



EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

 Anmeldenummer: 89730129.7

 Int. Cl. 4: **C 21 D 8/02**
C 21 D 9/00

 Anmeldetag: 25.05.89

 Priorität: 01.06.88 DE 3818879

 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
 06.12.89 Patentblatt 89/49

 Benannte Vertragsstaaten: AT DE FR GB IT

 Anmelder: **MANNESMANN Aktiengesellschaft**
Mannesmannufer 2
D-4000 Düsseldorf 1 (DE)

 Erfinder: **von Hagen, Ingo, Dr.-Ing.**
Schumannstrasse 1
D-4150 Krefeld 1 (DE)

Hillenbrand, Hans-Georg, Dr.-Ing.
Auf der Krone 2
D-4000 Düsseldorf 21 (DE)

Prasser, Christoph, Dr.-Ing.
Bredeneyer Strasse 32
D-4300 Essen 1 (DE)

 Vertreter: **Meissner, Peter E., Dipl.-Ing. et al**
Meissner & Meissner Patentanwälte Herbertstrasse 22
D-1000 Berlin 33 Grunewald (DE)

 Verfahren zur Herstellung von Grobblechen.

 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von Grobblechen aus einem Stahl bestimmter Zusammensetzung und einem Walzprozeß, wobei zur Erreichung verbesserter Werkstoffeigenschaften eine Bramme mit einer Dicke von max. 100 mm erzeugt wird, die zunächst unter A_{r1} abgekühlt und anschließend bis oberhalb A_{c1} erwärmt wird.

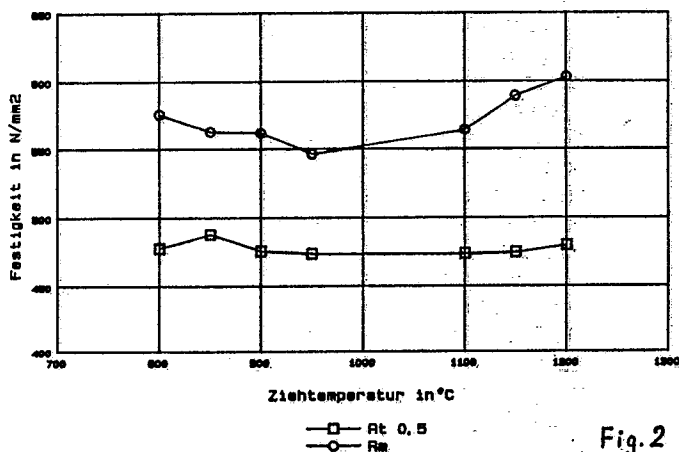


Fig. 2

Beschreibung

Verfahren zur Herstellung von Grobblechen hoher Festigkeit und guter Kerbschlagzähigkeit bei sehr tiefen Temperaturen

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von Grobblechen gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Es sind zahlreiche Verfahren zur Herstellung von Blechen höherer Gütestufen (X 52 und höher) bekannt, die ein thermomechanisches Walzen von Stranggußbrammen aus mikrolegiertem Stahl vorsehen. Diese Brammen haben in der Regel eine Dicke von mindestens 200 mm und werden für das Vorwalzen auf ca. 1.100 bis 1.200°C erwärmt. Das Vorwalzen wird bei Temperaturen oberhalb 1.000°C beendet. Das austenitische Gefüge kann daher durch Rekristallisation verfeinert werden. Die zweite Walzphase erfolgt gewöhnlich bei Temperaturen von 850 bis 780°C d.h. im Temperaturbereich des nicht mehr rekristallisierenden Austenits. Die Körner werden dabei gestreckt; die Korngrenzenflächen sind vergrößert und bieten mehr Platz zur Keimbildung bei weiteren Temperaturabfall. Beim dreistufigen thermomechanischen Walzen schließt sich noch eine Endwalzphase im Temperaturbereich zwischen etwa 740 und 680°C an. Als weitere Ergänzung des Verfahrens ist es bekannt, nach der zweiten oder ggf. nach der dritten Walzphase ein beschleunigtes Abkühlen bis auf Temperaturen von etwa 500°C anzuschließen. Derartig erzeugte Grobbleche weisen üblicherweise eine Streckgrenze $R_{0,5}$ zwischen 300 und 600 N/mm² und eine Zugfestigkeit R_m zwischen 400 und 800 N/mm² auf.

Ein gattungsgemäßes Verfahren ist aus der DE-PS 34 37 637 entnehmbar. Es sieht die Erzeugung von Grobblechen aus einem mikrolegierten Stahl vor, der 0,05 bis 0,20 % C, max. 0,60 % Si, 0,5 bis 2,0 % Mn, max. 0,025 % P, max. 0,015 % S, 0,02 bis 0,08 % Al, 0,001 bis 0,015 % N sowie einzeln oder zu mehreren 0,01 bis 0,60 % Cu, 0,01 bis 0,80 % Ni, 0,01 bis 0,80 % Mo, 0,01 bis 0,05 % Nb, 0,01 bis 0,10 % V, 0,005 bis 0,025 % Ti, Rest Eisen und übliche Verunreinigungen enthält. Dabei wird von Stahlbrammen ausgegangen, die durch Stranggießen hergestellt wurden und zum Vorwalzen auf 950 bis 1.200°C erwärmt werden. Das Vorwalzen wird mit einem Gesamtverformungsgrad von mindestens 40 % bei einer Temperatur oberhalb 900°C durchgeführt. Danach erfolgt das Fertigwalzen als thermomechanisches Walzen bei Temperaturen unterhalb 900°C bis oberhalb $A_{r3} + 20^\circ\text{C}$ mit einem Gesamtverformungsgrad von mindestens 60% und mehr als 5 % Verformung im letzten Walzstich. Die Bleche werden spätestens 30 Sekunden nach dem letzten Walzstich mit einer Abkühlgeschwindigkeit von 5 bis 25 K/s bis auf eine Temperatur oberhalb der Martensittemperatur und anschließend an Luft bis auf Raumtemperatur abgekühlt. Die so hergestellten Bleche zeichnen sich durch gute Schweißbarkeit und eine hohe Streckgrenze aus.

Nachteilig bei diesem und anderen bekannten Verfahren ist es, daß aufgrund der sehr großen Brammendicke zur Erzielung der gewünschten Grobblechdicke hohe Gesamtverformungsgrade verwirklicht werden müssen. Die führt in Verbindung mit der für den hohen Verformungsgrad erforderlichen hohen Vorwärmtemperatur der Brammen zu einem erheblichen Energiebedarf. Darüber hinaus sind im Hinblick auf die technologischen Eigenschaften der Bleche, insbesondere hinsichtlich der übergangstemperatur der Kerbschlagarbeit (ein Maß hierfür ist die Prüftemperatur T_{CV100}) und hinsichtlich der übergangstemperatur des DWT-Tests FATT für 85 % Scherbruchanteil gemäß API-RP 5L3 hohe Vorwärmtemperaturen ungünstig, weil dadurch das Kornwachstum des Austenits gefördert wird. Aus diesen Gründen können die nach dem Stand der Technik hergestellten Grobbleche in bestimmten Fällen, bei denen gleichzeitig eine hohe Festigkeit und eine gut Kerbschlagzähigkeit bei sehr tiefen Temperaturen gefordert werden, nicht befriedigen.

Aufgabe der Erfindung ist es daher, ein Verfahren der gattungsgemäßen Art vorzuschlagen, mit dem Grobbleche hoher Festigkeit (mindestens entsprechend X 52) mit gleichzeitig sehr guten Zähigkeits- und DWT-Eigenschaften herstellbar sind und bei dem der erforderliche Energieaufwand möglichst gering sein soll.

Gelöst wird diese Aufgabe erfindungsgemäß durch die kennzeichnenden Merkmale des Patentanspruchs 1; vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen 2 bis 6 angegeben.

Wesentliches Merkmal der Erfindung ist es, als Ausgangsmaterial sogenannte Dünnbrammen, d.h. möglichst breite Brammen mit einer Dicke von etwa 40 bis max. 100 mm einzusetzen, die in einem kontinuierlichen Gießverfahren (z.B. Dünnbrammen-Stranggießen oder Gießwalzen) hergestellt wurden. Die Erzeugung dünner Brammen bereits im Gießprozeß bringt den großen technologischen Vorteil mit sich, daß die Erstarrung der dünnen Brammen wegen der großen spezifischen Oberfläche sehr schnell erfolgen kann, so daß sich ein vergleichsweise feines Gußgefüge ergibt. Um eine Umwandlung des austenitischen Gefüges zu erreichen, müssen die Brammen nach dem Gießen und vor dem Einsatz in den Ziehofen der Walzstraße bis unterhalb A_{r1} , möglichst bis mindestens 200 K unter A_{r1} abgekühlt werden. Da der für das herzustellende Grobblech erforderliche Gesamtverformungsgrad wegen der geringeren Brammendicke verringert wird, kann die Vorwärmtemperatur im Vergleich zu normalen Brammen entsprechend niedriger gehalten werden. Dabei wird nicht nur Energie eingespart, sondern auch ein stärkeres Austenitkornwachstum vermieden; die guten Gefügeeigenschaften der Dünnbrammen bleiben erhalten. Je nach Ausgangsdicke der Dünnbrammen kann auf eine Vorwalzphase, die ohnehin bei niedrigeren Temperaturen stattfinden kann (z.B. 850 bis 950°C), sogar völlig verzichtet werden.

Im übrigen ist die Zahl der erforderlichen Walzstiche auf jeden Fall geringer, so daß die Walzleistung (t/d) der eingesetzten Walzstraße erheblich gesteigert wird.

Um möglichst optimale Eigenschaften zu erreichen, sollte die Wiedererwärmung der zu walzenden

Dünnbramme möglichst bis auf Temperaturen oberhalb Ac_3 , jedoch maximal bis auf 1.050°C erfolgen. Der Haltepunkt Ac_1 muß bei der Erwärmung auf jeden Fall überschritten werden. Das Walzen selbst kann erfindungsgemäß in bekannter Weise in drei Stufen oder auch unter Verzicht auf die Vorwalzstufe in zwei Stufen durchgeführt werden. Vorteilhafterweise wird die Ausgangsdicke der Dünnbramme in Abhängigkeit von der Blechenddicke so gewählt, daß der Umformgrad mindestens etwa 3 - 4 beträgt, damit die Kernzone der Bramme ausreichend verdichtet wird. Je nach angestrebter Gütestufe kann zur Steigerung der Zähigkeitseigenschaften nach dem Fertigwalzen ein beschleunigtes Abkühlen angeschlossen werden. Die Abkühlgeschwindigkeiten liegen zweckmäßig im Bereich 5 bis 35 K/s. Bei Erreichen von etwa 550°C kann das weitere Abkühlen ohne weiteres an Luft erfolgen.

Im Ergebnis liefert das erfindungsgemäße Verfahren Grobbleche mit guten Festigkeitswerten und gleichzeitig gegenüber dem Stand der Technik deutlich verbesserten Zähigkeitseigenschaften bei tiefen Temperaturen.

Anhand der in Figur 1 bis Figur 5 graphisch dargestellten Ergebnisse exemplarischer Untersuchungen an Proben erfindungsgemäßer Stähle wird die Erfindung nachfolgend näher erläutert. Es zeigen:

Figur 1 Festigkeitskennwerte von 3-stufig gewalzten Blechen in Abhängigkeit von der Ziehtemperatur,

Figur 2 Festigkeitskennwerte von 2-stufig gewalzten Blechen mit beschleunigter Endabkühlung in Abhängigkeit von der Ziehtemperatur,

Figur 3 Übergangstemperatur T_{CV100} von 3-stufig gewalzten bzw. 2-stufig gewalzten und beschleunigt abgekühlten Blechen in Abhängigkeit von der Ziehtemperatur,

Figur 4 Übergangstemperatur 85 % FATT (DWTT) von 3-stufig gewalzten bzw. 2-stufig gewalzten und beschleunigt abgekühlten Blechen in Abhängigkeit von der Ziehtemperatur,

Figur 5 Vergleich der Eigenschaften von 15mm-dicken Blechen unterschiedlicher Herstellung.

Es wurden Bleche untersucht, die aus einem als Dünnbramme mit 66 mm Dicke erzeugten Vormaterial folgender Zusammensetzung gewalzt wurden:

C	0,088	%
Si	0,25	%
Mn	1,4	%
Nb	0,027	%
Al	0,027	%
S	0,0015	%
N	0,0085	%

Das Walzen erfolgte in Form eines 3-stufigen TM-Walzens mit einem Endumformgrad von etwa 4,5 auf eine Blechenddicke von 15 mm. Bei den Versuchswalzungen wurden, wie aus Figur 1 hervorgeht, die Ziehtemperaturen, d.h. die Wiedererwärmungstemperaturen der eingesetzten Dünnbrammen im Ofen zwischen 800°C und 1200°C variiert. Bei Werten um 580 N/mm^2 für die Zugfestigkeit R_m betrugen die Unterschiede weniger als 20 N/mm^2 . Hinsichtlich der Streckgrenze $R_{t0,5}$ ergaben sich Werte um 530 N/mm^2 mit leicht fallender Tendenz bei höherer Ziehtemperatur, wobei auch hier die Unterschiede noch innerhalb des normalen Streubereichs liegen.

Beim 2-stufigen TM-Walzen mit anschließender beschleunigter Abkühlung erbrachte, wie Figur 2 zeigt, die Untersuchung der Streckgrenze praktisch keine Abhängigkeit von der Ziehtemperatur. Die erreichten Werte liegen mit etwa 475 N/mm^2 jedoch unter den Werten in Figur 1. Die Zugfestigkeit R_m liegt gegenüber dem 3-stufigen Walzen bei Ziehtemperaturen bis 1100°C etwas niedriger und steigt bei höherer Temperatur auf etwa gleiche Werte an.

Aus Figur 3 ist der Verlauf der Übergangstemperatur T_{CV100} im Vergleich zwischen 3-stufig TM-gewalzten Proben und 2-stufig TM-gewalzten und zusätzlich beschleunigt abgekühlten Proben erkennbar. Dabei zeigt sich, daß bei Ziehtemperaturen über 850°C die 2-stufig gewalzten Proben insgesamt eine tiefere Übergangstemperatur aufweisen. Die Kurvenverläufe haben eine Becherform und weisen im Ziehtemperaturbereich $800 - 1050^\circ\text{C}$ besonders günstige Werte aus. Höhere Ziehtemperaturen führen zu ganz erheblichen Verschlechterungen.

In Figur 4 sind die an einer anderen Probenform ermittelten Übergangstemperaturen 85 % FATT in entsprechender Weise wie in Figur 3 dargestellt. Auch hierbei ergeben sich für die 2-stufig mit anschließender beschleunigter Endabkühlung gewalzten Proben mit Ausnahme des Ziehtemperaturbereichs über 1150°C günstigere Werte als für 3-stufig gewalzte Bleche (ohne beschleunigte Endabkühlung). Besonders gute Ergebnisse sind für Ziehtemperaturen von $850 - 950^\circ\text{C}$ zu erwarten.

Aus den Darstellungen in Figur 5 erkennt man, daß erst die erfindungsgemäße Kombination von Maßnahmen gemäß Patentanspruch 1, also insbesondere die Erzeugung einer Schmelze in den vorgegebenen Gehaltsgrenzen, das Abgießen dieser Schmelze in kontinuierlicher Form als Dünnbramme mit weniger als 100 mm Dicke und die begrenzte Erwärmung der Dünnbrammen vor dem TM-Walzen auf maximal 1050°C den mit der Erfindung angestrebten Erfolg hinsichtlich einer Verbesserung der Zähigkeits- und DWTT-Eigenschaften bei gleichzeitig hoher Festigkeit liefert. Um dies zu verdeutlichen, sind Proben an Blechen mit 15 mm Dicke vergleichend untersucht worden, wobei die Bleche auf drei verschiedenen Wegen erzeugt wurden:

1. Es wurden Bleche aus Normalbrammen von 200 mm Dicke mit einer Ziehtemperatur von 1150°C

entsprechend dem Stand der Technik nach einem Vorwalzen 3-stufig TM-gewalzt mit einem Endumformgrad von 4,5. Die Abkühlung erfolgte an Luft. Die Stahlanalyse mit folgenden Werten entsprach nahezu vollständig der vorstehend für die Dünnbrammen bereits angegebenen Analyse:

5	C	0,087	%
	Si	0,26	%
	Mn	1,4	%
	Nb	0,032	%
10	Al	0,028	%
	S	0,0014	%
	N	0,0063	%

15 2. Aus dem oben für die Dünnbrammen angegebenen Stahl wurden Dünnbrammen von 66 mm Dicke erzeugt und auf 1150 °C vorgewärmt. Anschließend wurden die Dünnbrammen 3-stufig TM-gewalzt bis auf die Enddicke von 15 mm, so daß das TM-Walzen wie unter 1. mit einem Endumformgrad von etwa 4,5 erfolgte. Es wurde ebenfalls an Luft abgekühlt.

20 3. Es wurden Bleche nach dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellt, indem mit Ausnahme der Ziehtemperatur, die auf 950°C beschränkt wurde, vollständig wie unter 2. verfahren wurde.

Die Zugfestigkeit R_m bei dem erfindungsgemäß hergestellten Blech (Probe 3) liegt mit 580 N/mm² etwas unter den für die aus der Normalbramme (Probe 1) bzw. aus der Dünnbramme mit überhöhter Ziehtemperatur (Probe 2) hergestellten Blech (615 bzw. 590 N/mm²). Die Differenzen belaufen sich auf 35 bzw. 10 N/mm² und liegen somit praktisch noch im Bereich der Größenordnung des normalen Streubereichs. Noch geringer sind die Unterschiede bei der Streckgrenze $R_{10,5}$, für die sich bei Probe 3 mit 520 N/mm² ein höherer Wert als bei Probe 2 (505 N/mm²) ergab und der Bestwert von Probe 1 (530 N/mm²) nahezu erreicht wurde. Deutliche Unterschiede jedoch sind bei den Kriterien für das Zähigkeitsverhalten festzustellen.

30 Hier liefert die erfindungsgemäß hergestellte Probe 3 noch bis zu -80°C einen Scherbruchanteil von 100 %, während dies bei den Proben 1 und 2 nur noch bis -40°C bzw. -20°C der Fall ist. Bei einer Prüftemperatur von -100°C beläuft sich der Scherbruchanteil von Probe 1 immer noch auf etwa 25 %. Dieses gegenüber Probe 1 und Probe 2 wesentlich bessere Verhalten zeigt sich auch bei der Auswertung der Kerbschlagarbeit. Hier liegt beispielsweise bei einer Prüftemperatur von -80°C der entsprechende Wert der Probe 3 bei 110 J und der Wert der Proben 1 und 2 dagegen bei nur noch 20 J.

35

Patentansprüche

40 1. Verfahren zur Herstellung von Grobblechen hoher Festigkeit und guter Kerschlagzähigkeit bei sehr tiefen Temperaturen durch Walzen von in einem kontinuierlichen Gießverfahren erzeugten Brammen aus einem mikrolegierten Al- oder Ti-beruhigten Stahl mit folgender Zusammensetzung:

	0,02	bis	0,20	%	Kohlenstoff
	0,1	bis	0,6	%	Silizium,
45	0,8	bis	2,1	%	Mangan,
		max.	2,0	%	Kupfer,
		max.	2,0	%	Chrom,
		max.	2,0	%	Molybdän,
		max.	2,0	%	Nickel,
50		max.	0,1	%	Niob,
		max.	0,12	%	Vanadium
		max.	0,1	%	Titan,
		max.	0,05	%	Aluminium,
		max.	0,006	%	Schwefel,
55		max.	0,025	%	Phosphor,
	Rest Eisen und übliche Verunreinigungen,				

60 wobei das Walzen ggf. nach einem Vorwalzen als thermomechanisches Walzen durchgeführt wird und das gewalzte Grobblech ggf. beschleunigt abgekühlt wird, dadurch gekennzeichnet, daß die Brammen mit einer Dicke von max. 100 mm gegossen, nach dem Gießen bis unter A_{r1} abgekühlt und für das thermomechanische Walzen bis oberhalb A_{c1} , aber auf max. 1.050 °C erwärmt werden.

65 2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Brammen mit einer Dicke von mindestens dem 3-bis 4-fachen des Endmaßes der Blechdicke

gegossen werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Brammen nach dem Gießen auf mindestens 200 K unter Ar_1 abgekühlt werden.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Brammen für das thermomechanische Walzen bis oberhalb AC_3 erwärmt werden.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Brammen für das thermomechanische Walzen auf 850 bis 950 °C erwärmt werden.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
dadurch gekennzeichnet,
daß die gewalzten Grobbleche mit einer Geschwindigkeit von 5 bis 35 K/s bis unter 550 °C abgekühlt
werden.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

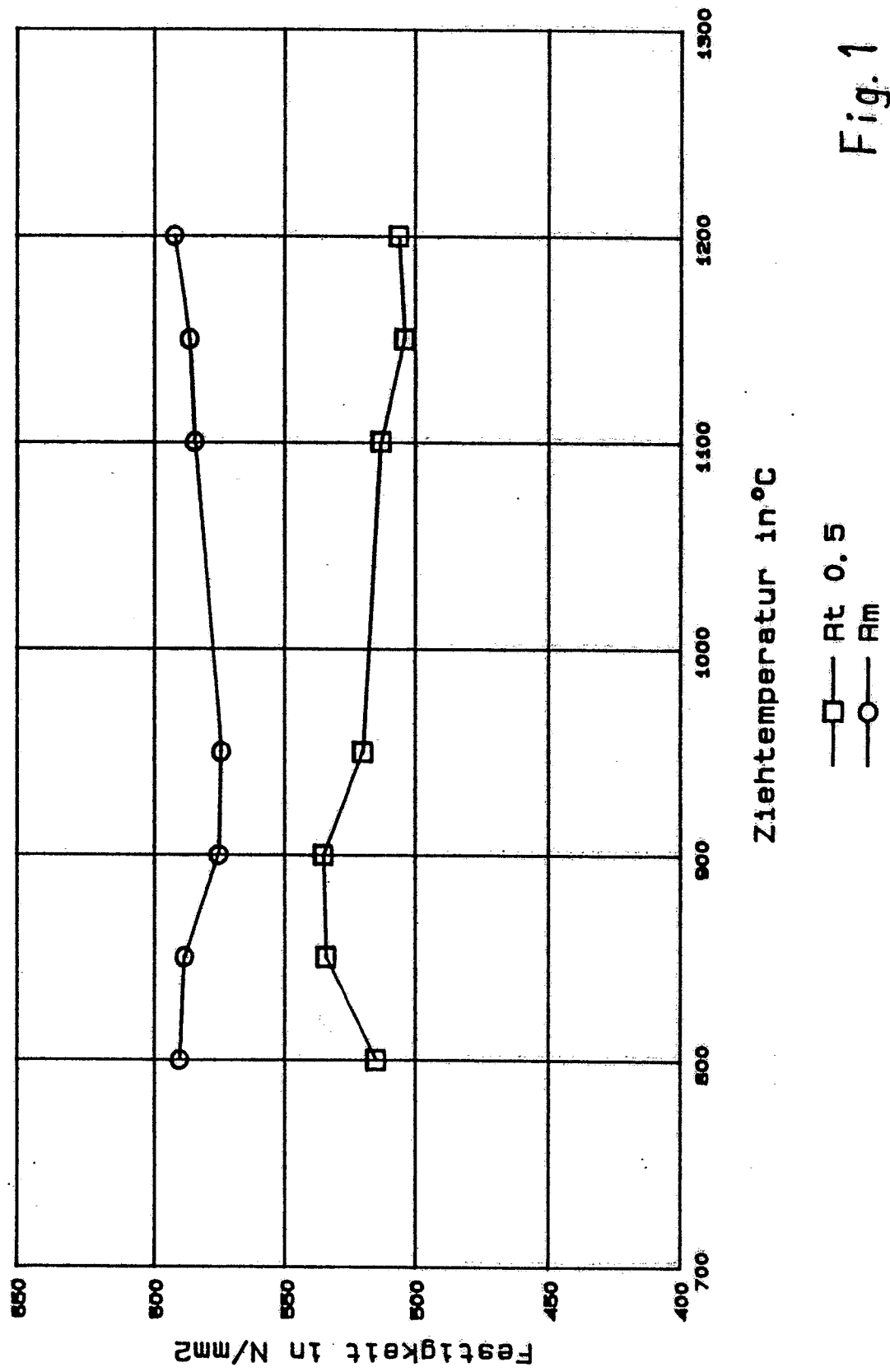


Fig. 1

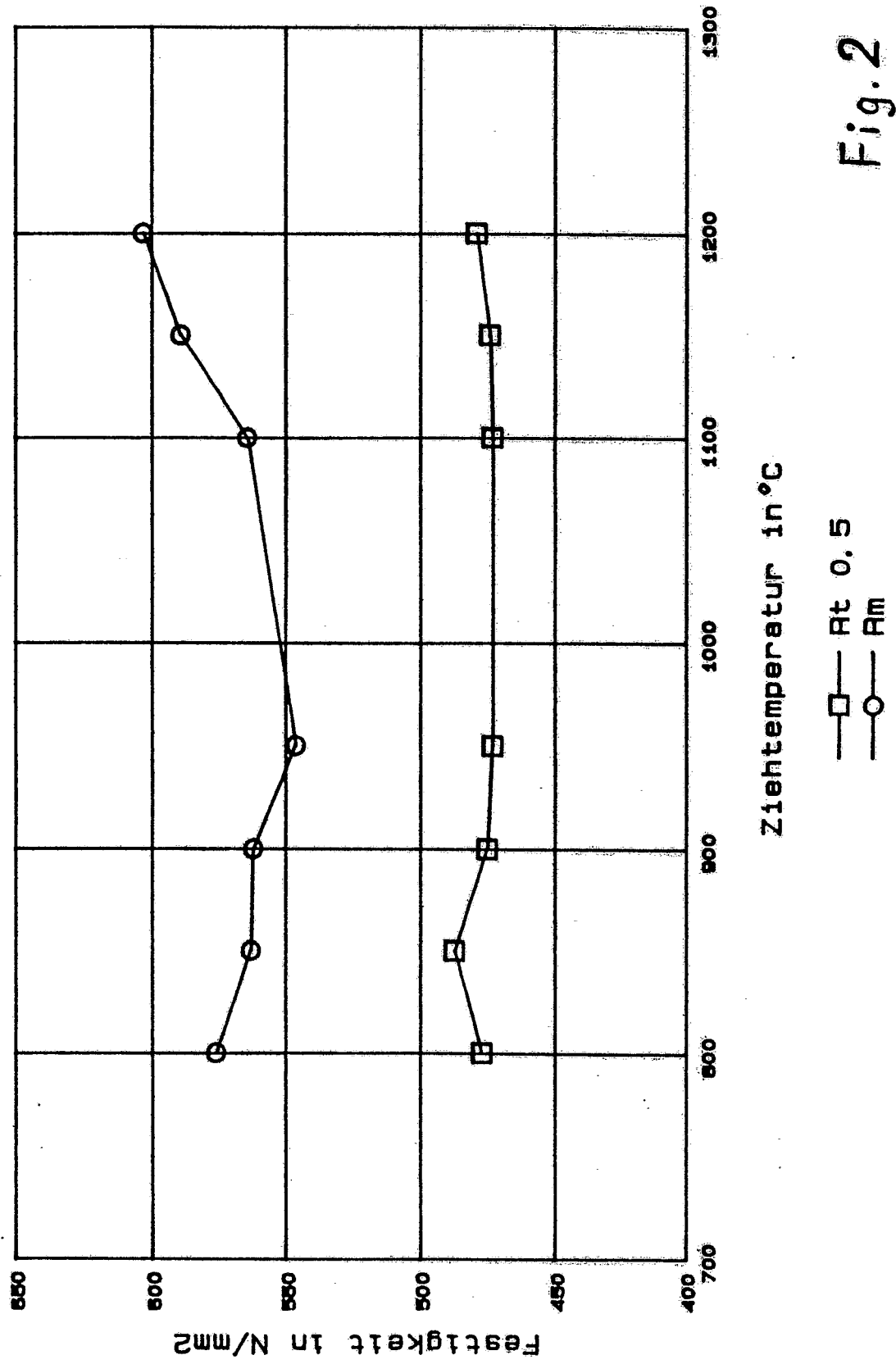


Fig. 2

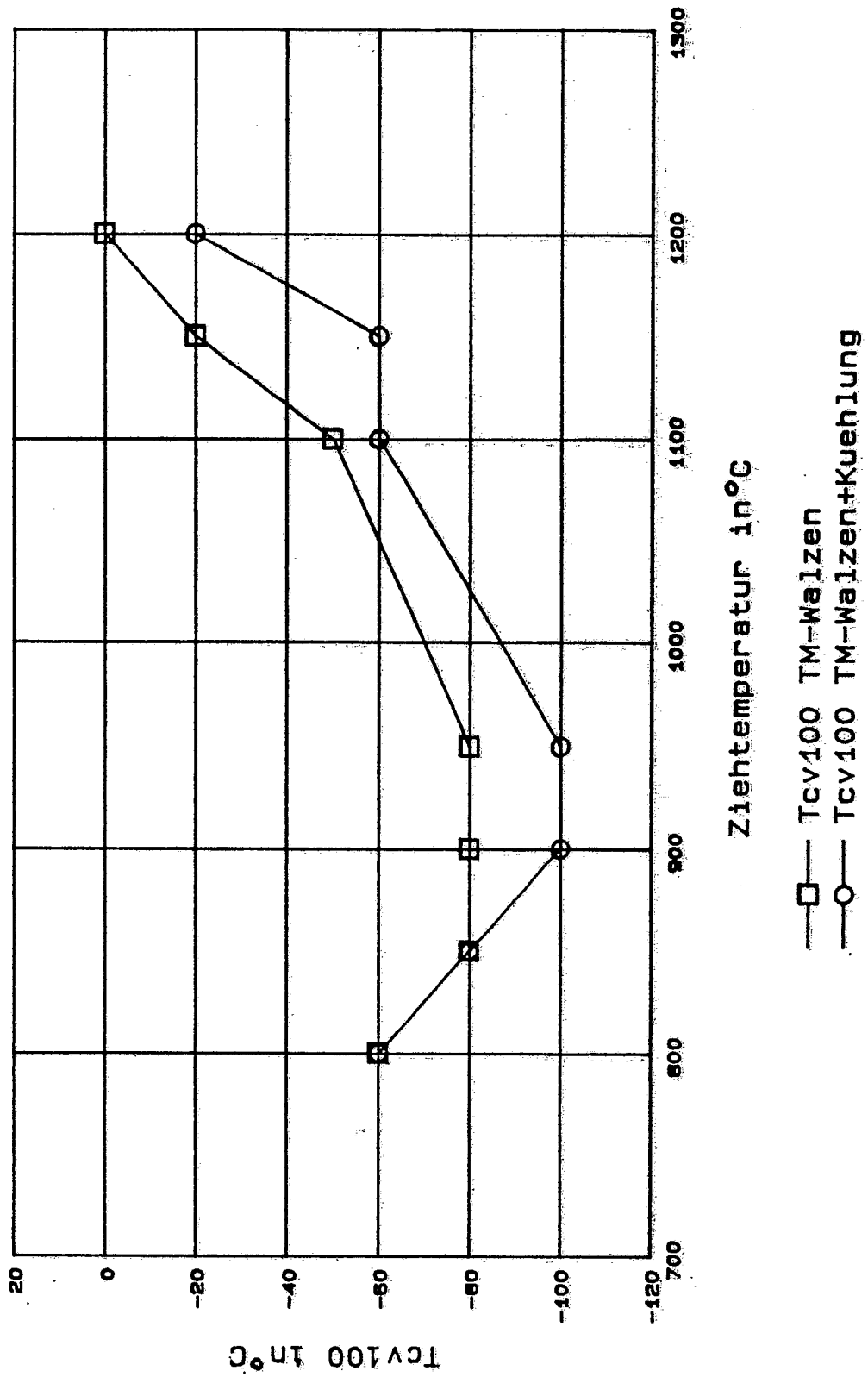
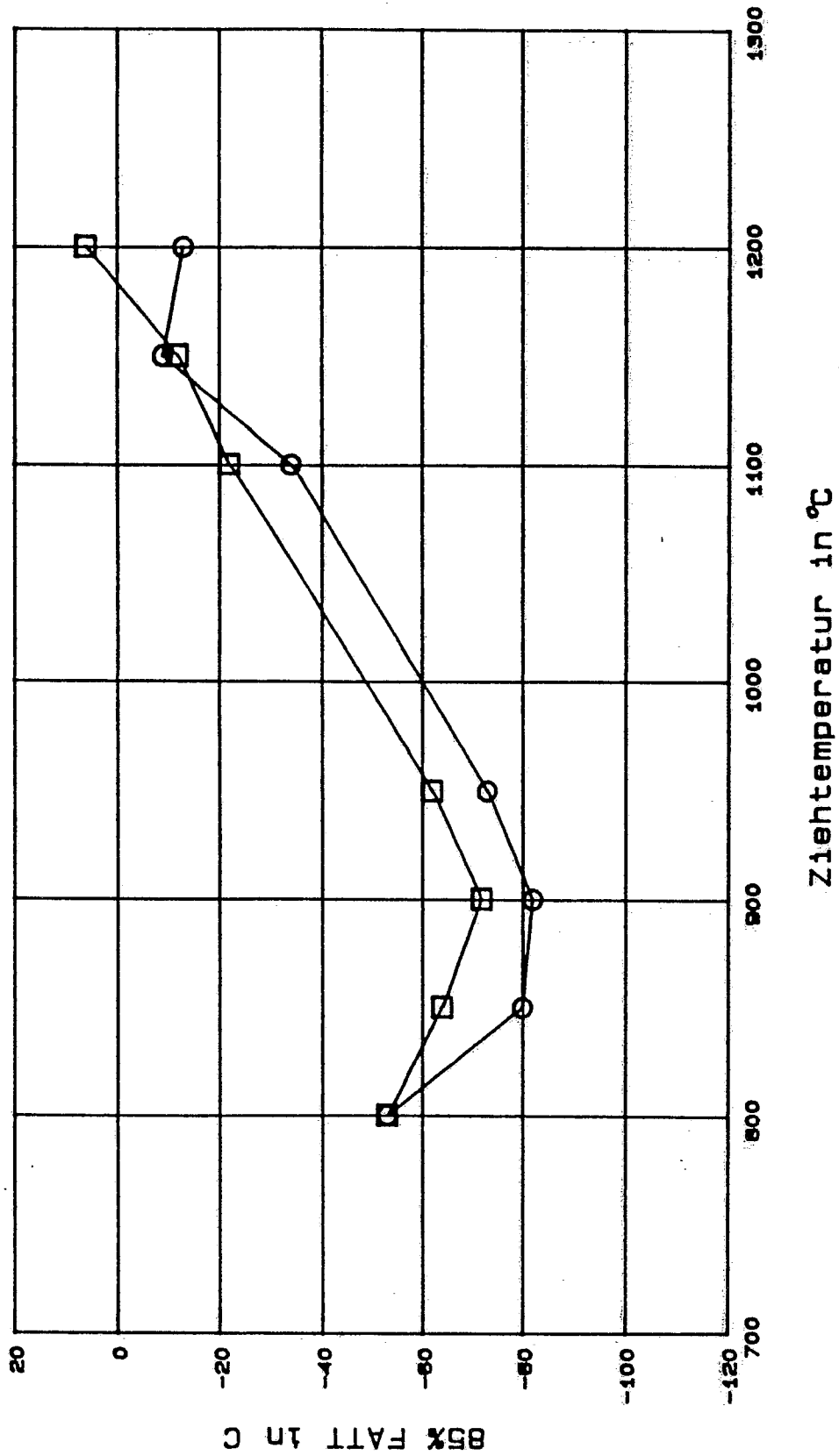


Fig. 3



—□— 85% FATT TM-Walzen
 —○— 85% FATT TM-Walzen+Kuehlung

Fig. 4

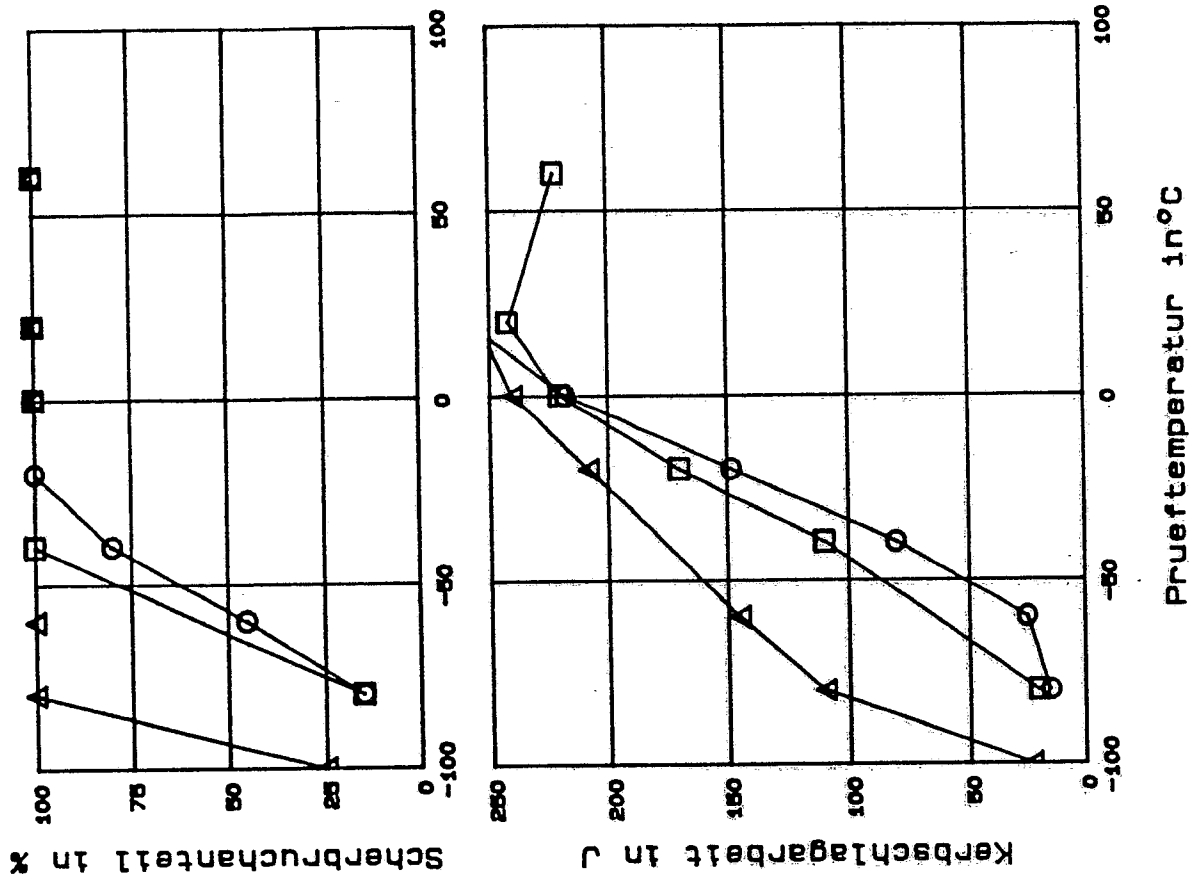
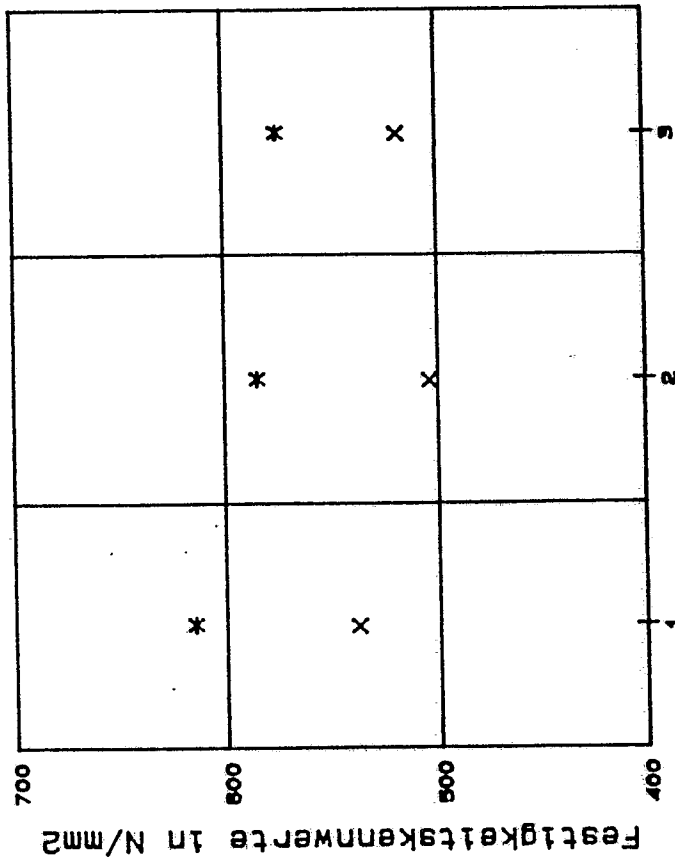


Fig. 5



$\times$ Rp0.5
 $\ast$ Rm

- 1: Ziehtemperatur 1150 °C:
Ausgangsmaterial: 200mm dicke
normal-Bramme: $\square$
- 2: Ziehtemperatur 1150 °C:
Ausgangsmaterial: 66mm dicke
Duenh-Bramme: $\circ$
- 3: Ziehtemperatur 950 °C:
Ausgangsmaterial: 66mm dicke
Duenh-Bramme: $\triangle$



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 89 73 0129

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.4)
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN, Band 9, Nr. 192 (C-296)[1915], 8. August 1985; & JP-A-60 59 018 (SHIN NIPPON SEITETSU K.K.) 05-04-1985 * Zusammenfassung * ---	1,2,4	C 21 D 8/02 C 21 D 9/00
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN, Band 10, Nr. 172 (C-354)[2228], 18. Juni 1986; & JP-A-61 023 719 (SHIN NIPPON SEITETSU K.K.) 01-02-1986 * Zusammenfassung * ---	1,2,4	
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN, Band 9, Nr. 171 (C-291)[1894], 16. Juni 1985; & JP-A-60 43 431 (SHIN NIPPON SEITETSU K.K.) 08-03-1985 * Zusammenfassung * ---	1	
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN, Band 10, Nr. 28 (C-326)[2085], 4. Februar 1986; & JP-A-60 181 229 (SUMITOMO KINZOKU KOGYO K.K.) 14-09-1985 * Zusammenfassung * ---	5	
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN, Band 9, Nr. 200 (C-298)[1923], 16. August 1985; & JP-A-60 67 619 (SHIN NIPPON SEITETSU K.K.) 18-04-1985 ---	6	
A	DE-A-3 012 139 (NIPPON STEEL) * Ansprüche 1,2,4 * ---	1,5,6	
A,D	DE-C-3 437 637 (THYSSEN STAHL) ---		
A	EP-A-0 030 309 (STAHLWERKE PEINE-SALZGITTER) -----		
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 07-09-1989	Prüfer WITTLAD U.A.
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 Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			