

高マンガンオーステナイトステンレス鋼の高温力学 特性と微細組織に関する研究

平田, 茂

<https://hdl.handle.net/2324/1470607>

出版情報：九州大学, 2014, 博士（工学）, 課程博士
バージョン：
権利関係：やむを得ない事由により本文ファイル非公開（3）

氏 名： 平田 茂

論文題名： 高マンガンオーステナイトステンレス鋼の高温力学特性と微細組織に関する研究

区 分：甲

論 文 内 容 の 要 旨

天然資源に乏しい我が国では、金属材料の原料もほとんど全て輸入であり、資源産出国の情勢などにより供給が左右されることは周知である。近年、資源保護を名目に供給を規制する動きが顕在化しており、これは今後も続くと思われる。ステンレス鋼の価格を左右するのは添加量が多く高価な Ni である。我が国の Ni 鉱石輸入の 5 割を担うインドネシアが未加工鉱石の輸出を禁止する法律を 2014 年 1 月に施行したため Ni の需給見通しは、それまでの供給過剰から供給不足となり、今後の価格上昇が予想されている。このような情勢を踏まえると Ni を添加しない、あるいは添加量の削減を検討すべきである。

ステンレス鋼における Ni の削減方法の一つに Mn での代替がある。この検討の歴史は古く、航空機などの耐熱用途を目的に開発が進められたものの現在まで成功に至っていない。これは、使用温度が 1000 K を越えるため Mn による耐酸化性劣化の問題が顕在化することや、高温強度確保のため多量の添加元素が必要なことが理由である。一方で近年、冷間加工したオーステナイトステンレス鋼を高温で使用する例が幾つか報告されている。これらの使用温度は 823 K 程度と比較的低く、更に冷間圧延による歪を利用することで元素の添加を最小限に抑えることができる。この用途であれば Ni を Mn で代替した高マンガンオーステナイトステンレス鋼の適用が可能と考えられる。しかし、冷間圧延に代表される加工強化は、ある温度を越えると回復・再結晶が生じて急激に軟化するため、高温では安定性に欠ける強化法と認識されており、広く利用されてはいない。適用のためには軟化挙動におよぼす影響因子について詳細に把握する必要がある。

以上の背景から本研究では、冷間加工を施した高マンガンオーステナイトステンレス鋼について、添加元素が組織の熱的安定性や高温力学特性に及ぼす影響を明らかにする。これにより、優れた耐熱性を有する高マンガンオーステナイトステンレス鋼の新規開発に資する基礎的知見を得ることが目的である。

第 1 章では、高マンガン鋼開発の歴史や問題点、これらを取りまく環境について言及し、耐熱用途へ冷間圧延を施した高マンガンオーステナイトステンレス鋼適用の可能性を説明し、ここから導かれる本研究の目的を述べた。

第2章では、冷間圧延を施した高マンガンオーステナイトステンレス鋼の高温強度におよぼす添加元素の影響をC、Mo、B、N、Vについて調査した。その結果、Moの添加により焼鈍中の硬さ低下が著しく抑制されることと、これ以外の添加元素の影響は認められないことを明らかにした。更に、Moを1.0 mass%添加した鋼における添加元素の影響をC、Si、Ni、V、Nb、Nについて調べ、C、Niの添加が硬さ低下の抑制に有効であることを見出したが、その効果はMoに比べてかなり小さかった。これより、高温特性に対し重要な元素はMoであると結論した。

第3章では、Mo添加量を調整した高マンガンオーステナイトステンレス鋼を冷間圧延した後、873 Kで焼鈍し、そのときの硬さと金属組織の変化を調査した。組織解析の結果、Moの添加は焼鈍中の再結晶抑制に寄与していることや、冷間加工組織の結晶粒界上には微細な $M_{23}C_6$ が析出していることが確認された。また、Mo添加量が増すに伴って $M_{23}C_6$ 中のMo量も増加しており、これが $M_{23}C_6$ の成長速度の減少を引き起こしていることを明らかにした。以上のことから、Mo添加による硬さ低下の抑制は、再結晶時の粒界移動を効果的にピンニングする粒界上 $M_{23}C_6$ を時効中に微細なまま保つことによって発現したと結論された。

第4章では、冷間圧延を施したMo添加高マンガンオーステナイト鋼の873 Kでのクリープ変形挙動を調査した。冷間圧延はクリープ加速域の発現時期を短時間側に移行させてクリープ破断時間を短くした。一方、それにMoを添加すると破断時間が増加し、その効果は特に1.0 mass%以上で顕著であった。Mo添加は、クリープ変形中の再結晶を抑制し、それによる最小クリープ速度の減少が破断時間の増加をもたらすことが考察された。また、1.5 mass%以上のMoを添加すると、クリープ加速域において粒内にMoを含むLaves相が析出し、それが変形速度の加速を遅滞させて破断時間を延長する効果を持つことがわかった。

第5章では、873 KにおけるNi-Cr系オーステナイト鋼とMn-Cr系オーステナイト鋼の高温特性を比較した。その結果、同変形速度において、Ni-Cr系鋼はMn-Cr系鋼よりも定常応力が大きく、高温特性が優れていることが判った。したがって、冷間加工を施したMn-Cr鋼でNi-Cr鋼と同等以上の高温特性を得るためには、母相強度に期待するのではなく、高温において冷間加工組織を保持する合金・組織設計を行うことが重要である。ここまでの知見をもとにサーモカルクを用い最適組織の検討を行い、新しい組成を設計した。

第6章では、本研究で得られた知見をまとめて総括とした。