

より引張強さは高く伸びは減少する傾向がみられる。焼鈍組織は Ni, Cr が少い場合 700°C までは圧延方向に伸びたフェライトでセメンタイトは粒状に分布しているが、750°C ~ 800°C ではセメンタイトは粒界に集まりフェライトは角張る。Ni が高くなると上記現象が比較的低い温度から始まり、Cr が高いと粒界セメンタイトがやや増加する。

(2) 冷間引抜: 13mmφ の 0.1% C 鋼を鍛造のままおよび 700°C × 1h 焼準し 12.5mmφ に精仕上げし 120mm/mn の速度で 11.80 ~ 9.45mmφ に順次引抜き引抜荷重、引抜後の断面硬度を測定した。

引抜荷重は Ni, Cr% でいちじるしい差はないが加工率が高くなると Ni, Cr% が高くなるほど増大する。硬度はいずれの場合も Ni% の増加とともに高くなり、Cr の増加により余り強い影響はない。引抜きによる硬度増加率をみると鍛造のままでは 43% 加工率で Ni は約 6%/0.1% Ni の増加に対し、Cr は約 2.5%/0.1% Cr である。焼準すると増加率は減少する。これは組織変化と N の固定のためである。

5. 硬化能におよぼす影響

ジョミニ試験結果 0.1% C 鋼では水冷端から 1 ~ 4mm の硬度は Ni % の増加とともにゆるやかに増加するが、Cr は 0.13% までほとんど影響なくそれ以上では急激に硬度は増大する。

0.6% C 鋼では 50% マルテンサイト点はこの程度の Ni, Cr% ではないちじるしい影響はないが、パーライト組織は含有量の増加とともに微細になる。

IV. 考 察

相当量の添加による Ni, Cr の鋼におよぼす影響と微量に存在する Ni, Cr の影響は同一傾向であつてもその程度は必ずしも一致しないようである。引張強さにおよぼす影響は 0.1% C 鋼では相当量の添加による効果より小さく、0.6% C 鋼では大きく現われた。合金元素の歪硬化割合におよぼす影響は真応力-歪曲線から求められるが³⁾これによると Ni は Cr の約 3.4 倍である。Fig. 4 の引抜きによる硬度増加率は Ni は Cr の約 2.4 倍でほぼ等しい。歪時効におよぼす影響は静的および衝撃試験とも N を固定した場合 Ni, Cr の影響は少いが N を固定せぬ場合歪時効を助長する点が注目される。また Tr₁₅ におよぼすの影響は Rinebolt⁴⁾のそれよりやや大きい。

文 献

- 1) 大竹 正: 製鉄研究第 213 号
- 2) A. Schepers u. R. Krauss: St u. Ei. 76

(1956) Nr 14, 896

- 3) M. Gensamer: A.S.M. 36 (1946) 30, 32 (1944) 88
- 4) T. A. Rinebolt: A.S.M. 43 (1951) 1175

(113) 鋼の耐候性におよぼす各種元素の影響

(耐候性低合金鋼の研究—I)

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

Effect of Composition of Steel on the Atmospheric Corrosion Resistance.

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

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

I. 緒 言

ステンレス鋼のように、高度の耐食性具備を意図して開発されてきた高価な鋼種は別として、一般に構造用として使用されている鋼材にとって、錆の発生はさけ難い現象であるが、長年月の間におけるその累積損害は非常に大きなものがある。この意味で、車輛、橋梁、港湾、船舶、建築などの各方面で、構造物寿命の増加と使用鋼材量の節減を計るために、従来の普通鋼材よりも錆びが進行し難くかつ低廉な構造用鋼材の開発が望まれている。

この種の鋼材に関する研究は、低合金高張力鋼に望まれる一条件として、諸外国では 1930 年頃から進められ普通鋼の 4 倍以上の耐候性を有すると称する低合金鋼 (コルテンなど) が製造されてかなり普及してきているが、わが国においては、これに類する研究は少い。

そこで、著者らはこの数年来、低廉で量産に適した錆の進行の遅い構造用鋼材の試作研究を数次にわたつて実施し、その成果を基礎にして、まず第 1 号製品 "Cuploy" を市販に供するにいたつたが、さらに改良を加えた新鋼種の開発研究を継続中である。本報告では、"Cuploy" を生むまでにあつた第 1 次試作研究を主体にして紹介する。

II. 試作および試験方法

鋼の耐候性におよぼす各種元素の影響については、

Hudson, Stanner はじめ多数の研究者がその研究成果見解を発表している。しかしながら、これらの諸報告では、Cu, P, Cr, Ni, Al, Mo, Co, Be などが耐候性に好影響をもたらすことについてはほぼ一致した見解を示しているが、Si, Mn, As, V などについてはその効果に相反する判定が下され、また C, Pb, Sn, Nb, Ta, Bi, W などについてはその影響が判然としていない。また、これらの添加元素の効果判定方法もそれぞれに多様であるので、これらは定性的な知識として参考にし得るにとどまり、われわれが実用鋼種の試作を計画するに当つてはデータ不足である。

そこで、まず第1次の試作鋼種としては、一般に製造されている低炭素キルド鋼をベースに考え、これに Si, Mn, Cu, P, Cr, Ni を単独あるいは組合せて添加した比較的簡単な系を対象に選び、その耐候性を検討することにした。

(1) 溶製および試験材の作製

Table 1 に第1次試作鋼種の化学成分を示してあるがこれらは 50 kg 高周波溶解炉で溶製し、50 kg 押湯付鋼塊に鑄造、次に厚さ 12~15 mm の板に鍛造、さらに実験用小型圧延機で厚さ約 6 mm の板に熱間圧延後、920 °C で焼準して試験用素材とした。なお Table 1 中の No. 1 は合金元素の添加効果を判定するために溶製した普通鋼で、成績判定用の標準試料である。

(2) 耐候性試験

厚さ約 6 mm の鋼材素材から 4×100×150 mm の大気曝露用試験片を採取、表面をシェーパー仕上して、技術研究所屋上（工場大気、Photo. 1 はその近況）と新城社宅内（郊外大気）にある曝露試験台で、昭和 30 年 8 月以降 3 年におよぶ長期試験を実施した。試験片は、6 カ月、1 年半、3 年の各試験を終了後取外し、表面に

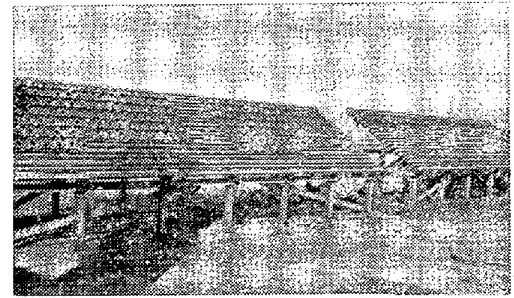


Photo. 1. View of atmospheric corrosion test at Kawasaki Iron Works (N₁K₁K₁).

生成した銹をブラシと煮沸枸橼酸アンモン 10% 水溶液とで除去し、腐食減量を測定した。

III. 耐候性試験結果の検討

Fig. 1, Fig. 2 は、第1次試作鋼種の耐候性試験成績のうちで工場大気に関するものを総括図示したものである。

工場大気と郊外大気とでは、その条件が異なるために、同一鋼種でも銹の進行状態がかなり違っているが、長期

Table 1. Chemical analysis of the steel tested.

No.	Type	Composition %							
		C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr	Ni
1	Standard	0.12	0.32	0.44	0.014	0.025	0.23	0.02	0.06
2-1	Mn	0.11	0.24	0.83	0.012	0.021	0.22	0.04	0.04
2-2	〃	0.12	0.24	1.12	0.015	0.013	0.18	0.04	0.03
3-1	Si	0.10	0.94	0.64	0.014	0.013	0.19	0.04	0.03
3-2	〃	0.11	1.10	0.55	0.018	0.015	0.18	0.04	0.04
3-3	〃	0.15	1.42	0.55	0.018	0.014	0.18	0.04	0.03
3-4	〃	0.09	1.75	0.60	0.015	0.013	0.18	0.02	0.04
4	Cu	0.12	0.27	0.39	0.014	0.024	0.40	0.02	0.05
5	P	0.12	0.28	0.60	0.145	0.028	0.22	0.03	0.06
6	Cr	0.12	0.28	0.48	0.011	0.024	0.22	1.02	0.05
7	Ni	0.10	0.33	0.50	0.011	0.021	0.22	0.03	0.54
8	Cu-P	0.10	0.27	0.59	0.142	0.027	0.41	0.03	0.07
9	Mn-Cu	0.12	0.24	1.09	0.015	0.013	0.42	0.04	0.04
10	Mn-Cu-P	0.12	0.24	1.16	0.140	0.014	0.42	0.03	0.04
11-1	Si-Cu-P-Cr	0.11	0.67	0.70	0.78	0.012	0.41	1.01	0.04
11-2	〃	0.11	0.78	0.64	0.135	0.021	0.43	1.03	0.04
11-3	〃	0.09	0.53	0.50	0.141	0.012	0.39	1.03	0.04
12-1	Si-Cu-P-Cr-Ni	0.11	0.64	0.34	0.135	0.023	0.45	1.02	0.54
12-2	〃	0.09	0.64	0.46	0.133	0.013	0.42	1.02	0.52
13	Killed (O. H.)	0.19	0.23	0.49	0.034	0.025	0.17	0.03	0.04
14	〃 (C)	0.14	0.16	0.30	0.026	0.020	0.13	0.01	tr
15	Rimmed (O. H.)	0.23	0.01	0.51	0.025	0.017	0.20	0.04	0.07
16	〃 (C)	0.22	0.01	0.45	0.031	0.018	0.13	0.01	tr

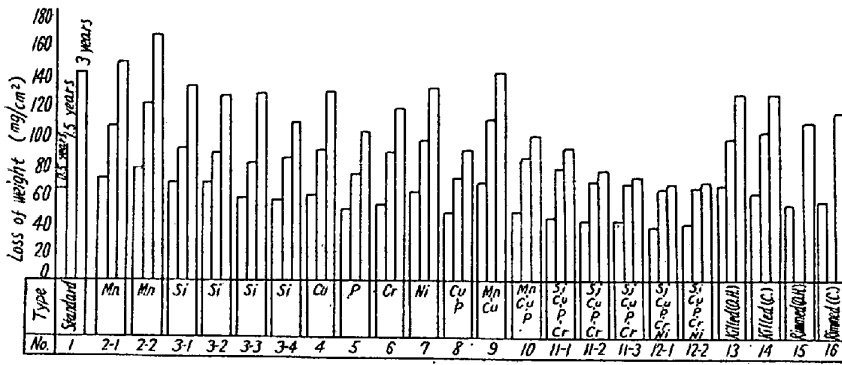


Fig. 1. Loss of weight in industrial atmosphere.

Cr, Cu, P, Ni, Si は鋼の耐候性を改善している。したがって、Si-Cu-P-Cr-Ni系 (No. 12-1, 12-2, コルテン) のようにこれらの有効元素をすべて複合している鋼種の成績が最も良好であったのは当然であるが、腐食条件の酷な工場大気中で、簡単な Cu-P 系 (No. 8) がこれにきわめて近接した好成績を示していることは注目し、この鋼種の大きな特性として再認識されなくてはならない。すなわち、構造用

鋼としての十分な諸性質さえ具備させれば、Cu-P 系の実用化はきわめて有望であることが判つた。

IV. 結 言

普通鋼材に耐候性を付与するために、各種元素を添加した多種類の試作鋼について長期試験をすすめているが、第1次試作鋼について、3カ年におよぶ耐候性試験が終了したので各元素 (Si, Mn, Cu, P, Cr, Ni) の影響を検討した。その結果、簡単な Cu-P 系で、有効元素各種を複合含有する Si-Cu-P-Cr-Ni 系に非常に近接した好成績をおさめ得ることが判明した。

この第1次試作鋼種に関する諸資料を基礎にして、われわれは Cu-P 系鋼板の材質研究をすすめ、昭和32年度に第1号製品“Cuploy”を量産化に移すにいたつた。この第1次試作に引続いて、含銅鋼をベースにして、さらに改良成分を開発すべく、Si, Mn, P, Cr, Ni のほかに Mo, Ti, Al, Sb, Sn, As, B などの諸元素を配合させた多種類の第2次試作鋼について、昭和31年来耐候性試験を継続中であるが、このかほにこれらの中の特定制成に限定した第3次試作鋼についての諸試験を昭和32年度に追加、実施している。

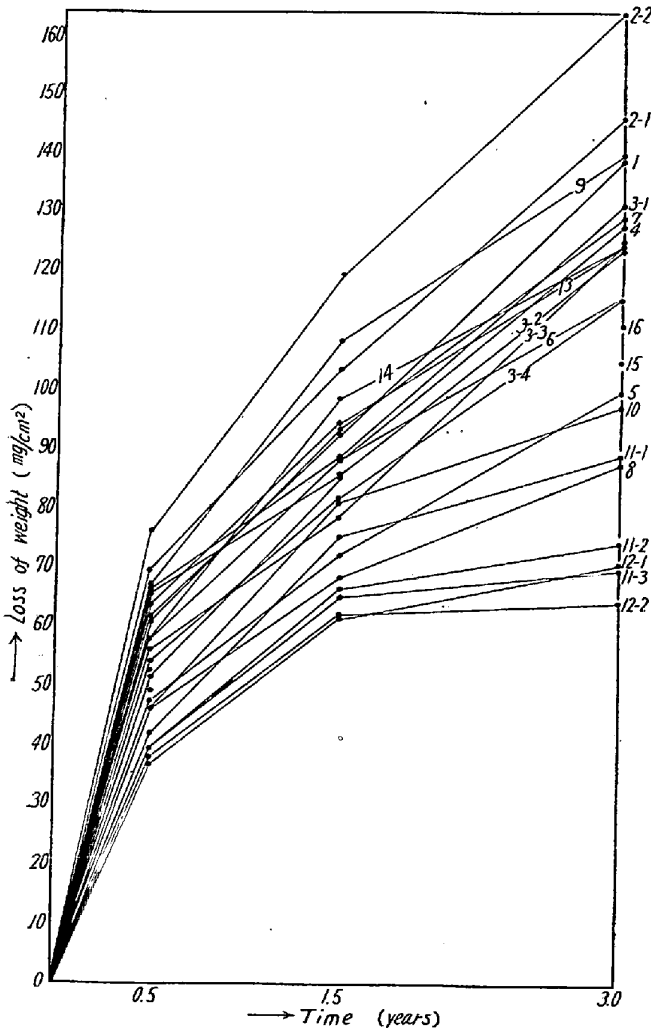


Fig. 2. Loss of weight in industrial atmosphere.

曝露の結果では前者は後者の約2倍の腐食減量を示すと考えてよい。また工場大気中においては Mn はやや有害であるが郊外大気中ではその悪影響はほとんど認められず、Si は工場大気中ではその効果が現われるまでにかなりの期間を要するが郊外大気中ではその耐候性改善効果は非常に大きい、などのように周囲の外的条件による差異を無視することはできないが、いずれの場合でも