

12 **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

21 Anmeldenummer: **87101123.5**

51 Int. Cl. 4: **C21D 8/04**, **C22C 38/14**

22 Anmeldetag: **27.01.87**

30 Priorität: **06.02.86 DE 3603691**

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
12.08.87 Patentblatt 87/33

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

71 Anmelder: **Hoesch Stahl Aktiengesellschaft**
Rheinische Strasse 173
D-4600 Dortmund 1(DE)

72 Erfinder: **Drewes, Ernst Jürgen, Dr.**
Niederhofener Kohlenweg 72
D-4600 Dortmund 30(DE)
Erfinder: **Engl, Bernhard, Dr.**
Helenenbergweg 16
D-4600 Dortmund 50(DE)
Erfinder: **Horn, Klaus Dieter**
Stiegenweg 52
D-4600 Dortmund(DE)

54 **Alterungsfreier Bandstahl.**

57 Die Erfindung besteht in der Verwendung eines kaltgewalzten Bandstahles, der eine chemische Zusammensetzung von

0,015 bis 0,040 % C

max. 0,20 % Si

max. 0,40 % Mn

max. 0,030 % P

0,02 bis 0,05 % S

max. 0,1 % Al

max. 0,01 % N und

einen Titangehalt von

$$\left(\frac{96}{32} \% S + \frac{48}{12} (\% C - \frac{12}{32} \% S) + \frac{48}{14} \% N \right)$$

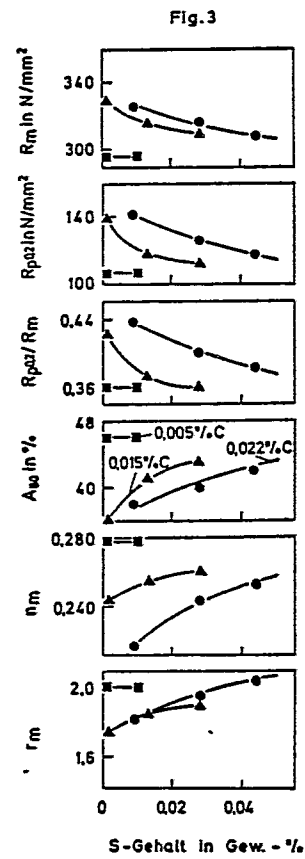
bis 0,4 % zur vollständigen Abbindung der im flüssigen Stahl enthaltenen Elemente Stickstoff, Schwefel und Kohlenstoff,

Rest Eisen und erschmelzungsbedingte Verunreinigungen

aufweist und im geglühten, nicht dressierten Zustand eine Streckgrenze von weniger als 150 N/mm², einen Kennwert der senkrechten Anisotropie (r_m) von mehr als 1,7, eine Bruchdehnung (A_{80}) von mehr als 38 % und einen mittleren Verfestigungsexponenten (n_m) von mehr als 0,22 aufweist, als Werkstoff für alterungsfreie

EP 0 231 864 A2

Bleche mit hervorragender Kaltumformbarkeit.



Alterungsfreier Bandstahl

Die Erfindung betrifft die Verwendung eines kaltgewalzten Bandstahles als Werkstoff für alterungsfreie Bleche mit hervorragender Kaltumformbarkeit.

Zur Erzielung besonders guter mechan. Eigenschaften, insbesondere eines hohen Wertes der senkrechten Anisotropie r_m für Tiefziehbeanspruchungen und eines hohen Verfestigungsexponenten n_m bei Streckziehvorgängen von kaltgewalztem Bandstahl wurden die sog. IF -(= interstitial free) -Stähle entwickelt, vgl. "Werkstoffkunde der gebräuchlichen Stähle", Teil 1, S. 253, Verlag Stahleisen 1977. In diesen sind die störenden Elemente C und N durch einen Zusatz von Titan oder Niob stabil abgebunden.

Im einzelnen ist aus der EP-PS 120 976 ein Ti-haltiger Tiefziehstahl bekannt, der sehr niedrige Kohlenstoffgehalte (0,004 %) aufweist, weil bei hohem Kohlenstoffgehalt das kaltgewalzte Blech hohe Streckgrenzen, niedrige Dehnungen und niedrige r -Werte aufweist, und daß dementsprechend der Kohlenstoffgehalt auf max. 0,015 % zu begrenzen ist. In gleicher Weise wird in der DE-OS 32 34 574 darauf hingewiesen, daß die Menge des im Stahl gebildeten Titankarbides ansteigt, wenn Kohlenstoff in Mengen über 0,015 % enthalten ist, was zu einer beträchtlichen Anhebung der Rekristallisationstemperatur der erhaltenen Bänder führt, weshalb der Kohlenstoffgehalt auf höchstens 0,015 % zu begrenzen ist. Auch nach dem in der US-PS 36 07 456 beschriebenen Verfahren zur Herstellung eines Tiefziehstahles darf bei einem Titangehalt von 0,15 bis 0,30 % der Kohlenstoffgehalt nicht höher als 0,020, vorzugsweise 0,010 % sein. Darüber hinaus darf der Schwefelgehalt dieses bekannten Tiefziehstahles nicht höher als 0,030 % liegen.

Ein Stahl mit ausgezeichneter Umformbarkeit ist nach der US-PS 3 522 110 nur dann herstellbar, wenn der Kohlenstoffgehalt bei Ti-Gehalten von 0,02 bis 0,5 % auf max. 0,02 % C begrenzt wird. Zur Erreichung dieses Zieles wird eine Vakuummentgasungsbehandlung vorgeschlagen. Des weiteren wird auch in der US-PS 1 192 794 eine Begrenzung des Kohlenstoffgehaltes auf 0,02 % unter Anwendung einer Vakuummentgasung gefordert.

Auch in der US 3 138 078 muß bei einem Stahl mit 0,05 bis 0,20 % Titan der Kohlenstoffgehalt mittels Vakuummentgasung auf weniger als 0,02 % eingestellt werden und ist darüber hinaus der Schwefelgehalt auf weniger als 0,02 % zu begrenzen.

Zusammenfassend ist dem Stand der Technik zu entnehmen, daß zur Erzielung der gewünschten, hervorragenden Umformeigenschaften, nämlich insbesondere

- eines hohen Wertes der senkrechten Anisotropie
- eines hohen Wertes des Verfestigungsexponenten
- einer niedrigen Dehngrenze und
- hoher Bruchdehnungswerte

des Stahles sehr niedrige Kohlenstoffgehalte vorausgesetzt werden und Schwefel als schädlich für diese Eigenschaften angesehen wird. Zur Erzielung der gewünschten niedrigen Kohlenstoffgehalte wird daher nach dem Stand der Technik vorzugsweise eine Vakuummentgasung vorgesehen, was einerseits den Herstellungsaufwand erhöht, und andererseits nicht alle Stahlhersteller über eine entsprechend große Vakuum-Behandlungskapazität verfügen. Die Absenkung des Schwefelgehaltes macht darüber hinaus besondere Entschwefelungsverfahren erforderlich, wodurch ebenfalls der Herstellungsaufwand erhöht wird.

Ausgehend von dem dargestellten Stand der Technik liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, einen Stahl als Werkstoff für alterungsfreie Bleche mit hervorragender Kaltumformbarkeit anzugeben, der nichts desto weniger ohne erhöhten Aufwand, d. h. insbesondere ohne Anwendung eines Vakuummentgasungsverfahrens herstellbar ist.

Zur Lösung dieser Aufgabe wird ein Stahl vorgeschlagen, der eine chemische Zusammensetzung von

	0,015 bis 0,040 % C
	max. 0,20 % Si
5	max. 0,40 % Mn
	max. 0,030 % P
	0,02 bis 0,05 % S
10	max. 0,01 % Al
	max. 0,01 % N und
	einen Titangehalt von
15	$\left(\frac{96}{32} \% S + \frac{48}{12} (\% C - \frac{12}{32} \% S) + \frac{48}{14} \% N \right)$

bis 0,4 % zur vollständigen Abbindung der im flüssigen Stahl enthaltenen Elemente Stickstoff, Schwefel und Kohlenstoff,

20 Rest Eisen und erschmelzungsbedingte Verunreinigungen

aufweist und im geglühten, nicht dressierten Zustand eine Streckgrenze von weniger als 150 N/mm², einen Kennwert der senkrechten Anisotropie (r_m) von mehr als 1,7, eine Bruchdehnung (A_{80}) von mehr als 38 % und einen mittleren Verfestigungsexponenten (n_m) von mehr als 0,22 aufweist. Weitere bevorzugte Ausführungsformen ergeben sich aus den Unteransprüchen sowie den nachfolgenden Ausführungsbeispielen.

Der Vorteil der erfindungsgemäß vorgeschlagenen Verwendung ist insbesondere darin zu sehen, daß der erfindungsgemäße Stahl mehr Kohlenstoff enthält als nach dem Stand der Technik vorausgesetzt und z. B. für einen hervorragend kaltverformbaren Stahl zugelassen wird, so daß auf einen aufwendigen 30 Verfahrensschritt bei der Herstellung von alterungsfreien Blechen mit hervorragender Kaltumformbarkeit, insbesondere auf die Anwendung einer Vakuumbehandlung zur Kohlenstoffreduzierung verzichtet werden kann. Darüber hinaus enthält der Stahl erfindungsgemäß einen erhöhten Schwefelgehalt, so daß in gleicher Weise auf eine aufwendige Entschwefelungsbehandlung verzichtet werden kann. Durch die Kombination 35 des erhöhten Kohlenstoffgehaltes mit einem erhöhten Schwefelgehalt in Verbindung mit dem vorgeschlagenen Titangehalt werden schließlich mechanische Eigenschaftswerte des vorgeschlagenen Stahles erzielt, die ihn in besonderer Weise für den vorgeschlagenen Verwendungszweck geeignet machen.

Die erfindungsgemäße Verwendung des vorgeschlagenen Stahles ist nachfolgend im Vergleich mit einem Stahl gemäß dem Stand der Technik näher erläutert.

40 Es wurden die in der nachfolgenden Tabelle aufgeführten Stähle 1 bis 6 in einem Sauerstoffblasverfahren geschmolzen und im Strang zu Brammen gegossen. Die Brammen wurden erwärmt und in einer Warmbandstraße zu Warmband ausgewalzt, aufgehaspelt, gebeizt, kaltgewalzt und im Labor geglüht, jedoch nicht dressiert. Die Stähle 7 bis 14 wurden im Labor erschmolzen, gewalzt, geglüht und ebenfalls nicht dressiert.

45 Bekannterweise ändern sich allgemein die Werte durch das Dressieren, welches auch bei IF-Stählen zur Verbesserung der Planheit und zur Übertragung der Rauheit mit Dressiergraden unter 1 % angewendet wird. Geglüht wurden die Stähle 1 bis 3 kontinuierlich in einem Durchlaufglühofen und die Stähle 4 bis 6 diskontinuierlich im Haubenofen.

Im einzelnen sind die Werte der chemischen Zusammensetzung und der mechanischen Eigenschaften in der Tabelle 1 zusammengefaßt.

50 Wie aus der Diagrammdarstellung in Fig. 1 hervorgeht, weist der Stahl 1 -mit niedrigem C-Gehalt und S-Gehalt nach dem Stand der Technik -mechanische Eigenschaften -gemessen im Zugversuch -auf, die für eine hervorragende Kaltumformbarkeit sprechen, d. h. die Dehngrenze ($R_{p0.2}$) und das Streckgrenzverhältnis ($R_{p0.2}/R_m$) sind niedrig, während die Bruchdehnung (A_{80}) der Verfestigungsexponenten (n_m) und der Kennwert der senkrechten Anisotropie (r_m) hoch sind.

Der Stahl 2 weist einen erhöhten Kohlenstoff -mit 0,025 % bei immer noch verhältnismäßig niedrigem S-Gehalt von 0,14 % auf. Ein solcher erhöhter C-Gehalt ergibt sich bei der Stahlherstellung nach dem Sauerstoffblasverfahren ohne Anwendung einer zusätzlichen Vakuumbehandlung. Die Eigenschaften des Stahles 2 sind gegenüber dem Stahl 1 -wie im Stand der Technik festgestellt -deutlich verschlechtert, und zwar mit einer Zugfestigkeit von 341 N/mm², einer Drehgrenze von 150 N/mm², einem Streckgrenzenverhältnis von 0,44, einer Bruchdehnung A₈₀ von 34 %, einem mittl. Verfestigungsexponenten von 0,228 und einem Kennwert der senkrechten mittl. Anisotropie von 1,7.

Der Stahl 3 weist gemäß der Erfindung bei einem auf 0,025 % erhöhten C-Gehalt, wie er sich ohne Anwendung einer Vakuumbehandlung ergibt, einen ebenfalls gezielt erhöhten S-Gehalt von 0,028 % auf. Die mechanischen Eigenschaften dieses erfindungsgemäßen, nicht vakuumbehandelten Stahles 3 sind, wie sich aus Fig. 1 ergibt, hervorragend und mit denen des vakuumbehandelten Stahles 1 vergleichbar. Das Gefüge des erfindungsgemäßen Stahles besteht aus Ferrit mit einer für einen Tiefziehstahl typischen Korngröße von rd. 15 µm und gleicht damit dem Gefüge des Stahles 1 nach dem Stand der Technik.

Die Stähle 4 bis 6 wurden diskontinuierlich einer Haubenglühung unterworfen. Das Verhalten dieser Stähle bezüglich der mechanischen Eigenschaften ist sehr ähnlich wie der Stähle 1 bis 3. Die mechanischen Eigenschaften des Stahles 4 mit dem nach bisherigem Erkenntnisstand erforderlichen niedrigen C-Gehalt sind hervorragend.

Der Stahl 5 mit einem auf 0,018 % erhöhten C-Gehalt infolge der Einsparung einer Vakuumbehandlung zeigt, wie in Fig. 2 dargestellt, deutlich verschlechterte mechanische Eigenschaften mit einer Zugfestigkeit von 330 N/mm², einer Dehngrenze R_{p0,2} von 136 N/mm², einem Streckgrenzenverhältnis von 0,41, einer Bruchdehnung A₈₀ von 38 %, einem mittleren Verfestigungsexponenten n_m von 0,239 und einem Kennwert der senkrechten Anisotropie r_m von 1,70 auf. Der erfindungsgemäße Stahl 6 weist infolge der Einsparung einer Vakuumbehandlung einen auf 0,023 % erhöhten C-Gehalt und den gezielt erhöhten Schwefelgehalt von 0,028 % nach der Erfindung auf. Die hervorragenden Eigenschaften sind mit denen des vakuumbehandelten Stahles 4 vergleichbar.

In Fig. 3 ist die Wirkung des zunehmenden Gehaltes an Schwefel bei einem unterschiedlichem Niveau an Kohlenstoff auf die mechanischen Eigenschaften anhand der Stähle 7 bis 14 dargestellt. Aus der graphischen Darstellung ist deutlich ersichtlich, daß bei einer Erhöhung des Kohlenstoffgehaltes von 0,005 über 0,015 auf 0,022 %, z. B. durch eine Einsparung einer Vakuumbehandlung, bei niedrigem Schwefelgehalt, z. B. wie nach dem heutigen Stand der Technik üblich unter 0,02 % S, die Eigenschaften des Tiefziehstahles deutlich verschlechtert werden. Erst durch die erfindungsgemäße, gezielte Erhöhung des Schwefelgehaltes auf Werte oberhalb von 0,02 % sind bei einem auf mehr als 0,015 % erhöhten Kohlenstoffgehalt Eigenschaftsverbesserungen zu erzielen, die zu den gewünschten Werten hervorragender Kaltumformbarkeit führen.

Ansprüche

1. Verwendung eines kaltgewalzten Bandstahles, der eine chemische Zusammensetzung von

0,015 bis 0,040 % C

max. 0,20 % Si

max. 0,40 % Mn

max. 0,030 % P

0,02 bis 0,05 % S

max. 0,1 % Al

max. 0,01 % N und

einen Titangehalt von

$$\left(\frac{96}{32} \% S + \frac{48}{12} (\% C - \frac{12}{32} \% S) + \frac{48}{14} \% N \right)$$

bis 0,4 % zur vollständigen Abbindung der im flüssigen Stahl enthaltenen Elemente Stickstoff, Schwefel und Kohlenstoff,

Rest Eisen und erschmelzungsbedingte Verunreinigungen

- 5 aufweist und im geglähten, nicht dressierten Zustand eine Streckgrenze von weniger als 150 N/mm², einen Kennwert der senkrechten Anisotropie (r_m) von mehr als 1,7, eine Bruchdehnung (A_{80}) von mehr als 38 % und einen mittleren Verfestigungsexponenten (n_m) von mehr als 0,22 aufweist, als Werkstoff für alterungs-
- 10 freie Bleche mit hervorragender Kaltumformbarkeit.
2. Verwendung eines Stahles nach Anspruch 1 mit einem Kohlenstoffgehalt von 0,020 bis 0,040 % für den Zweck nach Anspruch 1.
3. Verwendung eines Stahles nach Anspruch 1 mit einem Schwefelgehalt von 0,03 bis 0,05 % für den Zweck nach Anspruch 1.
4. Verwendung eines Stahles nach Anspruch 1 mit einem Schwefelgehalt von ($\frac{4}{3}$ % C) bis 0,05 % für den Zweck nach Anspruch 1.
5. Verwendung eines Stahles nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei der Stahl nach dem Kaltwalzen
- 15 kontinuierlich gegläht wird.
6. Verwendung eines Stahles nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei der kaltgewalzte und kontinuierlich geglähte Stahl unmittelbar anschließend in einem Schmelzbad metallisch beschichtet wird.
7. Verwendung eines Stahles nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei der Stahl nach dem Kaltwalzen nach dem Haubenglühverfahren gegläht wird.

20

25

30

35

40

45

50

55

Fig. 1

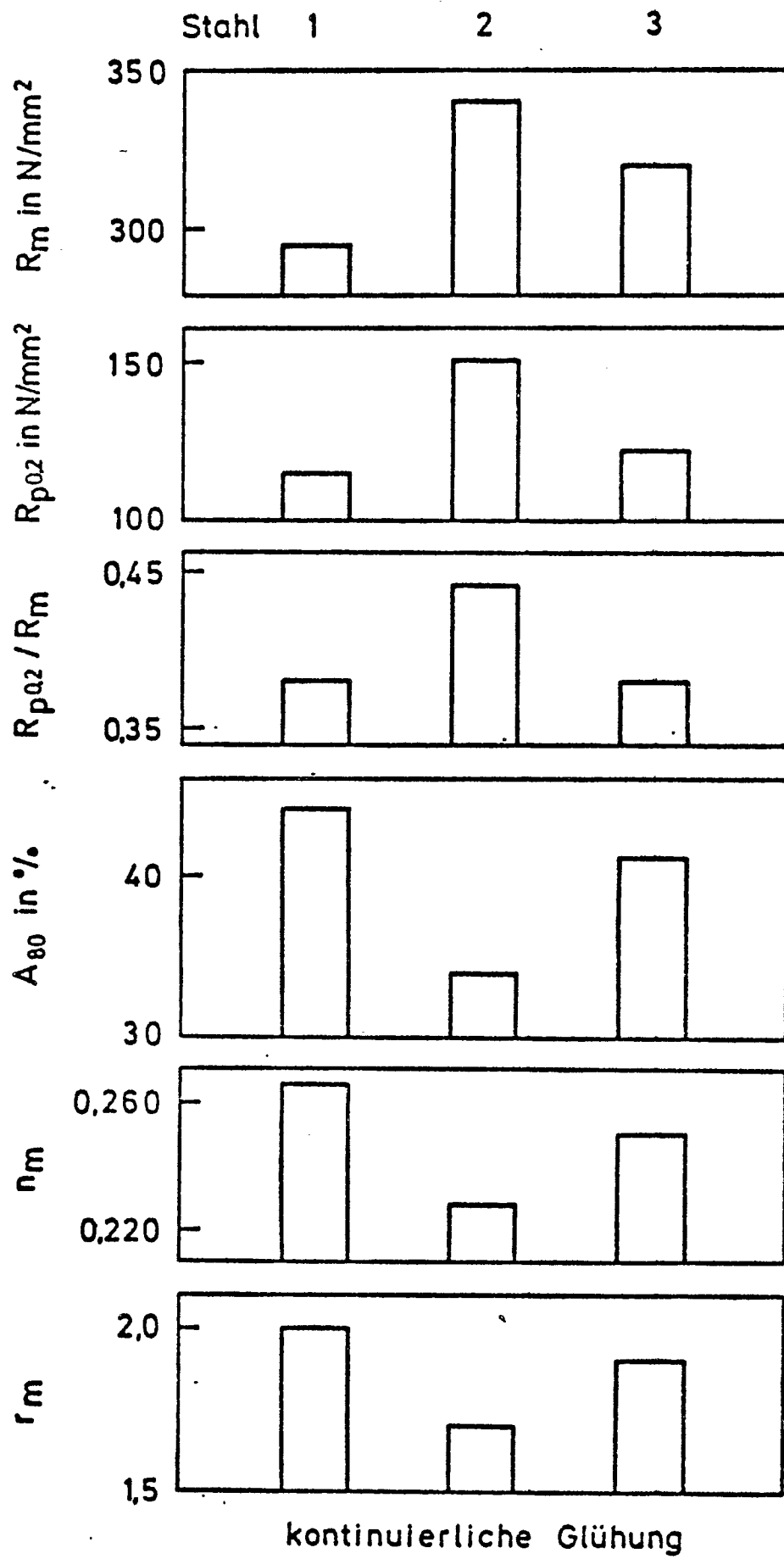


Fig. 2

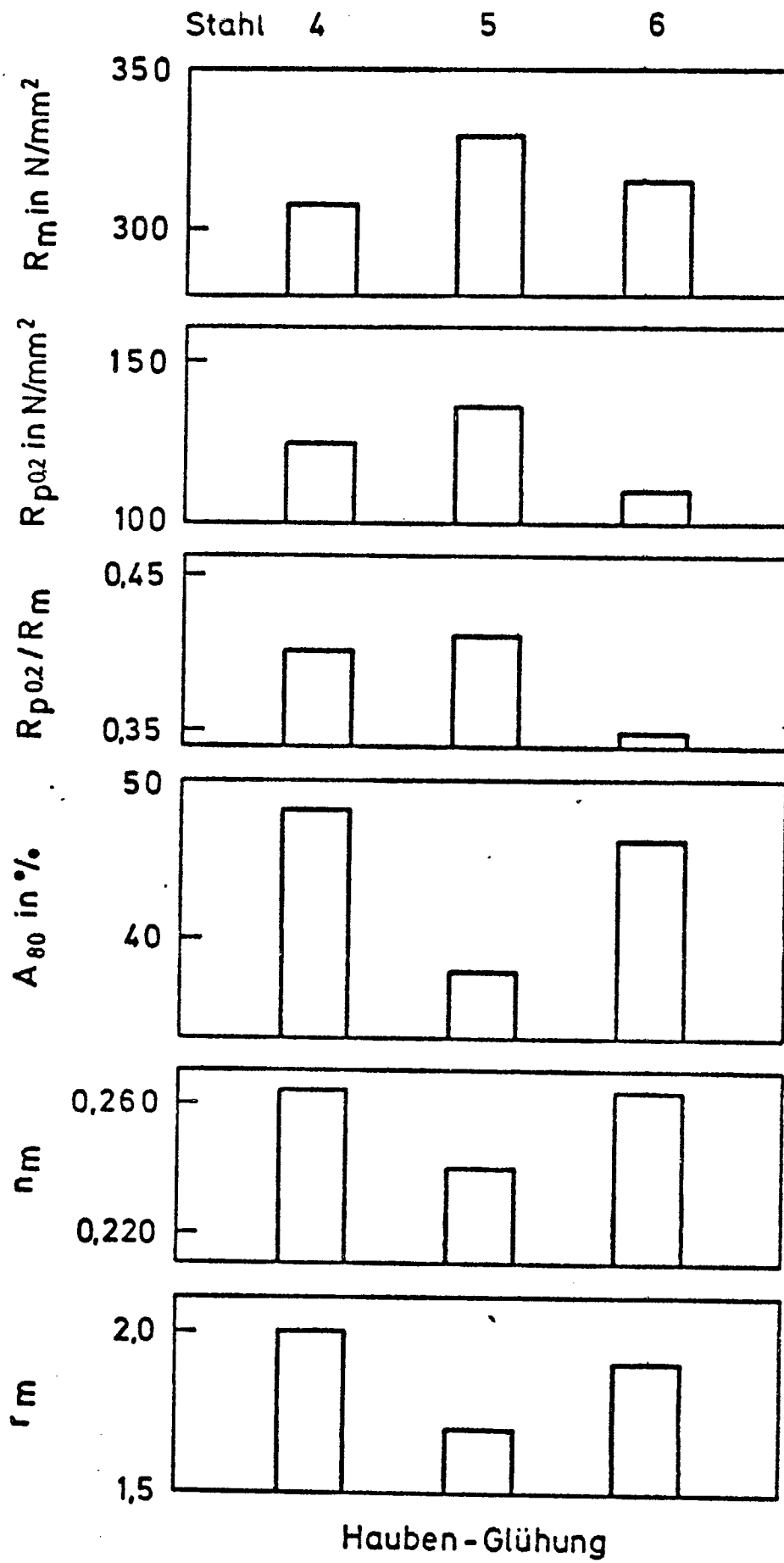


Fig. 3

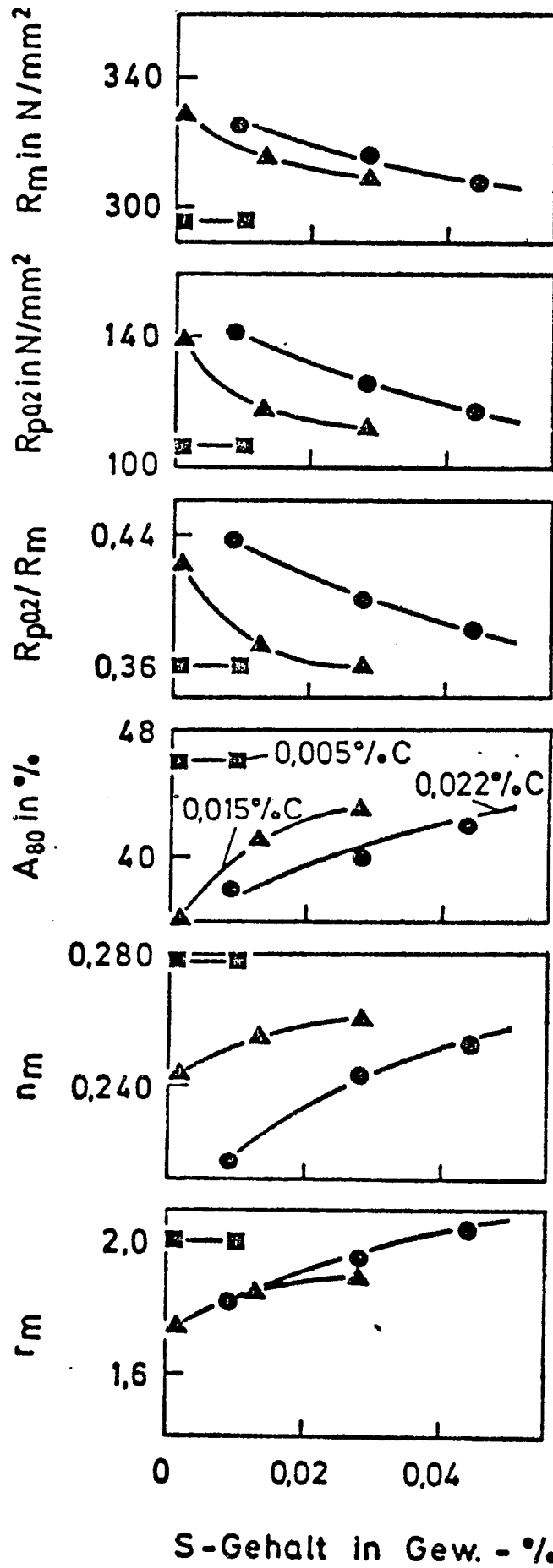


Tabelle 1

Stahl	Fig.	C	Si	Mn	P	S	Al	N	Ti	R _{p0.2}	R _m	$\frac{R_{p0.2}}{R_m}$	A ₈₀	n _m	r _m
		Gew. %											N/mm ²	%	-
1	1	.010	.01	.15	.008	.014	.04	.003	.150	114	297	.38	44	.266	2.00
2		.025	.01	.15	.008	.014	.04	.003	.220	150	341	.44	34	.228	1.70
3		.025	.01	.15	.006	.028	.04	.003	.225	123	320	.38	41	.250	1.90
4	2	.009	.01	.17	.006	.011	.04	.004	.098	124	308	.40	48	.264	2.00
5		.018	.06	.07	.010	.011	.05	.005	.197	136	330	.41	38	.239	1.70
6		.023	.03	.09	.009	.028	.05	.004	.217	110	316	.35	46	.264	1.90
7	3	.005	.01	.15	.006	.001	.04	.004	.074	107	296	.36	46	.278	2.02
8		.005	.01	.15	.007	.010	.03	.004	.073	107	296	.36	46	.278	2.02
9		.015	.01	.15	.007	.001	.04	.004	.111	140	330	.42	36	.243	1.75
10		.015	.01	.15	.008	.013	.04	.003	.146	116	317	.37	41	.254	1.86
11		.015	.01	.15	.008	.028	.03	.003	.185	112	310	.36	43	.261	1.92
12		.022	.01	.02	.007	.009	.02	.004	.114	143	326	.44	38	.216	1.83
13		.022	.01	.02	.005	.028	.03	.004	.135	126	317	.40	40	.243	1.97
14		.022	.01	.02	.006	.014	.02	.004	.164	118	308	.38	42	.252	2.06