

内外國製高速度鋼の切削試験に就きて

杉本 正邦*
福田 健太*

第 1. 緒 言

高速度鋼購入の参考資料に供せんがため市場に販賣しある各種高速度鋼中相當著名なる内地製及外國製のもの 35 種を撰び之に當廠製造のものを加へ實地切削試験を行へり其結果は切削持續時間に於て大なる差異を示し殊に略々同一成分と見做し得る群に分ち比較せしに同一群に於て其の差異頗る大なるものあり。依つて更に各種の試験を施し其の原因を探求すると共に進んで之等高速度鋼の製造、加工に關する参考の一端となしたり。

附言 商業上の關係を顧慮し本文中には製造會社名を發表することなく番號を以て示し、且つ價格につきては言及を避けたり。

第 2. 供試材料分析成分並に熱處理法

分析成分並に製造會社の示す、熱處理法は附表第 1 に示すが如く、目下市場にある各種類を網羅したり。之を主要成分により次の群の如く大別す。

| | I | II | III | IV |
|----|---------|---------|---------|---------|
| C | 0.6~1.0 | 0.7~1.0 | 0.6~0.9 | 0.5~0.7 |
| Cr | 5~7 | 4~6 | 4~6 | 3~5 |
| W | 17~22 | 16~19 | 13~18 | 14~18 |
| V | 0.4~1.2 | 0.5~1.5 | 0.5~1.0 | 0.1~1.0 |
| Co | 7~12 | 3~5 | 1~3 | 痕跡又はなし |
| Mo | <4 | <3 | <1 | 同 |

IV 群は普通一般に用ひらるゝもの、II 群は Co を含有し超高速度鋼とも稱し得るもの、I 群は更に Co の量を増加し特超高速度鋼とも稱し得るもの、III 群は IV 群に少量の Co を含有せしめたるものなり。

熱處理法は製造會社の指示せるものにして、之を各群に分ち要約すれば次の如し。

| | I | II | III | IV |
|----|--------------------------------|--------------------------------|-----------------|--------------------------------|
| 鍛造 | 900°C~1,200°Cにして1,000°C附近のもの多し | 900°C~1,200°Cにして1,000°C附近のもの多し | 1,000°C~1,200°C | 900°C~1,200°Cなるも1,000°C附近のもの多し |
| 焼鈍 | 750°C~800°Cにして800°C附近のもの多し | 780°C~875°Cにして850°C附近のもの多し | 800°C~850°C | 750°C~800°C |

| | | | | |
|----|--|---|----------------------------------|---|
| 焼入 | 1,250°C~1,350°Cにして1,300°C附近のもの多し冷却は衝風 | 980°C~1,400°Cの廣範圍にあるも1,250°C~1,300°Cのもの多し、冷却法は大部分衝風なるも油中を推奨するものあり | 1,300°C 附近なり、冷却は衝風なるも油中を推奨するものあり | 1,250°C~1,350°C なり冷却は衝風なるも油中を推奨するものあり |
| 焼戻 | 560°C~600°C なるも更に200°C~320°C 二重焼戻を要求するものあり | 550°C~600°C なるも850°C を要求するものあり、但し此分の焼入温度は1,350°C~1,400°C なり、又焼戻を要求せざるものあり | 560°C~600°C なるも焼戻を要求せざるものあり | 550°C~600°C なるも更に200°C~320°C の二重焼戻を要求するものあり、又焼戻を要求せざるものあり |

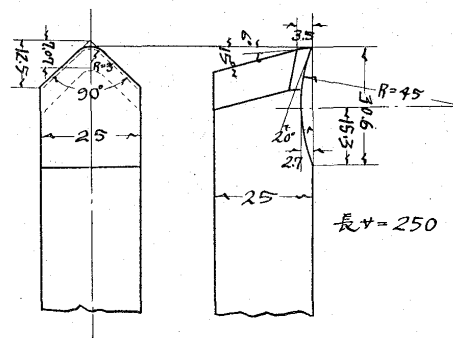
之を要するに鍛造温度は 1,000°C 附近、焼鈍温度は 800°C 附近、焼入温度は 1,300°C 附近の高温度にして焼戻温度は 560°C~600°C なるも更に 200°C~320°C の二重焼戻を要求するもの又は全然焼戻を要求せざるものあり。

第 3. 切 削 試 験

(一) 試験の要領

(1) 供試双具 25mm 角の棒材より製造加工したる粗削用眞劍バイトにして第 1 圖の如し。

第 1 圖 供試バイト



熱處理は製造會社の指示せる方法即ち第 1 表に示す方法により實施せり。

(2) 被削材料 徑 200mm の棒材 (砲身

用 Ni-Cr 鋼) を焼入したる後焼戻シショア-硬度 40~43 の材料を使用す。

(3) 旋削條件 转速 30m/min 送り 0.5mm 切込 2.0mm 但し切削用冷却潤滑劑を使用せず。

(4) 上記の條件により盤長 13 呎の旋盤により供試双具の切れ止む迄旋削し、更に研き直しを二回行ひ結局三回の切削をなし其平均切削持續時間を以て優劣を比較判定せり

* 陸軍砲兵工廠

但し供試材料中には特殊の目的例へば満俺鋼の旋造に或は重削作業に或はフライスに殊に應用して其價值大なるものあるべけれども、茲には全部同一條件を以てしたり、又優劣の比較に當りては之れが價格を考慮すること緊要なるも之を省きたり。

(=) 試験の成績 試験成績は附表第2並に附圖第1に示すが如く、其切削持續時間 10 乃至 36 分と言ふ廣範圍を示せり、更に之れを略々同一成分と見做し得る 4 群に分ち比較するに附圖第2の如く其成績に於て大なる差異を示せり。

即ち各群の持續時間は

I 群 26 分乃至 36 分 III 群 13 分乃至 26 分

II 群 18 分乃至 33 分 IV 群 10 分乃至 19 分

にして又 C_0 , M_0 の如き特種元素を含有しある超高速度鋼にして之等元素を含有せざる普通の高速度鋼より劣等なる成績を示すものあり。

第 4. 優等品と劣等品との比較試験

前記の如く同一成分と見做し得るものにして優劣の差頗る大なるものあるを以て、更に之が事實を確め進んでは其原因を究めんがため II 群中の No. 4 (爾後 A と稱す) 及 No. 22 (爾後 B と稱す) の兩者につき次の如き試験を実施せり。

兩者の分析成分並に試験成績は次表の如し。

| 區分 | C | W | Cr | Co | V | Mo | 切削持續時間 |
|----|-------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|
| A | 0.715 | 16.306 | 4.705 | 4.793 | 0.558 | 1.359 | 33分 |
| B | 0.804 | 18.995 | 4.201 | 4.332 | 1.111 | 2.151 | 18分 |

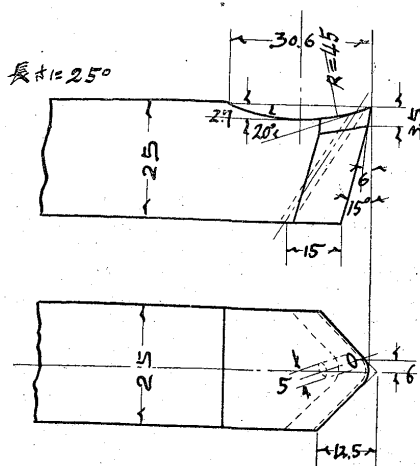
(1) 切削間双先温度の測定 實地切削試験中に於て双先の切れ止む迄を詳細に觀察するに切れ止む直前に於て非常に發熱し暗褐色より赤色又は輝赤色となり、次に急に磨滅して切れ止むものにして、優良鋼と劣等鋼とはこの發熱の狀態に差異を有するなり、依つて第2圖に示す如く供試双具の先端(双先に近く)小孔を穿ち之に高温計の先端を挿入該部の温度を測定し以て切削時間と温度上昇との關係を調査せり。其結果は附表第3及附圖第3に示す如く、A は B より双先の温度低く成績優秀なるを示す。

但し切削條件は次の如し。

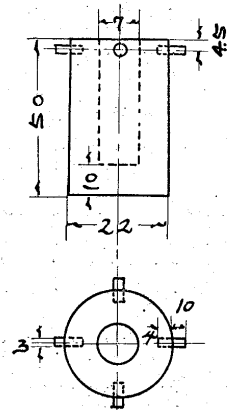
被削材 砲身鋼(シヨアー硬度 42) 旋速 20 m/mim
送り 1.5 mm 切込 3 mm

(2) 双先磨滅の狀況 切削試験の開始時より5分毎に双先の寫眞を撮り其衰損狀況を調査したるに附圖第4に示す

第 2 圖 供試バイト



第 3 圖 熱傳導度試片



如く B は早く衰損し且つ A に比し疵痕大なり。

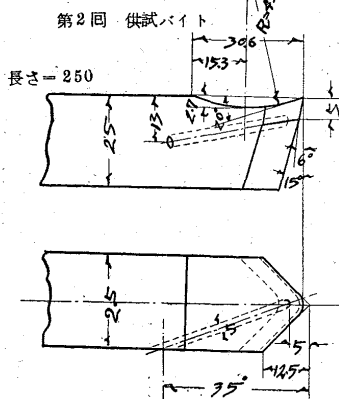
(3) 熱傳導度の測定 第3圖に示すが如き試験片を以て湯煎により其の底面を加熱して孔中の油に傳導せる温度を測定せしに附表第4及附圖第5に示す如く A は熱の傳導良好なり。

又第4圖の如く供試双具の先端(前記[1]の場合よりも双先よりの分離を大にす)に小孔を穿ち前圖同様温度を測定せしに附表第5及附圖第6に示す如く今回は反對に B の方温度低し、之本試験に於ける温度は切削先端よりの傳導熱によるものなれば温度の低き B は A より熱傳導の不良なるを示す。

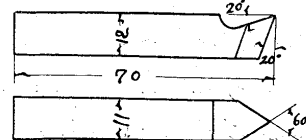
但し切削條件は次の如し。

被削材 砲身鋼(シヨアー硬度 52) 旋速 30 m
切込 3 mm 送り 0.7 mm

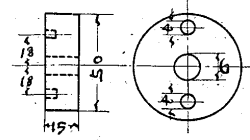
第 4 圖



第 5 圖 壓力測定用バイト



第 6 圖 熱間硬度試片



以上の試験により A は B より熱の傳導良好なること明となれり、熱傳導度良好なるときは双先が高熱せらるることを防ぎ切削條件を良好になし得るものなり。

(4) 切削壓力の測定 理化學研究所製双具試験機により第5圖の試験バイトを以て切削間双先に受くる壓力を測定

せしに附表第6及附圖第7の如く B は A より切削壓力大なり。

但し切削條件次の如し。

被削材料 砲身鋼(シヨアー硬度 40) 旋速 23.5 m/min 切込 0.5mm 送り 0.3mm

(5) 熱間硬度の測定 切削間に發生する熱による双先硬度の變化を比較せんがために佐藤本多式試験機により第6圖の試験片を以て熱間硬度を測定せしに附表第7及附圖第8の如く B は A に比し溫度上昇に従ひ硬度の減少大なり。

(6) 膨脹率の測定 ツアイス熱膨脹測定器によりて焼鈍狀態並に焼入狀態の鋼につき 100°C迄の膨脹率を測定したるに次表の如し。

| 試験 番號 | 膨脹率 | | 焼入による膨脹率變 化量(焼入)-(焼鈍) |
|----------|-------------|-------------|--------------------------|
| | 焼 | 鈍 | |
| A | 0.000010610 | 0.000010510 | -0.000000100 |
| B | 0.000010406 | 0.000011080 | +0.000000674 |

(7) 變態點の測定 附圖第9の如し。

(8) 比重の測定 次表の如し。

| 試料番號 | 焼鈍狀態 | 焼入狀態 |
|------|-------|-------|
| A | 8.725 | 8.715 |
| B | 8.743 | 8.736 |

(9) 不純物の檢出 前記分析成分表に示す以外の元素につきて分析したるに次表の如し。

| 試料番號 | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|----|------|----|----|----|----|----|----|-------|-------|
| Si | P | S | Mn | Cn | Ni | Al | Zn | Ti | Sn | Pb | Cd | As | O | N |
| A | | | | | | | | | | | | | | |
| 0.163 | 0.016 | 0.025 | 0.156 | 0.026 | 痕跡 | 痕跡 | 痕跡 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.071 | 0.002 |
| B | | | | | | | | | | | | | | |
| 0.241 | 0.015 | 痕跡 | 0.085 | 0.125 | 痕跡 | 0.95 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.062 | 0.001 |

(10) 顯微鏡組織 附圖第10及び第11は焼鈍、焼入焼戻各狀態並に熔滓の含有狀態を示す顯微鏡寫眞なり、之によれば熔滓含有量狀態には大差なきも熱處理後の組織につきて大差あり、即ち B は A に比してカーバイトの粒粗大にして緻密ならず、之れ前記各種試験に於て B が A より成績劣れる原因を作るものなり。

第5. 切削條件並に製造口を異にし たるものに就きての試験

前記各試験に於て A は B に比し優秀にして實地切削試験の結果を裏書したるも尙切削條件を異にする場合並に製造口を異にする材料につきての試験を次の如く實施せり

(1) 切削條件中旋速其の他を次の如く變更し試験す。

切削條件 旋速 15 m/min 送り 1.5mm 切込 3mm

被削材 砲身鋼(シヨアー硬度 46 乃至 48)

試験結果は持續時間に於て A は 43 分 1 秒 B は 27 分 55 秒にして矢張り A 優秀なり。

(2) 切削條件中被削材のみを變更し硬鋼(シヨアー硬度 42~46)を以て試験せしに矢張り A 優秀なり。

(3) 購買時期の異なる即ち製造口の異なるものと見做し得る材料につき試験したるに A は 30 分 22 秒、B は 19 分 18 秒にして矢張り A 優秀なり。但し切削條件は第3の實地切削試験に同じく供試鋼分析成分は次表の如し。

| | C | Cr | W | V | Co | Mo |
|---|-------|-------|--------|-------|-------|----|
| A | 0.630 | 5.432 | 16.822 | 0.940 | 4.755 | 痕跡 |
| B | 0.732 | 4.758 | 15.743 | 1.340 | 3.800 | " |

尙顯微鏡組織を檢するに附圖第12の如く前同様 A は B に比し其の組織緻密なり。

第6. 劣等鋼に對する改善の研究

前述の如く凡ての試験に於て B は A に劣れる成績を示せり。之が主なる原因と認むべき顯微鏡組織の粗大なるは製鋼法、鍛鍊法若くは熱處理の何れかに歸すべきものなり、依つて B に對し次の如き試験を施し改善し得るや否やを研究せり。

(1) 鍛鍊法 鍛鍊法につきては鍛鍊溫度、鍛鍊の最終溫度及鍛鍊度(鍛鍊係數)につきて試験を要するも、こゝには次の如く鍛鍊度のみをの試験を行ひたり。

供試材 40mm 角鋼材を 25mm に鍛伸せるもの及び 40mm 角鋼材より 25mm 角に切り出したるものにして次の分析成分を有す。

| C | 0.761 | Cr | 4.412 | W | 18.069 |
|---|-------|----|-------|----|--------|
| V | 0.551 | Co | 5.269 | Mo | 1.612 |

切削條件 第3の切削試験條件に同じ。

試験成績 次表の如し。

| | 第1回 第2回 第3回 平均 | | | | | |
|-----------------------|----------------|----|-----|----|-----|----------|
| | 分 | 秒 | 分 | 秒 | 分 | 秒 |
| 40mm角より25mm角に鍛伸せるもの | 19. | 35 | 25. | 10 | 16. | 20.15 |
| 40mm角より25mm角に切り出したるもの | 23. | 16 | 21. | 7 | 15. | 10 19.53 |

即ち鍛鍊度を増すも其成績を向上するを得ず、又其の値も既述の B と大差なく A に比し大に遜色あり、顯微鏡組織に於ても附圖第13の如く改善せられず。

更に A 及び B につきて 25mm 角の鋼材より 15mm に鍛伸し顯微鏡組織を檢するに附圖第14の如く A は B より其組織緻密なり、尙鍛鍊の最終溫度を種々變更したるも其組織改善せられず。

(2) 熱処理法 種々異なる焼入温度、急冷法、焼戻温度加熱速度並に加熱時間等を以て熱処理を行ひ顕微鏡組織を検するも其の組織を改善せられず。

(3) 製鋼法 製鋼法につきては直接に研究し得ざるも前記の如く鍛錬、熱処理により改善し得ずとせば之が原因は自然製鋼に歸すべく換言せば材料の素質不良なるものに對し其の後に來るべき鍛錬、熱処理法によりて改善すること、甚だ困難にして鋼塊製造時に於て其の鋼の運命を決すと言ふも過言に非るべし。而して製鋼法につきては之れが作業に従事する技術者の技倆其者に歸すること頗る大なるは言を俟たざる所なるも、之に使用する原料の撰擇並に製鋼設備によることも亦大なり。前記附圖 第 1 第 2 中の No.36 は大阪廠に於て製造したるものにして廠内に生ずる各種高速度鋼屑を原料として一旦電氣爐にて熔解精鍊して成分を一にし更に之を電氣爐にて熔解し不足元素を加へて所望成分となしたるものなり。

故に原料としては申分なく、従つて其切削試験成績は他の同様のものに比して優秀なり。

然れども製造の初期に於ては小型電氣爐(容量 3 噸)を使用したるに其分析成分は良好なるに拘らず著しく不成績を示したり。

之小型爐なるため爐内に於て熔鋼の化學反應を完全ならしむるには其の昇熱不充分なるがためと認め、大型爐(容量 3 噸)を以て製造したるに優秀なる成績を示したり。

又優良なる製鋼原料を自工場にて製する某會社の製品は良好なる成績を示す、之等の事實より觀て製鋼原料並にその設備が製品に大なる影響を及ぼすものなることを知る

是、恰も特殊製鋼作業に瑞典銑を使用せざれば良好なる結果を得られざるものあるは、一つに瑞典銑そのものの優良なる性質に起因するものにして一方、瑞典銑がその分析成分を同する他の銑に比し著しく優秀なる結果を齎す所以が之れを製する原料と、その設備に關係する所極めて大なる事實に一致するものなり。

附圖第 15 は其顕微鏡組織を示す。

第 7. 總 括

(1) 35 種の高速度鋼につき實地切削試験を施し其の優劣を比較したるに、其成績に於て大なる差異あるのみならず同一成分と見做し得るものにつきても、其差頗る大なるものあり。

(2) 切削試験の結果を確むるため優秀なる鋼と劣等なる鋼とにつきて切削間の双先温度、双先磨滅の状況、熱傳導度、切削壓力、熱間硬度、膨脹率等を試験測定したるに何

附表第 1 各種高速度鋼の分析成分並に熱処理法

| 試験 No. | 地金主要成分% | | | | | | 熱處理(製造者指定) | | | |
|--------|---------|--------|--------|-------|--------|-------|-------------|---------|----------------|---------|
| | T.C. | Cr | W | V | Co | Mo | 鍛造温度°C | 燒鈍温度°C | 燒入温度°C | 燒戻温度°C |
| 1 | 0.956 | 5.982 | 18.281 | 1.014 | 3.214 | — | — | — | 1,220~1,260 衝風 | 600 |
| 2 | 0.742 | 4.903 | 15.945 | 0.532 | 5.084 | — | 1,250~1,000 | 780~800 | 1,300~1,350 " | 560~600 |
| 3 | 0.609 | 4.985 | 16.893 | 0.684 | 9.548 | 3.930 | 1,200~950 | 780~800 | 1,250~1,300 " | 560~600 |
| 4 | 0.715 | 4.705 | 16.306 | 0.558 | 4.793 | 1.359 | 1,000 | 875 | 1,250 " | 550~600 |
| 5 | 0.519 | 4.810 | 17.512 | 0.482 | 0.114 | — | 1,000 | 875 | 1,250 " | 550~600 |
| 6 | 0.801 | 4.312 | 17.061 | 1.012 | 4.673 | 2.641 | 1,000 | — | 1,250~1,300 " | 580~600 |
| 7 | 1.010 | 5.089 | 16.379 | 0.886 | 4.415 | tr | 980 | 850 | 980~1,300 " | — |
| 8 | 0.911 | 4.364 | 18.221 | 0.734 | 1.054 | — | 1,000~1,200 | 850 | 1,300 " | — |
| 9 | 0.726 | 4.128 | 14.813 | 0.481 | 2.282 | — | 1,000~1,100 | — | 1,300 油中 | 500~580 |
| 10 | 0.804 | 3.404 | 22.752 | 0.557 | 0.245 | — | 1,000~1,100 | — | 1,300 衝風 | 460~500 |
| 11 | 0.625 | 5.211 | 17.705 | 0.734 | 4.591 | — | 1,000~1,200 | — | 1,350~1,400 " | 850 |
| 12 | 0.520 | 3.099 | 14.284 | 0.354 | — | — | 1,000~1,050 | — | 1,350 油中 | 620~630 |
| 13 | 0.926 | 5.237 | 19.252 | 0.860 | 3.273 | 1.705 | 1,000 | 850 | 1,200~1,250 衝風 | 850 |
| 14 | 0.737 | 4.416 | 16.655 | 0.101 | — | — | 1,000~1,050 | — | 1,300 " | — |
| 15 | 0.663 | 4.224 | 15.860 | 0.278 | tr | — | 1,000~1,050 | — | 1,275~1,300 " | 580~600 |
| 16 | 0.708 | 4.992 | 16.623 | 0.557 | 6.847 | 2.835 | 1,000~1,050 | — | 1,275~1,300 " | 580~600 |
| 17 | 0.682 | 4.643 | 17.190 | 0.758 | tr | — | 1,000~1,100 | — | 1,300 " | 560~600 |
| 18 | 1.329 | 13.406 | — | 0.734 | 11.741 | — | 1,000 | — | 1,000~1,020 " | — |
| 19 | 0.626 | 4.888 | 17.071 | 0.734 | 11.741 | 0.745 | 1,000~1,100 | 1,000 | 1,320~1,350 " | 560~600 |
| 20 | 0.690 | 5.586 | 16.675 | 0.582 | 4.592 | 0.810 | 1,000~1,050 | — | 1,275~1,300 " | — |
| 21 | 0.722 | 4.434 | 18.551 | 0.304 | tr | — | 900 | — | 1,250~1,300 " | 570~600 |
| 22 | 0.804 | 4.201 | 18.995 | 1.111 | 4.332 | 2.151 | 1,100~1,200 | 850 | 1,350 油中 | 580~600 |
| 23 | 0.767 | 5.647 | 12.947 | 0.960 | 1.312 | 0.836 | — | — | 1,350~1,370 " | 550~570 |
| 24 | 0.770 | 4.183 | 17.726 | 0.859 | 4.735 | 1.571 | 1,150~1,050 | — | 1,250~1,300 衝風 | 550~590 |
| 25 | 0.975 | 4.671 | 18.618 | 0.404 | 7.916 | 1.404 | 1,200~1,150 | 900 | 1,300~1,320 衝風 | 580 |
| 26 | 0.670 | 4.741 | 16.972 | 1.162 | tr | — | 1,200~1,100 | 750~800 | 1,300~1,350 或油 | 550~600 |
| 27 | 0.673 | 4.288 | 14.563 | 0.707 | tr | — | 1,200~1,100 | 750~800 | 1,280~1,350 中 | 550~600 |
| 28 | 0.906 | 5.197 | 21.985 | 1.079 | 10.083 | 0.105 | 900 | 850 | 1,350 衝風 | 600 |
| 29 | 0.754 | 5.023 | 18.535 | 0.753 | 11.222 | 0.706 | 900~1,050 | 750~775 | 1,250~1,300 " | 550~600 |
| 30 | 0.909 | 6.793 | 17.765 | 1.230 | 11.788 | tr | 900~950 | — | 1,300 " | 570~600 |
| 31 | 0.474 | 3.551 | 14.018 | 0.477 | tr | tr | 900~950 | — | 1,300 " | 570~600 |
| 32 | 0.636 | 3.690 | 17.349 | 0.328 | tr | — | 900~950 | — | 1,300 " | 570~600 |
| 33 | 0.537 | 4.971 | 14.117 | 0.504 | tr | 0.554 | 1,050~1,150 | 800 | 1,270 " | — |
| 34 | 0.572 | 4.728 | 14.157 | 1.008 | 1.160 | 0.614 | 1,050~1,150 | 800 | 1,300 " | 600 |
| 35 | 0.776 | 5.319 | 19.184 | 1.487 | 4.390 | 2.374 | 1,050~1,150 | 850 | 1,350 " | 550 |
| 36 | 0.593 | 4.820 | 14.175 | 0.692 | — | 1.232 | 1,100 | 800 | 1,300 " | 600 |

れも實地切削試験の結果を裏書せり。

(3) 尙製造口を異にせるもの並に切削條件を異にせるものにつき試験したるに前同様の成績を示せり。

(4) 顯微鏡組織を検するに優良鋼は炭化物の粒小にして緻密なるも劣等鋼は之に反し粗大なり。

(5) 顯微鏡組織を改善し切削能力を増大せんが爲め鍛鍊法熱處理法につき研究せしも殆ど不可能なり。

(6) 之を要するに高速度鋼の如き數多の特種元素を含有しある特殊鋼は其分析成分縦ひ同一と雖も其金質に大なる差異を示すものにして、其原因は鍛鍊法、熱處理の如何によるは勿論なるも特に製鋼法就中製鋼技術製鋼原料、製鋼設備に歸すること頗る大なるものと認む。

之等にして劣らんか特殊元素は單に分析成分に現はれあるのみにして眞に合金鋼としての機能を發揮し能はず、又

一方分析成分に現はれざる不純物の含有量を増し、鋼質に悪影響を與ふるなり、従つて其成績表に見る如く同一成分のものを比較して大差あるのみならず *Co. Mo* 等を含む鋼にして之等を含まざる鋼に劣るの奇現象を呈するに至る

成績表を通覽し製造會社と其成績を對照するときは特に其の感を深くす。

(7) 高速度鋼の購買には型録と其の分析成分のみを以て良否の判定を下すは不可にして、その使用の目的に沿ひたる實地試験の成績に據るか、定評ある信頼し得べき製鋼業者の製品に據らざる可からず。

附表第2 各種高速度鋼切削試験成績表

| 試片 No. | 旋削持續時間(分秒) | | | | 旋削持續時間の比較 | 成績順位 |
|--------|------------|---------|---------|--------|-----------|------|
| | 第1回 | 第2回 | 第3回 | 平均 | | |
| 1 | 20'~32" | 25'~13" | 20'~42" | 22'~9" | 0.61 | 15 |
| 2 | 33~10 | 31~33 | 31~23 | 32~2 | 0.89 | 7 |
| 3 | 34~0 | 33~19 | 36~32 | 34~37 | 0.96 | 3 |
| 4 | 36~0 | 34~15 | 30~0 | 33~25 | 0.93 | 4 |
| 5 | 20~45 | 16~40 | 18~45 | 18~43 | 0.52 | 21 |
| 6 | 15~35 | 21~50 | 22~25 | 20~0 | 0.56 | 18 |
| 7 | 22~0 | 21~25 | 17~30 | 20~18 | 0.59 | 17 |
| 8 | 16~35 | 11~18 | 10~0 | 12~39 | 0.35 | 34 |
| 9 | 27~30 | 21~30 | 28~17 | 25~46 | 0.71 | 11 |
| 10 | 21~5 | 28~0 | 20~41 | 23~19 | 0.65 | 14 |
| 11 | 35~2 | 34~10 | 31~0 | 33~24 | 0.93 | 5 |
| 12 | 11~23 | 10~8 | 8~0 | 9~50 | 0.27 | 35 |
| 13 | 18~44 | 20~18 | 19~13 | 19~25 | 0.54 | 20 |
| 14 | 14~0 | 21~0 | 19~35 | 18~19 | 0.51 | 23 |
| 15 | 13~30 | 16~0 | 21~35 | 17~3 | 0.47 | 29 |
| 16 | 22~0 | 30~15 | 24~40 | 25~55 | 0.72 | 10 |
| 17 | 15~8 | 19~2 | 18~35 | 17~35 | 0.49 | 28 |
| 18 | 切 | 削 | 不 | 可 | 能 | — |
| 19 | 33~48 | 37~16 | 25~31 | 3~18 | 0.90 | 6 |
| 20 | 18~0 | 26~0 | 28~9 | 24~3 | 0.67 | 13 |
| 21 | 13~29 | 22~35 | 17~45 | 17~56 | 0.50 | 26 |
| 22 | 18~50 | 20~5 | 15~8 | 18~1 | 0.50 | 25 |
| 23 | 14~20 | 20~40 | 19~42 | 18~14 | 0.50 | 24 |
| 24 | 23~8 | 20~2 | 20~50 | 21~20 | 0.59 | 16 |
| 25 | 31~30 | 30~18 | 32~5 | 31~18 | 0.87 | 9 |
| 26 | 17~40 | 17~42 | 13~20 | 16~14 | 0.45 | 31 |
| 27 | 14~35 | 16~0 | 13~0 | 14~32 | 0.40 | 32 |
| 28 | 28~34 | 37~53 | 38~6 | 35~11 | 0.98 | 2 |
| 29 | 32~13 | 37~24 | 33~17 | 35~58 | 1.00 | 1 |
| 30 | 32~26 | 31~36 | 32~55 | 32~0 | 0.89 | 8 |
| 31 | 18~13 | 13~40 | 17~16 | 16~23 | 0.46 | 30 |
| 32 | 17~21 | 18~7 | 19~53 | 18~27 | 0.51 | 22 |
| 33 | 12~36 | 15~3 | 14~0 | 13~53 | 0.39 | 33 |
| 34 | 15~18 | 18~54 | 19~12 | 17~48 | 0.49 | 27 |
| 35 | 20~21 | 27~8 | 27~49 | 25~6 | 0.70 | 12 |
| 36 | 18~0 | 16~0 | 25~0 | 19~40 | 0.55 | 19 |

被削材 (金質 砲身鋼第4號
寸法 徑200×1,500
硬度 ショア-A40~43)

旋削條件 (旋速 30米/分
送り 0.5耗
切込 2.0耗)

附表第3 双先温度の測定

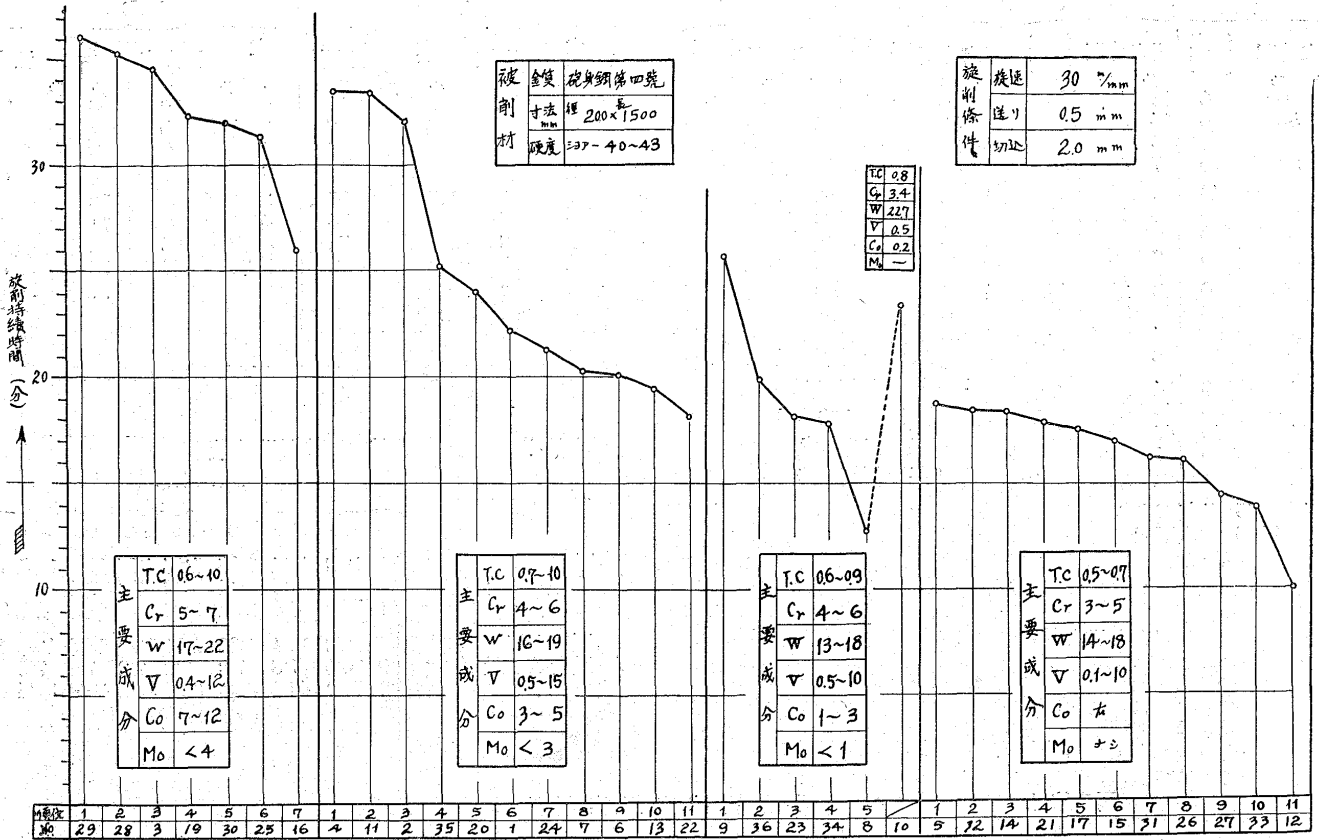
| A | | | | B | | | |
|------------------|------------|-------------|------------|-----------------|------------|-------------|------------|
| 測定時間 分 秒 | 測定温度 °C | 測定時間 分 秒 | 測定温度 °C | 測定時間 分 秒 | 測定温度 °C | 測定時間 分 秒 | 測定温度 °C |
| | 0 | 35 0 | 405 | 0 3 | 0 | 1 0 | 180 |
| | 50 | 40 0 | 410 | 5 | 50 | 30 | 230 |
| | 100 | 45 0 | "/ | 15 | 100 | 2 0 | 260 |
| | 140 | 50 0 | "/ | 30 | 140 | 30 | 300 |
| | 180 | 55 0 | 400 | 3 0 | 340 | 6 0 | 410 |
| | 210 | 60 0 | 380 | 30 | 360 | 7 0 | 420 |
| | 250 | 65 0 | 400 | 4 0 | 370 | 9 0 | 425 |
| | 280 | 70 0 | 400 | 5 0 | 390 | 11 0 | "/ |
| | 300 | 75 0 | 420 | 13 0 | 430 | 30 0 | 425 |
| | 310 | 80 0 | "/ | 16 0 | 435 | 35 0 | 415 |
| | 330 | 85 0 | "/ | 20 0 | 440 | 40 0 | 425 |
| | 340 | 90 0 | "/ | 25 0 | 435 | 45 0 | 440 |
| 5 0 | 360 | 95 0 | 420 | 50 0 | 440 | 70 0 | 435 (1) |
| 6 0 | 370 | 100 0 | "/ | 55 0 | "/ | 75 0 | 450 (2) |
| 7 0 | 380 | 105 0 | 425 | 60 0 | "/ | 80 0 | 440 (3) |
| 9 0 | 390 | 110 0 | 430 (1) | 65 0 | 430 | 85 0 | 440 (4) |
| 11 0 | 395 | 115 0 | 425 | 摘要 (1)70 被削面光る | | | |
| 13 0 | 400 | 120 0 | "/ | (2)75 双先暗褐色 | | | |
| 16 0 | "/ | 125 0 | "/ | (3)80 双先暗赤色 | | | |
| 20 0 | "/ | 130 0 | "/ (2) | (4)85 赤色より輝赤色とな | | | |
| 25 0 | "/ | "/ | "/ | る切削不能 | | | |
| 30 0 | 410 | "/ | "/ | | | | |
| 摘要 (1)110 被削面光る | | | | | | | |
| (2)130 双先暗褐色切削不能 | | | | | | | |

附表第4 熱傳導度試験成績

| 測定時間 分 秒 | 測定温度°C | | 測定時間 分 秒 | 測定温度°C | |
|-------------|--------|------|-------------|--------|------|
| | A | B | | A | B |
| 0 0 | 18 | 19 | 4 30 | 66 | 62.5 |
| 15 | 19 | 20 | 45 | 67 | 64 |
| 30 | 23 | 22 | 5 0 | 68 | 65 |
| 45 | 26 | 25 | 15 | 69 | 66.5 |
| 1 0 | 30 | 27 | 30 | 71 | 68 |
| 15 | 34 | 31 | 45 | 72 | 69 |
| 30 | 38 | 35 | 6 0 | 73 | 70 |
| 45 | 41 | 38 | 15 | 74 | 70.5 |
| 2 0 | 44 | 41 | 30 | 75 | 71.5 |
| 15 | 47 | 44 | 45 | 76 | 72.5 |
| 30 | 49 | 47 | 7 0 | 77 | 73.5 |
| 45 | 52 | 49 | 15 | 77.5 | 74 |
| 3 0 | 54 | 50.5 | 30 | 78 | 75 |
| 15 | 56 | 52.5 | 45 | 78.5 | 75.5 |
| 30 | 58 | 56 | 8 0 | 79 | 76 |
| 45 | 60 | 58 | 15 | 79.5 | 77 |
| 4 0 | 62 | 59.5 | 30 | 80 | 77.5 |
| 15 | 64 | 60.5 | | | |

附圖第 2

各種高速度鋼主要成分別旋削持續時間比較



附圖第 3 双先温度の測定(第1圖)

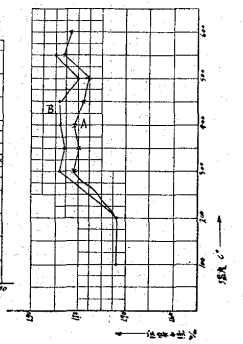
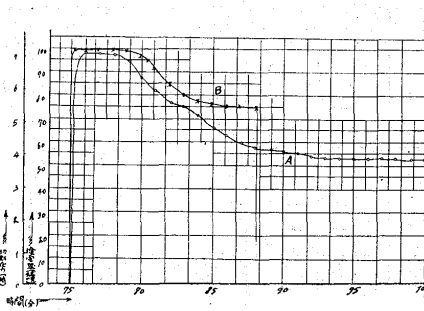
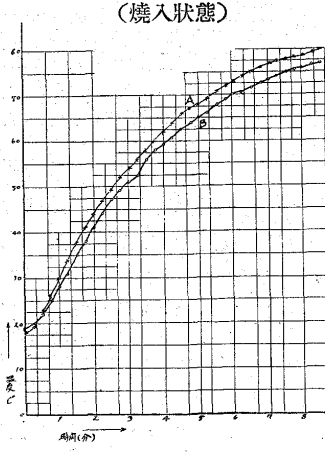
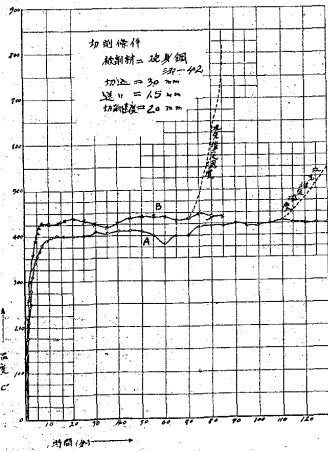
附圖第 5 熱傳導試驗成績表

附圖第 8 熱間硬度試驗成績表

(燒入狀態)

附圖第 7 切削壓力測定成績

(燒入狀態)

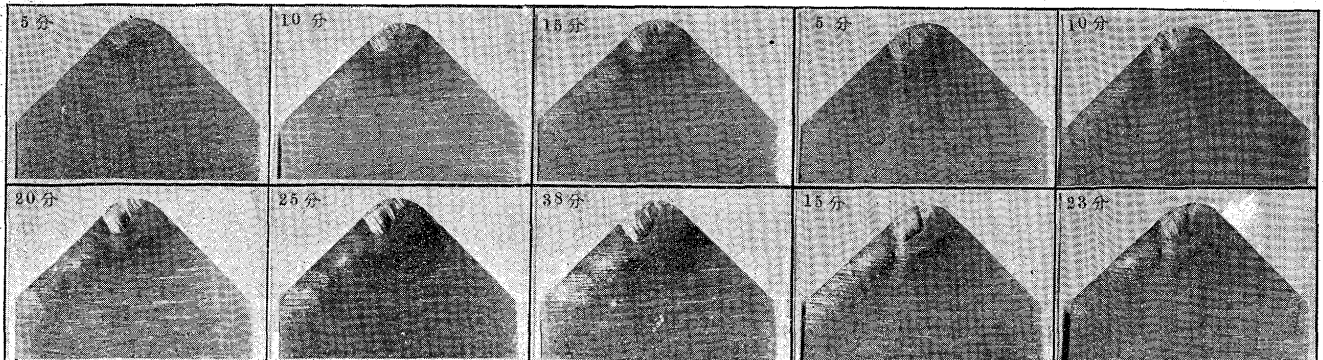


附圖第 4

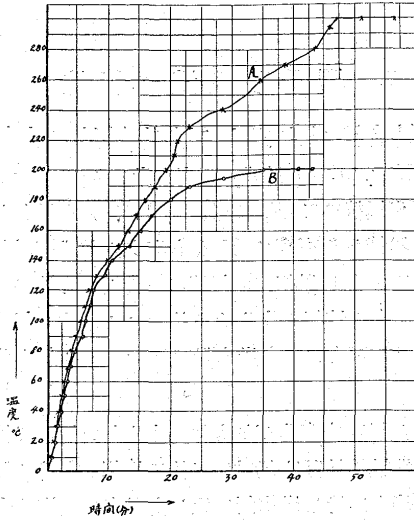
A

使用開始より經過時間

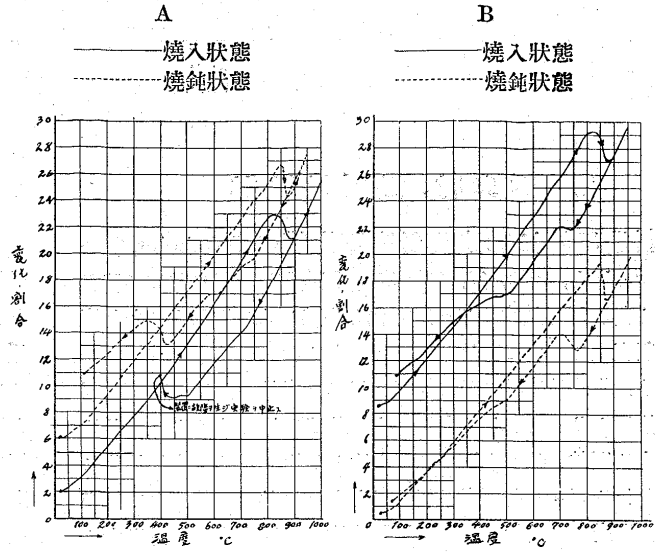
B



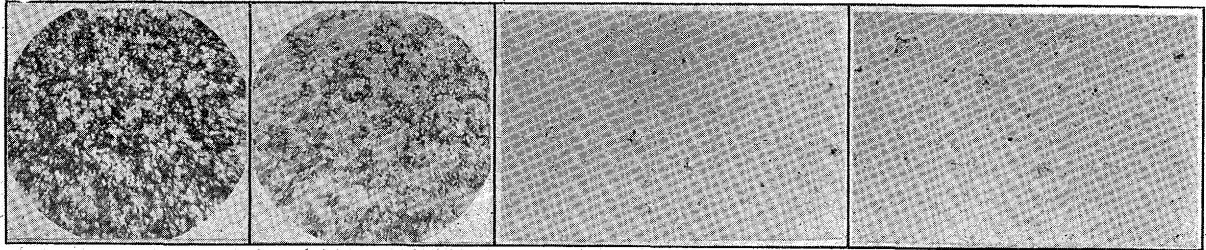
附圖第 6 刃先温度測定 (第 2 回)
 切削條件 被 削 材=硬鋼 ショア-52
 切 込=3 mm
 送 り=0.7 mm
 切削速度=30 mm



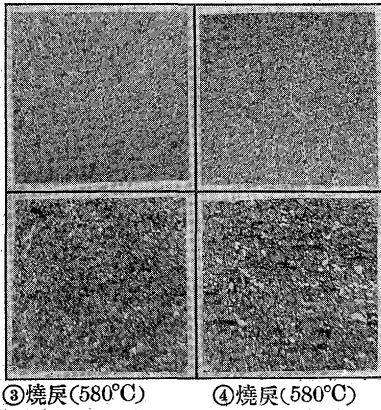
附圖第 9 變態點試驗成績



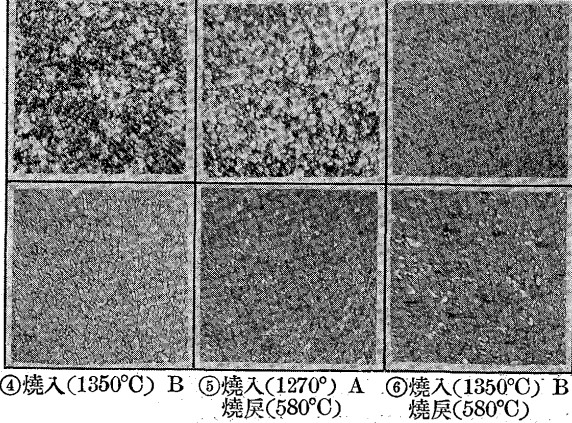
附圖第 10 (縮寫 1/2) A 300倍 腐蝕液 10% 硝酸アルコール B 300倍
 ① 焼鈍(875°C) A ② 焼鈍(850°C) B ③ 腐蝕せず A ④ 腐蝕せず B



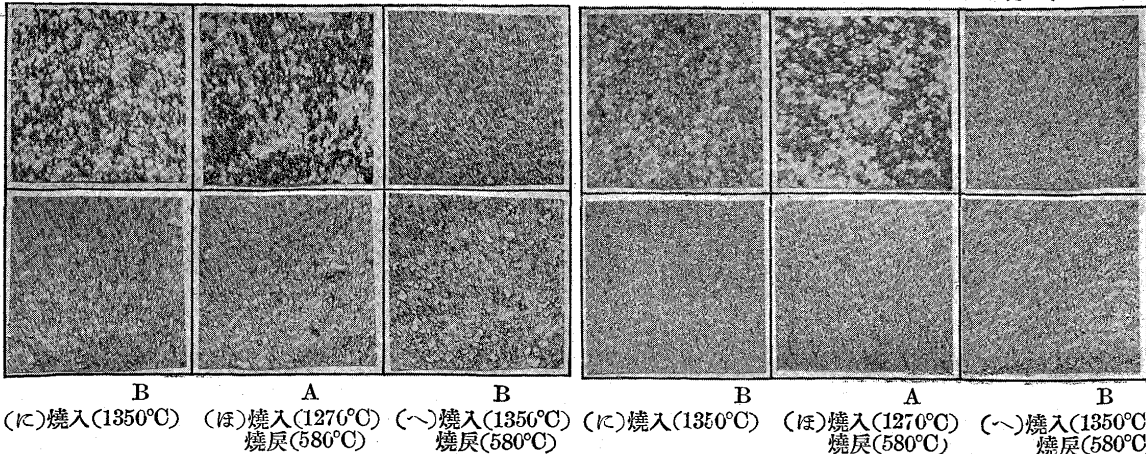
附圖第 11 (縮寫 1/2)
 A 300倍 B 300倍
 ① 焼入(1270°C) ② 焼入(1350°C)



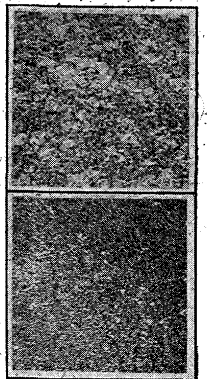
附圖第 12 製造口を異にする (縮寫 1/2)
 A 300倍 B 300倍
 ① 焼鈍(875°C) A ② 焼鈍(850°C) B ③ 焼入(1270°C) A



附圖第 13 (縮寫 1/2) A 300倍 鍛造法の研究 B 300倍 40 耗角の儘
 (い) 焼鈍(875°C)A (ろ) 焼鈍(850°C)B (は) 焼入(1270°C)A
附圖第 14 (縮寫 1/2) A 300倍 鍛造法の研究 B 300倍 何れも 25 耗角より 15 耗角に鍛伸
 (い) 焼鈍(875°C)A (ろ) 焼鈍(850°C)B (は) 焼入(1270°C)A



附圖第 15
 (縮寫 1/2)
 工廠製地金
 No. 36 300倍
 I 焼鈍(800°C)



II 焼入(1300°C)
 焼戻(600°C)