

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 1 152 065 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:

07.11.2001 Patentblatt 2001/45

(51) Int Cl.7: **C21D 8/00**, C21D 6/00

// C22C38/40

(21) Anmeldenummer: **01110579.8**

(22) Anmeldetag: **30.04.2001**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE TR**

Benannte Erstreckungsstaaten:

AL LT LV MK RO SI

(30) Priorität: **02.05.2000 DE 10021323**

(71) Anmelder: **Erkel, Klaus-Peter, Dr.
01189 Dresden (DE)**

(72) Erfinder:

- **Erkel, Klaus-Peter, Dr.
01189 Dresden (DE)**
- **Kawalla, Rudolf, Prof. Dr.-Ing.
09627 Bobritzsch (DE)**
- **Riedel, Gerd, Dr.
01277 Dresden (DE)**

(74) Vertreter: **Heyner, Klaus, Dr.-Ing.
Mittelweg 1h
01728 Bannewitz/Dresden (DE)**

(54) **Verfahren zur Herstellung höherfester nichtrostender austenitischer Stähle**

(57) Die Erfindung bezieht sich auf die Herstellung von nichtrostenden Baustählen der austenitischen Klasse, die in einem breiten Erzeugnis-Sortiment als Stäbe, Drähte, Rohre, Bleche, Bänder oder Schmiedestücke hergestellt werden.

Es wurde ein Verfahren entwickelt, mit dem höherfeste austenitische Stähle, insbesondere nichtrostende austenitische Stähle bekannter chemischer Zusammensetzung, z.B. nach DIN EN 10088 T 1 - 3, 1985,

Nichtrostende Stähle, hergestellt werden können, die gegenüber dem klassischen Lieferzustand AS (Lösungsgeglüht) deutlich erhöhte Werte bezüglich Dehngrenze und Zugfestigkeit bei guten Zähigkeitseigenschaften aufweisen. Dieses Verfahren ist dadurch gekennzeichnet, daß die Stähle bei Umformtemperaturen unter der Lösungsgeglühtemperatur (1000°C) gewalzt oder geschmiedet werden und durch schnelle Abkühlung an Luft und/oder Wasser ein sehr feines, in der Regel nicht rekristallisiertes Gefüge entsteht.

EP 1 152 065 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf die Herstellung von nichtrostenden Baustählen der austenitischen Klasse, die in einem breiten Erzeugnis-Sortiment als Stäbe, Drähte, Rohre, Bleche, Bänder oder Schmiedestücke hergestellt werden.

[0002] Die bestimmungsgemäßen Eigenschaften, wie höhere Dehngrenzen und Zugfestigkeit bei guten Zähigkeitseigenschaften, nämlich Bruchdehnung und Einschnürung sowie Schlagarbeit sollen durch thermomechanische Behandlung aus der Umformwärme, ohne weitere Wärmebehandlung, erreicht werden.

[0003] Aus der Literatur (Autorenkollektiv: Nichtrostende Stähle, Verlag Stahleisen mbH Düsseldorf, 1989; Jänicke, W., Dahl, W. u.a.: Werkstoffkunde Stahl, Bd. 2, D 13: Nichtrostende Stähle S. 385- 424, Verlag Stahleisen mbH Düsseldorf; Mittag, H., Skuin, K., Erkel, K.P.: Stahlberatung, Freiberg 13 (1986) 3 S. 2- 6; DIN EN 10088 T 1 - 3 (1995): Nichtrostende Stähle) ist seit langem bekannt, daß klassische austenitische Standardstähle neben ausgezeichneten Zähigkeitseigenschaften nur relativ niedrige Festigkeitseigenschaften aufweisen.

In den letzten Jahrzehnten wurde versucht, durch Stickstoffzugabe die Festigkeitseigenschaften anzuheben.

Trotzdem liegen die Festigkeitseigenschaften noch weit unter denen der nichtrostenden martensitischen oder austenitisch-ferritischen Stähle.

[0004] Wegen ihrer hohen Kaltverfestigungsneigung kann man die Festigkeitseigenschaften natürlich auch durch Kaltumformen (Ziehen, Kaltwalzen, Recken) nach dem Warmwalzen und anschließenden Lösungsglühen und Abschrecken erhöhen.

[0005] Diese Eigenschaftsverbesserung wird in großen Umfang angewandt, ist aber mit hohem Arbeits- und Kostenaufwand verbunden.

[0006] Aufgabe der Erfindung ist es, höherfeste nichtrostende austenitische Stähle herzustellen, die gegenüber dem klassischen Lieferzustand AS (lösungsgelüht) eine deutlich erhöhte Dehngrenze sowie Zugfestigkeit bei guten Zähigkeitseigenschaften aufweisen.

[0007] Eine erfindungsgemäße Lösung dieser Aufgabe ist in Anspruch 1 angegeben. Weitere Angaben zur Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

[0008] Bei einigen Untersuchungen in der Vergangenheit wurde gefunden, daß beim Warmumformen austenitischer nichtrostender Stähle in Abhängigkeit von der Umformtemperatur unterschiedliche Festigkeits- und Zähigkeitseigenschaften auftreten, die technisch aber nicht ausgenutzt werden, da der klassische Lieferzustand AS (lösungsgelüht oder abgeschreckt) nach wie vor Hauptlieferzustand dieser Stahlgruppe ist, vgl. Rohloff, H.: Untersuchungen über den Einfluß einer "kontrollierten Warmumformung" auf die mechanischen Eigenschaften von austenitischen Chrom-Nickel-Stählen, Abschlußbericht 6210 - 82 BFI Düsseldorf 1981; Erkel, K.P.: Wärmebehandlung austenitischer CrNi(Mo, Ti)-Stähle aus der Walzhitze (unveröffentlicht) Q.-Bericht 12/1992 SEW-Freital.

[0009] So fand Rohloff bei Untersuchungen zur "kontrollierten Warmumformung" mittels Warmtorsionsplastometer - also nicht durch Walz- oder Schmiedeversuche, daß mit sinkender Walzendtemperatur im Bereich von 900 bis 700°C ein deutlich erhöhte 0,2% Dehngrenze, d.h. ein Anstieg auf mehr als 400 N/mm² möglich war.

Bei 900°C und mehr konnten keine erhöhten Werte gefunden werden, sie lagen in der Größenordnung lösungsgelühter Proben.

[0010] Der Erfinder stellte dagegen durch eigene Großzahl-Untersuchung verschiedener Abmessungen austenitischer Standardstähle bei nicht kontrolliert gewalzten technischen Losen stark schwankende Festigkeits- und Zähigkeitseigenschaften im Walzzustand fest, wobei insbesondere die kleineren Querschnitte (≤ 16 mm) die wesentlich erhöhten Festigkeitseigenschaften $R_{p0,2}$ und R_m gegenüber den größeren Querschnitten (16 - 60 mm) aufwiesen. Dabei waren die Zähigkeitseigenschaften (Bruchdehnungswerte $\geq 30\%$) geringfügig erniedrigt.

Diese Festigkeitserhöhungen resultieren offenbar aus nur teilweise bzw. nicht rekristallisiertem Korn, das zudem deutlich feiner als nach Lösungsglühen ist.

[0011] Bei neuen weiterführenden Untersuchungen zum Einfluß der Walzendtemperatur im Bereich 950 bis 700°C auf die mechanischen Eigenschaften im Vergleich zum lösungsgelühten Zustand (1050°C/Wasser) wurde nun der deutliche Einfluß der Temperatur auf die

■ Festigkeitseigenschaften (0,2% - 1% Dehngrenze $R_{p0,2}/R_{p1,0}$
und Zugfestigkeit R_m)
sowie die

■ Zähigkeitseigenschaften (Bruchdehnung A_5
und Schlagarbeit A_v bei +20°C
sowie Schlagarbeit A_v bei -40°C)

quantifiziert.

[0012] Weitere Angaben zur verfahrensgemäßen Herstellung höherfester austenitischer Stähle und ihrer Eigen-

schaften ergeben sich aus der nachfolgenden ergänzenden Beschreibung des Verfahrens und der Verfahrensprodukte am Beispiel des austenitischen Standardstahls 1.4301 (X5CrNi18-10) unter Verwendung der drei Darstellungen

- Fig. 1 Festigkeitseigenschaften ($R_{p0,2}$ und R_m) des Stahles 1.4301 (X5CrNi18-10) in Abhängigkeit von der Walztemperatur bzw. Wärmebehandlung
- Fig. 2 Zähigkeitseigenschaften (A und Z) des Stahles 1.4301 (X5CrNi18-10) in Abhängigkeit von der Walztemperatur bzw. Wärmebehandlung und
- Fig. 3 Zähigkeitseigenschaften (A_v bei 20°C und -40°C) des Stahles 1.4301 (X5CrNi18-10) in Abhängigkeit von der Walztemperatur bzw. Wärmebehandlung

[0013] Die Ergebnisse wurden durch thermomechanisches Walzen von 45 mm Durchmesser in 10 Stichen auf 16 mm Durchmesser erzielt, wobei alle Proben auf 1150°C bei 30 Minuten Haltezeit erwärmt und die Walzendtemperaturen durch unterschiedliche Haltezeiten vor dem ersten Stich eingestellt wurden.

[0014] Wie aus den Fig. 1 -3 ersichtlich, ist bereits im Bereich 1000 - 900°C ein deutlicher Anstieg der Festigkeitseigenschaften vorhanden, wobei die Zähigkeitseigenschaften nur geringfügig abfallen. So wurden beim Stahl 1.4301 bei einer Walztemperatur von 900°C 0,2% Dehngrenzen von > 650 N/mm² und Zugfestigkeiten von 850 N/mm² gefunden, bei einer Bruchdehnung von 30% und Schlagarbeiten $A_{v20°C}$ von ≥ 200 J und $A_{v-40°C}$ von ≥ 180 J.

[0015] Bei einer Walzendtemperatur von 950°C erreichte die 0,2% Dehngrenze noch Werte > 500 N/mm² bei ebenfalls guten Zähigkeitseigenschaften, was die Normvorschriften für Betonstahl gemäß DIN ENV 10080, Betonbewehrungsstahl bzw. DIN 488 Betonstahl, Eigenschaften und Prüfungen erfüllen würde.

[0016] Erste Korrosionsuntersuchungen ergaben gleich gute bzw. geringfügig veränderte Korrosionseigenschaften. Beim thermomechanischen Walzen muß darauf geachtet werden, daß nur vollaustenitische Chargen (ohne δ-Ferrit) zum Einsatz kommen, da dieser im Temperaturbereich ≤ 1000°C in σ - Phase zerfallen kann, was die Korrosionsbeständigkeit und Zähigkeit deutlich verringern kann.

[0017] Damit lassen sich durch die temperaturkontrollierte Walzung (TMB) des austenitischen Standardstahles 1.4301 je nach Walzendtemperatur folgende Eigenschaften im Vergleich zum Standardlieferzustand (AS) nach DIN EN 10088-3 bzw. den Forderungen für Betonstahl nach DIN EN 10080 erreichen.

	EN 10088-3	EN 10080	Ist (TMB)
Dehngrenze $R_{p0,2}$ (N/mm ²)	≥ 190	≥ 500	350 - 900
Zugfestigkeit R_m (N/mm ²)	500 - 700	> 540	700 - 950
Bruchdehnung A (%)	≥ 45	≥ 5	40 - 20
Brucheinschnürung Z (%)	-	-	70 - 60
Schlagarbeit RT A_v (J)	≥ 100	-	270 - 170
Schlagarbeit -40°C A_v (J)	-	(≥40*)	250 - 150

*) nur für 1.4003, 14016 und 1.4462 in allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung Z30.3-6 (1998) vorgeschrieben. Austenitische Stähle gelten (zumindest im lösungsgeglühten Zustand) als kaltzäh.

Patentansprüche

- Verfahren zur Herstellung höherfester austenitischer Stähle, insbesondere nichtrostender austenitischer Stähle bekannter chemischer Zusammensetzung, z.B. nach DIN EN 10088 T 1 - 3, 1995, Nichtrostende Stähle, mit gegenüber dem klassischen Lieferzustand AS (lösungsgeglüht) deutlich erhöhter Dehngrenze und Zugfestigkeit bei guten Zähigkeitseigenschaften,
dadurch gekennzeichnet, daß die Stähle bei Umformtemperaturen unter der Lösungsgeglühtemperatur (1000 - 1100°C) gewalzt oder geschmiedet werden und durch schnelle Abkühlung an Luft und/oder Wasser ein sehr feines, in der Regel nicht rekristallisiertes Gefüge entsteht.
- Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, daß die Stähle in Abhängigkeit von der Endtemperatur bei Warmumformung und dem Querschnitt 0,2%-Dehngrenzen von 300 - 800 N/mm² und Zugfestigkeiten von 600 - 1000 N/mm² bei Bruchdehnungen von 40 - 20% und Schlagarbeiten von ≥ 150 J bei Raumtemperatur sowie ≥ 100 J bei tiefen Temperaturen aufweisen.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, daß die Stähle bevorzugt aus voll-austenitischen Chargen, ohne Anteile von δ -Ferrit, hergestellt werden und dadurch gleiche oder nur geringfügig veränderte Korrosionsbeständigkeit aufweisen.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
dadurch gekennzeichnet, daß die nach diesem Verfahren hergestellten höherfesten austenitischen Stähle keiner nachträglichen Wärmebehandlung (Lösungsglühen) unterzogen werden, da dann die bestimmungsgemäßen Eigenschaften verloren gehen.

5. Verfahren nach Anspruch 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet, daß die nach diesem Verfahren hergestellten höherfesten austenitischen Stähle aufgrund ihrer höheren Festigkeitseigenschaften für den Leichtbau Verwendung finden und Gewicht und Kosten eingespart werden können.

6. Verfahren nach Anspruch 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet, daß die nach diesem Verfahren hergestellten höherfesten austenitischen Stähle aufgrund ihrer höheren Festigkeitseigenschaften mit $R_{p0,2} \geq 500 \text{ N/mm}^2$ auch als nichtrostender, austenitischer Betonstahl - hergestellt ohne Kaltumformung - Anwendung finden.

7. Verfahren nach Anspruch 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet, daß die nach diesem Verfahren hergestellten höherfesten austenitischen Stähle aufgrund ihrer höheren Festigkeitseigenschaften als höherfestes Vormaterial für weitere Kaltumformung Verwendung finden und dadurch ein Teil der Prozeßschritte u.a. bei der Herstellung nichtrostender Federn, Schrauben, Muttern etc. eingespart wird.

FIG. 1

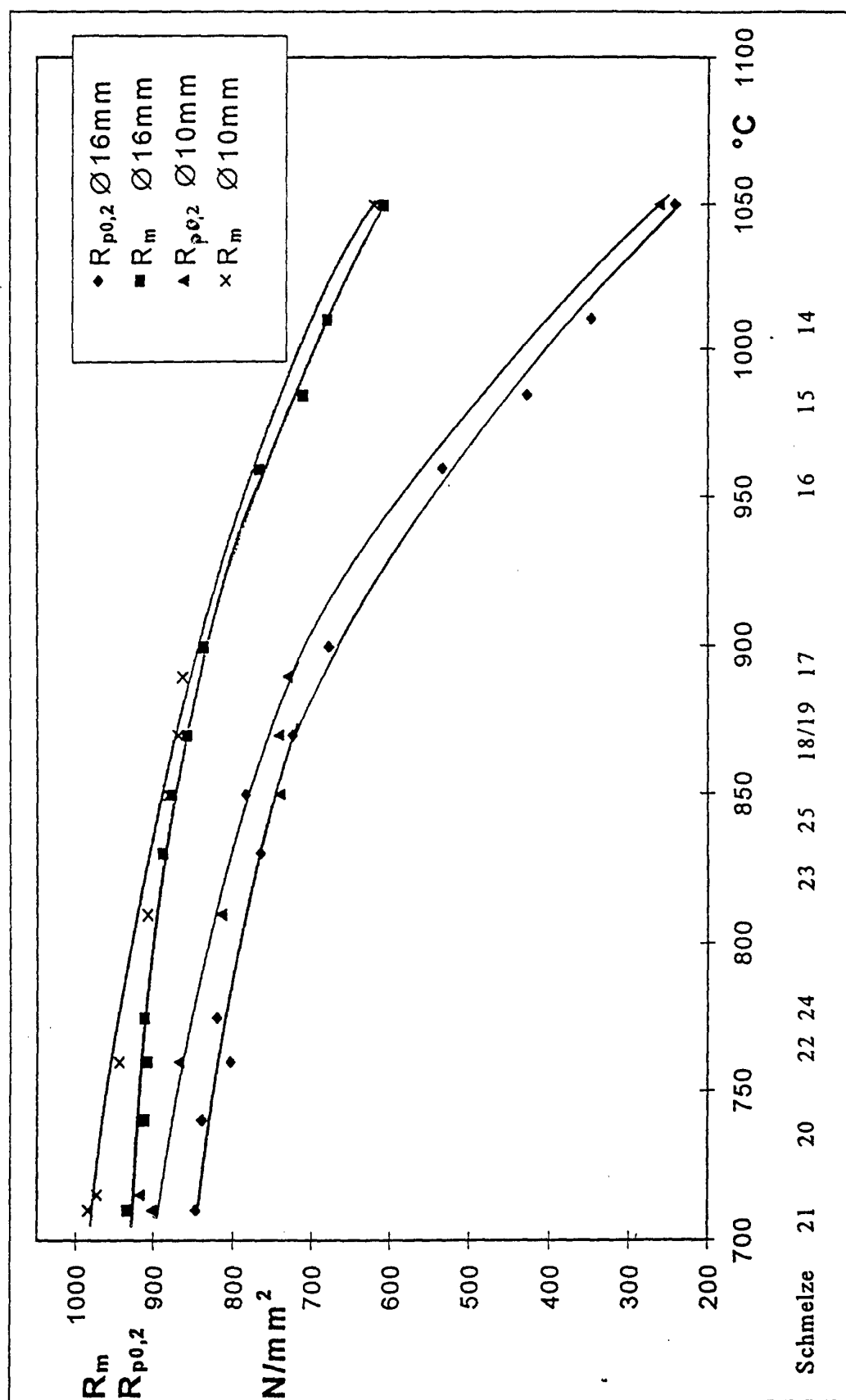


FIG. 2

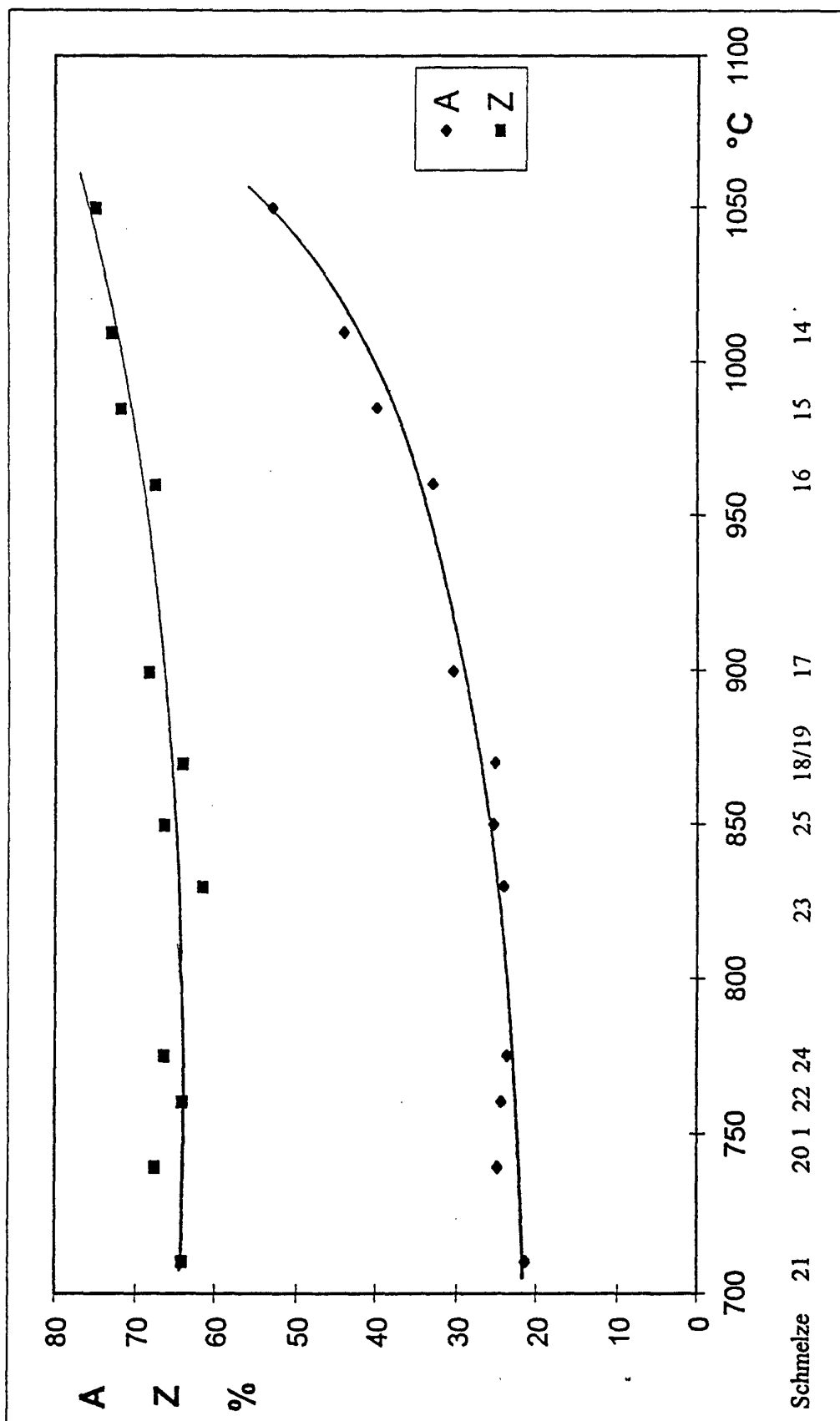


FIG. 3

