

主論文の要約

論文題目 **A-USC 向け Ni 基合金のクリープ破断強度に及ぼす冷間加工の影響に関する研究**
(study on effect of cold working on creep rupture strength of Ni-based alloys for A-USC)

氏名 塩田 佳紀

論文内容の要約

本研究は、A-USC 向け Ni 基合金のクリープ破断強度に及ぼす冷間加工の影響をマイクロ組織の観点から明らかにすることを目的とした。そのために、冷間加工を模擬した引張中斷試験片からクリープ試験片を作製し、無加工材とのクリープ破断強度を比較し、その影響をマイクロ組織の観点から明らかにしたものである。また、冷間加工の影響がクリープ温度、応力条件によりどのように変化するか検討し、長時間においても短時間で明らかにした強化メカニズムが発現することを示した。以下、各章にて得られた知見を述べる。

第1章では、CO₂排出削減の観点から石炭火力発電プラントに高効率化が求められている現状および次世代火力発電技術について述べた。また、USC ボイラで使用されているフェライト系およびオーステナイト系耐熱鋼のクリープ破断強度に及ぼす冷間加工影響を例に、A-USC 向け Ni 基合金においてその影響をマイクロ組織の観点から明らかにすることの重要性について述べ、本研究の目的を述べた。

第2章では、 γ' 相析出強化型 Ni 基合金について、クリープ強度に及ぼす冷間加工の影響をマイクロ組織の観点から明らかにするため、クリープ破断強度と予ひずみの関係について調査した。その結果、 γ' 相析出強化型 Ni 基合金の予ひずみに対するクリープ破断強度の変化は、結晶粒界近傍のマイクロ組織の違いに起因することを明らかにした。すなわち、Alloy617 では、予ひずみの増加に伴い Cr 系および Mo 系炭化物の増加することで粒界被覆率が増加する。Alloy263 では、予ひずみの有無に関わらず炭化物が多く析出しており、予ひずみによってその量は変化しない。一方、Alloy740H では、C 濃度が他の合金と比べ低

いため、予ひずみにより粒内に Cr 炭化物が析出すると、粒界近傍の Cr 炭化物が減少することを示した。そして、 γ' 相析出強化型 Ni 基合金の予ひずみによる粒界炭化物の変化は、クリーブ破断強度と予ひずみの関係とほぼ一致することを明らかにした。

第 3 章では、Laves 相析出強化型 Ni 基合金に冷間加工を施すとクリーブ破断強度が増加する理由、およびその強度上昇がステンレス鋼とは異なり長時間安定である理由を明らかにするため、マイクロ組織を調査した。その結果、予ひずみ材では無ひずみ材に比べ析出物による粒界被覆率が大きいことがわかった。また結晶粒内の $M_{23}C_6$ 炭化物の粒径は、予ひずみ材の方が無ひずみ材に比べ微細であった。予ひずみ材の $M_{23}C_6$ 炭化物が長時間微細な理由は、 $M_{23}C_6$ 炭化物中の W 量が多いためと考えられた。これにより $M_{23}C_6$ 炭化物のオストワルド成長は遅延し、ステンレス鋼で観察されるような炭化物の凝集・粗大化は生じないため、冷間加工材のクリーブ強度は長時間安定であると示唆された。以上より、冷間加工材では無加工材に比べ析出物による粒内強化および粒界強化がより有効に作用するため、冷間加工材のクリーブ破断強度が増加することを示した。

第 4 章では、第 2 章にて 15% までの冷間加工であれば、粒界近傍の析出物量増加に起因してクリーブ破断強度が増加することを明らかにした Alloy617 を一例とし、実機伝熱管の曲げ部を想定し、30% の冷間加工を施した際にクリーブ破断強度に及ぼす影響を調査した。その際、クリーブ破断強度に及ぼす冷間加工の影響がクリーブ温度、応力条件によりどのように変化するかに着目し、長時間においても短時間で明らかにした強化メカニズムが発現するかを調査した。その結果、230MPa 以上の高応力側では無ひずみ材と予ひずみ材でクリーブ破断時間は同等であるが、それ以下の低応力側では予ひずみ材のクリーブ破断時間は無ひずみ材に比べ長く、その効果は 2 万時間程度の長時間試験でも継続することがわかった。これは、30% 予ひずみ材では、15% 予ひずみ材と同様、無ひずみ材に比べ粒界近傍の析出物量が増加するため、粒界近傍の弱化組織の形成が遅延し、クリーブ破断時間が増加したと推察される。また高応力側と低応力側の境界応力は、無ひずみ材の瞬間塑性ひずみの発生する応力とほぼ一致することを明らかにした。