

## 論文要旨

石炭火力発電の CO<sub>2</sub> 排出量を削減するには、蒸気を高温高压化して発電プラントを高効率化することが必要である。その一つとして、蒸気温度 700°C の高効率石炭火力発電プラントで長時間使用可能な高温クリープ強度および耐水蒸気酸化性に優れたオーステナイト系耐熱鋼の開発が国内外で進められている。本研究では、高温クリープ強度に優れた炭素窒素無添加 Fe-12Ni-9Co-10W 系オーステナイト合金（以下、本合金）について、アルミナイジング処理による耐水蒸気酸化性の向上に着目し、アルミナイジング処理による合金皮膜形成過程、700°C の水蒸気中での酸化挙動、高温クリープ強度への影響を明らかにした。本論文は 7 章より構成されている。

第 1 章では、研究の背景、目的および本論文の構成について述べている。第 2 章では、本合金表面に FeAl 皮膜を形成させたアルミナイジング処理材について 700°C で水蒸気酸化試験を行い、FeAl 皮膜の表面に  $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> が形成される結果、非処理材に対しその酸化増量は 1/20 以下にまで大幅に改善され、15000 h 以上にわたり安定した耐酸化性を示すことを明らかにした。第 3 章では、アルミナイジング処理材の酸化挙動の支配因子について検討した。その結果、水蒸気中では FeAl 皮膜は安定で厚さはほとんど変化せず、Al 濃度の低下もわずかであること、また FeAl 皮膜が消失しても優れた酸化特性は維持され、酸化挙動の支配因子は FeAl 皮膜の有無よりも表面の Al 濃度が重要であることを明らかにした。その耐酸化性を維持できる臨界 Al 濃度は本合金系の場合、約 11at% であり、さらに Al 濃度が低下すると  $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 皮膜を形成できなくなることで耐酸化性が失われ急激な酸化が進行することを明らかにした。第 4 章では、本合金のアルミナイジング処理による FeAl 合金皮膜側への Al 拡散層の形成過程を詳細に検討した。これにより、アルミナイジング処理中に形成される FeAl 合金皮膜は拡散時間の増大に伴って Fe-Al 二元系平衡状態図の高 Al 相(FeAl<sub>3</sub>)から低 Al 相(FeAl)に向かって順に変化していくこと、Al 拡散層は Al 濃度が高いため bcc 相となることを示した。また、皮膜組織の形成過程は昇温および冷却過程を含め、Fe と Al の拡散により説明できることを明らかにした。第 5 章では、クリープ強度に及ぼすアルミナイジング処理の影響を検討した。その結果、アルミナイジング処理により形成する合金皮膜や Al の拡散した内層がクリープ強度に及ぼす影響は非常に小さいこと、熱処理後の冷却速度が不十分なために固溶化が不完全になるため析出強化機構が弱まったことでわずかに強度が低下したことを明らかにした。また、アルミナイジング処理により水蒸気酸化特性が飛躍的に向上したことで、酸化による減肉が非常に少なくなり水蒸気中での長時間クリープ強度はアルミナイジング処理材の方が大きくなると考察された。6 章では、アルミナイジング処理材のクリープ変形による皮膜およびその下部の損傷挙動を検討した。その結果、皮膜とその下部の変形挙動については、アルミナイジング処理後に形成していた初期クラックが変形に伴い開口するが、クラック近傍の表面損傷は内層に緩和され合金母材中には進行しないこと、クラックが開口しても皮膜は剥離しないことを明らかにした。第 7 章では、総括として、アルミナイジング処理により本系合金に FeAl 皮膜を形成させると、700°C の水蒸気中で長期にわたる安定した耐酸化性と表面 Al 濃度の確保が可能であると言えること、また、FeAl 皮膜には初期クラックが存在したものの、はく離に至ることもなく、クリープ強度に対してもほとんど影響しないことが明らかになったことを述べた。加えて今後の展望と課題を述べた。