

# 航空機用鋼管及鋼板材としての不銹鋼に就て

(日本鐵鋼協會 第 9 回講演大會講演)

絹 川 武 良 司

## 目 次

- I 緒 言
- II No. 1 不銹鋼管及鋼板の機械的性質
- III No. 2 不銹鋼管及鋼板の機械的性質
- IV No. 3 不銹鋼管及鋼板の機械的性質
- V 不銹鋼の耐酸化性
- VI 不銹鋼のオキシ・アセチレン熔接
- VII 不銹鋼の腐蝕試験
- VIII 結 論

## I. 緒 言

British Standard Specification for Aircraft Material 及 Provisional Air Ministry Aircraft Specification の中には不銹鋼に關して次の如き規格がある。

規 格	C%	Si%	Mn%	Ni%	Cr%	抗張力 T/□"	備 考
S 61	<0.15	<0.50		<1.0	>12	35~45	鋼 片
S 62	0.15~0.35	<0.50		<1.0	>12	40~52	"
DTD 23B	<0.15	<0.50		<1.0	>12	30~40	鋼 板
" 24A	<0.10	<0.50		<1.0	>12		リベット 針 金
" 39	<0.10	<0.50		<1.0	>12	28~35	鋼 板
" 53	<0.10	<0.50		<1.0	>12	28~35	鋼 片
" 102	<0.15	<0.50		<1.0	>12	>35	鋼 管
" 105	<0.15	<0.50		<1.0	>12	>50	"
S 20	<0.25	<0.50	<1.0	>1.0	16~20	>55	鋼 片
DTD 60A	<0.20	<0.60	<1.0	>1.0	16~20	>55	鋼帶板
" 76A	<0.25	<0.60	<0.6	>1.0	16~20	55~65	鋼 片
DTD 42	<0.20	<0.60	<0.6	6~10	16~20	>40 >55	鋼 板
" 43	<0.20	<0.60	<0.6	6~10	16~20	>40 >50	鋼 片
" 57A	<0.20	<0.60	<0.6	6~12	14~20		鋼帶板

これ等多數の規格を鋼の成分によつて大別すれば

不銹鋼	Ni%	Cr%	不銹鋼	Ni%	Cr%
No. 1	≒13	≒18	No. 3	≒8	≒18
No. 2	≒1.5	≒18			

とすることが出来る様に思はれる。而してそれ等の規格に規定せられてある種々の機械的性質は上記3種の不銹鋼に適當なる機械的處理又は熱處理を加へることによつて満足せしめられるであらう。上の諸規格を見るに鋼帶板は No. 1, No. 2, No. 3 何れの不銹鋼でも製られてゐるが鋼管は No. 1 不銹鋼のみで製られてゐるに過ぎない。又英國の R 101 號飛行船には Duralmin と同量の不銹鋼が使用せられた。例へば骨組中の Main longitudinal に用ひらるゝ Baulton & Paul 式製法によりて製られた熱處理せる close joint tube 及 Ridge girder に用ひらるゝ Boom には次の如き不銹鋼帯が用ひられ

C% 0.16~0.22 Si% <0.5 Ni% >1.0

Cr% 耐力 kg/mm<sup>2</sup> 抗張力 kg/mm<sup>2</sup>  
12.5~14.0 102~103 139~147

又 Fittings や Wiring Plate 用鋼板には 常溫加工せる次の如き Austenitic の不銹鋼が用ひられてゐる。

C% 0.14 Si% 0.36 Ni% 10

Cr% 耐力 kg/mm<sup>2</sup> 抗張力 kg/mm<sup>2</sup>  
16.0 79.2 92.3

即ち歐米諸國に於ては前記 No. 1 No. 2, No. 3 の如き不銹鋼管及鋼板

が航空機構造用として既に用ひられ其使用量も漸次増加しつつあるものと推定せられる。

我が國に於ても既に不銹鋼は多少航空機構造用

として用ひられて居るが將來大型飛行機又は飛行艇等が多數建造せられるに至らば益々其使用量も増すであらう、而して其鋼種は少くとも當分の間は前記 No. 1, No. 2 及 No. 3 の 3 種に限られるであらうと思はれる。

不銹鋼は其抗張力一般に Vibrac, CN 12 鋼の如き自硬性ニッケル・クローム鋼に劣り、又熔接に對する性質は炭素鋼或はクローム・モリブデン鋼等に比して遙かに劣悪であると信ぜられてゐるが偵察機、戦闘機の如く強く且つ輕快なことを主要條件とするであらう小型航空機の構造用としては最適なものとは言へないのであるが輕合金に種々の防錆處理を施せるもの或は鋼にカドミウム鍍金、シュラダイジング、パーカライジング、エナメルリング其他防錆塗料を施せるものは其防錆被膜は兎角損傷を受け勝ちで防錆が確實でないから輸送機、飛行艇或は飛行船の如き使用壽命の比較的永き、又機體の輕快なことのみを重點を置く必要のない大型航空機では不銹鋼を用ひた方が Duralmin 其他を用ふるよりも一定の強度に對して反つて軽くせらるゝ便利がある。

不銹鋼もこれに加ふる機械的處理又は熱處理の如何によつて其機械的性質は相當劇しく變化するのであるが特に航空機構造用としての方面から前記 3 種の不銹鋼の諸性質を系統的に比較研究した文献は必ずしも多くない。従つて各れの鋼種を如何なる部分に用ふべきかの問題を始めとし、如何なる處理を加へて使用すべきか、組立後の處理如何等、これ等に對する使用上の注意に不明の點が少なくない。更に又航空機構造用として上記 3 種の不銹鋼は皆必要なものであるか或は上記 3 種よ

りも適當なものかないか等の問題を考へるにも一應上記 3 種の不銹鋼について系統的の研究を行ふ必要がある。これ既によく知られた鋼にも拘らず本研究を行へる所以である。

## II. No.1 不銹鋼管及鋼板の性質

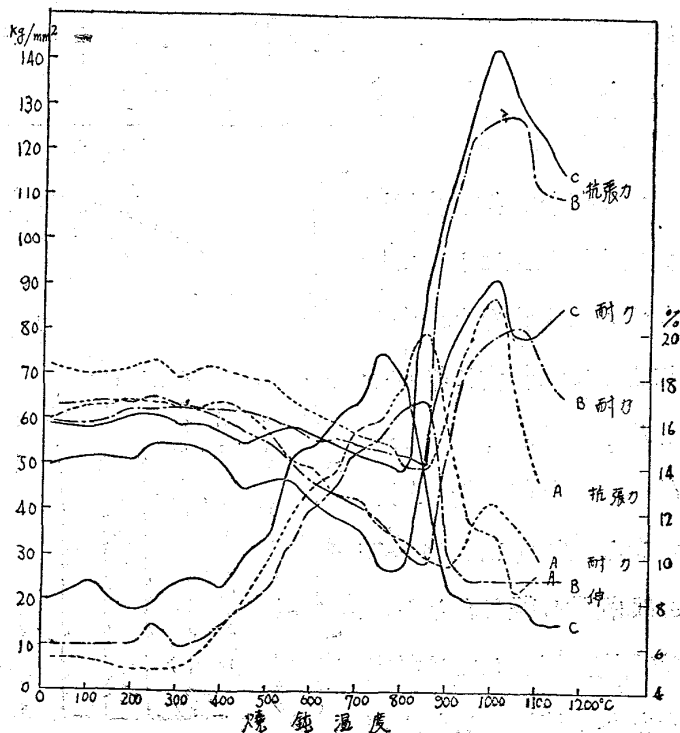
### (イ) 種々の温度に加熱後空中冷却せるもの、加熱温度と機械的性質との關係

a) 抗張試験:—本試験の目的は低炭素 No. 1 不銹鋼の炭素含有量が如何に其機械的性質に影響するかを見ること、熱處理の相違による抗張試験値の變化の數値を求めると及常溫加工の程度の差が如何に其抗張試験値に影響するかを見る爲めに行つたもので試験材料としては次の如きものを選んだ。

マーク	C %	Si %	Mn %	Ni %	Cr %	断面縮少率 %	備考
A	0.07	0.40	0.23	0.19	13.43	16.6	板厚 1.3mm
B	0.10	0.21	0.23	0.14	12.13	10.3	管 48.2×44.0mm
C	0.12	0.24	0.28	痕跡	12.91	8.0	管 50.0×46.0mm

試験片常溫加工せる儘の鋼板及鋼管から切り取り

第 1 圖



たるもので標點距離 50mm, 平行部の厚さ 1.3~1.8mm, 幅7~8mmである。試験片を100~1,150°Cの間の各温度に20分間保持したる後空中冷却を行ひ抗張試験に供した其結果は第1圖に示した通りで

- (1) 變態點以下の温度に加熱後空中冷却を行へるものでは大體常溫加工の程度の大なるもの程抗張力及耐力(茲には0.15%の永久變形を生ぜしむる應力をとつた)大である。
- (2) 加熱によりて軟化の著しく起り始むる温度は500~550°C位であるが伸の著しく増加し始むる温度は約300°C以上である。
- (3) 最も軟かに焼鈍せられた状態に於ける抗張力及耐力はA, B, C3種の鋼について殆んど同一である。
- (4) 變態點以上からの空中冷却による硬化の程度は炭素含有量の大なる程大で伸は炭素含有量の大なる程小である。
- (5) 空中冷却により抗張力の最大となる加熱温度は約1,000°Cで此最大抗張力は炭素含有量によりて甚だしく影響せられる。

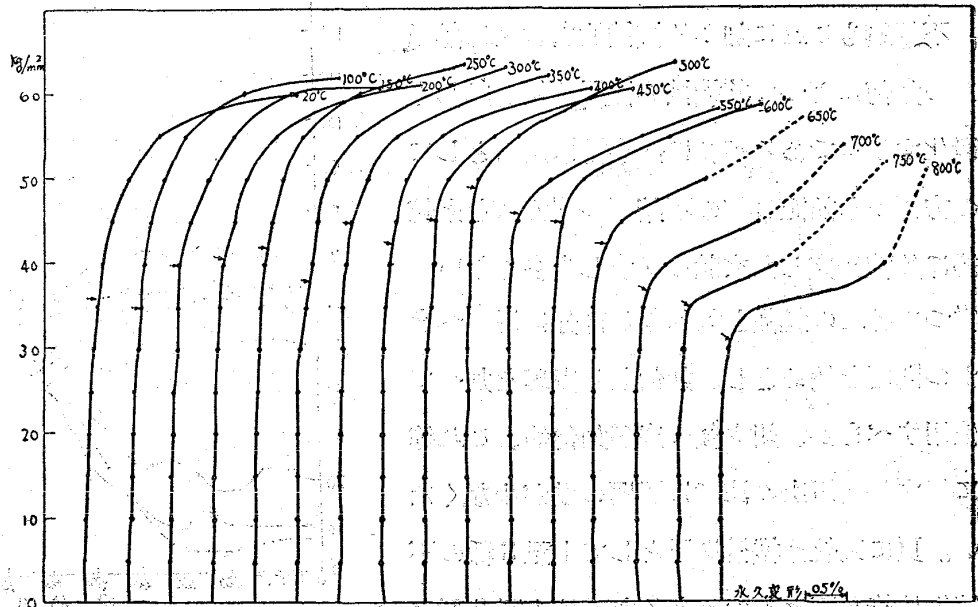
(6) 此種鋼材の抗張力及耐力は常溫加工によりて増加すること少きも熱處理によりては相當に増加せしめられる。

然るに此種鋼材特に鋼管に大なる常溫加工を加へることは相當困難であるから航空機構造用としては熱處理を加へて使用するを原則

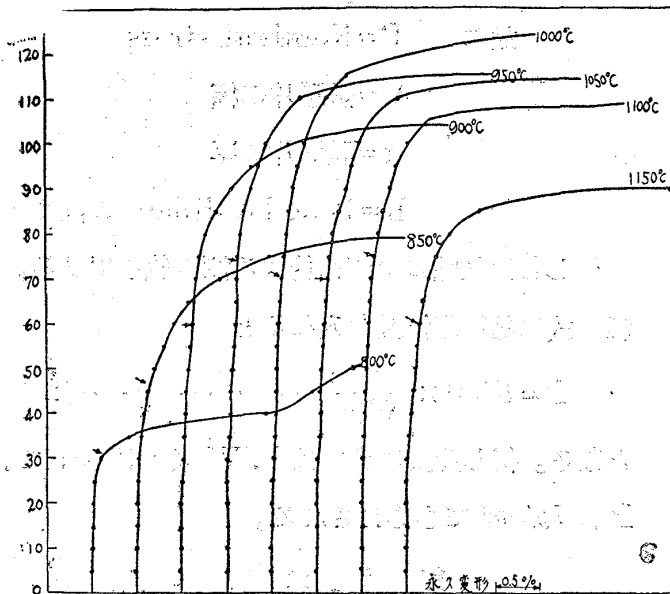
とすべきで従つて鋼管又は鋼板の製造作業が許すならば炭素含有量は0.07%或はそれ以下と言ふ如き極めて少きものよりは幾分高くして0.15~0.20%程度とするのが適當である様に考へられる。かくするときは不鏽鋼の缺點である抗張力及耐力が改善せられる許りでなく原料鋼塊の製造も容易となる。

(b) 抗壓試験:—鋼管を航空機構造用として使用する際之に働く外力は往々壓縮應力である場合がある。著者がかつて航空機構造用炭素鋼管其他について研究せる結果によれば炭素鋼管については常溫引拔後の焼鈍温度が變態點以下である場合には其抗壓耐力は抗張耐力よりも著しく小さい。若し同様の現象が不鏽鋼管にもあるならば不鏽鋼管を Compression member に用ふる設計には大いに注意を要することとなるから本試験を行つた。試料として前記不鏽鋼管Bを用ひ試験片は長さ約100mmとし應力を順次5kg/mm<sup>2</sup>宛増加し其都度之に對應する壓縮の永久變形を測定し遂ひに全く押壓さるゝ迄に至らしめた。其結果は第2

第 2 圖 (1)

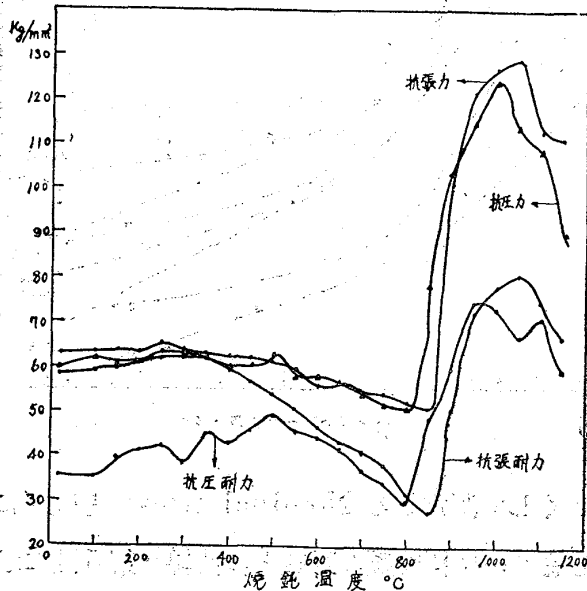


第 2 圖 (2)



圖に示す如く、又抗壓力及抗壓耐力と抗張力及抗張耐力との關係を圖示すれば第 3 圖の通りとなる。即ち

第 3 圖



- (1) 常溫引拔後種々の溫度に加熱して空中冷却を行へる鋼管の抗張力と抗壓力とには著しき相違がない。
- (2) 又變態點以上の溫度に加熱後空中冷却を行へる不銹鋼管の抗張耐力と抗壓耐力との間にも著しき相違はないが變態點以下の溫度で焼鈍せる

不銹鋼管の抗壓耐力は抗張耐力よりも小さく、其差は焼鈍溫度の低い程大である。

(3) 低温焼鈍に依る抗張力の最大點は約350°Cであるが抗壓耐力の極大點は約 550°C である。従つて炭素鋼管其他と同様、鋼管を常溫引拔後低温焼鈍して用ふる場合には其焼鈍溫度は炭素鋼管の 300°C 附近よりも稍高く 500°C 附近で行ふを適當とするであらう。

抗壓耐力の大小は試験片の高さによりて影響せられるもので一般に高さの小なる程小さくあらはされる。

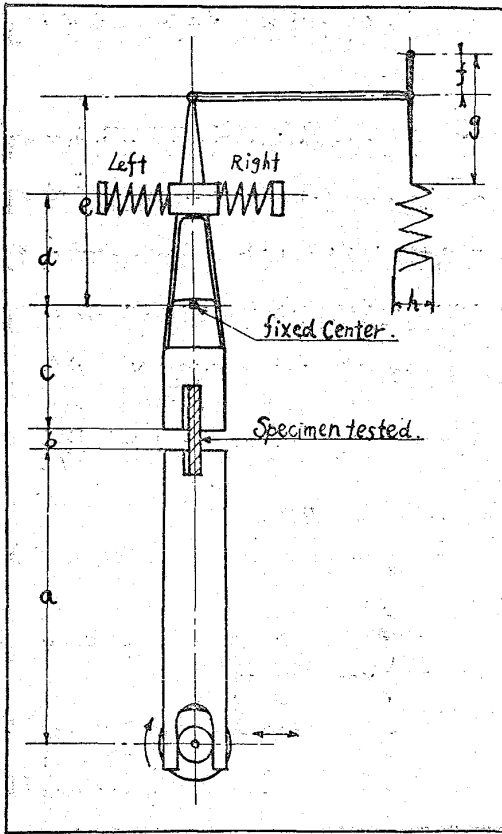
常溫引拔の如き Jensile stress によりて常溫加工を加へ Age せるものでは普通には抗張耐力は増大するも抗壓耐力は反つて減少するらしく、これを高温度に焼鈍すれば Slip plane が癒着せられて抗壓耐力も増大する結果上述の如き現象を呈するものと考へられる。此の Slip plane の癒着し始むる溫度は鋼の種類によりて異り多くの普通の鋼管に於ては常溫に於ても一部癒着せられる爲めに常溫引拔を加へたる儘の管の抗壓耐力も焼鈍状態のもの、抗壓耐力より大なるを常とすれども癒着し始むる溫度の高き自硬性ニッケル・クロム鋼管に於ては常溫引拔を加へたる儘の管の抗壓耐力は最軟状態に焼鈍せるもの、抗壓耐力よりも小なるを見る。

C) 耐久試験:—航空機構造用材は繰返し屈曲的應力を受ける部分に使用せられることも多々あるであらうと考へられるが、かかる應力に對し不銹鋼は如何なる性質を有するかを見る爲めに T. Olsen 會社製 Upton Lewis repeated plane bending testing machine を用ひて反覆屈曲に對する不銹鋼の耐久性を試験した。試料は前記 A

鋼と同一成分のものに 20% の常溫軋延を加へた厚さ 4mm の鋼で試験片の寸法は 4×30×105mm これに加へた熱處理は常溫軋延の儘のもの及 250°, 500°, 700°, 850°, 1,000°, 1,100°C の各溫度に 20 分間加熱後空中冷却を行へるものである。

試験機の大要は第 4 圖に示す通りで試験條件は次の通りである。

第 4 圖



反覆回数毎分	350~370	平均	360
Free length (b)	13 1/16"		
Spring (light set)	左	23.0	kg/mm <sup>2</sup>
	右	22.4	kg/mm <sup>2</sup>
a	12.04"		
c	2.52"		
d	11.95"		
e	18.19"		
f	0.75"		
g	3 "		
S Spring constant (左右恒數の和) = 45.41 kg/mm <sup>2</sup>			

試験片に加へられる Nominal stress は次の式によりて計算せられる。

$$P = \frac{1}{Wt^3} \times h \times \frac{3fd^2(a+b)}{g(a+b+c)e} \times S \dots (1)$$

茲に P = Nominal stress

W = 試験片の幅

t = 試験片の厚

h = Pencil ordinate の高さ

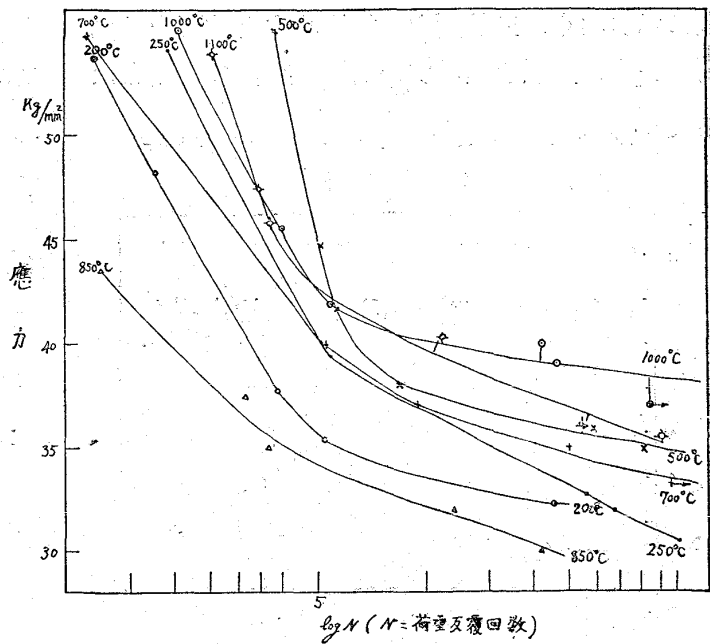
但し h は試験の中間に於ける測定値を用ひる。

(1) 式に前記諸恒數を入れると

$$P = 5730 \times \frac{h}{Wt^3} \dots (2)$$

となる。但し此式に於ては h, W 及 t は mm で、P は kg/mm<sup>2</sup> であらはされる。

第 5 圖



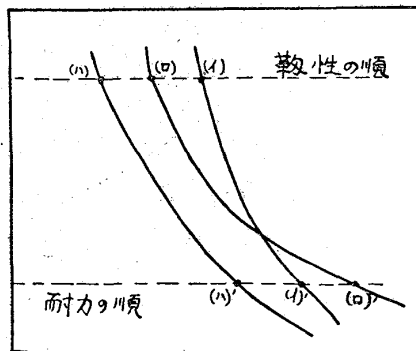
かくして測定せる Nominal stress と破斷に至るまでの反覆回數の對數との曲線を第 5 圖に示せり。

試料に加へられる Nominal stress が試料の眞の彈性限よりも遙かに大である場合には破斷までの反覆回數は大體試料の靱性の函數であり、靱性の大きなるもの程反覆回數は多くなり、又 Nominal stress が試料の眞の彈性限に甚だ接近してこれよ

りも高き場合には破断までの反覆回数は大體彈性限の函數となり彈性限の高きもの程反覆回数が大となり、Nominal stress が其中間の場合には反覆回数は彈性限と靱性兩者の函數となるものと考ふれば第5圖に示す結果と抗張抗壓試験の結果とは、炭素鋼、クローム・モリブデン鋼、自硬性ニッケル・クローム鋼其他の場合と同様よく調和して説明し得られる。

即ち一の不銹鋼に種々の熱処理を加ふる場合を考ふるに彈性限の高き場合には概して伸は少く彈性限の低い場合には概して大であるから、かゝる熱処理を異にする2種のものゝ應力と反覆回数との曲線は第6圖の(イ)―(イ')と(ロ)―(ロ')の如き關係となり、又熱処理の結果彈性限、伸共に低くなる如きものは(ハ)―(ハ')の如き關係となるものと考

第 6 圖



へられる。故に反覆屈曲力の加へられるが如き處に使用せられるものには外力と材料の彈

性限の關係に應じて熱処理を異にする必要があり設計の都合上外力が彈性限を遙かに超過して加へられるが如き場合の起り得る處には伸の最大となる如き熱処理を施して用ふべく又外力が彈性限に接近するが如き普通の場合には耐力の最大となる如き熱処理を施して用ふべきものと考へられる。

d) 縦壓試験:—鋼管が使用中其徑に對して餘り長からざる範圍で彈性限を超過して大なる縦壓力を受くときは押潰されるのであるが此縦壓に

對する靱性と加熱溫度の關係を見ておくことは必要であるから前記 B 鋼管を長さ 100mm に切りこれを 100~1,150°C 間の種々の溫度に加熱後空中冷却を行へるものゝ加熱溫度と縦壓試験の關係は第1表の通りである。

第 1 表

加熱溫度°C	縦壓試験結果
常溫引拔の儘	完全なる褶を生ずる迄縦壓せらる
100~850	同上
900	縦割疵1個を生ず
950	縦割疵3個を生ず
1000	縦割疵1個を生ず
1050	完全なる褶を生ずるも疵を生ぜず
1100	同上
1150	同上

e) 壓平試験:—航空機用鋼管は往々其端を横に押潰して使用せられることがある。依つて著者は常溫引拔後種々の溫度に加熱して空中冷却せる次の3種の不銹鋼管につき壓平試験を行つた。

管の寸法 (mm)	断面縮少率 (%)	C%	Cr%	Ni%	Mn	Si%
B 48.2×44.0	10.3	0.10	12.13	0.14	0.23	0.211
C 50.0×46.0	8.0	0.12	12.91	痕跡	0.28	0.239
D 28.0×25.2	8.0	0.13	13.92	0.66	0.40	0.075

其成績は第2表の通りである。

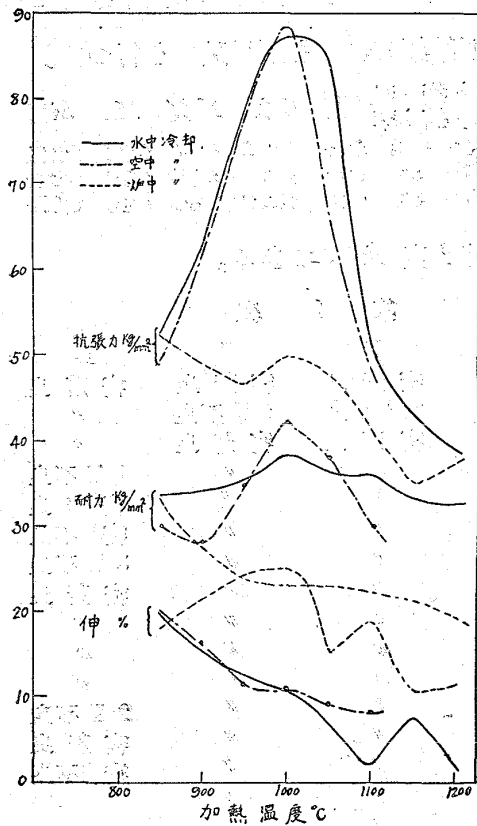
第 2 表

加熱溫度°C	B	C	D
引拔の儘	密着 良	密着 良	密着 良
100	密着不良	1 T 不良	〃
150	密着 良	密着 良	〃
200	〃	〃	1 T 不良
250	〃	〃	密着 良
300	〃	〃	密着不良
350	〃	〃	3 T 不良
400	〃	〃	密着 良
450	〃	〃	〃
500	〃	〃	〃
550	〃	〃	〃
600	〃	〃	2 T 不良
650	〃	〃	密着 良
700	〃	〃	密着不良
750	〃	〃	〃
800	〃	〃	〃
850	2.5 T 不良		
900	7 T 不良		
950	7 T 不良		
1000	6 T 不良		
1050	2 T 不良		
1100	2 T 不良		
1150	2 T 不良		

上表に於て「密着良」とあるは管の内側密着する迄横に押潰すも屈曲部に疵の生ぜぬことを意味し「密着不良」とあるは内側密着する迄押潰せるときに屈曲部に割疵を生じたことを意味し「nT 不良」とあるは管の内側距離が該管の肉厚の n 倍に至れるときに屈曲部に割疵を生じたことを意味する。即ち加熱温度 900~1,000°C の間から空中冷却を行へるものは壓平試験に對して甚だ脆弱であることを示してゐる。

(ロ) 不銹鋼の抗張試験値に對する變態點以上の温度よりの冷却速度の影響 此種の不銹鋼は前項に述べた如く大體熱處理を施して用ふるを原則とすべきものと思はれるが如何なる熱處理を適當とするかを決定するには先づ變態點以上の温度からの冷却速度による抗張試験値の變化の状態を研究しておく必要がある。著者は前記 A 鋼板を用ひて前項と同様の試験片を作り 850°C 以上の温度より爐中冷却を行へるもの、空中冷却を行へるもの、及水中冷却を行へるもの、抗張試験を行へるに第 7 圖の如き値を與へた。

第 7 圖



決定するには先づ變態點以上の温度からの冷却速度による抗張試験値の變化の状態を研究しておく必要がある。著者は前記 A 鋼板を用ひて前項と同様の試験片を作り 850°C 以上の温度より爐中冷却を行へるもの、空中冷却を行へるもの、及水中冷却を行へるもの、抗張試験を行へるに第 7 圖の如き値を與へた。

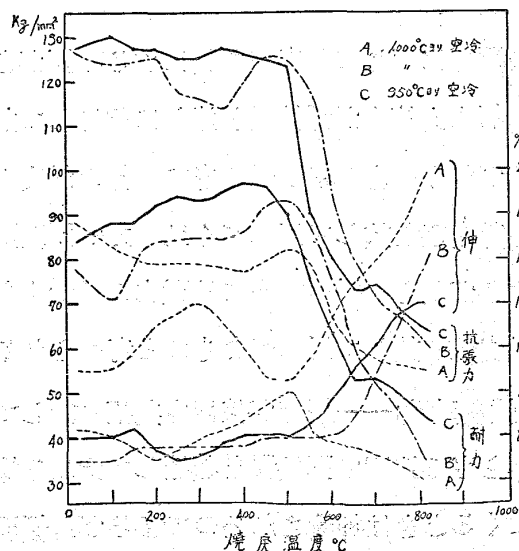
上表に於て「密着良」とあるは管の内側密着する迄横に押潰すも屈曲部に疵の生ぜぬことを意味し「密着不良」とあるは内側密着する迄押潰せるときに屈曲部に割疵を生じたことを意味し「nT 不良」とあるは管の内側距離が該管の肉厚の n 倍に至れるときに屈曲部に割疵を生じたことを意味する。即ち加熱温度 900~1,000°C の間から空中冷却を行へるものは壓平試験に對して甚だ脆弱であることを示してゐる。

爐中冷却を行へるものは其他のものと抗張試験値に著しき差あれども、空中冷却のものと水中冷却のものは大體類似の値を與へる。従つて又若し油中冷却を行つても大體空中冷却又は水中冷却のものと類似の値を與ふるものと想像せられる。第 7 圖からも明かである様に抗張力及耐力の極大を與ふるものは約 1,000°C 附近から空中冷却を行へるものであるから此種不銹鋼に加ふべき熱處理は約 1,000°C より空中冷却を行ひ然る後適當に焼戻すべきものと考へられる。

(ハ) 空中冷却後焼戻せる不銹鋼の性質 上述の如く此種不銹鋼は熱處理の上使用するを原則とすべく、又其熱處理は先づ 1,000°C 附近の高温度から空中冷却の後更に適當の温度に焼戻を行ふべきであるから次には其適當なる焼戻温度を決定する爲めに 100~800°C 間の焼戻温度と各種機械的性質の間の關係を研究した。

a) 抗張試験:—第 1 圖に示す試験に用ひたと全く同一の試験片を作り A, B 鋼は 1,000°C より、C 鋼は 950°C より先づ空中冷却を行ひ、更に 100~800°C 間の各温度に 20 分間焼戻して抗張試験せるに第 8 圖に示す如き結果を與へた。

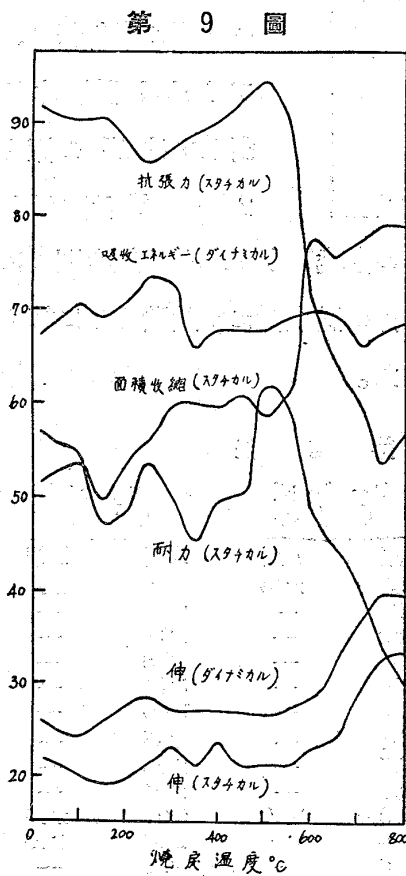
第 8 圖



抗張力は焼鈍温度 500°C までは変化少く 500°C 以上に至れば焼戻温度の上昇と共に急に降下する。

耐力は焼戻温度 500°C 附近までは焼戻温度の上昇と共に次第に増加し 500°C 附近に於て最大となり 500°C を超過すれば焼戻温度の上昇と共に急に降下する。

伸は焼戻温度 500°C 以上に至れば急に増加する。



35mm の試験片を作り全く同様の熱処理後試験せる結果は第9圖に示す通りである。

b) ダイナミカル・テンション・テスト:—平行部直径 10mm 標点距離 35mm の A 鋼にて作れる試験片を 1,000°C より空中冷却後 100~800°C 間の種々の温度で焼戻を行ひ Amsler Jup machine にてダイナミカル・テンション・テストを行ひ、切斷に要するエネルギー切斷後の伸を測

る。伸の数値は一般によく知られてゐる様に試験片の寸法及標点距離によりて大いに異なるのであるが前記 A 鋼と同一成分の厚さ 50mm のスラブを 18mm まで約 1,000°C に於て軋延後平行部の直径 10 mm 標点距離

定せるに第9圖に示す如き結果を與へた。吸収エネルギーは焼戻温度によりて大なる變化なく、伸はスタチカル・テストの場合に比して大である。

猶ほ此種不銹鋼に往々見られる様に加熱軋延の際の熱間加工の方向の影響が熱処理後にも残る爲めに試験片の切斷附近は橢圓形となり断面縮少率の正確なる値は求められなかつた。

全く同様の試験を 950°C より空中冷却後種々の温度に焼戻せる B 鋼について行へる結果は第3表の如くである。

第 3 表

焼戻温度 °C	静的試験				動的試験			
	抗張力 kg/mm <sup>2</sup>	耐力 kg/mm <sup>2</sup>	伸 %	面積収縮 kg/mm <sup>2</sup>	吸収エネルギー Mkg/mm <sup>2</sup>	伸 %	面積収縮 %	
20	121	64	9.0	11	0.600	11.9	21.7	
500	117	78	8.3	16	0.696	15.9	34.5	
550	116	72	8.9	34	0.573	13.7	45.6	
650	72.9	47	25.3	65	0.717	27.9	64.3	
800	59.8	34	30.0	71	0.847	37.7	61.0	

c) 硬度:—950°C より空中冷却後種々の温度に焼戻せる B 鋼の硬度は第4表の通りである。

第 4 表

焼戻温度 °C	ブリネル硬度		ロックウエル硬度 150kg "C"
	(10mm) 3000kg	(10mm) 1000kg	
20	344.4	312.8	40
500	375.0	319.2	42
550	353.6	316.0	41
650	220.6	211.6	30
800	187.0	176.8	24

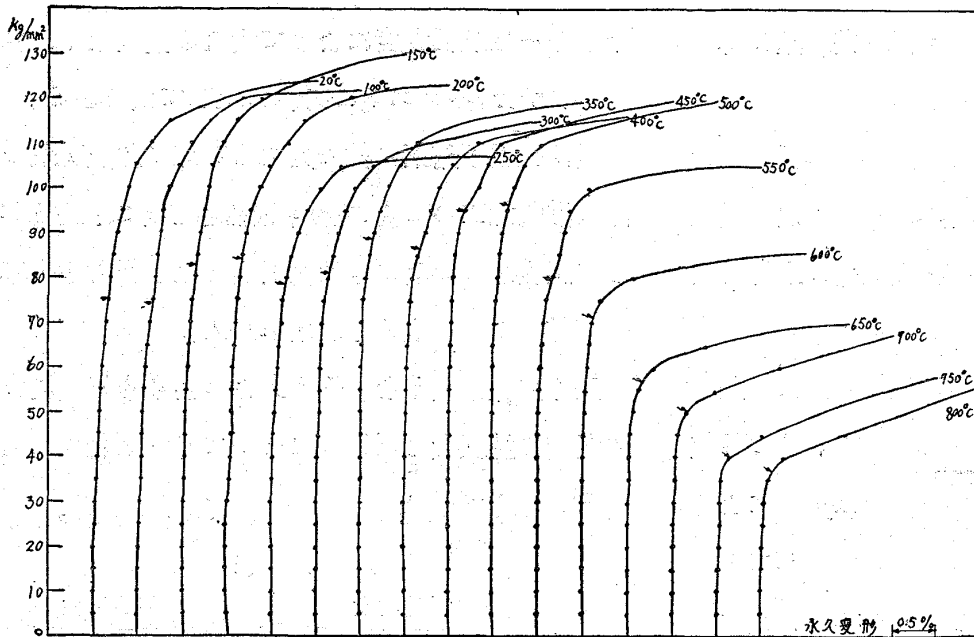
d) 壓縮試験:—不銹鋼管 B を長さ約 100mm 宛に切斷しこれを 1,000°C より空中冷却後 100~800°C の間の種々の温度に焼戻して壓縮試験を行へるに第10圖に示す如き結果を與へた。

この結果を第8圖の抗張試験の結果に比較するに抗壓力、抗壓耐力はそれぞれ抗張力、抗張耐力と大差なきを見る。

e) スタントン打撃試験:—1,000°C より空中冷却後種々の温度に焼戻せる A 鋼及び 950°C より



第 10 圖



f) シャーピー及アイゾット衝撃試験:  
 —前記 A 及 B 鋼にて 10mm<sup>2</sup>×55mm の試験片を作りこれにシャーピー試験片に對して深さ 2mm, 幅 2mm の Messnager 型の溝を切り、アイゾット試験片に對しては 45° の深さ 2mm の V 型の溝を

り空中冷却後種々の温度に焼戻せる B 鋼につきスタントン反覆打撃試験を行へるに第 5 表の如き結果を與へた。

切り、前項と同一の熱處理を A 及 B 鋼各別々に施し、能力 30Mkg の試験機にて試験せるに第 6 表の如き値を與へた。

第 5 表

焼戻温度 °C	A 鋼			B 鋼		
	ハンマー高さ 0.7"	ハンマー高さ 1.5"	ハンマー高さ 3.0"	ハンマー高さ 0.7"	ハンマー高さ 1.5"	ハンマー高さ 3.0"
20	19946	2144	431	35559	6438	969
100	12432	2406	384	—	—	—
150	12493	2790	906	—	—	—
200	18542	3261	740	—	—	—
250	15528	3360	863	—	—	—
300	19849	4523	609	—	—	—
350	23305	3828	511	—	—	—
400	21940	3477	514	—	—	—
450	19614	4299	248	—	—	—
500	13404	2204	237	37812	7038	1066
550	11943	1289	107	47054	10610	1369
600	11722	3059	806	—	—	—
650	12993	2658	652	16770	2869	798
700	11897	2179	559	—	—	—
750	9654	2036	618	—	—	—
800	8694	1918	539	8759	1907	518

スタントン打撃数は試験の際のハンマーの高さ大なるときは試料の靱性に比例して靱性の大きなる程大となり、ハンマーの高さ小なる時は試料の弾性限の大き程大なるものと考ふれば、上の結果は耐久試験の場合と同様抗張試験及抗壓試験其他の結果と調和してよく説明せられる様に思はれる。

第 6 表

焼戻温度 °C	シャーピー値 (Mkg/cm <sup>2</sup> )		アイゾット値 (Mkg/cm <sup>2</sup> )	
	A 鋼	B 鋼	A 鋼	B 鋼
20	2.37	2.15	2.18	2.03
100	3.37	—	2.38	—
150	5.42	—	2.18	—
200	7.36	—	2.18	—
250	15.50	—	3.75	—
300	11.95	—	3.00	—
350	8.61	—	2.35	—
400	9.57	—	2.66	—
450	7.51	—	2.04	—
500	3.00	3.10	0.94	2.03
550	12.40	3.56	1.44	1.56
600	18.00	—	15.30	—
650	36.90	16.84	18.75	13.65
700	36.60	—	13.75	—
750	22.40	—	18.25	—
800	35.20	23.87	17.80	15.80
850	36.30	—	18.10	—

第 6 表より明かである様に焼戻温度の變化によるシャーピー値の變化とアイゾット値の變化とは大體同様の傾向であるが其數値は同一ではなく普通の多くの炭素鋼又は合金鋼と同様一般にアイゾット値の方が低い。又シャーピー値及アイゾット値は各れも試料の炭素含有量の大きなる B 鋼の方

が小である。シャープ値及アイゾット値は大體試料の靱性に比例し靱性の大なる程大となるものと考ふれば以上の結果は抗張試験結果と調和してよく説明せられる。

従来不銹鋼の規格中に特殊試験としてシャープ値又はアイゾット値を規定せるものは少くないがこれは材料の靱性の大なることの必要が過大に考へられてゐる結果かと思はれる。

g) 耐久試験:—前記種々の温度に加熱空中冷却を行へるもの、耐久試験と同様、A鋼にて作れる試験片を1000°Cより空中冷却後100~800°Cに焼戻し、熱処理以外の他の條件は總て前試験の通りとして試験せるに第11圖の如き結果を與へた。

即ち此場合にも前同様、試料に加へられるNominal stressが試料の弾性限よりも遙かに大である場合には破断までの反覆回数は主として試料の靱性に關係し、Nominal stressが弾性限に接近するときは主として弾性限によつて次配せら

れるものとすれば得たる結果は大體都合よく説明せられる様である。

h) 縦壓試験:—B鋼管の48.2×44.0mmのものを長さ約100mmに切断しこれを1,000°Cに加熱空中冷却後100~800°Cの間に焼戻して縦壓せる結果は第7表の如くである。

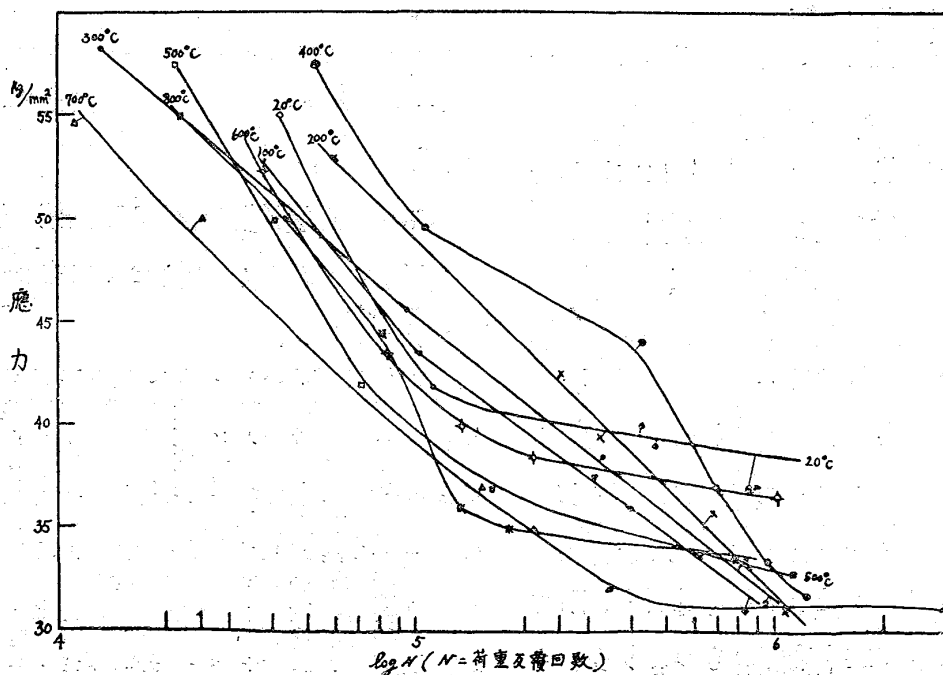
第 7 表

焼戻温度°C	縦 壓 試 験 結 果
20	縦割疵1個を生じて押潰さる
100	同 上
150	縦割疵3個を生じて押潰さる
200	縦割疵2個を生じて押潰さる
250	割疵を生ずることなく完全なる褶を生ずるまで押潰さる
300~450	同 上
500	縦割疵1個を生じて押潰さる
550	完全なる褶を生ずる迄押潰さる
600~800	同 上

i) 壓平試験:—次の如き管を100~800°Cで焼戻を行ひ壓平試験を行へる結果は第8表の通りである。

マ	管の寸法	空冷温	C%	Cr%	Ni%	Mn%	Si%
ク	(mm)	度 °C					
B	48.2×44.0	1000	0.10	12.13	0.14	0.23	0.21
C	50.0×46.0	950	0.12	12.91	痕跡	0.28	0.24
D	28.0×25.2	950	0.13	13.92	0.66	0.40	0.07
E	25.0×22.0	950	0.13	14.28	0.21	0.28	0.21

第 11 圖



第 8 表

焼戻温度 °C	壓平試験結果			
	B	C	D	E
20	7 T 不良	10 T 不良	10 T 不良	6 T 不良
100	6 T //	—	8 T //	7 T //
150	6 T //	—	9 T //	7 T //
200	4 T //	—	7 T //	6 T //
250	4 T //	—	8 T //	6 T //
300	4 T //	9 T //	7 T //	6 T //
350	5 T //	6 T //	7 T //	5 T //
400	5 T //	8 T //	7 T //	5 T //
450	6 T //	—	—	7 T //
500	6 T //	6 T //	12 T //	6 T //
550	1 T //	6 T //	10 T //	5 T //
600	密着良	1.5 T //	5 T //	密着良
650	//	2 T //	3 T //	//
700	//	—	2 T //	//
750	//	—	2 T //	//
800	—	—	2 T //	//

壓平の程度を示すに管の内側距離を肉厚の倍數で示すことは必ずしも適當のものとは考へられぬが上記の試験成績によりて管の靱性と焼戻温度の關係を大體推定し得られる。

(二) 油中冷却後焼戻を行へる不銹鋼の性質

第7圖の結果によれば此種不銹鋼を高温度から油中冷却して後焼戻せるものと同一温度から空中冷却して後焼戻せるもの、機械的性質は試験片の小形なる間は甚だしき相違はないものと推定せられるのであるが猶ほ念の爲めに油中冷却後焼戻せるものにつき二三試験を行つた。

a) 抗張試験:—前記のC鋼管を用ひて平行部寸法2×7mmなる抗張試験片を作りこれを950°Cより油中冷却したる後350~650°Cにて焼戻せるものを試験せるに第9表の如き値を與へた。

第 9 表

焼戻温度°C	抗張力 kg/mm <sup>2</sup>	耐力 kg/mm <sup>2</sup>	伸%(50mm)
350	130	99	7
400	132	101	7
450	132	103	7
500	129	97	7
550	92.8	76	7
600	81.5	63	10
650	74.4	56	13

これを第8圖の結果と比較するに抗張力、耐力共に油中冷却のものは空中冷却のものより少しく

大なれども其差甚だしくない。

b) 壓平試験:—前記C及D鋼管を950°Cより油中冷却したる後350~650°Cに焼戻せるものの壓平試験成績は第10表の通りで空中冷却後焼戻せるものに比し概して幾分か成績不良である。

第 10 表

焼戻温度°C	C 鋼管	D 鋼管
350	—	10 T 不良
400	—	8 T //
450	—	10 T //
500	11 T 不良	7 T //
550	2 T 不良	5 T //
600	密着不良	3 T //
650	密着不良	1 T //

c) アイゾット衝撃値:—A鋼を用ひて空中冷却後焼戻せる場合と全く同様の試験片を作り1,000°Cより油中冷却後100~850°Cに焼戻せる場合のアイゾット値は第11表の通りである。

第 11 表

焼戻温度°C	アイゾット衝撃値 Mkg/cm <sup>2</sup>	焼戻温度°C	アイゾット衝撃値 Mkg/cm <sup>2</sup>
20	0.688	500	0.688
100	0.688	550	1.250
150	0.781	900	16.87
200	1.875	650	18.75
250	1.560	700	16.87
300	2.375	750	18.75
350	1.750	800	18.75
400	1.750	850	13.75
450	1.090	—	—

これを前の空中冷却後焼戻せるものに比するに吸收エネルギーは概して少きも其變化の傾向は大體同様である。

(ホ) 焼鈍状態に於ける不銹鋼の性質 尙ほ鋼板及鋼管の焼鈍状態のもの、二三の特殊試験成績を附記して置く

A 鋼板 (0.7mm)		E 鋼管	
屈曲試験値	9.60 mm	管寸法	38×33mm
エリヒゼン値	8.95 mm	管押擴試驗	大部56mm迄良
ブリネル硬度	122.3	管擴試驗	43mmの時良
シヨアル	22	管擴試驗	鏝出可能
ロックウェル(B)	74.9	管擴試驗	鏝出可能
		管擴試驗	25×22mm
		管擴試驗	37mm迄良
		管擴試驗	28mmの時良
		管擴試驗	同左

### III. No.2 不銹鋼管及鋼板の機械的性質

(イ) 試料の成分 前述の如く S80, DTD76 A 及 DTD60 A に規定せられてゐる不銹鋼は No.1 不銹鋼よりもクローム、及ニッケル含有量が幾分高いのであるがこれと類似のもので

符號	C%	Cr%	Ni%
V1M	0.15	12~14	1.5~2.0

と No.1 不銹鋼たる

符號	C%	Cr%	Ni%
V5M	0.10~0.15	12~14	0.5~0.7

と異なる點は單にニッケル含有量のみである。S80, DTD76A, DTD60A 或は V1M と No.1 不銹鋼とは如何に其性質を異にするや、及若し其性質が著しく異るとすれば其主なる原因はクローム含

有量の高きによるか、ニッケル含有量の高きによるか或はクローム及ニッケル兩者の影響であるかを見て No.2 不銹鋼の成分を規定し度く次の3種の不銹鋼を選び試験することとした。

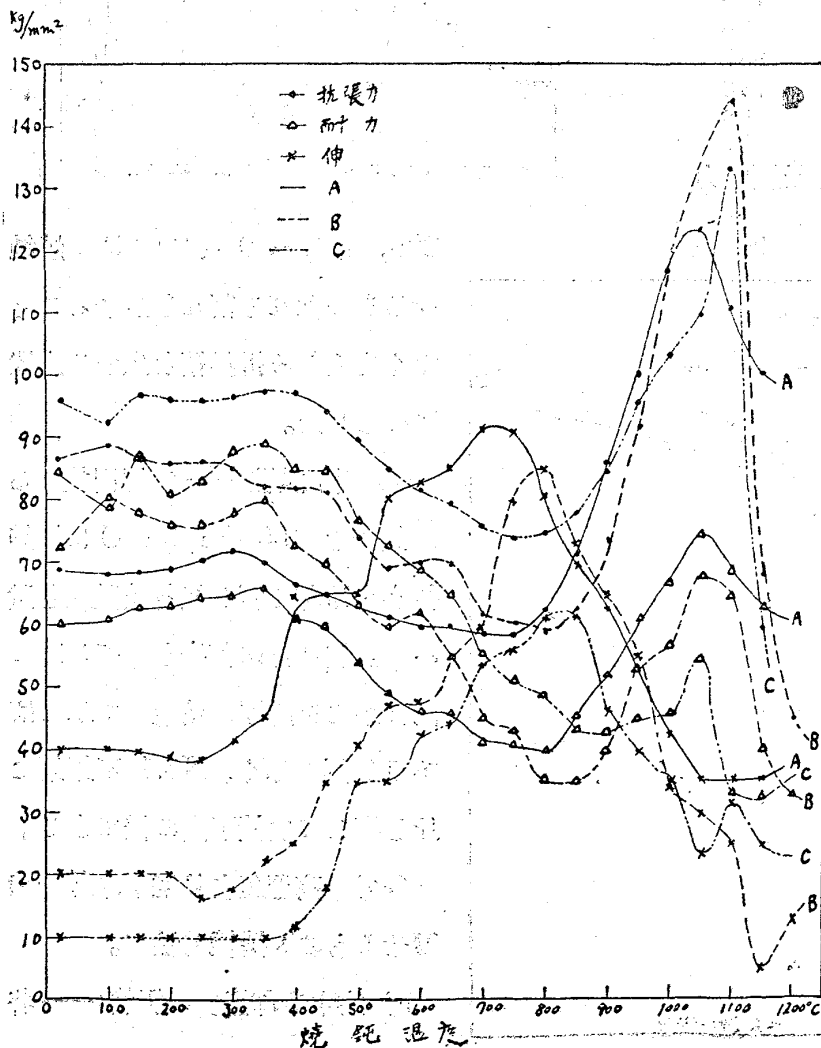
符號	厚 mm	斷面縮少率%	C%	Cr%	Ni%	Si%	Mn%
A 鋼管	1.6	10.5	0.09	14.5	1.60	0.35	0.40
B 鋼板	0.8	15.0	0.11	15.5	1.55	0.40	0.51
C 鋼板	0.3	5.0	0.18	19.2	1.71	0.56	0.53

(ロ) 常溫加工後種々の溫度に加熱、空中冷却

せるものゝ機械的性質

a) 抗張試験:—上記 A, B, C 3 種の不銹鋼の標點距離 50mm 平行部幅 8mm なる試材を 1,200°C 以下の種々の溫度に焼鈍後空中冷却し、抗張試験を行へるに第 12 圖の如き結果を興へた。

第 12 圖



即ち是等不銹鋼の 750°C 附近に焼鈍せるものゝ抗張力はクローム含有量の大なる程大であるらしく、又常溫加工による抗張力の増加はクローム含有量の大なる程大である様に見えるが、常溫加工後ブリューイングを施すも抗張力及耐力の増加は僅少である。

耐力を最大ならしむる常溫加工後のブリューイングの溫度  $A_1$  變態點及  $A_1$  以上の高溫から空中冷却を行へるときに抗張力を最大ならしむる溫度等はクローム含有量の多い程高溫側に移る。

變態點以上の高溫度から空中冷却せるものゝ耐力はクローム含有量の多い程低い。

不銹鋼管に常溫引拔によりて大なるレダクションを加ふることは甚だ

困難であるから此種不銹鋼管で耐力及抗張力の大きな事を要求せられる場合には高温度から空中冷却後適當に焼戻して使用すべきである。

尙第 12 圖と第 1 圖とを比較すれば明かである様に No.1 不銹鋼のクローム及ニッケルの量を増加するも抗張的諸性質は改善せられない様である

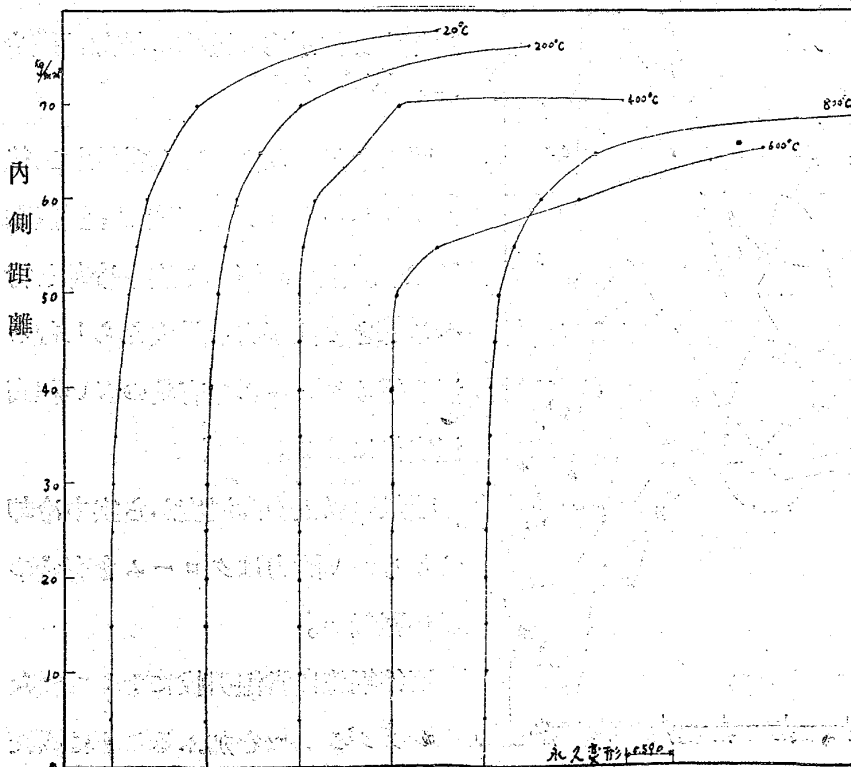
b) 壓縮試験:—常溫引拔後低温焼鈍せる鋼管の抗壓力及抗壓耐力と抗張力及抗張耐力との關係を見る爲めに A 鋼管より外徑 47.2 内徑 43.0 長さ 100 mm の試験片を作り 200°, 400°, 600° 及 800°C に焼鈍し抗壓試験を行つた。

其結果は次表及第 13 圖の通りで

燒鈍温度 C°	抗張力 kg/mm <sup>2</sup>	抗壓力 kg/mm <sup>2</sup>	抗壓力 抗張力 %	抗張 耐力 kg/mm <sup>2</sup>	抗壓 耐力 kg/mm <sup>2</sup>	抗壓耐力 抗張耐力 %
20	69.0	77.8	112.7	60.0	47.0	78.3
200	68.9	76.4	111.0	63.0	52.0	82.6
400	66.7	70.4	105.5	61.0	59.0	96.7
600	59.8	65.4	109.3	46.0	52.0	113.0
800	62.6	74.0	118.0	40.0	50.0	125.0

抗壓力は大體燒鈍温度の高き程低きも抗壓耐力

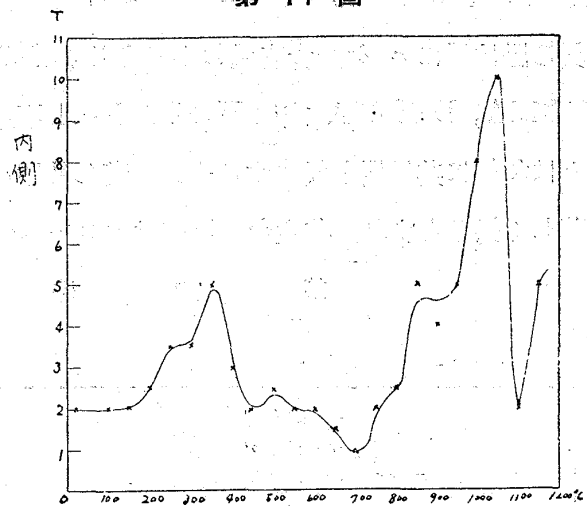
第 13 圖



は燒鈍温度 400°C 附近に於て最大となる。抗壓力と抗張力を比較するに抗壓力は常に抗張力よりも大であるが抗壓耐力は燒鈍温度の低き間は抗張耐力よりも小さく燒鈍温度高くなるに従ひ抗張耐力よりも大となるに至る。

c) 縱壓試験:—常溫引拔後低温焼鈍を施せる鋼管の靱性を見る爲めに A 鋼管を用ひて縦押潰試験を行つた。其の結果は常溫引拔の儘のもの

第 14 圖



200, 400, 600 及 800°C に燒鈍せるもの何れも割れを生ずることなく完全なる折疊褶を生ずる迄縦壓せられた。

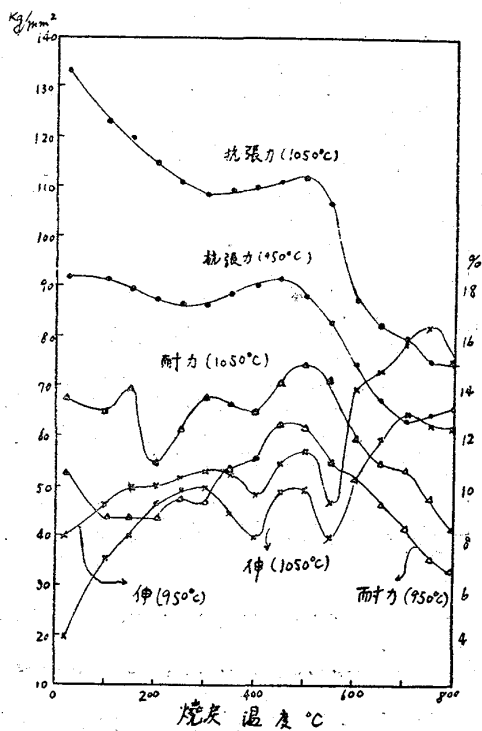
d) 壓平試験:—常溫引拔せる A 鋼管を 100°~1,150°C に燒鈍後空中冷却を行ひ横押潰試験を試みた。屈曲部に割疵を生ぜる時の内側距離を肉厚の倍數にて示せば第 14 圖の如く、No.1 不銹鋼に比し概して成績不良の様である。

(ハ) 高温度より空中冷却後燒戻せるものゝ機械的性質。

a) 空中冷却温度の影響:—著

者が従来各種の合金鋼につき研究せる結果によれば高温度より空中冷却後焼戻せるものゝ抗張力及抗張耐力は、空中冷却によりて抗張力最大となる温度より空中冷却して焼戻せるものゝ方、抗張力の最大とならざる高温度より空中冷却後同一温度に焼戻せるものよりも一般に高い。此點も No.2 不銹鋼に就て確かむるため B 鋼板を 1,050°C

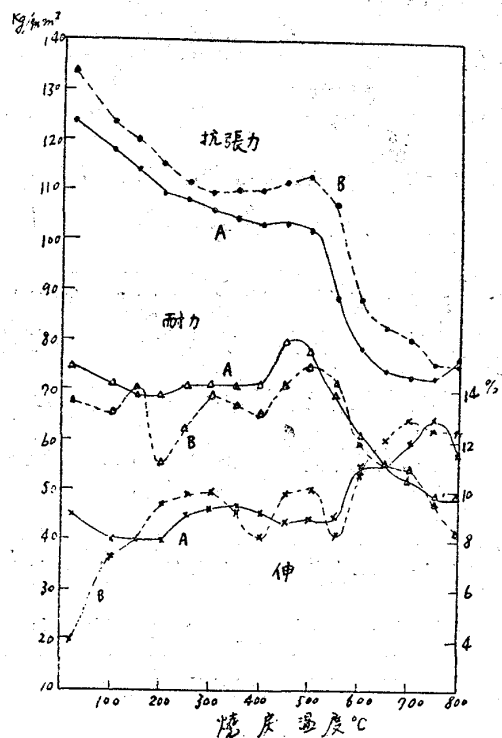
第 15 圖



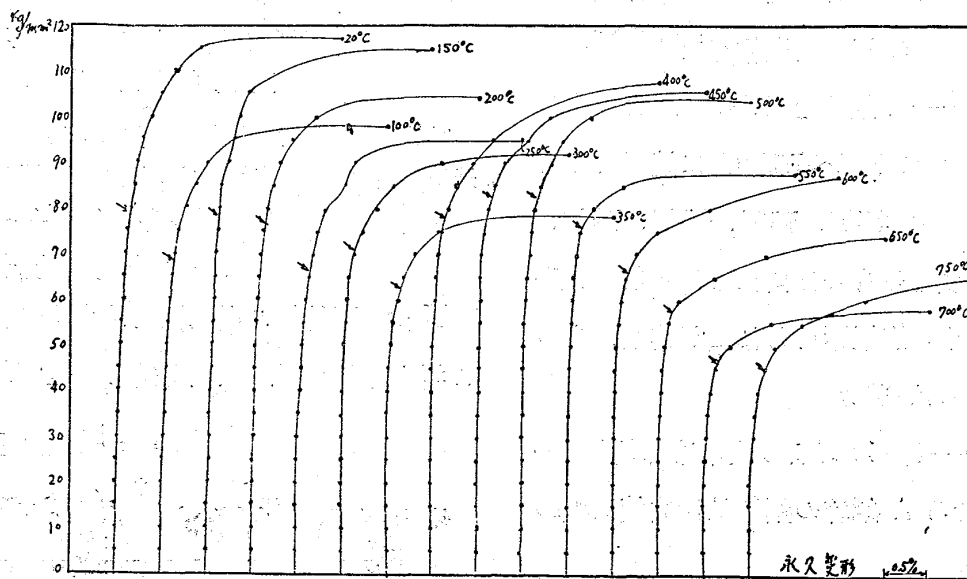
及 950°C より空中冷却後 100~800°C に焼戻し抗張試験を行つた。第 15 圖は其結果で No.2 不銹鋼に於ても一般の原則通り 1,050°C より空中冷却せるものゝ方は抗張力、耐力共に著しく大きい。

b) クローム含有量の影響:—1,050°C より空中冷却後 100~800°C に焼戻せる A 鋼管と B 鋼

第 16 圖

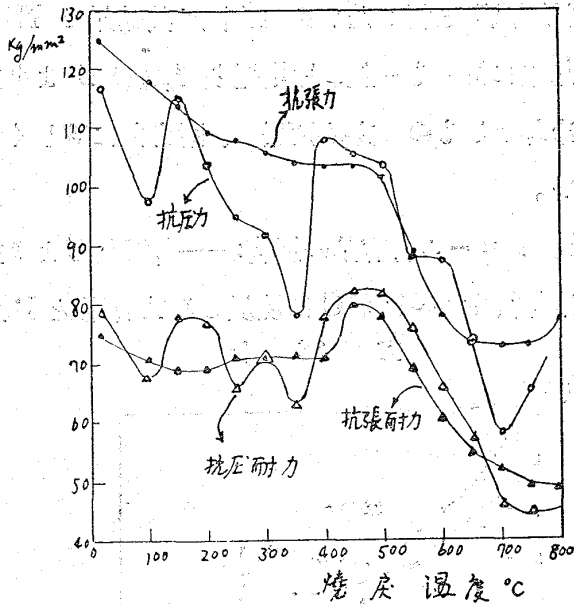


第 17 圖



永久変形 0.2%

第 18 圖



鋼を比較するに第 16 圖に示す如く抗張力はクローム含有量の 高き B 鋼鋼の方大なれども抗張耐力は反つて小である。又抗張力、抗張耐力の著しく降下し始むる焼戻温度はクロームの高き B 鋼鋼の方が高い。

c) 抗壓試験:—A 鋼管を 1,050°C より空中冷却後 100°~750°C に焼戻せるもの、抗壓力と永久變形の關係は第 17 圖に示す如くである。

これより抗壓力、抗壓耐力を求めてこれと同一熱處理を施せるもの、抗張力、抗張耐力と比較すれば第 18 圖の通りで關係甚だ複雑となる。

d) 縦壓試験:—A 鋼管を 1,050°C より空中冷却後 50°C 置きに 100~750°C に焼戻せるものを縦壓試験せるに 350°, 550°, 650°, 700°, 及 750°C に焼戻せるものは割れることなく完全なる折疊褶を生ずる迄縦壓せられたが其他のもの及焼戻せざるものは割れた。

e) 壓平試験:—1,050°C より空中冷却後 100~800°C に焼戻せる A 鋼管の壓平試験成績は次の通りである。

焼戻温度 (°C)	屈曲部に疵を生ずる時の内側距離	焼戻温度 (°C)	屈曲部に疵を生ずる時の内側距離
100	3.5 T	500	1 T
200	2.0 T	600	1 T
300	4.5 T	700	0.5 T
400	1 T	800	0 T

f) 屈曲試験:—1,050°C より空中冷却後 100~800°C に焼戻せる B 鋼鋼を鋸打して屈曲試験せるに次の如き成績を與へた。

焼戻温度 (°C)	内側距離	摘 要	焼戻温度 (°C)	内側距離	摘 要
20	8 T	割れる	500	0 T	割れる
100	"	"	550	"	"
200	4 T	小疵を生ず	600	"	小疵を生ず
300	"	"	950	"	"
350	0 T	"	700	"	"
400	"	"	800	"	密着良
450	"	"			

以上の結果によれば 1,050°C より空中冷却後適當の温度に焼戻することも航空機構造用としての No.2 不銹鋼に適當なる熱處理法と考へられるを以て、次には A 鋼管と同一材質の鋼片を 1,050°C より空中冷却後 500° 及 800°C に焼戻せるものにつき参考の爲めに下記各種の試験を行つた。

靜的抗張試験

靜的抗張試験結果は次の通りである。

焼戻温度 (°C)	試験片直径 (mm)	抗張力 (kg/mm²)	抗張耐力 (kg/mm²)	伸(35mm) (%)	面積收縮 (%)
500	10	114.5	80.0	16	31.8
800	"	79.3	53.5	23	54.7

動的抗張試験

動的抗張試験結果は次の通りである。

焼戻温度 (°C)	試験片直径 (mm)	吸收勢力 (kg/mm²)	伸(35mm) (%)	面積收縮 (%)
500	10	0.642	15.7	36.3
800	"	0.696	27.2	54.1

No.2 不銹鋼の動的靱性は多くの普通の合金鋼の場合と異り靜的靱性と殆んど差がない。

硬 度

焼戻温度 (°C)	ブリネル (3000 kg)	ショール (1000 kg)
500	317.0	289.0
800	232.2	220.0

アイゾット衝撃試験:— 10mm 角の試験片に 45°, V 型、深さ 2mm の溝を切り 120 ft.lbs 試験機にて試験せる結果は次の通りである。

焼戻温度 (°C)	I (ft.lbs.)	II (ft.lbs.)	III (ft.lbs.)
500	9.0	3.0	2.5
800	53.0	39.5	44.0

此結果は甚だ不揃ひであるがこれは此種高クローム鋼に往々見受けられる様に、高温加工の方向の影響が熱処理を加へたる後迄も永く残る爲め、試験片の方向によりて異なる値を與ふる結果であらう。

シャーパー衝撃試験:— 10mm 角の試験片に深さ 2mm 幅 2mm の U 型溝を切りたるものを 30 kgM 試験機にて試験せる結果は次の通りである。

焼戻温度(°C)	吸収勢力(M kg/cm <sup>2</sup> )
500	5.0
800	11.8

スタントン反覆打撃試験

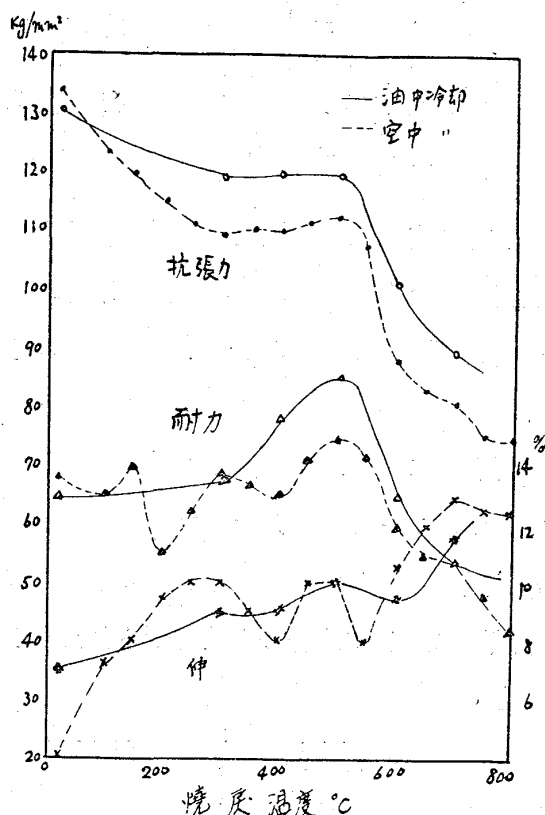
ハンマーの高さ	0.7"	1.5"	3.0"
焼戻(°C)	500	6449	917
温度(°C)	800	45830	26017
			1179

ハンマーの高さ 1.5" 又は 3.0" なるときは衝撃は弾性限に比して甚だ大であるから靱性の大きな 800°C に焼戻せるものゝ方耐久力大であるがハンマーの高さ 0.7" の場合には衝撃は弾性限に接近するが故に弾性限の高き 500°C に焼戻せるものゝ耐久力大となる。

(二) 高温度より油中冷却後焼戻せるものゝ機械的性質

a) 抗張試験:— 冷却速度が焼戻後の機械的性質に及ぶ影響を見る爲め B 鋼板につき 1,050°C より油中冷却を行ひ 100~700°C に焼戻せるものと 1,050°C より空中冷却後同じく焼戻せるもの

第 19 圖



とを比較した。

其結果は第 19 圖の如く冷却速度の大なる油中冷却のものは抗張力、耐力共に大である。

b) 壓平試験:— 1,050°C より油中冷却し 100~800°C に焼戻せる A 鋼管の壓平試験結果次の如し。

焼戻温度(°C)	内側距離	焼戻温度(°C)	内側距離
20	10 T	500	2.5 T
100	"	600	0.5 T
200	2 T	700	2 T
300	5 T	800	4 T
400	0 T		

これを空中冷却後焼戻せるものに比すれば 100°C 以下 500°C 以上に焼戻せるものは、油中冷却せるものゝ方が壓平試験に對して脆弱である。

c) 屈曲試験:— 1,050°C より油中冷却後 100~800°C に焼戻せる B 鋼板の屈曲試験成績は次の通りである。



焼戻温度 (°C)	内側距離	摘要	焼戻温度 (°C)	内側距離	摘要
20	8T	割れる	500	0T	割れる
100	"	"	550	"	"
200	4T	"	600	"	"
300	"	小疵を生ず	650	"	密着良
350	"	"	700	"	"
400	"	割れる	800	"	"
450	"	"			

これを前の空中冷却後焼戻せる場合に比すれば焼戻温度 350~450°C のものは油中冷却の方成績悪しく、650~700°C のものは油中冷却の方成績がよい。

之を要するに No. 2 不銹鋼は No. 1 不銹鋼に比してシャルピー又はスタントン反覆打撃試験の如き動的試験に對して幾分優れるやに思はるゝも靜的諸試験に對しては著しく改善せられた點を認められない。

#### IV. No. 3 不銹鋼管及鋼板の機械的性質

(イ) 化學成分 No. 3 不銹鋼の處理法と機械的性質との關係を見る爲め次の5種につき試験した。

符號	鋼材	寸法 (mm)	斷面縮少率 (%)	C	Si	Mn	Ni (%)	Cr (%)	P	S	Cu
A				0.22	0.08	0.44	8.16	19.35	0.009	0.003	0.060
B	鋼管	46.6×42.5	9.0	0.20	0.05	0.52	7.98	18.61	0.010	0.002	0.060
C	鋼管	35.8×31.5	15.0	0.15	0.21	0.35	7.59	19.39	0.036	0.009	0.013
D	鋼板	1.3	13.3	0.10	0.34	0.17	8.40	18.40	—	—	—
E	鋼管	36.8×32.5	11.3	0.05	0.39	0.35	9.40	15.49	0.027	0.000	0.055

(ロ) 常溫加工後の焼鈍温度と機械的性質の關係。

a) 抗張試験:—No. 3 不銹鋼に常溫加工を施し 1,150 C 以下に焼鈍せる場合の抗張試験値と焼鈍温度との關係を見る爲め、上記 B, C, D 及 E の4種の鋼板及鋼管より標點距離 50mm、平行部幅約 7mm の試験片を作り 100~1,150°C に焼鈍後空中冷却を行ひたるものを試験し第 20 圖に示す結果を得た。

抗張力は焼鈍温度低き間は著しき變化なきも或

温度以上に至れば焼鈍温度の上昇と共に急に降下する。此抗張力の急に降下し始むる温度は常溫加工度の大なる程著しく低温度側に移る。

耐力は低温度の焼鈍により少しく増加し或温度以上では焼鈍温度の上昇と共に降下する。此低溫焼鈍による耐力の増加の程度は常溫加工度大なる程大きく、耐力の急に降下し始むる温度は常溫加工度の大なるもの程低溫側に移る。

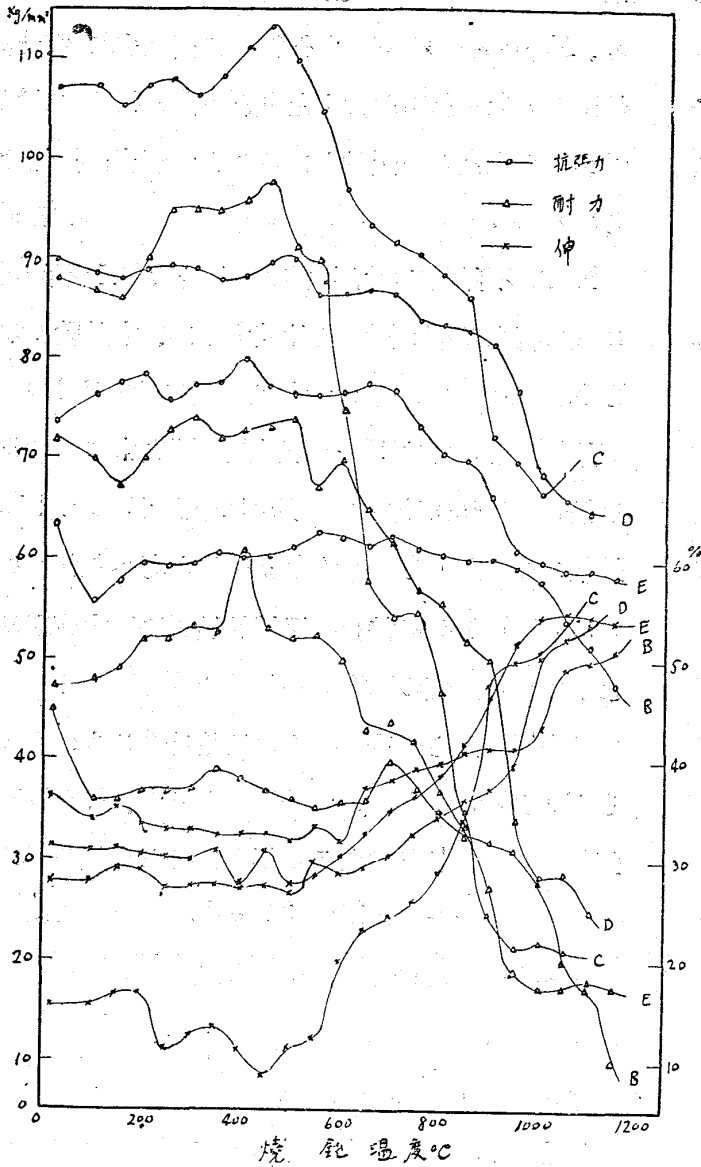
伸も亦殆んど類似の變化をなし低温度にては焼鈍温度の上昇と共に減少し或温度以上に至れば焼鈍温度の上昇と共に急に増加する。此伸の急に増加し始むる温度も亦前同様常溫加工度の大なる程低温度の側に移る。

常溫加工後焼鈍せる No. 3 不銹鋼の抗張試験値に對してはレダクションの大小が最も大なる影響を及ぼし、炭素含有量の多少の差或はクロム、ニッケル等の多少の差等成分の多少の相違による影響は比較的著しくない様に見える。

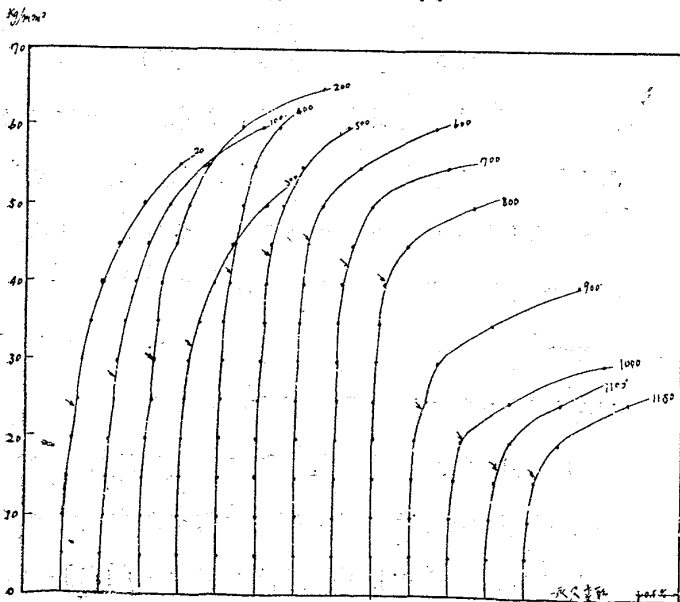
No. 3 不銹鋼に適度の常溫加工を施せるもの、又はこれを更に低温度に焼鈍せるものゝ抗張力及耐力等は No. 1 又は No. 2 不銹鋼に比して遜色がないが高温度に焼鈍せるものでは著しく劣る。但し伸は處理法の如何に關せず No. 1 又は No. 2 不銹鋼に比して著しく大である。此點は No. 3 不銹鋼の重要なる特色の一つである。

b) 抗壓試験:—常溫引拔せる E 鋼管を 100~1,150°C に焼鈍後空中冷却し抗壓試験を行へるに抗壓應力と永久變形との關係は第 21 圖の通りで

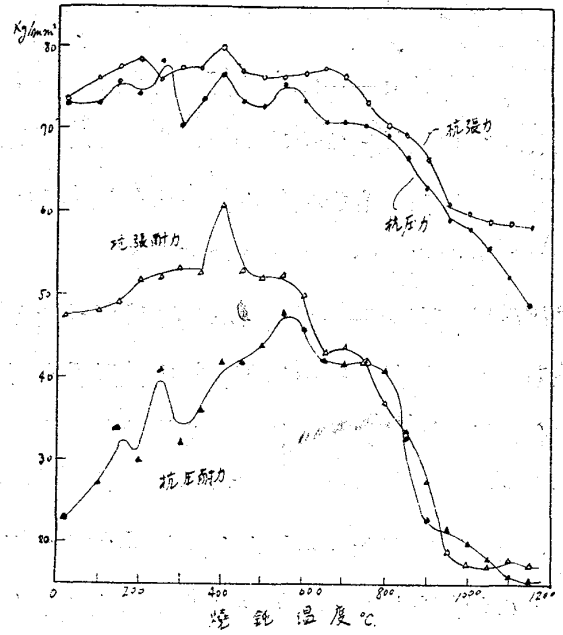
第 20 圖



第 21 圖



第 22 圖



微小なる永久變形は餘り大ならざる應力によ  
りても起る。即ち No.3 不銹鋼の彈性限は甚  
だ低いものであらうと考へられる。

抗壓力の焼鈍温度の上昇による變化は殆ん  
ど抗張力の變化と同様なれども、抗壓耐力は  
焼鈍温度の低き範圍に於ては焼鈍温度の上昇  
と共に急に増加して遂ひに最大となり、此温  
度以上に至れば焼鈍温度の上昇と共に急に降  
下する。

尙抗壓力及抗壓耐力と抗張力及抗張耐力と  
の關係を圖示すれば第 22 圖の通りで、抗壓  
力は抗張力に比して少しく小であるが、抗壓  
耐力はその最大となる温度以下に焼鈍する場  
合は、温度の低き程抗張耐力よりも著しく小  
さく、温度の上昇と共に兩者次第に接近し、  
抗壓耐力の最大となる温度以上では兩者間に  
著しい差がなくなる。

故に大なる抗壓力を受くる部分に用ひらる  
No.3 不銹鋼管は常温加工後抗壓耐力を

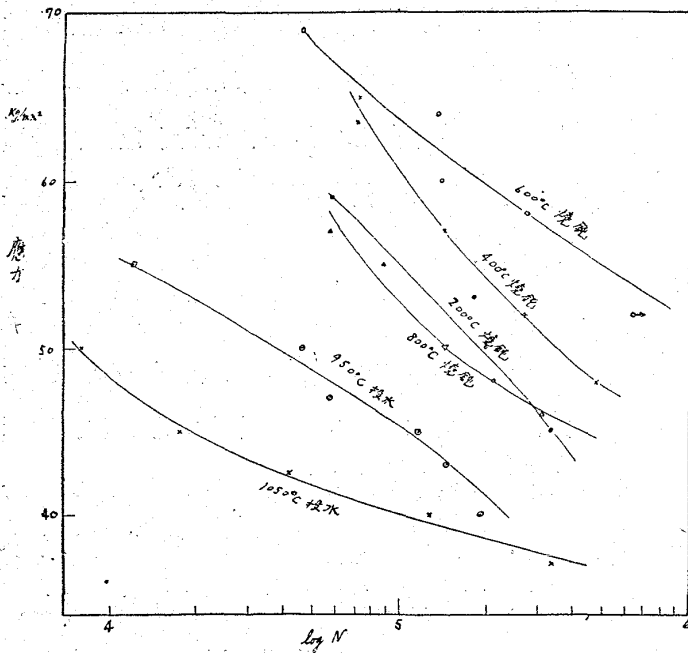
最大ならしむる溫度に焼鈍して使用する必要がある。

c) 縦壓試験:—B,C 及 E 鋼管につき 100~1,150°C に焼鈍後空中冷却せるもの、縦壓試験を試みたるに何れも完全なる折疊褶を生ずる迄押潰することが出来た。

d) 壓平試験:—試料 B,C 及 E 鋼管を 100~1,150°C に焼鈍し空中冷却後横押潰試験を行つたが何れも内面密着するに至るも屈曲部に疵を生じなかつた。

e) 耐久力試験:—D 鋼板と同一成分の厚さ 5 mm の鋼板を厚さ 4mm まで常溫壓延し、200, 400, 600 及 800°C に焼鈍空中冷却して No.1 不銹鋼の場合と全く同一條件にて Upton-Lewis Repeated plane bending testing machine にて耐久試験を行ひ第 23 圖の如き結果を得た。

第 23 圖



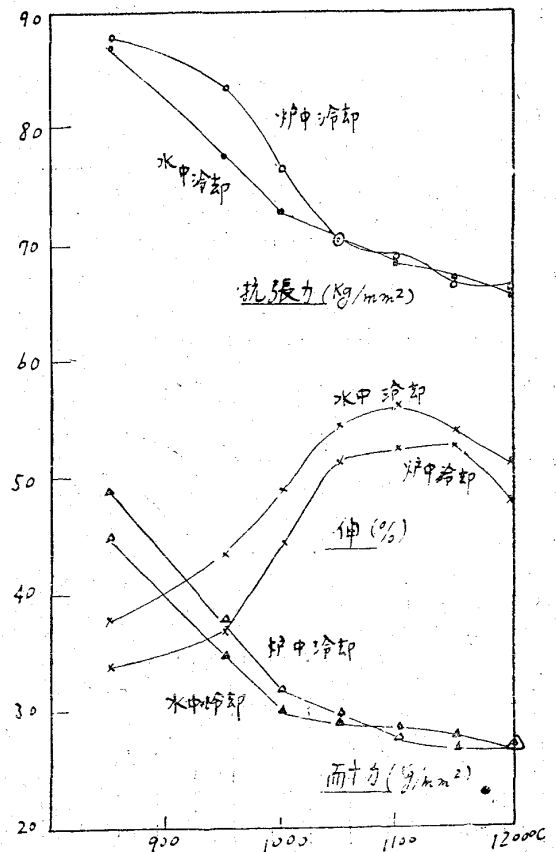
此結果を第 22 圖に示せる抗壓耐力と焼鈍溫度との關係に比較して考ふれば、耐久力は Nominal stress が弾性限に比して

遙かに大である場合は靱性の大なる材料程大であり、Nominal stress が弾性限に接近すれば、弾性限の大なる材料程大となり、中間の場合には靱性、弾性限兩者の函數となることが明瞭に推知せられる。

No.3 不銹鋼に関する第 23 圖と No.1 不銹鋼に就て得たる第 5 圖とを比較するに、本試験の如き Nominal stress の大なる範圍に於ては No.3 不銹鋼の耐久力は No.1 不銹鋼の耐久力に優れるを見る。これは No.3 不銹鋼の靱性が No.1 不銹鋼の夫れよりも甚だ大なる爲めと考へられる。

(ハ) No.3 不銹鋼の機械的性質に及す高溫度よりの冷却速度の影響。一般にオーステナイト鋼では高溫度から急冷せるものは徐冷せるものよりもダクタイルになるのが普通であるが、No.3 不銹鋼につきては如何なる關係となるかを見る爲め

第 24 圖



に、D 鋼板を用ひて 850~1,200°C より水中冷却せるもの及爐中冷却せるものにつき抗張試験を行つた。其結果は第 24 圖の通りで 850~1,050°C 間では水中冷却のものゝ抗張力、耐力は爐中冷却のものより低く、1,050°~1,200°C の間では兩者に著しき差はないが、伸は 850~1,200°C の間に於て水中冷却のものは常に爐中冷却のものより大である。

(二) 高温度より水中冷却せるものゝ機械的性質 D 鋼を 900~1,150°C より水中冷却し、各種の機械的性質を検せるに次の如き値を與へた、尙 No.3 不銹鋼に對する炭素含有量の影響を見る爲めに、A 鋼につき同様の試験を行へる結果を括弧を附して併記した。

a) 靜的抗張試験:— 平行部直徑 10mm の試験片につき次の結果を得た。

焼入温度 °C	抗張力 kg/mm <sup>2</sup>	耐力 kg/mm <sup>2</sup>	伸 (35mm) %	面積收縮 %
900	81.4	33	46	63
950	76.8 (73.7)	28 (34)	53 (50)	64 (58)
1000	72.8	27	57	68
1050	69.1 (71.6)	27 (32)	61 (54)	70 (60)
1100	63.1	25	61	72
1150	66.6 (6.40)	22 (23)	65 (70)	71 (75)

b) 動的抗張試験:— 同様の試験片につきて行へる動的抗張試験値は次の通りである。

焼入温度 °C	吸収勢力 Mkg/mm <sup>2</sup>	伸 (35mm) %	面積收縮 %
900	1.76	22.9	60.3
950	1.71 (1.46)	28.6 (20.9)	60.1 (55.0)
1000	1.59	30.0	61.3
1050	1.53 (1.40)	29.0 (23.9)	62.8 (61.4)
1100	1.74	33.3	64.8
1150	1.60 (1.60)	34.3 (37.4)	64.8 (68.7)

No.3 不銹鋼が他のものに比し著しく吸収勢力の大なること及び動的靱性が靜的靱性よりも小なることは注意すべき特性である。

c) スタントン反覆打撃試験:— スタントン反覆打撃試験成績は次の通りである。

ハンマーの高さ 焼入温度 °C	ハンマーの高さ		
	0.7"	1.5"	3.0"
900	71157	5142	751
950	19943 (25451)	2306 (2282)	611 (543)
1000	27263	2682	706
1050	12735 (12824)	1945 (2311)	609 (498)
1100	13169	2245	716
1150	10620 (9225)	2613 (2241)	653 (755)

ハンマーの高さ 0.7" の場合には焼入温度低く、耐力大なる場合に打撃回数が大となるも 1.5" 及 3.0" の場合には打撃回数は弾性限と靱性ととの兩者の函数となるらしく、焼入温度と打撃回数との關係は複雑となる。

d) アイゾット衝擊試験:— 10mm 角の試験片に 45°, V 型深さ 2mm の溝を切りたるものを 30Mkg 試験機にて試験せる結果は次の通りで No.3 不銹鋼は No.1 及 No.2 に比して吸収勢力甚だ大である。

焼入温度 (°C)	吸収勢力 (Mkg/cm <sup>2</sup> )	焼入温度 (°C)	吸収勢力 (Mkg/cm <sup>2</sup> )
900	16.73	1050	21.25(19.55)
950	22.68(18.45)	1100	21.25
1000	20.80	1150	23.30(25.63)

e) シヤーピー衝撃試験:— 10mm 角の試験片に前同様幅 2mm 深さ 2mm U 型溝を切り 30 kgM 試験機にて試験せる結果は次の通りである。

焼入温度 (°C)	吸収勢力 (Mkg/cm <sup>2</sup> )	焼入温度 (°C)	吸収勢力 (Mkg/cm <sup>2</sup> )
900	20.81	1050	38.53(29.89)
950	27.87(21.91)	1100	33.88
1000	29.89	1150	32.43(33.53)

上記諸試験につき A 鋼と D 鋼とを比較するに焼入温度の低き場合には炭素含有量の多き A 鋼よりも少き D 鋼はダクタイルであるが焼入温度 1,150°C に至れば反對となるらしい。

f) 耐久力試験、—D 鋼の 950° 及 1,050°C より水中冷却せるもの、Upton-Lewis 試験機による耐久試験結果は第 23 圖に併記した通りである。

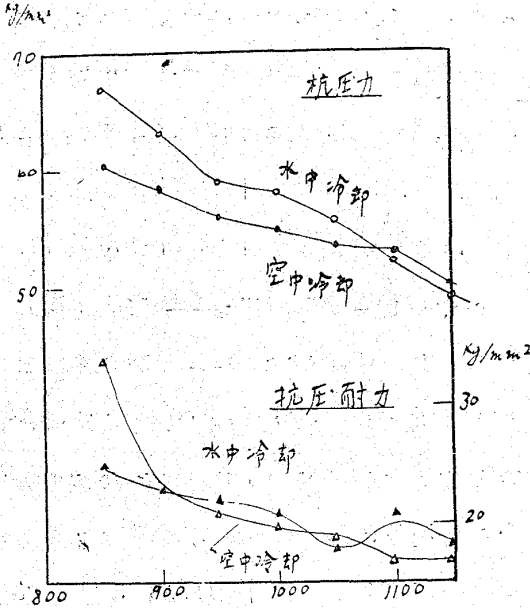
g) 硬度:—950°C, 1,050°, 及 1,150° C より水中冷却せるA鋼の硬度は次の通りである。

焼入温度 (°C)	ブリネル (3000 kg)	ショーア (1000 kg)	ロックウエル "C"
950	190.8	215.0	31
1050	168.4	190.0	28
1150	155.2	162.4	24

普通の多くの合金鋼のブリネル硬度は荷重の大きな程大であるが No.3 不銹鋼では反対であるらしい。

h) 抗壓試験:—850°~1,150°C より水中冷却せるE鋼管につき抗壓試験を試みた。其結果は第25圖の通りでこれを空中冷却を行へる場合と比較するに抗壓力は 1,100°C 以上では水中冷却のも

第 25 圖



のは空中冷却のものよりも低く 1,100°C 以上では反対となるが抗壓耐力に就ては水中冷却、空中冷却兩者の間に規則的關係を見出されぬ。

(ホ) 1,150°C より爐中冷却せるもの、機械的性質。D鋼片にて作れる試験片を 1,150°C より爐中冷却し各種の機械的試験に供せるに次の如き値を與へた。

靜的及動的抗張試験

平行部直径 10mm の試験片につき次の値を得た。

	靜的	動的
抗張力 $kg/mm^2$	65.7	—
吸收勢力 $Mkg/mm^2$	—	1.38
耐力 $kg/mm^2$	26.5	—
伸面 (35mm) %	59	23.3
積 %	66	55.4

スタントン反覆打撃試験

ハンマーの高さ(吋)	0.7	1.5	3.0
打撃回数	7832	1431	502

衝擊試験

試験片溝	試験機能力	吸收勢力 $Mkg/cm^2$
アイゾット 45° V型深さ 2mm	30Mkg	16.73
シャービー U型深さ幅各 2mm	"	18.54

即ち爐中冷却せるものは同一温度より水中冷却せるものに比し著しく靱性を減ずることが知られる。

V. 不銹鋼の耐酸化性

耐酸化性を檢する爲め、表面を美しく磨きたる No.1 及 No.3 不銹鋼を電氣爐中に入れ空氣の存在に於て常溫乃至 1,050°C に 20 分間保持し、空中冷却せる後酸化膜の色を檢した。其結果は次の如し。

加熱温度°C	No.1不銹鋼の色	No.3不銹鋼の色
20	着色せぬ	着色せぬ
100	"	"
150	"	"
200	"	"
250	黄色となり始む	黄色となり始む
300		
350	黄褐色となる	
400	黄紫色となる	
450		
500		黄褐色となる
550		黄紫色があらはる
600	紫色となる	
650	水色となる	紫色となる
700		水色となる
750		黄灰色となる
800	灰色となる	"
850	"	灰色となる
900	薄いスケールを生ず	"
950	"	薄いスケールを生ず
1000	稍厚いスケールを生ず	"
1050	"	"

即ち黄色酸化膜を生じ始むる温度は兩試料共に 250°C 附近からであるが美しき紫色の酸化膜の生ずる温度は No.1 不銹鋼は 600°C 附近、No.3 不銹鋼では 650°C 附近である。又灰色の薄いスケールの生ずる温度は No.1 不銹鋼は 900°C 附近、No.3 不銹鋼は 950°C 附近であるから後者の耐酸化性は前者よりも幾分大なるべく、No.2 不銹鋼は兩者の中間に位するかと思はれる。

此不銹鋼の強大なる耐酸化性は酸化によりて生ずる酸化クロームと酸化鐵の被膜が密着して酸化の進行を防止する爲めでスケールは又局部的に剝離を生ずることは少いから酸化によりて地荒れの生ずることも少い。

## VI. 不銹鋼のオキシ・アセチレン熔接

### (イ) No.1 不銹鋼のオキシ・アセチレン熔接

No.1 不銹鋼の A と同質の厚さ 4 mm, 幅 30 mm, 長さ 110 mm の試験片の一端を両面から削稜し、熔接鐸には直径 1 mm の共金を用ひ、還元焰にて両面からオキシ・アセチレン熔接を試みた。

No.1 不銹鋼は前記の如く高温度から空中冷却すると往々にして硬化する性質があり、且つ熔接部の肉の盛上りを其儘にして試験せば試験片の横断面積の不同の影響も加はるからかゝるものを熔接し放しの儘で抗張試験を行ふも熔接の良否を判定することは困難である。

故に熔接後最も軟くなる状態に焼鈍し、又熔接部の盛肉を削り去る必要がある。

依つて上記の如く熔接せる No.1 不銹鋼の試験片を 750°C に焼鈍し爐中冷却後熔接部の盛肉を削つて抗張試験を試みたが皆熔接部から切斷せられて次の如き値を與へた。(試験片寸法 = 3.7 × 26 mm)

抗張力 kg/mm <sup>2</sup>	耐力 kg/mm <sup>2</sup>	伸(50mm) %
44.5	25.0	4
40.2	24.0	4
31.5	25.0	1

尙試験後破断面を見るに中央に幅 0.5~1.0 mm 位黄綠色を呈して熔接せられない部分がある。此種不銹鋼の熔接せざるものを 750°C に焼鈍せるものは抗張力 53 kg/mm<sup>2</sup> 耐力 30 kg/mm<sup>2</sup> 伸 19% 位であるから上記成績は甚だ劣悪であると言はねばならぬ。

斯の如き成績不良の主原因は熔接中熔接面に容易に熔解せざる薄膜を生ずるにある。これは一面を熔接し終り次に裏面を熔接する際に特に甚だしいのであるが此ものが熔接を妨ぐる外に熔接鐸から滴下する熔鋼の湯流れが悪く熔接部を十分に填充しない爲めに片面からの熔接の場合の如きは往々熔接部に合せ目が残るのみならず、熔接鐸も亦其先端から熔鋼が順次滴下せず、熔解せざる稍長く寸斷せられたる小片が熔接面に落下し、これが又容易に熔解しない事等も熔接を困難ならしめる原因である。熔接面に熔解し難き膜の出来るのはたとへ還元焰を用ひて熔接しても焰の周邊は酸化焰となるを免れないから、未だ熔接せられない部分の熔接面が酸化せられる爲めである。此酸化膜は Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> FeO の如き組成を有し、其熔解點甚だ高く、(約 1,800°C 位) 而も前節に述べた様に此膜は地金に密着して剝離し難く且つ容易に還元せられないのは熔接中夾雜物として内部に止まり易いのである。

又熔接鐸が熔解せず寸斷せられる事のあるのは熔接鐸も熔接中焰の周邊で表面が不齊一に酸化せられ酸化膜の厚い部分は熱傳導が妨げられるが薄い處では傳導がよくて、熔接鐸が細ければ其

部分が容易に熔解せられる。故に必ずしも先端から順次熔解せられないで途中で切斷せられ此小片は稍厚い酸化膜に覆はれてゐるから容易に熔解せられないのである。

故に No.1不鏽鋼の熔接には適當な熔劑を用ひ上記酸化膜と共に比較的低温で熔解するスラッグを作らしむる様にする必要がある。著者に此意味で次の配合の熔劑を用ひて見た。

燒硼砂	30	シリカ	3
石灰	25	フェロシリコン	10
螢石	5	フェロモリブデン	20
鹽化カルシウム	5	アルミニウム	2

熔接の他の條件は全く前同様とし熔接後750°Cに燒鈍し爐中冷却を行ひ盛肉を削りて抗張試験せるに試験片は皆熔接部以外から切斷せられ次の如き好成績を與へた。

(試験片寸法=3.8×26.0 mm)

抗張力 kg/mm <sup>2</sup>	耐力 kg/mm <sup>2</sup>	伸(50mm) %
50.6	27.0	17
48.8	26.0	17
48.6	26.0	17

上記熔劑の機能は甚だ不十分なものではあるが熔劑なき場合に比すれば相當の成績を擧げることが出来る。更に酸化膜と共に一層熔解點の低きスラッグを早く作るが如きものを工夫し、熔接鐸としては稍太目のものを使用せば熔接効果を完全ならしむること必ずしも難事でないと思へる。

(ロ) No.3 不鏽鋼のオキシ、アセチレン熔接

No.3 不鏽鋼 D と同質の厚さ 4mm、幅 30mm、長さ 110mm の試験片の一端を両面より削稜し、熔接鐸には直径3mmの共金を用ひ、No.1 不鏽鋼の場合と同様に還元焰にて熔接し熔接後 1,150°C より水中冷却し盛肉を削りて抗張試験せるに試験

片は皆熔接部から切斷せられ次の如き結果を與へた (試験片寸法=3.5×26.0 mm)

抗張力 kg/mm <sup>2</sup>	耐力 kg/mm <sup>2</sup>	伸(50mm) %
35.0	28.0	6
46.7	28.0	9
45.6	28.0	9

此種不鏽鋼の熔接せざるものを同様に熱處理せるものは抗張力 66.6kg/mm<sup>2</sup>、耐力 22.0kg/mm<sup>2</sup> であるから、これに比較すれば上記の成績は甚だ不良である。尙試験片の破斷面の中央部には幅 0.5~1.0mm 位綠色を呈して全く熔接せられてない部分がある、これは生成酸化膜が NO.1 不鏽鋼同様其熔解點甚だ高く且つ一層剝離せられ難い爲めに起る現象であらう。

依つて No.1不鏽鋼の熔接に使用せると同様の熔劑を使用して熔接し、同一處理後抗張試験を行つたが試験片は皆熔接部から切斷せられ次の如き甚だ不良なる成績を與へた (試験片寸法=3.5×26.0 mm)

抗張力 kg/mm <sup>2</sup>	耐力 kg/mm <sup>2</sup>	伸(50mm) %
31.9	29.0	3
32.2	29.0	3
37.2	29.0	6

試験片の破斷面には處々に氣泡様のものあり、これを中心として黄色乃至薄青色を呈する部分が廣がり充分に熔接せられてない、これは熔劑中のフェロモリブデンと鋼中のニッケルとの作用によるものと考へられるので更に次の配合の熔劑を用ひて見た。

燒硼砂	30	鹽化カルシウム	5
鹽化アンモン	5	シリカ	20
石灰	5	アルミナ	5
過酸化マンガ	5	フェロシリコン	5
螢石	5	フェロモリブデン	5
アルミニウム	5	フェロマンガ	5

總て前同様に熔接し前同様に處理して抗張試験を行へるに今度も試験片は何れも熔接部から切斷

せられたが其成績は次の如く良好であつた。(試験片寸法=3.7×25.0mm)

抗張力 kg/mm <sup>2</sup>	耐力 kg/mm <sup>2</sup>	伸 (50mm) %
59.4	29.0	26
54.8	26.0	19

切斷部の附近には試験片の表面に褶が出来るがこれは熔接部が高温度に加熱せられて此部分の結晶が著しく發達する故であらう。又熔接中の現象を注意するに、上記配合の熔劑を用ふることにより熔接面の酸化膜の熔解は甚だ早くなり且つ熔鋼の湯流れもよくなる様であるが未だ充分満足せられない。但し No.3 不銹鋼の如きオーステナイト鋼では前述の通り加熱温度が高くなる程抗張力は低下するから熔接試験片を最も軟かい状態に焼鈍して熱處理不同の影響を除去して比較することは全然不可能のことであるから、上記の程度の成績は相當佳良と考へてもよいであらう。

(ハ) No.2 不銹鋼のオキシ・アセチレン熔接。

No.2 不銹鋼は其成分より見て No.1 又は No.3 不銹鋼と同様に熔接せられるであらうと考へられるので

C%	Si%	Mn%	Ni%	Cr%	P%	S%	Cu%
0.18	0.531	0.60	1.18	17.95	0.031	痕斷	0.081

なる配合の厚さ 2mm の板を前同様両面より削稜し共金の熔接鋸と No.3 不銹鋼の場合と同様の熔劑を用ひ還元焰にて熔接し 1,050°C より空中冷却後 750°C に焼戻し盛肉を削りて試験せるに次の如き結果を與へた。(試験片寸法 = 2.0×16.0 mm)

抗張力 kg/mm <sup>2</sup>	耐力 kg/mm <sup>2</sup>	伸 (50mm) %
85.2	57.0	6
83.6	58.0	6

No.2 不銹鋼の熔接せざるもの(抗張力=85.8kg/mm<sup>2</sup>、耐力=57.0kg/mm<sup>2</sup>、伸=16%)に比し成績相當佳良であると言へる。猶ほ参考の爲めに熔劑を

使用せざるもの、成績を示せば次の如くで

抗張力 kg/mm <sup>2</sup>	耐力 kg/mm <sup>2</sup>	伸 (50mm) %
57.2	55.0	2
64.7	56.0	2

成績甚だ不良である。破斷面中央部には No.1, No.3 不銹鋼の場合と同様熔接せられてない部分が残る。

これを要するに不銹鋼の熔接には、

- 熔接面及熔接鋸の表面の酸化物を除去して用ふること
- 熔接鋸は共金とし稍太きものを用ひ
- 適當の熔劑を使用し
- 還元焰の稍大なるものを用ひ
- 且つ早く熔接し
- 場合によりては後退熔接すれば

左程困難なく熔接せられ相當の成績が得られる

VII. 不銹鋼の腐蝕試験

不銹鋼の一般耐腐蝕性を見る爲めに次記の如き試料(寸法=30×50mm)を硫酸、硝酸、鹽酸、醋酸及食鹽の n/10 溶液 500cc 中に各 1ヶ宛浸漬、常温に放置し、1 週間毎に重量減を測定して、4 週間腐蝕試験を施行した。なほ溶液は 1 週間毎に新換した。

試料種別	状態
No.1 不銹鋼 (A鋼板) 及 No.3 不銹鋼 (C鋼板)	1) 常温壓延の儘
	2) 750°C, 焼鈍
	3) 1000°C, 空中冷却
No.2 不銹鋼 (A鋼管)	4) 同上後 650°C, 焼戻
	5) 1100°C, 水中冷却後 1050°C より空中冷却後 450°C に焼戻

腐蝕試験結果は第 1~第 3 表の如く、各試料の腐蝕度は、これに加ふる熱處理によつて大いに異なるも、概観すれば No.1 不銹鋼は最も腐蝕に弱く、No.2 不銹鋼これに次ぎ No.3 不銹鋼は耐蝕性最大である。唯 1/10 規定の食鹽水に對してのみは No.1, No.3, No.2 の順に耐蝕性を増加す。



第 1 表 No. 1 不 鏽 鋼 (A)

熱 處 理	溶 液	初 重 量 (g)	重 量 減 少 (g)			
			7 日 後	14 日 後	21 日 後	28 日 後
常 溫 壓 延 の 儘	$\frac{N}{10} H_2 SO_4$	15.0247	2.4023	2.4029	2.4033	2.4034
	$\frac{N}{10} HNO_3$	14.9032	0.0047	0.0050	0.0052	0.0052
	$\frac{N}{10} HCl$	15.1523	0.5089	0.5211	0.9492	1.6570
	$\frac{N}{10} CH_3 COOH$	14.5895	0.0021	0.0022	0.0023	0.0024
	$\frac{N}{10} NaCl$	14.5635	0.0115	0.0130	0.0230	0.0300
750°C, 燒 鈍	$\frac{N}{10} H_2 SO_4$	14.8445	1.2969	1.2970	1.2971	1.2972
	$\frac{N}{10} HNO_3$	15.0723	0.0207	0.0213	0.0229	0.0228
	$\frac{N}{10} HCl$	14.5078	0.6228	1.2214	1.3620	1.3767
	$\frac{N}{10} CH_3 COOH$	14.6582	0.0022	0.0064	0.0078	0.0078
	$\frac{N}{10} NaCl$	14.8580	0.0016	0.0022	0.0035	0.0037
1000°C, 空 中 冷 却	$\frac{N}{10} H_2 SH_4$	14.8310	2.4635	3.9867	3.9878	5.4741
	$\frac{N}{10} HNO_3$	14.6841	0.1416	0.1435	0.1464	0.1463
	$\frac{N}{10} HCl$	14.0968	0.5803	1.0852	1.4379	1.8710
	$\frac{N}{10} CH_3 COOH$	13.4781	0.0543	0.0560	0.0568	0.0579
	$\frac{N}{10} NaCl$	13.8358	0.0393	0.0575	0.0726	0.0386
1000°C, 空 中 冷 却 650°C, 燒 戻	$\frac{N}{10} H_2 SO_4$	14.7770	0.7786	0.7846	0.8054	0.8062
	$\frac{N}{10} HNO_3$	14.6841	0.2110	0.2131	0.2145	0.2154
	$\frac{N}{10} HCl$	14.3653	0.2968	0.3228	0.6970	1.2340
	$\frac{N}{10} CH_3 COOH$	14.9719	0.0938	0.1004	0.1013	0.1028
	$\frac{N}{10} NaCl$	14.6037	0.0506	0.0667	0.0675	0.0845
1100°C, 水 中 冷 却	$\frac{N}{10} H_2 SO_4$	13.2117	1.3470	2.4883	4.0914	5.3584
	$\frac{N}{10} HNO_3$	13.6541	0.5553	0.5568	0.5576	0.5583
	$\frac{N}{10} HCl$	13.7467	0.5884	0.6025	0.6078	1.1791
	$\frac{N}{10} CH_3 COOH$	13.7488	0.1959	0.1965	0.1964	0.1967
	$\frac{N}{10} NaCl$	13.3175	0.0705	0.1247	0.1367	0.1406

第 2 表 No. 2 不 鏽 鋼 (A)

熱 處 理	溶 液	初 重 量 (g)	重 量 減 少 (g)			
			7 日 後	14 日 後	21 日 後	28 日 後
1050°C, 空 中 冷 却 450°C, 燒 戻	$\frac{N}{10} H_2 SO_4$	23.6534	0.4355	0.4368	0.4372	0.4370
	$\frac{N}{10} HNO_3$	22.1338	0.0050	0.0052	0.0056	0.0055
	$\frac{N}{10} HCl$	21.9509	0.3773	0.3938	0.4109	0.4271
	$\frac{N}{10} CH_3 COOH$	22.3603	0.0057	0.0059	0.0060	0.0057
	$\frac{N}{10} NaCl$	22.7457	0.0016	0.0017	0.0017	0.0018

第 3 表 No. 3 不 銹 鋼 (D)

熱 處 理	溶 液	初 重 量 (g)	重 量 減 少 (g)			
			7 日 後	14 日 後	21 日 後	28 日 後
常 温 壓 延 の 儘	$\frac{N}{10}$ $H_2SO_4$	15.1674	0.0635	0.0638	0.0640	0.0641
	$\frac{N}{10}$ $HNO_3$	15.0616	0.0031	0.0040	0.0051	0.0052
	$\frac{N}{10}$ $HCl$	15.1492	0.0682	0.0685	0.0686	0.0687
	$\frac{N}{10}$ $CH_3COOH$	15.4947	0.0018	0.0023	0.0024	0.0023
	$\frac{N}{10}$ $NaCl$	15.0213	0.0020	0.0022	0.0023	0.0025
750°C, 焼 鈍	$\frac{N}{10}$ $H_2SO_4$	15.1106	0.0486	0.0492	0.0500	0.0501
	$\frac{N}{10}$ $HNO_3$	15.0828	0.0227	0.0232	0.0248	0.0246
	$\frac{N}{10}$ $HCl$	15.6831	0.0384	0.0389	0.0402	0.0406
	$\frac{N}{10}$ $CH_3COOH$	15.5334	0.0065	0.0068	0.0078	0.0073
	$\frac{N}{10}$ $NaCl$	15.5425	0.0012	0.0015	0.0027	0.0028
1000°C, 空 中 冷 却	$\frac{N}{10}$ $H_2SO_4$	15.4808	0.1243	0.1249	0.1257	0.1248
	$\frac{N}{10}$ $HNO_3$	15.0658	0.0968	0.0982	0.0987	0.0979
	$\frac{N}{10}$ $HCl$	14.8832	0.1141	0.1159	0.1160	0.1157
	$\frac{N}{10}$ $CH_3COOH$	14.9548	0.0811	0.0834	0.0844	0.0848
	$\frac{N}{10}$ $NaCl$	15.1505	0.0224	0.0245	0.0258	0.0267
1000°C, 空 中 冷 却 650°C, 焼 戻	$\frac{N}{10}$ $H_2SO_4$	15.1254	0.1058	0.1056	0.1063	0.1063
	$\frac{N}{10}$ $HNO_3$	15.5325	0.0765	0.0770	0.0775	0.0780
	$\frac{N}{10}$ $HCl$	15.5680	0.0972	0.0999	0.1020	0.1035
	$\frac{N}{10}$ $CH_3COOH$	15.5365	0.0800	0.0803	0.0803	0.0809
	$\frac{N}{10}$ $NaCl$	15.5853	0.0457	0.0472	0.0482	0.0505
1100°C, 水 中 冷 却	$\frac{N}{10}$ $H_2SO_4$	14.9075	0.0874	0.0876	0.1875	0.1883
	$\frac{N}{10}$ $HNO_3$	15.4037	0.1348	0.1966	0.1374	0.1382
	$\frac{N}{10}$ $HCl$	14.9723	0.1318	0.1351	0.1352	0.1352
	$\frac{N}{10}$ $CH_3COOH$	15.5460	0.1183	0.1191	0.1193	0.1196
	$\frac{N}{10}$ $NaCl$	15.5114	0.0355	0.0561	0.0573	0.0587

VIII. 結 論

以上の研究結果を綜合するに

(1) No. 1, No. 2, No. 3 不銹鋼にて鋼板を製造することは容易であるが常温引抜に對しては、No. 1 不銹鋼は特殊の減磨效果なく、No. 2 不銹鋼は更に其動的靱性は靜的靱性に等しくして其數値が小さく、No. 3 不銹鋼は特殊減磨效果の無い外に動的靱性が靜的靱性よりも小さく且つ動的變形に要するエネルギーが甚だ大である等好

都合ならざる條件がある爲めに No. 1, No. 2,

No. 3 不銹鋼の順に次第に常温引抜困難となり又 No. 3 不銹鋼の高温穿孔も注意を要するが故に鋼管の製造は比較的困難であるが不可能ではない。No. 1, No. 2, No. 3 不銹鋼に微量のモリブデンを加ふれば常温引抜大いに容易くなる。

(2) No. 1, No. 2, No. 3 不銹鋼板、鋼管の航空機構造用材としての大なる缺點は強度大ならざること、熔接困難なること等である。従つて

小型の輕快にして強きことを主とする戦闘機、偵察機の如きもの、構造用としては適しないかと思はれる。

(3) 但し前述の如き方法で熔接すれば相當の良成績が得られるから、將來大型航空機の構造用として、熔接して用ひられる場合が多く起るであらう。

(4) No. 1, No. 2, No. 3 不銹鋼は何れも他の航空機用合金鋼に比して著しく一般耐蝕性が大であるから、大型飛行艇、飛行船の如き必ずしも輕快なることのみを主とする必要ない航空機の構造用としては極めて適當のものである。但し食鹽水に對する耐蝕性は左程大きくないから更に海水に對して耐蝕性の大なる不銹鋼を研究する必要があるであらう。

(5) No. 1 不銹鋼は高溫度より空中冷却後焼戻して耐力の最大となる状態に於て使用するを適當とすべく、從つて其炭素含有量の規格は約0.15%程度とするのが適當であらう。

(6) No. 2 不銹鋼も亦高溫度より空中冷却後焼戻して使用するを適當とすべく、其機械的性質は No. 1 不銹鋼に比し左程改善はせられないが、食鹽水に對する耐蝕性は 3 種中最大であるから、海軍用航空機の構造用材として、海水による腐蝕の恐れある部分に No. 1 不銹鋼に代用すべきものである。

(7) No. 3 不銹鋼の耐力は No. 1 又は No. 2 に比して劣る様であるが靱性はこれ等よりも著しくよく、一般耐蝕性も亦食鹽水以外に對しては概して優るが故に、これ又航空機構造用材として必要のものであらう。

(8) 應力が材料の彈性限に比して小なる場合

の耐久力は、大體彈性限に比例し彈性限の高き材料程大であるから、小なる衝擊を受くる部分の構造用としては、No. 1 又は No. 2 不銹鋼を用ふるのが適當であり、これ等に加ふべき熱處理は彈性限を最大ならしむる様にする必要がある。從つて其當然の結果として靱性は一般に最小となる。

(9) 材料の彈性限に比して甚大なる衝擊が往々加へられる様なことがある場合には、耐久力は材料の靱性の函數で、靱性の大なるもの程大であるから、例へばフロートの如きもの、構造用材としては No. 3 不銹鋼が適當であり、これに加ふべき熱處理は靱性を最大ならしむる様に行ふべきである。從つて多くの場合彈性限は最小となる。

(10) 應力が上述の中間の場合には、耐久力は彈性限と靱性ととの函數であるから、No. 1 又は No. 2 不銹鋼を焼鈍して又は稍高き溫度に焼戻して用ふるか又は No. 3 不銹鋼に常溫加工を施して用ふべきである。

(11) No. 1, No. 2 及 No. 3 不銹鋼管に常溫引拔を加へたもの、抗壓耐力は、炭素鋼管其他の場合と同様抗張耐力に比して著しく小さく、これを低溫焼鈍すれば抗壓耐力は焼鈍溫度の上昇と共に次第に増加し、遂に最大となり、更に焼鈍溫度を上ぐれば急に降下するが故に、これ等の不銹鋼管を常溫引拔後大なる壓縮應力の加はる部分に使用する必要あるときは、抗壓耐力を最大ならしむる溫度に焼鈍して使用する必要がある。

(12) 不銹鋼は Galvanic action による腐蝕が起り易しいから No. 1, No. 2, No. 3 不銹鋼の使用には異種の金屬、合金と接觸せしめぬ様注意する必要がある。