

高速度内燃機關用曲軸の製作過程に於ける 難作業と之に對する諸方法並に批判

(日本鐵鋼協會第 15 回講演大會講演 昭和 10 年 10 月)

渡 利 彦 四 郎*

FABRIKATION VON KURBELWELLEN FUER SCHNELLAUFENDE VERBRENNUNGSMOTORE
HERSTELLUNGSVERFAHREN, DEREN SCHWIERIGKEITEN UND BEURTEILUNG.

Hikosiro Watari.

UEBERSICHT:—Es ist wichtig, die Kurbelwellen nicht durch Flachschiagen mit folgendem Ausschneiden und Verdrehen herzustellen, sondern sie durchgehend im Gesenk zu pressen, wodurch ein guter Faserverlauf gewaehrleistet wird. Um ein gutes Durchschmieden zu erreichen und Torsion zu vermeiden, sollen die Wellen noch unter einem schweren Fallhammer geschlagen werden. Wegen der durch die in den letzten Jahren erfolgte Erhoehung der Umlaufgeschwindigkeiten von Flugzeugmotoren bedingten Notwendigkeit, die Motoren knapp und gedraengt zu bemessen, ist es immer schwieriger geworden, wirklich gut durchgeschmiedete Wellen mit tadellosem Faserverlauf zu erhalten. Denn durch die Verengung am Uebergang vom Lager zum Zapfen wird der Kraftfluss stark zusammengedraengt, sodass infolge der Spannungssteigerung an diesen Stellen haeufig Ermuedungsbrueche auftreten. Diese Schwierigkeit birgt noch wichtige Probleme fuer den Konstrukteur.

Die Stahlwerke haben die Aufgabe, guten Qualitaetsstahl zu liefern, der seigerungsfrei gegossen und vor allen Dingen vor der Verarbeitung (Walzen) einwandfrei durchgeglueht ist.

Bei der Zementation der Rollenlagerzapfen ist darauf zu achten, dass die Zementationsschicht ausreichende Tiefe besitzt und selbst die Gleitlagerzapfen erfordern seit den letzten Jahren einen tiefgehenden Einsatz. Festes Zementationsmittel ist gut geeignet; falls man jedoch bei niedriger Temperatur zementiert, ist lange Zementationsdauer erforderlich. Man kann auch bei hoher Temperatur einsetzen, aber dann muss zwecks besserer Diffusion in neutralem Mittel nachzementiert werden. Andererseits ist, wenn man in Leichtgas zementiert, wenig freier Zementit zugegen und Diffusion kann leicht erfolgen. Bei Beruecksichtigung beider Vorgaenge, der Zementation und der Waermebehandlung, laesst sich nicht entscheiden welches Verfahren vom wirtschaftlichen und technischen Standpunkt aus das bessere ist.

Die Nitrierhaertung hat den Vorteil, dass keine Haertespannungen auftreten, und der Verzug sehr gering ist. Ausserdem hat die Haerteschicht charakteristisch hohen Haertegrad. Jedoch ist im vergueteten Zustand hoechste Zugfestigkeit nicht immer zu erreichen. Da auch die Abkuehlung langsam erfolgen muss, neigt das Material zur Anlassproedigkeit. Schliesslich ist die Dauer des Verfahrens verhaeltnismaessig lang. Wenn man zum Beispiel *Ni Cr W*-oder *Ni Cr Mo*-Einsatzstaehle von hoher Zugfestigkeit und Zaehigkeit in Vergleich zieht, so kann man den Nitrierstahl vom Standpunkt der Zaehigkeit aus nicht als ueberlegen bezeichnen.

Als Material ist fuer Nitrierstahl von hoher Festigkeit *Cr Mo V*-Stahl zu empfehlen, wobei bemerkt sei, dass diese Loesung jedoch nicht vollkommen ist.

Die Dissoziation von Ammoniak steht hier nicht zur Frage. Da es guenstig ist, wenn die Konzentration des Ammoniaks ueber der fuer die Nitriertemperatur massgebenden Gleichgewichtskonzentration liegt, muss erfahrungsgemaess der Dissoziationswert bestimmt werden.

Wenn sich einerseits der dissoziierte Stickstoff und Wasserstoff an einzelnen Stellen ansammelt und andererseits die Konzentration des Ammoniaks hier und da zu niedrig ist, kann keine gute Nitrierung erfolgen. Es ist daher auf gleichmaessigen Fluss des Ammoniak-Gases groesster Wert zu legen. Ebenso ist die richtige Vorwaermung des Ammoniaks von Wichtigkeit. Um die Dauer des Verfahrens zu verkuerzen, muss man ferner geeignete Katalysen verwenden oder den Druck verringern, um hiermit die Dissoziations-Geschwindigkeit zu erhoehen. Bei steigender Temperatur wiederum ist der Dissoziationsdruck des Nitrids zu beruecksichtigen.

Die mechanische Ursache der Nitrier-Superhaerte wird durch verschiedene Theorien erklart, wonach die Nitride Fe_3N und Fe_2N , die sich an den Korngrenzen befinden, das α -Eisen-Gitter verspannen und ausserdem das Gleiten der Krystalle stoeren. Aber in den letzten Jahren ist demgegenueber die Frage der Wirkung der Doppelnitride in den Vordergrund gerueckt. Der Charakter der durch die uebermikroskopischen Doppelnitride erzeugten Super-Haerte ist leichter zu verstehen, wenn man die Roentgen-Analyse heranzieht und die Doppelkarbide im gehaerteten Schnelldrehstahl vergleicht.

Das Oxygen-Acetylen-Verfahren, die sogenannte Doppelduro-Haertung, hat den Verzug der Einfachheit und erzeugt in kurzer Zeit tiefe Haerten, aber sie erfordert Erfahrung und genaueste Apparaturen. Dieses Verfahren ist fuer Kurbelwellen sehr geeignet und wird in Europa und Amerika viel verwendet. Das Verhaeltnis von Haertetiefe und Umlaufgeschwindigkeit haengt von der Staerke der Brenner ab und verlauft, wie auf Grund von theoretischen Erwaegungen als auch praktischen Versuchen festgestellt ist, in einer hyperbischen Kurve.

* 川崎造船所飛行機工場

I. 緒 言

高速度内燃機と云ても 航空機用のものから自動車鐵道車輛船舶用等種々のものがある 隨て之等内燃機に使用せらる 曲軸も其形狀 大きさ 材質 処理法等各異てゐる 又製作過程も上は製鋼より下は機械仕上に至る迄頗る廣範圍に亘てゐるが 此處では 航空發動機用曲軸を中心として 従來難作業と云はれてゐる素材製法 鍛造 表面硬化及び焼入等について一通り申述べて見たいと思ふ

曲軸製造に於て難作業と稱すべきものは 素材に於ける白點 鍛造に於ける繊維 表面硬化 熱處理等の問題なり 殊に航空機用曲軸は馬力が大で而かも形が短小であらねばならぬから之の製造には幾多の難關がある 一般にブレンペアリングが多く隨て表面硬化の問題は餘り考へられなかつたけれ共 近年航空發動機を始め 其他總べての内燃機關も高馬力になりつゝあるので壓力も 廻轉數も増し 隨て軸承合金も強靱なものを必要とし 曲軸の表面硬化は重要な問題となつてゐる 當工場では嘗て製作せるローラー軸承用曲軸の鍛造 滲炭 焼入 機械仕上等に於て 具に其困難を経験してゐる 第 1 表¹⁾は各國の航空發動機一覽表である

II. 素 材 製 法

素材の製造で先づ大切な事は 熔鋼量及び之れの精鍊 次いで鋼塊の大きさ及形状及び之より素材を壓鍊して作り上げる迄の熱間操作である

先づ航空用曲軸の素材製造の一例を述べよう²⁾

(1) 化學成分第 2 表に示す如く滲炭用 $Ni-Cr-W$ 鋼である

(2) 鋼塊の形状及び大きさ 第 1 圖に示す如く $3t$ の鹽基性電氣爐鋼塊で 形状は角形で頂部は $610mm^2$ 底部は $558mm^2$ 胴の長さ $900mm$ である

(3) 鋼塊の壓鍊 鋼塊は不均等なる冷却を防ぐため 鑄型の儘凝固直後溶解工場より赤熱状態のまま 壓鍊工場に送り $1,000\sim 1,100^\circ C$ に徐々に加熱し 次に之を $1,500$ 噸の水壓プレスにて壓鍊し 底部に於て全重量の 5% 頂部に於て 34% に相當するものを切捨て 第 2 圖に示す如き寸度に壓鍊し 旋削して表面の缺點を除去するために $650^\circ C$

にて $4h$ 焼鈍し 爐中冷却を行ふ 表面を旋削後疵の有無を検査す 以上の検査を終りたる後更に $1,000\sim 1,100^\circ C$ に加熱し 再び水壓機にて壓潰作業(縦の方向に壓縮する作業にして押し据え又は据縮とも云ふ)を行ひ第 3 圖の如き $216mm^2$ 長さ $1,020mm$ の角素材を 4 本製作す されば旋削其他によりて失はれたる減量は 12% $366kg$ なり 素材 4 本の重量 $1,480kg$ にして原鋼塊重量 $3,044kg$ に對し 素材仕上率は 48% なり 今第 4 圖の如く鍛鍊し 第 5 圖の如く中央の缺陷部を除去すれば (中央部 $134kg$ 4.42%) 旋削其他の減量を前同様 12% として 39.6% の素材仕上率なり 又鋼塊の大きさを第 6 圖の如く $850kg$ とし 頂部切捨 $130kg$ 15.3% 底部 $25.5kg$ 3% 旋削其他の減量を 12.3% $105kg$ とすれば 素材仕上率は 69.4% となる 鋼塊の大きさは素材によつて適當に定むべきも 餘りに大なる時は中央部の缺陷も大きく隨て之を除去するを要し 又餘り小なる時は鍛造率小にしてデンドライトを殘す危険あり 熔鋼量も普通 3 噸乃至 6 噸なるも 大なるものは 10~15 噸のものもある

水壓機による壓鍊は先づ鋼塊内部の柱狀結晶樹型晶又はデンドライトと云ふを微細化し 素材の内部迄良く 壓鍊効果あらしむるものにして 鋼塊の大きさに應じて水壓機の容量も増さなければならぬ。¹⁾

次に素材と不可分の關係あるのは 鋼塊に表はれる 諸缺陷と白點 (Flake, Flocken, White Spot) である 諸缺陷とは偏析 パイプ 内外部の熱的歪み割れ gas inclusion, slag, ghost 等であつて 之等は必ずしも明確に獨立的のもののみではない 殊に偏析 slag, gas inclusion などは關係が深いように思ふ 白點を之等鋼塊の缺陷として數ふべきか 或ひは後天的の熱扱ひによるものとすべきかについては未だ説が確定してゐないが 白點の起る時期は別として 其の遠因は鋼塊の缺陷に關係してゐる この中偏析特に各成分偏析に重點を置き C, Ni, Cr, Mo 等の元素が偏在することにより部分的に變態に差異を生じ それによつて起る内部歪みに主因を置くものと²⁾ 種々の酸化物即ち slag の偏析 (seigerungen 邦語で特に凝離と譯す) に重きを置く説とある³⁾ 重點を何れに置くにしても 結晶粒間に Ni, Cr 等の諸元素が偏析し 其のために變態點が降下しマルテンサイトとなるために 其附近のソルバ

¹⁾ 航空記事 第 151 號乃至第 157 號 (1935)

²⁾ 素材製法より鍛造法にかけて製鋼工場釘澤慶八氏の報告に負ふ所多し記して謝す

¹⁾ 谷山巖 鐵と鋼 第 22 年第 11 號 (1936)

²⁾ Eilender & Kiessler, P. Bardenhaner

³⁾ A. Hultgren, O. Kukla, 谷山巖

イトやパーライトとの間に起る内部歪に言及してゐる點は一致してゐる

又鋼中に含まる水素が白點の成因に密接なる關係があり之れが冷却の過程 $200^{\circ}\sim 300^{\circ}\text{C}$ に於て生ずるとの説も出てゐる¹⁾

之等の説の中 Slag が核となつて其の周圍との熱的歪みによつて白點を生ずるものか 其他の成分偏析と併せ考へて組織的歪みによつて生ずるかについては 未だ明確に了解出來ないけれ共 現在最も中立的に 實際に則して妥當と考へられる説は 鋼材の種類によつて之等の説が何れも起り得るとの見方である²⁾

即ち Ni , Cr の如き水素化合物を作り易いものは之等が偏析して冷却の途中分解して出來た H_2 の壓力によつて割れ易い即ち Ni , Cr 鋼系に起る白點は水素説によつて説明出來るもので 白點の形狀は微細である H_2 の含有は熔鋼に關するものであるから先天的のものとするのである

次に Cr , Mo 系のものに表はれる白點は 線が大きく直線的である 之は Cr , Mo 等の元素の偏析により冷却の際局部的に變態に差異を生じ マルテンサイト ソルバイト等の體積的張力により白點を生じ易いとするもので 之れは後天説である 且つ Nodular Troostite が出易い如き冷却速度に於て最も白點が出易い 又白點の起る時期も 600°C 附近と 200°C 附近と二つあり

當工場で使用してゐる鋼材の中 白點の起き易いものは 肌焼 Ni Cr 鋼 Ni Cr 半硬鋼 95kg Ni Cr 鋼 100kg Cr Mo 鋼等である

又曲軸鋼として用ひてゐる 115kg Ni Cr W 鋼には白點が少ない Ni , Cr 又は Cr Mo の如き特殊二元素のものより Ni Cr W , Ni Cr Mo , Ni Cr W Mo 又は

Cr Mo V の如き特殊三元素の鋼材に比較的白點の少ないのは 一つには原料を精選する爲でもあらうし 又偏析が少なくなる爲でもあらうと思はれる I. Musatti³⁾ は Ni Cr Mo 鋼を H_2 氣流中で白點成生の實驗をされた 航空機用特殊鋼は次第に 特殊二元素あり特殊三元素に變りつゝありて 隨て之に表はれる白點の成因についても 複雑多岐のものにならうけれ共 要するに 白點の成因は如上の諸因の綜合と見るより外はない

次に白點防止法として諸家の唱へらる 重要なるものを

擧ぐれば

- (1) 精鍊中濕氣其他水素を發生する如き材料を用ひぬこと
- (2) スクラップ銹の多いものを用ひぬこと
- (3) 精鍊溫度は出来るだけ高く 時間も長くし 鑄造溫度は出来るだけ低いこと
- (4) 裝入材料に銑鐵を加へて其炭素量を高め 熔解後 赤鐵礦を加へて酸化沸騰せしめ 脱酸の目的を達すると共に 水素其他の不純物をも放出せしむ 之れ酸化熔鍊法と稱する新しき試みなり¹⁾
- (5) 出鋼前に出来るだけ湯を鎮靜して 微粒子状として湯内に懸浮してゐる Slag を浮き上げるようにすること
- (6) 鋼塊を良く豫熱すること

鋼塊の凝固は先づ鑄型の壁に近き部分より初まり 壁に直角の方向に大なる一次樹型晶(柱狀結晶)を生じ 又この中に小なる二次結晶を生じ 内部は均等に總ての方向に樹型晶が發達してゐる 之れ自由結晶である

然して之等の結晶境界には PS 其他の不純物が偏析する(結晶偏析) 又樹枝狀の根幹以外の部分に Ni , Cr 等が偏析され 鋼塊の外側より内方に向て主として炭素が偏析される 之等の偏析が白點の重大なる因を爲すから 鋼塊は相當高溫度で豫熱を行ひ 擴散を行はねばならぬ

近年研究の結果 曲軸の鋼塊は第7圖の如く約 $1,200^{\circ}\text{C}$ で $30\sim 40\text{h}$ 豫熱を行てゐる

唯此場合考へねばならぬことは 高溫長時間の加熱に依る結晶粒の生長である 然し之は炭素鋼には $1,200^{\circ}\text{C}$ 以上に於て甚しいが²⁾ 特殊鋼にては此影響が少いようである³⁾

之を要するに各社の素材製法を比較検討すると次の如し 熔鋼法としては直ちに鹽基性電氣爐で精鍊を行ふ方法と 一旦平爐で熔鋼して次に電氣爐に移して行ふ方法もある 又一回の熔鋼量は $7\sim 8$ 噸乃至 $10\sim 15$ 噸まであり

鑄込溫度は $1,400\sim 1,600^{\circ}\text{C}$ 鋼塊の大いさは $320\sim 370\text{mm}$ 乃至は $350\sim 450\text{mm}$ 長さは $1,000\sim 1,200\text{mm}$ 鋼塊の豫熱は $1,000\sim 1,200^{\circ}\text{C}$ に於て $7\sim 8\text{h}$ 加熱し 一旦 200°C 附近まで冷却せしめ 更に 950°C に焼戻して旋削する方法と $1,000\sim 1,200^{\circ}\text{C}$ に於てそのまま $20\sim 40\text{h}$ 加熱し 赤

¹⁾ E. Hondremont u. H. Korschan. St. u. E. 14. März. 1935, 297.

²⁾ 錦織清治 電氣製鋼 Vol. 12. No. 11. (1936) 525.

³⁾ I. Musatti Rev. de. Met. Nov. 1935, 531

¹⁾ 谷山巖 前出

²⁾ 濱住松二郎 鍛造法-實用金屬材料講座 No. 10 (1936)

³⁾ W. Rohland. St. u. E. 47 (1927) S. 52

第 1 表 現 各 國 大 馬 力 航 空 發 動 機 一 覽 (其 一)

國別	名 稱	構 造	馬力 HP	型	國別	名 稱	構 造	馬力 HP	型	
伊 太 利	フィアット A20A	高壓縮發動機	410-550	直列	佛 蘭 西	ロ レ ン ギューリー	水冷12氣箭W型	600	直列	
	フィアット A24R	減速機附	720-760	直列		ル ノ ー	聯動機及與壓機附	650	直列	
	フィアット A30R	減速機附	550-850	直列	1931年のシュナイダー盃競技用として製造					
	フィアット A.S. 6	1931 シュナイダー 杯競技用水冷20氣 箭減速式	2,800	直列	佛 蘭 西	ルノー 12 Ncr	聯動機及與壓機付	2,000	直列	
	Ass0-750R	水冷18氣箭W型	850-900	直列		サルムソン 18AB	二重式18氣箭空冷	500-565	星型	
	Ass0-500RI	水冷12氣箭減速式	250	直列	米 國	プラットアンド ホイットニイ.ワスプ	9 氣 箭 空 冷	420-500	星型	
獨 逸	B.M.W. VI 型	12氣箭水冷聯 機動附	650	直列		プラットアンド ホイットニイネー ネット	聯動式空冷9氣箭	600-725	星型	
	B. M. W. IX a	12氣箭水冷聯 機動附	800	直列		プラットアンド ホイットニイ 二重ワスプ	空冷 14 氣 箭	775-825	星型	
	エンカース L 880	12氣箭與壓附 長廻轉軸附	800	直列		ライドボワール トド R-975-El型	空冷 9 氣 箭	465	星型	
	エンカース L5G	6 氣 箭 水 冷	380-425	直列		ライドサイクロン R-1820-F	空冷 9 氣 箭	700	星型	
	エンカース ユモ 5-C 1	重油發 動 機 6 氣 箭 水 冷	420-540	双直列	カーチス コンテラー GV-1570型	V型聯動式12 氣箭液體冷却	600	直別		
	エンカース L 55	12氣 箭 水 冷	500	直列	チ ェ ー ス コ バ キ ヤ	ワルター ボラックⅡ	9 氣 箭 空 冷	340	星型	
	メルセデス ベンツ F 2	12氣 箭 水 冷 與 壓 機 附	880	直列		アピ ア W 44	18氣箭水冷W	1,000	直列	
	シーメンス Sh 20	9 氣 箭 空 冷	420-540	星型		プ ラ ガ "ESVR.,	聯動式水冷 12 氣 箭 V 型	650-770	直列	
佛 蘭 西	デラージュ 12 GV. I S	水冷 12 氣 箭	450	倒直列	英 國	アームストロング シッド レイ レオパード	二 重 星 型 聯 動 式 14 氣 箭 空 冷	800	重星型	
	ファルマン 12 W. I	12 氣 箭 水 冷	650	倒直列		アームストロングシ ド レイタイガー	14 氣 箭 空 冷	720	星型	
	ファルマン 12 Brs	水冷 12 氣 箭	420	倒直列		アームストロングシ ド レイパンザー	二重星型 14 氣 箭 空 冷	550	重星型	
	ファルマン 18 T 型	水冷 18 氣 箭 W 型	1,200-1,480	倒直列		アームストロングシ ド レイジャガー	14 氣 箭 空 冷	400	二重 星型	
1931. シュナイダー盃競技に使用のもの							プリストル ジュピ タ -VIII 型	9 氣 箭 空 冷	460	星型
蘭 西	グノーム. ロー ン 14 K ミストラ ル メージャー	空冷 14 氣 箭	815-1,155	星型		プリストルベガサ ス IIM型	聯動式 9 氣 箭空冷	550	星型	
	イスパノ. スイ ザ 12 Hbr	水冷 12 氣 箭 V型聯動式	500-580	直列		プリストルアーキ ュ リー V-S2 型	9 氣 箭 空 冷	550	星型	
	イスパノ. スイ ザ 18 Sb	水冷 18 氣 箭 W 型	1,000-1,125	直列		ネピアライオン 直立XV型	V型 12 氣 箭 水 冷	550	直列	
	イスパノ. スイ ザ 12 Ybrs	水冷12氣箭聯 動式及與壓式	800-850	直列		ロールスロイス ケスレル	V型 12 氣 箭 水 冷	525	直列	
	イスパノ. スイ ザ 12 Xbrs	水冷 12 氣 箭 V 型 聯動式及與壓式	500-650	直列		ロールスロイス ラザード	V型 12 氣 箭 水 冷	825	直列	
	イスパノ. スイ ザ 9 V 型	空冷 9 氣 箭	575	星型	ロールスロイス "R" 型	V型水 競 走 用 冷	2,300	直列		
	ローレン. ペトレル "	水冷 12 氣 箭 與 壓 式	500-800	直列						

第 2 表

製鋼番號	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	W
E-8351	0.22	0.22	0.58	0.017	0.006	3.70	1.86	0.80
E-8584	0.21	0.16	0.36	0.020	0.003	3.96	1.43	0.89
E-8612	0.20	0.15	0.35	0.020	0.002	3.85	1.30	0.80

第 3 表 機 械 的 試 験 成 績

試 料 番 號	抗張力 kg/mm ²	弾性限 kg/mm ²	延伸 率%	弾性界 抗張力 %	斷 面 收 縮 率 %	打 針 回 數 (松 村 式)	衝擊値 kgm/ cm ²	硬 度 H B
E-8351T	142.5	133.7	12.0	93.8	56.9	15923	9.2	418
" B	141.9	129.5	10.9	91.2	49.4	16292	9.1	418
E-8589T	140.8	124.4	10.8	88.3	50.4	17603	7.2	418
" B	144.7	123.9	11.5	85.6	48.4	16724	7.8	418
E-8912T	117.8	97.5	12.8	82.7	52.5	11180	8.8	340
" B	112.3	100.8	11.5	89.7	52.9	11089	8.2	340

表中シャルピー衝擊値は各 3 本の平均値を示す

第 4 表 疲 勞 試 験 成 績 試 料 T.

記 號	荷 重 kg/mm ²	回 轉 數	回 轉 數	備 考
T ₁	55.00	26,538	4'42386×10 ⁴	折 損
T ₂	45.00	217,684	5'33790×10 ⁵	"
T ₃	43.00	242,420	5'58456 "	"
T ₄	40.00	351,516	5'54575 "	"
T ₅	37.00	621,935	5'79374 "	"
T ₆	36.00	2,136,548	6'329708×10 ⁶	"
T ₇	35.00	44,011,919	7'643567	→折れず
T ₈	34.00	13,601,090	7'133572	→"

疲勞限界 ± 35.2 kg/mm²

第 7 表

種 類	T.C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo
鑄 鐵 用	2.25~ 2.80	1.0~2.30		0.8~4.0	0.2~0.5	0.6~0.9
鑄 鋼 用	3.0~0.6	0.16~ 0.35	0.6~0.9	1.5~4.25	0.6~1.3	0.2~0.6

第 5 表 試料 B

記 號	荷 重 kgs/mm ²	回 轉 數	回 轉 數	備 考
B ₁	45.00	46,640	4'66876 × 10 ⁴	折 損
B ₂	39.00	218,345	5'39014 × 10 ⁵	〃
B ₃	38.00	214,255	5'33094 "	〃
B ₄	36.00	298,115	5'47438 "	〃
B ₅	36.00	301,300	5'47900 "	〃
B ₆	34.00	13,204,458	7'120584 × 10 ⁷	〃
B ₆	33.00	6,977,737	6'843714 × 10 ⁶	〃
B ₇	33.00	21,222,397	7'326754 × 10 ⁷	〃

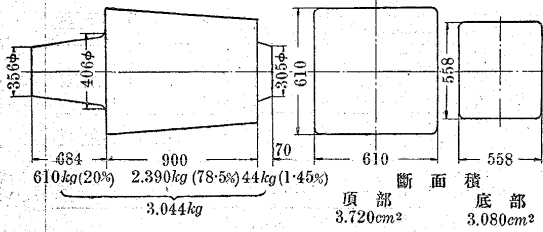
疲勞限界 ± 32.5 kg/mm²

第 6 表 小野式繰返彎曲試驗成績

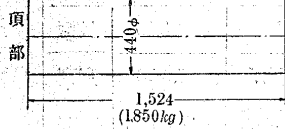
試片 記號	試片直徑 cm	繰返彎曲試驗			破壊までの 繰返曲數	備 考
		廻轉數 r.p.m	荷 重 kg	屈撓應 力 kg		
0-4-2	1.200	1800	100	58'949	381100	折 損
3	"	"	85	50'104	181700	〃
4	"	"	70	41'262	844800	折れず
5	"	"	77	45'388	244000	折 損
6	"	"	73	43'030	568800	〃
0-4-7	"	"	75	44'209	10859900	折れず
-8	"	"	81	47'746	10136900	〃

疲勞限界 kg/cm² 4303.0

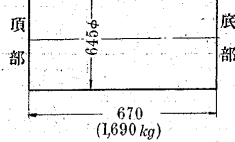
第 1 圖 鑄塊ノ形状及ビ大サ



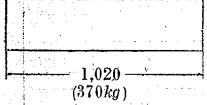
第 2 圖



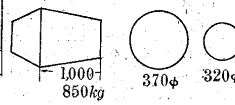
第 4 圖



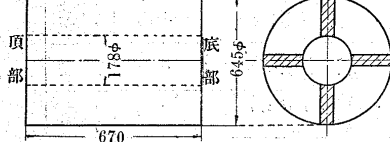
第 3 圖



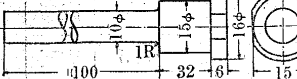
第 6 圖 鋼塊ノ形状及ビ大サ



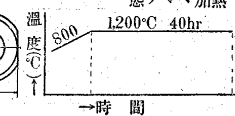
第 5 圖



第 12 圖 試驗片寸法(mm)



第 7 圖 鑄鋼後赤熱状態ノマ、加熱



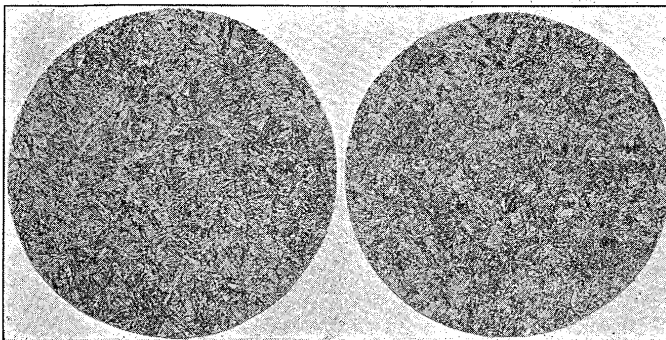
第 9 圖 A

E-8351 焼入後の顯微鏡織組

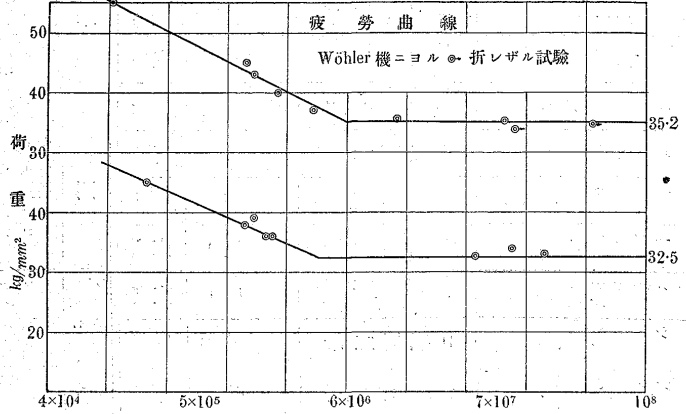
頂部 ×210

第 9 圖 B

底部 ×210

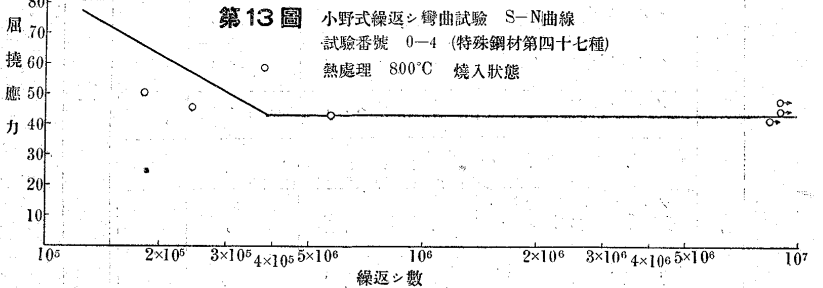


第 11 圖

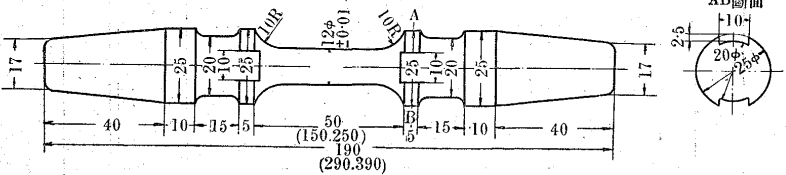


第 13 圖

小野式繰返彎曲試驗 S-N曲線
試驗番號 0-4 (特殊鋼材第四十七種)
熱處理 800°C 焼入状態



第 14 圖 第五號疲勞試驗片



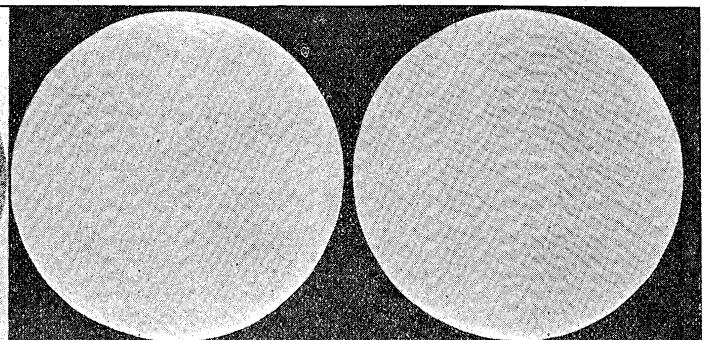
第 10 圖 A

頂部 ×70

第 10 圖 B

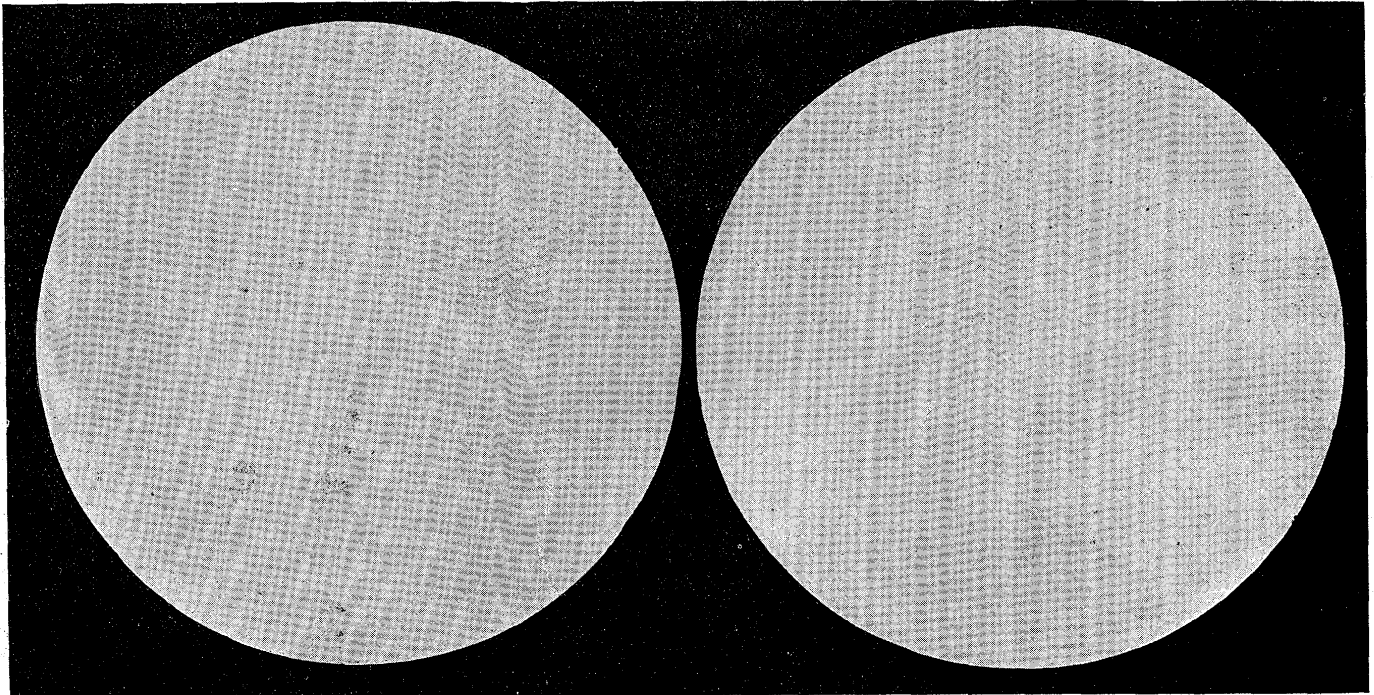
E-8612 鋼滓の分布状態を示す

底部 ×70



第 8 圖 A E. 85-84 T

B E. 85-84 B



熱のまま、壓鍊作業に移す方法もあれど 工場によつて必ずしも一定してゐない。

壓鍊温度は 1,000~1,200°C 鋼塊は樹型晶を壓潰するために原断面積の 1/4~1/5 に壓延す 又一層壓延効果を心部まで利かすために縦の方向に略 30% 壓縮して組織を均一且つ緻密ならしむ 壓縮して又元に復する作業を据える又は据縮と云ふ

素材試験 素材の中 鋼塊の頂部及底部に相當する部分より品質試験及機械試験片を採取し下の如き試験を爲す (T: 頂部: B 底部)

A. 品質試験

(1) Sulphur Printing 試験 頂部及底部より各 1 個宛試料を採取し 一端を完全に研磨したる後 Baumann 氏法により硫黄の分布状態を検出す (第 8 圖 A B)

(2) 顯微鏡組織並にスラッグの有無を検す

(第 9 圖 AB 第 10 圖 AB 参照)

(3) 白點の判別 素材より 12mm 厚みに切り取り之を十字に割りて其破面を検す 又は 50% 鹽酸煮沸を行ひて白點の有無を検す

B. 機械試験

(1) 諸機械的試験 頂部及び底部より各 1 個の試料を採取し何れも直径 100mm 長さ 200mm に鍛伸したる後 900°C にて 2h 保持後空冷 次に 650°C にて 1h 焼戻後 爐中冷却を行ふ 之を外徑 85mm 内徑 45mm の中空圓筒

狀に削りたる後次の熱處理を行ふ

E-8351 焼入 800°C 油中 焼入後各試料共 180°C にて

E-8584 " 790°C " 4h 油煮す

E-8612 " 810°C "

機械試験成績第 3 表の如し 又屈曲試験を行ふ 即ち直径 15mm に仕上たる試料を 180° 屈曲せしめ内側半径 0 に達する迄屈曲せしむるも抗張側に裂疵を生ぜず 只壓縮側にのみ僅かなる裂疵を生ず

(2) 疲勞試験 第 4 表及第 5 表第 11 圖は Wöhler 式疲勞試験¹⁾の結果を示す

頂部試験にては疲勞限界 $\pm 35.2 \text{ kg/mm}^2$ 底部にては略 $\pm 32.5 \text{ kg/mm}^2$ なり 第 12 圖は之の試験片の寸度

之で見ると頂部の方が底部より良好である

又最近當所に於て小野式屈撓疲勞試験を行た 第 6 表及第 13 圖は之の成績を示す 疲勞限界は 43 kg/mm^2 であるから Wöhler 式の値よりも稍高い 尤も之は製鋼時期もチャージも異なるから直接の比較にはならないが参考の爲載せることにした 第 14 圖は小野式の試料寸度を示す

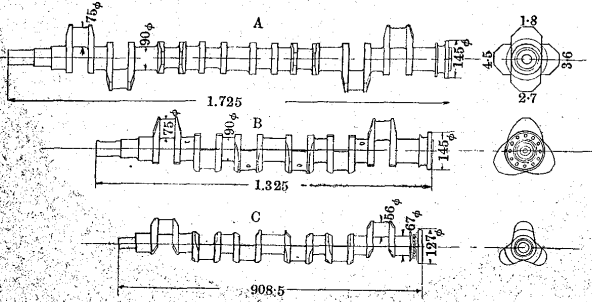
A 會社の素材試験を述べ 鋼塊を 3~4 個鑄造する毎に直径 120mm 重量約 60kg の試験鋼塊を造り 之を 50mm の棒狀に鍛造し 棒材より 1 個の横方向破断試験片を採り 其殘部を以て再び 25 mm^2 の棒材及び横断面 $5 \times 50 \text{ mm}$ の板

¹⁾ 住友製鋼所に依頼し 柳澤 山下兩技師によりて行はれたるもの (昭和 8 年 2 月)

1 個を鍛造し或は試験片を製し 鍛造に基づく結晶の経過を検査す 次に原材 3 個又は 3 個を鑄造する毎に原材を横斷し 厚さ 20mm の板を採り 磨きて鹽酸にて豫め腐蝕せしめ再び鹽化銅アモニウム液にて腐蝕せしめ 樹枝状の組織を表現せしむ 此試験は結晶の分布状態を検査し組織の全體に亘りて均齊なるや否やを検定す

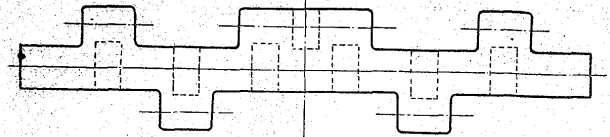
之を要するに素材製作過程に於て偏析 鋼滓含有状態 白點の有無等の品質検査を行はねばならぬ 成分や機械試験

第 16 圖

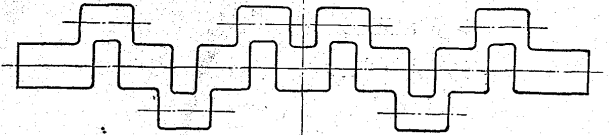


第 18 圖

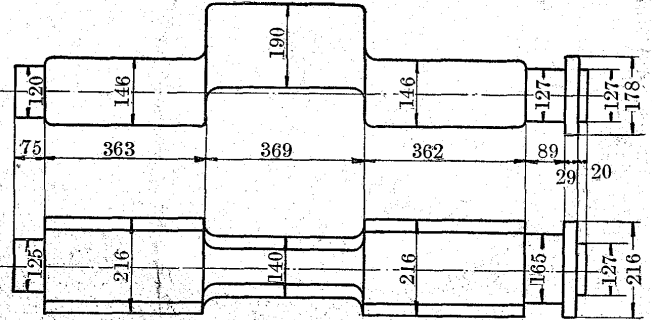
第 15 圖 (A)



(B)



第 17 圖



第 24 圖

第 23 圖

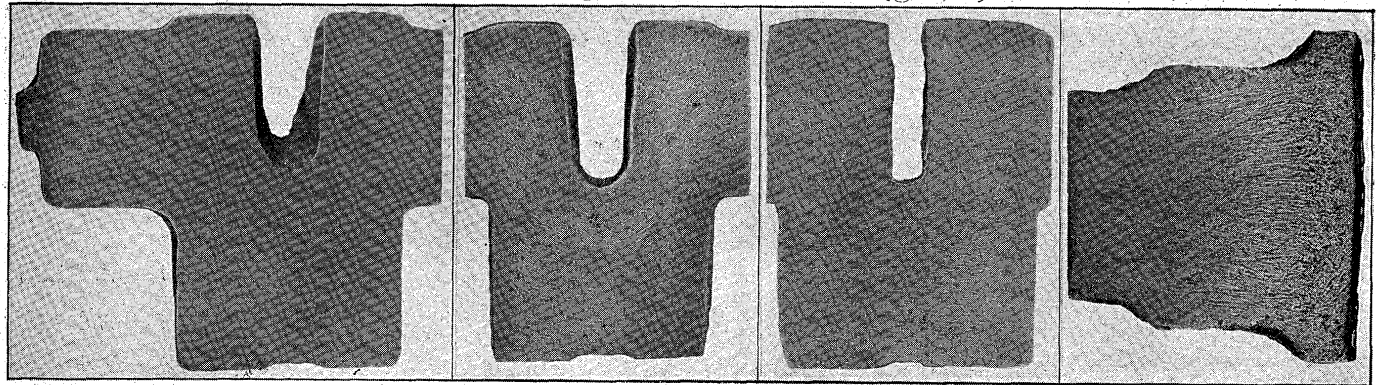


第 19 圖 クランクピン①(⑥も同じ)

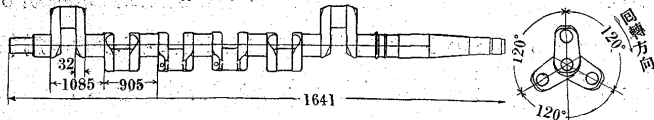
第 20 圖 クランクピン② (⑤も同じ)

第 21 圖 クランクピン③ (④も同じ)

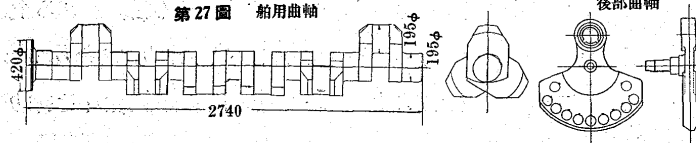
第 22 圖 鍔の部



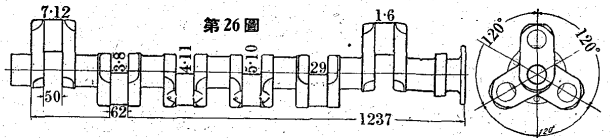
第 25 圖



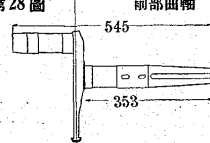
第 27 圖 船用曲軸



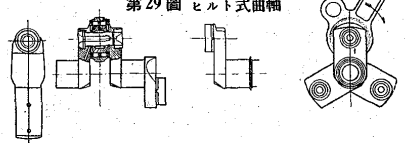
第 26 圖

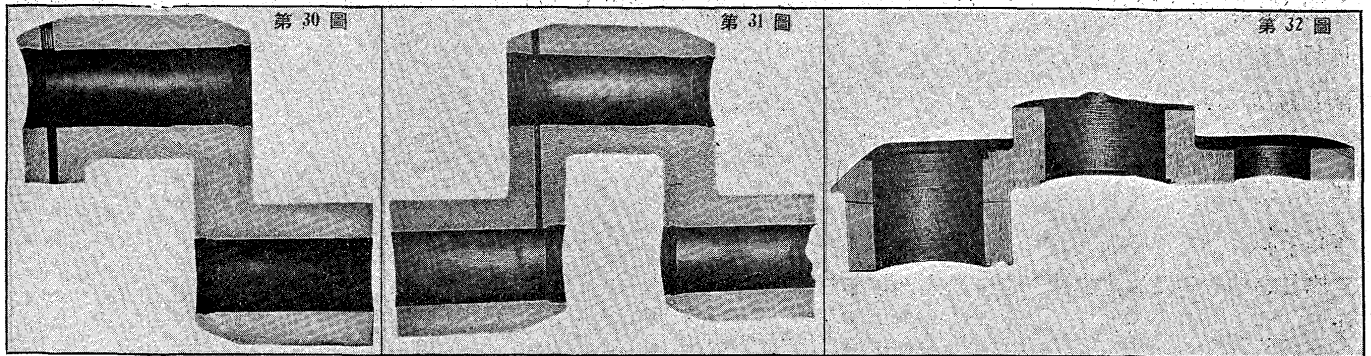


第 28 圖 前部曲軸



第 29 圖 ヒルト式曲軸





のみでは不可である

曲軸の一端に直径約 60mm の試験片を鍛着し 約 30mm と 150mm の長さで切斷部を記し 30mm の試験片は滲炭試験に 150mm のものは軸の強度試験に供せらる

III. 鍛 造 法

従来一般曲軸の鍛造法として採用せられたのは 第 15 圖 A の如くクランクピン部を塊として先づ扁平に鍛造し 腕及びピン部を點線の如く削り出し之を 60° 宛振て作る方法である 之は全然繊維が通てゐない 次に第 15 圖 B に示す如く 初め熊手状の型に入れて繊維を通し 之を 60° 宛振て作る方法がある この方法は A のよりも繊維は通たが 腕を振た際繊維が切れる 心配がある 自動車とか鐵道車輛用の如き比較的馬力の小さいものでは上述の削り出し振り又は小さいものは初からスタンプ鍛造してゐる第 16 圖 ABC に示したものは之等車輛用並自動車用曲軸の一例である 然し航空發動機の如き高馬力のものには 出来る丈け繊維を通し 振らない方が好いので 我社では之について十餘年前から鋭意研究を行た 釘澤慶八氏主として之を擔任し 始めて無振り式全型入法を試みた 鍛造法は難作業の一で 繊維の通た振らない曲軸を作るために 第 17 圖の如き粗鍛造せるものを 1,500t の水壓プレスで終始同一型を用ひて反復型押しをした 斯くして得られた曲軸は第 18 圖の如し。

各部の繊維の流れは第 19 圖乃至第 22 圖に示す如し 尙之も鍛鍊が不充分なので最近川崎製鋼工場で苦心研究の結果第 17 圖の粗鍛造せるものを各部毎に充分型入して繊維を通した後 之を水壓プレスにて方向を合はせ 次いで 8t のドロップハンマーで良く鍛打し 極めて良好なる曲軸を製造することに成功した (第 23 圖及第 24 圖参照) 第 25 圖及第 26 圖は此種の鍛造法によつて作る航空用曲軸の一例である 次に船舶用の極めて大なる曲軸に於ても其種類

並に形に應じて削出し又は各部毎に良くプレスして繊維を通すように努力してゐる 第 27 圖は之の一例である 次に近年組立式曲軸も出来てゐる ヒルト式曲軸と稱してゐる 第 29 圖従來の星型航空發動機用の曲軸第 28 圖も一種の組立式であるが ヒルト式のは直列型のものについて各クランクピンを別箇に作り滲炭硬化し 各腕と冠齒によつて嚙合はせ之をボルトで固く緊めつけたものである

此式のものゝ鍛造が簡單で 部品の交換も出来 一見至極便利に見えるけれど 共 心出し機械加工が困難で 左様に簡單なるものではない 又最近特殊鑄鐵或は鑄鋼の曲軸が出来てゐる 之にも色々の特徴もあるが未だ自動車用の範圍を出ないようである 鑄鋼のものは鑄造後鍛鍊が利くから一層丈夫である 之等の成分は大體第 7 表の如し

尙鍛造に於て繊維を通すことは何人も望む所であるけれど 共 曲軸の形により或は設備上大なる水壓プレスを必要とするため出来ない場合もある 斯る場合には實用上差支ない程度に致すより仕方がない 繊維を通すと松村式繰返衝撃値や衝撃値が良くなる。¹⁾ 又設計上繊維を通し得ないものもある 斯る場合には曲軸は一層弱められるから 設計上に於ても考慮を必要とすることゝなる 第 30 圖乃至第 32 圖は繊維を通したものと然らざるものとの状態をマクロエッチによつて示したものである

A 會社の曲軸鍛造法 前記の如く鋼塊を水壓機にて据えた後再び 1,000~1,050°C に熱し曲軸の粗形を鍛造す 曲軸の粗材は壓搾を行はざるを以て移行部の断面は比較的粗雜なり 各個の曲軸部分は同一原材を壓し屈曲せしむるものなるを以て 曲軸臂間の曲軸栓(クランクピン)は著しき緊張を免れず 故に外部以上に著しき樹枝状の組織を有する原材の眞髓は曲軸栓の表面に壓迫せらる 之れ完成曲軸栓に線狀の附影を生ずる原因なり

荒鍛したる曲軸を 1,050~1,080°C に熱し 鍛型に打込

¹⁾ 玉置正一. 永澤清. 鐵と鋼. Vol. 17. No. 11. 37.

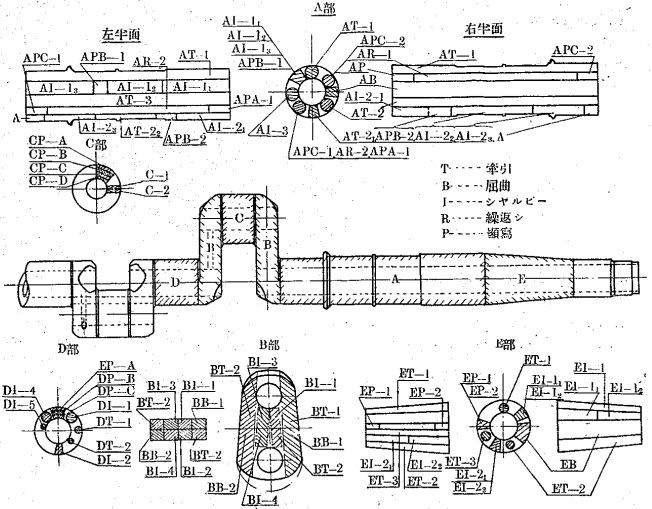
み約 20 回の打撃を與え 2 回又は 3 回の加熱を其中間に行ふを必要とす 鍛型内にて打撃を加へたる直後に角を落し再び 900°C に熱し 3 回乃至 4 回強打撃を加へ平滑ならしむ 鍛型に打込みたる原材を 850°C に熱し空氣中にて冷却せしめたる後 長時間 600~620°C の軟化處理を行ひ頗る徐々に冷却せしむ

原材を焼均したる後曲軸臂 曲軸主栓 曲軸々承部を加工す 此加工中に 600~650°C に加熱し緊張を除き曲軸栓に削代を残し仕上を行ふ

之を要するに 大なる水壓プレスで粗形を作た後 ドロップハンマーで良く鍛打することの大切なことが解る 設計者は出来る限り之を理解してプレスの利く様に考慮せねばならぬ 尤も船舶用の大きなものでは型入鍛打は不可能で

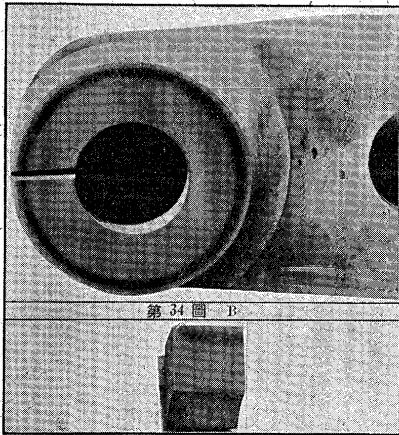
あるし 又小さな自動車のものなれば プレスせずに粗形に型打しても心部迄鍛鍊が利くであらう

第 33 圖 クルップ完成曲軸研究試料片採取圖



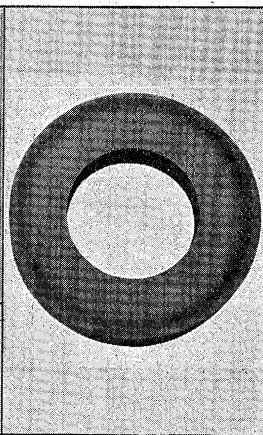
獨逸クルップ社製

第 34 圖 A BMW 曲軸轉軸部斷面



第 35 圖

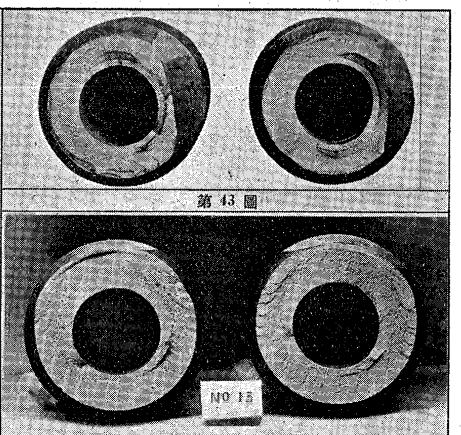
アルフヒング社製



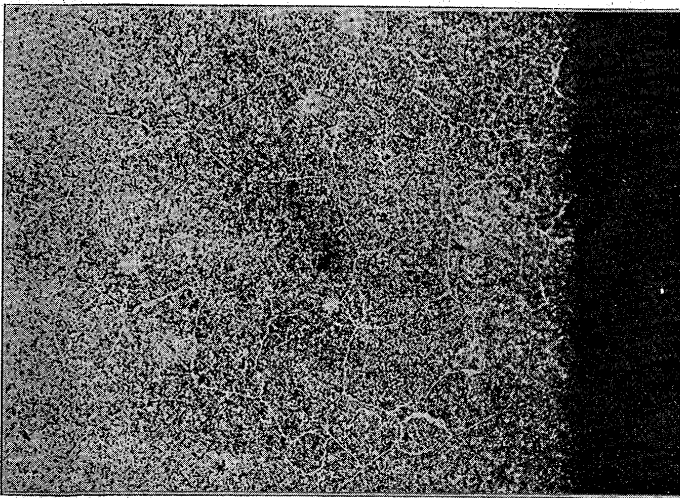
第 41 圖



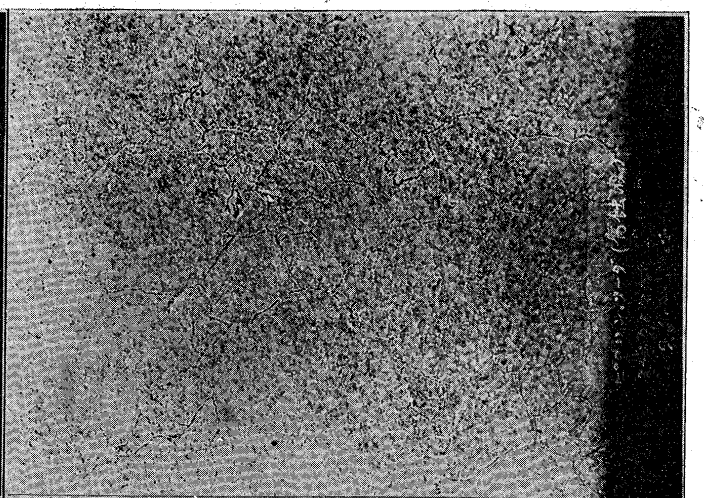
第 40 圖 破斷面滲炭層 4mm



第 36 圖 腐蝕液ピクリン酸アルコール溶液 ×約100



第 37 圖 腐蝕液ピクリン酸曹達(煮沸) ×約100

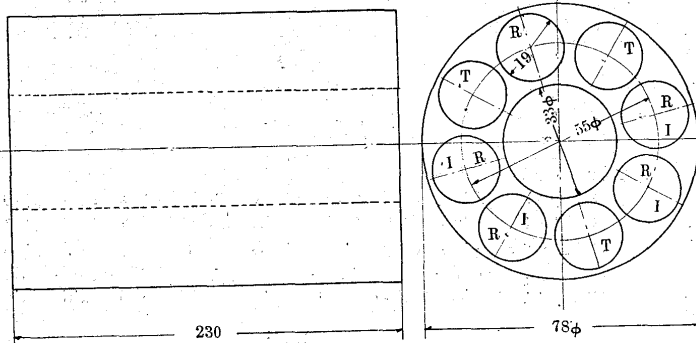


IV. 滲炭法

航空用發動機でローラー軸承を用ひてゐるもの殆ど無し
 獨りベベ發動機のみ之を用ひしために 滲炭法 焼入れに
 も多大の困難を爲したものである 先づクルップの曲軸を
 切断して クランクピン部の表面硬化状態を調べると共に
 各部より試験片を採取して機械試験を行た 其成績は第 8
 表 A. B. C の如し(第 33 圖参照)

第 34 圖はクルップ製曲軸のクランクピン部の横断面
 Bは之の縦断面で何れも研磨してピクリン酸アルコール溶
 液でエッチしたものである 之で滲炭層の深さ及ピンより
 アーム部への滲炭の移りの状態が解る 第 35 圖はアルフ
 イング會社製の滲炭部を示す 何故に斯く深く滲炭せねば
 ならぬかと云ふ理由については 1). ローラー軸承なるため

第 39 圖 K 13 試験片採取位置圖



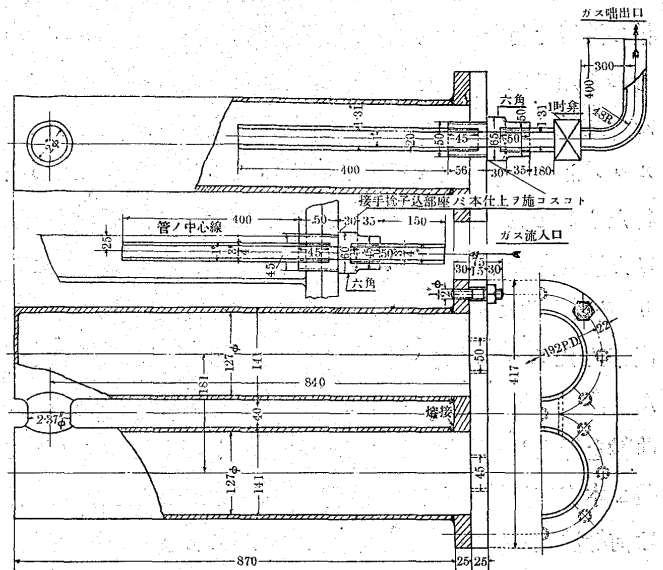
- T = 抗張試験片 3ヶ
- R = 繰返衝撃試験片 5ヶ
- I = 衝撃試験片 5ヶ

に表面が凹み又は剝離する心配のあること 2). 焼入變形の
 ため研磨後硬度の不均一を生ずる等考へられる 然かも表
 面に遊離セメントイトを出不さず深く緩やかに滲炭すること
 は難事な事で 之に就て固體滲炭劑並に燈用瓦斯滲炭劑に
 よつて研究を進めた 網狀遊離セメントイトは第 36 圖に
 示す如きもので 之れが表面に出てゐると使用中龜裂 剝
 離等の危険を生ずる 第 37 圖は同じものをピクリン酸曹
 達で煮たものである

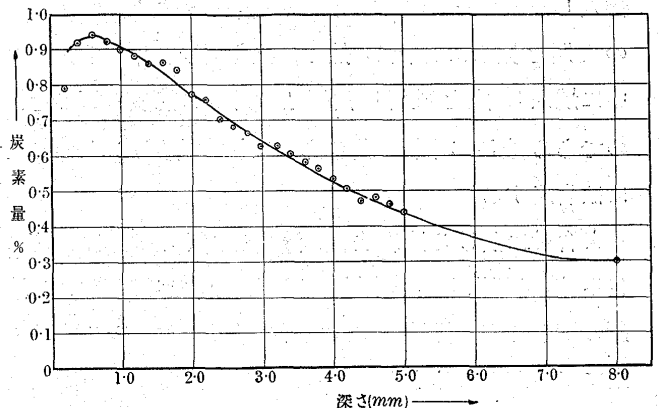
扱て深く滲炭すると云ふ事に就ては 古く F. Giolitti が
 木炭に炭酸鹽を加へたもので行てをり 又一酸化炭素 メタ
 ン エチレン 或は燈用瓦斯を用ひて瓦斯滲炭を行てゐる 1)
 又村上博士並に三上美和吉氏は固體滲炭劑で滲炭せられ

1) Federico. Giolitti. The Cementation of Iron and Steel. 1915. p. 70-186.

第 38 圖 燈用瓦斯滲炭法試験装置



第 40 圖 曲軸クランクピン部の滲炭部の深さに對する炭素量



表面の遊離セメントイトは松炭にアルミナを混じたる中性
 劑に依て擴散せられた²⁾ 一方クルップに於て裝甲板に瓦斯
 滲炭を行てゐる事を聞いてゐたが³⁾ 近年 W. Rohland
 は同じく燈用瓦斯を用ひて深層滲炭を行た⁴⁾ 小規模の實驗
 にては 沈澱炭素の妨害に依て充分滲炭せられざりしため
 實際に近き實驗を行ふ事となつた 第 38 圖の如き滲炭管
 を作た 滲炭管は U 字形をなし 一方より瓦斯を導入し
 他方に排出するようになってゐる 熔接によつて作りした
 め 充分氣密検査を行ひし後 第 39 圖に示す如き略曲軸と
 同徑の試料を 2 個封入し 約 1,000°C に於て連続 24 時
 間燈用瓦斯滲炭を行た 之れ長時間滲炭の始めての經驗で
 あつた 第 40 圖は焼入後の破折面であり第 41 圖は研磨
 の上ピクリン酸アルコール溶液にて腐蝕せるものなり 滲
 炭の深さは約 4mm である 第 42 圖は表面より心部に至

2) 村上武次郎 三上美和吉 曲軸の表面硬化に關する研究
 3) E. Ehrensberger. St. u. E. 42 (1922) S. 1277/1322
 4) W. Rohland. St. u. E. 47 (1927) S. 52

る炭素量の分布である 著者は又固體滲炭剤を用ひて曲軸の滲炭を行た 滲炭剤は木炭60%炭酸バリウム40%のものを用ひた(第9表参照) 又滲炭部以外は銅鍍金を施した 銅鍍金の代りに黒皮のまま行た事もあつた 之等はクルップより鍛造のまま購入せるものにつき¹⁾ 機械加工の上行たものであるが銅鍍金の不完全による滲炭洩れ 當時用ひた滲炭剤の不良又は焼入時に於ける矯正の際の龜裂により殆ど失敗に了た 曲軸の鍛造も進み 又瓦斯滲炭装置も出來上たので茲に曲軸自體に瓦斯滲炭を行ふ事となつた 曲軸滲炭管は厚み 13mm の繼目無鋼管を用ひ 之に曲軸を挿入し 兩端の蓋はボルトでよく締めた 之れを大體2本宛重油爐に入れ 加熱と共に燈用瓦斯を送た 瓦斯は何等洗滌しない 排瓦斯には點火しておき其の焰の長さで内部の壓力の目やすとした 瓦斯流入量はメーターによりて読み 記録す パイロメーターは全長に互り3箇所挿入し記録した 滲炭終了後は窒素瓦斯によつて先づ管内の瓦斯を完全に追出し 然る後蓋を明け試片を取出して水中に焼入し 之を破折し内徑より外方に滲炭の深さを測るのである(第43圖) 其他詳細は既に發表したので此處には省略する

A 會社に於ける滲炭法 滲炭を避くる部分は鋸筒にて包み 滲炭硬化すべき曲軸軸も直徑の大なる鋸筒にて 滲炭剤の剝離せざる様被覆す 以上の準備を整へたる曲軸を自重にて曲がらしめざらんがため主軸承に等しき距離に配置しある健淬匣内の臺上に乗せ 850~870°C の溫度にて約50時間滲炭せしむる時は其深さ約4mmに達す 此健淬處理を終りたる曲軸を健淬匣より取出し速やかに空氣にて冷却せしめ依て以て網狀のセメントタイトの現象を避けしむ

之を要するに 滲炭には固體滲炭剤と燈用瓦斯滲炭と何れにても出來るものであるが 種々の事情によつて之を決せねばならぬ

良い滲炭剤があれば 木炭滲炭剤でも結構である 唯この場合には 滲炭溫度は 900°C を越さぬ様 又滲炭後溫度を低めて擴散を行ふ様にせねばならぬ

V. 熱處理

前にも述べた通り曲軸製造の初期に於ては總べてクルップ會社から購入せる鍛造曲軸並に素材によつて行たの

1) 初期時代には總べてクルップより購入せる鍛造曲軸及び素材によつて研究を進めた 之れの抗力成分等は後出。
2) 著者 鐵と鋼第22年第9號(1986)

第8表 クルップ製曲軸 No. 271 機械試驗成績(A)

試片符號	抗張力 kg/mm ²	標點距離	延伸率 %	斷面收縮率 %
E T 1	105.1	70	10.4	63.9
E T 2	105.7	〃	10.9	63.4
E T 3	105.3	〃	11.4	62.9
A T 1	128.3	100	12.0	48.9
A T 2	128.0	〃	8.9	43.0
A T 3	128.3	〃	11.2	46.7
B T 1	127.2	50	12.2	—
B T 2	128.8	〃	10.0	—

(B)

試片符號	シャルピー 衝擊値 mkj/cm ²	松村式 繰返應力 同數	備考
A R 1	—	2787	
A R 2	—	2577	
EI-1-1	11.4	—	試料マークの説明
〃 2	10.6	—	E. 螺旋機殼部
EI-2-1	10.5	—	A. 軸承部
〃 2	10.6	—	B. 曲腕部
B I-1	8.06	—	C. クランクピン部
〃 2	9.47	—	T. 抗張力試片
〃 3	8.55	—	R. 繰返試片
〃 4	10.5	—	I. 衝擊試片
AI-1-1	11.1	—	B. 屈撓試片
〃 2	11.8	—	
〃 3	11.3	—	
AI-2-1	11.1	—	
〃 2	10.9	—	
〃 3	10.4	—	

分析成績表(C)

符號	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	W
A R-1	0.34	0.36	0.31	0.021	0.005	4.29	1.39	1.30
B T-1	0.24	0.38	0.33	0.015	0.003	4.21	1.40	1.23
B T-2	0.24	0.42	0.31	0.005	0.003	4.23	1.47	1.23
規格	0.17-0.30	0.2-0.35	0.40-0.60	0.02>	0.02>	3.5-4.0	1.0-1.6	0.5-1.0

第9表

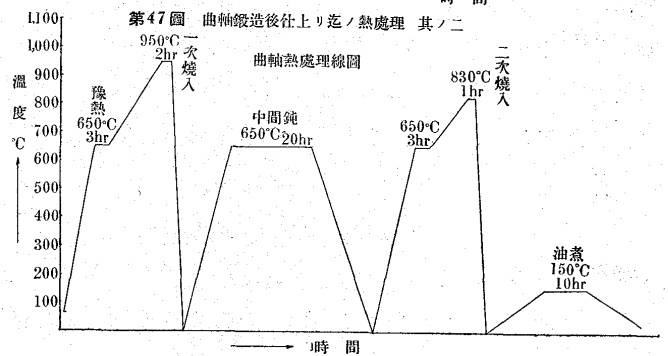
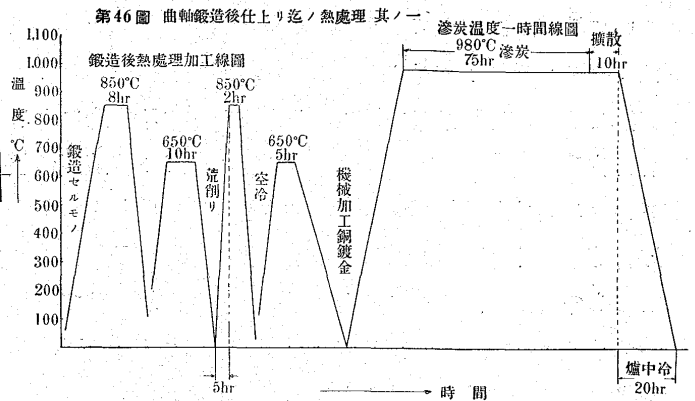
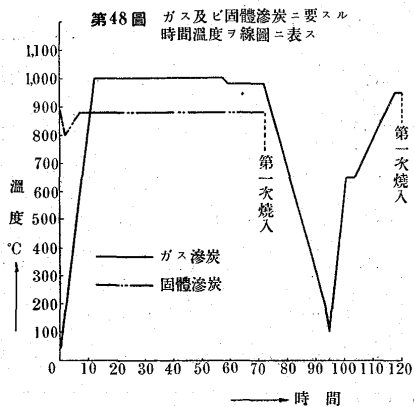
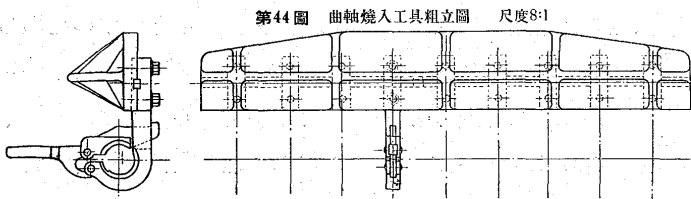
曲軸番號	滲炭溫度 °C	滲炭時間	中間燒鈍溫度	同左時間	一次燒入溫度 °C	二次燒入溫度 °C	年月日
56	850~860	74	650	6	900	820	昭和5年6月
57	〃	70	〃	6	〃	〃	5年6月
58	〃	75	680	8	〃	〃	5年7月
59	〃	75	〃	8	〃	〃	5年7月

で 此材料は第10表に示す如く W を含まざるもので 所定の抗力を出すためには油中焼入するを要し 隨て滲炭は勿論焼入に於て苦心慘憺たるものがあつた

(1) 弓成りの變形がある (2) 之れをプレスで矯正すると龜裂が入る (3) 縦の方向に 4mm も延びる

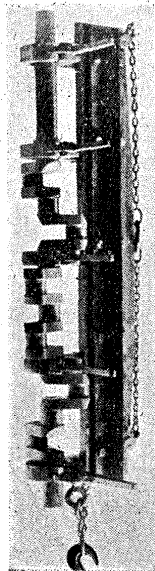
剩へ防滲炭の銅鍍金が不完全なりしたため滲炭洩れがして硬くて機械加工が出來ないと云ふ有様で 折角長時間滲炭したものが 枕を並べて廢品となることは残念の極みであつた 當時は研究設備も殆ど無く 工場の設備も不完全でそれに急いでゐたので唯一生懸命にやつた丈であつた

村上武次郎博士の所に滲炭のことをお願いしたのも 此時であつた その中鍛造法も着々進み 機械加工 銅鍍金の設備も良くなり 兎に角瓦斯滲炭を行ひ 油焼入し 機械仕上げて 材料以外國産品として完成し 100 時間の耐久試験



に合格した時は始めてホツと安心したのであつた そして

第45圖



何かしら自信がついたのであつた 今でも忘れない 滲炭で深夜まで作業し一寸外へ出た時眞暗な大空を微かに電燈を點じた重爆機が爆音を立てつゝ飛び去るのを眺めては限り無き感激の涙に咽むたのであつた 第44圖は焼入工具を示したもので第45圖は曲軸を把握して縦に油槽中に焼入れする時の圖である 油中焼入れをするものは爐から曲軸を出した後 急速に工具で掴むで油に入れねばならぬから確かに難作業であつた

其後我國の特殊鋼製造も大いに進み優秀な Ni・Cr・W 鋼が出来る様になつてから空冷が利くので油焼入も不必要となり加熱爐

滲炭劑の良好と相待て 幾多の困難は尙あつたにしても曲軸製造は本格的に躍進したのであつた

第46圖は曲軸鍛造後 機械加工を経て滲炭を終る迄の熱處理經過を示したものである 曲軸の材料は Ni・Cr・W 鋼で 爐中冷却でも硬くなるから 650°C で焼戻して機械加工し易いようにする 空冷用の焼入工具は 先の焼入工具を固定式に改めたものである 第47圖は曲軸の二重焼入

法を圖示したものである 高温で長時間滲炭を行ふために結晶粒が粗大となる 之を微粒化するために先づ一次焼入を行ふ 瓦斯滲炭の時は一旦爐中冷却を行ひ改めて第一次焼入れを爲す 固体滲炭の時は直ちに第一次焼入を行ひ得 次いで 650°C で 20h 中間焼鈍を行ひ 二次焼入を行ふ 最後に 150~180°C で 10h 油煮を爲す 變形を生ずる如きことがあつてもプレスで矯正せず 機械仕上で心を出す 第11表は耐久試験に合格した曲軸 K. 13 の機械的試験成績である 次に燈用瓦斯を滲炭劑として用ひた時と普通の木炭滲炭劑を用ひた時の熱處理工程上の差異並に費用の點の比較について述べよう

第12表は之の對照表である 即ち瓦斯滲炭を行ふ場合には 固体滲炭劑を用ふるときよりも工程も多く 費用も多くかゝる 之に反して固体滲炭劑を用ふるときは 第一次焼入に便利である 然し燈用瓦斯滲炭には 滲炭部の炭素の分布が表面から心部に向て緩やかであること 即ち表面に遊離セメントイトの出にくいこと 及び補給力が大きいこと等に特徴のあることは既に述べた

第48圖は瓦斯滲炭劑と固体滲炭劑とを用ひた場合 滲炭及一次焼入に至るまでの時間關係を示したものである

焼入による曲軸の伸縮について:— 尙普通の變形の外に 焼入後曲軸に伸び縮みがある 一體之等の變形或は伸び縮みは何に起因して起るものであらうか? 之等の原因に

ついて總括的に考へてみる 1). 材質がマルテンサイ (或はマルテンサイトのソルバイト)化する爲の容積變化 2). 赤熱せるものを懸吊して焼入れるから工具の不完全による各部自重による變形 3). 各部マルテンサイト化速度の差異による弓成りの變形 4). 鍛造時に於ける内部歪残留の影響等の如く種々考へらる 1)の變化は空間格子の膨脹によるもので微々たるものである 2)の變形は操作及び工具の完備によりて除去し得るもの 3)各部の斷面積及形狀の變化による冷却速度の差による變形は相當考慮すべきものであるが 曲軸の形は設計上止むを得ない場合もあるので 工具を丈夫に作り且つ冷却法を工夫して出来る限り之を防がねばならぬ 4)之は最も考慮すべきもので 恐らく焼入時の伸び縮みは之に影響することが最も大なりと考へらる 扱て鍛造歪みとは如何なるものであるか 之について大體三つの場合を考へ得る 1). 鍛造時に於ける残留オーステナイト又はマルテンサイト即ち顯微鏡組織的の歪みである 鍛造は 1,100~1,200°C で行ふから自硬性の強いもの程 此過程中に材質内部にオーステナイト及マルテンサイトを残留し 成形後短時間而かも 830~850°C 程度の焼鈍温度にては 往々にして心部に之等の組織を残し 之が最後まで影響を及ぼすのではないかと思はれる それで少なくとも滲炭温度以上 900~950°C 附近で長時間焼鈍すれば之を防ぎ得ると思ふ 2). 次は鍛造効果による纖維的内部歪の問題で 前者をミクロ的とすれば之はマクロ的な影響と云へる 此纖維狀組織は鍛延によつて樹狀組織が消える程度即ち鍛延率 1/4 以下に於て 研磨面を適當な試薬により腐蝕して表はるゝもので 顯微鏡組織とは別箇のものである 即ち纖維狀組織は結晶又は結晶粒界が延ばされて出来るもので 之が 1,300°C の如き高温に焼鈍せらるゝも容易に消えないのは 結晶粒界に磷の如き擴散速度の極めて遅きものが存在するからである 扱て纖維狀組織に於ける内部歪であるが 元々大なる鍛壓によつて出来たものであれば其等の間に大なる内部歪を残存する事は想像出来る事で 焼割れが往々之等纖維に隨て起ることは¹⁾ミクロ的な内部歪にマクロ的な内部歪が荷重して大なる内部歪力を受けたと考へる事が出来る 3). 次に考へられることは鍛造の際の仕上温度の問題²⁾である 鍛造にオーステナイト状態で行ふのであるが 仕上温度が 1,000°C であるか 900°C であるかによつて結晶の大きさが違ふ 變態點近く

で鍛造を終ると最も粒子が細い 若し變態點以下の温度でも構はずに鍛鍊を續けた場合を考へると 組織は非常に細いが 再結晶温度以下に下るから 内部歪を残すのである

此種の低温鍛鍊は水壓機で成形した曲軸を更に Drop hammer で鍛鍊する場合によく想當せらるゝことよく注意しなければならぬことと思ふ 然し之は理論的に云へば 斯様に低温鍛鍊を行ったものでも 鍛鍊後一度變態點以上に加熱してよく焼鈍すればこの内部歪は除去せらるゝ譯である 變態點直上で鍛鍊を終ることは 實際作業の場合種々困難を伴ふものであるから この鍛鍊仕上温度の不定が 焼入後の伸縮の一原因を爲すとも考へられるのである

要するに曲軸の如く良く纖維を通す爲に大なる鍛壓を受けるものでは 如上の如き内部歪を除去するために 鋼塊に於ても又曲軸に成形後も充分高温で焼鈍することが大切である 然し全然除去することは出来ないから 經驗的に適當に伸び代或は縮み代を附して機械加工を爲し焼入を行ふのである

A 會社の焼入法 滲炭後空冷によりて一次焼入を終りたる曲軸が 甚しく歪みたる時は 再び健率温度を興へ矯正す 次に 600~650°C にて軟化せしめ約 780°C より油中焼入を行ふ 曲軸には硬化に依る歪なからしめんがために特別なる防止装置を施す 曲軸を固定せしむると同時に軟質部の冷却を緩漫ならしむ 次で 150~180°C にて軟化す

ククラ氏の講演

100°C/1h の速度にて温度を上昇せしめ 900°C で 1h 保ち次で 950°C で 2h 保ち空冷を行ひ 200°C 以下まで冷却す 次で 660°C で 7~10h 保ち空冷す 之れに 25h を要す。

之を要するに固体又は瓦斯滲炭剤によつて滲炭後の一次焼入操作に差異を來す 又材料によつて油焼入 空冷と別れるが Ni·Cr·W 鋼の如きものを用ひ出来るだけ空冷ですます様にせねばならぬ。

第 10 表

製鋼 番號	標點 距離	直徑 mm	彈性界 kg/mm ²	抗張力 kg/mm ²	延伸 率%	收縮 率%	衝擊值 mkg/cm ²
8L 517	60	12	78	97.3	15.0	65	27.1
8L 451	"	"	78	96.1	16.0	64	34.8
8L 454	"	"	78	99.9	15.3	65	28.7
8L 457	"	"	82	101.7	15.7	65	25.2

但し衝擊試驗片は 30×30×160mm

製鋼番號	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr
8L-517	0.12	0.26	0.42	0.012	0.01	3.21	0.98
8L-451	0.15	0.22	0.45	0.011	0.01	3.24	0.87
8L-454	0.13	0.26	0.39	0.012	0.01	3.26	0.94
8L-457	0.12	0.22	0.42	0.011	0.01	3.10	0.92

270mmφ 50 個 Cr-Ni 鋼 EF 58E

曲軸 K13 は 8L-454 のものより製す。

1) 玉置玉一 永澤 清 鐵と鋼第 17 年第 11 號 37

2) 濱住松二郎 鍛造法 前出(1936)

第 11 表 曲軸 13 番機械試験成績

(獨逸材川崎鍛造)

試片符號	抗張力 kg/mm ²	標點距離	延伸率 %	斷面收縮 率 %	ロックウェ ル 硬度
13-1	104.0	100	10.3	62.1	33.1
" 2	106.8	"	11.5	58.9	33.0
" 3	106.8	"	11.9	59.2	34.0

試験年月日 6-8-26

試片符號	衝擊値 シャルピー mkg/cm ²	松村式繰返 衝擊回数	熱處理
13-1	14.14	8,600	火造後 830°C 燒鈍
" 2	12.12	9,524	滲炭 980~1,000°C 40時間瓦斯滲炭
" 3	12.10	9,760	
" 4	13.13	9,750	燒入 800°C 油
" 5	73.93	9,662	

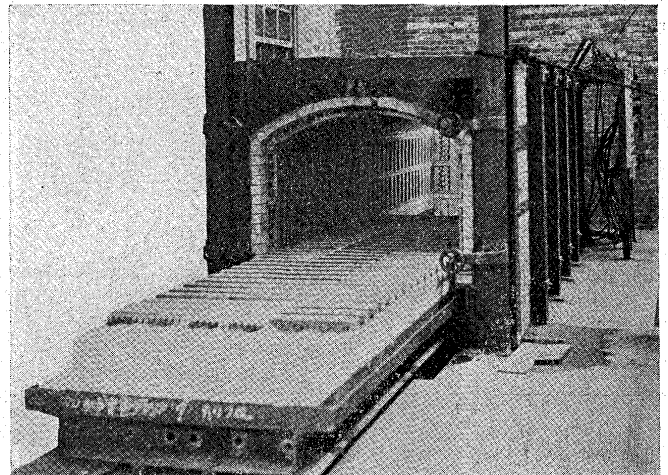
試験年月日 6-9-8 試験年月日 6-9-2

VI. 窒化法

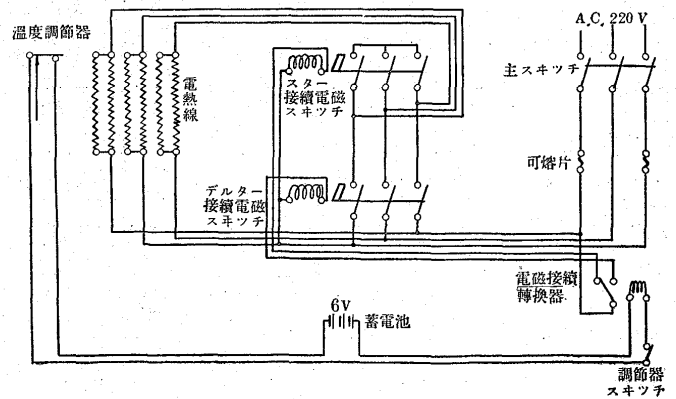
前述の如く滲炭曲軸の國産獨立に最も力を盡してゐた時であり又發電機部品に窒化の應用には多大の關心を有したるも未だ以て曲軸を窒化するに至らざりき 其理由はローラー軸承部は深く滲炭硬化するために窒化の如き薄き層にては不可なるためである 軸承部を滑軸承に改良すれば將來相當窒化を利用する途あるを考慮しクルツプ會社より之に最も適したる素材 FKM 54 窒化鋼素材を購入せり この外窒化曲軸も購入せり 此材料はクルツプにて作れる數種の窒化鋼の中特に材質として高強靱性を有し曲軸の如きものに適し又硬化層も強靱であり普通知られた窒化鋼の如く Al を含まず Cr 量 2.5% の Cr.Mo.V 鋼である 其機械的性質成分等は第 13 表 ABC に示す如し各種窒化鋼中特に 580~670°C 燒戻状態に於ける抗張力の大なる事が特長であり又屈撓疲勞抗力が約 60kg/mm² で極めて高い事は注目すべきである 又 Ni を含んでゐない事が特徴である 次に窒化設備についての一つの難點は温度分布の均一なる電気加熱爐の製作並に窒化温度に長く一

定に保ち得る自動温度調節器を得る事である 第 49 圖は奥野奈良治氏の設計による窒化爐で第 50 圖は之の結線圖である 第 51 圖は温度調節器を示し 第 52 圖は恒溫試驗曲線なり 窒化爐の内部は兩側天井床 奥壁及扉等に異形煉瓦を繞らし之に電熱帶を挿入した 後爐底の可動式を固定式とし窒化箱の出入れを便にするためにローラ附臺を置く様に改めた 温度調節器は Ni 棒の熱膨脹を利用し

第 49 圖 川崎氏窒化爐



第 50 圖 窒化爐線結圖



第 12 表 曲軸瓦斯及び固體滲炭熱處理工程順序と持續時間對照表

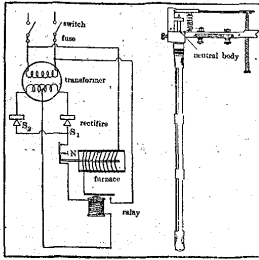
瓦斯 滲 炭				固 體 滲 炭				
工程	温度	熱 處 理	保持時間	温度上昇及び冷却に要する時間	温度	熱 處 理	保持時間	温度上昇及び冷却に要する時間
1	850°C	鍛造後(大氣中)	2	上昇に 5 時間	左		同	
2	650°C	" (爐 中)	5	上昇冷却に 17 "	"			
3	600°C	歪 取 燒 鈍	1	上昇に 2 "	"			
4	1,000°C	滲 炭	45	" 12 "	880°C	滲炭一時燒入	65 時間	上昇 7 時間
5	980°C	Difusion	15	爐中冷却 23 "	650°C	中間 燒鈍	20 "	" 10 "
6	650°C	豫 熱	3	上昇に 6 "	"	豫 熱	3 "	" 6 "
7	950°C	一 次 燒 入	2	" 14 "	800°C	二 次 燒 入	1 "	" 6 "
8	650°C	中 間 燒鈍	20	" 10 "	150°C	油 煮	10 "	" 8 "
9	"	豫 熱	3	" 8 "				
10	800°C	二 次 燒 入	1	" 6 "				
11	150°C	油 煮	10	" 8 "				

瓦斯滲炭に於ては延時間 120 時間を要し固體滲炭では滲炭直後第一次燒入が出来るから三工程が省けて 72 時間となる。

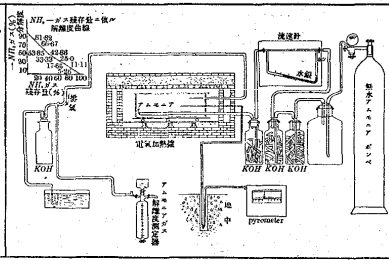
固體滲炭一本 100 圓

瓦斯滲炭一本 200 圓

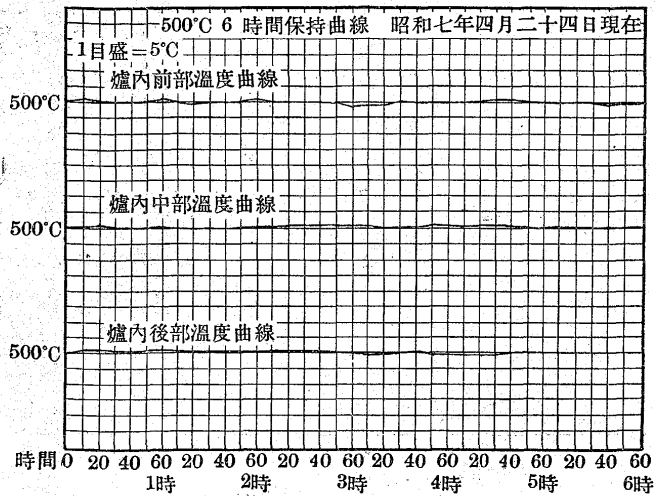
第 51 圖 r0 式自動式 溫度調節機



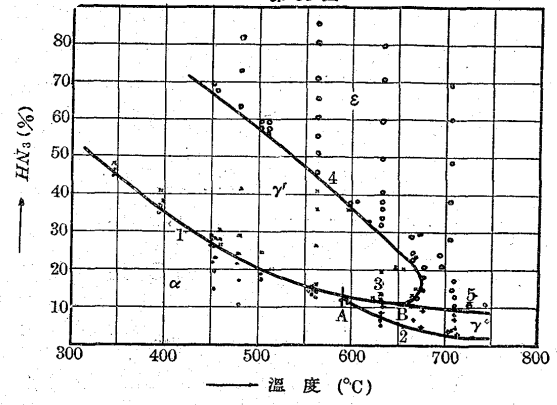
第 53 圖 軸物窒化系統圖



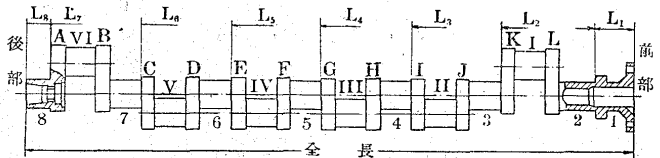
第 52 圖 低床可動式電氣加熱爐自動溫度調節器使用



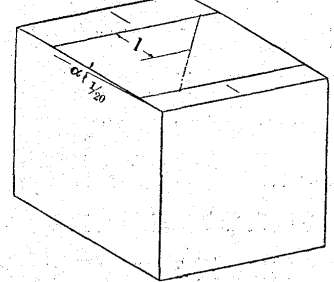
第 58 圖



第 54 圖



第 60 圖



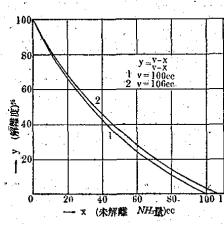
たものである 窒化函は Cr18—Ni8 のオーステナイト鋼板を熔接して作た 蓋気密として Al の帯板を箱の周縁にのせ其上に石綿の丸紐を内外側に二重に並べ帯板の端で巻き其の上に蓋を置き多くのボルトで締めつけた 窒化装置の全系統は第 53 圖に示す如し 先づポンペより送り出したる瓦斯は苛性加里で精製し 水銀流速計を経て窒化箱に入る 排氣瓦斯は水容器に導いて泡立たせ又一方ピペットに接続して解離度を測定した 曲軸の窒化部分以外は Ni 鍍金により防窒化し 又曲軸の各主軸承部は金具により支持した 抗力試験片として外径 90mm 内径 40mm 長さ 300mm のものを防窒化し 硬度並顯微鏡試料として 30mm 立方體のもの 3 個其他深度早見用破折試片を封入した 氣密に締めた後空気を除去するために約 10 時間アムモニアを通し 其後爐を徐々に加熱し 500°C に於て 100 時間窒化を行た

窒化前後に於ける寸度測定は第 14 表に示す如し (第 54 圖参照) 變形極めて少なく主軸承 軸曲栓共直径に於て +0.01~+0.02mm 振れは +0.03~+0.085 長さは +0.02~+0.20 なり

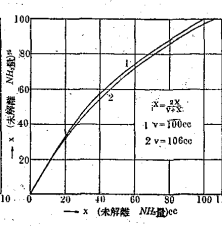
機械試験成績 試験片は曲軸と同體のものにして 鍛

造後外径 90mm 内径 35mm 長さ 200mm に仕上げ 熱處理せるもの 又熱處理後曲軸と共に窒化時間を經過せるものなり 之より切取りて試験片を製作す 成績は第 15 表

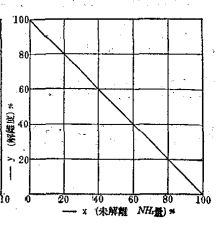
第 55 圖



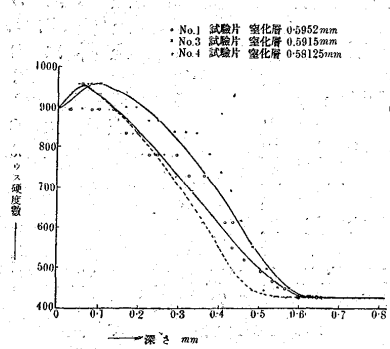
第 56 圖



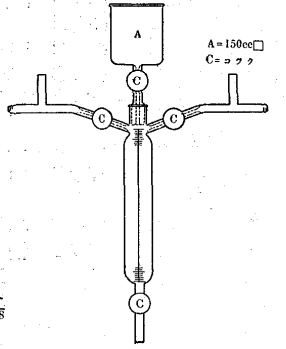
第 57 圖



第 61 圖



第 59 圖 窒化解離測定用器具 (硝子製)



に示す如し 焼入焼戻共大氣中冷却せるもの脆性を帯ぶ

アムモニアの解離度について

アムモニアは $2NH_3 \rightleftharpoons N_2 + 3H_2$ の式の示の如く分解して2倍の容積に膨脹するから ピペット中の未解離 NH_3 量によつて直ちに解離度を讀むことは出来ない 依て今ピペットの容量を V_{cc} とし 未解離 NH_3 の量を X_{cc} とすれば NH_3 の解離度 Y は次式に依て表はさる

$$y\% = \frac{v-x}{2} / (x + \frac{v-x}{2}) \cdot 100 = (v-x)/(v+x) \cdot 100 \quad (1)$$

又 NH_3 の濃度 $X'\%$ は次式によりて表はさる

$$x'\% = x / (x + \frac{v-x}{2}) \cdot 100 = 2x/(v+x) \cdot 100 \quad (2)$$

今 $V=100cc$ 及び $106cc$ のものにつき之等の關係を曲線にて示せば第 55 圖及び第 56 圖の如し(第 16 表乃至第 19 表参照) (1)式及び(2)式より次の關係を得 之を圖示すれば第 57 圖の

$$y + x' = 100 \quad (3)$$

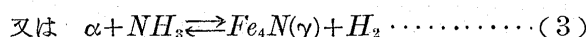
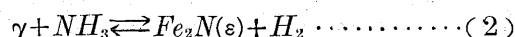
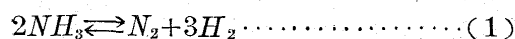
の如き直線の關係なり

今第 58 圖に示す Lehrer の $Fe-NH_3-H_2$ 平衡圖¹⁾に依れば $500^\circ C$ に於ける NH_3 の平衡濃度は約 60%である されば第 57 圖より解離度は約 40%以下なれば宜しきこととなる アムモニアの濃度高き程窒化力大なる理なれば 解離度少なき程良き理なれど大體 20—30%程度を適當と云ふなり

第 59 圖は解離度測定用ピペットを示す 今一例としてピペット $V=100cc$ のものに排氣瓦斯を捕集し 上方より水を流し込みたる時 $70cc$ の NH_3 を水が吸収したりとすれば 未解離 NH_3 の量は $70cc$ にして 解離度は第 55 圖より約 18%なり 又ピペットに於ける見かけの解離度は 30%なり $X=70cc$ に對する NH_3 の濃度 $X'=82\%$ なり 今解離 30%を基準として考ふれば $X=53cc$ にして $X'=69\%$ なり X' が大なる程窒化力が大である譯であるから $X=18\%$ 即ち見かけの解離度 30%の方が 解離度 30%よりも窒化力大なる理である 要するに或る溫度に於ける平衡濃度より大なる濃度を有すれば良い譯であるから $500^\circ C$ で窒化を行ふ場合には X' が 60%以上即ち未解離 NH_3 が $40cc$ 以上あればよい譯である Lehrer の平衡状態圖は N_2 の濃度を除外してゐるから實際には NH_3 の濃度も少し下るであらう 何れにしても此平衡圖を基準として考ふれば間違はない

以上複雑した説明の様であるけれ共 解離度と見かけの解離度との關係を認識して頂ければよいのである

解離速度について 解離度と解離速度とは僅か趣を異にする 窒化を良好に行ふためには 窒化面に常に新鮮なる NH_3 が觸れる様にせねばならぬ 窒化面に NH_3 が觸れた際には次の反應(1)(2)(3)が



同時に瞬間的に行はれると見るべきで 之によつて生じた永久瓦斯の N_2 や H_2 が局部的に窒化箱に凝集する様の事があれば 其部分は新鮮なる NH_3 の接觸を妨げ換言すれば其部の NH_3 濃度が低下するために 良く窒化せられない部分が出る事となる 然し上記の反應によつて窒化せらるゝ以上常に 100%の NH_3 を面に觸れしむる事は不可能であるから せめて NH_3 の濃度が充分に平衡以上にある様に 常に之等の混合瓦斯を均等に瀰満せしむる様 緩やかなる攪拌装置を備ふれば理想的である N_2 や H_2 が干渉せねば NH_3 は 常に活性的に解離して 有効に窒化作用を爲すのである 排氣瓦斯の解離度にも留意しても 内部の狀況が悪ければ 結局良好なる窒化は行はれないから アムモニアの入口 出口に特に注意して flow(流れ)に充分の注意を拂はねばならぬ 又窒化溫度に達しない冷いアムモニアが混流すれば 之も悪作用を及ぼすから此點も注意を要する 又積極的に NH_3 の解離速度を増し 接觸作用を一層活性化する爲に適當の觸媒を面に接觸させる事もよい 又減壓して解離速度を増させる事も窒化作用を促進する一方法である

窒化層及硬度測定:— 試料は曲軸と共に窒化せる $30mm^3$ のものを用ひた 之を正確に 1:20 の勾配に研磨し 次にエメリー紙で面が丸味を帯びない様注意し乍ら 000 番迄仕上げ其面を硝酸 2%アルコール溶液で軽く腐蝕して窒化の進行範圍を定めた 硬度測定には 10kg Load Cylinder Firth Hardometer を用ひた此 硬度計は Vicker's Hardometer と同じで微小のダイヤモンドピラミットの稜痕を顯微鏡で測る様に出來てゐるもので 硬度數は Vicker's と同じである 深さの測定はダイヤモンド角錐痕の中心迄の距離をアムスラー社製 1/100mm 迄正確に測定出来る測微計を用ひて測定し之に $\sin \alpha$ (α は先に測定せる傾斜角度)を乘じて窒化層の深さを痕跡毎に測定し(第 60

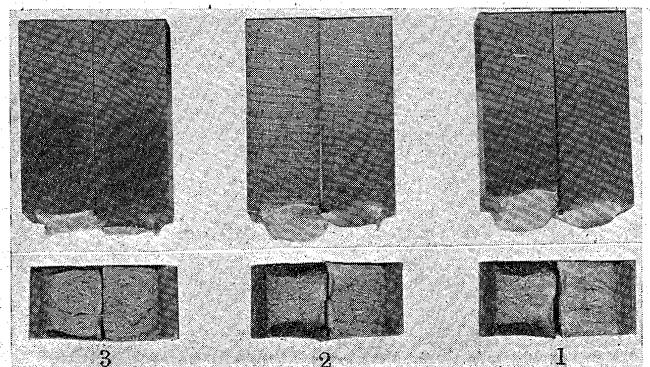
¹⁾ E. Lehrer. Zeits. Elektrochem. 36. 1930. 383.
(小林 金研 Vol. 7. No. 10. abs. 355)

圖) 深さと硬度の關係を精密にした (第 20 表) 1/100 mm アムスラー測微計は實際の 1:20 傾斜の試料については約 1/2,000mm 迄は正確に測定されるわけである 之に依れば最高硬度は 0.05~0.1mm の間にあり(第 61 圖)

窒化層最高硬度部の顯微鏡組織:— 純鐵に窒化しても殆ど硬化しないが之に Al や Cr を添加すると硬化する。之は ϵ 及び γ' 相に Al, Cr を固溶し又 Fe の窒化物に比し著しく安定なる AlN や CrN の如き化合物が α 鐵中に分散せられたるものは α 鐵の格子を歪ましめ α 鐵の迂りを困難ならしめる 又之等異粒子の結晶粒界にも歪みを與へ一層粘性變形を困難ならしめると云ふのが所謂迂り干渉説の大要である¹⁾ 之に對して B. Jones 及 O. Meyer u. W. Schmidt 氏等は窒化層に特殊な窒化物の存在を報じ³⁾ 錦織博士は Al 及 Cr の種々の含量の試料につき X 線分析の結果 之等の特殊化合物を $Fe_xAl_yN_z$ 又は $Fe_xCr_yN_z$ の三元化合物となし之に ϵ' なる名稱を與へた²⁾ 且つ窒化溫度に於ける Fe-N-Cr 系の等溫平衡狀態圖を作成せられ 二相及三相共軛の界域を明らかにせられた 之等三元化合物 ϵ' の如き微粒子が AlN や CrN の分散によつて歪められた α 鐵格子を一層歪め之が超硬の因を爲すとの説は極めて妥當な説である 第 62 圖は曲軸窒化の際一所に封入した 3 個の試料の中 1 個を取り その最高硬度部即ち表面より 0.06mm の箇所を Zeiss Neophot 顯微鏡で撮影したものである α 結晶の周圍に ϵ 相があり 黒く球状を爲してゐるのは單に γ' 相のみであるかどうか Colloidal 狀微粒子として分散してゐるのが ϵ' なる相ではなからうかと云ふことに著者は深い興味を持つものである 窒化層が V. H. N で 1,000 乃至それ以上の超硬の機構を考へる時或は顯微鏡組織を鑑正するとき不可分の關係として想起せらるるものは炭素鋼や特殊鋼の焼入組織たるマルテンサイト及び工具鋼に表はれる複炭化物の存在である マルテンサイトは Fe の體心立方格子内に炭素原子が公算の法則に隨て分散して α 鐵の格子を歪ましめ 之が干渉して迂りを困難ならしめるのである 唯マルテンサイトでは炭素原子のみが主因であるのに反し 窒化層ではソルバイト即ちマルテンサイトと同じ FeC の體心立方格子ではある

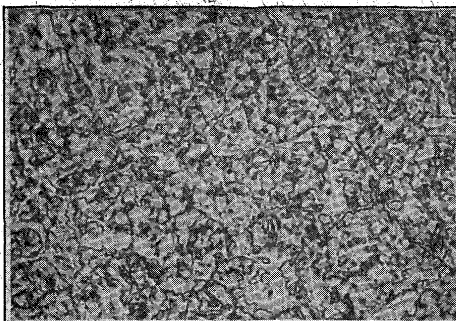
が炭素原子は Fe_3C 即ちセメントイトとして格子外に遊離した状態に於て窒素及其化合物が α 鐵中に分散してゐるが硬化の主因は N 原子でなく Fe や N と親和力の大なる Al や Cr の存在に主因たるところに差異がある 單に炭素鋼のマルテンサイトでも 之に特殊元素を入れたものでも硬度は殆ど同じである 例へば高速度鋼の如きマルテンサイト中に Fe_3W_3C の如き複炭化物を含有するものが何故に單なる炭素鋼と餘り變らざる焼入硬度を持つのであるか αFe 中に Cr, W 或は之等の炭化物が分散せられれば當然窒化層と同様大なる迂り干渉を起すべきであると考へられる にも係らず Cr, Al, Ti 或は之等の窒化物を分散せしめた αFe の格子のみ極端に歪めらるゝと云ふ事は之等の炭化物は窒化物より粒子が大きくて顯微鏡的であるから 夫自身は硬いけれども窒化物の如く超顯微鏡に分散して αFe 格子を歪ませる作用が無いと考ふべきである 恰も餅の中に小石を入れた如き状態なのかもしれない 然し炭化物自身は極めて硬く且つ親和力の大なることは W, C の如き炭化物のみ焼結して作つたウデア其他の工具材が硬度も高く且つ熱に對して極めて安定であることによつても解る 要するに之等を綜合すると 窒化物の中でも ϵ' の如き複窒化物は 極めて微粒子で 超顯微鏡的存在なるが故に αFe の格子をも歪ませる作用を爲し 複炭化物は夫自身は硬いが 粒子が顯微鏡的で大きいから αFe 格子を歪ましめず隨て高速度鋼の如きもマルテンサイトの硬度を出ないのである 窒化層の中 V. H. N. で 850 位がマルテンサイトと同じ硬さとすれば C 原子が αFe 格子を歪ませると N, AlN, CrN 等の窒化物が αFe 格子を歪ませると同じ理由となる 斯る意味に於ても ϵ' が超顯微鏡的存在なることが合理的に證明出来るのである 現在用ひられる超硬度の材料には 1). 化合物を主としたもの 例へば ウィデア タンガロイ カーボロイの如きもの

第 64 圖

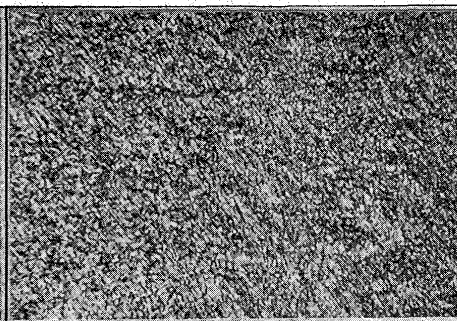


- 1) A. Fry. Stahl u. Eisen. 52 (1932) S. 713114
- 2) 錦織清治 金屬の研究 第 12 卷第 3 號 (1935) 148
- 3) B. Jones. Iron Steel Inst. Carnegie Scholars. Memoirs, 22(1933) 51-96.
- 4) O. Meyer u. W. Schmidt. Arch. Eisenhüt. 7 (1934) 647-654.

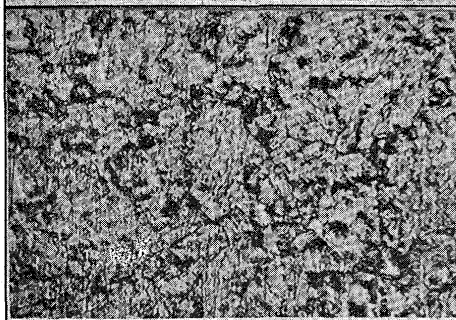
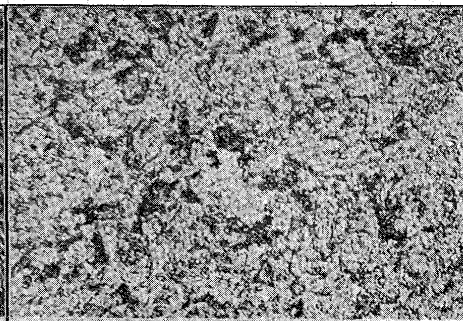
第 62 圖 腐蝕液硝酸 2% アルコー
ル溶液 ×1,000
位置 表面より 0.06mm 最高硬度部
使用顯微鏡 Zeiss Neophos



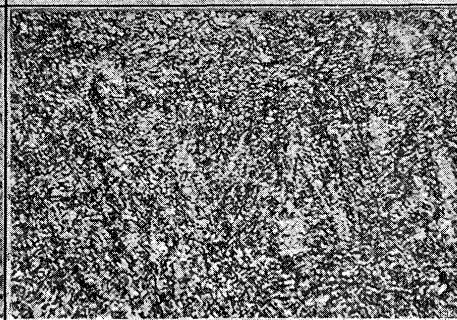
第 65 圖 硝酸 2% アルコー
ル溶液
シャルピー試片 No. 2 ×1,000



第 67 圖



第 63 圖 窒化層 0.06mm ×1,000
腐蝕液硝酸 2% アルコー
ル溶液使用
顯微鏡 Reichers



第 66 圖 シャルピー試片 No. 3 ×1,000
硝酸 2% アルコー
ル溶液

倍で第 65 圖及び第 66 圖に示す如し
第 65 圖は試料 No. 2 第 66 圖は試
料 No. 3 尙第 67 圖は前記 900°C
焼入空冷 100h 窒化試料で衝撃値の
小さいもの、顯微鏡組織である 之
等の組織から焼戻脆性を認め得るか
如何か 尙第 67 圖は 900°C 空冷の
影響かもしれぬ

窒化と疲勞抗力:— 普通の疲勞試験

2). α 鐵に微粒複化合物を分散せしめ歪みを起させたも
の 例へば窒化層の最も硬度高きところ

3). 原子狀の元素のみ集めたもの例へばダイヤモンドの
如きもの 上の如く三様に分類出来る様に思ふ

尙第 63 圖は同箇所をライヘルト顯微鏡によりて撮影せ
るものである

焼戻脆性について:— 焼戻脆性を起さないと云ふ事は窒
化鋼として重要な問題である クルプに於ける受領試験成
績(第 13 表)に就いて見るに 920°C 油焼入 570°C 爐中
焼戻に於ては衝撃値は平均 10mkg/cm² である 昭和 10 年
3 月當所同素材につき曲軸の窒化を行へる際の試片の衝
撃値は 900°C 空冷焼入 550°C 歪除去 500°C 100h 窒化
にて平均衝撃値は 4.7mkg/cm² である(第 15 表) 又最近
行た實驗によると同じく第 15 表に示す如く チャージ
9374 では焼入 900°C 油中焼戻 620°C 油中で衝撃値は平
均 10.5mkg/cm² 焼入 900°C 8h 油中 焼戻 620°C 8h 油
中歪除去 550°C 8h 窒化 500°C 100h のものは 6.2mkg/cm²
であつて約 40%の減少である 未だ之を以て全般を評す
ることは出来ないけれども 試料の破面よりみても脆性
を起してゐる如く考へらる(第 64 圖の 1, 2 が調質のま
ゝ 3 が窒化時間を経過せるもの) 之の顯微鏡組織は 1,000

片で行へば表面を窒化することにより 30~50%疲勞抗力
を増す¹⁾ 然し實際の曲軸では Kerbe Spannung (溝の
所に集中する内力) と Rand Spannung (角張た縁の所
に集中する内力) が大きいので全面窒化は危険であらう軸
承部なれば容易に行ひ得る

第 13 表 (A)

素材 番號	標點 距離 mm	直徑 mm	弾 性 界 (0.2%) kg/mm ²	抗張力 kg/ mm ²	延 伸 率 %	斷面 收縮 率 %	衝 擊 值 mkg/ cm ²	線 衝 擊 數	返 勞 抗 力 kg/ mm ²
1	140	14	117	128.6	10.3	51	9.8	198,400	60
8	"	"	110	121.0	10.3	50	10.0	115,450	"
9	"	"	117	127.3	9.3	50	9.4	104,975	"
16	"	"	119	131.8	9.3	48	8.0	200,750	"
17	"	"	112	123.4	9.3	54	10.3	85,675	"
22	"	"	110	122.0	8.9	51	10.8	104,600	"
23	"	"	117	129.0	9.4	52	10.5	100,150	"
25	"	"	116	128.6	9.4	53	11.8	144,850	"
							衝 擊 值	平均	10.0

(B)

素材番號	製鋼番號	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	V
1~8	8G 9354	0.28	0.31	0.62	0.015	0.01	2.63	0.29	0.32
9~16	8G 9374	0.34	0.35	0.65	0.01	0.01	2.46	0.25	0.29
17~22	8G 9377	0.33	0.24	0.66	0.01	0.01	2.46	0.27	0.31
23~25	8G 9378	0.30	0.28	0.67	0.01	0.01	2.60	0.28	0.31

素材寸度 270φ 長さ約 1,300mm 重量約 620kg 素材數 25個

¹⁾ R. Mailander, Kruppsche Tech. Mit. Juli. 1933. (V. D. I. 17, 1933, 271)

第 14 表

直	曲軸 栓及 主軸 承	垂 部	8	IV	7	V	6	IV	5	III	4	II	3	I	2	1
			後	0.205 0.245 +0.040	0.100 0.130 +0.030	0.210 0.240 +0.030	0.085 0.120 +0.035	0.210 0.240 +0.030	0.100 0.125 +0.025	0.210 0.240 +0.030	0.120 0.130 +0.010	0.200 0.235 +0.035	0.095 0.115 +0.020	0.210 0.240 +0.030	0.095 0.118 +0.023	0.200 0.230 +0.030
		前	0.200 0.240 +0.040	0.100 0.130 +0.030	0.205 0.240 +0.035	0.081 0.115 +0.034	0.210 0.240 +0.030	0.095 0.115 +0.020	0.210 0.240 +0.030	0.120 0.130 +0.010	0.205 0.235 +0.030	0.100 0.125 +0.025	0.210 0.235 +0.025	0.100 0.120 +0.020	0.195 0.220 +0.025	
		平 部	後	0.200 0.240 +0.040	0.100 0.130 +0.030	0.205 0.250 +0.045	0.085 0.110 +0.025	0.205 0.235 +0.030	0.100 0.130 +0.030	0.210 0.250 +0.040	0.120 0.135 +0.015	0.200 0.240 +0.040	0.105 0.125 +0.020	0.210 0.235 +0.025	0.100 0.125 +0.025	0.205 0.230 +0.025
			前	0.200 0.240 +0.040	0.095 0.130 +0.035	0.205 0.240 +0.035	0.075 0.105 +0.030	0.200 0.240 +0.040	0.095 0.125 +0.030	0.210 0.250 +0.040	0.100 0.125 +0.025	0.200 0.240 +0.040	0.100 0.115 +0.015	0.210 0.230 +0.020	0.090 0.120 +0.030	0.200 0.230 +0.030
		最 大	後	0.205 0.245 +0.030	0.100 0.130 +0.030	0.210 0.250 +0.040	0.085 0.120 +0.035	0.210 0.240 +0.030	0.100 0.130 +0.030	0.210 0.250 +0.040	0.110 0.135 +0.025	0.205 0.240 +0.035	0.105 0.125 +0.020	0.210 0.240 +0.030	0.100 0.125 +0.025	0.205 0.230 +0.025
	前		0.200 0.240 +0.040	0.095 0.130 +0.035	0.205 0.240 +0.035	0.075 0.105 +0.030	0.200 0.240 +0.035	0.090 0.115 +0.025	0.210 0.240 +0.030	0.100 0.125 +0.025	0.200 0.235 +0.035	0.095 0.115 +0.020	0.210 0.230 +0.020	0.090 0.118 +0.028	0.195 0.220 +0.025	
	最 小	後	0.200 0.240 +0.040	0.095 0.130 +0.035	0.205 0.240 +0.035	0.075 0.105 +0.030	0.200 0.235 +0.035	0.090 0.115 +0.025	0.210 0.240 +0.030	0.100 0.125 +0.025	0.200 0.235 +0.035	0.095 0.115 +0.020	0.210 0.230 +0.020	0.090 0.118 +0.028	0.195 0.220 +0.025	
		前	0.200 0.240 +0.040	0.095 0.130 +0.035	0.205 0.240 +0.035	0.075 0.105 +0.030	0.200 0.235 +0.035	0.090 0.115 +0.025	0.210 0.240 +0.030	0.100 0.125 +0.025	0.200 0.235 +0.035	0.095 0.115 +0.020	0.210 0.230 +0.020	0.090 0.118 +0.028	0.195 0.220 +0.025	

窒化曲軸(記號Cノ5)の窒化に依る變形表 材料にFKM54 チャージ番號 9377
 上段=窒化前 中段=窒化後 下段=變形量
 摘要 ①ローラの轉走面及主軸部を窒化す アーム及中間軸取付鈎はニッケル鍍金にて防窒す。
 ②直徑前部後部は同一曲軸栓又は主軸承に於ける前 後部ニケ所測定の意味なり。

第 15 表									
製鋼 番號	試片 符號	抗張力 kg/mm ²	延伸率 %	收縮率 %	硬 度 ブリネル	衝 撃 値 シャープイ mkg/cm ²	松村式 繰返打撃 應 力	摘 要	試驗年月
9373	1	119.8	17.8	57.7	340	19.0	...	熱處理 燒入 900°C 油中 燒戻 620°C 油中 燒入 900°C 油中 燒戻 620°C "	11~12
	2	118.6	18.0	57.3	321	17.6	...		
	3	118.0	18.8	58.9	340	16.9	...		
9374	1	118.0	18.4	58.7	340	9.94	10381	燒入 900°C 油中 燒戻 620°C " 燒入 900°C 8h 油中 燒戻 620°C 8h "	10~3
	2	118.2	18.0	59.2	332	11.12	...		
	3	117.3	17.6	57.2	332	6.20	11735	歪除去 550°C 8h 燒鈍 520°C 8h 窒化 500°C 100h	
9354	1	128.0	17.0	46.5	...	4.11	35.3	900°C 空冷 500°C " 500°C 100h 窒化	10~3
	2	128.0	18.0	51.0	...	3.65	...		
9374	1	110.5	18.0	53.1	...	4.12	27.2	900°C 油中燒入 620°C 爐中燒戻 燒入 880°C 空冷 燒戻 550°C " 窒化 530°C	
	2	110.9	19.6	52.2	...	3.90	...		
9377	1	95.9	20.6	55.7	...	5.26	33.8	西原式 繰返振り 應力	
	2	97.7	22.0	55.2	...	6.69	...		
9377	1	113.7	18.0	51.0	...	4.74	900°C 空冷 550°C " 500°C 100h 窒化		
	2	112.4	19.0	54.6	...	5.18			...
9354	1	120.2	21.0	58.6	...	8.84	kg/mm ² 900°C 油中燒入 620°C 爐中燒戻 燒入 880°C 空冷 燒戻 550°C " 窒化 530°C		
	2	120.9	20.4	58.1	...	9.30			
	3	119.9	20.0	53.5	...	8.14			
9354	1	131.5	16.0	47.0			
	2	131.5	16.2	46.0			
	3	130.5	16.0	46.1			

(試驗片の直徑 14mm 標點距離 50mm)

但し衝擊試驗片寸
 度は 30×30×160
 mm Charpy 式試験
 機繰返衝擊數はクル
 ツプ式試験機による
 錠の重量 4.18kg 降
 下の高さ 30mm 各衝
 撃毎に 180° 廻轉す
 試片の中央に溝有り
 屈撓疲勞抗力はカー
 ルシエンク式にて行
 ひ試料は研磨せられ
 しもの 試験片は各
 素材に附着せる
 60×60×300mm の

角材を 920°C 油中焼入 570°C 爐中焼戻を行ひ之より採取す。

第 16 表		第 17 表		第 18 表		第 19 表	
V=10		V=106cc		V=100cc		V=106cc	
Xcc	Y%	Xcc	Y%	Xcc	X%	Xcc	X%
0	100	0	100	0	0	0	0
10	81'82	10	82'7	10	18'2	10	17'2
20	66'67	20	68'2	20	33'3	20	31'8
30	53'85	30	55'8	30	46'2	30	44'1
40	42'86	40	45'2	40	57'1	40	54'8
50	33'33	50	35'9	50	66'7	50	64'1
60	25'00	60	27'7	60	75'1	60	72'4
70	17'65	70	20'4	70	82'4	70	79'6
80	11'11	80	14	80	89'0	80	86'1
90	5'26	90	8'16	90	94'8	90	91'8
100		100	2'91	100	100	100	97'2
		106	0			106	100

第 20 表 測定値

1			2			3		
測微計の読み	深さ	硬	測微計の読み	深さ	硬	測微計の読み	深さ	硬
1 mm	1 sin α_1	度	1 mm	1 sin α_2	度	1 mm	1 sin α_3	度
0'60	0'02790	894	0'55	0'02876	894	0'63	0'02929	895
1'32	0'06138	954	1'03	0'05336	959	1'25	0'05812	895
1'82	0'08463	894	1'48	0'07740	959	1'82	0'08463	959
2'30	0'10695	894	2'02	0'10564	854	2'32	0'10788	959
3'05	0'14182	894	2'45	0'12813	894	2'95	0'13717	894
3'72	0'17344	835	3'08	0'16108	835	3'63	0'16879	894
4'26	0'19809	835	3'64	0'19037	835	4'22	0'19623	894
4'92	0'22878	782	4'20	0'21443	784	4'65	0'22552	864
5'45	0'25342	782	4'65	0'24319	784	5'38	0'25017	864
6'51	0'30291	782	5'21	0'27196	784	6'30	0'29295	835
1'08	0'32922	734	5'70	0'30229	734	6'90	0'32085	835
7'80	0'36642	734	6'45	0'33733	694	7'45	0'34642	835
8'35	0'38827	690	6'98	0'36505	614	8'13	0'38045	782
9'01	0'41896	614	7'52	0'39329	580	8'75	0'40687	734
9'65	0'44872	549	8'01	0'41892	521	9'31	0'43291	690
10'28	0'47802	521	8'43	0'44088	471	9'85	0'45802	614
10'98	0'51057	494	8'95	0'46808	471	10'53	0'48964	549
11'60	0'53940	471	9'42	0'49266	447	11'26	0'52359	494
12'42	0'57567	447	9'98	0'52195	447	11'83	0'55102	447
12'93	0'59706	426	10'53	0'54496	426	12'40	0'57660	447
13'48	0'62582	426	10'98	0'57425	426	13'02	0'60543	426
13'98	0'65007	426	11'62	0'60772	426	13'68	0'63612	426
						14'82	0'68169	426

1. 窒化層 = 0'5952 2. 窒化層 = 0'54915 3. 窒化層 = 0'58125
 $\alpha_1 = 2'40' \sin\alpha_1 = 0'0465$ $\alpha_2 = 3' \sin\alpha_2 = 0'0523$
 $\alpha_3 = 2'40' \sin\alpha_3 = 0'0465$

VII. 酸素アセチレン焰による局部的硬化法

此方法は文献によると窒化法と殆ど同時に世に紹介せられた如く考へられる¹⁾ 之は獨逸の Deutsche Edelstahl Werk の分工場で Remscheid 町にある Bergische Stahl Industrie 工場で行つてゐる方法で之を Doppel-Duro 法と稱してゐる 著者は 1932 年幸に此處を見學する機會を得た 近年諸種の雑誌にも發表せられてゐる²⁾³⁾⁴⁾ 此方

1) Alfred Tücking. Hochbeanspruchte Automobilteile (1930) 16.
 2) H. Kallen u. H. Schrader. Kruppsche Technische Mitteilungen. Heft. 2. (1933). Juli.
 3) H. Voss. V. D. I. 15. Juni. (1935). 743.
 4) T. W. Lippert. Iron Age. Aug. 8. 1935.

法も窒化法と同じく材料を豫め焼入焼戻して心部に所要の強さを與へた後機械仕上して之を特殊の旋盤に架し 極めて緩く廻轉し 其硬化すべき部分に酸素アセチレン焰を吹付けて加熱し且つ火口の下方に用意せられたる水口より水を噴出せしめ表面を逐次焼入れするもので 専ら自動車用曲軸のクランクピン部の表面硬化に應用してゐるのである 之の特徴を列記すれば 1). 滲炭や窒化と異り材質的に成分の變化をもたさず 2). 硬度は滲炭及窒化に稍劣るが極めて簡便に且つ相當深く表面硬化出来る事等である 又缺點と云ふべきものは硬化面の硬度の不均一性とクラックの危険性とであらう 航空發動機用に用ひられた例は未だ聞かないが 自動車用には充分利用さるべきものと思ふ 著者は旋盤を利用し 之に減速装置 曲軸支持工具 火口水口等を取付けて實驗を行ふこととした 此方法の要點は之等工具の完備と職工の熟練である 第 68 圖 A, B は Bergische Stahl Industrie Werk 及び Alfing 會社より戴いた試料である 之の顯微鏡組織は第 69 及 70 圖の如し 又硬度 材料成分等は第 21 表 A, B の如し 此方法

第 21 表 A

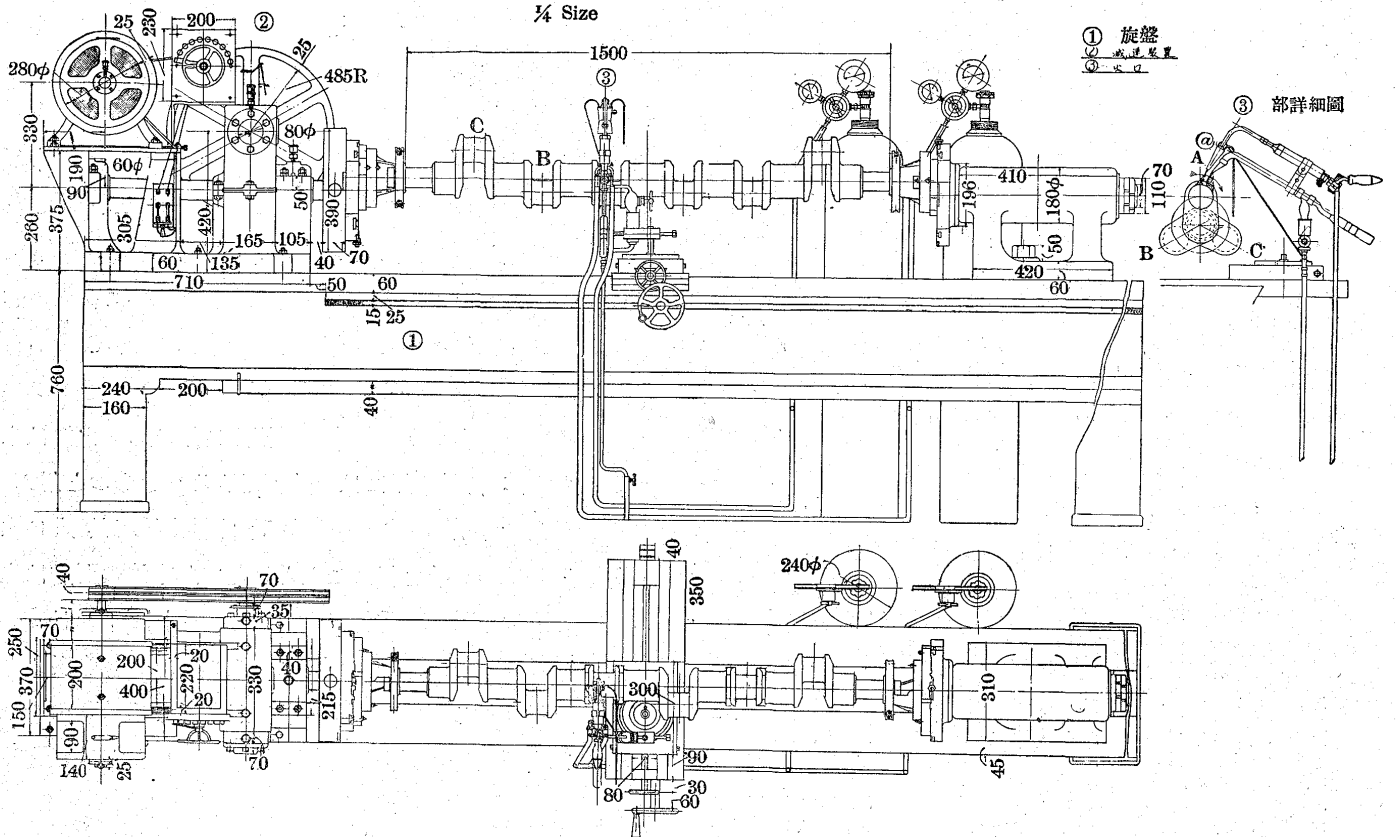
試料種別	硬化部			心部			
	ロックウエール硬度 "C"	推抗 kg/mm ²	定張力 ショア硬度	ロックウエール硬度 "C"	推抗 kg/mm ²	定張力	
ベルギツシユスタールヴェルク	58~61	188~204	78~81	—	—	—	—
アルフィン	53~55	171	77	25~28	79'2~83'4		

試料種別	B							
	C	Mn	Si	P	S	Cr	Mo	Cu
ベルギツシユスタールヴェルク	0'37	0'67	0'19	0'017	0'007	1'07	0'25	0'09
アルフィン	0'36	0'62	0'22	0'015	0'006	0'98	0'28	0'13

に最も適した材料は Cr, Mo 鋼と云はれてゐる 扱て正規の減速装置が出来上る迄手働で種々の材料につき實驗を行つた 第 69, 70 圖は焼入要領を示したものである 火口の製作について: 火口一様なる扁平火口を作ることには中々困難なことである 普通用ひられてゐる熔接用の火口に銅板を鑲接し 先端を漏斗狀に開かせた 先端間隙は 0'2~0'3mm である 扁平火口では焰の白點は連続的となる 火口の間隙は極めて大切で 常に水で冷却して其變形を防止する必要がある 第 71 圖は火口を示す 火口の水套は先の方を大きくした方がよいと思ふ

装置の製作: 古い旋盤を利用して臺盤を作つた 曲軸をセットする工具は普通の曲軸グラインダのそれに似たものを作つた 又軸表面を逐次焼入するのに規則正しく緩やかに廻る減速装置が必要で之も新しく作つた 第 72 圖は之等全體を示すものである

第 72 圖 曲軸及一般車軸軸物迅速表面硬化裝置



此方法を自動車用曲軸に應用した 第 22 表は燒入前後に於ける變形検査成績である(第 73 圖参照)

この方法は大きな齒輪の嚙合面の燒入れも應用せられてゐる¹⁾ 米國の Gleason Works では Spiral Bevel や Hypoid Gear に之を應用してゐる 又 Tocco Process と稱して電氣的に行てゐるところもある²⁾

硬化層の深さと圓周速度との關係:— 熱が等方質の物體中に傳導せらるる場合に於て 其の中に取りたる或る平面上の溫度が各點凡て同一なれば 熱流の方向は此面に垂直なり而して單位時間中に 單位面積を通る熱量は 此の面に垂直なる方向に於ける溫度の勾配 $\frac{d\theta}{dx}$ に比例す 故に面積 S なる面を 時間 t の間に通る熱量 q は

$$q = -k \cdot S \cdot t \left(\frac{d\theta}{dx} \right) \dots \dots \dots (1)$$

k は物質により一定せる熱傳導率なり 又負號を附せるは x の正の方向に向へる熱流を正に取るが爲なり 今周面速度 v を以て廻轉せる軸面を酸素アセチレン焰を以て加熱する場合を考ふるに 加熱時間 t は v に反比例するを以て

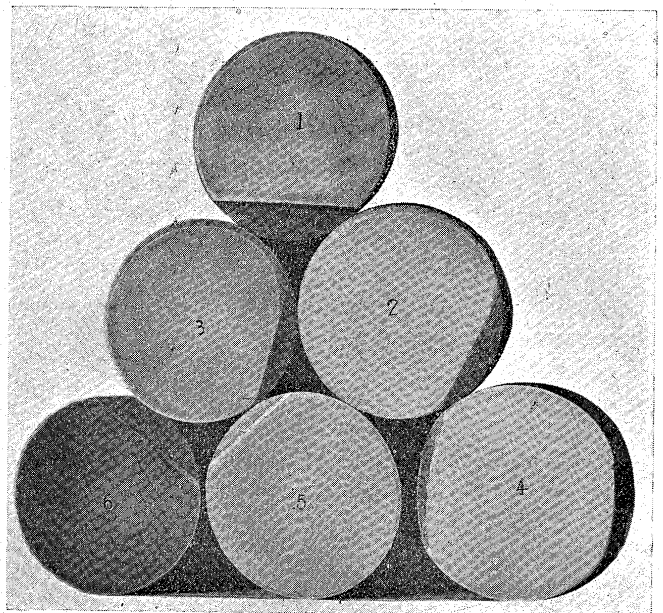
$$q = -k' \cdot S \cdot \frac{1}{v} \left(\frac{d\theta}{dx} \right) \dots \dots \dots (2)$$

又火口の容量によりて q 及び S は定まる 又燒入溫度は變態點以上なるを以て一定と見做し得 表面の溫度を T_1 心部の溫度を T_2 とすれば $d\theta = T_1 - T_2$ にして一定なれば 燒入の深さと周速 v との間には次の關係を生ず。

$$x = K \frac{1}{v} \dots \dots \dots (3)$$

或は $x \cdot v = K \dots \dots \dots (3')$

第 76 圖



¹⁾ H. Holler u. E. Zorn. Werkstattstechnik. 28. (1934). Heft. 8.
²⁾ Metals and Alloys. Oct. 1936.

之れ x 及び v を變數とする Equilateral Hyperbola である。又加熱時間 t と x とを變數にとれば (1) 式より同様にして

$$x/t = K' \dots \dots \dots (4)$$

なる双曲線的關係を生ず 今直径 56mm の半硬鋼について種々の周速度及び加熱時間について焼入れの深さの實驗を爲せし處 略此關係の正しき事を實證せり 第 23 表は之の實驗結果を示すもの 又第 74 圖は $v \cdot x = 7,420$ 第 75 圖は $x/t = 0.0422$ の實驗曲線を示すもの 又第 76 圖は試料を横斷して研磨し軽く腐蝕せるものである

尙之等の關係は火口の容量に應じて夫々求められるべきものである 第 23 表に得られた成績は火口の幅 40mm 間隙 0.2mm 吹管の直径 3.5mm のものに依るものなり 硬度測定の結果は第 24 表及び第 77 圖に示せり 第 78 圖は硬度測定位置を示す

第 23 表

$d = 56mm \phi$ 圓周 $\pi d = 176mm$

調節基鉤の位置	1 回轉に要する時間 $t \text{ sec}$	1 秒間の回轉數 n	周速度 $v \text{ mm/sec}$	焼入れの深さ (平均) $x \text{ mm}$	$v \cdot x$	x/t	$1/t$
①	32.8	0.03043	5,363	1.80	9,650	0.055	0.0305
②	31.8	0.03145	5,540	—	—	—	0.0314
③	31.0	0.03225	5,680	—	—	—	0.0323
④	30.2	0.03311	5,825	1.50	8,750	0.0497	0.0332
⑤	29.6	0.03378	5,940	—	—	—	0.0338
⑥	27.2	0.03676	6,468	1.20	7,750	0.0442	0.0368
⑦	25.0	0.0400	7,037	1.00	7,037	0.0400	0.0400
⑧	23.4	0.04273	7,518	0.08	6,020	0.0342	0.0428
⑨	22.0	0.04545	8,000	—	—	—	0.0455
⑩	21.8	0.04537	8,070	0.65	5,240	0.0398	0.046
平均 $v \cdot x = 7,420$					平均 $x/t = 0.0422$		

第 24 表

試料位置	幅位置	硬度 (ロックウエール C スケール)				試料位置	幅位置	硬度 (ロックウエール C スケール)				試料位置	幅位置	硬度 (ロックウエール C スケール)			
		周圍位置						周圍位置						周圍位置			
		A	B	C	D			A	B	C	D			A	B	C	D
I	①	58	66	63	65	III	1	49	62	61	63	V	1	65	65	64	65
	②	62	66	65	65		2	52	51.5	61	64		2	65.5	64.5	64	64.5
	③	58	65	64	62		3	50	60	62	63.5		3	63.5	65.5	64	64.5
II	1	61	65	63	62	IV	1	34	59	63	54	VI	1	41	55	49	40
	2	63	66	62.5	62		2	33	60	64	49		2	40.5	55	48.5	38
	3	62.5	65.5	62.5	60		3	36.5	62	65	52		3	43	53	47	35

材質 半硬鋼 直径 56mm
中心部硬度 13 (ロックウエール C スケール)

第 22 表 ドツペルデューロー法に依る焼入前後に於ける検査表 (第 73 圖對照のこと)

		8	7	VI	6	V	5	IV	4	III	3	II	2	I	1	
直徑	垂圖	後部	40.465 (40.460)	65.34 (65.34)	53.788 (53.790)	65.335 (56.337)	53.875 (53.875)	65.375 (65.375)	53.83 (53.832)	65.420 (65.420)	53.815 (53.815)	65.473 (65.475)	53.735 (53.733)	65.53 (65.530)	53.753 (53.765)	65.530 (65.522)
		前部	465 (465)	315 (315)	77 (777)	340 (338)	965 (965)	410 (410)	830 (823)	450 (450)	790 (787)	480 (480)	600 (600)	540 (540)	700 (702)	555 (555)
	平圖	後部	460 (460)	330 (337)	777 (778)	340 (338)	335 (342)	355 (355)	772 (770)	395 (402)	768 (770)	473 (472)	760 (760)	530 (532)	740 (742)	538 (535)
		前部	465 (462)	320 (322)	773 (773)	355 (355)	850 (900)	400 (405)	758 (760)	427 (430)	730 (735)	477 (475)	660 (660)	540 (540)	735 (732)	557 (557)
油孔の位置																
軸承の幅及各部長さ		54.9 (54.9)	39 (39)	82.44 (82.42)	29.72 (29.72)	82.26 (82.26)	29.84 (29.82)	82.12 (82.00)	47.72 (47.70)	82.34 (82.30)	29.78 (29.66)	82.34 (82.32)	29.7 (29.8)	82.26 (82.24)	61.54 (61.58)	
ローラー軸承幅				39.62 (39.60)		39.64 (39.60)		39.5 (39.50)		39.64 (39.62)		39.64 (39.62)		39.56 (39.54)		
振れ		20 (240)	0 (0)		40 (950)		80 (1180)		75 (1080)		60 (760)		30 (370)		0 (0)	
硬度 (シヨアー)				30~34 (88~92)		30~35 (95~98)		30~35 (95~100)		32~35 (90~95)		30~35 (90~98)		30~35 (90~95)		
P				63.031 (62.957)		63.013 (63.833)		63.050 (63.465)		63.148 (63.563)		62.968 (63.325)		62.948 (62.993)		
長さ		L_1 143.8 (143.82)	L_2 255.92 (255.88)	L_3 367.92 (367.72)	L_4 497.58 (497.56)	L_5 609.86 (609.36)	L_6 721.92 (721.36)	L_7 93.9 (93.9)	長全 851.42 (850.86)							
臂部の幅		A 21.46 (21.44)	B 21.44 (21.40)	C 21.24 (21.26)	D 21.54 (21.54)	E 21.42 (21.40)	F 21.34 (21.34)	G 21.4 (21.4)	H 21.42 (21.42)	I 21.40 (21.40)	J 21.38 (21.38)	K 21.44 (21.44)	L 21.36 (21.36)			
角度 No. 1 を基準に 回轉方向による		VI		V		III		III		II		I				
		360° 0' (360° 0')		119° 50' (119° 50')		240° 25' (240° 30')		240° 10' (240° 10')		119° 50' (119° 50')		0' (0')				
摘要		() 内の數字は焼入後に於ける寸度														

昭和 10 年 5 月 10 日

VIII. 總 括

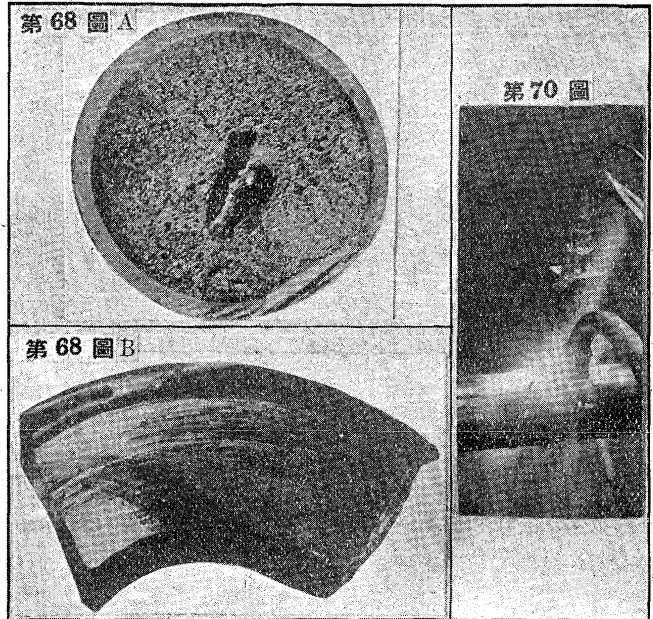
以上素材製法に始り焼入れに至る迄 航空用曲軸を中心として 諸難作業につき述べ又出来るだけ批判を加へて来た 今之等を要約すると次の如し

(1) 熔鋼量は各工場又各國異なるが 航空用曲軸では 3 吨乃至 15 吨で一般に鹽基性電氣爐が用ひられてゐる 鋼塊の大きさは曲軸の大きさに應じ適當に定むべきものである 餘り大きいと中央の缺陷部も大となり 餘り小さければ素材の鍛錬が不充分となる 鋼塊に對する素材の仕上率は 60~70%位である

鋼塊の諸缺陷を出来るだけ少なくする事は勿論であるが 中でも白點の防止に努力すること その爲には充分先人の經驗を體得し 原料の精選から壓錬の熱扱ひに至る迄よく注意して行ふこと

(2) 全體に良く纖維を通すと云ふ事は困難な作業であるが 水壓機で終始同一型で行ふよりも 先づ各部に充分プレスで纖維を通した上 ドロツプハンマーで鍛打してよく緊める事が大切である。

(3) 5~6mm の如く深く滲炭する場合の難點は 表面に遊離セメントイトを出さない事である 此爲には良い木

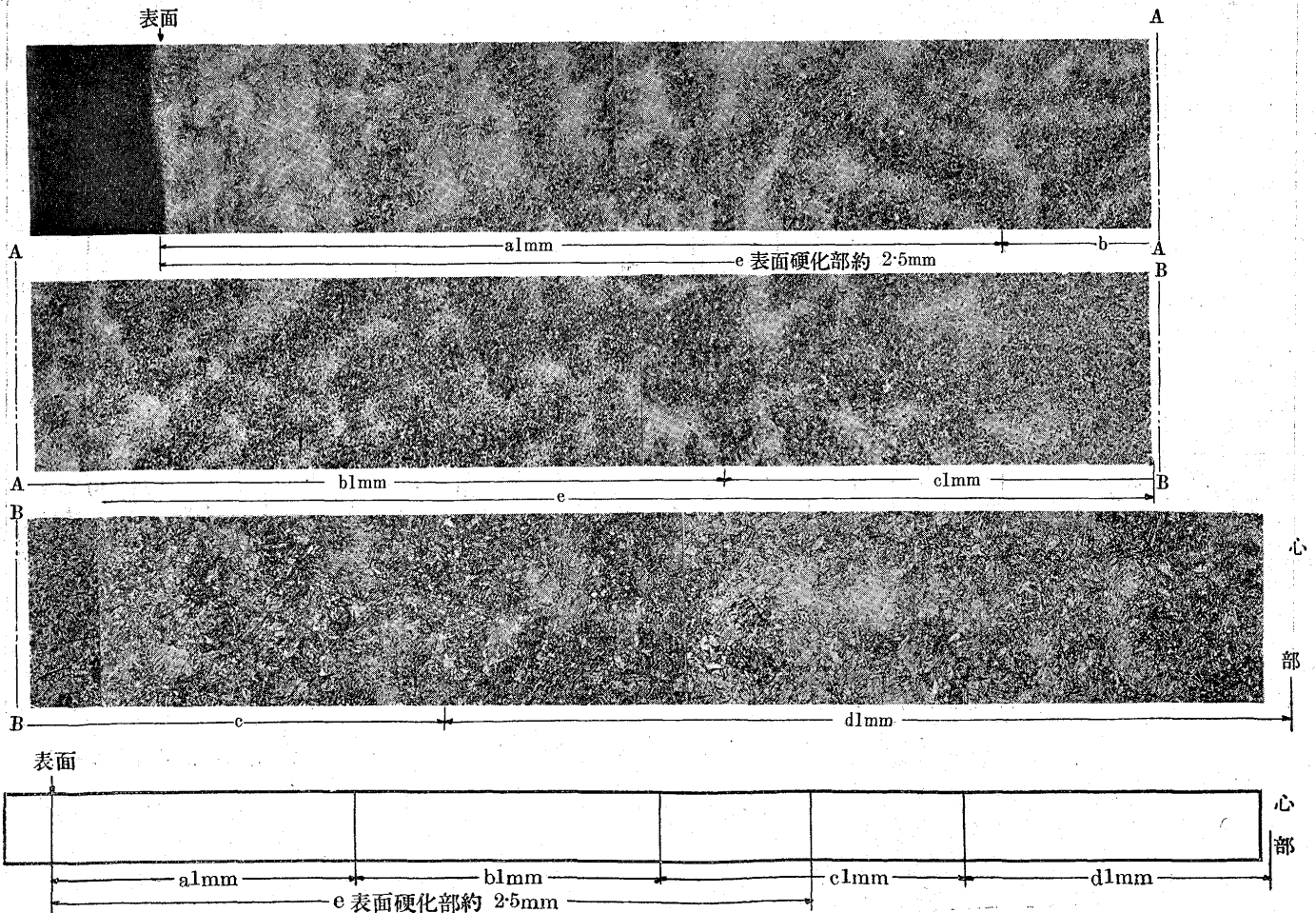


第 68 圖 A ベルギツシユスタールヴエルク製 ドツベルヂューロー法試片

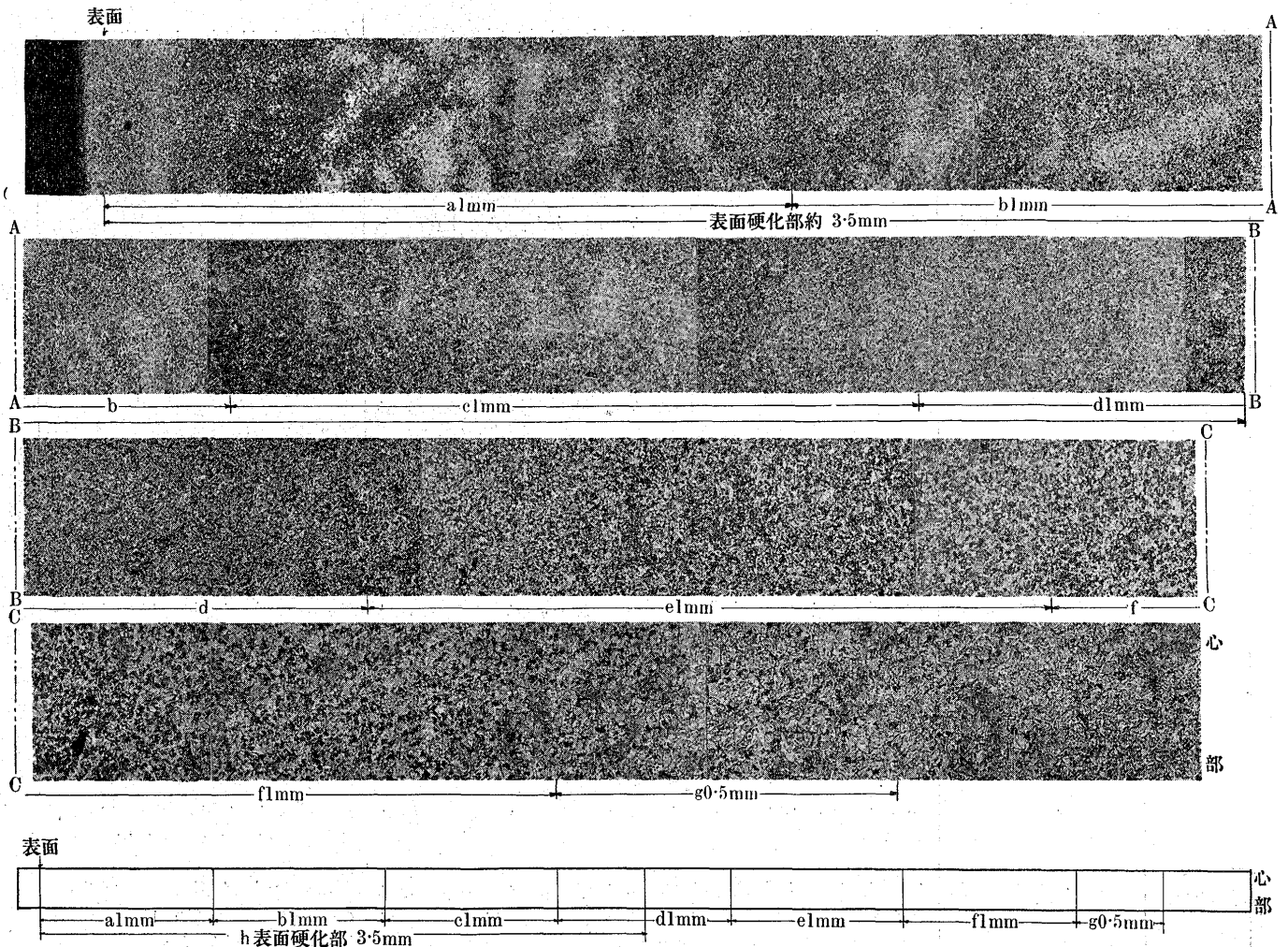
第 68 圖 B アルフイグ社ドツベルヂューロー試片

第 69 圖 ドツベルヂューロー法による表面より内部への組織の變化

試料: ベルギツシユスタール インダストリー社



第 70 圖 ドツペル デューロー法による表面より内部への組織の變化



炭滲炭剤を用ひて 850~880°C で長時間行ふか 950~1,000°C で先づ滲炭を行ひ然る後中性剤中で擴散を行ふか又は燈用瓦斯の如き CH_4 と CO の混合瓦斯を用ひる

(4) 肌焼 $Ni-Cr$ 鋼の如きものに滲炭して焼入する場合には 油中冷却を必要とする故に最も難作業となる $Ni-Cr-W$ 又は $Ni-Cr-W-Mo$ を用ふれば空冷が利くから便利である 空冷の場合でも變形を防止するために良き工具が必要である

(5) 窒化法では硬化層は薄いが變形が少ない利點がある 然し抗力の高い且つ熱脆性の起らない材料を得ることが大切である

(6) ϵ' なる三元化合物は超顯微鏡的の微粒子であるから $\alpha-Fe$ の格子を歪ましめて超硬度が得られる 高速度鋼中の複炭化物は顯微鏡的の粒子であるから格子を歪ましめず隨て全體として硬度が低い。

(7) NH_3 の濃度について考究し Lehrer の平衡圖と

比較論及して 解離度の意義 解離速度との關係について説明し 流れ (Flow) の大切なことを説明した

(8) クルツプ會社製の Cr, Mo, V 窒化鋼について種々の熱處理による 衝擊値と顯微鏡組織を得た其の影響を與へたものにつき同様顯微鏡組織を得たこと

(9) 酸素アセチレンによる表面硬化法は極めて簡單迅速で自動車用曲軸の表面硬化に最も適する

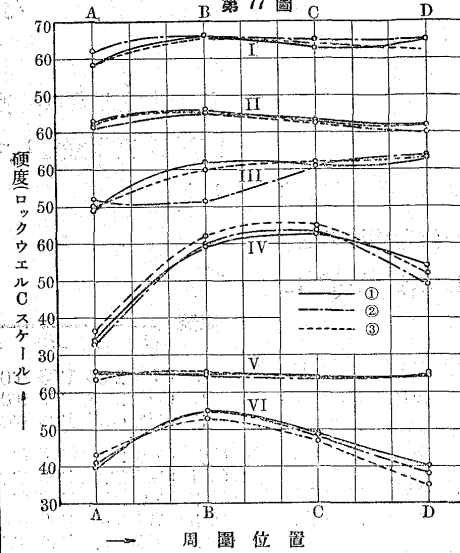
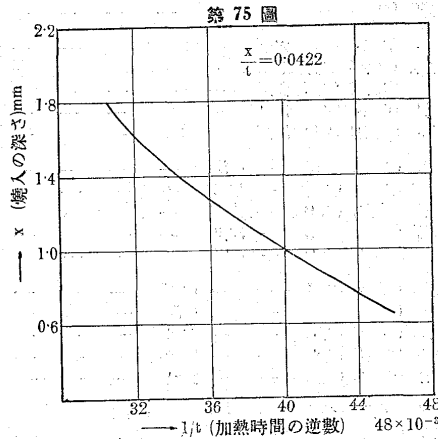
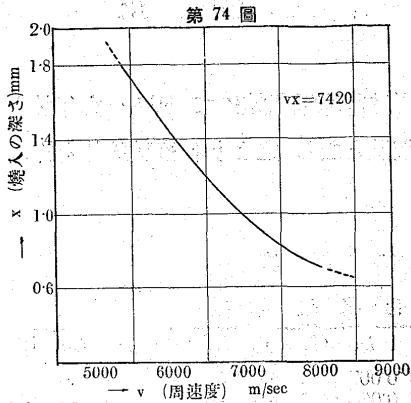
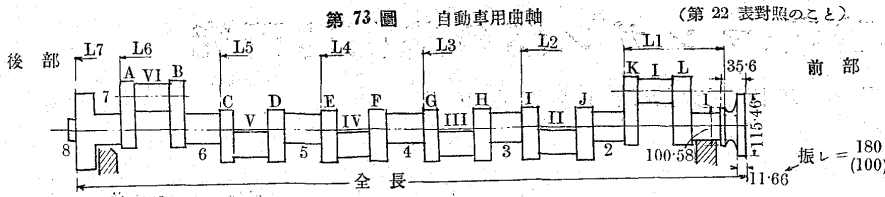
(10) 焼入の深さと周面速度との間には等邊双曲線的關係がある。

(11) 航空發動機に就て見るに近年益々高馬力を要求しつゝあり 隨て曲軸は一層短密なものになり其鍛造法も一層困難となる 又回轉數の増加と 壓力の増大は軸承メタルの強靱を要し 必然的に曲軸軸承部の表面硬化を必要とする様になる 第 25 表に 1936 年の巴里航空サロンに陳列せられた新航空發動機を示し關係者の御參考に供す

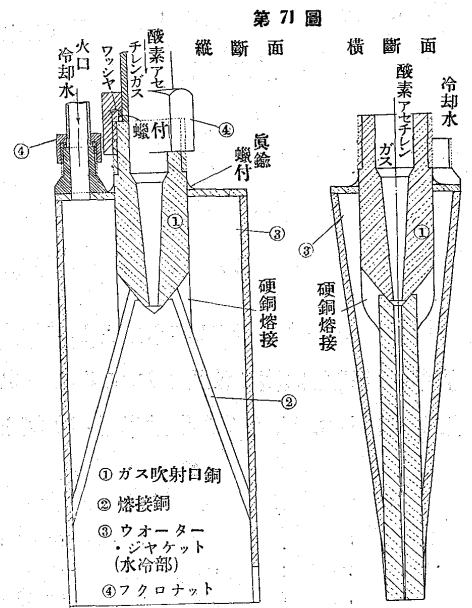
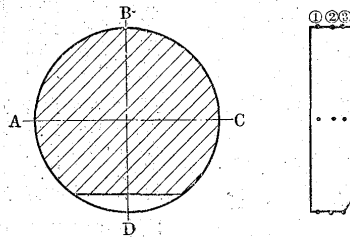
本稿を結ぶに當り絶えず御鞭撻と御激勵を賜はりたる鑄

第 2 5 表

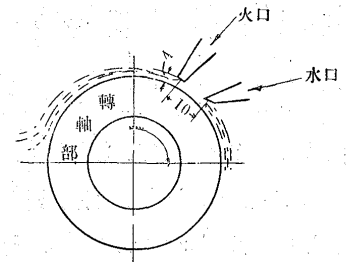
國 別	名 稱	型 構 造	馬 力 回 轉 數 高 度	氣 筒 徑 衝 程 壓 縮 比 減 速 比 重 量
英 國	Rolles-Royce Merlin	12 cyl. liq. cool. Vee.		
	Bristol Aquila	9 cyl. air cool. Sleeve valve, radial.	max. 507 _{h.p.} at 2,600 _{r.p.m.} Take off 426 _{h.p.} at 2,475 _{r.p.m.}	Bore and stroke 127×140 _{mm.} weight 360 _{kg.}
	Unnamed Bristol	sleeve valve. 14 cyl. two row. radial.	most powerful motor in Paris Show	
英 國	Bristol Pegasus	9 cyl. air cool. radial.	max. 938 _{h.p.} at 2,600 _{r.p.m.} at 3,050 _{m.} Take-off 960 _{h.p.} at 2,475 _{r.p.m.}	Bore and stroke 146×190.5 _{mm.} comp. ratio 6.25, weight 460 _{kg.}
	Armstrong Siddeley Tiger IX.	14 cyl. air cool. radial.	Normal 795 _{h.p.} at 2,375 _{r.p.m.} at 1,900 _{m.} Max. 805 _{h.p.} at 2,450 _{r.p.m.} at 2,000 _{m.} Take-off 880 _{h.p.} at 2,375 _{r.p.m.}	Bore and stroke 140×152 _{mm.} comp. ratio 6.2, weight 557 _{kg.}
	佛 國	Hispano-Suiza 12 Xirs	12 cyl. water. cool. Vee.	Normal 600 _{h.p.} at 2,600 _{r.p.m.} at see level. Max. 690 _{h.p.} at 2,600 _{r.p.m.} at 3,900 _{m.} Take-off 660 _{h.p.} at 2,600 _{r.p.m.}
Lorraine Sterna		12 cyl. water cooled. Vee.	Normal 810 _{h.p.} at 2,575 _{r.p.m.} at 4,000 _{m.} Max. 850 _{h.p.}	Bore and stroke 148×148 _{mm.} compression ratio 6, weight 505 _{kg.}
Potez-Lorraine 12D		12cyl. horizontal opposed air cool.	Normal 475 _{h.p.} at 2,500 _{r.p.m.} at 3,500 _{m.}	Bore and stroke 125×120 _{mm.} comp. ratio 6, Gear ratio 20/25, weight 335 _{kg.}
Renault 12 Ro. V.		12 cyl. inverted. Vee. air cooled.	Normal 450 _{h.p.} at 2,500 _{r.p.m.} at 3,650 _{m.}	Bore and stroke 120×140 _{mm.} comp. ratio 6.4, weight 378 _{kg.}
Farman 12 C. R. S.		12 cyl. inverted. Vee water cooled.	Normal 400 _{h.p.} at 3,200 _{r.p.m.} at see level. Take-off 400 _{h.p.} at 3,200 _{r.p.m.}	Bore and stroke 100×120 _{mm.} compression ratio 6.4, Gear ratio 1/2, weight 310 _{kg.}
Coatalin		12 cyl. Vee, Water cooled, four stroke Diesel motor.	Normal 550 _{h.p.} at 2,000 _{r.p.m.} at see level. Max. 600 _{h.p.} at 2,200 _{r.p.m.} at see level.	Bore and stroke 150×170 _{mm.} compression ratio 14/1, Gear ratio 2/3, weight 530 _{kg.}
Renault 14T		14 cyl. radial air cooled motor.	Bore and stroke 154×176 _{mm.} comp. ratio 6.4, Geare ratio 2/3.	Normal 1,020 _{h.p.} at 2,000 _{r.p.m.} at 3,900 _{m.} weight 645 _{kg.}
Gnome et Rhone. M. 14.		14 cyl. radial air cooled motor.	Bore and stroke 122×116 _{mm.} com. ratio. 6.5, Gear ratio 5/7.	Normal 650 _{h.p.} at 3,000 _{r.p.m.} at 4,000 _{m.} Take-off 700 _{h.p.} at 3,000 _{r.p.m.} weight 375 _{kg.}
Hispano-suiza. 14. A. B. oo.		14 cyl. two bank radial air cooled water.	Bore and stroke 135×130 _{mm.} comp. ratio 6.2, Gear ratio 15/24.	Normal 580 _{h.p.} at 2,400 _{r.p.m.} at see level. Max. 670 _{h.p.} at 2,400 _{r.p.m.} at 3,500 _{m.} Take-off 640 _{h.p.} at 2,400 _{r.p.m.} , wheight 490 _{kg.}
ソ 聯		Russian A. M. 34. F. R. N.	12 cyl. Vee. water cooled motor.	Bore and stroke 160×190 _{mm.} comp. ratio 6, Gear ratio 0.59.
チエコス ロバキア	Walter Sagitta.	12 cyl. inverted Vee. air cooled motor.	Bore and stroke 118×140 _{mm.} compression ratio 5.5, Gear ratio 2/3.	Normal 400 _{h.p.} at 2,400 _{r.p.m.} , Max. 430 _{h.p.} at 2,600 _{r.p.m.} at 2,000 _{m.} weight 370 _{kg.}
	Walter Sagitta. II.	12 cyl. inverted Vee. air cooled motor.	Bore and stroke 118×140 _{mm.} comp. ratio 5.5, Gear Ratio 29/43.	Normal 400 _{h.p.} at 2,400 _{r.p.m.} Max. 470 _{h.p.} at 2,600 _{r.p.m.} at 3,700 _{m.} weight 370 _{kg.}



第78圖 硬度測定位置



第69圖 火口及水口姿勢圖



谷社長 吉岡専務殿を始め 飛行機工場並に製鋼工場上司各位に深愼の謝意を表す 又御奨励と御鞭達とを賜てゐる監督官殿並に關係諸官に感謝す アムモニアの解離度につき有益なる助言を下されし工學士八卷信郎氏に感謝す 現場作業に多大の助力を得たる井上福雄氏 奥野奈良治氏始め従業員諸君に感謝の意を表す 顯微鏡撮影に盡力された定

松喜市郎君 寫圖に多大の勞を煩はしたる 高橋昌吉君に感謝す

終りに御生前に於て絶へず御鞭達を賜つた前所長取締役 故竹崎友吉殿並常に勵し下されたる畏友故酒勾潤三氏の御靈に感謝の意を捧げる

(昭和12年2月8日)