

Table 7. Effect of C on the corrosion loss of 19Cr-10 Ni type nonmagnetic steel.

Steel No.	40% HNO <sub>3</sub> boiling		5% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> boiling		20% CH <sub>3</sub> CO <sub>2</sub> H boiling	
	1100°C O.Q	1100°C O.Q 700°C × 30 h	1100°C O.Q	1100°C O.Q 700°C × 30 h	1100°C O.Q	1100°C O.Q 700°C × 30 h
NMA S-1	0.11	0.19	175.0	250.0	1.4	1.8
-2	0.11	0.20	125.0	170.0	3.6	7.8
-3	0.11	0.23	99.5	120.0	4.8	7.2
-4	0.16	0.61	75.0	140.0	8.6	10.5
-5	0.24	0.80	99.0	160.0	9.6	16.0

### III. 結 言

以上 C 0.4, Si 1, Mn 1.2, Cr 19, Ni 10% を基本成分として C, N, Mn, Cr などを変化せしめて機械的性質, 導磁率, ならびに, 耐食性におよぼす各種添加元素の影響をしらべた結果を, 要約すればつぎのごとくである。

① C の上昇につれて降伏点, 抗張力は上昇し, 伸び, 絞り, 衝撃値は低下する。N 添加を行なうと顕著に降伏点を向上し, C 0.4, Si 1, Mn 1, Cr 19, Ni 10, N 0.25% のものは 1050°C 油冷状態において 64 kg/mm<sup>2</sup> の降伏点と 35% の伸びを有する。

② 冷間加工および熱間加工によつて降伏点を著しく高めることが出来るが, 冷間加工を施すとオーステナイトの一部が分解してマルテンサイトになるため導磁率が大きくなる。C の増加につれて, 冷間加工による導磁率

の増加が大となるが, N を添加すると, オーステナイトがかなり安定となる。また Mn, Cr および Ni を多くするとオーステナイトはより安定となる。

つぎに冷間加工によつて増加した導磁率は 600°C × 2 h の加熱によつてかなり低下させることが可能である。

③ 40% 沸騰硝酸に対する耐食性は C および Mn の増加につれて低下し, Cr の多くなるほどよくなる傾向を示すが, 本系のものは, 何れも耐食性が良好である。

(昭和36年11月寄稿)

### 文 献

- 1) 山中, 日下: 特許 No. 264439
- 2) C. B. Post: Trans. Amer. Soc. Metals 39 (1947), 868~888
- 3) B. Cina: J. Iron & Steel Inst. (U.K.), 177 (1954), 406~422
- 4) K. MATHIEU: Arch. Eisenhüttenw. 16 (1942), 215~218

## 30Ni-20Cr 系ステンレス鋼の機械的性質および耐食性におよぼす Mo, Si, Cu 複合添加の影響\*

(30Ni-20Cr 系ステンレス鋼に関する研究—II)

井 上 繁 弘\*\*

Effect of Simple or Combined Addition of Mo, Si and Cu on Mechanical Properties and Corrosion Resistance of 30Ni-20Cr Stainless Steels.

(Study on 30Ni-20Cr stainless steels—II)

Shigehiro INOUE

### Synopsis:

Effect of simple or combined addition of Mo, Si and Cu, on the properties of 30Ni-20Cr stainless was investigated by hardness, tensile, microscopic and corrosion tests.

\* 昭和36年10月本会講演大会にて発表 \*\* 太平金属工業株式会社

The corrosion tests were carried out with specimens in boiling 5 wt % H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> and 1 wt % HCl for 6 hours.

The following results were obtained.

(1) Against boiling in 5 wt % H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> and 1 wt % HCl, 30Ni-20Cr stainless steels containing 3% Mo showed an appreciable corrosion resistance and the same steel containing 3% Mo+3% Cu showed a superior corrosion resistance. Moreover addition of 3~3.5% Si improved mechanical properties in some degree.

(2) A decrease in elongation and Charpy impact value probably may be attributed to the amount, form and distribution of a metallic compound (Fe<sub>2</sub>Mo), the amount of which has been increased mainly by addition of Mo.

I. 緒 言

30 Ni, 20% Cr に Mo, Cu をそれぞれ 2~4% 程度含有した合金は一般に 20 合金と称され 18-8 系ステンレスの耐食性を改良したものです。すでに 1940 年に Durimet 20 の商品名で開発された。しかし近年石油化学, 合成化学の急速な発展によりこれら工業に使用される酸の濃度, 温度の条件が苛酷になったためその構成材料としての使用が活発になったがこれらに関する研究は極めて少ない。前報<sup>1)</sup>で 30Ni-20Cr 系ステンレス鋼の機械的性質および耐食性におよぼす Mo, Si, Cu の単独添加の影響について報告したが, 本報ではその結果に基づいて機械的性質および耐食性を向上されると思われる合金元素を種々の割合に複合添加してその影響を調べた。

II. 試料および実験方法

試料の製造方法, 実験方法は前報に準じて行なった。試料の化学成分を Table 1 に示す。

III. 実験結果

1. 機械的性質

(i) Mo+Si 複合添加の影響

Si 量 3~4% 含んだ 30Ni-20Cr 系ステンレス鋼に Mo 量を変化して添加させた鍛造材試料 S401~404 について 1100 °C × 2h → 水冷の溶体化処理を行なった後, それぞれの機械的性質の測定を行なった。その結果に前報の S204 (Mo; 0, Si; 3.7%) の資料を付記して Fig. 1 に示す。

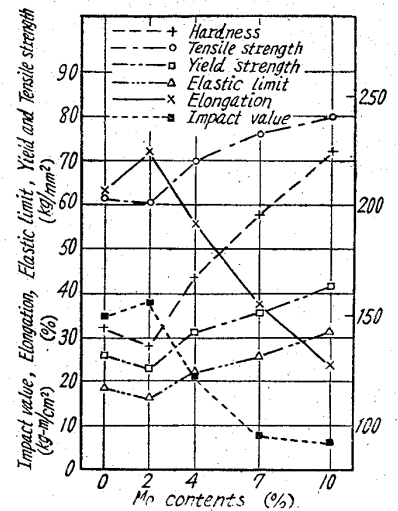


Fig. 1. Effect of Mo contents on mechanical properties of solution-treated 30Ni-20Cr stainless steels containing 3% Si.

引張強さ, 耐力, 弾性限, 硬度は Mo が増す程大きくなるが, 伸びは急激に減少し, 衝撃値は Mo 量 7% まで急激に低下する。これらを前報の Mo 単独添加のものと比較すると Mo 量 4~10% で引張強さは著しく大きくなり, また耐力, 弾性限, 硬度もかなり大きくなる。し

Table 1. Chemical composition (%)

Element (%)	C	Ni	Cr	Mo	Mn	Si	Cu	Conditions
Specimen No.								
S401	0.05	29.50	19.37	2.00	1.44	4.23		F
S402	0.05	28.93	18.74	4.00	1.28	3.59		F
S403	0.05	29.73	18.91	6.80	1.40	3.74		F
S404	0.05	29.50	18.00	10.00	1.48	3.02		F
S502(512)	0.07	31.37	19.40	3.20	1.00	0.92	3.08	F(C)
S503	0.06	28.84	19.09	7.40	0.88	0.74	2.84	F
S504	0.06	28.24	18.50	11.00	0.81	0.61	2.85	F
S602(612)	0.05	29.48	20.30	3.04	0.95	1.05	5.04	F(C)
S603(613)	0.05	29.68	19.72	6.00	0.84	0.95	4.85	F(C)
S604(614)	0.05	29.41	19.40	9.50	0.74	0.84	4.72	F(C)
S701	0.05	29.33	19.71		1.04	3.33	2.74	F
S702(712)	0.05	30.50	19.90	2.60	0.88	3.50	3.15	F(C)
S703(713)	0.05	30.50	19.85	5.40	0.90	3.28	3.07	F(C)
S704(714)	0.05	30.06	19.55	9.60	0.97	3.00	2.95	F(C)

F: forged specimens, C: cast specimens.

しかしその反対に Mo 量が多くなるにつれて伸び、衝撃値はより低くなるが、それでも伸びは Mo 量 4~10% で 55~25% あり、かなりの靱性を示している。すなわち 30Ni~20Cr 系ステンレス鋼は Mo, および Si の単独添加より Mo+Si の適量複合添加の方が機械的性質は大きく改良される。

(ii) Mo+Cu 複合添加の影響

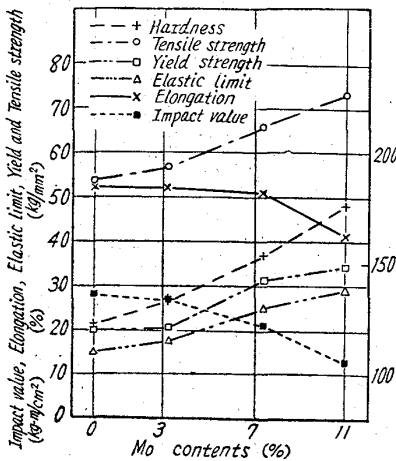


Fig. 2. Effect of Mo contents on mechanical properties of solution-treated 30Ni-20Cr stainless steels containing 3% Cu.

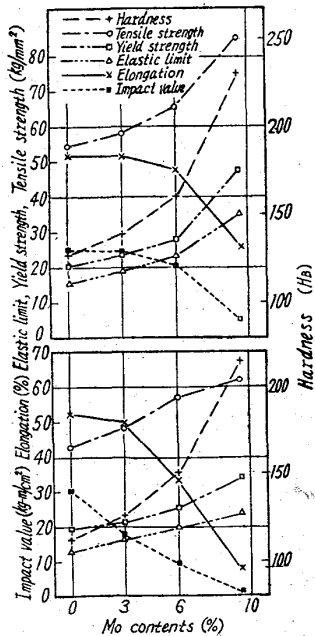


Fig. 3. Effect of Mo contents on mechanical properties of solution-treated 30Ni-20Cr stainless steel containing 5% Cu.

いわゆる 20 合金に相当する鍛造材 S502, さらに Mo を増量添加した S503, S604 および前報の S303 (Mo; 0%, Cu; 3.48%) についての機械的性質を Fig. 2 に示す。

Mo 量が増すにつれて引張強さ, 耐力, 弾性限および硬度が大きくなり, その反対に伸び, 衝撃値に徐々に低下するが, その程度は小さい。また Mo 単独添加のものに比べて Mo 量 6% 以上では引張強さ, 耐力, 弾性限が大きくなるが, 伸び, 衝撃値はあまり変わらない。

つぎに Cu 約 5% を添加した 30Ni-20Cr 系ステンレス鋼に Mo 量を変化させた鍛造材試料 S602~604 および Mo を含まない S304 についての機械的性質を Fig. 3-a に, また同じく鋳物試料 S612~614 および S314 について Fig. 3-b に示す。

この結果は Cu 量 3% のものと大きな差はなくほぼ同様の傾向を示す。

が, Mo 量 10% では引張強さ, 耐力, 弾性限が大きくなり; 伸び, 衝撃値は低下する。また鋳物は鍛造材に比べて機械的性質がやや下廻る。

すなわち 30Ni-20Cr 系ステンレス鋼に対して Cu の増減が機械的性質におよぼす影響は Si に比べてかなり小さい。

(ii) Mo+Si+Cu 複合添加の影響

Si 量 3~3.5%, Cu 量 3% を含んだ 30Ni-20Cr 系ステンレス鋼に Mo 添加量を変化させた鍛造材試料 S702~704 についての機械的性質を Fig. 4-a に, また同じ鋳物試料 S712~714 について Fig. 4-b に示す。

鍛造材では Mo 量 5.4% で著しく引張強さ, 耐力, 弾性限が大きくなり, Mo+Cu 複合添加の同一 Mo 量のものよりかなり大きく, Mo+Si 複合添加のものに比敵する。このことから, この機械的性質の向上に対しては主として Si 量 3~3.5% の添加が影響していると思われる。

しかしさらに Mo 量が多くなっても引張強さ, 耐力, 弾性限は徐々に大きくなる程度で影響は少なくなる。衝撃値, 伸びは Mo+Si 複合添加のものと同様に Mo 量が増すにつれて低下する。

鋳物は Mo 量の増加につれて耐力, 弾性限, 硬度が大きくなるが, 引張強さはほとんど変わらない。また伸びは急激に低下する。

2. 腐食量におよぼす Mo, Si, Cu 複合添加の影響 (i) 5% 沸騰硫酸中における腐食量

鍛造材試料 S401~404, S502~504, S602~604, S702~704 について溶体化処理を行ない。5% 沸騰硫酸中に 6h 浸漬し, その腐食量を秤量して Fig. 5 に示す。

Si 量 3~4% 添加した 30Ni~20Cr 系ステンレス鋼では, Mo 量 2% でかなり腐食量が減少し, さらに Mo 量 3~7% で低くなるが, それ以上 Mo 量を増すと反つて多くなる。Cu 量 3% および 5% を添加したもので

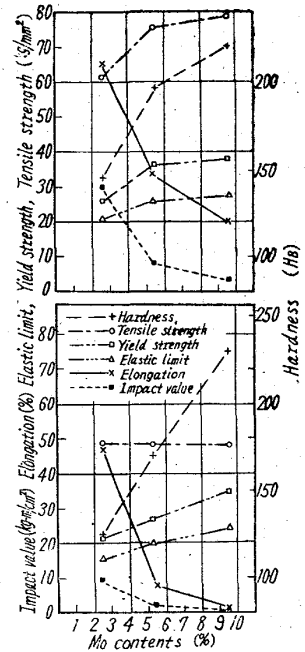


Fig. 4. Effect of Mo contents on mechanical properties of solution-treated 30Ni-20Cr stainless steels containing 3~3.5% Si and 3% Cu.

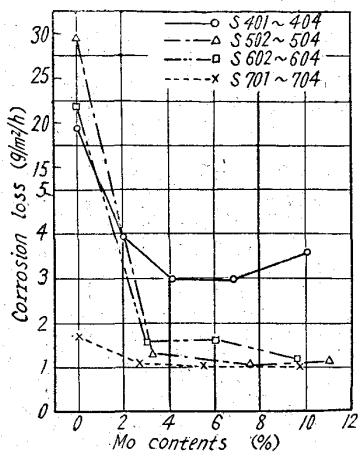


Fig. 5. Effect of Mo contents on corrosion loss of 30Ni-20Cr stainless steels containing Si and/or Cu in boiling 5%  $H_2SO_4$  for 6 hours.

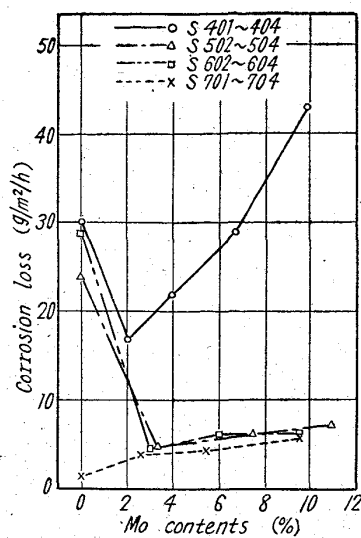


Fig. 6. Effect of Mo contents on corrosion loss of 30Ni-20Cr stainless steels containing Si and/or Cu in boiling 1%  $HCl$  for 6 hours.

は Mo 量 3% の複合添加で急激に腐食量が減少し、さらに Mo 量 8~10% で最小値を示し、Mo, Cu 単独添加のものおよび Mo+Si 複合添加のものより腐食量が少ない。

また Si 量 3~4%, Cu 量 3% 添加のものでは Mo 量 2% でさらに低い値を示し、Mo をそれ以上増しても腐食量は変わらない。この場合は若干 Si の効果が考えられる。

#### (ii) 1% 沸騰塩酸中における腐食量

(i)と同じ試料を用いて 1% 沸騰塩酸の腐食試験を行いその結果を Fig. 6 に示す。

この結果は全般的に 5% 沸騰硫酸の腐食試験の傾向とよく似ている。Si 量 3~4% 添加の 30Ni~20Cr 系ステンレス鋼では一旦 Mo 量を増すと反つて腐食量を増加する。このことは Mo 単独添加のものと正反対の結果を

示している。つぎに Cu 添加の影響は著しく、それに Mo を添加すると腐食量が非常に減少する。しかしそれ以上 Mo を増してもほとんど変化がない。Cu 量の相違もほとんど見られない。また Mo+Cu 複合添加のものに Si を増量しても影響がない。

このことから Mo+Cu 複合添加の 30Ni-20Cr 系ステンレス鋼は Mo, Si, Cu の単独および Mo+Si の複合添加のものより非常に耐食性が優れている。

#### 3. 顕微鏡組織と諸性質の関係

##### (i) Mo+Si 複合添加の影響

Si 量 3~4% 添加し、Mo 量を 2~10% 変化させた鍛造材試料 S 402~404 の溶体化処理後の顕微鏡組織を Photo. 1 a, b, c に示す。

Mo 量が 4% 以上になるとオーステナイト相の他異相が認められてその量は次第に多くなる。

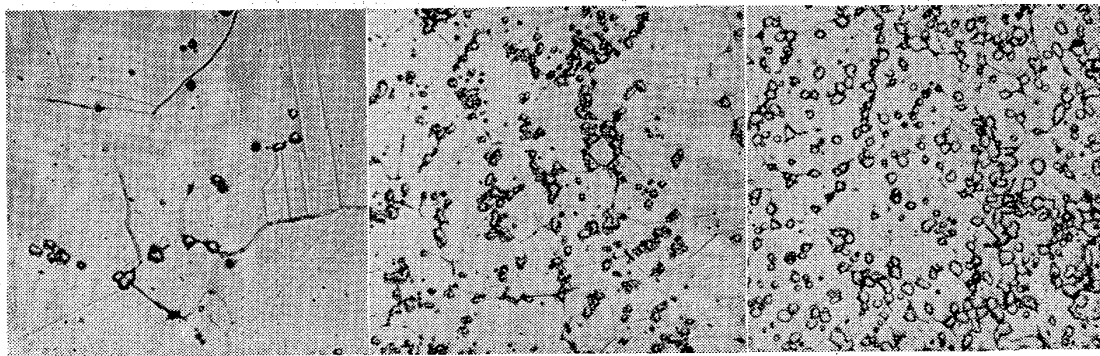
Fig. 1 に示すごとく Mo 量 4% 以上での伸び、衝撃値の急激な低下および硬度の著しい上昇はこの相の発生およびその増加によるものである。

この異相を調べるために、S 404 試料 9:1 を塩酸エチルアルコール溶液中で電解分離し、その残渣を、Cu  $K\alpha$  で X 線廻折し、その廻折線を Fig. 7 に示す。

これによりこの異相は  $Fe_2Mo$  を主体とする金属間化合物であることがわかった。

この異相は単独添加の Mo 量 6% 以上で認められたものと同じである。したがって伸び、衝撃値の著しい低下も Mo 単独添加の場合に比べて低い Mo 量すわち、4% でおこり、同一 Mo 量でも伸び、衝撃値は低いとその反対に引張強さ、耐力、弾性限は大きい。

また Si 量 3~4% の単独添加のものでは完全オーステナイト組織であつたが、Mo を添加して  $Fe_2Mo$  が出てくるようになると、Si 単独添加に比べて引張強さ、耐



(a) Mo 4.00%

(b) Mo 6.80%

(c) Mo 10.00%

Photo. 1. Effect of Mo contents on microstructure of solution-treated 30Ni-20Cr stainless steel containing 3.5% Si.  $\times 550$  (2/3)

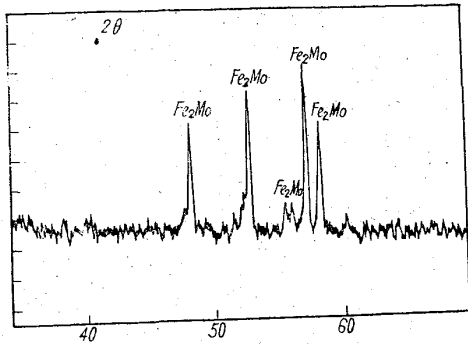


Fig. 7. X-ray diffraction pattern of solution-treated 30Ni-20Cr stainless steel containing 10% Mo and 3% Si.

力, 弾性限, 硬度は上昇し, 伸び衝撃値は低下する.

(ii) Mo+Cu 複合添加の影響

Cu を 3% 添加し, Mo 量を 3~11% 変化させた試料 S 502~504 の溶体化処理した顕微鏡組織を Photo. 2-a, b, c に示す.

Cu 単独添加の場合と同様に銅色の球状介在物が認められ Mo 量 7.4% になるとオーステナイト組織前述の異相が僅かに認められる. その量は Mo 量の増加につれて多くなる.

しかしオーステナイト安定化元素の Cu 添加のため,

Mo 単独添加の場合に比べて異相が発生し始める Mo 量は多い方にずれ, 同一 Mo での異相の量は少ない.

Fig. 2 に示すように Mo 単独添加の場合に比べ Mo 量 6% 以上になつても伸び, 衝撃値の低下が小さいのは異相の少ないことによるものと思われる. Cu を 5% 添加した試料の顕微鏡組織は, 3% の場合とほぼ同様な傾向を示している. 鋳物も Mo 量 6% 以上でオーステナイト組織の他に鍛造材と同じような異相が認められるが, いずれも Mo 量の増加につれて多くなる.

(iii) Mo+Si+Cu 複合添加の影響

Cu 量 3%, Si 量 3.0~3.5% 添加し, Mo 量を 2.5~10% 変化させた鍛造材試料 S 702~704 の溶体化処理した顕微鏡組織を Photo. 3-a, b, c に示す.

Mo 量が 5.5% になると前述の異相が認められ, その量は Mo+Si 複合添加の場合とほとんど変わらないが, Mo+Cu 複合添加の場合より多い. 鋳物では Mo 量 2.6% で既に異相が認められ Mo 量の増加につれて多くなる.

鍛造材については Fig. 4-a に示すように Mo+Si 複合添加 (Fig. 1) に比べて伸び, 衝撃値だけがやや低いが, これは Cu の球状介在物によるものと思われる. また Mo+3%Cu 複合添加 (Fig. 2) および Mo+5%

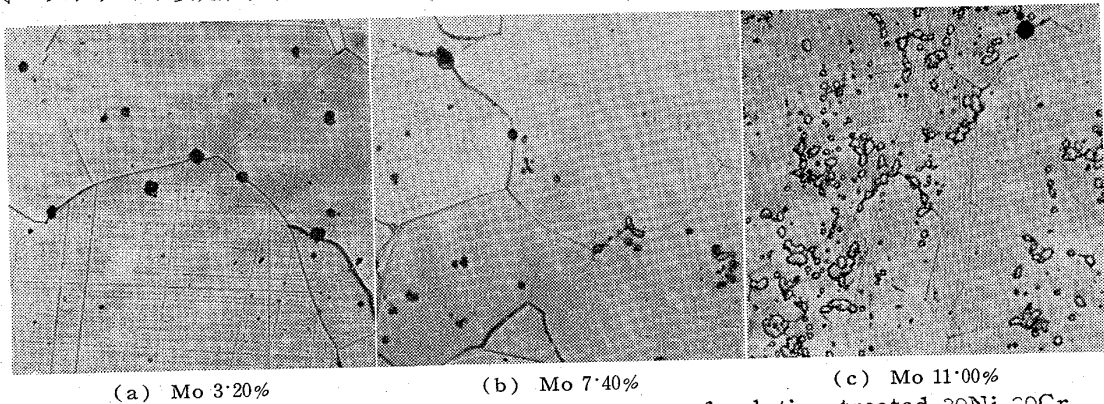


Photo. 2. Effect of Mo content on microstructure of solution-treated 30Ni-20Cr stainless steel containing 3% Cu.  $\times 550$  (2/3)

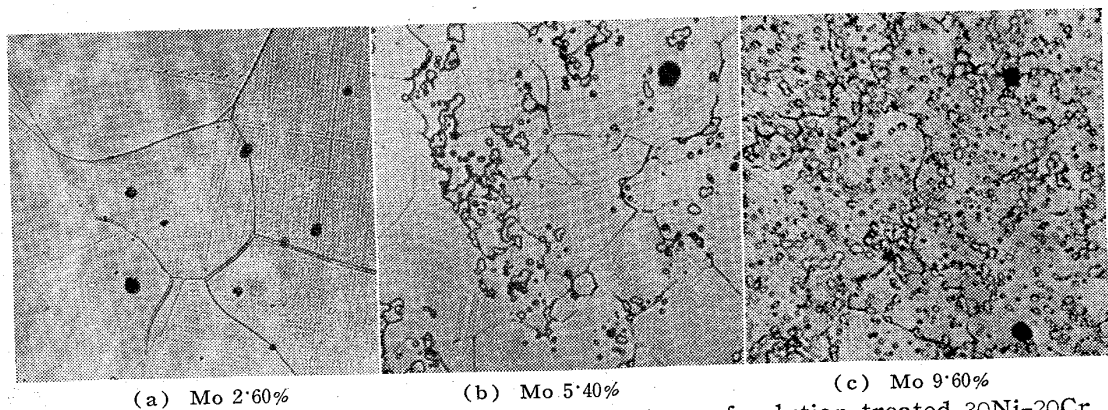


Photo. 3. Effect of Mo content on microstructure of solution-treated 30Ni-20Cr stainless steel containing 3% Si and 3% Cu.  $\times 550$  (2/3)

Cu 複合添加 (Fig. 3 a) に比べれば、伸び、衝撃値は低下しているが、これは異相が多いためと思われる。鋳物については Fig. 4-b に示すように Mo が増す程、伸び、衝撃値は急激に減少し、Mo+5%Cu 複合添加 (Fig. 3-b) と同様の傾向を示すが、これは両者ともに、大きく塊つた異相があらわれているためと思われる。

#### IV. 結 言

(1) Mo+Si 複合添加のものは Mo および Si 単独添加のもの比べて引張強さ、耐力、弾性限および硬度はかなり高くなるがその反対に伸び、衝撃値は低下する。

(2) Mo+Cu 複合添加では Mo 単独添加のものより、Mo 量 6%以上で引張強さなどが高くなるが Cu が増しても変わらない。

(3) Mo+3%Si+3%Cu 複合添加の機械的性質は Mo+Si 複合添加のものほとんど差がない。また Mo+Cu 複合添加のものより Mo 量 3~6% で引張強さ、耐力、弾性限および硬度がかなり大きくなるが、伸び、衝撃値は低下する。

(4) Mo 量が多くなるとオーステナイト相の他に異相

が認められるが、これは  $Fe_2Mo$  を主体とする金属間化合物である。伸び、衝撃値はこの相の発生、分布および形状により著しく影響される。

(5) 5% 硫酸および 1% 塩酸沸騰溶液中で、30Ni 20 系ステンレス鋼は Mo を約 3% 単独添加するとかかなり腐食量は減少するがさらに Cu を約 3% 添加すると非常に効果が顕著であり最小の腐食量を示す。また Mo および Cu を更に増加しても耐食性の点ではあまり変りがない。しかしながら、これに対して Si を 3~4% の添加は機械的性質の向上とともに耐食性をも若干向上せしめるに役立つている。

(6) 以上の結果から Mo および Cu それぞれ約 3% 添加した 30Ni-20Cr 系ステンレス鋼、すなわち 20 合金は耐食性の点では最もよい成分のものであることを示しており若干の改良ができるのみであるが、機械的性質は Mo および Si の増添加により耐食性を劣下せず著しく向上することができることを示した。

(昭和36年11月寄稿)

#### 文 献

- 1) 井上繁弘: 鉄と鋼, 47 (1961) No. 14, P.1898

#### 正 誤 表

第 48 年第 5 号

p. 672 Fig. 2 中

第 48 年第 6 号

p. 788 脚注 \*

誤

-○-○-○- Mo steel

昭和 年 月本会講演大会  
にて発表

正

-○-○-○- Carbon steel

昭和36年 4 月本会講演大会  
にて発表