

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* (第五報) ニッケルクロム鋼に就いて(III)

(日本鐵鋼協會第21回講演大會講演 昭14.4)

熱 田 友 二**

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

目 次

- I. 緒 論
- II. 研究用材料, 試験方法その他
 - 1. 研究用材料 2. 試験方法 3. 試験結果の比較に就て
- III. 物理的性質
 - 1. 變態點 2. 焼入試験 3. 示差熱膨脹計並に磁氣分析による焼戻の比較 4. 熱膨脹係數並に電氣的, 磁氣的性質 5. 顯微鏡試験
- IV. 高温加工の難易比較試験
 - 1. 高温衝撃曲げ試験 2. 高温抗張試験 3. 高温衝撃壓縮試験
- V. 常温の機械的性質
 - 1. 硬度試験 2. 抗張試験 3. シャルピー衝撃試験 4. 抗張力一衝撃値, 一伸曲線に就て 5. 振り試験 6. 振り衝撃試験 7. 振り疲勞試験 8. 振り疲勞線圖による優秀性の比較
- VI. 總 括

I. 緒 論

「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」なる題目のもとにこれを研究し報告を重ねる事4回である。高純海綿鐵を原料とせるニッケルクロム鋼は市場一般の屑鐵製のものよりも著しく強靱性に富む事を報告し、又海綿鐵製、屑鐵製の鋼には如何なる性質に差異があるか種々検討して來た。鋼の優秀性が甚だ問題となりつゝある今日地鐵原料の素質如何は重要視せられ、海綿鐵製のもつ優秀性が漸く認められつゝある。海綿鐵製の鋼と屑鐵

製の鋼の間には種々性質の異なるものがあるが海綿鐵製の鋼は屑鐵製の鋼よりも常に優秀であるとは必ずしも斷言出來ない事を今日まで屢述べた。海綿鐵を用ひて作られる鋼の種類、その熱處理並に目的とする性質の如何により屑鐵製の方が優秀なる場合もあり得る。然しながらこの場合の海綿鐵製の缺點を除去し或は更にこれを利用して反つて屑鐵製よりも特長あるものとする事は容易であるが反對に海綿鐵製の鋼が一般に有する特長である強靱性は未だ今日の冶金技術を以てしては屑鐵より作る事は困難であつて此點に於て原料鐵の處女性が問題となるのである。

已に第三報、第四報に報告せる如く研究室用の小型高周波爐を用ひて多數のニッケルクロム鋼を作り屑鐵製と海綿鐵製の機械的性質の差異を研究した。その結果に基き特に強靱鋼型のものを選んで新しく工業用大の高周波爐を用ひ海綿鐵製、屑鐵製の兩者を全く同一條件のもとに製作しその物理的、機械的諸性質を比較検討した。本報告はこの研究結果を記録したものである。

本研究の試料は某官廳工場が岩瀬教授と協力作製せられたものであつてその御厚意を深く感謝する次第であり又機械試験にあたり東北帝大機械科教授工博市原通敏氏の御親切なる御指導と實驗上多大の御便宜を與へられた事を謹んで篤く御禮申上げる次第である。

II. 研究用材料, 試験方法その他

1. 研究用材料

本研究に用ひられたる $Ni \cdot Cr \cdot Mo \cdot V$ 鋼並に $Ni \cdot Cr \cdot Mo \cdot W \cdot V$ 鋼は、總て某工場で製作されたもので、強靱性を有せしめる目的で4種類の組成を選定し、各組成のものに付き夫々海綿鐵製のものと同屑鐵製のもの合計8鋼塊を製作した。不純物の少い本溪湖製海綿鐵を一度弧光爐で熔解し

* 本研究は東北帝國大學教授岩瀬慶三博士の御指導により東北帝大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。第1, 第2報は本誌第7號, 第3報は第8號, 第4報は第9號に掲載した。

** 本溪湖特殊鋼株式會社

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

第1表 試料の分析表

| No. | (%) | C | Si | Mn | P | S | Ni | Cr | Cu | Mo | W | V | N |
|------------|-----|------|------|------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|-------|
| K 1 (屑 鐵) | | 0.27 | 0.20 | 0.61 | 0.006 | 0.014 | 3.04 | 1.45 | 0.19 | 0.39 | — | 0.16 | 0.006 |
| K 2 (海綿 鐵) | | 0.24 | 0.13 | 0.55 | 0.006 | 0.003 | 3.01 | 1.29 | 0.02 | 0.37 | — | 0.16 | 0.002 |
| K 3 (屑 鐵) | | 0.26 | 0.19 | 0.81 | 0.006 | 0.013 | 3.06 | 1.43 | 0.18 | 0.39 | — | 0.15 | 0.007 |
| K 4 (海綿 鐵) | | 0.25 | 0.10 | 0.83 | 0.005 | 0.007 | 3.06 | 1.30 | 0.02 | 0.43 | — | 0.16 | 0.003 |
| K 5 (屑 鐵) | | 0.48 | 0.20 | 0.91 | 0.004 | 0.013 | 3.04 | 1.00 | 0.26 | 0.57 | 0.81 | 0.20 | 0.003 |
| K 6 (海綿 鐵) | | 0.47 | 0.20 | 0.92 | 0.004 | 0.010 | 3.02 | 1.48 | 0.04 | 0.53 | 1.06 | 0.20 | 0.003 |
| K 7 (屑 鐵) | | 0.42 | 0.20 | 0.83 | 0.005 | 0.016 | 3.04 | 0.99 | 0.18 | 0.39 | 0.80 | 0.19 | 0.004 |
| K 8 (海綿 鐵) | | 0.42 | 0.11 | 0.88 | 0.003 | 0.010 | 2.96 | 0.97 | 0.03 | 0.50 | 0.82 | 0.14 | 0.003 |

て精鋼となし、これを原料として容量約230 ㊦の高周波爐で所定の組成配合の $Ni \cdot Cr \cdot Mo \cdot V$ 鋼及び $Ni \cdot Cr \cdot Mo \cdot W \cdot V$ 鋼を作つた。屑鐵製の方は同工場で今日まで使用されて來てゐる材料を原料とせるもので、海綿鐵製の場合と同様に同一高周波爐で製作したものであつて海綿鐵製、屑鐵製共に同じ条件のもとで作つた。之等230 ㊦鋼塊は中央部を12 噸鎚にて横斷し、これを12 噸蒸氣鎚にて縦方向に4分割せるものを、徑30mm、長さ1,500mmに1 噸鎚にて鍛鍊した。鍛鍊温度は荒鍛鍊1,220°, 仕上鍛鍊1,240°である。鍛鍊後の焼鈍は約10hを以て700°に加熱し、700°12h保持してより爐中冷却をなし、37hで300°まで冷却した後爐外へ取出して冷却した。

鋼の分析結果は第1表に示す如くでK1, K3, K5, K7は屑鐵製であり、K2, K4, K6, K8は海綿鐵製である。K1とK2, K3とK4, K5とK6, K7とK8は夫々成分を同じくするやう配合せられたもので、K5とK6の外は海綿鐵製、屑鐵製の成分が大體一致してゐると見做してよいと思はれる。K5とK6は勿論成分を同じくするやう配合せられた筈であるが、分析結果によると屑鐵製のK5に對し海綿鐵製K6の方がCr量が0.5%位高く、W量が0.25%位高くなつてゐるので、K5とK6を同じ組成のものとして比較する事は適當でないやうであるが、他の鋼種は何れも組成がかなり良く一致し各鋼種の屑鐵製、海綿鐵製を直接比較し、その性質の差異を原料たる屑鐵と海綿鐵の相違によつて生ずるものと斷定して差支へないと思ふ。

第1表の分析結果を通覽するに、屑鐵製である奇數番號鋼と海綿鐵製である偶數番號鋼とは、地金原料の相違のため、海綿鐵製の方がP, S, Cu共にその含有量低くN含有量も低い。Nの含有量は學振の方法で定量したものである。

2. 試験方法

屑鐵製と海綿鐵製の諸性質の相違を検討すべく次の如き廣範圍の實驗により比較することとした。

1. 物理的性質の測定 各鋼の變態點の測定、焼入試験、電氣抵抗、磁化度、熱膨脹係數の測定並に磁氣分析、示差熱膨脹計による焼戻の比較を行つた。

2. 高温加工の難易比較試験 海綿鐵製並に屑鐵製の各鋼の高温に於ける加工の難易を比較する目的を以て次の三種の實驗を行つた。

高温シャルピー試験 高温抗張試験 高温衝撃壓縮試験

3. 硬度試験 860°Cより油中焼入してこれが焼戻硬度をロツクウェル硬度及びブリネル硬度につき測定検討した。

4. 抗張試験 60 噸オルゼン試験機により各種の温度に焼戻せるものゝ抗張試験をなし、一部 Marten's 鏡を附して彈性限界、降伏點、比例限界等を測定した。

5. シャルピー衝撃試験 各種の温度に焼戻せるものゝシャルピー衝撃試験を詳細に検討した。

6. 靜的振り試験 各鋼の860°Cより油中焼入のまゝのもの並に200°, 450°, 650°に焼戻した場合の靜的振り試験を行ひ、鏡装置を附して振り彈性限界、降伏點、比例限界等を測定した。

7. 衝撃振り試験 市原式衝撃振り試験機を使用して各種の熱處理を施せるものゝ振り衝撃値を測定した。

8. 振り疲勞試験 市原式ヒステログラフ振り疲勞試験機を使用し夫々650°, 450°, 330°, 200°に焼戻せるものゝ振り疲勞限を求めた。

3. 試験結果の比較に就て

本研究に於ては同一組成の構造用 $Ni \cdot Cr \cdot Mo \cdot V$ 鋼若くは $Ni \cdot Cr \cdot Mo \cdot W \cdot V$ 鋼を、同一条件のもとに屑鐵或は海綿鐵で作り、熱處理も全く同じくして、機械的性質その他を測定せるものであるから、海綿鐵製と屑鐵製の鋼に

存在する性質の相違は原料が海綿鐵であるか屑鐵であるかに原因するものと断定出来ると信ずる。

第 1 表に見る如く原料から来る不純物の多少の相違はあるが、C, Si, Mn, Ni, Cr, Mo, W, V の含有量に於て屑鐵製、海綿鐵製良く一致し、第 2 表に示す如く大體 4 種に區別する事が出来る。

第 2 表 試料の分類

| | C | Si | Mn | Ni | Cr | Mo | V | W | |
|---|------|------|------|-----|------|------|------|-----|---------------------|
| ① | 0.25 | 0.15 | 0.6 | 3.0 | 1.35 | 0.38 | 0.16 | — | K1 (屑鐵) K2 (海綿鐵) |
| ② | 0.25 | 0.15 | 0.8 | 3.1 | 1.35 | 0.40 | 0.16 | — | K3 (屑鐵) K4 (海綿鐵) |
| ③ | 0.48 | 0.20 | 0.9 | 3.0 | 1.00 | 0.55 | 0.20 | 0.8 | K5 (屑鐵) K6 (海綿鐵) |
| ④ | 0.42 | 0.15 | 0.85 | 3.0 | 1.00 | 0.45 | 0.16 | 0.8 | K7 (屑鐵) K8 (海綿鐵) |

以上 4 種類の組成を有する屑鐵製並に海綿鐵製の諸性質を比較検討せんとするものであるが、之等の組成を有するものは構造用強靱 Ni-Cr 鋼に属すべきものであるので、同一組成を有する屑鐵製、海綿鐵製の諸性質を比較すると同時に、屑鐵製或は海綿鐵製の各に於ける組成の變化がその性質に及ぼす影響をも検討して見る積りである。概念的に組成の變化を見ると第 3 表のやうになる。

第 3 表

| | |
|------|---|
| 海綿鐵製 | K4 = K2 + 0.3% Mn |
| " | K8 = K2 + 0.35% Mn + 0.2% C - 0.3% Cr + 0.1% Mo + 0.8% W |
| " | K6 = K2 + 0.4% Mn + 0.22% C + 0.2% Cr + 0.15% Mo + 1.0% W |
| 屑鐵製 | K3 = K1 + 0.2% Mn |
| " | K7 = K1 + 0.2% Mn + 0.15% C - 0.45% Cr + 0.8% W |
| " | K5 = K1 + 0.3% Mn + 0.2% C - 0.45% Cr + 0.2% Mo + 0.8% W |

III. 物理的性質

1. 變態點

本多式熱膨脹計により A₁, A₃ 點を測定した。試料は徑 5mm, 長さ 80mm であつて 860° で油焼入れ, 650° に 2h 焼戻して充分歪を除去してある。加熱並に冷却速度は共に 200°C/h で千野式溫度調節器を用ひ、加熱冷却速度には充分注意を拂つたから、K1 より K8 に至るまで加熱冷却速度の影響は同一であると見做す事が出来る。測定結果を第 4 表に示し第 1~4 圖に圖示した。

第 4 表 變態點

| | A ₁₋₃ | Ar'' |
|-----|------------------|-----------|
| K 1 | 710-785°C | 388-320°C |
| K 2 | 723-790 " | 430-335 " |
| K 3 | 708-785 " | 360-290 " |
| K 4 | 710-785 " | 377-303 " |
| K 5 | 700-790 " | 368-295 " |
| K 6 | 698-775 " | 230-70 " |
| K 7 | 698-772 " | 255-110 " |
| K 8 | 697-770 " | 265-120 " |

Ac 點は海綿鐵製と屑鐵製に大差はないが、海綿鐵製の方が屑鐵製に比較して同溫度或は僅少なから高めの溫度にあるやうに見える。第 4 表によるも合金元素の種類並に量の多い鋼の方が Ac 點が低い溫度にある事が知られる。Ar 點に於ては海綿鐵製の方が屑鐵製のものよりも相當高い溫度に出ている。これは海綿鐵製、屑鐵製の組成の相違にも原因するであらうが、第二報の炭素鋼に於ける研究報告で述べた如く、不純物の少い海綿鐵製の鋼は變態の速度抵抗と云ふやうな點が、屑鐵製のものに比較して小なるためとも考へられる。Ar 點も Ac 點と同様合金元素の種類並に量の多い鋼程低溫度の方へ移る事が判る。K5 と K6 は組成が一致してゐない關係上直接兩者の變態點を比較するのは適當でない。

2. 焼入試験

佐藤式焼入試験器を用ひ油焼入れ、空中冷却の二試験を行つた。試料は徑 5mm, 長さ 70mm のもので試験前に施した熱處理は前節の變態點測定の時と同様である。先づ 860° で油中に焼入れ次で 650° に 2h 焼戻して充分歪を除去した。尙加熱中の酸化脱炭を防止するために佐藤博士發明の酸化脱炭防止塗料を用ひたから試験中に起る酸化脱炭は防止出來た。試験結果は第 5, 6 圖に示す如くである。本試験によると各鋼とも空冷の場合と油中焼入の場合とでは後者の方が Ar'' の起る溫度が低く、又海綿鐵製と屑鐵製との間では組成が同じものにあつても Ar'' の起る溫度に大差があり、海綿鐵製のものは屑鐵製のものよりもかなり高い溫度で Ar'' が起つてゐる。Ar'' の起る溫度の相違を第 5 表に示す。

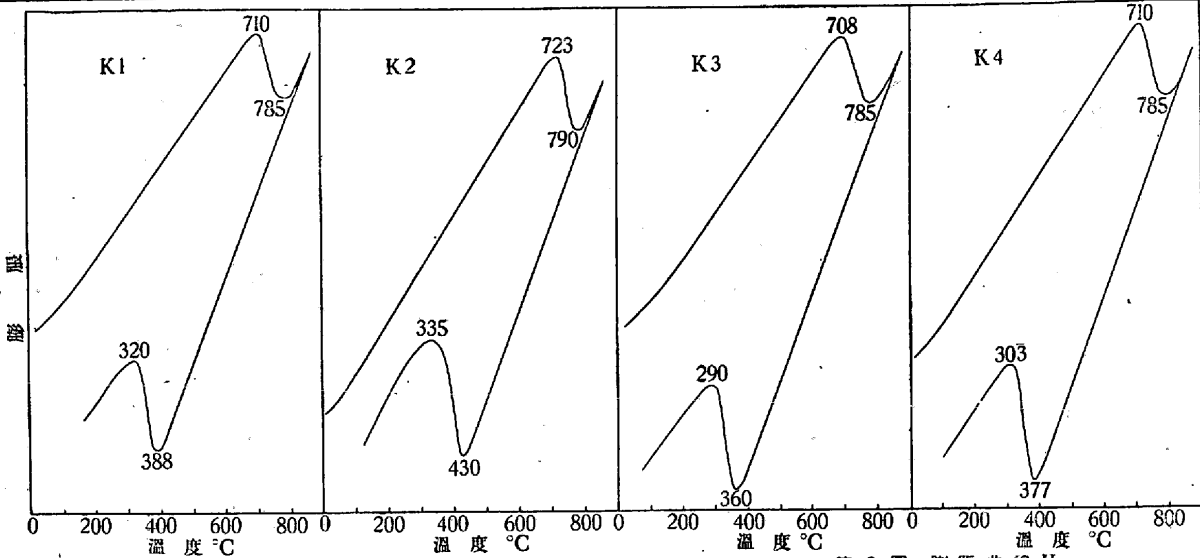
第 5 表 Ar'' の溫度範圍

| | 空 冷 | 油 焼 入 |
|-----|-----------|-----------|
| K 1 | 310-200°C | 245-110°C |
| K 2 | 330-215 " | 300-118 " |
| K 3 | 295-130 " | 212-75 " |
| K 4 | 310-150 " | 290-120 " |
| K 5 | 180— " | 100— " |
| K 6 | 230— " | 180— " |
| K 7 | 230-75 " | 100— " |
| K 8 | 300-145 " | 170— " |

こゝでも第二報で論及した如く、矢張り海綿鐵製の鋼は變態速度大で變態に對する抵抗が、屑鐵製の鋼よりも小さいと云へると思ふ。海綿鐵製、屑鐵製共に空中冷却よりも油中焼入れの方が、Ar'' の開始終了溫度低く合金元素の種類並に量が多い鋼程、Ar'' の開始終了溫度が段々低い方へ移動する事が判る。

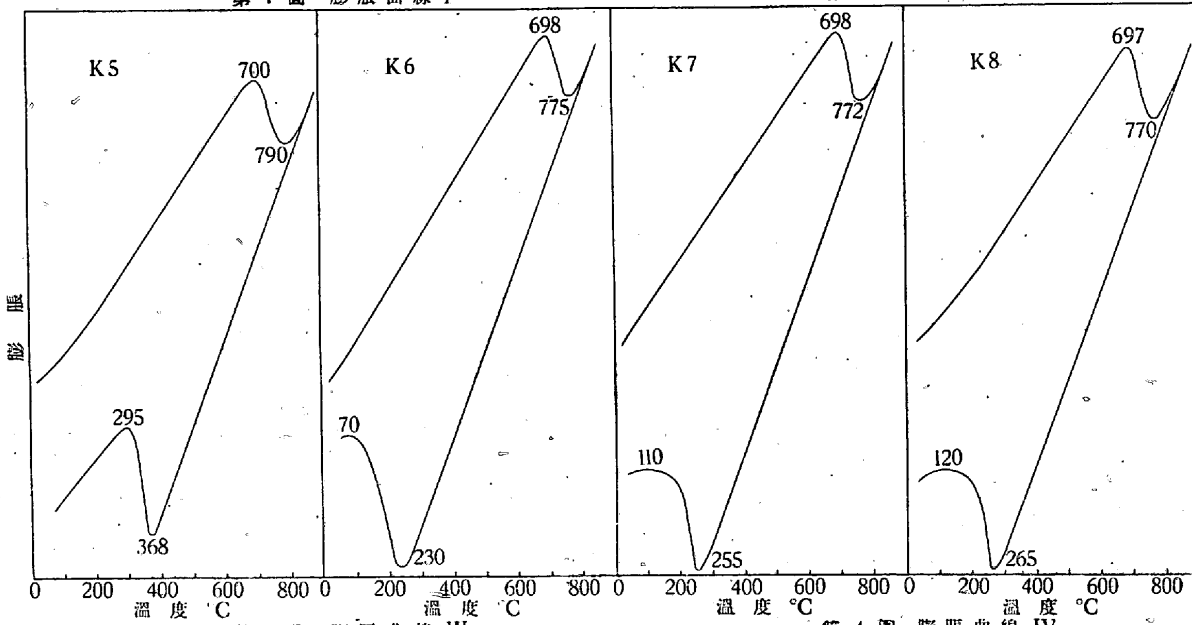
3. 示差熱膨脹計並に磁氣分析による焼戻の比

50X 49 = 2450



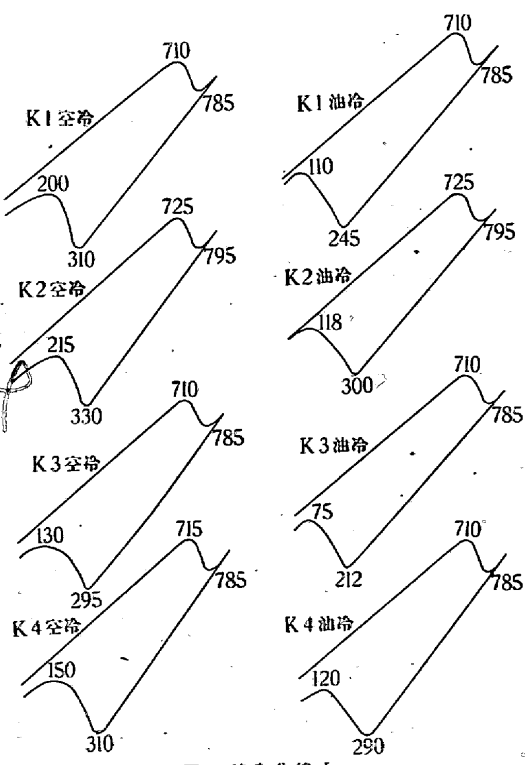
第1圖 膨脹曲線 I

第2圖 膨脹曲線 II

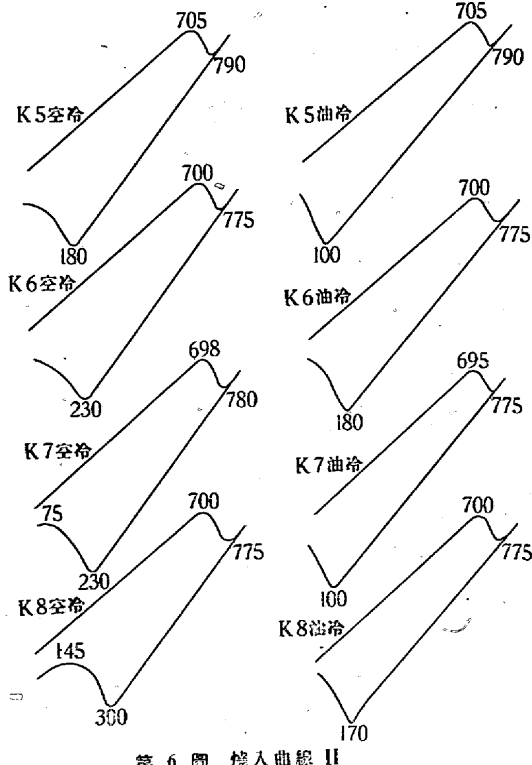


第3圖 膨脹曲線 III

第4圖 膨脹曲線 IV



第5圖 燒入曲線 I

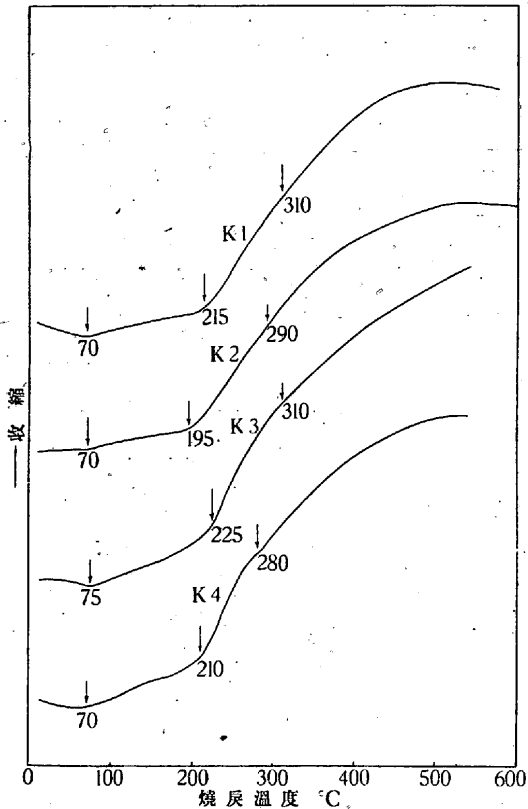


第6圖 燒入曲線 II

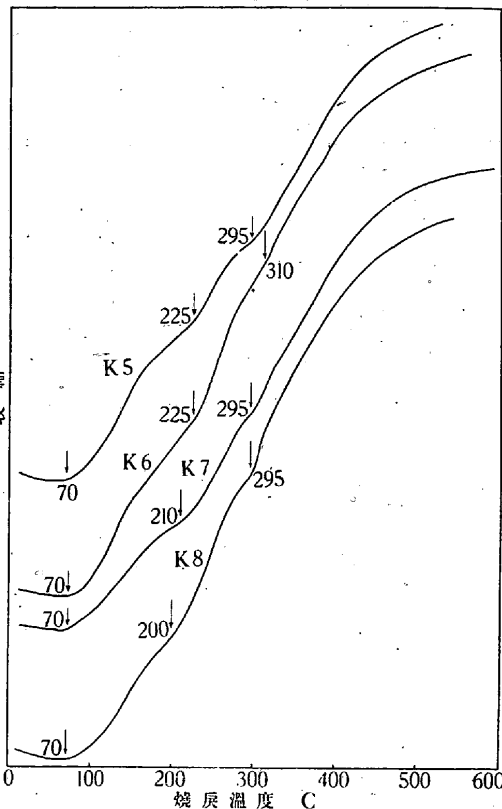
4x31=1364

本多式示差熱膨脹計を用ひ焼戻變化を檢討した。試料の大きさは變態點測定の時使用せるものと同一で、860°より油焼入せるものを各鋼種とも2個宛作り、一方を焼戻試料とし一方を650°に2h 焼戻してこれを中性體とした。示差

海綿鐵製、屑鐵製を較べて見るに、焼戻による組織の變化を起し始める温度には大差ないやうである。唯βマルテンサイトの分解し始める温度並に殘留オーステナイトの分解點が海綿鐵製の方が若干低温度にあるやうに思はれる。



第7圖 示差膨脹曲線 I



第8圖 示差膨脹曲線 II

熱膨脹計の倍率は2,960倍である。この場合も温度調節器を使用し100°C/hの加熱速度で加熱し常温より5°~10°毎に測定した。測定結果を第7,8圖に示す。先づ70°附近より起る収縮は従來の文獻によればαマルテンサイト→βマルテンサイトが始まるためであつて200°附近より急に収縮が大きくなるのはβマルテンサイト→α鐵+炭化物に原因し300°附近の膨脹は殘留オーステナイトの分解によるものである。今之等の焼戻曲線からαマルテンサイト→βマルテンサイトの始まる點及びβマルテンサイトが急激に分解する點並に殘留オーステナイトの分解點を拾つて見ると第6表に示す如くなる(岩瀬、竹内兩氏の新理論によればこれらの記載は多少の修正を要するものゝ如くであるが、今茲ではそれには觸れないことにする)。

第6表 焼戻による變態の温度

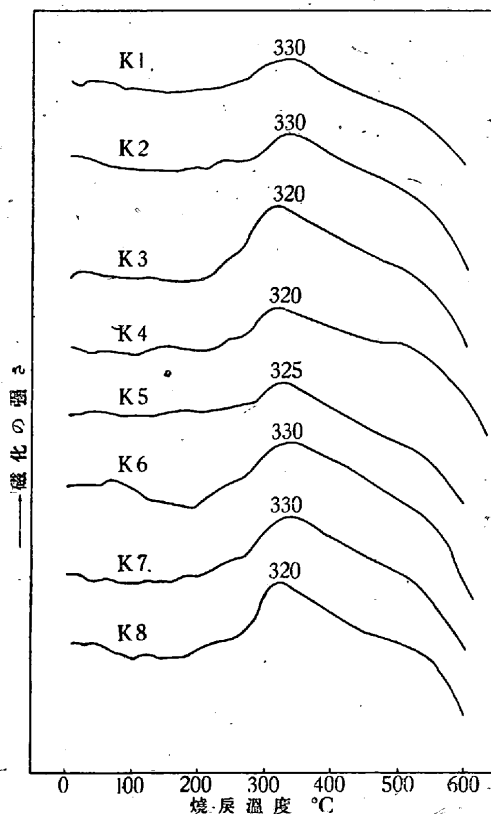
| | αマルテンサイト →βマルテンサイト | βマルテンサイト →α鐵+炭化物 | γ鐵オーステナイト →α鐵+炭化物 |
|-----|-----------------------|---------------------|----------------------|
| K 1 | 70°C | 215°C | 310°C |
| K 2 | 70" | 195" | 290" |
| K 3 | 75" | 225" | 310" |
| K 4 | 70" | 210" | 280" |
| K 5 | 70" | 225" | 295" |
| K 6 | 70" | 225" | 310" |
| K 7 | 70" | 210" | 295" |
| K 8 | 70" | 200" | 295" |

第二報炭素鋼の研究で海綿鐵製の鋼は屑鐵製の鋼よりも焼戻効果が大きい事を報告したが、本試験に使用せるNi・Cr・Mo・V鋼乃至Ni・Cr・Mo・W・V鋼等に於てもこの傾向があると思はれる。

次に磁氣分析法による焼戻曲線を求めた。試料は徑5mm、長さ70mmで試験前の熱處理は示差熱膨脹計による場合と全く同様にした。加熱速度は約200°C/hであつた。

測定結果を第9圖に示す。

磁氣分析法の特徴として



第9圖 磁氣分析曲線

殘留オーステナイトの分解に對する變化は大きい、αマルテンサイト→βマルテンサイトの變化は測定し難い。唯βマルテンサイト→α鐵炭化物の變化はかなり磁化の強さを増すものと考へられ、200~250°に起つてゐる磁化の強さの増

30x20 = 680

加はβマルテンサイトの分解によるものと考へられ、βマルテンサイトが分解し始めて間もなく残留オーステナイトの分解が起るやうであり、この残留オーステナイトの分解による磁化の強さの増加は著しく曲線中必ず極大點を作る。この残留オーステナイトの分解による極大點を比較するに海綿鐵製、屑鐵製共に大差なく、示差熱膨脹計によるときと測定方法、加熱速度を異にするためか、磁氣分析法による場合の方が20~30°C位高い温度に出てゐる。

4. 熱膨脹係數並に電氣的磁氣的性質

本多式熱膨脹計を用ひ500°附近の膨脹係數を求めた。試料の寸法は變態點測定の時使用せるものと全く同一で、860°に30mm保持して空冷し650°に1h焼戻して爐冷したものを使用し、矢張り温度調節器を用ひて加熱速100°C/hの割で加熱したものから計算した。結果を第7表に示す。合金元素の種類並に量の多い鋼になるに従つて膨脹係數が多少大きくなるやうに思はれる。海綿鐵製、屑鐵製の相違はこの程度の測定法では見出す事が出来ないやうである。

第7表 500°における熱膨脹係數(×10⁻⁶)

| | | | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| K1 | K2 | K3 | K4 | K5 | K6 | K7 | K8 |
| 10.43 | 10.63 | 10.43 | 10.84 | 10.85 | 11.06 | 10.85 | 10.85 |

次に之等の鋼の磁化の強さを測定した。試料は徑4mm、長さ70mmのもので860°より油焼入れ、650°に30mm焼戻して油冷したものに付き測定した。測定結果を第8表に示す。

第8表 磁化の強さ

| | | | | | | | | |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | K1 | K2 | K3 | K4 | K5 | K6 | K7 | K8 |
| 外部磁界 gauss H | 624.6 | 624.6 | 624.6 | 624.6 | 624.6 | 624.6 | 624.6 | 624.6 |
| 有效磁界 gauss H' | 487.7 | 485.7 | 488.5 | 486.3 | 496.7 | 496.0 | 493.6 | 492.5 |
| 磁化の強さ oersted I | 1,582 | 1,605 | 1,574 | 1,599 | 1,478 | 1,487 | 1,514 | 1,527 |

上の測定結果によると海綿鐵製の方が屑鐵製よりも磁化の強さが多少大きい。又海綿鐵製、屑鐵製共に合金元素の種類並に量が増加せる鋼となるに従つて磁化の強さは減少して行く事が知られる。

5. 顯微鏡試驗

各試験材の顯微鏡組織を検討した。海綿鐵製のものとは屑鐵製のものとは炭素鋼の場合と異なり明瞭な區別を認め難い。卷末に油焼入れのもの及び650°焼戻の顯微鏡寫眞を掲げた。5%ピクリン酸アルコール溶液腐蝕、倍率300倍である。

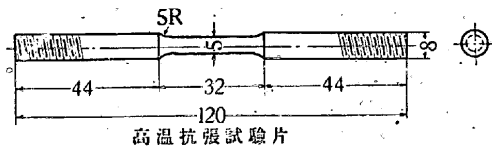
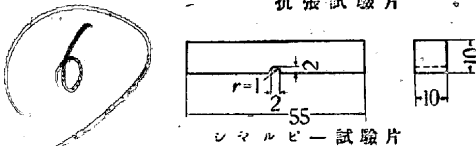
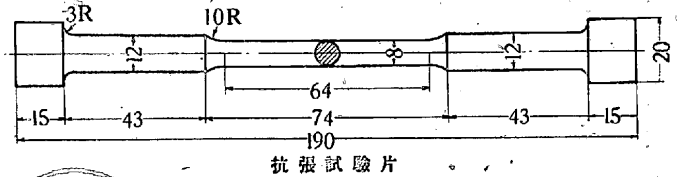
IV. 高温加工の難易比較試験

本研究に使用せる鋼は何れも自硬性の強い強靱Ni-Cr鋼に屬するもので高温加工の難易は大切な問題である。特に本研究に使用せる高炭素含有の鋼に甚しい高温加工の困難はないか、又海綿鐵製と屑鐵製とは同一組成のものにありても難易に相違が無いかを検討する目的で次の基礎的3試験を行つた。

- a) 高温衝擊曲げ試験
- b) 高温抗張試験
- c) 高温衝擊壓縮試験

1. 高温衝擊曲げ試験

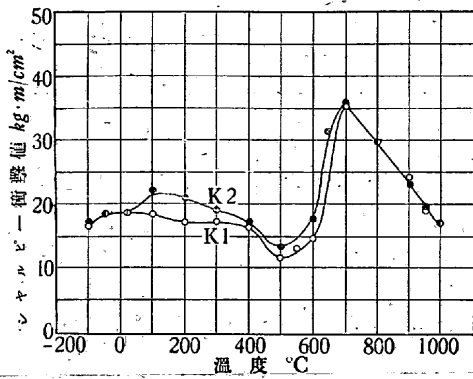
第10圖に示す日本標準規格シャルピー衝擊試験片を用ひ、これを豫め焼入、焼戻(650°)せるものに付き、-100°より50°C毎に1,000°までのシャルピー衝擊試験を行つた。氷點下に於ける温度の試験は試験片を液體空氣を以て温度を調節せるアルコール中に入れて所定の温度を與へ、0-200°Cまでの試験は白絞油中で熱し、200°以上の試験は試験片をニクロム抵抗線爐で加熱した。爐又は油槽中



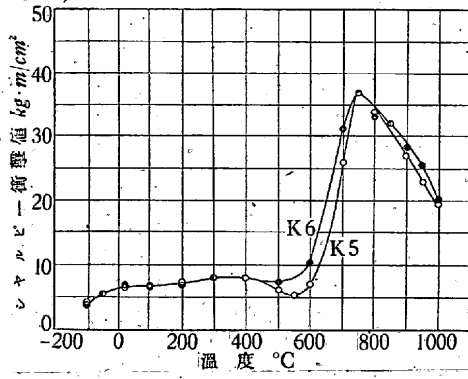
第10圖 試験片 I

第9表 高温衝擊曲げ試験

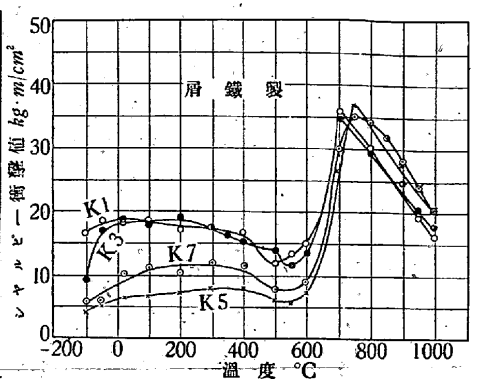
| 試験 No. 温度 °C | 衝 撃 値 (kgm/cm ²) | | | | | | | |
|-----------------|------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| | K1 | K2 | K3 | K4 | K5 | K6 | K7 | K8 |
| -100 | 16.5 | 17.0 | 9.3 | 13.7 | 4.0 | 3.8 | 5.4 | 4.6 |
| -50 | 18.4 | 18.4 | 17.4 | 18.9 | 5.3 | 5.5 | 5.3 | 8.7 |
| 室温 (18) | 18.5 | 18.5 | 18.4 | 21.2 | 6.0 | 6.5 | 10.0 | 10.6 |
| 100 | 18.3 | 22.3 | 18.0 | 18.7 | 6.6 | 6.9 | 10.9 | 11.4 |
| 200 | 17.1 | 20.9 | 18.8 | 19.7 | 7.4 | 7.1 | 10.2 | 11.8 |
| 300 | 17.0 | 19.2 | 17.2 | 21.6 | 8.2 | 8.2 | 11.8 | 13.0 |
| 400 | 16.3 | 17.2 | 15.2 | 18.9 | 8.1 | 8.0 | 11.2 | 12.7 |
| 500 | 11.7 | 14.0 | 13.8 | 15.3 | 6.0 | 7.4 | 7.6 | 9.7 |
| 550 | 13.1 | — | 11.5 | 11.7 | 5.0 | — | — | — |
| 600 | 14.7 | 17.9 | 13.3 | 22.3 | 7.1 | 10.4 | 8.5 | 12.7 |
| 700 | 35.2 | 35.8 | 34.8 | 36.5 | 26.2 | 31.7 | 29.6 | 34.9 |
| 750 | — | — | — | — | 6.9 | 37.2 | 34.7 | 35.2 |
| 800 | 29.7 | 29.7 | 29.3 | 29.8 | 33.3 | 32.8 | 34.0 | 33.3 |
| 850 | — | — | — | — | 32.3 | 32.4 | 31.5 | 28.0 |
| 900 | 24.4 | 23.0 | 24.3 | 24.4 | 27.1 | 28.5 | 27.7 | 25.2 |
| 950 | 18.9 | 19.6 | 20.1 | 20.8 | 23.3 | 26.2 | 23.6 | 23.6 |
| 1,000 | 17.2 | 17.2 | 17.8 | 17.0 | 20.0 | 20.5 | 19.9 | 19.8 |



第 12 圖 高温シャルピー衝撃試験 I



第 13 圖 高温シャルピー衝撃試験 II



第 14 圖 高温シャルピー衝撃試験 III

より試片を取り出し衝撃を終るまでの時間は約 2s であつたから、その間の温度變化は僅少である。試験結果を第 9 表に示し、第 12~14 圖に之等を比較圖示した。第 9 表に示す値は各 2 個の試験片の平均値である。

第 12 圖により先づ K1, K2 を比較して見るに、氷點下に於ける衝撃値に大差はないが共に温度が甚だしく下降すると脆性を増してゐる。室温より 700° までの試験では海綿鐵製の K2 の方が明かに衝撃値が大きい。本試験では K1, K2 共に 500° 附近に靑脆性が現れてゐる。700° 以上即ちオーステナイトの衝撃抗力は試験温度が上昇するに従つて直線的に減少し K1, K2 に差を生じてゐない。オーステナイト範圍のシャルピー試験では試片は屈曲するのみにて破斷するに至らない。従つてこのやうな試験法では衝撃値の小さい方が加工性に富む事を示してゐる。即ち圖によるとオーステナイト範圍では試験温度が上昇すると共に直線的に加工性を増し、而も海綿鐵製の K2 と屑鐵製の K1 のオーステナイト範圍に於ける加工性の難易に差異を認められないのである。

次に K3, K4 を比較するに 700° 以下の試験では矢張り海綿鐵製の K4 の方がシャルピー値が大きい。この鋼種にありては試験温度が氷點下となると著しく脆性を増すが K3 まりは K4 の方が明かに衝撃値が大きい。K3, K4 共に 550°C 附近に靑脆性が現れてゐる。オーステナイト範

圍の試験では温度が比較的低い間は K4 の方が僅少なながら衝撃抗力が大きい。900°C 以上では反つて K3 の方が大きくなるやうに思はれる。第 13 圖により K5, K6 を比較するに -100° より 400° 附近までの試験では兩者の衝撃値に大差なくて 450-700° では K6 の方僅に大である。K5, K6 とも 550° 附近に靑脆性を現してゐる。オーステナイト範圍に於ては兩者の衝撃曲げ抵抗に大差はないが K6 の方が僅少なながら大きい。第 1 表の分析表に示す如く K5 と K6 は組成が稍異なり K6 は K5 よりも 0.5% Cr, 0.25% W だけ含有量大であるが、海綿鐵製の鋼はかくの如く硬化性元素の量を多く含有せしめるも、然らざる屑鐵製のものに比較して高温加工性を稍同じくする事は、第 3 報にも報告せる如く甚だ興味ある事である。

K7 と K8 の比較に於ても 700° 以下では海綿鐵製 K8 の方が衝撃値明瞭に大きく、共に 550° 附近に靑脆性の現れてゐる事等 K4, K3 の場合と良く似てゐる。オーステナイト範圍に於ては海綿鐵製 K8 の方が衝撃曲げ抵抗少く K7 よりも高温加工容易な事が判る。

第 14 圖に海綿鐵製及び屑鐵製のみを集め各に於ける組成の變化と衝撃抗力の變化を見る事とした。即ち圖によれば合金元素の種類並に量が増加するに従つて、700° 以下に於ては衝撃値を減少し、オーステナイト範圍に於ては衝撃曲げ抵抗を増加して高温加工性が段々悪くなる事が良く

判る。而もオーステナイト範圍に於ける衝撃曲げ抵抗は温度の上昇と共に各鋼とも直線的に減少する事は前述の通りであるが、之等の直線が稍平行に近い事は興味ある事である。

2. 高温抗張試験

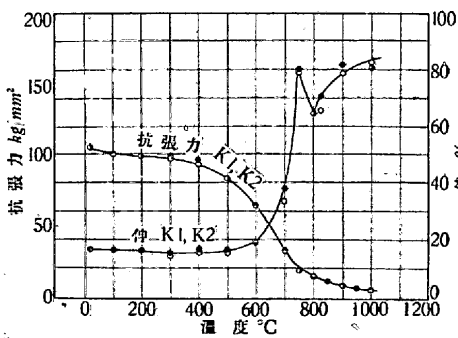
第10圖に示す小型抗張試験片を用ひ常温より1,000°まで50°Cの間隔で高温抗張試験を行つた。試験片は豫め650°に焼戻しておき、5 趣アムスラー抗張試験機にニクロム線抵抗爐を取付け試験片をその内に取付け所定の温度に20mn保持しそのまま試験した。本試験では抗張力と伸とを採つたが抗張力は切斷に要する最大荷重を試験前の

平行部の斷面積で除して求め、伸は平行部に標點を施す事が出来ないので豫め平行部外の一定位置に標點を附し試験後その標點間の長さの増大を以て伸を算出したのである。試験の結果を第10表に示し之等を第15,16,17圖に比較圖示した。

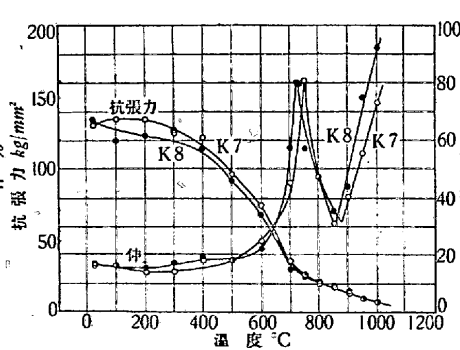
K1よりK8まで抗張力は400°位より急に減少し始め、オーステナイト範圍に入ると著しく小となり、更に試験温度が上昇すると益々滑り抵抗が小さくなり加工が容易になる事が知られる。伸はA₁直下で急激に増加し、A₁を越えると一應A₁直下の場合よりも減少するが、更に温度上昇するに従つて直線的に伸を増大し、之又温度上昇と共に

第10表 高温抗張試験

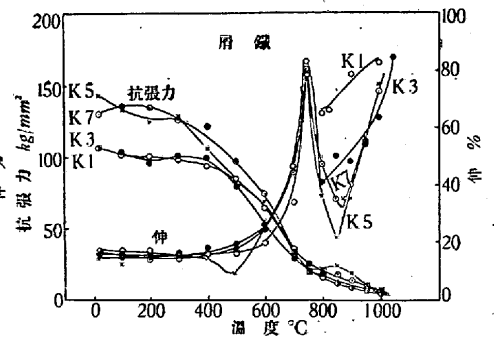
| 試験温度 °C | No. | 抗張力 kg/mm ² | | | | | | | | 伸 % | | | | | | | |
|------------|-----|------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | K1 | K2 | K3 | K4 | K5 | K6 | K7 | K8 | K1 | K2 | K3 | K4 | K5 | K6 | K7 | K8 |
| 室温 (15~19) | | 106 | 106 | 106 | 110 | 142 | 147 | 130 | 134 | 17.2 | 17.2 | 17.3 | 18.3 | 14.8 | 15.2 | 16.0 | 16.4 |
| 100 | | 101 | 102 | 103 | 107 | 133 | 138 | 135 | 120 | 17.2 | 16.8 | 15.0 | 17.0 | 12.8 | 12.8 | 15.8 | 16.0 |
| 200 | | 99 | 101 | 96 | 106 | 124 | 133 | 134 | 123 | 17.2 | 16.4 | 15.2 | 17.2 | 16.8 | 13.6 | 14.0 | 14.8 |
| 300 | | 98 | 100 | 100 | 102 | 128 | 135 | 125 | 126 | 15.6 | 16.0 | 16.4 | 14.6 | 14.8 | 13.2 | 14.0 | 17.2 |
| 400 | | 94 | 98 | 98 | 99 | 106 | 129 | 122 | 114 | 16.4 | 17.2 | 16.0 | 18.0 | 15.6 | 17.2 | 18.0 | 19.2 |
| 500 | | 84 | 84 | 79 | 85 | 83 | 101 | 96 | 92 | 16.8 | 17.2 | 19.0 | 18.4 | 8.8 | 18.8 | 17.6 | 17.6 |
| 600 | | 63 | 65 | 52 | 63 | 68 | 74 | 74 | 68 | 19.6 | 19.2 | 25.0 | 23.6 | 26.8 | 25.2 | 24.8 | 23.0 |
| 700 | | 33 | 34 | 29 | 28 | 33 | 33 | 35 | 31 | 34.4 | 35.4 | 46.2 | 43.6 | 45.2 | 66.0 | 44.8 | 57.2 |
| 750 | | 19 | 19 | 20 | 18 | 20 | 23 | 25 | 25 | 78.4 | 79.2 | 82.8 | 98.8 | 77.2 | 81.6 | 80.6 | 56.8 |
| 800 | | 16 | 15 | 18 | 16 | 20 | 24 | 20 | 21 | 65.0 | 65.6 | 41.2 | 63.2 | 36.4 | 25.6 | 47.2 | 47.2 |
| 850 | | 12 | 10 | 12 | 14 | 25 | 25 | 18 | 17 | 82.8 | 79.2 | 50.4 | 64.0 | 21.2 | 23.6 | 35.6 | 30.8 |
| 900 | | 8 | 8 | 11 | 10 | 8 | 20 | 14 | 13 | 78.4 | 73.5 | 48.0 | 73.2 | 40.8 | 14.0 | 40.4 | 43.2 |
| 950 | | 7 | 6 | 6 | 6 | 10 | 11 | 8 | 9.3 | 76.4 | 76.4 | 54.0 | 83.2 | 56.0 | 44.0 | 55.6 | 75.0 |
| 1,000 | | 5 | 5 | 4 | 4 | 5 | 6 | 6 | 5.1 | 82.2 | 82.2 | 82.4 | 82.4 | 76.0 | 64.4 | 73.0 | 92.0 |



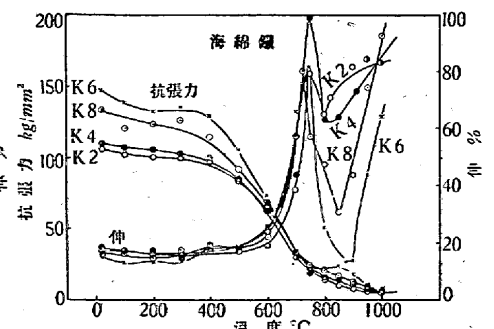
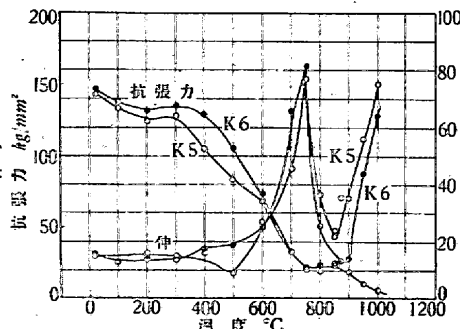
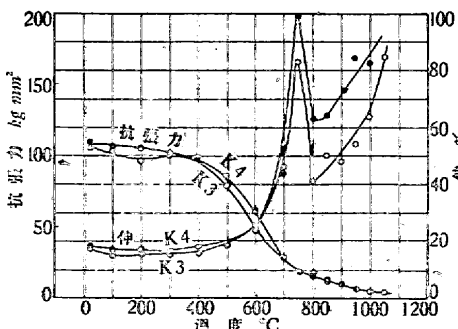
第15圖 高温抗張試験 I



第16圖 高温抗張試験 II



第17圖 高温抗張試験 III



58x29=1682

に加工性のよくなる事を示してゐる。かくの如くオーステナイト範囲では伸著しく大で、従つて絞も非常に大きく破断に要する眞應力は本試験に抗張力として示されてゐる數値よりも更に大きい値である筈である。圖に見られる如くオーステナイト範囲では抗張力の方には海綿鐵製と屑鐵製に差異を認め難いが伸は非常に大きく滑り抵抗が屑鐵製よりも小さい事を示し高温加工性良好なる事が知られる。

先づ第 15 圖に示す K1 と K2 の比較を見るに、常温より 1,000° まで抗張力、伸共に差異を認め難い。K3, K4 の比較に於ては抗張力は A₁ 以下に於て K4 の方僅に大でオーステナイト範囲では差異はない。伸は A₁ まで矢張り海綿鐵製の K4 の方が稍大きくオーステナイトのものにありては K4 の伸は K3 よりも著しく大きく海綿鐵 K4 の方が高温加工性優秀なる事が知られる。次に第 16 圖の K5, K6 の比較を見るに A₁ 以下では抗張力に於て K6 の方大で伸には大差なく、オーステナイト範囲の温度に入つては抗張力に大差なく伸に於ては K5 の方が大きい。本試験より見ると海綿鐵製 K6 の方が高温加工困難であると云ふ事になるが、屢前述せる如く K5, K6 の組成は一致を缺き海綿鐵製 K6 の方が硬化性元素をより多量に含有する爲と考へられる。K7 と K8 の比較は大體 K3, K4 を比較した場合と同様で A₁ 以下では K8 の方抗張力大きく伸には殆ど差異なく、オーステナイト範囲に於ては抗張力に差異を認め難いが伸は海綿鐵製である K8 の方が大きくこれと同組成の屑鐵製のものよりも高温加工性良好なる事を示してゐる。

次に第 17 圖に夫々海綿鐵製、屑鐵製の鋼 4 種づつを集め、各に於ける組成變化の影響を見た。

合金元素の種類並に量が増加すると段々高温加工性を悪くするが、1,000° 以上ではその差が段々少くなるやうに見える。

3. 高温衝撃壓縮試験

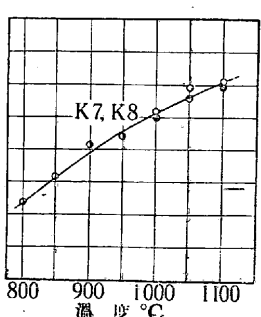
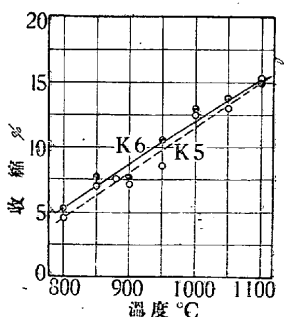
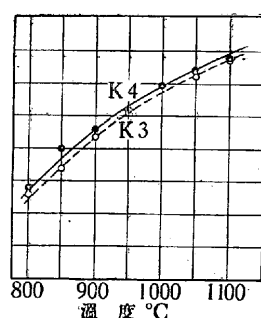
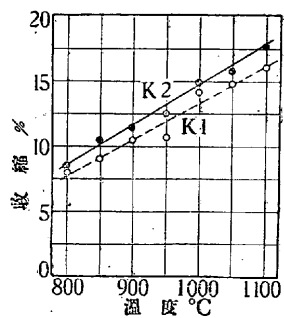
小型の衝撃壓縮試験を試みる可く、衝撃エネルギー

ギヤ 4.5 kg·m の落槌装置を作り、徑 8mm, 長さ 20mm の試料を 800° より 1,100° まで種々の温度に加熱し爐より取り出して直ちに試験した。所定の温度に 15mn 保持した。爐より試料を取り出して衝撃を終るまで 1.5s 内外を要するだけであつたからその間に於ける試料の温度下降は問題とならない。試験結果は第 11 表に示す如くで各値は 2 個平均の値である。第 18, 19 圖に之等と比較圖示した。

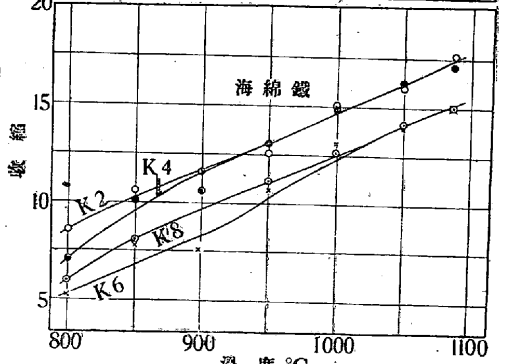
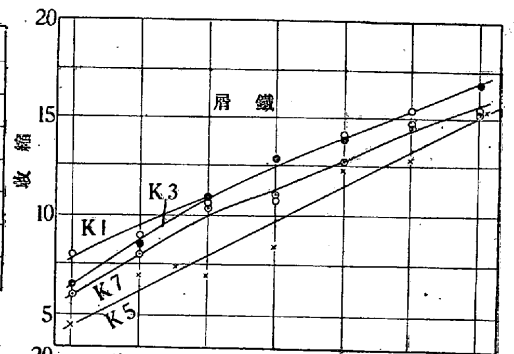
第 11 表 高温衝撃壓縮試験

| 試験 No. | 壓縮度 (%) | | | | | | | |
|--------|---------|------|------|------|------|------|------|------|
| | K1 | K2 | K3 | K4 | K5 | K6 | K7 | K8 |
| 800 | 8.0 | 8.5 | 6.5 | 7.0 | 4.5 | 5.2 | 6.0 | 6.0 |
| 850 | 9.2 | 10.5 | 8.5 | 10.0 | 7.0 | 7.7 | 8.0 | 8.0 |
| 900 | 10.5 | 11.5 | 11.0 | 11.5 | 7.0 | 7.5 | 10.5 | 10.5 |
| 950 | 10.6 | 12.5 | 13.0 | 13.0 | 8.5 | 10.5 | 11.0 | 11.0 |
| 1,000 | 14.2 | 15.0 | 14.0 | 14.8 | 12.5 | 13.0 | 13.0 | 12.5 |
| 1,050 | 14.8 | 15.8 | 15.5 | 16.0 | 13.0 | 13.8 | 14.8 | 14.0 |
| 1,100 | 15.3 | 17.8 | 16.8 | 17.0 | 15.3 | 14.6 | 15.3 | 14.8 |

何れの鋼も温度上昇するにつれて直線的に壓縮率を増加するが、先づ K1, K2 を比較するに海綿鐵製の K2 はこれと組成を同じくする屑鐵製 K1 よりも各温度に於て壓縮率高く、K4 も又 K3 より高い。K6 が屑鐵製の K5 より壓縮率が高いのは K6 の方が硬化性元素を多量に含み、高温抗張試験では K5 よりも伸が小さく出たのと反対で、本試験の範囲では海綿鐵製 K6 の方が硬化性元素をより多量に含有するも K5 より高温加工性良好と云へる。K7, K8 を比較するも大差を認め難い。第 19 圖に組



第 18 圖 高温衝撃壓縮試験 I



第 19 圖 高温衝撃壓縮試験 II

— 25 —
48 x 30 = 1290

成の變化による壓縮率の變化を見た。海綿鐵製，屑鐵製共に合金元素の種類並に量が増加して來るに従つて鋼は段々壓縮率を減少し高温加工性が低下して行く事が判る。

以上3種の基礎的實驗を行つたが勿論之等の實驗結果のみで高温加工性を云々するには充分でないが，以上3種の試驗結果から概括的に高温加工の難易を比較する事が出來ると思ふ。結論として海綿鐵製の鋼は屑鐵製のものよりも高温加工が容易であると云ひ得る。

V. 常温の機械的性質

1. 硬度試驗

シャルピー衝撃試験片を用ひロツクウエルC硬度，ブリネル硬度を測定した。試料は870°に40mm保持し約10°の白絞油中焼入，各温度に40mm焼戻し油冷したもので，ロツクウエル硬度は9個，ブリネル硬度は各3個の平均である。測定結果を第12表に示す。之等の結果を圖示し焼戻温度による硬度の變化を見ると第20~25圖に示す如くである。各鋼とも焼戻温度が上昇するにつれ硬度は一般に漸減するが150—250°間で硬度が反つて焼入放の場合より増加するやうに見えるものあり，又500—600°間に所謂V, Mo等を含んだ複炭化物の析出によると稱せられる硬化が見られる。600°を越すと硬度は急激に減少しA₁直下で最小硬度となり，次でA₁以上になると焼戻後油冷せるを以て，この場合焼戻は焼入となり一部マルテンサイ

トを生じて硬度を増加する。

先づロツクウエル硬度より検討せん。第20圖に示す如く海綿鐵製のK2は屑鐵製のK1よりも焼入放の場合より600°焼戻のものまで僅に硬度低く，600°以上の温度に焼戻したものはK1, K2の硬度に大差なく共に温度上昇と共に急激に硬度を減少する。

次にK3, K4にありては焼戻温度250°以下ではK4の方硬度高く，250—600°までの範囲のものは反對に屑鐵製のK3の方が硬度が高い。析出硬化の程度がK4の方強いためか600—650°間の硬度は海綿鐵製のK4の方が若干高い硬度を有する如くである。

第21圖のK5, K6の比較を見るにK6の方が硬化性元素をより多量に含有するため，屑鐵製K5よりも大體硬度が高く出てゐる。K7, K8に於ては組成も良く一致し海綿鐵製のK8の方が總ての焼戻温度で硬度が低い。

第22圖に海綿鐵製，屑鐵製の各に於ける組成の變化による硬度の變化を見た。合金元素の種類並に量が増加してゐる鋼になるほど硬度が増加する事勿論である。

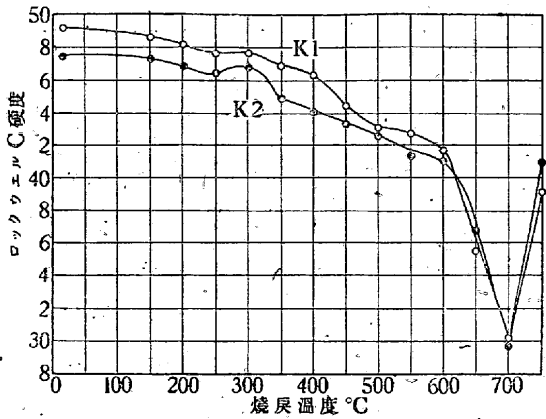
次にブリネル硬度の比較を第23~25圖に示した。海綿鐵製，屑鐵製のブリネル硬度を比較するも大體ロツクウエル硬度の場合と同様であるから説明を省略する。結論として組成を同じくする海綿鐵製鋼と屑鐵製鋼の硬度を比較するもマルテンサイト組織のものゝ他は海綿鐵製の方が稍低いのである。

第12表 ブリネル及びロツクウエル硬度

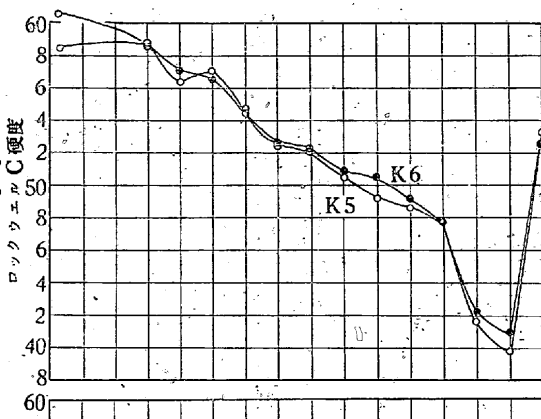
| No. | 焼戻温度 | | 温度 | | | | | | | | | | | | |
|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | HB | HR | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 550 | 600 | 650 | 700 | 750 |
| K 1 | HB | 460 | 453 | 439 | 450 | 435 | 430 | 420 | 410 | 400 | 387 | 379 | 324 | 269 | 348 |
| | HR | 491 | 48.5 | 48.2 | 47.6 | 47.6 | 46.8 | 46.3 | 44.4 | 43.0 | 42.8 | 41.7 | 35.5 | 30.2 | 39.1 |
| K 2 | HB | 444 | 444 | 444 | 441 | 444 | 426 | 418 | 412 | 387 | 378 | 371 | 331 | 266 | 367 |
| | HR | 47.4 | 47.3 | 46.8 | 46.4 | 46.8 | 44.8 | 44.0 | 43.2 | 42.5 | 41.3 | 41.0 | 36.7 | 29.7 | 40.9 |
| K 3 | HB | 477 | 439 | 453 | 463 | 449 | 430 | 413 | 413 | 410 | 384 | 371 | 314 | 286 | 343 |
| | HR | 50.4 | 49.3 | 49.7 | 49.9 | 48.6 | 47.1 | 45.8 | 45.3 | 45.1 | 43.5 | 41.2 | 35.8 | 32.5 | 40.0 |
| K 4 | HB | 468 | 460 | 477 | 444 | 432 | 426 | 416 | 398 | 375 | 367 | 376 | 309 | 272 | 359 |
| | HR | 50.7 | 50.2 | 50.5 | 49.8 | 47.2 | 47.4 | 45.5 | 44.9 | 43.2 | 42.4 | 41.9 | 37.2 | 31.1 | 41.5 |
| K 5 | HB | 592 | 565 | 540 | 555 | 512 | 497 | 477 | 466 | 439 | 435 | 430 | 364 | 346 | 489 |
| | HR | 60.5 | 58.7 | 56.3 | 57.0 | 54.5 | 52.3 | 52.0 | 50.4 | 49.1 | 48.5 | 47.6 | 41.6 | 39.8 | 53.1 |
| K 6 | HB | 577 | 579 | 555 | 547 | 540 | 512 | 506 | 477 | 477 | 454 | 437 | 379 | 362 | 495 |
| | HR | 58.3 | 58.7 | 57.0 | 56.5 | 54.4 | 52.5 | 52.1 | 50.8 | 50.4 | 49.1 | 47.7 | 42.1 | 40.9 | 52.3 |
| K 7 | HB | 583 | 547 | 526 | 525 | 512 | 483 | 477 | 450 | 444 | 434 | 422 | 368 | 324 | 483 |
| | HR | 58.4 | 56.7 | 54.4 | 54.9 | 52.8 | 51.4 | 50.7 | 49.4 | 47.8 | 48.1 | 47.1 | 41.5 | 38.9 | 51.9 |
| K 8 | HB | 563 | 547 | 525 | 512 | 501 | 483 | 476 | 449 | 441 | 439 | 416 | 356 | 321 | 500 |
| | HR | 57.3 | 56.6 | 54.3 | 54.0 | 51.6 | 50.9 | 49.9 | 48.7 | 47.5 | 47.3 | 46.4 | 41.5 | 37.5 | 52.9 |

HB—ブリネル硬度 (3,000 kg/10 mm)

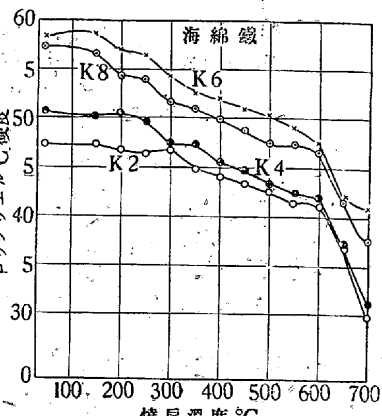
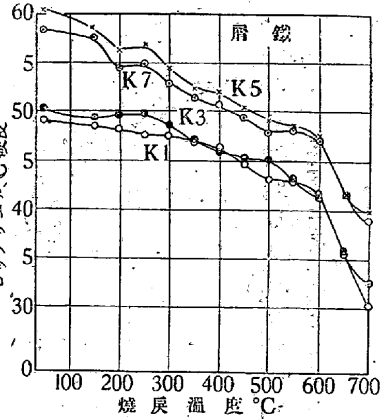
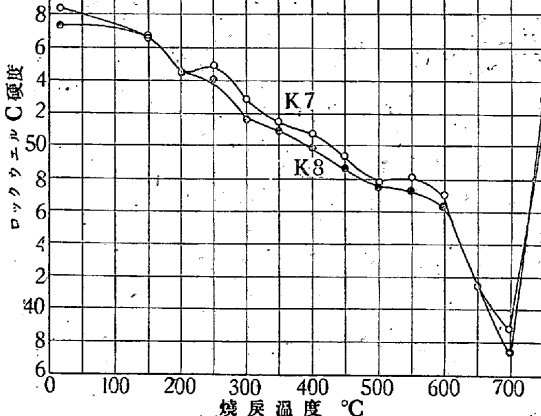
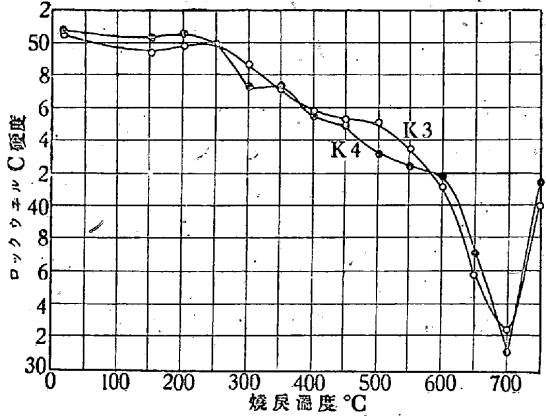
HR—ロツクウエル硬度 C



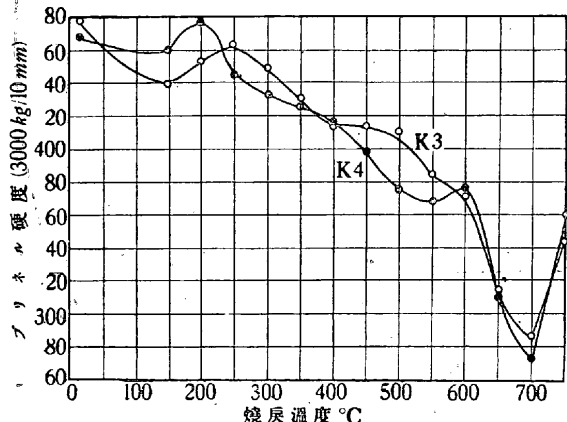
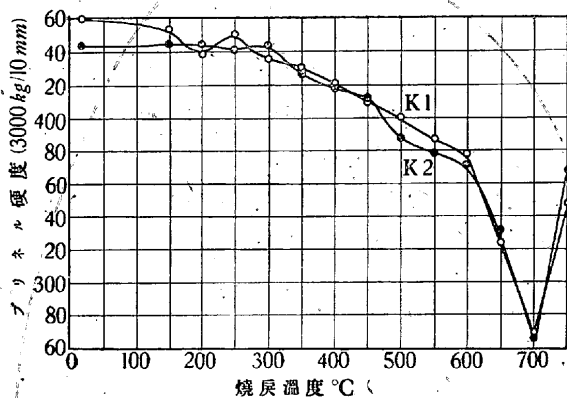
第20圖 焼戻 硬度 I



第21圖 焼戻 硬度 II



第22圖 焼戻 硬度 III



第23圖 焼戻 硬度 IV

2. 抗張試験

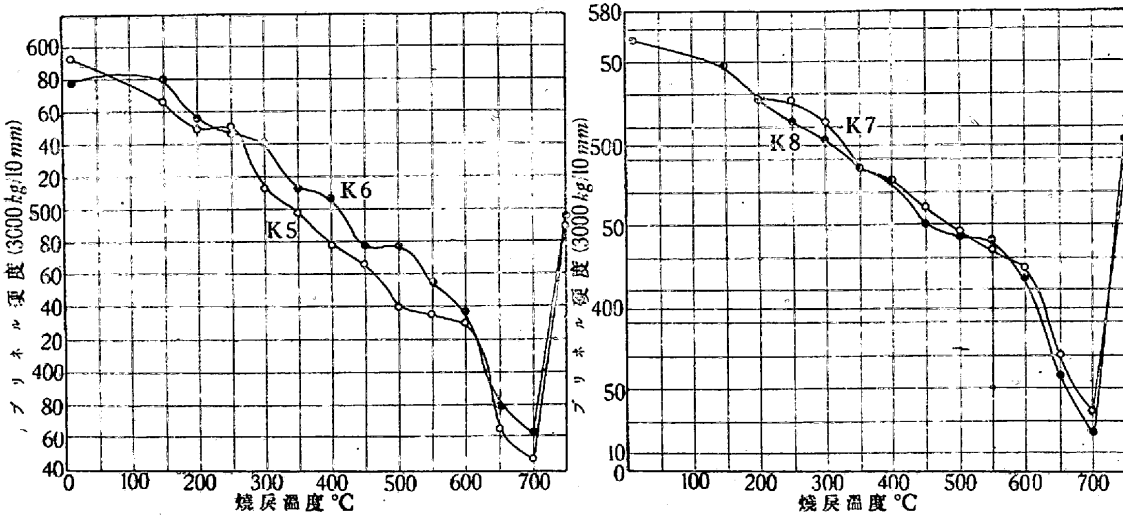
第10圖に示す規格四號試験片を用ひ種々の温度に焼戻せるものゝ抗張試験を行つた。試験片は先づ焼戻軟化法を

施してより、平行部の削代 0.1mm を残して荒仕上し、所定の焼入、焼戻を施してより、平行部の徑を 8mm に研磨機仕上した。焼入は真空爐を使用し 860° に 30mm 保持して油焼入し、再び真空爐を用ひて各種の温度に 30mm 焼戻して油冷した。抗張試験機は 60 吨オルゼン試験機を使用し應力歪曲線自記装置を取付けて試験した。その外マルテン鏡装置を附して精密測定を行ひ弾性限、降伏點並に比例限を測定した。支へ双間の距離を 50mm とし、残留延伸 0.003%、0.2% のところを夫々弾性限、降伏點とした。測定結果を第 13~16 表に示した。之等の諸結果の中抗張力、伸、絞に就き比較圖示せるものが第 26~29 圖である。海綿鐵製、屑鐵製各々に於ける組成の變化が抗張力、伸、絞に及ぼす影響を夫々第 30~32 圖に圖示比較した。又弾性限、降伏點、比例限、ヤング率等の比較を第 33, 34 圖に示し組成の變化による之等諸性質の變化を第 35 圖に示した。

先づ抗張力の比較に就て見ると組成の一致を缺く K6, K5 の外は、同一組成の海綿鐵製、屑鐵製の抗張力に殆ど差異はないが K1, K2 の場合を始め屑鐵製のものゝ抗張力は 200° 以上の焼戻の場合、矢張り海綿鐵製のものより僅少なから大きい事が知られる。

焼入放しのもの及び 200° 以下の低温焼戻の場合には反

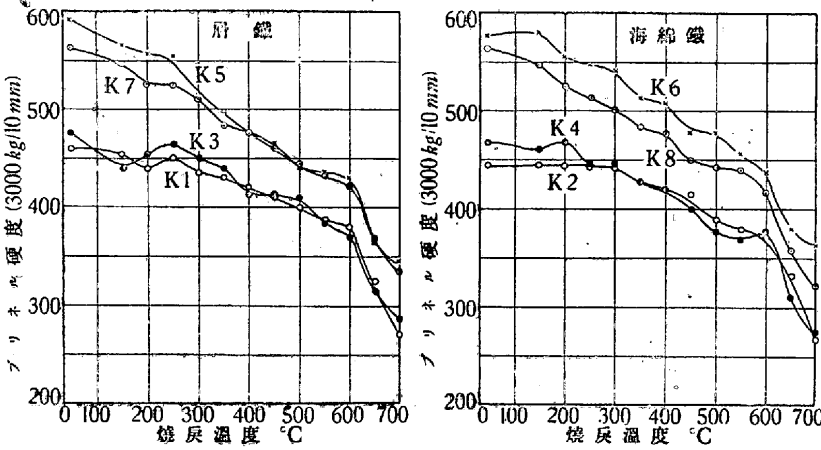
23X34=782



第24圖 焼戻硬度 V

對に、海綿鐵製の方が抗張力大となつてゐる。これは第三報にも詳細に報告したが海綿鐵製 Ni·Cr 鋼の特性であるやうである。伸、絞共に海綿鐵製の方が大きい事圖に明かで屑鐵製よりも展性に富む事が知られる。

而して K5, K6 の比



第25圖 焼戻硬度 VI

較に於て K5 よりも硬化性合金元素を多量に含有する海綿鐵製 K6 の方が硬度、抗張力を増加してゐるが伸、絞殆ど差異のないのは注目値する。即ち第三報に報告せる如く組成等しく同一の熱處理を施せる海綿鐵及び屑鐵製の Ni·Cr 鋼の機械的性質を比較すると海綿鐵製の方が一般に硬度、抗張力は低く反對に伸、絞、衝撃値等展性、靱性の方は著しく大で、若し海綿鐵製に硬度を更に増加するやうな適當な合金元素の適量を増加させて然らざる屑鐵製のものと比較

第13表 抗張力 kg/mm²

| 燒戻溫度 °C | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 550 | 600 | 650 | 700 | 750 |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| No. K 1 | 181 | 176 | 170 | 166 | 161 | 156 | 152 | 145 | 140 | 138 | 132 | 119 | 103 |
| K 2 | 174 | 174 | 167 | 168 | 160 | 154 | 150 | 142 | 139 | 135 | 131 | 119 | 103 |
| K 3 | 177 | 177 | 174 | 168 | 160 | 156 | 150 | 144 | 139 | 138 | 132 | 115 | 103 |
| K 4 | 185 | 182 | 176 | 169 | 160 | 156 | 149 | 145 | 140 | 137 | 133 | 114 | 111 |
| K 5 | 242 | 250 | 232 | 211 | 203 | 195 | 188 | 177 | 173 | 170 | 160 | 137 | 152 |
| K 6 | 240 | 260 | 239 | 215 | 206 | 200 | 195 | 188 | 182 | 178 | 162 | 139 | 144 |
| K 7 | 255 | 238 | 219 | 202 | 194 | 188 | 179 | 169 | 166 | 163 | 155 | 134 | 144 |
| K 8 | 257 | 240 | 219 | 200 | 192 | 186 | 179 | 170 | 165 | 161 | 154 | 134 | 135 |

第14表 伸 %

| 燒戻溫度 °C | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 550 | 600 | 650 | 700 | 750 |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| No. K 1 | 14.2 | 17.1 | 18.6 | 16.2 | 16.1 | 16.1 | 15.8 | 16.4 | 17.1 | 19.0 | 20.0 | 21.4 | 23.1 |
| K 2 | 15.0 | 16.8 | 17.6 | 18.4 | 16.1 | 16.0 | 16.3 | 16.5 | 19.6 | 19.8 | 20.5 | 22.4 | 23.5 |
| K 3 | 15.7 | 16.6 | 17.4 | 15.2 | 15.0 | 15.2 | 15.2 | 15.5 | 17.7 | 19.5 | 20.6 | 20.9 | 21.0 |
| K 4 | 15.6 | 16.4 | 17.8 | 15.0 | 16.4 | 16.9 | 16.6 | 16.9 | 17.8 | 19.5 | 20.3 | 21.0 | 21.1 |
| K 5 | 1.4 | 7.0 | 13.6 | 12.0 | 13.6 | 12.5 | 13.8 | 11.0 | 14.5 | 15.5 | 16.8 | 18.0 | 12.5 |
| K 6 | 1.8 | 10.1 | 14.2 | 9.0 | 13.9 | 13.4 | 14.1 | 12.0 | 15.5 | 15.6 | 17.3 | 18.8 | 12.5 |
| K 7 | 9.2 | 12.6 | 13.7 | 13.4 | 13.6 | 12.0 | 12.7 | 15.2 | 15.4 | 16.0 | 18.7 | 18.8 | 15.0 |
| K 8 | 8.7 | 13.2 | 14.8 | 13.4 | 13.9 | 13.8 | 14.5 | 14.9 | 16.5 | 17.4 | 17.8 | 19.5 | 13.9 |

第 15 表 絞 %

| 焼戻温度 °C | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 550 | 600 | 650 | 700 | 750 |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| No. | | | | | | | | | | | | | |
| K 1 | 40.4 | 51.9 | 54.4 | 55.3 | 56.0 | 55.8 | 54.4 | 55.0 | 57.7 | 60.9 | 61.7 | 66.0 | 64.0 |
| K 2 | 46.3 | 54.4 | 53.9 | 55.2 | 57.5 | 57.8 | 57.8 | 60.9 | 59.3 | 62.5 | 62.4 | 66.0 | 64.0 |
| K 3 | 50.7 | 52.7 | 54.8 | 56.2 | 56.0 | 56.2 | 55.9 | 56.0 | 56.2 | 59.3 | 60.9 | 65.5 | 57.0 |
| K 4 | 51.5 | 52.0 | 55.5 | 56.2 | 58.5 | 59.3 | 59.4 | 59.3 | 60.1 | 60.9 | 62.5 | 66.3 | 58.5 |
| K 5 | 0 | 17.3 | 35.3 | 37.0 | 41.8 | 38.0 | 39.5 | 30.5 | 41.8 | 44.7 | 47.6 | 49.0 | 29.2 |
| K 6 | 5.4 | 16.7 | 30.9 | 35.1 | 38.9 | 38.0 | 37.9 | 30.0 | 41.8 | 45.6 | 51.5 | 52.7 | 29.0 |
| K 7 | 22.2 | 30.7 | 37.0 | 43.0 | 46.9 | 43.0 | 45.2 | 48.7 | 47.8 | 51.0 | 56.0 | 56.2 | 38.2 |
| K 8 | 23.4 | 32.0 | 39.9 | 45.6 | 49.1 | 49.0 | 49.7 | 50.7 | 50.7 | 52.1 | 56.1 | 56.2 | 38.0 |

第 16 表 弾性限, 降伏点, 比例限及びヤング率

| 焼戻温度 °C | 250° | 350° | 450° | 550° | 650° |
|-----------------------------------|------|--------|--------|--------|--------|
| 降伏点 σ_s kg/mm ² | K 1 | 134.2 | 134.2 | 129.0 | 125.2 |
| | K 2 | 140.2 | 139.2 | 131.2 | 126.2 |
| | K 3 | 141.2 | 135.2 | 129.2 | 125.3 |
| | K 4 | 141.2 | 137.2 | 134.2 | 127.2 |
| | K 5 | 173.0 | 171.0 | 156.1 | 153.1 |
| | K 6 | 175.0 | 170.1 | 156.1 | 155.1 |
| | K 7 | 168.0 | 167.0 | 154.1 | 150.1 |
| | K 8 | 169.0 | 165.0 | 159.0 | 152.1 |
| 弾性限 σ_E kg/mm ² | K 1 | 74.6 | 99.4 | 94.4 | 64.6 |
| | K 2 | 52.7 | 86.5 | 99.4 | 64.6 |
| | K 3 | 74.6 | 79.5 | 94.4 | 59.6 |
| | K 4 | 82.5 | 94.4 | 104.4 | 73.6 |
| | K 5 | 107.4 | 118.3 | 119.3 | 99.4 |
| | K 6 | 114.3 | 124.3 | 102.4 | 89.5 |
| | K 7 | 109.3 | 114.3 | 114.3 | 94.4 |
| | K 8 | 106.4 | 119.3 | 104.4 | 96.4 |
| 比例限 σ_P kg/mm ² | K 1 | 79.5 | 97.4 | 94.4 | 72.6 |
| | K 2 | 79.5 | 94.4 | 94.4 | 79.5 |
| | K 3 | 79.5 | 89.5 | 89.5 | 79.5 |
| | K 4 | 77.5 | 81.5 | 99.4 | 79.5 |
| | K 5 | 104.4 | 119.3 | 114.3 | 100.4 |
| | K 6 | 99.4 | 114.3 | 101.4 | 86.5 |
| | K 7 | 105.4 | 109.3 | 109.3 | 89.5 |
| | K 8 | 106.4 | 119.3 | 104.4 | 89.5 |
| ヤング率 E kg/mm ² | K 1 | 20,303 | 20,800 | 20,527 | 20,460 |
| | K 2 | 20,502 | 20,378 | 20,800 | 20,750 |
| | K 3 | 20,402 | 20,402 | 20,750 | 19,331 |
| | K 4 | 20,502 | 20,228 | 20,502 | 20,552 |
| | K 5 | 20,254 | 20,129 | 20,179 | 20,154 |
| | K 6 | 20,303 | 20,129 | 20,278 | 20,552 |
| | K 7 | 19,707 | 20,179 | 19,881 | 19,955 |
| | K 8 | 20,552 | 20,352 | 20,502 | 20,129 |

すると今度は抗張力, 伸, 絞, 衝撃値等何れも屑鐵製より大きくする事が出来る事を述べたが, K6, K5 の比較でもこの事実を察知させるものである。但 K5, K6 の如きは已に合金元素の種類, 量共に大きく, 強度の自硬性を有する鋼種にありては展性, 靱性等已に小さいのでこの間の妙味を大きく働かす事が困難のやうに思はれる。第三報に報告せるものと合せ考察するに構造用 Ni-Cr 鋼に於て特に自硬性強き強靱鋼にありてはマルテンサイト組織で使用せら

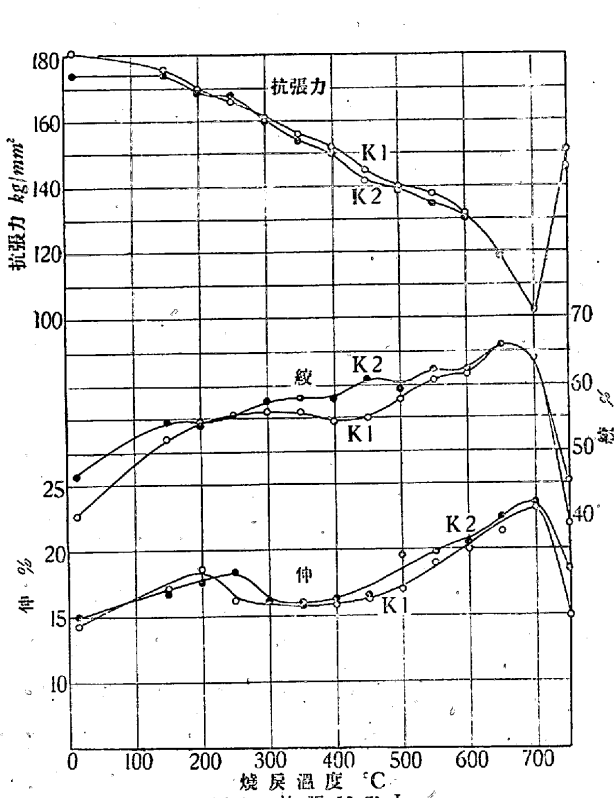
れるものに, 又ソルバイト組織で使用せられるものによりては 100~120 kg 前後の鋼に於て海綿鐵製の優秀性を最も大きく現はし得るやうに思へる。次に組成の變化による抗張力, 伸, 絞の變化は第 30~32 圖に示す如く合金元素の種類並に量が増加して行くに従つて抗張力は増加し反對に伸, 絞等展性の方は減少して行く。次に精密伸び計により測定せる降伏点 (σ_s), 弾性限 (σ_E), 比例限 (σ_P) 等の比較を第 33~35 圖に示したが先づ K1, K2 を較べると σ_s は 550° 以下の焼戻の場合は海綿鐵製の K2 の方が大きく, σ_E に於ては K2 は 450° 附近の焼戻のものに, K1 は 400° 附近の焼戻のものに夫々極大點があり 400° 焼戻乃至それ以下の焼戻温度を採つた場合は K2 の方が低い。 σ_P , K1, K2 共に 400° 焼戻のもの附近に極大點があり, この點より比較的高温焼戻を施せる場合は K2 の方が大きく出でゐる。 K3, K4 を比較するに σ_s は焼戻入放しの場合と同じであるがそれ以外各温度に焼戻した場合海綿鐵製 K4 の方若干高く, σ_E , σ_P は 400~450° 焼戻附近に極大値を有し K4 の σ_E は K3 よりも著しく高い。 K5, K6 に於ては組成不一致のため比較的高温焼戻せる場合の σ_E , σ_P は K5 の方著しく大であるが σ_s には差異殆どなく σ_E , σ_P の極大點は K6 にありては焼戻温度 350° 附近に, K5 にありては 400° 附近にある。 K7, K8 に於ても σ_s に殆ど差異なく, σ , σ_E に於ては K8 の方は焼戻温度 350° 附近に, K7 は同じく 400° 附近に極大値を有し極大値を示す位置に差異あり, 且海綿鐵製の極大値は屑鐵製のものよりもかなり高い事が知られる。第 35 圖に σ_s , σ_E , σ_P に及ぼす組成の影響を見たが合金元素の種類量の増加せる鋼の σ_s は段々上昇し σ_E , σ_P も大體に於て増加するやうである。

3. シヤルピー衝撃試験

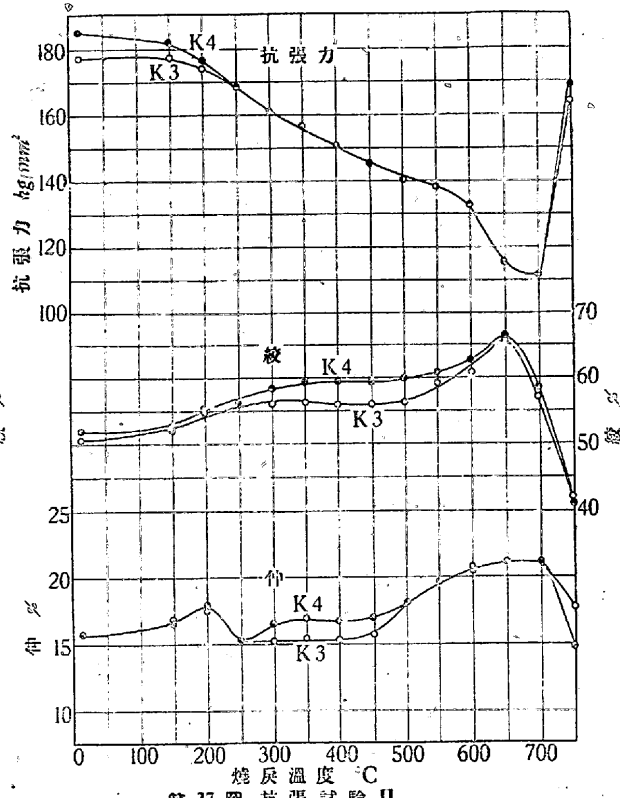
25 x 32 = 800



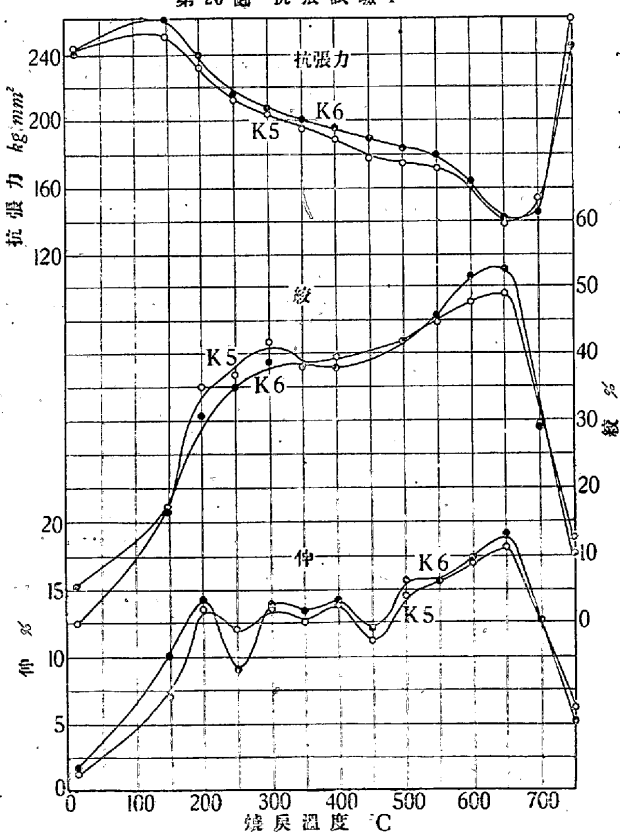
25 x 35 = 875



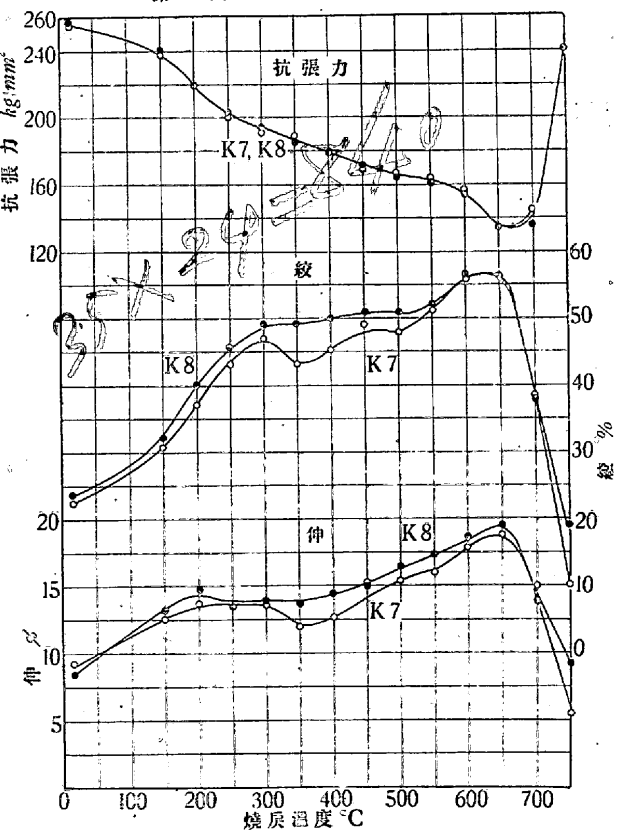
第26圖 抗張試験 I



第27圖 抗張試験 II



第28圖 抗張試験 III

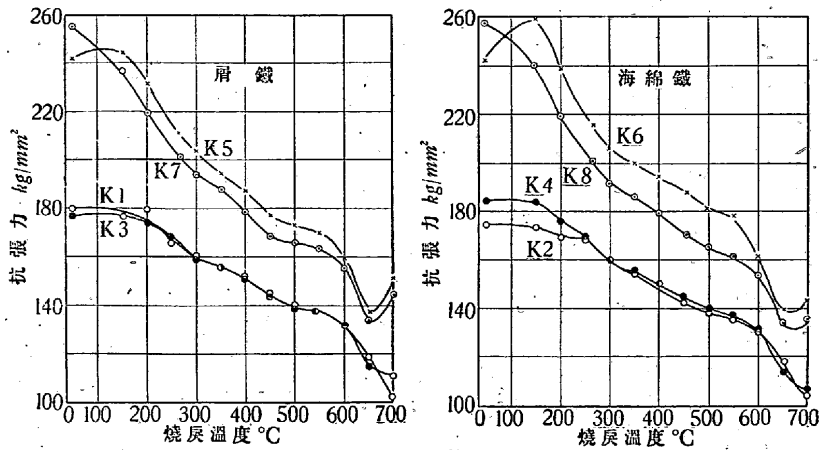


第29圖 抗張試験 IV

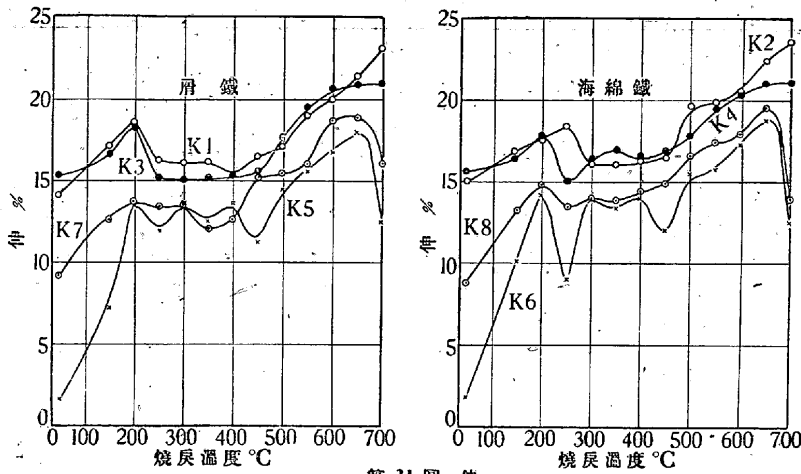
25 x 35 = 875

各鋼を種々の温度に焼戻した場合のシャルピー衝撃試験を行つた。各材料に先づ焼戻軟化法を施してより第 10 圖に示す標準規格型シャルピー試験片に仕上げ、後真空爐で所定の焼入、焼戻を施し室温の衝撃試験を行つた。焼入は 870° に 40 mm 保持して約 10° の白絞油中に焼入し、

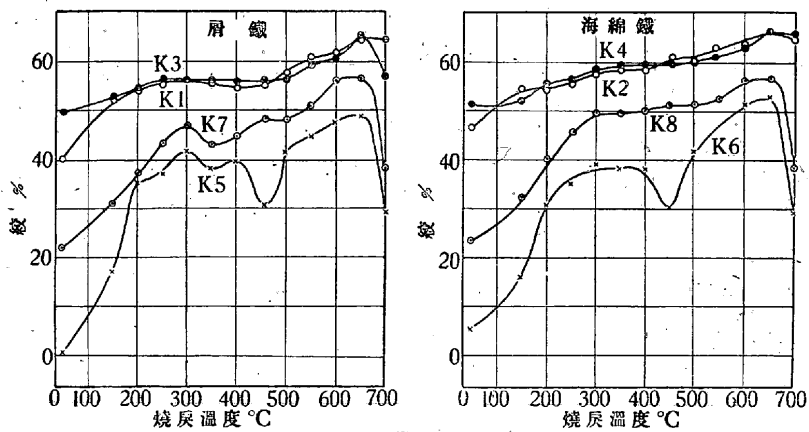
150°, 200° の焼戻は油中加熱焼戻としたが、250° 以上の焼戻は真空爐を用ひ後油冷した。各焼戻温度保持時間は全部 40 min であつた。試験結果は第 17 表に示す通りで表中の數値は各 3 個平均の値である。各鋼種につきそのシャルピー衝撃値比較圖示せるものを第 36, 37 圖とした。



第30圖 抗張力



第31圖 伸



第32圖 絞

海綿鐵製と屑鐵製を比較するに各組成を同じくし同一の熱處理を施したものにありても著しい差異があり、海綿鐵製のものより屑鐵製のものよりも甚しく靱性に富む事が判る。シャルピー衝撃試験ではマルテンサイト組織のものゝ靱性の相違を明瞭にする事が出来ないが、後述する衝撃振り試験によりマルテンサイト組織のものゝありても、海綿鐵製の方が粘い事が知られるのである。

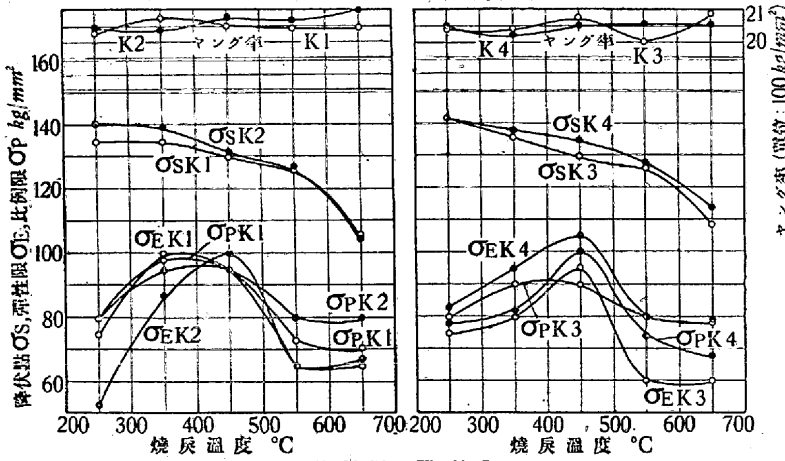
シャルピー衝撃試験に於ては焼戻温度の高い方に海綿鐵製の靱性が屑鐵製の場合よりも大きく出てゐる。海綿鐵製 $Ni \cdot Cr$ 鋼は屑鐵製 $Ni \cdot Cr$ 鋼よりも著しく靱性に富む事は已に第三報でも報告したが、海綿鐵製 $Ni \cdot Cr$ 鋼の屑鐵製 $Ni \cdot Cr$ 鋼と異なる最大特徴は衝撃値が大きいと云ふ事である。次に組成の變化による衝撃への影響を見るに第38圖に示す如く海綿鐵製、屑鐵製共に合金元素の種類並に量が増加するに従つて焼入放の儘のものから A_1 直下高温焼戻のものに至るまでその衝撃値は段々低くなる。而もK5, K6, K7, K8の如き鋼種にありては焼戻温度をかなり高くするもその衝撃値は餘り高くない。従つてかゝる鋼種はK1, K2, K3, K4の如き鋼種がソルバイト組織で使用して適當であるのに対しマルテンサイト組織で使用した方が抗張力が大なるため強力鋼として適當であると見られる。この事情に就ては次節で説明する積りである。

4. 抗張力—衝撃値、—伸曲線に就て

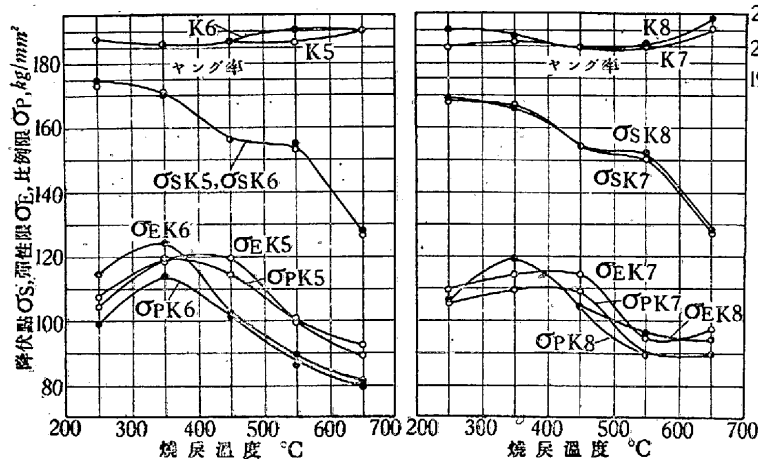
以上の抗張試験、シャルピー衝撃試験の結果

第17表 シャルピー—衝撃値 kg/cm^2

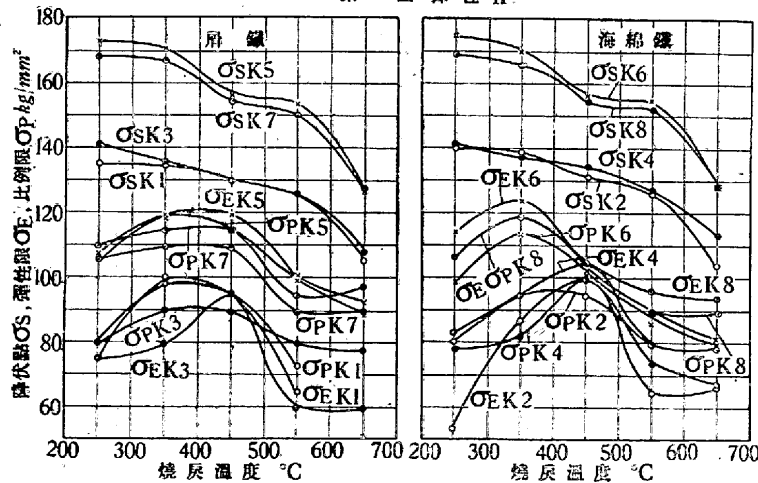
| No. | 焼戻温度 °C | 焼戻温度 °C | | | | | | | | | | | | | |
|-----|------------|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|-----|
| | | -- | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 550 | 600 | 650 | 700 | 750 |
| K 1 | B | 8.5 | 7.7 | 7.9 | 8.0 | 7.6 | 7.1 | 6.4 | 7.0 | 7.9 | 8.8 | 10.8 | 17.7 | 20.8 | 8.6 |
| K 2 | A | 8.6 | 8.6 | 8.9 | 8.9 | 8.1 | 8.3 | 8.3 | 8.1 | 10.0 | 13.1 | 14.5 | 20.0 | 23.5 | 8.9 |
| K 3 | B | 6.5 | 6.5 | 7.8 | 7.8 | 6.5 | 6.3 | 5.4 | 6.5 | 7.5 | 8.0 | 11.0 | 17.2 | 18.5 | 7.9 |
| K 4 | A | 6.4 | 6.4 | 7.7 | 7.1 | 7.8 | 7.1 | 6.4 | 7.1 | 9.8 | 9.8 | 13.2 | 17.7 | 18.3 | 6.3 |
| K 5 | B | 2.8 | 4.3 | 3.6 | 3.8 | 4.3 | 3.3 | 3.1 | 3.0 | 3.6 | 4.0 | 4.4 | 6.4 | 6.9 | 2.2 |
| K 6 | A | 2.2 | 3.9 | 3.8 | 4.1 | 3.5 | 3.0 | 3.1 | 3.1 | 3.7 | 3.3 | 4.1 | 5.5 | 5.8 | 2.5 |
| K 7 | B | 3.7 | 4.8 | 4.1 | 4.5 | 4.5 | 3.7 | 3.5 | 4.1 | 3.4 | 4.4 | 5.6 | 7.7 | 9.1 | 3.0 |
| K 8 | A | 3.6 | 4.8 | 5.0 | 4.7 | 4.2 | 4.3 | 3.9 | 4.3 | 4.9 | 5.7 | 7.1 | 11.5 | 14.0 | 2.9 |



第33圖 彈性 I



第34圖 彈性 II



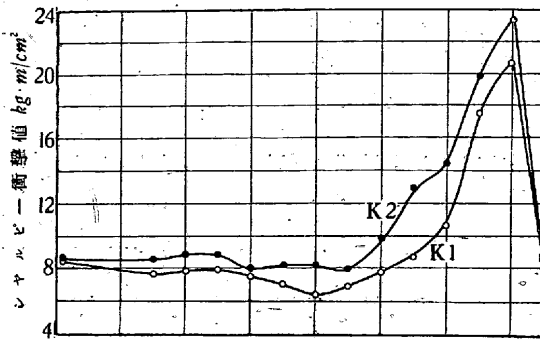
第35圖 彈性 III

より衝撃値-抗張力曲線を求めて海綿鐵製並に屑鐵製の強靱性を比較して見る事とした。抗張力-衝撃値曲線による強靱性の比較を第 39, 40 圖に示す。先づ第 39 圖の K1, K2 の比較に於て兩曲線は共に抗張力が 150 kg/mm² 附近(350° 附近の焼戻)に屈曲點があり、この點より抗張力の大なる方はマルテンサイト乃至マルテンサイトに近い組織のものであつて、屈曲點より抗張力小なる方はソルバイト組織のものである。焼戻温度が低くなるに従つて抗張力

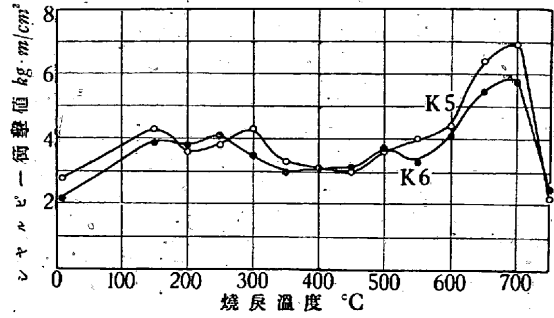
は段々増加するが他方急激に衝撃値を減少して行く事が判る。而して上述の屈曲點に相當する焼戻温度よりも更に低温焼戻の場合は抗張力は依然増加して行くが衝撃抗力も反つて屈曲點附近より増加する。即ち強靱性の見地よりすると屈曲點附近即ち 350° 附近の焼戻温度を採用する事はその鋼の性質を活かすものと云へない。K3 鋼以下全部 350°~400° 附近の焼戻のものがこの屈曲點となつてゐる事は注目に値する。屑鐵製の K1 と海綿鐵製の K2 の強靱性を比較するに、第 39 圖に示す如く海綿鐵製の K2 は焼入放のものより A₁ 直下の高温焼戻のものに至るまで全部に涉つて屑鐵製 K1 よりも著しく強靱である。K3, K4 を比較するも大體 K1, K2 の場合と同様で海綿鐵製の方が著しく強靱である事が知られる。次に第 40 圖に示す K5, K6 の比較であるが兩鋼の組成が相違するため海綿鐵製、屑鐵製の強靱性を直接比較するには適當しないがソルバイト組織の方にありては K5 の方強靱でありマルテンサイト組織の方にありては反對に K6 の方が強靱である。次に K7, K8 の比較であるが極低温焼戻の場合は K8 の方が僅に優秀であるが、其他の焼戻温度の場合は K8 の方が著しく優秀であり、海綿鐵製の方が強靱である事を示してゐる。

K1-K4 鋼と K5-K8 鋼とは之等の抗張力-衝撃値曲線を見るも各特徴があり K1-K4 鋼はソルバイト組織で靱性大きく従つてソルバイト組織で使用するに適してゐる。これに反し K5-K8 鋼はソルバイト組織とするも K1-K4 鋼の場合の如く衝撃抗力増加せずマルテンサイト組織でも相當の衝撃値を有するから之等 K5-K8 鋼は寧ろ抗張

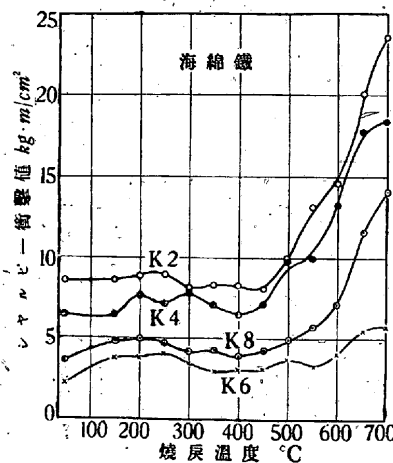
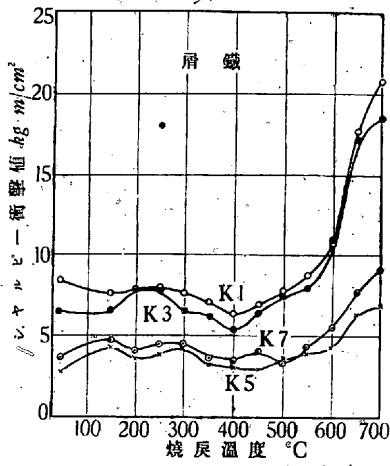
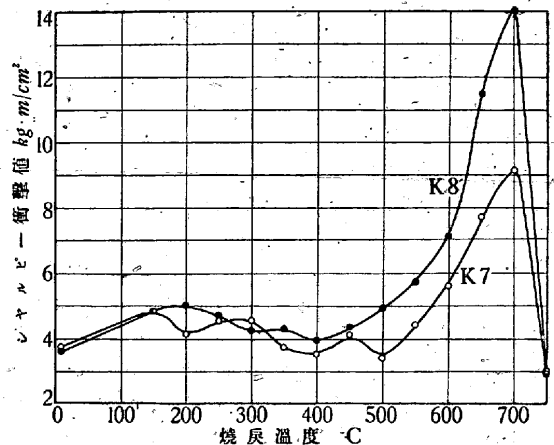
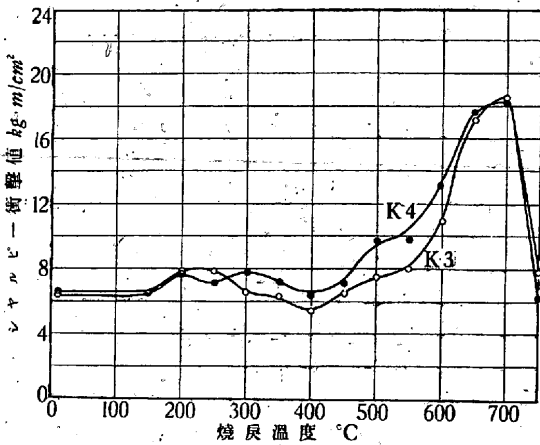
力の高いマルテンサイト組織のものに大きな特徴があり之等の鋼種はマルテンサイト組織で使用さるべきものなる事が知られるのである。組成の變化による抗張力-衝撃値曲線を比較すると第 41, 42 圖に示す如くで K1, K3 及び K2, K4 がソルバイト組織で使用さるべきに對し K5, K7 及び K6, K8 がマルテンサイト組織で使用する方が各其等の鋼の特長を生かす所以である事が良く判るのである。抗張力-伸曲線を第 43, 44 圖に示した。抗張力-衝撃値曲線のとき述べた事が云ひ得ると思ふ。



第36圖 衝撃試験 I



第37圖 衝撃試験 II



第38圖 衝撃試験 III

32x20=640

5. 振り試験

各鋼の静的振り試験を行つた。試片は第 11 圖に示すもので、標點距離 60mm、径 10mm のものである。試片を作るに當り先づ各鋼棒を切断してこれに焼戻軟化法を施して第 11 圖に示す寸法のもの仕上げた。但し平行部の径は 0.1mm の削代を残して居た。

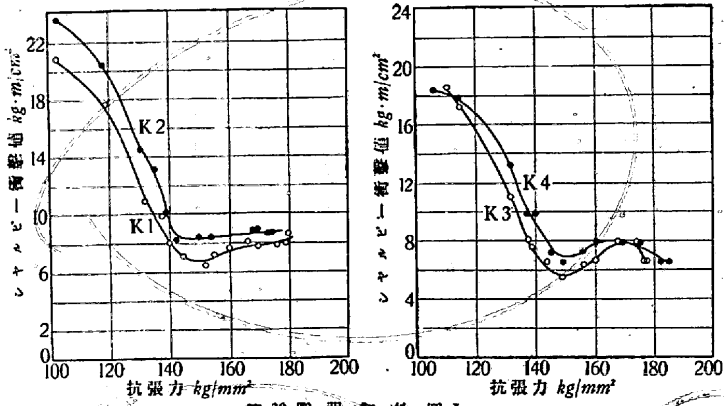
次に真空爐に依り所定の焼入、焼戻を行ひ、次に平行部を正しく径 10mm に仕上げ最後の仕上げ研磨紙は 0000 號を用ひた。焼入は 870° に 30mn 保持して白絞油中に焼入し、650°、450° 及び 200° に各 40mn 保持焼戻して油冷した。この外焼入放の状態のものも振り試験にかけた。

振り試験は先づ最初に市原式振り試験機で各鋼に鏡装置

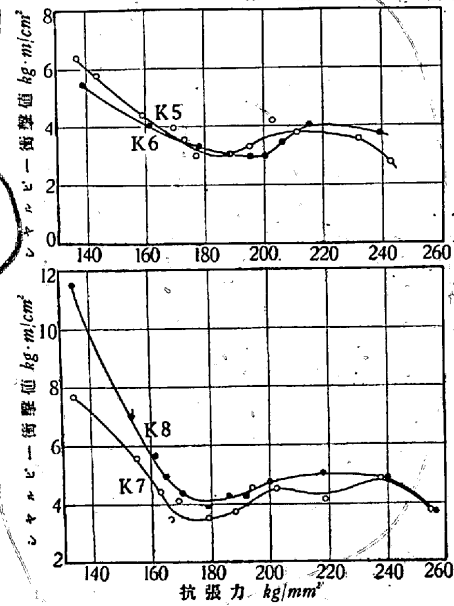
を取つけ精密測定により振り弾性限 (τ_E)、振り降伏點 (τ_S) 並に振り比例限 (τ_P) を測定し、次にその試験片をアムスラー振り試験機につけ代へて最大剪斷應力 (τ_{max})、振角を測定した。残留歪 $\theta_\lambda = 0.003\%$ 、 $\theta_\lambda = 0.2\%$ * の所を夫々弾性限、降伏點とした。測定結果を示すと第 18 表となる。 τ_S 、 τ_E 、 τ_P 及び剛性率 G の比較を第 45~47 圖に示す。

先づ第 45 圖に示す K1 と K2 の比較を見るに τ_E 、 τ_S 、 τ_P 共に、抗張試験に於ける σ_E 、 σ_S 、 σ_P の如く、300~400° に焼戻した場合が最大値をとるやうである。圖によれば 200° 以上の焼戻ては海綿鐵製 K2 の方が屑

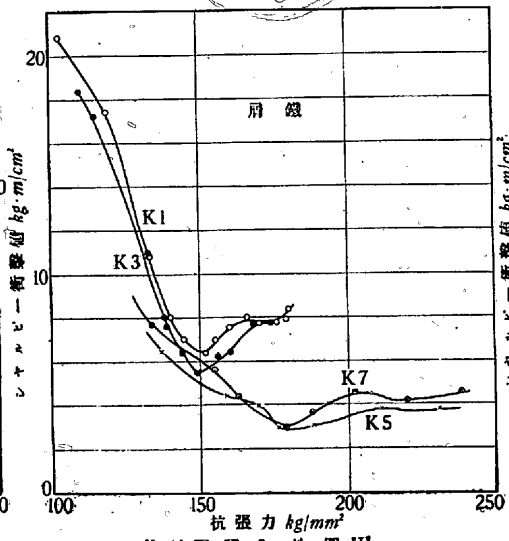
* 註入は引張りの伸 0.003% 及び 0.2% に相當する振角度を換算せるものなり。



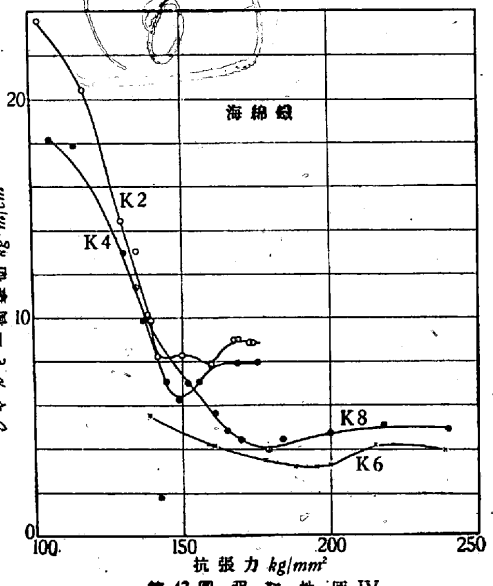
第39圖強靱性圖I



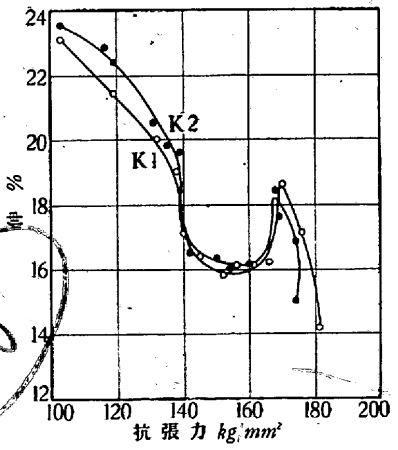
第40圖強靱性圖II



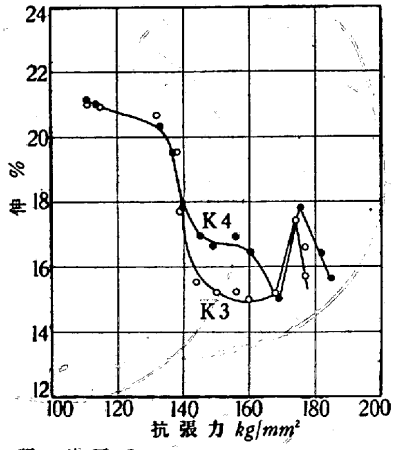
第41圖強靱性圖III



第42圖強靱性圖IV

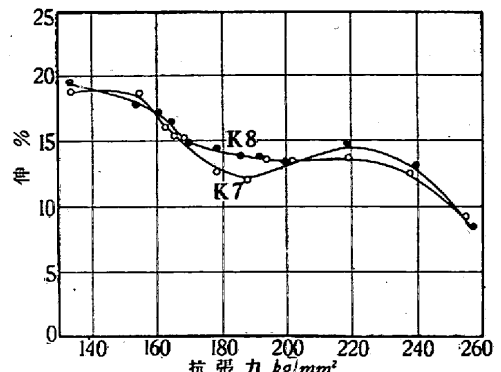
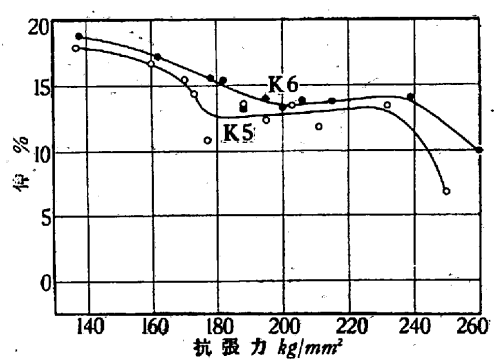


第43圖強—伸圖I



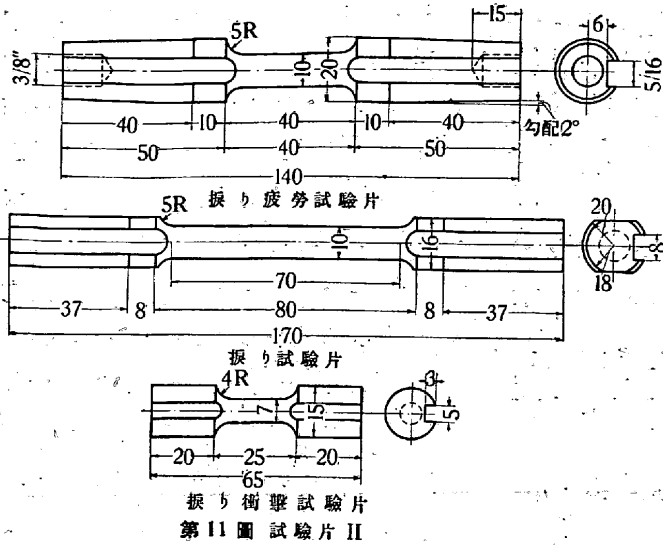
鐵製 K1 よりも T_E, T_S, T_P 共に大である。次に K3, K4 を比較するも矢張り焼戻温度 $300 \sim 400^\circ$ に T_E, T_S, T_P の極大點があり、3 者共に海綿鐵製 K4 の方が大きく特に極大點と思はれる 400° 附近に焼戻した場合の差は著しく、抗張試験の場合と同様彈性限、降伏限等が大きい事は海綿鐵製の特徴のやうに思はれる。次に第46圖の K5, K6 の比較では兩者に組成の相違があるためか屑鐵製 K5 の

方が T_E, T_S, T_P 共に大となつてゐる。而して T_S の極大點が焼戻温度 200° 附近のマルテンサイト組織のものにあるのは K7, K8 と共に之等の鋼種が 200° 位の低温焼戻で使用されて適當な事を示してゐる。この事實は K7, K8 に良く現はれてゐる。K7, K8 に於ては極大點が焼戻温度が 200° 位の所にあり、 T_S に差異はなく T_E, T_P に於て K7 の方が僅に大きいやうである。次に T_S, T_E, T_P に及ぼす組成の變化の影響を第47圖に示したが、圖によると K5, K7 及び K6, K8 が 200° 焼戻のマルテンサイト組



第44圖強—伸圖II

37X20 20



第18表 静的振り試験

| 鋼種 | 焼 戻 温 度 | | | — |
|---|------------|--------|--------|--------|
| | 650°C | 450°C | 200°C | |
| 剛性率 G kg/mm ² | K 1 8433.9 | 8533.6 | 8106.6 | 8011.7 |
| | K 2 8417.0 | 8187.0 | 8117.5 | 7892.4 |
| | K 3 8339.4 | 8159.2 | 8227.6 | 7903.0 |
| | K 4 8282.8 | 8153.3 | 8119.7 | 8013.4 |
| | K 5 8421.6 | 8162.2 | 7919.3 | 7912.8 |
| | K 6 8419.8 | 8138.2 | 7.98.1 | 7994.0 |
| | K 7 8338.7 | 8016.9 | 7977.5 | 7912.7 |
| | K 8 8275.6 | 8287.0 | 8068.4 | 7983.7 |
| 降伏點 τ_s kg/mm ² $\theta_\lambda = 0.2\%$ | K 1 74.35 | 88.61 | 90.14 | 71.81 |
| | K 2 75.47 | 90.14 | 90.65 | 68.24 |
| | K 3 70.79 | 86.58 | 90.65 | 69.77 |
| | K 4 73.08 | 90.91 | 92.18 | 71.30 |
| | K 5 84.54 | 108.99 | 117.64 | 96.76 |
| | K 6 76.39 | 105.93 | 115.60 | 93.71 |
| | K 7 84.54 | 103.38 | 116.12 | 92.18 |
| | K 8 91.16 | 101.85 | 117.10 | 91.67 |
| 弾性限 τ_E kg/mm ² $\theta_\lambda = 0.003\%$ | K 1 51.42 | 61.62 | 55.50 | 21.90 |
| | K 2 51.94 | 69.77 | 58.05 | 21.65 |
| | K 3 48.38 | 60.09 | 57.04 | 20.88 |
| | K 4 50.92 | 69.77 | 58.05 | 24.44 |
| | K 5 49.40 | 76.90 | 56.02 | 34.63 |
| | K 6 38.20 | 62.12 | 51.94 | 32.08 |
| | K 7 47.36 | 62.38 | 73.33 | 33.86 |
| | K 8 51.43 | 59.07 | 68.24 | 36.16 |
| 比例限 τ_P kg/mm ² | K 1 48.38 | 59.07 | 54.49 | 23.68 |
| | K 2 50.92 | 62.13 | 55.00 | 23.42 |
| | K 3 45.83 | 52.96 | 57.04 | 23.43 |
| | K 4 50.92 | 61.11 | 56.02 | 25.46 |
| | K 5 51.94 | 64.17 | 58.56 | 30.55 |
| | K 6 37.18 | 61.11 | 56.02 | 30.55 |
| | K 7 48.89 | 59.07 | 71.30 | 32.58 |
| | K 8 55.00 | 58.05 | 68.24 | 32.59 |
| 最大剪断應力 $k\eta$ /mm ² | K 1 96.8 | 114.6 | 140.1 | 145.1 |
| | K 2 94.2 | 112.0 | 137.5 | 142.6 |
| | K 3 99.3 | 117.1 | 142.6 | 147.7 |
| | K 4 96.8 | 113.1 | 144.1 | 148.7 |
| | K 5 117.1 | 142.6 | 178.3 | 168.1 |
| | K 6 116.1 | 142.6 | 178.3 | 170.6 |
| | K 7 108.4 | 122.2 | 175.7 | 194.0 |
| | K 8 109.4 | 133.4 | 160.1 | 194.6 |

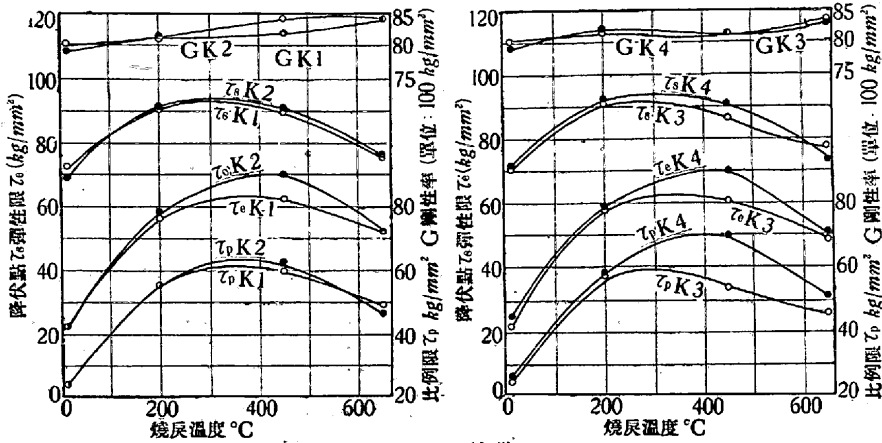
| 振り回轉數 | K 1 | 2.62 | 0.98 | 0.72 | 0.68 |
|-------|-----|------|------|------|------|
| | K 2 | 2.70 | 1.40 | 0.74 | 0.60 |
| | K 3 | 2.80 | 0.46 | 1.04 | 0.70 |
| | K 4 | 3.26 | 0.84 | 0.84 | 0.70 |
| | K 5 | 1.80 | 0.24 | 0.36 | 0.14 |
| | K 6 | 1.26 | 0.28 | 0.32 | 0.16 |
| | K 7 | 1.67 | 0.18 | 0.70 | 0.36 |
| | K 8 | 1.60 | 0.44 | 0.40 | 0.32 |

織のものが性質優秀で、K 1, K3 及び K2, K4 がこれより高温焼戻のソルバイト組織にして使用するを適當とするのに対し、マルテンサイト組織で使用されて強力鋼たる事が知られる。合金元素の種類並に量が増加すると τ_s は著しく増加し、而も極大點が段々低温焼戻の方へ移動する。 τ_E , τ_P も合金元素の種類並に量が増加するに従つて段々増加するか或はその極大點が段々低温焼戻の方へ移動して行くやうである。

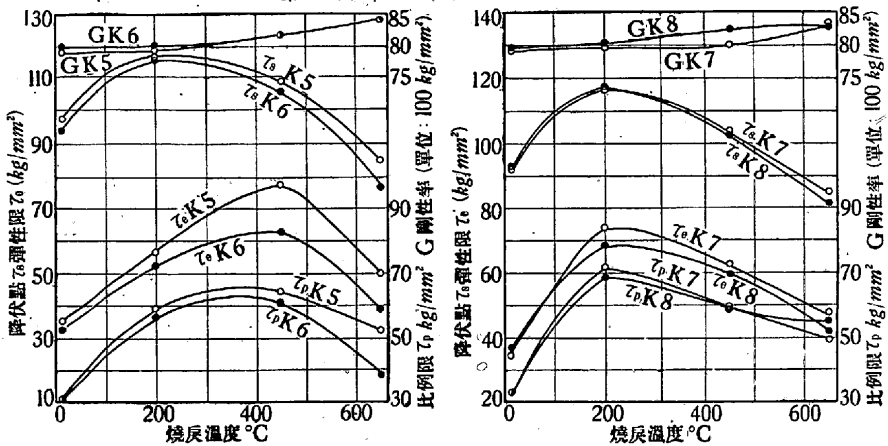
次にアムスラー試験機による振り強 τ_{max} , 振り回轉數の測定結果を比較して見よう。振り回轉數と云ふのは試験片を振り切るまでの振り装置の相対的振しを示すものである。測定結果は第 18 表に示す通りで之等を比較圖示したものが第 48~51 圖である。先づ第 48 圖の K1, K2 を比較するに、 τ_{max} は焼入放の場合より 650° 焼戻に至るまで K1 の方僅に大で、振り回轉數は反對に K2 の方が焼入放を除き大である。K3, K4 の比較に於ては、大體 300° 位の焼戻温度より低い場合は、 τ_{max} は海綿鐵製 K4 の方が稍大きく振り回轉數は反對に小さい。特に 200° 焼戻の場合の差は相當大きいやうに思はれる。300° 以上の温度で焼戻した場合は τ_{max} は K3 の方大で振り回轉數は反對に K4 の方が大きく出てゐる。第 49 圖に示す K5, K6 に於ては τ_{max} に於て兩者に優劣なく、振り回轉數も 450° 以下の焼戻の場合は差異を認め難く、それ以上の焼戻温度の場合は K5 の方が大きい。これは K6, K5 の組成が相當異なるから海綿鐵製及び屑鐵製の比較には適當でない事は屢述べたところである。K7, K8 の比較に於ては大體 K3, K4 の場合と良く似てゐるが τ_{max} の関係が K3, K4 の場合と反對に出てゐる。

以上を要約すると焼戻温度が段々高温となりソルバイト組織となるに従つて τ_{max} は海綿鐵製稍劣り反對に振り回轉數大きく屑鐵製より展性に富む事が判る。

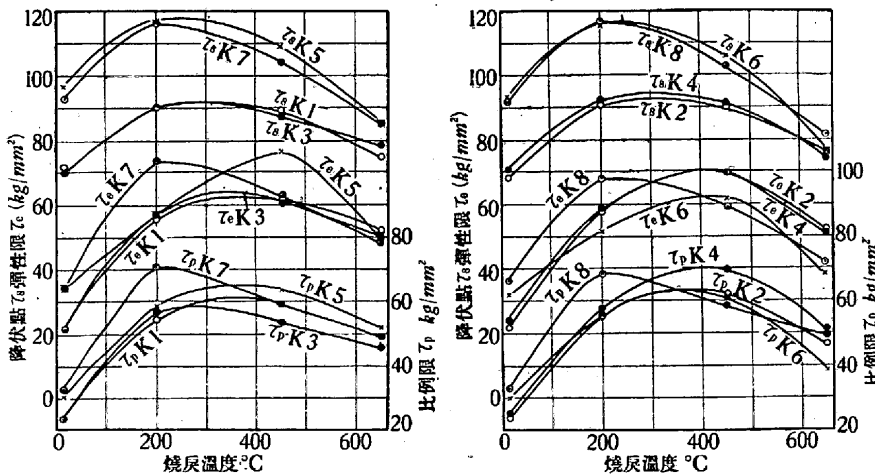
第 50, 51 圖に夫々組成の變化による τ_{max} 及び振り回轉數を比較してゐる。抗張試験の場合の如く合金元素の種類並に量が増加するに従つて τ_{max} は増加し振り回轉數は減少する。



第45圖 静的振り試験 I



第46圖 静的振り試験 II



第47圖 静的振り試験 III

6. 振り衝撃試験

市原式衝撃振り試験機を使用し第 11 圖に示す試験片を以て、焼入放のもの及び 100~650° に焼戻した場合の振り衝撃値を測定した。市原式振り衝撃試験機の構造、性能並に衝撃吸収エネルギー計算法等に関しては日本金属學會誌第 2 卷第 11 號中の市原博士の論文に説明してあるからその説明を省略する。尙同博士の論文に依れば本試験法は極めて僅かの粘りを有するもの、粘り強さを比較する場合甚だ有効であると述べられてゐる。即ち炭素鋼のマルテ

ンサイト状のもの或は工具鋼類等極めて僅かの粘り強さを有するもの、靱性の比較に適當してゐるのである。試験片は初め焼戻軟化法を施してより仕上寸法まで仕上げ、鹽浴を使用して 860° に 30mm 保持して白絞油中に焼入れ、次いで真空加熱爐を使用し所定の温度に焼戻したものであるが、100° の焼戻は煮沸せる水中で行ひ、150°、200° の焼戻は加熱せる白絞油中で焼戻した。測定結果を第 19 表に示す。

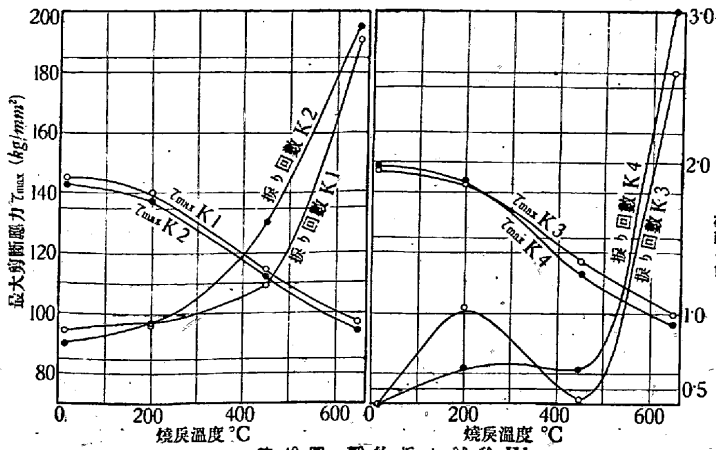
試験片の熱処理も表中に示した通りである。

海綿鐵製、屑鐵製に就き比較圖示したものが第 52, 53 圖である。焼戻温度による振り衝撃値の變化を通覽するに、先づ焼入放のものが相當大きな衝撃値を有し、150° 焼戻の場合更にその値を増加してこの附近に山を作り、次に K1~K4 の如きは約 250°~350° の焼戻温度の所で衝撃値最も減少し谷を作つてゐる。

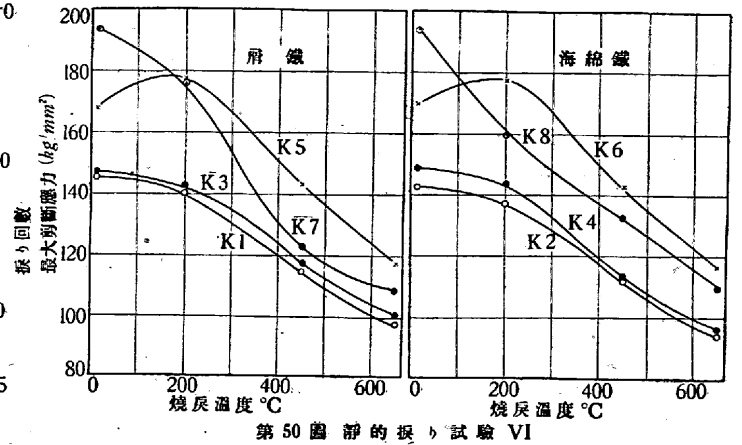
これが K1~K4 よりも高度に合金されてゐる K5~K8 に於ては、谷の生ずる温度が前者よりも稍高めめの 300~400° の焼戻温度に出てゐて、而も谷の幅が前者よりも相當廣くなつてゐるやうである。この谷を過ぎて焼戻温度が更に上昇するに従つて衝撃値は段々増加して行くが、550~600° 位の所に第二の谷を作つてゐるやうで、第一の山、

谷は焼戻による組織の變化に原因してゐると市原博士の論文に説明されてゐるが、第二の谷の生ずる原因は Ni·Cr·Mo·V 鋼を 550~600° 附近で焼戻する場合、複炭化物の析出による硬化に原因すると考へられる硬度の變化曲線の所で説明せるところと良く一致する。第二の小さい谷を過ぎ A₁ の近くへ焼戻温度を上昇させると、前述の析出炭化物が溶け込むから著しく衝撃値を増加するであらう。

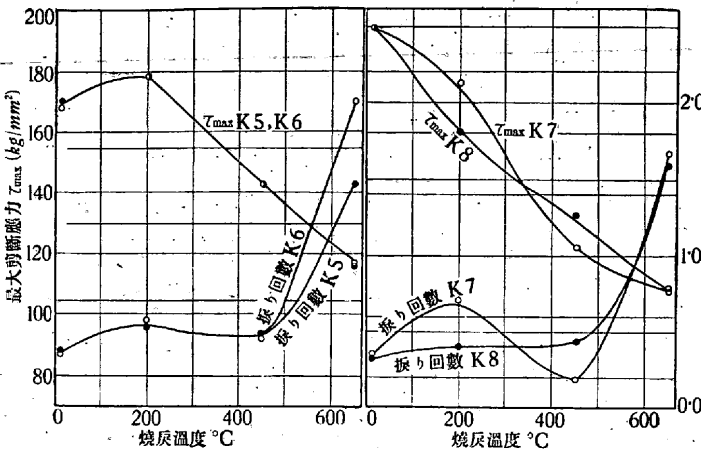
扱之等衝撃値を海綿鐵製、屑鐵製に就き比較して見ると、先づ K1, K2 に於て共に焼入放のもの、衝撃値大きく 15 kg·m 前後の値を持つてゐる。150° 焼戻ではこれが



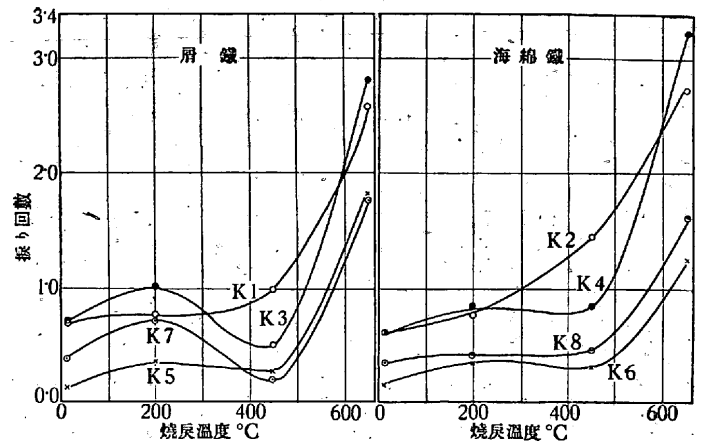
第48圖 靜的振り試験 IV



第50圖 靜的振り試験 VI



第49圖 靜的振り試験 V



第51圖 靜的振り試験 VII

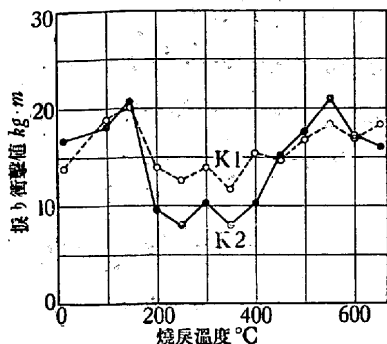
第19表 振り衝撃試験 kg·m

| 熱處理 | K 1 | K 2 | K 3 | K 4 | K 5 | K 6 | K 7 | K 8 |
|--------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 860°—30mn, 油焼入, | 13.9 | 16.8 | 16.1 | 13.2 | — | 3.3 | 16.8 | 17.5 |
| " 100°C(120mn) 焼 辰 (後油冷) | 18.9 | 18.1 | 18.0 | 13.5 | 20.5 | 19.6 | 17.5 | 16.0 |
| " 150 (120mn) " | 20.2 | 20.6 | 16.1 | 19.0 | 19.6 | 21.6 | 20.6 | 24.2 |
| " 200 (120mn) " | 13.9 | 9.5 | 12.1 | 12.0 | 26.8 | 19.6 | 17.5 | 17.5 |
| " 250 (120mn) " | 12.5 | 8.0 | 11.0 | 6.4 | 16.8 | 15.4 | 11.0 | 9.5 |
| " 300 (90mn) " | 13.9 | 10.2 | 7.0 | 7.2 | 10.2 | 12.5 | 7.2 | 8.4 |
| " 350 (90mn) " | 11.7 | 8.0 | 10.2 | 8.0 | 9.9 | 12.5 | 10.2 | 8.0 |
| " 400 (90mn) " | 15.4 | 10.2 | 10.0 | 11.0 | 9.5 | 13.9 | 11.0 | 8.7 |
| " 450 (60mn) " | 14.7 | 8.0 | 11.0 | 10.2 | 11.4 | 16.1 | 12.5 | 13.9 |
| " 500 (60mn) " | 16.8 | 17.5 | 16.8 | 11.7 | 15.4 | 16.1 | 13.2 | 11.7 |
| " 550 (60mn) " | 18.2 | 20.9 | 18.2 | 16.9 | 15.0 | 17.5 | 11.0 | 16.1 |
| " 600 (40mn) " | 16.8 | 17.0 | 20.0 | 16.6 | 11.7 | 13.9 | 13.2 | 16.8 |
| " 650 (40mn) " | 18.9 | 16.0 | 18.2 | 20.0 | 20.2 | 15.4 | 12.5 | 15.4 |

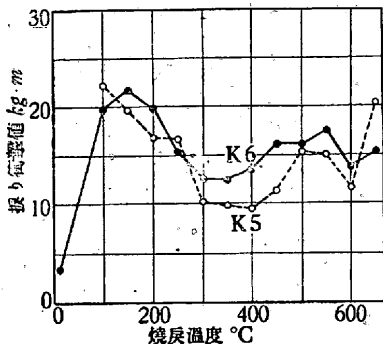
20 kg·m 位に増加し大きな山を作つてゐる。市原博士の説明にもある通り 150° 附近の焼辰で最も条件の良いβ マルテンサイトになると考へられ、炭素鋼其他の鋼のマルテンサイト組織を有する場合の詳細なる振り衝撃試験に於てもβ マルテンサイトは粘いのである。シャルピー衝撃試験に於ても僅少なから 150~200° 焼辰の所で山を作るが、振り衝撃試験によるとこの僅少の粘さの變化を鋭敏に現して来るから、マルテンサイト組織の如き僅少の粘さを持つも

のの靱性の比較には、本試験機が特長を有つ事が知られる。シャルピー試験に於ては粘さの少ない材料にありては特に切込効果が大きく、マルテンサイト組織の如き材料の靱性を比較するには適當でないのである。150° 附近の山を通過するとマルテンサイト、オーステナイトの分解で衝撃値は急に減少するが、200~400° までの焼辰温度範囲では衝撃値に大きな増減はない。而して K1 よりも海綿鐵製 K2 の方がこの谷に於ける衝撃値がかなり低い。400° を越す

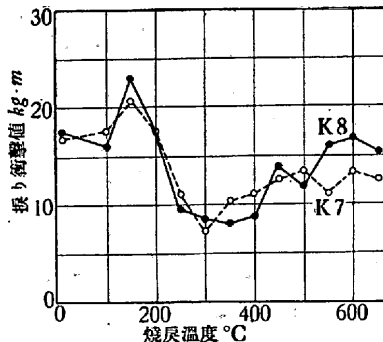
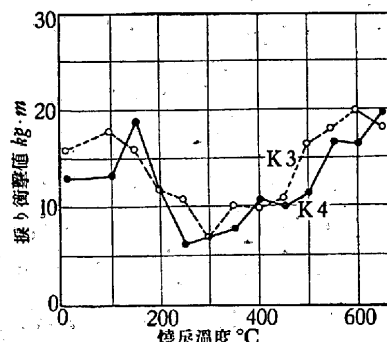
30X32=900



第52圖 振り衝撃試験 I



第53圖 振り衝撃試験 II



と衝撃値は急に増加するが、550° 附近で共に第二の山を作つてをり、この範囲では海綿鐵製 K2の方が大きい衝撃抗力を持つてゐる。550° 附近の山を越してより 600° 附近の焼戻で少く衝撃値が低下するが、前述の如く時効に依るものと考へられ、更に焼戻温度が A₁ 近くに上昇すると著しく靱性を増すやうに考へられる。これを要するに振り衝撃値の見地よりすれば、この種の鋼は 150° 附近で焼戻した β マルテンサイト組織のものか 550° 附近の山のある所で焼戻したソルバイト組織で使用する方が良いやうである。次に K3, K4 の比較であるが、焼戻による衝撃値曲線の様子は K1, K2 の場合と大體同様であるが、焼入放のもの及び 100° で 2h 焼戻した場合では、K3の方が粘いやうで、150° 焼戻の山のところでは海綿鐵製 K4の方が優秀である。海綿鐵製 K4 は 250° に、屑鐵製 K3 は 300° に衝撃値最小の谷を作つてゐるが、この点より 600° までは屑鐵製の方が優秀であり、K3 は 600° で第二の山を示すに對し K4 は 550° 位で山を出してゐるやうである。従つて 650° 或はそれ以上 A₁ 直下の温度で焼戻した場合は、K4 の方著しく優秀であらうと考へられる。第二報に詳細報告した如く、海綿鐵製のは屑鐵製のものに較べて焼戻に依る諸性質の變化がより低温で完了する事が K3, K4 の場合にも見る事が出来る。次に K5, K6 の比較であるが、兩鋼の組成がかなり相違せるため屢述べた如く、海綿鐵製、屑鐵製の直接比較には適當でないが、順序として一應

比較するに、K5の方は 100° 焼戻に第一の山がある如く、K6の方は 150° 焼戻のところにある。150° ~ 600° までの内では大體 K6の方が粘り出てゐる。第二の谷が共に 600° のところにあるが、600° 以上の高温焼戻では K5の方が著しく粘り出るものと考へられる。即ち K6 は K5 に比較して合金元素の量を多く含有してゐるが、この焼戻曲線を見るも、K3, K4 比較の場合の K3 に K6 が相當し K4 に K5 が相當するやうに見える。換言すれば海綿鐵或は屑鐵を以て組成の等しい鋼を作りその性質を比較するとき、原料の相違による性質の差異は丁度屑鐵製の或る鋼種とそれよりも合金元素量若干高め屑鐵製の鋼の性質を比較した時の兩鋼の性質の差異と相通するところがあり、前者の鋼が海綿鐵製の性質と見ればこの海綿鐵製と同じ組成を有する屑鐵製の性質は丁度後者の鋼の立場にあると云ふので

ある。最後に K7, K8 を比較するに焼入放のものゝ衝撃値共に 17 kg·m 位で著しく靱性に富む。K7, K8 共に 150° 焼戻で第一の山を作り K8 は 23 kg·m, K7 は 20 kg·m 位である。第二の山は何れも 600° 位のところにあり K8 は K7 よりも著しく優秀であるが 150° 焼戻の場合の衝撃値に及ばない。而して第二の山に至るまへに K8 に於ては 500° 位に、K7 にありては 550° 位に衝撃値の減少するところがあるがこれはこの附近の焼戻温度で硬度が急激に減少する割に伸の増加がこれに伴はない事に原因(衝撃値=硬度×伸)するものと考へられ K7, K8 以外にも若干これを見る事が出来る。K7, K8 並に K5, K6 の第一の山即ち 150° 位に焼戻したものは第二の山即ち 600° 位に焼戻したのものよりも衝撃値大きく振り衝撃値の見地よりすれば、K1~K4 がソルバイト組織で使用するに適し、K5~K8 はマルテンサイト組織で使用する優秀なる強靱鋼である事が、本試験に於ても良く了解せられる。

7. 振り疲勞試験

市原式ヒステログラフ振り疲勞試験機により振り疲勞限界を測定した。本試験機の構造説明は機械學會論文集第2卷第8號の詳細なる市原博士の發表があるから省略する。本試験機の最大特徴は實驗中適時その履歴線圖を容易に觀測出来る事にある。試験片は第11圖に示すもので、矢張り焼戻軟化法を行つてより平行部に 0.1mm 位の削代を残して仕上げ、所定の熱處理を終つてより再び平行部のみを

仕上げ径 10mm とした。而して平行部の仕上げ研磨は 0000 號研磨紙によつた。焼入は鹽浴を使用し 860° に 30mn 保持して白絞油中に焼入後真空加熱爐で 650°, 450°, 330° に各 40mn, 50mn, 60mn 保持焼戻して油冷したものゝ 200° の油中で 60mn 保持焼戻したものと 4種類に熱處理せる場合の振り疲勞限を測定した。疲勞限の決定には一千万回繰返し振り應力を與へるも破損せざる最大繰返し振り應力をとつた。疲勞限の測定結果を第 20 表に示す。

第 20 表 振り疲勞限 (τ_w) kg/mm^2

| 熱處理 | K1 | K2 | K3 | K4 | K5 | K6 | K7 | K8 |
|-------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 860°C-30mn油焼入 200°C-60mn焼戻 | 24.0 | 28.5 | 22.5 | 23.5 | 28.0 | 34.0 | 29.0 | 28.5 |
| 860°C-30mn 330°C-60mn | 30.0 | 28.0 | 28.5 | 22.5 | 28.0 | 28.0 | 34.0 | 26.5 |
| 860°C-30mn 450°C-56mn | 32.5 | 32.0 | 28.5 | 31.0 | 34.0 | 34.0 | 32.5 | 30.5 |
| 860°C-30mn 650°C-40mn | 30.0 | 38.0 | 28.0 | 29.0 | 33.5 | 34.0 | 34.0 | 32.0 |

K1 より K8 まで各鋼とも特殊の組成を持つ *Ni-Cr* 鋼で振り疲勞限 (τ_w) は普通クランク軸等に用ひられる *Ni-Cr* 鋼の τ_w と較べて大差ない値である。之等の鋼は硬度高く殊に 200° 並に 330° 焼戻の如くマルテンサイト組織乃至マルテンサイトに近い組織を持つ場合振り疲勞限の測定は珍しいやうである。第 20 表の τ_w より見るも K1~K4 はソルバイト組織で K5~K8 はマルテンサイト組織で使用する方が各鋼の性質を生かすものなる事が判る。一般にマルテンサイト組織の疲勞限は著しく低いものと考えられ、K1~K4 もソルバイト組織の場合よりかなり低い値であるが、K5~K8 にありてはマルテンサイト組織にあるものが相當高い疲勞限を持つてゐるから、これ以外の諸性質も合せ考へるに、K5~K8 はマルテンサイト組織で使用する優秀なる強力 *Ni-Cr* 鋼なる事が知られる。

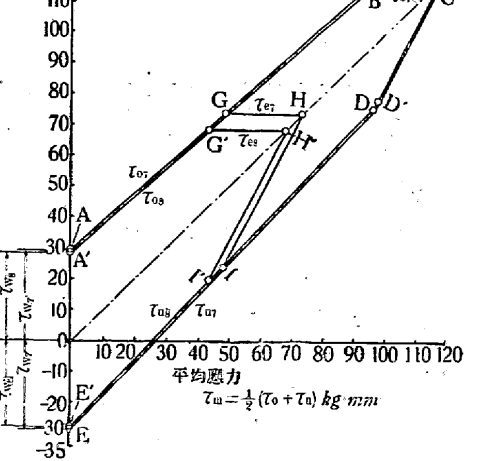
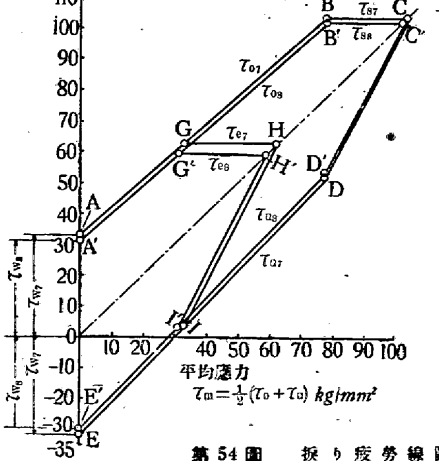
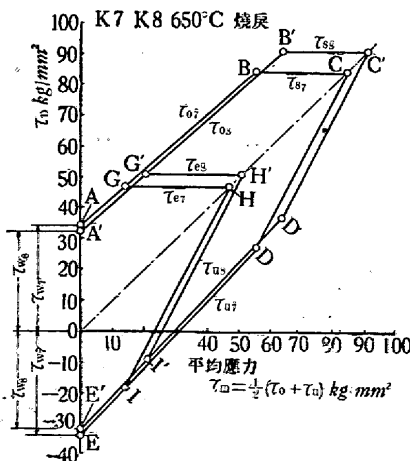
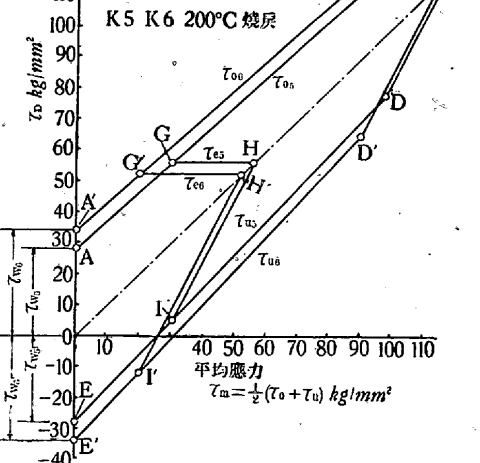
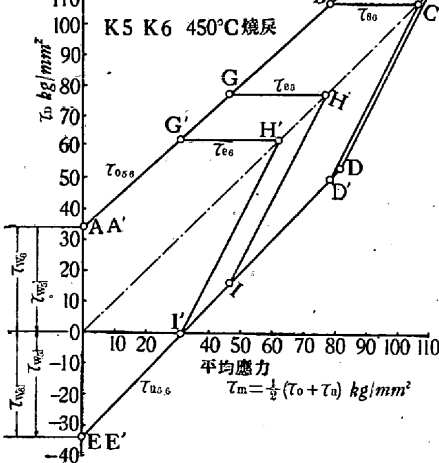
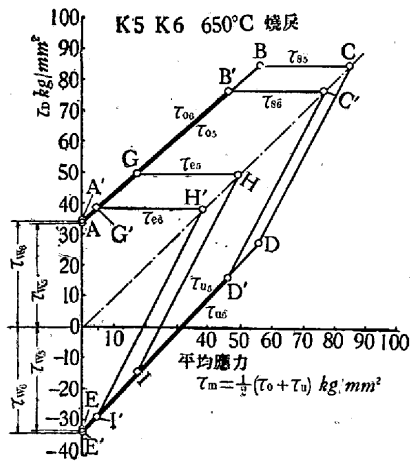
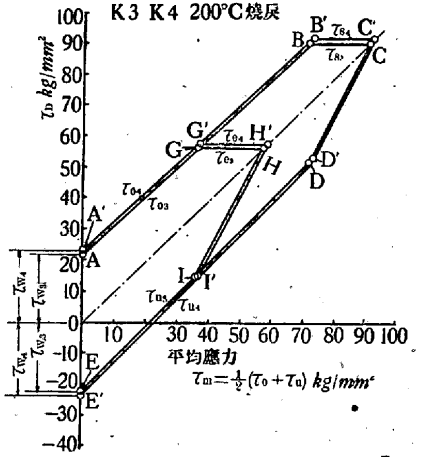
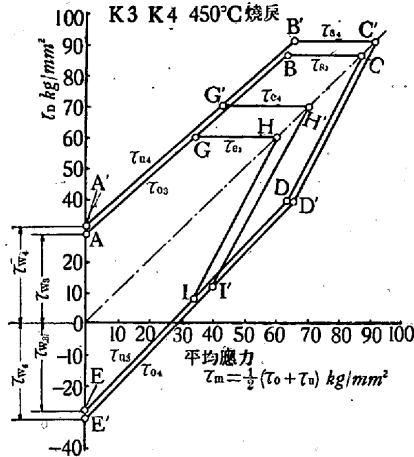
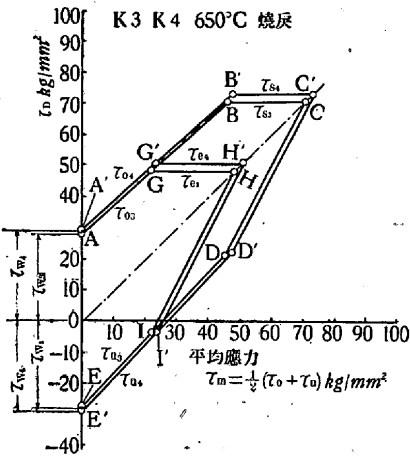
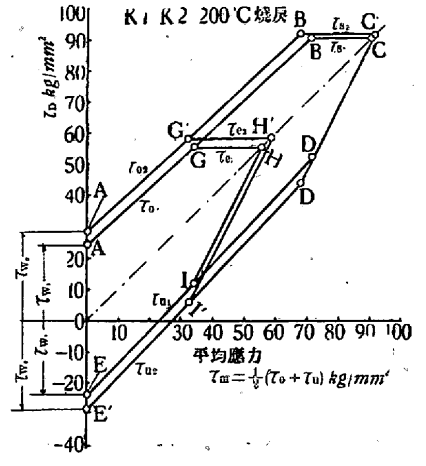
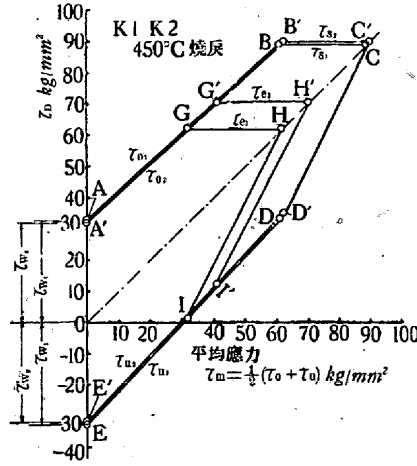
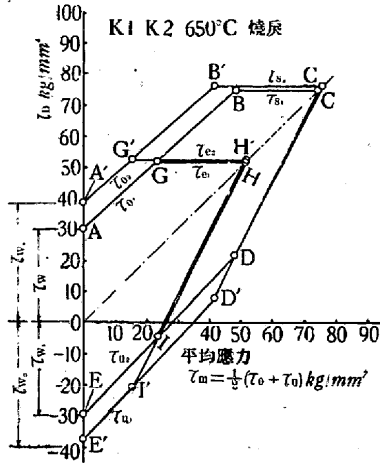
第 20 表に示す τ_w を比較するも海綿鐵製の方が僅少なから優秀であるが次節の疲勞線圖により優秀性を詳しく比較検討する事とする。

8. 振り疲勞線圖による優秀性の比較

靜的振り試験にて測定せる振り降伏限 (τ_s)、振り弾性限 (τ_E) 及び振り疲勞試験による振り疲勞限 (τ_w) を以つて振り疲勞線圖 (Torsion Fatigue Diagram) を作り、その圖形より海綿鐵製並に屑鐵製の優秀性を夫々比較して見る。焼戻温度 650°, 450° 並に 200° を採用せる時の振り疲勞線圖を第 54 圖に示す。圖に示す五角形 AGHIE, 並に A'G'H'I'E' は夫々屑鐵製及び海綿鐵製鋼が變形を

起さざる應力の範圍を示し、又五角形 ABCDE, A'B'C'D'E' は夫々屑鐵製及び海綿鐵製鋼が變形は起す事あるも破損せざる振り應力の範圍を示すもので、之等兩五角形の大きさ、形狀を比較して何れが優秀であるかを知る事が出来る。

先づ第 54 圖に示す K1, K2 の 650° 焼戻の場合の疲勞線圖につき比較せん。 τ_s, τ_E 共に海綿鐵製 K2 の方が稍高く、 τ_w に於ても K2 は K1 よりも著しく値が高いから、K2 の五角形 A'B'C'D'E' 並に A'G'H'I'E' は夫々 K1 の ABCDE, AGHIE よりも面積大きく、海綿鐵製 K2 の方が甚だ優秀である事を示してゐる。振り平均應力約 25 kg/mm^2 以下に於ける場合材料が永久に變形乃至破損を起さないための許容應力が、海綿鐵製 K2 の方が K1 よりも大きくとり得るし、又振り平均應力が約 45 kg/mm^2 以下の場合材料が破損しない範圍の許容應力は、矢張り海綿鐵製 K2 の方が K1 よりも著しく高くとり得る事を示してゐる。次に 450° 焼戻の場合であるが τ_s, τ_w に大きな差異は認められないが、 τ_E に於て海綿鐵製 K2 は屑鐵製 K1 よりも著しく高く 8 kg/mm^2 以上大であるから、五角形 ABCDE, A'B'C'D'E' の方には優劣を認め難きも、材料が永久に變形を起さざる應力範圍を示す五角形 AGHIE 並に A'G'H'I'E' には大きな差異があり、K2 の方著しく面積大であつて振り平均應力約 30 kg/mm^2 以下の場合材料が永久に變形しないやうにとり得る應力範圍が K2 の方 8 kg/mm^2 位大きくとり得るから、海綿鐵製 K2 の方が著しく優秀な材料である事を知る。次に 200° 焼戻の場合の比較であるが、低温焼戻では組織はマルテンサイトであつて、その τ_w は小さく K1, K2 共に 30 kg/mm^2 以下である。K2 の方が τ_s, τ_E, τ_w 共に大きいから材料が永久に變形せざる乃至は破損せざる許容應力範圍が K2 の方が何れの場合も大きく K1 より優秀である事が判然としてゐる。450° 焼戻では K1, K2 殆ど一致する。K3, K4 の比較に於ても大體 K1, K2 の場合と同じやうな關係にあり何れの焼戻温度のものも海綿鐵製 K4 の方が多少優秀である。K5, K6 は組成に相當差異あるため海綿鐵製、屑鐵製何れが優秀であるかの直接比較には適當しないが順序として比較して見る。650°, 450° 2種の焼戻の場合は τ_w には差はないが τ_s, τ_E に於て K5 の方が値高く従つて振り疲勞線圖で示さるゝ所も又 K5 の方が優秀である。組成の點では K6 の方が W, Cr 量多



第54圖 振り疲勞線圖

くこの種構造用強力鋼としては K5 位までに W , Cr 量を制限した方が良い事が解る。200° 焼戻の場合は τ_w に於て K6 の方大きく振り疲勞線圖によるも K6 の方が優秀と云ひ得ると思ふ。K5~K8 はマルテンサイト組織で使用する方が適當である事を屢述べたが K6 の如き組成を有するものも 200° 位の焼戻の場合は強力鋼としてかなりの靱性を有する事が知られる。最後に K7, K8 を比較すると 650° 焼戻の場合 K8 の方が τ_w は僅少なから低いが τ_s , τ_E に於て高い値を以てゐるから振り疲勞線圖に依るも K8 の方が優秀と云ひ得る。然し乍ら 450°, 200° に焼戻した場合は僅少なから K7 の方が優秀であると云ふ結果を得た。

VI. 總 括

不純物の少ない本溪湖製海綿鐵及び鹽基性平爐鋼 (以下屑鐵と云ふ) を夫々原料とし、組成を等しくするやう配合せる強靱 $Ni \cdot Cr \cdot Mo \cdot V$ 鋼乃至は $Ni \cdot Cr \cdot Mo \cdot W \cdot V$ 鋼 4 種を、容量 230 kg の高周波爐で作り、海綿鐵製と屑鐵製の物理的並に機械的諸性質を詳細に比較検討し、合せて本研究に使用せる強靱 $Ni \cdot Cr \cdot Mo \cdot V$ 鋼, $Ni \cdot Cr \cdot Mo \cdot W \cdot V$ 鋼の組成と性質の變化を考察し、この種強靱鋼の性質を明かにした。K1~K4 の如き $Ni \cdot Cr \cdot Mo \cdot V$ 鋼がソルバイト組織で使用されるを適當とするに對し、K5~K8 の如く前者よりも炭素量高く且 1% 前後の W を含有する $Ni \cdot Cr \cdot Mo \cdot W \cdot V$ 鋼に於ては寧ろマルテンサイト組織で使用して特長あることを指摘した。

組成の等しい海綿鐵製と屑鐵製の性質の相違を次の如く要約する事が出来る。

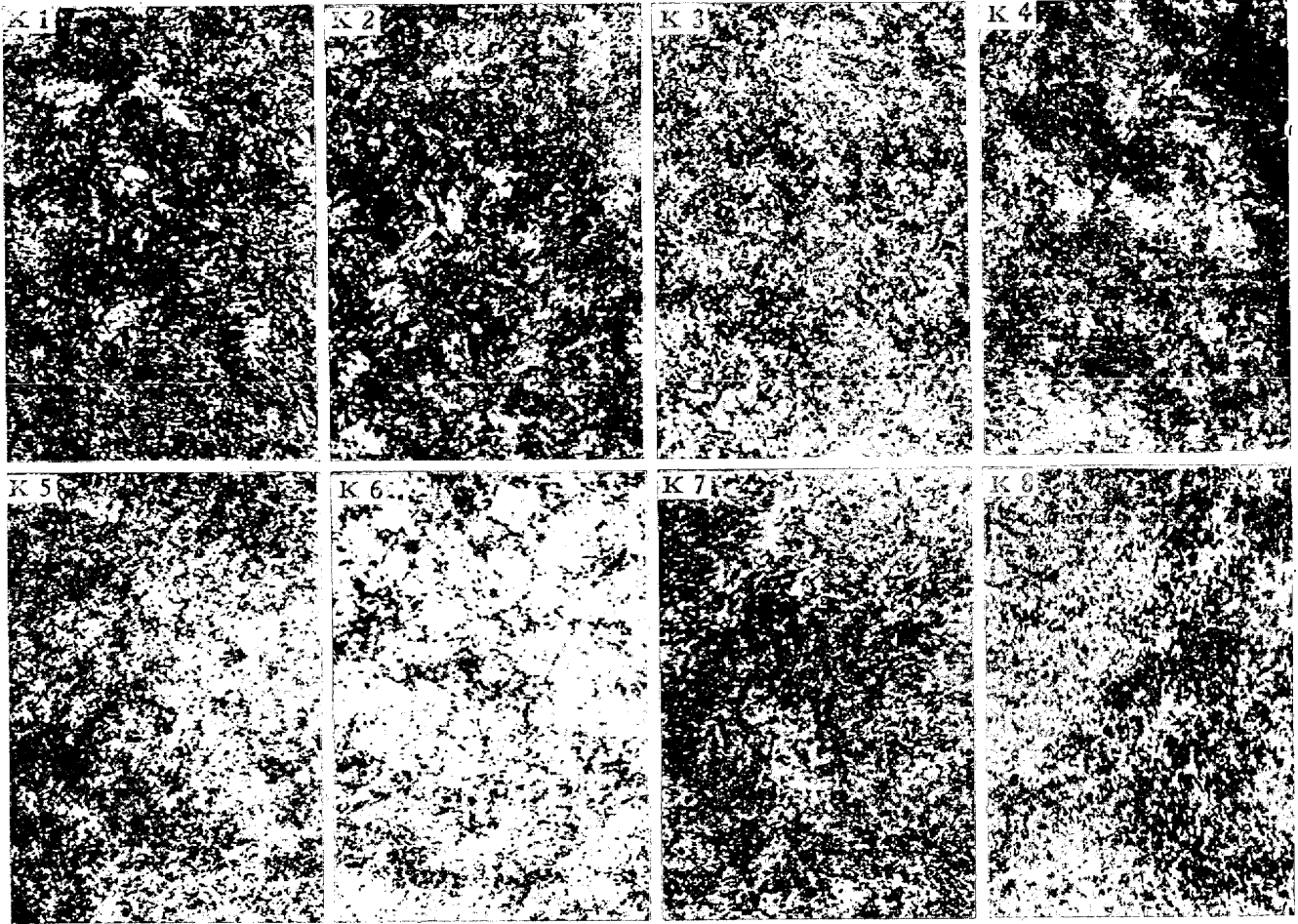
1. 海綿鐵製, 屑鐵製各鋼の變態點を熱膨脹計により測定した。海綿鐵製の方が A_c 若干高く A_r'' 開始終了溫度が屑鐵製よりも著しく高い。
2. 佐藤式焼入試験器を用ひ油中焼入, 空中冷却の比較試験をした。空冷の場合よりも油冷の場合の方が A_r'' の開始終了溫度共に低く又海綿鐵製の方が空冷, 油冷共に A_r'' の開始終了溫度が高い。
3. 示差熱膨脹計並に磁氣分析法により焼戻による組織の變化を比較検討した。残留オーステナイトの分解溫度が共に海綿鐵製の方が低い。
4. 熱膨脹係數, 磁化の強さを測定した。熱膨脹係數に大差なく, 海綿鐵製の比抵抗は焼入放のもの並に 650° 焼戻のもの共に屑鐵製のものより著しく小さい。磁化の強

さは海綿鐵製の方僅少なから大きい。

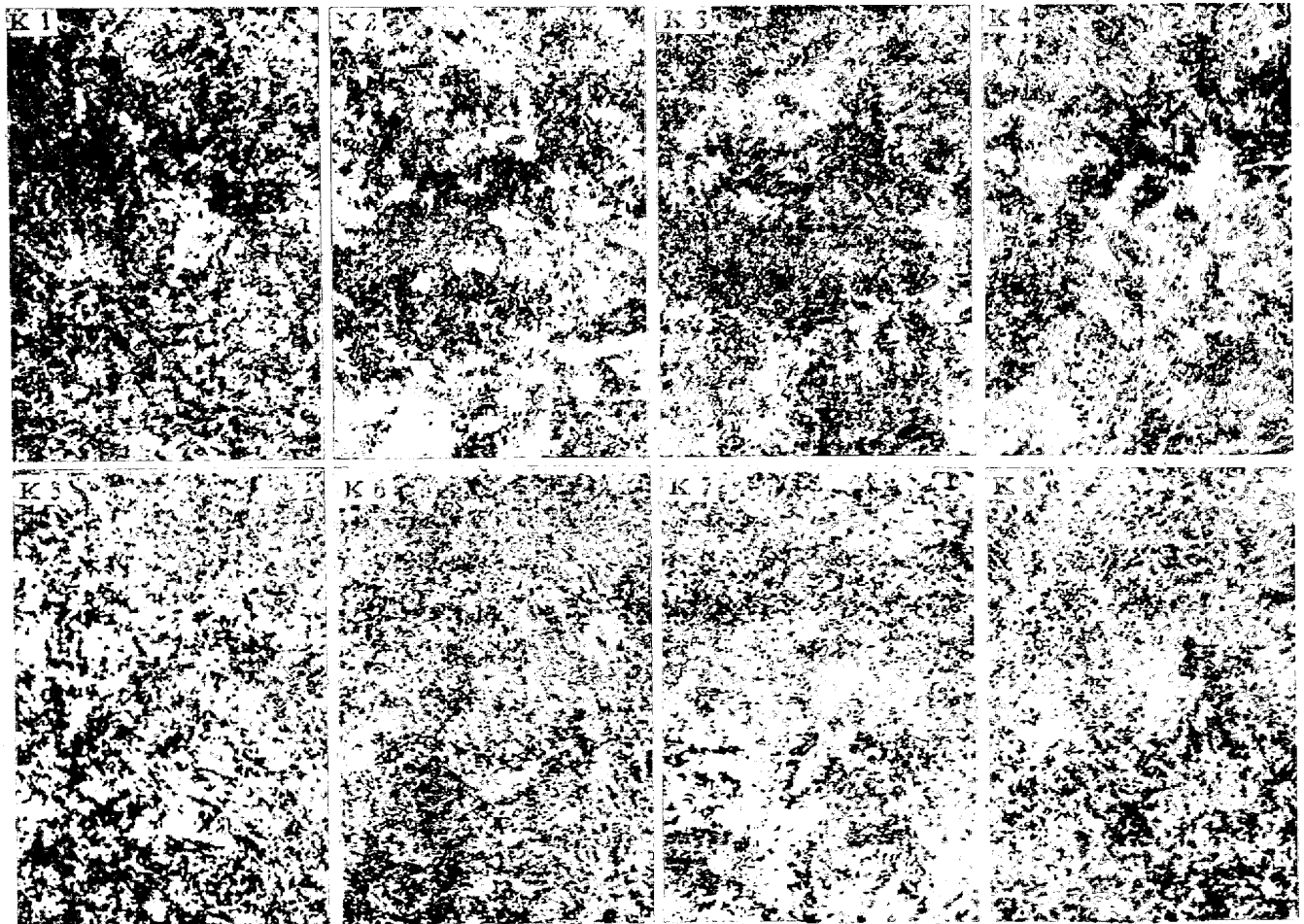
5. 各鋼の種々の熱處理を施したものの顯微鏡組織を検討した。海綿鐵製, 屑鐵製の間に組織上の明瞭な差異は認められなかつた。
 6. 高温加工の難易を比較すべく高温衝擊曲げ, 高温抗張並に高温衝擊壓縮試験を行つた。海綿鐵製の方が衝擊曲げ抵抗少く伸率大きく且衝擊壓縮率大で海綿鐵製が屑鐵製よりも高温加工性良好なる事を指摘した。
 7. 種々の溫度に焼戻した場合のロツクウエル C 硬度並にブリネル硬度を測定比較した。マルテンサイト組織の外海綿鐵製の方が僅少なから硬度が低い。
 8. 各種の溫度に焼戻せるもの、抗張試験を行つた。一部マルテン鏡装置を附し弾性限, 比例限, 降伏限等を測定した。海綿鐵製の方が一般に抗張力稍低く反對に伸, 絞は大きい。降伏點, 弾性限, 比例限に於ては焼戻溫度如何により一概に云ふ事は出来ないが大體に於て海綿鐵製の方が大きい。
 9. 種々の溫度で焼戻せるもの、シャルピー衝擊試験を詳細に行つた。海綿鐵製は屑鐵製よりも著しく靱性に富む。
 10. 抗張力一伸, 一衝擊値曲線を作り強靱性を比較した。海綿鐵製の方が屑鐵製よりも強靱である。
 11. 焼入放のもの及び 200, 450, 650° に夫々焼戻した場合の静的振り試験を行ひ鏡装置を附して振り降伏點, 振り比例限, 振り弾性限, 振り強, 振れ角を測定した。マルテンサイト組織のもの、外は海綿鐵製の方が振り強稍小で反對に振れ角は大きい。弾性限, 比例限, 降伏點等に於ても大體海綿鐵製の方が高い。
 12. 振り衝擊試験を行つた。海綿鐵製, 屑鐵製共に 150~200°, 及び 550~600° 焼戻の時衝擊値大きく曲線は山を作るがこの山の高さが海綿鐵製の方高く屑鐵製よりも粘り事を指摘した。
 13. 市原式ヒステログラフ振り疲勞試験を行ひ振り疲勞限を測定した。海綿鐵製の方が稍疲勞限が高い。
 14. 振り疲勞線圖を作り海綿鐵製, 屑鐵製の構造材としての優劣を比較し, 海綿鐵製の方が屑鐵製よりも優秀である事を指摘した。*
- 以上

* 尙本論文第 1~5 報を通じての總括に就いては日本金屬學會誌第 4 卷第 11 號岩瀨教授の講演を参照されたい。

54X39-2106 (2)



寫眞 1. 油焼入試料の顯微鏡組織 ×300



寫眞 2. 油焼入, 650° 燒戻試料の顯微鏡組織 ×300

54X39-2106