

平爐天井用珪石煉瓦の試験結果

(日本鐵鋼協會第 26 回講演大會講演. 昭. 16. 10. 於東京)

田所 芳秋*・須賀 音吉*

ON THE SERVICE TEST AND TABLE TEST OF SOME SILICA BRICKS FOR OPEN HEARTH FURNACE FOR STEEL MAKING.

Yosiaki Tadokoro and Otokiti Suga

SYNOPSIS: The authors carried out table tests on the silica bricks acquired from some brick making works and measured the specific weight, porosity, refractoriness, especially with regard to the plasticity at 1690° C, at which silica bricks commonly soften. These measurements were compared with the results from the service test of a working open hearth furnace. The table test of silica bricks concerning the plasticity was found to agree well with the service result. It may be applied to presume the quality of silica bricks before using it in service.

目 次

- I. 緒 言
- II. 珪石煉瓦の品質決定に重要な実験
 - イ. 比重, 氣孔度
 - ロ. 耐火度並に化學成分
 - ハ. 軟化切落
 - ニ. 打 音
 - ホ. 外觀々察
- III. 軟化切落試験の方法
- IV. 測定の実験
- V. 実験結果と實際使用成績との對比.
- VI. 珪石煉瓦の焼成不十分より招來せられる缺點
- VII. 實際作業爐に使用の實績

の如何に多く支配されると謂へ、其の製造工程たる粉碎の方法、その粒度、配合、製型、乾燥等特に焼成作業の合理化等あらゆる製造過程の如何に依つて、製品の品位に相當の差を生ずるものである事は事實であるから、その衝に當る吾人は相當によく時局を認識して、製鋼作業の要求に對し、撓まざる努力と研究とを以て應へ、萬全の道を講じなければならぬ。本報告は著者が永年研究に従事した経験と事實から比較的簡易で、然も有效且重要な試験項目に就ての概念と、更に八幡製鐵所に於て使用された平爐天井用珪石煉瓦の試験結果の一、二に就ての報告である。

I. 緒 言

従來平爐天井用珪石煉瓦の檢定は化學分析及び耐火度の測定等を以て足るとされてゐたが、現下我邦の製鋼界は未曾有の増産と品位の向上を要求し、且つ爐材に對しては甚だ酷なる作業をなしつつある關係上、必然的に優秀なる珪石煉瓦製造の要求が叫ばれて來た。これと反對に、我國に於ける優良珪石の産出は、漸減を辿りつつある爲 自然劣質原料に依り、優良煉瓦の製作に努力しなければならぬ現狀である。

従つて、従來の如き單なる試験では濟まされなくなつた事は自然の勢で、焼成された煉瓦は勿論原石に至るまで數多の物理化學的試験を行ひ、要求に適する優秀煉瓦を製造し、以て現下非常時局の本邦製鋼界をして、少くも爐材の點に就ては、少しも心配なからしむる事は我々爐材研究者としての責務である。もとより優秀なる煉瓦の製作は原石

II. 珪石煉瓦の品質決定に重要な実験

平爐天井用珪石煉瓦の品位決定には、なるべく多くの試験項目を施行するは望まじき次第なれども永年研究の経験から、作業上、先づ最も必要にして十分かと考へられる試験項目は次の通りである。

イ. 比重, 氣孔度

珪石煉瓦の組成上粒部分は Cristobalite に、基地部分は Tridymite に轉移し、不變石英の殘留殆どなきものを良とされてゐるが、その轉移の程度は (焼成温度) × (時間)、即ち焼成の良否に重大なる關係がある。然して結晶轉移の程度は、眞比重を測定することに依つて、大體の推断を下し得るものであるから、假比重、氣孔度にもその良焼、不良焼によつて、自ら限界を生じて來ることは勿論である。即ち單に比重、氣孔度だけに就て謂へば、眞比重として 2.35 以下である時は、焼成先づ完全と見るべく、假比重 1.7~1.8、氣孔度 21~23% 程度が天井用珪石煉瓦として、理想的な數値である。

* 八幡製鐵所研究所



ロ. 耐火度並に化學成分

前述した様に煉瓦検定に最も舊くから採用されてゐる試験方法で尙これは缺くべからざるものであつて、平爐天井用珪石煉瓦として SK 32 以上を必要とされてゐる。又化學成分から謂へば、 SiO_2 93% 以上 Fe_2O_3 1~2.5% 等が最も必要な條項である。

ハ. 軟化切落

軟化切落試験は八幡製鐵所研究所で創始した試験項目で現在一、二の煉瓦會社でも行はれる様になつてゐるが、この試験方法は實際平爐に使用される状態に即した試験であつて、従つてその結果は質地使用の結果とよく合致するものである。

御承知の如く天井煉瓦の損耗の様態は、大體二つに分ち得られる。それは

- 1) 煉瓦面がスポーリングの如き現象を起し、缺落して損耗するもの
- 2) 煉瓦面が粘りを生じて、宛も飴をりいた様に垂れ下つて損耗するもの

等である。前者は勿論劣質のもので、後者に於ても其程度が原料並に製造工程に依つて、種々異なるものである。試験方法に就ては、後述するが、大體實際使用の煉瓦から長さ 230mm、縦横 20mm の角棒を採取して、電氣爐中に懸垂し、普通平爐の作業温度と見られる SK 31 (1690°C) まで一定速度で加熱し、この温度に達したならば、その儘保定し、試料の一部が軟化切落する迄の時間と、切落後の伸びを測定すると同時に、測定後の試料より珪石煉瓦の 2 組成成分たる、石英粒と基地部分との融合状態、即ち配合工程の適否並に珪石煉瓦として最初焼成が十分なりしか否かを判定する方法である。その結果の状態に依つて、次の標準を設ける事が出来る。

等 級 状 態	等 級		
	1 級 品	2 級 品	3 級 品
(1) 粘り度 (切落後の伸び)	100mm以上	50~100mm	50mm以下
(2) 腰の強さ (1690°C 保定後切落迄の時間)	5mn以上	1~5mn	1rn以下
(3) 石英粒と基地部の融合状態	粒と基地完全に融合して一體となる	粒と基地との融合程度 [Ⓞ]	粒だけ獨立突出す

即ち切落の時の伸びの長さの長い程、粘り多く、1690°C 保定後切落に至る迄の時間の長い程、腰の強い事を表示するもので、實際製鋼作業で、壽命長く使用し得られるものと謂ふことが出来る。

ニ. 打 音

煉瓦は又焼成した後、金鎚を以て叩くことに依つて、その清音、濁音を聞き分けて、大凡その見當をつけ得る。但し餘りに金屬音(チンチン)を發するのは、製造後形状は正しく出来てゐるが、耐急熱 急冷性を缺くし、濁音(ボソボソ)の甚しいものは、龜裂の出来てゐる證左である。音の程度を文章で書くことは出来ないが、例示せば丹波の優良赤白並に岡崎産黒珪石を原料にしたものは、最も良好の音(金屬音カンカン)を發し、大連珪石のやうな原料を單味で使用したものは、極端な金屬様の音(チンチン)を發する様である。即ちカンカンの金屬音やコンコンの木音はよろしいが、チンチンと云ふ金屬音とボソボソの濁音を發する煉瓦はよくない。

ホ. 外觀觀察

外觀觀察として、煉瓦の角並に稜が餘りに正しく、金物を仕上げた様に焼けて居る珪石煉瓦は不良である。

然りとて又、餘りに不正のものも不良で、要は中庸を得たものが優秀な珪石煉瓦である。次に注意すべきは、破面に於ける粒部分と基地部分との融合の状況である。基地部分の褐色が、珪石粒(白色或は赤色)の周邊に浸潤してゐて完全に融合してゐるものは、良好な焼成をなされたものと見てよく、従つて煉瓦を割つた時、粒部分が眞二つに割れた破面は、所謂緋縞の状態を呈するものである。これに反して破面に粒の白き緋少く、粒その儘獨立突起し、或は粒突の反對に窪みを生ずる様な煉瓦は、要するに粒と基地部分の結合不十分なるの證であつて、不良なる煉瓦である。

尙破面に於て、所々に小なる長目の肌離れしてゐる様な煉瓦も、見受けるが、これは成型に際しての水分や、配合又は型打ちの不完全から來たもので、焼成は例令完全でも前述した軟化切落試験に供して見ると、その結果が良く出たり、悪く出たり、まちまちである。

尙破面觀察上緊要な點は、破面が凸凹を生じ、所謂綿ち切り破面をなす煉瓦は優良にして、硝子破面をなす。所謂貝殻狀破面を爲す煉瓦は、往々熱に對して不安定である。即ちスポールし易いものである。以上で大體平爐天井用珪石煉瓦の最も重要な、然も比較的簡易にやれる試験項目に就て述べたが、この内比重、氣孔度、耐火度、打音、外觀觀察等は普通一般試験として慣れさへすれば、何人も行ふことが出来るし、且、從來試験し來つた方法だから、説明は省略し、次に軟化切落試験の方法に就て概説して見たいと思ふ。

III. 軟化切落試験の方法

此處に掲げた圖面の第1圖は當方創案の軟化切落試験装置を示すもので(F)は小型黒鉛管電氣爐で、概略の寸法は圖示)、(S)は試料即ち平爐天井用珪石煉瓦からカーボランダムグラインダーで切り取つたもので、斷面は 20mm²、長さは並型煉瓦の寸法、即ち 230~240mm としてゐる。(t)は試料の下部に小孔を穿ちて耐火セメントで眞直に接着した耐火物製指針を示し、(R)の耐熱硝子管は上部が爐内に入り下部は、(G)の硝子板に接し、その接した外周は、カーボランダムの微粉末でシールして、空氣の爐内に流入することを防いでゐる。(D)はこれ等を受けた臺である。又(m)は硝子板(G)を通じて爐内の試料加熱状態を外部より觀察する爲の鏡、爐の中央の(h)は試料温度の測定孔を示し、左方の(K)は試料の伸びを目盛にて 1/100mm 又目測にて 1/1000mm 迄読み取ることが出来る望遠鏡付の精密なダイヤルインデケーターである。これを以て試料の尖端に附けた前記指針(t)の變化を読み、以て試料の伸びを測定する。以上の装置を用ひての測定の順序を述べれば、先づ電氣爐内に供試體(S)を眞直に中央に懸垂し、インデケーターの読みを指針(t)に合せ、漸次爐内温度を上昇する。この際加熱速度は

大氣温度から 900°C 迄は 10°C/mn

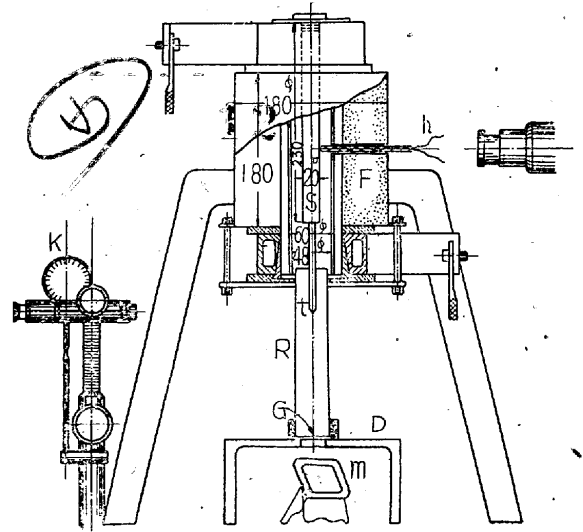
900°C から 1690°C (SK. 31) 迄は 4°C/mn

とする。この加熱速度は、試料を均一に加熱する爲の實驗的に求めたる最適のものである。温度の測定は、爐の中央にある徑 7mm 程度の孔(h)より行ふもので、大氣温度から 1300°C 迄は Pt~Pt-Rh 熱電對を用ひ、爾後 1690°C まで、或は同温度保定後、切落する迄、商工省検定の標準電球に依つて、正確に補正された光高温計を使用する。かくして漸次温度を上昇する時は、試料(S)はこれに伴つて順次膨脹する爲 指針(t)は次第に下方へ降る。(t)の尖端は(K)なる測定装置に依つて、大氣温度から 1600°C までは 50°C 毎に、1600°C 以上は 20°C 毎に、その變化を正確に読み取ることとする。而して前述の如く、平爐作業の平均温度と見られる 1690°C に達する時は、温度をその儘保定し、試料(S)が軟化切落するに至る迄の時間と、伸びを測り、實驗を終了するものである。

IV. 測定の實例

丹波赤白を原料とした Y 會社珪石煉瓦、岡崎珪石株式會

社經營の珪石山より産出した、外觀黒色の所謂黒珪石(著者發見並に命名)を使用した、K 所製珪石煉瓦並に同原料を使用せる O 社製珪石煉瓦及び N 會社製作(原料不詳)



第1圖 軟化切落試験装置

の珪石煉瓦の4種を前節説明の試験項目に就て、先づ試験を施行し、以て作業に使用する前、鑑定を行ひ、次に實際に平爐に使用した結果とを對照して、参考に供したい。

比重、氣孔度：一第1表の結果から、4種の煉瓦を比較して見るに、Y社製品は假比重と氣孔率は普通で、眞比重が僅か標準の 2.35 より高い。これは顯微鏡で見ても、僅少の殘留石英のあるのが見られるが、大體良く焼けてゐる

第 1 表

製作會社	燒成温度	配 合	煉瓦符合	假比重	眞比重	氣孔率 %	耐火度 (SK)
Y	SK17	丹波赤白 80 若 灰 20 石 灰 2	CNA	1.843	2.364	22.04	32.4 (1718°C)
K	SK17	岡崎黒珪石 100 石 灰 2	CNA	1.747	2.346	22.53	32.4 (1718°C)
O	SK17	岡崎黒珪石 100 石 灰 1.5 糖 蜜 0.5	NAMI	1.870	2.440	23.41	32.3 (1716°C)
N	不詳	不 詳	CNA-20	1.683	2.352	28.44	31.7 (1704°C)

のが解る。K所製品は氣孔率が稍大きい様に思はれるが、假及び眞比重は合格點である。N社製品は眞比重は普通であるが、假比重が極めて少ない爲に、氣孔率が非常に大きい上に、耐火度が前2者はSK 32を越してゐるのに、この煉瓦だけはSK 32に達してゐないのが見られる。これは顯微鏡で見ると、明かに判明するが、屑煉瓦が相當配合されてゐる事が解る。表示した數字から見ても、これは當然考へ得られる所であるし、組織から謂つても、殘留石英甚だ多く、配合された屑煉瓦の部分だけが良く結晶の轉移をしてゐる。結局燒成の不十分な事が、どの點から謂つても判然と認められる。

○社製品の原料は、K社製品と同じ原料である岡崎黒珪石を使用せるものにして、従つて、耐火度はK社製品の耐火度と殆んど同じ。氣孔度が稍大きく、又眞比重は2.44で良焼珪石煉瓦の限界である2.35より甚だ大である事は、この煉瓦が不良煉瓦である事を示してゐる。

打音試験：—Y, Kは何れも金錘で叩いて見ると堅い金屬を叩く様な清音(チンチン)ではないが、清音と濁音の中間に行く様な金屬音(カンカン)を發して、打音は上等合格なるに反し、N社製品は鈍い金屬音に近い(ボサボサ)した音を發する。而して、これを破ると前者が比較的粉末を生じないのに、N社製は甚だ粉末となり易い傾向を有してゐるのが解る。○社製品はN社製品程ではないが、多少(ボサボサ)した音で、不良焼にして不縮な煉瓦であるが、龜裂は別に認められない程度のものである。

外觀状態：—Y社製品は、破面の目詰み甚だ良好で、稍々良焼されてゐる關係上、粒と基地とが良く融着してゐる爲、粒部分が眞二つに破れて、破面は緋の状態を呈してゐる。K所製品は十分良焼されてゐる爲、Y社製品と同じく、粒部分が割れて、同状態を呈してゐるが、1mm以上の粒が少ない様に思はれ、石基部分には針でついた様な小孔が、普遍的に存在してゐるのが見られる。○社製品の破面を見ると、粗大粒の石英粒が點在して、適當な石英粒の太さのものの配合が少く、且、粉末粒が過多の様に見られる。且粒と粉末とは、別々に集合偏在して、組織不均一である。焼成に就ては、不十分の爲、粒と基地部分の結合が不十分の様に思はれる。事實、第1表でも明かな如く、眞比重稍大である。色も帶黄色なれど不均整である。N社製品は著しく軽く、焼成は勿論不十分である爲、基地部分と粒部分とが十分接着してゐないから、その斷口は、粒そのものが割れずに、粒のまま引離されて獨立突起し、又その反對部は窪みを生じ、従つて、良焼珪石煉瓦の特徴である緋の破面を有してゐないのが見られる。

破面の凸凹状態は4社製品共に縮ち切り狀で、何れも良好である。

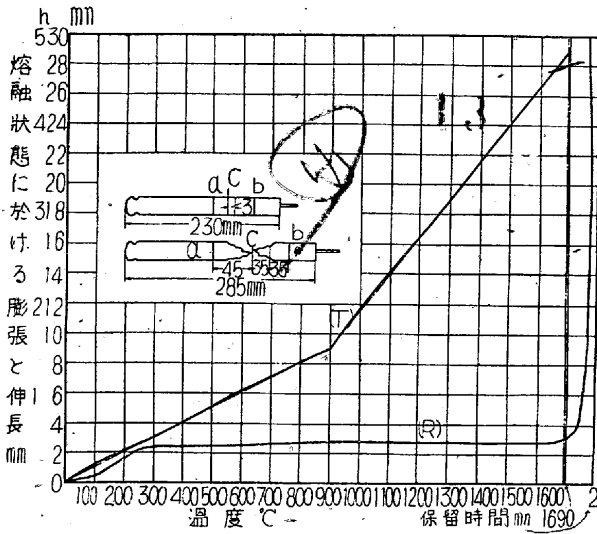
軟化切落：—第2圖、第3圖、第4圖(甲)第4圖(乙)には夫々Y, K, O, N社の結果を示す。何れも圖中(T)曲線は溫度上昇割合を表し(R)は試料の伸びの變化曲線である。第2圖のY社製品に就て見ると、(R)曲線は溫度上昇に伴つて、順次僅か宛膨脹し、保定溫度1690°Cになる直前で、僅かではあるが、急な伸びを示してゐる。この變化は、若し焼成が不良なる場合は大きく現れる變化であ

る。大體1550~1650°C附近で起る變化で、これは基地のTridy. 組織がCrist. 組織に移る時に、若し焼成不十分ならば、特に現れる異常膨脹である。次で1690°Cに保定後1mn 53sで軟化切落の現象を起す。この結果、現寸法より切落に依つて、伸びた長さは圖示する様に55mmとなり、軟化切落の概記の所で述べた標準に比較すると、先づ2級品と謂ふことが出来る。次に第3圖のK所製天井煉瓦は、その伸びの状態が1690°C直前で變化なく、然も1690°C保定後、實に10mn 30s持續してゐるのが見られ切落に依る伸びも100mmに達してゐる所から、優に1級品と稱し得られる煉瓦であることが解る。

第4圖(乙)のN社製煉瓦は(R)曲線に於て、1690°Cに達しない前の1626°Cで、既に軟化し始め、1682°Cで脆くも切落してゐるのが見られる。然もその伸びは、僅か38mmで、結果から謂へば、級外品即ち平爐天井用としての性能を有してゐないことが解る。

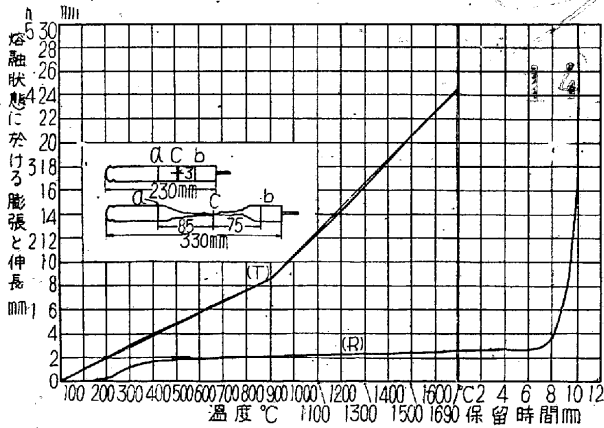
Y社及びK所製品は、上例の如く、數回繰返し實驗しても、大體上述の成績を得られるが、N社製品は餘りに劣質なる爲、念の爲、煉瓦納入順に29ヶ所の置場にある煉瓦より、夫々試料を採取して、軟化切落を行つて見たのに第5圖(イ)~(ヤ)の29種の曲線を得られる。これ等の結果を検するに、概して頗る劣質で、大部分がSK. 31(1690°C)に達せずして切落し、稀に1690°Cに保留し得るものがあつても、切落し長さが頗る短いことが解る。第5圖(マ)はN社製品の總括結果である。第6圖は軟化切落後の各試料の狀況を示すもので圖に見る様にY社製品は伸び短かく其の切落表面に粟オコシの様な粒の凹凸の存在が比較的多い。K所製品は切落の伸び頗る長く、切落面に粒部分の凸凹なく、圓滑な融合状態を示す。これは基地部分と粒部分とが適當な配合割合で、尙且つ均一な分布を有し、尙更に兩者の熔融性に差のない爲と、更に又煉瓦として、良焼されて十分融着してゐた證據である。これに反しN社製煉瓦は伸びの長さ非常に短く、表面又頗る凹凸があつて、宛も粟オコシを見る様である。即ちN煉瓦は前述の各點に就て不適當な製作方法の爲、粒と基地部とが完全に融合してゐなかつたのを表すものである。

次に○社製品に就ては、第4圖(甲)及び第6圖に見る如く、腰強く、1690°C(SK. 31)に達して後、切落迄に4mn 35sを保留する。然るに粘り度は腰の強い割合に少なく、切落後の伸び僅か55mmなり。これは該煉瓦は、眞比重大なる點及び1550°C附近よりの急激膨脹等の事實より觀



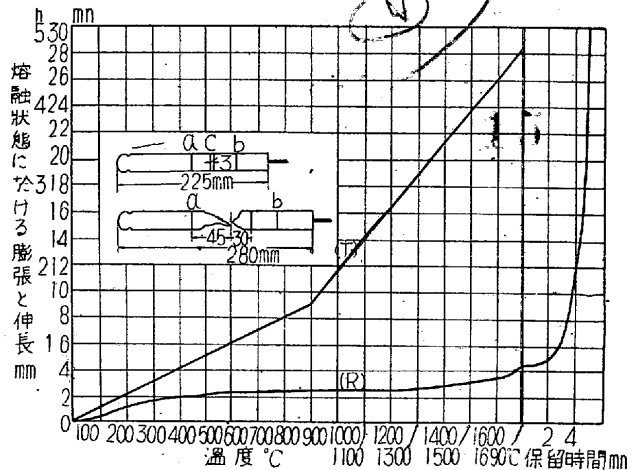
配合 (丹波赤白珪石 80 若狹珪石 20 石灰 2) 切落温度 1690°C × 1'53''
 加熱速度 (0~900°C 10°C/mn 900~1690°C 4°C/mn) 切落の伸び 55 mm
 (試験後の長さ) (試験前の長さ) (伸び)
 285 mm - 230 mm = 55 mm

第2圖 Y社製天井珪石煉瓦軟化切落試験



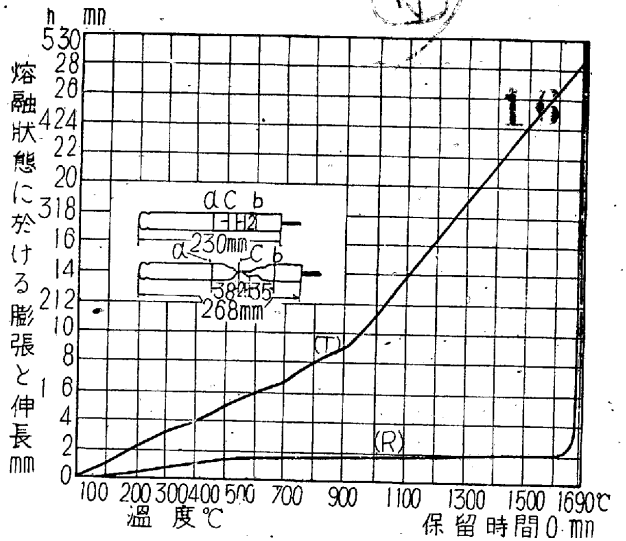
配合 (岡崎珪石 100 石灰 2) 切落温度 1690°C × 10'30''
 加熱速度 (0~900°C 10°C/mn 900~1690°C 4°C/mn) 切落の伸び 100 mm
 (試験後の長さ) (試験前の長さ) (伸び)
 330 mm - 230 mm = 100 mm

第3圖 K所製天井珪石煉瓦軟化切落試験



加熱速度 (0~900°C 10°C/mn 900~1690°C 4°C/mn) 切落温度 1690°C × 4'35''
 切落の伸び 55 mm
 (試験後の長さ) (試験前の長さ) (伸び)
 280 mm - 225 mm = 55 mm

第4圖(甲) O社製天井珪石煉瓦軟化切落試験



加熱速度 (0~900°C 10°C/mn 900~1690°C 4°C/mn) 切落温度 1682°C × 0'
 切落の伸び 38 mm
 (試験後の長さ) (試験前の長さ) (伸び)
 268 mm - 230 mm = 38 mm

第4圖(乙) N社製天井珪石煉瓦軟化切落試験

て、不良焼珪石煉瓦に属する為である。尙更に外觀観察に於て述べたる如く、粉碎配合の工程が、不十分なりし爲に粗大粒の存在と、必需適當大の粒子が割合に少なく、尙偏在せる點、更に基地部分が割合に過多なりし點等も、亦O社煉瓦の不良結果の原因をなすものである。

以上の如く、軟化切落試験を施行することに依つて、推斷し得られる諸性状は次の通りである。

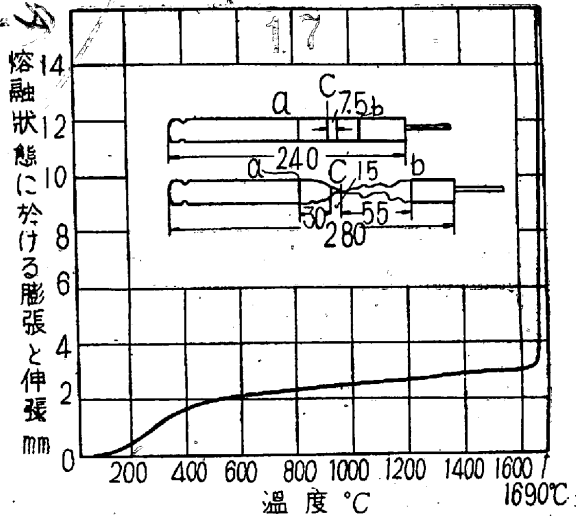
(イ) 1690°C 直前に於ける異状膨脹の有無に依つて、焼成の十分なりしか否かを知り。

(ロ) 1690°C 保定後、切落に至る時間の長短で、腰の強弱を窺ひ得られ。

(ハ) 1690°C 保定後、軟化切落した伸びの長短は、粘りの大小を示す。

(ニ) 切落した後の試料の切れ工合から、次の事が推定せられる。

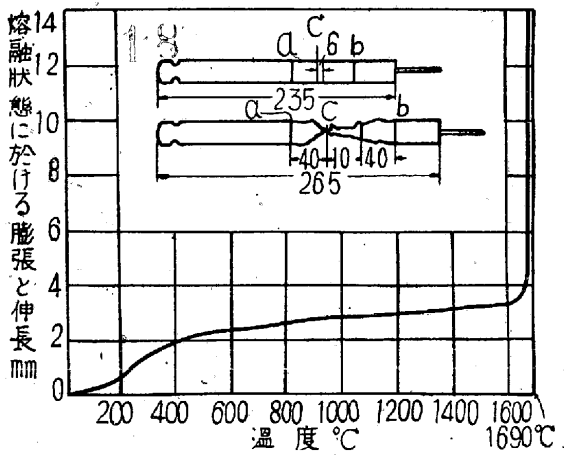
即ち、表面が館の様伸び、凹凸なく圓滑なものは、原料の選定、製造工程、焼成が十分なりし等が適當なりし爲粒と石基部緊密に融合したものと見られる之に



品位\項目 1690°C 保定 → 切落 切落に依る伸の長さ
 不合格 1690°C × 0' 40mm
 切落温度 1690°C × 0' 切落の伸び 40mm
 (実験後の長さ) (実験前の長さ) (伸び)

第5圖(イ)

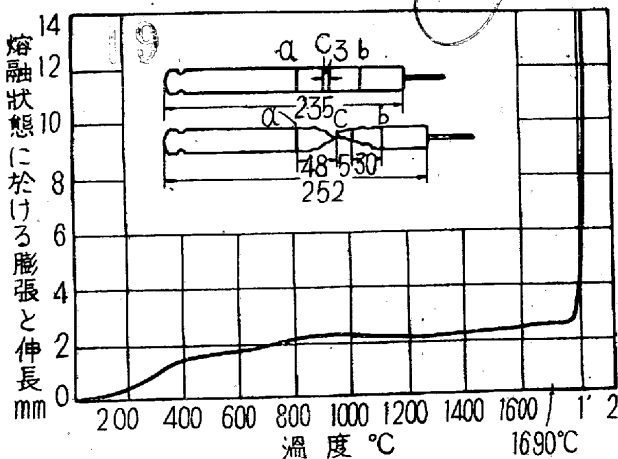
280mm - 240mm = 40mm



品位\項目 1690°C 保定 → 切落 切落に依る伸の長さ
 不合格 1682°C × 0' 30mm
 切落温度 1682°C × 0' 切落の伸び 30mm
 (実験後の長さ) (実験前の長さ) (伸び)

第5圖(ロ)

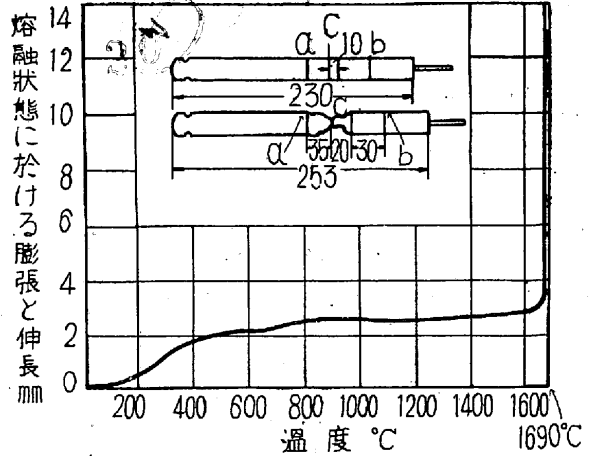
265mm - 235mm = 30mm



品位\項目 1690°C 保定 → 切落 切落に依る伸の長さ
 3級品 1690°C × 1'20" 23mm
 切落温度 1690°C × 1'20" 切落の伸び 23mm
 (実験後の長さ) (実験前の長さ) (伸び)

第5圖(ハ)

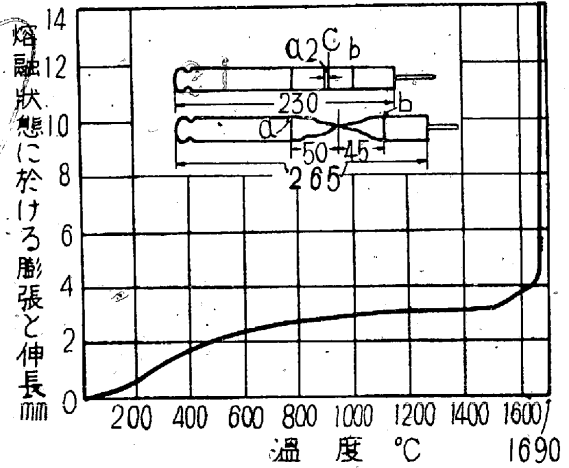
258mm - 235mm = 23mm



品位\項目 1690°C 保定 → 切落 切落に依る伸の長さ
 不合格 1682°C × 0' 25mm
 切落温度 1682°C × 0' 切落の伸び 25mm
 (実験後の長さ) (実験前の長さ) (伸び)

第5圖(ニ)

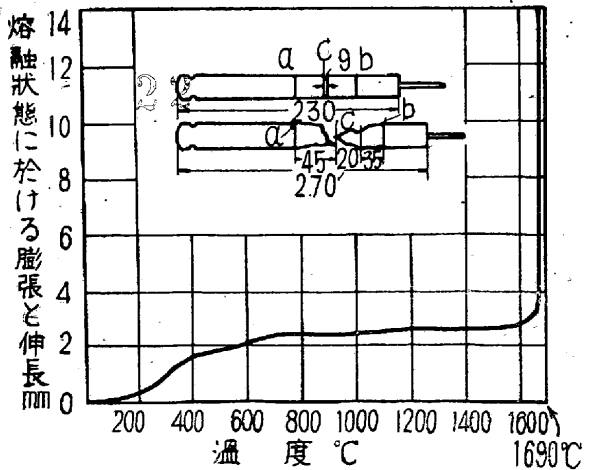
255mm - 230mm = 25mm



品位\項目 1690°C 保定 → 切落 切落に依る伸の長さ
 不合格 1682°C × 0' 35mm
 切落温度 1682°C × 0' 切落の伸び 35mm
 (実験後の長さ) (実験前の長さ) (伸び)

第5圖(ホ)

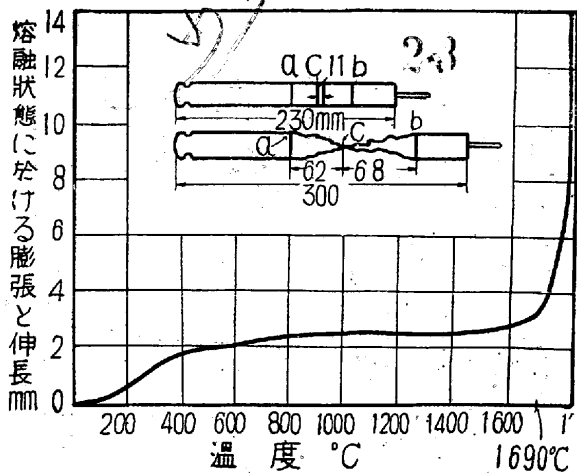
265mm - 230mm = 35mm



品位\項目 1690°C 保定 → 切落 切落に依る伸の長さ
 不合格 1678°C × 0' 40mm
 切落温度 1678°C 切落の伸び 40mm
 (実験後の長さ) (実験前の長さ) (伸び)

第5圖(ヘ)

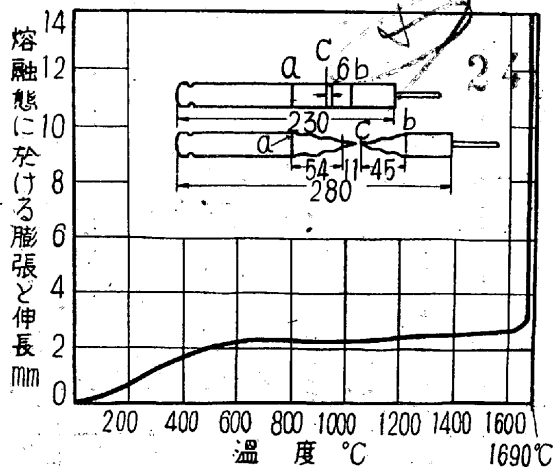
270mm - 230mm = 40mm



品位\項目 1690°C 保定 → 切落 切落に依る伸の長さ
 2 級品 1690°C × 1'08'' 70mm
 切落温度 1690°C × 1'08'' 切落の伸び 70mm
 (試験後の長さ) (試験前の長さ) (伸び)

第 5 圖 (ト)

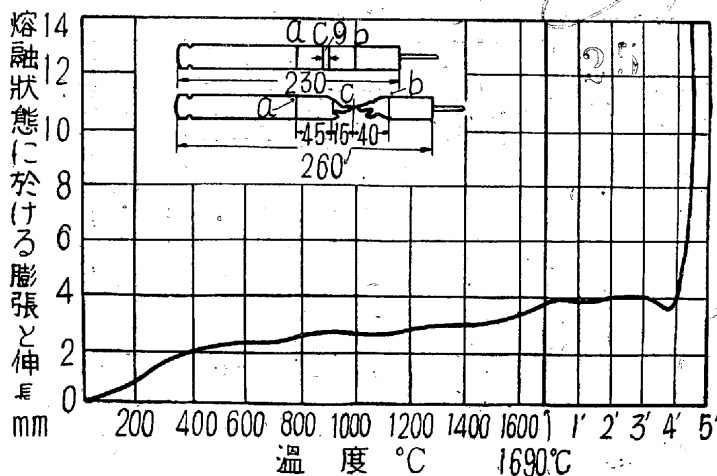
300mm - 230mm = 70mm



品位\項目 1690°C 保定 → 切落 切落に依る伸の長さ
 不合格 1672°C × 0' 50mm
 切落温度 1672°C × 0' 切落の伸び 50mm
 (試験後の長さ) (試験前の長さ) (伸び)

第 5 圖 (チ)

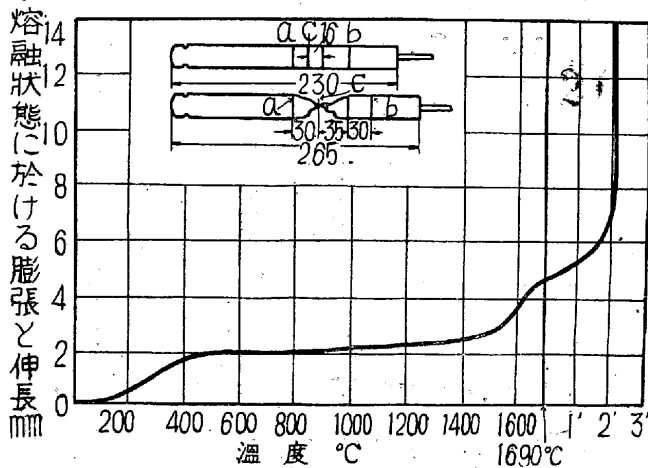
280mm - 230mm = 50mm



品位\項目 1690°C 保定 → 切落 切落に依る伸の長さ
 3 級品 1690°C × 4'35'' 30mm
 切落温度 1690°C × 4'35'' 切落の伸び 30mm
 (試験後の長さ) (試験前の長さ) (伸び)

第 5 圖 (リ)

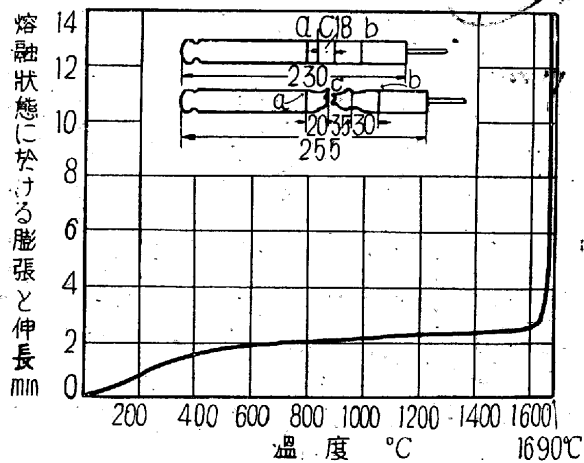
260mm - 230mm = 30mm



品位\項目 1690°C 保定 → 切落 切落に依る伸の長さ
 3 級品 1690°C × 2'24'' 35mm
 切落温度 1690°C × 2'24'' 切落の伸び 35mm
 (試験後の長さ) (試験前の長さ) (伸び)

第 5 圖 (ヌ)

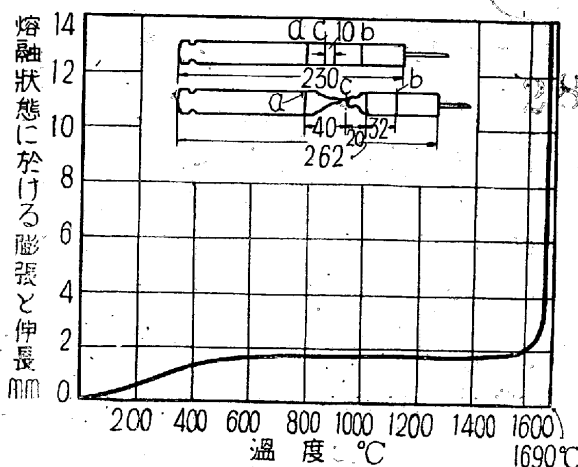
265mm - 230mm = 35mm



品位\項目 1690°C 保定 → 切落 切落に依る伸の長さ
 不合格 1682°C × 0' 25mm
 切落温度 1682°C × 0' 切落の伸び 25mm
 (試験後の長さ) (試験前の長さ) (伸び)

第 5 圖 (ル)

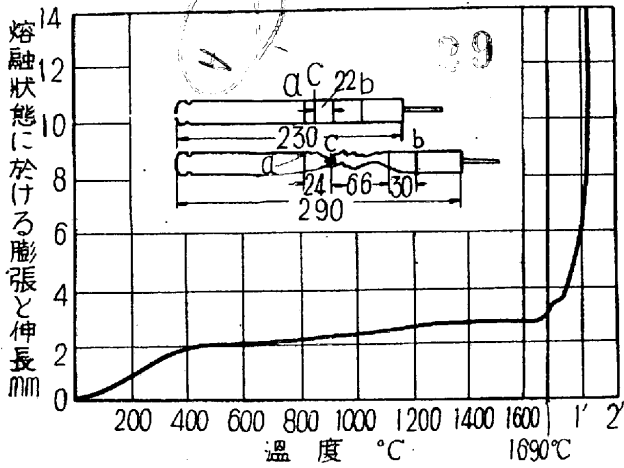
255mm - 230mm = 25mm



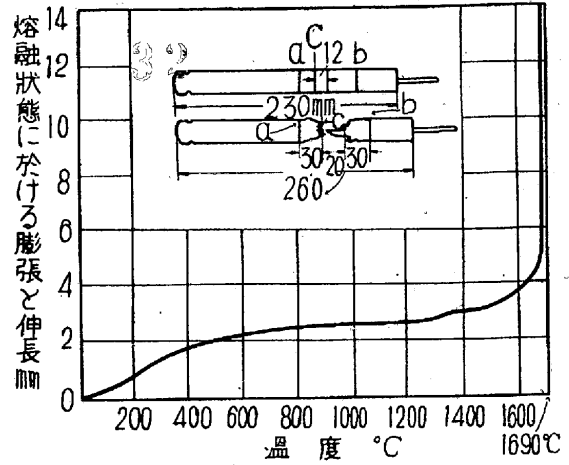
品位\項目 1690°C 保定 → 切落 切落に依る伸の長さ
 不合格 1682°C × 0' 32mm
 切落温度 1682°C × 0' 切落の伸び 32mm
 (試験後の長さ) (試験前の長さ) (伸び)

第 5 圖 (ヲ)

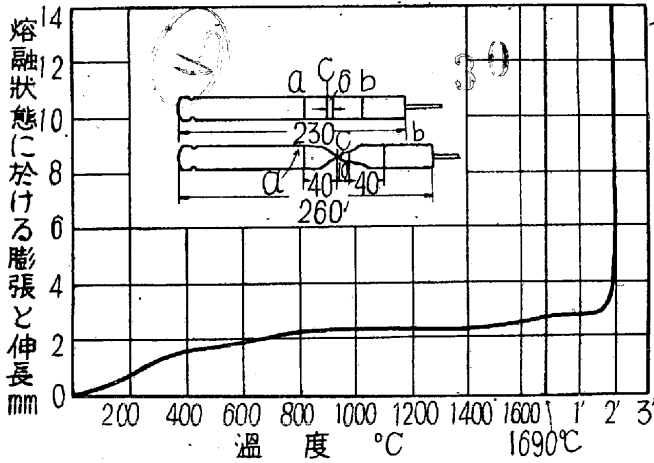
262mm - 230mm = 32mm



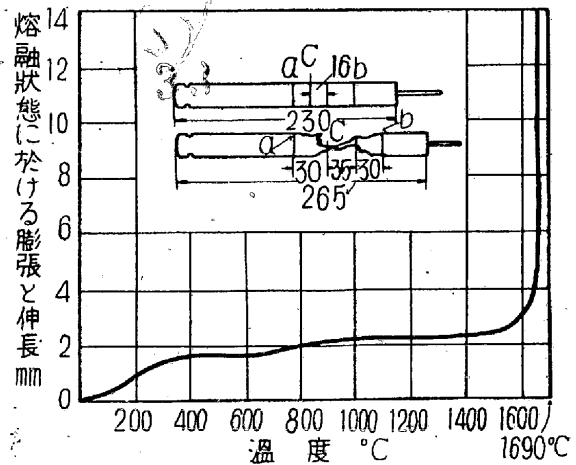
第5圖(7) 腰の強さ 粘り
品位\項目 1690°C 保定 → 切落 切落に依る伸の長さ
2級品 1690°C × 130' 60mm
切落温度 1690°C × 1'30" 切落の伸び 60mm
(實驗後の長さ) (實驗前の長さ) (伸び)
290mm - 230mm = 60mm



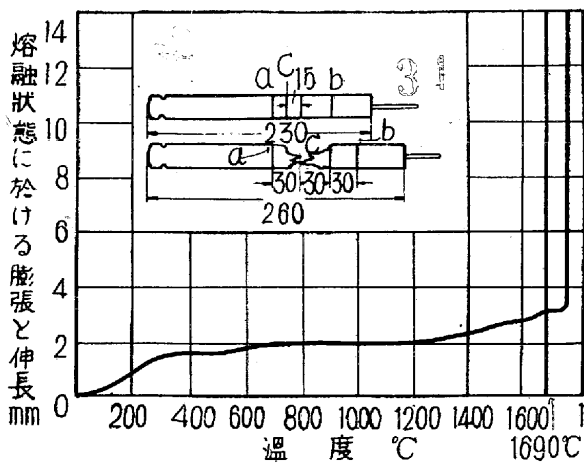
第5圖(8) 腰の強さ 粘り
品位\項目 1690°C 保定 → 切落 切落に依る伸の長さ
不合格 1687°C × 0' 30mm
切落温度 1680°C × 0' 切落の伸び 30mm
(實驗後の長さ) (實驗前の長さ) (伸び)
280mm - 230mm = 30mm



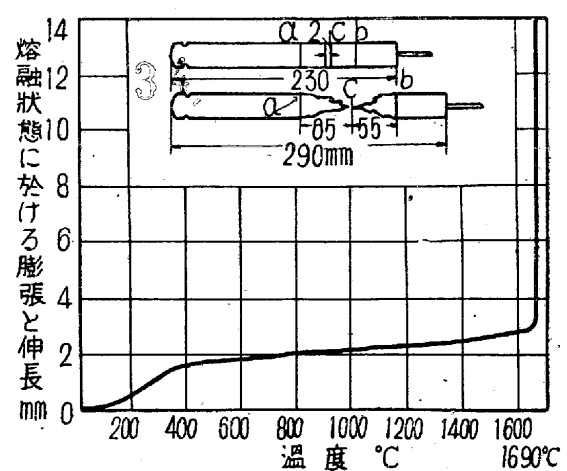
第5圖(カ) 腰の強さ 粘り
品位\項目 1690°C 保定 → 切落 切落に依る伸の長さ
3級品 1690°C × 2' 30mm
切落温度 1690°C × 2' 切落の伸び 30mm
(實驗後の長さ) (實驗前の長さ) (伸び)
260mm - 230mm = 30mm



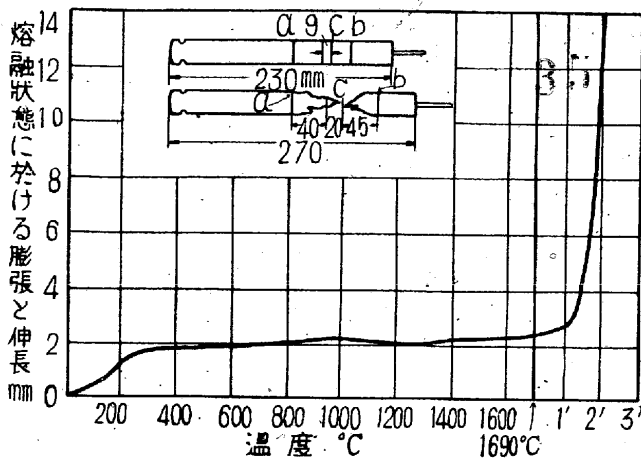
第5圖(タ) 腰の強さ 粘り
品位\項目 1690°C 保定 → 切落 切落に依る伸の長さ
不合格 1665°C × 0' 35mm
切落温度 1665°C × 0' 切落の伸び 35mm
(實驗後の長さ) (實驗前の長さ) (伸び)
265mm - 230mm = 35mm



第5圖(キ) 腰の強さ 粘り
品位\項目 1690°C 保定 → 切落 切落に依る伸の長さ
3級品 1690°C × 1'05" 30mm
切落温度 1690°C × 1'05" 切落の伸び 30mm
(實驗後の長さ) (實驗前の長さ) (伸び)
260mm - 230mm = 30mm



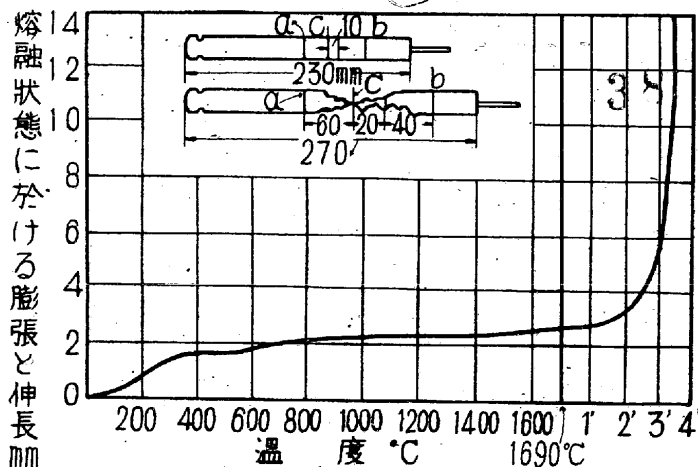
第5圖(ク) 腰の強さ 粘り
品位\項目 1690°C 保定 → 切落 切落に依る伸の長さ
不合格 1653°C × 0' 60mm
切落温度 1653°C × 0' 切落の伸び 60mm
(實驗後の長さ) (實驗前の長さ) (伸び)
290mm - 230mm = 60mm



品位\項目 腰の強さ 粘り
 1690°C 保定 → 切落 切落に依る伸の長さ
 3 級品 1690°C × 2'10" 40mm
 切落温度 1690°C × 2'10" 切落の伸び 40mm
 (実験後の長さ) (実験前の長さ) (伸び)

第 5 圖 (ツ)

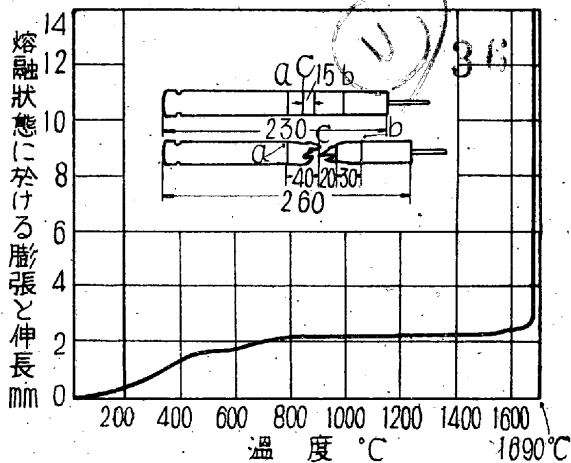
270mm - 230mm = 40mm



品位\項目 腰の強さ 粘り
 1690°C 保定 → 切落 切落に依る伸の長さ
 3 級品 1690°C × 3'37" 40mm
 切落温度 1690°C × 3'37" 切落の伸び 40mm
 (実験後の長さ) (実験前の長さ) (伸び)

第 5 圖 (ラ)

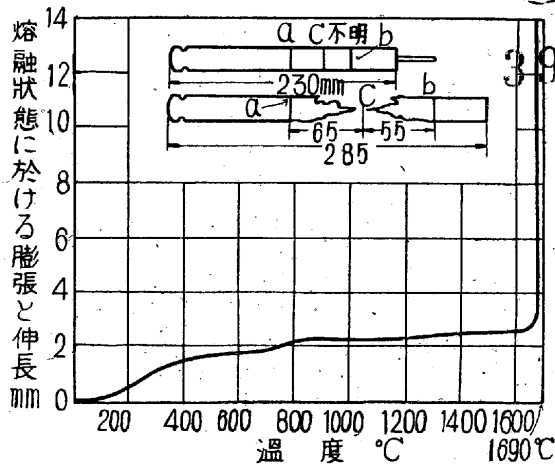
270mm - 230mm = 40mm



品位\項目 腰の強さ 粘り
 1690°C 保定 → 切落 切落に依る伸の長さ
 不合格 1688°C × 0' 30mm
 切落温度 1688°C × 0' 切落の伸び 30mm
 (実験後の長さ) (実験前の長さ) (伸び)

第 5 圖 (ネ)

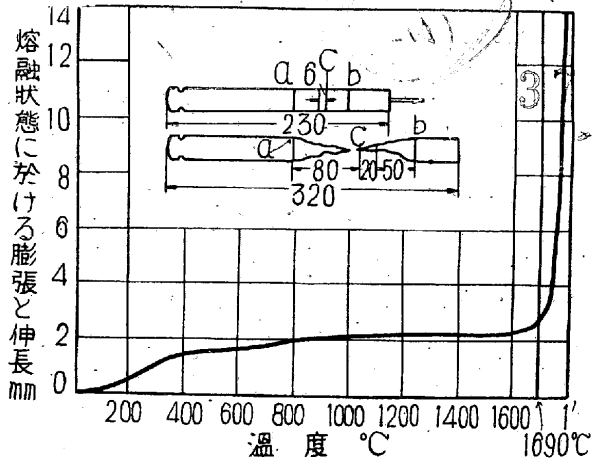
260mm - 230mm = 30mm



品位\項目 腰の強さ 粘り
 1690°C 保定 → 切落 切落に依る伸の長さ
 不合格 1677°C × 0' 55mm
 切落温度 1677°C × 0' 切落の伸び 55mm
 (実験後の長さ) (実験前の長さ) (伸び)

第 5 圖 (マ)

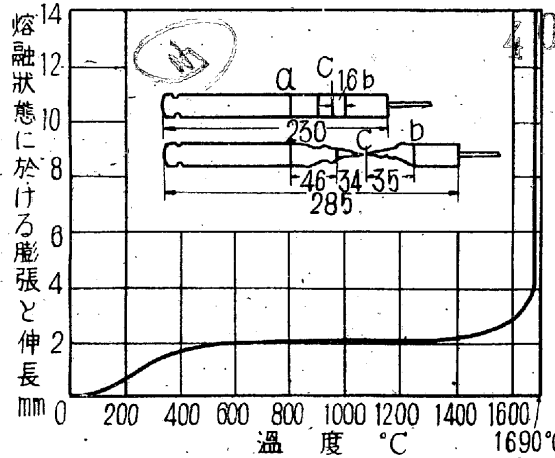
285mm - 230mm = 55mm



品位\項目 腰の強さ 粘り
 1690°C 保定 → 切落 切落に依る伸の長さ
 2 級品 1690°C × 1'05" 90mm
 切落温度 1690°C × 1'05" 切落の伸び 90mm
 (実験後の長さ) (実験前の長さ) (伸び)

第 5 圖 (ナ)

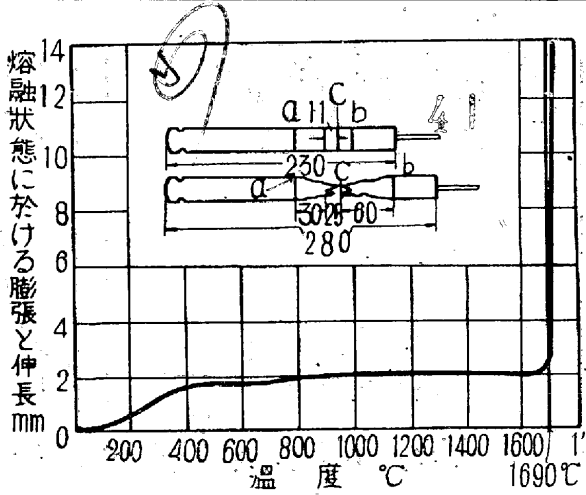
320mm - 230mm = 90mm



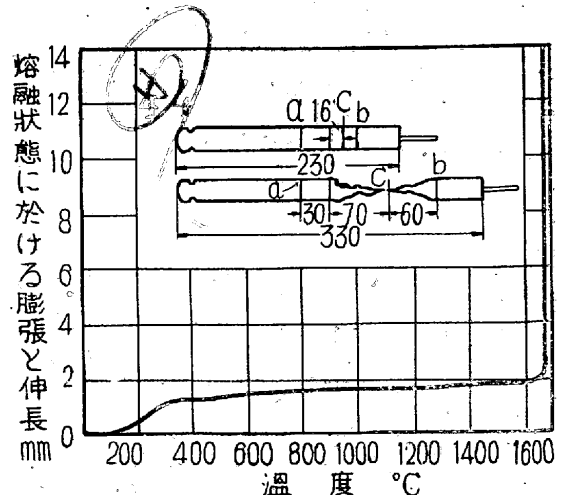
品位\項目 腰の強さ 粘り
 1690°C 保定 → 切落 切落に依る伸の長さ
 不合格 1685°C × 0' 55mm
 切落温度 1685°C × 0' 切落の伸び 55mm
 (実験後の長さ) (実験前の長さ) (伸び)

第 5 圖 (ウ)

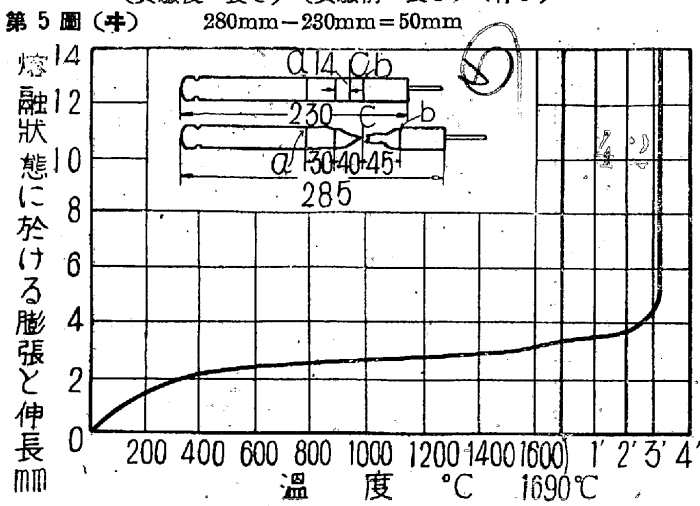
285mm - 230mm = 55mm



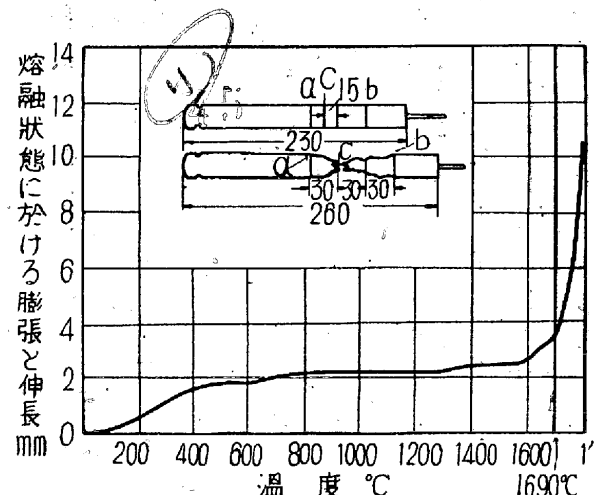
品位\項目 腰の強さ 粘り
 1690°C 保定 → 切落 切落に依る伸の長さ
 3 級品 1690°C × 35' 50mm
 切落温度 1690°C × 35' 切落の伸び 50mm
 (實驗後の長さ) (實驗前の長さ) (伸び)
 第5圖(中) 280mm - 230mm = 50mm



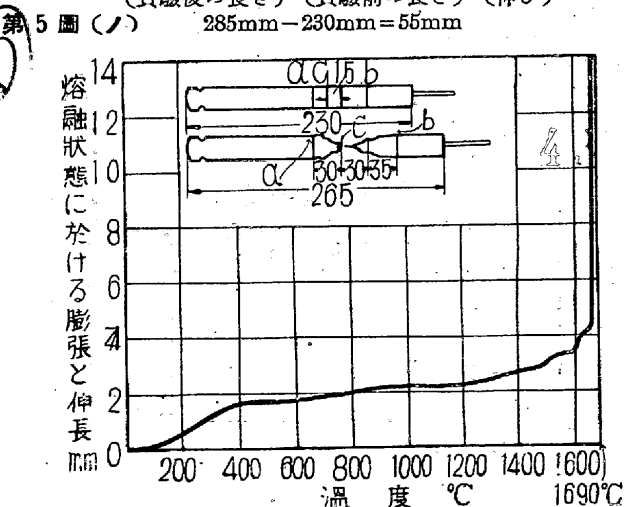
品位\項目 腰の強さ 粘り
 1690°C 保定 → 切落 切落に依る伸の長さ
 不合格 1675°C × 0' 100mm
 切落温度 1675°C × 0' 切落の伸び 100mm
 (實驗後の長さ) (實驗前の長さ) (伸び)
 第5圖(ク) 330mm - 230mm = 100mm



品位\項目 腰の強さ 粘り
 1690°C 保定 → 切落 切落に依る伸の長さ
 2 級品 1690°C × 3'11'' 55mm
 切落温度 1690°C × 3'11'' 切落の伸び 55mm
 (實驗後の長さ) (實驗前の長さ) (伸び)
 第5圖(ノ) 285mm - 230mm = 55mm



品位\項目 強さ 粘り
 1690°C 保定 → 切落 切落に依る伸の長さ
 切落温度 1690°C × 30' 30mm
 (實驗後の長さ) (實驗前の長さ) (伸び)
 第5圖(ヤ) 260mm - 230mm = 30mm

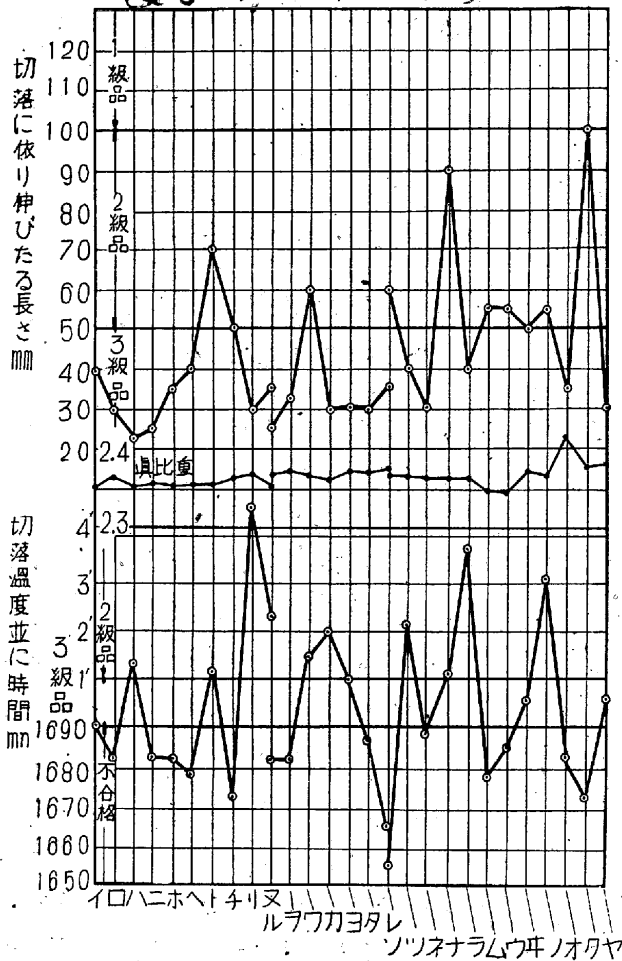


品位\項目 腰の強さ 粘り
 1690°C 保定 → 切落 切落に依る伸の長さ
 不合格 1682°C × 0' 35mm
 切落温度 1682°C × 0' 切落の伸び 35mm
 (實驗後の長さ) (實驗前の長さ) (伸び)
 第5圖(オ) 265mm - 230mm = 35mm

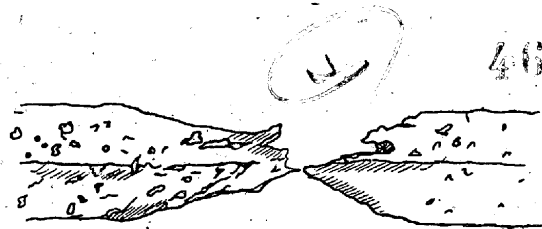
反する場合は表面に粒のみ突起して石基部だけが引伸ばされて基地との間に引切れを生ずるが如き状態となり伸びも短かく粘りや腰も弱いことを知り得る。

結局 1690°C 直前の急激な膨脹が無く、尙且つ 1690°C 保定後切落迄の時間が長く、且つ又伸びが然も長くその表面が圓滑な一體の融合状態となるものは、實際使用に際して壽命が長く、これと反対の性質を有してゐるものは使用壽命が短いことは勿論である。

これ等の諸性質を上記3種の煉瓦にあてはめて見るとK所製煉瓦は最も優良で、Y社製煉瓦は先づ中間に近く、N社製煉瓦は最も劣質と謂ふよりは、平爐用に適しないときまで極言し得られる。



第 5. 圖 (マ)

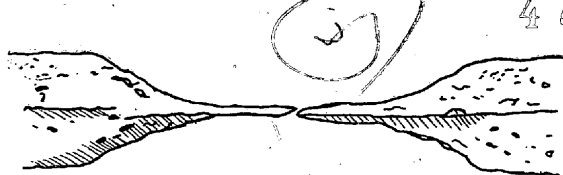


(試験後の長さ)-(試験前の長さ)=(伸び)

- (1) 粘り度~285-230=55mm
- (2) 腰の強さ~1690°C x 1mm 53s
- (3) 粒と基地との融合状態

融合程度⊕にして粒は残留するものもあるも突起少なし。但し引切れ多少あり是焼成不十分によるものなり。

第 6 圖 Y社製珪石煉瓦

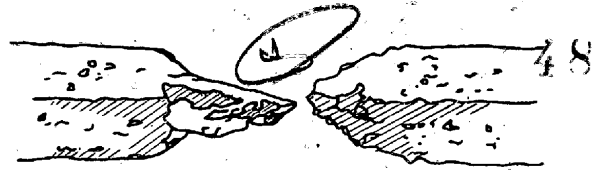


(試験後の長さ)-(試験前の長さ)=(伸び)

- (1) 粘り度~330mm-230mm=100mm
- (2) 腰の強さ~1690°C x 10mm 30s
- (3) 粒と基地との融合状態

融合一體となる粒の突起なし餘の様に延び引切れなし。

第 6 圖 K所製珪石煉瓦



(試験後の長さ)-(試験前の長さ)=(伸び)

- (1) 粘り度~268mm-230mm=38mm
- (2) 腰の強さ~1690°C に達せず非常に弱し。
- (3) 粒と基地との融合状態

融合程度⊕にして粒に残留するも突起少なし、但し引き切れ甚し。

第 6 圖 N社製珪石煉瓦



(試験後の長さ)-(試験前の長さ)=(伸び)

- (1) 粘り度~280mm-225mm=55mm
- (2) 腰の強さ~1690°C-4mm 35s
- (3) 粒と基地との融合状態

融合程度は中の上即ち粒は少ないけれども 7mm 位の極く粗大粒だけは基地よりも多少多く残り又適當の大きさの粒は不均一に偏在して残留するも突起なし、基地部分が割合多く、此の基地部分は餘の如く融合一體となりて流れてゐる引き切れ相當あり。是れ焼成不十分による事大なり。

第 6 圖 O社製珪石煉瓦

V. 實驗結果と實際使用成績との對比

上述4種の煉瓦に就き各性状を簡單に取纏めて見ると、

Y社製品：—

- (1) 假比重, 1.843 (普通)
- (2) 氣孔率, 22.04% (普通)
- (3) 眞比重, (2.364 > 2.350) 稍高く、焼成稍不足(會社の指示焼成温度 SK. 17)(1690°C の直前に多少急激膨脹のある事も證明せらる)。
- (4) 耐火度, SK. 32.4 にて合格
- (5) 打音よろしカンカンした音、龜裂音或ひは不縮の音なし。
- (6) 外觀觀察は良好(龜裂の有無、形の正歪、角稜の鋭鈍、手持の工合等) ⊕
- (7) 軟化切落 粘り度(55mm 伸び) 2級品
腰の強さ(1mm 53s) 2級品
粒と基地との融合程度⊕ 2級品

これを總括して謂へば2級品に屬す。2級品は天井用としては最適にあらず。

K所製品：—

- (1) 假比重 1.747 (普通)
- (2) 氣孔率 22.53% 稍高し
- (3) 眞比重 2.346 < 2.350 (普通) にして焼成十分なり。(會社の指示焼成温度 SK. 17)

- (4) 耐火度 SK. 32.4 にて合格
- (5) 打音よろしカンカンした音、龜裂不縮の音なし。
- (6) 外觀觀察 (龜裂の有無、形の歪歪、角稜の鋭鈍及び手持の工合等) 良好なれども 1mm 以上の粒、比較的少く、基地部分に針でついた様な普遍的な孔が無數に存在す。
- (7) 軟化切落 良 粘り度 (100mm 伸び) 1 級品
腰の強さ (10mm 30 s) 1 級品
粒と基地との融合一體となる 1 級品

これを總括して謂へば 1 級品に屬す。天井用に適す。

N 社製品：—

- (1) 假比重 1.683 (頗る少)
- (2) 氣孔率 28.44% (非常に高し)
- (3) 眞比重 2.352 (普通、焼成相當)
- (4) 耐火度 SK. 31.7 にて低し。
- (5) 打音稍不良ボソボソした縮りない音、或は多少の龜裂音あり。
- (6) 外觀觀察 (龜裂の有無、形の歪歪、角稜の鋭鈍、手持の工合等) 不良。
- (7) 軟化切落 粘り度全々なし 級外劣品
腰の強さ なし 級外劣品
粒と基地との融合程度は ⊕ にして、殊に突起残留の粒なけれど、引切れ甚しく 級外劣品なり。

これを總括して謂へば級外劣品にして、即ち天井用には全然適せず。

O 社製品：—

- (1) 假比重 1.870 (普通)
- (2) 氣孔率 23.41% > (22~23%) (普通より稍高し)
(試験煉瓦 4 種中一番焼成不十分なり)
- (3) 眞比重 2.440 > 2.350 (普通より稍高し)。
即ち焼成甚だ不十分。
(會社の指示焼成温度 SK. 17)
- (4) 耐火度 SK. 32.3 にして天井用普通 SK. 32 より多少高し。
- (5) 打音餘りよろしからず多少ボサボサした不縮の音。
- (6) 外觀觀察は薄黄色の色が全體に均一ならず。
即ち配合混練の均一を缺き、且つ多少形不正にして角稜の除れた程度普通品より多し。
何れにしても焼縮り不十分の感あり。
- (7) 軟化切落 粘り度 (55 mm 伸び) 2 級品

腰の強さ (4mm 35 s) 2 級品
粒と基地との融合程度は ⊕ の上にして、2 級品引切れ相當あるは焼成不十分によるものなり。

これを要するに、O 社製品は 2 級品に屬す。2 級品は平爐天井用としては最適にあらず。

VI. 珪石煉瓦の焼成不十分より 招來せらるる缺點

前述の K 社製品と O 社製品は何れも原料は岡崎産珪石單味にして CaO 2% 配合の珪石煉瓦なり。

従つて 2 者の異なる主點は、焼成度及び粉碎配合の點にありと考へられる。前述の通り、K 所製品は割合に粉碎工程丁寧に行はれ、粒と粉末部の分布も相當均一なるに反し、O 社製品は粉碎度不十分にして、粗大粒は 7mm に及び、且つ粒と粉末との配合が偏在して不均一なり。即ち混練不十分なり。尙更に焼成火度に於て見るに、先づ良焼煉瓦は珪酸分の顯微鏡組織がトリヂカクリスト組織に變化し居るべきにして、煉瓦としての眞比重 2.35 以下たるべきにも拘らず、O 社製品は 2.44 なるは、生の珪酸分残留せる證左にして、甚しく焼成不十分なる事を實證せり。尙且つ打音に於てボソボソの不縮、有龜裂様の音を出すのも、又外觀々察よりして、角稜の崩れ易きも、皆この煉瓦の焼成不十分を物語るものなり。更に軟化切落前に O 社製煉瓦 (第 4 圖甲) は 1550°C 附近より急激なる膨脹を示すも、亦該煉瓦の焼成不十分を示す實證なり。此の焼成不十分が軟化切落時の引切れの主要原因となり、又配合の不均一が粘り度や、腰の弱さの主因となるべし。

以上の如く同質材料を使用しても、製作技術の巧拙によつて、同質なるべき珪石煉瓦が、一方は 1 級として立派に平爐天井に使用され、一方は殆んど使用不可能になる事が事實證明せられたり。これは窯業技術者の責務なると同時に、その影響は反つて冶金技術者が直接に蒙る事となるべし。思ふに現下非常時局に際し、現存の平爐を以てなるべく、能率よく作業するに至大の關係を有するこの珪石煉瓦の品位に就て、冶金技術者の一般の注意と關心を惹起したし。尙この原料は同じ原料を使用し、従つて耐火度 K 所 SK. 32.4, O 社 32.3 にて同じ。然も會社よりの申出で焼成火度は兩會社共に SK. 17 なるに、事實は O 社製品は非常に焼成不十分 (眞比重, K 所 2.36, O 社 2.44) にして、尙且つ粉碎操業等適當ならざりし爲とは謂へ、

K所製品は立派に1級品として平爐天井用に使用されるに拘らず、同じ原料使用のO社製品は2級品にして使用に不適なり。

即ち冶金技術者としては原料を指定して、然も焼成火度及び同保留時間を指定しても、尙且つ上述の結果を招く事實よりして、是非作業鑑定を施行後十分にその適否を確定の上、使用せざれば平爐作業の能率増進を得る事望むべからず。

VII. 實際作業爐に使用の實績

八幡製鐵所に於て、實際平爐天井用として使用した場合に、その成績が實驗結果と如何なる關係にあるかを調査するに(Y社、K所、N社の3種)

Y社製平爐天井用珪石煉瓦は

第二製鋼課に使用して、平均224回持續、

K所製平爐天井用珪石煉瓦は

第二製鋼課第六號爐に試用して224回持續、

但し殘餘の厚みから考へて、十分300回迄は使用し得る確證はあつたが、吹き出し部の天井落ちの爲め224回に止めたものである。

N社製平爐天井珪石煉瓦は

第一製鋼課に於ては、22回出鋼後一時ガス止の際検査せしに抉り取つた様になり、約半分に損耗し、Y社製品との差100~150mmも餘分に流れてゐた。

第二製鋼課に於て150回、第四製鋼課にて6號爐に2A4を使用して133回持續、2號爐にCNAを使用して94回持續したのみで駄目となる。平均126回これを前説した實驗結果と對比するに、よくその成績の合致するのが背き得られる所である。