

析出硬化型ステンレス鋼の脆性破壊

Brittle Fracture of a Precipitation-Hardening Stainless Steel

千田哲也、松岡一祥、林 慎也、高橋千織、古谷典子

北村 茂、渡邊 巖、間島隆博、西森 勇

平成10年10月

日本船用機関学会誌 33巻、10号

析出硬化型ステンレスSUS630は、熱処理により微量元素を析出させて引張強度を1000MPaレベルまで向上させた高強度材料である。このSUS 630で製作された搭載艇吊下げ用ランチングストロープのフックが破断する事故が発生したため、これを材料の高性能化に伴う重大な問題と考えて原因調査を行った。破断フックの外観では、巨視的な変形はほとんどなかった。破面は梨地状でシェブロンパターンが観察され、その頂点方向に初期き裂と考えられる腐食変色部があった。走査電子顕微鏡観察では、脆性破壊で生じる破面の一種である擬へき開破面がみられた。これらの観察結果は、もともと存在した初期き裂を起点とする脆性的な破壊であることを示す。

ビッカース硬さは熱処理条件から想定される値より高く、シャルピ衝撃エネルギーは正常な材料の1/3程度に低下していた。電子プローブ・マイクロアナライザで元素の微視的な分布を調べたところ、帯状または粒子状にクロム濃度の高い領域があり、そこではニッケルと銅の濃度が低く、これらの元素が偏析していることがわかった。濃度分布のパターンから、この偏析は型鍛造加工時に形成されたものと推定される。

鋼材の脆性破壊は、切欠きなどの応力集中部のある材料が低温で高速の変形（衝撃的な荷重）を受ける場合に起きる。硬さ測定とシャルピ衝撃試験結果から、材料自身が脆化していることが明らかになっている。材料の低靱性化の原因としては、クロム等の偏析による低靱性相の形成が強く示唆される。SUS 630は固溶化（1020～1060℃）と析出硬化（470～630℃）の2段の熱処理により性質が調製される。フックが製造された工程を調べると、固溶化熱処理は鍛造時の加熱により行われていたことがわかった。低靱性相の析出は、鍛造温度が低すぎたり鍛造加工速度が速すぎたため所要の熱処理条件が満たされず、均質な固溶化組織が得られなかったためと考えられる。同様の事故を防ぐためには、鍛造開始と終了時の温度を規定し、鍛造後再度固溶化熱処理を行うことが推奨される。

アルミニウム合金

6 NO 1 - T 5 つき合わせ溶接継手の耐力

Proof strength of aluminium alloy

6NO1-T5 butt welded joints

松岡一祥、北村 茂

平成10年10月

溶接学会全国大会講演概要 第63集

Mg₂Siの微細な析出物によって強化される6NO1合金は、溶接入熱によりMg₂SiがAlに溶出、軟化する。その後、自然時効により強度は若干回復するものの、船舶等の溶接構造物では軟化した溶接継手の耐力が設計上重要である。本報は、軟化部を含む溶接継手の耐力を取り上げ、施工および合金成分の影響について調査した結果を報告するものである。

22種類の6NO1-T5合金の100シリーズの突き合わせ溶接継手の引張試験結果を要因解析し、以下の結論を得た。

1) 入熱量Q、板厚Tおよび標点間距離GLの継手耐力に及ぼす影響は $Q/(T-GL)$ で整理できる。

2) $Q/(T-GL)$ が大きくなるほど継手耐力は小さくなるが、2500 (J/m)/mm²以上では一定になる。 $Q/(T-GL) > 2500$ (J/m)/mm²では標点位置の最高到達温度が370℃以上となり、完全軟化域の耐力を求めたことになる。

3) 合金成分の影響では過剰Siの焼き入れ効果による継手耐力の増加が大きい。過剰Si量0.3%程度で40MPa以上の増大が期待できる。しかし、0.3%を超えるとこの効果は減少して行く。

4) Cuは0.18%以下で継手耐力を低下させる。

5) Mnが0.16%以上ではMn量の増加と共に継手耐力は低下する。Mn量は0.1ないし0.15%以下であることが望ましい。

6) Mg₂Si量は継手耐力に影響を及ぼさない。

7) Znは極力少なくすることが継手耐力の向上の観点から望ましい。しかし、0.1%以上の場合についてはさらに検討が必要である。