

水素ステーション用途向け

省資源高圧水素用ステンレス鋼 AUS305-H2 固溶化熱処理材

渡邊 義典*

窪田 和正**

1. はじめに

水素社会の発展に向け、高圧水素用バルブ・継手等の部品に使用される高圧水素用ステンレス鋼には、高圧水素ガス環境にて高い延性を示す「水素適合性」に加え、省資源性や切削加工性に優れることが求められている。

当社は、これらの要求特性を満足する JIS 規格材料として、レアメタルであるモリブデン (Mo) を用いない SUS305 に業界に先駆けて着目し、SUS305 の規格内での独自の成分調整により、水素適合性に加え省資源性と切削加工性に優れる高圧水素用ステンレス鋼“AUS305-H2”を開発してきた^{1,2)}。AUS305-H2 の冷間引抜材は、2020 年にトヨタ燃料電池自動車「MIRAI」に採用されるなど、モビリティ用途での採用実績を重ねている (図 1)。



図 1 燃料電池自動車「MIRAI」の水素充填口
〔適用材料：AUS305-H2 (高圧水素用 SUS305)
冷間引抜材〕²⁾

2025 年 11 月には、一般高圧ガス保安規則関係例示基準の改正を契機として、AUS305-H2 を水素ステーション用途向けにも展開すべく、冷間引抜材に加え、固溶化熱処理材を新たに商品化した。本稿では、この AUS305-H2 固溶化熱処理材の特長を紹介する。

2. AUS305-H2 固溶化熱処理材の概要

AUS305-H2 固溶化熱処理材の化学成分の例を表 1 に示す。モリブデン (Mo) を添加しない一方で、他の添加元素によりニッケル (Ni) 当量³⁾を調整することで優れた水素適合性を付与している。加えて、硫黄 (S) 添加量を適切に調整することで、優れた切削加工性を付与している。また、AUS305-H2 固溶化熱処理材の機械的性質の例を表 2 に示す。

2025 年 11 月に改正された一般高圧ガス保安規則関係例示基準では、水素ステーションにて使用する材料として、「JIS G4303(2021) ステンレス鋼棒であり、ニッケル当量 28.5 以上 (伸びが 57%以上にあつては、26.9 以上) を満足する SUS305」が新たに例示された。表 1 および表 2 に示す通り、AUS305-H2 固溶化熱処理材はこの要件を満足している。

なお、AUS305-H2 固溶化熱処理材の製品形状は丸棒であり、直径 18mm 以上 68mm 以下のサイズラインアップを取り揃えている。

表 1 化学成分の例 (%)

	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Ni当量
AUS305-H2の例	0.11	0.95	1.94	0.032	0.025	12.95	18.95	29.02
JIS G4303(2021)	0.12	1.00	2.00	0.045	0.030	10.50	17.00	—
SUS305の規格	以下	以下	以下	以下	以下	-13.00	-19.00	—

Ni当量(平山の式) = $12.6C + 0.35Si + 1.05Mn + Ni + 0.65Cr + 0.98Mo$

表 2 機械的性質の例

	0.2%耐力 (N/mm ²)	引張強さ (N/mm ²)	伸び (%)	絞り (%)	硬さ (HBW)
AUS305-H2の例	291	624	56	68	168
JIS G4303(2021)	175	480	40	60	187
SUS305の規格	以上	以上	以上	以上	以下

3. 特性データ

3. 1 水素適合性

水素適合性評価データの例として、低ひずみ速度引張試験 (Slow Strain Rate Tensile testing : SSRT) の結果を図 2 に示す。試験温度は、水素ステーションのディスプレイ等での使用を想定し-45℃を選定した。従来知見⁴⁾によれば、-45℃は室温と比較して機械的性質に水素の影響が顕著に現れ、強度や延性が低下しやすい過酷条件である。しかしながら、図 2 に示す通り、AUS305-H2 固溶化熱処理材は、-45℃90MPa の高圧水素ガス環境においても、窒素ガス環境と同等の強度および延性を示しており、優れた水素適合性が認められる。

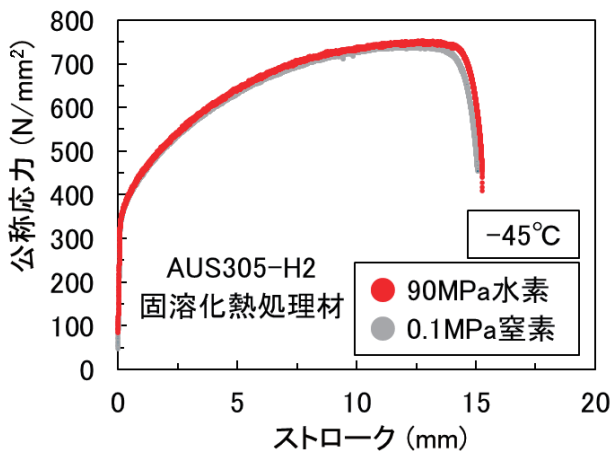


図2 SSRT 結果

3. 2 切削加工性

切削加工性評価データの例として、固溶化熱処理を施した AUS305-H2 と AUS316L-H2 (高圧水素用 SUS316/SUS316L) において、ドリル穴加工試験の結果を比較する。ドリル穴加工試験の条件を表 3 に示す。ドリル穴加工試験におけるスラスト荷重 (ドリル軸方向の切削抵抗) を図 3 に示す。AUS305-H2 固溶化熱処理材は、比較例の AUS316L-H2 固溶化熱処理材と比較して、スラスト荷重が小さく、切削抵抗の低減が認められる。また、200 個の穴を加工した後のドリル外周コーナー部の摩耗幅を図 4 に示す。AUS305-H2 固溶化熱処理材は、比較例の AUS316L-H2 固溶化熱処理材と比較して、ドリル外周コーナー部の摩耗幅が小さく、優れた切削加工性が認められる。

表3 ドリル穴加工試験の条件¹⁾

項目	内容
切削方法	ドリルセンタによるドリル穴加工
試験片形状	φ32×30mm(20穴/試験片)
工作機械	ファナック(株)製 ROBODRILL α 14iT-C キスラー社製4成分動力計9272
ドリル	住友電工ハードメタル(株)製 MDW0300XHGS8, 3.0×33×80×3.0、 Xシンニング、Jフルート、 ダブルマージン、先端角135° 母材 ACX70、コーティング DEX(TiAlC系/ TiSi系)超多層膜
回転数	6400rpm
切削速度	60m/min
送り	0.11mm/rev
穴深さ	25mm未貫通穴
切削油	水溶性切削油、センタスルー(圧力1MPa)
評価項目	加工時のスラスト荷重、 200穴加工後のドリル外周コーナー摩耗幅

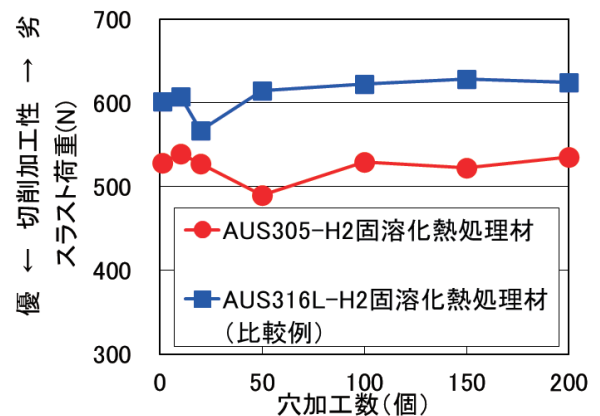


図3 ドリル穴加工試験におけるスラスト荷重 (参考文献1による図に一部加筆)

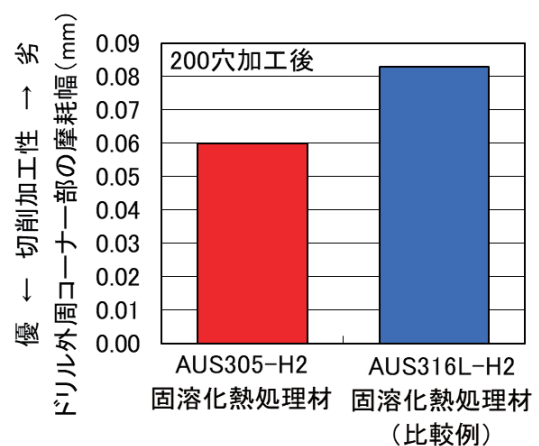


図4 ドリル外周コーナー部の摩耗幅 (参考文献1による図に一部加筆)

4. おわりに

一般高圧ガス保安規則関係例示基準の改正に伴う、高圧水素用ステンレス鋼の新たなニーズに応えるべく、AUS305-H2 固溶化熱処理材を商品化し、水素ステーション用途向けに供給を進めている。

今後も顧客ニーズに応えるタイムリーな開発を強化し、高圧水素用ステンレス鋼の供給を通じて水素社会の発展に貢献していきたい。

本稿で示したデータには、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の委託業務「水素利用技術研究開発事業」〈JPNP13002〉および「超高圧水素インフラ本格普及技術研究開発事業」〈JPNP18011〉において取得したデータが含まれる。

参考文献

- 1) 渡邊義典, 鈴木浩晃, 窪田和正, 愛知製鋼技報, 34(2018), 9-14.
- 2) 江藤翔平, 渡邊義典, 愛知製鋼技報, 37(2021), 27-31.
- 3) 平山俊成, 小切間雅彦, 日本金属学会誌, 34(1970), 507-510.
- 4) 横川清志, 福山誠司, 水素エネルギーシステム, 22(1997), 18-26.