

⑫

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

⑲ Anmeldenummer: 85113653.1

⑥ Int. Cl.⁴: **C 21 D 9/04**

⑳ Anmeldetag: 26.10.85

③① Priorität: 21.12.84 DE 3446794

④③ Veröffentlichungstag der Anmeldung:
23.07.86 Patentblatt 86/30

⑧④ Benannte Vertragsstaaten:
AT CH DE FR GB LI LU NL

⑦① Anmelder: Krupp Stahl AG
Alleestrasse 165
D-4630 Bochum 1(DE)

⑦① Anmelder: Butzbacher Weichenbau GmbH
Wetzlarer Strasse 101
D-6308 Butzbach(DE)

⑦② Erfinder: Heller, Wilhelm, Dr.-Ing.
Elsterweg 8
D-4100 Duisburg 14(DE)

⑦② Erfinder: Flügge, Jürgen, Dr.-Ing.
Grabenacker 108 a
D-4100 Duisburg 14(DE)

⑦② Erfinder: Ratz, Gerhard
Gambacher Weg 28
D-6308 Butzbach 3(DE)

⑦④ Vertreter: Patentanwaltsbüro Cohausz & Florack
Postfach 14 01 47
D-4000 Düsseldorf 1(DE)

⑥④ Verfahren zur Wärmebehandlung perlitischer Schienenstähle.

⑥⑦ Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Wärmebehandlung perlitischer Schienenstähle. Zur Erhöhung der Festigkeit und der Verschleißbeständigkeit wird bei Stählen mit 0,55 bis 0,82% C, 0,25 bis 0,50% Si, 0,80 bis 1,30% Mn, < 0,035% P, < 0,040% S, < 0,30% Cr, < 0,10% Ni, < 0,05% Mo, 0,05 bis 0,20% V, 0,02 bis 0,10% Nb, 0,010 bis 0,025% N, 0,010 bis 0,070% Al, Rest Eisen und übliche erschmelzungsbedingte Verunreinigungen, ein fein lamellares Perlitgefüge durch eine Behandlung eingestellt,

- wobei der Schienenkopf im Durchlauf in hinreichender Tiefe bis zu 50 mm mittels Brenner oder induktiv auf eine Austenitisierungstemperatur von 950 bis 1050°C erhitzt und anschließend mit Preßluft derart abgekühlt wird, daß in einer ersten Stufe durch Anblasen mit hoher Luftmenge die Temperatur des Schienenkopfes innerhalb von 10 bis 20 Sekunden auf 650 bis 600°C vor den Bereich der Perlitumwandlung und in einer zweiten Stufe mit gegenüber der ersten Stufe gedrosseltem Anblasen im Bereich der Perlitumwandlung innerhalb von 2 bis 4 Minuten auf ca. 400°C bis zur Beendigung der Perlitumwandlung abgesenkt wird, - wonach der Schienenkopf erneut auf 600 bis 650°C für einen Zeitraum von 4 bis 6 Minuten erwärmt und sodann mittels Wasser oder anderer geeigneter Abschreckmedien schnell auf eine Temperatur unter 100°C abgekühlt wird.

/...

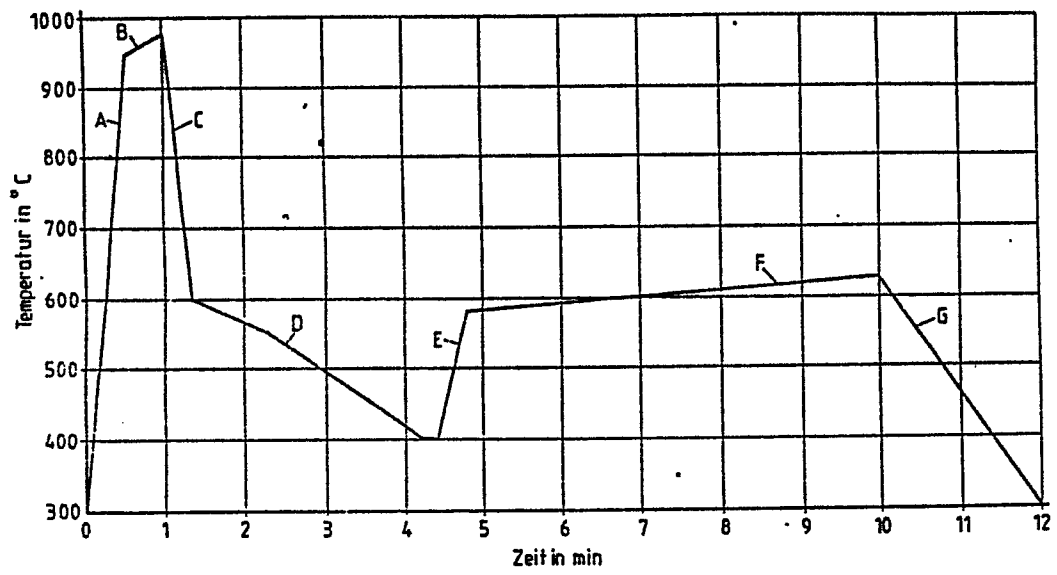


Fig.1

Krupp Stahl AG
Alleestraße 165
4630 Bochum 1

Butzbacher Weichenbau GmbH
Wetzlarer Straße 101
6308 Butzbach

1

5

Verfahren zur Wärmebehandlung perlitischer Schienenstähle

10

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Wärmebehandlung perlitischer Schienenstähle gemäß dem Oberbegriff des Hauptanspruchs.

15

20

25

30

Verfahren zur Wärmebehandlung von Schienenstählen, bei denen die gesamte Schiene oder nur der Schienenkopf auf Austenitisierungstemperatur erwärmt und anschließend derartig beschleunigt abgekühlt werden, daß durch Umwandlung in der unteren Perlitstufe sich ein feinlamellares perlitisches Gefüge einstellt, sind aus der Druckschrift DE-Z "Stahl und Eisen", 1970, Nr. 17, Seite 926 ff., bekannt. Ziel derartiger Wärmebehandlungsverfahren ist es, insbesondere bei Schienen mit Richtanalysen gemäß der Güte 90 A nach UIC-Merkblatt 860-V bzw. gemäß der Standardgüte nach AREA (0,60 bis 0,75 % Kohlenstoff, 0,80 bis 1,30 % Mangan, max. 0,50 % Silizium) an der Fahrfläche der Schiene bis zu einer Tiefe von mindestens 10 mm ein feinperlitisches Gefüge einzustellen, wobei sich durch dieses feinperlitische Gefüge ein erhöhter Widerstand gegen Verschleiß und eine vier- bis sechsfach höhere Lebensdauer gegenüber nichtwärmebehandelten Schienen ergibt.

Bei diesen Verfahren beträgt die übliche Austenitisie-

- 1 rungstemperatur 850 bis 900°C. Die Erwärmung erfolgt in
einem Ofen, induktiv oder durch Brenner. Die beschleunigte
Abkühlung wird durch Abschrecken in Öl oder Anblasen mit
Wasserdampf, einem Wassersprühnebel oder Preßluft erreicht.

- Die bei diesen Verfahren erzielten Härtewerte liegen zwischen
320 und 380 HV an der Fahrfläche. Zur Schienenkopfmittle
hin fällt die Härte je nach Wärmebehandlungsverfahren
allmählich oder mit steilem Übergang auf 280 bis 300 HV ab.

- Derartig wärmebehandelte Schienen werden eingesetzt in
Strecken mit hohem Verkehrsaufkommen, engen Kurvenradien
und/oder bei Achslasten über 200 kN sowie in Weichen.

- Für besonders extreme Belastungen reichen jedoch die Festigkeits-
und Verschleißseigenschaften der o.a. wärmebehandelten Schienen
nicht aus. Eine Festigkeitssteigerung unter Beibehaltung des
angestrebten, für die Verschleißseigenschaften günstigen
feinperlitisches Gefüges durch Zusatz von festigkeitssteigernden
Legierungselementen wie Chrom, Mangan, Nickel und Molybdän ist
nicht möglich, da bei der beschriebenen Wärmebehandlung bei
Zugabe dieser Legierungselemente anstelle einer Umwandlung in
die untere Perlitstufe die Umwandlung z.T. in die Bainit- und
Martensitstufe erfolgt und somit Gefüge entstehen, die sich
ungünstig auf die Verschleißseigenschaften und die Bruchsicherheit
auswirken.

- 30 Zwar sind aus der Literaturstelle DE-Z Technische Mitteilungen
Krupp, Werksberichte, Bd. 37 (1979), H. 3, Seiten 79 - 87 und
89 - 94 hochfeste perlitisches Schienenstähle bekannt, die bei
einem feinkörnigen Gefüge mit geringem Lamellenabstand und
geringer Dicke der Zementit- und Ferritlamellen nach Zusatz von
max. 1,4 % Chrom und max.

- 1 2 % Nickel, bezogen auf einen Stahl mit ca. 0,75 % Kohlenstoff und ca. 1 % Mangan Zugfestigkeiten bis 1350 N/mm² im naturharten - luftabgekühlten - Zustand aufweisen. Eine Steigerung dieser Festigkeit durch eine
- 5 Wärmebehandlung, z.B. beschleunigte Abkühlung in das Gebiet der unteren Perlitstufe, führt jedoch zu den oben-erwähnten unerwünschten Anteilen an Bainit und Martensit im Gefüge.
- 10 Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, Verfahren zur Wärmebehandlung von Schienenstählen der eingangs genannten Art so weiterzuentwickeln, daß unter Beibehaltung des feinlamellaren perlitischen Gefüges an der Schienenfahrfläche Härtewerte von ≥ 380 HV erreicht werden,
- 15 wobei die Härte auch noch in einer Tiefe von 15 mm unter der Fahrfläche oberhalb 360 HV liegen soll.

Gelöst wird diese Aufgabe dadurch, daß Schienenstähle mit der im Hauptanspruch angegebenen Analyse wärmebehandelt

20 werden, wobei die Wärmebehandlung selbst bestimmten Austenitisierungs- und Abkühlbedingungen, wie im Kennzeichen des Hauptanspruches niedergelegt, folgt.

Durch den erfindungsgemäß vorgesehenen Zusatz von Vanadium in der Größenordnung von 0,05 bis 0,20 % in Verbindung mit dem vorgesehenen Stickstoffgehalt von 0,010 bis 0,025 % wird insbesondere erreicht, daß nach Abschluß der Wärmebehandlung in den Ferritlamellen des feinstreifigen Perlits feindisperse Ausscheidungen von Vanadiumnitriden

25 bzw. Vanadiumcarbonitriden vorliegen.

Diese feindispersen Ausscheidungen bewirken eine Festigkeitssteigerung (Ausscheidungshärtung), die sich der Phasengrenzenhärtung durch Einstellung eines geringen Lamellenabstandes überlagert. Die Härte der erfindungsgemäß

30 wärmebehandelten Schienen wird dadurch gegenüber einem Vanadium-freien Stahl erhöht.

1 Entscheidend für den erfindungsgemäßen Erfolg ist bei den
Verfahrensschritten insbesondere die Kombination der ge-
genüber dem Stand der Technik erhöhten Austenitisierungs-
temperatur von 950 bis 1050°C in Verbindung mit dem er-
5 neuen Erwärmen des Schienenkopfes auf 600 bis 650°C nach
Beendigung der Perlitumwandlung. Das erneute Erwärmen des
Schienenkopfes führt zu einer vollständigen Ausscheidung
feinster Vanadiumcarbonitridteilchen aus der übersättigten
Lösung, in der sich Vanadium, Stickstoff und Kohlenstoff
10 nach Austenitisieren auf 950 bis 1050°C befinden. Bei der
beschleunigten Abkühlung auf Temperaturen von etwa 400°C
kann die Ausscheidung der Vanadiumcarbonitridteilchen nur
unvollständig ablaufen; deshalb wird dabei die gewünsch-
te Festigkeitssteigerung nur teilweise eintreten.

15

Sind die Vanadiumcarbide bzw. Vanadiumcarbonitride fein-
dispers ausgeschieden, wird anschließend der Schienen-
kopf mittels Wasser oder anderer geeigneter Abschreck-
medien schnell auf eine Temperatur unter 100°C abgekühlt.

20

Die Wiedererwärmung des Schienenkopfes auf 600 bis 650°C
bewirkt somit eine vollständige Aushärtung durch Ausschei-
dung feinster Vanadiumcarbide bzw. Vanadiumcarbonitride.
Die vorherige Abkühlung des Schienenkopfes auf ca. 400°C
25 stellt sicher, daß die Umwandlung in der Perlitstufe ab-
geschlossen ist und daß die nachfolgende Aushärtung mit
einer hohen Keimdichte ablaufen kann.

Der erfindungsgemäß vorgesehene Zusatz von Niob in der
30 Größenordnung von 0,02 bis 0,10 % bewirkt kaum eine zu-
sätzliche Ausscheidungshärtung. Er ist dazu bestimmt,
während der austenitisierenden Erwärmung das Kornwachs-
tum in Verbindung mit den vorgesehenen Aluminiumzusätzen
von 0,010 bis 0,070 % zu verhindern.

35

- 1 Die Merkmale der Unteransprüche stellen vorteilhafte Aus-
gestaltungen der Erfindung dar.

5 So empfiehlt es sich, gemäß Anspruch 2 eine in den einzel-
nen Elementen eingeschränkte Stahlanalyse zu verwenden.
Zur beschleunigten Abkühlung können gemäß Anspruch 3 der
Preßluft, insbesondere in der ersten Abkühlstufe, weitere
flüssige Medien, wie Wasser oder Wasserdampf beigemischt
werden,

10

Eine wirtschaftliche Verfahrensvariante stellen die Merk-
male des Anspruches 5 dar, nach dem die Schienen aus der
Warmverformungshitze heraus bei Walzendtemperaturen von
950 bis 1000°C behandelt werden. Bei dieser Verfahrens-
15 variante entfällt das Erwärmen der erkalteten Schiene auf
die Austenitisierungstemperatur, wodurch Energiekosten
eingespart werden. Bei dieser Verfahrensabwandlung wird
zunächst der Schienenkopf durch Anblasen mit Preßluft auf
feinlamellares perlitisches Gefüge gebracht, worauf nach
20 Beendigung der Perlitumwandlung bei 400°C der Schienenkopf
erneut auf 600 bis 650°C erwärmt und anschließend die ge-
samte Schiene (Kopf, Steg und Fuß) mittels Wasser oder
anderer geeigneter Abschreckmedien auf eine Temperatur
unter 100°C schnell abgekühlt wird.

25

Im folgenden wird das erfindungsgemäße Verfahren durch
zwei grafische Darstellungen näher erläutert.

Es zeigen

30

Fig. 1 den Temperatur-Zeit-Ablauf des Wärmebe-
handlungsverfahrens für einen Stahl mit
definierter Analyse,

35

1 Fig. 2 den Härteverlauf erfindungsgemäß wärme-
 behandelter Schienen im Schienenkopf in
 bestimmten Abständen von der Lauffläche.

5 In Fig. 1 sind die bei Durchführung des erfindungsgemäßen
Verfahrens einzustellenden Temperaturen in °C während be-
stimmter Verfahrensschritte A bis G in Abhängigkeit von
der Zeit in Minuten für einen Schienenstahl mit einer
chemischen Zusammensetzung von
10 0,75 % C, 0,46 % Si, 1,05 % Mn, 0,10 % V, 0,04 % Nb,
 0,020 % Al, 0,015 % N, Rest Eisen und übliche Verunreini-
 gungen
 aufgetragen.

15 Es bedeuten

Verfahrensschritte

- A - Erwärmen auf Austenitisierungstemperatur
20 B - Halten bei Austenitisierungstemperatur
 C - Schnelle Abkühlung bis zum Beginn der Perlitum-
 wandlung
 D - Gedrosselte Abkühlung auf rd. 400°C
 E - Wiedererwärmen auf rd. 600°C
25 F - Halten bei etwa 600°C
 G - Abkühlung auf etwa 100°C.

 In Fig. 2 ist die Härte HV im Schienenkopf in Abhängigkeit
des Abstandes in mm von der Schienenlauffläche aufgetra-
30 gen, und zwar in Form eines Streubandes für erfindungsge-
 mäß wärmebehandelte Schienen mit folgender Richtanalyse:

 0,73 bis 0,80 % C, 0,40 bis 0,50 % Si, 0,90 bis 1,20 % Mn,
 0,09 bis 0,12 % V, 0,03 bis 0,05 % Nb, 0,015 bis
35 0,040 % Al, 0,012 bis 0,018 % N, Rest Eisen.

1 Der untere Bereich des Streubandes gilt für

0,73 bis 0,75 % C, 0,40 bis 0,43 % Si, 0,90 bis 0,95 % Mn,
0,09 bis 0,10 % V, 0,03 bis 0,05 % Nb, 0,015 bis

5 0,040 % Al, 0,012 bis 0,014 % N.

Der obere Bereich des Streubandes gilt für

0,78 bis 0,80 % C, 0,47 bis 0,50 % Si, 1,15 bis 1,20 % Mn,
10 0,11 bis 0,12 % V, 0,03 bis 0,05 % Nb, 0,015 bis
0,040 % Al, 0,016 bis 0,018 % N.

Durch die neben der Härteskala gezeichnete Zugfestigkeits-
skala ist die Umrechnung der Härte HV (Härtewerte nach
15 Vickers) in Festigkeitswerte N/mm² (N = Newton) gegeben.

Innerhalb der o.a. Richtanalyse werden bei Durchführung
des erfindungsgemäßen Wärmebehandlungsverfahrens an der
Schienenfahrfläche Härtewerte von 400 bis 445 HV ent-
20 sprechend einer Festigkeit von 1350 bis 1500 N/mm² er-
reicht.

In einer Tiefe von 15 mm unter der Schienenlaufläche
(= Fahrfläche) liegen die Härtewerte in einem Bereich
25 von 380 bis 425 HV weit oberhalb der geforderten Werte
von 360 HV.

Der Härteverlauf der nach Fig. 1 wärmebehandelten Schiene
mit der dort vorgegebenen chemischen Zusammensetzung
30 trifft ungefähr die Mittelwerte des Streubandes nach
Fig. 2.

COHAUSZ & FLORACK

PATENTANWALTSBÜRO

SCHUMANNSTR. 97 D-4000 DÜSSELDORF I

Telefon: (0211) 683346

Telex: 08586513 cop d

PATENTANWÄLTE:

Dipl.-Ing. W. COHAUSZ · Dipl.-Ing. R. KNAUF · Dipl.-Ing. H. B. COHAUSZ · Dipl.-Ing. D. H. WERNER

- 8 -

1 Patentansprüche:

1. Verfahren zur Wärmebehandlung perlitischer Schienenstähle, bei dem zur Erhöhung der Festigkeit und der Verschleißbeständigkeit zumindest der Kopf der Schienen auf Austenitisierungstemperatur erwärmt und anschließend derart beschleunigt abgekühlt wird, daß durch Umwandlung in der unteren Perlitstufe sich ein feinlamellares perlitisches Gefüge einstellt,
 10 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
 daß Stähle mit

0,55 bis 0,82 % Kohlenstoff
 0,25 bis 0,50 % Silizium
 15 0,80 bis 1,30 % Mangan
 $\leq$ 0,035 % Phosphor
 $\leq$ 0,040 % Schwefel
 $\leq$ 0,30 % Chrom
 $\leq$ 0,10 % Nickel
 20 $\leq$ 0,05 % Molybdän
 0,05 bis 0,20 % Vanadium
 0,02 bis 0,10 % Niob
 0,010 bis 0,025 % Stickstoff
 0,010 bis 0,070 % Aluminium
 25 Rest Eisen und übliche erschmelzungsbedingte Verunreinigungen,

eingesetzt werden,

30 84/420
 W/Ka

- 1 - wobei der Schienenkopf im Durchlauf in hinreichender Tiefe bis zu 50 mm mittels Brenner oder induktiv auf eine Austenitisierungstemperatur von 950 bis 1050°C erhitzt und
- 5 - anschließend mit Preßluft derart abgekühlt wird, daß in einer ersten Stufe durch Anblasen mit hoher Luftmenge die Temperatur des Schienenkopfes innerhalb von 10 bis 20 Sekunden auf 650 bis 600°C vor den Bereich der Perlitumwandlung und in einer zweiten Stufe mit
- 10 gegenüber der ersten Stufe gedrosseltem Anblasen im Bereich der Perlitumwandlung innerhalb von 2 bis 4 Minuten auf ca. 400°C bis zur Beendigung der Perlitumwandlung abgesenkt wird,
- wonach der Schienenkopf erneut auf 600 bis 650°C für
- 15 einen Zeitraum von 4 bis 6 Minuten erwärmt und sodann mittels Wasser oder anderer geeigneter Abschreckmedien schnell auf eine Temperatur unter 100°C abgekühlt wird.

- 20 2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
daß Stähle mit einer Analyse von

- | | |
|----|------------------------------|
| | 0,70 bis 0,80 % Kohlenstoff |
| 25 | 0,40 bis 0,50 % Silizium |
| | 0,90 bis 1,20 % Mangan |
| | ≤ 0,035 % Phosphor |
| | ≤ 0,040 % Schwefel |
| | ≤ 0,30 % Chrom |
| 30 | ≤ 0,10 % Nickel |
| | ≤ 0,02 % Molybdän |
| | 0,08 bis 0,12 % Vanadium |
| | 0,02 bis 0,05 % Niob |
| | 0,012 bis 0,018 % Stickstoff |
| 35 | 0,010 bis 0,050 % Aluminium |

1 Rest Eisen und übliche Verunreinigungen

wärmebehandelt werden.

5 3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 und 2,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
daß der Preßluft, insbesondere in der ersten Abkühl-
stufe, flüssige Medien, wie Wasser oder Wasserdampf,
beigemischt werden.

10

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
daß die Austenitisierungstemperatur 950 bis 1000°C
beträgt.

15

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
daß die Schienen aus der Warmverformungshitze heraus
bei Walzendtemperaturen von 950 bis 1000°C behandelt
20 werden, wobei zunächst der Schienenkopf durch Anbla-
sen mit Preßluft ein feinlamellares perlitisches Ge-
füge erhält, nach Beendigung der Perlitumwandlung bei
400°C der Schienenkopf erneut auf 600 bis 650°C er-
wärmt und anschließend die gesamte Schiene (Kopf, Steg
25 und Fuß) mittels Wasser oder anderer geeigneter Ab-
schreckmedien schnell auf eine Temperatur unter 100°C
abgekühlt wird.

30

35

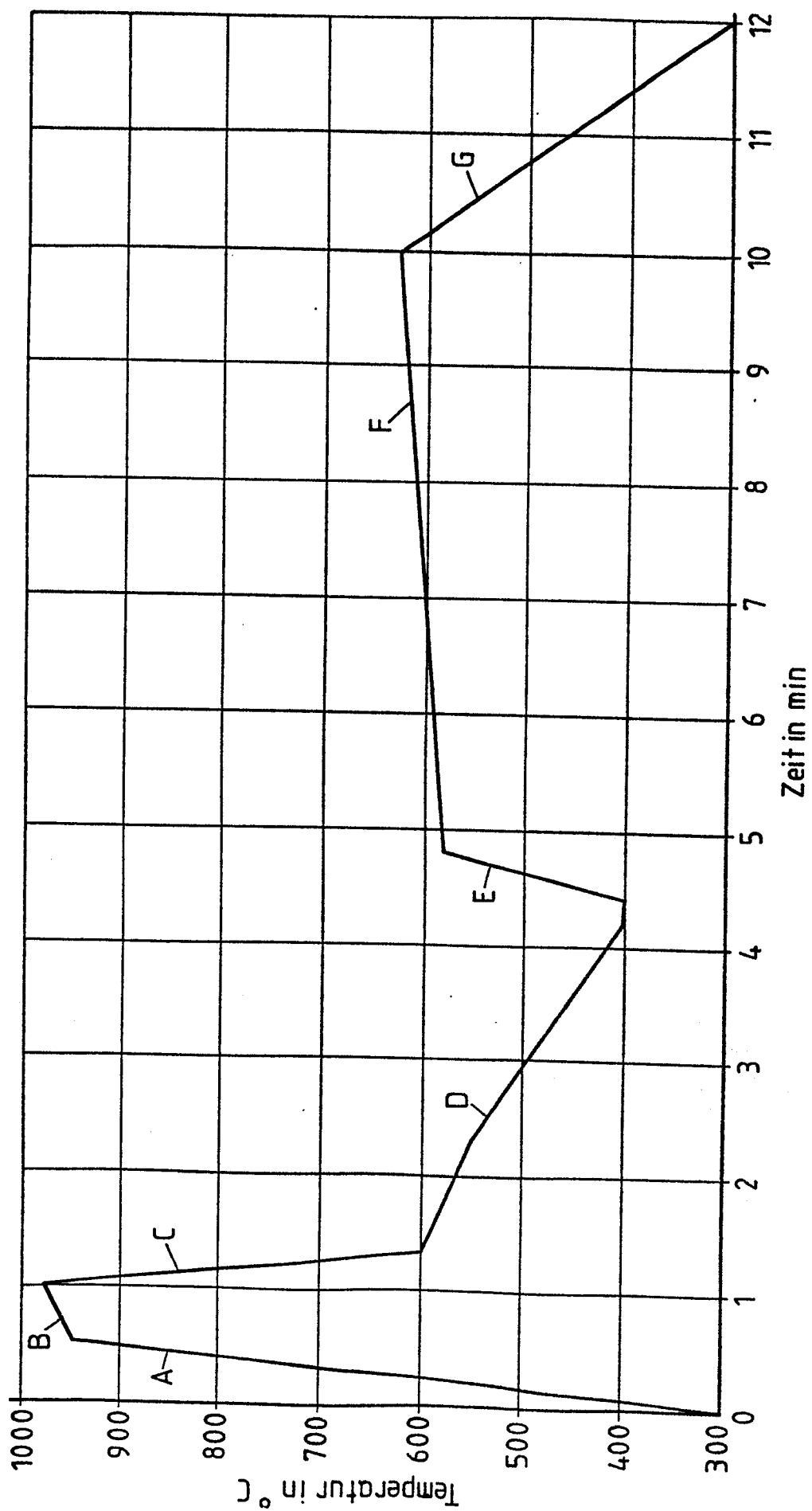


Fig. 1

0187904

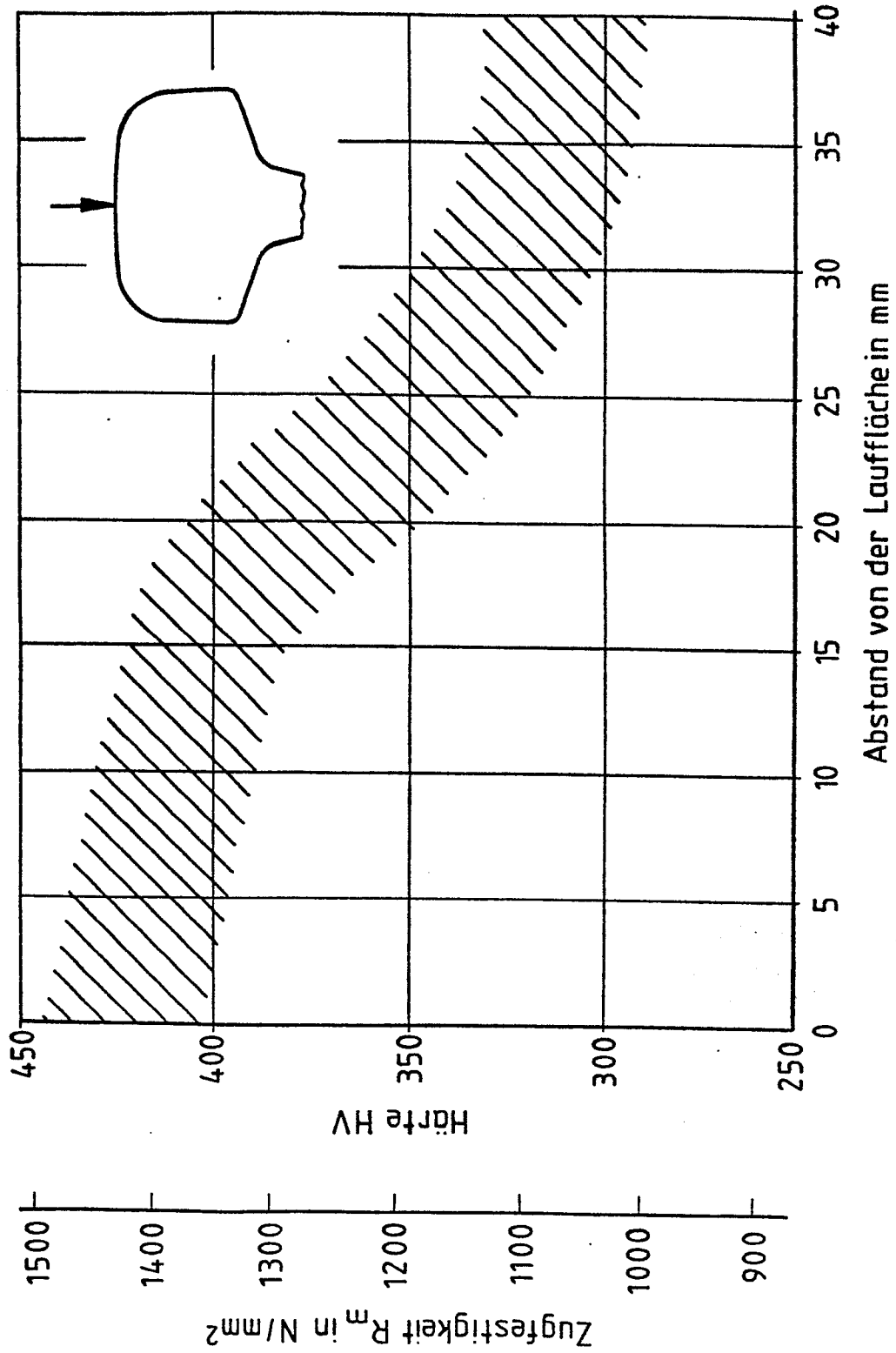


Fig.2