

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 1 530 649 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
01.03.2006 Patentblatt 2006/09

(51) Int Cl.:
C21D 9/52 (2006.01) **C21D 9/62** (2006.01)
C21D 1/18 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **03747809.6**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/DE2003/002771

(22) Anmeldetag: **19.08.2003**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2004/018715 (04.03.2004 Gazette 2004/10)

(54) **VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM DURCHLAUFVERGÜTEN VON BANDSTAHL SOWIE
VERWENDUNG DES VERFAHRENS**

METHOD AND DEVICE FOR CONTINUOUSLY HARDENING AND TEMPERING A STRIP OF STEEL
AND USE OF THE METHOD

PROCEDE ET DISPOSITIF DE TREMPAGE ET REVENU CONTINU D'UN FEUILLARD D'ACIER ET
UTILISATION DE PROCEDE

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

(30) Priorität: **20.08.2002 DE 10238972**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
18.05.2005 Patentblatt 2005/20

(73) Patentinhaber: **C.D. Wälzholz-Brockhaus GmbH
58093 Hagen (DE)**

(72) Erfinder:
• **JUNIUS, Hans-Toni
58644 Iserlohn (DE)**
• **HÖFINGHOFF, Heinz
58579 Schalksmühle (DE)**

- **HÖFINGHOFF, Peter
58579 Schalksmühle (DE)**
- **GROF, Martin
58099 Hagen (DE)**
- **RADEMACHER, Peter
58708 Menden (DE)**
- **BRACHTHÄUSER, Norbert
44869 Bochum (DE)**

(74) Vertreter: **Schneider, Uwe
Patentanwalt
Holbeinstrasse 27
59423 Unna (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:
WO-A-00/39349 DE-A- 4 340 568
DE-C- 3 050 367 GB-A- 1 420 272
US-A- 3 929 524 US-A- 4 404 047

EP 1 530 649 B1

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).

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Durchlaufvergütung von Bandstahl gemäß Oberbegriff des Anspruches 1, eine zur Durchführung des Verfahrens geeignete Vorrichtung gemäß Anspruch 15 sowie auf die Verwendung des Verfahrens zur Herstellung von Bandstahl gemäß Anspruch 28.

[0002] Die Vergütung von Bandstahl im Durchlaufverfahren ist ein vielfach praktiziertes Verfahren zur Beeinflussung der Festigkeitseigenschaften von Bandstahl. Hierbei wird in entsprechenden Durchlaufeinrichtungen der Bandstahl zuerst durch Erwärmen mit anschließendem Abkühlen gehärtet und danach durch Anlassen mit nachfolgendem Abkühlen hinsichtlich seiner Zähigkeit verändert. Hierbei kann die zur Vergütung sowohl beim Härten als auch beim Anlassen benötigte Wärme auf unterschiedliche Arten in den Bandstahl eingebracht werden, beispielsweise durch induktive Verfahren, konduktive Verfahren oder auch durch Durchleiten des Bandstahles durch heiße Bäder oder Gasflammen. Von wesentlichem Einfluß auf die eingestellten Materialeigenschaften des Bandstahles ist es dabei, wie schnell die Wärme in den Bandstahl eingeleitet und beim Abkühlen wieder aus dem Bandstahl ausgeleitet werden kann. Durch die Gefügeumwandlungen sowie die Geschwindigkeit der Aufheizungs- bzw. Abkühlungsvorgänge ergeben sich sehr viele verschiedene Möglichkeiten, die Materialeigenschaften des Bandstahles zu beeinflussen. Als Material für derartigen Bandstahl werden häufig etwa Kohlenstoffstähle verwendet.

[0003] Insbesondere wenn es darum geht, dem Bandstahl ein hohes Streckgrenzenverhältnis bei gleichzeitig großer Festigkeit aufzuprägen, ist die Prozeßführung des Vergütens von besonderer Wichtigkeit. Derartige Anwendungen entsprechender Bandstähle ergeben sich beispielsweise dann, wenn aus diesen Bandstählen Federbauteile hergestellt werden sollen.

[0004] So ist es beispielsweise aus der DE-PS 29 17 287 C2 bekannt, einen Federstahl mittels Hochfrequenzinduktion schnell auf beispielsweise 1100 Grad Celsius zu erwärmen und über die kürzeste Austenit-bildende Zeit im Austenitbereich zu halten. Danach wird der Federstahl in Wasser oder Öl mit einer Abkühlgeschwindigkeit über der kritischen Abkühlgeschwindigkeit abgeschreckt und dadurch das Austenitgefüge des Stahles sehr fein eingestellt, wobei sich ein Gefüge mit einer ungleichförmigen Konzentration von Kohlenstoff ergibt, das beim Härten eine hohe Zähigkeit erreicht. Hierbei werden für den damaligen Stand der Technik relativ hohe Abkühlungsgradienten und Aufheizungsgradienten von größer 100 Kelvin pro Sekunde als notwendig angegeben, um das gewünschte Gefüge einzustellen. Hierbei wird angegeben, daß durch die relativ hohe Temperatur eine im wesentlichen vollständige Auflösung des übersättigten Martensits bewirkt werden muß, wobei sich dadurch eine entsprechende Ausscheidung von Carbiden ergeben soll. Dieser Stand der Technik bezieht sich al-

lerdings ausschließlich auf stabförmigen oder drahtförmigen Stahl mit im Vergleich zu Bandstahl relativ großen Querschnittabmessungen, bei dem ebenfalls ganz andere Anforderungen an die Genauigkeit der Materialien nach dem Vergüten im Hinblick auf möglichen Verzug und Querschnittsveränderungen gestellt werden. Auch ist durch die im Verhältnis zum Querschnitt relativ geringe Oberfläche eine Aufheizung und Abkühlung nur relativ träge möglich.

[0005] Eine Weiterentwicklung dieses Standes der Technik beschreibt die DE 43 40 568, die zum kontinuierlichen Vergüten von Stahldraht vorschlägt, bei etwa gleichen Aufheizgeschwindigkeiten und Abkühlgeschwindigkeit wie bei der DE-PS 29 17 287 C2 den Stahldraht so lange auf Temperatur zu halten, bis eine restlose Umwandlung in Austenit stattgefunden hat und dann eine Warmformung des Stahldrahtes anzuschließen. Hierbei wird insbesondere das Halten des Stahldrahtes beim Anlassen auf eine Temperatur unterhalb von Ac1 und oberhalb von 500 Grad Celsius über eine Zeit angegeben, die deutlich länger sein soll als noch in der DE-PS 29 17 287 mit 60 Sekunden angegeben. Hierdurch wird die Durchlaufbehandlung des Stahldrahtes wesentlich erschwert, da entweder die Anlagenlänge wesentlich erhöht werden muß, um eine derartige Zeitdauer überbrücken zu können, oder aufwendige Wickeltechniken zum Zwischenspeichern und gleichzeitigem Temperieren des Stahldrahtes bei konstanten Temperaturen benötigt werden. Auch werden Streckgrenzenverhältnisse, die mit einem derartigen Verfahren zu erreichen sind, von max. 0,9 angegeben, was für hochfeste konstruktive Materialien nicht immer ausreichend ist.

[0006] Aus der WO-A-00/39349 ist ein Verfahren zum Durchlaufhärten und - Vergüten von Stahlband bekannt, welches nach dem Abschrecken im lekten Abschnitt eines Anlaßofens schnell mittels Wärmestrahlen erhitzt und dann mittels Schutzgas abgekühlt wird. Entlang der Erstreckungslänge der Stahlbänder bekommen ungleichförmige Querschnittsabmessungen der Stahlbänder durch entsprechende Prozeßführung des Vergütens einen gleichförmigen Härteverlauf beim Anlassen aufgeprägt

[0007] Aus der GB 1 420 272 ist ein Durchlaufvergüten von Stahlbändern bekannt. Diese werden durch dem Band mittels Kontaktrollen zugeführten Strom widerstandserhitzt. Es sind Aufheizgeschwindigkeiten von 300°C/s beim Härten und von 500°C/s beim Vergüten und ein dazwischen vorgenommener Durchlauf durch ein Abschreckbad erwähnt. Die Erhitzung erfolgt zwischen eingangsseitigen und ausgangsseitigen Kontaktrollenpaaren.

[0008] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, ein Verfahren zur Durchlaufvergütung von Bandstahl anzugeben, mit dem hochfeste und gleichwohl mit sehr hohen Streckgrenzenverhältnissen ausgestattete Stahlwerkstoffe hergestellt werden können, die durch ihre Gefügeausbildung sich insbesondere auch zur Herstellung von ähnlich wie Federstählen belasteten Bau-

teilen eignen.

[0009] Die Lösung der erfindungsgemäßen Aufgabe ergibt sich hinsichtlich des Verfahrens zur Durchlaufvergütung von Bandstahl aus den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruchs 1, hinsichtlich der zur Durchführung des Verfahrens geeigneten Vorrichtung aus den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruchs 15 sowie hinsichtlich der Verwendung des Verfahrens zum Vergüten von Bandstahl aus den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruchs 28 jeweils in Zusammenwirken mit den Merkmalen des zugehörigen Oberbegriffes. Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

[0010] Die Erfindung gemäß Anspruch 1 geht aus von einem Verfahren zur Durchlaufvergütung von Bandstahl, bei dem in einer ersten Aufheizstation die Erwärmung des Bandstahls auf eine Temperatur oberhalb der A_3 -Temperatur erfolgt, der Bandstahl danach abgekühlt und anschließend in einer zweiten Aufheizstation auf eine Anlaßtemperatur erwärmt und endgültig abgekühlt wird. Ein derartiges gattungsgemäßes Verfahren wird dadurch weiterentwickelt, daß der Bandstahl in einem ersten Abschnitt der ersten Aufheizstation unter Einwirkung von mindestens 60 % der gesamten Heizleistung der Aufheizstation mit einem Aufheizgradienten von mindestens 500 K/s erwärmt, danach in einem zweiten Abschnitt der ersten Aufheizstation mit einem Aufheizgradienten von mindestens 70 K/s auf die Temperatur oberhalb der A_3 -Temperatur aufgeheizt und anschließend in einer Abkühlstation mit einem Abkühlungsgradienten von mindestens 300 K/s im wesentlichen wieder auf Raumtemperatur abgekühlt wird, wobei durch das sehr kurzzeitige Halten des Bandstahls oberhalb der A_3 -Temperatur eine vollständige Umwandlung des Gefüges bei gleichzeitiger Lösung des gesamten Kohlenstoffanteils, jedoch noch keine vollständige Homogenisierung des Kohlenstoffs in der Austenit-Phase erreicht wird. Zum anschließenden Anlassen wird der Bandstahl dann in einem ersten Abschnitt der zweiten Aufheizstation unter Einwirkung von mindestens 60 % der gesamten Heizleistung der Aufheizstation mit einem Aufheizgradienten von mindestens 200 K/s erwärmt, danach in einem zweiten Abschnitt der zweiten Aufheizstation mit einem Aufheizgradienten von mindestens 70 K/s auf die Anlaßtemperatur aufgeheizt und dort kurzzeitig gehalten und anschließend mit einem Abkühlungsgradienten von mindestens 200 K/s im wesentlichen wieder auf Raumtemperatur abgekühlt, wobei durch die sehr schnelle und nur kurzzeitige Erwärmung auf die Anlaßtemperatur der Zerfall der gebildeten Martensitnadeln verhindert wird und sich dadurch in dem Bandstahl ein sehr feinkörniges Gefüge mit einer feinstnadeligen Martensitausscheidung bildet. Durch die hohen Aufheizungs- und Abkühlungsgradienten insbesondere in den ersten Abschnitten der ersten Aufheizstation für das Härten bzw. der zweiten Aufheizstation für das Anlassen wird erreicht, daß sich der gewünschte Gefügestand des Bandstahls nur insoweit ausbildet, als dies für die Einstellung der Festigkeits-

eigenschaften erforderlich ist, ohne daß sich wie bei bekannten Vergütungsverfahren in nennenswertem Maße unerwünschte Gefügebestandteile ausbilden können. Hierbei wird die Erwärmung in der ersten Aufheizstation und der zweiten Aufheizstation in den jeweils ersten Abschnitten und den zweiten Abschnitten mit unterschiedlichen Temperaturgradienten durchgeführt, wobei in den jeweils ersten Abschnitten der Großteil der Erwärmung stattfindet und in den zweiten Abschnitten im wesentlichen ein Ausgleich der Temperatur innerhalb des Bandstahls stattfindet, wobei ebenfalls noch eine relativ geringe Temperaturerhöhung bei gleichzeitigem Halten auf den jeweiligen Prozeßtemperaturen im Vordergrund steht. Bei der insgesamt nur sehr kurzen Verweildauer des Bandstahls in den Aufheizstationen wirken die Temperaturveränderungen sehr abrupt auf den Bandstahl ein und geben dem Gefüge daher nur wenig Zeit, neben der beabsichtigten Veränderung der Gefügeeigenschaften sekundäre Gefügeveränderungen auszubilden. Insgesamt bildet sich hierdurch ein sehr feines Austenitgefüge, das mit der anschließenden ebenfalls sehr feinstnadeligen Martensitausscheidung ein Sondergefüge bildet, daß bei sehr hohen Festigkeitswerten ein äußerst großes Streckgrenzenverhältnis von in der Regel größer 0,96 aufweist. Dieses Gefüge zeigt metallographisch Ähnlichkeiten mit einem Bainitgefüge, wobei dieses aber ein geringeres Streckgrenzenverhältnis aufweist. Hierdurch eignen sich derartige Bandstähle insbesondere dafür, als Federstähle für konstruktive Zwecke hochbelasteter Bauteile eingesetzt zu werden. Im Gegensatz zum bekannten Stand der Technik liegen die erfindungsgemäß verwendeten Aufheizungsgradienten und Abkühlungsgradienten um etwa eine Größenordnung höher als bisher bekannt, wodurch erst quasi das Ausbilden bzw. Einfrieren der jeweiligen Gefügestände ermöglicht wird. Dies ermöglicht, daß die sonst übliche vollständige Homogenisierung des Kohlenstoffs in der Austenit-Phase verhindert wird.

[0011] Vorteilhafte Weiterbildungen des Verfahrens ergeben sich insbesondere hinsichtlich der Beeinflussung der Gefügestruktur, wenn der Aufheizungsgradient in dem ersten Abschnitt der ersten Aufheizstation mindestens 800, vorzugsweise 1000 bis 1300 K/s und/oder der Aufheizungsgradient in dem zweiten Abschnitt der ersten Aufheizstation mindestens 100, vorzugsweise 125 K/s und/oder der Abkühlungsgradient nach der ersten und/oder der zweiten Aufheizstation 500, vorzugsweise 800 - 2800 K/s beträgt. Hierdurch können noch präziser die gewünschten Gefügebestandteile ausgebildet bzw. bei der Abkühlung aufrechterhalten werden, ohne daß sich die Festigkeitseigenschaften bzw. das Streckgrenzenverhältnis negativ beeinflussende andere Gefügebestandteile ausbilden können.

[0012] Von Vorteil ist es weiterhin, wenn die erreichte Temperatur des Bandstahls nach dem Durchlaufen der ersten Aufheizstation mindestens 50, vorzugsweise 100 K oberhalb der A_3 -Temperatur beträgt. Hierdurch wird dem Einfluß der hohen Erwärmungsgeschwindigkeiten

Rechnung getragen, durch die sich die Umwandlungspunkte des Gefüges des Bandstahls mit zunehmender Erwärmungsgeschwindigkeit bzw. kürzerer Erwärmungszeit zu höheren Temperaturen hin verschieben. Erst hierdurch wird dann auch gewährleistet, daß trotz der hohen Temperaturänderungen des Bandstahls sich das gewünschte Gefüge überhaupt ausbilden kann.

[0013] Weiterhin ist vorgesehen, daß die Anlaßtemperatur des Bandstahls zwischen 300 und 700 °C beträgt. Hierdurch kann insbesondere der Zerfall des Martensits im gewünschten Maße gesteuert werden.

[0014] Von wesentlichem Vorteil für die Ausbildung eines über den gesamten Querschnitt gleichmäßigen Gefüges innerhalb des Bandstahles ist es, wenn während des Durchlaufs des Bandstahls durch den zweiten Abschnitt der ersten und/oder der zweiten Aufheizstation zusätzlich zu einer weiteren relativ geringen Temperaturerhöhung eine Vergleichmäßigung der Temperatur des Bandstahls erfolgt. Bedingt durch die hohen Aufheizgradienten können sich in diesen ersten Abschnitten innerhalb des Querschnittes des Bandstahls in gewissem Maße unterschiedlich hohe Temperaturen ausbilden, die auch unterschiedliche Gefügeausbildungen zur Folge haben könnten. Dies würde aber die Festigkeitseigenschaften und insbesondere die Homogenität des Bandstahles unter Umständen wesentlich verschlechtern, da etwa für die Verwendung des Bandstahles als federnde Konstruktionsbauteile auch nicht tolerierbare, unterschiedliche Federungseigenschaften innerhalb des Querschnittes bzw. entlang der Lauflänge des Bandstahles die Folge wären. Mit dieser Ausgestaltung der Erwärmung in einem zweistufigen Verfahren kann darüber hinaus vermieden werden, daß sonst übliche längere Abschnitte zum Halten der sonst relativ langsam erreichten Temperaturen innerhalb des Durchlaufs durch die Anlage vorgesehen werden müssen.

[0015] Insbesondere hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit des Verfahrens ist es von Vorteil, wenn das Anlassen des Bandstahls direkt anschließend an das Härten und in dem gleichen Durchlauf vorgenommen wird. Hierdurch wird ein aufwendiges Zwischenspeichern des Stahlbandes, sei es durch zwischenzeitliches Aufhaspeln oder mäandrierendes Führen des Stahlbandes in Speichereinrichtungen vermieden.

[0016] Eine wesentliche Eigenschaft des erfindungsgemäßen Verfahrens ist es, daß das in dem Bandstahl sich ausbildende sehr feine Austenitgefüge mit der feinstnadeligen Martensitausscheidung bei gleichzeitiger Vermeidung einer vollständigen Homogenisierung des Kohlenstoffs in Austenit ein hohes Streckgrenzenverhältnis des Bandstahls im Bereich von größer oder gleich 0,96 ohne Verluste hinsichtlich der Dehnungseigenschaften erlaubt. Hierdurch wird etwa die Kaltumformung des Bandstahls in entsprechende Konstruktionsbauteile möglich, die wesentlich einfacher und ohne starke Veränderung der Festigkeitseigenschaften des Konstruktionsbauteils vorgenommen werden kann als bei der sonst üblichen Warmformung.

[0017] Für die Temperaturführung des Bandstahls ist es von Vorteil, wenn der erste Abschnitt der ersten und/oder der zweiten Aufheizstation eine geringere Durchlauflänge für den Bandstahl aufweist als der zugehörige zweite Abschnitt der ersten und/oder der zweiten Aufheizstation. Hierdurch kann neben der Einbringung unterschiedlicher Wärmemengen in den jeweiligen Abschnitten einfach dafür gesorgt werden, daß die dadurch sich ergebenden Verweilzeiten des Bandstahls in diesen Abschnitten verändert werden können oder auch ein festes Verhältnis zueinander aufweisen. Abhängig von der Durchlauflänge und der jeweiligen Bandgeschwindigkeit ergeben sich damit auch die Aufheizgradienten und die Expositionszeiten des Bandstahles hinsichtlich der Erwärmung und der anschließenden Ausgleichs- und Nachtemperierungsvorgänge.

[0018] Für die Einstellung der zur Gefügeveränderung benötigten Aufheizgradienten ist es von Vorteil, wenn in dem jeweiligen ersten Abschnitt der ersten und/oder der zweiten Aufheizstation mindestens 90 % der gesamten Heizleistung der jeweiligen Aufheizstation auf den Bandstahl einwirkt. Hierdurch wird dem Gefüge sehr abrupt eine Temperatur aufgeprägt, die im wesentlichen nur die gewünschte Gefügeveränderung hervorruft und Sekundärvorgänge wie etwa durch die erhöhte Temperatur bewirkte Diffusionsvorgänge nicht oder nicht in wesentlichem Maße erlaubt.

[0019] Für die Ausbildung der Oberflächen, aber auch für die randnahe Gefügeausbildung ist es von Vorteil, wenn die Aufheizung und das Anlassen des Bandstahls innerhalb der ersten und/oder der zweiten Aufheizstation bis zum jeweils erfolgten Abkühlen des Bandstahls unter Schutzgasatmosphäre erfolgt. Hierdurch kann der sonst in der Umgebungsluft enthaltene Sauerstoff keine Reaktion mit der Oberfläche des Bandstahls eingehen und damit weder die Oberfläche etwa durch Verzunderung oder die randnahen Schichten durch Diffusionsvorgänge verändern. Es wird damit ein blaues Anlassen oder ein sogenanntes Blankvergüten erzielbar und mit dem erfindungsgemäßen Verfahren kombinierbar.

[0020] Von wesentlichem Einfluß sowohl auf die Wirtschaftlichkeit als auch auf die Gefügeausbildung ist es, daß das erfindungsgemäße Verfahren mit Durchlaufgeschwindigkeiten des Bandstahles durch die Aufheizstationen und Abkühlstationen von mindestens 25 m/min, vorzugsweise mindestens 150 m/min betrieben werden kann. Hierdurch ist zum einen der Durchsatz des Vergütungsverfahrens wesentlich höher als bekannten Verfahren, die mit Geschwindigkeiten von etwa 2 - 10 m/min arbeiten, als auch die Expositionszeit des Bandstahls in den jeweiligen Erwärmungs- und Abkühlungszonen relativ gering. Zusammen mit den hohen Temperaturgradienten erlaubt dies eine sehr genau definierte Gefügeveränderung des Bandstahls. So kann beispielsweise mit Erwärmungszeiten in den ersten Abschnitten der Aufheizstationen von unter 1 Sekunde gearbeitet werden.

[0021] Die Aufheizung des Bandstahls kann in erster Ausgestaltung mittels induktiver Erwärmung und/oder

mittels Gasflammen und/oder mittels Salzkontakterwärmung erfolgen. Derartige Erwärmungsverfahren sind grundsätzlich bekannt und sollen daher hier nicht weiter erläutert werden. Ebenfalls ist es denkbar, die Aufheizung des Bandstahls mittels konduktiver Erwärmung über Kontaktrollen erfolgt. Auch die konduktive Erwärmung ist grundsätzlich bei Vergütungsverfahren bekannt, kann jedoch bei der Anwendung in dem erfindungsgemäßen Verfahren wesentliche Modifikationen erfahren.

[0022] Die Erfindung gemäß Anspruch 16 betrifft eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens gemäß Anspruch 1, bei dem die Aufheizung des Bandstahls mittels konduktiver Erwärmung über Kontaktrollen erfolgt, wobei eine zwischen auf gleichem elektrischen Potential liegenden, äußeren Kontaktrollen angeordnete, auf einem anderen elektrischen Potential liegende mittlere Kontaktrolle über den Bandstahl jeweils einen elektrischen Stromkreis mit den äußeren Kontaktrollen bildet, wodurch bei Stromdurchgang durch den Bandstahl entsprechend der Höhe des jeweiligen Stromes und dem Widerstand des Bandstahls eine Temperaturerhöhung des Bandstahls hervorgerufen wird. Hierdurch werden zum einen zwei aufeinanderfolgende Erwärmungszonen für das martensitische Härten und das nachfolgende Anlassen gebildet, innerhalb derer ausschließlich mittels Gleichstrom erwärmt wird, und zum anderen sind die auf unterschiedlichen Potentialen liegenden Kontaktrollen jeder der Erwärmungszonen so gegeneinander elektrisch verschaltet, daß Potentialdifferenzen zwischen diesen in Durchlaufrichtung aufeinanderfolgenden Erwärmungszonen nicht auftreten und daher in der zwischenliegenden Abkühlungszone keine ungewollten Erwärmungen auftreten können. Hierzu wird jede der hier beiden Erwärmungszonen zum einen in zwei Bereiche aufgespalten, die sich durch die zwischen drei nacheinander angeordneten Kontaktrollen ergeben. Die mittlere Kontaktrolle liegt auf einem elektrischen Potential, die jeweils äußeren Kontaktrollen auf einem anderen elektrischen Potential der verwendeten Gleichspannung. Hierdurch bildet sich jeweils zwischen der mittleren Kontaktrolle und jeder der beiden äußeren Kontaktrollen eine Potentialdifferenz, die zur Erwärmung des Bandstahls beim Durchlauf zwischen diesen Kontaktrollenpaaren genutzt werden kann. Gleichzeitig ist aber jede der beiden aufeinanderfolgenden Erwärmungszonen gegenüber den vorgelagerten bzw. nachfolgenden Bandabschnitten elektrisch potentialfrei. Eine Potentialdifferenz entsteht jeweils nur gegenüber der in dem Inneren der Erwärmungszone angeordneten Kontaktrolle anderen Potentials. Dadurch kann eine elektrische Wechselwirkung der Erwärmungszone in den Bereich außerhalb der Kontaktrollen und damit eine dort ungewollte Erwärmung des Bandstahls gar nicht erfolgen. Auch können beide Erwärmungszonen vollständig unabhängig voneinander in ihrem Temperatureinfluß auf den Bandstahl geregelt und damit der Bandstahl gezielt und ohne Probleme auf die benötigte Temperatur gebracht werden.

[0023] Von wesentlichem Vorteil bei der konduktiven Erwärmung über Kontaktrollen ist es, wenn zur Aufheizung des Bandstahls im Einlaufbereich des ersten Abschnittes der ersten und/oder der zweiten Aufheizstation mindestens zwei Kontaktrollen angeordnet sind, mit denen in diesem ersten Abschnitt eine erhöhte Strommenge zur Erzielung des hohen Aufheizgradienten in den Bandstahl eingekoppelt werden kann. Bei bekannten Einrollen-Anordnungen besteht ein wesentliches Problem darin, den erforderlichen Stromübergang zwischen der Rolle und dem Bandstahl zu gewährleisten. Hierfür werden häufig zur Gewährleistung ausreichender Kontaktflächen mit dem Bandstahl die Andruckkräfte der Kontaktrolle auf Werte erhöht, die bei der gleichzeitigen Erwärmung des Bandstahls zu mechanischen Veränderungen des Gefüges des Bandstahls führen, wie sie etwa aus der thermomechanischen Umformung bekannt sind. Dies führt aber zu teilweise unkontrollierbaren, zumindest aber unerwünschten Gefügeveränderungen und gleichzeitig auch zu Querschnittsänderungen und maßlichen Toleranzbeeinflussungen, die die Verwendung derart erwärmten Bandstahls für hochwertige Zwecke einschränken oder unmöglich machen. Durch die Verteilung der notwendigen Kontaktfläche auf zwei oder mehr Kontaktrollen können die Andruckkräfte wesentlich verringert werden, so daß sich keinerlei wesentlichen Veränderungen des Gefüges durch mechanische Verformungen ergeben können. Dies führt zu erreichbaren Planparallelitäten der Dickenabmessung des Bandstahls nach dem Durchlauf, die höchstens 2 - 5 µm bis zu 30 mm Bandbreite des Bandstahls nicht übersteigt. Damit ist aber neben dem sehr gleichmäßigen Gefüge auch die Querschnittsabmessung des Bandstahls sowohl in Durchlaufrichtung als auch quer dazu sehr gleichmäßig und damit ergeben sich etwa für die Verwendung derartiger Bandstähle für konstruktive Federbauteile sehr gleichmäßige Federeigenschaften.

[0024] Weiterhin ist es denkbar, daß der Abstand der zueinander gehörigen, gegengleich gepolten Kontaktrollen im zweiten Abschnitt der ersten und/oder zweiten Aufheizstation wesentlich größer ist als der Abstand der zueinander gehörigen, gegengleich gepolten Kontaktrollen im jeweiligen ersten Abschnitt. Da die konduktive Erwärmung des Bandstahls zum einen von der eingekoppelten Strommenge, zum anderen aber von der Durchlauflänge dieses eingekoppelten Stroms durch den Bandstahl abhängt, kann über die Einstellung des Verhältnisses der eingekoppelten Strommenge zu dem Abstand der zueinander gehörigen, gegengleich gepolten Kontaktrollen die Erwärmung in diesen Abschnitten sehr einfach beeinflußt werden. Auch kann durch geringere eingekoppelte Strommengen der Aufheizungsgradient in Abhängigkeit von dem Abstand der zueinander gehörigen, gegengleich gepolten Kontaktrollen eingestellt werden.

[0025] Von Vorteil ist es, wenn die zur Aufheizung über die Kontaktrollen in den Bandstahl eingekoppelte Strommenge mindestens 1000 A, vorzugsweise 6000 A beträgt. Hierdurch sind die hohen Aufheizgradienten erzielt.

bar, die das erfindungsgemäße Verfahren erst möglich machen.

[0026] Dabei ist es denkbar, daß die über die Kontakttrollen in den Bandstahl eingebrachte Heizleistung über eine Leistungsregelung konstant gehalten wird. So kann z.B. in einer Weiterbildung die Leistungsregelung über eine Phasenanschnittsteuerung erreicht werden, wobei die Netzurückwirkungen über eine mechanische Spannungsnachführung (Drehtransformator) minimiert werden können. Dadurch können externe Kompensationen auf der Netzseite entfallen, wodurch die Wirtschaftlichkeit der Vorrichtung weiter gesteigert werden kann.

[0027] Zur Erzielung hoher Abkühlgradienten ist es denkbar, wenn der Bandstahl durch im Bereich des Bandlaufes angeordnete Ringbrausen abgekühlt wird. Derartige Ringbrausen sind grundsätzlich bekannt und sollen daher hier nicht weiter erläutert werden. Die Ringbrausen können dabei sehr gezielt zur Abkühlung Wasser, Gas oder Öl auf die Oberfläche des Bandstahls aufbringen, die aufgrund der relativ geringen Querschnittsabmessungen des Bandstahl bezogen auf die Oberfläche eine sehr schnelle Abführung der Wärme aus dem Bandstahl ermöglichen. Hierbei kann es von Vorteil sein, wenn die Abstrahlrichtung der Düsen der Ringbrausen in die Durchlaufrichtung des Bandstahls gerichtet ist, da hierdurch eine verbesserte Umströmung des Bandstahls mit dem Kühlmedium und damit ein verbesserter Wärmeübergang aus dem Bandstahl in das Kühlmedium erfolgt.

[0028] Anlagentechnisch ist es noch von Vorteil, wenn vor und nach den jeweiligen Aufheizstationen Antriebseinheiten zum Fördern des Bandstahls durch die Vorrichtung angeordnet sind, wobei die Antriebseinheiten insbesondere auch einen Ausgleich unterschiedlicher Bandgeschwindigkeiten des Bandstahls durch Konstanzhaltung der Durchlaufgeschwindigkeit des Bandstahls bewirken können. Hierdurch wird die Durchlaufgeschwindigkeit und damit die Expositionszeit des Bandstahls auch bei den aufgrund der Temperaturdehnung unvermeidlichen Längungen des Bandstahls kontrollierbar und damit die Gefügeausbildung bzw. die Temperaturgradienten in den Toleranzen gehalten.

[0029] Die Erfindung betrifft weiterhin einen Bandstahl gemäß Anspruch 29, der nach dem Verfahren gemäß Anspruch 1 hergestellt wird. Als Material für einen derartigen Bandstahl werden typische Kohlenstoffstähle, insbesondere Kohlenstoffstähle mit einem Kohlenstoffgehalt zwischen 0,35 und 1,35 %, insbesondere auch C 35 bis Ck 101, verarbeitet, bei denen die Gefügeausbildung die gewünschten Materialkennwerte erreichbar macht.

[0030] Ebenfalls kann der Bandstahl in weiterer Ausgestaltung einzelne oder einige Legierungsbestandteile wie insbesondere Si zwischen 0,05 und 2,35 %, Mn zwischen 0,22 und 3,05 %, P zwischen 0,004 und 0,055 %, S zwischen 0,001 und 0,050 %, Al zwischen 0,001 und 0,100 %, Cr zwischen 0,03 und 2,85 %, Ni zwischen 0,02 und 1,60 % und/oder Cu zwischen 0,02 und 0,45 % auf-

weisen, durch die eine weitere gezielte Gefügeausbildung oder sonstige Materialeigenschaften des Bandstahl beeinflusst werden können.

[0031] Denkbar ist es, daß der Bandstahl in Banddicken zwischen 0,20 und 5,00 mm und/oder Bandbreiten zwischen 2,00 und 725,00 mm verarbeitet wird, wobei in weiterer Ausgestaltung der Bandstahl walztechnisch erzeugbar und flach oder mit einem Profilquerschnitt ausgebildet sein kann. Von besonderem Vorteil ist dies etwa auch, wenn der Bandstahl als Federstahl einsetzbar ist, da hierdurch die Federeigenschaften ohne nachfolgende mechanische Bearbeitung bei der Querschnittsform berücksichtigt werden können.

[0032] Es versteht sich von selbst, daß sowohl das hier beschriebene Verfahren als auch die Vorrichtung und der solcherart hergestellte Bandstahl im Rahmen der Lehre der Erfindung in vielfältiger Weise Veränderungen erfahren können, ohne die Lehre der Erfindung zu verlassen. So ist insbesondere die Verwendung des Bandstahls nicht auf federmäßig verwendete Konstruktionsbauteile beschränkt, auch können die angegebenen Temperaturgradienten und sonstigen angegebenen Maße und Werte vielfältig verändert werden, um spezielle Gefügeausbildungen abhängig von den in dem Bandstahl verarbeiteten Materialien und eventuellen Legierungsbestandteilen zu erreichen.

[0033] Die Erfindung umfaßt weiterhin einen Bandstahl, bei dem die Härte einzelner Bereiche innerhalb des Querschnittes des Bandstahls unterschiedlich ausgebildet sein kann. Eine derartige ungleichförmige Verteilung der Härte des Bandstahls innerhalb des Querschnittes kann gezielt dazu genutzt werden, um die Werkstoffeigenschaften an auf den Bandstahl im späteren Einsatz einwirkende Belastungen anzupassen und damit unterschiedlicher Werkstoffeigenschaften wie beispielsweise große Härte und gute Zähigkeit einzelner Abschnitte des Querschnittes des Bandstahles miteinander zu kombinieren. Insbesondere bei einer walztechnischen Erzeugung des Bandstahles kann dies mit nur geringen Veränderungen des Verfahrens und damit auch nur geringen Kosten erfolgen.

[0034] Von besonderem Vorteil ist es hierbei, wenn der Bandstahl einen ungleichförmigen, vorzugsweise einen unsymmetrischen Querschnitt aufweist. Ein derartiger ungleichförmige Querschnitt kann konstruktiv für den späteren Einsatz des Bandstahls dazu genutzt werden, um unterschiedliche Materialmengen in die einzelnen Querschnittsbereiche des Bandstahles zu plazieren und diesen unterschiedlichen Materialmengen in weiterer Ausgestaltung auch noch unterschiedliche Härten einzuprägen. Hierdurch ist eine weitere Verbesserung der belastungsgerechten Gestaltung des Bandstahles möglich.

[0035] In weiterer Ausgestaltung ist es denkbar, daß innerhalb des ungleichförmigen Querschnittes des Bandstahls die Härte einzelner Bereiche entlang mindestens eines Härtegradienten verteilt ist. Ein derartiger Härtegradient kann beispielsweise durch eine im we-

sentlichen kontinuierliche Veränderung der Härte gebildet werden, selbstverständlich sind auch andere Gestaltungen des Härtegradienten denkbar.

[0036] Von besonderem Vorteil ist die Ausgestaltung eines Bandstahles mit Bereichen unterschiedlicher Härte, wenn aus dem Bandstahl Kantenelemente zur Kantenverstärkung von Skiern, Snowboards, Gleitbretern oder dgl. herstellbar sind. Derartige auch üblicherweise als Skikanten bezeichnete Kantenelemente werden in großer Menge zur Herstellung von Skiern, Snowboards, Gleitbretern oder dergleichen benötigt und dienen zur Verbesserung der Haltbarkeit der Skier, da mit diesen Kantenelementen in den Kantenbereichen eine entsprechende schlag- und abriebfeste Kante gebildet ist, die die Lebensdauer der Skier oder dergleichen wesentlich erhöht.

[0037] Zur Verwendung des Bandstahls als Kantenelemente ist es von Vorteil, wenn der Querschnitt des Bandstahls einen verdickten, im Einbauzustand des Kantenelementes zumindest abschnittsweise außenliegenden Bereich größerer Härte und einen im Einbauzustand des Kantenelementes innenliegenden stegartigen Bereich geringerer Härte aufweist. Hierdurch werden die außenliegenden und durch Schläge bzw. durch Abrieb belasteten Teile des Kantenelementes sehr haltbar ausgebildet, gleichzeitig ist der stegartige Bereich, der zur Befestigung der Kantenelemente in dem Ski oder dergleichen benötigt wird, zum einen weiterhin entsprechend zäh und läßt sich darüber hinaus stanntechnisch besonders gut verarbeiten.

[0038] Eine besonders günstige Ausbildung des Härteverlaufs ergibt sich, wenn der Gradient des Härteverlaufs zwischen dem verdickten Bereich größerer Härte und dem stegartigen Bereich geringerer Härte im wesentlichen kontinuierlich, vorzugsweise im wesentlichen linear verläuft. Durch die gleichmäßige Veränderung der Härte ist dafür gesorgt, daß keine Sollbruchstellen innerhalb des Querschnittes vorliegen, auch ist gefügetechnisch dafür gesorgt, daß sich innerhalb des Querschnittes keine Fehlstellen wie etwa Risse oder dergleichen durch unterschiedliche Gradienten oder dergleichen ergeben.

[0039] Ein besonders gutes Materialverhalten eines derartigen Bandstahles ergibt sich, wenn das Streckgrenzenverhältnis im Bereich zwischen 80% und 95%, vorzugsweise zwischen 84% und 88% liegt.

[0040] Von besonderem Vorteil ist es, wenn bei konduktiver Erwärmung des Bandstahls die Kontaktrollen im wesentlichen entsprechend der ungleichförmigen Querschnittsform des Bandstahls profiliert sind. Hierdurch kann wahlweise an allen Bereichen des Bandstahles eine entsprechende Einkopplung des Stromes und damit eine entsprechende Erhitzung erfolgen.

[0041] In einer weiteren Ausgestaltung ist es denkbar, daß die im wesentlichen entsprechend der ungleichförmigen Querschnittsform des Bandstahls profilierten Kontaktrollen nur Teilbereiche der Oberfläche des Bandstahls kontaktieren und dort die Aufheizung des Band-

stahls bewirken. Durch die nur partielle Einleitung des entsprechenden Stromes in den Bandstahl wird zum einen dafür gesorgt, daß vornehmlich nur dort eine entsprechende Erwärmung des Bandstahles vonstattengeht und in den nicht von den Kontaktrollen berührten Bereichen des Bandstahles sich ein davon etwa entlang eines Gradienten ausgebildetes Temperaturgefälle einstellt. Durch Ausgleichsvorgänge innerhalb des Bandstahles kann dann in vorteilhafter Weise die Härteverteilung innerhalb des Querschnittes eingestellt werden. Zum anderen ist als Effekt durch diese Ausbildung der Kontaktrollen möglich, die Kühlwirkung bei der Berührung zwischen den Kontaktrollen und den entsprechenden Bereichen des Bandstahles gezielt dazu zu nutzen, daß die gewünschte Härteverteilung innerhalb des Querschnittes sich einstellt. Hierbei kann in weiterer Ausgestaltung durch die Kontaktierung zwischen den Kontaktrollen und dem Bandstahl im wesentlichen der Härteverlauf innerhalb des Querschnittes bestimmt werden.

[0042] Eine besonders bevorzugte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens gemäß Anspruch 1 zeigt die Zeichnung.

[0043] Es zeigen:

Figur 1 - eine sehr schematische Darstellung des prinzipiellen Aufbaus einer Vorrichtung gemäß Anspruch 16 zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens mit den wichtigsten Vorrichtungsbestandteilen sowie einigen angegebenen Temperaturparametern,

Figur 2 - eine beispielhafte Profilierung der Kontaktrollen zur Herstellung eines als Kantenelement ausgebildeten Bandstahles.

[0044] In der Figur 1 ist in einer sehr schematischen Darstellung der Aufbau einer Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Vergütungsverfahrens dargestellt, wobei hieraus auch der grundsätzliche Verfahrensablauf ersichtlich wird.

[0045] Der Bandstahl 1, der auf einer Abhaspeleinrichtung 3 z.B. als Coil aufgewickelt zur Verfügung gestellt wird, wird dabei über eine Antriebseinheit 5 bei Raumtemperatur $T=20^{\circ}\text{C}$ einer ersten Aufheizstation 6 zugeführt, in der das Härten als erste Stufe der Vergütungsbearbeitung durchgeführt wird. Hierzu wird über eine noch näher beschriebene Rollenordnung von Kontaktrollen 8, 9, 10 in den Bandstahl 1 eine Strommenge eingekoppelt, die eine nicht weiter dargestellte elektrische Versorgungseinrichtung 14 zur Verfügung stellt. Hierbei sind die Rollen derart mit der elektrischen Versorgungseinrichtung 14 verschaltet, daß die Kontaktrolle 9 auf einem elektrischen Potential liegt und mit den von dieser Rolle beabstandet angeordneten Rollen 8 bzw. 10, die auf dem anderen elektrischen Potential liegen, über den Bandstahl 1 einen elektrischen Stromkreis bilden. Hierdurch wird in grundsätzlich bekannter Weise innerhalb des Bandstahls 1 ein Stromdurchgang mit der Folge ei-

ner Temperaturerhöhung entsprechend der Höhe des Stromdurchgangs und dem Widerstand des Bandstahls 1 hervorgerufen.

[0046] Eine derartige, grundsätzlich bekannte konduktive Erwärmung des Bandstahls 1 wird hierbei für das erfindungsgemäße Verfahren insoweit modifiziert, daß die Rollen 8 im Einlaufbereich des ersten Abschnittes 11 der Aufheizstationen 6, 7, der durch die voneinander beabstandeten Rollen 8, 9 begrenzt wird, zumindest doppelt ausgeführt sind. Hierdurch wird erreicht, daß die zur Übertragung der notwendigen hohen elektrischen Leistung von jeder Kontaktrolle 8 auf den Bandstahl 1 benötigte Andruckfläche verdoppelt oder bei einer Anordnung von mehr als 2 Rollen vervielfacht wird. Dies bewirkt, daß die ansonsten erforderlichen hohen Andruckkräfte zwischen Kontaktrollen 8 und Bandstahl 1 deutlich reduziert werden können, so daß eine mechanische Beeinflussung des Bandstahls 1 durch die Andruckkräfte wesentlich reduziert oder auch gänzlich verhindert werden kann. Diese mechanische Beeinflussung des Bandstahls 1 führt sonst aufgrund der thermischen Aktivierung des Bandstahls 1 zu unerwünschten oder auch nicht sicher kontrollierbaren Gefügeveränderungen des Bandstahls 1, die die Materialeigenschaften ungünstig beeinflussen.

[0047] Der Abstand der Kontaktrollen 8 zu der Kontaktrolle 9 ist hierbei deutlich geringer als der Abstand der Kontaktrolle 10 von der Kontaktrolle 9. Hierdurch und durch die zwischen dem Kontaktrollen 8 und 9 übertragene elektrische Leistung wird dafür gesorgt, daß ein Großteil der Erwärmung des Bandstahls 1 innerhalb der Aufheizstation 6 in dem ersten Abschnitt 11 zwischen den Kontaktrollen 8 und der Kontaktrolle 9 erfolgt, so daß die Temperatur des Bandstahles 1 etwa im Bereich der Kontaktrolle 9 z. B. 900 Grad Celsius beträgt. Es wird daher die Erwärmung des Bandstahl 1 insbesondere bei Beachtung der in der Vorrichtung realisierbaren Durchlaufgeschwindigkeiten in dem ersten Abschnitt 11 der Aufheizstation 6 in sehr kurzer Zeit erfolgen, etwa im Bereich unterhalb von einer Sekunde, die der Bandstahl für den Durchlauf durch den ersten Abschnitt 11 benötigt. Dadurch wird das Gefüge des Bandstahles 1 nahezu schlagartig verändert, wobei durch die in dem zweiten Abschnitt 12 der Aufheizstation 6 weitergehende Erwärmung des Bandstahles 1 auf eine Temperatur größer als die A_3 Temperatur des verwendeten Materials eine weitere Umwandlung des Gefüges stattfindet. In diesem zweiten Abschnitt der Aufheizstation 6 wird darüber hinaus eine Vergleichmäßigung der Temperatur des Bandstahles 1 erreicht, zum einen durch die längere Durchlaufzeit durch diesen zweiten Abschnitt 12, zum anderen durch die geringere in diesem Abschnitt 12 eingekoppelte elektrische Leistung. Diese geringere elektrische eingekoppelte Leistung ergibt sich auch schon durch die größere Lauflänge des Stroms zwischen den Kontaktrollen 9 und 10 in diesem zweiten Abschnitt 12. Wird beispielsweise die A_3 -Temperatur eines Bandstahles bei etwa 1050 Grad Celsius angesiedelt, so kann sich der

Bandstahl nach der starken Erwärmung dem ersten Abschnitt 11 im zweiten Abschnitt 12 relativ langsam weiter erwärmen und vergleichmäßigen. Hierdurch wird das sich bildende Gefüge in dem Bandstahl weiter vergleichmäßigt, wodurch sich eine weitere Verbesserung der Festigkeitseigenschaften des Bandstahles 1 erreichen läßt.

[0048] Nach dem Austritt aus der Aufheizstation 6 wird der Bandstahl 1 durch eine Abkühlstation 13 geleitet, in der nicht weiter dargestellte Ringbrausen die Oberfläche des Bandstahles 1 mit Wasser, Öl, Gas oder einem anderen Kühlmedium besprühen. Durch eine geeignete Auswahl und Anordnung der Düsen in den Ringbrausen kann eine sehr gleichmäßige und sehr schnelle Abkühlung des Bandstahles 1 erreicht werden, um die geforderten Temperaturgradienten bei der Abkühlung sicher gewährleisten zu können. Hierbei können die Düsen der Ringbrausen in Laufrichtung des Bandstahles 1 auf den Bandstahl 1 gerichtet sein, so daß sich eine für die Wärmeübertragung besonders geeignete Strömung um den Bandstahl 1 herum bildet.

[0049] Sowohl die Aufheizstation 6 als auch die Abkühlstation 13 können, wie dies durch die gestrichelte Umrandung 15 nur grob angedeutet ist, gegenüber der Umgebung gekapselt sein, wobei in diese Kapselung ein Schutzgas eingeleitet werden kann, das den Bandstahl 1 in diesem Bereich von der Umgebungsluft abtrennt. Hierdurch können ansonsten auf der Oberfläche des Bandstahles 1 ablaufende Reaktionen mit dem Sauerstoff der Umgebungsluft verhindert werden, gleichzeitig können randnah ablaufende Diffusionsvorgänge in dem Bandstahl 1 verhindert werden, die ansonsten die Qualität des Bandstahles 1 beeinträchtigen können. Am Ende der Abkühlstation 13 liegt die Temperatur des Bandstahles 1 wieder etwa in der Größenordnung der Umgebungstemperatur, hier angedeutet durch eine angegebene Temperatur von etwa 40 Grad Celsius.

[0050] Nach der Abkühlstation 13 im Anschluß an die erste Aufheizstation 6 wird wieder einer Antriebseinheit 5 zwischengeschaltet, die die Längung des Bandes des Bandstahls 1 auffangen kann und den Bandstahl 1 weiter stramm hält.

[0051] Im Anschluß an diese Antriebseinheit 5 ist wiederum eine Aufheizstation 7 vorgesehen, durch die der Bandstahl 1 durchläuft. Diese Aufheizstation 7 ist grundsätzlich gleich wie die Aufheizstation 6 aufgebaut und muß daher hier nicht noch einmal näher erläutert werden. Allerdings ist die an diese Aufheizstation 7 angelegte elektrische Leistung deutlich geringer als die der Aufheizstation 6, so daß die Temperaturen, die der Bandstahl 1 beim Durchlaufen dieser Aufheizstation 7 erreicht, im Bereich der Anlaßtemperaturen eines entsprechenden Werkstoffes von z. B. ca. 500 Grad Celsius liegen. Auch hierbei wird ein Großteil der Erwärmung in dem ersten Abschnitt 11 der Aufheizstation 7 ablaufen, in dem zweiten Abschnitt 12 wird dahingegen nur noch eine geringe Erwärmung bei einer Vergleichmäßigung der Temperatur des Bandstahles 1 durchgeführt.

[0052] Auch die Abkühlstation 13, die der Aufheizsta-

tion 7 nachgeschaltet ist, entspricht der schon beschriebenen Abkühlstation 13 nach der Aufheizstation 6. Auch ist es denkbar, daß sowohl die Aufheizstation 7 als auch die nachgestaltete Abkühlstation 13 wieder in einer Schutzgasatmosphäre durch eine Kapselung 15 angeordnet sind.

[0053] Nach dem Durchlaufen der zweiten Aufheizstation 7 und der nachgeschalteten Abkühlstation 13 wird eine erneute Antriebseinheit 5 vorgesehen, die die Bandspannung des Bandstahles 1 innerhalb der zweiten Aufheizstation 7 und der Abkühlstation 13 beeinflusst. Danach ist der Bandstahl 1 weitgehend fertig behandelt und kann dann in einer Aufhaspelstation 4 erneut zum Coil aufgewickelt werden.

[0054] In der Figur 2 ist in einer nur schematisch dargestellten Form die Profilierung von zwei Kontaktrollen 8, 9 dargestellt, die für die verfahrensgemäße Erwärmung eines als Kantenelement 16 ausgebildeten Bandstahles 1 mit ungleichförmigen Querschnittsbereichen dienen. Hierbei weist das Kantenelement 16 einen verdickten, als Kopf bezeichneten Bereich 17 auf, der im Einbauzustand in einen Ski oder dergleichen außen liegend eingebracht wird und später in Kontakt mit der Umgebung tritt. Dieser Querschnittsbereich soll möglichst hart sein, um eine vorzeitige Abnutzung des Skis zu vermeiden. Ein weiterer Querschnittsbereich 18, üblicherweise als Steg bezeichnet, ist im wesentlichen stegartig flach ausgebildet und dient zur Befestigung des Kantenelementes 16 innerhalb des Skis. In diesen stegartigen Bereich 18 des Kantenelementes 16 werden üblicherweise offene Ausnehmungen eingebracht, die eine zusätzliche Befestigung innerhalb des Skiquerschnittes bewirken. Da diese Ausnehmungen üblicherweise stanztechnisch eingebracht werden, darf die Härte des Kantenelementes 16 in diesem Querschnittsbereich 18 nicht zu hoch sein, um eine übermäßige Belastung der Stanzwerkzeuge zu vermeiden. Durch die Kontaktierung zwischen Kantenelement 16 und Kontaktrolle 8, 9 gezielt nur in diesem Bereich 19 wird dafür gesorgt, daß nach dem Durchlauf des Bandstahls 1 durch die verschiedenen Kontaktrollen 8, 9 10 hier gezielt ein weiches Gefüge hervorgerufen wird als in dem verdickten Kopf 17 des Kantenelementes 16. Dies erfolgt zum einen durch die Ausgleichsvorgänge innerhalb des Querschnittes des Kantenelementes 16 und zum anderen durch die Kühlung des Kantenelementes 16 bei der Berührung mit den wesentlich kühleren Kontaktrollen 8, 9.

[0055] Es versteht sich von selbst, daß diese Darstellung nur äußerst grob schematisch andeutet, welche Möglichkeiten zur Beeinflussung des Härteverlaufs innerhalb des Querschnittes eines derartigen Bandstahles 1 möglich sind.

Sachnummernliste

[0056]

1 - Bandstahl

2 - Durchlaufrichtung
3 - Abhaspel
4 - Aufhaspel
5 - Antriebseinheiten
5 6 - erste Aufheizstation
7 - zweite Aufheizstation
8 - Doppel-Kontaktrollenpaar
9 - Kontaktrolle
10 - Kontaktrolle
10 11 - erster Abschnitt Aufheizstation
12 - zweiter Abschnitt Aufheizstation
13 - Abkühlstation, Ringbrausen
14 - elektrische Energieversorgung
15 - Gehäuse für Schutzgasversorgung
15 16 - Kantenelement
17 - verdickter Bereich
18 - stegartiger Bereich
19 - Kontaktbereich

20

Patentansprüche

1. Verfahren zur Durchlaufvergütung von Bandstahl (1), bei dem in einer ersten Aufheizstation (6) die Erwärmung des Bandstahls (1) auf eine Temperatur oberhalb der A_3 -Temperatur erfolgt, der Bandstahl (1) danach abgekühlt und anschließend in einer zweiten Aufheizstation (7) auf eine Anlaßtemperatur erwärmt und endgültig abgekühlt wird, wobei der Bandstahl (1) in einem ersten Abschnitt (11) der ersten Aufheizstation (6) unter Einwirkung von mindestens 60 % der gesamten Heizleistung der Aufheizstation (6) mit einem Aufheizgradienten von mindestens 500 K/s erwärmt, danach in einem zweiten Abschnitt (12) der ersten Aufheizstation (6) mit einem Aufheizgradienten von mindestens 70 K/s auf die Temperatur oberhalb der A_3 -Temperatur aufgeheizt und anschließend in einer Abkühlstation (13) mit einem Abkühlungsgradienten von mindestens 300 K/s im wesentlichen wieder auf Raumtemperatur abgekühlt wird, wobei durch das sehr kurzzeitige Halten des Bandstahls (1) oberhalb der A_3 -Temperatur eine vollständige Umwandlung des Gefüges bei gleichzeitiger Lösung des gesamten Kohlenstoffanteils, jedoch noch keine vollständige Homogenisierung des Kohlenstoffs in der Austenit-Phase erreicht wird, zum anschließenden Anlassen der Bandstahl (1) in einem ersten Abschnitt (11) der zweiten Aufheizstation (7) unter Einwirkung von mindestens 60 % der gesamten Heizleistung der Aufheizstation (7) mit einem Aufheizgradienten von mindestens 200 K/s erwärmt, danach in einem zweiten Abschnitt (12) der zweiten Aufheizstation (7) mit einem Aufheizgradienten von mindestens 70 K/s auf die Anlaßtemperatur aufgeheizt und dort kurzzeitig gehalten und anschließend in einer Abkühlstation (13) mit einem Abkühlungsgradienten von mindestens 200 K/s im we-

- sentlichen wieder auf Raumtemperatur abgekühlt wird, wobei durch die sehr schnelle und nur kurzzeitige Erwärmung auf die Anlaßtemperatur der Zerfall der gebildeten Martensitnadeln verhindert wird und sich **dadurch** in dem Bandstahl (1) ein sehr feinkörniges Gefüge mit einer feinstnadeligen Martensitausscheidung bildet, wobei innerhalb des zweiten Abschnittes (12) der ersten und/oder der zweiten Aufheizstation (6, 7) eine Vergleichmäßigung der Temperatur des Bandstahls (1) erfolgt.
2. Verfahren gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Aufheizungsgradient in dem ersten Abschnitt (11) der ersten Aufheizstation (6) mindestens 800, vorzugsweise 1000 bis 1300 K/s beträgt.
 3. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Aufheizungsgradient in dem zweiten Abschnitt (12) der ersten Aufheizstation (6) mindestens 100, vorzugsweise 125 K/s beträgt.
 4. Verfahren gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Abkühlungsgradient nach der ersten und/oder der zweiten Aufheizstation (6, 7) mindestens 500, vorzugsweise 800 - 2800 K/s beträgt.
 5. Verfahren gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** die erreichte Temperatur des Bandstahls (1) nach dem Durchlaufen der ersten Aufheizstation (6) mindestens 5, vorzugsweise 100 K oberhalb der A_3 -Temperatur beträgt.
 6. Verfahren gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Anlaßtemperatur des Bandstahls (1) zwischen 300 und 700 °C beträgt.
 7. Verfahren gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Anlassen des Bandstahls (1) direkt anschließend an das Härten und in dem gleichen Durchlauf vorgenommen wird.
 8. Verfahren gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** das in dem Bandstahl (1) sich ausbildende sehr feine Austenitgefüge mit der feinstnadeligen Martensitausscheidung bei gleichzeitiger Vermeidung einer vollständigen Homogenisierung des Kohlenstoffs in Austenit ein hohes Streckgrenzenverhältnis des Bandstahls (1) im Bereich von größer oder gleich 0,96 ohne Verluste hinsichtlich der Dehnungseigenschaften erlaubt.
 9. Verfahren gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** der erste Abschnitt (11) der ersten und/oder der zweiten Aufheizstation (6, 7) eine geringere Durchlauflänge für den Bandstahl (1) aufweist als der zugehörige zweite Abschnitt (12) der ersten und/oder der zweiten Aufheizstation (6, 7).
 10. Verfahren gemäß Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, daß** in dem jeweiligen ersten Abschnitt (11) der ersten und/oder der zweiten Aufheizstation (6, 7) mindestens 60 %, vorzugsweise 90 % der gesamten Heizleistung der jeweiligen Aufheizstation (6, 7) auf den Bandstahl (1) einwirkt.
 11. Verfahren gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Aufheizung und das Anlassen des Bandstahls innerhalb der ersten und/oder der zweiten Aufheizstation (6, 7) bis zum jeweils erfolgten Abkühlen des Bandstahls (1) unter Schutzgasatmosphäre erfolgt.
 12. Verfahren gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Durchlaufgeschwindigkeit des Bandstahles (1) durch die Aufheizstationen (6, 7) und Abkühlstationen (13) mindestens 25 m/min, vorzugsweise mindestens 150 m/min beträgt.
 13. Verfahren gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Aufheizung des Bandstahls (1) mittels induktiver Erwärmung und/oder mittels Gasflammen und/oder mittels Salzkontakterwärmung erfolgt.
 14. Verfahren gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Aufheizung des Bandstahls (1) mittels konduktiver Erwärmung über Kontaktrollen (8, 9, 10) erfolgt.
 15. Vorrichtung zur Durchführung eines Verfahrens gemäß Anspruch 1, bei dem die Aufheizung des Bandstahls (1) mittels konduktiver Erwärmung über Kontaktrollen (8, 9, 10) erfolgt, **dadurch gekennzeichnet, daß** eine zwischen auf gleichem elektrischen Potential liegenden, äußeren Kontaktrollen (8, 10) angeordnete, auf einem anderen elektrischen Potential liegende mittlere Kontaktrolle (9) über den Bandstahl (1) jeweils einen elektrischen Stromkreis mit den äußeren Kontaktrollen (8, 10) bildet, wodurch bei Stromdurchgang durch den Bandstahl (1) entsprechend der Höhe des jeweiligen Stromes und dem Widerstand des Bandstahls (1) eine Temperaturerhöhung des Bandstahls (1) hervorgerufen wird.
 16. Vorrichtung gemäß Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet, daß** zur Aufheizung des Bandstahls (1) im Einlaufbereich des ersten Abschnittes (11) der

- ersten und/oder der zweiten Aufheizstation (6, 7) mindestens zwei äußere Kontaktrollen (8) angeordnet sind, mit denen in diesem ersten Abschnitt (11) eine erhöhte Strommenge zur Erzielung des hohen Aufheizgradienten in den Bandstahl (1) eingekoppelt werden kann.
17. Vorrichtung gemäß Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Anordnung von mindestens zwei äußeren Kontaktrollen (8) im Einlaufbereich des ersten Abschnittes (11) der ersten und/oder der zweiten Aufheizstation (6, 7) eine Vergrößerung der Andruckfläche zwischen den stromübertragenden Kontaktrollen (8) und dem Bandstahl (1) erlaubt und damit die erforderlichen Andruckkräfte zwischen jeder äußeren Kontaktrolle (8) und dem Bandstahl (1) wesentlich vermindert.
18. Vorrichtung gemäß Anspruch 16 oder 17, **dadurch gekennzeichnet, daß** die geringeren erforderlichen Andruckkräfte wesentlich geringere oder keine Veränderung des Gefüges des Bandstahls (1) durch mechanische Belastungen hervorruft als bei nur einzelnen Kontaktrollen (8) möglich.
19. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 16 bis 18, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Abstand der zueinander gehörigen, gegengleich gepolten Kontaktrollen (9, 10) im zweiten Abschnitt (12) der ersten und/oder zweiten Aufheizstation (6, 7) wesentlich größer ist als der Abstand der zueinander gehörigen, gegengleich gepolten Kontaktrollen (8, 9) im jeweiligen ersten Abschnitt (11).
20. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 16 bis 19, **dadurch gekennzeichnet, daß** die zur Aufheizung über die Kontaktrollen (8, 9, 10) in den Bandstahl (1) eingekoppelte Strommenge mindestens 1000 A, vorzugsweise 6000 A beträgt.
21. Vorrichtung gemäß Anspruch 20, **dadurch gekennzeichnet, daß** die über die Kontaktrollen (8, 9, 10) in den Bandstahl (1) eingebrachte Heizleistung über eine Stromregelung bei im wesentlichen konstanter Spannung konstant gehalten wird.
22. Vorrichtung gemäß Anspruch 21, **dadurch gekennzeichnet, daß** zur Stromregelung eine Phasenanschnittsteuerung verwendet wird, die durch eine nachgeschaltete Spannungskorrektur in einem großen Leistungsbereich eine weitgehend reine Sinusspannung nachbildet.
23. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 15 bis 22, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Bandstahl (1) durch im Bereich des Bandlaufes angeordnete Ringbrausen (13) mit sehr hohen Abkühlgradienten abgekühlt wird.
24. Vorrichtung gemäß Anspruch 23, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Ringbrausen (13) zur Abkühlung Wasser, Gas oder Öl auf die Oberfläche des Bandstahls (1) aufbringen.
25. Vorrichtung gemäß Anspruch 23 oder 24, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Abstrahlrichtung der Düsen der Ringbrausen (13) in die Durchlaufrichtung des Bandstahls (1) gerichtet ist.
26. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 15 bis 25, **dadurch gekennzeichnet, daß** vor und nach den jeweiligen Aufheizstationen (6, 7) Antriebseinheiten (5) zum Fördern des Bandstahls (1) durch die Vorrichtung angeordnet sind.
27. Vorrichtung gemäß Anspruch 26, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Antriebseinheiten (5) einen Ausgleich unterschiedlicher Bandgeschwindigkeiten des Bandstahls (1) durch Konstanthaltung der Durchlaufgeschwindigkeit des Bandstahls (1) bewirken.
28. Verwendung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 14 zum Vergüten Bandstahl (1), **dadurch gekennzeichnet, daß** als Bandstahl (1) typische Kohlenstoffstähle, insbesondere Kohlenstoffstähle mit einem Kohlenstoffgehalt zwischen 0,35 und 1,35 %, insbesondere auch C 35 bis Ck 101, verarbeitbar sind.
29. Verwendung gemäß Anspruch 28, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Bandstahl (1) Legierungsbestandteile wie insbesondere Si zwischen 0,05 und 2,35 %, Mn zwischen 0,22 und 3,05 %, P zwischen 0,004 und 0,055 %, S zwischen 0,001 und 0,050 %, Al zwischen 0,001 und 0,100 %, Cr zwischen 0,03 und 2,85 %, Ni zwischen 0,02 und 1,60 % und/oder Cu zwischen 0,02 und 0,45 % aufweist.
30. Verwendung gemäß Anspruch 28 oder 29, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Bandstahl (1) in Banddicken zwischen 0,20 und 5,00 mm und/oder Bandbreiten zwischen 2,00 und 725,00 mm verarbeitbar ist.
31. Verwendung gemäß einem der Ansprüche 28 bis 30, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Bandstahl (1) walztechnisch erzeugbar ist und flach oder mit einem Profilquerschnitt ausgebildet ist.
32. Verwendung gemäß einem der Ansprüche 28 bis 31, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Planparallelität der Dickenabmessung des Bandstahls (1) nach dem Durchlauf höchstens 2 - 5 µm je 30 mm Bandbreite des Bandstahls (1) nicht übersteigt.
33. Verwendung gemäß einem der Ansprüche 28 bis 32, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Bandstahl

(1) als Federstahl einsetzbar ist.

34. Verwendung gemäß Anspruch 28, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Härte einzelner Bereiche (17, 18) innerhalb des Querschnittes des Bandstahls (1) unterschiedlich ausgebildet ist. 5
35. Verwendung gemäß Anspruch 34, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Bandstahl (1) einen ungleichförmigen, vorzugsweise einen unsymmetrischen Querschnitt aufweist. 10
36. Verwendung gemäß Anspruch 35, **dadurch gekennzeichnet, daß** innerhalb des ungleichförmigen Querschnittes des Bandstahls (1) die Härte einzelner Bereiche (17, 18) unterschiedlich ausgebildet ist. 15
37. Verwendung gemäß Anspruch 36, **dadurch gekennzeichnet, daß** innerhalb des ungleichförmigen Querschnittes des Bandstahls (1) die Härte einzelner Bereiche (17, 18) entlang mindestens eines Härtegradienten verteilt ist. 20
38. Verwendung gemäß einem der Ansprüche 34 bis 37, **dadurch gekennzeichnet, daß** aus dem Bandstahl (1) Kantenelemente (16) zur Kantenverstärkung von Skiern, Snowboards, Gleitbrettern oder dgl. herstellbar sind. 25
39. Verwendung gemäß Anspruch 38, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Querschnitt des Bandstahls (1) einen verdickten, im Einbauzustand des Kantenelementes (16) zumindest abschnittsweise außenliegenden Bereich (17) größerer Härte und einen im Einbauzustand des Kantenelementes (16) innenliegenden stegartigen Bereich (18) geringerer Härte aufweist. 30
40. Verwendung gemäß Anspruch 39, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Gradient des Härteverlaufs zwischen dem verdickten Bereich (17) größerer Härte und dem stegartigen Bereich (18) geringerer Härte im wesentlichen kontinuierlich, vorzugsweise im wesentlichen linear verläuft. 35
41. Verwendung (1) gemäß Anspruch 39 oder 40, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Härte in dem stegartigen Bereich (18) geringerer Härte so eingestellt ist, daß die dort einzubringenden Ausnehmungen durch Stanzbearbeitungen einfach und ohne erhöhten Verschleiß der Stanzwerkzeuge einbringbar sind. 40
42. Verwendung gemäß Anspruch 39 oder 40, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Härte in dem verdickten Bereich (17) größerer Härte so eingestellt ist, daß die Abnutzung dieser Kantenbereiche bei der Benutzung der Skier, Snowboards, Gleitbretter oder dgl. 45

minimiert ist.

43. Verwendung gemäß einem der Ansprüche 34 bis 42, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Streckgrenzenverhältnis eines derartigen Bandstahls (1) im Bereich zwischen 80% und 95%, vorzugsweise zwischen 84% und 88% liegt.
44. Verwendung gemäß einem der Ansprüche 34 bis 43, **dadurch gekennzeichnet, daß** bei konduktiver Erwärmung des Bandstahls (1) die Kontaktrollen (8, 9, 10) im wesentlichen entsprechend der ungleichförmigen Querschnittsform des Bandstahls (1) profiliert sind.
45. Verwendung gemäß Anspruch 44, **dadurch gekennzeichnet, daß** die im wesentlichen entsprechend der ungleichförmigen Querschnittsform des Bandstahls (1) profilierten Kontaktrollen (8, 9, 10) nur Teilbereiche (19) der Oberfläche des Bandstahls (1) kontaktieren und dort die Aufheizung des Bandstahls (1) bewirken.
46. Verwendung gemäß Anspruch 45, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Kontaktierung zwischen den Kontaktrollen (8, 9, 10) und dem Bandstahl (1) im wesentlichen nur in dem Bereich (18) geringerer Härte erfolgt.

Revendications

1. Procédé pour le traitement continu de feuillard d'acier (1), dans lequel le réchauffement du feuillard d'acier (1) à une température au-dessus de la température de A3 s'effectue dans une première station de chauffage (6), le feuillard d'acier (1) est refroidi après et réchauffé ensuite dans une seconde station de chauffage (7) à une température de revenu et refroidi de façon définitive, le feuillard d'acier (1) étant réchauffé dans une première section (11) de la première station de chauffage (6) sous l'effet d'au moins 60 % de la puissance de chauffage totale de la station de chauffage (6) avec un gradient de chauffage d'au moins 500 K/s, étant réchauffé après dans une seconde section (12) de la première station de chauffage (6) avec un gradient de chauffage d'au moins 70 K/s à la température supérieure à la température de A3 et étant refroidi ensuite dans une station de refroidissement (13) avec un gradient de refroidissement d'au moins 300 K/s sensiblement à la température ambiante, une transformation complète de la structure étant obtenue du fait du maintien de très courte durée du feuillard d'acier (1) au-dessus de la température de A3 avec une dissolution simultanée de la partie de carbone globale, mais aucune homogénéisation complète du carbone dans la phase d'austénite n'étant obtenue, le feuillard

- d'acier (1) étant réchauffé pour le revenu consécutif dans une première section (11) de la seconde station de chauffage (7) sous l'effet d'au moins 60 % de la puissance de chauffage globale de la station de chauffage (7) avec un gradient de chauffage d'au moins 200 K/s, étant réchauffé ensuite dans une seconde section (12) de la seconde station de chauffage (7) avec un gradient de chauffage d'au moins 70 K/s jusqu'à la température de revenu et étant maintenu ici pendant une courte durée et étant refroidi ensuite de nouveau sensiblement à la température ambiante dans une station de refroidissement (13) avec un gradient de refroidissement d'au moins 200 K/s, la désintégration des aiguilles de martensite formées étant empêchée par le réchauffement très rapide et seulement de courte durée à la température de revenu et une structure de granulation très fine se formant dans le feuillard d'acier (1) avec une précipitation de martensite à aiguilles très fines, une uniformisation de la température du feuillard d'acier (1) s'effectuant à l'intérieur de la seconde section (12) de la première et/ou de la seconde station de chauffage (6, 7).
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le gradient de chauffage dans la première section (11) de la première station de chauffage (6) est d'au moins 800, de préférence 1.000 à 1.300 K/s.
 3. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2, **caractérisé en ce que** le gradient de chauffage de la seconde section (12) de la première station de chauffage (6) est d'au moins 100, de préférence 125 K/s.
 4. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le gradient de refroidissement après la première et/ou la seconde station de chauffage (6, 7) est d'au moins 500, de préférence 800 à 2.800 K/s.
 5. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la température atteinte du feuillard d'acier (1) après le passage dans la première station de chauffage (6) est d'au moins 5, de préférence 100 K au-dessus de la température de A3.
 6. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la température de revenu du feuillard d'acier (1) est comprise entre 300 et 700°C.
 7. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le revenu du feuillard d'acier (1) est effectué directement à la suite de la trempe et lors du même passage.
 8. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la structure d'austénite très fine, qui se forme dans le feuillard d'acier (1), permet un rapport de limite d'élasticité élevé du feuillard d'acier (1) dans la plage supérieure ou égale à 0,96 sans pertes en ce qui concerne les propriétés d'allongement avec la précipitation de martensite à aiguilles très fines tout en évitant une homogénéisation complète du carbone dans l'austénite.
 9. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la première section (11) de la première et/ou de la seconde station de chauffage (6, 7) présente une longueur de passage plus faible pour le feuillard d'acier (1) que la seconde section (12) correspondante de la première et/ou de la seconde station de chauffage (6, 7).
 10. Procédé selon la revendication 9, **caractérisé en ce qu'**au moins 60 %, de préférence 90 % de la puissance de chauffage globale de la station de chauffage (6, 7) respective agit sur le feuillard d'acier (1) dans la première section (11) respective de la première et/ou de la seconde station de chauffage (6, 7).
 11. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le réchauffement et le revenu du feuillard d'acier s'effectuent à l'intérieur de la première et/ou de la seconde station de chauffage (6, 7) jusqu'au refroidissement respectivement effectué du feuillard d'acier (1) sous atmosphère de gaz protecteur.
 12. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la vitesse de passage du feuillard d'acier (1) dans les stations de chauffage (6, 7) et stations de refroidissement (13) est d'au moins 25 m/min, de préférence au moins 150 m/min.
 13. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le réchauffement du feuillard d'acier (1) s'effectue au moyen d'un échauffement inductif et/ou au moyen de flammes de gaz et/ou au moyen de réchauffement par contact avec du sel.
 14. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le réchauffement du feuillard d'acier (1) s'effectue par échauffement conducteur au moyen de galets de contact (8, 9, 10).
 15. Dispositif pour la mise en oeuvre d'un procédé selon la revendication 1, dans lequel le réchauffement du feuillard d'acier (1) s'effectue par échauffement con-

- ductif au moyen de galets de contact (8, 9, 10), **caractérisé en ce qu'un** galet de contact (9) central, se trouvant sur le même potentiel électrique, disposé sur des galets de contact (8, 10) extérieurs et se situant sur un autre potentiel électrique forme au moyen du feuillard d'acier (1) respectivement un circuit électrique avec les galets de contact (8, 10) extérieurs, une élévation de température du feuillard d'acier (1) étant provoquée lors du passage du courant à travers le feuillard d'acier (1) en fonction du niveau de l'intensité respective et de la résistance du feuillard d'acier (1).
16. Dispositif selon la revendication 15, **caractérisé en ce que**, pour le réchauffement du feuillard d'acier (1), on dispose dans la zone d'entrée de la première section (11) de la première et/ou de la seconde station de chauffage (6, 7) au moins deux galets de contact (8) extérieurs, avec lesquels une quantité de courant élevée peut être injectée dans cette première section (11) pour obtenir le gradient de chauffage élevé dans le feuillard d'acier (1).
17. Dispositif selon la revendication 16, **caractérisé en ce que** l'agencement d'au moins deux galets de contact (8) extérieurs dans la zone d'entrée de la première section (11) de la première et/ou de la seconde station de chauffage (6, 7) permet un agrandissement de la surface de pression entre les galets de contact (8) transmettant le courant et le feuillard d'acier (1) et réduit de ce fait sensiblement les forces de pression nécessaires entre chaque galet de contact (8) extérieur et le feuillard d'acier (1).
18. Dispositif selon la revendication 16 ou 17, **caractérisé en ce que** les forces de pression nécessaires plus faibles entraînent du fait de sollicitations mécaniques une modification sensiblement plus faible ou pas de modification de la structure du feuillard d'acier (1) que ce qu'on peut avoir avec seulement des galets de contact (8) individuels.
19. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 16 à 18, **caractérisé en ce que** l'espacement des galets de contact (9, 10) qui se correspondent et à polarité diamétralement opposée dans la première section (12) de la première et/ou de la seconde station de chauffage (6, 7) est sensiblement plus grand que l'espacement des galets de contact (8, 9) qui se correspondent et à polarité diamétralement opposée dans la première partie (11) respective.
20. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 16 à 19, **caractérisé en ce que** la quantité de courant injectée pour le réchauffement par les galets de contact (8, 9, 10) dans le feuillard d'acier (1) est d'au moins 1.000 A, de préférence 6.000 A.
21. Dispositif selon la revendication 20, **caractérisé en ce que** la puissance de chauffage introduite par les galets de contact (8, 9, 10) dans le feuillard d'acier (1) est maintenue constante au moyen d'un réglage d'intensité avec une tension sensiblement constante.
22. Dispositif selon la revendication 21, **caractérisé en ce que**, pour le réglage d'intensité, on utilise un réglage par redressement à l'entrée des phases qui simule une tension sinusoïdale largement unique par une correction de tension placée en aval dans une grande plage de puissance.
23. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 15 à 22, **caractérisé en ce que** le feuillard d'acier (1) est refroidi par des pommes de douche annulaires (13) disposées dans la zone du passage de bande avec des gradients de refroidissement très élevés.
24. Dispositif selon la revendication 23, **caractérisé en ce que** les pommes de douche annulaires (13) pour le refroidissement appliquent de l'eau, du gaz ou de l'huile sur la surface du feuillard d'acier (1).
25. Dispositif selon la revendication 23 ou 24, **caractérisé en ce que** la direction de pulvérisation des orifices des pommes de douche annulaires (13) est orientée dans le sens de passage du feuillard d'acier (1).
26. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 15 à 25, **caractérisé en ce que** des unités d'entraînement (5) pour le transport du feuillard d'acier (1) à travers le dispositif sont disposées avant et après les stations de chauffage (6, 7) respectives.
27. Dispositif selon la revendication 26, **caractérisé en ce que** les unités d'entraînement (5) entraînent un équilibrage de différentes vitesses de bande du feuillard d'acier (1) par le maintien à un niveau constant de la vitesse de passage du feuillard d'acier (1).
28. Utilisation du procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 14 pour le traitement de feuillard d'acier (1), **caractérisé en ce que**, comme feuillard d'acier (1), des aciers au carbone caractéristiques, en particulier des aciers au carbone avec une teneur en carbone comprise entre 0,35 et 1,35 %, en particulier également du C 35 à Ck 101, peuvent être traités.
29. Utilisation selon la revendication 28, **caractérisée en ce que** le feuillard d'acier (1) présente des composants d'alliage comme en particulier du Si entre 0,05 et 2,35 %, du Mn entre 0,22 et 3,05 %, du P entre 0,004 et 0,055 %, du S entre 0,001 et 0,050

%, du Al entre 0,001 et 0,100 %, du Cr entre 0,03 et 2,85 %, du Ni entre 0,02 et 1,60 % et/ou du Cu entre 0,02 et 0,45 %.

30. Utilisation selon la revendication 28 ou 29, **caractérisée en ce que** le feuillard d'acier (1) est traité dans des épaisseurs comprises entre 0,20 et 5,00 mm et/ou des largeurs comprises entre 2,00 et 725,00 mm.
31. Utilisation selon l'une quelconque des revendications 28 à 30, **caractérisée en ce que** le feuillard d'acier (1) peut être généré par laminage et est conçu plat ou avec une section de profilé.
32. Utilisation selon l'une quelconque des revendications 28 à 31, **caractérisée en ce que** l'aspect plan et parallèle de la dimension d'épaisseur du feuillard d'acier (1) ne dépasse pas après le passage au maximum 2 à 5 μm pour 30 mm de largeur de bande du feuillard d'acier (1).
33. Utilisation selon l'une quelconque des revendications 28 à 32, **caractérisée en ce que** le feuillard d'acier (1) peut être utilisé comme acier à ressort.
34. Utilisation selon la revendication 28, **caractérisée en ce que** la dureté de zones (17, 18) individuelles est conçue différente à l'intérieur de la section du feuillard d'acier (1).
35. Utilisation selon la revendication 34, **caractérisée en ce que** le feuillard d'acier (1) présente une section non uniforme, de préférence une section dissymétrique.
36. Utilisation selon la revendication 35, **caractérisée en ce que** la dureté de zones (17, 18) individuelles est conçue différente à l'intérieur de la section irrégulière du feuillard d'acier (1).
37. Utilisation selon la revendication 36, **caractérisée en ce que** la dureté de zones (17, 18) individuelles le long d'au moins un gradient de dureté est répartie à l'intérieur de la section irrégulière du feuillard d'acier (1).
38. Utilisation selon l'une quelconque des revendications 34 à 37, **caractérisée en ce qu'**à partir du feuillard d'acier (1), on peut fabriquer des éléments de bord (16) pour le renforcement de bords de skis, de monoskis, de planches de surf, skate ou similaires.
39. Utilisation selon la revendication 38, **caractérisée en ce que** la section du feuillard d'acier (1) présente une zone (17) épaissie, extérieure au moins par endroit dans l'état monté de l'élément de bord (16), de

dureté supérieure et une zone (18) de type nervure, intérieure dans l'état monté de l'élément de bord (16), de dureté plus faible.

40. Utilisation selon la revendication 39, **caractérisée en ce que** le gradient de la courbe de dureté entre la zone (17) épaissie de dureté plus grande et la zone (18) de type nervure de dureté plus faible est sensiblement continu, de préférence sensiblement linéaire.
41. Utilisation selon la revendication 39 ou 40, **caractérisée en ce que** la dureté dans la zone (18) de type nervure de dureté plus faible est réglée de telle sorte que les évidements à introduire ici peuvent être introduits par des traitements de découpage de façon simple et sans usure élevée des outils à découper.
42. Utilisation selon la revendication 39 ou 40, **caractérisée en ce que** la dureté dans la zone (17) épaissie de dureté plus grande est réglée de telle sorte que l'usure de ces zones de bord est réduite au minimum lors de l'utilisation des skis, des monoskis, des planches de surf, skate ou similaires.
43. Utilisation selon l'une quelconque des revendications 34 à 42, **caractérisée en ce que** le rapport de limite d'élasticité d'un tel feuillard d'acier (1) se situe dans la plage comprise entre 80 % et 95 %, de préférence entre 84 % et 88 %.
44. Utilisation selon l'une quelconque des revendications 34 à 43, **caractérisée en ce que**, dans le cas d'un échauffement conducteur du feuillard d'acier (1), les galets de contact (8, 9, 10) sont profilés sensiblement en fonction de la forme de section irrégulière du feuillard d'acier (1).
45. Utilisation selon la revendication 44, **caractérisée en ce que** les galets de contact (8, 9, 10) profilés sensiblement en fonction de la forme de section irrégulière du feuillard d'acier n'établissent un contact qu'avec des zones partielles (19) de la surface du feuillard d'acier (1) et entraînent à cet endroit le réchauffement du feuillard d'acier (1).
46. Utilisation selon la revendication 45, **caractérisée en ce que** le contact entre les galets de contact (8, 9, 10) et le feuillard d'acier (1) ne s'effectue sensiblement que dans la zone (18) de dureté plus faible.

Claims

1. A method of continuous heat treatment of strip steel (1) wherein in a first heating station (6) the strip steel (1) is heated to a temperature above the A_3 temperature, the strip steel (1) is thereafter cooled and then

in a second heating station (7) it is heated to an annealing temperature and definitively cooled, wherein the strip steel (1) is heated in a first portion (11) of the first heating station (6) under the effect of at least 60% of the total heating output of the heating station (6) at a heating gradient of at least 500 K/s, thereafter in a second portion (12) of the first heating station (6) it is heated at a heating gradient of at least 70 K/s to the temperature above the A_3 temperature and then in a cooling station (13) it is cooled at a cooling gradient of at least 300 K/s substantially to ambient temperature again, wherein the fact that the strip steel (1) is held for a very short time above the A_3 temperature provides for complete transformation of the structure with simultaneous solution of the entire carbon component but still not complete homogenisation of the carbon in the austenite phase, for subsequent annealing the steel strip (1) is heated in a first portion (11) of the second heating station (7) under the action of at least 60% of the total heating output of the heating station (7) at a heating gradient of at least 200 K/s, thereafter in a second portion (12) of the second heating station (7) it is heated at a heating gradient of at least 70 K/s to the annealing temperature and held there for a short time and then in a cooling station (13) it is cooled at a cooling gradient of at least 200 K/s substantially to ambient temperature again, wherein the very fast and only short-term heating to the annealing temperature prevents decomposition of the martensite needles formed and thereby a very fine-grain structure is formed in the strip steel (1) with a martensite precipitation in very fine needle form, wherein the temperature of the strip steel (1) is evened out within the second portion (12) of the first and/or the second heating station (6, 7).

2. A method according to claim 1 **characterised in that** the heating gradient in the first portion (11) of the first heating station (6) is at least 800, preferably 1000 to 1300 K/s.
3. A method according to one of claims 1 and 2 **characterised in that** the heating gradient in the second portion (12) of the first heating station (6) is at least 100, preferably 125 K/s.
4. A method according to one of the preceding claims **characterised in that** the cooling gradient after the first and/or second heating station (6, 7) is at least 500, preferably 800 - 2800 K/s.
5. A method according to one of the preceding claims **characterised in that** the temperature reached by the strip steel (1) after passing through the first heating station (6) is at least 5, preferably 100 K above the A_3 temperature.

6. A method according to one of the preceding claims **characterised in that** the annealing temperature of the strip steel (1) is between 300 and 700°C.
7. A method according to one of the preceding claims **characterised in that** annealing of the steel strip (1) is effected directly subsequent to the hardening operation and in the same pass.
8. A method according to one of the preceding claims **characterised in that** the very fine austenite structure which is formed in the strip steel (1) with the martensite precipitation in very fine needle form, with the simultaneous avoidance of complete homogenisation of the carbon into austenite, allows a high yield point ratio of the strip steel (1) in the range of greater than or equal to 0.96 without losses in respect of the stretch properties.
9. A method according to one of the preceding claims **characterised in that** the first portion (11) of the first and/or the second heating station (6, 7) has a shorter pass length for the strip steel (1) than the associated second portion (12) of the first and/or second heating station (6, 7).
10. A method according to claim 9 **characterised in that** in the respective first portion (11) of the first and/or the second heating station (6, 7) at least 60% and preferably 90% of the total heating output of the respective heating station (6, 7) acts on the strip steel (1).
11. A method according to one of the preceding claims **characterised in that** heating and annealing of the strip steel within the first and/or the second heating station (6, 7) until the respective operation of cooling the strip steel (1) has been effected is effected in a protective gas atmosphere.
12. A method according to one of the preceding claims **characterised in that** the pass speed of the strip steel (1) through the heating stations (6, 7) and the cooling stations (13) is at least 25 m/min, preferably at least 150 m/min.
13. A method according to one of the preceding claims **characterised in that** the operation of heating the strip steel (1) is effected by means of inductive heating and/or by means of gas flames and/or by means of salt contact heating.
14. A method according to one of the preceding claims **characterised in that** the operation of heating the strip steel (1) is effected by means of conductive heating by way of contact rollers (8, 9, 10).
15. Apparatus for carrying out a method according to

- claim 1 wherein the operation of heating the strip steel (1) is effected by means of conductive heating by way of contact rollers (8, 9, 10), **characterised in that** a central contact roller (9) which is arranged between outer contact rollers (8, 10) at the same electrical potential and which is at another electrical potential forms by way of the strip steel (1) a respective electrical circuit with the outer contact rollers (8, 10), whereby when current passes through the strip steel (1) a temperature increase is produced in the strip steel (1) in accordance with the level of the respective current and the resistance of the strip steel (1).
16. Apparatus according to claim 15 **characterised in that** at least two outer contact rollers (8) are arranged for heating the strip steel (1) in the entry region of the first portion (11) of the first and/or the second heating station (6, 7), with which contact rollers (8) an increased amount of current can be coupled into the strip steel (1) in said first portion (11) to achieve the high heating gradient.
 17. Apparatus according to claim 16 **characterised in that** the arrangement of at least two outer contact rollers (8) in the entry region of the first portion (11) of the first and/or the second heating station (6, 7) permits an increase in the contact pressure surface area between the current-transmitting contact rollers (8) and the strip steel (1) and thus substantially reduces the required contact pressure forces between each outer contact roller (8) and the strip steel (1).
 18. Apparatus according to claim 16 or claim 17 **characterised in that** the lower contact pressure forces required cause substantially less or no change in the structure of the strip steel (1) by mechanical loadings than is possible with only individual contact rollers (8).
 19. Apparatus according to one of claims 16 to 18 **characterised in that** the spacing of the mutually associated contact rollers (9, 10) which are of equal opposite polarity in the second portion (12) of the first and/or the second heating station (6, 7) is substantially greater than the spacing of the mutually associated contact rollers (8, 9) of equal opposite polarity in the respective first portion (11).
 20. Apparatus according to one of claims 16 to 19 **characterised in that** the amount of current coupled into the strip steel (1) for heating by way of the contact rollers (8, 9, 10) is at least 1000 A, preferably 6000 A.
 21. Apparatus according to claim 20 **characterised in that** the heating output introduced into the strip steel (1) by way of the contact rollers (8, 9, 10) is kept constant by way of current regulation at a substantially constant voltage.
 22. Apparatus according to claim 21 **characterised in that** phase-angle control is used for current regulation, which control simulates a substantially pure sine voltage by downstream-connected voltage correction in a large power range.
 23. Apparatus according to one of claims 15 to 22 **characterised in that** the strip steel (1) is cooled at very high cooling gradients by annular showers arranged in the region of the strip passage.
 24. Apparatus according to claim 23 **characterised in that** the annular showers (13) for cooling purposes apply water, gas or oil to the surface of the strip steel (1).
 25. Apparatus according to one of claims 23 and 24 **characterised in that** the jetting direction of the nozzles of the annular showers (13) is directed into the direction of passing movement of the strip steel (1).
 26. Apparatus according to one of claims 15 to 25 **characterised in that** drive units (5) for conveying the strip steel (1) through the apparatus are arranged upstream and downstream of the respective heating stations (6, 7).
 27. Apparatus according to claim 26 **characterised in that** the drive units (5) provide for equalisation of different strip speeds of the strip steel (1) by keeping the passage speed of the strip steel (1) constant.
 28. Use of the method according to one of claims 1 to 14 for the heat treatment of strip steel (1) **characterised in that** typical carbon steels, in particular carbon steels with a carbon content of between 0.35 and 1.35%, in particular also C35 to Ck101, can be processed as the strip steel (1).
 29. Use according to claim 28 **characterised in that** the strip steel (1) has alloy constituents such as in particular Si between 0.05 and 2.35%, Mn between 0.22 and 3.05%, P between 0.004 and 0.055%, S between 0.001 and 0.050%, Al between 0.001 and 0.100%, Cr between 0.03 and 2.85%, Ni between 0.02 and 1.60% and/or Cu between 0.02 and 0.45%.
 30. Use according to claim 28 or claim 29 **characterised in that** the strip steel (1) can be processed in strip thicknesses of between 0.20 and 5.00 mm and/or strip widths of between 2.00 and 725.00 mm.
 31. Use according to one of claims 28 to 30 **characterised in that** the strip steel (1) can be produced by a rolling procedure and is flat or has a profiled cross-section.

32. Use according to one of claims 28 to 31 **characterised in that** the plane-parallelism of the thickness dimension of the strip steel (1) after the pass does not exceed at most 2 - 5 μm per 30 mm strip width of the strip steel (1). 5
33. Use according to one of claims 28 to 32 **characterised in that** the strip steel (1) can be used as spring steel. 10
34. Use according to claim 28 **characterised in that** the hardness of individual regions (17, 18) within the cross-section of the strip steel (1) is different.
35. Use according to claim 34 **characterised in that** the strip steel (1) is of an irregular, preferably asymmetrical cross-section. 15
36. Use according to claim 35 **characterised in that** the hardness of individual regions (17, 18) is different within the irregular cross-section of the strip steel (1). 20
37. Use according to claim 36 **characterised in that** the hardness of individual regions (17, 18) is distributed along at least one hardness gradient within the irregular cross-section of the strip steel (1). 25
38. Use according to one of claims 34 to 37 **characterised in that** edge elements (16) for edge reinforcement of skis, snowboards, slide boards or the like can be produced from the strip steel (1). 30
39. Use according to claim 38 **characterised in that** the cross-section of the strip steel (1) has a thickened region (17) of greater hardness which in the installation condition of the edge element (16) is disposed outwardly at least in portion-wise manner, and a limb-like region (18) of lesser hardness which in the installation condition of the edge element (16) is disposed inwardly. 35
40
40. Use according to claim 39 **characterised in that** the gradient of the variation in hardness between the thickened region (17) of greater hardness and the limb-like region (18) of lesser hardness extends substantially continuously, preferably substantially linearly. 45
41. Use according to claim 39 or claim 40 **characterised in that** the hardness in the limb-like region (18) of lesser hardness is so adjusted that the openings to be provided there can be provided by stamping processing operations easily and without an elevated amount of wear of the stamping tools. 50
55
42. Use according to claim 39 or claim 40 **characterised in that** the hardness in the thickened region (17) of greater hardness is so adjusted that wear of those edge regions in use of the skis, snowboards, slide boards or the like is minimised.
43. Use according to one of claims 34 to 42 **characterised in that** the yield point ratio of such a strip steel (1) is in the range of between 80% and 95%, preferably between 84% and 88%.
44. Use according to one of claims 34 to 43 **characterised in that** in conductive heating of the strip steel (1) the contact rollers (8, 9, 10) are profiled substantially to correspond to the irregular cross-sectional shape of the strip steel (1).
45. Use according to claim 44 **characterised in that** the contact rollers (8, 9, 10) which are profiled substantially to correspond to the irregular cross-sectional shape of the strip steel (1) contact only partial regions (19) of the surface of the strip steel (1) and there cause heating of the strip steel (1).
46. Use according to claim 45 **characterised in that** contact between the contact rollers (8, 9, 10) and the strip steel (1) occurs substantially only in the region (18) of lesser hardness.

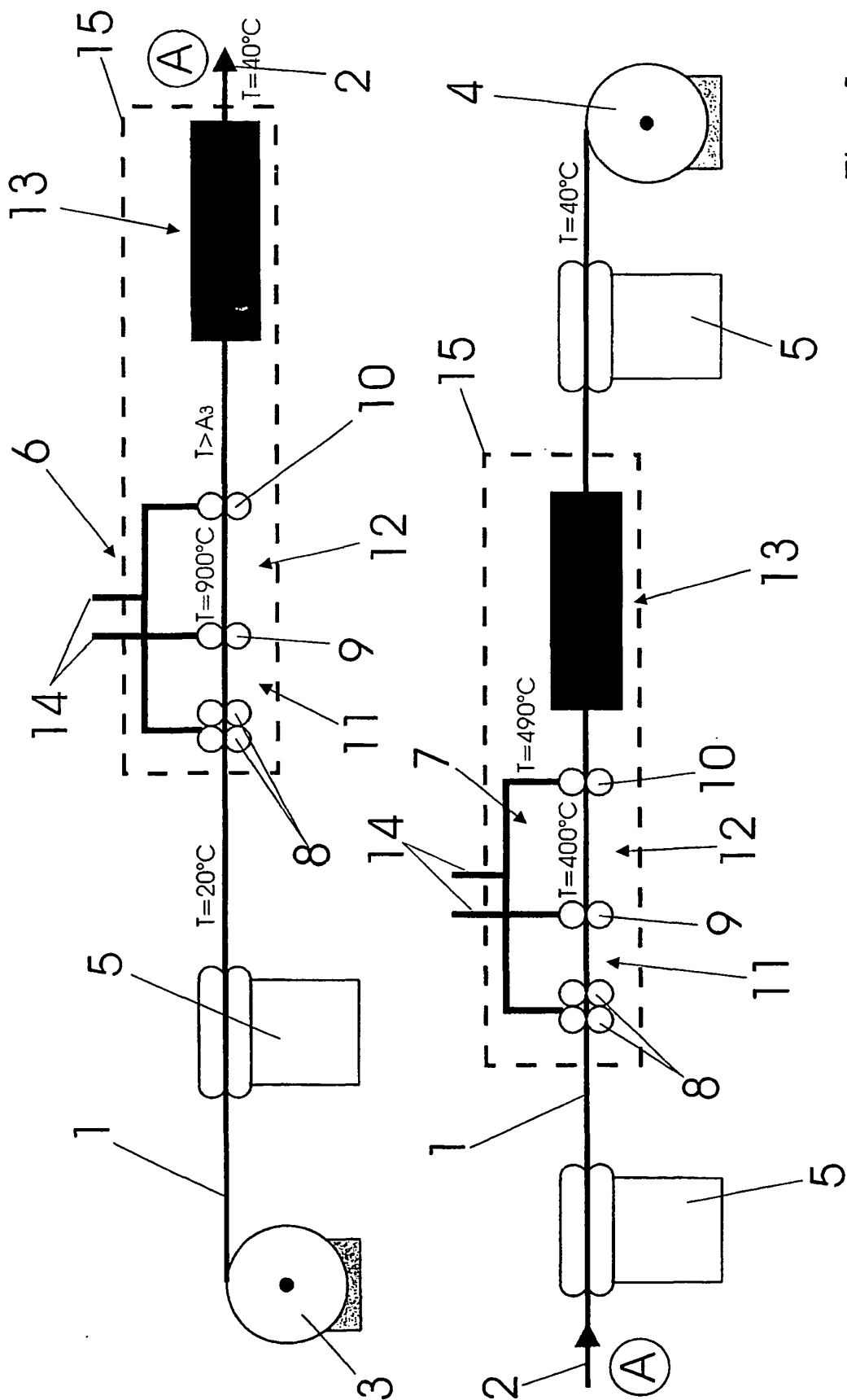


Fig. 1

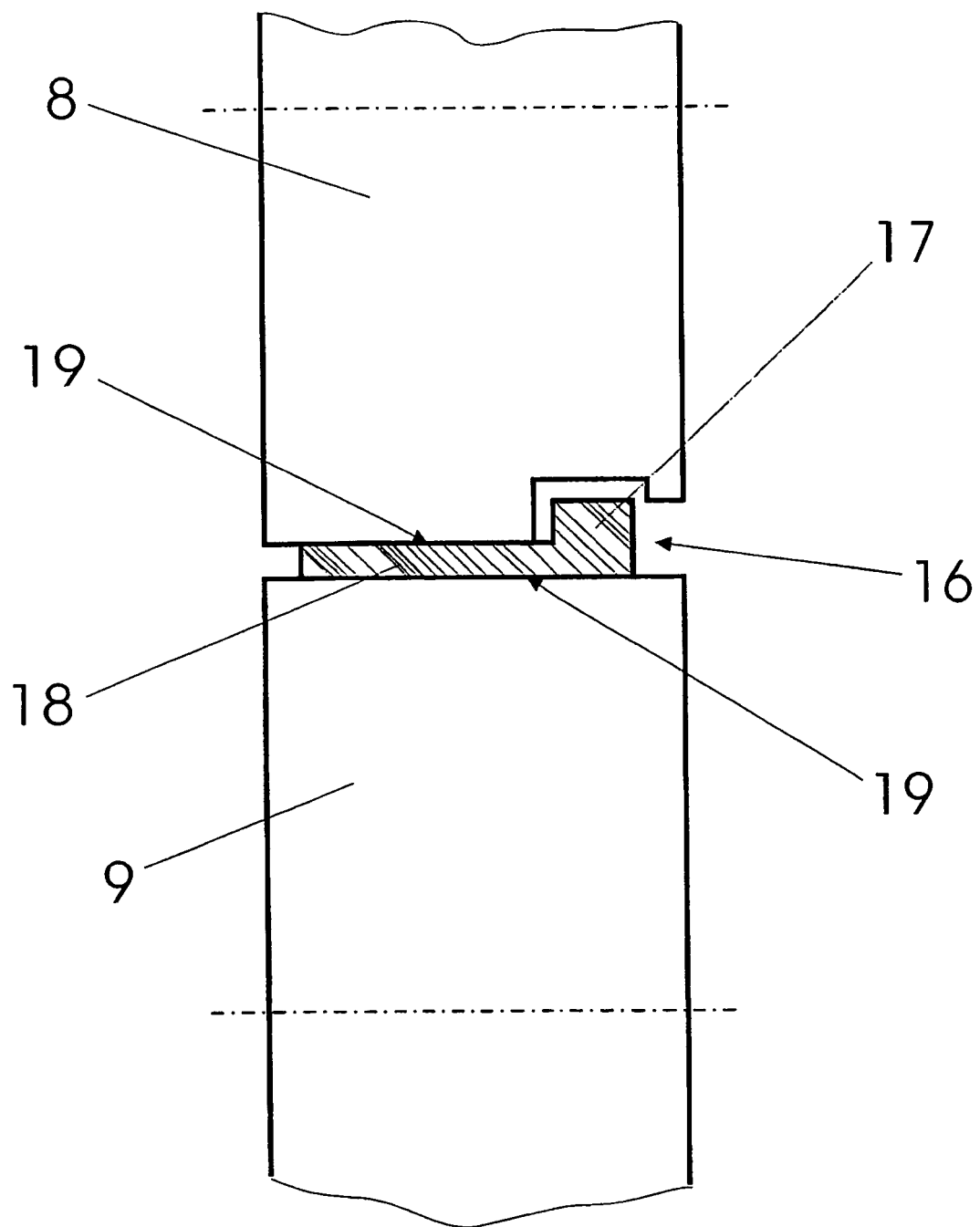


Fig. 2