Die in der Fig. 1 gezeigte Walzvorrichtung weist nicht näher dargestellte Vortriebsmittel für einen Stahlstrang 2 auf, welche diesen in einer Vortriebsrichtung V durch die Vorrichtung hindurch befördern. Wie nachfolgend noch näher erläutert wird, kommen gewisse Baugruppen der Walzvorrichtung nur für gewisse Endabmessungen zum Einsatz, bzw. je nach Endabmessung wird eine gewisse Funktion von der einen oder der anderen Baugruppe übernommen. Zunächst wird jedoch der Walzvorgang allgemein beschrieben.

15 **[0019]** Ausgehend von einem Ofen 4 mit einer Temperatur von 1'050 bis 1'200°C gelangt der Stahlstrang 2 zu einer ersten Warmverformungsvorrichtung 6, wo eine erste Warmumformung durch Walzen bei einer Temperatur oberhalb der Rekristallisationstemperatur stattfindet. Je nach Endabmessung erfolgt die erste Warmverformung durch sechs bis zwanzig Stiche bei einer Temperatur oberhalb von 950°C.

20 **[0020]** Anschliessend durchläuft der Stahlstrang eine erste Kühlvorrichtung 8 (für Stabstahl) bzw. 8a (für Draht), mittels welcher er unter die Rekristallisationstemperatur abgekühlt wird. Danach gelangt der Stahlstrang in eine zweite Warmverformungsvorrichtung 10 (für Stabstahl) bzw. 10a (für Draht), wo eine Endumformung bei einer Temperatur im Bereich des nicht-rekristallisierten Austenits vorgenommen wird.

25 **[0021]** Schliesslich wird der Strahlstrang wahlweise zu einer Drahtstation 14 oder zu einer Stabstation 16 zugeführt. Diese Stationen sind mit zweiten Kühlvorrichtungen 18 (für Draht) bzw. 20 (für Stabstahl) sowie mit nicht näher dargestellten Warmhaltevorrichtungen für das abgelängte Walzerzeugnis in Form von Drahtringen oder von Stäben ausgestattet.

30 **[0022]** Bei der Herstellung von Stabstahl wird die erste Warmwalzvorrichtung 6 durch eine erste Gerüstgruppe 22 gebildet. Im Falle von vergleichsweise dickem Stabstahl dient als erste Kühlvorrichtung 8 eine direkte Wasserkühlung 24 im Bereich der ersten Gerüstgruppe 22. Für vergleichsweise dünnen Stabstahl wird als erste Kühlvorrichtung 8 eine Warteschlaufe 26 mit Durchlaufkühlung 28 eingesetzt. Erforderlichenfalls können auch beide Kühlvarianten zum Einsatz kommen. Die zweite Warmwalzvorrichtung 10 kann wie bei der hier gezeigten Anordnung durch eine nachgeordnete zweite Gerüstgruppe 30 gebildet sein. Anschliessend gelangt der Walzgutstrang zur Stabstation 16, welche wie erwähnt eine zweite Kühlvorrichtung 20 beinhaltet.

35 **[0023]** Bei der Herstellung von Draht mit einem Durchmesser von beispielsweise bis zu 22 mm umfasst die erste Warmwalzvorrichtung 6 die erste Gerüstgruppe 22 und die zweite Gerüstgruppe 30. Die erste Kühlvorrichtung 8a ist dabei als nachgeordnete Warteschlaufe 32 ausgestaltet, die vorteilhafterweise eine Wasserkühlung 34 umfasst. Die zweite Warmwalzvorrichtung 10a wird durch eine nachgeordnete dritte Gerüstgruppe 36 gebildet. Anschliessend gelangt der Walzgutstrang zur Drahtstation 14, welche wie erwähnt eine zweite Kühlvorrichtung 18 beinhaltet.

40 **[0024]** Die Fig. 2 bis 4 zeigen anhand der massgeblichen Temperatur-Zeitprofile einen Vergleich zwischen einem vorbekannten Walzverfahren (Fig. 2) und zwei Varianten des erfindungsgemässen Verfahrens (Fig. 3 und 4).

45 **[0025]** Beim vorbekannten Verfahren gemäss Fig. 2 wird der Stahlstrang zunächst auf rund 1'150°C erhitzt. Danach wird eine Warmumformung durch Walzen bei einer Temperatur oberhalb 950°C durchgeführt, was oberhalb der Rekristallisationstemperatur liegt. Im gezeigten Beispiel erfolgt dies durch 6 Stiche. Anschliessend wird das Walzgut, je nach Endabmessung bzw. Walzstation, innerhalb von 5 bis 10 s auf 820 bis 920°C und dann mit einer Abkühlrate von 0.3 bis 1.9°C/s auf Raumtemperatur abgekühlt. Das so gewonnene Erzeugnis eignet sich nicht für die kalte Weiterverarbeitung, sondern es ist hierfür eine mehrstündige Wärmebehandlung erforderlich. Beispielsweise muss das Erzeugnis wieder auf eine Temperatur von 680 bis 720°C aufgeheizt werden und typischerweise etwa 14 Stunden bei dieser Temperatur gehalten werden. Das derart nachbehandelte Erzeugnis kann schliesslich auf Raumtemperatur abgekühlt werden und steht danach für die kalte Weiterverarbeitung zur Verfügung.

50 **[0026]** Bei den Verfahren der Fig. 3 und 4 wird zunächst eine erste Warmumformung oberhalb der Rekristallisationstemperatur durchgeführt, wobei der Umformgrad in diesem Verfahrensschritt mindestens 60% beträgt. Anschliessend wird das Walzgut jedoch - anders als im zuvor geschilderten Verfahren der Fig. 2 - zunächst unterhalb die Rekristallisationstemperatur abgekühlt und danach eine Endumformung bei einer Temperatur im Bereich des nicht-rekristallisierten Austenits vorgenommen. Der Gesamtumformgrad bei der Endumformung beträgt mindestens 30% und wird in den gezeigten Beispielen durch zwei Stiche bewerkstelligt. Wesentlich ist, dass die Abkühlung unterhalb die Rekristallisationstemperatur derart durchgeführt wird, dass im Walzgut vor der Endumformung kein Kornwachstum des Austenits stattfindet.

55 **[0027]** Bei der Variante von Fig. 3 erfolgt die Endumformung bei einer Temperatur, die oberhalb von A_{r3} liegt; bei der Variante von Fig. 4 ist die Endwalztemperatur noch niedriger und liegt knapp unterhalb von A_{r3} im Bereich zwischen

Ar₁ und Ar₃. Wie in den Fig. 3 und 4 schematisch angedeutet, könnte die Endumformung je nach Walzstation, Abmessung bzw. Walzgeschwindigkeit eine Wiedererwärmung des Walzgutes bewirken. Dieser Umstand muss berücksichtigt werden, d.h. es gilt zu vermeiden, dass die Temperatur vorübergehend wieder über die gewünschte Endwalztemperatur ansteigt.

[0028] In einem dritten Verfahrensschritt wird das Walzgut im Wesentlichen auf die Ar₁ Temperatur, zum Beispiel auf 680 bis 720°C, abgekühlt und danach bei dieser Warmhaltetemperatur während einer bestimmten Warmhaltezeit belassen. Ein Wiedererwärmungsprozess ist dementsprechend nicht erforderlich. Schliesslich wird das Erzeugnis auf Raumtemperatur abgekühlt.

[0029] Die Warmhaltezeit wird in Vorversuchen bestimmt. Sie wird so gewählt, dass die Eigenschaften der Erzeugnisse nach dem Abkühlen auf Raumtemperatur mit denjenigen nach konventioneller Walzung und zusätzlicher Wärmebehandlung vergleichbar sind. Damit wird erreicht, dass das Erzeugnis ohne weitere Wärmebehandlung kalt weiterverarbeitbar ist.

[0030] Wie aus dem Vergleich der Fig. 3 und 4 hervorgeht, lässt sich durch Senken der Endwalztemperatur kombiniert mit einem gezielten modifizierten Abkühlprozess eine Verkürzung der erforderlichen Warmhaltezeit erreichen, welche im Fall der Fig. 3 ungefähr 7 Stunden und im Fall der Fig. 4 lediglich noch 2 bis 4 Stunden beträgt.

[0031] Es versteht sich, dass zum Einstellen der beschriebenen Bedingungen die Walzvorrichtung entsprechend zu dimensionieren bzw. einzurichten ist. Insbesondere werden die kontrollierten Abkühlungsvorgänge mittels Wasserkühlungen und gegebenenfalls mittels Warteschlaufen realisiert. Darüber hinaus werden je nach Art und Dimension des zu produzierenden Erzeugnisses (d.h. Drahtstahl, Stabstahl) unterschiedliche Anzahlen und Positionen der Walzgerüste gewählt. Das Warmhalten erfolgt - ebenfalls abhängig von der Art des Erzeugnisses - in geeigneten Warmhalteeinrichtungen.

[0032] Grundsätzlich lässt sich das beschriebene Verfahren für Stähle mit einem Gewichtsanteil von 0.02 bis 0.65% Kohlenstoff und bis zu 0.15% Silizium, 0.25 bis zu 1.5% Mangan, bis zu 0.035% Phosphor, bis zu 0.004% Schwefel, bis zu 0.5% Molybdän, bis 1.7% Chrom, bis zu 0.25% Kupfer, bis zu 0.008% Bor, bis zu 0.2% Nickel und bis zu 0.25% Vanadium sowie weiteren stahlüblichen Beimengungen verwenden. Drei Beispiele für solche Zusammensetzungen sind in der Tabelle 1 angegeben.

Tabelle 1: Stahlzusammensetzungen in Gew.-%

Stahl	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Al	Cu	B	N
A	0.09	0.08	0.36	0.004	0.005	0.06	0.06	0.008	0.026	0.07	-	0.011
B	0.21	0.05	0.97	0.005	0.009	0.05	0.03	0.007	0.021	0.08	0.003	0.008
C	0.43	0.08	0.74	0.005	0.030	0.06	1.07	0.215	0.021	0.08	-	0.009

Beispiele

[0033] Die folgenden Beispiele wurden auf einer Versuchsanlage durchgeführt. In allen Fällen wurde die in Vorversuchen bestimmte minimal erforderliche Wärmebehandlungszeit bzw. Warmhaltezeit eingehalten, die zu einem kalt verarbeitbaren Erzeugnis führt. Da jedoch auf der Versuchsanlage am Schluss keine Drahtringe oder lange Stäbe abgelegt werden, sind die nötigen Wärmebehandlungszeiten bzw. Warmhaltezeiten in den vorliegenden Beispielen deutlich kürzer als in einer entsprechenden Produktionsanlage. Demnach sind die nachfolgend angegebenen Wärmebehandlungszeiten bzw. Warmhaltezeiten etwa um den Faktor 3.5 kürzer als auf einer Produktionsanlage.

Vergleichsbeispiel 1 (Stand der Technik)

[0034] Ein Stahl mit der chemischen Zusammensetzung "A" gemäss Tabelle 1 wurde auf 1'150°C erhitzt und anschliessend in 6 Stichen gewalzt, wobei der Anfangsdurchmesser 38 mm und der Enddurchmesser 17.2 mm betrug. Dies entspricht einem Gesamtumformgrad von 80%. Dabei lag die Endwalztemperatur bei ca. 980°C. Anschliessend wurde das Walzgut innerhalb von 6 Sekunden auf 820 bis 960°C und dann mit einer Abkühlrate von 0.3 bis 1.9 °C/s (je nach Walzstation) auf Raumtemperatur abgekühlt. Das so gewonnene Erzeugnis wurde anschliessend einer Wärmebehandlung bei 680°C während 4 Stunden unterzogen.

Beispiel 1

[0035] Ein Stahl mit derselben Zusammensetzung wie im Vergleichsbeispiel 1 wurde auf 1'150°C erhitzt und anschliessend in 4 Stichen gewalzt, wobei der Anfangsdurchmesser 38 mm und der Enddurchmesser 23.8 mm betrug.

Dies entspricht einem Gesamtumformgrad bei der ersten Warmverformung von 60%. Dabei lag die Temperatur nach dem 4. Stich bei ca. 1'020°C. Anschliessend wurde das Walzgut nach einer intensiven Kühlung innerhalb von 13 Sekunden in weiteren 4 Stichen von 23.8 auf 17.2 mm gewalzt. Dies entspricht einem Gesamtumformgrad bei der Endumformung von 47%. Dabei betrug die Endwalztemperatur 880°C, was ca. 20°C oberhalb von Ar_3 liegt. Nach dem letzten Stich wurde das Walzgut innerhalb von 6 Sekunden auf 680°C abgekühlt, was im Wesentlichen Ar_1^e entspricht, und während 2 Stunden bei dieser Temperatur belassen.

Beispiel 2

[0036] Ein Stahl mit derselben Zusammensetzung wie im Vergleichsbeispiel 1 wurde auf 1'150°C erhitzt und anschliessend in 4 Stichen gewalzt, wobei der Anfangsdurchmesser 38 mm und der Enddurchmesser 23.8 mm betrug. Dabei lag die Temperatur nach dem 4. Stich bei ca. 1'020°C. Anschliessend wurde das Walzgut nach einer intensiven Kühlung innerhalb von 13 Sekunden in weiteren 2 Stichen von 23.8 auf 17.2 mm gewalzt. Die Endwalztemperatur lag bei 850°C was knapp ca. 10°C unterhalb von Ar_3 liegt. Nach dem letzten Stich wurde das Walzgut innerhalb 6 Sekunden auf 680°C abgekühlt was im Wesentlichen Ar_1^e entspricht, und während 1 Stunde bei dieser Temperatur belassen.

[0037] Die mechanischen Eigenschaften der Walzerzeugnisse aus Stahl A sind in Tabelle 2 zusammengestellt. Es ist eindeutig zu erkennen, dass durch gezielte Endumformung um Ar_3 kombiniert mit einer gesteuerten Abkühlung um Ar_1 ohne vorherige Wiedererwärmung und das Halten bei dieser Temperatur ein Eigenschaftsniveau erreicht werden kann, das mit demjenigen nach konventioneller Umformung gefolgt von aufwändiger Wärmebehandlung vergleichbar ist. Dabei konnte die benötigte Warmhaltezeit auf die Hälfte bis ein Viertel der üblichen Glühdauer reduziert werden. Das Erzeugnis kann in diesem Zustand kalt verarbeitet werden.

Tabelle 2: Mechanische Eigenschaften der Walzerzeugnisse aus Stahl A

	Vergleichsbeispiel 1	Beispiel 1	Beispiel 2
Zugfestigkeit R_M [MPa]	375	395	392
Brucheinschnürung Z [%]	76.0	75.8	74.2

Vergleichsbeispiel 2 (Stand der Technik)

[0038] Ein Stahl mit der chemischen Zusammensetzung "C" gemäss Tabelle 1 wurde auf 1'150°C erhitzt und anschliessend in 6 Stichen gewalzt, wobei der Anfangsdurchmesser 38 mm und der Enddurchmesser 17.2 mm betrug. Dies entspricht einem Gesamtumformgrad von 80%. Dabei lag die Endwalztemperatur bei ca. 980°C. Anschliessend wurde das Walzgut in 5 Sekunden auf ca. 820 bis 970°C und dann mit einer Abkühlrate von 0.3 bis 1.9°C/s auf Raumtemperatur abgekühlt. Das so gewonnene Erzeugnis wurde anschliessend einer Wärmebehandlung bei 680°C während 4 Stunden unterzogen.

Beispiel 3

[0039] Ein Stahl mit derselben Zusammensetzung wie im Vergleichsbeispiel 2 wurde auf 1'150°C erhitzt und anschliessend in 4 Stichen gewalzt, wobei der Anfangsdurchmesser 38 mm und der Enddurchmesser 23.8 mm betrug. Dies entspricht einem Gesamtumformgrad bei der ersten Warmverformung von 60%. Dabei lag die Temperatur nach dem 4. Stich bei ca. 1'020 °C. Anschliessend wurde das Walzgut nach einer intensiven Kühlung innerhalb von 13 Sekunden in weiteren 2 Stichen von 23.8 auf 17.2 mm gewalzt. Dies entspricht einem Gesamtumformgrad bei der Endumformung von 47%. Dabei betrug die Endwalztemperatur 800°C, was oberhalb von Ar_3 liegt. Nach dem letzten Stich wurde das Walzgut innerhalb von 6 Sekunden auf 680°C abgekühlt, was zwischen Ar_1^b und Ar_1^e liegt, und während 2 Stunden bei dieser Temperatur belassen.

Beispiel 4

[0040] Ein Stahl mit derselben Zusammensetzung wie im Vergleichsbeispiel 2 wurde auf 1'150°C erhitzt und anschliessend in 4 Stichen gewalzt, wobei der Anfangsdurchmesser 38 mm und der Enddurchmesser 23.8 mm betrug. Dabei lag die Temperatur nach dem 4. Stich bei ca. 1'020°C. Anschliessend wurde das Walzgut nach einer intensiven Kühlung innerhalb von 13 Sekunden in weiteren 2 Stichen von 23.8 auf 17.2 mm gewalzt. Die Endwalztemperatur lag bei 690°C, was unterhalb von Ar_3 liegt. Nach dem letzten Stich wurde das Walzgut innerhalb von 6 Sekunden auf 680°C abgekühlt, was zwischen Ar_1^b und Ar_1^e liegt, und während 0.5 Stunden bei dieser Temperatur belassen.

[0041] Fig. 5 stellt das Gefüge abgeschreckter Proben nach dem letzten Stich in Abhängigkeit von der Endwalztem-

peratur dar. Es ist zu sehen, dass die Endumformung im Vergleichsbeispiel 2 (siehe Fig. 5a) und im Beispiel 3 (siehe Fig. 5b) im metastabilen Austenit stattfand. Demgegenüber erfolgte diese im Beispiel 4 (siehe Fig. 5c) im (y-a)-Zwei-phasengebiet.

[0042] Die mechanischen Eigenschaften der Walzerzeugnisse aus Stahl C sind in Tabelle 3 zusammengestellt.

Tabelle 3: Mechanische Eigenschaften der Walzerzeugnisse aus Stahl C

	Vergleichsbeispiel 2	Beispiel 3	Beispiel 4
Zugfestigkeit R_M [MPa]	695	685	695
Brucheinschnürung Z [%]	60.9	56.6	57.7

Schlussbemerkungen

[0043] Die obigen Vergleichsmessungen zeigen, dass das kontinuierliche Walzen mit gezielter Einstellung der Endwalztemperatur um Ar_3 kombiniert mit einem gezielten modifizierten Abkühlprozess und einer gezielt gewählten Warmhaltetemperatur zu Erzeugnissen führt, deren mechanische Eigenschaften mit denen nach einer konventionellen Wärmebehandlung vergleichbar sind. Insbesondere können die Erzeugnisse ohne Glühbehandlung kalt weiterverarbeitet werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur kontinuierlichen Herstellung von Draht- oder Stabstahl, welches die folgenden Verfahrensschritte beinhaltet:

a) in einem ersten Verfahrensschritt wird ein Stahl mit einem Gewichtsanteil bestehend aus 0.02 bis 0.65% Kohlenstoff, mehr als 0 bis zu 0.15% Silizium, 0.25 bis 1.5% Mangan, bis zu 0.035% Phosphor, bis zu 0.004% Schwefel, höher als 0 bis zu 0.5% Molybdän, mehr als 0 bis zu 1.7% Chrom, mehr als 0 bis zu 0.25% Kupfer, bis zu 0.008% Bor, mehr als 0 bis zu 0.2% Nickel, bis zu 0.25% Vanadium, mehr als 0 bis zu 0.026% Aluminium sowie weiteren stahlüblichen Beimengungen auf 1'050 bis 1'200°C erhitzt, anschliessend wird eine erste Warmumformung durch Walzen bei einer Temperatur oberhalb der Rekristallisationstemperatur durchgeführt, wobei der Gesamtumformgrad bei der ersten Warmumformung mindestens 60% beträgt;

b) in einem zweiten Verfahrensschritt wird das Walzgut unterhalb der Rekristallisationstemperatur abgekühlt und danach eine Endumformung bei einer Temperatur im Bereich des nicht-rekristallisierten Austenits vorgenommen, wobei das Abkühlen derart durchgeführt wird, dass im Walzgut vor der Endumformung ein mögliches Kornwachstum des Austenits verhindert wird und wobei der Gesamtumformgrad bei der Endumformung mindestens 30% beträgt; und

c) in einem dritten Verfahrensschritt wird das Walzgut ohne Wiedererwärmung bis zu einer Warmhaltetemperatur im Bereich von A_{r1}^b bis A_{r1}^e um die Ar_1 Temperatur abgekühlt und während einer Warmhaltezeit bei der besagten Warmhaltetemperatur belassen.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Stahl einen Gewichtsanteil von 0.02 bis 0.2% Kohlenstoff und bis zu 0.15% Silizium, 0.25 bis 1.0% Mangan, bis zu 0.025% Phosphor, bis zu 0.004% Schwefel, bis zu 0.25% Molybdän, bis zu 0.1% Chrom, bis zu 0.25% Kupfer, bis zu 0.008% Bor, bis zu 0.2% Nickel, bis zu 0.026% Aluminium und bis zu 0.1% Vanadium aufweist und dass die Warmhaltetemperatur im Wesentlichen bei Ar_1^e liegt.

3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Stahl einen Gewichtsanteil von 0.2 bis 0.65% Kohlenstoff und bis zu 0.15% Silizium, 0.25 bis 1.0% Mangan, bis zu 0.035% Phosphor, bis zu 0.004% Schwefel, 0.25 bis zu 0.50% Molybdän, bis zu 1.7% Chrom, bis zu 0.25% Kupfer, bis zu 0.2% Nickel, bis zu 0.026% Aluminium und bis zu 0.1% Vanadium aufweist und dass die Warmhaltetemperatur im Bereich von Ar_1^b bis Ar_1^e liegt.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Endumformung bei einer Temperatur von höchstens $Ar_3 + 60^\circ\text{C}$ durchgeführt wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Endumformung bei einer Temperatur im Bereich von Ar_1 bis Ar_3 durchgeführt wird, mit der Massgabe,

dass die Endumformtemperatur 690°C nicht unterschreitet.

Claims

1. A method for the continuous production of steel wire or steel bar, which comprises the following process steps:

a) in a first process step, a steel with a weight proportion consisting of 0.02 to 0.65% carbon, more than 0 and up to 0.15% silicon, 0.25 to 1.5% manganese, up to 0.035% phosphorus, up to 0.004% sulfur, more than 0 and up to 0.5% molybdenum, more than 0 and up to 1.7% chromium, more than 0 and up to 0.25% copper, up to 0.008% boron, more than 0 and up to 0.2% nickel and up to 0.25% vanadium, more than 0 and up to 0.026% aluminium and further admixtures usually contained in steel is heated to 1'050 to 1'200°C, subsequently a first hot forming is carried out by rolling at a temperature above the recrystallization temperature, wherein the total deformation degree in the first hot forming is at least 60%;

b) in a second process step, the rolled material is cooled to below the recrystallization temperature and subsequently an end forming at a temperature in the range of non-recrystallized austenite is carried out, wherein the cooling is carried out in such manner that in the rolled material a possible grain growth is prevented before the end forming and wherein the total deformation degree in the end forming is at least 30%; and

c) in a third process step, the rolled material is cooled without reheating down to a soaking temperature in the range of Ar_1^b to Ar_1^e around the Ar_1 temperature, and is maintained at the said soaking temperature during a soaking time.

2. The method according to claim 1, **characterized in that** the steel comprises a weight proportion of 0.02 to 0.2% carbon and up to 0.15% silicon, 0.25 to 1.0% manganese, up to 0.025% phosphorus, up to 0.004% sulfur, up to 0.25% molybdenum, up to 0.1% chromium, up to 0.25% copper, up to 0.008% boron, up to 0.2% nickel, up to 0.026% aluminium and up to 0.1% vanadium and that the soaking temperature is substantially at Ar_1^e .

3. The method according to claim 1, **characterized in that** the steel comprises a weight proportion of 0.2 to 0.65% carbon and up to 0.15% silicon, 0.25 to 1.0% manganese, up to 0.035% phosphorus, up to 0.004% sulfur, 0.25 up to 0.50% molybdenum, up to 1.7% chromium, up to 0.25% copper, up to 0.2% nickel, up to 0.026% aluminium and up to 0.1% vanadium and that the soaking temperature is in the range of Ar_1^b to Ar_1^e .

4. The method according to one of claims 1 to 3, **characterized in that** the end forming is carried out at a temperature of at most $Ar_3 + 60^\circ\text{C}$.

5. The method according to one of claims 1 to 3, **characterized in that** the end forming is carried out at a temperature in the range of Ar_1 to Ar_3 with the provision that the end forming temperature does not fall below 690°C.

Revendications

1. Procédé de production en contenu de fils ou de barres d'acier comprenant les étapes suivantes :

a) dans une première étape de procédé, un acier renfermant en proportion pondérale 0,02 à 0,65 % de carbone, plus de 0 et jusqu'à 0,15 % de silicium, 0,25 à 1,5 % de manganèse, jusqu'à 0,035 % de phosphore, jusqu'à 0,004 % de soufre, plus de 0 et jusqu'à 0,5 % de molybdène, plus de 0 et jusqu'à 1,7 % de chrome, plus de 0 et jusqu'à 0,25 % de cuivre, jusqu'à 0,008 % de bore, plus de 0 et jusqu'à 0,2 % de nickel, jusqu'à 0,25 % de vanadium, plus de 0 et jusqu'à 0,026 % d'aluminium, ainsi que d'autres impuretés usuelles dans les aciers, est chauffé à 1 050 à 1 200° C, puis, un premier formage thermique est effectué par laminage à une température située au-dessus de la température de recristallisation, le taux de déformation total lors du premier formage thermique étant d'au moins 60 %,

b) dans une seconde étape de procédé, le produit laminé est refroidi au-dessous de sa température de recristallisation puis un formage final à une température située dans la zone de l'austénite non recristallisée est effectuée, ce refroidissement étant mis en oeuvre de façon à empêcher, avant le formage final, une croissante possible de grains d'austénite dans le produit laminé, et le taux de déformation total lors du formage final étant d'au moins 30 %, et

c) dans une troisième étape de procédé, le produit laminé est refroidi sans réchauffage jusqu'à une température de maintien thermique située dans la zone de Ar_1^b à Ar_1^e autour de la température critique Ar_1 et maintenu

pendant un temps de maintien thermique à cette température de maintien thermique.

2. Procédé conforme à la revendication 1,

caractérisé en ce que

l'acier renferme en proportion pondérale 0,02 à 0,2 % de carbone et jusqu'à 0,15% de silicium, 0,25 à 1,0% de manganèse, jusqu'à 0,025 % de phosphore, jusqu'à 0,004 % de soufre, jusqu'à 0,25 % de molybdène, jusqu'à 0,1 % de chrome, jusqu'à 0,25 % de cuivre, jusqu'à 0,008 % de bore, jusqu'à 0,2 % de nickel, jusqu'à 0,026 % d'aluminium et jusqu'à 0,1 % de vanadium, et la température de maintien thermique est essentiellement égale à Ar_1^e .

3. Procédé conforme à la revendication 1,

caractérisé en ce que

l'acier renferme en proportion pondérale 0,2 à 0,65% de carbone et jusqu'à 0,15% de silicium, 0,25 à 1,0 % de manganèse, jusqu'à 0,035 % de phosphore, jusqu'à 0,004 % de soufre, 0,25 à 0,50 % de molybdène, jusqu'à 1,7 % de chrome, jusqu'à 0,25 % de cuivre, jusqu'à 0,2 % de nickel, jusqu'à 0,026 % d'aluminium et jusqu'à 0,1 % de vanadium et la température de maintien thermique est située dans la zone de Ar_1^b à Ar_1^e .

4. Procédé conforme à l'une des revendications 1 à 3,

caractérisé en ce que

le formage final est effectué à une température au plus égale à la température critique $Ar_3 + 60^\circ C$.

5. Procédé conforme à l'une des revendications 1 à 3,

caractérisé en ce que

le formage final est effectué à une température située dans la zone de Ar_1 à Ar_3 , étant précisé que la température de formage final n'est pas inférieure à $690^\circ C$.

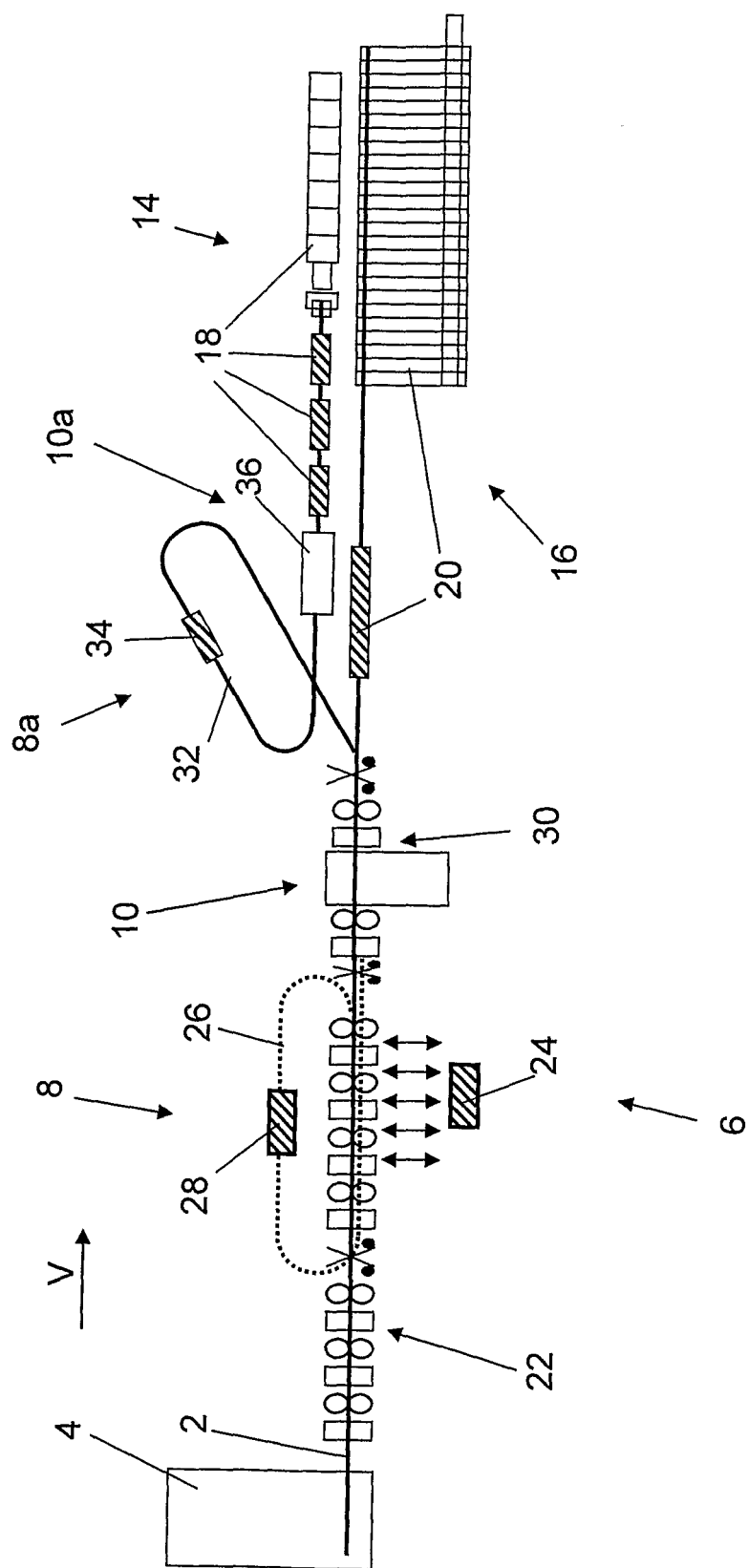
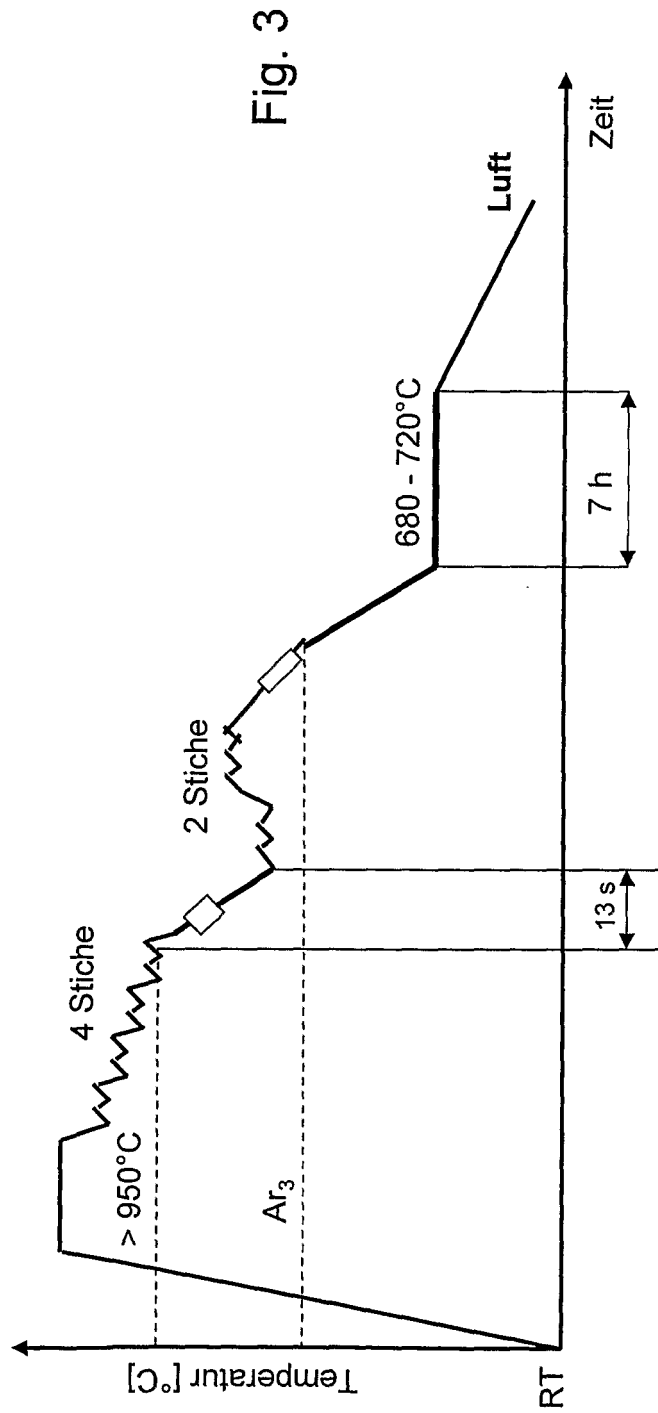
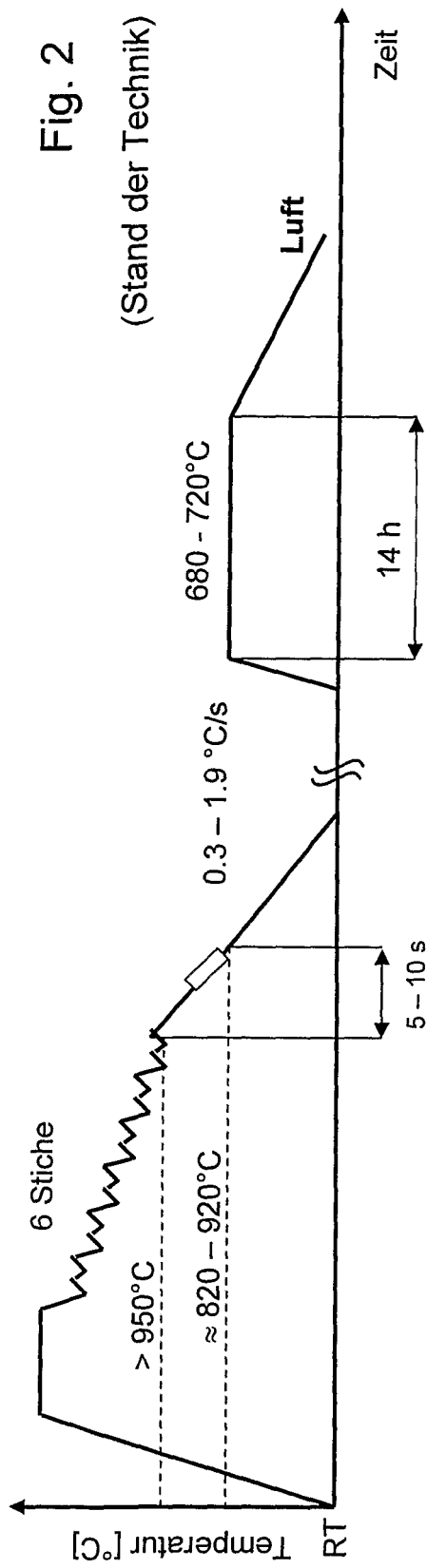
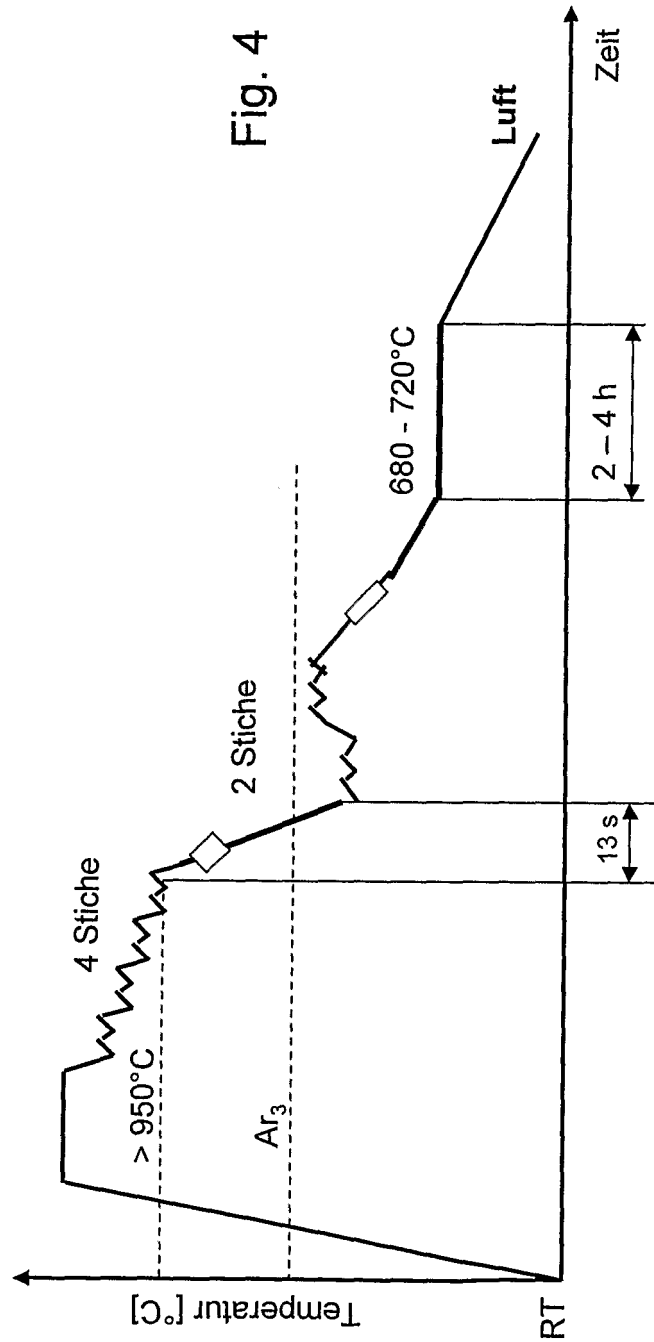
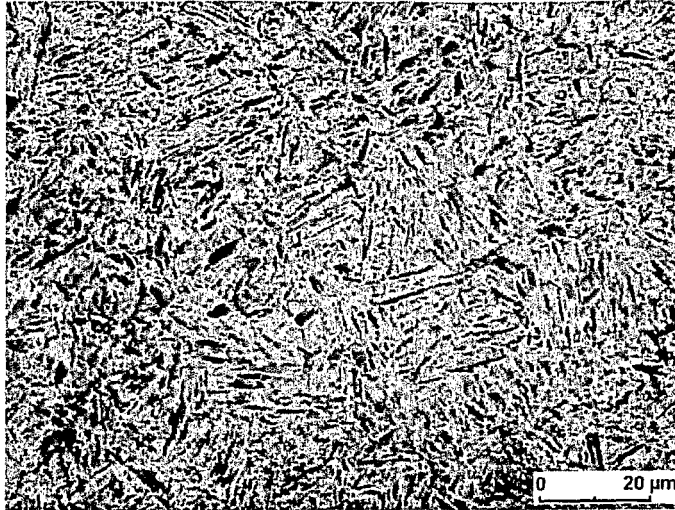


Fig. 1

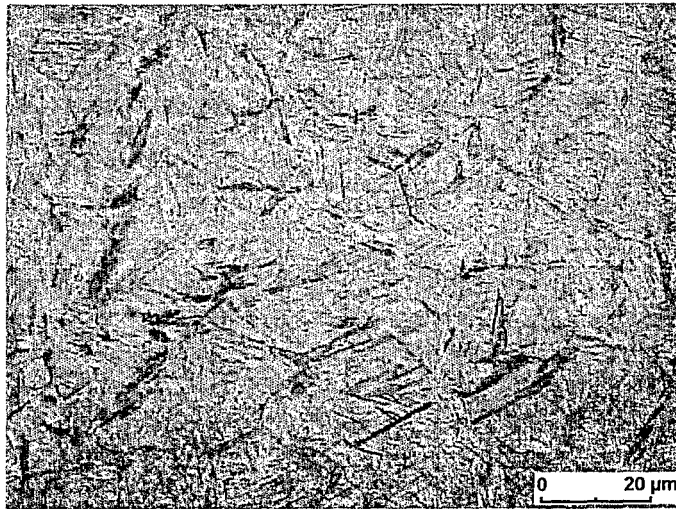






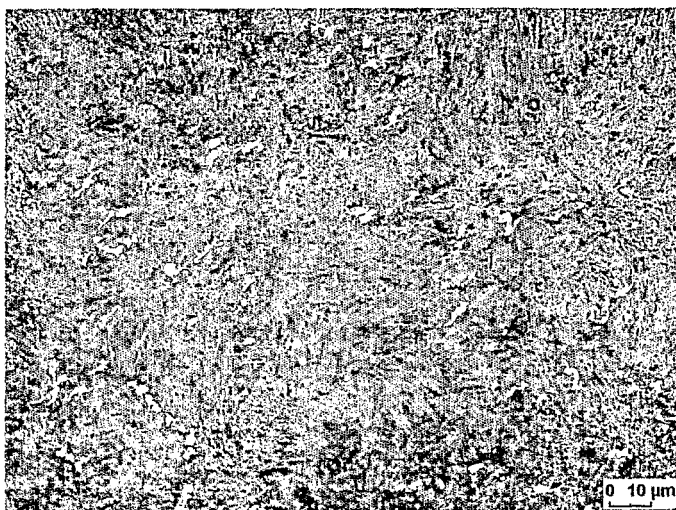
$T_{\text{end}} = 980^{\circ}\text{C}$

Fig. 5a



$T_{\text{end}} = 800^{\circ}\text{C}$

Fig. 5b



$T_{\text{end}} = 690^{\circ}\text{C}$

Fig. 5c

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

- CN 1088265 A [0003] [0004] [0009]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- **BALL, J. et al.** Prozessverkürzung durch Einsparung von Wärmebehandlungen bei der Herstellung von Draht und Stab. *Stahl und Eisen*, 1997, vol. 11 (4), 59-67 [0002]