

(141) T R I P 鋼に関する研究

(株)神戸製鋼所 中央研究所 藤田 達
三沢博士 ○堤 汪永

1. 緒言

T R I P 鋼はオースフェームによる強化と変態誘起塑性 (Transformation Induced Plasticity) による靱化を併用した新しい型の強力強靱鋼として最近注目されつつある。しかしこの種鋼の諸性質に関する報告は少ない。本研究は常温性質に主眼をおいた 0.25C-2Si-2Mn-8Ni-9Cr-4Mo なる成分を有する T R I P 鋼を基本成分系として選らび、これの諸性質について調べるとともに基本成分系を modify し比較的高価な Ni, Mo 量を下げ、オースフェーム時の 2 次硬化性元素として新たに V を添加し、Mn, Cr 量を変化させ成分的により安価で良好な性質を有する T R I P 鋼開発の可能性について検討を行なった。

2. 試験方法

供試材の化学成分を表 1 に示す。供試材中 T 0 鋼については大気溶解により 90kg 鋼塊を溶製し、23t×50w×ℓ に鍛造した。その後溶体化処理(1200℃, WQ)、オースフェーミング(250~450℃, 35% reduction)、サブゼロ処理(-78℃)を行なった後引張、衝撃、高温引張、疲労、遅れ破壊、腐食試験を行なった。また T 1~T 7 鋼については真空溶解により 10kg 鋼塊を溶製し Process stage と引張および衝撃性質の関係を調べた。

表 1 供試材の化学成分

符 号		C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	V
T 0	目標	0.25	2.0	2.0	<0.01	<0.01	7.8	8.8	4.0	-
	分析	0.24	2.10	2.02	0.011	0.009	7.59	8.79	4.17	-
T 1	目標	0.25	1.0	2.0	<0.01	<0.01	5.0	12.5	2.0	0.5
	分析	0.21	0.97	2.03	0.005	0.012	4.99	12.62	2.08	0.48
T 2	目標	0.25	1.0	6.6	<0.01	<0.01	5.0	8.8	2.0	0.5
	分析	0.22	0.99	6.66	0.005	0.014	5.01	8.83	2.09	0.48
T 3	目標	0.25	1.0	13.0	<0.01	<0.01	5.0	3.8	2.0	0.5
	分析	0.24	1.05	12.65	0.004	0.014	5.02	3.75	2.08	0.48
T 4	目標	0.25	1.0	2.0	<0.01	<0.01	3.0	15.5	2.0	0.5
	分析	0.19	1.01	2.05	0.005	0.014	3.04	15.52	2.10	0.48
T 5	目標	0.25	1.0	10.5	<0.01	<0.01	3.0	8.8	2.0	0.5
	分析	0.22	1.01	10.49	0.007	0.016	3.02	8.78	2.08	0.48
T 6	目標	0.25	1.0	13.0	<0.01	<0.01	3.0	6.8	2.0	0.5
	分析	0.23	1.04	12.96	0.005	0.016	3.05	6.82	2.08	0.48
T 7	目標	0.25	1.0	6.6	<0.01	<0.01	5.0	8.8	4.0	-
	分析	0.22	0.96	6.57	0.006	0.018	4.98	9.04	4.16	-

3. 試験結果

3.1 基本成分鋼に関する各種試験結果

- i) 強度と延性の関係は冷間圧延 (15% reduction) 材で 170kg/mm² の引張強さと約 25% の伸びを示し他の強力鋼では期待できない組合せが得られた。(表 2)
- ii) 衝撃性質、平滑疲労強度は従来の強力鋼 (たとえばマルエージング鋼) と同一程度であった。
- iii) 耐食性 (腐食液は 10% HNO₃ および 2% H₂SO₄) は他の強力鋼よりもはるかに良好であった。
- iv) 切欠疲労性質および遅れ破壊性質はあまり良好でなかった。

3.2 開発鋼種に関する結果

- i) Process stage と機械的性質の関係ではサブゼロ処理よりも冷間圧延の方が延性を害せず強度を増すのにきわめて有効であった(表 2)
- ii) 基本成分系の Ni, Mo を安価な Cr にある程度おきかえても強度対延性の点では基本成分系のものよりもすぐれたものが得られる。
- iii) 合金元素と機械的性質の関係は材料の MD 点と密接な関係があり、今回の結果より次式で示される Ni 当量がこの合金元素と機械的性質の関係を把握する上の 1 つの目安となることが明らかとなった。

表 2 T R I P 鋼の引張試験結果

鋼種	引張方法	引張強さ (kg/cm ²)			0.2% 耐力 (kg/cm ²)			伸 び (%)			段 り (%)		
		B	C	D	B	C	D	B	C	D	B	C	D
T 0 (82Ni-7.8Si-8.8Cr)	—	147.1	172.1	—	105.7	127.3	—	30.0	25.0	—	21.2	20.1	—
	—	151.7	176.4	—	101.8	139.5	—	25.9	24.0	—	21.2	22.6	—
T 1 (2Mn-3Ni-12.5Cr)	—	164.7	185.6	—	97.3	176.7	—	16.3	25.0	—	12.5	45.3	—
	—	161.8	184.3	—	92.7	180.2	—	17.0	20.0	—	12.8	39.2	—
T 2 (6.6Mn-5Ni-8.8Cr)	—	115.1	107.5	137.5	90.3	22.0	112.5	37.5	27.6	29.9	38.2	36.9	28.5
	—	111.4	110.0	136.4	88.8	25.4	113.2	30.0	26.2	26.0	28.0	29.0	25.6
T 3 (13Mn-5Ni-3.8Cr)	—	101.0	94.4	119.0	81.9	31.0	105.7	47.5	39.0	28.5	71.5	71.5	68.4
	—	102.0	101.0	116.9	81.3	25.8	100.3	43.0	40.6	31.0	55.1	68.6	69.1
T 4 (2Mn-3Ni-6.8Cr)	—	154.6	149.4	169.7	84.9	92.0	139.6	29.4	22.8	30.2	24.7	19.5	37.1
	—	153.6	156.8	171.7	82.5	94.3	140.5	27.3	25.0	25.5	26.9	13.2	37.3
T 5 (10.5Mn-3Ni-3.8Cr)	—	110.3	114.4	122.4	33.0	79.0	102.2	42.9	36.6	37.5	42.7	30.3	45.0
	—	111.9	115.8	123.5	33.2	79.2	99.6	35.1	46.0	44.0	38.7	38.3	46.0
T 6 (13Mn-3Ni-6.8Cr)	—	105.2	105.7	123.7	34.5	86.3	103.9	41.9	46.4	24.0	63.0	69.3	52.7
	—	108.3	105.0	121.0	35.5	82.0	102.6	47.0	50.0	30.5	66.6	77.2	58.4
T 7 (6.6Mn-3Ni-8.8Cr)	—	112.2	107.0	120.7	32.0	84.0	99.7	45.0	32.5	16.7	42.9	45.5	28.5
	—	105.3	109.0	122.2	30.7	78.4	104.2	29.8	34.0	30.3	36.7	57.0	33.5

$$Ni\ eq = \%Ni + 0.65\%Cr + 0.98\%Mo + 1.05\%Mn + 0.35\%Si + 12.6\%C$$