

# 數種の構造用特殊鋼の過熱に関する研究 (II)

## (鋼のオーステナイト結晶粒度の支配因子に関する研究) (II)\*\*

(日本鐵鋼協會第24回講演大會講演 昭15.10 於神戸)

出口喜勇爾\*

SUR LE SURCHAUFFAGE DES ACIERS SPÉCIAUX DE CONSTRUCTION (II)  
(ÉTUDE SUR DES FACTEURS DU DÉPENDANCE DESQUELS SE TROUVE LE GRAIN  
AUSTÉNIQUE DE L'ACIER)(II)

Kiyosi Deguti.

**RÉSUMÉ:**—1°—En vue de nous rendre compte de l'influence de surchauffage sur des aciers spéciaux de construction, nous avons étudié, en surchauffant des échantillons à de diverses températures 900° à 1350°C pendant 2 heures, les changements de leurs facteurs, des grosseurs réelles de grain austénitique, des propriétés statiques mécaniques, répétition de choc à la machine type Matumura. 2°—La question du temps de surchauffage est aussi étudiée. 3°—Le fait que la résistance de l'acier contre le surchauffage dépend des additions désoxydante, a été constaté par l'auteur pour la première fois. 4°—Enfin, un acier au Cr-Mo importe et un autre fabriqué par la Cie Nippon Tokusyukô ont été mis à l'étude, pour comparer leur résistance à le surchauffage.

### 目次

- I. 緒言
- II. 實驗方法
- III. 過熱温度の影響
- IV. 過熱時間の影響
- V. 過熱感受性に及ぼす脱酸剤の影響
  - (1) 各種脱酸剤の影響
  - (2) 投入アルミニウム量の影響
  - (3) 實驗結果に対する考察
- VI. 當社製及び外國製 Cr-Mo 鋼の過熱比較試驗
- VII. 總括

### I. 緒言

工場作業に於て鋼材が過熱されたために、その破面が粗くなり、或は機械的諸性質が低下する事が問題とされる場合が少くない。元來過熱なる問題は兎角起り易い事であり又破面検査はその操作が簡便にして、始終應用される所から、この問題は工場作業上特に特殊鋼に關して重要な問題で、十分に研究しておく必要がある。

抑々本研究は、現場に於て遭遇せる過熱に關する斷片的諸事實を多數集成した事に始る。然しかかる蒐集からは、工場作業に於て参考となるべき普遍的結論を得ることは困難であつた。蓋し過熱なる問題は從來考へられたる如く、唯單に温度と鋼材の化學成分<sup>1)</sup>に就いてのみでなく、本

研究或はその他の研究<sup>2)</sup>によつて、始めて明らかにされたる如く、その製鋼法とも相關聯して考究しなければならないからである。

依つて著者は最も多く使用される數種の構造用特殊鋼材に就き、次の如き事項を系統的に検討して以て工場作業の参考に供せんとした。

- (1) 過熱温度が破面の粗さ、結晶粒の大きさ、靜的機械的諸性質或は松村式繰返打撃試驗値(二三の代表的鋼種に就いてのみ)に及ぼす影響
- (2) 過熱時間と同上諸性質との關係
- (3) 過熱によつて粗くなつた破面、或は低下した諸性質がその後の熱處理によつて回復する程度
- (4) 熔解法と過熱感受性との關係

### II. 實驗方法

過熱温度は 1000~1350° の温度範圍を 50° 毎にとることとしたが、場合によつては 900° に於ても試験をなし、或は 1050°, 1150°, 1250° に於ける試験を省略したものもある。

本研究に於ける破面検査は、破面の粗さといふ點に就いてのみ言及した。そして破面の粗さを云ひ表はすには、單に「非常に粗い」「粗い」「比較的細い」と云ふ如き漠然たる表示法でなく、數字的に粗さの比較を判然たらしめるため

\* 日本特殊鋼株式会社

\*\* 第1報は本誌、第29年、第4號

<sup>1)</sup> W. E. Jominy: Trans. A. S.S.T.16, (1929), 298, 372, 893.

<sup>2)</sup> R. Ziegler: St. E., 61 (1941), 43.

に Shepherd の標準破面度數<sup>3)</sup>を使用した。これは第1～第10の10個の標準破面に比較して判定するのであつて、第1が最も粗く、番號が増すに従つて細かいのである。過熱されて非常に粗くなつた破面の中には勿論第1の標準破面よりも粗い破面もあつた。又標準破面の實物を入手する事が出来なかつたために、標準破面の寫眞によつたから、實際の標準破面に比して多少相違するかもしれない。然し本報告中の試料に関する限り、破面の粗さの相對的比較には十分であると思ふ。

結晶粒度の判定は、過熱によつて大きくなつたまゝの現實の結晶粒を顯出しなければならないのだから、滲炭法等の様に變態溫度以上に加熱する方法を適用する事は出来ない。著者は試料の調整及び實驗上の簡便のために、2回焼入法と同一原理ではあるが次の様に行つた。即ち、過熱後油冷或は空冷した試料より、顯微鏡試片を3～5個位切り取り、(切削を容易ならしむるために、焼戻をしても粒度判定には差支がない)。これを試料の變態溫度の下限、或はそれより少し高い溫度の爐中に挿入し、試料がその溫度に到達してから1～2mm毎に1個づゝ水冷(自硬性の強い鋼では空冷)し、研磨檢鏡する。然る時は過熱溫度に於ける粗大オーステナイト粒界に相當する所から、變態が進行する爲に、保持時間適當なる試料に於ては、網目狀に連つた變態組織によつて、過熱溫度に於ける現實の結晶粒度を判定することが出来る。これは加熱の際變態は通常元のオーステナイト結晶粒界より進行するによるのである。寫眞第1はCr-Mo鋼(C 0.32%, Si 0.26%, Mn 0.48%, Cr 1.05%, Mo 0.20%, Ac=760～810°, Ar=750～640°)を1350°に2h

加熱空冷後、765°に3mn加熱空冷したものゝ組織を示すこれによつて見れば、白いマルテンサイト及び黒いトルースタイトが網狀に連つてゐるが、これが1350°に2h加熱した時の結晶粒界に相當する所である。この際結晶粒を明瞭に顯出せしめるには、過熱鋼をA<sub>1</sub>變態以下で十分焼戻を行つてから、A<sub>1</sub>點以上の適當な溫度に熱して焼入れるがよい、寫眞第2はその結果得たる組織を示す。即ち、寫眞第1と同一試料を同一過熱處理後625°に1h焼戻してから、765°に3mn加熱水冷したものである。

又各鋼の結晶粒の大きさは、學振の鋼の結晶粒度標準圖によつて判定せる粒度番號を以て表示し、猶チンマーの方法によつて斷面積1mm<sup>2</sup>内の平均結晶粒數及び結晶粒の平均斷面積(mm<sup>2</sup>)を實測して、粒の大小を定量的に示した。又逆に實測した結晶粒の平均斷面積より、粒度番號を算出して判定による粒度番號を確かめた、結晶粒度の顯出は上述の如く小さなニクロム線爐一つを以て、加熱時間等に少しく習熟すれば、極めて手軽に行ふ事が出来る。但しこの方法は結晶粒の大なる程、又自硬性が強い程、粒度の顯出が容易であるが、逆に結晶粒が細かく、自硬性なく、又炭素量低いものに於ては困難である、蓋し結晶粒細かく自硬性少い程、臨界冷却速度大となり、又低炭素鋼に於ては、粒界と粒内との炭素量の差が、高炭素鋼に於けるよりも小さいために、粒界と粒内に於ける變態開始溫度の差が少いからである。

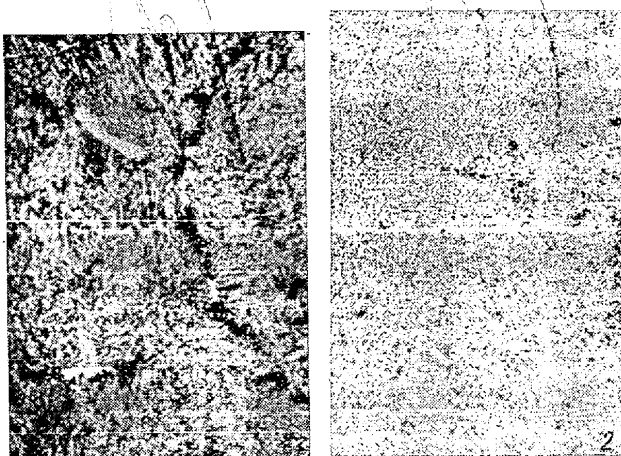
抗張試験は主として、第4號試験片によつたが、直径10mm 標點距離35mm 平行部の長さ45mmの試験片に仕上げたものもある。

尚疲勞試験は松村式繰返打撃試験機を用ひて行つた。本装置に於て完全に二重打ちを防ぐことが出来なかつたので試験片は廻轉計に表れたる打撃回數よりも多くの打撃效果\*を受けて居るのではあるが、試験棒相互間の相對的の比較には差支へないと思ふ。

### III. 過熱溫度の影響

試料は鹽基性電氣爐又は高周波電氣爐によつて熔解せる300kg鋼塊を、丸25mmに迄壓延せるものを使用した。その主なる鋼種の化學成分を第1表に示す。これ等の鋼種に就いて過熱溫度の影響に関するすべての實驗結果を記述するの煩を避け、代表的に試料第3及び第7に就いて述べ

\* 一回の打撃エネルギーは30kg-cmとしたが、これは反動によらざる正規の打撃についてである。



寫眞第1 Cr-Mo鋼 1350°×2h 寫眞第2 寫眞第1に同じ(但し過熱時の現實の結晶粒(過熱空冷のみ)×100 過熱空冷後焼戻)×100

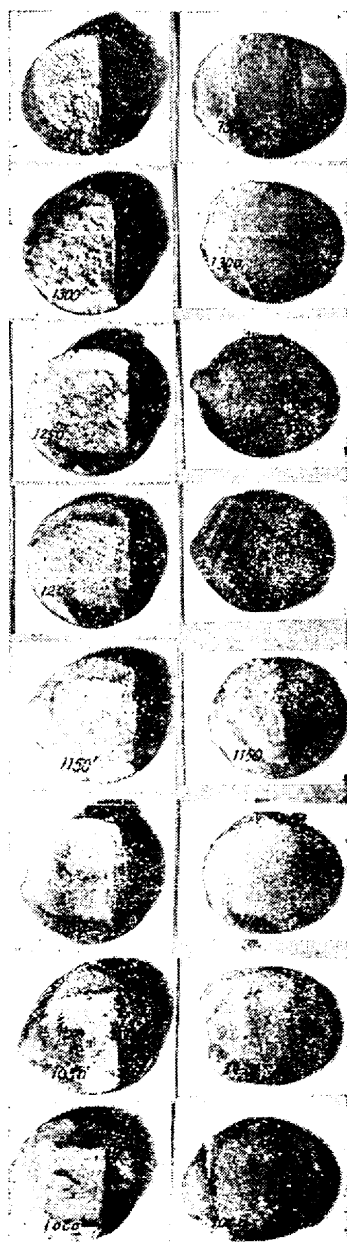
<sup>3)</sup> B. F. Shepherd: Iron Age. 138 (1936), Oct 22, P. 22.

第1表 主なる試料の化學成分%

符號	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	W	Mo	Al
第1	0.30	0.13	0.40	0.019	0.025	0.77	3.11	--	--	--
第2	0.14	0.17	0.35	0.051	0.023	0.85	4.28	--	--	--
第3	0.32	0.31	0.42	0.016	0.012	0.93	3.81	--	0.17	--
第4	0.33	0.25	0.86	0.022	0.014	1.79	3.02	--	0.37	--
第5	0.30	0.31	0.46	0.023	0.014	1.46	4.49	--	0.43	--
第6	0.31	0.38	0.6	0.020	0.010	3.06	2.91	--	0.55	--
第7	0.18	0.26	0.42	0.022	0.022	1.63	4.15	1.06	0.29	--
第8	0.50	0.20	0.48	0.020	0.018	1.60	--	--	0.42	1.20
第9	0.32	0.26	0.48	0.019	0.019	1.05	--	--	0.20	--
第10	0.30	0.25	0.60	0.025	0.015	2.42	--	--	0.31	--

る、それは第1表に示した以外の成分の鋼に就いても多數試験した結果、過熱なる問題は單に化學成分によるのみではない。即ち化學成分が十分近似して居るものに、同一過

過熱後 燒準せず  
過熱後 燒準



寫眞第3

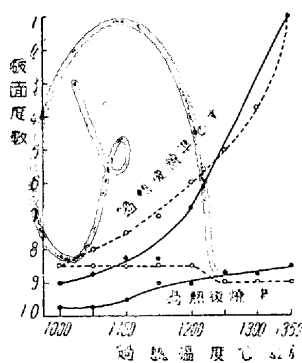
試料第3の過熱溫度と破面

熱處理を施しても或る熔解番號の試料は甚だ粗い破面となり、或はその破面がその後の熱處理によつて回復しない場合が出る。これが如何なる原因によるのであるかは、從來不明とされて居た所であり、これを闡明するのが本研究の主なる目的である。

1. 試料第3

寫眞第3は試料第3を1000~1350°間に於て50°毎の各溫度に2h加熱油冷後600°に燒戻したもの及び過熱油冷後900°に1h燒準850°油燒入600°燒戻したものの破面を示す。過熱後燒戻のみの試料の破面は1150°位迄殆ど認

むべき相違なく1200°に於てきらきら輝く微點が鼠色の破面の中央に僅に現れ1300°に於ては、殆ど破面全體がこの輝く微粒子で埋められ、1350°になると輝く粒子との境が一見した所、少し溶け始めた如き感を與へる。然しこれを燒準した試料の破面は、何れも鼠色の大體細かい破面組織を示してゐる。かゝる破面の粗さを破面度數を以て表示すれば、第1圖の如くである。圖中試料第3'は第3と化學成分が近似せる試料 C 0.32%, Si 0.32%, Mn 0.52%,



第1圖

過熱溫度と破面度數

--- 試料第3  
-○-○- 試料第3'

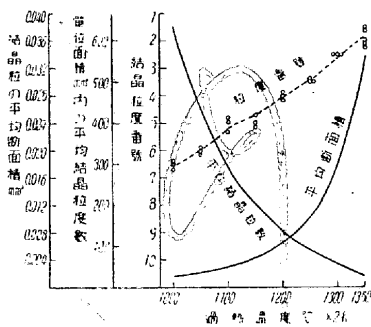


寫眞第4 試料第3 (丸 60mm) 寫眞第5 寫眞第4に示した試料の過熱空冷後の破面

Cr 0.90%, Ni 3.70%, Mo 0.14%) であつて、これに同一過熱処理を施した後の破面度數を参考のため添附した。

過熱せる鋼材のマクロ腐蝕試験を行つて見た。試料第3の丸 60mm の棒を、1100~1350° 間の温度にそれぞれ 2h 宛過空冷したもの、破面及びそのマクロ組織 (鹽酸腐蝕) を寫眞第4,5 に示す。腐蝕程度は通常の纖維組織を見る場合の様な深い腐蝕は適當でなく、顯微鏡試料に於けるが如き軽い腐蝕の方が、粗大結晶を明瞭に示す。

次に既述の方法によつて判定せる結晶粒と、過熱温度との關係を第2圖に示す。平均斷面積を示す曲線によれば、

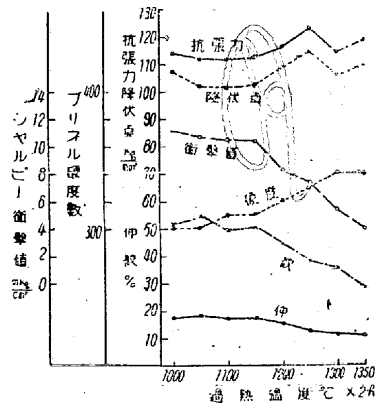


第2圖 試料第3の過熱温度と結晶粒の大きさ

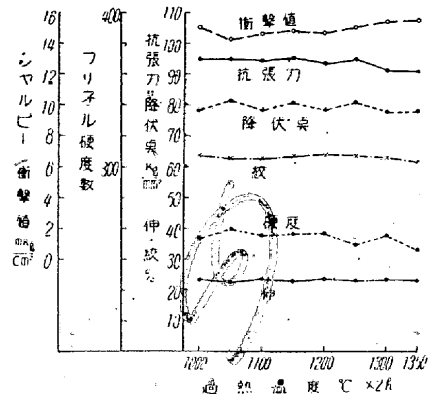
結晶粒の大きくなり方は、過熱温度に對し大體に於て對數的關係にあり 1150~1200° より急激に大きくなる。

尙過熱後焼準されない試料であれば、逆にその現實の結晶粒又は破面を觀測する事により、鋼が受けた大體の過熱温度を推定する事が出来る譯で、この事は工場作業に於て時々應用せる所である。

機械的の諸性質に及ぼす過熱温度の影響を第3圖に示す。同圖(イ)に於て過熱後焼準せずとは、各過熱温度に 2h 保



各過熱温度 2h 保持、爐中に於て 850° 迄冷却、850° より油中冷却、600° 焼準  
第3圖(1) 試料第3の過熱温度と機械的性質 (過熱後焼準せず)

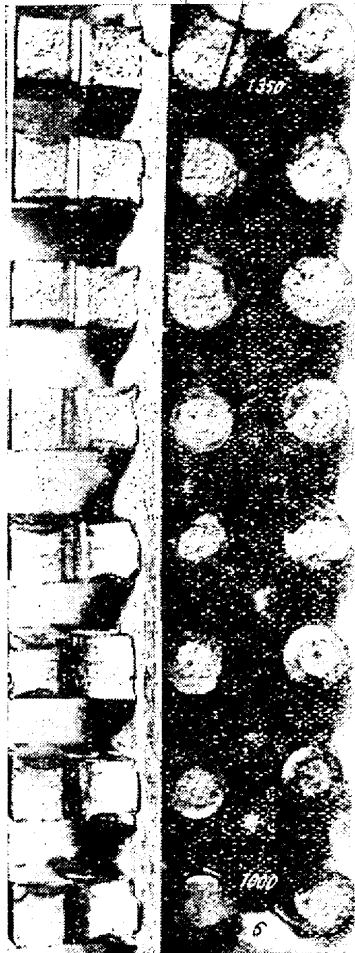


各過熱温度に 2h 保持、爐中に於て 850° 迄冷却、850° より油中冷却、900° x 1h 焼準、850° 油焼入、650° 焼戻  
第3圖(2) 試料第3の過熱温度と機械的性質 (過熱後焼準)

持し、爐中に於てその鋼の焼入温度に迄冷却後焼入し、加工を容易ならしむるために焼戻する。かくする事によつて各過熱温度に於ける粗大結晶粒を、その儘保留し得るのみならず、各過熱温度より直接焼入する場合の如き焼入温度の相違による影響を除く事が出来る。又過熱温度高き場合\*には、著しくスケールが附着するので、その影響を除くために、過熱温度より焼入温度迄、爐中冷却する間に於て、試料を爐中より取り出し、迅速にスケールを除去して再び爐中に投入する。勿論この間試料の温度はその焼入温度以下には決して降下しない様に注意する。(嚴密に言へば、變態温度以下に降下しなければよい)。又第3圖(2)に於て、過熱後焼準とは、各過熱温度に 2h 保持後、その鋼の焼入温度迄爐冷してから、油中冷却し、更に變態温度以上に 1h 加熱焼準後、再び焼入焼したのである。これによつて見ると、過熱後焼準せざる場合(第3圖(1)),即ち過熱によつて結晶粒が大きくなつたまゝの状態に於ては、過熱温度 1150° 以上になると衝撃値、綫が低下し硬度が増す、これを第2圖と比較する時は、結晶粒が或る程度以上粗大になれば、靱性の低下する事が判然と示される。元來結晶粒を調整し機械的性質を改善するには、添加元素による方法と、加熱温度を變へる方法とがあるが、前者による時は、結晶粒の大小の影響のみならず、添加元素の影響が同時に現れ

\* この場合附着せるスケールによつて焼入硬化が減退するといふ事よりも、酸化脱炭の影響が大きいと思はれる。殊に自硬性鋼に於ては、スケールの冷却速度に及ぼす影響は少いであらう酸化脱炭の影響を除くためには、過熱鋼材より試験棒を製作する際脱炭層は、十分に削除した積りである。

\*\* だが、後者による時は結晶粒の粗大化したためのみ影響を明確に試験する事が出来る。勿論後者の場合と雖も、加熱温度高き時は、成分元素の擴散による影響等をも考へなければならぬ場合がある。次にこの様に過熱によつて結晶粒が大きくなつたために、靱性が低下した鋼を變態温度以上に加熱焼準して、結晶粒を微細ならしむれば、再び

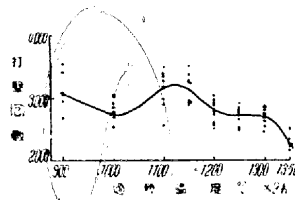


寫眞第 6 試料第 3 過熱後焼準せざる試料の抗張、衝撃試験殘材破面

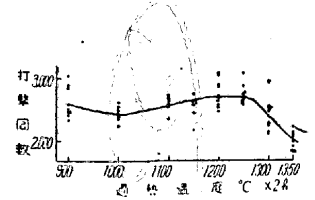
靱性を回復する事は、第 3 圖(2)に示される如く、一般には 1350° 位迄の過熱が機械的諸性質に及ぼす影響は、その後の焼準によつて除去されるのである。寫眞第 6 は試料第 3 の過熱後焼準せざる場合の抗張及び衝撃試験殘材の破面を示す。

次に 1350° 程度迄の過熱後、焼準によつて靜的機械的諸性質が回復された場合には、疲労試験は如何であるかを試験した。

尙過熱の影響を試験するには、一定の荷重を常に受けてゐる疲労試験よりも衝撃的に繰返打撃を受ける試験の方が、その影響を顯著に

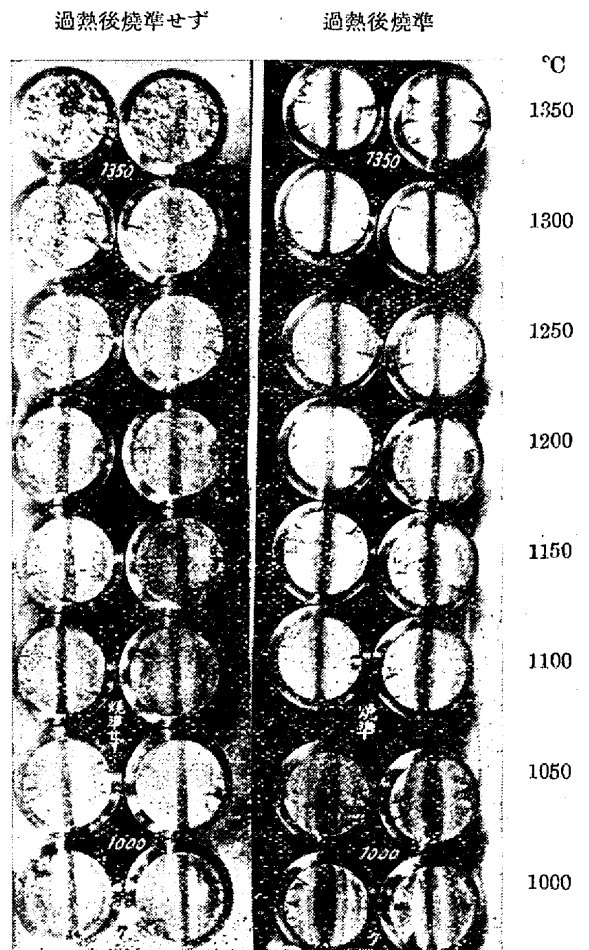


第 4 圖(1) 試料第 3 の過熱温度と松村式繰返打撃試験値(過熱後焼準せず)



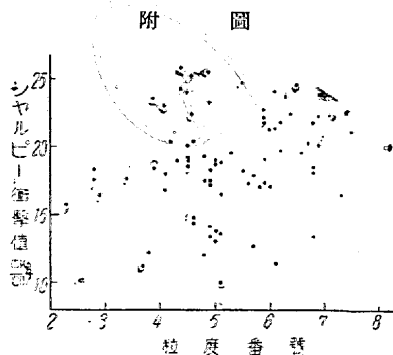
第 4 圖(2) 試料第 3 の過熱温度と松村式繰返打撃試験値(過熱後焼準)

示すであらうと思つて、松村式繰返打撃試験を行つた。その結果を第 4 圖に示す。又寫眞第 7 は試験殘材の破面であ



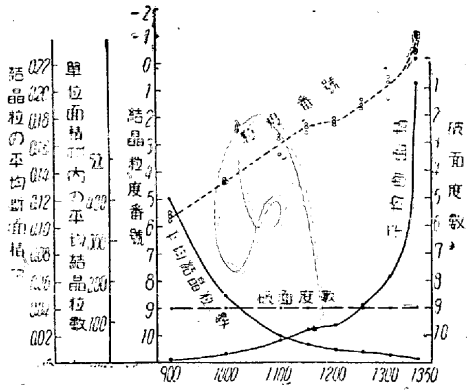
寫眞第 7 試料第 3 過熱温度と松村式繰返打撃試験殘材破面

\*\* 試料第 3 に近似せる成分の工場製品多数につき、オーステナイト結晶粒度(學振滲炭法による)とシャルピー衝撃値との關係を調査した結果を附圖に示す。これによつて見れば、細粒鋼の方が粗粒鋼に比し、衝撃値が高い傾向が僅に認められるとは云へ、製鋼番號の異なる工場製品に於ては、粒度の相違による以上に、粒度以外の諸因子が打撃値に影響を及ぼしてゐる事が知られる。

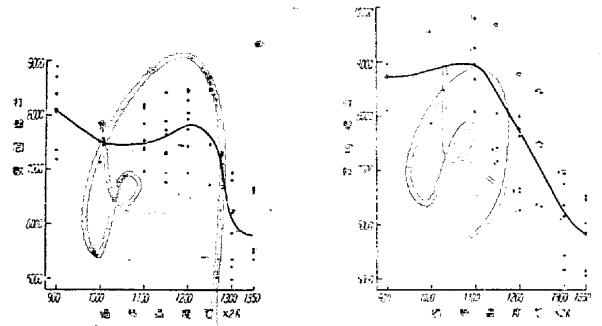


る。これによつて見ると松村式繰返打撃試験では、同一過熱處理を施した試料間に於ても、試験値が相當廣い範圍の相違を示してゐる。勿論こゝには試験棒のノツチの部分の仕上、寸法或は試験殘材の破面等より判斷して試験條件の良好であつた試験棒の試験値のみを記入したのであるが、尙且この程度である。然し多數の試験値の平均をとつて判斷すれば、1350° に過熱されたものは、過熱後焼準せざる場合は勿論、過熱後焼準した場合と雖も、破壊に至る迄の打撃回数は低下してゐる。

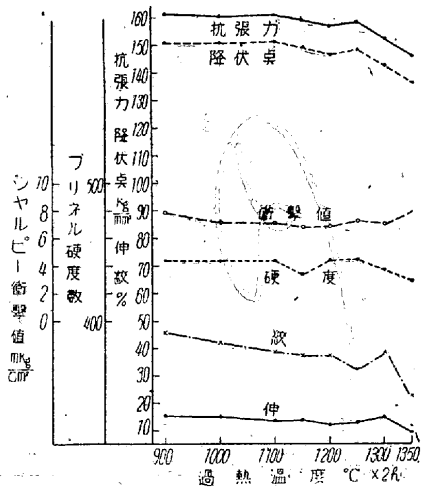
(2) 試料第 7



第 5 圖 試料第 7 の過熱温度と結晶粒の大きさ及び破面度数

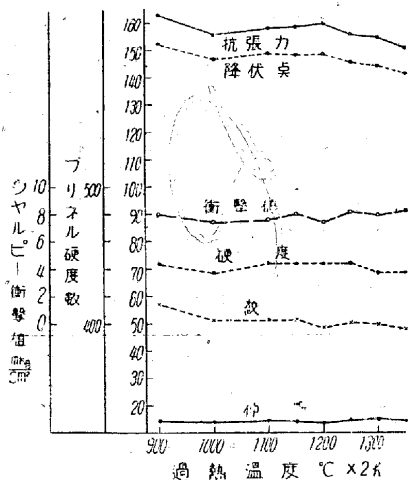


第 7 圖(1) 試料第 7 の過熱温度と松村式繰返打撃試験値 (過熱後焼準せず) 第 7 圖(2) 試料第 7 の過熱温度と松村式繰返打撃試験値 (過熱後焼準)

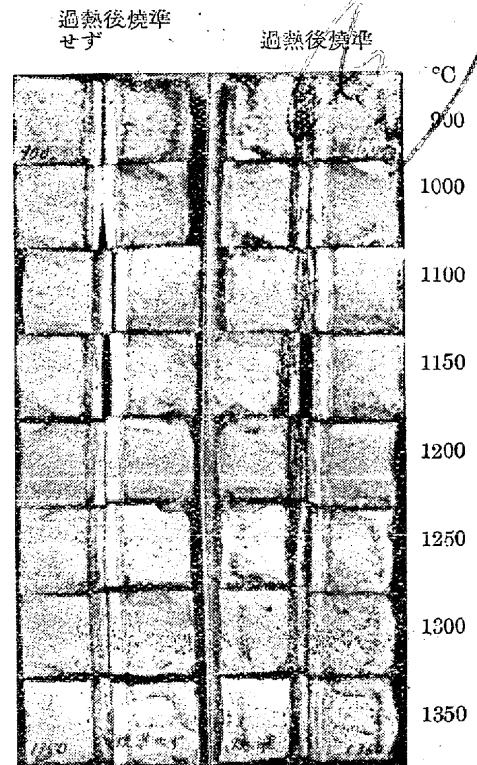


焼入温度 850° 油, 焼戻温度 150°

第 6 圖 (1) 試料第 7 の過熱温度と機械的性質 (過熱後焼準せず)



第 6 圖 (2) 試料第 7 の過熱温度と機械的性質 (過熱後焼準) (焼準温度 900°)



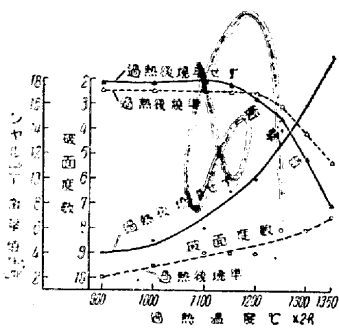
寫眞第 8 試料第 7 過熱温度と衝撃試験残材破面

試料第 7 に就いての諸実験結果を第 5, 6, 7 圖及び寫眞第 8 に示す。これらによつて見ると、第 7 では過熱温度上昇と共に、結晶粒は非常に大きくなって居るが(第 5 圖中結晶粒の平均断面積の目盛は、第 2 圖に比して 5 倍にとつてある事に注意) 破面は寫眞第 8 のシャルピー試験破面

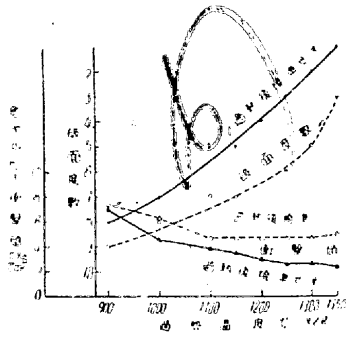
によつて明かなる様に、何れの過熱温度に於ても大差なく破面度数約 9 であり、又機械的諸性質も影響を受ける事が少い。然るに松村式繰返打撃試験結果(第 7 圖)を見ると試験値が甚だしく散つてゐるとは云へ、過熱温度高き場合には、破壊迄の打撃回数低下し、特に過熱後焼準試料に於てはこの點が判然としてゐる。

(3) その他

以上試料第 3 及び第 7 に就いてのみ述べたが、かくの如く、破面或は靜的機械的諸性質に及ぼす過熱の影響は、その後の焼準によつて一般には除去されるものである、然し著者が過熱に関する実験を多數遂行してゐる中に、第 8 圖(試料第 1)、第 9 圖(試料第 4)に示す如き例外があつた



第8圖 試料第1の過熱温度と破面度数及び衝撃値



第9圖 試料第4の過熱温度と破面度数及び衝撃値

第8圖は過熱温度が高いために破面が粗くなり、衝撃値が甚だ低下してゐるものを焼準した所、粗い破面は大體に於て回復したが、衝撃値は依然として低下してゐる場合を示す。又第9圖は過熱後の焼準によつて、粗い破面の方は餘り回復しないが、衝撃値の方はよく回復してゐる場合を示す。

後焼準した場合に於ても、尙且繰返打撃疲勞試験値に對する過熱の影響は除かれない。即ち一度甚しい過熱を受けた場合には、その後の熱處理によつて、たとへ破面或は靜的機械的諸試験値は回復されても、繰返打撃を受くる如き場合には、依然として悪影響を残すといふことを示すものである。

IV. 過熱時間の影響

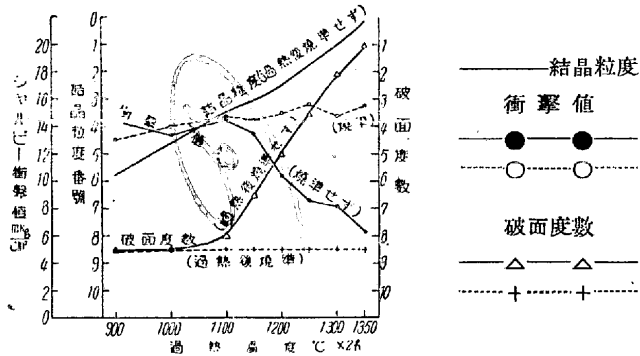
過熱時間の影響を實驗するために、1100, 1200, 1300°の各温度に於て2~6h 間保熱してから前項と同様に試験した。

こゝには第1表に示した。試料第7に近似せる成分の第7'につき1200°に於て、試験した結果のみを第2表に示す。これによつて見れば、本試験に用いた丸25mm程度の

第2表 過熱時間の影響

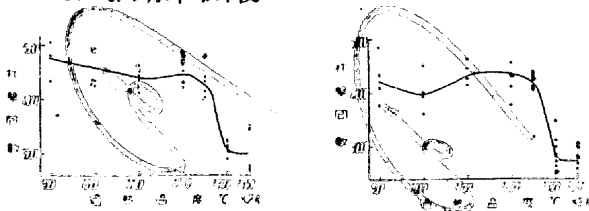
試料第7'; C Si Mn P S Cr Ni W Mo  
0.20, 0.30, 0.50, 0.022, 0.022, 1.59, 3.80, 0.96, 0.20,

熱處理	測定事項	1200°に保持せる時間 h					
		2	3	4	5	6	
1200° 過熱油中冷却 150° 焼戻	破面度数	8½	8½	8½	8	8	
	結晶粒度番號	3.5	3.5	3.5	3.5	3	
	1mm²内の平均結晶粒數(實測)	94	95	87	85	78	
	結晶粒の平均斷面積(mm²)	0.0106	0.0105	0.0115	0.0118	0.0128	
	機械的性質	降伏點 kg/mm²	135.0	135.7	133.8	133.1	133.8
		抗張力 kg/mm²	144.9	146.1	145.2	144.2	144.6
		伸 %	12.5	13.0	12.3	13.9	14.8
		絞 %	40.0	38.4	39.2	40.7	42.3
		シャルビー衝撃値 mkg/cm²	8.2	8.6	8.2	8.7	9.0
		ブリネル硬度	429	429	420	415	420
1200° 過熱油中冷却 900° 焼準 850° 油焼入 150° 焼戻	破面度数	10	10	10	9¾	9¾	
	機械的性質	降伏點 kg/mm²	139.4	140.0	141.3	141.3	137.5
		抗張力 kg/mm²	150.0	150.2	151.2	150.9	149.3
		伸 %	15.8	15.9	16.0	16.0	15.8
		絞 %	50.3	50.3	50.3	49.6	48.9
		シャルビー衝撃値 mkg/cm²	7.2	7.5	7.9	8.0	7.9
ブリネル硬度		415	415	408	415	408	



600° 焼戻 (過熱後焼準せず)  
900° x 1h 焼準, 900° 水焼入, 600° 焼戻 (過熱後焼準)

第10圖(1) 試料第10の過熱温度と結晶粒度、破面度数、衝撃値各過熱度に2h 保持, 900° 迄爐中冷却, 900° より水中冷却後



第10圖(2) 試料第10の過熱温度と松村式繰返打撃試験値 (過熱後焼準せず)  
第10圖(3) 試料第10の過熱温度と松村式繰返打撃試験値 (過熱後焼準)

尙代用鋼第10に就いての試験結果を示す第10圖に就き一言する。これは第10にて製作せる所の繰返衝撃を受くる或種部品の破断面を檢した所、過熱を受けた形跡がある爲に、これを検討する目的で行つたのである。松村式繰返打撃試験によれば過熱後焼準せざる試料に於て1250°以上に過熱され、結晶粒が或る程度粗大になつたものでは、勿論打撃回數が急激に減少して居るのであるが、更に過熱

鋼材では、過熱温度に約2h 置けば十分に過熱の影響を受け、更に過熱時間を長くしても殆ど認むべき變化がない。2~6h の範圍内に於ては過熱時間の影響の殆どない事は、第7'の1100, 1300°の場合及びその他の試料に就いて試



験した場合も同様である、これを前項の過熱温度の影響と比較して見ると、過熱時間よりも過熱温度の方が絶對的に強く影響を及ぼす事を知る、

V. 過熱感受性に及ぼす脱酸剤の影響

過熱によつて粗くなつた破面及び低下した靱性は、一般にはその後の熱処理によつて十分回復するが、然し熱処理によつては、如何にしても回復しない場合がある。然らばこれは如何なる原因によるか、或は如何なる場合に起るかの問題に就いては全然解決されて居ない。著者は本問題は熔解法と相聯絡するものではなからうかと豫想し、試験用高周波誘導電気爐によつて、試料を3kg 熔解する際に投入する脱酸剤の種類及び量を變化して、過熱試験を行つた。第1表に示した試料第1に類似せる成分について2回、第3及び第7にそれぞれ類似せる成分について各1回づゝ試験した結果、後述の如き一應の結論が得られた。こゝでは記述の煩を避けるために、(1)各種脱酸剤の影響としては、試料第1と類似成分の試料につき、(2)投入 Al 量

の影響としては、試料第3と類似成分の試料につき、實驗した結果を述べる。

1. 各種脱酸剤の影響

脱酸剤としてはアルミニウム、カルシウムシリサイド及びシリコマンガンを使用した。試料の成分及び實驗結果を第3表\*に示す。

(A) 破面 寫真第9のシャルピー試験片の破面によつ

\* 第3表及び第4表に示せる試料は、「鋼のオーステナイト結晶粒度の支配因子に関する研究(I)」(本誌第29年(昭18)4號)に於て使用せる試料と同一のものである。

第3表(1)

試料 符 號	化學成分%						投入脱 酸劑 %	含有ガス量%		
	C	Si	Mn	Cr	Ni	Al		O <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>
29	0.31	0.25	0.45	0.80	3.43	0.01	なし	0.00800	0.000017	0.00640
31	0.31	0.25	0.40	0.80	3.42	0.02	Al0.01	0.00464	—	0.00610
32	0.30	0.22	0.38	0.75	3.43	0.02	Al0.03	0.00366	—	0.00612
33	0.30	0.23	0.46	0.79	3.40	0.07	Al0.10	0.00103	0.00004	0.00692
34	0.30	0.26	0.43	0.81	3.37	—	CaSi <sub>2</sub> 0.02	0.00749	0.00003	0.00697
35	0.30	0.26	0.45	0.79	3.38	—	シリコ マンガ ン0.03	0.00578	—	0.00770

第3表(2)

破面度数

試料符號	過熱後焼準せず(1)						過熱後焼準(2)					
	900°	1000°	1100°	1200°	1300°	1350°	900°	1000°	1100°	1200°	1300°	1350°
29	9	9	8½	8	5½	5	9½	9½	9½	9½	9½	9½
31	9	9	8½	8	7	3½	9½	9½	9½	9½	9½	9½
32	9	8½	8	7¾	5	2	9½	9½	9½	9½	9½	9½
33	9	8½	8	7½	3	1	9	9	9	9	4	2
34	9½	9½	9½	8	4½	3½	10	10	10	10	9½	9½
35	9	8½	8	7½	6	4	9½	9½	9½	9½	9½	9½

結晶粒の大きさ

925°×6h 滲炭	900°		1000°		1100°		1200°		1300°		1350°							
	番號	n(4)	番號	n	番號	n	番號	n	番號	n	番號	n						
4.2	5.6	386	0.00259	4.7	202	0.00494	4.6	197	0.00508	3.1	65	0.0153	1.2	17.9	0.0559	0.5	11.5	0.0870
5.2	5.7	395	0.00253	4.8	218	0.00458	4.6	193	0.00519	3.1	65	0.0154	0.8	13.4	0.0746	-0.2	9.3	0.108
6.8	6.2	592	0.00169	5.1	293	0.00342	4.1	133	0.00751	2.8	55	0.0182	0.1	8.8	0.114	-2.5	1.4	0.714
7.4	7.0	994	0.00101	6.9	880	0.00114	5.9	466	0.00215	3.8	81	0.0123	-0.1	7.4	0.135	-2.3	1.6	0.625
5.0	6.1	501	0.00200	4.9	227	0.00440	4.8	227	0.00442	3.2	73	0.0133	1.2	18.9	0.0529	-0.1	7.7	0.130
5.2	6.2	574	0.00174	4.8	217	0.00461	4.0	133	0.00749	2.9	59	0.0168	1.2	18.1	0.0553	0.3	10.1	0.0990

第3表(3)

試料符號

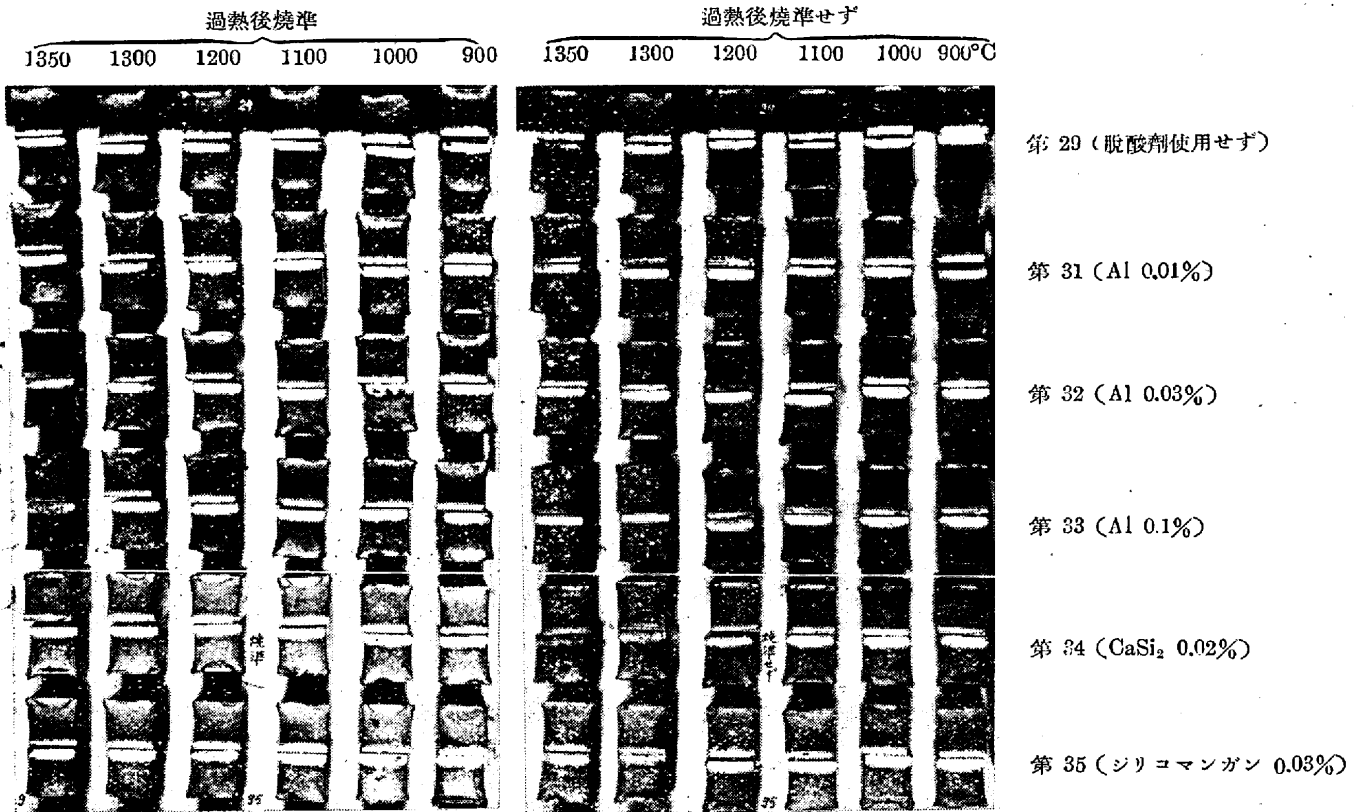
ブリネル硬度數

シャルピー衝撃値 mkg/cm<sup>2</sup>

試料符號	過熱後焼準せず						過熱後焼準						過熱焼準せず						過熱後焼準					
	900°	1000°	1100°	1200°	1300°	1350°	900°	1000°	1100°	1200°	1300°	1350°	900°	1000°	1100°	1200°	1300°	1350°	900°	1000°	1100°	1200°	1300°	1350°
29	272	270	268	263	261	260	269	269	271	270	267	269	13.6	12.8	13.0	12.7	11.4	11.5	14.3	13.0	14.0	14.0	13.9	14.7
31	272	270	269	267	265	271	267	270	270	270	268	270	13.0	12.9	14.2	11.8	11.3	8.5	13.3	13.2	14.7	14.0	13.7	14.8
32	251	251	255	256	256	249	260	259	260	261	257	257	15.1	14.2	15.3	13.7	10.9	9.0	15.0	14.4	14.7	16.2	14.8	13.0
33	265	264	267	264	260	255	256	257	259	260	266	266	14.1	14.3	13.9	12.8	3.5	4.0	14.0	14.1	13.6	13.2	7.3	8.7
34	267	266	261	263	260	259	265	267	269	262	260	262	14.3	13.2	13.8	13.4	11.0	11.0	12.3	12.7	13.8	13.8	13.6	14.7
35	265	270	269	267	265	249	364	267	267	263	265	262	13.8	14.2	13.8	13.8	12.9	12.0	14.7	15.4	15.3	15.3	15.0	15.3

(註) (1)各過熱温度に2h 保持、爐中にて850°迄冷却、850°より油中冷却、620°焼戻。  
 (2)各過熱温度に2h 保持、爐中にて850°迄冷却、850°より油中冷却、900°×1h 焼準、850°油焼入、620°焼戻。  
 (3)學振オーステナイト結晶粒度番號。(4)1mm<sup>2</sup>内の平均結晶粒數(實測)。(5)結晶粒の平均断面面積 mm<sup>2</sup>。

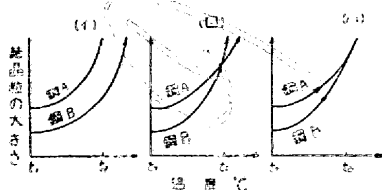




寫眞第9 過熱による破面の粗大化に及ぼす各種脱酸剤の影響

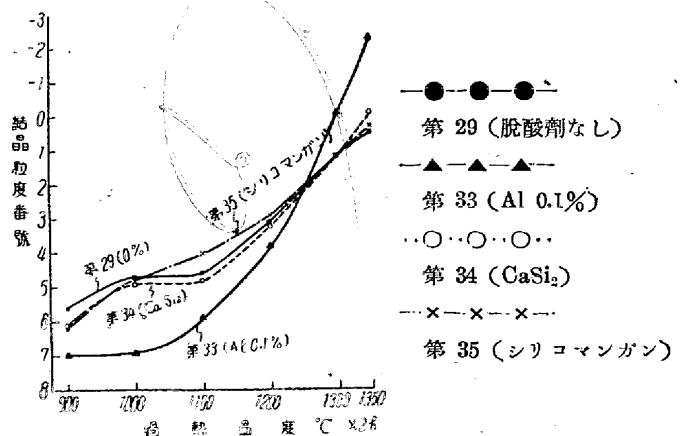
ても明かなる如く、過熱によつて破面の粗くなる程度は、成分及び過熱温度が同一であつても、その脱酸条件によつて異なる。即ち脱酸剤として、カルシウムシリサイド及びシリコマンガンを使用した場合には、過熱といふ問題に關しては別に特異性はないが、アルミニウムを0.1%程度使用した試料第33は、1300°或は1350°に過熱されると、他の試料に比して甚しく粗い破面を呈する。然のみならず他の試料では、1350°過熱により、粗くなつた破面が過熱後の焼準によつて完全に回復して居るにも拘らず、試料第33に於ては、依然として灰色の粗い破面を呈して居る。

(B) 結晶粒度 鋼のオーステナイト結晶粒は、脱酸剤としてカルシウムシリサイド及びシリコマンガンを使用しても、殆ど微細にはならないが、アルミニウムを使用する時は、投入量約0.1~0.3%迄はオーステナイト粒が微細化する。然してオーステナイト結晶粒が加熱温度上昇と共に成長する有様は、一般に定性的には第11圖(イ)の様に考へ



第11圖 過熱温度と結晶粒の大きくなり方

よりも、鋼Bのそれが小さい時は、加熱温度上昇によつてA, B共に結晶粒が、それぞれ大となり。Aの粒よりもBの粒の方が細かいといふ相対的關係は、加熱温度上昇しても、依然として保持されて行くものと考へられゐた。然るに著者が1350°迄の温度につき實驗した結果によると、必ずしもさうではない。即ち第11圖(ロ)に示す様に、温度 $t_1$ に於ては、Aのオーステナイト粒よりも、Bのそれの方が小さいが、加熱温度上昇によるオーステナイト粒成長速度がBの方が大きい時は、温度 $t_2$ に於ては、A, B共に同じ大きさの粒となり、更に高温になれば、逆にBの方が大きな結晶粒を示したり、或は同圖(ハ)の様にA, B間に



第12圖 過熱によるオーステナイト粒粗大化に及ぼす各種脱酸剤の影響

られて居た。即ち温度 $t_1$ に於て鋼Aのオーステナイト粒

第 4 表 (1)

試料 符 號	化 學 成 分 %										非金屬介在物%			
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Al	Al 量 %	SiO <sub>2</sub>	FeO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO
53	0.30	0.27	0.55	0.018	0.017	0.82	2.91	0.53	nil	0	0.0069	0.0004	0.0101	なし
54	0.34	0.23	0.47	0.018	0.013	0.81	2.90	0.34	nil	0.01	0.0042	0.0005	0.0169	〃
55	0.33	0.27	0.53	0.017	0.012	0.81	2.88	0.37	nil	0.03	0.0089	0.0006	0.0240	〃
56	0.33	0.32	0.58	0.014	0.012	0.81	2.77	0.36	0.05	0.07	0.0015	0.0003	0.0220	〃
57	0.32	0.28	0.58	0.017	0.016	0.86	2.85	0.32	0.07	0.1	0.0016	0.0017	0.0153	〃
58	0.32	0.32	0.61	0.017	0.016	0.66	2.88	0.34	0.24	0.3	0.0001	0.0007	0.0163	〃
59	0.30	0.35	0.53	0.020	0.012	0.82	2.85	0.34	0.65	0.7	0.0037	0.0003	0.0120	〃
60	0.34	0.34	0.56	0.017	0.016	0.79	2.85	0.36	0.87	1.0	0.0022	0.0001	0.0144	〃

第 4 表 (2)

試料 符 號	破 面 度 數												925°×6h 滲 炭 番 號
	過熱後焼準せず (1)						過熱後焼準 (%)						
	900°	1000°	1100°	1200°	1300°	1350°	900°	1000°	1100°	1200°	1300°	1350°	
53	8½	8½	8½	8½	7½	7	8½	8½	8½	8	8	8	5.6
54	8½	8½	8½	8	7½	7	8½	8½	8½	8	8	8	5.9
55	9	9	8½	8	7	7	9	9	8½	8	8	7	8.1
56	9	9	9	8½	6	4	9	9	9	8½	7½	7	8.3
57	9	9	8½	8½	5	3	9	9	9	8½	7½	4	8.3
58	9	9	9	8½	7½	2	9	9	9	9	8	3½	8.0
59	9	9	9	8½	8	7½	9	9	9	9	8	8	7.2
60	9	9	9	8½	8	8	9	9	9	9	8	8	4.5

結 晶 粒 の 大 き さ

番號(3)	900°		1000°		1100°		1200°		1300°		1350°						
	n(4)	a(5)	番號	n	a	番號	n	a	番號	u	a	番號	n	a			
6.3	590	0.00169	5.6	375	0.00266	5.3	303	0.00330	3.2	71.6	0.0140	1.4	20.9	0.0479	0.5	11.6	0.0872
6.6	762	0.00131	5.8	436	0.00229	5.5	355	0.00282	3.2	74.4	0.0134	1.9	30.2	0.0331	0.3	10.0	0.100
8.2	2220	0.000451	6.0	501	0.00200	4.7	199	0.00503	3.3	76.6	0.0131	1.7	25.1	0.0398	0.5	11.5	0.0869
8.3	2510	0.000398	7.0	1007	0.000993	6.5	671	0.00149	3.6	95.7	0.0105	1.1	17.1	0.0585	0.5	11.5	0.0869
8.4	2570	0.000389	8.1	2131	0.000469	6.8	871	0.00115	4.1	137	0.00730	0.9	15.6	0.0641	0.5	11.2	0.0893
8.5	2850	0.000351	7.7	1644	0.000608	7.0	989	0.00101	4.5	178	0.00563	1.8	26.6	0.0376	0.1	8.7	0.115
9.0	3940	0.000254	6.6	778	0.00129	5.7	418	0.00239	3.6	95.3	0.0105	1.4	21.7	0.0461	1.2	18.9	0.0529
8.5	2855	0.000350	6.1	546	0.00183	4.6	191	0.00524	3.4	805	0.0124	1.8	28.1	0.0356	1.3	14.6	0.0685

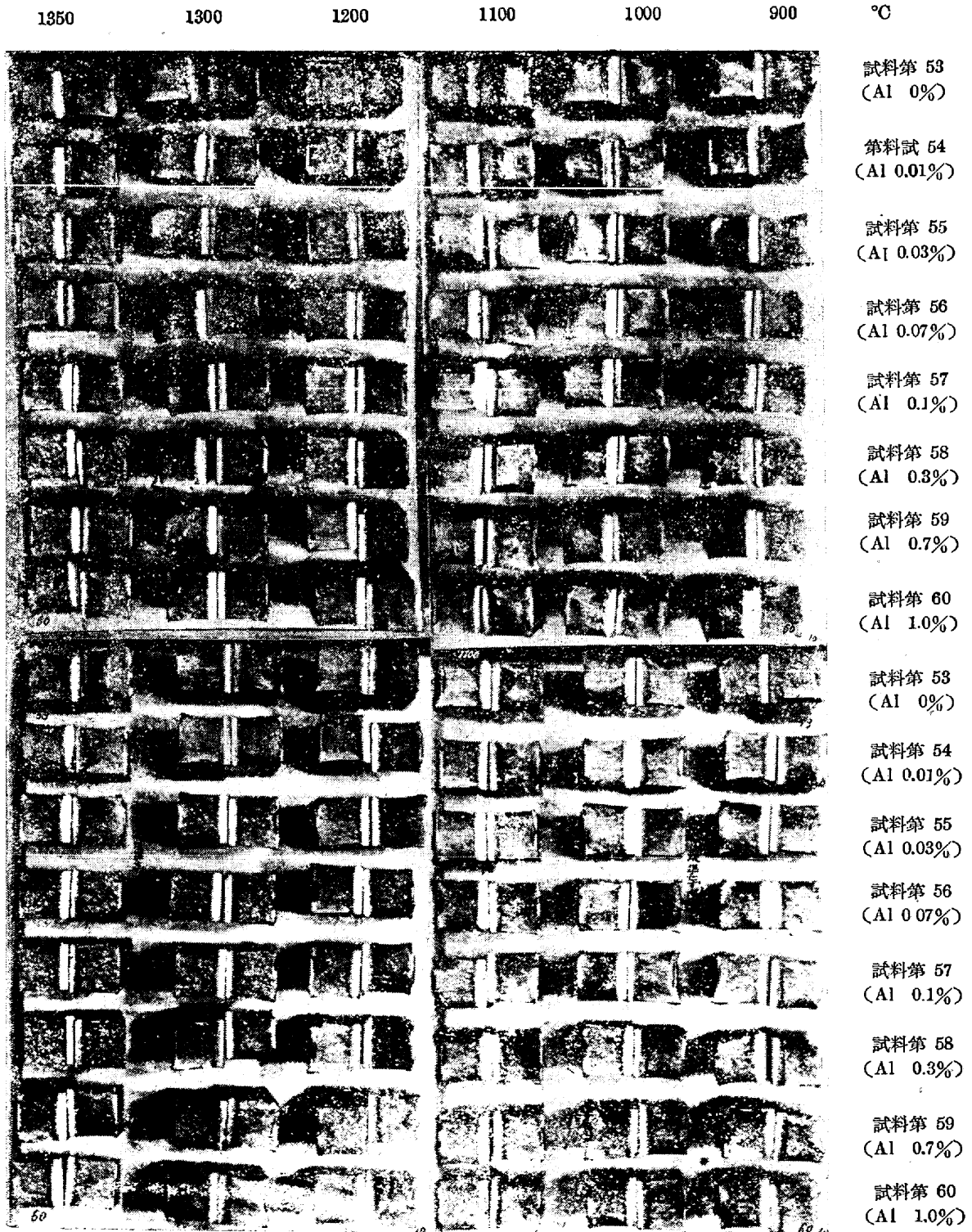
第 4 表 (3)

試料 符 號	ブリネル硬度數												シャルピー衝撃値 mkg/cm <sup>2</sup>											
	過熱後焼準せず						過熱後焼準						過熱後焼準せず						過熱後焼準					
	900°	1000°	1100°	1200°	1300°	1350°	900°	1000°	1100°	1200°	1300°	1350°	900°	1000°	1100°	1200°	1300°	1350°	900°	1000°	1100°	1200°	1300°	1350°
53	285	281	285	293	245	259	225	255	259	248	217	209	14.1	14.4	12.7	11.8	15.7	14.5	14.9	15.1	11.8	8.9	16.9	17.9
54	289	293	321	293	263	263	266	285	266	281	245	299	11.9	11.3	10.1	10.1	12.5	11.8	11.9	11.6	9.4	8.9	13.6	14.2
55	302	285	302	307	262	266	266	281	270	270	229	220	12.3	12.5	11.6	11.5	13.2	11.4	13.5	12.4	11.1	10.5	17.1	13.3
56	298	285	298	302	255	266	274	274	278	263	218	215	12.9	10.7	11.3	9.7	9.6	7.5	13.6	12.9	12.4	11.6	17.9	15.4
57	289	285	299	278	255	266	277	285	285	266	229	208	13.3	13.7	12.1	10.9	7.2	6.3	13.6	13.9	14.1	12.5	16.6	12.5
58	285	285	293	285	255	229	277	281	293	270	223	207	13.3	11.9	11.3	10.3	12.9	1.5	13.7	13.2	12.2	11.2	12.2	2.8
59	302	285	321	312	263	262	293	285	298	289	255	285	11.6	10.9	9.0	8.8	11.4	10.0	10.4	11.1	9.8	9.7	12.6	8.5
60	307	302	316	326	298	285	321	321	312	302	281	223	8.5	9.0	7.6	6.7	7.7	7.7	9.2	8.5	7.9	7.6	7.7	12.3

粒度の差が殆どなくなる場合があるのである。唯一般にこの温度 $t_2$ が普通の熱處理温度よりも遙かに高いために、従来の考で實用上差支へない場合が多いが、オーステナイト結晶粒の本性を探究する上には、著者の實驗の如く、一層高温の場合を研究することが必要である。第3表の中、Al 0.1%、カルシウムシリサイド、又はシリコマンガンを投入した試料及び脱酸剤を全然使用せざる試料につき、加熱

温度の上昇に従ひ、結晶粒の大きくなる有様を第12圖に示す。試料第33は900°に於ては極めて細粒であるが、1350°に於ては甚だ粗粒を示す。又その破面は1350°の過熱によつて特に粗くなるが、それが過熱後の燒準によつて回復しないのである。

(C) 衝撃値及び硬度 一般に過熱によつて破面が粗くなり、粒が大きくなる程、衝撃値が低下するのであるが



寫眞第 10 過熱による破面の粗大化に及ぼすアルミニウム脱酸剤投入量の影響

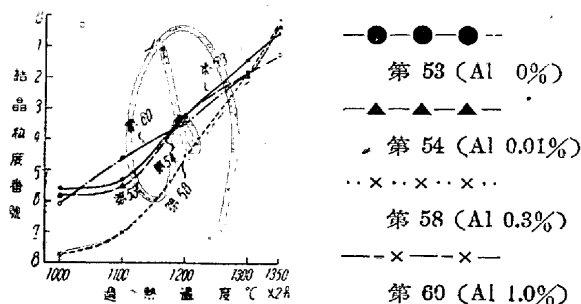
破面の粗くなる割合及び粒の大きくなる割合は、脱酸剤の種類及び量によつて異なるから、過熱によつて衝撃値の低下する割合も、當然脱酸剤の種類及び量によつて異なる筈である。第3表(3)の實驗結果はこれを證明する。即ち第33 (Al 0.1% 投入)を 1300° 以上に過熱した時の衝撃値は甚だ低く、且過熱後の焼準によつて餘り回復して居ない。試料第 32 (Al 0.03% 投入) の 1350° 過熱試料は、結晶粒が第 33 と同程度に大きいに拘はらず、衝撃値が低くなく、且過熱後の焼準によつて低衝撃値は回復して居る。

### 2. 投入アルミニウム量の影響

脱酸剤としてのアルミニウムは、鋼の先天的オーステナイト結晶粒の大きさのみならず、加熱温度上昇によるオーステナイト粒の成長速度にも影響を及ぼす事を知つたので更に投入アルミニウム量を廣範圍に變化して實驗した。その結果を第4表\*に示す。

(A) 破面 寫眞第 10 に示すシャルピー試験片破面によつても明かなる如く、1300~1350° に過熱された時の破面の粗くなり方は、投入アルミニウム約 0.03% 迄は差違がないが、更に 0.07, 0.1, 0.3% と増す時は、その破面は他の試料の破面に比して非常に粗くなり、然も Al 0.1, 0.3% 投入試料の粗い破面は、過熱後の焼準によつて回復しない。

(B) 結晶粒 學振で定められたる所の、925° に 6h 滲炭して顯出する先天的オーステナイト結晶粒は、投入アルミニウム量約 0.07~0.3% 迄 (鋼種その他熔解條件により異なる) は、アルミニウム量増加と共に微細になるが、更にアルミニウム量を増す時は、却つて粗くなつて行く。(第4表(2))所が 900° に 2h 加熱した場合の現實の粒度を見ると、試料第 59 (Al 0.7% 投入)、第 60 (Al 1.0% 投入) は、それぞれ粒度番號 9.0, 8.5 なる細粒であるが、現實の粒度はこの程度の細粒になると、判然と顯出されない場合が多いために、かゝる細粒試料のオーステナイト粒の大小の順序は、絶對的に判定し難い。925° × 6h 滲炭による先天的粒度及び 1000° × 2h 加熱の場合の現實の粒度よりして推定すれば 900° × 2h 加熱の際の現實の粒度も、亦投入アルミニウム量 0.1~0.3% の時に最も微細になるのであらうと考へられる。依つて脱酸剤を異にせる、4 種の試料第 53 (0% Al)、第 54 (0.01% Al)、第 58 (0.3% Al) 及び第 60 (1.0% Al) につき、1000° 以上の温度に 2h 加熱した際の、現實のオーステナイト結晶粒度を第 13 圖に比較圖示した。圖に於て第 53 (或は第 54) と第 58、第 58 と



第 13 圖 過熱によるオーステナイト粒粗大化に及ぼすアルミニウム投入量の影響

第 60 とを比較する時は、第 11 圖 (ロ)(ハ) の關係が見られる。然し 900~1000° に於て粒度の差が比較的少い試料、例へば粗粒鋼第 53, 第 54, 第 58 を相互に比較する場合には、第 11 圖 (ロ)(ハ) の關係は必ずしも保たれない。蓋し結晶粒は一般に可成りの混粒を示し、測定状況にも相當影響されるために、鋼材の結晶粒度數なるものは、化學分析値の様には精密な數値ではないからであらう。

(C) 衝撃値及び硬度 過熱感受性に及ぼす脱酸剤の影響は、硬度に於ては明瞭に表はれて居ない故に、衝撃試験結果についてのみ述べる。衝撃値は數回試験した平均をとつたのであるが、過熱後焼準せざる試料及び焼準した試料の何れについて見ても、必ずしも過熱温度高い程衝撃値が低くはない。然し Al 0.07~0.3% を投入した試料第 56, 57, 58 を 1350° に過熱した時は、その破面は非常に粗く、衝撃値は頗る低い。特に試料第 58 (0.3% Al) はこの點が著しいのみならず、過熱後の焼準によつて破面も衝撃値も餘り回復して居ない。丁度前述の試験に於ける試料第 33 と同様である。

### 3. 實驗結果に対する考察

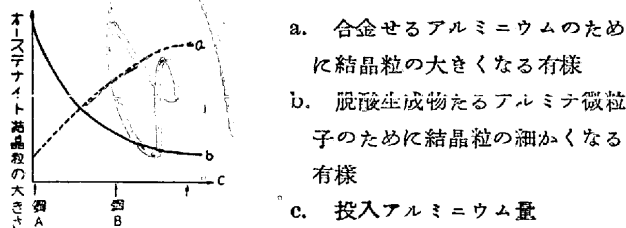
(A) 結晶粒 鋼を熔解する際に脱酸剤として投入したアルミニウムは、一部は脱酸生成物たるアルミナとなり他は合金元素として鋼中に入る。而して鋼のオーステナイト結晶粒度に及ぼす影響は、次の二つの作用の合成結果と考へられる。

(i) 脱酸生成物たるアルミナは、凝集力が小さいために微細に鋼中に分散し、これがオーステナイトへの變態に際しては、結晶の核となり、又生成したオーステナイト結晶粒の成長を阻止するために、オーステナイト粒を微細化する。尙このアルミナ粒子の結晶粒成長抑制作用は、加熱温度上昇しオーステナイト結晶粒が大きくなるに従つて減少する。但しこの場合に問題になるのは、アルミナの分析値よりもアルミナの分散状態である。そしてオーステナイ

ト粒を微細化せしめるアルミナの分散密度には、一定の限界があり、それ以上アルミナが増してもオーステナイト粒は一層細くなる事はない\*。

(ii) 合金元素としてのアルミニウムは鋼のオーステナイト粒を大きくし、而もその作用は加熱温度上昇と共に強くなるが、アルミニウムの結晶粒粗大化作用にも一定の限界があり、更にアルミニウムを増しても、オーステナイト粒はより以上に粗くなる事はないと考へられる。

これを定性的に圖示すれば、第14圖の如くなる。勿論上述のアルミナ、或はアルミニウムの限界値、及びその



第14圖 投入アルミニウム量のオーステナイト結晶粒に及ぼす影響

際の飽和のオーステナイト粒度は鋼種、溶解状況等により變るものと考へられる。

かくの如く考ふるときは、著者の實驗結果は次の如く説明することが出来る。

(a) Al 0~1.0% 投入した試料を 925°×6h 滲炭して、顯出したオーステナイト粒度(第4表)は、投入アルミニウム量約 0.1% 迄は Al を増すに従て微細化するが、更に投入アルミニウムを増す時は、却つて粗くなるのは、第14圖に示す如く、アルミナによる微細化作用と合金せるアルミニウムによる粗大化作用との合成結果による。

(b) 又第12圖に於ける試料第29(Al 0%)と、第33(Al 0.1%)、第13圖に於ける第54(Al 0.01%)と、第58(Al 0.3%)の兩試料の比較は、次の様に説明される。即ち脱酸剤を全然使用せざるか、或は極く少量のアルミニウムを投入せし粗粒鋼第29、或は第54を第11圖中の鋼A

とし、0.07~0.3% 程度のアルミニウムで脱酸した細粒鋼第33及び第58を同圖中の鋼Bと考へ、又温度 $t_1$ は900~1000°、 $t_2$ は1250~1300°程度とすればよい。然る時は鋼Aよりも、鋼Bの方が、合金せるアルミニウムも脱酸生成物アルミナも多いのであるが、温度 $t_1$ では、合金せるアルミニウムの結晶粒粗大化作用よりも、アルミナ微粒子の結晶粒成長抑制作用が強く作用するために、Bの方がAよりも細粒となる。所が加熱温度上昇する時は、アルミニウムの結晶粒粗大化作用が強くなり、他方アルミナ微粒子の結晶粒成長抑制作用は却て減少する故に、温度上昇による結晶粒成長の割合は、Bの方がAよりも大きく、従つて第11圖(ロ)(ハ)の様になるのである。

(B) 破面 過熱温度上昇によつて結晶粒が大きくなれば、一般には破面も粗くなると考へられる(破壊が結晶粒界に全然無關係に起る如き場合に於てはその様にならない)が、過熱によつて粗くなつた破面が、その後の焼準によつて回復する場合と、試料第33及び第58の如く回復しない場合とがあるのは、次の如き原因ではないかと考へられる。

(i) 1300~1350°の様な高温に過熱されると、結晶粒が甚だ大きくなり、且温度が高いためにその結晶粒界に不純物が凝集し易く、又その不純物中の或るものは熔融する様な事も起るであらうから、この粗大結晶粒界は材質的に甚だ弱點となる。而して過熱後の焼準によつて再結晶が起り、結晶粒は微細化しても、以前の粗大結晶粒界の跡には、依然として不純物が點綴したまま残存して居るによつて、以前の結晶粒界より破壊し易く、粗大なる破面となるのであらう。

この様に考へれば(a)過熱によつて大きくなつた結晶粒界に凝集する不純物の種類及び量によつて、再結晶後の新結晶粗界或は鋼の地に對し、以前の粒界が決定的な弱點となり、過熱による粗大破面及び低衝撃値は、その後の焼準によつて回復されないものと考へられる。

(b) 又過熱による粗大破面及び低衝撃値が、その後の焼準によつて回復して居る場合と雖も、松村式繰返打撃試験の如く繰返打撃を受ける場合には、矢張り再結晶前の粗大粒界の跡が利いて來るためにかゝる試験に於ては、過熱の悪影響は焼準によつて殆ど除去されないものと考へられる。

而してその過熱感受性の大小は、第4表に見るが如く、添加アルミニウムの量に無關係であるによつて、アルミナ

\* 溶解時に投入するアルミニウム量を増加すれば、鋼中のアルミニウム含量は増加する。アルミナ含量は或る一定量迄増加し、以後可成り變化しつゝ大體一定値を示す。(第4表(1)参照)

\*\* Houdremont, Schrader<sup>4)</sup>が Al 0~3% のアルミニウム鋼につき、830~1000° 間の温度に於て 10~60 h 滲炭した結果アルミニウムは、特に滲炭温度の高い程、又滲炭時間の長い程結晶粒を粗くした。本實驗の如く一層高温に於てもアルミニウムはこの作用を保持するものと考へられる。

<sup>4)</sup> Arch. Eisenh. B (1934/35), 448

又はアルミニウムに基因する不純物が主要原因ではない。

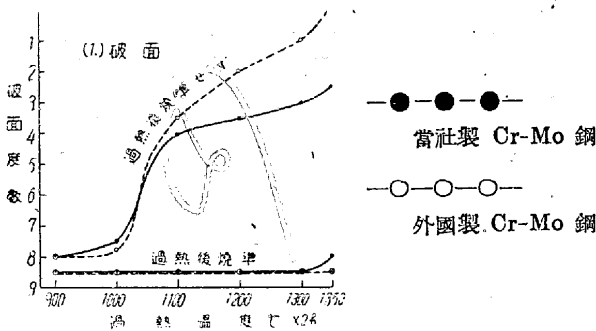
### VI. 当社製及び外國製 Cr-Mo 鋼の過熱比較試験

外國製 Cr-Mo 鋼を試験する機会が與へられたので、これと類似成分の当社製 Cr-Mo 鋼をとつて過熱比較試験を行つた。その試験結果を第 15, 16, 17 圖に示す。

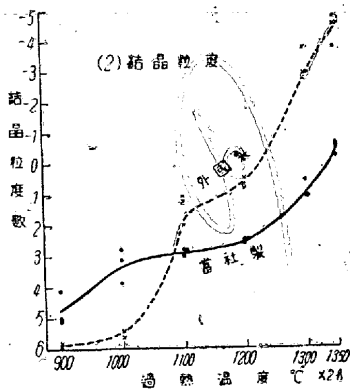
当社製 0.35% C, 0.95% Cr, 0.25% Mo

外國製 0.30% C, 0.98% Cr, 0.20% Mo

先づ第 15 圖(1)によれば、過熱によつて破面の粗くなる割合は、1100° 位迄は兩者殆ど相違がないが、更に温度

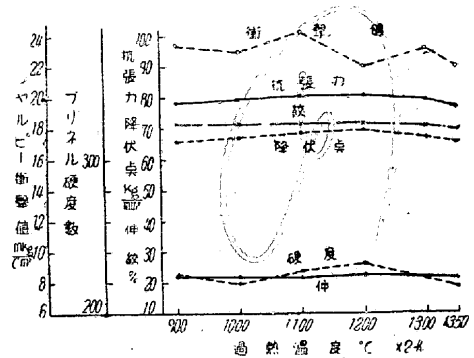


第 15 圖(1) 当社製及び外國製 Cr-Mo 鋼の過熱比較試験



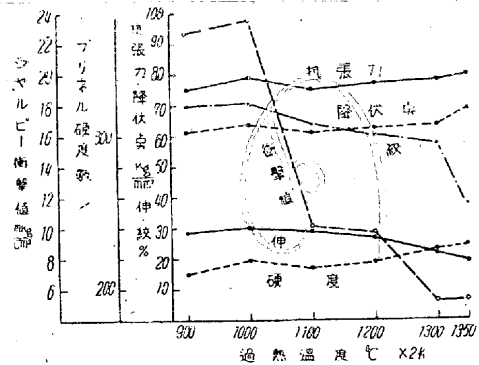
第 15 圖(2)

が上昇すると、外國製の方は一層粗くなる。然し過熱後の焼準によつて兩者共同様に回復する。又同圖(2)によれば、過熱温度 1100° 位迄は外國製の方が結晶粒が小さいが、更に温度が上昇すると逆に外國製の方が結晶粒が大となる。即ち過熱温度上昇により結晶粒の大きくなる割合は、外國製の方が甚大である。又当社製(第 16 圖(1))及び外國製(第 17 圖(1))鋼の過熱後焼準せざる試料に就て、その機械的性質の變化を比較すると、兩者共過熱温度上昇による衝撃値の低下は甚しいが、兩者間の相對的相



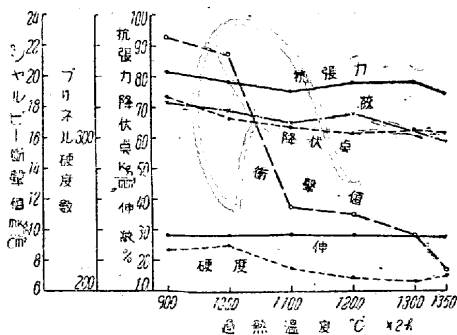
各過熱温度にて 2h 保持、爐中に於て 850° 迄冷却 850° より油中冷却、900° x 1h 焼準、850° 油焼入、650° 焼戻

第 16 圖(2) 当社製 Cr-Mo 鋼



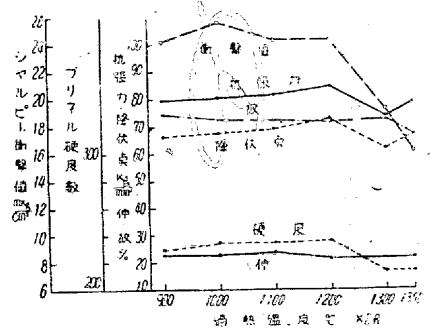
各過熱温度にて 2h 保持、爐中に於て 850° 迄冷却、650° 焼戻

第 17 圖(1) 外國製 Cr-Mo 鋼



850° より油中冷却、900° x 1h 焼準、850° 油焼入 650° 焼戻

第 16 圖(1) 当社製 Cr-Mo 鋼



各過熱温度にて 2h 保持、爐中に於て 850° 迄冷却 850° より油中冷却 900° x 1h 焼準、850° 油焼入、650° 焼戻

第 17 圖(2) 外國製 Cr-Mo 鋼

違は餘り著しくない。然るに過熱後焼準した試料に於ては當社製(第16圖(2))は過熱の影響が殆ど除かれて居るに反し、外國製(第17圖(2))は過熱温度1200°以上に上昇した試料の衝撃値は、依然低下して居る。

上述の如く、著者が當社製及び外國製 Cr-Mo 鋼につき過熱比較試験を行つた結果によれば、外國製の方が過熱感受性が大であつた。

## VII 總 括

以上述べた所を總括すれば次の様である。

(1) 各種構造用 Ni-Cr-Mo 鋼を 900~1350° 間の各温度に 2h 過熱し、破面、結晶粒度、靜的機械的諸性質、松村式繰返打撃試験値に及ぼす過熱温度の影響を試験し、且かかる過熱の影響が過熱後の熱處理によつてどの程度回復し得らるゝかを検討した。

(2) 破面の粗さ程度は破面度数を以て表示し、各過熱温度に於ける現實の結晶粒は、2 回焼入法と同一原理による方法によつて顯出した。

(3) 過熱温度上昇と共に、結晶粒は對數的に大きくなり一般に破面は粗く、衝撃値は低下する。然し過熱による粗大破面、低衝撃値は、一般には、その後の熱處理によつて完全に、もとの様に回復させる事が出来るが、稀にはどうしても、熱處理によつて回復させる事の出来ない場合がある。

(4) 靜的機械的諸性質及び破面の粗さに及ぼす過熱の影響が、過熱後の熱處理によつて完全に除去し得た場合に於ても、松村式繰返打撃疲勞試験によれば過熱(大約 1200°以上)を受けた材料は依然として衝撃疲勞に對して弱い。

(5) 過熱温度に大約 2h 保持すればその温度の影響を十分に受け、更に過熱時間を 6h 迄に長くしても殆ど差がない。

(6) 脱酸剤中アルミニウムは過熱感受性に影響を及ぼすこと最も大きく、カルシウムシリサイド、シリコマンガンは餘り影響がない。

(7) 1000° 位迄の温度に於けるオーステナイト結晶粒度は、脱酸剤たるアルミニウム量の増加に従ひ、大約 0.1~0.3% (鋼種及び熔解状況により異なる) 迄は微細になるが、それ以上は却つて粗くなる。然し過熱温度上昇による結晶粒の大きくなる割合は、これと逆にアルミニウム大約 0.1~0.3% の時が最も大である。その結果 1000° 以下に於ては投入アルミニウム 0.1% の試料の方が、0.01% の試料よりも細粒であるが、1300° 以上になれば、却つて前者よりも後者の方が粗粒となるか、或は兩者殆ど同じ大きさの粒となる。

(8) 投入アルミニウム約 0.1~0.3% の試料を大約 1300° 以上に過熱すると、他の試料に比し、破面が甚だ粗く衝撃値が著しく低くなる。且その粗大破面及び低衝撃値は、爾後の熱處理によつて回復し難い。

(9) 過熱による悪影響の原因を不純物の粒界凝集によつて説明した。

(10) 當社製及び外國製 Cr-Mo 鋼につき、過熱比較試験を行つた所外國製の方が過熱感受性が大であつた。

終りに臨み御指導御鞭撻を賜はりし渡邊社長、玉置研究部長に對し、又誠に御懇切なる御教示を戴きましたる村上先生に對し、深く御禮申し上げます。

尙本研究は最初矢島忠和氏が着手されたものでありまして、試料の調整に御盡力下されたる同氏、又種々御援助下さりし平田作一氏に謝意を表しますと共に、終始熱心に實驗を遂行せし遠藤忠君の勞を謝す。

## 鐵と鋼 第29年 第7號 論說概要

筆 者	標 題	材 料	方 法	結 果	結 論
森棟 隆弘	硫酸滓に関する研究 (V)	1. 礦物及び薬品	1. 酸化焙焼 2. 檢 鏡 3. 磁 性 4. 水溶、酸溶	1. 焙焼曲線 2. 磁化曲線 3. 酸、水溶曲線 4. 顯微鏡寫眞	1. 焙焼曲線により變化の徑路を知る 2. 檢鏡で成分も分る 3. 磁性變化あり 4. 水溶銅は 550°C, 酸溶銅は 600°C
林 達夫	製鉄用電高爐の設計及び操業に就いて	1. 黄鐵礦、硫酸滓 松炭(第9表)	1. 製鉄用新型電氣爐(發生ガス、電極傾度、電極接続に特別な設計をなせるもの)	1. 操業成績	1. C, Si, P 少く Cu の相當少い銑が t 當り 2500 kWh で出来た
河合 正雄	酸性電氣爐熔解作業に関する二三の考察 (I)	1. Ni-Cr 鋼	1. 酸性電氣爐 光高温計	1. 熔解作業記録	1. 各期に於ける作業法
虎岩 頼夫	ピアノ線製造法に関する研究	1. スウェーデン製品 2. 内地製品	1. 機械的試験, X線試験	1. 成績表	1. 各種加工法の検討