

報告番号



甲第 895 号

主論文の要旨

題名 鋼材溶接部の割れ防止に
関する研究

氏名 沓 名 泉 春

本研究は鋼材溶接部に発生する割れについて、割れの種類を分類し、その発生要因を金属学的に検討し、フェライト鋼およびオーステナイト鋼溶接金属に高温で発生する凝固割れを防止する金属学的方法 および 高張力鋼溶接熱影響部に低温で発生する遅れ割れを防止する新しい溶接法を提案したものである。

まず、第1章においては溶接部に発生する割れの種類を分類し、その発生要因について力学的要因と冶金学的要因とに大別し述べている。そして特に凝固割れおよび低温割れを取上げ、その原因について従来の研究を調査し、これらの割れ防止方法について検討している。そして、第2章以下が実験研究結果である。

すなわち、第2章においてフェライト鋼溶接金属に生ずるいおうによる凝固割れの発生要因およびその防止方法について述べている。炭素あるいはニッケル含量の高い鋼を溶接した際には包晶反応をとめない凝固するため微量のいおうでも粒界に偏析し、膜状低融点介在物を形成するため凝固割れを生じやすい。そこで、硫化物形成傾向が強くなり、しかも、高融点の粒状炭

るいは分散型硫化物を形成するためジルコニウム、チタンあるいはマンガンを溶接金属に添加することにより、この膜状硫化物を粒状あるいは分散型の硫化物に変化せしめ、割れを防止する方法について検討した。その結果、3.5%ニッケル鋼溶接金属の凝固割れは柱状晶の粒界に生成するいわゆる濃度の高い膜状硫化物に起因することを明らかにした。このようにによる凝固割れは溶接金属にジルコニウム、チタンあるいはマンガンを添加することにより減少する。とくに、ジルコニウムおよびチタンの添加はマンガンに比べてはるかに効果的である。これらの合金元素の添加により、凝固組織における膜状硫化物 $(Fe, Mn)S$ は粒界付近に粒状に分散した硫化物 MnS , TiS および ZrS に変化することを確認した。また、これら合金元素を少量添加した溶接金属の機械的性質は添加しない場合に比べて良好であった。

本章においてはオーステナイト鋼溶接金属の凝固割れ感受性について検討し、凝固様式と凝固割れ感受性との関係をしらべ、

オーステナイト鋼溶接金属において、初晶として δ 鉄を晶出する溶接金属では割れ感受性が大きいが、初晶として α 鉄を晶出する場合には、0.15%のおう含量であっても割れ感受性は低く、凝固割れを発生するか否かの境界線は δ 鉄と α 鉄との初晶面境界線にほぼ一致することを明らかにしている。そして、さらに初晶として α 鉄を晶出するオーステナイト鋼溶接金属の粒界における δ 鉄のミクロ偏析はきわめて少なく、初晶として δ 鉄を晶出するオーステナイト鋼溶接金属の凝固割れ破面および粒界にいちじるしい δ 鉄のミクロ偏析を認めている。そして、この原因が α 鉄と δ 鉄との δ 鉄のおうの溶解度の差によるものであると推論している。また、高い δ 鉄含量オーステナイト鋼溶接金属の凝固割れ防止にも、オ2章で述べたチタンおよびジルコニウムの添加はきわめて有効であることを実験的に確めた。これらの実験結果からオーステナイト鋼溶接金属の凝固割れ感受性とシエラー組織図の常温におけるフェライト量とは直接的な関係はなく、むしろ、凝固様式が凝固割れ感受性を決める重要な因子であることを結論している。

第4章においては高張力鋼溶接継手の低温割れ防止方法として新しいサブゼロ溶接法を提案した。高張力鋼においては、急冷した場合、熱影響部はマルテンサイト変態による脆化と溶接金属から拡散した水素によって低温割れを生じやすい。また、大入熱溶接を行ない徐冷した場合には、熱影響部が軟化したり、溶接金属の靱性が低下するため、溶接時には予熱が行なわれ、入熱がきびしく制限されている。本溶接法はこれらの問題を解決し、割れのない高能率溶接を行なうため、オーステナイト系溶接ワイヤにより溶接し、水素の固溶度が大きく、拡散速度の小さいオーステナイト組織の溶接金属を室温にて得ることにより、これら低温割れを防止し、さらに溶接後、溶接継手をサブゼロ処理することにより、あるいは、サブゼロ処理後時効することにより、低い強度のオーステナイト組織をマルテンサイト組織に変態させ、高強度の溶接継手を得る溶接法である。この章ではとくに、この溶接法について行なった基礎実験について述べている。銑山材のサブゼロ処理により組成を検討した結果、溶接金属の基本組成として、クロム含量が17.5~17.8%、ニッケル含量8~10%を

選び、サブゼロ処理およびサブゼロ処理後時効することにより、いちじうしい硬度上昇を得ることができるとを確めた。そして、溶接継手の局部的冷却がメチルアルコールと細粒ドライアイスにより、または液体窒素により可能であることを明らかにした。次に80キロ級高張力鋼に対し、適当な組成のワイヤを実験的に決定して、サブゼロ溶接を行ない、0.2%耐力 68 kg/mm^2 、引張強さ 113 kg/mm^2 、伸び12%、シャルピー衝撃値は 0°C および -80°C でともに 2.8 kg-cm^2 の溶接金属を得ている。このサブゼロ処理は溶接後5日間位経過した後行なっても、十分な効果を期得し得、またサブゼロ処理は冷却剤として十分な細粒ドライアイスとメチルアルコールを用いれば10分程度で完了する。

また、高張力鋼のサブゼロ溶接にふさわしい溶接金属の化学組成を鋳込み材により検討したところ、Cr-Ni-2%Mo系あるいは14%Cr-9%Ni-Mo系が適当であることを認めたとくは、クロム当量12.5%、ニッケル当量12.9%の試験材(Cr-Ni-2%Mo系)はサブゼロ処理後時効することにより、0.2%耐力 81.0 kg/mm^2 、引

張強さ 102.0 kg/mm^2 、伸び 26.6% 、 -50°C のシャルピー衝撃値 4.5 kg-m/cm^2 の溶接金属を得た。

第5章においては、サブゼロ溶接法を低温用鋼材としてLN貯蔵用タンクなどに使用されている9%ニッケル鋼に適用し、それら溶接継手をサブゼロ処理あるいはサブゼロ処理後時効し、継手性能を調べた。9%ニッケル鋼を20%Cr-10%Ni系溶接ワイヤでMIG溶接し、サブゼロ処理すれば、0.2%耐力 83.8 kg/mm^2 、引張強さ 95.7 kg/mm^2 、伸び 18.7% 、 -196°C のシャルピー衝撃値 2.5 kg-m/cm^2 の溶接金属を得た。また、板厚 40 mm の9%ニッケル鋼を $0.3 \sim 0.4 \text{ mm}$ 厚さのインコネル600をインサート材として、電子ビーム溶接により1パス高能率溶接し、サブゼロ処理を行えば、溶接金属の靱性は -196°C において十分高く、 $7 \sim 9 \text{ kg-m}$ であり、強さおよび延性も十分高く、母材と同程度の値が得られることを確かめた。

第6章ではサブゼロ溶接法を適用した場合のTRC (Tensile Restrain Cracking) 試験を行ない、溶接継手の低温割れ感受性を評価するとともに、試験片破面を走査型電子顕微鏡により観察し、

その観察結果と低温割れ感受性とを関係づけた。9%ニッケル鋼をサブゼロ溶接した継手のTRC試験片破面には擬へき開破面あるいは粒界破面は観察されず、全面延性破面で、遅れ破壊に対する割れ感受性が非常に低いことを明らかにした。そして、試験片のルート部に観察される擬へき開破面領域の幅が遅れ破壊に対する材料の割れ感受性を評価する値となり得ることを見出した。

以上 溶接部に発生する凝固割れおよび低温割れについて冶金学的見地から、その防止方法を検討し、学体的に有効なる凝固割れ防止のための知見を得るとともに、低温割れ防止のための新しい溶接法も提案できた。