

オーステナイト不銹鋼に就て¹⁾

(日本鐵鋼協會 第 11 回講演大會講演)

藤原 唯 義²⁾

SYNOPSIS:—The 18/8 series of stainless steels which are receiving the attention of both the engineering world and the general public because of their excellent qualities have certain properties which at times interfere with their fullest application. These properties include: excessive hardening on cold working, poor fabricability, loss of ductility at both low and moderate high temperatures, loss of corrosion resistance and intercrystalline corrosion.

This paper shows that much of this is due to a physical instability characteristic of certain austenitic alloys. The range of composition subject to this trouble has been mapped out.

This paper is purposely limited to a description of steel containing about 18 per cent. of chromium and 8 per cent. of nickel.

When this class of steel is heated in the range of 500° to 900C° and then cooled, the material is attacked by most corrosive media in an intercrystalline manner. The cause and prevention of this defect has been fully discussed in this paper and the following conclusion has been drawn: Pretreatment materially influences the corrosion resistance of the alloys and the addition of certain chemical elements renders the alloys considerably resistant to corrosion.

耐蝕耐熱不銹鋼の利用は過去 20 年間に於て著しく發達して今日各方面の工業殊に化學工業は斯る不銹鋼の利用に依り其設備が著しく改善されたと稱せられて居る。

斯る鋼の成分は高クロム鋼 (Cr 13% 以上を含む) 及高クロム・ニッケル鋼 (Cr 18—20%, Ni 8—10%) 及之等成分に W・Ti・Mo・Cu 等を適當に配合せるもの等である。

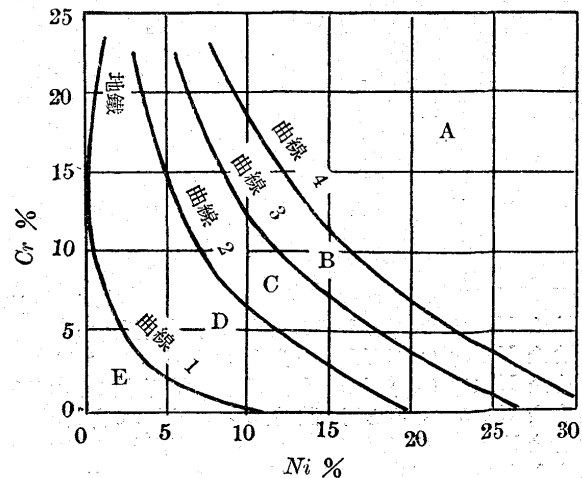
然し今日最も廣く利用せられて居るものは Ni・Cr 系のもので殊に 18—8 不銹鋼 (18% Cr, 8% Ni) と稱する所のものであるが之は此の不銹鋼が優秀なる物理的性質と腐蝕に對する抵抗大なるが爲とである、此故に本論文に於ては主として此 18/8 不銹鋼に就て述べんとするものである。

安定乃至不安定オーステナイト鋼と化學組成 普通オーステナイト不銹鋼の成分域は安定オーステナイトの域に屬するものと不安定オーステナイト域に屬するものとの2種類に區別され得る。

其名の示す如く前者は永久的にオーステナイト組織を保有し得るも後者は然らず。所謂 18% Cr 8% Ni 鋼は不安定オーステナイト域に屬して居るのである。

第1圖は上記の分類を一層明瞭に示せるものなるが之に依り常溫に於て鋼中の Ni・Cr 含有量が組織と如何なる關係を有するかを示せるものである。斯る平衡状態圖は小

第 1 圖 低炭素、鐵クロムニッケル系合金の組織成分圖



- A 安定のオーステナイト組織
- B 不安定のオーステナイト組織
- C マルテンサイト組織: オーステナイト組織
- D マルテンサイト組織: 地鉄
- E パーライト組織

さいコンパスで大體の状態を示し得るから非常に有用なるのであるが然し正確を期し難い、など何

1) 本論文中に使用せる試料は主として 紐育インターナショナル・ニッケル會社及巴里ニッケル情報局より得たるものである。

2) 日本ニッケル情報局技師。

れば之が正確を期せん爲には他の重要な條件、此場合に就て云へば炭素含有量、熱處理、高温に於ける平衡状態等を一定に保たなければならぬからである。

圖に於て Ni・Cr 含有量が第 3 の曲線の左に位する低炭素鋼の焼鈍状態に於ける組織は硬く磁性を有し熱處理に應じ易き所のマルテンサイトである。同鋼の Ni・Cr 含有量が又第 3 曲線の右に位する所のものは軟く非磁性にして熱處理効果を有せざる所のオーステナイト組織である。

後に立證される如く第 3 曲線と第 4 曲線との間に位するオーステナイト鋼は普通の試験ではオーステナイトであるが状況が變れば組織に變化を來し且重要な特性をさへ失ふ事がある。

元來オーステナイト鋼の耐蝕性は主として其含有する Cr に依るものなるが Ni は耐蝕性を増すと同時に本鋼が高温に於て結晶粒の粗大となる傾向を妨げる働きを爲す。普通オーステナイト鋼 (不安定) は高温 (1,100°C) より焼入する事に依り悉く展性に富むオーステナイト組織を形成せしむる事が出来る。

尙其成分範囲を示せば次の通りである。

C%	Si%	Mn%	Ni%	Cr%
0.10~0.30	0.5~0.75	0.5~0.6	6~12	14~20

(普通 0.10~0.25) (普通 7~1) (普通 17~20)

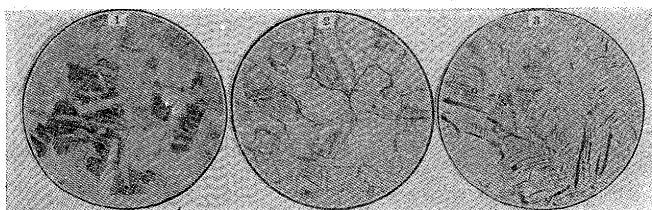
P 及 S は能ふ限り低きを要す。

Ni 及 Cr の低きものは壓延する爲に高温焼入するも軟化する事なく且腐蝕し易いのである。

今日一般の傾向としては Ni 量を高め同時に C 量を減じ (0.07% 以下) 高温焼入に依り安定するオーステナイト組織を形成せしめ加熱の影響に依る有害なる結果即結晶粒界腐蝕を生ぜざらしむ。

検鏡組織 不銹鋼は高温焼入に依りオーステナイト組織

第 2 圖 A 第 2 圖 B 第 2 圖 C



18/8 鋼焼入後硝酸鹽酸グリセリン溶液にて腐蝕、オーステナイト組織を示す。200 倍 (Holtzer)

18/8 鋼、焼入後 500°C-900°C 間にて焼戻す硝酸鹽酸グリセリン溶液にて腐蝕、炭化物が結晶粒界に現はる。200 倍

18/8 鋼焼入後冷間加工すオーステナイト結晶粒を横切るスリツプバンド現る。

化して使用する (第 2 圖 A 参照) 普通固溶體は多少双晶を有する多角形に結晶する。

然し此形は次の様な操作に依り變化するものである。

(1) 冷間加工に依り變形を行へばスリツプバンドを生ずるが之は磨いた表面を顯微鏡で見れば判然見分ける事が出来る。(第 2 圖 C 参照)

(2) 1,100°C 以下の温度例へば 500 乃至 900°C の間で一定加熱を行ふ時は多角形の接觸部に或る成分が沈澱する之は炭化物の如くフェロシヤン化加里で着色する。(第 2 圖 B 参照)

物理的性質

第 1 表

炭素量を異にする各種 18/8 不銹鋼の機械試験

鋼種	化學成分					熱處理			比降 (引張) 點 (kg/mm ²)	抗強 (kg/mm ²)	延率 (%)	絞率 (%)	アイソット衝撃値		
	ニッケル %	クロミウム %	炭素 %	珪素 %	満鉄 %	温度 (攝氏)	時間	冷却						試験回数	
No. 1	9.79	17.87	0.06	0.20	0.23	600	1/2		2	16.0	30.0	67.5	54	69	16.0
						700	2	18.0	30.0	66.0	52	68	16.5		
						800	2	22.0	32.0	66.5	52	70	16.5		
						900	2	20.5	32.0	67.0	53	73	16.5		
						1000	2	18.5	30.0	63.0	58	76	16.5		
						1200	2	15.0	27.0	59.0	64	77	16.5		
No. 2	9.38	17.10	0.10	0.56	0.47	600	1/2		2	16.0	24.0	62.0	68	72	15.0
						700	2	14.5	24.0	65.0	60	69	16.0		
						800	2	18.0	24.0	66.0	58	65	16.0		
						900	2	16.0	25.0	65.0	60	66	16.0		
						1000	2	16.5	24.0	63.0	64	73	15.5		
						1200	2	15.5	24.0	64.0	65	74	15.0		
No. 3	8.06	17.65	0.14	0.34	0.17	600	1		2	12.5	30.0	82.0	32	25	16.0
						700	1	16.5	31.5	96.5	50	52	12.5		
						800	1	16.0	28.5	96.0	36	53	7.5		
						900	1	17.5	32.0	94.5	40	35	13.5		
						1000	1	20.0	29.5	90.5	31	23	13.5		
						1100	2	15.5	22.0	79.0	54	36	15.5		
No. 4	14.72	18.21	0.06	1.26	0.53	600	1/2		2	19.0	28.0	61.0	60	66	16.0
						700	2	17.5	29.0	60.0	34	66	16.0		
						800	2	19.0	29.0	59.5	53	64	15.5		
						900	2	19.0	29.0	60.0	54	66	16.0		
						1000	2	19.0	28.0	58.5	58	77	16.5		
						1200	2	15.0	24.0	55.0	65	77	15.5		
No. 5	15.09	18.07	0.10	0.06	0.44	600	1/2		2	21.5	30.5	62.5	52	67	16.0
						700	2	20.5	31.0	69.5	49	70	16.5		
						800	2	20.5	30.0	62.0	47	66	16.5		
						900	2	19.5	31.0	62.0	47	69	16.0		
						1000	2	18.0	30.0	61.0	51	72	16.5		
						1200	2	15.5	24.5	56.0	55	77	14.5		
No. 6	15.46	15.04	0.23	0.19	0.81	600	1		2	16.5	32.5	66.0	50	57	11.5
						700	1	12.5	30.5	65.5	51	65	12.5		
						800	1	14.0	30.0	64.0	49	64	12.0		
						900	1	15.0	32.0	64.0	51	61	11.5		
						1000	1	18.5	31.5	65.0	51	68	14.0		
						1200	1	14.0	25.5	60.5	67	74	14.5		

熔融點 1,440°C 密度普通鋼と同じ (7.7-7.8) 熱膨脹係數は鋼の一倍半 16x10⁶ 比熱、普通鋼と同じ 0.12 熱傳導率及電氣傳導率、夫々鋼の 1/4 及鋼の 1/30 磁性なし (高温焼入)

但冷間加工に依り僅かに磁性を生ず。

機械的性質 インターナショナル・ニッケル會社技師ノーマン・ピリング氏は Cr 18%、Ni 8% 及 Cr 18%、Ni 14% なる 2 種の不銹鋼の炭素を種々に變へたるものに就て研

究した。

先づ之等の鋼を熱加工して作ったロツドを 600°C—1,200°C で順次加熱し各温度で之に水中焼入を行ひ得た試験料を試験せるが其結果は第1表に示す通りである。又此内一部のデータを使用して比較の爲作圖せるものは第2圖に示す通りである。

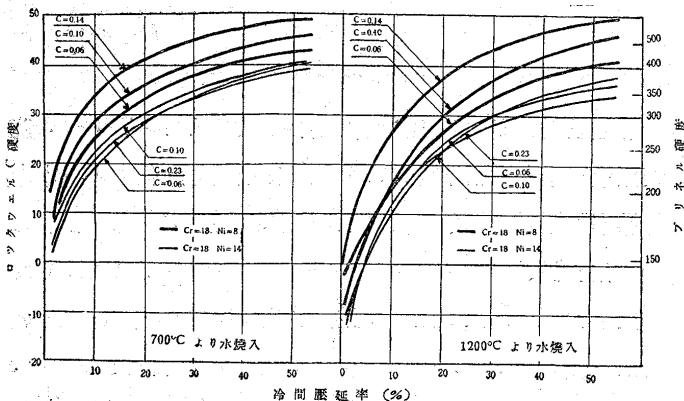
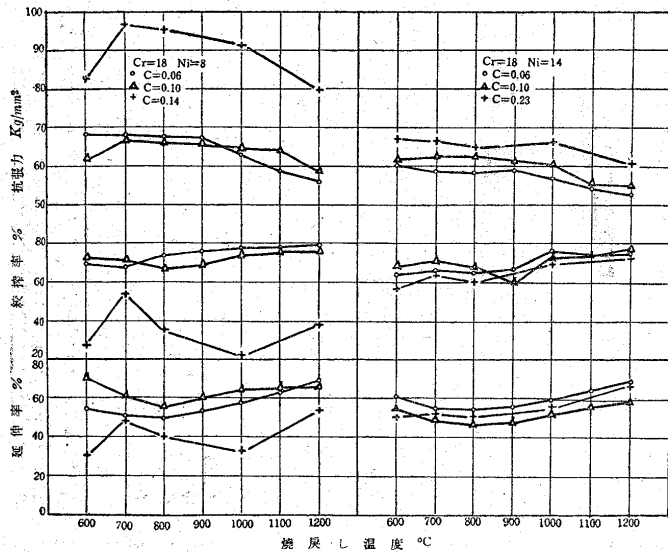
大體に於て高 Ni 成分のものは低 Ni のものに比して軟かである。

本鋼の特色としては 1,000°C 以上の温度に於て熱處理を行ひたる場合強度は少くなるが延びは著しく良くなる、此重要なる特異性は C の多くなる程著しく現れて居る事が圖に依つて明かに示されて居る。

又此の場合 Ni 分の低いものは硬くなり易く且展性を失ひ易いが Ni 分の高いものは常に適度の硬度を有し且展性を保持して居る。

高炭素鋼の衝撃は 600°C 乃至 800°C に熱せられたときのみ影響せらるゝものである。

第3圖 18% Cr, 8—14% Ni 及各種炭素量を有する鋼の機械的性質。(抗張試験)



第4圖 種々の炭素量を有する 18% Cr 8—14% Ni 鋼の硬度に及ぼす断面収縮率の影響。

冷間加工性： オーステナイト鋼の重要な性質の一つは冷間加工に依り硬化する事である、數量的比較硬度測定をする目的を以て 3mm の厚みの板を冷間壓延し冷間壓延中に起つた硬度の變化を見た。

硬度は便宜上最初にロツクウエル試験機で測定したが此試験機の目盛は高度の域に於て小さく現はされる故之をブリネル硬度に換算する事に依り一層好資料たり得るのである。

以上の方法を以て 1,200°C より焼入せるものと 700°C より焼入せるものとの 2種の不銹鋼に就て試験せる結果は第4圖に示す通りである。

本試験結果の大體の傾向は抗張試験のそれに並行したものである。即ち低ニッケル鋼は高ニッケル鋼に比較して C 含有量の増加と共に遙かに硬化し易い、之は鋼の厚みを 20%程壓延した時得た硬度の増加を表示した第2表に於て明

第2表 20%壓延に依る硬度の増加

鋼種	炭素%	ブリネル硬度			
		1,200°Cより水焼入		700°Cより水焼入	
		最初	増加	最初	増加
18%クローム	0.06	130	148	160	180
	0.10	123	187	148	192
	0.14	128	243	191	232
18%クローム 14%ニッケル	0.06	109	141	148	144
	0.10	109	141	160	140
	0.23	116	140	150	134

第3表

冷間加工前後に於ける三種材料の比較

	18-8	18%クローム鉄	30%炭素鋼
元棒大さ	7.9 mm	7.9 mm rd.	7.9 mm rd.
冷間引拔後	6.3 mm	6.3 mm rd.	6.3 mm rd.
當初降伏點	29 kg/mm²	35 kg/mm²	43 kg/mm²
當初抗張力	66 kg/mm²	53 kg/mm²	53 kg/mm²
當初延伸率 %	56.0	36.0	20.0
當初絞率 %	76.0	71.0	61.0
當初ブリネル硬度	135	149	170
最終降伏點	56 kg/mm²	64 kg/mm²	57 kg/mm²
最終抗張力	109 kg/mm²	68 kg/mm²	64 kg/mm²
最終延伸率 %	9.0	13.5	12.0
最終絞率 %	65.1	66.5	45.0
ブリネル硬度	293	202	196
抗張力増加	63.9	23.0	19.0
ブリネル硬度増加	117.0	35.0	15.3

第4表

18/8 鋼丸棒の壓延効果

	直徑 mm	各行程の断面収縮 %	降伏點 kg/mm²	抗張力 kg/mm²	延伸率 (50mm 試片) %	ブリネル硬度の變化
繰 鈍	5.1	—	25	62	65.0	140
冷間引拔後	4.7	25.7	71	98	22.0	285
"	4.0	46.2	91	130	5.0	341
"	3.2	66.6	93	150	3.5	388
"	2.8	74.5	111	163	2.5	401
"	2.4	81.5	—	172	2.0	415
"	2.1	85.0	—	198	2.0	429
"	1.8	89.3	—	210	2.0	429
"	1.6	92.0	—	233	2.0	401

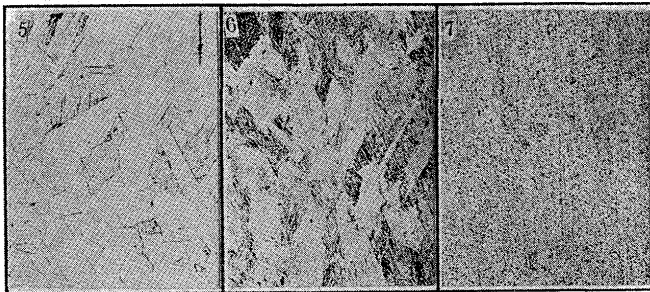
かに示されて居る。

此の事實は 18/8 鋼を 18% Cr 鐵及 0.30% 炭素鋼に比較して出した第 3 表の數字に依つて明かである。

之等のデータは冷間引拔せる棒を冷間加工する前後に於て試験して得た物理的性質である。第 4 表に於て 18/8 鋼の丸棒を 5.5mm から 1.6mm に漸次引き伸した場合得た非常に大なる硬度を示すものである。

第 3 表第 4 表に示す参考資料に依り 18/8 鋼の加工硬化性が良く示されて居る、之に關しては檢鏡寫眞が組織的の變化を示す、即檢鏡寫眞第 5 圖は充分熱處理効果を受けた完全等軸の均一性のオーステナイト組織を示す之は徑

第 5 圖 第 6 圖 第 7 圖



適度に熱處理せる 18/8 鋼にて均一の結晶粒を有し非磁性である。プリネル硬 135×500

18/8 鋼の冷間加工せる組織僅かに磁性を帯ぶ。プリネル硬度 293×500 に延したる場合。

冷間加工をひどく行ひたる組織 5.5mm より 1.6mm

7.9mm の丸棒 (第 3 表参照) の冷間加工前の組織を示すものである。

第 6 圖は上記の丸棒を徑 6.5mm 迄冷間引拔を行ひたる場合得た至んで且多少の磁性を帯びた組織を示したものである。

第 7 圖は資料を 5.5mm の徑から 1.6mm の徑迄冷間引拔を行ひたる場合に出來た著しい冷間加工組織即マルテンサイト乃至磁性組織を示すものである。(第 4 表参照)

焼鈍: Cr 18%, Ni 14%, C 0.07% を含有する不銹鋼を 40% 程冷間加工せる場合焼鈍に依る軟化の状態は第 5 圖に示す通りである、最初 700°C に於て 30 分間熱すると僅かに軟化するが 800°C より 1,100°C の間に於て硬度は温度の昇る毎に減退して來る。高い温度程展性を良くする故普通には 1,100°C 以上に焼鈍される、但此場合は低温度の場合起る折出を防ぐ爲焼入する事を必要とする。

高温焼鈍の不利なる點は結晶粒が粗大となる事及伸張された場合表面に荒目の生ずる事等である。之等の理由で冷間加工せる製品を結晶粒の成長を來さぬ温度即 850°C 乃至 1,000°C に於て焼鈍軟化する。

Ni の高いオーステナイト鋼では α 鐵の折出を心配する必要はない、然も此種のもは相當高炭素のもでも適當に軟化する事が出來て且結晶粒を微細化し得る故に斯る性質は高度の引拔作業に適當して居るのである。充分なるプレス作業には材料を 900°C で焼鈍する事になつて居る。

1925 年吳海軍工廠吉川晴十博士¹⁾ はニッケル・クロム系合金鋼に就き Ni, Cr の含有量を種々に變へて試験發表せるが、其内 18/8 系不銹鋼の代表的のものに就き其試験結果を示せば第 5 表の通りである。

第 5 表 18/8 不銹鋼の機械試験 (吉川氏)

試片番號	熱處理	彈性限界 kg/mm ²	抗張力 kg/mm ²	延伸率 %	絞捲率 %	プリネ ル硬度	衝擊值 kg/m	
A	700°C 3時間 爐中冷却	92.0	100.2	45.3	48.9	301	3.0	
B	800°C 30分 水中冷却	76.2	111.9	17.2	39.1	286	6.5	
C	800°C 30分 爐中冷却	69.3	91.2	28.1	30.5	302	4.4	
D	900°C 30分 水中冷却	78.2	112.8	21.1	39.1	311	4.2	
E	900°C 30分 爐中冷却	97.0	115.8	28.1	45.8	311	4.1	
F	1,100°C 30分 水中冷却	61.7	89.8	46.9	48.9	228	8.6	
G	1,100°C 30分 爐中冷却	69.6	112.3	21.1	36.3	228	5.0	
H	1,200°C 10分 水中冷却	61.1	88.2	40.6	50.9	212	14.2	
I	1,200°C 10分 油中冷却	69.0	90.2	43.8	55.0	217	15.0	
J	1,200°C 30分 油中冷却	52.1	84.6	43.8	50.8	207	14.5	
K	1,200°C 1時間 油中冷却	61.7	87.1	46.1	48.9	207	13.3	
L	1,200°C 1時間 水中冷却	68.7	88.2	45.3	48.9	196	14.2	
		C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr
分析		0.40	0.36	0.46	0.011	0.042	9.11	17.54

本結果に依れば 18/8 不銹鋼は 900°C 迄は水中冷却にても爐中冷却にても强度高く衝擊値比較的低し。

1,100°C 以上の温度より水中或は油中冷却を行へば、衝擊試験は著しく良好となる、殊に 1,200°C にて 10 分間熱し焼入せるものは良好なる成績を示す、此鋼の組織が完全なるオーステナイト組織になるからである。

芝浦製作所技師中村素氏²⁾ がアダヂヤツクス誘導電氣爐製 18/8 不銹鋼に對し行ひたる試験結果を示せば第 6 表の通りである。

化學的性質 18/8 不銹鋼の多くの特性中化學的性質は最重要なるものである、即多くの不詳の腐蝕劑に對して抵

¹⁾ 吉川晴十氏、ニッケルクロム鋼の研究、鐵と鋼第五卷第二號、第 69 頁。

²⁾ 著者との私信に依る。

抗大なる事を要するが爲である。

多くの抵抗を考へに入れなければならぬので其腐蝕範圍を決定する事は至難の事である。

腐蝕部に存在する極く僅かの不純物でも其影響する處は大である。

腐蝕に関する問題は特別の場合に就てのみ考察するべき

もので極く判明せる

狀況を除いては總て

一定の條件の下に行

はなければならぬ。

蓋し實際使用上の結

果が最善の判断であ

る事を忘れてはなら

ぬ。

然し乍ら元來腐蝕

抵抗の根本となるも

のは Cr と Ni と

の含有量である。故

に此場合此 Ni・Cr

の量の變化が如何な

結果を生ずるかを検

する爲 2種の腐蝕劑

即還元性及び酸化性

の酸に對する作用を

考察し之を以て満足

せんとするものであ

る。

第 9 圖は代表的

還元性酸たる稀硫酸

に空氣を飽和せしめ

たものに對し Ni 及

Cr の含有量が其腐蝕度

に如何なる影響を與

ふるかを示す

ものである、此の種の酸に最高

の腐蝕抵抗を實現せしめる

爲には 13% 以上の Ni を必要とする事が解る。それより

低い Ni 含有量に於ては腐蝕は著しい。

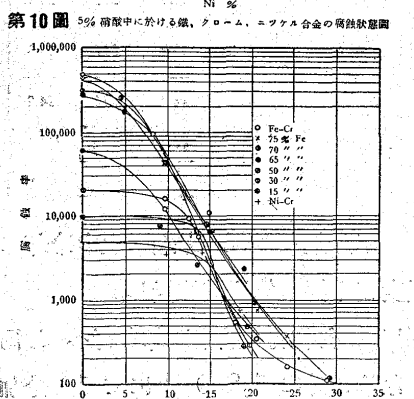
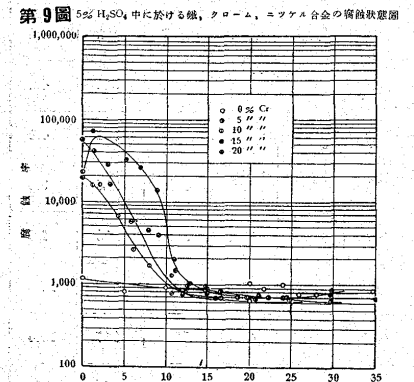
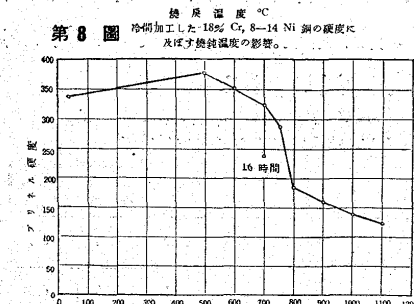
第 10 圖は代表的酸化性酸たる稀硝酸に對し Ni 及 Cr の含有量が腐蝕度に及ぼす影響を示すものである、此場合腐蝕抵抗は殆全く Cr 含有量の如何に關係して居る。

最近佐友伸銅所技師小田助男氏¹⁾は第 5 表に示す如き資料(18/8 鋼及純クローム鋼比較)を使用して次の 4 種の腐蝕液に就て腐蝕試験を行った。

- 1. 3% NaCl 溶液
- 2. 5% HNO₃ 溶液 (HNO₃ 比重 1.375)
- 3. 5% HCl (比重 1.20)
- 4. 5% H₂SO₄ 溶液 (H₂SO₄ 比重 1.84)

之等腐蝕試験の結果は次の通りである、但腐蝕減量は總て g/cm² にて表して居る。

3% NaCl 溶液を使用して靜止乃至反覆腐蝕試験を行ひ



もので極く判明せる狀況を除いては總て一定の條件の下に行はなければならぬ。蓋し實際使用上の結果が最善の判断である事を忘れてはならぬ。

然し乍ら元來腐蝕抵抗の根本となるものは Cr と Ni との含有量である。故に此場合此 Ni・Cr の量の變化が如何な結果を生ずるかを検する爲 2種の腐蝕劑即還元性及び酸化性の酸に對する作用を考察し之を以て満足せんとするものである。

第 9 圖は代表的還元性酸たる稀硫酸に空氣を飽和せしめたものに對し Ni 及 Cr の含有量が其腐蝕度に如何なる影響を與ふるかを示すものである、此の種の酸に最高

第 6 表 常用電極の電極電位 18/8 鋼と純クローム鋼の電極電位 (単位: V)

電極	電極電位	電極電位	電極電位	電極電位	電極電位
A	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
B	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
D	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
E	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
F	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
G	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
H	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
I	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
J	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
K	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
L	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
M	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

第 7 表 常用電極の電極電位 18/8 鋼と純クローム鋼の電極電位 (単位: V)

電極	電極電位	電極電位	電極電位	電極電位	電極電位
A	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
B	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
D	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
E	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
F	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
G	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
H	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
I	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
J	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
K	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
L	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
M	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

第 9 表 腐蝕減量 g/cm² (3% NaCl)

記號	18時間後	96時間後	143時間後	191時間後	273時間後
M	0.0038	0.0246	0.0368	0.0452	0.0558
A	0.0091	0.0002	0.0004	0.0005	0.0006
C	0.0009	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
D	0.0001	0.0002	0.0003	0.0003	0.0004
E	0.0009	0.0000	0.0001	0.0001	0.0002
F	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002
G	0.0001	0.0003	0.0005	0.0007	0.0010
H	0.0110	0.0272	0.0420	0.0516	0.0625
I-a	0.0274	0.0523	0.0509	0.0582	0.0675
I-b	0.0097	0.0230	0.0365	0.0444	0.0549
J	0.0020	0.0053	0.0107	0.0158	0.0206

第 10 表 腐蝕減量 g/cm² (5% HNO₃)

記號	48時間後	96時間後	160時間後	231時間後
M	0.4669	1.0623	1.2283	0.0000
A	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
C	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
D	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
E	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
F	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
G	0.0078	0.0078	0.0078	0.0078
H	0.1522	0.1563	0.1563	0.1563
I-a	0.2462	0.2757	0.2682	0.2682
I-b	0.5120	0.9589	1.1614	—
J	0.0597	0.1352	0.2073	0.3012
K	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
L	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

第 11 表 腐蝕減量 g/cm² (5% HNO₃)

記號	48時間後	96時間後	144時間後	191時間後	237時間後
M	0.9930	1.1490	0.0001	0.0001	0.0002
A	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000
C	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
D	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
E	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
F	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
G	0.0014	0.0014	0.0014	0.0014	0.0014
H	0.3829	0.7153	0.7134	0.7134	0.7134
I-a	0.2376	0.6910	0.5966	0.7253	0.8729
I-b	0.4409	0.5543	0.8826	1.0808	—
J	0.0423	0.0423	0.0423	0.0423	0.0423

1) 小田助男氏、水曜會誌、京都帝大出版、1933年6月、第231頁。

第12表 腐蝕減量 g/cm^2
(5% HCl)

記号	70分間後	144分間後	267分間後	314分間後
M	0.0044	0.0072	0.0089	0.0257
A	0.0027	0.0056	0.0097	0.0160
D	0.0011	0.0020	0.0022	0.0035
E	0.0020	0.0021	0.0022	0.0023
F	0.0017	0.0024	0.0052	0.0063
G	0.2316	0.3124	—	—
H	0.1122	0.1647	0.1910	—
I-a	0.0580	0.1350	0.3401	0.4900
I-b	0.0031	0.0054	0.0122	0.0142
J	0.0531	0.1152	0.1467	0.2400

記号	45分間後	95分間後	189分間後	251分間後
C	0.0275	0.0612	0.1102	0.1214
K	0.0017	0.0017	0.0018	0.0018
L	0.0042	0.0092	0.0202	0.0253

第13表 腐蝕減量 g/cm^2
(5% HCl)

記号	45分間後	95分間後	144分間後	241分間後
M	0.0191	0.0363	0.0482	0.0749
A	0.0064	0.0134	0.0195	0.0320
C	0.0074	0.0168	0.0238	0.0394
D	0.0030	0.0082	0.0123	0.0204
E	0.0091	0.0091	0.0091	0.0091
F	0.0049	0.0102	0.0145	0.0230
G	0.0390	0.0786	0.1051	0.1578
H	0.0483	0.1003	0.1462	0.2834
I-a	0.0337	0.0753	0.1061	0.1735
I-b	0.0276	0.0494	0.0671	0.1027
J	0.0191	0.0421	0.0602	0.1019

第14表 腐蝕減量 g/cm^2
(5% H₂SO₄)

記号	4分間後	141分間後	188分間後	231分間後
M	0.0147	0.0259	0.0365	0.0421
A	0.0143	0.0418	0.0514	0.0596
C	0.0019	0.0019	0.0019	0.0019
D	0.0016	0.0025	0.0034	0.0042
E	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001
F	0.0005	0.0016	0.0021	—
G	0.2522	0.3076	—	—
H	0.4933	0.9298	—	—
I-a	0.1038	0.2928	0.3966	0.4573
I-b	0.1824	0.5606	0.7320	0.8290
J	0.1368	0.3253	0.3360	—
K	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
L	0.0047	0.0047	0.0047	0.0047

第15表 腐蝕減量 g/cm^2
(5% H₂SO₄)

記号	47分間後	142分間後	254分間後
M	0.0226	0.0642	0.0866
A	0.0018	0.0353	0.0549
C	0.0003	0.0005	0.0003
D	0.0001	0.0002	0.0003
E	0.0001	0.0001	0.0001
F	0.0002	0.0782	0.1270
G	0.0001	0.0001	0.0001
H	0.1162	0.2631	0.4000
I-a	0.0562	0.1495	0.2204
I-b	0.0482	0.1262	0.1434

記号	95分間後	167分間後
J	0.1256	0.1753

りすれば總ての不銹鋼は鹽酸に對しては多少侵される事は明かである、但 18/8 タイプのものが Cr 鋼に比して侵され難い事も確かである。

5% H₂SO₄ 溶液を使用して靜止並に反覆腐蝕試験を行ひたる結果は第 14 表及第 15 表に示す通り 18/8 タイプのものは總て稀薄なる硫酸に對して安定であるが Cr 鋼は其含有する炭化 Cr の折出量に應じてより容易く侵されるを知る。

此外純クロム鋼及ニッケル・クロム鋼に就ては各部の實驗室及工場等で盛に研究されて居るが之を全部記載する事は到底出來ぬ事である。

之を綜合すると 18/8 不銹鋼は下記腐蝕液に對して抵抗大である。

濃度及温度を異にする硝酸

冷醋酸 硼酸 枸橼酸 石炭酸 磷酸 ピクリン酸
シアン化水素酸 蟻酸 乳酸 蔞酸 焦性没食子酸
ステヤリン酸 亞硫酸 酒石酸 サルホン酸混合液
ナトリウム・カリウム・アムモニヤ及アムモニヤ水、硫酸銅 硫酸鐵 大氣中の濕氣水蒸氣海水 海上大氣鹽分を含む濃霧、鍍水 食料品、菓物、新鮮乃至貯藏肉、魚類酸性ミルク、カラシ 葡萄酒、ビール、サイダー
但本鋼は下記の腐蝕液に對する耐蝕性は（勿論普通鋼よりは勝るが）多少劣るかの感がある。

熱い醋酸 鹽酸 硫酸 臭素水 鹽化第一錫

次に 18/8 不銹鋼は或程度の耐熱性を有し且爐内火煙の腐蝕に對する抵抗を有して居る。

普通炭素鋼が爐内に於ける酸化度は 600°C 以上に於て著しく増加する又 13% クロム鋼は 900°C 以上で酸化するも 18/8 不銹鋼は 1,000°C に於て初めて酸化するので

ある。然し工業用爐内に於ては亞硫酸瓦斯が多少存在する故 18/8 不銹鋼に Si 又は W を入れて腐蝕を減退せしむるを有利とする。

18/8 不銹鋼の結晶粒界腐蝕¹⁾ 不幸にしてオーステナイト不銹鋼には Weld Decay と稱する特異の缺陷が屢々起る、尤も此語は或程度誤用されて居るが（即熔接以外の場合にも起るから）要するに此種の鋼を 500°C 乃至 900°C の域で熱し且冷却した場合此材料は殆ど總ての腐蝕液に依つて結晶粒境界に沿ふて侵される事が解る。勿論熔接に於ても接ぎ目に沿ふて熱せらるゝ故其周圍に所謂結晶粒界の腐蝕現象を呈するのである。

第 11 圖は熔接せる製品から切り取つた 2 個の相接する断面である、下方の試料は腐蝕液に 72 時間侵けたものである。下部の試料の熔接部は兩面共結晶粒間の腐蝕の爲外側のスケールが取れた所は割れを現出して居る。

上記結晶粒界の腐蝕は此種の鋼を 1,050°C 乃至 1,150°C に加熱して急冷する事に依り改善し得る。

基礎試験 本實驗に使用せる試料は第 16 表に示す如く普通市場に於ける不銹鋼を代表せるものである、試験用ピレットは 1,000°C 乃至 1,150°C に加熱して幅 25mm 厚さ 3mm の帯金に壓延したものである、此場合の壓延終了時温度は 600°C 乃至 900°C である。

此帯金に對し次の如き 3 種の熱處理を行ふた。

- (1) 鋼 熱處理 A.N 1,100°C より空冷 Y.C 1,050°C より 25°C の水に焼入 M.S 1,050°C より空冷
- (2) 鋼試料は全部焼鈍爐に入れて 1,100°C に 30 分程熱し 0°C の水に焼入を行ふた。
- (3) 鋼材は總て 1,180°C より水焼入を行ふた。

以上の如き熱處理を行ひたる鋼より 63mm × 13mm × 3mm 大の試料を取り 450°C 乃至 900°C に種々の時間浸熱後水焼入した其時間は腐蝕液に浸けて腐蝕の徴候が現はれる迄の時間である。

本試験に於ては腐蝕程度を測定する爲に CuSO₄ 液中で腐蝕せる後取出して半径 6mm の圓周を畫く迄屈曲せしめ若し試料が少し曲げた時折れる様であれば腐蝕は充分行はれたものと見做す可く又若しひどく曲げて普通 8 倍位の顯微鏡で見ても判らぬ程度の龜裂を發生せぬ場合は何等の腐蝕も起らなかつたものと認定した。

1) イーシー・ロラスン氏：結晶粒界腐蝕に就て 英國鐵協協會誌 1933 年 5 月 2-19 頁。

第11圖 18/8 鋼の熔接下部は腐蝕液で處理せるもの(Rollason)

第12圖 18/8 鋼(A 號鋼)の代表的屈曲試験片

a. 750°C に10, 20, 40, 110 秒宛加熱せるもの。

b. 550°C に18, 24%, 41 分宛加熱せるもの。(Rollason)

第13圖 18/8 鋼の代表的屈曲試験

上 C 號鋼 700°C に (a) 2 時間 40 分加熱せるもの及 (b) 1 時間加熱せるもの。

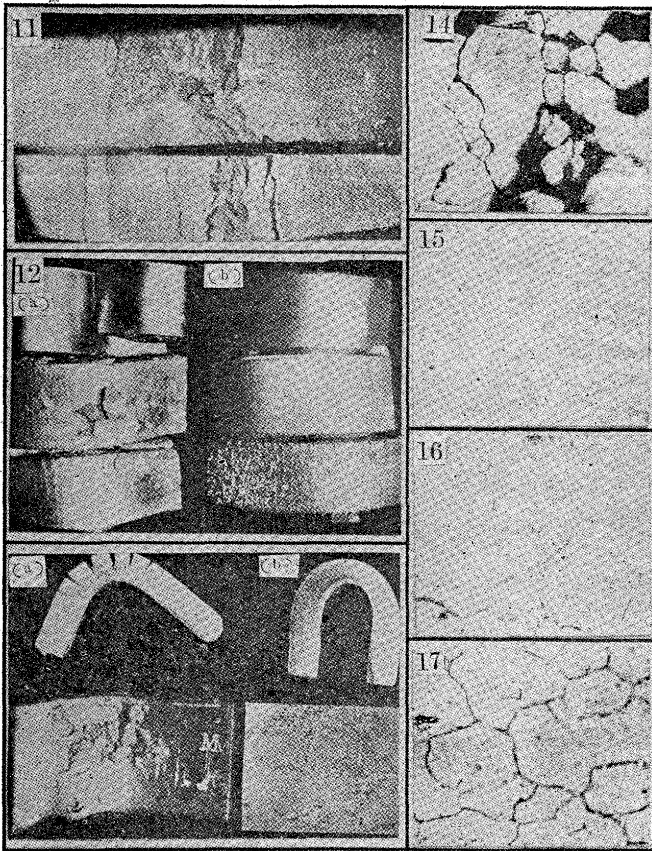
下 M 號鋼を 700°C に 7 時間加熱せるもの。(Rollason)

第14圖 700°C に 3 分間再加熱せる後腐蝕效果 ×300 (Rollason)

第15圖 A 號鋼を 1,100°C で焼入後 10% HCl 中に 10 分間腐蝕す。元の炭化物現るゝも結晶粒界のフィルムを示さず。×1,000 (3/4縮寫)

第16圖 第15圖に示す材料を 650°C に 2 分間再加熱を行ふ不連続的炭化物のフィルムを示す。×1,000 (3/4縮寫)

第17圖 第15圖に示す材料を 650°C に 30 分間再加熱を行ふ不連続せる炭化物のフィルムを示す。×1,000 (3/4縮寫)



第12圖及第13圖は僅かに腐蝕された試料を示せるものであるが之に依つて見ると加熱時間が長くなるに連れて試料を曲げた場合に龜裂を生ずる事が解る。

時間がもつと長くなると龜裂は漸次大きくなるが其數は少なくなり腐蝕が済む頃は指で曲げた丈でも二つに折れる程度となる。

第14圖に於て腐蝕程度を測定す可き標準の線を決定する事が容易に出来なかつた、之は試料の研磨中粒子が線の上に落ち込んだり又細い龜裂中のメタルがにじみ込んだりしたが爲である、それ故之を現す爲には幾度か研磨と腐蝕とを繰返す事を必要とした。一定時間中の重量損失は必ずしも結晶粒間腐蝕の大小を示さず寧ろ電氣抵抗の増加を測

定せるものがより良く之を示せるの觀があつた。

結晶粒界腐蝕の原因 オーステナイト不銹鋼の缺陷は炭化物の微粒子の沈澱に原因するものと云はれて居る屢々オーステナイト結晶粒子の周圍に網目をなして存在する、此沈澱は迅速に開始され短少時間の加熱に依り出来て來るのである。

此現象は下記不銹鋼の三つの性質に起因するものと認められて居る。

(1) オーステナイトよりフェライトへの變態に於て普通の冷却速度を以てしても鋼が過冷されることゝなる事

(2) 鋼の變態が Cr の添加に依り緩漫となる事

(3) 鋼中の炭素が過飽和となる事

第3の理由は最有力なものである、何となればオーステナイトは炭素を溶解する點に於て全くフェライトと其趣を異にして居るからである。

Strauss 氏及同氏の共力者は 18/8 のオーステナイト不銹鋼内の炭素の溶解度は 600°C に於て約 0.04% であると發表して居る、又最近 Aborn 及 Bain 氏は 800°C 以下の温度で同鋼中へ炭素の溶解度は僅かに 0.03% であるが 1,050°C に温度を上昇せしむる時は 0.2% の炭素を溶解する事を示して居る。

斯く 18/8 不銹鋼の相異なる炭素の溶解度は或種のアルミニウム及銅合金の如く時効硬化を高むるものである。Whiteley に依て説明された様に種々の點に於て此炭化物の沈澱は α 鐵からセメンタイトの沈澱を生ずるに相似たものである。

炭化物は高温に於て溶解し之を急冷する時は永久に固溶體となつて溶け込むのである、然乍ら之を一度中位の温度に再び熱するとオーステナイト中から折出して來るのである。

檢鏡試験に依り長時間の加熱に依り結晶粒境界域に沈澱された炭化物が判明すると同時に短時間の加熱を以てしても此種の缺陷を生ずる事を示して居る。

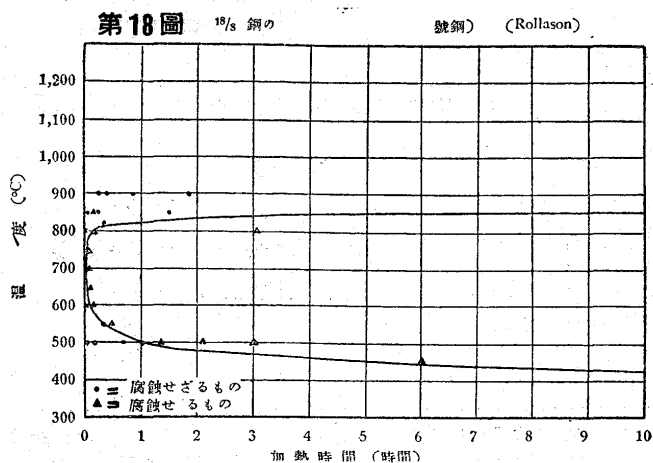
700°C 以下に於て加熱時間が炭化物の沈澱に及ぼす影響は第15圖より17圖に示す通りである。

之等の試料は總て 10% HCl をアルコールに溶かしたもので 10 分間程腐蝕したものである、之れ丈けの時間では普通のオーステナイト鋼は腐蝕出来ぬ故特に炭化物の沈澱した部分のみ腐蝕されて現れた譯である、700°C 以上の温度では炭化物の沈澱はずつと大であるが然し之等の多く

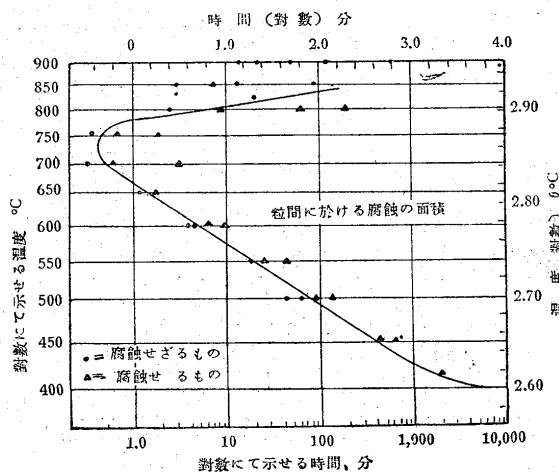
は塊となつて存在して居る。

18/8 鋼の結晶粒界腐蝕に對する温度並に時間の影響

第 18 圖及第 19 圖のカーブの形狀に對して次の如き説明が與へられて居る。



第 19 圖 18/8 鋼の時間温度(對數)關係圖 (A 號鋼) (Rollason)



第 19 圖中「粒間に於ける腐蝕の面積」とあるは「結晶粒界腐蝕の面積」の誤り

(1) 400°C 以下の温度に再加熱したのでは炭化物の移動極めて遅く従つて沈澱が充分に行はれざる故何等の損傷を與へぬ。

(2) 400°C と 700°C の間に於ては炭素の擴散が炭化物沈澱の行はれ易き箇所に向つて漸次盛に行はる、故に充分の時間を與ふる時は結晶粒界に沿ふて極めて微細の炭化物より成る連続せるフィルムを結晶粒界に沈澱するを見る、即此場合 Cr は此境界面に近い部分から吸収されるのである。然も此場合 Ni の溶解度はフェライトに對するよりもオーステナイトに對するの方が大なる故此沈澱物附近のフェライトは全く他の合金成分を含まず耐腐蝕性は極く低くなるのである。

700°C と 800°C の間では次の三つの傾向を有して居

る。

a. 最初炭化物の分離に依り Cr の缺乏した地域を作る事。

b. 炭化物の微粒子の集塊を作る事。

c. Cr 及 Ni が其缺乏箇所に向つて移動する事。

b. c. の傾向は結晶粒界腐蝕を妨げる役目をなす、即高温に於ける此等合金元素の移動は腐蝕性のフィルムの構成を妨げるのである。勿論全般の腐蝕は進むには相違ないが炭化物の集塊が出来ると連続された腐蝕性のフィルムを破る事となるばかりでなく、一度破れた所は重ねて加熱した場合炭化物の沈澱を生じにくくなるのである、之は良く知られた事であるが一度心 (Nuclei) が出来るとそこに沈澱が生じ易いものである。

850°C と 1,100°C の間では炭化物が溶解し易く合金體は其均一性を増大する。

δ- 鐵理論 18/8 不銹鋼の帶磁率は或種合金元素 Mo,

第 20 圖 原 S 號鋼; 1,100°C より焼入し村上氏腐蝕液にて腐蝕す、不純物のみ現はる。×500

第 21 圖 第 20 圖の試料を 650°C に 45 分間焼戻す、半黒の部分はフェライトの縁に沈澱せるクロム炭化物である。×500

第 22 圖 第 20 圖の試料を 650°C に 9 時間焼戻す。×500 (Rollason)

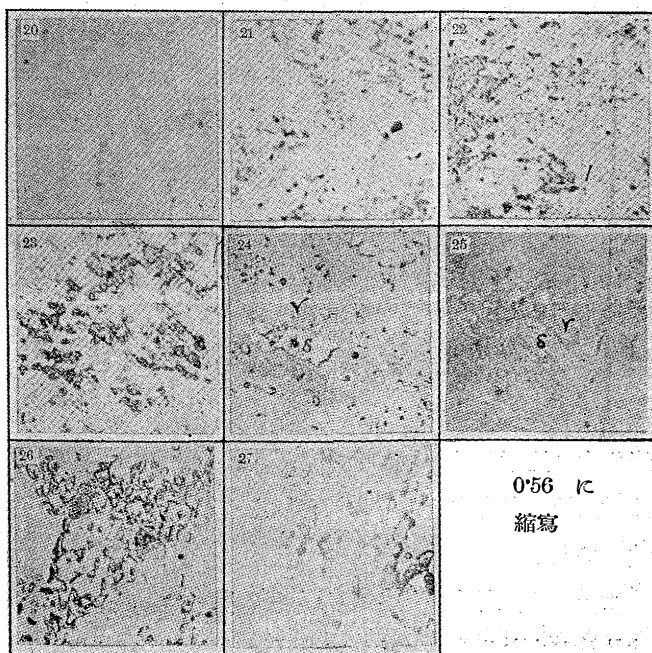
第 23 圖 第 20 圖の試料を 650°C に 61 時間焼入したフェライトの部分は殆んど微細なる炭化物にて蔽はる、塊狀炭化物も存在す。×500

第 24 圖 第 20 圖と同試料を HCl-CuSO₄ 試薬にて腐蝕す、オーステナイトの部分は半黒フェライトは腐蝕せず。×500

第 25 圖 第 20 圖に示した試料を HCl-CuSO₄ 試薬にて腐蝕したフェライトの一部分が炭化物の沈澱を示す縁で區劃されてゐる。×500

第 26 圖 第 22 圖に示した試料を HCl-CuSO₄ 試薬にて腐蝕すフェライトがパーライト状を示す。×500

第 27 圖 第 23 圖に示した試料と同じ HCl-CuSO₄ 試薬にて腐蝕す。×500



0.56 に縮寫

Si, V, Ti 等の添加に依り増大するものである、而して其添加量は Cr 及 Ni の含有量に依つて相異なる、即 Cr 量が多くなると之等合金元素は少くて済む、其結果 1,000°C 乃至 1,200°C から焼入した後に於ても亦 500°C 乃至 900°C に焼戻する以前に於ても依然としてフェライトを含有する鋼が残る。

此フェライトと結晶粒界腐蝕との間には或種の關係が存在する。此の場合オーステナイトの分解以外の方法で出来たオーステナイト、フェライト鋼の成生は再加熱の際オーステナイト結晶粒界に炭化物を移動する事を妨げ爲に高度の耐蝕性を有する鋼が出来ると言ふ事が言はれて居る。

此 2 相合金が耐蝕性を有する理由は主として δ 鐵が炭化物を吸収してオーステナイト結晶粒界に炭化物のフィルムを作る事を防止するが爲である、尙初期炭化物が 500°C 乃至 900°C に熱する前から δ 鐵中に存在する時は耐蝕性は愈大である、それは初期炭化物は兎角炭化物沈澱の素因を爲すが爲である。第 20 圖より第 27 圖は此點を示せるものである。

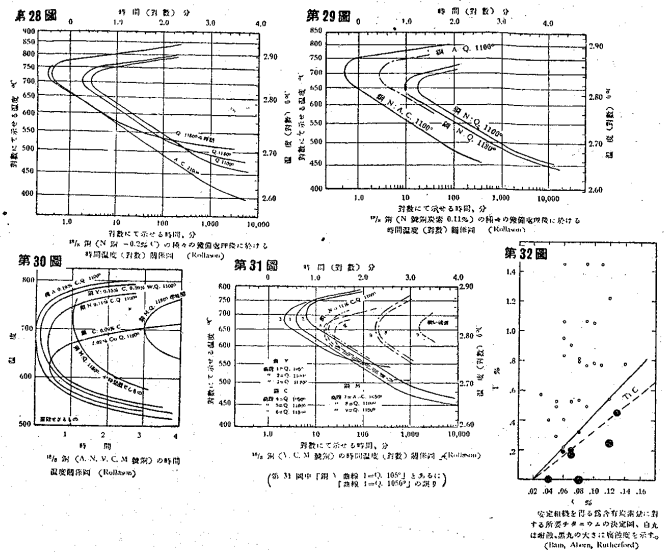
オーステナイト不銹鋼單相の豫熱處理効果 オーステナイト不銹鋼に對する 豫熱處理効果を作圖せるものは第 28 圖に示す通りである、1,100°C より水焼入して急冷せるものは、一般に行はるゝ空冷せるものに比して曲線を遙か右にずらす事を示す。

焼均し温度が高まるに連れて炭化物の溶解度は増加するが然し 1,100°C 以下の温度では短時間の加熱を以てしては著しい結晶の成長を見ない、1,100°C 附近の或最高温度に至る迄はオーステナイト不銹鋼の耐蝕性は良くなる、然し焼入温度が尙高められるか又は保熱時間の長くなるに連れて結晶粒界腐蝕は増加する、之は次の二つの理由に基く。

約 1,100°C 以上の温度に於ては總ての炭化物は溶解して居るが、焼入すると或適當な温度で炭化物の濃い固溶體が沈澱を生じ様とする傾向を示す、之より低温度で豫備處理したものゝ炭化物の多くは溶解されずして球狀炭化物として Cr に缺乏した部分と共に存在するが、やがて擴散に依り元通りとなる。

炭化物の沈澱が結晶粒界に於て最盛なる時境界區域の廣さは耐蝕性に影響する、然し結晶が大きくなると境界區域は減じて来る。

Newell 氏の所論に依ると結晶粒の大なるものゝ境界域は結晶粒の小なるものに比して非常に縮小される。其結果



炭素含有量低き鋼に於てさへも微細なる炭化物の沈澱を生じ之が連結したフィルムを作る時は結晶粒界腐蝕を起すものである。

A 鋼の結晶粒の大きさは次の通りである。

温度 1,100°C 1,180°C for 1/2 hr 1,180°C for 4 hrs.

平均面積 (Sq. mm.) 0.003—0.004 0.0064 0.018

冷間加工を行ひたる材料に於て炭化物はスリツバンド域に沈澱する故に此區域の大なるものは連結フィルムを生じにくゝなるから、つまり分解開始温度を低下する事となるのである。次の結果は上述の點を良く説明して居る。

0.17% 炭素鋼冷間加工後 700°C に再加熱する事 1 時間加工度 % CuSO₄-H₂SO₄ 腐蝕試驗結果

0	5	25	50	75
完全腐蝕	大部分腐蝕	微小腐蝕	耐蝕性	耐蝕性

化學成分の影響 炭素低下の影響: C 0.11% を含有する N 鋼に對し行ひたる試驗結果を作圖せるものは第 29 圖及び第 30 圖に示す通りである。

低炭素の鋼は炭化物分解開始温度の上部極限を引下げる其主なる結果としては本鋼の曲線が他の標準曲線より右に移動して居る事つまり此の種の鋼は相當長く熱しても結晶粒界腐蝕を起さないのである。

合金元素添加の影響: 茲に問題として居る合金元素を分類すると 2 種に區別する事が出来る。

(1) 鐵と結合して限られた γ 域を有する平衡圖を作る合金即 Si, V, Mo, Cr, Ti 等である。

若し此種元素が充分存在する時はフェライトとオーステナイトとが平衡して 2 相系の鋼となる。

(2) 鐵との二元系合金に於て廣い γ 域を生ぜしむる元素即 W 及び Cu が之に屬する。

W 及び Cu に依る變化は第 30 及び 31 圖の線圖に示されて居る。

$Mo \cdot Si \cdot W$ 及び Ti の影響: M 鋼に對する試験結果は第 30 圖及び第 31 圖に示す通りである、第 17 表に於ては M, S, P 等の合金を $600^\circ C$ 及び $750^\circ C$ に再加熱せる後 $CuSO_4 \cdot H_2SO_4$ にて腐蝕せる結果を示す。

Mo : 通常の Cr 及び C 含有量を有する 4.1% のモリブデン不銹鋼を $1,050^\circ C$ より豫め空冷せるものは磁性を有し且結晶粒界腐蝕に對して著しく大なる抵抗を有する、但 $1,100^\circ C$ 乃至 $1,180^\circ C$ より水焼入せるものは其抵抗遙かに小である。

$1,180^\circ C$ に 4 時間保熱せるものは其抵抗著しく小にして普通の 18/8 不銹鋼と何等變る所はない。

珪素: 高クロム鋼の 1.4% Si を加へたものは磁性を増すと同時に腐蝕抵抗をも増大する。

Mo に依る場合の影響と同様高温より水焼入せるものよりも、之を $1,050^\circ C$ より空冷せるものの方が腐蝕抵抗が大である、然し大體に於て Si の影響の方が Mo の影響よりも優つて居る。 Ti, W 含有不銹鋼は Si 含有鋼と略同様である。

但此種合金鋼の缺點として豫め $1,050^\circ C$ より急冷して置いて之を $600^\circ C$ 附近に或時間加熱すると脆弱なる断面を示すことである。

チタニウム添加に依る 18/8 不銹鋼結晶粒界腐蝕の防止¹⁾ 最近オーステナイト不銹鋼の結晶粒界腐蝕の防止を目的として最廣く行はれて居る方法は金屬チタンの少量を添加する方法である。

Ti を添加するに當つては同時に炭素を使用せざる様即純粹の金屬として鋼中に溶け込み得る様注意して添加する事が必要である、何とれば Ti の効果は C との結合力の大小に依るからである、之には充分の量がなければならぬが、之を實驗的に示せば第 32 圖に示す通りである。

即添加すべき Ti の量は C 含有量から 0.02% を引いて 6 倍したものである。

加之本合金鋼は最後の組立てに行く前に Ti の役目を充分果す事が出来る様に處理する事が必要である。

第 18 表は最代表的の Ti 含有オーステナイト不銹鋼の機械的性質を示したものである。

第 10 表 試験材料の成分

品名	C %	Si %	Mn %	Cr %	Ni %	W %	その他
A	0.19	0.30	0.75	15.2	10.0	—	—
N	0.11	0.33	0.16	15.9	8.41	—	—
V	0.13	0.44	0.12	17.0	9.7	0.59	—
C	0.09	0.32	0.23	16.1	10.6	—	$Mo, 4.1$
M	0.20	0.17	0.50	15.4	8.0	—	$Cr, 20.0$
S	0.13	1.4	0.59	21.5	9.7	—	—
F	0.13	—	—	18.1	8.2	0.59	$Ti, 0.47$

第 18 表 代表的チタニウム含有オーステナイト不銹鋼の機械的性質

品名	抗張力 (kg/cm ²)	降伏點 (kg/cm ²)	伸び (%)	軟化率 (%)	ブライヤン硬度
18/8 不銹鋼	67	35	55.0	—	82.9
18/8 不銹鋼 (急冷)	64	33	56.0	—	83.0

化学的組成

品名	Si %	Cr %	Ni %	W %
18/8 不銹鋼	0.07	18.2	10.0	0.39

第 17 表 保熱及加熱時間が M.S.P. 點の附近に在る試験

品名	保熱温度 (°C)	加熱時間			
		600°C	650°C	700°C	750°C
モリブデン不銹鋼	A-C, 1050°C	90 D	33 H	90 B	27 E
	Q, 1100°C	7 N	5 J	5 K	17 S
	Q, 1150°C	7 N	5 J	4 E	18 S
M	Q, 1150°C	2 S	1.5 D	1.25 D	1 D
	(4 時間)	—	—	—	—
チタニウム含有不銹鋼	A-C, 1050°C	100 R	61 B	90 D	27 E
	Q, 1100°C	100 S	61 N	90 S	26 M
	Q, 1150°C	70 K	16 X	58 S	29 N
チタニウム含有不銹鋼 (急冷)	Q, 1100°C	30 P	26 S	32 D	26 N
	Q, 1150°C	—	—	—	—
チタニウム含有不銹鋼	A-C, 1050°C	150 D	66 N	90 N	33 H

N=腐蝕せず
B=脆弱なる断面を示す
D=欠け合腐蝕

1) イー・シー・ベーン: アール・エツチ・アポーン、ゼー・ビール・サーホード共著 チタニウム添加に依る(18/8)不銹鋼の安定化スチール 1933 年 4 月 17 日發行 23 頁。