

## (114) Cu-P系厚鋼板の材質について

(耐候性低合金の研究—II)

日本鋼管, 技術部 工 堀 川 一 男  
 " 技術研究所 工 久保田 広 行  
 " " 工 大須賀 立 美  
 " 川崎製鉄所 工 小 滝 昌 治

## Properties of the Copper-Phosphorus Steel Plate.

(Study on the atmospheric corrosion resistance of low alloy steels—II)

Kazuo Horikawa, Hiroyuki Kubota,  
 Tatsumi Oosuka, Masaharu Kōtaki.

## I. 緒 言

前報の耐候性試験の結果から Cu および P を含有する鋼を平炉および転炉により溶製, 鋼板を製造してその機械的性質, 溶接性, 耐候性および実用試験などについて調査した結果, 充分実用に供し得る段階にいたつていたのでその材質試験の結果を報告する。

## II. 供 試 鋼

供試鋼は JIS 規格一般構造用圧延鋼板 SS-41 の降伏点を  $1 \text{ kg/mm}^2$  高めたほかはこれと同等の機械的性質を持つことを目標とし, しかも耐候性の優れた鋼板を製造するためにその目標成分を C 0.12% 以下, Si 0.15~0.35%, Mn 0.50~0.80%, P 0.06~0.10%, Cu 0.25~0.50%, とした。この成分範囲を選定するに際しては次のことを考慮した。C は耐候性には殆んど影響のない成分であるが P を添加することによる強度の増加および切欠靱性の低下を相殺するために特に 0.12% 以下に抑えた。Mn は耐候性にはあまり影響はな

いが切欠靱性の改善する成分であるので普通軟鋼よりも幾分高めてある。P は前報に述べたごとく耐候性には有効な成分ではあるが切欠靱性および溶接性を低下させるおそれがあるので上限を 0.10% にした。Cu は耐候性改善に著効のある成分であるが 0.20% 以上では添加量を増加しても効果はそれに比例しないので 0.25~0.50% の範囲を採つた。

今回の供試鋼は Table 1 に示すごとくいずれもこの成分範囲を満足するものである。No.1~4は川崎製鉄所転炉工場において溶製し鶴見製鉄所製板工場において  $8 \times 1,524 \times 6,096 \text{ mm}$  鋼板に圧延, また No. 5 は鶴見製鉄所平炉工場で溶製, 同製板工場において  $19 \times 1,829 \times 4,572 \text{ mm}$  および  $25 \times 1,829 \times 4,572 \text{ mm}$  鋼板に圧延した。

Table 1. Chemical composition of test plates.

Steel No.	C	Si	Mn	P	S	Cu
1	0.08	0.23	0.63	0.092	0.018	0.35
2	0.09	0.20	0.65	0.067	0.014	0.40
3	0.09	0.24	0.70	0.087	0.019	0.42
4	0.09	0.29	0.56	0.074	0.014	0.45
5	0.09	0.23	0.71	0.081	0.022	0.30

## III. 試 験 結 果

(1) 顕微鏡組織および結晶粒度: 供試鋼はいずれもフェライト+パーライトの正常な圧延組織を示した。フェライト結晶粒度は 8mm 厚板では F<sub>GeV</sub> 7~8, 19 および 25mm 厚板は圧延まゝでは F<sub>GeV</sub> 5~6 であり焼準を施すと F<sub>GeV</sub> 8 となつた。またオーステナイト結晶粒度はいずれも G<sub>c</sub> 8 であつた。

(2) 機械的性質: 供試鋼の機械的性質は Table 2 に示すごとく JIS 規格 SS-41 鋼板の機械的性質を充分

Table 2. Mechanical properties of test plates.

Steel No.	Plate thickness (mm)	Condition	Tensile test			Bend test (r=1.5 t, 180°)	V-Notch Charpy impact test	
			Yield point (kg/mm <sup>2</sup> )	Tensile strength (kg/mm <sup>2</sup> )	Elongation (in 200mm) (%)		Impact value at 0°C kg-m/cm <sup>2</sup>	Tr 15°C
1	8	As roll	37.0	49.9	27.2	Good	6.1	-27
2	8	As roll	35.1	48.5	28.1	Good	8.8	-34
3	8	As roll	36.3	47.6	27.1	Good	9.3	-48
4	8	As roll	37.1	49.1	26.5	Good	15.0	-55
5	19	As roll Normalize	31.3	46.4	30.7	Good	3.4	-8
			31.7	45.4	33.5	Good	11.5	-47
	25	As roll Normalize	31.4	45.9	31.5	Good	5.0	-6
			30.7	45.1	33.8	Good	12.6	-48

満足するが、降伏点は一般に高くとくに圧延仕上温度の低い 8mm 厚鋼板の降伏比は 70~75%を示した。

P 添加による衝撃値の低下は一般に 8mm 厚鋼板では比較的軽微であり圧延仕上温度の調整によつて切欠靱性の劣化は実用上差支えない程度に止め得るものと思われる。19 および 25mm 厚鋼板は 8mm 厚鋼板に比較してフェライト結晶粒が大きいため衝撃値は劣るが焼準を施して結晶粒を微細化すればいちじるしく改善することができる。

(3) 溶接性試験:

(i) 溶接熱影響部の最高硬度は Hv 250 以下であり硬化は軽度であつた。

(ii) ビード下亀裂は全然認められなかつた。

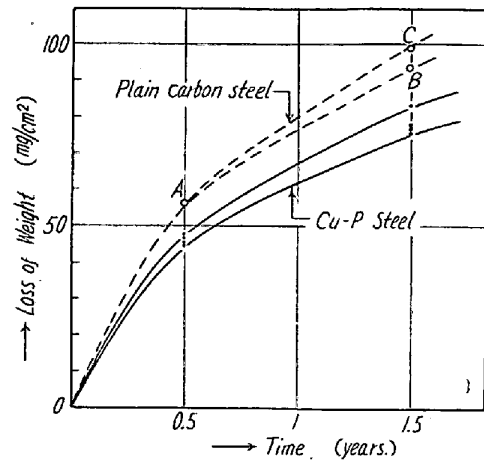
(iii) 19 および 25mm 厚鋼板のコマレル試験は手溶接については B-17 (イルミナイト系軟鋼棒) および LB-26 (低水素系軟鋼棒), 自動溶接 (ユニオンメルト) については 芯線 #36-溶剤 #20 および 芯線 #43-溶剤 #50 の各2種類の溶接条件で常温において試験した結果, 19mm 厚さでは 140° まで, 25mm 厚さでは 130° までそれぞれ曲げても母材に亀裂は全然発生しなかつた。

(iv) 溶接接手の試験は 19 および 25mm 厚さについてコマレル試験と同一の溶接条件で突合せ接手を作製し, 引張, 曲げ (自由曲げおよび側曲げ) を行なつたが, いずれも結果は良好であつた。

なお 8mm 厚鋼板は運輸省第2港湾建設局 No. 65土運船の甲板および外板として使用され同船建造に際しては低水素系溶接棒を使用した溶接施工上障害は起らなかつた。

(4) 耐候性試験: No. 1~4 の 8mm 厚鋼板について現在までに工場大気中において1年6ヵ月および郊外大気中においては6ヵ月までの大気曝露試験成績が判明している。試験片寸法はいずれも 5×100×150mm で表面は機械仕上げし試験に供した。また比較材には普通キルド鋼を使用した。試験方法は前報と同様で曝露試験後生成した銹を落としその減量を測定した。

工場大気中における1年6ヵ月までの腐食減量-時間曲線は Fig. 1 に示すごとくで, 供試鋼板の腐食減量は比較材の普通鋼の約 80% であり試験期間の長期化につれてその差は拡大する傾向にある。郊外大気中ではその腐食条件が緩慢でありしかも短期間の試験のために供試鋼の腐食減量は普通鋼の約 90% であるが長期間の試験を行えば工場大気中におけると同様の優位が示されるものと思われる。なお土運船外板として使用された供試鋼板の腐食状況は Photo. 1 に示すごとく SS-41 形鋼に



Steel No.	C	Si	Mn	P	S	Cu
A	0.17	0.27	0.61	0.018	0.016	0.17
B	0.12	0.32	0.44	0.014	0.025	0.23
C	0.14	0.16	0.30	0.026	0.020	0.13

Fig. 1. Comparative corrosion resistance of Cu-P steel and plain carbon steels. Samples exposed to industrial atmosphere at Kawasaki.

比較して遙るかに軽微である。

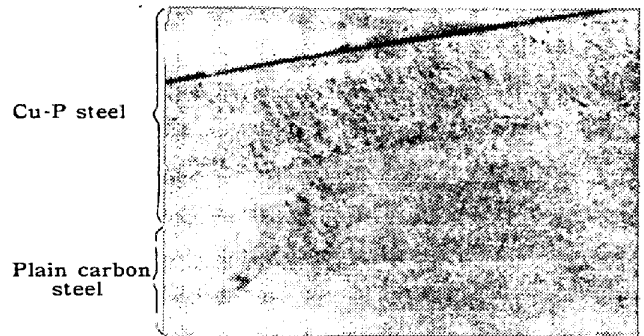


Photo. 1. Appearance of Cu-P steel and plain carbon steel after 10 months service for a mud-lighter.

IV. 結 言

Cu-P 系耐候性厚鋼板について各種の材質試験を行なつた結果を総括すると,

(1) 引張強さおよび伸びは JIS 規格 SS-41 鋼板の規格を満足し, 降伏点は今回の供試鋼では 30 kg/mm<sup>2</sup> 以上を示した。

(2) P 含有による衝撃値の低下は 8mm 厚鋼板では熱間圧延ままで実用上差支えない範囲内にあり, 19 および 25mm 厚鋼板では熱間圧延ままではやや劣るが焼準によつて十分改善し得る。

(3) 溶接性は良好であつた。

(4) 工場大気中における腐食減量は1年6ヵ月で普通鋼の約 80% であるが比較材として使用した普通鋼の

含銅量がやや高く、これが次第に低下しつつある現在ではこの較差はさらに顕著になるものと考えられる。

(115) 高 Mn 鋼の塑性変形におよぼす C, Mn 含有量の影響

(高 Mn 鋼の研究—II)

宇部興産, 中央研究所

理 木戸 行男・○藤井 晴信

Effect of Carbon and Manganese Contents on the Plastic Deformation of High Manganese Steel.

(Study on high manganese steel—II)

Yukio Kido, Harunobu Fujii.

I. 緒 言

高 Mn 鋼は塑性変形を起しやすい。これは欠点である。しかし塑性変形にいちじるしい加工硬化を伴うということが重要な特徴である。このような次第から本鋼に対して、著者らりは Fig. 1, (a) のごとき形状の試験片を軸方向に打撃する研究方法を検討した。その結果に基づいて引きつゞき各種元素の影響を研究中である。先ず C および Mn 含有量の影響について述べる。

II. 実験の方法

Fig. 1, (a) および (b) は試験片を軸方向に打撃する前後の形状および諸元の記号を示すものである。打撃による試験片の高さの減少を  $\Delta Hc$ , 頂部に出来る円形平面の直径を  $d$ , 円柱部のふくらみを  $\Delta D$  であらわす。弱い打撃では  $\Delta Hc$  と  $d$  を生ずるが  $\Delta D$  を生じない。強い打撃でも打撃回数が少なければ  $\Delta D$  を生ぜず回数を

重ねるとこれを生じる。それで、

(イ) 3.0 kg-m

1 回の打撃

(ロ) 0.5 kg-m

20 回の繰返し打撃

(ハ)  $(0.5 + n \times 0.1)$  kg-m  $n = 0.1 \cdot 2 \cdots \cdots 5$  なる各段階

でそれぞれ 20 回の繰返し打撃

(ニ)  $(0.5 + n \times 0.05)$  kg m  $n = 0.1 \cdot 2 \cdots \cdots 7$  なる各段階で変形が停止するまでの繰返し打撃 (150 回~200 回となる)

なる 4 つの加工法で上記諸量と断面硬度分布を測定した。試料の組成を Table 1 に示す。

III. 実験の結果

Fig. 2 に一括して実験結果を示した。

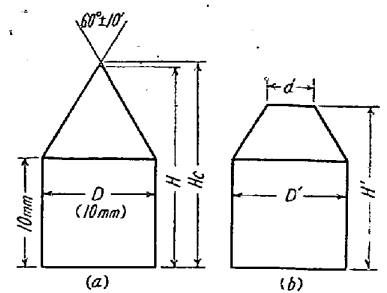
i) 熱処理硬度 (1050°C W. Q)

C 含有量の増加にほぼ比例して上昇する。0.1% C の増加につき Hv 7~8 の上昇である。Mn 含有量の増加はわずかに硬度を減ずる。

ii)  $\Delta Hc$  および  $d$

(イ) なる加工法によると, C 0.9~1.1% では変わらず 1.1%~1.3% で減少し 1.3% 以上で変わらない。(ロ) の加工法によると  $\Delta Hc$  は 1.3% 以下は変わらず, 以上では C% の増加とともに減少する。Mn 含有量は  $d$  に変化を与えない,  $\Delta Hc$  は 12% Mn 付近を極小とする僅少な変化がある。

(iii)  $\Delta D$



$Hc - H' = \Delta Hc$   
 $D' - D = \Delta D$

Fig. 1. Specimen and its deformation by blows.

Table 1. Chemical composition and hardness.

Series	Melt	Chemical composition					Hardness. (Hv) (1050°C W. Q.)	
		C	Si	Mn	P	S	Measured	Average
C Series	C-1	0.89	0.25	13.47	0.048	0.012	201~217	208
	C-2	0.98	0.32	13.83	0.042	0.009	214~231	221
	C-3	1.09	0.31	13.93	0.047	0.012	224~238	230
	C-4	1.20	0.33	13.73	0.044	0.011	225~239	233
	C-5	1.29	0.33	13.62	0.049	0.009	234~249	241
	C-6	1.40	0.39	13.53	0.046	0.010	235~252	246
	C-7	1.49	0.35	12.88	0.040	0.011	248~265	257
Mn Series	M-1	1.14	0.18	7.52	0.047	0.007	242~253	248
	M-2	1.21	0.26	9.21	0.040	0.010	240~260	252
	M-3	1.23	0.28	10.25	0.036	0.011	234~253	242
	M-4	1.25	0.26	11.65	0.064	0.009	225~245	236
	M-5	1.13	0.45	13.23	0.067	0.008	221~236	234
	M-6	1.21	0.30	14.86	0.063	0.008	231~244	237
	M-7	1.18	0.32	15.69	0.055	0.012	234~240	238