



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
08.08.2007 Patentblatt 2007/32

(51) Int Cl.:
C21D 1/52 (2006.01) **C21D 11/00** (2006.01)
F27D 19/00 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **06007147.9**

(22) Anmeldetag: **04.04.2006**

(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 NL PL PT RO SE SI SK TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA HR MK YU

(30) Priorität: **03.02.2006 DE 102006005063**

(71) Anmelder:
• **Linde Aktiengesellschaft**
65189 Wiesbaden (DE)
• **ThyssenKrupp Steel AG**
47166 Duisburg (DE)

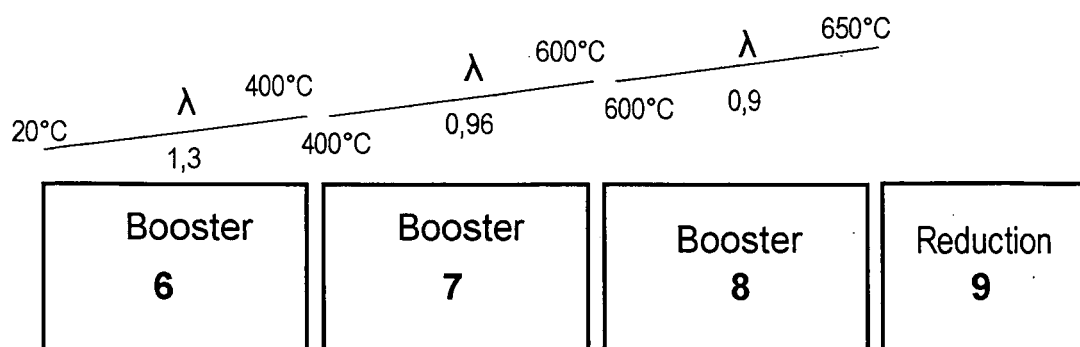
(72) Erfinder:
• **Eichelkrauth, Herbert**
47906 Kempen (DE)
• **Heiler, Hans-Joachim**
47447 Moers (DE)
• **Högner, Werner**
45359 Essen (DE)
• **Jindra, Fred**
57368 Lennestadt (DE)
• **Paul, Reinhard**
21271 Asendorf (DE)
• **Ritzén, Ola**
18494 Akersberga (SE)

(54) **Verfahren zur Wärmebehandlung von Stahlbändern mittels direkter Flammenbeheizung**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Wärmebehandlung von Produkten aus Stahl, insbesondere von Bändern oder Blechen aus Stahl, wobei das Produkt in einer Boosterzone (6, 7, 8) mit mindestens einem Brenner von einer Ausgangstemperatur auf eine Zieltemperatur gebracht wird. Der Brenner wird mit einem Brenn-

stoff, insbesondere einem Brenngas, und einem sauerstoffhaltigen Gas betrieben, welches mehr als 21 % Sauerstoff enthält. Das Produkt wird in unmittelbaren Kontakt mit der von dem Brenner erzeugten Flamme gebracht, wobei innerhalb der Flamme die Luftzahl X in Abhängigkeit von der Ausgangstemperatur und / oder der Zieltemperatur eingestellt wird.

Fig. 3



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Wärmebehandlung von Produkten aus Stahl, insbesondere von Bändern oder Blechen aus Stahl, wobei das Produkt in einer Boosterzone mit mindestens einem Brenner von einer Ausgangstemperatur auf eine Zieltemperatur gebracht wird, wobei der oder die Brenner mit einem Brennstoff, insbesondere einem Brenngas, und einem sauerstoffhaltigen Gas betrieben werden, wobei das sauerstoffhaltige Gas mehr als 21 % Sauerstoff enthält und wobei das Produkt in unmittelbaren Kontakt mit der von dem oder den Brenner(n) erzeugten Flamme(n) kommt.

[0002] Zur Herstellung beschichteter (z.B. feuerverzinkter) Stahlbänder werden die zu beschichtenden Bänder zunächst gereinigt, in einem Durchlaufofen erwärmt und anschließend in einer reduzierenden Atmosphäre auf die gewünschten Materialeigenschaften geglüht. Danach erfolgt die eigentliche Beschichtung in einem geeigneten Schmelzbad oder mit einem entsprechenden Verfahren.

[0003] In der Erwärmungsphase in dem Durchlaufofen soll der Stahl unter definierten Bedingungen erwärmt werden, um in den folgenden Verfahrensschritten die geforderten Eigenschaften besser einstellen zu können. Je nach Art des verwendeten Stahls kann es günstig sein, die Oxidation möglichst gering zu halten, oder auch einen gewissen Oxidationsgrad gezielt herbeizuführen.

[0004] Die Erwärmung der Stahlbänder erfolgt bisher in Durchlauföfen, wobei die Stahlbänder eine Konvektionszone und eine Aufheizzone durchlaufen. In der Aufheizzone werden die Bänder mit Brennern beheizt und in der davor geschalteten Konvektionszone von den heißen Abgasen der Brenner der Aufheizzone erwärmt. Insbesondere in der Konvektionszone ist der Oxidationsgrad nur schwer steuerbar, da das Temperaturprofil in dieser Zone unter anderem von der Länge der Konvektionszone und der Temperatur und Menge der Abgase abhängt.

[0005] Die Zusammensetzung der Abgase in der Konvektionszone wird durch die Betriebsweise der Brenner und gegebenenfalls durch in den Durchlaufofen eindringende Falschlufte bestimmt. Das bedeutet, dass die Erwärmungsbedingungen in der Konvektionszone im Wesentlichen durch die Anforderungen an die Brenner in der Aufheizzone bestimmt werden. Aus diesen Gründen ist eine gezielte Anpassung des Temperaturprofils in der Konvektionszone bisher nicht möglich.

[0006] Aufgabe vorliegender Erfindung ist es daher, ein Verfahren zur Wärmebehandlung von Produkten aus Stahl zu entwickeln, welches eine gezielte Einstellung der Erwärmungsbedingungen erlaubt.

[0007] Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren zur Wärmebehandlung von Produkten aus Stahl, insbesondere von Bändern oder Blechen aus Stahl, gelöst, wobei das Produkt in einer Boosterzone mit mindestens einem Brenner von einer Ausgangstemperatur auf eine Zieltemperatur gebracht werden, wobei der oder die Brenner mit

einem Brennstoff, insbesondere einem Brenngas, und einem sauerstoffhaltigen Gas betrieben werden, wobei das sauerstoffhaltige Gas mehr als 21% Sauerstoff enthält und wobei das Produkt in unmittelbaren Kontakt mit der von dem oder den Brenner(n) erzeugten Flamme(n) kommt, und welches dadurch gekennzeichnet ist, dass innerhalb der Flamme die Luftzahl λ in Abhängigkeit von der Ausgangstemperatur und / oder der Zieltemperatur eingestellt wird.

[0008] Mit dem Begriff "Boosterzone" soll ein Wärmebehandlungssofen oder eine Zone eines Wärmebehandlungssofens bezeichnet werden, in der mindestens ein Brenner vorgesehen ist, der mit einem Brenngas und einem sauerstoffhaltigen Gas betrieben wird, wobei das sauerstoffhaltige Gas mehr als 21% Sauerstoff enthält. Der Brenner wird dabei so angeordnet beziehungsweise betrieben, dass das zu behandelnde Produkt in unmittelbaren Kontakt mit der Flamme des Brenners kommt.

[0009] Die Luftzahl λ gibt das Verhältnis der bei der Verbrennung zugeführten Sauerstoffmenge zu der für einen stöchiometrischen Umsatz des verwendeten Brennstoffs notwendigen Sauerstoffmenge an. Bei Sauerstoffüberschuss ist $\lambda > 1$, d.h. die Verbrennung erfolgt überstöchiometrisch. Entsprechend ist eine unterstöchiometrische Reaktion bei Sauerstoffmangel durch $\lambda < 1$ gekennzeichnet.

[0010] Mit den Begriffen Ausgangstemperatur und Zieltemperatur wird jeweils die Oberflächentemperatur oder, in Abhängigkeit von der Materialdicke, die Kerntemperatur des Stahlprodukts vor beziehungsweise nach der Behandlung mit dem Brenner oder den Brennern der Boosterzone bezeichnet. Bei dünnen Blechen mit einer Stärke bis 5 mm liegen die Oberflächentemperatur und die Kerntemperatur sehr nahe zusammen. Bei dickeren Werkstücken können diese jedoch beträchtlich voneinander abweichen. In letzterem Fall werden als Ausgangs- und Zieltemperatur nach Anwendungsfall entweder die Oberflächentemperatur oder die Kerntemperatur gewählt.

[0011] Hierbei muss die Zieltemperatur nicht unbedingt größer als die Ausgangstemperatur sein. Es liegt ebenso im Rahmen der vorliegenden Erfindung, die Temperatur des Produkts in der Boosterzone auf einem gleich bleibenden Wert zu halten. In diesem Fall sind Ausgangs- und Zieltemperatur gleich. Es ist sogar denkbar, dass die Zieltemperatur unterhalb der Ausgangstemperatur liegt, wenn zum Beispiel das Stahlprodukt auf andere Weise gekühlt wird und der oder die Brenner der Boosterzone dazu dienen, eine zu starke Abkühlung zu vermeiden oder den Abkühlungsgrad zu steuern.

[0012] Erfindungsgemäß erfolgt also die Wärmebehandlung der Stahlprodukte in einer Boosterzone mit einem Brenner, der mit einem Brennstoff, insbesondere einem Brenngas, und mehr als 21 % Sauerstoff betrieben wird. Als Oxidationsmittel kommt sauerstoffangereicherte Luft oder technisch reiner Sauerstoff zum Einsatz. Bevorzugt beträgt der Sauerstoffgehalt des Oxidationsmit-

tels mehr als 50 %, besonders bevorzugt mehr als 75 %, ganz besonders bevorzugt mehr als 90%

[0013] Durch die Sauerstoffanreicherung wird zum einen eine höhere Flammentemperatur und damit ein schnelleres Aufheizen des Stahlprodukts erreicht, zum anderen wird das Oxidationsverhalten verbessert.

[0014] Das Stahlprodukt wird erfindungsgemäß unmittelbar der Flamme des Brenners ausgesetzt, das heißt das Stahlprodukt beziehungsweise ein Teil des Stahlprodukts kommt in unmittelbaren Kontakt mit der Flamme des Brenners. Solche Brenner, die mit einem Brennstoff und einem sauerstoffhaltigen Gas mit mehr als 21 % Sauerstoffanteil betrieben werden und deren Flamme so ausgerichtet ist, dass das Stahlprodukt in direkten Kontakt mit der Flamme kommt, werden im Folgenden auch als Boosterbrenner bezeichnet. Die Boosterbrenner können grundsätzlich an beliebiger Stelle innerhalb des Wärmebehandlungsverfahrens eingesetzt werden.

[0015] Die herkömmliche Erwärmung von Stahlbändern in Durchlauföfen erfolgt mit Brennern, die oberhalb und / oder unterhalb des Stahlbandes angeordnet sind und deren Flammen auf das umgebende Ofenmauerwerk gerichtet sind. Das Mauerwerk strahlt dann wiederum die Wärmeenergie auf das durch den Ofen laufende Band ab. Die Flamme wirkt also nicht direkt auf das Stahlband ein, sondern nur indirekt über die Abstrahlung des von der Flamme erwärmten Mauerwerks.

[0016] Über die erfindungsgemäße direkte Einwirkung der Flamme auf das Stahlprodukt können die Wärmebehandlungsbedingungen definiert eingestellt werden. Erfindungsgemäß wird innerhalb der Flamme die Stöchiometrie der Verbrennung, das heißt die Luftzahl λ , in Abhängigkeit von der Ausgangstemperatur und / oder der Zieltemperatur gewählt.

[0017] In der Erfindung vorausgehenden Untersuchungen hat sich gezeigt, dass es günstig ist, mit steigender Temperatur des Stahlprodukts die Stöchiometrie innerhalb der Flamme des Boosterbrenners in Richtung niedrigeren Sauerstoffgehalts zu verschieben, um optimale Wärmebehandlungsergebnisse zu erzielen.

[0018] Für Standardstähle hat sich beispielsweise die in Figur 1 gezeigte Abhängigkeit des λ -Wertes von der Temperatur des Stahlprodukts als vorteilhaft erwiesen. So wird beispielsweise bei 100°C vorzugsweise ein λ -Wert von 1,12 gewählt, bei 200 °C von 1,07, bei 400 °C von 1,00 und bei 600°C von 0,95. Die Wärmebehandlung zeigt aber auch innerhalb eines Toleranzbereiches hinsichtlich des λ -Wertes von $\pm 0,05$ positive Ergebnisse. Die Abhängigkeit des λ -Wertes von der Temperatur kann je nach Stahlart von der in Figur 1 dargestellten Kurve abweichen.

[0019] Von Vorteil wird der λ -Wert innerhalb der Flamme in Abhängigkeit von der Ausgangstemperatur des Stahlprodukts eingestellt. Es ist aber ebenso möglich, die Zieltemperatur als Parameter für die Wahl des λ -Wertes zu nutzen. Insbesondere bei relativ schnellen Erwärmungen, bei denen die Zieltemperatur deutlich von der Ausgangstemperatur abweicht, hat es sich als günstig

erwiesen, beide Temperaturen, die Ausgangstemperatur und die Zieltemperatur, bei der Wahl des λ -Wertes zu berücksichtigen.

[0020] Von Vorteil ist neben der erfindungsgemäßen Boosterzone mindestens eine weitere Behandlungszone vorgesehen, in der das Produkt von einer Ausgangstemperatur auf eine Zieltemperatur gebracht wird, wobei vorzugsweise auch in der zusätzlichen, Behandlungszone der λ -Wert in Abhängigkeit von der jeweiligen Ausgangstemperatur und / oder der jeweiligen Zieltemperatur eingestellt wird. Außer in der Boosterzone lässt sich dadurch auch in der oder den zusätzlichen Behandlungszone(n) eine definierte Wärmebehandlung durchführen.

[0021] Besonders günstig ist es, wenn mindestens eine der zusätzlichen Behandlungszonen ebenfalls als Boosterzone ausgeführt ist. Bei dieser Verfahrensvariante sind damit mindestens zwei Boosterzonen vorgesehen, in denen das Stahlprodukt mit jeweils mindestens einem Boosterbrenner erwärmt wird, das heißt, mit einem mit Sauerstoff oder mit sauerstoffangereicherter Luft und mit einem Brennstoff betriebenen Brenner, dessen Flamme direkt auf das Stahlprodukt einwirkt. In jeder der Boosterzonen wird von Vorteil der λ -Wert in Abhängigkeit von der Ausgangs- und / oder Zieltemperatur der jeweiligen Boosterzone eingestellt.

[0022] Das beim Betrieb der Boosterbrenner entstehende Abgas wird vorzugsweise in Abhängigkeit von dessen CO-Gehalt im Abgaskanal nachverbrannt.

[0023] Es hat sich als vorteilhaft herausgestellt, das Produkt in der Boosterzone mit einer Wärmestromdichte von 300 bis 1000 kW/m² zu beaufschlagen. Mit anderen Worten: Die von den Boosterbrennern pro Quadratmeter Oberfläche auf das Stahlprodukt übertragene Wärmeleistung beträgt 300 bis 1000 kW. Erst die erfindungsgemäße Verwendung von sauerstoffangereicherter Luft bis hin zum Einsatz von technischem Sauerstoff mit mehr als 80% Sauerstoffanteil ermöglicht, solch einen hohen Wärmeübertrag. Dadurch können die Stahlprodukte auf einer kürzeren Strecke schneller erwärmt werden, wodurch entweder die Länge der Durchlauföfen deutlich reduziert oder deren Durchsatz erhöht werden kann.

[0024] Besonders günstig ist es, das Produkt in einer Transportrichtung durch die Boosterzone zu bewegen, wobei die Flamme das Produkt über dessen gesamten Umfang quer zur Transportrichtung umgibt. Das Stahlprodukt, beispielsweise ein Stahlband, wird entlang einer Transportrichtung durch den Ofen transportiert. Quer zu dieser Transportrichtung wirkt die Flamme mindestens eines Boosterbrenners auf das Stahlprodukt ein, wobei die Flamme das Stahlprodukt völlig umgibt, das heißt an der Behandlungsstelle befindet sich der Querschnitt des Stahlprodukts vollständig innerhalb der Flamme. Die Flamme hüllt damit das Stahlprodukt in der Richtung senkrecht zur Transportrichtung ein. Auf diese Weise wird eine gleichmäßige und, da die Stöchiometrie in der Flamme erfindungsgemäß eingestellt wird, definierte Erwärmung des Stahlprodukts über dessen gesamten Querschnitt erreicht.

[0025] Je nachdem, welche Form und Geometrie das zu behandelnde Stahlprodukt aufweist, kann es nötig sein, die Randbereiche und den Kernbereich des Stahlprodukts unterschiedlich stark zu erwärmen. In diesem Fall wird zweckmäßigerweise die Flamme des Boosterbrenners oder der Boosterbrenner nicht, wie oben ausgeführt als Hüllflamme verwendet, sondern definiert auf bestimmte Bereiche, beispielsweise nur die Randbereiche, des Stahlprodukts gerichtet.

[0026] Die direkte Einwirkung der Flamme des Boosterbrenners auf das Stahlprodukt erlaubt es weiterhin, die Zieltemperatur in der Boosterzone durch Variation der Geometrie der Flamme gezielt zu beeinflussen.

[0027] Die Erfindung eignet sich insbesondere zur Wärmebehandlung von Stahlprodukten, insbesondere Stahlbändern oder Stahlblechen, die einer anschließenden Veredelung / Beschichtung in einem Schmelzbad oder einem anderen geeigneten Verfahren unterzogen werden sollen. So werden beispielsweise mit Vorteil vor dem Feuerverzinken die zu verzinkenden Produkte erfindungsgemäß wärmebehandelt.

[0028] Die Erfindung sowie weitere Einzelheiten der Erfindung werden im Folgenden anhand von in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispielen näher erläutert. Hierbei zeigen:

- Figur 1 die Abhängigkeit des λ -Wertes von der Temperatur des zu behandelnden Produktes,
- Figur 2 die Anordnung der Boosterbrenner zur Erzeugung einer Hüllflamme,
- Figur 3 die Anordnung von drei Boosterzonen zur Vorwärmung eines Stahlbandes in einem Durchlaufofen,
- Figur 4 den Verlauf des λ -Wertes und der Temperatur des Stahlproduktes bei einer speziellen Ausführung der Erfindung,
- Figur 5 den Einsatz einer Boosterzone zur Reinigung des Stahlproduktes,
- Figur 6 die Abhängigkeit der Stahltemperatur von der Ofenlänge bei einer Anordnung gemäß Figur 5 und
- Figur 7 den Einsatz einer Boosterzone nach einer konventionellen Vorwärmzone.

[0029] In Figur 2 sind zwei Boosterbrenner 1, 2 gezeigt, die zur erfindungsgemäßen Erwärmung eines Stahlbandes 3 von einer Ausgangstemperatur auf eine Zieltemperatur eingesetzt werden. Das Band 3 wird durch einen nicht dargestellten Durchlaufofen in einer Richtung senkrecht zur Zeichenebene transportiert. Die Brenner 1, 2 sind senkrecht zur Transportrichtung und senkrecht zur Bandoberfläche 4 angeordnet. Die von den Boosterbrennern 1, 2 erzeugten Flammen 5 hüllen den gesamten Querschnitt des Stahlbandes 3 ein. Innerhalb der Flammen 5 wird die Stöchiometrie in Abhängigkeit von der Ausgangstemperatur und der Zieltemperatur definiert eingestellt. Durch die erfindungsgemäßen Hüllflammen 5 wird so eine gleichmäßige und definierte Er-

wärmung und Behandlung des Stahlbandes 3 sichergestellt.

[0030] Das erfindungsgemäße Verfahren wird bevorzugt zur Reinigung und/oder Erwärmung von bandförmigen Stahlprodukten in Durchlauföfen eingesetzt. Besondere Vorteile bringt die Erfindung bei der Erwärmung beziehungsweise Vorbehandlung von Stahlprodukten vor einer folgenden Beschichtung/Feuerverzinkung. Die folgenden Figuren 3 bis 7 zeigen verschiedene Möglichkeiten der Anordnung einer oder mehrerer Boosterzonen in einem Durchlaufofen, insbesondere in einem Durchlaufofen, in dem die üblicherweise einer Feuerverzinkung vorausgehenden Arbeitsschritte durchgeführt werden.

[0031] In Figur 3 ist der Einsatz von Boosterzonen zur Reinigung und Vorerwärmung von Stahlbändern schematisch dargestellt. Ein durch Kaltwalzen/Warmwalzen hergestelltes Stahlband soll für eine folgende z.B. Feuerverzinkung wärmebehandelt werden. Hierzu wird das auf Raumtemperatur befindliche Stahlband einer ersten Boosterzone 6 zugeführt, in der das Band im Wesentlichen gereinigt und in einer ersten Stufe vorgewärmt wird. Entsprechend der niedrigen Ausgangstemperatur des Bandes wird in dieser Zone ein relativ hoher λ -Wert von 1,3 gewählt und das Stahlband unter diesen überstöchiometrischen Bedingungen bis auf 400 °C erwärmt.

[0032] Zur weiteren Erwärmung des Stahlbandes sind zwei Boosterzonen 7, 8 vorgesehen, in denen das Band zunächst von 400°C auf 600 °C und anschließend auf die gewünschte Endtemperatur von 650°C erwärmt wird. Hierzu wird das Stahlband in beiden Boosterzonen 7, 8, ebenso wie in Boosterzone 6, jeweils mit mehreren mit Sauerstoff angereicherter Luft und einem Brenngas betriebenen Brennern erhitzt, wobei die Flammen der Brenner direkt auf das Stahlband einwirken. Die Anordnung der Brenner erfolgt vorzugsweise so, dass das Stahlband, wie in Figur 2 gezeigt, von den Flammen der Brenner über dessen Querschnitt vollständig eingehüllt ist. Der λ -Wert in den Brennerflammen in Boosterzone 7 wird hierbei auf einen Wert von 0,96 und derjenige der Brennerflammen in Boosterzone 8 auf einen Wert von 0,90 eingestellt. Nach Durchlaufen der Boosterzonen 6, 7, 8 wird das Stahlband in einem Ofenabschnitt 9 einer reduzierenden Atmosphäre ausgesetzt.

[0033] In Figur 4 ist für einen anderen Wärmebehandlungsofen der Verlauf der Temperatur eines zu erwärmenden Stahlbandes und der λ -Wert innerhalb der das Stahlband aufheizenden Flammen über der Ofenlänge dargestellt. Der Ofen ist hierbei über seine Länge L in mehrere Boosterzonen eingeteilt, wobei der λ -Wert in jeder Boosterzone entsprechend der jeweiligen Ausgangstemperatur dieser Boosterzone schrittweise abgesenkt wird. Auf diese Weise wird eine optimale Anpassung der Wärmebehandlungsverhältnisse an die momentanen Temperaturbedingungen erzielt.

[0034] Figur 5 zeigt eine Ausführungsform der Erfindung, bei der der oder die Boosterbrenner zur Reinigung eines nach dem Warm- bzw. Kaltwalzen mit Walzrück-

ständen verunreinigten Stahlbleches verwendet wird. Auf den ersten 2,5 m Ofenlänge wird eine Boosterzone 10 eingerichtet. In dieser kurzen Zone 10 wird das Stahlband von 20°C auf 300 °C erwärmt und vorhandene Walzrückstände werden verbrannt. Der λ -Wert wird in dieser Zone 10 auf einen Wert zwischen 1,1 und 1,6 eingestellt, das heißt, es werden überstöchiometrische Verbrennungsbedingungen geschaffen.

[0035] An die Boosterzone 10 schließt sich eine 40 m lange Vorwärmzone 11 an, in der das Stahlband auf die gewünschte Zieltemperatur von beispielsweise 650 °C gebracht wird. Die Erwärmung in der Vorwärmzone 11 erfolgt unterstöchiometrisch mit einem λ -Wert von 0,96, bevor das Stahlband in einen Reduktionsofen 12 transportiert wird.

[0036] In Figur 6 ist die Temperatur des Stahlbandes in Abhängigkeit von dessen Position in einem Durchlaufofen gemäß Figur 5 dargestellt. Die gepunktete Linie zeigt den Temperaturverlauf beim Einsatz einer klassischen Brenneranordnung in der Boosterzone 10, das heißt, ohne die erfindungsgemäßen Boosterbrenner. Die Temperatur des Bandes steigt nur langsam an, in der ersten Zone 10 ist nur eine unmerkliche Temperaturzunahme festzustellen.

[0037] Die durchgezogene Linie zeigt dagegen den Temperaturverlauf bei Verwendung von Boosterbrennern in der Boosterzone 10, wie dies anhand von Figur 5 beschrieben wurde. Bereits auf den ersten 2,5m Ofenlänge - in der Boosterzone 10 - wird ein Temperaturanstieg auf über 300 °C erzielt. Auf diese Weise kann die Kapazität des Ofens um 25% gesteigert werden. Die durchgezogene Linie zeigt den Temperaturverlauf bei einer Produktion von 85 Tonnen pro Stunde, während die strichpunktete Linie den Temperaturverlauf bei einer Erhöhung der Produktion auf 105 Tonnen pro Stunde wiedergibt.

[0038] Schließlich ist in Figur 7 eine Erfindungsvariante zu sehen, bei der die Boosterzone 14 unmittelbar vor der Reduktionszone 15 des WärmebehandlungsOfens angeordnet ist. Zunächst wird das Stahlprodukt in einer konventionellen Vorwärmzone von Umgebungstemperatur auf 550°C erhitzt. Hieran schließt sich eine Boosterzone 14 an, in der eine Erwärmung auf 650 °C erfolgt. In diesem speziellen Fall werden die Boosterbrenner überstöchiometrisch mit einem λ -Wert von 1,1 gefahren, um das Stahlband in der Boosterzone 14 gezielt zu oxidieren.

[0039] Neben den in den Figuren gezeigten Anordnungen kann die Boosterzone oder können die Boosterzonen auch an anderen Stellen innerhalb des Wärmebehandlungsverfahrens positioniert werden. Grundsätzlich ist eine Boosterzone immer dort sinnvoll einsetzbar, wo das Stahlprodukt möglichst schnell in einer definierten Atmosphäre wärmebehandelt werden soll.

[0040] Insbesondere hat es sich auch als günstig erwiesen, das Stahlprodukt nach einer reduzierenden Wärmebehandlung noch einer erfindungsgemäßen Wärmebehandlung in einer Boosterzone zu unterziehen. Vor-

zugsweise wird in dieser Boosterzone die Temperatur des Stahlprodukts nur noch geringfügig erhöht oder auf dem gleichen Temperaturniveau gehalten. Die Boosterzone dient in diesem Fall dazu, durch eine definierte Atmosphäre das Material gezielt zu beeinflussen, das heißt die Oberfläche, die Eigenschaften oder das Gefüge des Stahlproduktes in gewünschter Weise einzustellen.

10 Patentansprüche

1. Verfahren zur Wärmebehandlung von Produkten (3) aus Stahl, insbesondere von Bändern oder Blechen aus Stahl, wobei das Produkt (3) in einer Boosterzone (6, 7, 8, 10, 14) mit mindestens einem Brenner (1, 2) von einer Ausgangstemperatur auf eine Zieltemperatur gebracht wird, wobei der oder die Brenner (1, 2) mit einem Brennstoff, insbesondere einem Brenngas, und einem sauerstoffhaltigen Gas betrieben werden, wobei das sauerstoffhaltige Gas mehr als 21 % Sauerstoff enthält und wobei das Produkt (3) in unmittelbaren Kontakt mit der von dem oder den Brenner(n) (1, 2) erzeugten Flamme(n) (5) kommt, **dadurch gekennzeichnet, dass** innerhalb der Flamme (5) die Luftzahl λ , in Abhängigkeit von der Ausgangstemperatur und / oder der Zieltemperatur eingestellt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** zusätzliche Behandlungszonen (9, 11, 12, 13, 15) vorgesehen sind, in denen das Produkt (3) jeweils von einer Ausgangstemperatur auf eine Zieltemperatur gebracht wird, wobei in jeder der Behandlungszonen (9, 11, 12, 13, 15) die Luftzahl λ in Abhängigkeit von der jeweiligen Ausgangstemperatur und / oder der jeweiligen Zieltemperatur eingestellt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** mehrere Boosterzonen (6, 7, 8) vorgesehen sind, die jeweils mit mindestens einem mit Brennstoff, insbesondere einem Brenngas, und einem mehr als 21 % Sauerstoff enthaltenden Gas betriebenen Brenner (1, 2) beheizt werden, wobei das Produkt (3) in unmittelbaren Kontakt mit der von dem oder den Brenner(n) (1, 2) erzeugten Flamme (n) (5) kommt.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Produkt (3) in der Boosterzone (6, 7, 8, 10, 14) mit einer Wärmestromdichte von 300 bis 1000 kW/m² beaufschlagt wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Produkt (3) in einer Transportrichtung durch die Boosterzone (6, 7, 8, 10, 14) bewegt wird und dass die Flamme (5) das Produkt (3) über dessen gesamten Umfang quer zur

Transportrichtung umgibt.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zieltemperatur in einer Boosterzone (6, 7, 8, 10, 14) über die Flammengeometrie des oder der Brenner (1, 2) beeinflusst wird. 5

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verfahren folgende Schritte umfasst: 10

- Erwärmen des Produkts (3) in der Boosterzone (6, 10) auf eine erste Zieltemperatur von 300 bis 400 °C, 15
- Erwärmen des Produkts (3) in mindestens einer weiteren Behandlungszone (7, 8, 11) von der ersten Zieltemperatur auf eine Temperatur von 600 bis 900 °C. 20

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verfahren folgende Schritte umfasst:

- Erwärmen des Produkts (3) in einer ersten Behandlungszone (13) auf eine erste Zieltemperatur von 500 bis 600 °C, 25
- Erwärmen des Produkts (3) in der Boosterzone (14) von der ersten Zieltemperatur auf eine Temperatur von 600 bis 900 °C. 30

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Produkt (3) einem Beschichtungs-Nerzinkungsprozess unterzogen wird. 35

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Produkt (3) einer reduzierenden Atmosphäre ausgesetzt wird und anschließend in der Boosterzone auf die Zieltemperatur gebracht wird. 40

45

50

55

Fig. 1

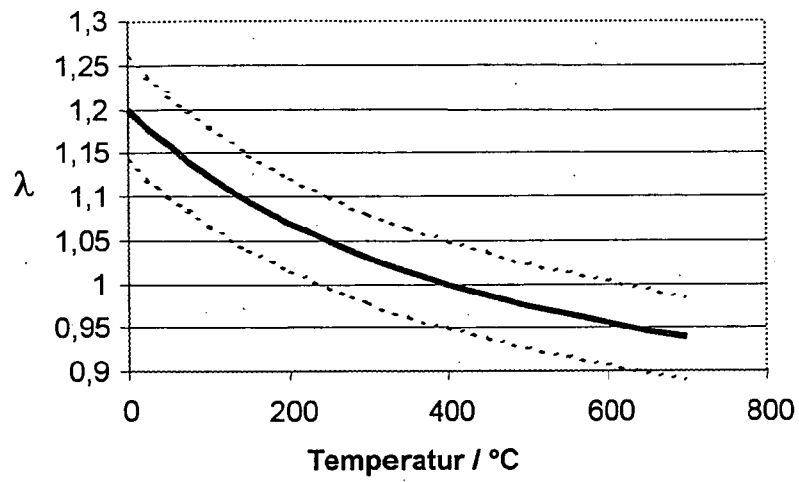


Fig. 2

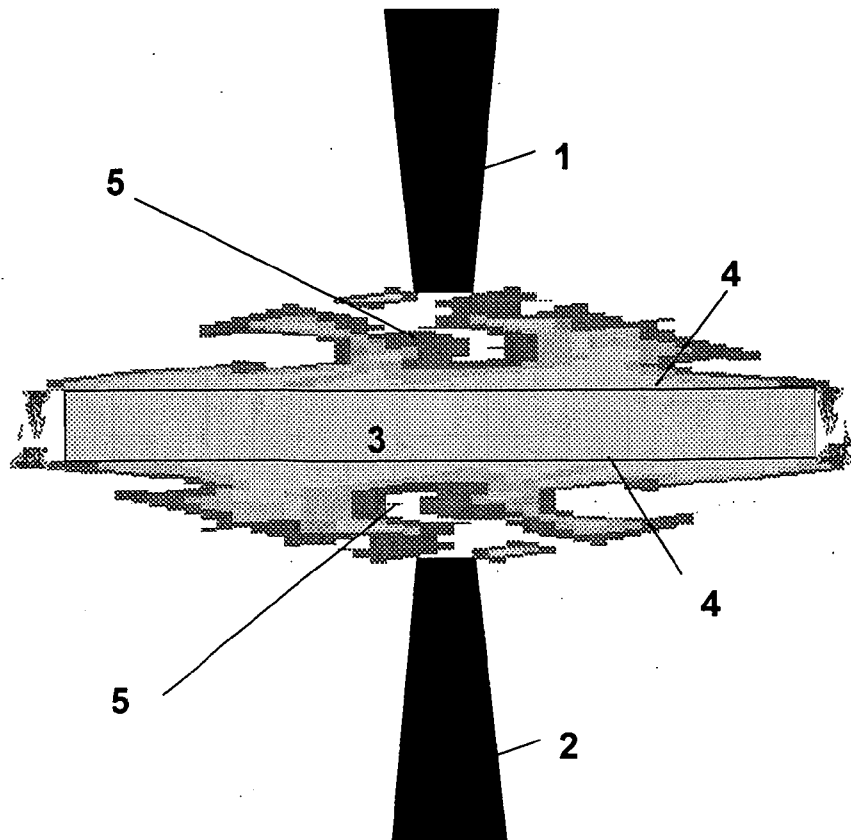


Fig. 3

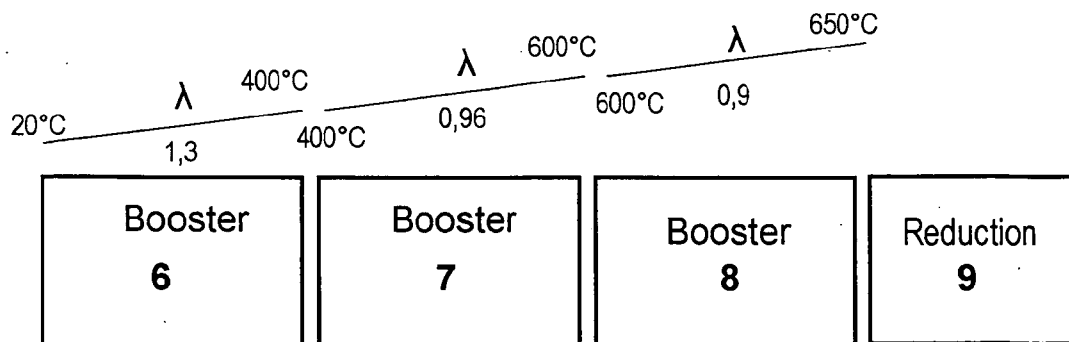


Fig. 4

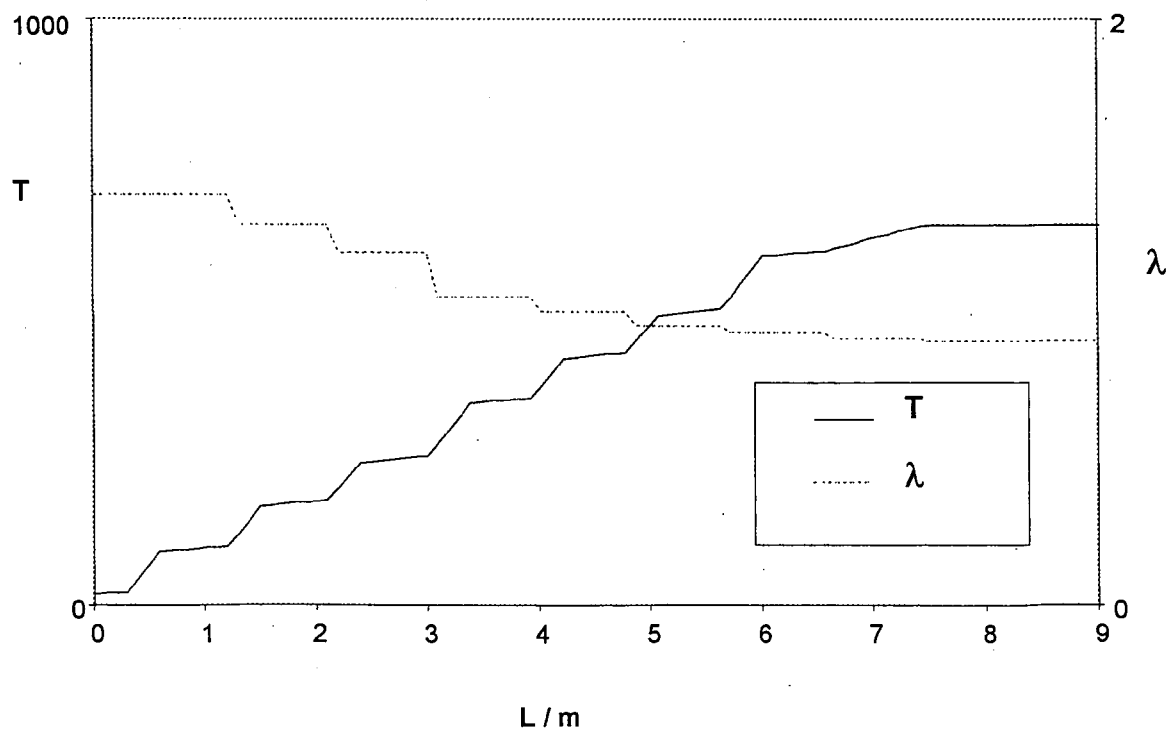


Fig. 5

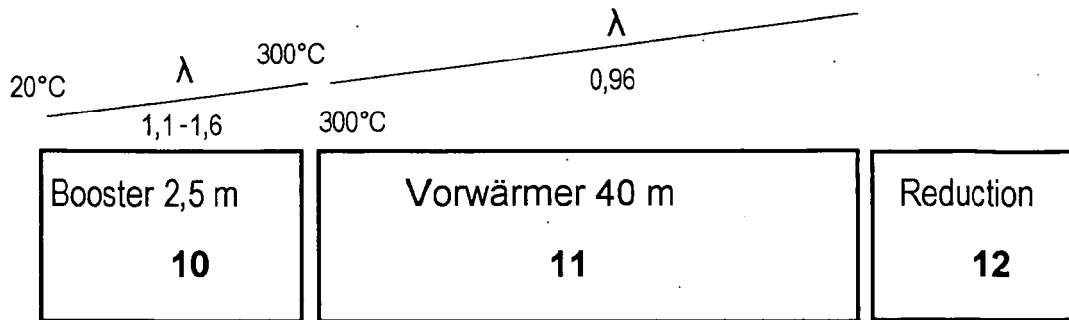


Fig. 6

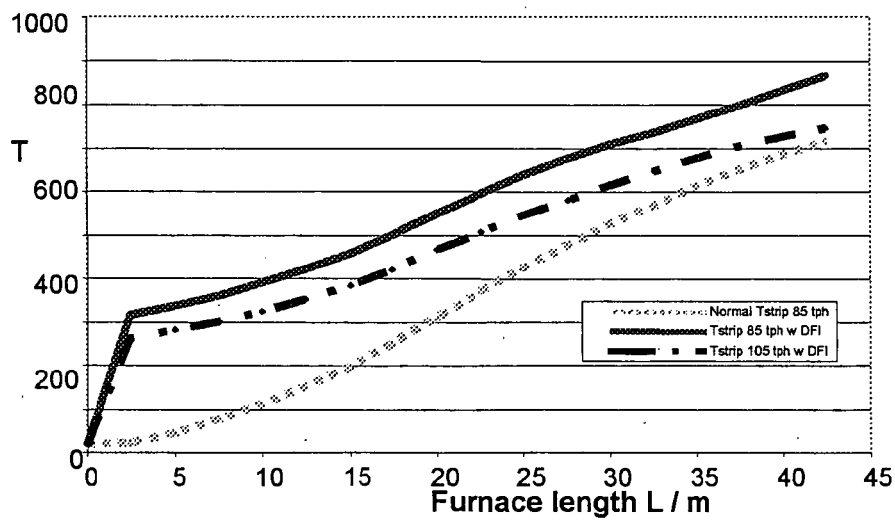
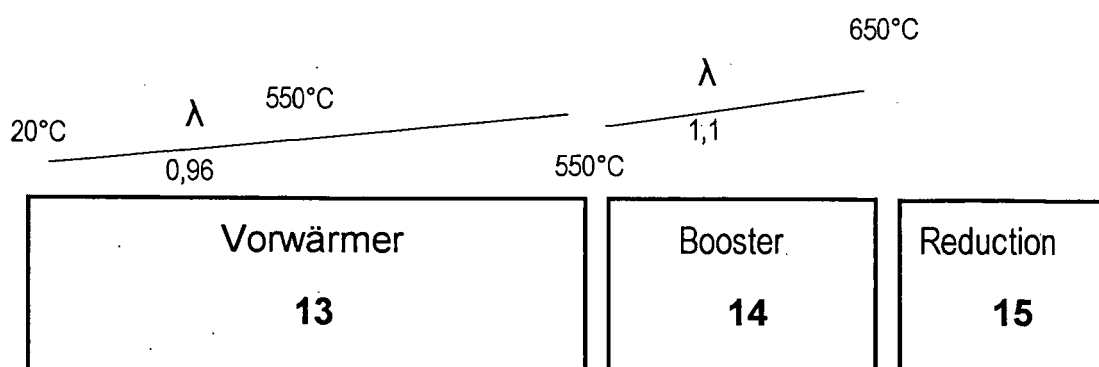


Fig.7





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 06 00 7147

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 004, Nr. 144 (C-027), 11. Oktober 1980 (1980-10-11) -& JP 55 091943 A (NIPPON STEEL CORP), 11. Juli 1980 (1980-07-11) * Zusammenfassung; Abbildung 3 *	1-6,8-11	INV. C21D1/52 C21D11/00 F27D19/00
Y	WO 03/070992 A (LINDE AG; AXELSSON, CARL-LENNART; EKMAN, TOMAS; RITZEN, OLA) 28. August 2003 (2003-08-28) * Seite 2, Zeile 28 - Seite 4, Zeile 20; Abbildungen 1,2 *	1-6,8-11	
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 010, Nr. 078 (C-335), 27. März 1986 (1986-03-27) & JP 60 215716 A (NIPPON KOKAN KK), 29. Oktober 1985 (1985-10-29) * Zusammenfassung; Abbildung 1 *	6	
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 1996, Nr. 03, 29. März 1996 (1996-03-29) & JP 07 310117 A (NIPPON STEEL CORP), 28. November 1995 (1995-11-28) * Zusammenfassung; Abbildung 1 *	1-3	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 006, Nr. 033 (M-114), 27. Februar 1982 (1982-02-27) & JP 56 149513 A (NIPPON KOKAN KK <NKK>), 19. November 1981 (1981-11-19) * Zusammenfassung; Abbildung 1 *	1,2	C21D F27D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort		Abschlußdatum der Recherche	Prüfer
Den Haag		3. Juli 2006	Rischard, M
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			

2

EPO FORM 1503 03 82 (P04C03)



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 06 00 7147

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A	DE 30 15 461 A1 (NIPPON STEEL CORP; NIPPON STEEL CORP., TOKIO/TOKYO, JP) 11. Juni 1981 (1981-06-11) * Seite 7, Zeile 10 - Zeile 15; Anspruch 6; Abbildung 1 * * Seite 8, Zeile 9 - Zeile 23 * -----	1,2	
A	WO 2004/097318 A (L'AIR LIQUIDE, SOCIÉTÉ ANONYME À DIRECTOIRE ET CONSEIL DE SURVEILLANCE) 11. November 2004 (2004-11-11) * Seite 3, Zeile 5 - Seite 6, Zeile 29; Abbildung 1 * -----	1	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
Recherchenort		Abschlußdatum der Recherche	Prüfer
Den Haag		3. Juli 2006	Rischard, M
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			

2
EPO FORM 1503 03.82 [P4/C03]

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 06 00 7147

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patendokumente angegeben.
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

03-07-2006

Im Recherchenbericht angeführtes Patendokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
JP 55091943	A	11-07-1980	JP 1235388 C	17-10-1984
			JP 58044133 B	01-10-1983
WO 03070992	A	28-08-2003	AU 2003206555 A1	09-09-2003
			BR 0307988 A	01-02-2005
			EP 1481102 A1	01-12-2004
			JP 2005517813 T	16-06-2005
			SE 521170 C2	07-10-2003
			SE 0200532 A	23-08-2003
			US 2005115648 A1	02-06-2005
			ZA 200406539 A	14-06-2005
JP 60215716	A	29-10-1985	JP 1608124 C	13-06-1991
			JP 63060094 B	22-11-1988
JP 07310117	A	28-11-1995	JP 3081123 B2	28-08-2000
JP 56149513	A	19-11-1981	JP 1487764 C	23-03-1989
			JP 60014246 B	12-04-1985
DE 3015461	A1	11-06-1981	AU 518681 B2	15-10-1981
			AU 5729080 A	25-06-1981
			BR 8002564 A	09-06-1981
			CA 1137394 A1	14-12-1982
			FR 2470803 A1	12-06-1981
			GB 2070072 A	03-09-1981
			IT 1130806 B	18-06-1986
			NL 8002347 A	01-07-1981
			US 4437905 A	20-03-1984
WO 2004097318	A	11-11-2004	FR 2854233 A1	29-10-2004

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82