



Doctoral Thesis

Nitride in pulvermetallurgischen Nickelbasislegierungen zur Erhöhung der Kriechbeständigkeit

Author(s):

Wyss, Urs Viktor

Publication Date:

2003

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-004582628> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

Diss. ETH Nr. 15032

**Nitride in
pulvermetallurgischen Nickelbasislegierungen
zur Erhöhung der Kriechbeständigkeit**

ABHANDLUNG
zur Erlangung des Titels
DOKTOR DER TECHNISCHEN WISSENSCHAFTEN
der
EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE
ZÜRICH

vorgelegt von

Urs V. Wyss
Dipl. Werkstoff-Ing. ETH Zürich
geboren am 20. März 1971
in Boningen

Prof. Dr. Dr. h.c. Markus O. Speidel, Referent
Prof. Dr. S. Virtanen, Korreferentin
Dr.-Ing. habil. Ulrich Brill, Korreferent

2003

Zusammenfassung

Diese Arbeit untersucht die Eignung von stabilen Nitriden zur Verbesserung der Hochtemperatureigenschaften von Nickelbasislegierungen. Das Konzept der Legierungsentwicklung sieht mit der Matrix und den in ihr enthaltenen Nitriden eine zweiphasige Struktur vor. Die Matrix soll bei diesen Temperaturen korrosionsfest sein und durch Mischkristallhärtung bis zu hohen Temperaturen eine gewisse Warmfestigkeit aufweisen. Deshalb wurde eine Ni-Cr- oder eine Ni-Cr-W-Matrix gewählt. Die Nitride dienen der Stabilisierung der Korngrenzen und tragen zu einer Erhöhung der Warmzugfestigkeit und zu einer Verbesserung der Kriecheigenschaften bei. Als Nitridbildner wurden Titan oder Zirkon verwendet.

Bedingt durch die thermodynamische Stabilität der Nitride ist es nicht mehr möglich, die Legierung schmelzmetallurgisch herzustellen. Aus diesem Grund wurde die pulvermetallurgische Herstellungsrouten gewählt. Dazu wurde das Pulver der Vorlegierung in einem Drehrohrofen mit kontrollierter Stickstoffatmosphäre mit einer dünnen Chromnitridschicht überzogen. Diese Schicht wurde dann während der Konsolidierung in der heissisostatischen Presse wieder aufgelöst, und es bildeten sich interne Titan- oder Zirkonnitride.

Langzeitauslagerungen bei 1100 °C zeigten, dass sich die Zirkonnitride relativ stabil verhielten, während sich die Titanitride zu Titan-Chrom-Mischnitriden umwandelten.

Beide Nitridarten bewirkten eine deutliche Erhöhung der Warmzugfestigkeit, wobei die Zirkonnitride, bedingt durch die feinere Ausscheidung, etwas bessere Resultate lieferten. Ein Zusatz von Wolfram bewirkte bei den titanhaltigen Legierungen eine Verbesserung, während bei den zirkonhaltigen Legierungen eine leichte Verschlechterung der Eigenschaften festgestellt werden konnte. Auch bei den Kriecheigenschaften konnte eine ähnliche Reihenfolge der Legierungen festgestellt werden, wobei hier die Unterschiede zwischen titan- und zirkonhaltigen Legierungen noch gravierender waren.

Es konnten also mittels Zirkonnitriden in einer Ni-Cr-Matrix eine hochtemperaturbeständige Nickelbasislegierung mit guten mechanischen Eigenschaften bei hohen Temperaturen entwickelt werden. Besonders die Kriech-eigenschaften bei 1000°C zeigten vielversprechende Resultate. Die titan-nitridhaltigen Legierungen erwiesen sich zwar bis 1000°C als noch relativ stabil, erlangten aber auch durch Zusatz von Mischkristallhärtern nie die-selben Kriechwerte.

Abstract

This work investigates the suitability of stable nitrides to improve the high temperature properties of nickel base alloys. The concept of this alloy development is based on a two phase microstructure: the matrix and the nitrides (which are included). The matrix has to be corrosion resistant at temperatures above 1000°C and should provide through solid solution hardening a certain high temperature strength. Therefore a Ni-Cr- or a Ni-Cr-W-matrix was chosen. The nitrides provide the stabilization of the grain boundaries. They contribute to an increase of the high temperature strength and to an improvement of the creep properties. Nitride forming elements were titanium and zirconium.

Due to the thermodynamic stability of the nitrides it is not possible to produce the alloys by ingot metallurgy. For this reason, powder metallurgy was chosen. For this purpose the powder of the prealloy was coated with a thin chromium nitride layer in a rotary furnace with a controlled nitrogen atmosphere. This layer was dissolved during the compaction process in the hot isostatic press and internal titanium or zirconium nitrides were formed.

Long time exposure tests at 1100°C have shown the stability of ZrN. The titanium nitrides transformed at high temperatures to titanium-chromium mixed nitrides.

Both kinds of nitrides cause a significant increase of the high temperature tensile strength, whereby, due to their finer precipitation the strengthening with zirconium nitrides is slightly higher. The addition of tungsten causes an improvement in the titanium containing alloys, whereas in the zirconium containing alloys a slightly deterioration of the properties could be observed. The same order of the alloys was recognized with the creep tests, whereby the differences in the properties between the titanium nitride and the zirconium nitride containing alloys were even bigger.

With the zirconium nitrides in a Ni-Cr-matrix, a high temperature resistant nickel base alloy with good mechanical properties has been developed.

Abstract

In particular the creep properties at 1000 °C have shown promising results. Although the titanium nitride containing alloys showed good stability up to 1000 °C, they didn't reach, even with the addition of more solid solution hardeners, the same creep resistance.