

屑鐵及び高純海綿鐵を原料とせる各種鋼材の 機械的性質の比較*(第三報) (ニツケルクロム鋼に就いて)(1)

(第 21 回講演大會講演 昭 14 年 4 月)

熱 田 友 二**

COMPARISON OF THE MECHANICAL PROPERTIES OF STEELS MADE FROM SCRAP IRON AND FROM SPONGY IRON. PART III: ON NICKEL-CHROMIUM STEEL (1)

Tomozu Atuta

As for the abstract of the general content, refer to the July 1941 issue, p. 471

目 次

I 緒 論

II 試験片の製作

1. 海綿鐵を原料とせるニツケル・クロム鋼の熔製
2. 屑鐵を原料とせるニツケル・クロム鋼の熔製
3. 鍛錬及び軟化焼鈍
4. 試験片の仕上げ

III 試験片の熱処理

1. 焼 入
2. 焼 戻

IV 機械試験とその結果

V 試験結果の考察

1. A, B同番號鋼(組成の等しきもの)を同熱處理せるもの同士の比較
2. 各種鋼の機械的性質を同熱處理のもの同士平均せる比較
3. 同番號鋼の熱處理を異にせるものゝ比較
4. A鋼の靱性を減少せしめることなくして抗張力を増ししめる爲 W, Mo, Ti, V を配合して B 鋼の然らざるものとの比較
5. 抗張力の等しいものに就て伸, 絞, 衝撃値の比較(鋼種及び熱處理隨意)
6. 伸の等しいものに就て抗張力, 絞, 衝撃値の比較(鋼種及び熱處理隨意)
7. 衝撃値の等しいものに就て抗張力, 伸, 絞の比較(鋼種及び熱處理隨意)
8. 最高強靱鋼同士の比較(鋼種及び熱處理隨意)
9. 抗張力試験の應力歪曲線の形狀より統計的に見たる安全性の比較

VI 各比較に現れたる海綿鐵と屑鐵との優劣

I. 緒 論

本報は前報炭素鋼の比較研究と共にニツケル・クロム鋼に就て比較せる結果である。

* 本研究は東北帝國大學教授岩瀬慶三博士の御指導に由り東北帝國大學金屬材料研究所に於て昭和 9 年 4 月より 14 年 7 月の間に於て行はれたものである。

** 本溪湖特殊鋼株式會社

強靱構造用特殊鋼としてニツケル・クロム鋼はその王座を占めるものであつてクロム・モリブデン鋼と共に高級なものとせられ、之に Mo を添加せるニツケル・クロム・モリブデン鋼の如きは最高級の構造用特殊鋼とされてゐる。而して構造用強靱鋼の改良研究は最近尙盛に行はれつゝあるも、此等を通觀するに一定以上の伸, 衝撃抗力或は疲勞耐久性を有し且出来るだけ抗張力降伏點の高いものを得んとするものなるも何れも單に成分上の工夫にすぎざるが故にその改良は遅々たるもので或はマンガン・クロム鋼, マンガン・クロム・モリブデン鋼, ニツケル・クロム・タングステン・モリブデン鋼等の出現となれるもニツケル・クロム・モリブデン鋼と五十歩百歩のものが多い。

抑も鋼の焼入効果を良くする元素は Ni, Cr, Mn, Mo 等であるから之等を適當に配合すれば多少とも高級品が出来るはずである。之等特殊元素が炭素鋼に添加された場合

- 1) 變態溫度を下降させ變態速度を遅緩させるもの $Ni, Mn,$
- 2) 變態溫度を上昇させるが變態速度を遅緩させるもの Cr, W, Mo
- 3) 變態溫度を上昇させ變態速度を増加さすか或は殆ど影響のないもの Si, Ti, V, Co, Al, P
- 4) 變態の溫度及び速度に殆ど影響のないもの Cu, S 等

等の區別がある。これは要するに 1) と 2) に屬する特殊元素を炭素鋼に添加すれば焼入の冷却速度が餘り速かたなくとも Ar' は阻止せられて Ar'' に於てマルテンサイトが出来るのである。3) 及び 4) に屬する元素は焼入の見地からは意味のないものである。

以上は $Fe-C-X$ 三元系の事であるが $Fe-C-X-Y$ 或はそれ以上の非常に複雑な特殊鋼を作るとその鋼の諸性質は勿論の事その鋼に自硬性ありや否やまでも三元系等からは想像し得ない場合が多く、その場合場合に実験しなければならぬのである。ニッケル・クロム・モリブデン鋼型のものは構造用強靱鋼として最高級に属するものだと述べたがこの型の鋼成分を若干變化さすとか、更に特殊元素を加へて改良せんとするならば熱傳導が増々悪くなつて Ar_1 以上の冷却の際空气中で容易に焼が入り、從て鍛造壓延等の熱間加工、熱處理等に特に注意せざれば熱歪を生じたり或は割れを生じたり又熱處理の溫度範圍も割合に狭くなるとか機械加工困難になるとか等々特殊鋼の改良も仲々難しいものである。一般に特殊鋼は獨特の長所を有すると共に一方に於て缺點をも有するものである。ニッケル・クロム鋼に於ても鋼塊の樹狀晶の性質白點及び焼戻脆性現象等複雑なる問題はニッケル・クロム鋼が構造用強靱鋼の王座を占めてゐるだけに餘りにも有名である。

構造用強靱鋼の成分配合、熱處理等の進歩發展は近々十數年來物理冶金の發展と共に急速の進歩を見たがこの上特殊鋼を更に改良するには今日まで餘りに多くの問題を未解決のまま進んで來たので行きつまつた觀がある事は已に述べた。

岩瀬博士の説に由ればこの先の發展は先づ地金原料及び脱酸劑による改良から進まなければならぬとし識者間にもこれは重要な時事問題となつてゐるやうである。

著者はこの見地に從ひ本溪湖製海綿鐵を地金とせる特殊鋼の改良を目指し只今その研究途上にあるもので本報は先づ本溪湖製海綿鐵及び屑鐵を地金とせる第1種~第4種のニッケル・クロム鋼を同一狀況のもとに製作し兩者を比較せるものである。脱酸劑の見地よりする工夫は全然抜きにして、唯單なる原料地金の相違が同一熔解法の下に於ても鋼材の機械的性質に差違を招來するや否やを吟味する目的である。即ち海綿鐵の持味を極度に發揮せしめる研究(後報)の前驅をなすのである。尙本報告中の各種試料の炭素量は規格の最高限度を狙つて配合したものの許りで規格の範圍内で炭素量を中庸又は最低限度に保つての比較研究は海綿鐵の靱性より見て不必要と考へられたから省いてしまつた。

最後に本研究は容量僅に 9 kg の實驗用小型高周波爐により作れる小鋼塊について行はれたものなる事を重ねて御断りしておく。

II. 試験片の製作

1. 海綿鐵を原料とせるニッケル・クロム鋼の熔製 地金原料は炭素鋼の場合と同一、(0.095 C , 0.035 Si , 0.05 Mn , 0.009 P , 0.006 S) のもので計算量の原料とモンドニッケルを高周波爐に裝入し石灰と螢石或はガラスと硼砂の混合物でカバーして熔解した。ルツボは黒鉛ルツボを使用しアルミナ或はマグネシヤで内張り炭素鋼の場合と全く同様である。先づ原料が熔け落ると少量のフェロマンガ及びフェロシリコンを加へて湯の荒れを防ぎ次にフェロクロム、フェロタングステン、フェロモリブデン、白銑、フェロワナヂン、フェロチタンの順でフェロアロイを加へ最後にフェロマンガ、フェロシリコンを加へて脱酸し金型に鑄込んだもので、鋼塊の大きさは炭素鋼の場合と同様約 55 mm 角長さ 310 mm 全重量約 9 kg のものである。熔解時間は平均 $3\text{ h } 10\text{ mn}$ を要した。使用した諸材料は次の如きものである。

イ) 地金原料一本溪湖製海綿鐵を高周波爐により一度熔したもので炭素鋼に就て比較せるとき使用せるものと同一のものである。

ロ) 白銑-炭素鋼の場合使用したものと同様本溪湖製海綿鐵とレトルトカーボンを以つて高周波爐で作れる約 $4\% \text{ C}$ のもの。

ハ) ニッケル-モンドニッケル	ニ) フェロクロム	$60\% \text{ C}$
ホ) フェロタングステン $70\% \text{ W}$	ヘ) フェロモリブデン	$81\% \text{ Mo}$
ト) フェロワナヂン $41\% \text{ V}$	チ) フェロマンガ	$95\% \text{ Mn}$
リ) フェロシリコン $97\% \text{ Si}$	ヌ) フェロチタン	$55\% \text{ Ti}$

2. 屑鐵を原料とせるニッケル・クロム鋼の熔製 屑鐵としては炭素鋼の場合と同様八幡製鐵所製平爐軟鋼 (0.13 C , 0.02 Si , 0.4 Mn , 0.02 P , 0.05 S) を使用し、白銑はこの軟鋼とレトルトカーボンより作つたもので約 $4\% \text{ C}$ のものである。これを原料とせるニッケル・クロム鋼の熔製方法順序等は全く 1. と同様で熔解時間は大體 $2\text{ h } 40\text{ mn}$ である。

以上ニッケル・クロム鋼を作るにあつてアルミニウムは全然使用しなかつた。脱酸は凡てフェロマンガ、フェロシリコンを以てする事とし各鋼種によりその量は若干變化させたもので軟鋼には Mn が已に相當多量に含有せられてゐたので從て軟鋼を原料としたニッケル・クロム鋼は本溪湖製海綿鐵を原料としたニッケル・クロム鋼に比較してその分析結果は Mn の量が高い事となつた。分析試料

は鑄込直前に採つたもので、各鋼塊の分析成分を示すと第1表の如くである。Aは原料海綿鐵、Bは屑鐵なるを示す。

第 1 表

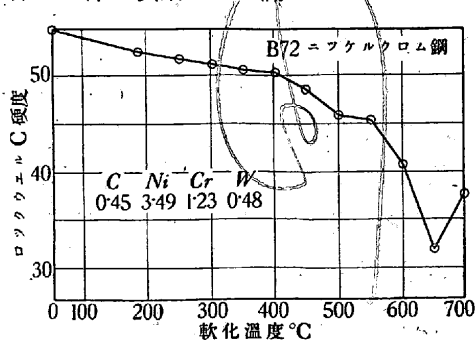
鋼種	化 學 成 分(重量%)										備考	
	C	Ni	Cr	W	Si	Mn	Ti	V	Mo	P		S
A200	0.29	3.53	0.74	—	0.07	0.57	—	—	—	0.01	0.02	金研分析
B200	0.31	3.46	0.78	—	0.51	0.85	—	—	—	0.00	0.03	〃
A201	0.28	1.94	0.78	—	0.21	0.57	—	—	—	0.01	0.01	〃
B201	0.30	2.00	0.70	—	0.10	0.40	—	—	—	—	—	分析セツ
A202	0.33	1.94	0.70	0.80	0.24	0.64	0.05	0.05	0.67	0.00	0.02	金研分析
B202	0.43	2.00	0.78	0.79	0.39	1.09	0.05	0.03	0.47	0.00	0.03	〃
A203	0.47	1.69	0.52	—	0.25	0.63	—	—	—	0.00	0.01	〃
B203	0.46	1.71	0.53	—	0.42	1.09	—	—	—	0.00	0.03	〃
A204	0.45	1.70	0.56	0.80	0.33	0.57	0.04	0.05	0.66	0.00	0.02	〃
B204	0.49	1.69	0.59	0.73	0.53	1.09	0.04	0.03	0.63	0.00	0.03	〃
A210	0.40	2.95	0.75	—	0.40	0.75	—	—	—	0.00	0.01	〃
B210	0.34	3.18	0.78	—	0.51	1.25	—	—	—	0.00	0.03	〃
A211	0.53	3.02	0.73	0.83	0.42	0.35	0.06	0.05	0.65	0.00	0.02	〃
B211	0.48	2.98	0.78	0.80	0.49	0.83	0.05	0.03	0.56	0.00	0.03	〃
A220	0.33	3.47	0.77	—	0.33	0.49	—	—	—	0.00	0.01	〃
B220	0.34	3.39	0.84	—	0.44	1.08	—	—	—	0.00	0.02	〃

3. 鍛鍊及び軟化焼鈍 鍛鍊温度は第2表に示す如く相當温度高く鍛鍊最終温度はA₃より決して下らぬ事が必要

第 2 表 ニッケル・クロム鋼の鍛鍊温度及び焼入温度

符號	化 學 成 分 (%)							鍛鍊温度	焼入温度(油)
	Ni	Cr	C	Mn	Si	P	S		
A	3.25~3.75	0.55~0.95	0.09~0.18	<0.5	<0.35	<0.035	<0.035	1,100~ 900	780~850
B	4.5	0.85	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃
C	1.25~1.75	0.3~0.7	0.25~0.40	0.4~0.8	〃	〃	〃	〃	820~850
D	2.25~2.75	0.55~0.95	〃	〃	〃	〃	〃	1,100~ 950	820
E	3.25~3.75	0.55~0.95	〃	〃	〃	〃	〃	〃	800~820
F	4.5	<0.8	0.30	1.4~0.8	〃	〃	〃	1,100~1,000	800~830

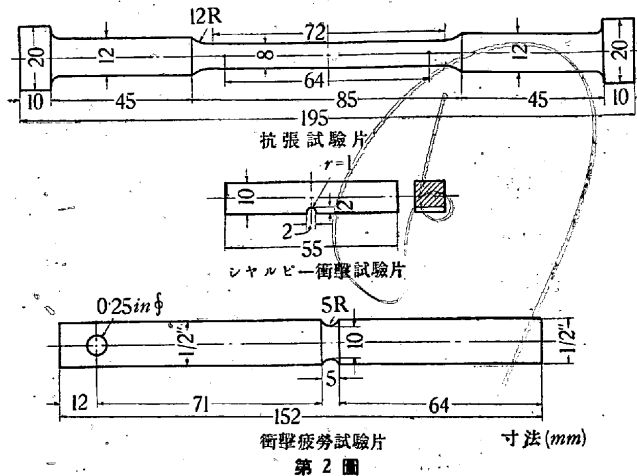
であるとされてゐる。著者は鋼塊を 1,100° 位に加熱したものを空氣槌で鍛鍊し約 15mm φ の丸棒とした。鍛鍊の最終温度は常に 900° 以上になるやう注意したが鋼塊が小さいのと職工の不慣のため仲々厄介な事であつた。この棒より抗張試験片 7 本、シャルピー試験片 15 本を採つた。鍛鍊前の鋼塊横断面積は約 3,000mm² でこれを鍛鍊して作つた棒の横断面積は約 150mm² であるから鍛鍊度は 20



第 1 圖 軟化温度と硬度との關係

である。日本特殊鋼玉置技師の研究によると鍛鍊度が 10 以上だと鍛鍊度が機械的性質に及ぼす影響は殆どない事になつてゐ

るから著者の場合も鍛鍊度は充分である。尙日本標準規格では 3 となつてゐるやうである。之等鍛造品はそのままでは旋盤加工困難であるので一度鉛浴槽中に入れて 800° より焼準した後 650° に焼戻して所謂焼戻軟化法を行つた。この焼戻温度を決定するため種々の焼戻温度による硬度の變化を測定した結果第 1 圖に示す如く大體 650° で焼戻した



ものが最も軟い事を知り他の試験片にも大體 650° を採用し焼戻温度保持時間は 6~4h とし後空中冷却した。これで旋盤加工も充分可能であつた。

4. 試験片の仕上げ

軟化を終ると抗張試験片

は削代 0.5mm を残して荒仕上げしこれを焼入焼戻してから研磨機で仕上げた。シャルピー試験片は軟化したものを仕上寸法まで仕上げ後焼入、焼戻してそのまま試験に供した。試験片の仕上寸法は第 2 圖に示す如し。

衝撃疲勞試験は Pittsburgh Instruments & Machine Co. のものを使用し山田良之助博士等の研究を参考して試験片の寸法等を定めた。衝撃疲勞試験に関する詳細は後述する。シャルピー衝撃試験片は日本標準規格通りの寸法であるが、抗張試験片は日本標準規格第 4 號並に現行陸海軍規格

$$L = 4\sqrt{A}$$

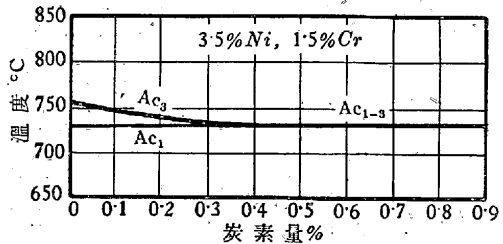
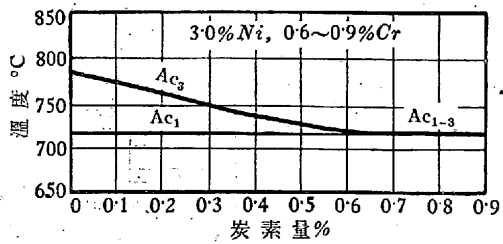
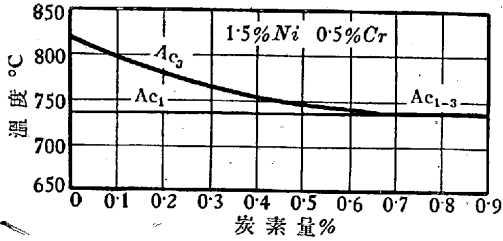
L... 標點距離(mm) A... 平行部横断面積(mm²)

と少しく異なり L は 4√A よりも大きくなつてゐるから著者の實驗で得た伸の値は日本標準規格第 4 號試験片を使用した場合よりも若干小さく出るものと考へられる。特に

高温焼戻せるもの、伸は規格4號試験片の場合の約半分位に出るものと考へられる。

III. 試験片の熱処理

1. 焼入 ニッケル・クロム鋼の變態點は Fe-C-Ni



第3圖

Ti, V 等が加つた複雑なものになると唯一鋼種の變態點を決定するのも伸々容易な事ではない。實用上屢々用ひられる鋼種につき文献に見るもの二三を拾つて見ると Hoyt は第3圖に示す如き *Ni-Cr-C* 間の割合を變へた時の變態點を發表してゐる。

尙玉置、三島兩氏によると夫々第3表、第4表のやうである。又高瀬大佐は第4圖より第11圖に示す如き熱膨脹曲線を揚げてゐる。

第3表 構造用ニッケル・クロム鋼の變態點

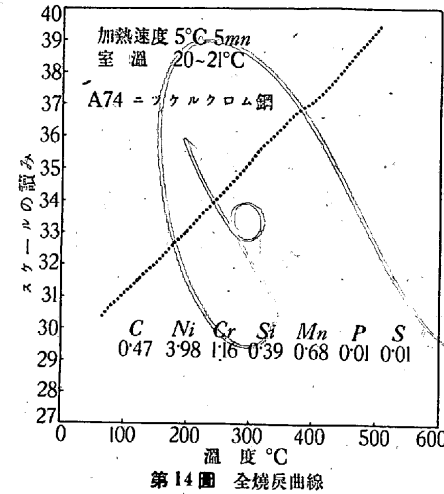
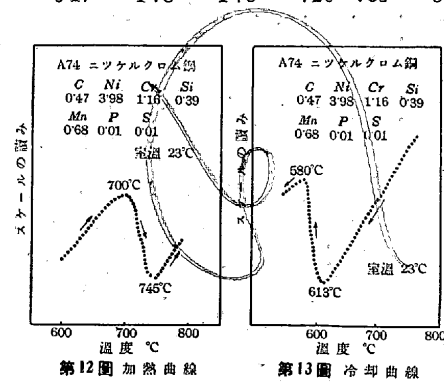
符號	主要成分(%)					Ac ₁	Ac ₃	Ar ₃	Ar ₁
	C	Ni	Cr	Mn	Si				
A	0.13	3.31	0.50	0.42	0.21	710	776	630	560
B	0.15	3.20	0.90	0.50	0.32	710	790	660	580
C	0.12	4.79	0.37	0.48	0.26	700	780	640	500 Ar' 現れず
D	0.29	3.50	0.80	0.45	0.32	710	760	430	360
E	0.36	3.67	0.94	0.46	0.35	710	770	420	350
F	0.28	4.12	1.18	0.43	0.29	705	740	440	370 Ar' 200一部

第4表 ニッケル・クロム鋼の變態區域

C(%)	Ni(%)	Cr(%)	Ac ₁ (°C)	Ar ₁ (°C爐冷)	Ar ₁ (°C空冷)
0.53	0.85	1.02	767~802	718~693	530~590
0.31	1.84	1.04	761~826	721~661	473~360
0.31	3.26	0.98	757~792	683~643	451~362
0.25	4.26	1.06	763~823	554~435	253~195
0.20	5.22	1.02	728~797	474~394	293~196
0.48	0.96	1.68	792~837	737~717	253~127
0.40	0.57	2.08	771~766	771~726	473~373
0.30	1.84	1.98	771~851	771~671	240~240
0.30	4.01	2.00	756~841	427~333	314~178
0.28	3.39	2.00	765~855	490~395	300~190
0.17	1.78	1.78	720~785	360~250	340~177

-Crの四元系状態圖を明かにせざれば總べての配合の場合を盡す事は出来ないしかくの如き状態圖は未だ作られてゐない。之等4元素

の外少量の *Mn, Si* も若干影響をあたへてゐる事も事實であり、更に *Mo, W,*



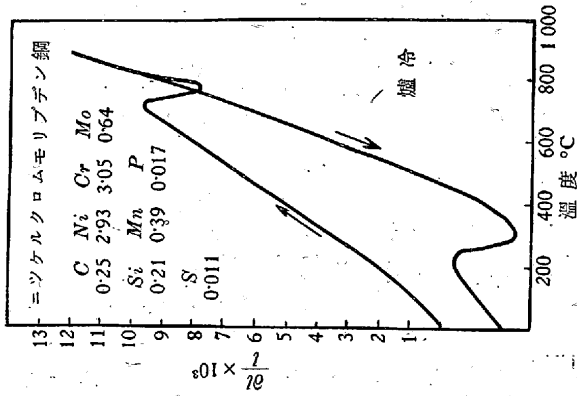
著者等が A74 の試片の *A₁, A₃* を熱膨脹計で測定した結果を示すと第12圖及び第13圖の如くである。

以上の諸結果を参考として焼入温度は全部 830° を採用し焼入温度保持時間は 1h とし約 10° の油中に焼入した。玉置氏によると第3表に示すもの、中 *Ni* 4% 以上を含有する C 及び

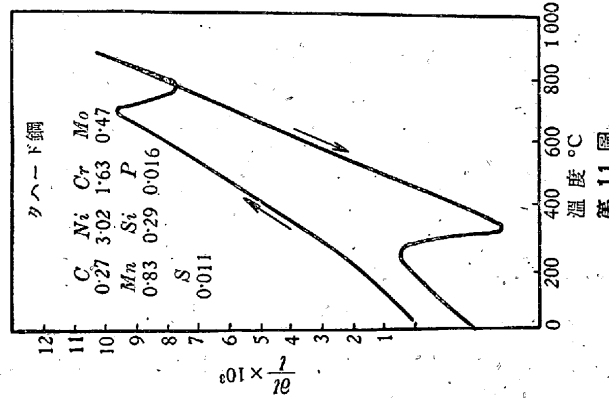
F は自硬性を有し普通の緩冷程度の冷却速度では *Ar₁* 變態を完了しない。C は *Ar'* 變態は現れるが *Ar''* の變態は現れない。F は *Ar'* 變態が一部現れるが全部完了しないで常温以下まで冷却されると述べて居る。このやうに *Ar* が温度を異にして *Ar', Ar''* の二段に分れて起る理由及びその現象の説明は複雑であるから省略する。

2. 焼戻 焼入が終つた後焼戻するのであるが構造用ニッケル・クロム鋼或はこれに *W, Mo* 等の入つたもの、實用上の焼戻温度は 600~700° である。著者等は焼戻による鋼の内部變化を知る可く先づ熱膨脹計による焼戻曲線を作つた。以下山協理學士の測定である。

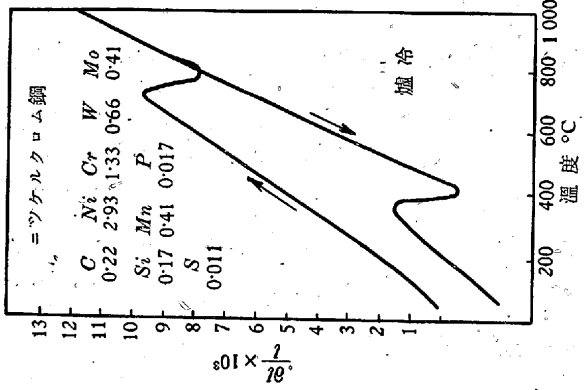
第14圖によると焼戻による鋼の内部變化を充分に説明する事は出来ない。僅に 300~400° に於て残留オーステ



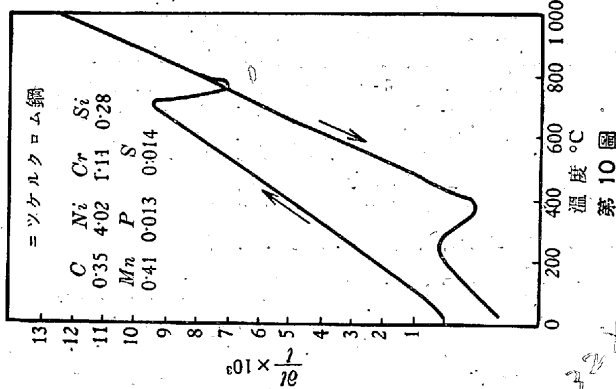
第9圖



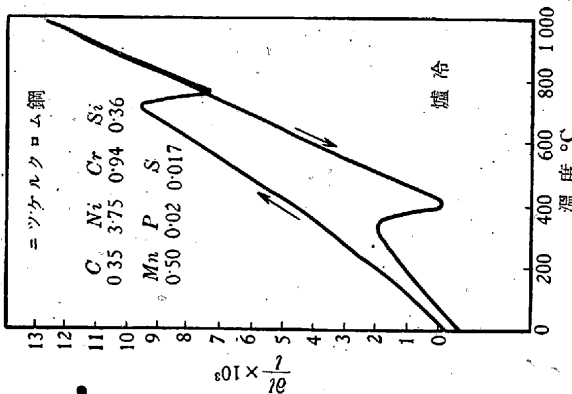
第11圖



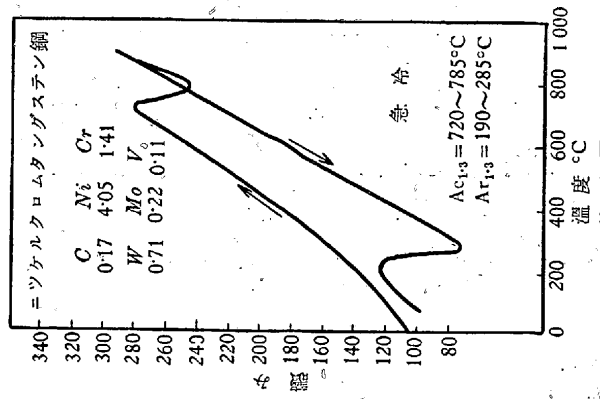
第8圖



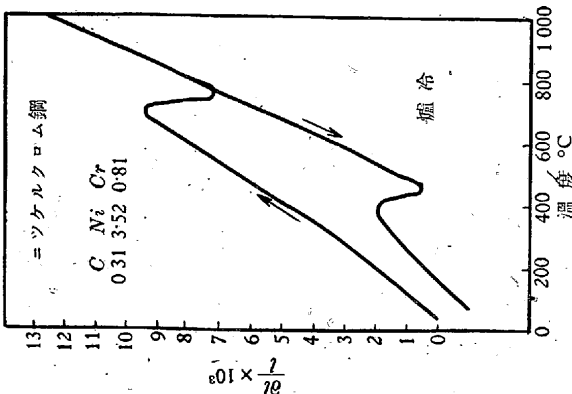
第10圖



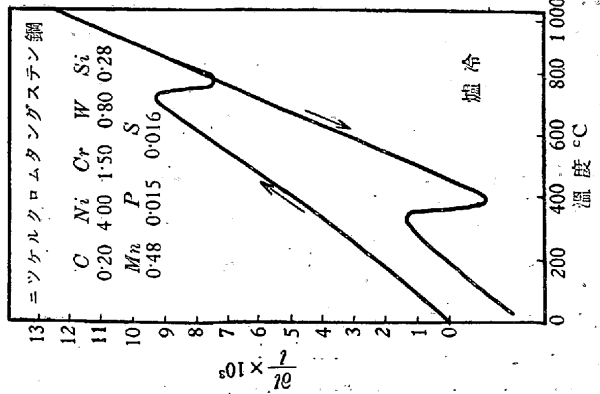
第5圖



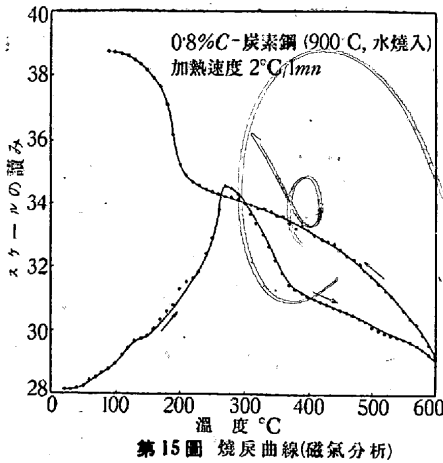
第7圖



第4圖



第6圖



第15圖 焼戻曲線(磁気分析)

ナイトの分解による変化を認め得るのみである。更に示差熱膨張計によるも矢張り不充分である事を知つた。次に磁気分析による焼戻曲線を研究した。

磁気分析による
焼戻曲線

イ. 0.8% C 炭素鋼 900° より氷水中に焼入せるものを用ひ焼戻加熱速度は約 2°C/mm であつてその焼戻曲線は第 15 圖に示す。この結果は次の如く説明されてゐる。

a) 50~130° で起る急激なる磁気増加は

α マルテンサイト → β マルテンサイト

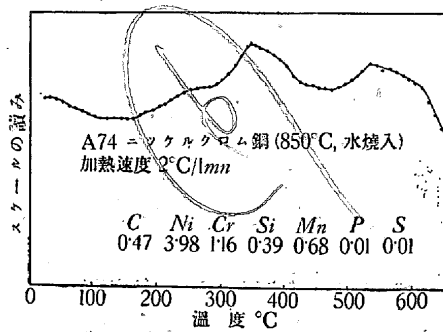
の變化であつて β マルテンサイトの分解は磁気値に大なる影響なきものゝ如く一定の分解温度なく上の變化に引續き起り 400° 附近で完了するものである。

b) 158~270° で起る磁気増加は残留オーステナイトの分解によるものである。

c) 270~360° に於ける磁気減少はオーステナイト・マルテンサイトの分解により生じたセメンタイトの結晶形成があるためである。

d) 360° 以上の温度に於ける磁気減少は温度係数による磁気減少であつて組織の變化はないのである。

ロ. ニッケル・クロム鋼 A 74 850° より油中 (10°)



第16圖 焼戻曲線(磁気分析)

焼入せるものを使用し焼戻加熱速度は約 2°C/mm である。(第 16 圖)

a) 150° までの磁気減少は主に温度計数による減少で組織の變化によるものではない。即ち 50° 或は 100° 等に各 1h 保持しても組織の變化は起らないのである。

b) 150~200° に於ける磁気増加は

α マルテンサイト → β マルテンサイト

によるものである。

c) 300° 附近に於ける磁気増加は残留オーステナイト

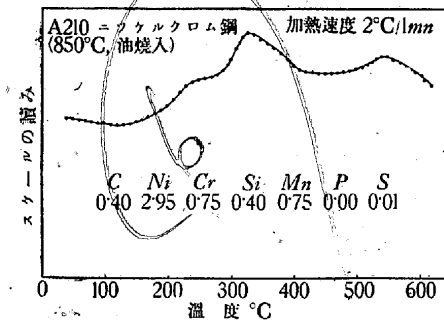
の分解によるものである。

d) 炭素鋼の場合認められたセメンタイトの結晶生成による磁気減少は認められない。

e) 470~530° に於ける磁気増加は Cr-Carbide 等の析出によるものらしく之が焼戻脆性の原因をなしてゐるものらしい。

f) 600° を過ぎると磁気は急激に減少し始める。

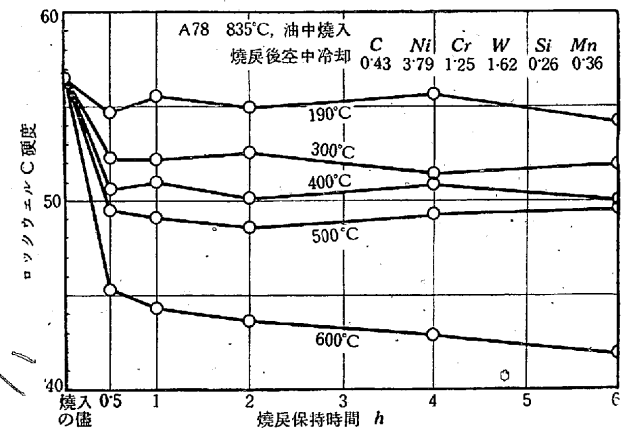
ハ. ニッケル・クロム鋼 A 210 (第 17 圖) 850° より



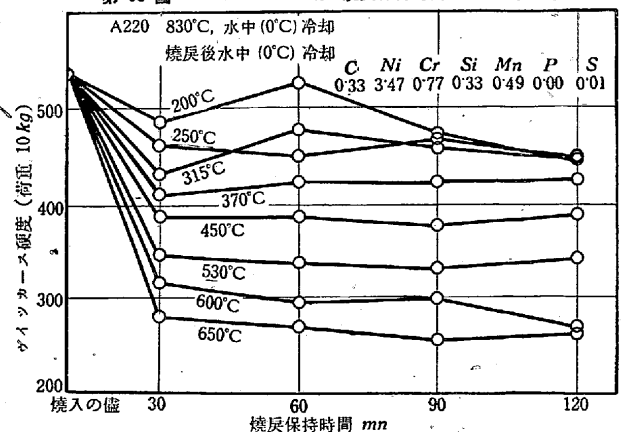
第17圖 焼戻曲線(磁気分析)

油中(10°)焼入せるものを使用し焼戻加熱速度は 2°C/mm である。變化の有様は上述のニッケル・クロム鋼 A 74 と殆ど同様のものである。海

綿鐵を原料とせるニッケル・クロム鋼と屑鐵を原料とせるニッケル・クロム鋼の機械的性質を比較するにあたり低温焼戻のものも必要であるので以上の焼戻曲線を参考として結局焼戻温度として 185°, 300°, 400°, 500°, 600° を撰んだ。試験片の都合上 650° その他の焼戻温度のものが



第18圖 ニッケルクロム鋼の焼戻保持時間による硬度の變化



第19圖 ニッケルクロム鋼の焼戻保持時間による硬度の變化

採用出来なかつたのは残念であつた。

次に各焼戻温度に於ける保持時間が機械的性質に及ぼす影響の大勢を知るため次の2つの實驗を行つた。實際ニツケル・クロム鋼を取扱ふ工場では化學成分と硬度とからその機械的性質を推定してゐるものであつて著者も機械的性質の變化を先づ硬度の變化で代表せしめた。第18圖、第19圖に示す如く350°位より低い焼戻に於ては保持時間と共に硬度が若干上下する。これは残留オーステナイトの分解等が進行中である事を示すものと考へられる。350°以上の焼戻に於ては時間の長短によつて多少硬度に漸變あるも本研究では先づ焼戻保持時間として次の如きものを採用した。低温焼戻の温度及び時間を小刻みに變じて夫々の性質を測定する事は後に行ふ豫定である。

焼戻温度 °C	185	300	400	500	600
焼戻保持時間	4h	2h	1.5h	1.5h	40mn
熱處理符號	(III)	(IV)	(V)	(VI)	(VII)

焼戻後の冷却はすべて約10°の油中冷却とした。

IV. 機械試験とその結果

抗張試験機としてはオルゼン抗張試験機を使用し炭素鋼の場合と同様應力歪曲線自記装置を用ひ参考のため應力歪曲線を描かせた。衝撃試験はシャルピー衝撃試験機を用ひ室温で試験した。硬度は衝撃試験片について測定したものである。此等の結果は第5表に示す。

抗張力試験に於て特記すべきは焼入の儘のもの及び300°以下の焼戻のものはその組織がマルテンサイト或はマルテンサイトとオーステナイトの混合であるので同一抗

第5表 本溪湖製海綿鐵を原料とせるニツケル・クロム鋼と屑鐵を原料とせるニツケル・クロム鋼の機械的性質 (其の一)

鋼種	抗張力 (kg/mm ²)							伸 び (%)							絞 (%)			
	I	II	III	IV	V	VI	VII	I	II	III	IV	V	VI	VII	I	II	III	IV
A 200	118.2	119.5	174.4	152.3	134.0	113.2	97.0	3.1	△ —	7.8	6.6	7.8	9.4	14.8	10.1	△ —	26.8	34.0
B 200	196.5	186.9	183.7	169.9	147.8	129.9	107.5	3.1	7.0	7.8	5.6	6.3	8.0	11.7	7.5	12.3	13.8	18.0
A 201	91.6	90.1	177.6	156.5	135.5	112.0	92.8	13.8	14.0	9.1	9.1	7.0	10.9	12.8	27.7	50.1	46.9	51.0
B 201	143.0	177.3	192.0	—	155.8	132.9	113.0	0.8	1.9	1.5	—	1.6	8.4	11.3	△ —	4.4	5.1	—
A 202	158.8	156.7	188.8	171.2	157.8	147.3	141.3	7.8	7.8	8.9	7.2	9.7	9.4	11.9	45.7	48.9	46.7	49.2
B 202	227.7	219.1	208.3	190.3	170.4	156.3	148.5	7.0	7.8	8.5	6.3	6.3	8.4	8.6	24.9	31.1	35.7	38.0
A 203	99.7	96.1	219.5	182.1	150.3	124.2	105.0	9.3	9.1	8.2	8.6	5.6	8.8	12.5	17.8	23.4	29.6	41.9
B 203	137.7	162.2	143.3	131.4	162.2	141.8	110.7	0.8	1.3	△ —	△ —	1.6	7.0	9.1	0.2	0	△ —	△ —
A 204	202.4	188.2	220.4	194.1	177.6	158.7	152.8	5.4	6.2	8.1	6.1	6.6	8.6	11.7	15.5	41.4	36.8	31.9
B 204	250.8	239.1	231.6	217.0	185.4	166.2	154.3	3.1	7.0	7.8	4.7	5.9	7.0	9.7	△ —	8.5	15.5	25.1
A 210	200.4	186.5	199.2	173.2	148.8	125.2	106.0	6.1	4.7	9.7	8.1	6.7	9.4	13.3	17.1	27.0	47.9	43.8
B 210	127.3	175.1	165.4	126.9	153.8	139.8	118.9	0.8	2.3	1.6	0.8	△ —	4.7	10.6	15.8	5.4	3.0	0
A 211	264.3	239.8	234.2	206.3	183.6	168.2	161.5	6.2	8.1	8.3	6.3	6.6	7.8	8.6	5.6	27.3	31.3	36.0
B 211	250.4	242.5	232.7	214.4	191.1	173.7	161.0	△ —	8.9	6.2	5.8	7.8	7.8	9.4	△ —	19.9	7.6	27.8
A 220	181.6	188.3	191.2	172.9	145.8	122.9	103.9	2.3	5.3	9.6	8.6	7.0	10.6	14.4	4.6	10.7	37.3	51.0
B 220	162.2	174.1	178.1	172.2	158.7	134.9	113.2	1.6	△ —	2.3	3.8	2.3	7.8	9.4	3.2	△ —	4.4	7.4

鋼種	シャルピー衝撃抗力 (kgm/cm ²)							ロツクウエルC 硬度									
	V	VI	VII	I	II	III	IV	V	VI	VII	I	II	III	IV	V	VI	VII
A 200	54.4	54.4	65.4	2.9	3.8	6.3	4.9	7.0	10.2	15.6	33	35	48	45	45	38	31
B 200	29.9	36.0	54.4	1.3	3.9	—	2.4	2.0	1.0	5.6	52	51	—	48	41	42	36
A 201	54.4	60.9	66.8	8.6	7.7	4.8	2.1	5.8	10.5	17.3	28	28	47	51	43	38	30
B 201	7.4	27.8	51.0	1.3	2.1	—	0.5	0.9	2.7	4.2	54	53	—	48	47	43	38
A 202	51.0	54.4	57.8	8.9	8.7	6.9	5.6	6.3	7.4	8.4	44	46	51	47	46	44	45
B 202	31.9	39.9	47.4	3.9	4.7	—	3.4	3.4	3.8	5.1	55	55	—	52	48	49	45
A 203	38.0	27.8	57.8	4.7	5.6	3.5	3.6	4.1	7.4	13.7	30	31	53	52	44	42	35
B 203	4.8	23.4	39.9	0.6	0.7	0.7	0.4	0.5	0.8	3.0	56	54	54	52	48	45	39
A 204	29.9	51.0	56.1	7.3	8.4	—	3.5	3.5	5.0	6.7	46	49	—	53	49	49	46
B 204	25.6	29.9	38.0	2.0	4.9	3.5	3.5	2.5	3.0	3.7	56	57	57	51	52	50	49
A 210	43.8	47.3	59.2	4.6	3.6	7.8	2.4	4.0	7.2	13.9	51	51	51	48	42	42	35
B 210	△ —	3.5	41.9	0.7	1.2	1.3	0.8	0.7	1.0	1.0	54	53	52	49	48	43	38
A 211	41.9	39.9	41.9	4.6	5.1	4.8	3.4	3.5	4.0	5.4	57	53	51	52	49	48	49
B 211	27.8	27.8	39.2	1.3	4.8	3.9	2.1	2.7	2.2	4.2	60	57	55	52	51	51	49
A 220	41.9	54.4	64.0	5.0	5.6	7.5	3.9	5.9	8.0	14.9	50	45	50	47	43	41	33
B 220	7.4	23.4	38.0	1.9	2.5	—	1.2	4.1	3.0	6.4	53	51	—	49	47	41	36

(熱處理) 焼入 I, III, IV, V, VI, VII は 830°C (1h) 油中 (10°C) 焼入, II は同じく空中冷却

焼戻 I, II, 一焼戻せず, III 185°C (4h) 焼戻 (油中) 後空冷, IV, V, VI, VII—夫々 300°C (2h), 400°C (1.5h), 500°C (1h), 600°C (40mn) 焼戻後油冷

A……本溪湖製海綿鐵を原料とせるもの, B……屑鐵を原料とせるもの, △印は標點外切斷のもの。

張試験結果にも不同が多く、絞が殆ど出ないもの、標點外で切断するもの等が出來た。特に屑鐵を原料とせるものは海綿鐵を原料とせるものゝ場合よりも不同を生じた場合が多い事である。400°以上の焼戻になると最大應力點を通過し局部絞を現して來る事が應力歪曲線からよく知る事が出來た。(V-9)

機械試験結果は第5表に示す如くで各鋼種につき焼戻温度と機械的性質との關係を圖示すると第20圖より第35圖に示す如くである。

V. 試験結果の考察

強靱構造用鋼の原料としての海綿鐵及び屑鐵の比較は引用するに足る學術的の文獻がない。従て本研究の結果よりこれを判断するに當つては凡ゆる角度からその比較をなし結論の正確を期する事とした。即ち次の如き9通りの比較を行つた。

- 1) A, B 同番號鋼(組成の等しきもの)を同熱處理せるもの同士の比較。
- 2) 各種鋼の機械的性質を同熱處理のもの同士平均せる比較。
- 3) 同番號鋼の熱處理を異にせるものゝ比較。1), 2), により B 鋼は伸, 絞, 衝擊抗力に於て一般に A 鋼に劣るも抗張力に於て勝れる事明かとなりたるを以て B 鋼の焼戻を A 鋼の夫より高温度にして A 鋼に略々近き伸, 絞, 衝擊値を出さしめて比較せるもの。
- 4) A 鋼の靱性を減少せしめる事なくして抗張力を増さしめるため W, Mo, V, Ti を配合して B 鋼の然らざるものとの比較。
- 5) 抗張力の等しいものに就て伸, 絞, 衝擊値の比較。(鋼種及び熱處理隨意)
- 6) 伸の等しいものに就て抗張力, 絞, 衝擊値の比較。(鋼種及び熱處理隨意)
- 7) 衝擊値の等しいものに就て抗張力, 伸, 絞の比較。(鋼種及び熱處理隨意)
- 8) 最高強靱鋼同士の比較。(鋼種及び熱處理隨意)
- 9) 抗張力試験の應力歪曲線の形狀より統計的にみたる安全性の比較。

尙各種の比較に入るに先立ち一言せんに、A, B 鋼同番號のものは已に述べた如く Mn, Si 以外の元素に就ては同一量を狙つて配合せるものであり Mn, Si は原料たる屑鐵に於ては海綿鐵よりも多量に含有せられてゐるも再熔

解の際に此等の Mn, Si は酸化せらるゝものと考へ、鑄込前 A, B 共大體等量の Mn, Si を加へられたものであつたが第1表の分析表に見る如く B に於ては常に A に於けるよりも Mn, Si 量多くその差は略屑鐵中に存在せし Mn, Si の量に等しい。従て分析表のみより見れば B 鋼はマンガ鋼とも思はれる含有量を示してゐるも、果してこれらの Mn 及び Si が B 鋼に於て如何なる状態で存在するかは明かでないから試験結果の判断に際して慎重を要するも統計的に見て以下諸比較に述べる A, B 鋼の相違は充分に強調し得るものと考へられる。熔解の際鎮靜の出來ない小型の高周波爐を用ひる研究のみではこれ以上の事は出來ない。又機械試験の數値等もこの小實驗爐より作れるものゝ試験結果なる事を斷つておく。尙分析によれば Mn, Si 以外の元素も多少 A, B に於て不同となつて居る。

此等成分上の不同が主なる原因をなしたる爲か否かは不明なるも、機械試験の結果を通覽するに後掲第20圖~第35圖にも明かなる如く、焼戻温度の上昇による機械的性質の變化の傾向は必ずしも同番號鋼に於て A, B 相等しくはなく、焼入放しの(I)より600°焼戻の(VII)に到るまで漸増又は漸減の一路を辿るものもあれば、その途中に於て最大又は最小値を示すものもある。従て同番號鋼の同熱處理せるものゝ比較はこの差を無視せるもので嚴密ではないが、本實驗の如く同熱處理を幾通りにも變へて試験をなさざる場合には通常かゝる比較の仕方が一般に行はれてゐるので順序として1)に於て一應かゝる比較をする事とした。

1. A, B 同番號鋼(組成の等しきもの)を同熱處理せるもの同士の比較。

1) 200 號鋼 A, B の比較, (第3種に屬するもの)

鋼種	化學成分						
	C	Ni	Cr	Si	Mn	P	S
200A	0.29	3.54	0.74	0.07	0.57	0.01	0.02
200B	0.31	3.46	0.78	0.51	0.85	0.00	0.033

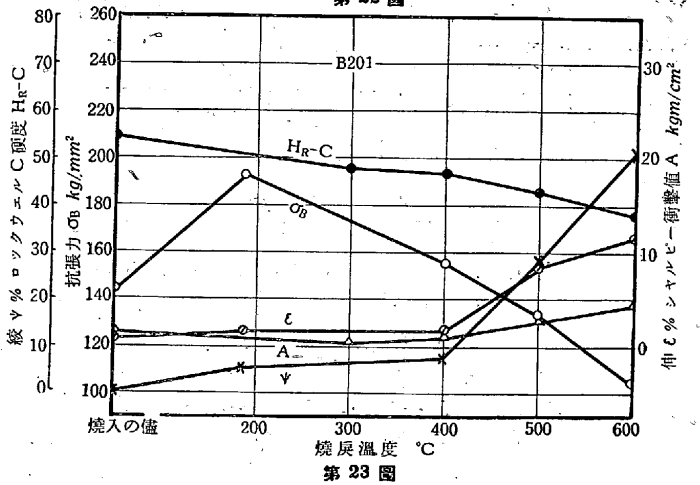
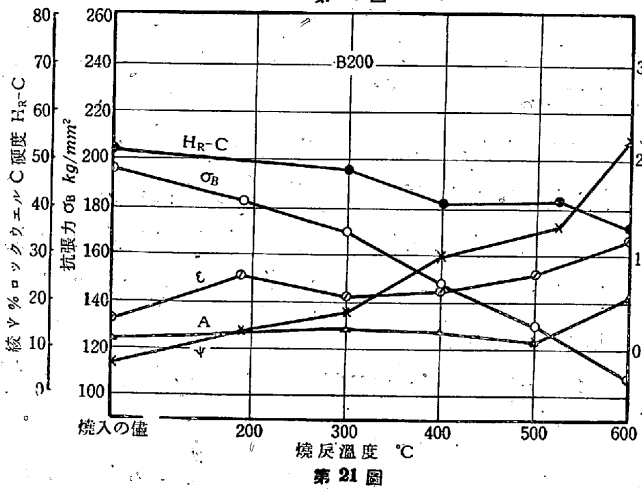
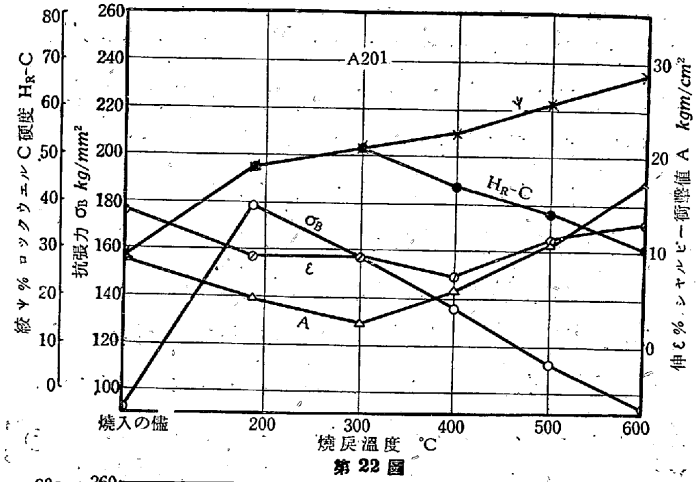
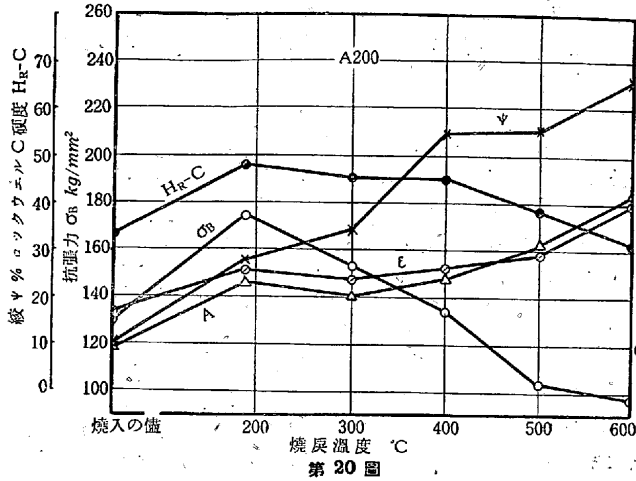
以下時計文字は第5表に示す熱處理を表はすものとす。

鋼種	抗張力 (kg/mm ²)						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
200 A	118.2	119.5	174.4	152.3	134.0	113.2	97.0
200 B	196.5	186.9	182.7	169.9	147.8	129.9	107.5

鋼種	伸(%)						
	200 A	3.1	△	—	7.8	6.6	7.8
200 B	3.1	7.0	7.8	5.6	6.3	8.0	11.7

鋼種	絞(%)						
	200 A	10.1	△	—	26.8	34.0	54.4
200 B	7.5	12.3	13.8	18.0	29.9	36.0	54.4

鋼種	シャルピー値 (kgm/cm ²)						
	200 A	2.9	3.8	6.3	4.9	7.0	10.2
200 B	1.3	3.9	—	2.4	2.0	1.0	5.6



ロックウエルC硬度

	I	II	III	IV	V	VI	VII
200 A	33	35	48	45	45	38	31
200 B	52	51	48	48	41	42	36

抗張力はすべて A < B I, II, に於て可なり差大
 伸はすべて A > B 大差なし
 絞はすべて A > B VIIを除き約40%大
 衝撃値はすべて A > B IIのみはAは3.8 Bは3.9
 他は2~3倍

硬度はVの外 A < B

VII 以外は衝撃値が B は可なり悪い5位以下である。A でも I, II, III は5以下である。これは C が少なすぎた爲めと思はれる。(200 番以下に於ても伸、衝撃値が普通の参考本に記載せられたるものよりも A, B 共に低い。この内伸は本試験片の形状から來てゐるもので標點距離を規格通りとすれば大きく出ると考へられるも、衝撃値の低い點に就ては原因不明であるが、これは A, B 鋼の相對的比較には差支へないものと云ふ事が出来る。) (第20, 21圖)

ロ) 201 號鋼 A, Bの比較. (第1種に屬するもの)

鋼種	化學成分						
	C	Ni	Cr	Si	Mn	P	S
201A	0.28	1.94	0.78	0.21	0.57	0.01	0.01
201B	0.30	2.00	0.70	—	—	—	—

鋼種	抗張力 (kg/mm ²)						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
201 A	91.6	90.1	177.6	156.5	135.5	112.0	92.8
201 B	143.0	177.3	192.0	—	155.8	132.9	113.0

鋼種	伸(%)						
	201 A	13.8	14.0	9.1	9.1	7.0	10.9
201 B	0.8	1.9	1.5	—	1.6	8.4	11.3

鋼種	絞(%)						
	201 A	27.7	50.1	46.9	51.0	54.4	60.9
201 B	△	—	4.4	5.1	—	7.4	27.8

鋼種	シャルピー値 (kg/cm ²)						
	201 A	8.6	7.7	4.8	2.1	5.8	10.5
201 B	1.3	2.1	—	0.5	0.9	2.7	4.2

鋼種	ロックウエルC硬度						
	201 A	28	28	47	51	43	38
201 B	54	53	—	48	47	43	38

抗張力はすべて A < B 差可なり大
 伸はすべて A > B I~V に於ては10~4倍最低10%大 (VII)
 絞はすべて A > B I~V に於ては12~8倍最低30%大 (VII)
 衝撃値はすべて A > B 全部に於て6~3.5倍
 硬度はすべて A < B

A 201 の焼入の儘のものは 185° 或は 300° に焼戻した場合よりも抗張力が低い、これは硬度曲線を見ても首

肯出来ることで、B201の方は焼入の儘の方が焼戻した場合よりも硬度が高いにも拘らず抗張力は大變低く出ている。これは焼入の儘のものは大變脆く、その脆さが静的試験にも大きな影響をあたへてゐるものと考へられる。

この鋼ではC量少ない爲A鋼は抗張力著しく劣りその代りに伸、絞、衝撃値が著しくB鋼より大である。これ即ちA鋼には尙硬化元素を多量に加へる餘地のある事を示す。これが次の202號鋼に比較されてゐる。B鋼は衝撃値、伸が著しく悪い。矢張りC量多すぎた爲であらう。C0.3%前後ではニッケル・クロム鋼第1種(201號)でも第3種(200號)でも強さが出れば衝撃値が出ず、衝撃値が出れば抗張力が出ず調節し難いものである。(第22,23圖)

ハ) 202 號鋼 A, B の比較 (201 號鋼に W, Mo, Ti, V を加へたもの) (第 24, 25 圖)

鋼種	化學成分										
	C	Ni	Cr	W	Si	Mn	Ti	V	Mo	P	S
202A	0.33	1.94	0.70	0.80	0.24	0.64	0.05	0.05	0.67	0.00	0.02
202B	0.43	2.00	0.78	0.79	0.39	1.09	0.05	0.03	0.47	0.00	0.03

鋼種	抗張力(kg/mm ²)						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
202 A	158.8	156.7	188.8	171.2	157.8	147.3	141.3
202 B	227.7	219.1	208.3	190.3	170.4	156.3	148.5

		伸(%)						
202 A	7.8	7.8	8.9	7.2	9.7	9.4	11.9	
202 B	7.0	7.8	8.5	6.3	6.3	8.4	8.6	

		絞(%)						
202 A	45.7	48.9	46.7	49.2	51.0	54.4	57.8	
202 B	24.9	31.1	35.7	38.0	31.9	39.9	47.4	

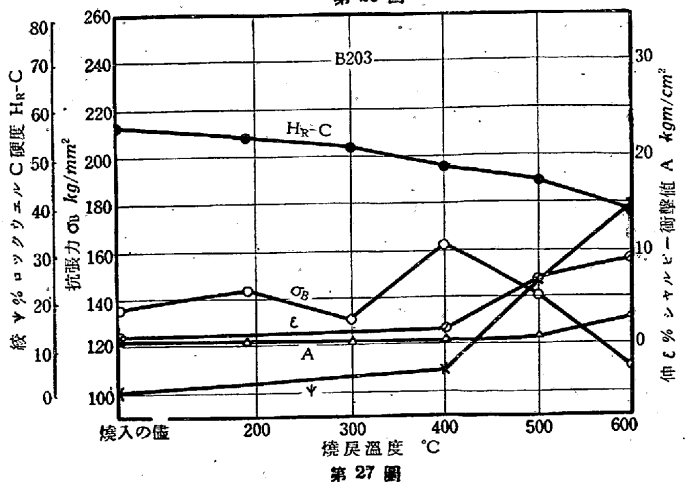
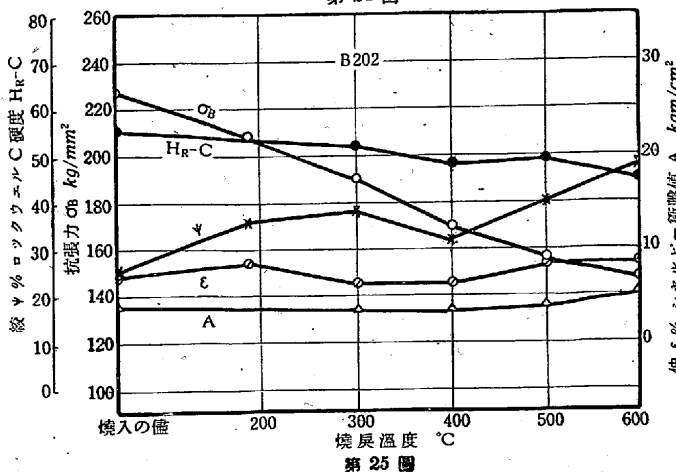
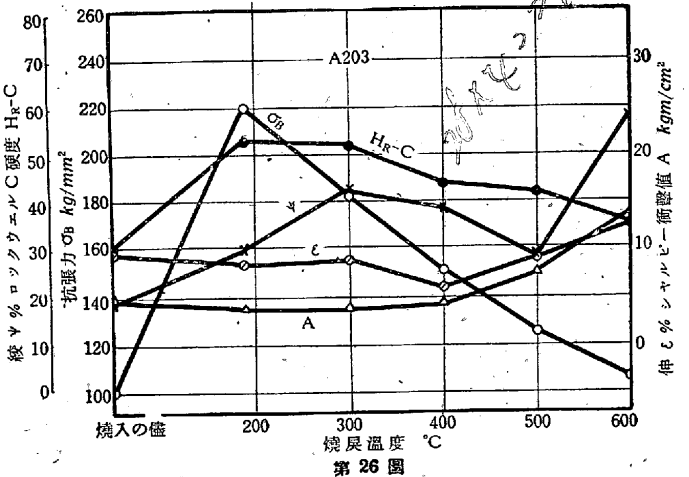
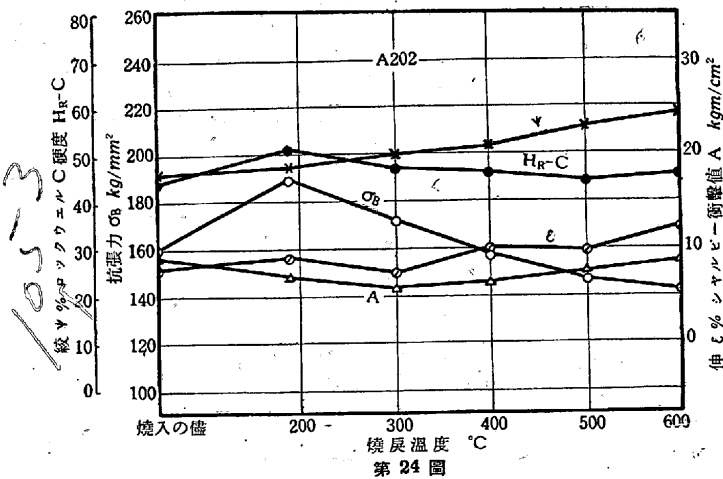
		シャルピー値(kgm/cm ²)						
202 A	8.9	8.7	6.9	5.6	6.3	7.4	8.4	
202 B	3.9	4.7	—	3.4	3.4	3.8	5.1	

		ロックウェルC硬度						
202 A	44	46	51	46	46	44	45	
202 B	55	55	—	52	48	49	45	

抗張力は全部 A < B I, II 大差
伸は全部 A > B I, II, III は差少し
絞は全部 A > B 1.2~1.8 倍
衝撃値は全部 A > B 1.6~2.3 倍
硬度は全部 A < B

配合上 B もタハード系に類し強靱になつて來た。B に伸が出て來て A との差 201 號鋼より少くなり且抗張力の差は依然残る。但 B の衝撃値は VII の 5.1 以外は 201 同様 5 以下で、A はすべて 5 以上で衝撃値に於て B は A より著しく低下してゐる。

ニ) 203 號鋼 A, B の比較 (Ni, Cr 量は第 1 種に屬するも C 量規格外に高し) (第 26, 27 圖)



1053

鋼種	化學成分						
	C	Ni	Cr	Si	Mn	P	S
203 A	0.47	1.69	0.52	0.25	0.63	0.09	0.01
203 B	0.46	1.71	0.53	0.42	1.09	0.00	0.03

鋼種	抗張力(kg/mm ²)						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
203 A	99.7	96.1	219.5	182.1	150.3	124.2	105.0
203 B	137.7	162.2	143.3	131.4	162.2	141.8	110.7

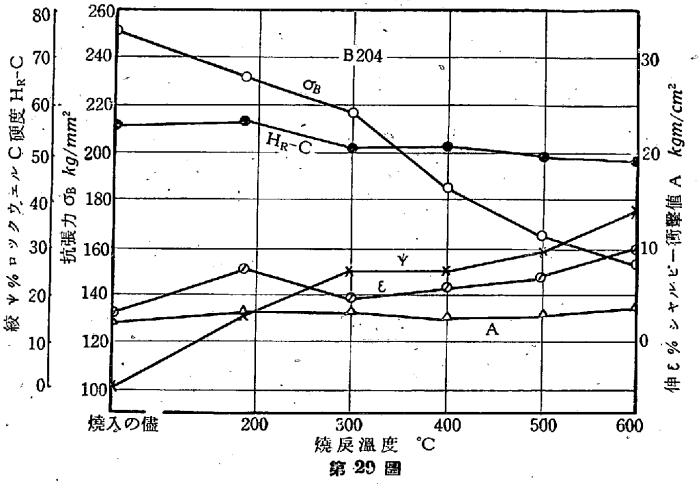
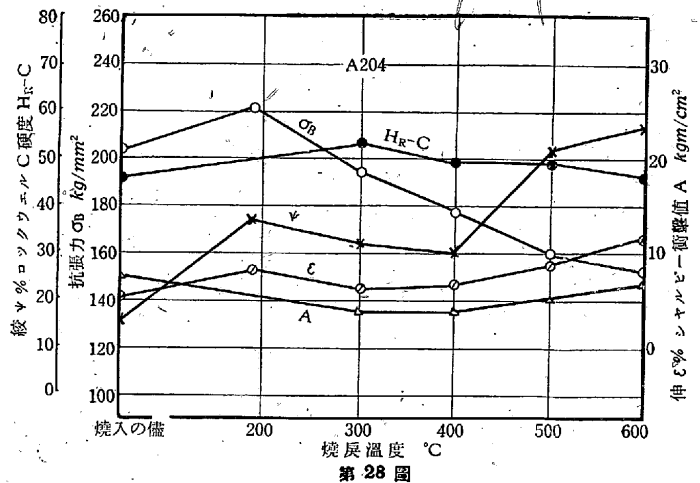
鋼種	伸(%)						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
203 A	9.3	9.1	8.2	8.6	5.6	8.8	12.5
203 B	0.8	1.3	△	△	—	1.6	7.0

鋼種	絞(%)						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
203 A	17.8	23.4	29.6	41.9	38.0	27.8	57.8
203 B	0.2	0	△	△	—	4.8	23.4

鋼種	シャルピー値(kgm/cm ²)						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
203 A	4.7	5.6	2.5	3.6	4.1	7.4	13.7
203 B	0.6	0.7	0.7	0.4	0.5	0.8	3.0

鋼種	ロツクウェルC硬度						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
203 A	30	31	53	52	44	42	35
203 B	56	54	54	52	48	45	39

抗張力は III, IV は A > B その他は A < B
 伸はすべて A > B I~V 4~9 倍
 VI, VII 1.2~1.3 倍
 絞はすべて A > B I~V, 4~9 倍以上
 VI, VII 1.2~1.5 倍
 衝撃値はすべて A > B I~VI, 5~9 倍
 VII 4.5 倍
 硬度はすべて A < B



鋼種	伸(%)						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
204 A	5.4	6.2	8.1	6.1	6.6	8.6	11.7
204 B	3.1	7.0	7.8	4.7	5.9	7.0	9.7

鋼種	絞(%)						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
204 A	15.5	41.4	36.8	31.9	29.9	51.0	56.1
204 B	△	—	8.5	15.5	25.1	25.6	29.9

鋼種	シャルピー値(kgm/cm ²)						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
204 A	7.3	8.4	—	3.5	3.5	5.0	6.7
204 B	2.0	4.9	3.5	3.5	2.5	3.0	3.7

鋼種	ロツクウェルC硬度						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
204 A	46	49	—	53	49	49	46
204 B	56	57	57	51	52	50	49

抗張力はすべて A < B I, II 大差, III 以下稍差小
 伸は II を除き A > B 大差なし II は 6.2 の A に対し B は 7.0
 絞はすべて A > B IV, V は 1.2 倍, 他は 2~5 倍
 衝撃値はすべて A > B 1~3.5 倍 (IV は等し)
 硬度はすべて A < B

相變らず衝撃値が悪い。殊に B に甚しく 200, 201 よりも悪い。C 量の多い爲かと思はれる。A の方も 201 よりも衝撃値は悪い。伸も B は可なり悪く A はそれ程ではない。即ち 200, 201 より良好なるも 202 より落ちる。併し抗張力は A の方は可なり出てゐるところあり 200, 201 202 に優るも B では 200 に優り 201, 202 よりも落ちる。即ち A では 201 より C 量を 0.1% 増し伸, 衝撃値の落ちない割に抗張力増すも全體として 202 に及ばず, B では尙更 202 に及ばない。茲では抗張力, 伸, 絞, 衝撃値何れも A > B のものも出来てゐる。

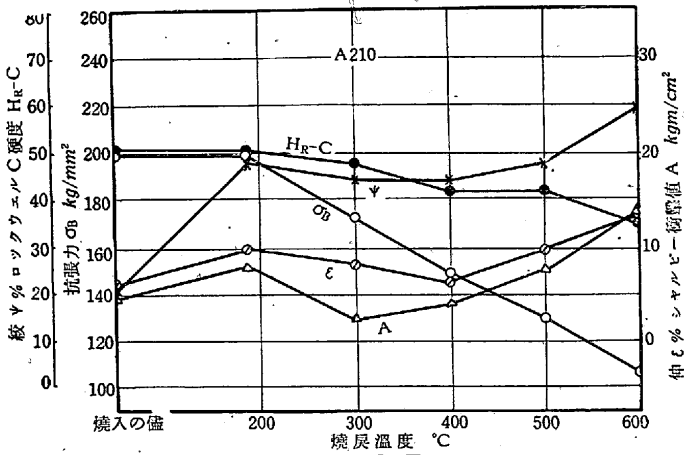
ホ) 204 號鋼の A, B 比較 (203 號鋼に W, Mo, Ti, V を加へたもの)(第 28~29 圖)

鋼種	化學成分										
	C	Ni	Cr	W	Si	Mn	Ti	V	Mo	P	S
204 A	0.45	1.70	0.56	0.80	0.33	0.57	0.04	0.05	0.66	0.00	0.02
204 B	0.49	1.69	0.59	0.73	0.53	1.09	0.04	0.03	0.63	0.00	0.03

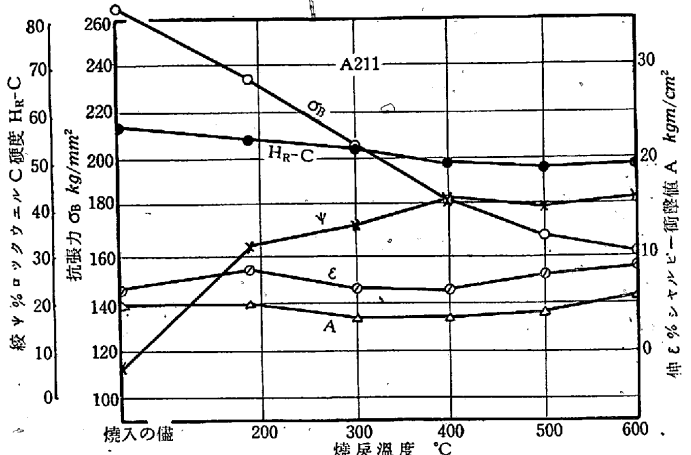
鋼種	抗張力(kg/mm ²)						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
204 A	202.4	188.2	220.4	194.1	177.6	158.7	152.8
204 B	250.8	239.1	231.6	217.0	185.4	166.2	154.3

201 と 202 の關係が 203 と 204 の間に矢張り成立つてゐる。

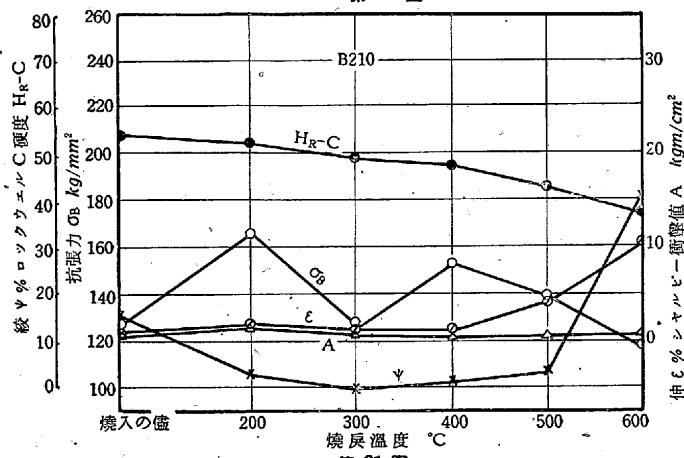
へ) 210 號鋼の A, B 比較 (第 2 種に屬するもの)(第 30~31 圖)



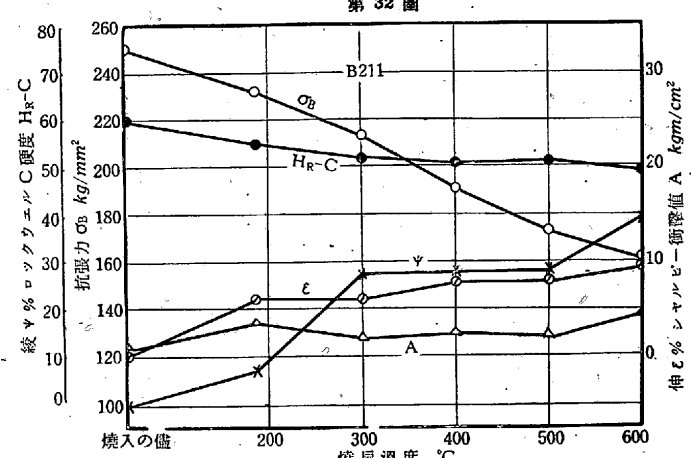
第30圖



第32圖



第31圖



第33圖

化學成分

鋼種	C	Ni	Cr	Si	Mn	P	S
210 A	0.40	2.95	0.75	0.40	0.75	0.00	0.01
210 B	0.34	3.18	0.78	0.51	1.25	0.00	0.03

抗張力(kg/mm²)

鋼種	I	II	III	IV	V	VI	VII
210 A	200.4	186.5	199.2	173.2	148.8	125.2	106.0
210 B	127.3	175.1	165.4	126.9	153.8	139.8	118.9

伸(%)

210 A	6.1	4.7	9.7	8.1	6.7	9.4	13.3
210 B	0.8	2.3	1.6	0.8	—	4.7	10.6

絞(%)

210 A	17.1	27.0	47.9	43.8	43.8	47.3	59.2
210 B	15.8	5.4	3.0	0	—	3.5	41.9

シャルピー値(kgm/cm²)

210 A	4.6	3.6	7.8	2.4	4.0	7.7	13.9
210 B	0.7	1.2	1.3	0.8	0.7	1.0	1.0

ロツクウエルC硬度

210 A	51	51	51	48	42	42	35
210 B	54	53	52	49	48	43	38

抗張力は I~IV は A > B V~VII は A < B
 伸はすべて A > B I~VII 2~10倍, VI, VII 2~1.3倍
 絞はすべて A > B I, VII 1.2~1.4倍他は 5~16倍
 衝撃値はすべて A > B すべて 3~14倍
 硬度はすべて A < B 差僅少

200 よりも C 量を少しく多く Ni, Cr 量を稍少なくした配合である。この方が 200 よりもよい。即ち C 量を多くする方が Ni, Cr 量を多くするより良好である。但これは A での事であつて B に於ては反つてすべてに悪い。従て A, B の比較は A の方が多い。203 と比較すると熱処理をかへれば A では 210 と匹敵し B は少しく落ちる。

ト) 211 號鋼の A, B 比較 (210 號鋼の C 量を規格以上とし且 W, Mo, Ti, V を加へたもの)(第 32~33 圖)

化學成分

鋼種	C	Ni	Cr	W	Si	Mn	Ti	V	Mo	P	S
211A	0.53	3.02	0.73	0.83	0.42	0.35	0.06	0.05	0.65	0.00	0.02
211B	0.48	2.98	0.78	0.80	0.49	0.83	0.05	0.03	0.56	0.00	0.03

抗張力(kg/mm²)

鋼種	I	II	III	IV	V	VI	VII
211 A	264.3	239.8	234.2	206.3	183.6	168.2	161.5
211 B	250.4	242.5	232.7	214.4	191.1	173.7	161.0

伸(%)

211 A	6.2	8.1	8.3	6.3	6.6	7.8	8.6
211 B	—	8.9	6.2	5.8	7.8	7.8	9.4

絞(%)

211 A	5.6	27.3	31.3	36.0	41.9	39.9	41.9
211 B	—	19.9	7.6	27.8	27.8	27.8	39.2

シャルピー値 (kg/cm²)

211 A	4.6	5.1	4.8	3.4	3.5	4.0	5.4
211 B	1.3	4.8	3.9	2.1	2.7	2.2	4.2

ロックウェル C 硬度

211 A	57	53	54	52	49	48	49
211 B	60	57	55	52	51	51	49

抗張力 I, III, VII は A > B II, IV~IV は A < B
 伸 I, III, IV は A > B II, V, VII は A < B VI は A=B 大差なし
 絞はすべて A > B VII は大差なくその他は 1.5 倍以上
 硬度は IV の他 A < B IV は A=B

C 量が可なり多いにも拘らずタハード系のせいか性質は可なり良い。204 と B は餘り變らぬも A は 204 よりよくなつてゐる。

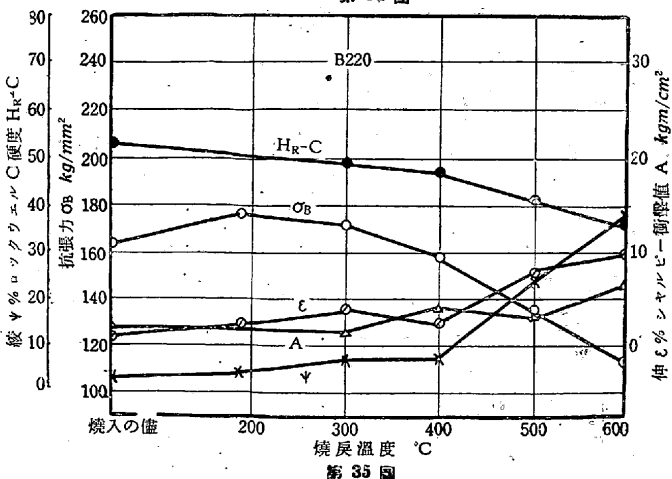
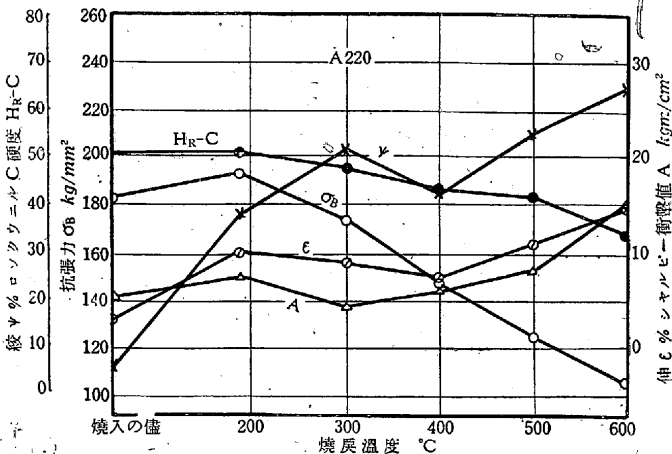
チ) 220 號鋼の A, B 比較 (第 3 種に屬するもの) (第 34~35 圖)

化學成分

鋼種	C	Ni	Cr	Si	Mn	P	S
220 A	0.33	3.47	0.77	0.33	0.49	0.00	0.01
220 B	0.34	3.39	0.84	0.44	1.08	0.00	0.02

抗張力 (kg/mm²)

鋼種	I	II	III	IV	V	VI	VII
220 A	181.6	188.3	191.2	172.9	145.8	122.9	103.0
220 B	162.2	174.1	178.1	172.2	158.7	134.9	113.2



伸 (%)

220 A	2.3	5.3	9.6	8.6	7.0	10.6	14.4
220 B	1.6	△	—	2.3	3.8	2.3	7.8

絞 (%)

220 A	4.6	10.7	37.3	51.0	41.9	54.4	64.0
220 B	3.2	△	—	4.4	7.4	7.4	23.4

シャルピー値 (kg/cm²)

220 A	5.0	5.6	7.5	3.9	5.9	8.0	14.9
220 B	1.9	2.5	—	1.2	4.1	3.0	6.4

ロックウェル C 硬度

220 A	50	45	50	47	43	41	33
220 B	53	51	—	49	47	41	36

抗張力 I~IV は A > B V~VII は A < B
 伸はすべて A > B I~V は 1.5~4 倍 VI, VII は 1.4 倍
 絞はすべて A > B I は大差なし II~V は 6~9 倍 VI, VII は 2.3~1.7 倍
 衝撃値はすべて A > B 2.5~3 倍
 硬度はすべて A < B VI は等しい

200 號鋼と略等しい成分であるが性質は少しく良い。200 號鋼と對照して多少合はぬ。C, Cr 量が 200 號鋼より少しく大なるもこれがため有効に利いたのかどうか判らぬ。

以上の圖表に見る如く 200 號鋼乃至 220 號鋼を通じて一般に抗張力硬度に於て B は A に優り、伸、絞、衝撃値は A は B に優つてゐるも、各表を仔細に檢するときには、例へば 203 號鋼、210 號鋼、211 號鋼、220 號鋼に於ける如くすべての同熱處理に於て伸、絞、衝撃値が B よりも A の方が優り且抗張力も A の方が B の方よりも優つてゐる場合が少くない。然るに絞及び衝撃値は 76 組の比較中 1, 2 を除いてはすべて A の方が B よりも優つてゐるから (1, 2 の例外に於ても A と B とは等しい數値である)、これら抗張力、伸、絞、衝撃値のすべてに於て B が A より優れる例はこの 76 組の比較中一つも見出し得ない。絞、衝撃値を考慮の外に於て抗張力及び伸の二者のみを比較するときはこの兩者とも B の方が A に優れる例は二三見出し得るも、かゝる例も尚 A が B に優れる例の方が遙に多い。

これを要するに同番號鋼同熱處理のものに於ては抗張力は B に於て優る事あるも伸、絞、衝撃値に於て劣るが故に、かゝる抗張力は靱性を犠牲とせるもので A 鋼と雖も他を犠牲として抗張力のみを増大を測ることは後に述べる如く容易であるが、強靱構造用鋼としてはかゝる靱性を伴はざる抗張力が増大は何等一顧に値しない。即ち本表比較に

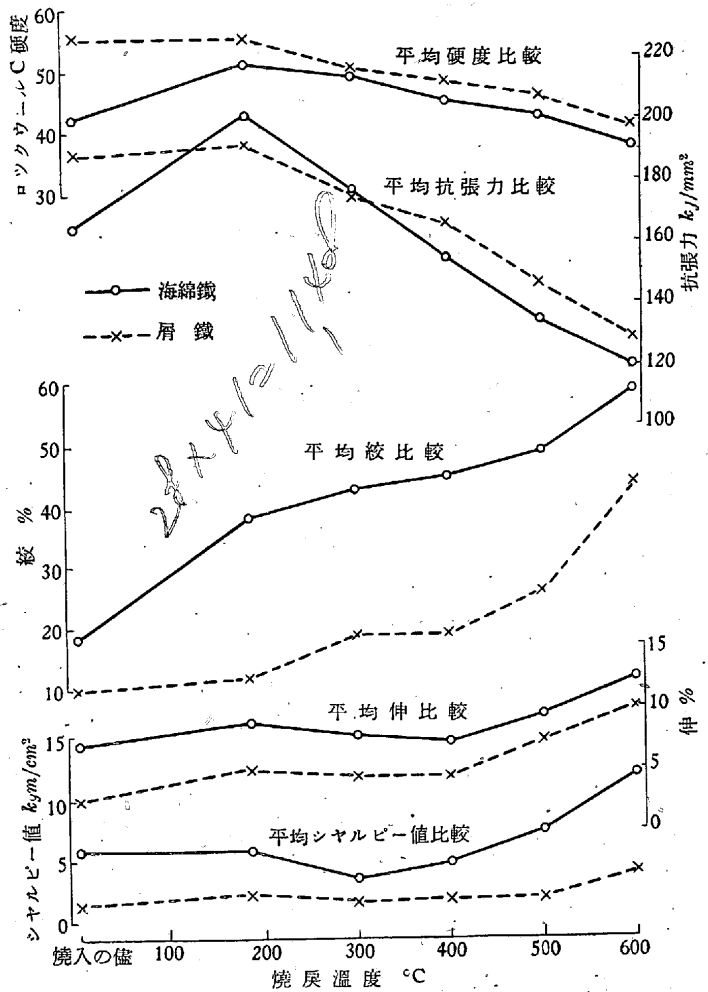
現れたる B の抗張力のみに於ける優性は問題とするに足らないのである。

これに反し本表比較に於ても抗張力、伸、絞、衝撃値何れも A が B に優れる數ヶの例が示す如く、A 鋼は強靱鋼として B に優る事を示し、適當なる成分配合及び熱處理をなすときは A 鋼は B 鋼よりも更に強靱なる本性を有するものなる事を暗示してゐる。

2. 各種鋼の機械的性質を同熱處理のもの同士平均せる比較 A, B 鋼の逐一比較は前項の如くであるが、前にも述べた如く、同番號鋼も A, B に於て多少その組成を異にするものが多いから逐一比較以外にこれを全部平均して、此種ニッケル・クロム鋼に對する A, B の一般的優劣を知る爲に統計的に A, B 兩者を比較してみた。即ち第 6 表及び第 36 圖に示す如くである。

此等の圖表にて明かなる如く A 鋼は伸、絞及び衝撃値に於ては如何なる熱處理を施すも B 鋼に優り、硬度は A 鋼僅に B 鋼より低きも、抗張力は低温焼戻せるものに於ては A は B に優り、焼入放し及び高温焼戻に於ては A は B に劣る。之を以つて見れば A 鋼は低温焼戻に於てその性質に特長のあることを暗示し、強且靱性を有する鋼を得るに B 鋼程高温焼戻する必要なきを知る。又 A 鋼の靱性は高温焼戻に於て B 鋼に比し著しく大なるは、鍛造等の加工作業の B 鋼よりも容易なるを示してゐる。即ち A 鋼は高温鍛造作業は B 鋼よりも易く、成形後の熱處理によつては B 鋼よりも強靱性を附與する事が出来る。

3. 同番號鋼の熱處理を異にせるもの比較 第 20~35 圖より明かなる如く、同番號鋼に於ても焼戻温度の上



第 36 圖

昇により諸機械的性質の變化は必ずしも A, B に於て相等しくない。従て焼戻による鋼の内部變化は必ずしも同熱處理のものに於て A, B 兩者相當してゐない。それ故に前記 1. 2. の比較は單なる機械的比較の仕方であつて A, B 鋼の原料たる海綿鐵及び屑鐵の優劣を比較するには充分で

第 6 表 ニッケル・クロム鋼の機械的性質の平均値

機械試験	鋼材原料	熱處理							
		焼入の儘 油中	185°焼戻 空冷	185°焼戻 油冷	300°焼戻 油冷	400°焼戻 油冷	500°焼戻 油冷	600°焼戻 油冷	
抗張力 (kg/mm ²)	海綿鐵を原料とせるもの	164.6	158.2	200.8	176.1	153.7	133.7	120.0	
	屑鐵を原料とせるもの	186.6	197.0	191.7	166.0	165.7	146.9	128.0	
伸 (%)	海綿鐵を原料とせるもの	6.8	7.9	8.7	7.6	7.1	9.4	12.5	
	屑鐵を原料とせるもの	2.5	5.2	5.1	4.5	4.5	7.4	10.0	
絞 (%)	海綿鐵を原料とせるもの	18.0	32.7	37.9	42.4	44.4	48.8	58.6	
	屑鐵を原料とせるもの	10.3	11.7	12.2	19.5	19.3	26.5	43.7	
シャルピー衝撃 抗力 (kgm/cm ²)	海綿鐵を原料とせるもの	5.8	6.0	5.9	3.0	5.0	7.5	12.0	
	屑鐵を原料とせるもの	1.6	3.1	2.9	1.8	1.8	2.2	4.0	
硬 度 (ロックウエル C)	海綿鐵を原料とせるもの	42.0	42.0	51.0	49.0	45.0	43.0	38.0	
	屑鐵を原料とせるもの	55.0	54.0	55.0	50.0	43.0	46.0	41.0	

ない事既に述べた通りである。1. 2. は單にかゝる比較の仕方によつて如何なる結果を生ずるかを順序として檢したるにすぎぬ。

次には鋼の内部變化を考慮に入れて比較せんに 1. 2. の比較が示す如く A 鋼は一般に焼入放し又は低温焼戻に於てもその伸、絞、衝擊値が B 鋼の夫より大であるから、これに對し B 鋼の伸、絞、衝擊値を大ならしむる爲、より高温で焼戻せるものを比較する事とした。即ちこの比較は B 鋼と同等又はそれ以上の靱性を持たしめるには A 鋼は B 鋼よりも低温で焼戻すれば充分でありかゝる低温焼戻では抗張力が大であるから B 鋼よりも強靱であり得るならんとの豫想に基くものである。

その一例として A の III (185° 焼戻) と B の IV (300° 焼戻) との比較を示せば次表の如し。

A の III と B の IV の比較

	抗張力 (kg/mm ²)	伸 (%)	絞 (%)	衝擊値 (kgm/cm ²)	硬 度 (ロツク ワエール)
200 { A	174.4	7.8	26.8	6.3	48
{ B	169.9	5.6	18.0	2.4	48
201 { A(IV)	156.5	9.1	51.0	2.1	51
{ B(V)	155.8	1.6	7.4	0.9	47
202 { A	188.8	8.9	46.7	6.9	51
{ B	190.3	6.3	38.0	3.4	52
203 { A	219.3	8.2	29.6	3.5	53
{ B	131.4	△	△	0.4	52
204 { A	220.4	8.1	36.8	—	—
{ B	217.0	4.7	25.1	3.5	51
210 { A	199.2	9.7	47.9	7.8	51
{ B	126.9	0.8	0	0.8	49
211 { A	234.2	8.3	31.3	4.8	54
{ B	214.4	5.8	27.8	2.1	52
220 { A	191.2	9.6	37.3	7.5	50
{ B	172.2	3.8	7.4	1.2	49

但 201 號鋼は B IV の抗張力、伸、絞不明に就き A は IV と B は V とをとつて比較せり。

即ち上表に見る如く A 鋼を 185° に焼戻し B 鋼を 300° に焼戻せるものを比較する時はすべての番號の鋼に於て伸、絞、衝擊値は尙 A が B に優り硬度に於ては A、B 殆ど同一にして、而も抗張力は 202 を除き全部 A の方 B に優つてゐる。即ち略類似せる配合の鋼に於ては熱處理を適當に行へば、抗張力、伸、絞、衝擊値の何れに於ても A は B に優る事を知る。即ち比較的低温にて A 鋼を焼戻すれば B 鋼をより高温で焼戻したる場合よりも強且靱たり得る事實は動かさし得ない事である。

ある。

併し乍ら茲に注意すべきは、B 鋼と雖も 500° 又は 600° の如き高温に焼戻すれば可なり靱性を表はすから、上表の如き低温焼戻でなく高温焼戻では (第 5 表) A が B よりも強且靱たる結論は同番號の鋼に於ては現はれない。これ必ずしも高温焼戻に於ては低温焼戻に於て有せし A 鋼の優性が喪失されることを意味するものではなく、A 鋼は軟化され易きを以つて高温焼戻に於ては抗張力は B が A に優るも靱性は A が B に優り (I) の比較の結果と同様になるもので、これは A には尙他の元素を入れてその靱性の優越を餘り失ふことなくして抗張力の増大を計り得る可能性あることを示すものである。これが次の如き比較によつて爲される。ニッケル・クロム鋼は普通 600~700° の焼戻を行つて使用せられるものであるが、ニッケル・クロム鋼の疲労耐久性は 650° 附近で焼戻せるものが最も悪く、焼戻温度の低い程耐久性が増すことが判明し低温焼戻の必要が叫ばれてゐながら屑鐵を原料とする在來のニッケル・クロム鋼に於ては仲々低温焼戻が採用出來ない状態にある今日、海綿鐵は以上の見地から地金として大なる將來を有するものなることが判る。

4. A 鋼の靱性を減少せしめることなくして抗張力を増さしめるため W, Mo, Ti, V を配合して B 鋼の然らざるものとの比較 202 號鋼は 201 號鋼に W, Mo, Ti, V を添加せるもので Ni, Cr の量は兩者略同様、C 量は 202 號鋼の方が 201 號鋼よりも多少多い。即ち 201 號鋼よりも 202 號鋼の方が硬く強いものを生ずる如く配合せるものである。この 201, 202 號鋼を以て夫々 A, B の比較は已に (イ) に記述せる通りであるが、今 202 A 鋼と 201 B 鋼とを比較すれば次の如くである。202 A 鋼, 201 B 鋼に於ては I→VII の傾向は同様なるにより同熱處理を比較

202 A 鋼と 201 B 鋼の比較

	I		III		IV		V		VI		VII	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
抗張力	158.8	143.0	188.8	192.0	171.2	—	157.8	155.8	147.3	132.9	141.3	113.0
伸	7.8	0.8	8.9	1.5	7.2	—	9.7	1.6	9.4	8.4	11.9	11.3
絞	45.7	△	46.7	5.1	49.2	—	51.0	7.4	54.4	27.8	57.8	51.0
衝擊値	8.9	1.3	6.9	—	5.6	0.5	6.3	0.9	7.4	2.7	8.4	4.2
硬 度	44	54	51	—	47	48	46	47	44	43	45	38

備考 I に於ては抗張力は略等しく伸、衝擊値に於て A は B の數倍である。

V に於ても I と同様 A は B に優る。

VI に於ては伸略等しく衝擊値は 3 倍、抗張力は 10% 以上 A の方優る。

VII に於ては伸略等しく抗張力 25% 大、衝擊値 2 倍程大にして A 優る。

204 A 鋼と 203 B 鋼の比較

	I		III		IV		V		VI		VII		II	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
抗張力	202.4	137.7	220.4	143.3	194.1	131.4	177.6	162.2	158.7	141.8	152.8	110.7	188.2	162.2
伸	5.4	0.8	8.1	△	6.1	△	6.6	1.6	8.6	7.0	11.7	9.1	6.2	1.3
絞	15.5	0.2	36.8	△	31.9	△	29.9	4.8	51.0	23.4	56.1	39.9	41.4	0
衝撃値	7.3	0.6	—	0.7	3.5	0.4	2.5	0.5	5.0	0.8	6.7	3.0	8.4	0.7
硬 度	46	56	—	54	53	52	49	48	49	45	46	39	49	54
備 考	抗張力 A = 1.4B 伸 A = 9B 衝撃値 A = 12B						抗張力 A = 1.1B 伸 A = 4B 衝撃値 A = 7B		抗張力 A = 1.1B 伸 A = 1.2B 衝撃値 A = 6B		抗張力 A = 1.4B 伸 A = 1.2B 衝撃値 A = 2.2B		抗張力 A = 1.15B 伸 A = 5B 衝撃値 A = 12B	

211 A 鋼と 210 B 鋼の比較

	I		III		IV		V		VI		VII		II	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
抗張力	264.3	127.3	234.2	165.4	206.3	126.9	183.6	153.8	168.2	139.8	161.5	118.9	239.8	175.1
伸	6.2	0.8	8.3	1.6	6.3	0.8	6.6	△	7.8	4.7	8.6	10.6	8.1	2.3
絞	5.6	15.8	31.3	3.0	36.0	0	41.9	△	39.9	3.5	41.9	41.9	27.3	5.4
衝撃値	4.6	0.7	4.8	1.3	3.4	0.8	3.5	0.7	4.0	1.0	5.4	1.0	5.1	1.2
硬 度	57	54	54	52	52	49	49	48	48	43	49	38	53	53
備 考	抗張力 A = 2B 伸 A = 8B 衝撃値 A = 6.5B		抗張力 A = 1.4B 伸 A = 5B 衝撃値 A = 3.5B		抗張力 A = 1.7B 伸 A = 8B 衝撃値 A = 4B				抗張力 A = 1.2B 伸 A = 1.6B 衝撃値 A = 4B		抗張力 A = 1.35B 伸 A = 0.8 B 衝撃値 A = 5.4 B		抗張力 A = 1.4B 伸 A = 1.3B 衝撃値 A = 4B	

せり:

上表に見る如く III を除きすべての熱処理に於て A は B よりも強且靱であることを知る。その程度は抗張力略等しいものに於て伸、衝撃値が A は B に數倍し伸等しきものに於て 25% も抗張力優り衝撃値も 2 倍となつてゐる。(III に於ては B の方僅に抗張力大なるも伸は A の約 1/6 にすぎぬ) この種の比較に於て明白に海綿鐵が強靱鋼用原料として屑鐵に優れることを強調し得る。同様の比較を 204 A 鋼と 203 B 鋼, 211 A 鋼と 210 B 鋼に就て表示すれば上の如し。

此等の比較に於ても 210~211 に於ける VII の伸を除きすべてに於て A は B に優つて強且靱たる事を雄辯に物語つてゐる。(VII に於ては伸が B > A なるも抗張力、絞、衝撃値共著しく A > B である) 但 202, 204, 211 の配合はタハード系に屬しかる配合では B も亦比較的靱性を失はずして抗張力が大となるものであるが 202, 204, 211 號鋼同士の A, B 比較は 1. に述べた如く B に於て抗張力大なるも伸、絞、衝撃値に於て A > B, 或者はすべて A > B であるがその性質は可なり似通つてゐるのでこれに就ては更に 8. に於て再論する。

以上の諸比較によつて海綿鐵は屑鐵よりも強且靱なるニツケル・クロム鋼の原料たり得ることは明白となつた。海綿鐵の優秀性は喧傳せられ居るも、系統的の研究によつて學術的に明かにせる文獻がないので、著者は以上の如く事實を明確にして爾後の立論の根據とすることとした。

5. 抗張力の等しいものに就て伸、絞、衝撃値の比較 (鋼種及び熱處理隨意) 扱以上によつて海綿鐵が屑鐵に比し強靱ニツケル・クロム鋼の原料として優秀なる事は動かすべからざる事となつたが、然らば屑鐵鋼に比し海綿鐵鋼はどの程度に優秀なりやの數値を求めることは興味あることである。この比較は次報に於て組成の廣範圍なる變化によつて種々研究されつゝあるのであるが本報ではその前驅をなすものとして先づ第 5 表のみの結果に基きこの比較をすることとした。

この種の比較では最早組成及び熱處理の如何は問ふ處でない。海綿鐵又は屑鐵を用ひ、如何なる配合となし、如何なる熱處理をなせば最高強靱鋼が得られるかを A, B に就き比較すればよい。従て先づ第 5 表より抗張力、伸等の一つを標準として他の數値の最大なるものを第 5 表より拾つて比較することとした。

1) 250 kg/mm² 以上の抗張力

鋼種	熱處理	抗張力	伸	絞	衝擊値
A 211	I	264.3	6.2	5.6	4.6
B 211	I	250.4	△	△	1.3
B 204	I	250.8	3.1	△	2.0

備考 何れも W, Mo, Ti, V を含有す。

即ち抗張力を略等しくすれば伸は B に於て A の 1/2, 衝擊値は A の 1/2 以下である。

2) 230 kg/mm² 前後の抗張力

鋼種	熱處理	抗張力	伸	絞	衝擊値	比較
A 211	II	239.8	8.1	27.3	5.1	} 衝擊値 A = 2B
B 204	III	231.6	7.8	15.5	3.7	
A 211	III	234.2	8.3	31.3	4.8	} 伸 A = 1.5B } 衝擊値 A = 1.2B
B 211	III	232.7	6.2	7.6	3.9	

備考 何れも W, Mo, Ti, V を含有す。

3) 200 kg/mm² 前後の抗張力

鋼種	熱處理	抗張力	伸	絞	衝擊値	比較
A 210	III	199.2	9.7	47.9	7.8	} 伸 A = 3B } 衝擊値 A = 6B
B 200	I	196.5	3.1	7.5	1.3	
* A 211	IV	206.3	6.3	36.0	3.4	} 伸 1.8A = B
B 202	III	208.3	8.5	36.7	—	
A 220	III	191.2	9.6	37.3	7.5	} 伸 A = 1.2B } 衝擊値 A = 2.7B
B 211	V	191.1	7.8	27.8	2.7	

4) 150 kg/mm² 前後の抗張力

鋼種	熱處理	抗張力	伸	絞	衝擊値	比較
A 204	VII	152.8	11.7	56.1	6.7	} 伸 A = 1.2B } 衝擊値 A = 1.8B
B 204	VII	154.5	9.7	38.0	3.7	

以上 1)~4) に見る如く × 印以外に於てはすべての點で A の方 B に優り抗張力相等しい状態に於て伸に於ては 1.2~3 倍, 衝擊値に於て 1.2~6 倍の優勢を示す。

然も抗張力 150 kg/mm² 以上の比較に於て伸, 絞, 衝擊値に就ての A の優勢が著しいことは A 鋼の特徴が, 比較的硬く, 強き状態に於ても靱性を可なり保ち得るに反し B 鋼に於ては強硬にすれば靱性の著しく減退することを示す。

6. 伸の等しいものに就て抗張力, 絞, 衝擊値の比較(鋼種及び熱處理隨意) 次に伸を略一定に保つて他を比較するに

1) 伸 6.2% 近くにして最高抗張力のもの

鋼種	熱處理	抗張力	伸	絞	衝擊値	比較
A 211	I	264.3	6.2	5.6	4.6	} 抗張力 A = 1.1B } 衝擊値 A = 1.2B
B 211	IV	232.7	6.2	7.6	3.9	

2) 伸 8% 近くにして最高抗張力のもの

鋼種	熱處理	抗張力	伸	絞	衝擊値	比較
A 211	III	234.2	8.3	31.3	4.8	} 抗張力 A = B } 衝擊値 A = 1.4B
B 204	III	231.6	7.8	15.5	3.5	

3) 伸 9.4% 近くにして最高抗張力のもの

鋼種	熱處理	抗張力	伸	絞	衝擊値	比較
A 220	III	191.2	9.6	37.3	7.5	} 抗張力 A = 1.2B } 衝擊値 A = 1.8B
B 211	VII	161.0	9.4	39.2	4.2	

即ち伸を等しくして最高抗張力の鋼を比較すればその抗張力は A は B の 1.0~1.2 倍に當り, 衝擊値に於て A は

B の 1.2~1.8 倍にあたり A の優勢は被ふべくもない。尚以上の比較に用ひられたるものが W, Mo, Ti, V を加へたる鋼であることは注意を要する。かゝる元素のなきものに於ては A が伸, 衝擊値に於て此表よりも遙に優る。

7. 衝擊値の等しいものに就て抗張力, 伸, 絞の比較(鋼種及び熱處理隨意) 次に同様に衝擊値を標準にして他の性質を比較せんに, 前項 1~5. の比較に於て明かなる如く殆どすべての場合に於て A 鋼の衝擊値は B 鋼のそれよりも優れてゐた。A, B のこの衝擊値が餘り差の大なるため反つてこの衝擊値を標準に他を比較することが無意味となる。例へば第 5 表に明かなる如く, すべての鋼のすべての熱處理に於て B の衝擊値は 200 號 VII の 5.6, 202 號 VII の 5.1, 220 號 VII の 6.4 以外は一様に 5.0 以下であるに反し, A 鋼に於てはその値が 2.1~14.9 の範圍に跨り 5.0 以下のものは 5.0 以上のものよりも反つてその抗張力が小であるから, 5.0 以下の衝擊値の標準をとれば反つて B の方が A よりも強靱であることとなる。然しながら斯様な比較が海綿鐵及び屑鐵の強靱鋼原料としての比較にならぬことは明かである。衝擊値 5 以上に於て比較すれば例へば次の如く無論 A が抗張力伸に於ても B に優つてゐる。

鋼種	熱處理	抗張力	伸	絞	衝擊値	硬度	比較
A 202	III	188.8	8.9	46.7	6.9	51	} 抗張力 A = 1.3 B } 伸 A = 1.05 B } 衝擊値 A = 1.3 B
B 202	VII	148.8	8.6	47.4	5.1	45	

8. 最高強靱鋼同士の比較(鋼種及び熱處理隨意) 以上 1~7 の比較に於て強靱鋼として A が B に優つてゐることは明かとなつたのであるがその優劣の差を検するに 202, 204, 211 號鋼の如く Ni, Cr の他に W, Mo, Ti, V 等を加へた所謂タハード系の鋼種に於ては B 鋼と雖もかなり強靱であつて, A 鋼との強靱度の差が少いやうに思へる。従て茲に此等の鋼種に就て更に詳しく比較する必要がある。最高強靱鋼としては此種の鋼は他のそれよりも遙に優れてゐるから, これらの比較をすれば結局最高強靱鋼の比較を爲し得ることとなる。

此等の鋼種は第 1 表の分析表が示す如く A, B に於て炭素量に可なりの差があるも, かゝる差は今無視して, 同番號鋼の同熱處理同士を比較すれば 1. に示せる如く 202, 204 號鋼に於ては抗張力は A < B, 伸, 絞, 衝擊値は A > B なるも, 熱處理 I ↔ III に於て抗張力の差はかなり大でしかも伸に於てはその差が少ない。従てこれらの B 鋼に於て今少し抗張力を落せば, 伸その他に於て B 鋼は A 鋼と略等しくなり, 抗張力のみ更に A 鋼よりも大なるも

のが得られそうに思はれる。然しながら本實驗の範圍では如何に比較するもそのやうな場合はない。

例へば衝撃値4以上のものを選ぶに

鋼種	熱處理	抗張力	伸	絞	衝撃値	硬度
a B 202	II	219.1	7.8	31.1	4.7	55
b B 204	II	239.1	7.0	8.5	4.9	57
c B 211	II	242.5	8.9	19.9	4.8	57
d B 202	VII	148.5	8.6	47.4	5.1	45
e A 202	III	188.8	8.9	46.7	6.9	51
f A 204	III	220.4	8.1	36.8	—	—
g A 211	III	234.2	8.3	31.3	4.8	54
h A 211	II	239.8	8.1	27.3	5.1	53

c と g とを比較すれば衝撃値に於て互に等しく且抗張力、伸、共に $A < B$ であるが絞は $A > B$ である。即ち A の方 B よりも劣れる如く見ゆるも c と h とを比較すれば絞、衝撃値は $A > B$ 、伸は $A < B$ 、抗張力は殆ど等しいこととなり、B 鋼に於ては抗張力、伸は相當となし得るも絞少く衝撃値小なるものしか得られない。即ち衝撃値5以下に於ては抗張力、伸共に A よりも大なるものが B によつて得られるも、5 以上に於てはかゝるものは得られず、5 以上となさんとすれば7の比較に於ける如くすべての性質に於て A は B に遙に優る。

即ちタハード系に於ては衝撃値5以上のものに於ては A はすべての性質に於て B に優るも、5 以下に於ては反つて B がすべての性質に於て A に優るものもあることとなる。かく特殊の場合に B 鋼が優秀なるは第1表の分析表によれば B に於ては Mn が A に於けるよりも遙に多量でタハード系なるに反し A に於ては Mn 少なきによるものなるかも知れず、A 鋼に Mn 量を増加して同様の比較をなすことが必要の如く思はれる。

斯様に此種のものに於ては A, B に優劣の差錯綜するもかゝる配合のものは特殊の目的に用ひらるゝものであつて焼入放の状態の方が性質が優り 300° 以上の焼戻をすれば性質が低下する種類のものであるが、A 鋼に於てはかゝる性質の低下が B 鋼に比し少く、海綿鐵は此系統の性質と普通のニツケル・クロム鋼の良性質とを兼備するものと云ふ事が出来る。

尙此等衝撃値5以下のものに於て B 鋼が A 鋼より優秀なるものに於ても9.に述べる如く抗張試験の應力歪曲線を見るときは荷重に對する安全性 A 鋼に劣り、優良なる構造材料としては一抹の不安を伴ふものである。

9. 抗張力試験の應力歪曲線の形状より統計的にみたる安全性の比較。鋼の機械的諸性質を試験するのは云ふ迄も

なくその使用の際に於ける荷重に對する安全性を知る方便であるから、試験法もその使用状況に應じて種々に工夫せられねばならぬ。安全性から云へば豫備材料を試片として一度使用して見るに越したことはないが、かゝる方法を省くために各種の試験法が考案せられ嚴密なる結論は導き得られざるも一應これらの各試験法によつてその材料の各種荷重に對する一般通性を知ることゝなつてゐる。従て本研究に於ても牽引試験、硬度測定及び衝撃試験を行つたのであるが、これのみで爾余の試験法を併用せずして直に多くの結論を引出すことは困難なるも、少くとも荷重に對する鋼材の安全性が A, B 二鋼種に於て如何に異なるかに就ては次の如き結論を導き得る。

抗張試験における應力歪曲線を見るに或試験片は局部收縮を起して切斷し或ものは然らずして切斷してゐる。之を統計的に見れば次表の如くである。

局部收縮を起さずして切斷せる試験片數(試片各8本の中)

鋼種	I	II	III	IV	V	VI	VII	計
A	3	1	なし	なし	なし	なし	なし	4
B	7	5	4	4	なし	なし	なし	20

即ち A, B 鋼各 56 本中局部收縮なくして切斷せるは A に於て僅に4本なるに反し B に於ては20本の多數に上つてゐる。別項に述べし如く牽引試験の統計的平均數値に就ては第36圖に示す如くであり、この方面よりも A, B の比較がなされるのであるが、これと見方を變へて上表するも A 鋼が B 鋼に優つてゐる事を結論し得る。抑も牽引試験に於て局部收縮を起すのは所謂流動現象であつて、之はこの段階に於てもその材料が加工硬化しつゝある事を示してゐるのである。即ち最大應力點に達した後にも柔軟性變形に堪へることを裏書してゐるものである。これに反し局部收縮を示さざる材料に於ては降伏點以後に於ける加工硬化は起るも流動による硬化起らず、かゝる變形に耐へない事を示すものである。

全く異なる2種の材料に就て一方が局部收縮を起し他が起さずして切斷するともこれを以つて兩者の比較をその應力歪關係以外に演繹してなすことは背癡に非ざるも、本研究の如く同種の特殊鋼を作り一樣の熱處理を行なへるものに就てこれを比較する時は、局部收縮を示さざる試料に於てはその内部に缺陷あるがためなるを結論し得る。

此種特殊鋼に於ては或特殊目的に使用するもの以外は焼入放し又は低温焼戻の如き熱處理をなせるものは往々不測の弱點を包含する恐れあるものとして一般に忌避せられ高温にて充分焼戻して使用するを常とする。上表に於て熱處

理の異なる I↔VII を對照する時は A, B 何れの鋼に於ても上の公認事實は局部收縮の有無を以つて統計的に明瞭に表はされてゐる。即ち A 種に於ては III 及びそれ以下、B 種に於ては V 及びそれ以下のものに於て局部收縮を示せるもそれよりも焼戻温度低きか又は焼入放しの試片に於ては局部收縮を示さずして切斷せるものが多い。従つて内部に不測の缺陷(結晶粒の異常粗大, 疵, 不純物の偏析等)を藏するか否かは同種鋼材にありてはその牽引試験に於て局部收縮の有無を以つて判定するも差支へなからう。この判定は A 種 B 種に就き同じ熱處理を施せるものを比較する場合に於て更に安全に強調し得る。即ち上表に見る如く等しき熱處理をなせるもの同士を A, B に就き比較するに A に於ては局部收縮なきは I, II を除いてなく、B に於ては I は殆ど全部が局部收縮なく II↔IV に於てもその過半は局部收縮なくして切斷してゐる。若しも B 鋼に於てその内部に缺陷なくば加工硬化に耐へ流動を起し得る材質なること A 鋼と同様なる可きにも拘らず内部に何等かの缺陷あるため或程度以上の變形は困難となり、應力の分布はそのため異常となり遂に荷重に耐へ切れずしてその缺陷點より切斷せるものと考へられる。

著者は A 鋼は低温焼戻によりて充分なる靱性と異常なる強度とを具備し得るものなる事を豫想するものであるが上表に於てもかゝる豫想を實證する一結果を示してゐる。即ち屑鐵鋼に比し海綿鐵鋼は比較的低温焼戻によつて安全なる強靱鋼たり得る。高瀬孝次氏説(鐵と鋼第 22 年第 2 號)の如く低温焼戻が疲労耐久性に對しては高温焼戻よりも推擧せらる可きものなりとせば本研究によりて明かなる如く屑鐵鋼に於てはかゝる低温處理は危険を包含する恐れあるも海綿鐵鋼に於ては安全にして同氏の所論は充分に有力なる結果を齎すべきものと信ぜらる。

VI. 各比較に表れたる海綿鐵と屑鐵との優劣

以上 1~8 の比較を總括すれば次の如くなる。

普通のニツケル・クロム鋼に於てその炭素量を規格の最高限又はそれより少しく高く配合せるものに於ては、海綿鐵鋼は屑鐵鋼よりも強靱である。炭素量の高きため屑鐵鋼に於てはその抗張力は大となるもそれに伴つてその靱性の減少著しく、衝擊値例へば 5 以上のものを得ることは可なり高温焼戻を爲すも困難にして、5 種配合, 7 種熱處理, 即ち 35 例中僅に 2 例にすぎない。(衝擊値が本試験では可

なり低く出てゐるから、上記の 5 なる値は本試験に就てのみ云々するものである)。

鋼種	熱處理	抗張力	伸	絞	衝擊値	硬度
B 200	VII	107.5	11.7	54.4	5.6	36
B 220	VII	113.2	9.4	38.0	6.4	36

これに反し海綿鐵に於ては 35 例中衝擊値 5 以上のものは 21 例を數へられる。この内より上表と比較すべきものを選べば下表に示す如く抗張力を等しくすれば伸に於て 1~1.14 倍、絞に於て 1.1~1.43 倍、衝擊値に於て 1.59~2.48 倍となる。

鋼種	熱處理	抗張力	伸	絞	衝擊値	硬度
A 210	VII	106.0	13.3	59.2	13.9	35
A 200	VI	113.2	9.4	54.4	10.2	38

次に (A) 表と伸を等しくし、絞も同程度の A をとれば伸 9.4 は A にあるも 11.7 は A に於ては VI と VII とがその上下にあるからその平均をとることとした。

鋼種	熱處理	抗張力	伸	絞	衝擊値	硬度	(A)表のBとの比較
A 210	III	199.2	9.7	47.9	7.8	51	抗張力 A = 1.11~1.75 B 衝擊値 A = 1.17~1.22 B 絞 A = 0.98~1.26 B
A 210	VI	125.2	9.4	47.3	7.7	42	
A 220	III	191.2	9.6	37.3	7.5	50	
A 208	VII	103.0	12.5	57.8	13.7	35	抗張力 A = 0.98~1.07 B 衝擊値 A = 1.93~2.48 B 絞 A = 0.98~1.1 B
(A 210)	VII	106.0	13.3	59.2	13.9	35	
(A 210)	VI	125.2	9.4	47.3	7.7	42	
平均		115.6	11.35	53.25	10.8	38.2	
(A 220)	VI	122.9	10.6	54.4	8.0	41	
(A 220)	VII	103.9	14.4	64.0	14.9	33	
平均		113.4	12.5	59.2	11.45	37	

上表に見る如く抗張力に於て 7~75% 衝擊値に於て 17~148% の増加を示す。

同様に衝擊値を等しくして比較せんにこの場合 B 鋼の如き衝擊値の低きものは A 鋼では他の性質も悪いから A 鋼では多少衝擊値の大なるものをとると

鋼種	熱處理	抗張力	伸	絞	衝擊値	硬度
A 210	III	199.2	9.7	47.9	7.8	51

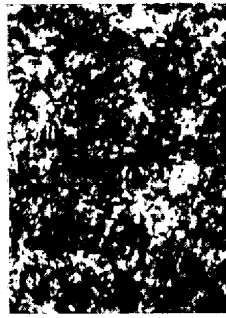
では B 220 VII に比し抗張力 75%, 伸 3% 大にして然も衝擊値も 22% 大である。(A 表) B 200 VII と比較するには A 鋼は衝擊値は之より大又は等しきものあるも伸に於てかなり劣り伸の A > B なるものでは衝擊値に於て A ≐ 2 B となり、衝擊値を等しくしての適例がない。

以上普通の Ni, Cr 量で高炭素のニツケル・クロム鋼では抗張力を等しくすれば伸は 14%, 衝擊値 148% も増加し得られ、伸を等しくすれば抗張力は 75%, 衝擊値 148% も増加せしむる可能性があり、衝擊値 22% 大にするも尙抗張力 75%, 伸 3% を増加せしむる可能性があり海綿鐵は屑鐵よりもニツケル・クロム鋼として強靱性を有す。

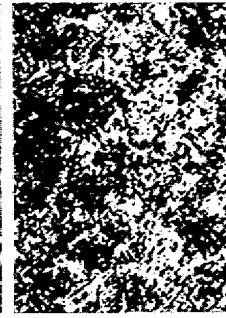
顯微鏡寫眞 硝酸ピクリン酸アルコール腐蝕 倍率 × 300



B 204 (I)



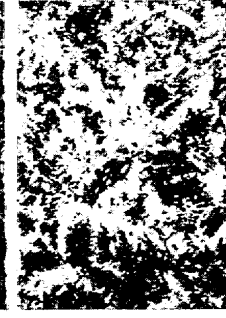
B 204 (I)



A 204 (IV)



A 204 (VII)



A 210 (I)



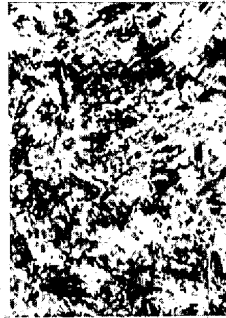
B 210 (I)



A 210 (II)



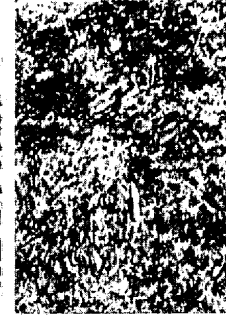
B 201 (II)



A 210 (III)



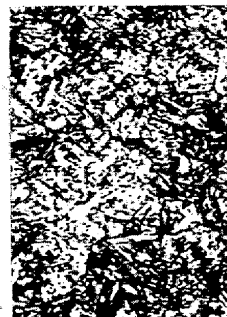
B 210 (III)



A 210 (IV)



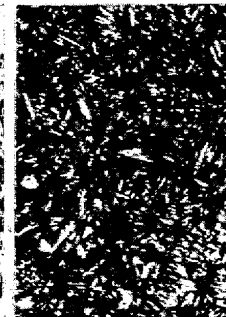
B 210 (IV)



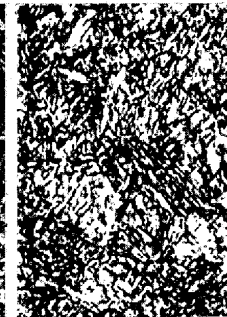
A 210 (V)



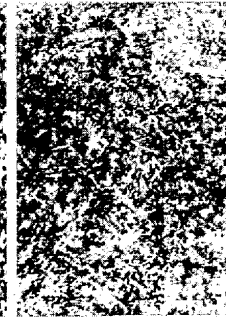
B 210 (V)



A 210 (VI)



B 210 (VI)



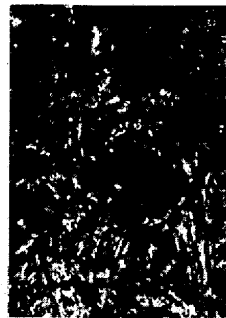
A 210 (VII)



B 210 (VII)



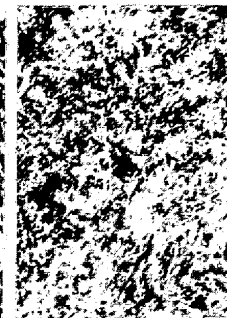
A 211 (I)



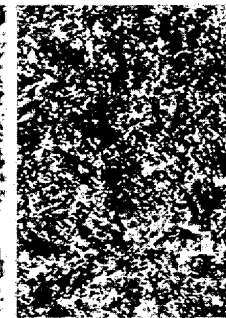
B 211 (I)



A 211 (II)



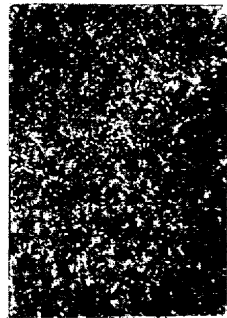
B 211 (II)



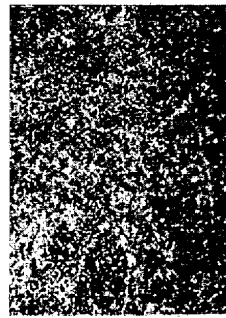
A 211 (III)



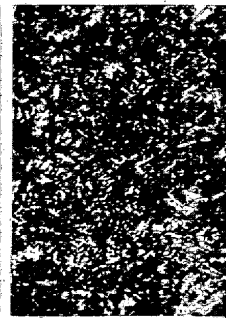
B 211 (III)



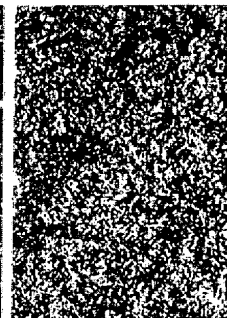
A 211 (IV)



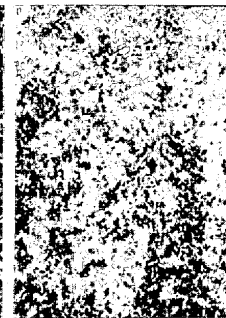
B 211 (IV)



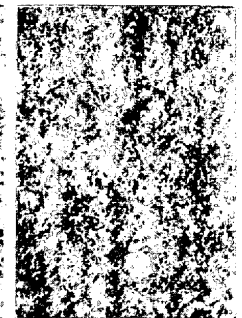
A 211 (V)



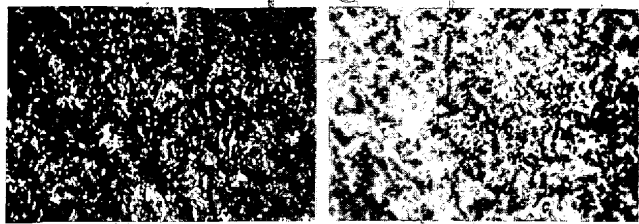
B 211 (V)



A 211 (VI)



B 211 (VI)



A 211 (VII)

B 211 (VII)

次にタハード系ニッケル・クロム鋼に就て述べんに、屑鐵タハード系に於ては衝撃値5以下となり靱性の減少が著しいのに對し海綿鐵鋼に於てはこれよりも靱性が大であるもその優劣の差は普通のニッケル・クロム鋼の場合に於けるよりも少ない。この點は本試験の範圍内に於てのみ成立す

る事か又はこの系統のものでは一般に成立つものであるから尙究明を要する。

前表より見るとBは抗張力、伸はどうかするとAより大、衝撃値のみ及ばない。従てAは今少し強さを増すべくタハード系元素を加へても伸はその割にへらずに抗張力がB以上のものを生ずるのではあるまいか、又安全性の方面から云へば斷然AがBに優る。

以上如何なる點より見るも本研究の範圍内ではAはBよりも強靱で、低温焼戻に於て又特殊元素を多量に配合せるものに於てその特徴が發揮せられる。

鍍金下地向酸洗法

(ApRoberts, J. P.: Iron Age, May 24, 1941, 37~40 抄)

先づ清淨及びスケール除去の目的、方法の種類及びその得失を比較した後「以前は酸洗促進剤を要すと考へたがこれを用ひれば水素脆性を助長し且槽温上昇に依つても容易に促進さる爲現今は用ひられぬ。一般法則は槽温 8~9.5° 上昇に依つて酸洗速度は2倍となる。例へば低炭素平爐鋼では 77° で 60° の時の約5倍の速度となり、特殊鋼及びベゼマー鋼では更にこの加速率大で 82° では強力な抑制剤を要する。酸洗に用ひる酸液は地金と除くべきスケールの性質によつて異なる。鐵鋼には硫酸、鹽酸、弗化水素酸を、黄銅には硫酸、硝酸、弗化水素酸を用ひる。酸磷は磷酸鹽膜を作りペイント下地としてよく耐蝕性を増すが鍍金にはよくない。醋酸も用途に制限がある。マグネシウムは表面の膜を去り耐蝕性をよくする爲にクロム酸洗又は弗化水素酸を用ひる」次に黄銅酸洗液の處方を記した後「鑄鐵鑄物の鑄ぐるみ又は焼付の砂粒を除く爲、時には 20% の弗化水素酸を用ひる。又一般には濃度 5~15%、49~82°C で抑制剤を加へ又は加へないで酸洗する。或る鍍金目的に依つては容積比で 7~20% 並に前後の鹽酸浸漬を行ふ、鋼材の酸洗には合金量が重要な要素となる。炭素が鐵化合物として存在すれば鐵の溶解速度を増す。電鍍の際は酸液の硫酸鐵又は鹽化鐵の濃度が 5% に達しない内に酸液を放棄する。これは附着した鐵が鹽基性二價鹽として沈澱し洗滌を妨げる爲である。酸液の選擇に當り合金元素量の外に考ふべきは鍍金前に除くべきスケール及び腐蝕生成物の性質である。場合に依つては表面物質は2種以上の腐蝕生成物の結合したものであるが、かかる場合完全にこれを郵く爲には2種以上の酸を用ひる。例へば砂粒を付けた鑄鐵鑄物には 6~8% 硫酸+0.5~1% 弗化水素酸で約 60°C で行ふ。不銹鋼を焼鈍、鋸接、熔接等する際高温で生じた酸化物は普通受動態となり Fe Ni 及び Cr の種々な酸化物の雑々な混合物を形成してゐる。不銹鋼の熱間壓延板、冷間壓延帶鋼又は管の酸化膜を取るには 6~12% 硫酸第二鐵+1.5~3% 鹽酸が最もよい。

金屬の種類は何れにしても酸洗作用の集中する所又は穴の如き場所には酸が残らぬか否かを注意せねばならぬ。否んば爾後害をなす。これを防ぐには穴を Kalons 又は set screw で塞ぐ。

考慮に入るべきも一つの點は抑制剤の應用である。之ば O. T. Towner の言を借れば“酸による種々のスケール及び酸化物の除去又は急速な溶解を許し、酸の金屬自身への作用を減退せしむる”物質である。換言すれば抑制剤の目的は次の例の示す如く地金を節約するものである。

抑制剤の機構はこれが細微に分散した膠質であつて金屬を圍繞しこれに附着する爲、酸液はスケールに作用し第一鐵又は第二鐵鹽を作りこれが液中に溶ける。地金に對する酸の作用は、本來水素を發生するが、抑制剤が水素生成又は酸化の進行を妨げる爲作用が減ずる。

Zapfe 及び Faust は抑制剤は酸の作用から地金を防ぐこと、水素をその内に吸収し地金中への浸透を防ぐこと、及び水素脆性を防ぐに或る程度効果を有することを示した。

酸液: 66° Bé 硫酸 5%, 水 95%, 抑制剤 (0.1% Turco Acryl) 添加の効果は (1) 酸の作用を妨げず (抑制剤の爲僅か 1/9 速度が鈍る) (2) 地金を溶かすこと少く鐵鹽の蓄積少き爲酸の命数を伸ばす (地金の節約 67%, 酸の節約 62%) (3) 酸洗過度を防ぐ (4) 水素脆性を防ぎ美しき酸洗仕上面を呈する。

市場には多種の抑制剤がありその代表的なものは地方的産物たる Turco Acryl で米國海軍省規格に適合するものである。良好な抑制剤の規格は次の如くである。(1) 爾後の電鍍を妨げぬ爲地金を汚すことなく濯ぎ落しの容易なこと (2) 泡沫層を作らぬこと (3) 有毒ガスを發生せぬこと (4) 標準抑制剤 diorthotolylthiourea の 1/10 倍以上の効果を有すること。(以下略)