



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑪ CH 661 455 A5

⑤① Int. Cl.⁴: B 21 J 5/08

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ **PATENTSCHRIFT** A5

⑳① Gesuchsnummer: 1019/82

㉔② Anmeldungsdatum: 18.02.1982

㉔④ Patent erteilt: 31.07.1987

㉔⑤ Patentschrift
veröffentlicht: 31.07.1987

㉔⑦③ Inhaber:
BBC Aktiengesellschaft Brown, Boveri & Cie.,
Baden

㉔⑦② Erfinder:
Gessinger, Gernot, Dr., Birmenstorf AG
Schröder, Günther, Dr., Birmenstorf AG

㉔⑤④ **Verfahren zur Herstellung eines feinkörnigen Werkstücks als Fertigteil aus einer warmfesten austenitischen Nickelbasislegierung oder aus der Legierung A 286.**

㉔⑤⑦ Aus einer warmfesten austenitischen Nickelbasislegierung oder aus der Legierung A 286 wird durch einen einzigen Verfahrensschritt, der in einem isothermen Gesenkschmieden besteht, unabhängig von der Korngrösse des Ausgangsmaterials, aus einem nicht zuvor speziell auf Feinkörnigkeit gezüchteten Rohling ein feinkörniges Fertigteil hergestellt.

PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zur Herstellung eines feinkörnigen Werkstücks als Fertigteil mit einer mittleren Kristallitgrösse von höchstens 100 µm aus einer warmfesten austenitischen Nickelbasislegierung oder aus der Legierung A 286, wobei das Ausgangsmaterial eine beliebige Kristallitgrösse aufweisen kann, dadurch gekennzeichnet, dass ein Schmiederohling in einem einzigen Verfahrensschritt im Temperaturbereich von 960 °C bis 1200 °C mit einer Verformungsgeschwindigkeit $\dot{\epsilon}$ von $1 \cdot 10^{-3}$ bis 1 sec^{-1} durch isothermes Schmieden in einem Gesenk in das Enderzeugnis übergeführt wird, wobei $\dot{\epsilon}$ wie folgt definiert ist:

$$\dot{\epsilon} = \frac{d \cdot \left[\ln \frac{A_o}{A_f} \right]}{dt}$$

A_o = Querschnittsfläche des Werkstücks vor der Umformung,

A_f = Querschnittsfläche des Werkstücks nach der Umformung,

$\ln$ = natürlicher Logarithmus

t = Zeit in Sekunden

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Nickelbasislegierung die nachfolgende Zusammensetzung hat:

C:	0,03	Gew.-%
Cr:	19,5	Gew.-%
Mo:	4,5	Gew.-%
Co:	14,0	Gew.-%
Ti:	3,0	Gew.-%
Al:	1,4	Gew.-%
Fe:	2,0	Gew.-%
Ni:	Rest	

und dass die Verformung des Werkstücks bei einer Temperatur von 1080 °C mit einer Geschwindigkeit $\dot{\epsilon}$ von 10^{-3} bis 1 sec^{-1} durchgeführt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Nickelbasislegierung die nachfolgende Zusammensetzung hat:

C:	0,05	Gew.-%
Cr:	18,5	Gew.-%
Ni:	53,0	Gew.-%
Mo:	3,0	Gew.-%
Nb:	5,3	Gew.-%
Ti:	1,0	Gew.-%
Al:	0,5	Gew.-%
Fe:	Rest	

und dass die Verformung des Werkstücks bei einer Temperatur von 1050 °C mit einer Geschwindigkeit $\dot{\epsilon}$ von 10^{-3} bis 1 sec^{-1} durchgeführt wird.

Die Erfindung geht aus von einem Verfahren zur Herstellung eines Werkstücks nach der Gattung des Anspruchs 1.

Aus der Literatur sind Verfahren bekannt, nach denen ein feinkörniges Endprodukt, ausgehend von einem Rohling aus einer warmfesten Legierung (z. B. Nickelsuperlegierung) in mehreren Arbeitsgängen hergestellt werden kann. Insbesondere trifft dies auf ein Verfahren zu, bei welchem in einem ersten Schritt das Ausgangsmaterial dicht unterhalb seiner Rekristallisationstemperatur nach herkömmlicher Art verformt wird, so dass sich das gewünschte feinkörnige Gefüge in einem Zwischenprodukt einstellt. In einem zweiten

2

Schritt wird dann dieses Zwischenprodukt durch quasi-isothermes Schmieden unter Verwendung von beheizten Gesenken in das Endprodukt übergeführt (GB-PS 1 253 861).

Diese Verfahren sind insofern aufwendig, als dass für sie gleichzeitig mehrere Werkzeuge in Form von Pressen, Gesenken etc. bereitgestellt werden müssen und dass die Formgebung des Werkstücks meist nicht in einer Hitze vom Rohling bis zum Endprodukt durchgeführt werden kann.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren anzugeben, welches die Herstellung eines feinkörnigen Fertigteils aus einer warmfesten Superlegierung, ausgehend von einem Schmiederohling beliebiger Korngrösse auf einfache, kosten- und zeitsparende Weise ermöglicht.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäss durch die Merkmale des Anspruchs 1 gelöst.

Die Erfindung wird anhand der nachfolgenden, durch eine Figur erläuterten Ausführungsbeispiele beschrieben.

Dabei zeigt die Figur

ein Diagramm mit dem Zusammenhang zwischen Verformungstemperatur und Korngrösse des im Endprodukt vorliegenden Gefüges. Auf der Abszisse ist die Verformungstemperatur T in °C in natürlichem Massstab, auf der Ordinate der mittlere Kristallitdurchmesser d in µm in logarithmischem Massstab aufgetragen. Die ausgezogene Linie bezieht sich auf die Mittelwerte. Die gestrichelten Linien geben die obere bzw. untere Begrenzung des durch die Variation der Ausgangskorngrösse und der Versuchsbedingungen sich ergebenden Streubereiches an.

Der Effekt ist insofern unerwartet und überraschend, als gezeigt werden konnte, dass unabhängig von der Korngrösse des Ausgangsmaterials (Rohlings), weitgehend auch unabhängig von der Grösse der gesamten Verformung – sofern nur ein gewisses minimales Mass eingehalten wird – und innerhalb eines verhältnismässig weiten Bereichs der Verformungsgeschwindigkeit durch isothermes Schmieden in einem einzigen Arbeitsgang ein feinkörniges Endprodukt erhalten werden kann.

Ausführungsbeispiel I:

Siehe Figur.

Als Ausgangsmaterial wurde eine Nickelsuperlegierung mit dem Handelsnamen Waspaloy und der nachfolgenden Zusammensetzung verwendet:

C	=	0,03	Gew.-%
Cr	=	19,5	Gew.-%
Mo	=	4,5	Gew.-%
Co	=	14,0	Gew.-%
Ti	=	3,0	Gew.-%
Al	=	1,4	Gew.-%
Fe	=	2,0	Gew.-%
Ni	=	Rest	

Die schmelzmetallurgisch hergestellte Legierung wurde durch Gießen und Umschmieden in einen Barren von 165 mm Durchmesser übergeführt. Der für die endgültige Formgebung gewählte Schmiederohling war ein kreiszylindrischer Barrenabschnitt und hatte eine Korngrösse, die zwischen 150 µm und 450 µm lag. Ausgehend von diesem Rohling wurde durch isothermes Schmieden in einem Gesenk aus der Molybdänlegierung TZM in einem einzigen Arbeitsgang ein Fertigteil geschmiedet, wobei jeweils die Werkzeugtemperatur gleich der Werkstücktemperatur war. Es wurden mehrere Versuche mit Schmiederohlingen gleicher Abmessungen und der gleichen Ausgangskorngrösse, aber bei verschiedenen Verformungstemperaturen durchgeführt. Diese betrugen nacheinander 980 °C, 1080 °C und 1180 °C. Ausserdem wurden die Verformungsgeschwindigkeiten $\dot{\epsilon}$ zwischen $1 \cdot 10^{-3} \text{ sec}^{-1}$ und 1 sec^{-1} variiert. Dabei war $\dot{\epsilon}$ wie folgt definiert:

$$\dot{\varepsilon} = \frac{d}{dt} \left[\ln \frac{A_o}{A_f} \right],$$

A_o = Querschnittsfläche des Werkstücks vor der Umformung,

A_f = Querschnittsfläche des Werkstücks nach der Umformung,

$\ln$ = natürlicher Logarithmus

t = Zeit in Sekunden.

Wie in der Figur dargestellt, kam es im Gefüge des Werkstücks zu einer beträchtlichen Kornverfeinerung, die bei Verformungstemperaturen von 1080 °C das Maximum erreichte. Es wurde ein mittlerer Kristallitdurchmesser herunter bis zu 20 µm erzielt. Diese Kornverfeinerung konnte überraschenderweise schon bei verhältnismässig niedrigen Verformungsgraden ε erreicht werden. Ausserdem wurde beobachtet, dass die erhaltene Endkorngrösse praktisch unabhängig von der Ausgangskorngrösse war, der Werkstoff – trotz unterschiedlichen Korngrössen im Ausgangsmaterial – somit durch den Verformungsprozess ein Korn höherer Gleichmässigkeit erhielt.

Ausführungsbeispiel II:

Als Ausgangsmaterial wurde eine eisenhaltige Nickel-superlegierung mit der Bezeichnung IN 718 mit folgender Zusammensetzung gewählt:

C	=	0,05	Gew.-%
Cr	=	18,5	Gew.-%
Ni	=	53,0	Gew.-%
Mo	=	3,0	Gew.-%

Nb	=	5,3	Gew.-%
Ti	=	1,0	Gew.-%
Al	=	0,5	Gew.-%
Fe	=	Rest	

5 Nach dem in Beispiel I angegebenen Verfahren wurden aus Schmiederohlingen von 165 mm Durchmesser durch isothermes Gesenkschmieden Fertigteile hergestellt. Die mittlere Korngrösse des Ausgangsmaterials betrug ca. 300 µm. Bei einer Verformungstemperatur von 1050 °C wurde eine mittlere Endkorngrösse von 22 µm erzielt. Die Verformungsgeschwindigkeiten betrugen $1 \cdot 10^{-3} \text{ sec}^{-1}$ bis 1 sec^{-1} , der Verformungsgrad 1,4. Letzterer war wie folgt definiert:

$$\varepsilon = \ln \frac{A_o}{A_f}$$

20 Die Erfindung ist nicht auf die Ausführungsbeispiele beschränkt. Als Ausgangsmaterial können Superlegierungen der Handelsnamen Astroloy, Nim 901, IN 100, Rene 95, MERL 76, A 286 und ähnliche dienen. Die Verformungstemperaturen können zwischen ca. 960 °C und 1200 °C liegen. Die optimale Verformungstemperatur hängt dabei von der Legierungszusammensetzung, der Werkstückdimension und weiteren Verfahrensparametern ab und kann jeweils von Fall zu Fall durch das praktische Experiment ermittelt werden.

30 Durch das erfindungsgemässe Verfahren wird es möglich, Schiederohlinge aus Superlegierungen unabhängig vom Gefügestand des Ausgangsmaterials in einer einzigen Operation und in nur einer Hitze direkt in ein feinkörniges Endprodukt (Fertigteil) überzuführen.

661 455

1 Blatt

