

(321) 低温圧力容器用鋼板への制御圧延および直接焼入れ法の適用

神戸製鋼所 中央研究所 ○板山克広 鋪田昇功 勝亦正昭

細見広次 芦田喜郎

1. 緒言： 最近のエネルギー事情による熱処理省略型鋼板、あるいは高性能化（高強度・高靱性化）による制御圧延型鋼板への移行に対する希求は近年さまざまな用途の鋼板に及ぶ傾向にある。従来、圧延後の熱処理（焼ならし、焼ならし後焼もどしあるいは焼入れ焼もどし）あるいは合金元素の添加によって良好な強靱性を得ていた低温圧力容器用鋼板についても今後制御圧延材あるいは制御圧延後直接焼入れ材の適用が検討されることが予想される。著者らはこのような観点のもとに制御圧延および直接焼入れに関する研究を行なっているが、今回はそれらの材料の代表的特性を紹介する。

2. 実験方法： 表1に示す化学成分を有し制御圧延効果を強調するためのNb等を含まない通常の9%Ni鋼、3.5%Ni鋼、Alキルド鋼を表2の要領で制御圧延し圧延終了温度より空冷、空冷+焼もどしあるいは水冷+焼もどしを行なった。仕上り寸法20mm厚さ×200mm幅（一部は7mm厚さ×130mm幅）の圧延板の板厚中心部よりL方向とC方向の試験片を採取し、室温引張り試験および低温シャルピー衝撃試験を行なった。これらの結果を上記材料の従来製造法である圧延後焼ならし、焼ならし+焼もどしあるいは焼入れ+焼もどしを行なったものの試験結果と比較した。

3. 実験結果： 得られた試験結果を表3にまとめる。本供試材のようにNb等の硬化あるいは再結晶抑制元素を含まなくとも制御圧延の効果が認められる。つまりAlキルド鋼空冷材のように未再結晶オーステナイト域での圧下によりフェライト体積分率が大きく増加する場合を除き、水冷、空冷材ともに降伏強さおよび引張り強さは上昇し、一方、シャルピー破面遷移温度は従来材なみあるいはより低い値が得られた。これはフェライト組織の場合は低温圧延によるフェライト結晶粒の微細化が原因であるが、直接焼入れによってベイナイト、マルテンサイトのような低温変態生成物が生ずる場合には低温圧延による下部組織の微細化が遷移温度低下の主因である。

本法の効果が最も著しいのは9%Ni鋼の空冷焼もどし材であり制御圧延により従来の2重焼ならし焼もどし材を大きく凌ぎ、焼入れ焼もどし材とはほぼ同等の性能を有する20mm厚さの鋼板が得られる。

表1 供試材の化学成分 (wt%)

鋼種	C	Si	Mn	P	S	Ni	Al	Nb
Alキルド鋼	0.08	0.20	1.38	0.019	0.008	0.02	0.010	0.032
3.5%Ni鋼	0.06	0.29	0.58	0.017	0.005	3.30	—	0.038
9%Ni鋼	0.05	0.30	0.66	0.005	0.003	9.20	—	0.017

表2 供試材の圧延・熱処理方法

鋼種	仕上り厚さ (mm)	圧延形状 (mm)	加熱温度 (°C)	圧延速度 (mm/s)	圧延後冷却方法	焼もどし温度 (°C)	材料記号
Alキルド鋼	20	120×150W×200L	1150	66	水冷	625	A ₂₀
					空冷	—	B ₂₀
	7	32×100W×150L	1100	45	水冷	620	A ₇
					空冷	—	B ₇
3.5%Ni鋼	20	120×150W×200L	1150	66	水冷	640	C ₂₀
					空冷	600	D ₂₀
	7	32×100W×150L	1200	45	水冷	630	C ₇
					空冷	600	D ₇
9%Ni鋼	20	120×150W×200L	1150	66	水冷	580(3hr)	E ₂₀
					空冷	540(3hr)	F ₂₀
	7	32×100W×150L	1100	45	水冷	580	E ₇
					空冷	540	F ₇

*) 圧延終了温度に予熱した7mm厚の板を上下に重ね20mm厚圧延板の冷却速度にあわせて。

**) 特に記載のないものは各温度で15hの保持

表3 試験材の機械的性質 (L方向試験片)

鋼種	記号	降伏点 (kg/mm ²)	引張り強さ (kg/mm ²)	伸び (%)	最大吸収エネルギー (kg-m)	破面遷移温度 (°C)	FE-196*) (kg-m)
Alキルド鋼	A ₂₀	37.6	48.2	44.5	26.5	-120	—
	A ₂₀	35.5	46.8	43.5	29.8	-105	—
	A ₇	49.8	58.5	35	9.7	-175	—
	A ₇	45.5	57.2	34	11.2	-130	—
3.5%Ni鋼	B ₂₀	31.8	43.5	44	28.0	-90	—
	B ₂₀	31.2	46.1	44.5	29.8	-75	—
	C ₂₀	45.1	54.1	39.5	29.8	-110	—
	C ₂₀	42.0	52.7	41.5	28.5	-135	—
9%Ni鋼	D ₇	38.8	64.7	29.5	4.2	-110	—
	D ₇	35.6	57.8	31.5	6.3	-90	—
	E ₂₀	41.8	50.9	41	22.7	-85	—
	E ₂₀	38.0	50.3	41.5	26.2	-90	—
9%Ni鋼	F ₂₀	75.8	79.0	28	—	<-196	18.8(0)
	F ₂₀	68.8	73.5	30	—	<-196	19.0(0)
	G ₂₀	66.2	75.6	29	—	<-196	16.8(0)
	G ₂₀	58.3	71.0	31	—	<-196	14.5(17)

*) カッコ内数値は脆性破面率

**) A'~G'は通常の熱処理を含む工程によって製造されたものの比較データ