

## 論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 10633 号
------	---------------

氏名 古谷 仁志

### 論文題目

低温用ニッケル鋼の変形および破壊に関する研究

### 論文審査担当者

主査	名古屋大学	准教授	田川 哲哉
委員	名古屋大学	教授	石川 孝司
委員	名古屋大学	教授	村田 純教
委員	名古屋大学	教授	館石 和雄

## 論文審査の結果の要旨

古谷仁志君提出の論文「低温用ニッケル鋼の変形および破壊に関する研究」は、LNG タンクなどに使用される低温用高ニッケル添加鋼における耐脆性破壊抵抗、耐延性破壊抵抗に関して検討したものであり、優れた特性が得られる冶金学的機構を明らかにしている。各章の概要は以下の通りである。

第 1 章では、高ニッケル添加鋼に関する従来の知見を、破壊靭性と組織、残留オーステナイトの役割の観点から述べ、これらを踏まえ当該研究で焦点を当てる目的が脆性破壊抵抗および延性破壊抵抗それぞれに対する冶金学的機構の解明にあることを述べている。

第 2 章では、残留オーステナイトによる耐脆性破壊の靭性改善機構に関連して、12 %までのニッケル鋼の変形特性と残留オーステナイトの関係について検討し、ニッケル添加量と焼戻し条件、変形温度と変形特性の相互の関連性を明らかにしている。熱処理後の残留オーステナイト量はニッケル添加量が支配的であるが、変形中に応力誘起変態するか否かは残留オーステナイトの安定性に依存しており、安定な残留オーステナイトから得られた変態組織では、高いひずみ硬化特性が得られることを示している。

第 3 章では、高温焼戻しにより残留オーステナイト量が増加した場合に耐脆性破壊靭性が劣化する場合の機構を、炭素濃化の差異による残留オーステナイトの安定性の観点から明らかにしている。残留オーステナイト量が多くなると炭素濃化が十分でなく不安定化すると同時に応力誘起変態で生じる変態相の硬さが十分でない。この場合、大変形域まで高いひずみ硬化は維持されず、残留オーステナイトのわずかな安定性の変化がひずみ硬化特性と靭性に強い影響を与えることを示唆した。

第 4 章では、12 %までのニッケル鋼の脆性破壊発生特性と残留オーステナイトの関係を破壊発生部の詳細な観察と破壊発生直前の応力誘起変態量の観点から明らかにすると同時に、ニッケル添加による強靭化の機構を提案している。残留オーステナイトは破壊発生以前にほぼ全量が応力誘起変態しており、これまで指摘してきた残留オーステナイト自体による強靭化効果やひずみ集中部での変態膨張による応力緩和効果を否定すると同時に、以下の強靭化機構を提案している。すなわち、残留オーステナイトは素地に存在するセメントタイトを固溶炭素として吸収し脆性破壊の発生起点を消滅させると同時に安定化した残留オーステナイトが応力誘起変態した場合に高いひずみ硬化をもたらすこと、そのような場合には切欠き底のひずみ集中が緩和され変形が分散されることを示した。これらの知見は優れた靭性を得るために熱処理や合金設計に有用な指針を与えるものである。

第 5 章では、第 2 章で得られた知見、第 4 章で提案した靭性改善機構の両者に基づき、第 3 章で述べた残留オーステナイト量の増加により靭性が劣化する場合についてその機構を明らかにしている。逆変態オーステナイトが成長する場合には、セメントタイト分解により吸収した炭素濃度は高くはならず、応力誘起変態した変態相の硬さも十分ではない。そのため高ひずみ硬化に起因した強靭化機構が働かない。一方、応力誘起変態した変態相の寸法が大きく、それが靭性劣化に関連することを明らかにした。これらの結果は、残留オーステナイトが応力誘起変態した変態組織が微細かつ硬質であることが強靭化の主因であることを示唆しており、高ニッケル添加鋼における靭性向上機構の本質を理解する上で重要な知見となる。

第 6 章では本研究の第 2 の目的である高ニッケル鋼の延性破壊機構を検討する基礎として、比較となる普通鋼の延性き裂進展抵抗に及ぼすひずみ速度の影響を明らかにしている。ひずみ速度の増大により延性き裂進展抵抗は著しく増大するが、これが多重すべりや交差すべりの発生が抑制され、延性破壊損傷となるボイド発生核となりうる多重すべりの交点が減少することが主因であることを示した。

第 7 章では、高ニッケル鋼の延性破壊機構に関連して、延性破壊抵抗に及ぼす 25ppm 程度までの微量酸素の影響を明らかにしている。報告されている普通鋼の実験結果と比較すると、高ニッケル鋼のシャルピー衝撃吸収エネルギーの変化は普通鋼よりも含有酸素量に敏感であることを示した。

第 8 章では、本研究の結論を与えている。

以上のように本論文では低温用高ニッケル鋼における耐脆性破壊抵抗、耐延性破壊抵抗の両者について、冶金的観点からその機構を解明している。特に脆性破壊に関しては、残留オーステナイトの低温での変形中の振る舞いとそれが破壊発生に及ぼす影響を明らかにした。本研究で得られた低温用高ニッケル鋼の変形・

## 論文審査の結果の要旨

破壊に関わる冶金学的知見は、今後の同鋼種の低ニッケル化や合理的な熱処理設計といった新鋼種あるいは新製造手法の開発の基礎として重要であり、工学の発展に寄与するところが大きいと判断できる。よって、本論文の提出者である古谷仁志君は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格があると判断した。