



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) Veröffentlichungsnummer : **0 255 597 B1**

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag der Patentschrift :
18.12.91 Patentblatt 91/51

(51) Int. Cl.⁵ : **C22C 38/60, C22C 38/00**

(21) Anmeldenummer : **87109046.0**

(22) Anmeldetag : **24.06.87**

(54) **Mikrolegierte Stähle.**

(30) Priorität : **05.07.86 DE 3622735**
12.06.87 DE 3719569

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung :
10.02.88 Patentblatt 88/06

(45) Bekanntmachung des Hinweises auf die
Patenterteilung :
18.12.91 Patentblatt 91/51

(84) Benannte Vertragsstaaten :
AT BE CH DE ES FR GB GR IT LI LU NL SE

(56) Entgegenhaltungen :
DE-A- 2 116 357
DE-B- 1 608 162
FR-A- 2 023 915
FR-A- 2 087 818
FR-A- 2 274 704

(73) Patentinhaber : **Thyssen Edelstahlwerke AG**
August-Thyssen-Strasse 1
W-4000 Düsseldorf (DE)

(72) Erfinder : **Huchtemann, Bernd, Dr. Ing.**
Im Benrader Feld 21a
W-4150 Krefeld (DE)
Erfinder : **Engineer, Seroosh, Dr. Ing.**
Am Rotdorn 40
W-4150 Krefeld (DE)
Erfinder : **Schüler, Volker, Dipl.-Ing.**
Zur Hainbuche 28
W-4150 Krefeld (DE)

EP 0 255 597 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

Die Erfindung bezieht sich auf mikrolegierte perlitische Stähle als Werkstoff für Formteile, die vorzugsweise durch Massivumformung durch Schmieden im Gesenk bei hohen Temperaturen erhalten werden.

5 (Prozentangaben im Text sind Masse-%).

Aus dem Schrifttum ist die Wirkung einer feinen Dispersion von Titanitriden in geringer Konzentration auf die Beständigkeit gegen Kornwachstum bekannt (C.J. Cuddy, J.C. Raley: "Austenite Grain Coarsening in Microalloyed Steels", Metallurgical Trans. A, Vol. 14 A, Oct. 1983, S. 1989 - 1995). Eine großtechnische Nutzung dieser Wirkung ist jedoch kaum möglich, da bei üblichen Erstarrungsgeschwindigkeiten der Temperaturbereich zwischen Liquids- und Solidustemperatur zu langsam durchlaufen wird.

10 Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, Stähle zu schaffen, die auch bei großtechnischer Erzeugung eine hohe Feinkornbeständigkeit bis zu Temperaturen von 1300°C und damit in Kombination hohe Festigkeit und hohe Zähigkeit aufweisen.

Die erfindungsgemäßen mikrolegierten perlitischen Stähle haben folgende Zusammensetzung: 0,20 bis 15 0,50 % C, 0,40 bis 1,0 % Si, 0,80 bis 1,80 % Mn, 0,008 bis 0,2 % S, 0 bis 0,7 % Cr, 0 bis 0,1 % Al, 0 bis 0,04 % N, 0,01 bis 0,05 % Ti, wahlweise 0 bis 0,20 % V und oder 0 bis 0,10 % Nb, Rest Eisen und erschmelzungsbedingte Verunreinigungen, wobei auf den Korngrenzen Mischsulfide (Mangan-, Titan-karbonitride u.dgl.) ausgeschieden sind. Bevorzugt können bis 0,20 % V und/oder 0,10 % Nb im Stahl enthalten sein.

Solche Stähle können bei einer Erstarrungsgeschwindigkeit im Bereich von 3 bis 25 mm/min so erstarren, 20 daß dabei zwischen Liquidus- und Solidustemperatur Sulfide in feinverteilter Form ausgeschieden werden. Die Feinverteilung dieser Phase ist für die hohe Feinkornbeständigkeit und die dadurch bedingte Kombination von hoher Festigkeit und hoher Zähigkeit verantwortlich (Bild 1).

Vorzugsweise wird ein Stahl aus folgendem Bereich ausgewählt: 0,20 bis 0,35 % C, 0,50 bis 0,80 % Si, 1,00 bis 1,70 % Mn, 0,01 bis 0,09 % S, 0,20 bis 0,50 % Cr, 0,015 bis 0,06 % Al, 0,015 bis 0,030 % N, 0,05 bis 25 0,15 % V und/oder 0,02 bis 0,10 % Nb, 0,01 bis 0,04 % Ti, Rest Eisen einschließlich erschmelzungsbedingter Verunreinigungen.

Es wurde festgestellt, daß nur Stähle der beanspruchten Zusammensetzung bis zu Verformungstemperaturen oder Glühtemperaturen von 1300°C eine hohe Feinkornbeständigkeit besitzen (s. Bilder 1 und 2). Anhand der in den Tafeln 2 und 3 aufgeführten Beispiele wird deutlich, daß von den Stählen (Zusammensetzung siehe 30 Tafel 1) nur die erfindungsgemäßen Stähle F und G die hervorragende Kombination von hoher Festigkeit und hoher Zähigkeit zeigen. Diese Stähle weisen eine Zugfestigkeit von mindestens 800 N/mm², eine 0,2 %-Dehngrenze von mindestens 550 N/mm² bei Bruchverformbarkeitskennwerten von mindestens 15 % Bruchdehnung ($1_0 = 5 d_0$) und mindestens 45 % Brucheinschnürung auf. Die bei Raumtemperatur an DVM-Proben ermittelten Werte der Kerbschlagarbeit betragen mindestens 35 Joule. Die Vergleichsstähle A bis E ohne Titan haben zwar auch hohe Festigkeit, s. Tafel 2, aber unzureichende Zähigkeit von unter 30 Joule, s. Tafel 3.

Bevorzugt werden auch Stähle aus folgendem Bereich: 0,35 bis 0,45 % C, 0,5 bis 0,8 % Si, 1,0 bis 1,7 % Mn, 0,01 bis 0,09 % S, 0,2 bis 0,5 % Cr, 0,015 bis 0,06 % Al, 0,015 bis 0,030 % N, 0,05 bis 0,15 % V und/oder 0,02 bis 0,10 % Nb, 0,01 bis 0,04 % Ti, Rest Eisen einschließlich erschmelzungsbedingter Verunreinigungen.

Es wurde festgestellt, daß auch diese Stähle bis zu Verformungstemperaturen oder Glühtemperaturen von 40 1300°C eine hohe Feinkornbeständigkeit besitzen (s. Bild 3). Anhand der in den Tafeln 4 bis 6 aufgeführten Beispiele (Zusammensetzungen in Tafel 4) wird deutlich, daß nur die erfindungsgemäßen Stähle I und J die hervorragende Kombination von hoher Festigkeit und hoher Zähigkeit aufweisen. Diese Stähle weisen eine Zugfestigkeit von mindestens 850 N/mm², eine 0,2 %-Dehngrenze von mindestens 600 N/mm² bei Bruchverformbarkeitskennwerten von mindestens 12 % Bruchdehnung ($1_0 = 5 d_0$) und mindestens 40 % Brucheinschnürung bei einer Kerbschlagarbeit bei Raumtemperatur von mindestens 30 Joule an DVM-Proben auf. Der Stahl 45 4 ohne Titan erweist sich dagegen mit Werten unter 22 Joule als nicht ausreichend zäh.

Auch diese Kombination von noch höherer Festigkeit bei guter Zähigkeit von mindestens 30 Joule ist bei einem mikrolegierten perlitischen Stahl ungewöhnlich.

Die erfindungsgemäßen Stähle sind daher in hervorragender Weise für den Einsatz für Automobil-Bauteile 50 geeignet.

Eigenschaften über den gesamten Querschnitt bis zum Kern

Abmessungen der Stähle: 50 mm Durchmesser

5

Tafel 1

Stahl		chem. Zusammensetzung in Mass.-%										
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Al	N	Nb	V	Ti
10	A	.26	.54	1.37	.005	.014	.40	.043	.019	-	-	-
	B	.24	.51	1.57	.012	.031	.58	.016	.022	.04	-	-
	C	.26	.61	1.48	.005	.009	.31	.014	.031	.05	-	-
	D	.25	.53	1.34	.005	.013	.37	.032	.020	-	.09	-
	E	.25	.64	1.44	.006	.024	.35	.012	.016	.04	.05	-
	F 1)	.24	.65	1.59	.007	.028	.37	.022	.021	.02	.09	.016
15	G 1)	.27	.66	1.43	.014	.036	.10	.024	.017	-	.10	.018

15

Tafel 2

	Stahl	mechan. Eigenschaften nach der Behandlung							
		1250 °C 2 h/Luft				1300 °C 2 h/Luft			
		R_D N/mm ²	R_m N/mm ²	A ₅ %	Z %	R_D N/mm ²	R_m N/mm ²	A ₅ %	Z %
20	A	574	841	15.3	41				
		558	830	15.7	44				
25	B	523	857	17.5	38				
		539	889	16.3	28				
	C	504	862	19.7	36				
		509	857	18.3	33				
	D	665	894	17.3	44				
		622	883	15.0	49				
30	E	610	899	12.0	36				
		657	832	14.0	41				
	F 1)	608	859	16.7	62				
		565	809	16.7	56				
	G 1)	571	811	21.2	64	550	809	22.0	66
		562	806	22.0	64	567	806	22.0	64

35

Tafel 3

	Stahl	Kerbschlagarbeit an DVM-Proben nach der Behandlung							
		1250 °C 2 h/Luft				1300 °C 2 h/Luft			
		A _V in Joule				A _V in Joule			
40	A	9	13	20	27				
	B	14	16	18	24				
	C	17	19	19	23				
	D	17	19	20	25				
	E	7	8	12	13				
45	F 1)	35	38	47	60				
	G 1)	55	57	59	64	39	44	46	53

50 1) erfindungsgemäß

55

Eigenschaften über den gesamten Querschnitt bis zum Kern Abmessungen der Stähle: 50 mm Durchmesser

5

Tafel 4

10	Stahl	chem. Zusammensetzung in Mass.-%										
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Al	N	Nb	V	Ti
<hr/>												
15	H	.35	.66	1.35	.008	.043	.23	.025	.015	.02	.09	-
	I 2)	.35	.66	1.36	.008	.045	.23	.023	.016	.02	.09	.013
	J 2)	.34	.75	1.33	.006	.055	.27	.008	.018	-	.09	.021
<hr/>												

20

Tafel 5

25	Stahl	mechan. Eigenschaften nach der Behandlung							
		1250 °C 2 h/Luft				1300 °C 2 h/Luft			
		R _p 0,2 N/mm ²	R _m N/mm ²	A ₅ %	Z %	R _p 0,2 N/mm ²	R _m N/mm ²	A ₅ %	Z %
<hr/>									
30	H	628	923	15.8	38	651	944	12.8	22
		622	921	16.2	39	624	921	11.4	20
	I 2)	606	889	20.8	54	609	894	20.8	54
		605	886	20.6	56	603	896	20.2	51
	J 2)	612	873	19.8	56	617	851	20.0	56
35		602	865	20.0	56	605	859	24.6	56
<hr/>									

Tafel 6

40	Stahl	Kerbschlagarbeit an DVM-Proben nach der Behandlung							
		1250 °C 2 h/Luft				1300 °C 2 h/Luft			
		A _v in Joule				A _v in Joule			

45	H	13	15	17	18	13	16	20	21
	I 2)	30	35	38	40	30	31	34	37
	J 2)	40	47	49	59	35	38	42	44

50

2) erfindungsgemäß

55

Patentansprüche

1. Mikrolegierter Baustahl mit hoher Feinkornbeständigkeit bis 1300 °C, bestehend aus

- 5 0,2 bis 0,5 % Kohlenstoff
 0,4 bis 1,0 % Silicium
 0,3 bis 1,8 % Mangan
 10 0,008 bis 0,2 % Schwefel
 0 bis 0,7 % Chrom
 0 bis 0,1 % Aluminium
 15 0 bis 0,04 % Stickstoff
 0,01 bis 0,05 % Titan
 * Wahlweise 0 bis 0,2 %
 Vanadium und/oder 0 bis 0,1 % Niob

20 Rest Eisen und erschmelzungsbedingte Verunreinigungen, wobei auf den Korngrenzen Mischsulfide ausgeschieden sind.

2. Stahl nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß er Vanadium bis 0,2 % und/oder Niob bis 0,1 % enthält.

25 3. Stahl nach Anspruch 1 oder 2 mit 0,20 bis 0,35 % C, 0,5 bis 0,8, % Si, 1,0 bis 1,7 % Mn, 0,01 bis 0,09 % S, 0,2 bis 0,5 % Cr, 0,015 bis 0,06 % Al, 0,015 bis 0,030 % N, 0,05 bis 0,15 % V und/oder 0,02 bis 0,10 % Nb, 0,01 bis 0,04 % Ti, Rest Eisen einschließlich erschmelzungsbedingter Verunreinigungen, der bis zu Verformungstemperaturen oder Glühtemperaturen von 1300 °C eine hohe Feinkornbeständigkeit aufweist und eine Zugfestigkeit von mindestens 800 N/mm², eine 0,2 %-Dehngrenze von mindestens 550 N/mm², eine Bruchdehnung von mindestens 15 % und eine Brucheinschnürung von mindestens 45 % bei einer Kerbschlagarbeit bei Raumtemperatur von mindestens 35 Joule an DVM-Proben erreicht.

35 4. Stahl nach Anspruch 1 oder 2 mit 0,35 bis 0,45 % C, 0,5 bis 0,8 % Si, 1,0 bis 1,7 % Mn, 0,01 bis 0,09 % S, 0,2 bis 0,5 % Cr, 0,015 bis 0,06 % Al, 0,015 bis 0,030 % N, 0,05 bis 0,15 % V und/oder 0,02 bis 0,10 % Nb, 0,01 bis 0,04 % Ti, Rest Eisen einschließlich erschmelzungsbedingter Verunreinigungen, der bis zu Verformungstemperaturen oder Glühtemperaturen von 1300 °C eine hohe Feinkornbeständigkeit aufweist und eine Zugfestigkeit von mindestens 850 N/mm², eine 0,2 %-Dehngrenze von mindestens 600 N/mm², eine Bruchdehnung von mindestens 12 % und eine Brucheinschnürung von mindestens 40 % bei einer Kerbschlagarbeit bei Raumtemperatur von mindestens 25 Joule an DVM-Proben erreicht.

40 5. Stähle der Ansprüche 1 bis 4 für die Verwendung als Bauteile im Automobilbau

Claims

45 1. A micro-alloyed structural steel with high fine-grain stability up to 1300 °C, consisting of

50

55

0.2 to 0.5 % carbon
 0.4 to 1.0 % silicon
 5 0.8 to 1.8 % manganese
 0.008 to 0.2 % sulfur
 0 to 0.7 % chromium
 0 to 0.1 % aluminium
 10 0 to 0.04 % nitrogen
 0.01 to 0.05 % titanium
 optionally 0 to 0.2 % vanadium and/or 0 to 0.1 %
 15 and the remainder iron and impurities deter-
 mined by the smelting,

in which mixed sulphides are precipitated at the grain boundaries.

20 2. A steel according to Claim 1, characterized in that it contains up to 0.2 % vanadium and/or up to 0.1 % niobium.

3. A steel according to Claim 1 or 2 with 0.20 to 0.35 % C, 0.5 to 0.8 % Si, 1.0 to 1.7 % Mn, 0.01 to 0.09 % S, 0.2 to 0.5 % Cr, 0.015 to 0.06 % Al, 0.015 to 0.030 % N, 0.05 to 0.15 % V and/or 0.02 to 0.10 % Nb, 0.01 to 0.04 % Ti, and the remainder iron, including impurities determined by the smelting, which up to deformation
 25 temperatures or annealing temperatures of 1300 °C has a high fine-grain stability and a tensile strength of at least 800 N/mm², a 0.2 % yield strength of at least 550 N/mm², an elongation at break of at least 15 % and a reduction of area at break of at least 45 % with a notch impact energy on DVM test pieces at room temperature of at least 35 joules.

4. A steel according to Claim 1 or 2 with 0.35 to 0.45 % C, 0.5 to 0.8 % Si, 1.0 to 1.7 % Mn, 0.01 to 0.09 % S, 0.2 to 0.5 % Cr, 0.015 to 0.06 % Al, 0.015 to 0.030 % N, 0.05 to 0.15 % V and/or 0.02 to 0.10 % Nb, 0.01 to 0.04 % Ti, and the remainder iron, including impurities determined by the smelting, which up to deformation
 30 temperatures or annealing temperatures of 1300 °C has a high fine-grain stability and a tensile strength of at least 850 N/mm², a 0.2 % yield strength of at least 600 N/mm², an elongation at break of at least 12 % and a reduction of area at break of at least 40 % with a notch impact energy on DVM test pieces at room temperature
 35 of at least 25 joules.

5. Steels of Claims 1 to 4 for use as components in automobile construction.

Revendications

40 1. Acier de construction micro-allié ayant une grande stabilité de grain fin jusqu'à 1.300°C, composé de

0,2 à 0,5 % de carbone
 45 0,4 à 1,0 % de silicium
 0,8 à 1,8 % de manganèse
 0,008 à 0,2 % de soufre
 0 à 0,7 % de chrome
 50 0 à 0,1 % d'aluminium
 0 à 0,04 % d'azote
 0,01 à 0,05 % de titane
 55 facultativement 0 à 0,2 % de vanadium et/ou 0 à
 0,1 % de niobium,

le reste étant du fer et des impuretés liées à l'élaboration, des mélanges de sulfures se déposant sur les joints des grains.

2. Acier selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il contient jusqu'à 0,2 % de vanadium et/ou jusqu'à 0,1 % de niobium.

5 3. Acier selon la revendication 1 ou 2, contenant 0,20 à 0,35 % de C, 0,5 à 0,8 % de Si, 1,0 à 1,7 % de Mn, 0,01 à 0,09 % de S, 0,2 à 0,5 % de Cr, 0,015 à 0,06 % d'Al, 0,015 à 0,030 % de N, 0,05 à 0,15 % de V et/ou 0,02 à 0,10 % de Nb, 0,01 à 0,04 % de Ti, le reste étant du fer, y compris des impuretés liées à l'élaboration, qui présente une grande stabilité de grain fin jusqu'à la température de déformation ou température d'incan-
10 d'au moins 550 N/mm², un allongement à la rupture d'au moins 15 % et une striction d'au moins 45 % malgré une énergie de choc, à la température ambiante, d'au moins 35 joules sur des éprouvettes selon DVM.

4. Acier selon la revendication 1 ou 2, contenant 0,35 à 0,45 % de C, 0,5 à 0,8 % de Si, 1,0 à 1,7 % de Mn, 0,01 à 0,09 % de S, 0,2 à 0,5 % de Cr, 0,015 à 0,06 % d'Al, 0,015 à 0,030 % de N, 0,05 à 0,15 % de V et/ou 0,02 à 0,10 % de Nb, 0,01 à 0,04 % de Ti, le reste étant du fer, y compris des impuretés liées à l'élaboration,
15 qui présente une grande stabilité de grain fin jusqu'à la température de déformation ou température d'incan- d'au moins 600 N/mm², un allongement à la rupture d'au moins 12 % et une striction d'au moins 40 % malgré une énergie de choc, à la température ambiante, d'au moins 25 joules sur des éprouvettes selon DVM.

5. Aciers selon les revendications 1 à 4 pour une utilisation comme éléments de construction dans l'indus-
20 trie automobile.

25

30

35

40

45

50

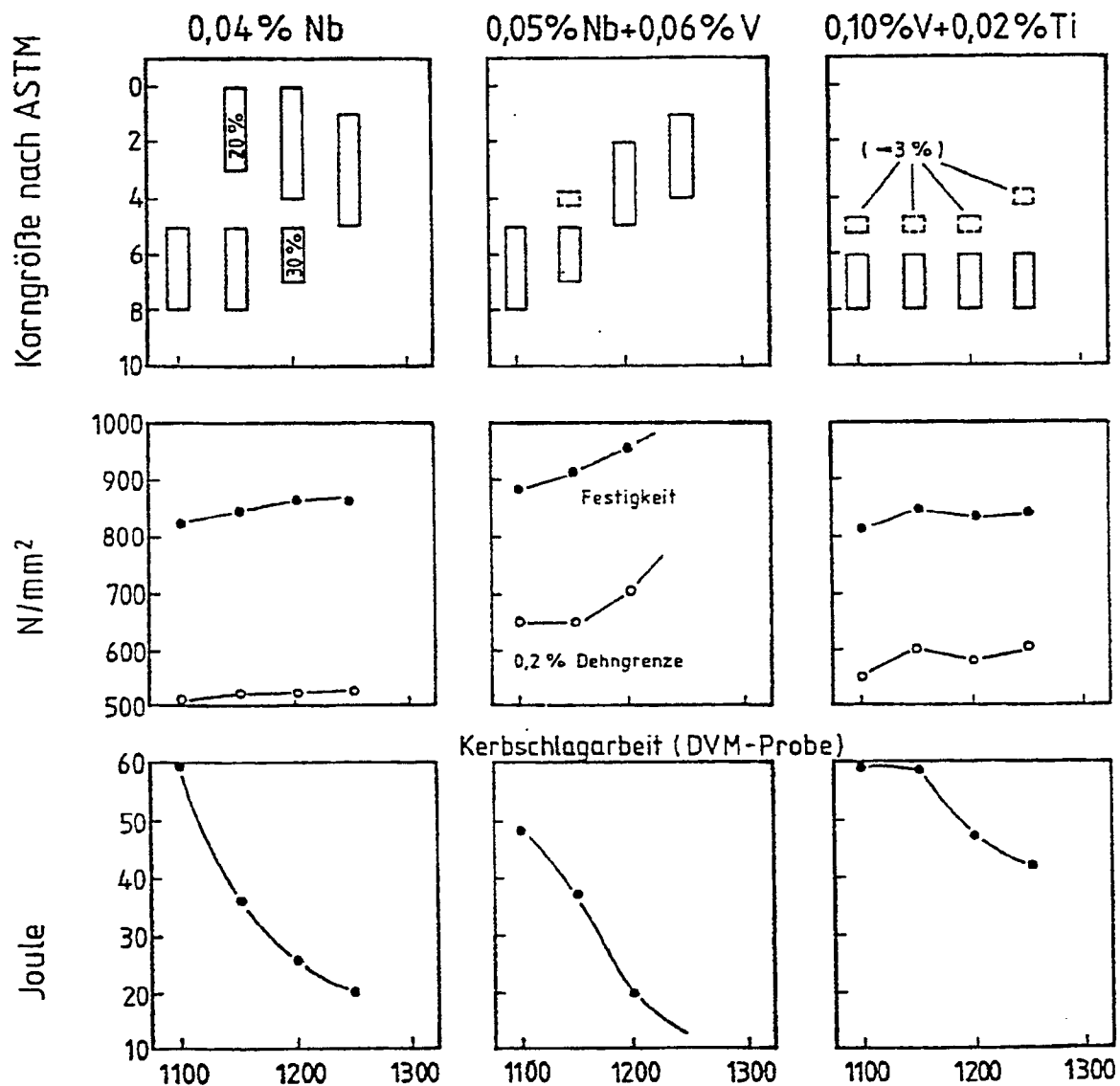
55

Bild 1

Eigenschaften von Stählen mit rund 0,25% C und 1,5% Mn
und Zusätzen von Nb, Nb+V und V+Ti.

Abm.: 50 mm ϕ

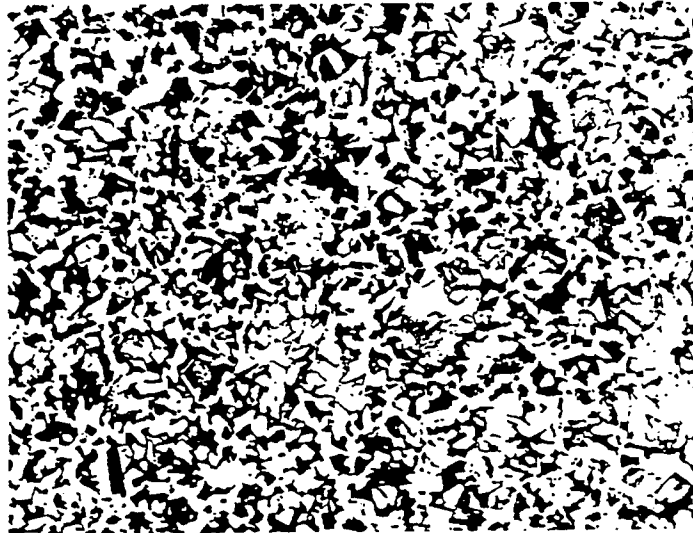
Probenlage: 8 mm unterhalb der Oberfläche



Austenitisierungstemperatur in °C (-dauer 0,5 h, Luftabkühlung)

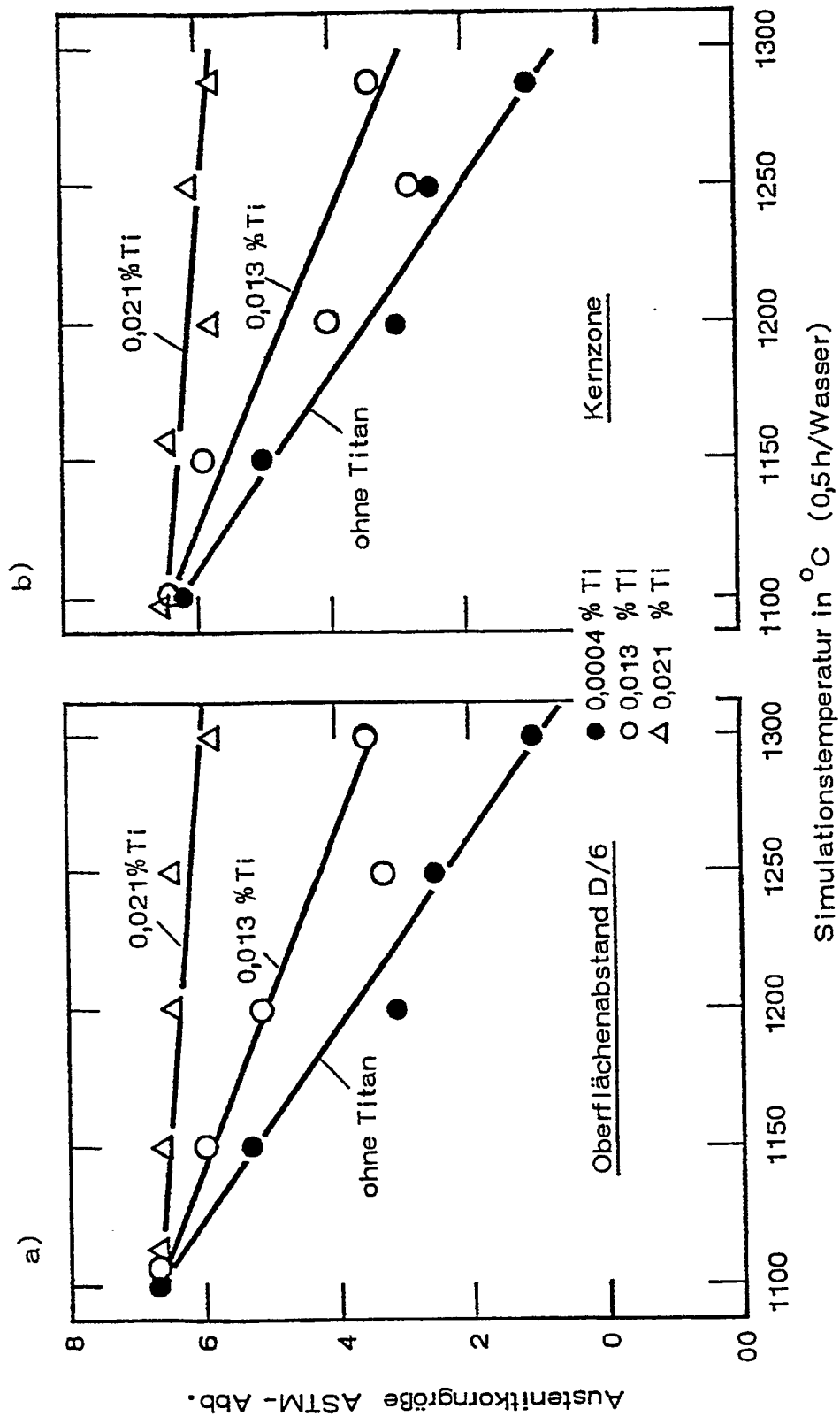
Bild 2

Stahl G: Gefüge im Kern von 50 mm Ø nach der Behandlung
1300 °C 0,5 h/Luft



V = 100:1

Bild 3



Korngröße von Stählen nach Anspruch 4, ohne und mit Titan

Abmessung: 50 mm Durchmesser