

# 鐵 と 鋼 第二十五年 第二號

昭和十四年二月二十五日發行

## 論 說

### 18/8 不銹鋼の各種性質に及ぼす Columbium の影響

(日本鐵鋼協會第 20 回講演大會講演 昭和 13 年 10 月)

大 倉 幸 雄\*

#### THE EFFECT OF COLUMBIUM ON THE PROPERTIES OF AN 18/8 STEEL.

Yukio Okura.

**SYNOPSIS:**—The author studied the effects of *Cb* on the physical, mechanical and chemical properties of an 18/8 steel, and the results obtained are compared with those of *Ti*.

The compositions of the samples are as follow:—

Sample Mark	C %	Si %	Mn %	Cu %	Ni %	Cr %	Cb %
18/8	0.10	0.17	0.23	0.07	8.57	17.86	
<i>Cb</i> /1	0.08	0.43	0.32	0.03	8.36	17.48	0.25
<i>Cb</i> /2	0.09	0.49	0.40	0.02	8.24	18.25	0.58
<i>Cb</i> /3	0.08	0.50	0.36	0.02	8.27	18.24	0.77
<i>Cb</i> /4	0.08	0.61	0.38	0.02	8.36	17.95	1.11

$P, S \leq 0.03\%$

From the experiments, it is concluded that the quantities of *Cb* which is necessary for eliminating intergranular susceptibility of 18/8 steel, is more than five times the *C* content, and within such content, *Cb* reduces more or less the corrosion resistance of 18/8 steel to some corroding mediums, but it has far less effect on the physical and mechanical properties of 18/8 steel when compared with *Ti* used for the same purpose.

#### 目 次

- I 緒 言
- II 試料の調製
- III 常温に於ける性質
  - 1. 物理的性質(比重電気抵抗) 2. 抗張的性質
- IV 高温度に於ける性質
  - 1. 高温耐酸化性 2. 高温抗張的性質 3. 高温水素脆性
- V 耐 蝕 性
  - 1. 粒間腐蝕に対する抵抗力 2. 一般耐蝕性
- VI 結 論

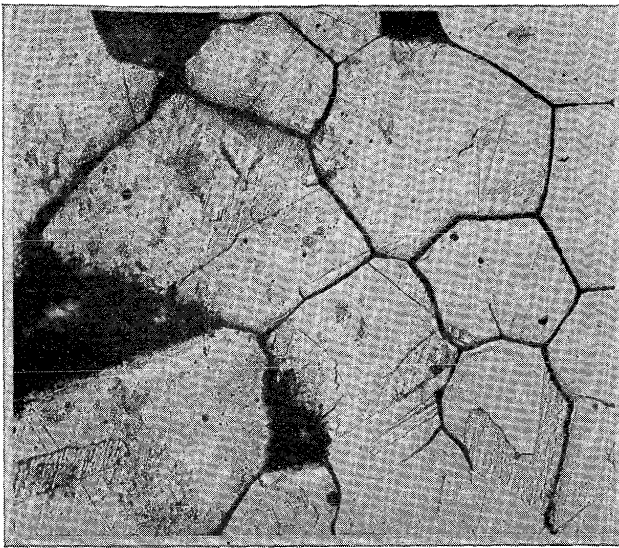
#### I 緒 言

18/8 不銹鋼は耐熱性及び多くの腐蝕性媒介に對する耐蝕性が極めて良好なる爲現今各種化學工業は勿論航空機、自動車、汽車、艦船、建築物より家具類、裝身具等に至る

迄凡そ腐蝕が問題となる處に於ては必須の用途を有する代表的耐蝕鋼であるが尙粒間腐蝕を生ずると云ふ最も大なる缺陷を有して居る。即ち熔接或は高温加工等に於て 550~800°C の温度範圍に加熱せられたるものを腐蝕性のガス又は溶液に接觸せしめると結晶粒界が侵蝕離間して遂に崩壊するに至る現象がある。例へば寫真 No. 1 は粒間腐蝕を生じたる組織狀況を示すものにして斯る缺陷は 18/8 に對する認識の不充分なる爲屢々起る缺陷にして是が解決は極めて重要な問題なり。而して該粒間腐蝕に關しては從來多數の研究結果が發表されて居るが未だ定説無く現在結晶粒界に析出する Cr-Carbide に基くと云ふ所謂炭化物説が最も有力であり其の防止方法としては容易に炭化物を作り得る V, W, Ti, Cb, Ta, Zr 等が有效なりと考へられ此の中 Ti の使用は最も多く通常炭素量の 4~5 倍添加して使用に供されて居る。然るに Ti は熔解時に於ける歩留不定にして一定の配合を得る事が極めて困難であり且

\* 住友金屬工業株式會社鋼管製造所

寫眞 No.1 粒間腐蝕を生ぜし顯微鏡組織



再熔解時に於ける損失量が大なる爲最近 *Cb* を添加せる材料が適當とせられ既に 18/8 に對して *C* の 8~10 倍添加せるものは熔接棒として市場に出て居る。而して *Cb* の粒間腐蝕に及ぼす影響に就ては Becket 及び Franks の兩氏其他<sup>1)2)3)4)5)</sup> の研究に依りて明らかにされて居るが是が 18/8 の物理的、機械的及び化學的性質に及ぼす影響に就て詳細に發表せられたるものは未だ見ない。即ち如何に粒間腐蝕防止に有效なる元素であつても若し夫が 18/8 の他の性質を著しく變化せしめるものは勿論其の用途に制限を受けねばならぬ事になる。依て筆者は粒間腐蝕防止の爲に使用せられる程度の量に於て *Cb* が 18/8 の各種性質に幾何なる影響を及ぼすかを研究した。此處に是等を *Ti* に於ける影響と比較對照せる結果に就て記述す。

## II 試料の調製

試料は何れも 50 kg 高周波誘導電氣爐にて熔解せる 50 kg 鋼塊を高溫鍛造、高溫壓延及び常溫壓延を経て厚 2mm の薄板とせるものなり。尙使用せる Ferro-Columbium は 0.24% *C*, 5.78% *Si*, 57.65% *Cb* の組成のものなり。調製せる試料の化學成分は第 1 表に示す如く *Cb* を 0.2, 0.5, 0.7, 1.1% の如く階段的に添加せるものにして *Cb* の歩留は約 80% であり *Ti* の歩留り 30~60% に比して

1) Becket & Franks, Transac. of Am. Inst. of Min. & Metal Eng, Vol. 113 (1934) p. 143

2) W. D. Wilkinson, Metal Progress, Nov. (1937) p. 661

3) J. H. G. Monppenny, Ind. Chemist. 13 (1937) p. 96

4) Ed. Houdremont, Son lerstahlkunde (1935) p. 550

5) W. J. Prustley, Blast Furnace & Steel Plant Vol. 25 (1937) p. 101

第 1 表 18/8-*Cb* の化學成分

試料	C%	Si%	Mn%	Cu%	Ni%	Cr%	<i>Cb</i> %
18/8	0.10	0.17	0.23	0.07	8.57	17.86	—
<i>Cb</i> -1	0.08	0.43	0.32	0.03	8.36	17.48	0.25
<i>Cb</i> -2	0.09	0.49	0.40	0.02	8.24	18.25	0.58
<i>Cb</i> -3	0.08	0.50	0.36	0.02	8.27	18.24	0.77
<i>Cb</i> -4	0.08	0.61	0.38	0.02	8.36	17.95	1.11

(*P*, *S* 0.03% 以下)

第 2 表 18/8-*Ti* の化學成分

試料	C%	Si%	Mn%	Cu%	Ni%	Cr%	<i>Ti</i> %
<i>Ti</i> -1	0.08	0.35	0.32	0.07	8.27	18.99	0.05
<i>Ti</i> -2	0.10	0.43	0.39	0.06	8.50	18.30	0.17
<i>Ti</i> -3	0.09	0.51	0.44	0.10	8.27	18.15	0.22
<i>Ti</i> -4	0.09	0.77	0.46	0.03	8.38	17.75	0.27
<i>Ti</i> -5	0.11	0.76	0.49	0.02	8.29	18.72	0.36
<i>Ti</i> -6	0.07	0.68	0.28	0.05	8.12	17.21	0.97
<i>Ti</i> -7	0.13	1.12	0.32	0.15	7.98	17.45	1.34

(*P*, *S* 0.03% 以下)

一定にして且大なる事が窺はれる。尙比較の爲に使用せる 18/8-*Ti* の化學成分は第 2 表に示す如し。

## III 常溫に於ける性質

1. 物理的性質 1,150°C より水中冷却せるものに就き比重並びに電氣抵抗を測定せり。

(1) 比重 第 3 表、第 4 表及び第 1 圖に示す如く *Cb* を

第 3 表 18/8-*Cb* の比重

試料	18/8	<i>Cb</i> -1	<i>Cb</i> -2	<i>Cb</i> -3	<i>Cb</i> -4
比重	7.92	7.92	7.90	7.91	7.91

第 4 表 18/8-*Ti* の比重

試料	<i>Ti</i> -1	<i>Ti</i> -2	<i>Ti</i> -3	<i>Ti</i> -4	<i>Ti</i> -5	<i>Ti</i> -6	<i>Ti</i> -7
比重	7.91	7.90	7.85	7.84	7.76	7.75	7.67

添加せるものは著しき變化を認めぬが *Ti* に於ては *Ti* の増加と共に比重は低下して居る。

(2) 電氣抵抗 第 5 表、第 6 表及び第 2 圖に示す。曲線

第 5 表 18/8-*Cb* の電氣抵抗

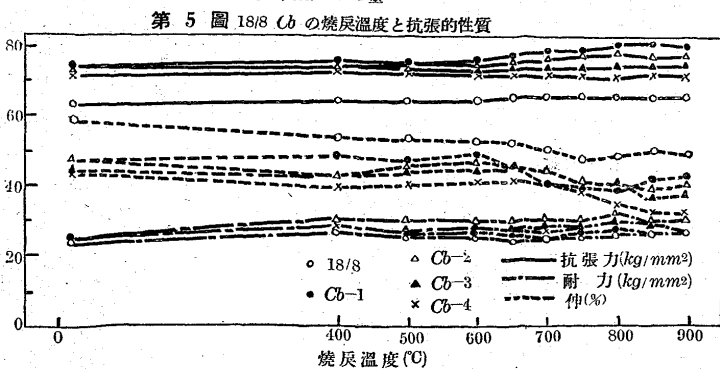
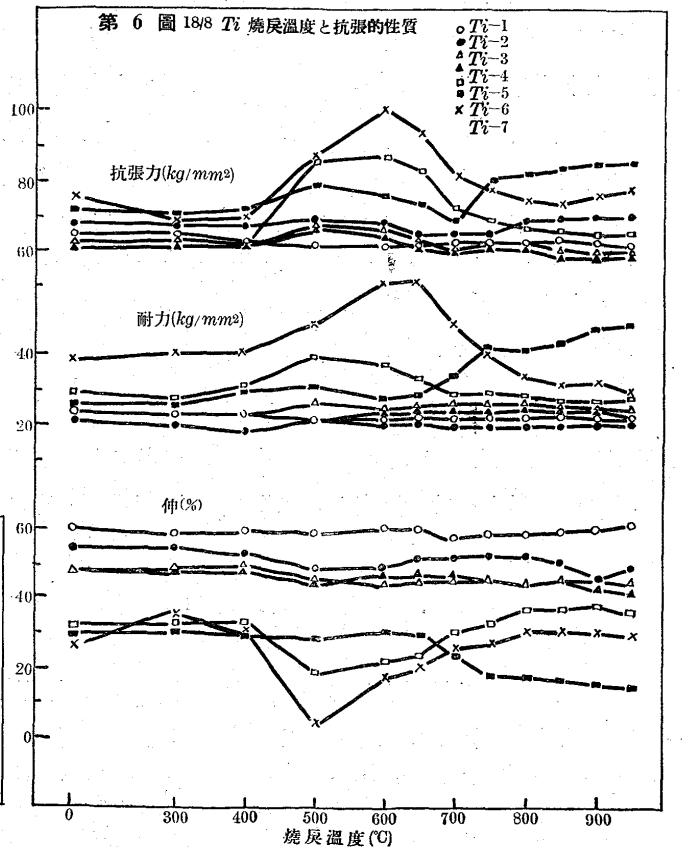
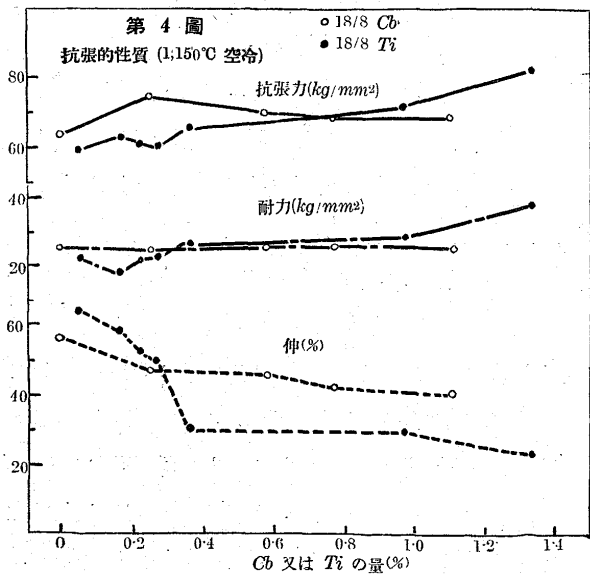
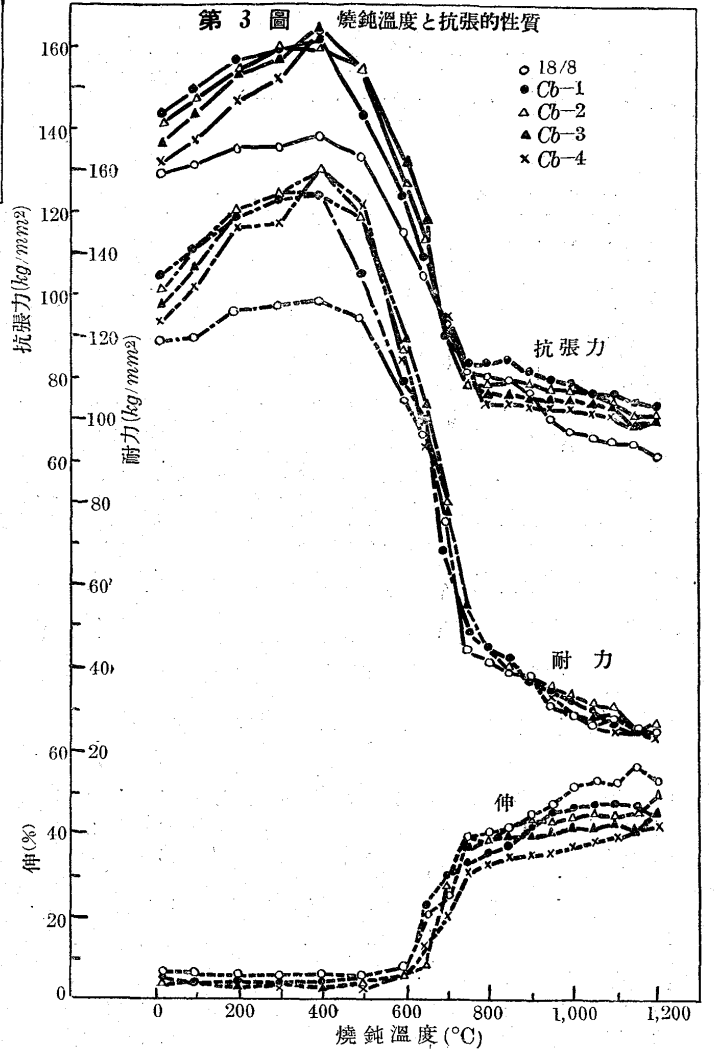
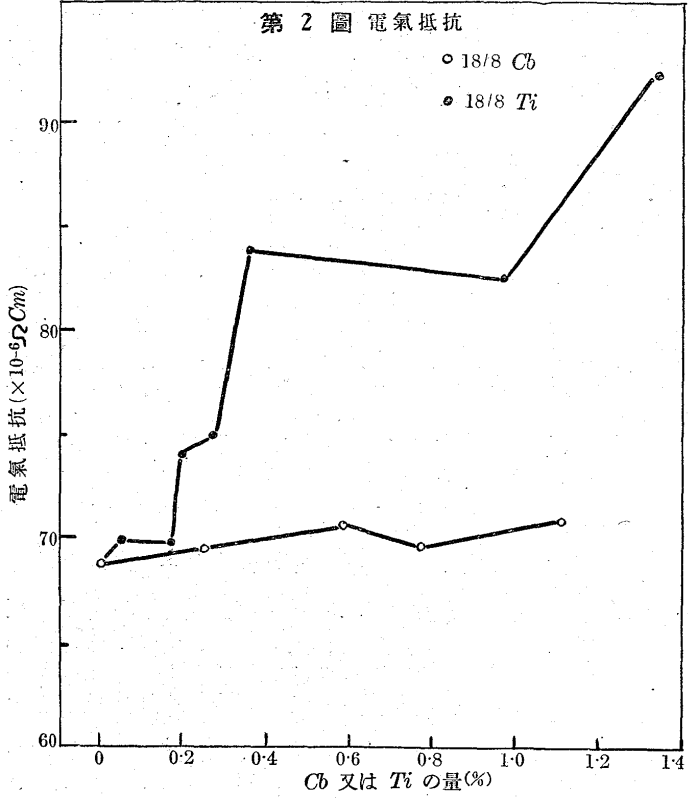
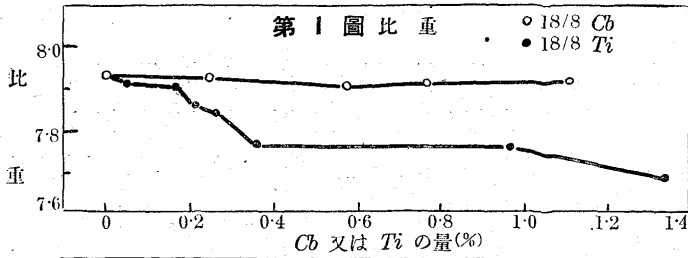
試料	18/8	<i>Cb</i> -1	<i>Cb</i> -2	<i>Cb</i> -3	<i>Cb</i> -4
比抵抗 × 10 <sup>-6</sup> Ωcm	68.7	69.5	70.8	69.8	71.2

第 6 表 18/8-*Ti* の電氣抵抗

試料	<i>Ti</i> -1	<i>Ti</i> -2	<i>Ti</i> -3	<i>Ti</i> -4	<i>Ti</i> -5	<i>Ti</i> -6	<i>Ti</i> -7
比抵抗 × 10 <sup>-6</sup> Ωcm	69.9	69.6	74.1	74.9	84.0	82.6	92.5

は極く徐々に上昇の傾向が認められるが概して *Cb* に依る影響無きものと考へらる。然るに *Ti* の場合は *Cb* の場合に比して其の影響極めて大なり。即ち *Ti*-1 及び *Ti*-2 は著しき影響無きも *Ti*-3 以上は *Ti* の増加と共に著しき上昇が認められ *Cb* の場合に比して其の値遙かに大なり。

2. 抗張的性質 板の壓延方向に平行部幅 7mm 厚 2mm 標點距離 50mm の抗張試験片を製作し先づ豫備的實驗として常溫より 1,200°C 迄の種々の溫度に加熱空冷せるも



の、抗張的性質を求め更に 1,150°C より水中冷却せるものを 400~900°C に再加熱空冷せる場合の抗張的性質を求めた。

(1) 焼鈍温度と抗張的性質との關係 第3圖に示す如く常温より 650°C に於ける抗張力、耐力は *Cb* を添加せるものは何れも 18/8 に比して大であり伸は低値を示すが *Cb* の多少に依りて明瞭なる差異は認められぬ。又 700~900°C に於ては 18/8 との間に明瞭なる差異なく更に 950°C 以上に於ては *Cb*・1 は 18/8 に比して抗張力高く伸低く *Cb*・2 以上は *Cb* の増加と共に *Cb*・1 に比して抗張力、伸共に幾分低下して行く。即ち 0.2% *Cb* は 18/8 の抗張力を稍増加せしめるが 0.5~1% *Cb* は却て此の影響を多少減ずる傾向がある。次に 1,150°C より空中冷却せる場合の値を 18/8 *Ti* と比較するに第7表、第8表及

第7表 18/8-*Cb* の抗張的性質(1,150°C 空冷)

試料	18/8	<i>Cb</i> -1	<i>Cb</i> -2	<i>Cb</i> -3	<i>Cb</i> -4
抗張力 $kg/mm^2$	63.7	74.2	69.7	68.5	68.5
耐力 $kg/mm^2$	25.3	23.9	25.5	25.2	24.3
伸 %	56.0	46.5	45.0	41.5	41.0

第8表 18/8-*Ti* の抗張的性質(1,150°C 空冷)

試料	<i>Ti</i> -1	<i>Ti</i> -2	<i>Ti</i> -3	<i>Ti</i> -4	<i>Ti</i> -5	<i>Ti</i> -6	<i>Ti</i> -7
抗張力 $kg/mm^2$	59.0	63.3	61.2	60.1	65.9	70.6	81.5
耐力 $kg/mm^2$	22.2	18.3	21.9	22.8	25.8	27.1	36.9
伸 %	63.5	58.0	52.0	49.5	30.0	28.7	23.0

び第4圖に示す通りなり。即ち 18/8 *Ti* に於ては *Ti* の増加と共に抗張力、耐力の上昇及び伸の減少が認めらる。

(2) 焼入後再加熱温度と抗張的性質との關係 1,150°C より水中冷却後更に 400~900°C に各1時間加熱空冷せるもの、抗張的性質は第5圖に示す。圖に依れば何れも抗張力、耐力には殆んど變化が認められぬが伸は 750°C 以上に於て降下の傾向が認められる。一方 *Ti* を添加せるものに於ては第6圖に示す如く *Ti*・1 乃至 *Ti*・4 は抗張的性質に著しき變化が認められぬが *Ti*・5 及び *Ti*・7 は 500~700°C に於て急激に抗張力、耐力を増加し伸減少して所謂 age-hardening の現象が認めらる。*Ti*・6 は *Ti*・5 及び *Ti*・7 に比して age-hardening の程度が小であるが 750°C 以上に於て温度上昇と共に抗張力、耐力の上昇、伸の減少が認められる。

#### IV 高温度に於ける性質

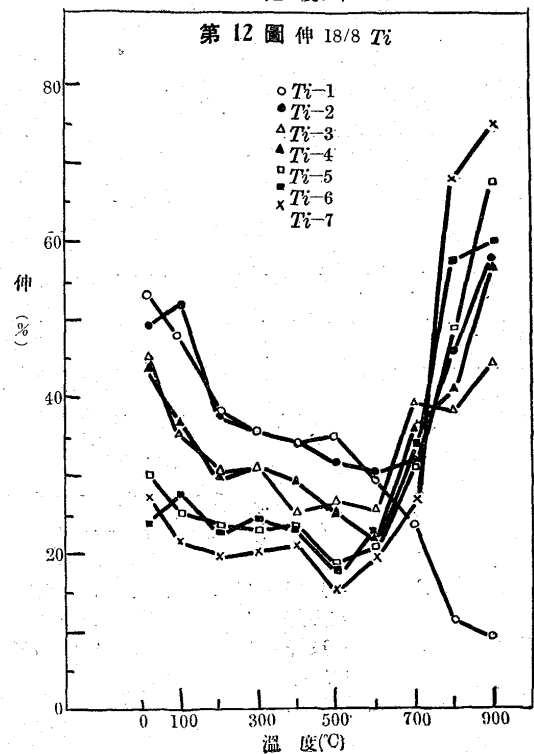
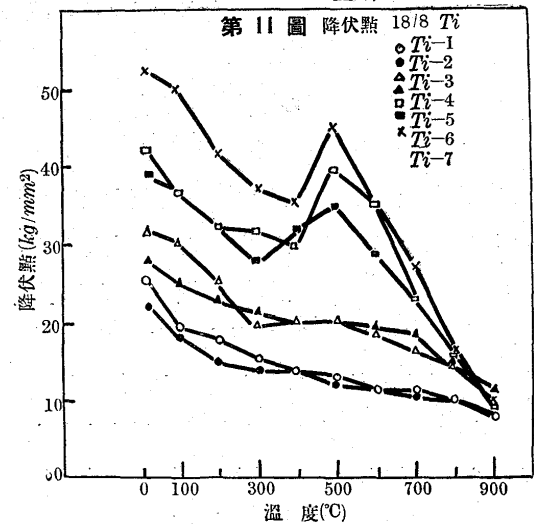
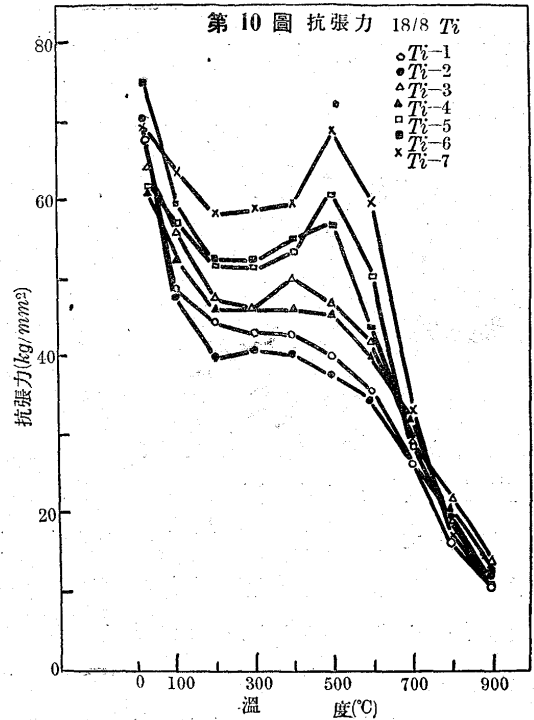
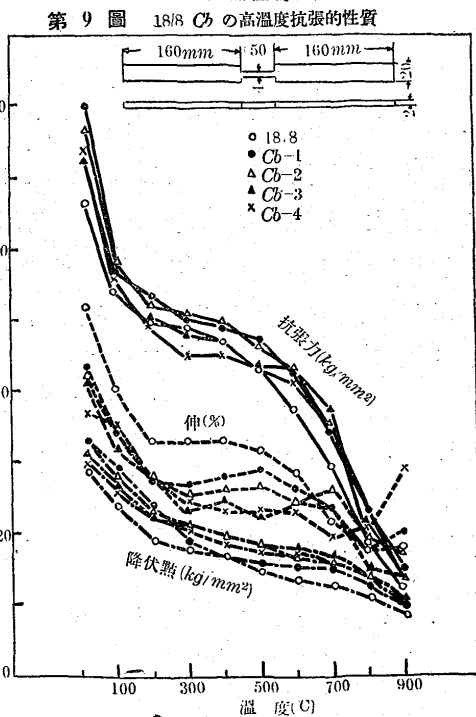
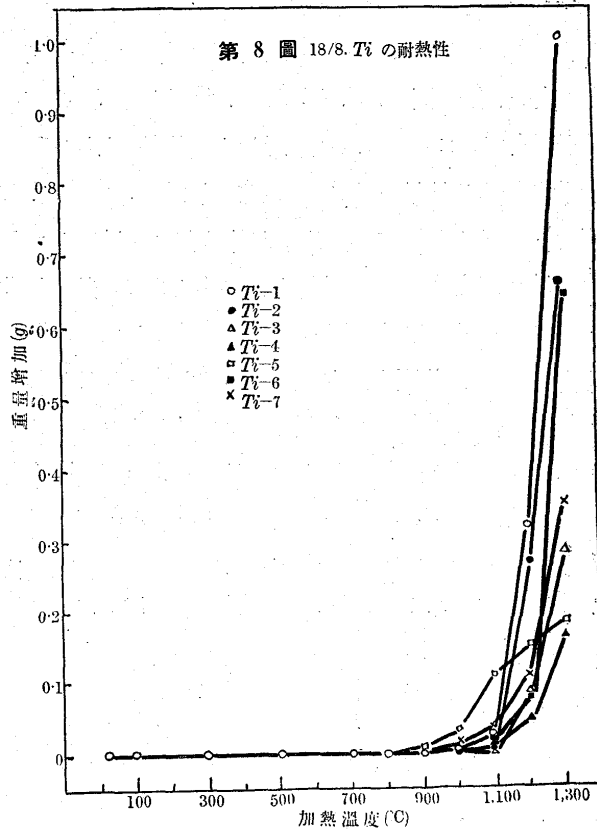
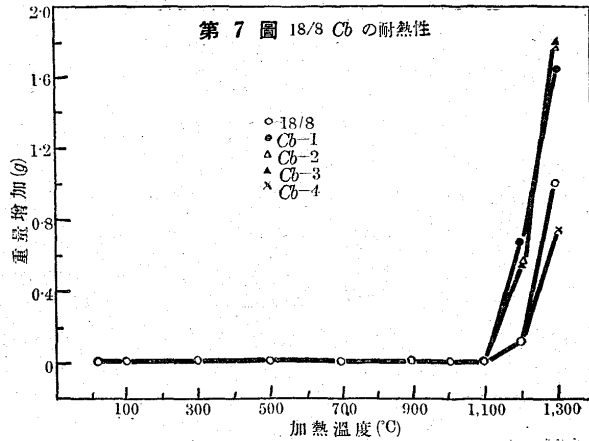
高温度に於ける性質としては普通耐熱性及び高温強度が問題となる。而して 18/8 は石炭の液化、重油の水素添加等に於て高温高圧下の水素ガスに接觸して使用される場

合脆化することは一般に認められて居る。<sup>9)</sup> 従て水素吸収に依る脆性の如何も 18/8 の高温度に於ける性質として重要な項目である。依て本實驗に於ては耐熱性、高温抗張的性質及び高温水素脆性に就て實驗する事とせり。

1. 高温耐酸化性 寸法 50×30×2mm の試験片を製作し 1,150°C より水中冷却し 02 番のエメリー紙にて研磨仕上後本多式熱天秤を使用して 100~1,300°C の種々の温度に 20 分間保持せる場合の酸化に依る重量の増加を連続的に測定せり。但し温度の上昇は 10 分間に 100°C の割合なり。其の結果は第7圖に示す。即ち *Cb*・1, *Cb*・2, *Cb*・3 は何れも同一程度の耐酸化性を示して 18/8 に劣り實に *Cb*・4 に至りて極く僅少なながら 18/8 に優れた傾向が認められる。即ち *Cb* は 1% 以下に於ては 18/8 の耐酸化性に効果を及ぼさない。次に同一試験を 18/8・*Ti* に就て行ふに第8圖に示す如く *Ti*・1 より *Ti*・4 迄は *Ti* の増加と共に耐酸化性は増加して居り更に其以上 *Ti* が入ても効果なく耐酸化性は次第に低下の傾向が認められる。

2. 高温抗張的性質 1,150°C より空中冷却せる鋼より第9圖に示す如き抗張試験片を製作し常温より 900°C 迄の各温度に 30 分間加熱保持せる場合の高温抗張値を求めた。又降伏點は各荷重に對する伸を 1/100mm 迄求め加重一伸曲線を畫いて伸の急激に増加する點を以て表はした。其の結果は第9圖に示す通りなり。*Cb*・1 は 18/8 に比して抗張力及び降伏點は常温より 900°C 迄何れの温度に於ても大であり伸は 600°C 迄は可成り低いが 650°C 以上は大差を認めぬ。又 *Cb*・2 は抗張力は *Cb*・1 と全く同様であるが降伏點稍高く伸は 300~600°C は稍低く 700°C 以上は稍高い値を示す。次に *Cb*・3 は 200~500°C に於ける抗張力は 18/8 と大差無く更に 600°C 以上は 18/8 よりも大にして *Cb*・1 及び *Cb*・2 と略々同一の値を示す。伸は *Cb*・1, *Cb*・2 に比して更に低い。次に *Cb*・4 は 200~500°C に於ける抗張力は 18/8 に比して稍低く 600°C 以上は *Cb*・1~*Cb*・3 と差異無し。又伸は *Cb*・3 と大差は無いが 800°C 以上に於て伸の曲線が幾分上昇して居る。要之 0.2% *Cb* の添加に依りて抗張力、降伏點稍増加し伸低下するが 0.5~1% *Cb* の添加は抗張力、降伏點を更に上昇せしむる事無く伸を低下せしむ。次に 18/8・*Ti* に就ては第10, 11, 12 圖に示す通りである。抗張力に於ては *Ti*・2 は *Ti*・1 と大差無く *Ti*・3 は *Ti*・1, *Ti*・2 に比し

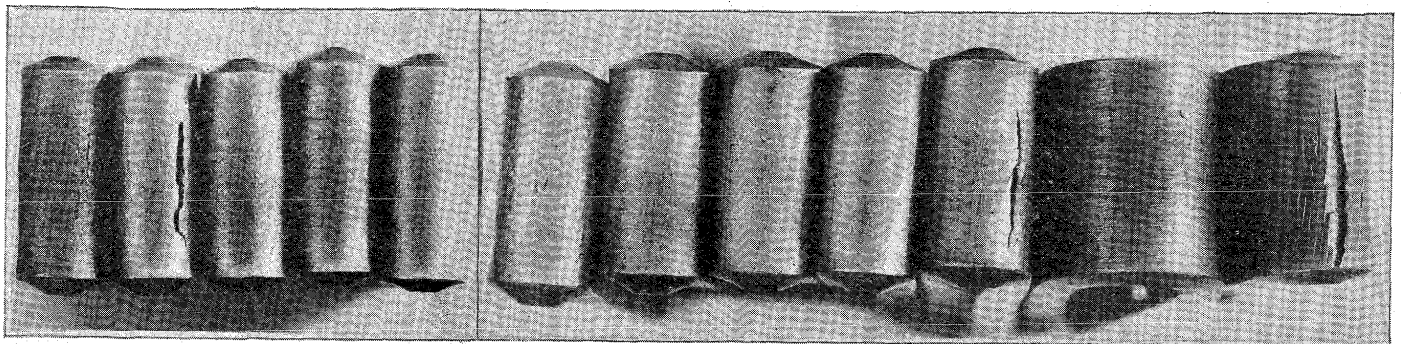
<sup>9)</sup> Harald Tongue, The Design and Construction of High Pressure Chemical Plant (1934) p. 248



寫眞 No. 2 高温水素脆性

寫眞 No. 3 高温水素脆性

18/8 Cb-1 Cb-2 Cb-3 Cb-4 Ti-1 Ti-2 Ti-3 Ti-4 Ti-5 Ti-6 Ti-7



て高く  $Ti\cdot4$  は  $Ti\cdot3$  と略々同一の値を示す。次に  $Ti\cdot5$  は  $Ti\cdot3$  に比して更に高く  $500^{\circ}C$  に於て急激に抗張力の増加を示し青熱脆性の現象を呈す。  $Ti\cdot6$  は抗張力の値及び傾向は  $Ti\cdot5$  と略々同様なり。更に  $Ti\cdot7$  に於ては抗張力の値及び青熱脆性を生ずる程度が更に大となる。降伏點は抗張力に於けると全く同様の傾向が認めらる。次に伸に於ては  $Ti\cdot2$  は  $Ti\cdot1$  に比して  $600^{\circ}C$  以下は大差を認めぬが  $700^{\circ}C$  以上は  $Ti\cdot1$  の溫度上昇と共に降下するに反し  $Ti\cdot2$  は上昇し且其の値は著しく大となる。  $Ti\cdot3$  は  $600^{\circ}C$  以下の値は  $Ti\cdot1$  に比して著しく低いが  $700^{\circ}C$  以上は更に大となる。  $Ti\cdot4$  は  $Ti\cdot3$  と大差を認めぬ。

次に  $Ti\cdot5$  は  $600^{\circ}C$  以下は更に低いが  $700^{\circ}C$  以上は上昇して  $Ti\cdot2$  に比して更に高値を示す。更に  $Ti\cdot6$  に於ては  $Ti\cdot5$  と同様の値及び傾向を示す。  $Ti\cdot7$  に於ては  $600^{\circ}C$  以下にて更に低下するが  $700^{\circ}C$  以上より上昇して著しく大となる。即ち  $Ti$  の場合は  $Cb$  の場合に比して其の影響大きく抗張力、降伏點は  $Ti$  の増加と共に上昇し伸は  $600^{\circ}C$  以下にて  $18/8$  に比して低下して居るが  $700^{\circ}C$  以上は  $18/8$  の低下に反して溫度上昇と共に上昇し且其の程度は  $Ti$  の多き程大となる。更に  $Ti$  に於ては  $0.36\%$   $Ti$  以上は青熱脆性の現象が認められ其の程度は  $Ti$  の多き程大なり。

3. 高温水素脆性 本實驗に於ては溫度  $650^{\circ}C$  に材料を加熱しつつ是に一定速度(毎分約  $100cc$ )の水素ガス氣流を接觸せしめたる場合の  $18/8\cdot Cb$  の脆化の程度を試験

第9表  $18/8\cdot Cb$  の高温水素脆性

試料	試験前				試験後			
	抗張力 $kg/mm^2$	耐力 $kg/mm^2$	伸%	屈曲性	抗張力 $kg/mm^2$	耐力 $kg/mm^2$	伸%	屈曲性
18/8	62.9	23.3	58.0	良好	64.1	23.3	46.0	12.0 龜裂
Cb-1	74.2	24.6	46.5	良好	77.2	23.1	35.5	11.0 龜裂
Cb-2	73.8	24.5	47.0	良好	74.2	25.1	36.5	10.5 小龜裂
Cb-3	73.2	24.6	43.5	良好	73.0	30.2	36.0	7.5 良好
Cb-4	70.8	23.7	42.0	良好	68.7	30.0	39.5	2.5 良好

した。即ち豫め  $1,150^{\circ}C$  より水中冷却して研磨せる抗張試験片(平行部幅  $7mm$ , 厚  $2mm$ , 標點距離  $50mm$ )及び屈曲試験片( $50\times 10\times 2mm$ )に對し上記條件の下に  $100$  時間實驗を行へる結果は第9表及び寫眞 No.2 に示す。即ち抗張力には殆んど變化を認めぬが伸は何れも減少して居り且其の減少程度は  $Cb$  の増加と共に小となる。是を屈曲試験結果に就て見るに其の影響は更に明瞭にして  $18/8$ ,  $Cb\cdot1$  及び  $Cb\cdot2$  は龜裂を生じ  $Cb\cdot3$  及び  $Cb\cdot4$  は良好に密着し得た。但し  $Cb\cdot2$  の龜裂は極めて小にして  $30$  倍の顯微鏡にて認め得る程度なり。次に同一試験を  $18/8\cdot Ti$  に就

第10表  $18/8\cdot Ti$  の高温水素脆性 (1)

試料	屈曲性		試料	屈曲性	
	試験前	試験後		試験前	試験後
$Ti\cdot1$	良好	龜裂	$Ti\cdot5$	良好	龜裂
$Ti\cdot2$	良好	龜裂	$Ti\cdot6$	良好	大龜裂
$Ti\cdot3$	良好	龜裂	$Ti\cdot7$	良好	大龜裂
$Ti\cdot4$	良好	良好			

て行へる結果は第10表及び寫眞 No.3 に示す通りにして  $Ti\cdot1$ ,  $Ti\cdot2$ ,  $Ti\cdot3$  の如き  $Ti$  の量少きものに龜裂を生じ  $Ti\cdot4$  は良好であり更に  $Ti$  が増すと  $Ti$  の少き場合に比して龜裂發生の程度大にして  $Ti\cdot6$ ,  $Ti\cdot7$  に大なる龜裂を見る。即ち本實驗結果より  $Cb$  は  $1\%$  以下に於て多き程水素脆性に對する抵抗大なるに反し  $Ti$  は  $Cb$  に比して水素脆化の程度大にして且  $Ti$  の多き程著しく脆化す。尙本實驗に於て使用せる  $650^{\circ}C$  なる溫度は後述の粒間腐蝕を著しく發揮する溫度であり該水素脆性と粒間腐蝕との關係に就ては一度水素に依り脆化せる材料が  $650^{\circ}C$  に再加熱する事に依り粘性を恢復する點より粒間腐蝕と著しき關係なき如く考へられる。尙該問題に關する Inglis 及び Andrews<sup>7)</sup> 兩氏の研究結果に依れば斯る  $18/8$  の水素脆性は粒間腐蝕よりも寧ろ水素吸収に基く脆化なりと報告して居る

<sup>7)</sup> N. P. Inglis and W. Andrews, Journal of Iron and Steel Inst. No. 2, (1933) p. 383



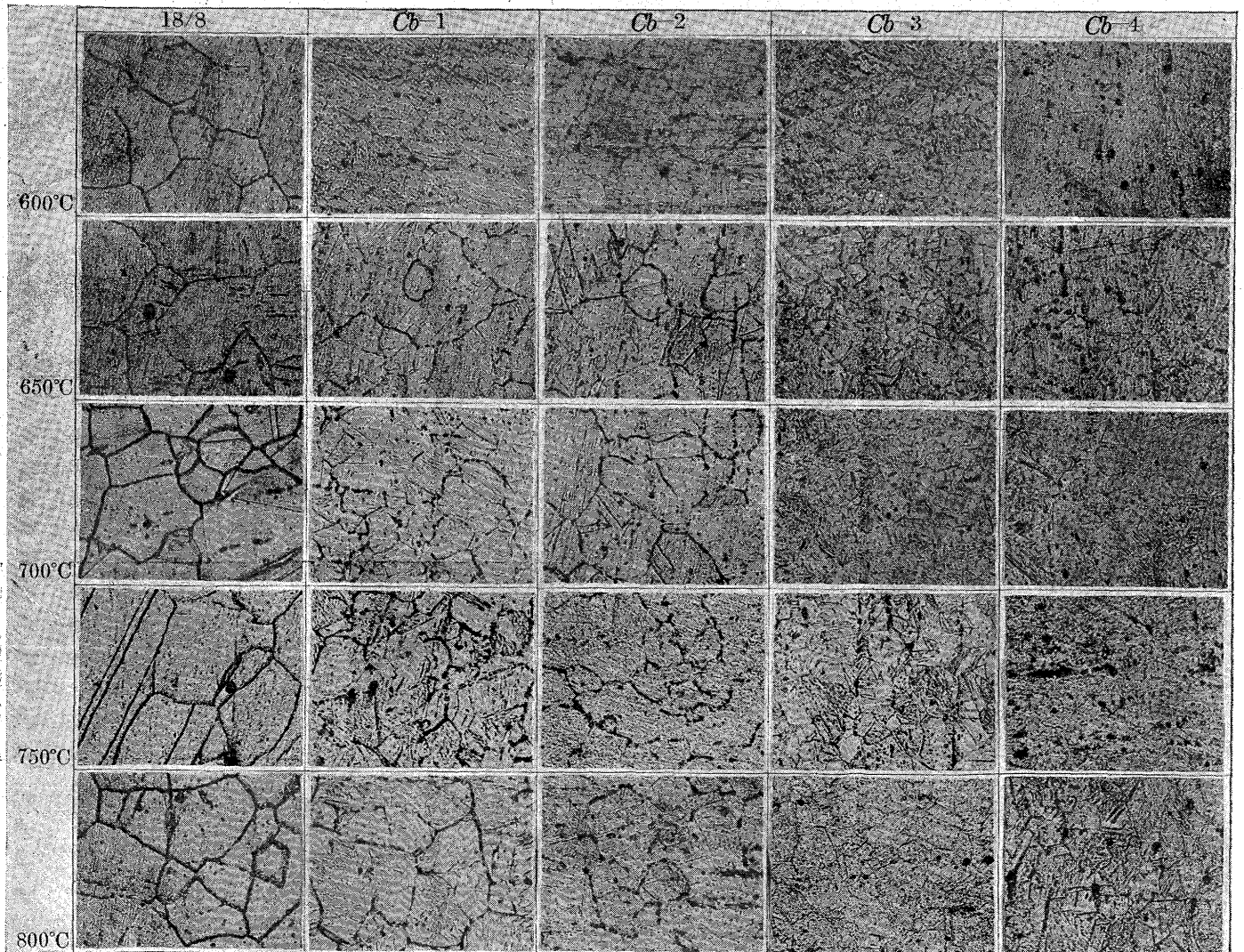
第 10 表 粒間腐蝕試験結果 (2)

再加熱 温度	試料	抗張的性質			腐蝕 減量 mg/cm <sup>2</sup>	音響	屈曲性	炭化 物の 有無	
		抗張力 kg/mm <sup>2</sup>	耐力 kg/mm <sup>2</sup>	伸% 伸%					
600°C	18/8	實驗	中切	斷	1.804	濁	破	斷	有
	Cb-1	72.5	26.9	48.5	0.692	清	良	好	有
	Cb-2	72.6	27.9	41.0	0.386	清	良	好	有
	Cb-3	70.5	27.9	43.0	0.325	清	良	好	無
650°C	18/8	實驗	中切	斷	3.419	濁	破	斷	有
	Cb-1	28.6	13.2	13.0	1.008	濁	龜	裂	有
	Cb-2	72.7	29.4	39.5	0.419	清	良	好	有
	Cb-3	72.7	29.2	45.0	0.455	清	良	好	無
700°C	18/8	實驗	中切	斷	0.518	濁	龜	裂	有
	Cb-1	11.3	—	7.0	0.846	濁	龜	裂	有
	Cb-2	71.9	25.5	40.5	0.617	濁	龜	裂	有
	Cb-3	76.7	30.0	38.8	0.377	清	良	好	有
750°C	18/8	實驗	中切	斷	0.361	濁	龜	裂	有
	Cb-1	73.8	29.4	45.0	0.361	清	良	好	有
	Cb-2	69.5	27.4	36.5	0.380	清	良	好	無
	Cb-3	69.5	27.4	36.5	0.380	清	良	好	無
800°C	18/8	實驗	中切	斷	2.036	濁	龜	裂	有
	Cb-1	24.2	—	11.0	2.036	濁	龜	裂	有
	Cb-2	74.7	27.0	45.0	0.428	清	良	好	有
	Cb-3	73.7	28.4	38.0	0.608	清	良	好	有
800°C	18/8	實驗	中切	斷	0.352	濁	龜	裂	有
	Cb-1	69.1	29.5	35.5	0.352	清	良	好	有
	Cb-2	69.4	27.9	39.5	0.340	清	良	好	無
	Cb-3	43.8	19.5	29.0	1.782	濁	龜	裂	有
800°C	18/8	實驗	中切	斷	0.542	濁	龜	裂	有
	Cb-1	77.0	25.5	41.5	0.542	濁	龜	裂	有
	Cb-2	73.2	27.2	37.5	0.398	清	良	好	有
	Cb-3	70.8	27.5	34.5	0.280	清	良	好	有
800°C	18/8	實驗	中切	斷	0.283	濁	龜	裂	有
	Cb-1	68.4	28.1	35.0	0.283	清	良	好	無
	Cb-2	68.4	28.1	35.0	0.283	清	良	好	無
	Cb-3	68.4	28.1	35.0	0.283	清	良	好	無

V 耐 蝕 性

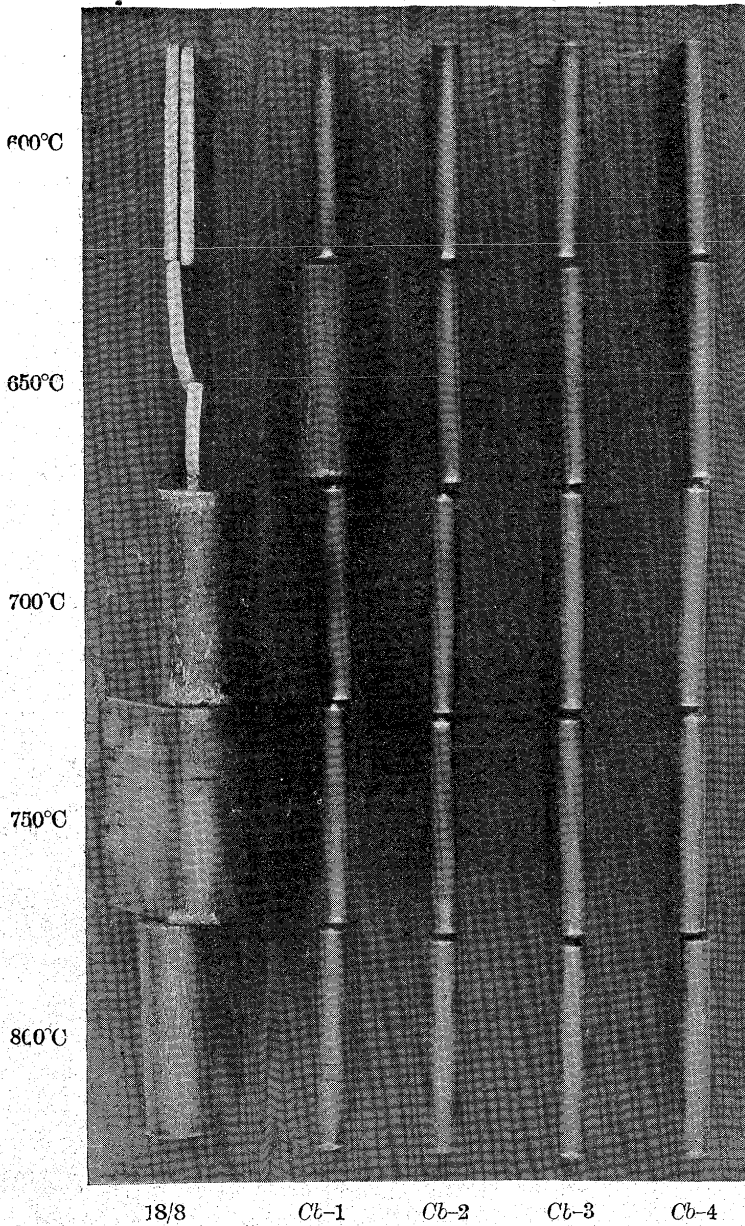
1. 粒間腐蝕に對する抵抗性 18/8 不銹鋼の熔接又は高温加工等に於て 500~800°C の加熱を受けたものを腐蝕性溶液中に浸漬すると結晶粒界が侵蝕離間して崩壊するに至る現象を熔接衰弱又は粒間腐蝕と稱し 18/8 の最大の缺陷である。而して Cb は有效なる粒間腐蝕防止元素である事は緒言に於て述べた通りである。本研究に於ては Cb の該影響に關する一實驗として 1,150°C より水中冷却後 600~800°C に各 2 時間加熱空冷せるものに就き Strauss 溶液<sup>9)</sup> (10% CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O + 10% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) の沸騰溶液に 100 時間浸漬せる場合の音響試験, 抗張試験, 屈曲試験を行て粒間腐蝕の有無及び程度を試験した。抗張試験片は平行部幅 7mm, 厚 2mm, 標點距離 50mm, 屈曲試験片

寫眞 No. 4 蓆酸中電解に依る顯微鏡組織



<sup>9)</sup> Payson, Harrison, N. J., Am. Inst. of Min. and Met. Eng. Iron & Steel Division, (1932) p. 306

寫眞 No. 5 硫酸銅—硫酸溶液中に浸漬後の屈曲試験結果



は  $50 \times 30 \times 2\text{mm}$  の寸法のものにして Strauss 溶液は逆流冷却管を附せるフラスコ中にて沸騰せしめて濃度の變化を可及的に防止した。尙別に  $600 \sim 800^\circ\text{C}$  に加熱せるもの、顯微鏡組織は 10% 蔞酸溶液中にて 1 分間電解<sup>9)</sup>して結晶粒界析出物の有無を検した。其等の結果を第 8 表に總括して示す。又顯微鏡組織は寫眞 No. 4 に腐蝕試験後の屈曲試験結果は寫眞 No. 5 に示す。即ち顯微鏡組織上結晶粒界析出物は 18/8, Cb.1, Cb.2 に認められ其の量は 18/8 に多く Cb.1, Cb.2 と Cb の増加と共に少くなって居り Cb.3, Cb.4 には認められぬ。又 Strauss 溶液に依る腐蝕の結果は 18/8 及び Cb.1 は何れも明瞭なる粒間腐蝕を起

し特に 18/8 は  $600 \sim 650^\circ\text{C}$ , Cb.1 は  $650^\circ\text{C}$  に於て最大の粒間腐蝕が認めらる。Cb.2 は顯微鏡的には析出物が認められるが  $750^\circ\text{C}$  に於けるものが屈曲試験に於て 30 倍の顯微鏡にて認め得る程度の極めて小なる龜裂を生ずる外は良好である。即ち本實驗より粒間腐蝕のために加ふべき Cb の量は 0.5~1% にて充分であり更に完全なる耐蝕性を得るためには 0.7~1% を要する事を知る。尙第 11 表及

第 11 表 硫酸に依る粒間腐蝕結果

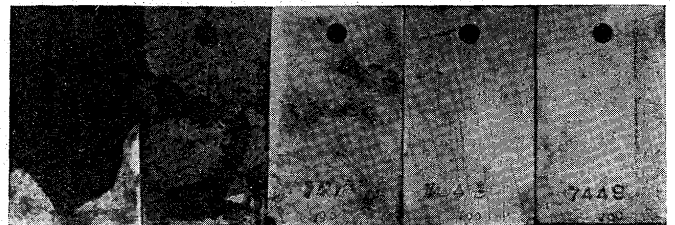
試料	腐蝕減量 $\text{mg/cm}^2$	
	1,150°C 水中冷却せるもの	70°C にて再加熱せるもの
18/8	9.307	1 週間にて原形なし
Cb-1	27.711	3 週間にて原形なし
Cb-2	41.424	53.126
Cb-3	32.063	26.855
Cb-4	23.024	41.927

び寫眞 No. 6 は  $1,150^\circ\text{C}$  より水中冷却せるものと  $700^\circ\text{C}$  にて 5 時間加熱後爐中冷却せるものととの 5% 硫酸に對する耐蝕性を比較せるもので 18/8 及び Cb.1 の  $700^\circ\text{C}$  再加熱せるものは著しく侵蝕崩壊せられるに反し Cb.2, Cb.3, Cb.4 は  $1,150^\circ\text{C}$  水中冷却せるものに比して著しき變化を受けて居ない。

2. 一般耐蝕性 寸法  $50 \times 30 \times 2\text{mm}$  (上部に徑  $4\text{mm}$  の穴を穿つ) の試験片を調製し  $1,150^\circ\text{C}$  より水中冷却後表面を 02 番エメリー紙にて研磨仕上せるものに就き無機酸, 有機酸, 鹽類, アルカリ等に對する耐蝕性を比較試験せり。實驗時間は常溫の場合には 1 週毎に液を更新することに依り 4 週間, 沸騰點の場合は逆流冷却管を附せるフラスコを使用し液

寫眞 No. 6 硫酸に依る粒間腐蝕

18/8 Cb-1 Cb-2 Cb-3 Cb-4



の濃度を一定ならしめて 20 時間と定めた。各試験結果は第 12 表に示す通りである。尙試験後の試料狀況は寫眞 No. 7, 8, 9 に示す。常溫の硫酸, 鹽酸, 硝酸に對しては硝酸には殆んど影響を認めぬが硫酸, 鹽酸に對しては Cb が入ると何れも耐蝕性は著しく減す。第 13 圖は Cb の量と硫酸, 鹽酸に對する耐蝕性との關係を示すものにして Cb.

<sup>9)</sup> George. A. Ellinger, Transac. of The A. S. M., March, (1936) p. 27



第 12 表 18/8-Cb の腐蝕試験結果

腐蝕液		腐蝕減量 $mg/cm^2$					
名稱	濃度	18/8	Cb-1	Cb-2	Cb-3	Cb-4	
無機	硫酸	1%	0.036	25.030	16.090	12.268	3.509
		3%	5.331	20.111	34.614	18.973	12.590
		5%	9.307	27.711	41.426	32.063	23.024
		10%	25.854	61.786	58.186	65.915	37.051
機	鹽酸	1%	8.551	18.702	22.873	34.732	19.617
		5%	25.876	36.364	45.388	44.415	32.750
		7%	84.171	93.894	99.915	102.976	127.719
		10%	117.719	146.464	147.963	141.412	135.066
酸	硝酸	5%	0.524	0.563	0.373	0.382	0.256
	沸騰硝酸	10%	0.352	0.451	0.436	0.515	0.301
		30%	0.382	0.744	0.250	0.500	0.533
		65%	0.918	0.771	0.705	1.301	0.663
有機酸	沸騰磷酸	10%	0.524	0.732	0.289	0.289	0.153
	沸騰醋酸	20%	6.219	18.075	22.530	23.409	90.313
鹽類及びアルカリ	沸騰酒石酸	飽和	72.415	40.698	38.783	35.792	33.436
	粗食鹽水	3.5%	0.239	0.448	0.295	0.138	0.349
	食鹽+過酸化水素	3% 1%	2.150	2.361	2.521	2.557	2.355
	鹽化アンモン	20%	0.903	1.063	0.945	0.963	1.280
	鹽化第二鐵	10%	81.430	176.551	172.039	173.623	172.617
沸騰苛性曹達	50%	3.045	3.873	3.964	4.834	4.774	

第 13 表 18/8-Ti の腐蝕試験結果

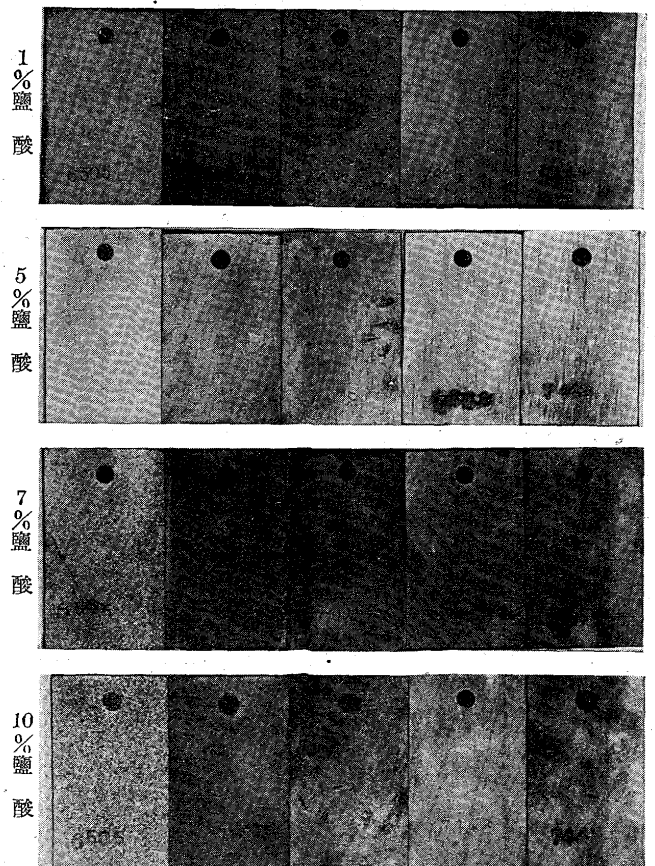
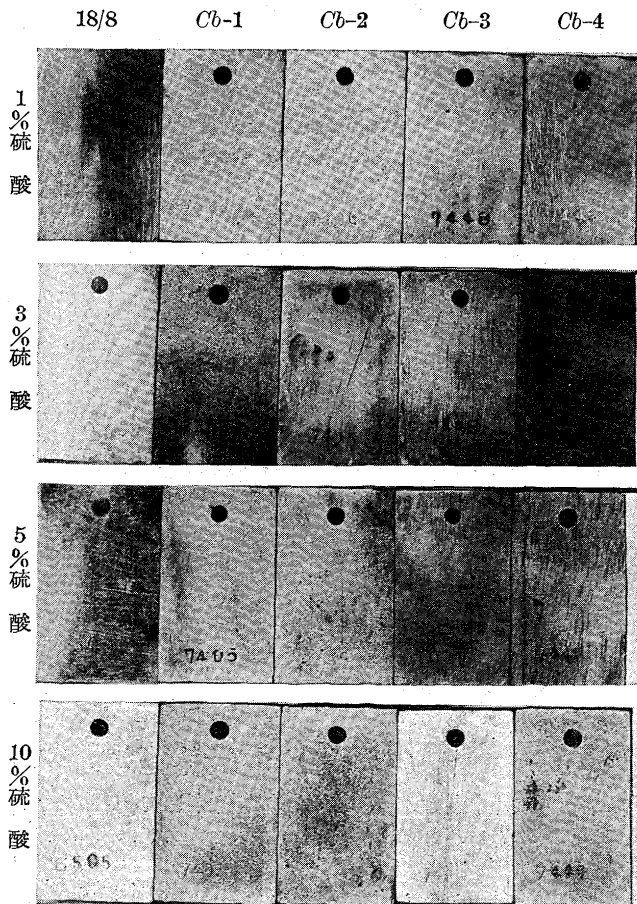
腐蝕液		腐蝕減量 $mg/cm^2$						
名稱	濃度	Ti-1	Ti-2	Ti-3	Ti-4	Ti-5	Ti-6	Ti-7
硫酸	2%	15.277	2.822	1.656	2.313	1.825	2.430	2.340
鹽酸	2%	15.066	8.295	23.650	23.683	65.045	40.030	38.250
沸騰硝酸	30%	0.177	0.144	0.177	0.156	0.217	0.205	0.186
	65%	0.602	0.689	0.400	0.548	0.533	0.608	0.861
沸騰醋酸	20%	10.211	17.235	12.144	8.195	22.915	15.051	14.861
食鹽+過酸化水素	3%							
	1%	1.945	1.852	3.036	2.304	2.810	2.710	2.771
鹽化アンモン	20%	0.455	0.467	0.147	0.352	0.223	0.611	0.972

1~Cb.3 が腐蝕減量大であり Cb.4 に至りて耐蝕性を回復する如き傾向が見受けらる。又沸騰硝酸及び沸騰磷酸に對しては影響を認めぬ。

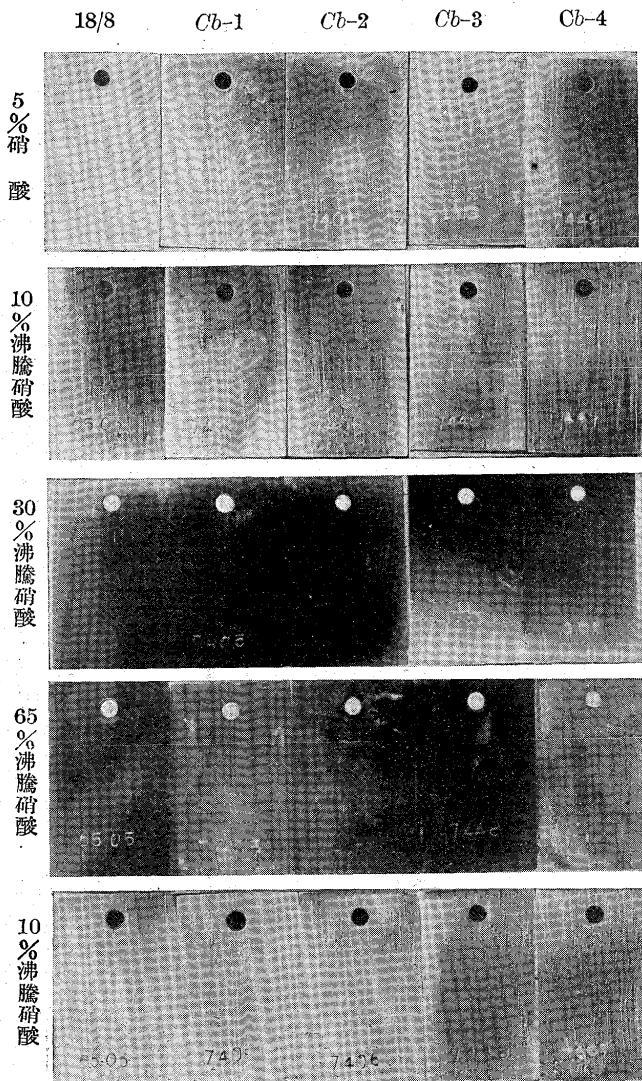
次に有機酸に於ては沸騰醋酸に對しては Cb を添加せるもの何れも劣り且 Cb の増加と共に腐蝕減は大となる。又沸騰酒石酸に對しては Cb の増加と共に徐々に耐蝕性を増加す。

次に鹽類に於ては粗食鹽水、食鹽と過酸化水素との混液、鹽化アンモンに對しては殆んど影響を認めぬが鹽化第二鐵に對しては Cb の添加は耐蝕性を半減す。更に 50% 苛性曹達沸騰溶液に對しては著しき影響なし。

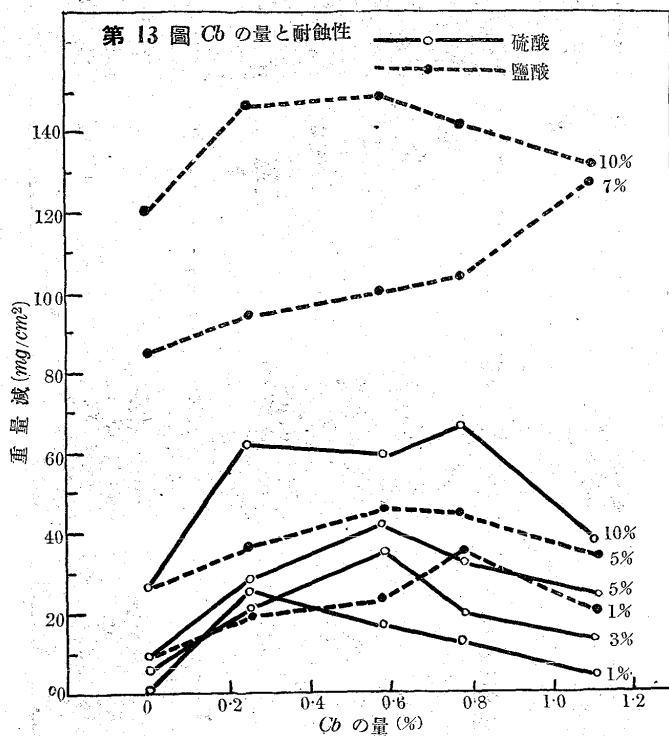
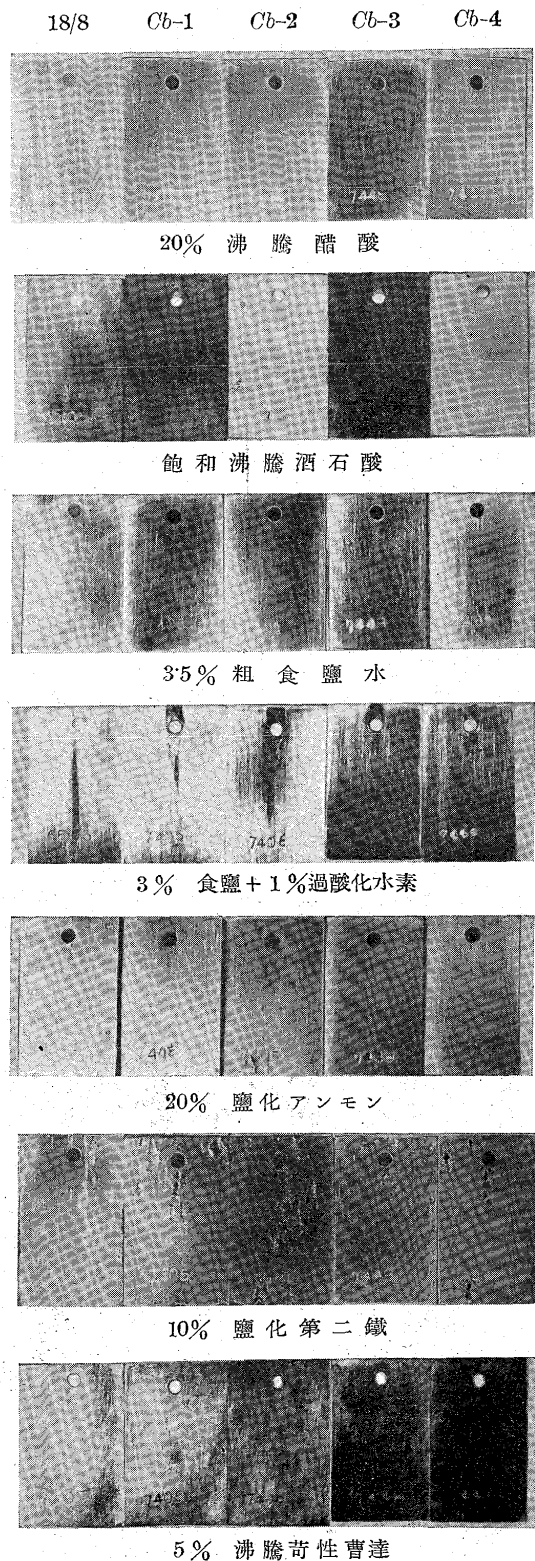
寫眞 No. 7



寫眞 No. 8



寫眞 No. 9



次に上記腐蝕液の二、三に就て Ti の影響を見るに第 13 表に示す通りにして鹽酸に對しては惡影響を及ぼすが硫酸に對しては Ti の多少に依る差異無くして何れも耐蝕性を幾分増加す。沸騰硝酸、沸騰醋酸、食鹽と過酸化水素との混液、鹽化アンモン等に對しては著しき影響なし。

## VI 結 論

1. 0.2~1% *Cb* が 18/8 の物理的, 機械的及び化學的性質に及ぼす影響を研究し是を *Ti* に於ける影響と比較対照せり.

2. 溶解時に於ける *Cb* の歩留は約 80% にして *Ti* の歩留 30~60% に比して一定にして且大なり.

3. 物理的性質に關しては比重は *Cb* の添加に依りて殆んど變化なし. 然るに *Ti* に於ては *Ti* の量増加と共に比重は低下す. 又電氣抵抗は *Cb* の添加に依りて著しき變化なし. 然るに *Ti* に於ては其の影響大にして 0.36% *Ti* 以上にて著しく電氣抵抗を上昇せしむ.

4. 抗張的性質に就ては

1) 焼鈍温度と抗張的性質との關係より 0.2% *Cb* は 18/8 の抗張力, 耐力を稍増加せしめ伸を減少せしめるが更に 0.5~1% *Cb* に於ては伸を更に減少せしめ且 0.2% *Cb* に於ける抗張力, 耐力を幾分減ず. 然るに *Ti* に於ては其の量増加と共に抗張力, 耐力を上昇せしめ伸を降下せしむ.

2) 焼入後 400~900°C に再加熱せる結果は抗張力, 耐力に著しき變化を認めぬが 750°C に於て伸の減少が認めらる. 尙 *Ti* は 0.36% 以上にて 500~600°C に於て age-hardening の現象が認められるが *Cb* には斯る現象なし.

5. 高温度に於ける性質に就ては

1) 1% 以下の *Cb* は 18/8 の耐熱性を幾分減ず. 然るに *Ti* に於ては 0.27% 以下は *Ti* の増加と共に耐熱性を増し更に其以上 *Ti* が増しても效果なく寧ろ耐熱性は減少す.

2) 高温度抗張的性質に就ては 0.2% *Cb* の添加は抗張力, 降伏點を稍増加し伸を減少せしめるが 0.5~1% *Cb*

の添加は抗張力, 降伏點を更に上昇せしめる事なく伸を減少せしむ. 然るに *Ti* に於ては其の影響大きく抗張力, 降伏點は *Ti* の増加と共に上昇し伸は 600°C 以下は *Ti* と共に低値を示すが 750°C 以上に於ける伸は *Ti* の増加と共に著しく大となる. 尙 *Ti* は 0.36% 以上に於て青熱脆性に基く抗張力, 降伏點の上昇及び伸の減少が認められ且此の傾向は *Ti* の多き程大なるも *Cb* には斯る現象なし.

3) 高温度水素脆性に對しては *Cb* は *Ti* に比して安定なり. 即ち 0.5% 以下は龜裂脆性を示すが 0.7~1% *Cb* は何れも極めて安定なり. 然るに 18/8 *Ti* に於ては *Ti* の量少きもの及び多きもの何れも龜裂脆性を示せり.

7. 耐蝕性に關しては

1) 粒間腐蝕に對する *Cb* の影響は *Cb* の量増加と共に効果が認めらる. 即ち 0.2% *Cb* は尙相當腐蝕崩壊するが 0.5% *Cb* に於て著しき効果が認められ更に 0.7~1% *Cb* に於て完全なる耐蝕性を示す. 即ち粒間腐蝕防止に必要な *Cb* の量は *C* の約 5 倍以上なり.

2) 一般耐蝕性に就ては *Cb* は硫酸, 鹽酸, 鹽化第二鐵醋酸等に對する耐蝕性を減じ硝酸, 磷酸, 食鹽水, 鹽化アンモン, 苛性ソーダ等に對しては影響無く酒石酸に對しては幾分効果を及ぼす. 一方に於ては鹽酸に對する耐蝕性を減ずるが硫酸に對しては稍効果がある. 更に硝酸, 食鹽水, 鹽化アンモン等に對して影響無き事 *Cb* に於けると同様なり.

要之粒間腐蝕防止に必要な *Cb* の量は *C* の 5 倍以上であり且此の量に於て *Cb* は 18/8 の耐蝕性を幾分減ずる事あるも *Ti* に於ける如く 18/8 の物理的, 機械的性質を著しく變化せしむる事なし.

終りに臨み本研究の發表を許可せられた住友金屬工業株式会社並に御指導を賜た絹川博士に深甚の謝意を表す.