

# 高強度Cr-Mo鋼技術基準

—高強度Cr-Mo鋼技術基準調査委員会報告書—

平成4年2月

社団法人 日本溶接協会  
鉄鋼部会 ECM委員会

# 目 次

## 序

## 委員会名簿

## 研究目的と組織

### I 高強度Cr-Mo 鋼の材料規格（案）

#### I - I 高温高圧容器用クロムモリブデン鋼鋼板

1. 適用範囲
2. 種類の記号
3. 化学成分
4. 機械的性質
5. 形状、寸法、質量及びその許容差
6. 外 観
7. 製造方法及び熱処理
8. 試 験
9. 検 査
10. 表 示
11. 報 告  
解 説

#### I - II 高温高圧容器用クロムモリブデン鋼鍛鋼品

1. 適用範囲
2. 種類の記号
3. 化学成分
4. 機械的性質
5. 形状、寸法及びその許容差
6. 外 観
7. 健全性
8. 製造方法及び熱処理
9. 試 験
10. 再試験
11. 検 査
12. 表 示
13. 報 告  
解 説

## II 付属書1 高強度Cr-Mo 鋼材のデータベース

1. 材料特性及び物理特性データの収集とデータベースの作成
2. データ解析
  - 2.1 引張特性
  - 2.2 クリープ破断特性
  - 2.3 衝撃特性
3. 許容応力

## III 付属書2 高強度Cr-Mo 鋼用溶接金属のデータシート 及び溶接施工指針

### III - I 高強度Cr-Mo 鋼用溶接金属のデータシート

1. 溶接材料の種類と調査項目
2. 溶接条件
3. 溶接後熱処理条件
4. Enhanced 2 1/4Cr-1Mo鋼用溶接材料
  - 4.1 化学成分
  - 4.2 引張強度
    - 4.2.1 室温引張強度
    - 4.2.2 高温引張強度
  - 4.3 衝撃特性
  - 4.4 焼戻脆化特性
  - 4.5 クリープ破断強度
  - 4.6 硬さ
5. Mod. 2 1/4Cr-1Mo鋼用溶接材料
  - 5.1 化学成分
  - 5.2 引張強度
    - 5.2.1 常温引張特性
    - 5.2.2 高温引張特性
  - 5.3 衝撃特性
  - 5.4 焼戻脆化特性
  - 5.5 クリープ破断強度
  - 5.6 硬さ
6. Mod. 3Cr-1Mo鋼用溶接材料
  - 6.1 化学成分
  - 6.2 引張強度
    - 6.2.1 常温引張強度
    - 6.2.2 高温引張強度
  - 6.3 衝撃特性

- 6.4 焼戻脆化特性
- 6.5 クリープ破断強度
- 6.6 硬さ

## III - II 高強度Cr-Mo 鋼溶接施工指針

- 1. 適用範囲
- 2. 適用材料
- 3. 溶接
  - 3.1 溶接一般
  - 3.2 溶接材料
  - 3.3 溶接施工
    - 3.3.1 施工要領
    - 3.3.2 溶接士
    - 3.3.3 溶接方法
    - 3.3.4 前準備
    - 3.3.5 予熱・パス間温度
    - 3.3.6 溶接補修要領
  - 3.4 溶接後熱処理
- 4. 検査
  - 4.1 一般事項
  - 4.2 溶接前の検査
  - 4.3 溶接中の検査
  - 4.4 溶接後の検査
- 5. 非破壊検査
- 6. 溶接継手試験
  - 6.1 化学成分
  - 6.2 引張試験
  - 6.3 曲げ試験
  - 6.4 衝撃試験
  - 6.5 硬さ試験

## IV 参考書 高強度Cr-Mo 鋼の環境強度データ集

- 1. 緒言
- 2. 耐水素侵食性
  - 2.1 水素侵食性とNelson線図
  - 2.2 耐水素侵食性に関与する金相学的因子
  - 2.3 V-Modified Cr-Mo鋼の耐水素侵食性
  - 2.4 まとめ
- 3. 耐水素脆化現象
  - 3.1 高強度化と水素脆化現象

- 3.2 Enhanced 2 1/4Cr-1Mo鋼の水素脆化感受性評価
- 3.3 V-Modified Cr-Mo鋼の水素脆化感受性評価
- 3.4 まとめ
- 4. 耐焼戻脆化特性
  - 4.1 脆化感受性低減対策の現状
  - 4.2 Enhanced 2 1/4Cr-1Mo鋼の焼戻脆化感受性
  - 4.3 V-Modified Cr-Mo鋼の焼戻脆化感受性
  - 4.4 まとめ
- 5. 耐クリープ損傷性
  - 5.1 クリープ延性低下現象
  - 5.2 Enhanced 2 1/4Cr-1Mo鋼におけるPWHT温度の影響
  - 5.3 V-Modified Cr-Mo鋼の特性
  - 5.4 まとめ
- 6. オーバーレイ部水素脆化剥離特性
  - 6.1 剥離現象
  - 6.2 Enhanced 2 1/4Cr-1Mo鋼におけるPWHT温度の影響
  - 6.3 V-Modified Cr-Mo鋼の特性
  - 6.4 まとめ
- 7. 結言

## 補足データ（追加試験結果収集後追補の予定）

- 1. 縦弾性係数
- 2. 低サイクル疲労
- 3. 応力-歪曲線
- 4. 熱膨張係数

## E C M 委員会名簿

役 割	氏 名	所 属
主 査	稲垣道夫	(財) 日本溶接技術センター
幹 事	田原隆康	(株) 日本製鋼所鉄構機器部

### WG-1 (材料規格)

リーダー	田原隆康	(株) 日本製鋼所鉄構機器部
委員	鶴戸口英善	高圧ガス保安協会
	山中勝義	新日本製鉄(株) 名古屋製鉄所品質管理部厚板管理室
	高野正義	(株) 神戸製鋼所鋳鍛鋼工場技術部開発室
	別所 清	住友金属工業(株)
	谷 三郎	日本鋼管(株) 鋼材技術開発部
	藤井忠臣	(株) ニチゾウテック東京事業部
	能登高志	千代田化工建設(株) 機械エンジニアリング部
	酒井健二	東洋エンジニアリング(株) 詳細設計本部

### WG-2 (付属書・参考書)

リーダー	上田修三	川崎製鉄(株) 鉄鋼研究所鋼材研究部
------	------	--------------------

### SG-1 (設計データ、鋼材のデータベース)

リーダー	橋本勝邦	新日本製鉄(株) 鉄鋼研究所厚板・破壊力学研究部
委員	門馬義雄	金属材料技術研究所第5研究グループ
	武田鉄治郎	新日本製鉄(株) 鉄鋼研究所厚板・破壊力学研究部
	山浦晃央	川崎製鉄(株) 鉄鋼研究所鋼材研究部強度・接合研究室
	鈴木治雄	日本鋼管(株) 鉄鋼研究所京浜研究所鋼材チーム
	鎌田芳彦	住友金属工業(株) 鉄鋼技術研究所鋼管・鋼材研究部

### SG-2 (溶接金属のデータベース、溶接施工指針)

リーダー	夏目松吾	(株) 神戸製鋼所溶接棒事業部技術部
委員	片山典彦	石川島播磨重工業(株) 技術研究所接合部
	桑 亮一	石川島播磨重工業(株) 技術研究所接合部
	吉田康之	三菱重工業(株) 広島研究所工作機械研究推進室
	津村博康	住金溶接工業(株) 技術部
	須田一師	日鉄溶接工業(株) 研究所

SG-3 (環境強度データ集)

リーダー	石黒 徹	(株) 日本製鋼所室蘭製作所室蘭研究所
委員	乙黒靖男	群馬大学工学部機械システム工学科
	川野浩二	出光エンジニアリング (株) エンジニアリング室
	石井正義	日石エンジニアリング (株) 技術本部
	石井邦雄	日揮 (株) 技術開発本部材料研究部
旧委員	鴻巣真二	茨城大学工学部機械工学科
	石川登一	出光エンジニアリング (株) エンジニアリング室
事務局	池原平晋	(社) 日本溶接協会
	郡司正昭	(社) 日本溶接協会

## 序

平成4年2月

ECM委員会主査 稲垣道夫

圧力容器用Cr-Mo鋼については、JIS鉄鋼材料規格としてJIS G4109（ボイラ及び圧力容器用クロムモリブデン鋼鋼板）及びJIS G3203（高温圧力容器用合金鋼鍛鋼品）として制定され、これまでも広く使用されてきた。一方、重質油の分解精製や石炭液化などの装置に使用される高圧容器は、従来の石油精製装置より高温の450°C以上の運転条件が必要となっており、既存の2 1/4Cr-1Mo鋼あるいは3Cr-1Mo鋼では極厚となり重量も大幅に増加し、その製造が困難になり、さらに、水素侵食の心配もあるため、より高強度で高温高圧水素環境に対して優れた性能を有する材料の要求が高まってきた。

このような状況に対応して、米国では、API（米国石油学会）とMPC（Materials Properties Council）を中心に開発プロジェクトが1983年に発足し、2 1/4Cr-1Mo鋼について主に熱処理の改良及び合金添加による高強度化の研究が鋭意推進され、現在までにASTM及びASME規格として、それら2鋼種が認定又は承認手続きの段階にある。また、国内では、通産省工業技術院のサンシャイン計画において、石炭液化装置用材料として3Cr-1Mo-1/4V-Ti-B鋼が開発された。その後、ASTM及びASMEにおいて規格化され、1990年には外国ユーザ向けに、同材料を使用した大型石油精製反応塔がASME Sec. VIII Div. 2規格によって製作されている。このように高圧容器に高強度Cr-Mo鋼を採用しようとする機運も高まっており、すでに国内ユーザ向けにも新鋼種を用いた高圧容器の製造が始まっている。

このような内外での高強度Cr-Mo鋼の開発には、日本の材料メーカ、ファブリケータの寄与するところが極めて大きく、又、国内規格、法規に従って、これら新鋼種を用いて高圧容器を製作するケースが多くなることから、これらの材料のJIS規格化が必要となっている。

以上のような現状を考慮して、日本溶接協会鉄鋼部会において、我が国の学識経験者、エンジニアリング会社、ファブリケータ及び材料メーカの専門家28名からなる『高強度Cr-Mo鋼の技術基準調査委員会』（略称ECM委員会）を1990年設立し、材料及び設計に関する技術基準と各種設計データベースを作成することになった。対象鋼種をASTM及びASMEにおいて規格化の進められている3種類（Enhanced 2 1/4Cr-1Mo鋼、V-Modified 2 1/4Cr-1Mo鋼、V-Modified 3Cr-1Mo鋼）に絞り、2年間の調査研究の成果をここに『高強度Cr-Mo鋼の技術基準』として纏めることができた。この基準書は、材料規格案としての『高温圧力容器用高強度クロムモリブデン鋼鋼板』及び『高温圧力容器用高強度クロムモリブデン鋼鍛鋼品』と、高圧容器の設計に必要な設計許容応力、材料特性、物性値とそれらのデータベース及び溶接施工指針を示す付属書、さらには、ユーザに高温高圧水素環境に対する優れた材料特性について、適



切な理解と知識を与えるための参考書としての環境強度データ集から構成されている。なお、鋼板及び鍛鋼品の材料規格案はW E S規格として、平成3年度中に発行される予定であり、J I S規格についても、工業技術院に申請中である。また、付属書の内容は今後J I S圧力容器規格に編入できるよう考慮されている。

今回のような材料規格、設計データ、溶接施工指針、環境強度データから成る充実した材料の実用化プログラムは従来例がなく、国内における今後の規格、基準作りの模範を成すものと考えている。また、海外からも、同様の開発を進めているA P I / M P CのE x - e c u t i v e D i r e c t o rであるD r . M . P r a g e rからその成果の発表を求められている。このような海外との交流を通じて、例えば、A S T M及びA S M Eでの材料規格化においても、E C M委員会の意見が反映されている。

この技術基準書が高圧容器のエンジニアリング、材料、設計、製作、Q Aなどに広く利用されることを期待する。

## 研究目的と組織

### 1. 研究目的

高温高压容器用高強度Cr-Mo鋼の技術基準及び設計データベースの作成  
高強度Cr-Mo鋼技術基準の骨子は次のとおり、

基準書	分類	項目	データベース
I 材料規格	高温高压容器用高強度 クロムモリブデン鋼 鋼板規格 鍛鋼品規格  (WES、JIS規格化の予定)	適用範囲 種類 製造方法 熱処理 化学成分 機械的性質 溶接補修 試験検査 表示報告	
II 付属書1	設計許容応力及び物性値 鋼材データベース  (JIS压力容器規格 へ将来編入予定)	設計許容応力 S (JIS B8243) Sm (JIS B8250) 高温降伏強さ 縦弾性係数 設計疲労曲線 熱膨脹係数 外圧曲線Bチャート	鋼材の諸性質 機械的性質 クリープ破断強度  高温縦弾性係数 低サイクル疲労 熱膨脹係数 応力-歪線図
III 付属所2	溶接金属データシート 溶接施工指針  (JIS压力容器規格 へ将来編入予定)	溶接材料化学成分 溶接施工方法 (溶接方法、予熱、 パス間温度、PWHT、 溶接補修) 継手評価試験 非破壊試験方法	溶接金属の諸性質 化学成分 機械的性質 クリープ破断強度 焼戻脆化特性 硬さ
IV 参考書	環境強度データ集	耐水素侵食性 耐水素脆化特性 オーバレ部 水素脆性剥離特性 耐クリープ損傷性 耐焼戻し脆化特性	左の特性値データ

2. 組織（敬称略、順不同、所属名略称）

