

主なる數値を第4表に掲げる。第4表によれば、打撃回數の増加と共に速度、従つて仕事量が逐次大となつてゐることが認められる。即ち第1回の打撃により得られた仕事量は5600kgm、第6

第4表 3t 空氣槌の實驗結果

實驗番號	9	10		
$H, m$	0.87	0.77	0.93	0.96
$s, mm$	4.16	4.40	4.60	4.80
$l, mm$	40.67	40.90	40.94	40.96
$f, s^{-1}$	59.0	60.5	60.5	60.5
$V, m/s$	6.03	6.51	6.80	7.10
$E, kgm$	5580	6480	7080	7700

備考 1 回打撃連続打撃  
第1打 第3打 第6打

打では7700kgmで、1tハンマーの仕事量に比較すれば、夫々約3倍及び約4倍となつてゐる。

尙連続打撃實驗の副産物として、測らずもハンマー基礎の良否が明かとなつた。寫眞5の最下部に現れてゐる細かい振動がそれであつて、このハンマーの基礎は相當緩んでゐる事が知られる。

### V 實驗結果の考察

以上の實驗結果に徴して明かなる如く、電球法により極めて容易に且正確にハンマーの速度並に仕事量を測定することが出来る。今この方法の特徴を再記すれば、

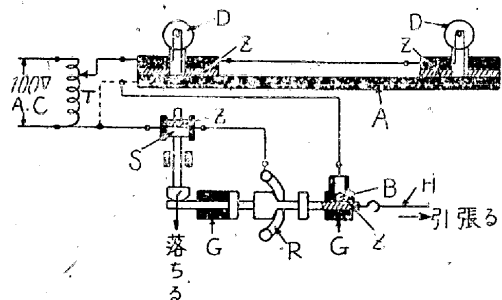
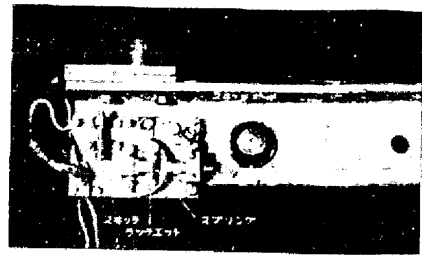
- (1) 原理及装置極めて簡単で容易に實用し得ること、
  - (2) 精度は±1.0%以内にあり、従て各種槌機の性能を比較する標準となし得ること、
  - (3) ハンマー操作工の技術の巧拙を比較する事が可能となつると共に、ハンマー構造の良否が識別され得ること、
  - (4) 連続打撃寫眞によりハンマーの最大機能を定量し、併せてハンマー基礎の良否をも知り得ること、
- 等である。

然しこの實驗装置には改良すべき點が數ヶ所ある。即ち

- (1) アングル及び取付けボルトが稍脆弱にして、更に大なるハンマーの場合には破損する恐れがある。
- (2) 點滅スイッチは1回打撃の際には有効に働くが、連続打撃又は日常作業中の任意の1回の打撃を捉へるには、反つて不便で、従てハンマーの眞の速度を見出すことが困難である。

以上の諸缺點を除くために改良試作した新装置を寫眞6に、又その電氣結線圖を第5圖に示しておく。アングルは斷面75mm×

寫眞6



A...アングル B...球接觸 D...互電球 G...支持金具 H...紐 R...ラッチェット S...スイッチ T...スライダツク Z...絶緣板

第5圖 改良せる自動點滅スイッチ配線圖

50mm×8mm、長さ400mmとし、取付ボルトは3/8"を5/8"に変更した。スイッチの動作は第5圖より直ちに明かな處で、右端の紐を引張ると初めて點燈し、次の打撃により下に落ちて消燈する。又連続打撃の際は配線を切換へればよい。

### VI 結 言

交流サイクルによる電球點滅の原理を利用し、簡單なる装置を考察し、數基のハンマーに就て速度並に仕事量を測定した結果、極めて容易且正確に速度並に仕事量を求め得ることが判明した。而して從來不明であつたハンマーの型式、製作所の相違から来る能力の差が、定量的に一目瞭然となり、更にハンマー操作工の技術程度、ハンマー構造の良否をも、同時に認知することが出来た。これが槌機性能標準化の一助ともなれば幸である。

終りに臨み本研究は學振鍛造委員會委員諸氏並に當社藤堂技師長、及び當所現場職員各位の特別の御指導御便宜により遂行出来たものである事を附記して感謝の意を表す次第である。

## Cr-Mn系耐熱鋼に就て

(日本鐵鋼協會第30回講演大會講演 昭18.10.於大阪)

河合正吉\*・越智通夫\*

### I 緒 言

無Ni又は低Ni耐熱鋼の研究は刻下の急務である。この種の研究は獨逸に於て比較的早くより始められ、高Cr高Ni耐熱鋼のNiをMn<sup>1)</sup>或は窒素<sup>2)</sup>を以て置換する試みが進められてゐる。

我國に於けるこの方面の研究としては、種々の組成の高Cr高Mn鋼の組織及び耐熱的性質に関する錦織<sup>3)</sup>、出口<sup>4)</sup>諸氏等の報告が出て居り、又下川氏<sup>5)</sup>は特に耐熱鋼としてではないが、窒素を添加せる高Cr高Mnオーステナイト鋼に関する諸性質に就き發表されてゐる。

Ni-Cr系オーステナイト鋼は、耐熱性と共に常溫に於ける耐酸

\* 三菱製鋼所技師

<sup>1)</sup> 例へば; H. Legat: Arch. Eisenhüttenw. 11 (1937/38) 377

<sup>2)</sup> W. Tofaute und H. Schottky: Arch. Eisenhüttenw. 14 (1940) 71

<sup>3)</sup> 錦織清治, 柳沼隆, 淺田千秋: 電氣製鋼 17 (昭16) 465

<sup>4)</sup> 出口喜男爾, 遠藤忠: 鐵と鋼 29 (昭18) 233

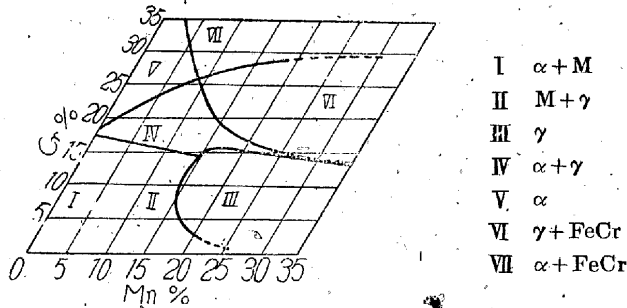
<sup>5)</sup> 下川義雄: 日本鐵鋼協會第28回講演大會講演

性乃至耐蝕性の點に於ても優秀で、謂はば八方美人的な鋼種であるが、耐熱用鋼としては必ずしもこれ等の諸特性の全部を具備する必要はない。高 Cr 高 Mn 鋼に就てもその耐酸性或は耐蝕性を取扱つた文献も二三あり、一般に従来の不銹鋼に比較して劣る様であるが、これは耐熱性とは直接には無關係の事である。蓋し Cr-Mn 鋼を耐熱鋼として研究するに際して、Ni-Cr オーステナイト鋼を比較鋼種として選んだのは、その耐熱性及び Ni の節約度のみの目安を置く爲であつて、耐蝕性の如き他の性質は副産物的性質として取扱ひ、耐熱性の向上に全力を盡す事が肝要である。Ni-Cr オーステナイト鋼の代用鋼として、その具備する凡ての性質を Cr-Mn 鋼に付與せんとするが如き研究態度は、研究能率上慣まなければならない。

著者等は Ni を節約した耐熱鋼の研究を目的として、先づ高 Cr 高 Mn オーステナイト鋼の耐熱的諸性質の改良を企圖して實驗を進めてゐるが、その含有元素量の調整及び二三元素の添加により、高温に於ける強度、耐蝕性及び長時間加熱脆化の點で、従來 18~8 Cr-Ni 鋼に匹敵せしめ得る事を確認し得たので、以下その経過に就て報告する。

### II Si, Al の効果

第6圖<sup>9)</sup>に依り知られる如く Cr-Mn オーステナイト鋼は Cr 量が 15% 以下に制限され、その爲高温に於ける耐蝕性が餘り良好ではない。耐蝕性を増大する元素としては Si, Al 等が考へら



第1圖 常温に於ける Fe-Cr-Mn (0.1%C) 系状態圖

れる。然るにこれ等の元素の添加はγ領域を狭くする故、オーステナイトを安定にする爲には、Cr 量を下げ Mn 量を増す必要がある。この際次の事柄に注意しなければならない。即ち Si, Al のオーステナイトを不安定化する効果は何れも Cr より大であるが、耐蝕性を増大せしめる効果が遙に大なる故、該2元素に依る Cr の置換が可能となるのである。

耐蝕性向上の研究の爲に調整した試料の成分を第1表に示す。

第1表 各試料の化學成分 (8kg 高周波爐製)

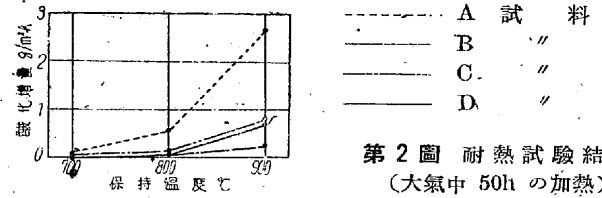
成分 符號	C	P	S	Mn	Si	Ni	Cr	Al
A	0.24	0.024	0.021	15.37	0.56	—	13.26	—
B	0.10	0.062	0.014	16.69	3.06	—	11.02	—
C	0.13	0.027	0.015	18.08	2.89	—	10.06	0.46
D	0.18	0.017	0.019	0.53	0.46	8.32	18.12	—

D 試料は比較の爲に造つた 18-8 Cr-Ni 鋼である。試験片製作上、1200°C に加熱し 1000°C 以上にて 18mmφ 棒に鍛延したが、上の程度の Si, Al の添加は高 Cr 高 Mn 鋼の可鍛性には影響を及ぼさない様である。鍛造後 1100°C に加熱水冷したものより試

<sup>9)</sup> M. Schmidt und H. Legat: Arch. Eisenhüttenw. 10 (1936/37) 297

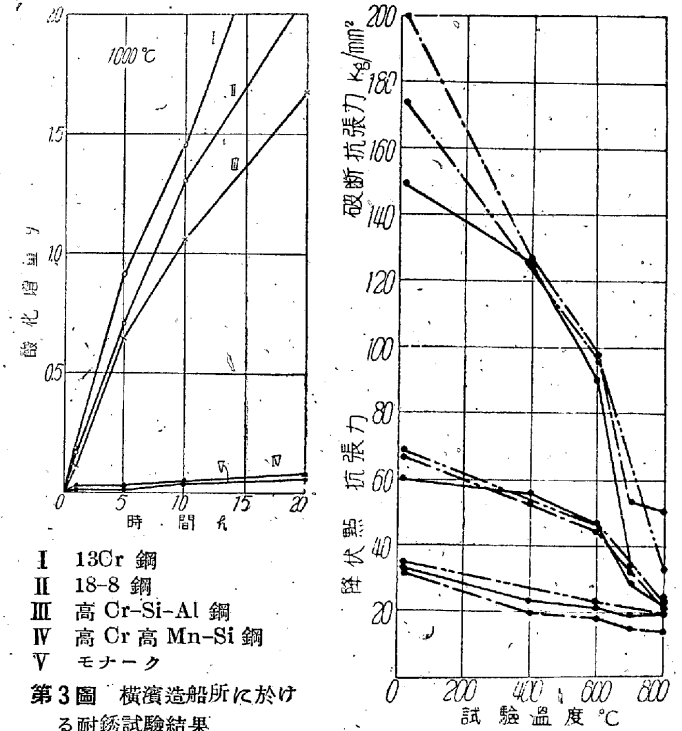
験片を削成した。これ等の顯微鏡組織は何れも純オーステナイト組織で、鍛造の儘のものも不感磁性である。

10mmφ×10mmL の試料に依り耐蝕性試験を行つた結果を第2圖に掲げる。圖に依れば Si, Al の効果は顯著であり、B 試料が最も良好で 18-8 Cr-Ni 鋼に比し遜色を認めない。尙第3圖は第2表に掲げた材料に就き酸化試験を行つた結果を示したもの



第2圖 耐熱試験結果 (大氣中 50h の加熱)

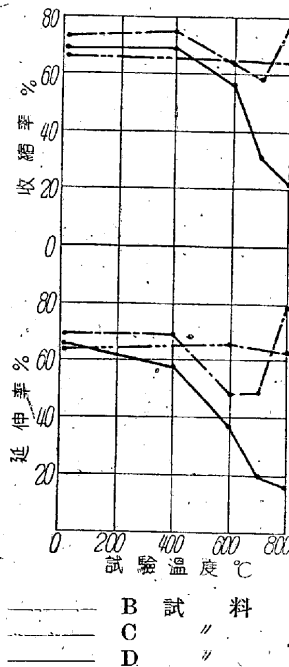
で、この内高 Cr 高 Mn-Si 鋼は著者等の熔製したものであるが、高温に於ける耐蝕性の相當良好な事が窺はれる。



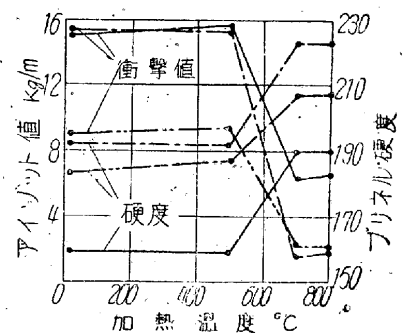
第3圖 横濱造船所に於ける耐蝕試験結果

第4圖 高温試験結果(1)

次に常温及び高温に於ける機械的試験の結果を第4~5圖に示す。抗張力は 18-8 鋼に比して遜



第5圖 高温機械試験結果(2)



第6圖 加熱脆化試験結果

第2表 酸化試験試料の化学成分

成分%	材料									
	C	Ni	Cr	Si	Mn	Ti	Al	P	S	
モノーク		5	26	3						
18-8 Cr-Ni 鋼										
13 Cr 不銹鋼	0.17	0.26	10.46	0.06	0.18	—	—	0.017	0.007	
高 Cr-Si-Al 鋼	0.12	—	19.99	1.05	0.96	—	1.51	0.012	0.018	
高 Cr 高 Mn-Si 鋼	0.19	—	8.86	3.22	16.75	0.31	0.23	0.007	0.010	

色が無い。降伏点はC試料が最も高い。破断抗張力は18-8鋼より高い。延伸率及び収縮率より判断すれば、高温に於ける靱性は18-8鋼より優秀である。

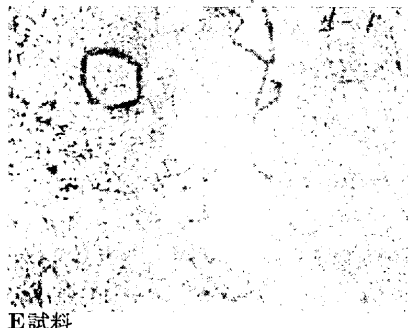
尙第6圖に500, 700, 800°Cの各温度に100h加熱空冷後の衝撃値及び硬度の變化を示す。500°Cに加熱の結果では各試料共著しい變化は認められないが、700, 800°C加熱に依る脆化並びに硬度の上昇は18-8鋼より著しい。

III Tiの效果

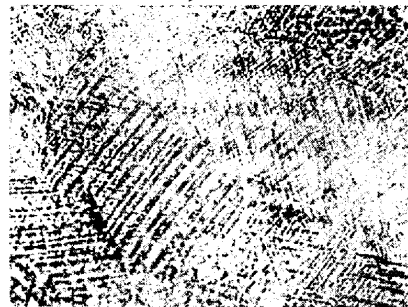
18-8 Cr-Ni 鋼, 高 Cr-Ni 窒素鋼等のオーステナイト鋼に於ける長時間加熱による脆化が、Tiの添加に依り防止し得る事は既によく知られてゐる。依て上述のCr-Mn系オーステナイト鋼の加熱脆化に關しても同様にTiに依る脆化防止を試みた。熔製した試料の分析結果は第3表の通りである。鍛造後1100°Cに加

第3表 含Ti-Cr-Mn鋼の化学成分

成分 符號	含Ti-Cr-Mn鋼の化学成分						
	C	P	S	Mn	Si	Cr	Ti
E	0.10	0.040	0.011	17.01	3.00	10.66	0.38
F	0.16	0.043	0.017	14.76	0.37	13.46	0.38



E試料



F試料 寫眞1. 1100° W.C. (×600)

熱水冷した物の組織を寫眞1に示す。E試料はオーステナイトであるが、F試料は多少のフェライトを混じり居り、これはMn量が稍低目である故と考へられる。

長時間加熱試験の結果を無Ti高Cr高Mn-Si鋼及び18-8 Cr-Ni鋼と比較して第4表に示す。これに依ればTiを含有するE, F試料は長時間加熱脆化の點で18-8鋼に殆ど遜色ない。完全なオー

第4表 長時間加熱に依る衝撃値及び硬度の變化

試料 熱處理	E		F		B(無Ti)		18-8鋼	
	アイソツト値	硬度	アイソツト値	硬度	アイソツト値	硬度	アイソツト値	硬度
	kgm	Hb	kgm	Hb	kgm	Hb	kgm	Hb
1100° W.C.	16.4	196	16.5	215	15.3	192	15.0	159
1100° W.C. 700° × 100h A.C.	6.4	206	5.8	228	1.6	223	6.3	190
1100° W.C. 800° × 100h A.C.	5.5	229	4.6	229	1.8	223	6.7	190



E試料



F試料 寫眞2. 1100° W.C., 700° × 100h A.C. (×600)

ステナイト組織ならざるF試料は800°C加熱の場合衝撃値の低下が比較的著しいが、これも無Ti高Cr高Mn-Si鋼に比較すれば、その程度が遙に少い。寫眞2は長時間加熱の顯微鏡組織を示したものである。

尙耐熱鋼の具備すべき性能の一として高温に於ける耐屈強度の大なる事を要する。上述のE, F試料に就き迅速法<sup>7)</sup>に依て求めた耐屈限を第5表に示す。本表

第5表 耐屈限 kg/mm<sup>2</sup>

試料 温度	E	F	18-8鋼
580°	16.6	12.2	16.0
680°	11.0	7.0	11.2

に依れば、フェライトの混在するF試料は耐屈限が比較的低い。純オーステナイト組織のE試料は18-8鋼に匹敵してゐる。

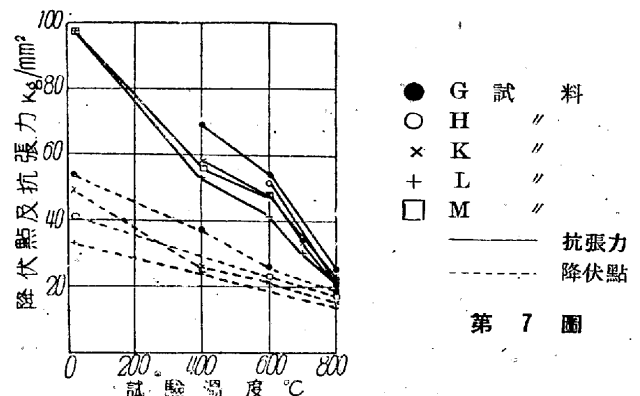
IV 炭素量の影響

以上は主に低炭素の場合に就て述べたのであるが、原料の問題或は使用目的に依り、比較的高炭素のものが要求される場合が考へられる。依て耐熱性に及ぼす炭素量の影響を調査した。第6表の試料を1100°Cより水冷したものの常温及び高温に於ける抗張

第6表 炭素量の調整結果

成分 符號	C	P	S	Mn	Si	Cr	Ti
G	0.37	0.007	0.020	18.48	3.49	10.76	0.37
H	0.29	0.008	0.004	18.43	3.36	12.48	0.47
K	0.19	0.017	0.014	16.91	3.32	11.72	0.40
L	0.13	0.005	0.014	17.00	3.26	11.68	0.35
M	0.19	0.015	0.004	17.20	3.11	11.75	0.24

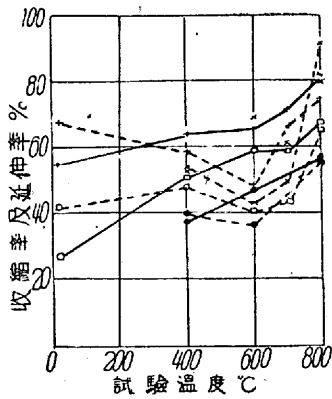
試験の成績を第7-8圖に掲げる。全般的に見て炭素量の増加に



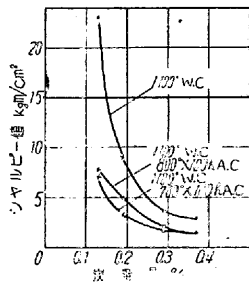
● G 試料  
○ H 〃  
× K 〃  
+ L 〃  
□ M 〃  
—— 抗張力  
----- 降伏點

第7圖

<sup>7)</sup> K.-W.-I. 第1法



● 収縮率 ..... 延伸率  
第 7~8 圖 高温機械試験結果 (3~4)



● G 試料 ○ H 試料  
× K 試料 + L 試料  
第 9 圖 衝撃試験結果

伴ひ強度が増し靱性が減少してゐる。次に常温に於ける衝撃試験の結果を第 9 圖に示す。水冷の儘のもの及び 700, 800°C に 100h 加熱したもの共に炭素量の増加に伴ひ、急激に衝撃値の低下を示すが、0.3% 以上では著しい変化は無い。尙第 7 表は炭素量が等

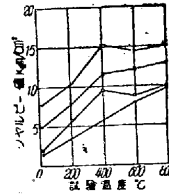
第 7 表 加熱脆化に及ぼす Ti の影響

試料	シャルピー値 kgm/cm <sup>2</sup>		
	長時間加熱前	700°×100h A.C.	800°×100h A.C.
K	8.5	2.6	4.9
M	8.6	3.1	4.7

しく Ti の異なる K 及び M 兩試料の長時間加熱に依る脆化の程度を示したものであるが、兩試料に於て殆ど差異の認められない事から、炭素量 0.2% に達すれば 0.4% 以下の Ti の添加では

脆化の防止に對し著しい効果の無い事が窺はれる。長時間加熱脆化を完全に防止する爲には炭素量の 6 倍程度の Ti の添加が必要と推定される。

寫真 3 は長時間加熱前後の顯微鏡組織であつて、長時間加熱による炭化物の挙動が窺はれる。第 10 圖は 800°C に 100h 加熱空冷したものゝ 800°C 以下に於ける衝撃試験の結果を示したものであるが、常温に於て著しい脆化を示した各試料共高温では比較的優秀な値を示して居り、長時間加熱脆化は高温の靱性には殆ど影響無いと言ふ事が出来る。尙この事は全然 Ti を添加しない場合



● G 試料 ○ H 試料 × K 試料  
+ L 試料  
第 10 圖 脆化試料の高温衝撃試験結果

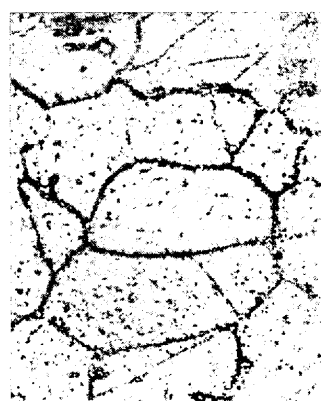
第 8 表 加熱脆化せるもののシャルピー値 (kgm/cm<sup>2</sup>)

試料	試験温度		
	常 温	600°	800°
高 Cr 高 Mn-Si 鋼	5.5	15.8	17.4
18-8 鋼	17.3	13.7	15.2

にも同様であつて、第 8 表は無 Ti の Cr-Mn 系オーステナイト鋼 (B 試料) 及び 18-8 鋼 (D 試料) を 800°C に 5h 加熱油冷したものゝ試験結果であるが、高温に於ては却つて衝撃値の點では優秀である。最後に高温に於ける耐銹性に對する炭素量の影響を



長時間加熱前 (G 試料) 700°×100h A.C.



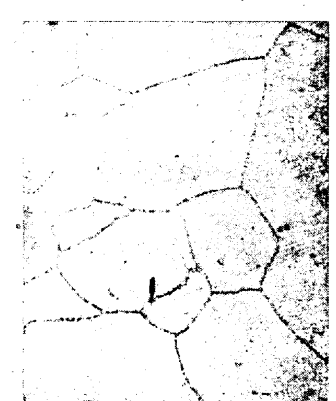
長時間加熱前 (H 試料) 700°×100h A.C.



長時間加熱前 (K 試料) 700°×100h A.C.



長時間加熱前 (L 試料) 700°×100h A.C.



寫 眞 3. (×500)

第9表 酸化増量 (g/m<sup>2</sup>h)

試料温度	G	H	K	L	M
700°	0.000	0.108	0.169	0.182	0.155
800°	0.668	0.650	1.364	0.734	0.704

調べた結果を第9表に示す。

前述の場合と同様 10mmφ×mmL の試験片を用ひ各温度に空气中で 50h 加熱した場合の重量増加の平均である。この結果では

実験の温度範囲に於て炭素量の影響は認められない。

V 結 言

以上の結果を要するに耐熱鋼として 18-8 鋼に代用し得る最も簡単な Cr-Mn 系オーステナイト鋼としては

C	Cr	Si	Mn	Ti
0.15% 以下	9~11%	2.5~3.5%	17~19%	0.4~0.7%

なる組成のものが適當と考へられる。

耐火煉瓦の常温に於ける耐圧強度と

熱間に於ける耐圧強度に就て

(日本鐵鋼協會第30回講演大會講演 昭 18.10. 於大阪)

河合 幸三\*・鹽脇 秀三\*

I 緒 言

耐火煉瓦の常温に於ける耐圧強度は、品質判定上重要な規格の一つである。従て常温に於ける耐圧強度を動もすれば重要視過ぎる傾向があつて、必要以上に耐圧強度の大なることを要求されることがある。所が實際必要なものは、熱間に於ける耐圧強度であつて、常温に於ける耐圧強度でないことは論を俟たない。然るに熱間に於ける耐圧強度は、必ずしも常温に於ける耐圧強度と比例するとは限らない。同耐火度を有する耐火煉瓦で、常温に於ける耐圧強度が大で、熱間に於ける耐圧強度が意外に小なるものがあり、又これに反し常温に於ける耐圧強度が小であつて、熱間に於ける耐圧強度が割合に大なるものがある。自社製各種煉瓦並に他社製煉瓦を比較試験して、特殊煉瓦を除く普通製品は例外なく同様の傾向を現すことを知つた。

II 試験装置及び試験體

楯棒式小型材料試験機によつて加圧し、試験體が破壊若くは軟化變形した場合の加圧力を以て耐圧強度とした。1000°C 以下に於ける試験は電熱線電氣爐を用ひ、1200°C、1300°C に於ける試験は炭素管式電氣爐を用ひた。試験體は並形煉瓦の中央部から、半径 20mm、高さ 30mm の圓筒形狀に切抜いたものを使用した。

III シヤモット煉瓦に就て

角窯にて焼成した 32 番及び 34 番シヤモット煉瓦、並にトンネル窯にて焼成した 32 番及び 34 番シヤモット煉瓦の 4 組に就て耐圧強度試験をした。それ等試験體の耐火度、焼成温度、氣孔率、嵩比重及び耐圧強度試験結果は第 1 表に示す通りである。

角窯にて焼成せる 32 番シヤモット煉瓦も、トンネル窯にて焼成せる 32 番シヤモット煉瓦も、共に全く同種の配合で原料の粒度も全く同様で只焼成温度が異なるのみである。而して常温に於ける

第 1 表

種類	32 番A	32 番B	34 番A	34 番B
項目	角 窯	トンネル窯	角 窯	トンネル窯
焼成窯	角 窯	トンネル窯	角 窯	トンネル窯
焼成温度	SK 12	SK 10	SK 12	SK 10

\* 九州耐火煉瓦株式会社

耐火度	SK 32	SK 32	SK 34	SK 34
氣孔率%	26.8	28.4	27.5	28.9
嵩比重	1.88	1.84	1.93	1.90
加熱温度	耐圧強度 kg/cm <sup>2</sup>			
種 類	32 番A	32 番B	34 番A	34 番B
常 温 度	143	105	153	115
300°C	133	108	146	108
600	148	137	158	128
800	176	168	173	146
1000	305	312	256	243
1200	42	46	63	56
1300	17	18	23	21

る耐圧強度は角窯にて焼成せる 32 番は、143kg/cm<sup>2</sup> トンネル窯にて焼成せる 32 番は 105kg/cm<sup>2</sup> で可成りの相違である。然るに、300°C、600°C、800°C と漸次温度を高めて試験せる結果は、耐圧強度が漸次接近し、1300°C に於ては角窯焼成の 32 番は 17kg/cm<sup>2</sup>、トンネル窯焼成の 32 番は 18kg/cm<sup>2</sup> となり、常温耐圧強度の場合と逆の大ききとなつた。然しその差異は僅少で實驗誤差の範囲内である。即ち同程度の耐圧強度と見ることが出来る。34 番シヤモット煉瓦に就ても亦同様であつて、角窯にて焼成せるものと、トンネル窯にて焼成せるものとを比較するに、焼成温度が相違する故、常温耐圧強度を異にし、角窯焼成の分は 153kg/cm<sup>2</sup>、トンネル窯焼成のものは 115kg/cm<sup>2</sup> であるが、耐圧強度測定の際の加熱温度が上昇するに従ひ耐圧強度が相近づき、1300°C に於ては角窯焼成のものは 23kg/cm<sup>2</sup>、トンネル窯焼成のものは 21kg/cm<sup>2</sup> であつてその相違は甚だ僅少である。以上 2 組のシヤモット煉瓦に就て見るに、常温に於ける耐圧強度は相當の差異があつても、1300°C に於ける耐圧強度は極めて接近し、中には逆の大ききを現すものもある。

IV 他社製品に就て

他社製蠟石煉瓦及びシヤモット煉瓦 9 種に就ての耐圧強度試験結果は第 II 表に示す。

他社製品は焼成温度不明で、且 1 種類に就き焼成温度の高きものと、低きものとの 2 組の試料を得ることが出来ない故唯 1 組に