

# モリブデン鋼及びクロムモリブデン鋼用溶接材料

研究所 主幹研究員 石川 清康

## ① はじめに

耐熱鋼は火力発電プラントや石油精製プラントなどの圧力容器等、長時間高温・高圧の環境で使用されます。耐熱鋼としては、主にフェライト系耐熱鋼とオーステナイト系ステンレス耐熱鋼があり、ここではフェライト系耐熱鋼のうち、いわゆるクロムモリブデン耐熱鋼（以下、Cr-Mo鋼）について紹介します。

## ② クロムモリブデン耐熱鋼

比較的温度の低い環境では Mo 鋼が、温度が高い場合は Cr-Mo 鋼が適用され、温度が高くなるにつれて Cr 量の高い Cr-Mo 鋼が使用されます。さらには Mo の代替として W を添加したり、高温強度の向上のため V, Nbなどを添加した耐熱鋼も開発されています。

合金元素として添加される Mo は、高温における引張強さを高める目的で、Cr は耐高温酸化性、耐硫化物腐食性及び耐水蒸気腐食性を高める目的で添加されます。Mo 及び Cr の両方を適量添加することで優れた耐食性と高温強度を両立し、火力発電プラントにおいては水壁管や主蒸気管などの鋼管用材料として、圧力容器としてはボイラや石油精製装置などのさまざまな高温用途で適用されています。当社の耐熱鋼用溶接材料一覧を表 1 に示します。

表 1 耐熱鋼用溶接材料一覧

鋼種	ASTM/ASME		AWS <sup>2)</sup> 分類記号	SMAW [AWS A5.5]	GMAW [AWS A5.28]		SAW [AWS A5.23]	GTAW [AWS A5.28]
	A387	A213 A335			CO <sub>2</sub>	Ar+20%CO <sub>2</sub>		
0.5Mo	—	T1 P1	A1	N-0S	YM-505	—	NF-1×Y-DM	YT-505
Mn-Mo-Ni (ASTM A302, ASTM A533)	—	—	—	N-P31 N-P32 N-3	—	YM-1N	NF-250×Y-204	—
1Cr-0.5Mo 1.25Cr-0.5Mo	Gr.12 Gr.11	T12, P12 T11, P11	B2	N-1S CM-1A	YM-511	YM-511A SM-CM1	NF-250×Y-511 NB-1CM×Y-511S	YT-511
2.25Cr-1Mo	Gr.22	T22 P22	B3	N-2S CM-2A N-2SM	YM-521	YM-521A SM-CM2	NB-250M×Y-521H NB-2CM×Y-521	YT-521
HCM2S <sup>1)</sup> (2.25Cr-1.6W-V-Nb)	—	T23 P23	B23	N-HCM2S	—	—	—	YT-HCM2S
5Cr-0.5Mo	Gr.5	—	B6	N-5S N-55	—	—	—	—
HCM12A <sup>1)</sup> (11Cr-0.3Mo-2W-V-Nb)	—	T122 P122	—	N-HCM12A	—	—	—	YT-HCM12A

1) 新日鐵住金株式会社製 耐熱鋼管 2) 鋼種に該当する AWS 分類記号。各溶接材料の該当 AWS は別途確認ください。

## ③ 要求性能

溶接材料のAWSにはワイヤまたは溶着金属の化学成分、溶接及び溶接後熱処理 (PWHT, Post Weld Heat Treatment) 条件、引張強度が規定されていますが、ASME Sec. I (Boiler and Pressure Vessel) に火力発電に関する規格、Sec. VIII (Pressure Vessel) に圧力容器に係る規格があり、溶接金属もこれに則った品質が求められます。各製品の溶着金属性能一例を表 2 に示します。

## ④ 溶接上の注意点

Cr-Mo 鋼は溶接金属や熱影響部 (HAZ, Heat Affected Zone) が著しく硬化するため、低温割れ防止対策が必要になります。防止対策としては、C 量の低減による硬化の抑制、適切な予熱及びパス間温度の管理が有効です。

また、Cr-Mo 鋼を使用した溶接構造物は溶接部の延性や靱性の改善、残留応力除去などを目的に溶接後熱処理が実施される上、使用中にも再加熱されますが、その過程で熱影響部や溶接金属に割れが生じる場合があります。再熱割れは Cr 量が 2.25%までの、いわゆる低合金耐熱鋼で問題になりやすく、Cr, Mo, V や Nb といった合金元素の増加により増大しますが、これらはクリープ強度や耐食性を確保する上で必要であるため、P, S, Sb, Sn, As などの不純物の低減により耐再熱割れ性の改善が図られています。

一方で溶接施工面からは結晶粒の粗大化を抑制する適正な溶接条件の選定、テンパービード法の適用が再熱割れ防止には有効になります。

