



**SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT**  
 BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

① **CH 675256 A5**

⑤ Int. Cl.<sup>5</sup>: **C 22 C** **19/05**  
**C 22 F** **1/10**

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

⑫ **PATENTSCHRIFT** A5

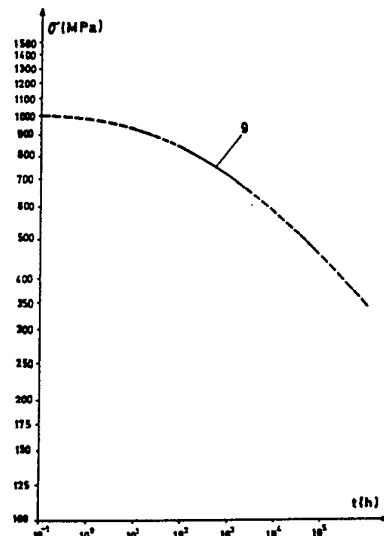
<p>⑲ Gesuchsnummer: 755/88</p> <p>⑳ Anmeldungsdatum: 02.03.1988</p> <p>㉔ Patent erteilt: 14.09.1990</p> <p>④⑤ Patentschrift veröffentlicht: 14.09.1990</p>	<p>⑦③ Inhaber:                  ASEA Brown Boveri AG, Baden</p> <p>⑦② Erfinder:                  Lawrence, Peter James, Dr., Soulbury/Bucks (GB)                  Nazmy, Mohamed Youssef, Dr., Fislisbach                  Staubli, Markus, Dottikon</p>
--	--

⑤④ **Ausscheidungshärtbare Nickelbasis-Superlegierung mit verbesserten mechanischen Eigenschaften im Temperaturbereich von 600 bis 750 °C.**

⑤⑦ Ausscheidungshärtbare Nickelbasis-Superlegierung mit verbesserten mechanischen Eigenschaften im Temperaturbereich von 600 bis 700 °C mit der nachfolgenden Zusammensetzung:

- Cr = 12 - 15 Gew.-%
- Co = 3 - 4,5 Gew.-%
- W = 1 - 3,5 Gew.-%
- Ta = 4 - 5,5 Gew.-%
- Al = 3 - 4,3 Gew.-%
- Ti = 4 - 5 Gew.-%
- Hf = 0 - 2,5 Gew.-%
- B = 0 - 0,02 Gew.-%
- Zr = 0,01 - 0,06 Gew.-%
- C = 0,05 - 0,07 Gew.-%
- Ni = Rest

In der Figur ist ein Diagramm des Kriechverhaltens eines Bauteils aus einer Legierung bei einer Temperatur von 700 °C dargestellt. (9) ist die ertragene Zugspannung in Funktion der Belastungszeit bis zum Bruch bei einer Temperatur von 700 °C.



## Beschreibung

### Technisches Gebiet

Superlegierungen auf der Basis von Nickel, welche dank ihrer hervorragenden mechanischen Eigenschaften bei hohen Temperaturen beim Bau thermisch und mechanisch hochbeanspruchter thermischer Maschinen Verwendung finden. Bevorzugte Verwendung als Schaufelwerkstoffe für Gasturbinen.

Die Erfindung bezieht sich auf die Weiterentwicklung von Nickelbasis-Superlegierungen mit Schwergewicht auf Gusslegierungen für gerichtete Erstarrung.

Insbesondere betrifft sie eine ausscheidungshärtbare Nickelbasis-Superlegierung mit verbesserten mechanischen Eigenschaften im Temperaturbereich von 600 bis 750°C.

Sie betrifft ferner ein Verfahren zur Herstellung eines Bauteils aus der ausscheidungshärtbaren Nickelbasis-Superlegierung, indem die Legierung geschmolzen, abgegossen und ihre Kristallite zu gerichteter Erstarrung gezwungen werden und daraufhin einer Wärmebehandlung unterworfen werden.

### Stand der Technik

Zum Stand der Technik wird folgende Literatur zitiert:

– Robert W. Fawley, Superalloy progress, The Superalloys p. 3–29, edited by Chester T. Sims and William C. Hagel, John Wiley and Sons, New York 1972

– Michio Yamazaki, Development of Nickel-base Superalloys for National Project in Japan, High temperature alloys for gas turbines and other applications 1986, p. 945–953, Proceedings of a conference held in Liège, Belgium, 6–9 October 1986, D. Reidel publishing company, Dordrecht.

Unter den kommerziell erhältlichen Nickelbasis-Guss-Superlegierungen wird die Legierung mit dem Handelsnamen IN 738 von INCO häufig verwendet. Sie hat die nachfolgende Zusammensetzung:

Cr = 16 Gew.-%  
Co = 8,5 Gew.-%  
W = 2,6 Gew.-%  
Mo = 1,75 Gew.-%  
Ta = 1,75 Gew.-%  
Al = 3,4 Gew.-%  
Ti = 3,4 Gew.-%  
Zr = 0,1 Gew.-%  
B = 0,01 Gew.-%  
C = 0,11 Gew.-%  
Ni = Rest

Diese Legierung genügt vielfach den an industrielle Gasturbinen gestellten Langzeitanforderungen bezüglich Kriechfestigkeit nicht. Ausserdem enthält sie nicht unbedeutende Mengen des teuren strategischen Metalls Kobalt.

Als weitere, im Gasturbinenbau verwendete kommerzielle Nickelbasis-Guss-Superlegierung ist die Legierung mit dem Handelsnamen IN 792 von INCO zu nennen. Sie hat folgende Zusammensetzung:

Cr = 12,4 Gew.-%  
Co = 9 Gew.-%  
W = 3,8 Gew.-%  
Mo = 1,9 Gew.-%  
Ta = 3,9 Gew.-%  
Al = 3,1 Gew.-%  
Ti = 4,5 Gew.-%  
Zr = 0,1 Gew.-%  
B = 0,02 Gew.-%  
C = 0,12 Gew.-%  
Ni = Rest

Auch diese Legierung befriedigt in bezug auf ihr Kriechverhalten bei Langzeitbeanspruchung nicht. Ausserdem liegt ihre Korrosionsbeständigkeit im interessierenden Temperaturbereich eher an der unteren Grenze.

Es besteht daher ein Bedürfnis nach Verbesserung der bestehenden Legierungen insbesondere im Hinblick auf den Langzeiteinsatz.

### Darstellung der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine ausscheidungshärtbare Nickelbasis-Superlegierung anzugeben, welche im Temperaturbereich von 600°C bis 750°C unter Wahrung ausreichender Korrosionsbeständigkeit verbesserte mechanische Eigenschaften wie Warmfestigkeit, Kriechgrenze etc. aufweist. Die Legierung soll sich insbesondere für gegossene Bauteile mit gerichteter Erstarrung für einen Langzeiteinsatz von über 10 000 h eignen. Es ist ferner Aufgabe der Erfindung, eine Wärmebehandlung für gegossene Bauteile mit gerichteter Erstarrung anzugeben, welche optimale mechanische Eigenschaften gewährleistet.

Diese Aufgabe wird dadurch gelöst, dass die eingangs erwähnte Nickelbasis-Superlegierung die nachfolgende Zusammensetzung aufweist:

Cr = 12–15 Gew.-%  
Co = 3–4,5 Gew.-%  
W = 1–3,5 Gew.-%  
Ta = 4–5,5 Gew.-%  
Al = 3–4,3 Gew.-%  
Ti = 4–5 Gew.-%  
Hf = 0–2,5 Gew.-%  
B = 0–0,02 Gew.-%  
Zr = 0,01–0,06 Gew.-%  
C = 0,05–0,07 Gew.-%  
Ni = Rest

Die Aufgabe wird ferner dadurch gelöst, dass im eingangs erwähnten Verfahren die Wärmebehandlung aus den nachfolgenden Verfahrensschritten besteht:

- a) Erwärmen auf 1100°C unter Argonatmosphäre
- b) Halten auf 1100°C während 10 h
- c) Erwärmen auf 1220°C mit einer Geschwindigkeit von 30°C/h
- d) Halten auf 1220°C während 2 h unter Argonatmosphäre
- e) Erwärmen auf 1270 bis 1280°C mit einer Geschwindigkeit von 30°C/h unter Argonatmosphäre
- f) Halten auf 1270 bis 1280°C während 10 h unter Argonatmosphäre

- g) Abkühlen auf Raumtemperatur mit einer Geschwindigkeit von mindestens 10°C/min
- h) Erwärmen auf 850°C
- i) Halten auf 850°C während 4 h in Luft
- k) Abkühlen auf Raumtemperatur mit einer Geschwindigkeit von mindestens 10°C/min
- l) Erwärmen auf 760°C
- m) Halten auf 760°C während 16 h in Luft
- n) Abkühlen auf Raumtemperatur mit einer Geschwindigkeit von 10°C/min.

#### Weg zur Ausführung der Erfindung

Die Erfindung wird anhand der nachfolgenden, durch Figuren näher erläuterten Ausführungsbeispiele beschrieben.

Dabei zeigt:

Fig. 1 ein Diagramm der Wärmebehandlung für eine erste Legierung,

Fig. 2 ein Diagramm der Wärmebehandlung für eine zweite Legierung,

Fig. 3 ein Diagramm des Kriechverhaltens eines Bauteils aus einer ersten Legierung bei einer Temperatur von 700°C,

Fig. 4 ein Diagramm des Kriechverhaltens eines Bauteils aus einer zweiten Legierung bei einer Temperatur von 700°C.

In Fig. 1 ist ein Temperatur/Zeit-Diagramm der Wärmebehandlung für eine erste Legierung dargestellt. 1 ist der Verlauf der Temperatur in Funktion der Zeit für ein stufenweises Lösungsglühen. Die Erwärmung bis 1100°C ist nicht kritisch und kann beliebig erfolgen. Von 1100°C bis 1220°C wird eine Erwärmungsgeschwindigkeit von 30°C/h eingehalten. Die Temperatur von 1220°C wird während 2 h gehalten, dann wird mit 30°C/h auf 1280°C erwärmt. Diese Temperatur wird während 10 h gehalten (Superlösungsglühen). Dann wird rasch auf Raumtemperatur abgekühlt. 2 zeigt den Verlauf der Temperatur in Funktion der Zeit für das Altern (Ausscheidungshärten), 1. Stufe bei 850°C/4 h, 3 denjenigen für das Altern, 2. Stufe bei 760°C/16 h. Linie 4 stellt den Verlauf der Temperatur in Funktion der Zeit für ein einstufiges Altern bei 850°C/24 h dar, wie es meistens der Einfachheit halber in der Praxis an Stelle des zweistufigen durchgeführt wird.

Fig. 2 stellt ein Diagramm der Wärmebehandlung für eine zweite Legierung dar. Der Verfahrensablauf ist bis auf die Super-Lösungsglühtemperatur von 1270°C der gleiche wie derjenige gemäss Fig. 1. 5 ist die Temperatur in Funktion der Zeit für das Lösungsglühen, 6 und 7 diejenige für das zweistufige, 8 diejenige für das einstufige Altern. Die Kurven 6, 7, 8 entsprechend genau den Kurven 2, 3, 4 in Fig. 1.

In Fig. 3 ist ein Diagramm des Kriechverhaltens eines Bauteils aus einer ersten Legierung bei einer Temperatur von 700°C dargestellt. Die Ergebnisse beziehen sich auf einen aus einem gegossenen Werkstück mit gerichteter Erstarrung herausgearbeiteten Probestab (Zugprobe). 9 ist die ertragene Zugspannung in Funktion der Belastungszeit bis

zum Bruch bei einer Temperatur von 700°C. Die gestrichelte Kurve bezieht sich auf extrapolierte Werte. Im Kurzzeitversuch hält die Legierung ca. 1000 MPa aus. Über 1000 h gemessen hält die Legierung noch eine Zugbelastung von ca. 700 MPa aus.

Fig. 4 stellt ein Diagramm des Kriechverhaltens eines Bauteils aus einer zweiten Legierung bei einer Temperatur von 700°C dar. Es handelt sich wieder um einen Probestab mit gerichteter Erstarrung. Die ertragenen Zugspannungen sind im wesentlichen die gleichen wie diejenigen der ersten Legierung gemäss Fig. 3. Kurve 10 entspricht Kurve 9 in Fig. 3.

#### Ausführungsbeispiel 1:

Siehe Fig. 1 und 3! Es wurde eine Nickelbasis-Superlegierung der nachfolgenden Zusammensetzung hergestellt:

Cr = 13,32 Gew.-%

Co = 3,2 Gew.-%

W = 2,25 Gew.-%

Ta = 4,8 Gew.-%

Al = 4,1 Gew.-%

Ti = 4,41 Gew.-%

B = 0,016 Gew.-%

Zr = 0,015 Gew.-%

C = 0,064 Gew.-%

Ni = Rest

Als Ausgangsmaterialien wurden geeignete Vorlegierungen verwendet. Diese wurden im üblichen Verhältnis in einen Vakuumofen eingesetzt und geschmolzen. Dabei erreichte die Schmelze eine Temperatur von ca. 1500°C. Die Schmelze wurde unter Vakuum abgegossen und der Barren nochmals unter Vakuum umgeschmolzen. Dann wurde die Schmelze unter Vakuum in eine längliche Form aus keramischem Material für gerichtete Erstarrung vergossen. Die so erhaltenen Stäbe hatten einen Durchmesser von 12 mm und eine Länge von 140 mm. Die ganzen Stäbe wurden nun einer Wärmebehandlung unter Argonatmosphäre nach folgendem Schema unterworfen (siehe Fig. 1):

- a) Erwärmen auf 1100°C unter Argonatmosphäre
- b) Halten auf 1100°C während 10 h
- c) Erwärmen auf 1220°C mit einer Geschwindigkeit von 30°C/h
- d) Halten auf 1220°C während 2 h unter Argonatmosphäre
- e) Erwärmen auf 1280°C mit einer Geschwindigkeit von 30°C/h unter Argonatmosphäre
- f) Halten auf 1280°C während 10 h unter Argonatmosphäre
- g) Abkühlen auf Raumtemperatur mit einer Geschwindigkeit von mindestens 10°C/min
- h) Erwärmen auf 850°C
- i) Halten auf 850°C während 4 h in Luft
- k) Abkühlen auf Raumtemperatur mit einer Geschwindigkeit von mindestens 10°C/min
- l) Erwärmen auf 760°C
- m) Halten auf 760°C während 16 h in Luft
- n) Abkühlen auf Raumtemperatur mit einer Geschwindigkeit von mindestens 10°C/min.

Aus den wärmebehandelten Stäben wurden nun

zahlreiche Probestäbe für die Kriechversuche herausgearbeitet. Die Probestäbe hatten einen Durchmesser von 6 mm und eine Länge von 60 mm. Die Kriechversuche wurden unter konstanter Zugspannung bis zum Bruch bei einer konstanten Temperatur von 700°C durchgeführt. Die Resultate sind in Kurve 9 der Fig. 3 dargestellt. Aus dieser Darstellung geht hervor, dass die Werte ab einer Belastungszeit bis zum Bruch von 500 h an aufwärts um ca. 130 MPa über denjenigen der kommerziellen Legierung IN 738 liegen. Bei gleicher Zeit bis zum Bruch kann daher das Bauteil aus der neuen Legierung wesentlich höhere Belastungen ertragen. Betrachtet man die bei unveränderter Belastung von weniger als 650 MPa zu ertragenden Zeiten bis zum Bruch, so liegen diese für die neue Legierung um rund eine Zehnerpotenz höher als bei IN 738. Z.B. 5000 h statt nur 500 h; 10 000 h statt nur 1000 h.

#### Ausführungsbeispiel 2:

Siehe Fig. 2 und 4!

Es wurde eine Nickelbasis-Superlegierung der nachfolgenden Zusammensetzung hergestellt:

Cr = 13,24 Gew.-%

Co = 4,2 Gew.-%

W = 1,85 Gew.-%

Ta = 5,08 Gew.-%

Al = 3,76 Gew.-%

Ti = 4,86 Gew.-%

B = 0,013 Gew.-%

Zr = 0,015 Gew.-%

C = 0,065 Gew.-%

Ni = Rest

Bei der Erschmelzung der Legierung wurde genau gleich wie unter Beispiel 1 vorgegangen. Die Schmelze wurde zur gerichteten Erstarrung in eine entsprechende Keramikform abgegossen. Die auf diese Weise hergestellten Stäbe von 12 mm Durchmesser und 140 mm Länge wurden unter Argonatmosphäre einer Wärmebehandlung gemäss Fig. 2 wie folgt unterworfen:

- a) Erwärmen auf 1100°C unter Argonatmosphäre
- b) Halten auf 1100°C während 10 h
- c) Erwärmen auf 1220°C mit einer Geschwindigkeit von 30°C/h
- d) Halten auf 1220°C während 2 h unter Argonatmosphäre
- e) Erwärmen auf 1270°C mit einer Geschwindigkeit von 30°C/h unter Argonatmosphäre
- f) Halten auf 1270°C während 10 h unter Argonatmosphäre
- g) Abkühlen auf Raumtemperatur mit einer Geschwindigkeit von mindestens 10°C/min
- h) Erwärmen auf 850°C
- i) Halten auf 850°C während 24 h in Luft
- k) Abkühlen auf Raumtemperatur mit einer Geschwindigkeit von 10°C/min.

Aus den wärmebehandelten Stäben wurden Probestäbe von 6 mm Durchmesser und 60 mm Länge für die Kriechversuche herausgearbeitet. Letztere wurden analog Beispiel 1 bei einer Temperatur von 700°C durchgeführt. Die Resultate sind in Kurve 10

der Fig. 4 dargestellt. Die Kurven 10 (Fig. 4) und 9 (Fig. 3) decken sich praktisch. Es gilt hier das unter Beispiel 1 Gesagte vollumfänglich.

Die Erfindung erschöpft sich nicht in den Ausführungsbeispielen. Die Zusammensetzung der neuen ausscheidungshärtbaren Nickelbasis-Superlegierung bewegt sich in den folgenden Grenzen:

Cr = 12–15 Gew.-%

Co = 3–4,5 Gew.-%

W = 1–3,5 Gew.-%

Ta = 4–5,5 Gew.-%

Al = 3–4,3 Gew.-%

Ti = 4–5 Gew.-%

Hf = 0–2,5 Gew.-%

B = 0–0,02 Gew.-%

Zr = 0,01–0,06 Gew.-%

C = 0,05–0,07 Gew.-%

Ni = Rest

Als typische Vertreter dieser Legierungsklasse eignen sich die nachfolgenden beiden Legierungen:

Cr = 12–14 Gew.-%

Co = 3–4 Gew.-%

W = 2–3 Gew.-%

Ta = 4–5 Gew.-%

Al = 4–4,3 Gew.-%

Ti = 4–4,5 Gew.-%

Hf = 0–2,5 Gew.-%

B = 0–0,02 Gew.-%

Zr = 0,01–0,06 Gew.-%

C = 0,05–0,07 Gew.-%

Ni = Rest

oder:

Cr = 13–13,5 Gew.-%

Co = 4–4,5 Gew.-%

W = 1–2 Gew.-%

Ta = 5–5,5 Gew.-%

Al = 3–4 Gew.-%

Ti = 4–5 Gew.-%

Hf = 0–2,5 Gew.-%

B = 0,01–0,02 Gew.-%

Zr = 0,01–0,03 Gew.-%

C = 0,05–0,07 Gew.-%

Ni = Rest

Das Herstellungsverfahren für ein Bauteil aus der ausscheidungshärtbaren Nickelbasis-Superlegierung besteht darin, dass die Legierung geschmolzen, abgegossen und ihre Kristallite zu gerichteter Erstarrung gezwungen werden und daraufhin einer Wärmebehandlung unterworfen werden, welche aus den nachfolgenden Verfahrensschritten besteht:

- a) Erwärmen auf 1100°C unter Argonatmosphäre
- b) Halten auf 1100°C während 10 h
- c) Erwärmen auf 1220°C mit einer Geschwindigkeit von 30°C/h
- d) Halten auf 1220°C während 2 h unter Argonatmosphäre
- e) Erwärmen auf 1270 bis 1280°C mit einer Geschwindigkeit von 30°C/h unter Argonatmosphäre
- f) Halten auf 1270 bis 1280°C während 10 h unter Argonatmosphäre
- g) Abkühlen auf Raumtemperatur mit einer Geschwindigkeit von mindestens 10°C/min
- h) Erwärmen auf 850°C
- i) Halten auf 850°C während 4 h in Luft

- k) Abkühlen auf Raumtemperatur mit einer Geschwindigkeit von mindestens 10°C/min  
 l) Erwärmen auf 760°C  
 m) Halten auf 760°C während 16 h in Luft  
 n) Abkühlen auf Raumtemperatur mit einer Geschwindigkeit von mindestens 10°C/min.

Als Variante wird die Wärmebehandlung wie folgt durchgeführt:

- a) Erwärmen auf 1100°C  
 b) Halten auf 1100°C während 10 h  
 c) Erwärmen auf 1220°C mit einer Geschwindigkeit von 30°C/h  
 d) Halten auf 1220°C während 2 h unter Argonatmosphäre  
 e) Erwärmen auf 1270 bis 1280°C mit einer Geschwindigkeit von 30°C/h unter Argonatmosphäre  
 f) Halten auf 1270 bis 1280°C während 10 h unter Argonatmosphäre  
 g) Abkühlen auf Raumtemperatur mit einer Geschwindigkeit von mindestens 10°C/min  
 h) Erwärmen auf 850°C  
 i) Halten auf 850°C während 24 h in Luft  
 k) Abkühlen auf Raumtemperatur mit einer Geschwindigkeit von 10°C/min.

Die Vorteile der neuen Legierung bestehen im besseren Kriechverhalten im Temperaturbereich von 600 bis 750°C gegenüber kommerziell erhältlichen Nickelbasis-Guss-Superlegierungen. Die neue Legierung gestattet eine Erhöhung der Dauerbelastung bei gleicher Lebensdauer oder einen bis 10fach zeitlich längeren Einsatz bei sonst gleicher Belastung gegenüber kommerziellen Legierungen, und dies bei hinreichender Korrosionsbeständigkeit unter den genannten Einsatzbedingungen.

### Patentansprüche

1. Ausscheidungshärtbare Nickelbasis-Superlegierung mit verbesserten mechanischen Eigenschaften im Temperaturbereich von 600 bis 750°C, dadurch gekennzeichnet, dass sie die nachfolgende Zusammensetzung aufweist:

Cr = 12–15 Gew.-%  
 Co = 3–4,5 Gew.-%  
 W = 1–3,5 Gew.-%  
 Ta = 4–5,5 Gew.-%  
 Al = 3–4,3 Gew.-%  
 Ti = 4–5 Gew.-%  
 Hf = 0–2,5 Gew.-%  
 B = 0–0,02 Gew.-%  
 Zr = 0,01–0,06 Gew.-%  
 C = 0,05–0,07 Gew.-%  
 Ni = Rest

2. Ausscheidungshärtbare Nickelbasis-Superlegierung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass sie die nachfolgende Zusammensetzung aufweist:

Cr = 12–14 Gew.-%  
 Co = 3–4 Gew.-%  
 W = 2–3 Gew.-%  
 Ta = 4–5 Gew.-%  
 Al = 4–4,3 Gew.-%

Ti = 4–4,5 Gew.-%  
 Hf = 0–2,5 Gew.-%  
 B = 0–0,02 Gew.-%  
 Zr = 0,01–0,06 Gew.-%  
 C = 0,05–0,07 Gew.-%  
 Ni = Rest

3. Ausscheidungshärtbare Nickelbasis-Superlegierung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass sie die nachfolgende Zusammensetzung aufweist:

Cr = 13,32 Gew.-%  
 Co = 3,2 Gew.-%  
 W = 2,25 Gew.-%  
 Ta = 4,8 Gew.-%  
 Al = 4,1 Gew.-%  
 Ti = 4,41 Gew.-%  
 B = 0,016 Gew.-%  
 Zr = 0,015 Gew.-%  
 C = 0,064 Gew.-%  
 Ni = Rest

4. Ausscheidungshärtbare Nickelbasis-Superlegierung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass sie die nachfolgende Zusammensetzung aufweist:

Cr = 13–13,5 Gew.-%  
 Co = 4–4,5 Gew.-%  
 W = 1–2 Gew.-%  
 Ta = 5–5,5 Gew.-%  
 Al = 3–4 Gew.-%  
 Ti = 4–5 Gew.-%  
 Hf = 0–2,5 Gew.-%  
 B = 0,01–0,02 Gew.-%  
 Zr = 0,01–0,03 Gew.-%  
 C = 0,05–0,07 Gew.-%  
 Ni = Rest

5. Ausscheidungshärtbare Nickelbasis-Superlegierung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass sie die nachfolgende Zusammensetzung aufweist:

Cr = 13,24 Gew.-%  
 Co = 4,2 Gew.-%  
 W = 1,85 Gew.-%  
 Ta = 5,08 Gew.-%  
 Al = 3,76 Gew.-%  
 Ti = 4,86 Gew.-%  
 B = 0,013 Gew.-%  
 Zr = 0,015 Gew.-%  
 C = 0,065 Gew.-%  
 Ni = Rest

6. Verfahren zur Herstellung eines Bauteils aus der ausscheidungshärtbaren Nickelbasis-Superlegierung gemäss einem der vorangegangenen Ansprüche, indem die Legierung geschmolzen, abgegossen und ihre Kristallite zu gerichteter Erstarrung gezwungen werden und daraufhin einer Wärmebehandlung unterworfen werden, dadurch gekennzeichnet, dass die Wärmebehandlung aus den nachfolgenden Verfahrensschritten besteht:

- a) Erwärmen auf 1100°C unter Argonatmosphäre  
 b) Halten auf 1100°C während 10 h  
 c) Erwärmen auf 1220°C mit einer Geschwindigkeit von 30°C/h  
 d) Halten auf 1220°C während 2 h unter Argonatmosphäre  
 e) Erwärmen auf 1270 bis 1280°C mit einer Ge-

schwindigkeit von 30°C/h unter Argonatmosphäre	
f) Halten auf 1270 bis 1280°C während 10 h unter Argonatmosphäre	
g) Abkühlen auf Raumtemperatur mit einer Geschwindigkeit von mindestens 10°C/min	5
h) Erwärmen auf 850°C	
i) Halten auf 850°C während 4 h in Luft	
k) Abkühlen auf Raumtemperatur mit einer Geschwindigkeit von mindestens 10°C/min	10
7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass zusätzlich zu den Verfahrensschritten a) bis k) noch die folgenden Verfahrensschritte durchgeführt werden:	
l) Erwärmen auf 760°C	15
m) Halten auf 760°C während 16 h in Luft	
n) Abkühlen auf Raumtemperatur mit einer Geschwindigkeit von mindestens 10°C/min.	
	20
	25
	30
	35
	40
	45
	50
	55
	60
	65
	6

Fig.1

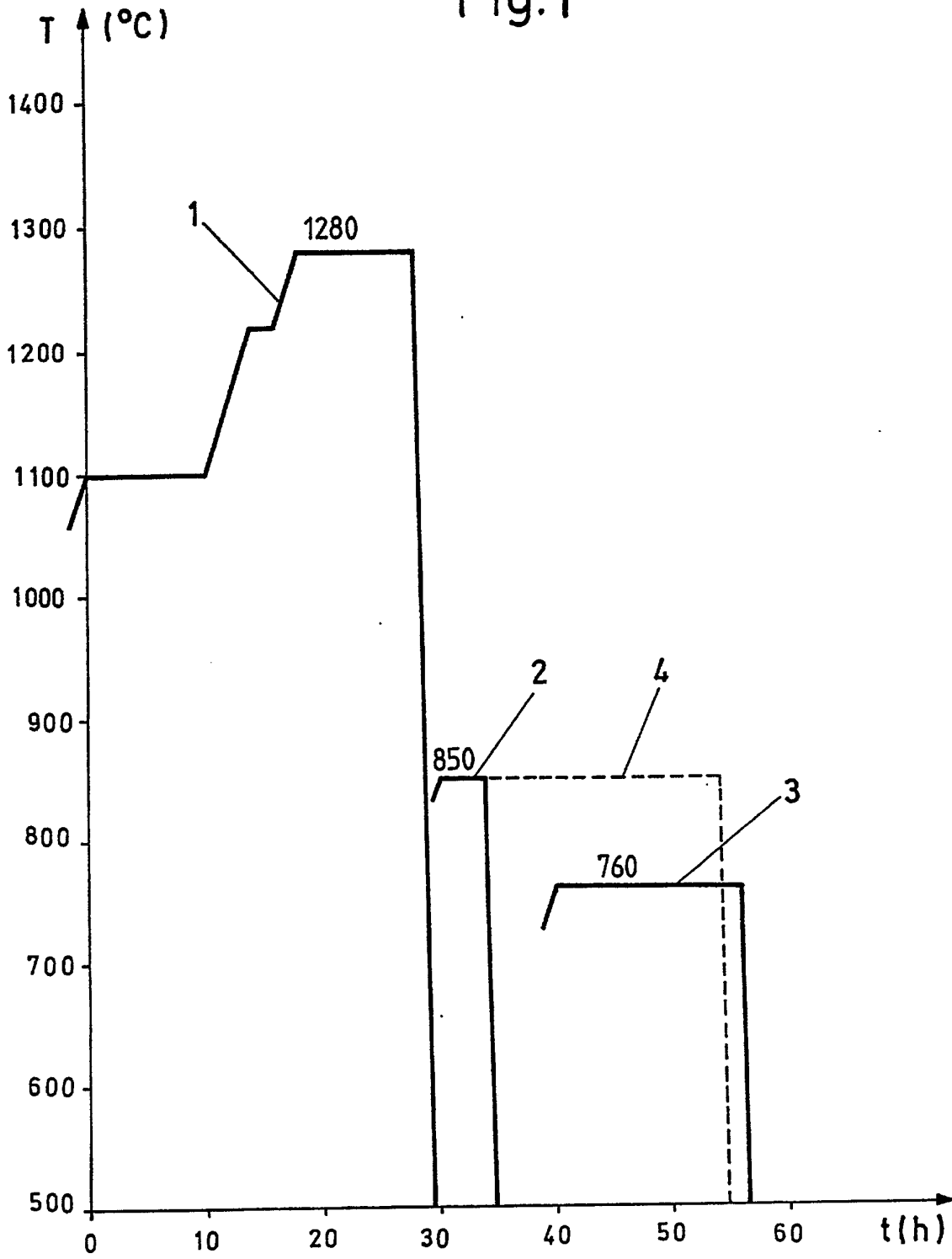


Fig.2

