

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11)

Veröffentlichungsnummer:

0 130 362
A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21)

Anmeldenummer: 84106058.5

(51)

Int. Cl.⁴: **C 22 C 38/22, C 22 C 38/24,**
F 16 B 33/00

(22)

Anmeldetag: 28.05.84

(30)

Priorität: 18.06.83 DE 3321965

(71)

Anmelder: **Thyssen Edelstahlwerke AG,**
Thyssenstrasse 1, D-4000 Düsseldorf (DE)

(43)

Veröffentlichungstag der Anmeldung: 09.01.85
Patentblatt 85/2

(72)

Erfinder: **Brandis, Helmut, Dr.-Ing.,**
Forstwaldstrasse 694, D-4150 Krefeld (DE)
Erfinder: **Huchtemann, Bernd, Dipl.-Ing., Im Benrader**
Feld 21a, D-4150 Krefeld (DE)

(84)

Benannte Vertragsstaaten: **AT BE CH FR GB IT LI LU NL**
SE

(54)

Chrom-Molybdän-Vanadium-Stahl mit verbesserter Festigkeit und Zähigkeit.

(57)

Die Erfindung betrifft einen Stahl der Zusammensetzung

0,17 bis 0,25% Kohlenstoff
0,15 bis 0,35% Silizium
0,35 bis 0,85% Mangan
max. 0,030% Phosphor
max. 0,035% Schwefel
1,15 bis 1,5% Chrom
0,65 bis 0,85% Molybdän
0,90 bis 1,10% Vanadium,

Rest Eisen sowie nicht vermeidbare Verunreinigungen des Eisens.

Der Stahl ist besonders geeignet als Werkstoff für Gegenstände mit hoher Zeitstandfestigkeit und hoher Relaxationsfestigkeit bei gleichzeitig hoher Zähigkeit für Bauteile, insbesondere für Schrauben und Muttern, mit Temperaturbeanspruchungen bis rd. 560°C.

EP 0 130 362 A1

Chrom-Molybdän-Vanadium-Stahl mit verbesserter Festigkeit und Zähigkeit.

Die Erfindung betrifft einen Chrom-Molybdän-Vanadium-Stahl mit hoher Festigkeit, insbesondere hoher Zeitstand- und Relaxationsfestigkeit im Temperaturbereich bis 560°C bei gleichzeitig hoher Kerbschlagzähigkeit.

Das Zeitstandverhalten von CrMoV-Stählen beruht auf der Wechselwirkung zwischen feinverteilten Ausscheidungen einerseits und den Verformungsvorgängen durch Versetzungsbewegungen bei Betriebsbeanspruchungen andererseits. Die Beurteilung des Einflusses bestimmter Legierungselemente auf die speziellen Eigenschaftsanforderungen hat häufig zu sehr widersprüchlichen Ergebnissen geführt, da unterschiedliche Versuchsparameter häufig die spezifische Wirkung eines Legierungselementes überdeckt haben.

Regressionsanalysen über die Zeitstandfestigkeit warmfester Stähle in Bezug zu deren chemischer Zusammensetzung haben ältere Untersuchungen bestätigt (G. Haust, Neue Hütte 11 (1966), S. 613/19). Danach hat das Element Vanadium einen überragenden Einfluß auf die Erhöhung der Zeitstandfestigkeit. Es werden in der Literatur Vanadiumgehalte um 0,7 % genannt, wie sie bei dem englischen Stahl Durehete 1055 zur Anwendung kommen.

Der Erfindung liegt nun die Aufgabe zugrunde, einen Stahl zu finden, dessen Zeitstand- und Relaxationsfestigkeit in Kombination mit einer hohen Zähigkeit im Temperaturbereich bis rd. 560°C besser ist als die derzeit bekannten Stähle.

Erfindungsgemäß wird diese Forderung von einem Stahl erfüllt, dessen Legierungsgehalte sich in folgenden Bereichen bewegen:

0,17 bis 0,25 % Kohlenstoff
0,15 bis 0,35 % Silizium
0,35 bis 0,85 % Mangan
max. 0,030 % Phosphor
max. 0,035 % Schwefel
1,15 bis 1,5 % Chrom
0,65 bis 0,85 % Molybdän
0,90 bis 1,10 % Vanadium
Rest Eisen und erschmelzungsbedingte Verun-
reinigungen.

Die chemische Zusammensetzung des erfindungsgemäß insbesondere für Schrauben und -mutter zu verwendenden Stahles ist in Tabelle 1 unter Nr. 4 aufgeführt und Vergleichsstählen gegenübergestellt. Der Vergleichsstahl Nr. 1 entspricht in seiner Zusammensetzung dem ebenfalls aufgeführten Normstahl 21 CrMoV 5 7 (1.7709). Der erfindungsgemäß zu verwendende Stahl unterscheidet sich von den Vergleichsstählen insbesondere dadurch, daß er einen Vanadiumgehalt von 1 % aufweist und nicht durch Zusätze an Titan und Bor modifiziert wurde. In dieser Zusammensetzung ist der Stahl für Anwendungsfälle vor allem im Kraftwerksbau, z.B. für Schrauben und -mutter aufgrund seiner guten Kombination von Zeitstandfestigkeit und Relaxationsfestigkeit bis zu rd. 560°C sowie hoher Zähigkeit bei Raumtemperatur besonders gut geeignet.

Die Wärmebehandlung besteht aus einem auf den Vanadiumgehalt abgestimmten Austenitisieren bei 1010°C, so daß 65 % des Vanadiumgehaltes in gelöster Form vorliegen. Es liegt wie bei den anderen Stählen ein rein bainitisches Gefüge vor. Das Anlassen erfolgt wie bei allen anderen Stählen dieser Reihe auch bei 700°C.

Die mechanischen Eigenschaften der untersuchten Stähle sind in den Figuren 1 und 2 aufgetragen. Fig. 1 zeigt, daß der erfindungsgemäß zu verwendende Stahl 4 bei gleicher Anlaßbehandlung (700°C 2 h/Luft) in den Festigkeitskennwerten, 0,2-Grenze und Zugfestigkeit deutlich besser abschneidet als der Vergleichsstahl 1 (Normstahl 21 CrMoV 5 7).

Fig. 2 gibt die an ISO-V-Proben bei verschiedenen Prüftemperaturen ermittelten Werte der Kerbschlagarbeit wieder. Es ist zu erkennen, daß die Werte des erfindungsgemäß zu verwendenden Stahles 4 ähnlich hoch liegen wie die des Normstahles Nr. 1, aber deutlich über denen der anderen Vergleichsstähle.

Legt man als Übergangskriterium vom verformungsreichen Bruch in der Hochlage zum verformungsarmen Bruch in der Tieflage einen Wert von 60 Joule zugrunde, so wird der Vorteil des erfindungsgemäß zu verwendenden Stahles aus Fig. 3 besonders deutlich. Es zeigt sich, daß der erfindungsgemäße Stahl 4 wie der Normstahl 1 eine Übergangstemperatur von rd. 25°C aufweist. Besonders hervorzuheben ist, daß diese Aussage für nahezu gleiche Härtingsgefüge gilt.

Die Ergebnisse der Zeitstanduntersuchungen wurden ausgewertet und in Fig. 4 über den Vanadiumgehalt aufgetragen. Es zeigt sich, daß bis zu rd. 0,75 % Vanadium die Kennwerte ansteigen, bei weiterer Erhöhung des Vanadiumgehaltes aber nahezu konstant auf diesem hohen Niveau bleiben. Diese Abhängigkeit tritt um so deutlicher zutage, je höher die Prüftemperatur im Bereich 450 bis 550°C gewählt wird. Sie gilt für Stähle ohne Zusätze an Titan und Bor gleichermaßen wie für Stähle mit diesen Zusätzen, Stähle mit Titan- und Borzusatz zeigen die höheren Kennwerte. Insbesondere bei 500 und 550°C zeigt der erfindungsgemäß zu verwendende Stahl gegenüber Stahl 1 eine deutliche Verbesserung.

Tabelle 2 enthält die Ergebnisse der Relaxationsversuche. Die Restspannungswerte nach 5000 h Beanspruchungsdauer zeigen auch hier deutliche Vorteile des erfindungsgemäß zu verwendenden Stahles 4 gegenüber dem Vergleichsstahl Nr. 1 bei 500 und 550°C.

Tabelle 1

Chemische Zusammensetzung der Versuchswerkstoffe

lfd.-Nr.	Charge	Gew.-%										
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	V	Ti	B
Vergleiche		0,17	0,15	0,35	max.	max.	1,20	0,65		0,25		
Stahl 21 CrMov 5 7 (1.7709)		0,25	0,35	0,85	0,030	0,035	1,50	0,80		0,35		
1	2370	0,20	0,22	0,52	0,006	0,014	1,23	0,83	0,06	0,27	<0,01	<0,0004
2	2380	0,21	0,19	0,50	0,008	0,012	1,24	0,79	0,07	0,55	<0,01	<0,0004
3	2760	0,21	0,19	0,48	0,006	0,013	1,20	0,81	0,13	0,74	<0,01	<0,0004
4 +	2350	0,20	0,23	0,57	0,006	0,014	1,17	0,81	0,07	1,00	<0,01	<0,0004
5	2670	0,20	0,21	0,46	0,006	0,015	1,23	0,84	0,09	0,26	0,04	0,0045
6	2550	0,23	0,25	0,49	0,006	0,009	1,26	0,82	0,09	0,50	0,06	0,0061
7 ++	2690	0,20	0,20	0,49	0,007	0,015	1,23	0,84	0,05	0,75	0,07	0,0045
8	2640	0,21	0,23	0,45	0,007	0,014	1,21	0,80	0,04	1,01	0,05	0,0037

+ erfindungsgemäß

++ Durehete

Tabelle 2

Restspannung in N/mm² bei 450/500/550 °C each (Zeit in Stunden)

Nr.	A ¹⁾	450 °C					500 °C					550 °C				
		1	10	10 ²	10 ³	5 × 10 ³	10 ³	10 ³	10 ³	5 × 10 ³	A ¹⁾	1	10	10 ²	10 ³	5 × 10 ³
		A ¹⁾	1	10	10 ²	10 ³	5 × 10 ³	10 ³	10 ³	5 × 10 ³	A ¹⁾	1	10	10 ²	10 ³	5 × 10 ³
1 A	2370	361	355	347	327	319	311	349	335	317	295	235	218	319	292	273
1		361	357	350	317	306	283	353	331	310	278	231	188	310	280	262
2	2380	357	347	330	314	313	308	343	332	312	283	227	192	288	267	249
3	2760	369	351	339	326	315	299	356	335	315	271	218	199	293	261	242
4 ²⁾	2350	341	321	310	284	263	248	352	327	309	277	233	212	290	249	225
5	2670	363	357	345	323	297	286	322	306	294	267	235	201	297	275	256
6	2550	374	364	357	349	338	292	369	355	333	313	266	213	343	303	274
7	2690	375	368	363	344	324	309	325	310	296	264	228	208	329	307	286
8	2640	355	332	332	313	306	290	356	334	321	296	264	233	258	241	233

1) Anfangsspannung

2) erfindungsgemäßer Stahl

0130362

Ansprüche

1. Stahl der Zusammensetzung

0,17 bis 0,25 % Kohlenstoff
0,15 bis 0,35 % Silizium
0,35 bis 0,85 % Mangan
max. 0,030 % Phosphor
max. 0,035 % Schwefel
1,15 bis 1,5 % Chrom
0,65 bis 0,85 % Molybdän
0,90 bis 1,10 % Vanadium,

Rest Eisen sowie nicht vermeidbare Verunreinigungen, mit hoher Festigkeit, insbesondere hoher Zeitstandfestigkeit und hoher Relaxationsfestigkeit bei gleichzeitig hoher Zähigkeit für Bauteile, insbesondere für Schrauben und Muttern, mit Temperaturbeanspruchungen bis rd. 560°C.

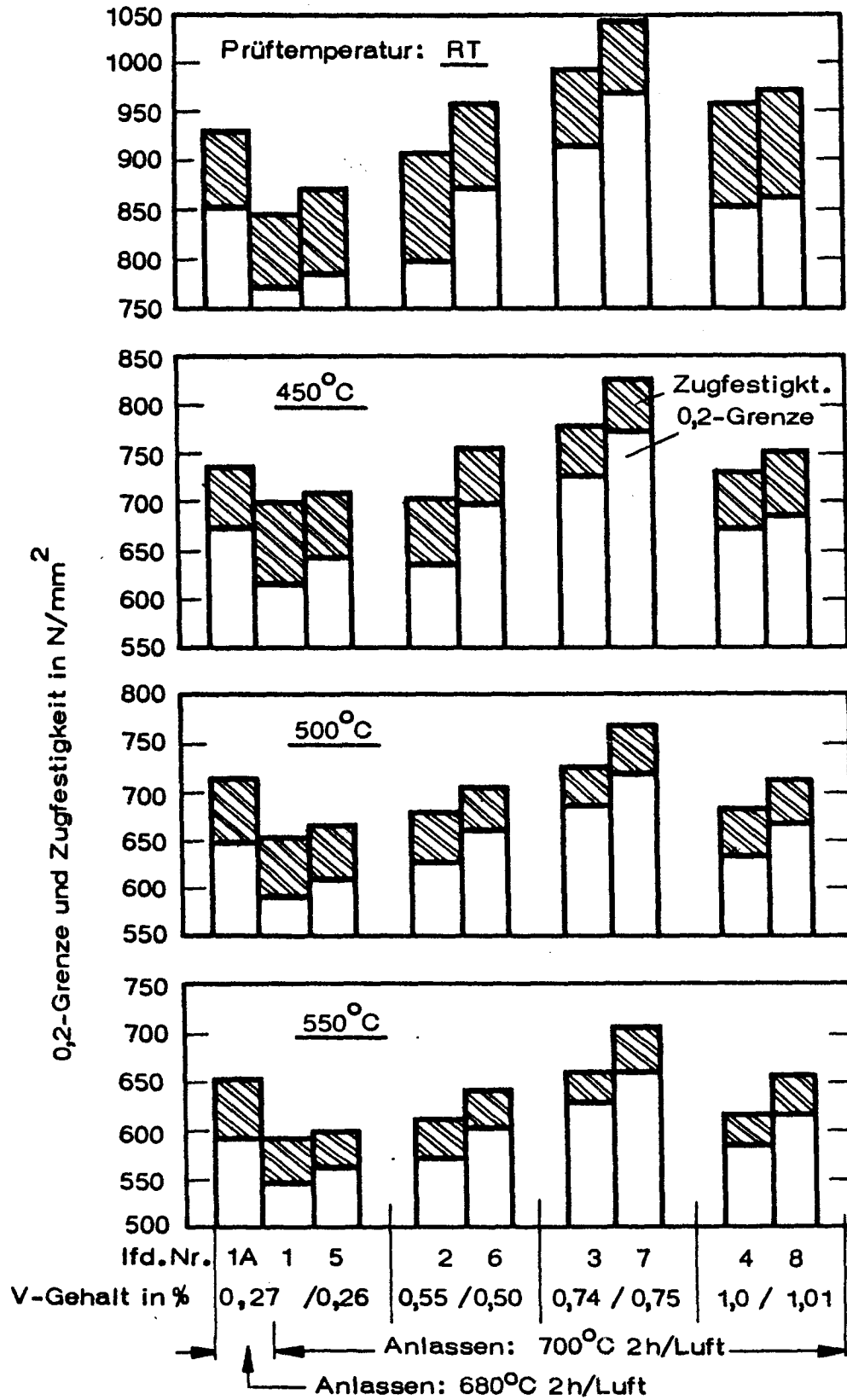
2. Stahl nach Anspruch 1, bei dem nach dem Austenitisieren bei 1010°C 65 % des Gesamtvanadiumgehaltes gelöst vorliegen, das Härtingsgefüge aus Bainit besteht und nach dem Anlassen bei 700°C eine 0,2-Grenze bei Raumtemperatur von mind. 800 N/mm² und eine Festigkeit von mind. 900 N/mm² erreicht wird.
3. Stahl nach Anspruch 1 oder 2 mit einer Kerbschlagarbeit an ISO-V-Proben bei Raumtemperatur von mind. 40 Joule.
4. Stahl nach Anspruch 1, 2 oder 3 mit folgenden Kennwerten aus dem Zeitstandversuch

$$R_p \text{ 1,0 \% / } 10^4 \text{ h / } 550^\circ\text{C : 200 N/mm}^2$$

$$R_m \text{ / } 10^4 \text{ h / } 550^\circ\text{C : 250 N/mm}^2$$

5. Stahl nach Anspruch 1 bis 4 mit einer Restspannung nach 5000 Stunden bei 550°C von 108 N/mm² bei einer Anfangsspannung ($\hat{\epsilon}$ 0,2 % Dehnung) von 341 N/mm².

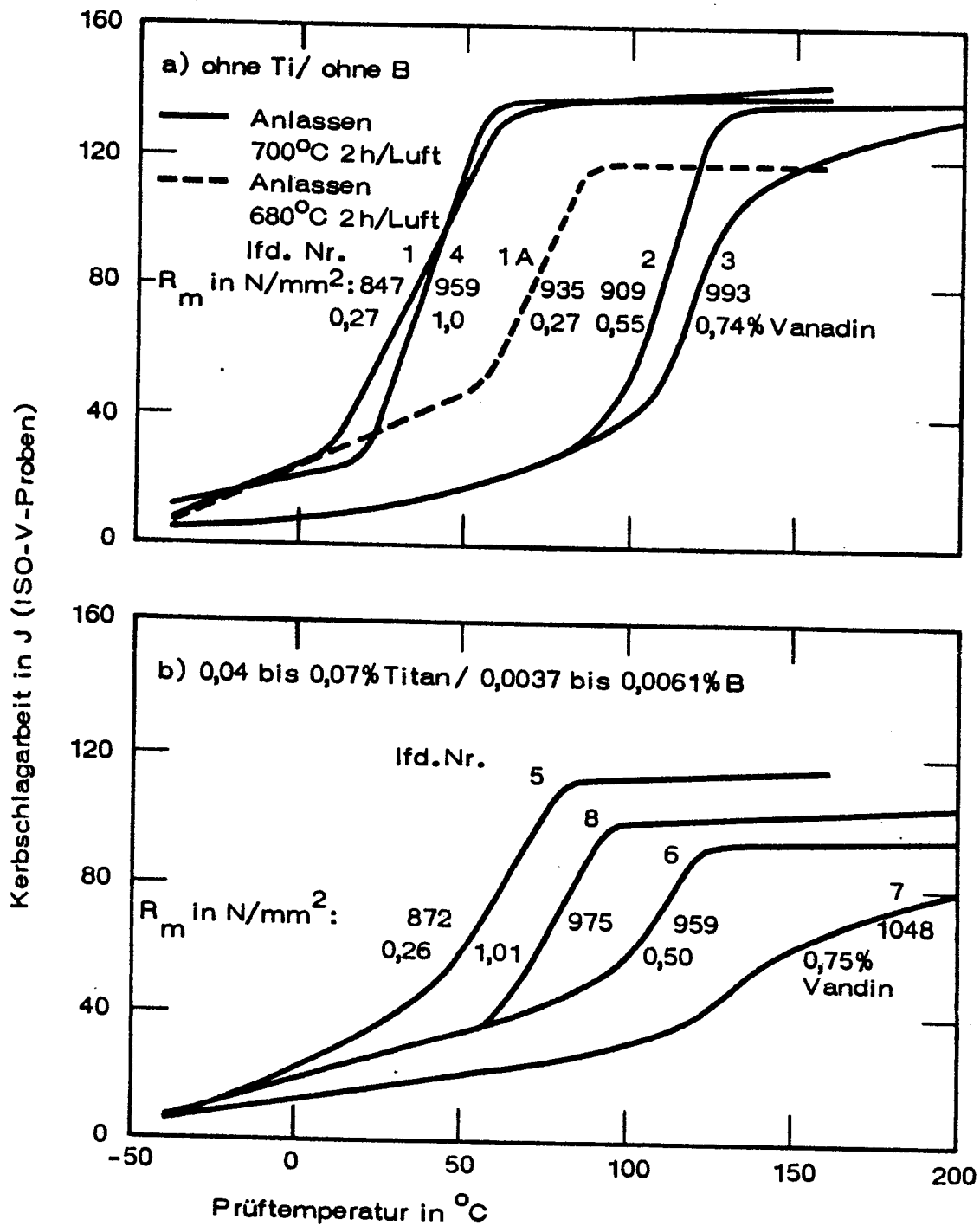
F i g. 1



0,2-Grenze und Zugfestigkeit bei RT und erhöhten Temperaturen

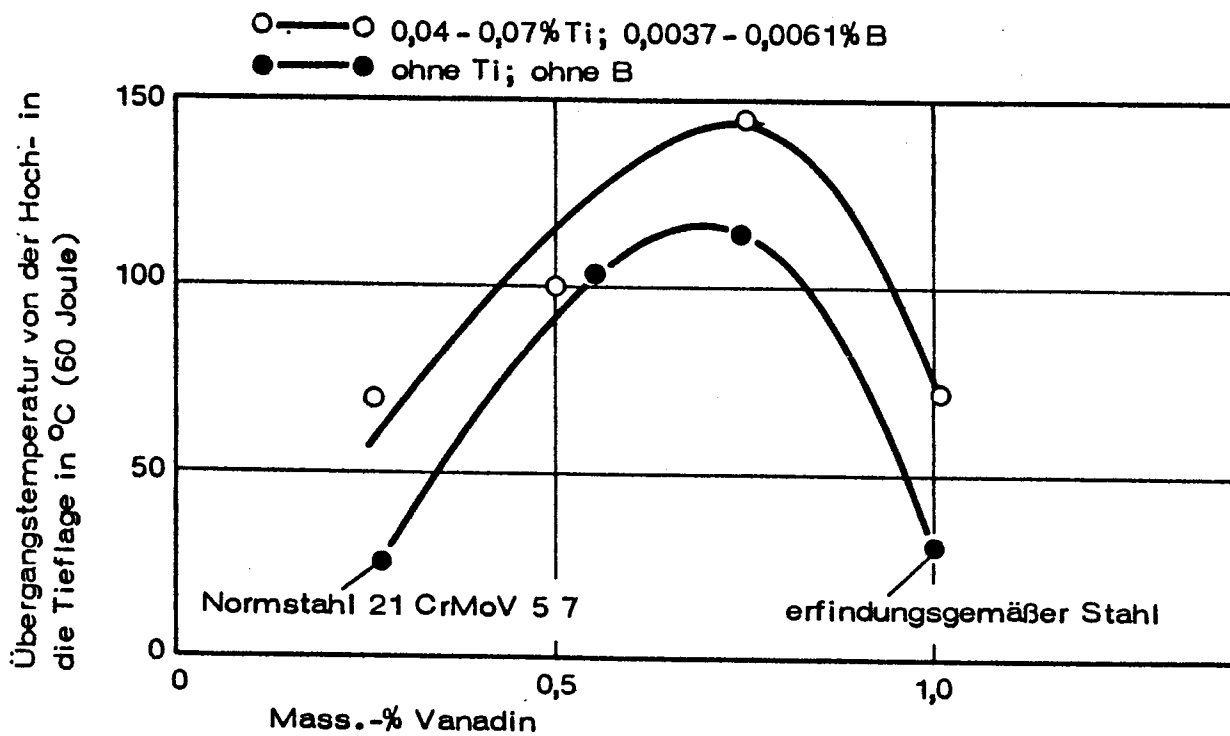
Abmessung: 20 mm Dmr.

F i g.2



Kerbschlagarbeit nach Vergüten in Abhängigkeit von der
Prüftemperatur Abmessung: 20 mm Dmr.

F i g.3

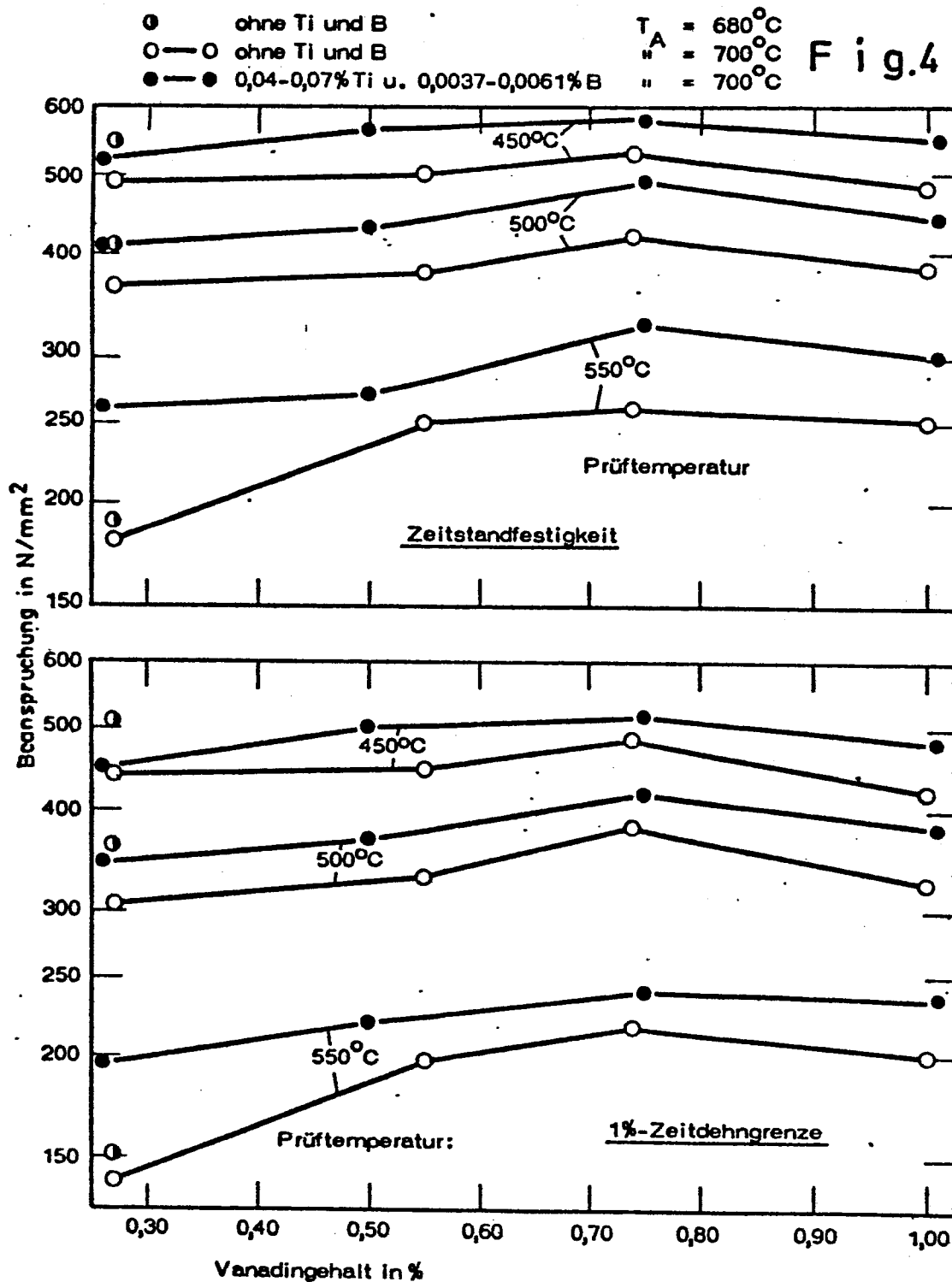


Anlaßbehandlung: 700°C 2h/Luft

Einfluß von Vanadin auf die Übergangstemperatur im Kerbschlag-
biegeversuch

10.07.84

4/4

1% CrMoV-StähleZeitstandfestigkeit und 1%-Zeitdehngrenze für 10^4 h Beanspruchungs-
dauer



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

0130362
Nummer der Anmeldung

EP 84 10 6058

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl. 3)
X	GB-A- 771 446 (UNITED STEEL COMPANIES LTD.) * Anspruch 1; Seite 1, Zeilen 8-36 *	1	C 22 C 38/22 C 22 C 38/24 F 16 B 33/00
X	* Seite 2, Zeilen 50-103 *	4,5	
X	--- US-A-3 003 868 (ZENO et al.) * Anspruch 1; Seite 1, Spalte 2, Zeilen 50-59 *	1,2	
A	--- FR-A-1 444 988 (GENERAL ELECTRIC CY.) * Zusammenfassung, Punkt I 1 *	1,2	
A	--- DE-A-2 018 601 (VEREINIGTE ÖSTERREICHISCHE EISEN- UND STAHLWERKE A.G.) * Patentanspruch 1 *	1	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl. 3)
A	--- US-A-4 358 317 (ABE) * Anspruch *	1	C 22 C 38/22 C 22 C 38/24
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt.			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 28-09-1984	Prüfer LIPPENS M.H.
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTEN 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 andern Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			