

(562) ロケットチャンパー用18Niマルエージ鋼の溶接部の熱処理による強度、靱性の改善

宇宙科学研究所 栗林一彦、堀内 良

1. 緒言、マルエージ鋼のような高級な高強度材料を用いた構造物では 溶接部にも高い溶接効率を要求される場合が多い。筆者等の関与している科学衛星打上げ用のMロケットでは 1,2段チャンパーにマルエージ鋼を使用している。現在採用されているロケットチャンパーの製作工程は 板厚が12mmのマルエージ鋼板を円筒状にプレス成型後、円周のつぎ合せ部に電子ビーム溶接を施し、肉厚が約4mmの円筒に切削仕上げを行っている。ロケットチャンパーは円筒状の内圧容器の機能を有しており、その耐圧強度は円筒溶接部の強度に直接に支配される。したがって溶接継手効率の向上が直ちにその性能に反映される。このため適切な溶接施工の実施に加え溶接後の熱処理による溶接部の性能向上をはかる必要がある。この場合の熱処理は SR処理を越えて溶融部の凝固偏析の均質化、およびHAZを含め均質化熱処理により粗大化する σ 結晶粒の微細化など、溶接部、母材の強靱化を目指したものであるが凝固偏析の均質化は同時にTiの炭、窒化物の固溶を伴い、その後の σ 結晶粒の微細化処理はこれらの炭、窒化物の析出による脆化を引き起こすことが予想されるため、熱処理過程としては凝固偏析の均質化—細粒化と炭、窒化物の固溶、析出に代表される熱脆化という材料の強靱化に対しての相反する二つの問題の同時解決を前提としたものでなければならぬ。本報では、以上の点を念頭に置いて、溶接部の熱処理の適切な条件を実験的に確立すること、および各熱処理の金属学的意味を明確にすることを目的としている。

2. 実験方法、用いた材料は板厚が11~12mmのMロケットの第2段チャンパー用210kg/mm²級18Niマルエージ鋼で、組成はC:0.002(%), Si:0.01(0.05), Mn:0.01(0.03), P:0.002(0.003), S:0.001(0.001), Ni:18.0(18.1), Co:8.9(8.5), Mo:5.1(5.0), Ti:0.52(0.43), Al:0.10(%), Zr:0.01(%), B:0.003(0.004) (%)は溶接材)である。圧延方向と直角にビードオンプレートの電子ビーム溶接が施された。溶接後の均質化熱処理としては820°C~1200°Cの範囲で100°C毎の各温度に1時間保持された後に水焼入れされた。その後500°C~900°Cの範囲での繰返し溶体化が施され、試験片に加工された後に480°C×5hrsの时效が施され、材料試験に供せられた。

3. 実験結果、塩浴炉を用いた1時間の等温保持においては本材料の逆変態は880°Cで再結晶し、均質化熱処理による粗大化した σ 粒は30~40 μ mに細粒化される。表は溶接材、母材について種々の熱処理に伴う力学的性質の変化を示したものである。0はas weld, 82は820°C×1hr→WQ, 11(12)は1100°C(1200°C)×1hr→WQ, 190(290)は1100°C(1200°C)×1hr→WQ+900°C×1hr→WQ, 198(298)は1100°C(1200°C)×1hr→WQ+900°C×1hr→WQ+820°C×1hr→WQを意味している。

再結晶温度に昇温した細粒化した試験片はその後の未再結晶温度域での溶体化により、強度、靱性とも向上することが示されている。同様の現象は溶接部に特有な効果ではなく、母材部においても認められる。

	Weld joint					Base metal		
	0	82	11	190	198	12	290	298
0.2% proof stress (kg/mm ²)	165.1	179.9	173.8	183.4	194.1	183.3	189.5	199.3
Tensile strength (kg/mm ²)	167.3	180.6	178.5	185.3	197.0	188.5	192.2	202.2
Elongation (%)	5.9	5.2	7.7	6.5	6.5	6.2	9.4	8.1
Reduction of area (%)	46.9	43.5	53.7	49.6	48.4	26.4	48.8	55.6
K _{IC} (kg/mm ^{3/2})	200.2	199.2	218.0	235.7	255.3	295.5	224.2	298.5