



Title	鋼中微量元素の結晶粒界偏析及び析出挙動とその機械的性質への影響
Author(s)	山中, 和夫
Citation	大阪大学, 1982, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/33512
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏 名・(本籍)	山 中 和 夫
学 位 の 種 類	工 学 博 士
学 位 記 番 号	第 5 7 0 0 号
学位授与の日付	昭 和 57 年 4 月 22 日
学位授与の要件	学位規則第 5 条第 2 項該当
学 位 論 文 題 目	鋼中微量元素の結晶粒界偏析及び析出挙動とその機械的性質 への影響
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 藤 田 英 一 (副査) 教 授 成 田 信 一 郎 教 授 山 田 安 定 教 授 小 倉 敬 二 教 授 稔 野 宗 次

論 文 内 容 の 要 旨

低合金高張力鋼において粒界に偏析し鋼の諸性質に影響を与える微量元素のなかで、1) 結晶粒界に偏析することによって変態組織を変化させ、それを通じて性質に影響を与える微量元素の代表としてB (ボロン)を、2) 結晶粒界に偏析すること自身により粒界脆化を引き起す微量元素の代表としてP (リン)を、3) 結晶粒界に第2相粒子として析出し、それが割れ発生の起点として作用する微量元素の代表としてN (窒素)をそれぞれとりあげ、その粒界偏析及び析出挙動とそれにとまう強度・靱性への作用機構について研究した。得られた研究結果を要約すると以下の通りである。

Bについてはボロン処理鋼の焼入性や変態挙動をBの粒界偏析及び炭硼化物の析出と関係づけて明らかにした。すなわち、イオンマイクロアナライザーによる分析よりB原子の粒界濃度はオーステナイト温度の低下によって増大し、平衡偏析論から得られる結論と一致することを直接的に立証した。粒界のB偏析濃度変化と焼入性の変化とはよい対応を示し、固溶Bを約5PPM含む低炭素鋼を930℃でオーステナイト化した場合に最大の焼入性が得られることを明らかにした。そしてボロン処理鋼の焼入性はBのオーステナイト粒界偏析、 $\text{Fe}_{23}(\text{B}, \text{C})_6$ の生成、AlNに対するBNの優先析出、オーステナイト粒成長に及ぼすB量の影響を考慮することによって統一的に理解できることを示した。

Pについてはまず連続鑄造鋼中心偏析の問題に関連して凝固時の溶質元素の偏析とそれによる組織変化及び脆化度の関係を調べた。偏析した溶質元素のなかで脆化に大きく関与する元素はPとMnであり、PおよびMnの偏析の著しい部分では局部的に焼入性が高まる結果低温変態組織が生成し、しかもNDT温度(無延性遷移温度)が+200℃以上と高く、靱性の劣化が極めて大きく、粒界も脆弱になっていることなどを含め偏析濃度と組織および脆化度の関係を明らかにした。

次いで極厚高張力鋼板や圧力容器用鋼で問題になっているPによる焼もどし脆化に対して、その脆化機構を検討すると共に焼もどし脆化鋼の破壊挙動を調べた。焼もどし脆化は単にP原子の粒界偏析のみでは起らずNiやCrなどの合金元素の共存が必要であること、十分な量のNb添加で焼もどし脆化をほぼ完全に抑制できること、そして焼もどし脆化した鋼は塑性変形による粒界での応力集中によって粒界が開口すると停止することなく貫通亀裂となって伝播するためミクロな意味でのGriffith 亀裂は存在しないことを明らかにした。

Nについては連続鋳造スラブや鋼塊の表面ひび割れの問題に関連して、AlNの粒界析出挙動と熱間延性との関係を調べた。Alキルド鋼の表面割れの主な原因はオーステナイト粒界からの初析フェライトの生成とオーステナイト粒界におけるAlNやMnSなどの第二相粒子の析出があり、破壊はオーステナイト粒界にフィルム状に生成したフェライト部に歪が集中し、このフェライト部の中に存在する第二相析出粒子を起点として粒界延性で起るものである。オーステナイトにおけるAlNの析出と結晶方位関係についても解析し、 $[0001]_{\text{AlN}} // [\bar{1}10]_{\gamma}$, $(1120)_{\text{AlN}} // (111)_{\gamma}$, $(1\bar{1}00)_{\text{AlN}} // (\bar{1}\bar{1}2)_{\gamma}$ なる結晶方位関係があり、AlNが短冊形で析出するのは $[0001]_{\text{AlN}}$ と $[\bar{1}\bar{1}0]_{\gamma}$ 方向のずれ(misfit)が小さい幾何学的条件から $[0001]$ 方向にAlNが優先成長するためであることを明らかにした。

論文の審査結果の要旨

本論文は鋼の機械的性質に影響する微量元素、B, P, およびNの不分明な挙動をイオン・マイクロ・アナライザー、電子顕微鏡、電子回折などの機器を利用して追究し、粒界偏析、析出過程、脆化などの詳細な観察によって、それらの元素について特徴的な強度・靱性への作用機構を明らかにしたものである。

これにより、Bの粒界偏析と炭化物の析出の過程が理解され、ボロン処理鋼の焼入性や変態挙動が統一的に解釈されて、実用上でも最大の焼入性を与える固溶Bの適量が決定された。

Pについては連続鋳造鋼の中心偏析を調べ、PとMnの偏析と変態組織、その脆化度との関係を明らかにした。また極厚高張力鋼板や圧力容器鋼のPによる焼戻し脆化を研究し、NiやCrとの相関および最も有効な対策としてのNb添加法を見出した。

Nは連続鋳造スラブや鋼塊の表面ひび割れを起こすが、Alキルド鋼では、オーステナイト粒界にフィルム状に生成したフェライト部に歪みが集中しその中に在るAlN粒子を起点として粒界延性で割れることを明らかにした。またAlN結晶と母相の方位関係を調べ、その形状と関係づけた。

これらの研究は従来、微量の故に把握できなかった上記元素の鋼中挙動を大幅に明らかにすると共に、実用鋼における強度・靱性への影響に対する方策を進めることを可能にしたもので、鉄鋼学と工業への貢献から見て、学位論文の価値あるものと認める。