

Résumé

En raison de leurs bonnes propriétés à haute température, les superalliages base nickel polycristallins sont largement employés pour la fabrication des disques de turbine des moteurs d'avion. Parmi eux, l'Inconel 718 est actuellement le plus employé pour les disques des moteurs civils. De telles pièces sont obtenues par forgeage à chaud. Les évolutions microstructurales se produisant au cours de ce procédé sont très sensibles aux conditions de forgeage (température, vitesse et niveau de déformation). Puisque microstructure et propriétés mécaniques sont directement liées, il est de la plus grande importance d'établir l'influence des conditions de forgeage sur les évolutions de microstructure. Cela permet de pouvoir maîtriser la microstructure finale des pièces, et donc, leurs propriétés mécaniques. Ces travaux s'intéressent au forgeage en presse à vis de l'Inconel 718, procédé qui est caractérisé par des vitesses de déformation relativement élevées ($1s^{-1}$ à $100s^{-1}$). Ils visent notamment à étudier ce mode de forgeage au regard de celui plus conventionnel réalisé à des vitesses relativement plus faibles ($0,001s^{-1}$ à $0,1s^{-1}$), pour lequel les mécanismes et les cinétiques des évolutions microstructurales sont relativement bien connues, et les propriétés mécaniques contrôlées. L'objectif de ces travaux de thèse est d'établir les liens qui existent entre le mode de forgeage (i.e. la vitesse de déformation), les microstructures résultantes, et les propriétés mécaniques qu'elles impliquent. Des essais de compression à chaud simulant les opérations de forgeage ont été mis en œuvre. La caractérisation fine des microstructures produites lors de ces essais a permis d'établir l'influence de la vitesse de déformation sur les évolutions de microstructure. En particulier, des cinétiques de recristallisation différentes de celles rapportées dans la littérature sont obtenues. Les propriétés en traction et en fluage ont été évaluées sur des éprouvettes prélevées dans des pièces industrielles forgées. L'analyse fine des microstructures dans les têtes a permis d'établir les relations entre les caractéristiques microstructurales et les propriétés mécaniques, puis, de faire le lien avec le mode de forgeage.

Mots Clés

Superalliages base nickel, forgeage, recristallisation, propriétés mécaniques.

Abstract

Due to their desirable properties at high temperature, polycrystalline nickel-based superalloys are widely used for aircraft engine turbine disk manufacturing. Among the nickel-based superalloys family, Inconel 718 is currently the most popular for civil aircraft engine disks. Such parts are obtained by a hot forging process. Microstructural evolutions occurring during this process are very sensitive to forging conditions (temperature, strain rate and strain level). Given that the microstructure and subsequent mechanical properties are strongly coupled, it is of utmost importance to establish the influence of forging conditions on microstructural evolutions. This relationship, once provided, makes it possible to control the final microstructure of industrial parts, and so their mechanical properties. This work deals with the screw press forging of Inconel 718, a process characterized by relatively high strain rates ($1s^{-1}$ to $100s^{-1}$). In particular, this project aims at studying this kind of forging process compared to conventional forging performed at relatively lower strain rates ($0.001s^{-1}$ to $0.1s^{-1}$). Microstructural evolution mechanisms and kinetics are relatively well known for these conventional methods, and so, the mechanical properties of forged components are controlled. The purpose of this current PhD thesis is to investigate the links that exist between the forging mode (i.e. the strain rate), the resulting microstructures, and, the mechanical properties they generate. Hot compression tests simulating forging operations have been performed. Accurate characterizations of microstructures produced during these compression tests have allowed the finding of the strain rate's influence on microstructural evolutions. In particular, recrystallization kinetics differing from those reported in the literature have been elucidated. Tensile and creep properties were also evaluated on specimens taken from industrial forged parts. Accurate microstructural characterizations performed in these samples have led to discovering relationships between microstructural features and mechanical properties, and subsequently, have clarified connections to the forging mode.

Keywords

Nickel-based superalloys, forging, recrystallization, mechanical properties.