

川崎製鉄㈱ 鉄鋼研究所 ○小関智也, 天野虔一

工博 寺嶋久栄, 工博 志賀千晃, 工博 田中智夫

**1. 緒言** 高周波加熱技術の進歩により, 近年, 直管UOE鋼管への誘導加熱曲げ成形技術の適用でパイプライン用大型曲管の製造が行なわれるようになってきた。しかも, パイプライン使用環境の過酷化により, 溶接性の優れた高強度の厚肉曲管が要求されるようになってきた。これらの要求にみあう曲管を誘導加熱曲げ成形技術で製造する場合, 板厚方向での温度差が大きくなるため, それに伴う板厚各位置における機械的性質の相違の解消や溶接性の面からの低 $P_{CM}$ 化が重要な研究課題となる。ここでは, 誘導加熱曲げ成形技術による高強度厚肉曲管 (Y. S.  $\geq 427 \text{ kgf/mm}^2$ , T. S.  $\geq 528 \text{ kgf/mm}^2$ , 板厚 38mm) の製造に適した成分系の検討を行った結果, 低 $P_{CM}$ で均質性の優れた曲管の製造が可能となったのでその概要を報告する。

**2. 実験方法** 高周波真空溶解炉でTable 1 に示す成分範囲の 100kg 鋼塊を溶製し, 熱間鍛造によって板厚 100mm のスラブとした。このスラブを 1100℃ または 1250℃ に加熱後, 750~900℃ の種々の仕上げ温度で 15mm 厚に圧延し, 室温まで空冷した。これら圧延鋼板を Fig. 1-(a)

Table 1 Chemical composition (wt%)

C	Si	Mn	Cu	Ni	Cr	Mo	V	Nb	Ti	B	$P_{CM}$
0.05	0.15	1.15	0	0	0	0	0	0	0	0	0.14
∫	∫	∫	∫	∫	∫	∫	∫	∫	∫	∫	∫
0.13	0.35	1.80	0.30	0.80	0.30	0.25	0.080	0.100	0.020	0.0020	0.23

$$P_{CM} = C + \frac{Si}{30} + \frac{1}{20} (Mn + Cu + Cr) + \frac{Ni}{60} + \frac{Mo}{15} + \frac{V}{10} + 5B (\%)$$

に示す所定の各温度に加熱後, 直ちに 2~10℃/s (800~400℃) の種々の冷却速度で焼入れることにより, 誘導加熱曲げ成形法での鋼管板厚方向の各部位が受けると思定される熱履歴を再現した。その後, 450~650℃ の各温度で焼もどし処理を行い, 板厚方向各位置の材質におよぼす成分系の影響を検討した。

**3. 実験結果** 曲管の板厚  $\frac{3}{4}t$  部を想定して, 種々の成分鋼を 950℃ に加熱後水冷した場合, およびそれを 600℃ で焼もどしたときの材質特性と  $P_{CM}$  の関係を Fig. 2 に示す。焼もどし処理により Y.S. は上昇するものの目標強度の達成には  $P_{CM} > 0.180\%$  が必要と考えられる。しかも, ここで用いた多くの鋼では加熱温度による組織変化が大きく (Fig. 3-b), 板厚方向で機械的性質が異なった。

そこで,  $P_{CM} = 0.180\%$  近傍で種々の成分系を検討した結果, 組織変化の少ない Mo-Nb-V-Ti 系成分 (Fig. 3-a) を見出した。これにより低  $P_{CM}$  で均質性の優れた高強度厚肉曲管の製造が可能となった。本報告では, 研究過程における各種熱処理条件と成分系, ミクロ組織および材質特性の変化について述べる。

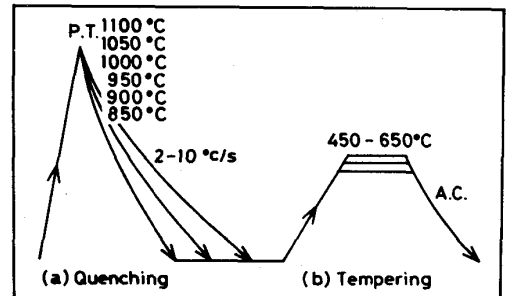


Fig. 1 Heat cycle pattern

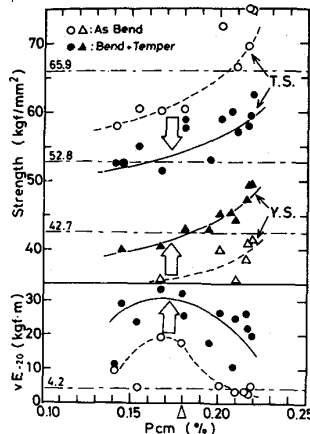
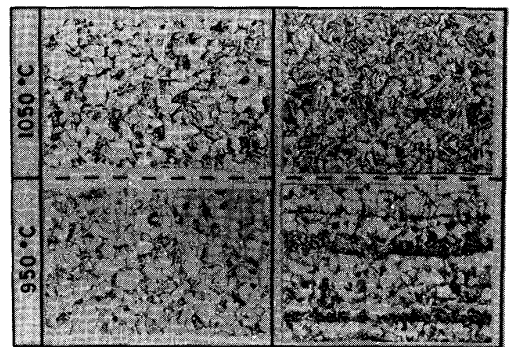


Fig. 2 Relation between  $P_{CM}$  and mechanical properties.



(a) Suitable steel (b) Conventional steel

Fig. 3 Microstructures of quenched steels