
1. Einleitung

Die umweltfreundliche Energiegewinnung erfordert nicht nur größere Investitionen in erneuerbare Energiequellen sondern auch eine Erhöhung der Effizienz bei der Energieproduktion. Aus diesem Grund steigen die Anforderungen an stationäre Gasturbinen sowie Turbinen in Flugtriebwerken. Mit steigender Effizienz verbindet man in erster Linie die Erhöhung der Prozesstemperaturen und damit der Werkstofftemperaturen. Momentan wird für Rotorscheiben mit Alloy 718 eine aushärtbare austenitische Ni-Fe-Basis-Superlegierung verwendet, die seit mehr als 45 Jahren im Einsatz ist und als "meist untersuchte" Ni-Superlegierung bezeichnet wird [24].

Alloy 718 besitzt eine hervorragende Kombination von mechanischen Eigenschaften im gesamten Temperaturbereich bis maximal 650°C, guter Herstellbarkeit und relativ niedrigen Kosten. Ein möglicher Werkstoff für die Anwendungen bis 704°C ist die neu entwickelte Legierung Alloy 718Plus, die auf Grund von erhöhten Al- und Ti-Gehalten und des höheren Al/Ti-Verhältnisses, bei konstantem Nb-Gehalt eine bessere Gefügestabilität aufweist [199]. Allerdings wurde festgestellt, dass Alloy 718Plus bei etwa 710°C - 740°C eine ähnliche Gefügevergrößerung wie Alloy 718 zeigt. Die Ursache dafür ist die Bildung der η -Phase $\text{Ni}_3(\text{Nb}_{0.5}\text{Al}_{0.5})$, die sich auf den Korngrenzen und im Korninneren ausscheidet

1 Einleitung

und die mechanische Eigenschaften extrem verschlechtert. Jedoch ist dieser Umwandlungsprozess langsamer als bei Alloy 718 [27]. Außerdem verursacht die stabilisierte γ' -Phase eine Beschleunigung der Ausscheidungskinetik in der Legierung sowie die Reduzierung des Schmiedetemperaturfensters. Dies führt zur Verschlechterung der Umformbarkeit der Legierung.

Im Rahmen dieser Arbeit, die in Kooperation mit der Outokumpu VDM GmbH durchgeführt wurde, wurde eine neue Ni-Co-Basis Schmiedelegierung entwickelt, die es auf Grund der angestiegenen Phasenstabilität erlaubt, die Anwendungstemperatur bis mindestens 750°C zu erhöhen. Das Gefüge bleibt bei 800°C sogar nach 2000 h stabil. Dabei wurde ein neuartiger Ansatz verfolgt: Co wurde als Legierungselement verwendet, um die Stabilität bzw. die Solvus-Temperatur der δ -Phase zusammen mit Nb zu erhöhen. Es zeigt sich, dass das Zulegieren von ca. 17 gew.% Co die Solvus-Temperatur der δ -Phase um ca. 70°C (auf ca. 1100°C) im Vergleich zu Alloy 718 erhöht. Dieser Co-Gehalt wurde als Mindest-Gehalt in neuen Legierungen definiert. Es erlaubte, Ti- und Al-Gehalte zu erhöhen ohne dabei die Herstellbarkeit zu verschlechtern. Außerdem wurden im Verlauf der Arbeit zahlreiche Legierungen untersucht, die über einen Co-Gehalt zwischen 10 gew.% und 50 gew.% verfügen. Um die Bildung der primären δ -Phase zu vermeiden, wurde der Co-Gehalt in den neuen Legierungen auf 32 gew.% begrenzt.

Im Zuge der Legierungsentwicklung wurde der Einfluss von Co, Ti und Al auf die Phasenbildung in den Legierungen untersucht und festgestellt, dass es notwendig ist, alle Elemente gleichzeitig zu betrachten, um eine zuverlässige

ge Aussage treffen zu können. Aus diesem Grund wurden isotherme Schnitte der pseudo-ternären Ti-Al-Ni Zustandsdiagramme verwendet, um nicht nur optimale Konzentrationen der Legierungselemente zu finden, sondern auch die Toleranzbereiche zu bestimmen. Dies ist im Bezug auf die Herstellbarkeit des Materials wichtig, da es beim Erschmelzen und Umschmelzen zu Seigerungen kommen kann. Außerdem wurde die Ausscheidungskinetik der neuen Legierungen untersucht.

Begleitend zu den oben genannten Arbeiten wurden zahlreiche Ätzverfahren untersucht und bewertet, weil trotz vorhandenen, umfangreichen Literaturdaten zu metallographischen Untersuchungen von Ni-Basis Superlegierungen bzw. Alloy 718 ein systematischer Überblick bislang fehlte.