



CH 687 879 A5



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT  
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

① CH 687 879 A5

⑤ Int. Cl.<sup>6</sup>: C 22 C 038/16  
C 22 C 038/02

**Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein**  
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ **PATENTSCHRIFT** A5

<p>⑰ Gesuchsnummer: 03600/93</p> <p>⑳ Anmeldungsdatum: 01.12.1993</p> <p>㉔ Patent erteilt: 14.03.1997</p> <p>④⑤ Patentschrift veröffentlicht: 14.03.1997</p>	<p>⑦③ Inhaber: Prof. Ing.-met. CNAM Paris Max-Willy Tischhauser, 20bis, chemin de la Gradelle, 1224 Genève (CH)</p> <p>⑦② Erfinder: Tischhauser, Max-Willy, Prof. Ing.-met., Genève (CH)</p> <p>⑦④ Vertreter: E. Blum &amp; Co. Patentanwälte, Am Vorderberg 11, 8044 Zürich (CH)</p>
--	---

⑤④ **Armierungs-, Maschinen-, Apparate- und Metallbaustähle in Feinkorngüte mit stabler Korrosionsschutzschicht.**

⑤⑦ Durch Zulegierung von Kupfer, und vorzugsweise Mangan, kann bewirkt werden, dass Baustahl eine Korrosions-Schutzschicht ausbildet, die dicht, stabil und nicht porös ist und dem Stahl dadurch Korrosionsbeständigkeit verleiht. Solcher Stahl ist gewöhnlich zudem schweisssbar und kann durch Zusatz weiterer Legierungselemente sprödebruchsicher bis mindestens -40°C gemacht werden. Ferner werden Verfahren zur Herstellung solcher Stähle in normalfesten, höherfesten und hochfesten Güten sowie bevorzugte Verwendungen beschrieben.



CH 687 879 A5

**Beschreibung**

Die vorliegende Erfindung betrifft Stähle, die bei armierten Bauwerken sowie im Maschinen-, Apparate- und Metallbau Verwendung finden. Insbesondere betrifft die Erfindung Baustähle mit verbesserter Korrosionsbeständigkeit.

Armierungsstähle sowie Stähle, die im Maschinen-, Apparate- und Metallbau Verwendung finden, werden in der Folge als Baustähle bezeichnet.

Baustähle wie sie hier angesprochen sind haben üblicherweise Festigkeiten von weniger als 1000 N/mm<sup>2</sup>, meist um 500 N/mm<sup>2</sup>. Sie sollten möglichst billig sein und trotzdem in der Regel eine gewisse Korrosionsbeständigkeit aufweisen. Heute üblicherweise verwendete Armierungsstähle sind unlegierte Stähle mit einem Kohlenstoffgehalt von 0,15 bis 0,25 Gew.-% Kohlenstoff.

Im Maschinen-, Apparate- und Metallbau werden im allgemeinen Stähle mit im Mittel höherem Kohlenstoffgehalt verwendet, beispielsweise unlegierte Stähle mit Kohlenstoffgehalten von 0,08 bis 1,10 Gew.-% resp. leicht- oder mittellegierte Stähle mit Kohlenstoffgehalten von 0,020 bis 0,60 Gew.-%.

Diese Baustähle sind aber nicht ausreichend korrosionsbeständig für die meisten der heute vorherrschenden Anspruchsformen. Jährlich treten durch Korrosion z.B. von Armierungsstählen Schäden an Bauwerken auf, die nur mit grossem Aufwand behoben werden können oder zum Abbruch des Bauwerks führen, da bei einer Sanierung – sofern möglich – zuerst der Beton von den schadhaften Armierungen entfernt, diese darauf ersetzt und anschliessend abermals mit Beton, meist im Verbund mit Spezialmörtel umgeben werden müssen. Bei einer Sanierung bzw. beim abermaligen Auftrag von Beton/Spezialmörtel sind zusätzliche Spannungen innerhalb des sanierten Bauwerks kaum zu vermeiden. Die Kosten für solche Sanierungsarbeiten erreichen beispielsweise in den USA Milliardenhöhe und würden, im Falle der Sanierung aller Highway-Bauwerke z.B., das US-Brutto-Sozial-Produkt weit überschreiten.

In technologischer Hinsicht wurden schon verschiedene Versuche und Anläufe unternommen, um die Korrosion von Baustählen, insbesondere auch Armierungsstählen zu verhindern. Einerseits wurde der Einsatz sogenannt witterungsbeständiger Stähle, d.h. Stähle mit einem Kupfergehalt von 0,2 bis 0,4 Gew.-% Cu versucht, z.B. sog. Corten-Stähle. Diese Stähle haben sich aber als nicht ausreichend korrosionsbeständig erwiesen und zwar wegen der Porosität der gebildeten Korrosions-Schicht. Ein anderer Ansatz zur Lösung des Korrosionsproblems ist die Beschichtung der verwendeten Stahlteile mit Farben, metallischen Überzügen oder Überzügen aus Kunststoffen, beispielsweise Epoxidharzen. Solche Beschichtungen bieten aber keinerlei Schutz gegen Korrosion im Falle lokaler, mechanischer Beschädigung des Überzugs, z.B. bei Herstellung, Transport, Lagerung, Handhabung oder Anwendung. Deshalb müssen solche beschichtete Stahlteile absolut unbeschädigt eingesetzt werden, was bei deren Verwendung nebst Massnahmen zu deren Schutz auch grosse Sorgfalt erfordert und deshalb den Verarbeitungsprozess erheblich verlangsamt, behindert und damit verteuert, ganz abgesehen davon, dass schon die Beschichtung sehr kostenintensiv anfällt.

Aus dem Edelstahlbereich sind bereits sogenannt korrosionsbeständige Stähle bekannt. Bei diesen handelt es sich in allen Fällen fast ausschliesslich um Chrom-, Chrom-Nickel- oder Chrom-Nickel-Molybdän-Stähle. Diese sind um ein Vielfaches teurer als beschichtete Stähle und kommen deshalb als gewöhnliche Baustähle nicht in Frage. Ausserdem sind diese Stähle auch bei gewissen Umgebungs-, bzw. Korrosionsbedingungen, Arten des Korrosions-Mediums, Konzentrationen, Drücken und Temperaturen, nicht beständig und daher ungeeignet. Aus EP 198 024 ist ein chromfreier Spannstahl bekannt, dessen für einen Spannstahl wichtigen Eigenschaften, wie Festigkeit, Sprödbbruch-Sicherheit und Korrosionsbeständigkeit, durch Zulegieren diverser Elemente sowie mittels eines speziellen Verfahrens der thermomechanischen Behandlung verbessert wurden.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung war es nun im Baustahlbereich Stähle bereitzustellen, die eine, beispielsweise bei Armierungsstählen dringend angestrebte, dichte und stabile nicht poröse Korrosions-Schutzschicht, vorzugsweise bei gleichzeitiger Schweissbarkeit aufweisen und sich in den Herstellungskosten nicht wesentlich von den üblicherweise verwendeten Baustählen unterscheiden, u.a. durch Vermeidung einer bei Spannstählen bekannten thermomechanischen Behandlung.

Das Ziel wurde erreicht durch Bereitstellen von kupferhaltigen, und zu diesem Zweck leicht legierten Stählen, die unter korrosiven Bedingungen eine dichte, stabile und deshalb nicht wie bisher eine poröse, sondern eine undurchlässige Korrosions-Schutzschicht ausbilden können. Insbesondere enthalten diese erfindungsgemässen Stähle des Armierungs-, Maschinen-, Apparate- und Metallbaus ca. 1,5, bevorzugt aber ca. 2,0 Gew.-% Kupfer in gelöstem Zustand. Der Kupfergehalt ist essentiell für die Ausbildung einer dichten, stabilen und deshalb nicht porösen, undurchlässigen Korrosions-Schutzschicht und somit für eine bedeutende Anhebung der Korrosionsbeständigkeit. Ferner enthalten die Stähle des vorerwähnten Anwendungs-Bereichs vorzugsweise 1,5 bis 1,8 Gew.-% Mangan zur Verbesserung der Walzbarkeit in Gegenwart von Kupfer. In der erfindungsgemässen chemischen Zusammensetzung bewirkt Mangan aber auch eine erhebliche Kornverfeinerung, die eine zusätzliche Verbesserung der Korrosionsbeständigkeit gewährleistet, sowie eine spürbare Erniedrigung der Übergangs-Temperatur zum Sprödbbruch und somit eine erhebliche Verbesserung der Sprödbbruch-Sicherheit bei tieferen Temperaturen.

Der Kohlenstoffgehalt beträgt bevorzugt von 0,05 bis 0,2 Gew.-%. Mit abnehmendem Kohlenstoffge-

halt wird im Zusammenwirken mit den erfindungsgemässen Legierungselementen über die Feinkornbildung eine Verbesserung der Korrosionsbeständigkeit sowie der Spröbruch-Sicherheit erzielt. Daneben resultiert zudem verbesserte Schweissbarkeit.

Dank der speziellen Zusammensetzung dieser Stähle können beispielsweise Armierungsstähle im Zusammenwirken mit der Karbonatisierung des Betons eine höchst erwünschte Rauigkeit der Oberflächen-Korrosionsschicht bilden zur Verbesserung der Haftbarkeit des Betons, zumal die gebildete Korrosions-Schutzschicht sehr dicht und stabil ist und daher in ihrer Dicke gegenüber der üblichen Flächen-Korrosionsschicht sehr beschränkt bleibt, wodurch die Haftbarkeit des Betons noch gesteigert, ein Abplatzen jedoch vermieden wird.

Im Gegensatz zur bekannten Korrosionsschicht ist diejenige der erfindungsgemässen Stähle allerdings so dicht, dass korrosionswirksame Stoffe nicht durch diese Korrosions-Schutzschicht hindurchdringen können, wodurch der darunterliegende Stahl absolut korrosionsgeschützt ist und bleibt.

Durch das Zulegieren von Kupfer, in löslichen Mengen von üblicherweise max. 2,0 Gew.-%, wird gleichzeitig dessen homogene Verteilung über den ganzen Stahlquerschnitt gewährleistet. Dies bewirkt, dass sich auch eine lokale mechanische Beschädigung nicht weiter korrosionsbildend auswirken kann. Ganz im Gegenteil, denn Kupfer – wie Chrom bei korrosionsbeständigen Stählen hat eine selbstregenerierende Eigenschaft und bildet auch bei Beschädigung an der beschädigten Stelle sofort wieder eine erneute Korrosions-Schutzschicht, da Kupfer, im Gegensatz zu Beschichtungen, über den ganzen Querschnitt homogen verteilt und wirksam ist.

Durch das Zulegieren von weiteren Elementen wie Niob, Vanadium und Molybdän, bevorzugt in den unten angegebenen Mengen, sowie die gezielte Dosierung von Aluminium und Stickstoff, die in ihrem Zusammenwirken die Löslichkeit und homogene Verteilung des Kupfers über den ganzen Querschnitt gewährleisten, erhöht sich auch, über die Zugfestigkeit und eine erhöhte Fließgrenze (Streckgrenze), das sog. Streckgrenzen-Verhältnis auf über 90% und damit die Duktilitäts-Eigenschaften (Dehnung) dieser Stähle. Gleichzeitig verbessert sich damit auch zusätzlich die Spröbruch-Sicherheit dieser Stähle bis zu tiefsten Temperaturen von ca. -40°C, womit sich der sichere Anwendungsbereich dieser Stähle ganz erheblich erweitert. Um die optimalste Wirksamkeit des erfindungsgemässen Stahls hinsichtlich Korrosionsbeständigkeit, mechanischen, physikalischen und technologischen Eigenschaften zu gewährleisten, werden die zusätzlichen Legierungselemente bevorzugt gemeinsam eingesetzt und zwar gemäss Stückanalyse gesamthaft wie folgt:

Kupfer	1,50	bis	2,00	Massen-%
Kohlenstoff	0,05	bis	0,20	Massen-%
Mangan	1,50	bis	1,80	Massen-%
Silizium	0,30	bis	0,50	Massen-%
Niobium (Columbium)	0,04	bis	0,06	Massen-%
Vanadium	0,035	bis	0,05	Massen-%
Molybdän	0,30	bis	0,50	Massen-%
Aluminium	0,04	bis	0,06	Massen-%
Stickstoff	0,015	bis	0,02	Massen-%
Phosphor		<	0,03	Massen-%
Schwefel		<	0,02	Massen-%

Rest Eisen und Begleitelemente.

Durch Zulegieren der obengenannten Elemente, beispielsweise bis zu den oben als bevorzugt angegebenen Gesamtmengen, können beliebige, bekannte Normstähle zur Ausbildung einer Korrosions-Schutzschicht befähigt werden. Solche zulegierten Stähle eignen sich für die Herstellung beliebiger Stahlteile wie beispielsweise Stäbe, Profile, Bleche, Bänder, kreisförmige und eckige Rohre sowie Federn, Schrauben, Muttern und Ketten.

Die Herstellung solcher erfindungsgemässer Baustähle erfolgt vorzugsweise mit einem ebenfalls Gegenstand dieser Erfindung bildenden Verfahren.

Die oben angegebene, bevorzugte chemische Zusammensetzung ist eine stark bevorzugte Stückanalyse des zu diesem Verfahren einzusetzenden Vormaterials. Dieses Vormaterial wird durch Schmelzen und metallurgische Behandlung, bevorzugt Entschwefelung, Vakuum-/Pfannenbehandlung, auf bekannte Weise hergestellt und soll in seiner Stückanalyse die entsprechende, erfindungsgemässe Zusammensetzung aufweisen.

Der Temperatur-/Zeitverlauf zweier Varianten des erfindungsgemässen Verfahrens sind in den Figuren dargestellt.

Fig. 1 zeigt den Temperatur-/Zeit-Verlauf eines Verfahrens für die Herstellung von Baustahl normalfester Güte und

Fig. 2 zeigt den Temperatur-/Zeit-Verlauf eines Verfahrens für die Herstellung von Baustahl höherfester Güten.

5

Den Verfahren gemeinsam ist, dass das Vormaterial (Knüppel) einem normalen Walzvorgang (Bereich D) bei entsprechend normalen Walztemperaturen zwischen etwa 1150 und etwa 850°C unterzogen wird mit anschliessender ruhiger Abkühlung im Bett (Bereiche E) unter Vermeidung eines kontrollierten Walzens, bzw. einer thermomechanischen Behandlung und zwar zur Gewährleistung eines wirtschaftlich vorteilhaften Verfahrens.

10

Das Vormaterial (Knüppel) wird zuerst normal auf etwa 850°C (Bereich A), anschliessend langsamer auf ca. 1150°C (Bereich B) aufgeheizt. Während dieser Aufheizphase gehen bereits einige Legierungselemente, bsp. V, Nb in Lösung. Zum Zwecke des vollständigen Lösens der vorhandenen Legierungselemente muss der Stahl während einer Zeit, die vorzugsweise der notwendigen Lösungszeit entspricht (Bereich C), auf ca. 1150°C gehalten werden. Bei dieser Temperatur ist es möglich, eine bevorzugte Teilchengrösse von 10 bis 20 nm und eine Teilchenmenge von  $20 \times 10^6/\text{mm}^2$  zu erreichen.

15

Beim Verfahren zur Herstellung normalfester Güten (vgl. Fig. 1) wird der Stahl anschliessend im Temperaturbereich von  $1150 \pm 10^\circ\text{C}$  bis etwa 950°C einem normalen Walzvorgang (Bereich D) unterzogen.

20

Mit der erfindungsgemässen chemischen Stahlzusammensetzung lassen sich aber auch höherfeste Güten herstellen.

Das Herstellungsverfahren für höherfeste Güten unterscheidet sich von demjenigen für normalfeste Güten durch die Walztemperatur.

25

Höhere Festigkeits-Bereiche bzw. Festigkeits-Eigenschaften und damit verbesserte mechanische Eigenschaften werden erreicht, indem erfindungsgemäss bei tieferen Walztemperaturen aber oberhalb von etwa 850°C, insbesondere im Bereich von etwa 950 bis etwa 850°C, die Feinkorn- sowie Mischkristall-Verfestigungs-Wirkungen genutzt werden, die dieser chemischen Zusammensetzung inhärent und für diese kennzeichnend sind.

30

Das Abkühlen (Bereich E) von etwa 850°C bis Umgebungstemperatur kann langsam oder verzögert erfolgen, wobei durch die Verzögerung die Ausscheidungsverfestigung zusätzlich wirksam wird.

35

Es können auch hochfeste Güten erzielt werden, wenn der Stahl während des Abkühlens im Temperaturbereich von ca. 1150°C bis ca. 850°C einer für hochfeste Güten ordentlichen Walzbehandlung, in der Feinkorn- sowie Mischkristall-Verfestigungs-Wirkungen genutzt werden, unterzogen und aus der Walztemperatur auf ca. 550°C abgeschreckt wird. Ab  $550^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$  bis Umgebungstemperatur erfolgt die Abkühlung langsam, vorteilhafterweise sogar verzögert. Durch dieses Verfahren wird die Ausscheidungsverfestigung abermals verstärkt.

40

Der erfindungsgemässe Stahl findet breite Verwendung bei armierten Betonbauten sowie im Maschinen-, Apparate- und Metallbau. Speziell bevorzugte Ausführungsarten sind in den abhängigen Ansprüchen definiert.

40

#### Patentansprüche

45

1. Kupferhaltiger Baustahl, dadurch gekennzeichnet, dass er unter korrosiven Bedingungen eine stabile, nicht poröse, undurchlässige Korrosions-Schutzschicht ausbildet.

50

2. Baustahl nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass er 1,50 bis 2,0 Gew.-% Kupfer enthält.

3. Baustahl nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass er zusätzlich 1,5 bis 1,8 Gew.-% Mangan und 0,05 bis 0,20 Gew.-% Kohlenstoff enthält.

55

4. Baustahl nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass er ausserdem Niob und/oder Vanadium und/oder Molybdän enthält.

60

5. Baustahl nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass er die folgende Zusammensetzung in der Stückanalyse aufweist

65

55

60

65

	Kohlenstoff	0,05	bis	0,20	Massen-%
	Kupfer	1,50	bis	2,00	Massen-%
5	Mangan	1,50	bis	1,80	Massen-%
	Silizium	0,30	bis	0,50	Massen-%
	Niobium	0,04	bis	0,06	Massen-%
10	Vanadium	0,035	bis	0,05	Massen-%
	Molybdän	0,30	bis	0,50	Massen-%
	Aluminium	0,04	bis	0,06	Massen-%
15	Stickstoff	0,015	bis	0,02	Massen-%
	Phosphor		<	0,03	Massen-%
	Schwefel		<	0,02	Massen-%
	Rest Eisen und Begleitelemente.				

20

6. Verfahren zur Herstellung von Baustahl nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei ein Vormaterial durch Zulegieren der Legierungselemente hergestellt und anschliessend einer Behandlung unterzogen wird, welche die folgenden Schritte umfasst:

25

- a) Aufheizen auf etwa 850°C (A),
- b) weiteres, verlangsamtes Aufheizen auf 1150°C ± 10°C (B),
- c) Halten der Temperatur von 1150°C ± 10°C bis zur vollständigen Lösung der Legierungselemente (C),
- d) Abkühlen auf etwa 850°C mindestens teilweise unter Walzen (D),
- e) langsames und/oder verzögertes Abkühlen von etwa 850°C auf Raumtemperatur (E).

30

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Walzen (D) in Schritt d) im Temperaturbereich von 1150°C bis 950°C erfolgt.

8. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Walzen (D) im Temperaturbereich von 950°C bis 850°C erfolgt.

35

9. Verfahren zur Herstellung von Baustahl nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei ein Vormaterial durch Zulegieren der Legierungselemente hergestellt und anschliessend einer Behandlung unterzogen wird, welche die folgenden Schritte umfasst:

40

- a) Aufheizen auf etwa 850°C (A),
- b) weiteres, verlangsamtes Aufheizen auf 1150°C ± 10°C (B),
- c) Halten der Temperatur von 1150°C ± 10°C bis zur vollständigen Lösung der Legierungselemente (C),
- d) Abkühlen auf etwa 850°C mindestens teilweise unter Walzen (D),
- e) Abschrecken auf eine Temperatur von etwa 550°C nach dem Walzen in Schritt d),
- f) langsames und/oder verzögertes Abkühlen ab etwa 550°C auf Raumtemperatur.

45

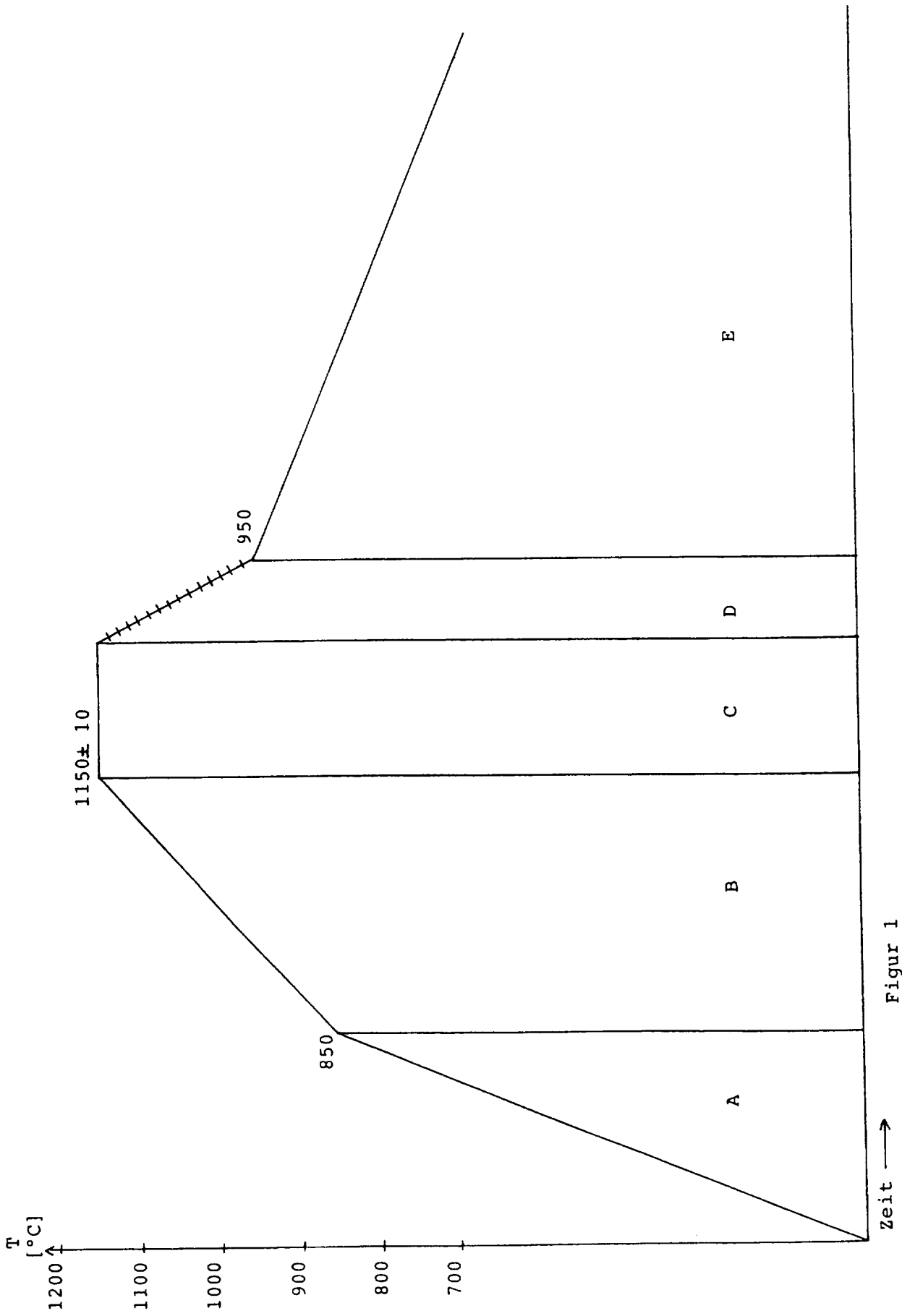
10. Verwendung des Baustahls nach einem der Ansprüche 1 bis 5 als Armierungsstahl oder als Konstruktionsmaterial im Maschinen-, Apparate- und Metallbau.

50

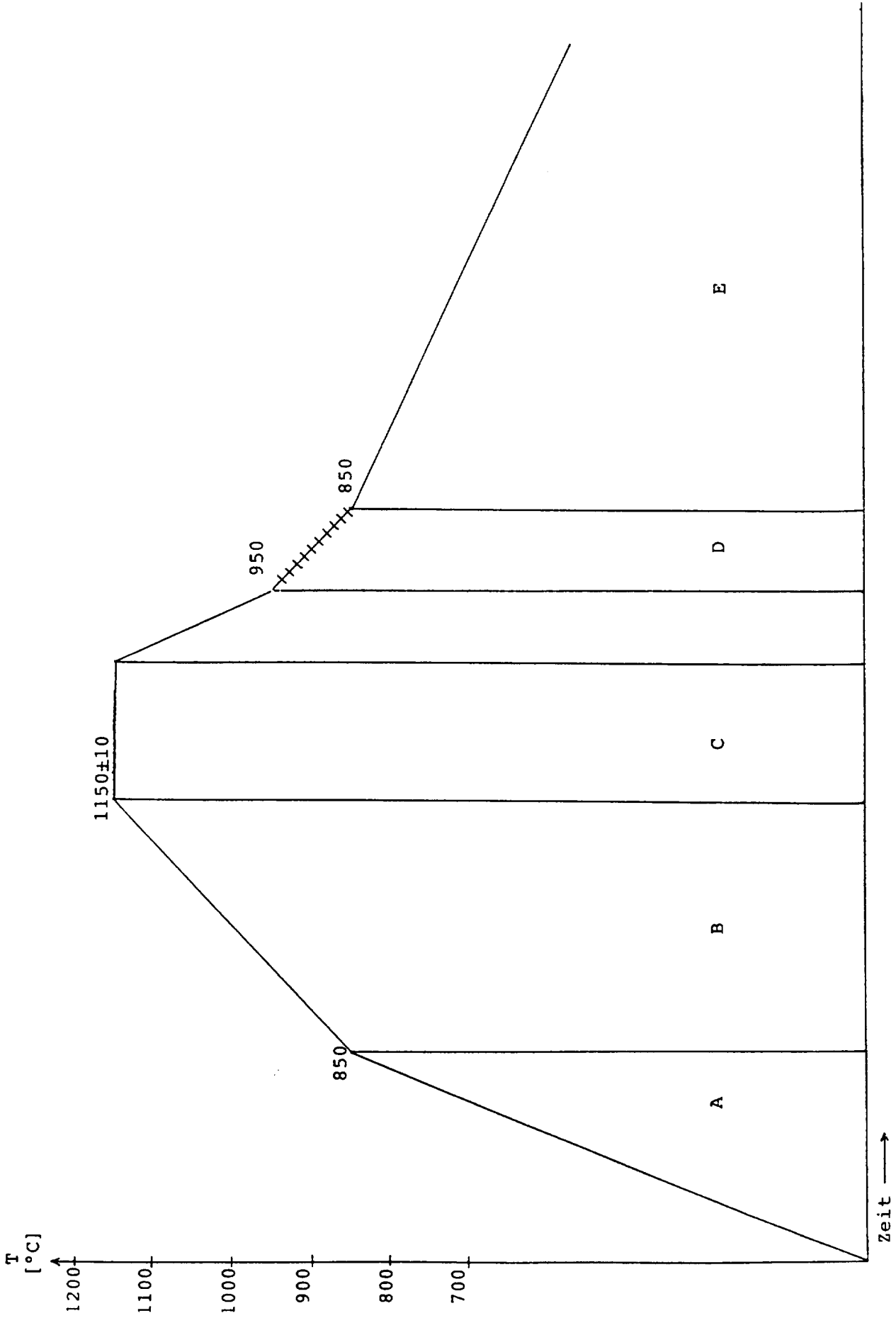
55

60

65



Figur 1



Figur 2