

活 塞 環

張 登 義 著

26
869

民 國 三 十 三 年 三 月 印 行

626
1869

03848

活 塞 環

MG
TK413.3
1/2

目 錄

第一章 一段經過

第二章 活塞環應具各種性能

第一節 不漏氣問題

甲 活塞環之彈力應具有圓周同等壓力

乙 活塞環之上下兩邊應平準而並行

丙 活塞環壓力以較強者為優，但其硬度不得超過汽缸壁硬度

丁 活塞環應能耐高溫而不變形

第二節 維持適當潤滑油量

第三節 傳熱問題

第三章 活塞環之演變

第一節 活塞環高度之演變

第二節 活塞環厚度之演變

第三節 活塞環壓力之演變

第四節 活塞環其他演變

甲 刮油口之演變

乙 密封環之演變



3 2168 1602 9

第四章 活塞環之裝置

- 第一節 端隙
- 第二節 邊隙
- 第三節 活塞槽之深度

第五章 活塞環之原料

- 第一節 原料化學成份及物理性能
- 第二節 各元素之作用

第六章 活塞環各種製造方法

- 第一節 鑄造方面
- 第二節 機製方面
- 甲 內壁錘擊法
- 乙 母輪推製法
- 丙 橢形模製造法
- 丁 熱處理變形法

第七章 煤氣車對於活塞環之影響及其 補救方法

活 塞 環

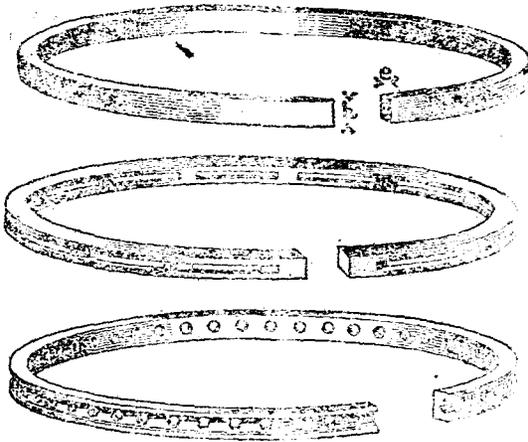
第一章 一段經過

作者前在交通部任職時，曾籌設一汽車配件廠，其製造目的，以活塞環(Piston Ring)為主，佔總預算百分之六十五，後軸斜旋齒輪(Spiral Bevel Gear)次之，佔百分之廿五，其餘三五種配件，更次之，不過佔百分之十而已。籌備經年，房屋機器，俱將次第佈置完竣，適交通部另組一較大之汽車運輸公司，奉命調往該公司服務，專致力於機務工作，不能目擊厥成，深以為憾。民國廿九年春，時距抗戰開始已二年半，作者早在後方，覺戰後公路運輸人車，培植日多，已可應付，而對於汽車配件之製造，仍感缺乏，若不早日多設此項工廠，以為準備，一旦國際路線被阻，配件來源斷絕，國內原有大量汽車，勢必相繼迫於停頓，其影響抗戰交通，決非淺鮮，乃糾集若干同志，創設中國鐵工廠，思完成曩日之志願，唯以資金薄弱，先從製造活塞環入手，當時友人有途經廠址所在地，而來訪問者，頗以為活塞環之製造，殊非簡易，深為作者沮喪，暗示重加考慮者不乏其人，友愛熱情，固極感謝，殊不知作者所學原為汽車製造，在國外若干汽車工廠，曾實習歷載有年，自能對於汽車機械，稍有心得，安敢不在此方面竭我所能聊盡天職。先是作者返國後，曾向各方努力，冀能在短期內集資創設一汽車製造廠，經數年之奮鬥，研究，計算成本，其結果竟令人大失所望，蓋彼時國內重工業之基礎未立，設一獨立汽車廠，需要極大之資本，同時國內公路運輸不多，產量自不能過份提高，成本亦即無法減低，再加以關稅之不能完全自主，凡此種種事實上之困難，必須在政府力量加強，國際地位增高以後，方有辦法，屆時工礦資源，逐漸開發，鋼鐵工業，立有基礎，同時關稅可以完全自主，外貨不能奪取國產市場，於是以前國營方式劃撥鉅大資金，設一自造汽車之工廠，自必易易，最近亦曾有人主張於戰後收購法國之鐵工廠以自造汽車之建議，然非所語於當時也。作者空懷志願，而未能早日達到預期目的，輒感苦悶異常。惟有時亦嘗退一步想，豈不為汽車配件中之需要最殷而產量較大者，先行着手製造，再及其他乎？此一問題之答案，當然即引起製造活塞環之一念，茲

汽車配件需要更換次數最多者，莫過於活塞環，而活塞 (Piston) 次之，且活塞環每次更換數量，總在十八枚以上，而活塞之更換僅六枚至八枚而已。但抗戰以前計算成本結果，單就此一項需要最多之配件而論，亦難與舶來品抗爭，查美國貨之活塞環，由海輪運至上海，連包裝運費關稅及一切雜費在內，其來價每枚，不過值華幣三角，若自己設廠製造，初以年產十二萬枚計算，其成本亦須超過四角，如此高價之國產品再加以國人喜用舶來品之心理，其營業前途之黯淡，無待審卜，是以始終處於觀望態度而一籌莫展也。迨抗戰與預測國際路線或有被切斷之一日，屆時國內之需要汽車配件仍殷，而國外之接濟缺乏，但同時國外商業上之競爭却可不必顧慮，如能及時設廠自造，一方面固可供給需要，對於抗戰交通稍有貢獻，一方面積極在技術上成本上設法改進，為戰後汽車工業，立一小小基礎，此乃千載一時之機會，實不容坐視其消逝，雖明知在目前環境之下設廠，無論在機械設備上原料上，皆有種種困難，但苟已預知其癥結之所在，亦不難加以補救，所以毅然決然召集多數同事而建設斯廠，該廠於三十年春開始籌備，同年十月中旬開工，三十一年初對外營業，兩年以來，其所製活塞環數量，已超過二十萬枚以上，國內汽車賴此得以修復而行駛者，不下千餘輛，其對於抗戰交通，不無裨益，至於使用上之效能如何，凡已採用過者，當有公正之批評，毋庸贅言，惟有一點亦須補充者，即此項國產品之售價，最初與舶來品較，為一與二之比，今則已減為一與四之比，然吾人猶以為未足，必須在抗戰期間，對於品質上及價格上：雙方並進，期能於戰後之自由市場上亦能與舶來品互相競爭，此則猶待於今後之努力。茲值該廠成立第二週年，爰適以自製提煉生銹電爐，試驗成功，爰將活塞環製造上各種問題，編著成篇，聊資紀念，尚祈海內明達，不吝指教，幸甚幸甚。

第二章 活塞環應具各種性能

活塞環為生鐵製之開口圓環，有彈性，其外徑幾與汽缸 (Cylinder) 相等，切面成長方形，分壓力環 (Compression Ring) 或稱平環與油環 (Oil Ring) 兩種，(第 一圖) 裝置在活塞槽內 (Piston Groove)



第一圖 上——平環 中、下——油環
中——扁形通油槽 下——圓眼通油槽

其主要功用有三，一、使引擎爆發之高壓力，在汽缸壁與活塞之間，極少漏氣 (Blow-by) 現象，致減低引擎效能。二、使汽缸壁上保持適當潤滑油量，過少則接觸機械磨損太速影響引擎壽命，過多則增加油料消耗，於潤滑工作非徒無益

而又害之，三、活塞頂部與爆發高溫氣體，直接接觸，其溫度通常在攝氏五百度以上，有似活塞環之傳熱作用，將一部分熱力，傳至汽缸壁而分散之，上列三項功用，其重要性雖屬相等，但以第一項之不漏氣問題最為複雜，特先敘述之。

第 節 不漏氣問題

甲 活塞環之彈力 (Tension) 應具有圓周同等壓力 (Uniform Pressure)

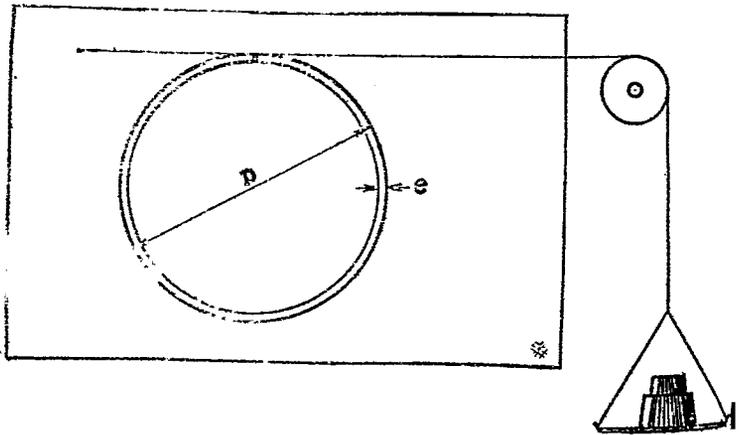
活塞環之彈力，如其圓周壓力相等，則其外圍與汽缸壁接觸處，其圓周緊貼程度相等，引擎爆發力無弱點可乘，尚外洩漏，即使有稍微漏氣現

象，其漏氣程度相等，活塞環之被蝕程度亦相等，故其壽命可保持至最高限度；此外潤滑油在汽缸壁上之分佈情形，因受同等壓力，得以平均分佈，故上述第二主要功用，對於保持適當油量問題，其初步條件，屆時說到。

活塞環裝上汽缸後，既應發生與周同等壓力，而其形狀又必需與汽缸相同，為十分準確之圓形，則在未裝入汽缸以前，其本來面目，必非為一準確圓形，根據理論上推算所得之公式，與實際上測驗之結果，其開口處曲率 (Radius of Curvature) 應與汽缸直徑變弱相等，離開口處愈遠，其曲率亦愈大，至開口對面時，其曲率達一最高點，此最高點曲率與開口處究竟相差若干，則視活塞環之質料抗拉強度 (Tensile Strength) 與厚度 e (Thickness) (第 圖) 而定；此點容於第三章討論活塞環厚度時再申述之——。

今有活塞環，其四周壓力相等，吾人欲知其彈力為若干，或已知其彈力，而欲知其同等壓力為若干，可採用下述方法以求之。

先將活塞環安置在平板上 (第二圖) 用一塗臘細繩圍繞之，繩之一端固定在一釘上，他端繫一盤，中置權衡重量，此時繩之整個長度所受牽引力完全相等，隨即增加重量，使繩之兩端幾相接觸，有此刻考察環之形狀



第 二 圖

應為一十分準確之圓形，其向外之張力，適與一端所垂重量相等，假定該繩塗有滑臘，可以將繩與環之間，極微磨擦力不計在內，則吾人可書如下公式：

$$W = pl \frac{D}{2} \quad (一)$$

$$\text{或 } p = \frac{2W}{hD}$$

- W 代表繩銜重量，使環之兩端幾相接觸。 單位：磅
 p 環之圓周同等壓力 單位：磅/方吋
 h 環之高度 (Ring Width) (第一圖) 單位：吋
 D 環關閉後之外直徑 (第二圖) 單位：吋

活塞環之圓周壓力年有增加，其演變情形詳第三章。

今假定p由7磅增至9, 11, 16磅/方吋，又假定為3 1/2吋直徑×1/8吋高度之環，試算其彈力W值若干

$$W = p \times \frac{1}{8} \times \frac{3 \frac{1}{2}}{2}$$

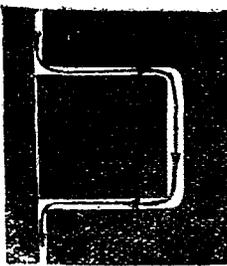
$$= p \times \frac{1}{8} \times \frac{14}{8}$$

$$= p \frac{7}{32}$$

p	7	9	11	16	18	32	46	磅/方吋
W	1.5	2	2.4	3.5	4	7	10	磅

乙 活塞環之上下兩邊應平準而並列

第三圖



環之上下兩邊與活塞槽之上下兩邊，皆須平準而並列，否則漏氣弊病能經過環之背後發生(第三圖)氣先從環之上邊不平處竄入環之背後，循槽下降，然後至環之下邊不平處洩出，如環邊與槽邊之平準與並列，皆為合格，則無論活塞上升或下降，環之一邊必與槽之一邊，互相接觸妥貼，例如引擎在爆發時期，活塞下降，則環之上邊與槽之上邊甚為妥貼，反之，在引

擊軍隊時期，活塞上升，則環之下邊與槽之下邊接觸妥貼，祇要有邊接觸妥貼，無論或上或下，氣體逃離路線，皆被阻塞，故活塞環之上下兩邊與活寒槽之上下兩邊其平準與並列條件之重要，並不亞於圓周同等壓力，此不可不注意者也。

此外環之高度與活寒槽之高度略小，兩者之相差稱為邊隙 (Side Clearance) (第三圖) 但以環在槽內非自由移動為度，亦不可相差太大，活塞在汽缸內每上升或下降一次，則環與槽邊之接觸處，必更動一次，無論由上邊更動至下邊，或由下邊更動至上邊，在更動途中，而上下兩邊均未接觸時。即有瞬息間之漏氣作用發生，其次數為引擎週轉之二倍，即引擎每週轉一次，各汽缸內之漏氣共發生兩次，此項漏氣時間之長短，視邊隙大小而定，邊隙愈大，漏氣時間愈長，同時環在槽內上下跳動之距離亦愈長，其可能發生之慣性力 (Inertia Force) 亦愈強，於是槽受環之慣性力打擊，使雙方邊隙之損蝕程度加速，而更將邊隙擴大，所以環之高度不足，對於漏氣弊病，能發生雙重作用，亦不可忽視。環之高度不足，固能發生上述弊病，但皆超出原有限度，環在槽內過於緊貼，則其為害，亦非淺鮮，當引擎在爆發時期，活塞下降，因其與連桿 (Connecting Rod) 之連接關係，連桿頭向左傾，活塞亦隨之向左移動，此時環在槽內，本應行動自如毫不受活塞之左移影響，而保持原有地位，但如裝置過於緊貼，活塞左移，環亦隨之左移，且其所受左移壓力乃引擎爆發力，其勢極猛，無怪乎該環有時有被折斷可能，並傷及活寒與汽缸，其為害之烈，非僅漏氣已也。

總上以觀，活寒環之高度，製造廠應予精密檢驗，而活寒槽之車製，應與前者互相配合，兩者之中有一疏忽，即能成漏氣作用。

丙 活寒環壓力以較強者為優，但其硬度不得超過汽缸壁硬度。

La Technique Moderne 雜誌中有云，為免除不潔氣現象發生，不必使用壓力很強之活寒環，因引擎內平均壓力不逾 6 公斤/方公分 (約 90 磅/方吋) 故環之壓力，僅須有 0.3 公斤/方公分 (約 4.3 磅/方吋) 即可應付，作者以為此說，未必盡然，其理由並不在新式引擎之壓縮率遠較以前提高，同時引擎之平均壓力亦提高而另有其他原因在焉。汽缸與活寒環之磨擦損蝕，因環之圓周壓力相等，故損蝕情形，無論汽缸方面

或環方面，皆應十分平均，此乃理所當然，不過汽缸與活塞之磨擦，則完全不同，活塞因與連桿相連接，活塞下降時連桿左傾，活塞亦隨之左移，上升時則反之，此活塞之左右移動，使汽缸之損蝕成爲一扁圓形，又引擎在四程循環時期，壓力相差很遠，而以爆發時期爲最高，此活塞之上下移動，使汽缸上下左右各部損蝕情形，極爲複雜，總之吾人在大修引擎時，經用測微器測驗結果，其汽缸之損蝕情形可概括如下：

一、汽缸下部之損蝕最少，中部較多，上部最甚。

二、汽缸下部損蝕後之半徑分前後左右四部測驗之，其前後兩部之半徑，幾乎相等，其左右兩部之半徑亦然，不過後者較前者之損蝕情形略高，今以普通汽車上之汽缸大小而言，即其直徑在3—4英寸左右者，其前後兩部損蝕後之加大尺寸，最多各增 $\frac{1}{1000}$ 英寸，至於左右兩部之加大尺寸，則各增 $\frac{2}{1000}$ 吋。

三、汽缸中部之損蝕情形，與下部完全不同，而以汽缸上部尤爲顯著，其前後兩部之加大尺寸，仍相差有限，不過數值略高各增 $\frac{4}{1000}$ 吋，至於其左右兩部之加大尺寸，則相差很遠，其在右部者，加大爲 $\frac{5}{1000}$ 吋時，其在左部者，竟能達 $\frac{8}{1000}$ 吋，試問如此複雜之損蝕現象，即使在引擎未到達大修時期以前，其損蝕情形略佳，但欲求活塞環之防漏功用，始終如一，實難乎其難矣。

當引擎在運用初期，約等於全部運用時期十分之一時，活塞環與汽缸兩者仍保有較爲準確之圓形，過此則汽缸之圓形，逐漸被活塞之磨擦而破壞，變爲一日益複雜之扁圓形，此一事實，說明引擎運用之上半時期，活塞環之潤滑同等壓力能收極大效果，過此則其效用日微，必須另在他方面着想，即在利用環之較高壓力，A環之壓力薄弱者其向外之張力很小，不能使其本身曲徑，與汽缸磨蝕曲徑配合更爲緊湊，反之活塞環之壓力高者，可以在引擎運用下半時期以補其潤滑同等壓力不到之處，其結果雖不若上半期之合乎理想，得到極大阻止漏氣作用，但汽缸之改變原形，乃自前所有內燃機之通病。苟用此法，能延長若干運用時期，亦未可厚非也。

活塞環之壓力以較強爲優，此點已如上說，但其最高者亦應受相當限制，第一、環之壓力大者，其硬度往往隨之增加，如環之硬度超過汽缸硬

度時，則汽缸之損蝕加速，雖一汽缸可以經過若干次之搪缸修理，(Rebo-ring) 惟汽缸之價值與環相比較，相差何止倍蓰，故總應顧到環之硬度以不超過汽缸硬度為原則。第二、環之第二主要功用，在維持汽缸壁上留有適當潤滑油量，今壓力過大，是否能將其適當限度一掃而空，則引擎無潤滑作用之磨擦，其為害更烈矣。

目前汽缸製造，多採用硬度較高之汽缸套筒 (Cylinder Sleeve) 內含鎳鉻鈷等合金，或將汽缸加熱處理 (Heat Treatment) 其用意亦即在此，如引擎內採用能耐高熱與高壓之潤滑油 (此項潤滑油內含少量膠質石墨 (Graphite Colloidal) 則一方面汽缸之損蝕減低，一方面可使用較高壓力之活塞環，則引擎運用時期，當更能特別延長

丁 活塞環應能耐高温而不變形

吾人製造活塞環時，對於上列種種條件，俱能一一顧到但苟忽略本問題所提出之耐高温條件，是無異為山九仞而功虧一簣，蓋活塞頂部與爆發高溫氣體，直接接觸，其溫度通常能達攝氏五百度以上，其裝在活塞槽內離頂部最近之活塞環，簡稱第一環，其溫度亦能達攝氏三百度，第一環以下各環順序下降至二百度左右，凡不能耐高温之環，在平常溫度時，其外圓，上下兩邊以及彈力等等，皆合標準，但一旦裝在引擎內使用，彈力急劇下降，外形亦急速改變，一切漏氣現象，次第發生，其最顯明者，即其開口尺寸已遠較裝上時為小，此無他，缺乏耐高温性能故也

欲達到活塞環耐高温目的，必須先在鑄工方面研究，務使其內部質料十分純粹，不含雜質，毫無氧化與氣孔以及砂眼等毛病隱藏在內，此項隱病尚無特種儀器，有時極難發現，經採用磁場方法，將環置在磁場內，憑鐵屑於其上而輕輕敲動之，鐵屑受磁力遂連成多數綫狀，如有一處綫狀，其粗細及方向與其環境不相符者，即可斷定為鑄工之不良，如在該處將環折斷，往往發現隱藏之砂眼或雜質，此法在使用上極為方便，惟生鐵磁化後，其失磁並不完全，須再經磁場消除之。活塞環之內部組織，當然亦極關重要，猶憶十餘年前，某一工程雜誌所提出之化學分析成份，內含砂 0.8%，錳 0.6% 硫 0.1% 磷 0.16% 矽 2.3% 內含石墨 1.6%，此在當時之低速引擎，或可免強使用，今則必歸於失敗無疑，其所含矽與砂之成份，俱屬太低，目前活塞環生鑄成份，除高砂高錳外，另加入鎳鉻鈷等合金以

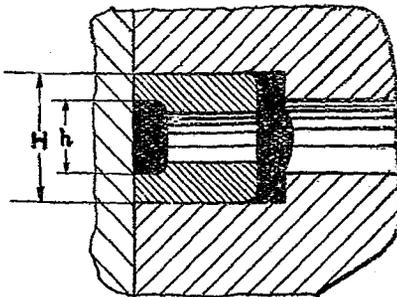
增加其耐高溫性能，凡此可於第五章內見之。

第一根活塞環熱度較高，故有採用較第二根為厚者，取其散熱作用較快，此點於第三章內詳述之。

第二節 維持適當潤滑油量

活塞在汽缸內，因其與連桿相連接，在下行時連桿左傾，活塞向左移，上行時則反之，此項左右移動，活塞加諸汽缸之傍壓力當以引擎在爆發時期為最大，並隨活塞本身重量，連桿之傾斜角度，以及引擎衝程及旋轉速度而異，在活塞與汽缸之間，有如此巨大之傍壓力，故必須加入潤滑油以減少磨擦作用，惟所加入者務使其不易達到引擎頂部之燃燒室，該室內本不需要潤滑油，如有潤滑油入內，反被爆發火焰所燃燒，徒然增加油料消耗，及種種燃燒不盡之麻煩，如排氣管放出黑烟違背交通章程，電花塞 (Spark Plug) 兩極間被炭渣銜接，失去引火效用，及活塞頂部與汽缸蓋等滿積炭渣發生先期點火 (Preignition) 弊病。

今試觀察潤滑油如何能到達汽缸內及由活塞加以分佈情形，吾人知連桿每旋轉一次，即分佈若干潤滑油於汽缸下部，當活塞下降時，其左邊與汽缸靠緊，上升時，則改由右邊與汽缸靠緊，汽缸下部之油，經活塞兩次左右靠緊，得分佈較前更為平均，惟其中之半數，仍存留在汽缸下部，其餘半數，隨活塞之上升而次第達到汽缸中上兩部，若活塞上並無環之裝置，則此上升滑油，極易竄入汽缸頂部，蓋活塞上升時，祇有右邊與汽缸靠



第四圖

緊，其左邊所黏附之滑油遠較靠緊之右邊為多，待活塞到達汽缸頂部改變方向，向下移動時，其左邊忽與汽缸靠緊，於是將該邊所黏附之滑油，一部份擠至汽缸頂部，至於活塞之裝有環者，情形完全不同，環之壓力，圓周同等，下降時將多餘之滑油，向下刮去，祇留圓周同等厚度之滑油一薄層 (Oil

Film) 其厚薄程度，視環之壓力大小而定，惟使環刮下之多餘滑油，多積留在環之下端，如不設法除去，則不但妨礙環之刮油工作，並阻止新鮮滑油之上升，故須在活塞最低槽內安置油環，此油環之形式，經過許多演變現成爲凹字形（第一圖中、下）中央開有通油槽若干，與活塞槽背後所開之通油眼相對照（第四圖）凡被此油環刮下之多餘滑油，先經過油環中央之通油槽，再經活塞槽背後之通油眼流回至曲軸箱(Crankcase)

凹形油環之圓周壓力，較普通平環之具有同樣尺寸者爲高，因其中央所開之凹槽與通油槽，對於環之資料與彈力，稍有損失，但其接觸面積由高 H 減去 h ，故壓力反形增加，以 $\frac{h}{H}$ 之係數愈大爲愈甚，普通凹形油環，其中央之通油槽，大都用圓銼刀銼出，有扁槽八個至十二個（第一圖中列油環有扁槽十個）取其製造便利同時通油槽不易被油漆阻塞但不及圓眼通油槽（第一圖下）之對於圓周壓力其平均分佈情形，可與平環並駕齊驅，毫無遜色。

第三節 傳熱問題

活塞與爆發高溫氣體直接接觸，能吸收極大熱力，苟不設法予以消散，則其熱度迅速上升，凡與活塞相遇之滑油，能不斷高熱而起燃燒。

活塞不能如汽缸之易於散熱，其上下各部之溫度又復不同，上部與燃燒氣體直接接觸，其溫度較下部爲高，其膨脹力亦較大，故活塞之直徑，必須比汽缸內徑略小，其上端之直徑，更應較下部爲小，惟此亦有相當限度以能適合各部之膨脹率爲準，否則引擎在冷車發動時，必發生一種活塞與引擎互相敲擊之怪聲，兩者皆蒙不利。

活塞之膨脹率除與其本身資料有關外（生鐵活塞之膨脹率小，鋁質活塞之傳熱率高，重量輕，故製造廠各有捨取。）當視其散熱能力而定，此項散熱，賴活塞與曲軸箱內空氣接觸而消失者有之，賴活塞銷(Piston Pin)與連桿之傳熱消失者亦有之，但總不及賴汽缸消失之多，汽缸壁與活塞接觸點，在理論上爲一垂直線，經過若干使用時期，此線漸擴大成一條形，其散熱作用，初小而後大，至於活塞環之接觸面積，其全部外圍始終與汽缸相接觸，同時其上邊或下邊完全與活塞環相接觸，故能將活塞之大部份熱能傳至汽缸，祇要各接觸處互相緊貼，而又有相當面積，卻能獲得良好結果，換言之活塞環之高度 h 以較高者爲優，但以該環厚度 e 爲標準

，環之厚度為 e ，其上邊或下邊與活塞槽接觸面積為

$$a = \pi e(d+e)$$

d 環之內徑， $d+2e$ 為環之外徑

環之外圓接觸面積為

$$b = \pi(d+2e)h$$

假定 $a=b$

$$\pi(d+2e)h = \pi e(d+e)$$

$$h = \frac{e(d+e)}{d+2e}$$

$d+e$ 與 $d+2e$ 相差有限，故吾人可謂

$$h=e \quad (7)$$

目前美國汽車所用之平環，其厚度為 $\frac{1}{8}$ 吋者，其高度有兩種，或用 $\frac{1}{8}$ 吋，或用 $\frac{3}{32}$ 吋。其耐用程度，經實驗所得以前者為佳，此外又有兼用兩種者，如第一根平環高度為 $\frac{1}{8}$ 吋，第二根為 $\frac{3}{32}$ 吋，其結果亦較單用 $\frac{3}{32}$ 吋為優，此與作者之上述理論，不無有關也。

今以 H 代表每個活塞上所用平油環高度之總和， D 代表汽缸直徑大小，則平油環外圓面積之總和為 πDH ，而活塞頂部與爆發高溫氣體直接接觸面積為 $\frac{\pi D^2}{4}$ ，故活塞環消失熱能之大小，以 $\frac{H}{D}=K$ 係數愈大為優。

目前美國汽車之 K 係數包括在 $\frac{1}{7}$ 與 $\frac{1}{11}$ 之間，其結果當然以前者為優，但吾人在計算油環高度時不忘將凹處 h 減去之（第四圖）

第三章 活塞環之演變

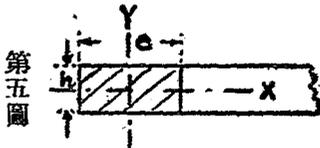
活塞環雖屬汽車上千萬種配件中之一，因其為引擎構造上極重要份子，故其演變，實超出意料之外，無論其質料上，形式上，製造上皆有重大變化，其中有許多經過，在機械工程目光而論，已為過去陳跡，似無提出之價值，惟本章所列舉者，尙有他山之石，可以攻玉者乎。

第一節 活塞環高度之演變

活塞環在汽缸內上下移動，其磨擦力之大小，與環之高度有關而成正比例，環之高度為 $\frac{1}{4}$ 吋者，其磨擦力與兩根 $\frac{1}{8}$ 吋者相等。

環在活塞槽內左右移動，其磨擦力之大小，視其上邊或下邊與活塞槽接觸時之壓力而定。此壓力之產生，一方面由於環與汽缸間之磨擦而來，故仍與環之高度成正比例，他方面環之慣性力，隨時反抗活塞上升或下降之正加速變(Acceleration Positive)或負加速變，因之亦產生壓力，此壓力與環之本身質量(Mass)有關，亦即與環之高度有關成正比例，但其與速度之關係更大，為速度之乘方，故高速度引擎之活塞環，以能採用高度較小者為宜。

活塞環在汽缸內上下左右移動，因磨擦作用，不單其外圍與上下兩邊磨損，活塞槽之上下兩邊亦磨損，其程度與環之厚度成正比例，尤以高速度引擎，對於活塞槽之磨損為可畏，在廿年前，吾人常見平環與油環之高度往往在 $\frac{1}{4}$ 吋左右，其後日趨下跌，平環由 $\frac{1}{8}$ 吋跌至 $\frac{3}{32}$ 吋，油環由 $\frac{3}{16}$ 吋跌至 $\frac{5}{32}$ 吋亦竟有跌至 $\frac{1}{8}$ 吋者，其原因不外乎此，惟作者認為環之高度，亦應有一最低限度，過此則違乎中庸之道，此不獨與第二章第三節之傳熱問題有關，活塞環之材料強度亦應顧及焉。



環之切面成長方形，高度為 h 厚度為 e (第五圖)，受外來壓力時，隨本身強度之弱點而彎曲，環之慣力矩(Moment of Inertia)有二其依 Y 軸方向者為

$$I = \frac{e h^3}{12}$$

其依X軸方向者為

$$I = \frac{h e^3}{12}$$

若 $h=e$ ，則 I 與 I' 之間並無差別，若 $h < e$ 則 I 慣性矩小於 I' ，故即順 X 方向灣曲，事實上向 Y 方向灣曲者少於 X 方向，故其灣曲程度變為蛇行形（第六圖）漏氣作用，從上邊灣曲處竄入環之背後，循槽下降，至下邊



第 六 圖

第一節乙項所說環邊不平之弊病相同，則其嚴重結果，固無待再贅述矣。

有人謂環之壓力與環之高寬有關，此乃誤認彈力與壓力之故，凡同樣直徑之環，其高度大者，當然其彈力較強，但因其外圓面積亦同時增加與彈力相等之數值，故其壓力仍維持不變，請回顧第二章第一節甲項末段所指 W 與 p 之區別，更易明瞭矣。

第二節 活塞環厚度之演變

活塞環之壓力，與其高寬無關，但與其厚度則非常密切，同一質料之活塞環，其壓力隨厚度之大小而增減之。

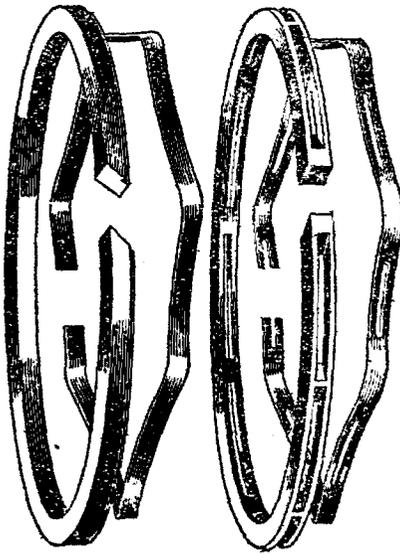
吾人對於環之開口大小，其最初印像，以為開口大者，其壓力亦大，若進一步詳為研究，則未必盡然，如環之開口過大，在裝入汽缸內時，其兩端接近後之灣勢能超過其彈性極限（Limit of Elasticity）該環即有被折斷可能或至少變形，其已變形者，不必再予裝用，因其圓周壓力已喪失其同等壓力性能，不能阻止漏氣作用發生，反之如開口過小，在裝入活塞槽內時，必須先將環之兩端拉開，使其能在活塞頂上經過，如此亦有被折斷可能，故活塞之開口，祇有在彈性極限範圍內盡量放大之，在此範圍內始可言開口之大者其壓力亦大，由是可知，每種直徑尺寸之活塞環，在得悉其抗牽強度與彈性極限後，始可以決定該環之厚度若干，開口大小若干，俾能達到可能最高壓力，一旦壓力確定，質料又不予更動，則環之

厚度應隨其直徑之大小而增減之。

此外環之厚度；尚受其他種種牽制，例如環之厚度與漏氣及傳熱等問題，皆有關係，厚度小者，不易在活塞槽站立穩妥，該槽磨損較快，漏氣加速，同時環與槽之接觸面積過小傳熱困難，反之如厚度太大，則該環內圓直徑過小，即使用力將其兩端拉開，亦無法使之從活塞頂部經過而納於槽內，因厚度愈大，可撓性 (Flexibility) 愈小，苟用力過猛、往往中途超過其彈性極限而崩斷矣。

根據上述各點，可知活塞環之厚度，其更動範圍極小，此於演變過程中充份顯明，在1920—1927年，活塞環直徑與其厚度之比 $\frac{e}{D}=c$ ，此c係數為28，待至1927—32年， $c=24$ ，1932年以降變動更少，至今仍在22左右。

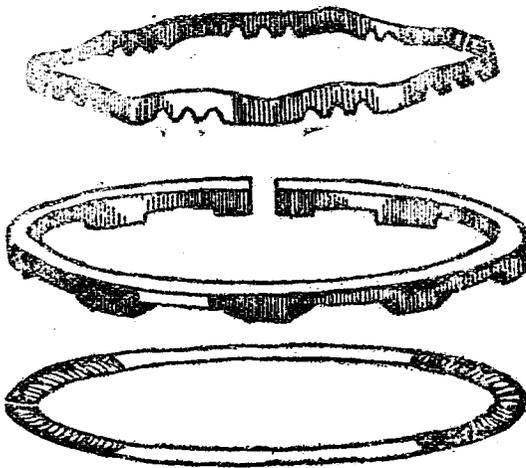
第三節 活塞環壓力之演變



活塞環之厚度雖增加有限，但其壓力則增加頗巨，尤以近年為甚。在1920—1927年之間，不過7—9磅/方吋，1927—1932年增至9—11磅/方吋，1932—1929急劇上漲至16—18磅/方吋待至近年，竟有高至32—46磅/方吋者。吾人往往用手指掛環之兩端以測驗其彈力，欲知上頂壓力究有多少彈力，請閱第二章第一節甲項末段之計算結果，有環之尺寸為 $3\frac{1}{2}$ 吋直徑 $\times\frac{1}{8}$ 吋高度，在46磅/方吋壓力時，其彈力竟達10磅，與十年前之2.4磅彈力，超出四倍有餘，但環之厚度，誠如前節所言增加有限，此

第七圖(左混合平環)(右混合油環)

可以窺見自1932年以後，無論在質料方面及鑄工方面，皆有極大之改進，然油環之壓力，是否將繼續高漲，在未下斷語以前，先回顧第二章第一節內項提出之另一事實，即汽缸之損蝕，由於與活塞環互相磨擦而來者則較平均，由於與活塞磨擦而來者則反是，故吾人苟能將汽缸之硬度提高，其利益遠較單獨提高環之壓力為優，前者可以減少汽缸整個磨蝕程度，而後者祇能減少活塞環與汽缸之磨蝕程度，對於活塞與汽缸之極不規則磨蝕程度，反毫無裨益，此應注意者一，目前汽缸之硬度普通在Brinell 硬度三百度左右，經採用熱處理手續或裝用汽缸套筒後，其硬度可增至五百度。至於活塞環之壓力高者，其硬度接近四百度，與汽缸硬度相差無幾，此應注意者二。故目前苟無他法將汽缸硬度，再事提高。實不應墨守舊法，專事提高環之壓力為能事，應在活塞環製造上另闢門徑，以求更合理效果，此所以有鑄鋼並用之混合環，其最普通者，即在原有生鐵環之內，加一薄鋼圈，圈之周圍，有若干圓角，有向外伸者，有向內縮者，(第七圖)各角間之距離相等，裝用時其內縮角與活塞槽底相接觸，



第八圖混合油環
上 鋼環
中 生鐵油環
下 邊圈

外伸角推動外生鐵環與汽缸緊密嵌合，外生鐵環之厚度較普通環為薄，其質料亦改選較軟生鐵，但其內環或單稱鋼環 (Inner Ring) 係薄鋼片製成，具有高彈性，混合環之優點，亦即在此，其硬度並不高而其壓力則非常之高，不若普通環之壓力高者，

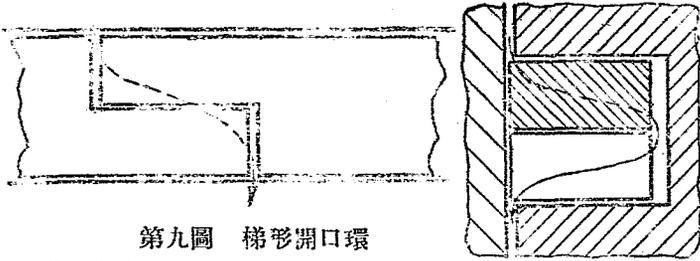
其硬度亦高，不過目前之混合環，仍有以下兩項缺點，第一，生鐵外環在汽室槽內，處處受鐵環之牽制，不能如前之行動自由，故將活塞在汽缸內左右移動時之摩擦力，一部份由混合環加諸汽缸之上，使磨蝕程度左右不均，第二，外環厚度改薄後，其上下兩邊與槽之接觸面積減少，對於漏氣與傳熱作用，皆受相當影響，此所以迄今仍無專用混合環者，最低限度，在活塞第一槽內必須採用普通平環，自第二槽起始改用混合環，對於活塞環應具各種條件，不能一氣呵成，亦一憾事也。混合油環之構造，其中央皆具有通油槽，此外有加厚薄鋼片邊圈一根或二根者（第八圖係加邊圈一根者）此項混合油環對於原有生鐵油環之製造，較為簡便，同時混合後之通油槽眼，遠較普通油環為大，不致有被油渣阻塞之虞。

總之，混合環之最大特點，即在應付急迫需要，雖引擎已屆大暮年，仍可不用汽缸，不換活塞，而將普通汽室環拆下改裝鋼鐵混合環（第一根平環仍係普通平環）對於引擎馬力與滑油消耗，在短期內能得到相當優良結果，此乃為公認之事實，但此種混合環，尙有許多缺點：此可於各廠在製造上之形式極不統一，已可窺見一斑。欲將汽室環之各種問題，全部解決，則在生鐵混合之構造上非有重大改革不可，此猶待日後之努力也。

第四節 活塞環其他演變

甲 開口之演變

汽室環與爆發高溫氣體直接接觸，其溫度能達攝氏五百度以上，裝置在槽內之第一根環，可能達三百度左右，第一根以下各環，次第下降，其最末一根亦能達二百度，故各環應依其溫度之高低，在環之開口兩端，預留相當餘隙，簡稱端隙(End Clearance)使環受熱膨脹時不致兩端相遇，變更形狀，汽缸壁與活塞等皆蒙其害，此項端隙，即引擎漏氣之所在，故曾在開口形式上有種種設計以圖減少漏氣作用，如斜角開口，梯形開口等（第九圖）但經過更深研究，發現開口之形式，對於漏氣問題，並不能有所改善，其原因在高溫氣體一旦達到開口上端，即能在環之背後沿槽下降，至開口下端向外洩出，並無經過梯形開口之必要，故一切開口形式皆屬妄思，梯形開口與斜角開口相比較，並不為優，而直角開口，並不為劣



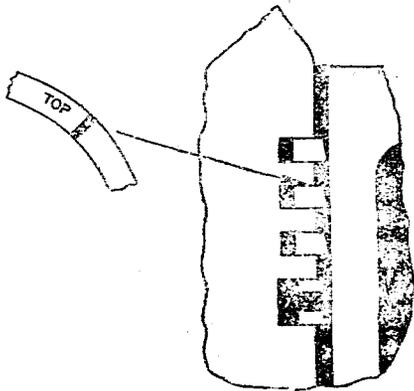
第九圖 梯形開口環

，但後者有製造簡單堅固耐用之長處，倘不選用直角開口之為愈，故已普遍採用之矣。

乙 速封環之演變 (Quik-Seal)

新搪就之汽缸，裝上新活塞環，照理對於漏氣作用有極大效能，但事實上未必盡然，在引擎最初運用時期，吾人發現漏氣及滑油消耗，皆較運用後若干時期為劣，此種特殊現象，並無足怪，因新搪就之汽缸，外表上似甚光滑，如在顯微鏡下視之，則其鋒芒不平之處很多，必須經過相當時間之互相磨擦，始克完全配合，此種初步磨配時期 (Break-in)，可以用速封環將其縮短，其方法不外乎將環之外圓接觸面積，在初用時設法減少，於是環之彈力，分佈在

較小面積上，其壓力大增磨配加速，待磨封完成，環之接觸面積，仍恢復舊觀，引擎壽命不至因壓力過大而有所影響，此項速封環，過去種類頗多，有在環之中央開一極淺凹槽者，有將環之外邊棱角削去一圓者，不過近來多採用外圓錐形體制，其錐形上下之相差，豈非肉眼所



第十圖

能辨別，往往在該環之上邊刻一「上」字 (Top)，其用意即在指示裝用此環時，須將錐形之尖端向上裝用 (第1圖)

第四章 活塞環之裝置

有優良之活塞環 如裝置不安，難望獲得預期效果，各汽車製造廠，對於活塞環之裝置，皆在隨車贈送之保護書內，明白指示，其中對於各種端隙數字 (Clearance Space) 尤為可貴，因其針對某一種汽車而發，較本章所列舉之一般情形，更為可靠，惟對於理論方面，多付闕如，特在此方面予以必要之補充：

第一節 端隙 (End Clearance)

端隙大小，極難指出一種絕對數字，因活塞環受熱之膨脹，不獨與其直徑有關，每個引擎之特 性能，皆能發生影響，例如甲種引擎內活塞環之熱度，遠較乙種為高，適於此者，不適於彼，此處祇可以一種相對數字列入下表：

直徑	2 吋	3 吋	4 吋	5 吋
端隙	.006吋	.009吋	.012吋	.015吋

第一根環之溫度較高，故其端隙應較表內所列略大為妥。

汽缸與環之磨損，使環兩端之間隙，日漸擴大，故初裝時之端隙，在膨脹後應內以採用較小者為宜，但亦不可過小，否則該環在槽內無膨脹餘地，必至彎曲或折斷。

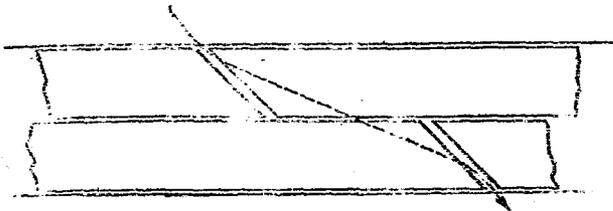
端隙間漏氣：係無法避免之事實，但可在環之數量上加以改善，根據液體流動理論結果，今推而及於氣體方面，雖不完全相符，但相差亦極有限，其結果有云，漏氣 j 之多少與環之數量 n ，成平方根之反比例

$$j = \frac{1}{\sqrt{n}} \quad (3)$$

$n =$	1	2	3	4	5	6
$j =$	1	0.707	0.577	0.5	0.447	0.41

假定用一根平環所發生之漏氣為100，則用兩根時之漏氣為70.7 三根為57.7 四根為50 ……………

目前汽車引擎速率較高，故多採用三根或四根活塞環，超過此數，徒增加磨擦力，於減少漏氣作用，收效極微，同時各環應各自有一槽，切不



(第 十 一 圖)

可在同一
槽內裝用
兩環，因
漏氣可在
上環開口
處竄入環
之背後，

當槽下降至下環開口處洩出(第十一圖)漏氣並不因一槽內有兩環而有所改善。此外各環之開口，不要排列在汽缸同一垂線上，上下環開口距離，以相隔180度為最遠，同時各開口在汽缸之位置，以接近引擎母線上為優，該處所受活塞之傍壓力，遠較其他各處為小。

第二節 邊隙 (Side Clearance)

邊隙隨活塞環之高度而異，目前環之高度，平環不出 $\frac{3}{32}$ — $\frac{1}{8}$ 吋，油環不出 $\frac{5}{32}$ — $\frac{3}{16}$ 吋範圍。故邊隙之數字極為簡單，平環約在 .001— .003 吋之間，油環約在 .0015— .0035 吋之間。

第三節 活塞槽之深度 (Groove Depth)

活塞槽深度不足，能發生極大影響，茲先舉兩件事實以證明之

一，活塞與連桿相連接，活塞下降，連桿左傾，活塞亦左移，如槽之深度不足，槽內之環與槽底接觸亦被推向左移，其左部份伸出槽外，凡活塞所承受之全部傍壓力，幾皆由此伸出部份接受，其壓力之大，與其損壞之烈，當不言而喻。

二，活塞槽底與活塞環之背後，往往有油渣積存其間以減少兩者應有之隙隙，此外凡初環刮下之油經上下兩環而竄入環之背後，此項油渣背與槽底夾積之油 有一定體積，但無一定狀態，隨活塞在汽缸內之左右移動而大部竄入左方或右方，每次竄動，油料皆在環背與槽底兩者之餘隙間往來流動，如體積不足，則油質夾閉在內，發生一種制動力，阻止活塞環在槽內之行動自由，此即所謂油泵作用 (Oil Pumping) 與液體過濾器之油

制作用相仿，亦能使該環接受活塞旁壓力之一部份，此不可不注意者也。

猶憶過去記錄有云，某一飛機引擎，其活塞環因槽之深要不足，會嵌入槽內稍深，事後計算結果，其所受之傍壓力，竟達 640 磅/方吋！又有某一直徑二吋之引擎，其活塞環在短期內即被磨損，因當引擎速度在一分鐘二千迴轉時，其所受之傍壓力為 165 磅/方吋，並歷時為衝程 $\frac{7}{10}$ 之久，後經將原油槽由 .008 吋再深至一倍，即無同樣弊病發生。

總之，活塞槽應有一適當深要，使環與槽之間，保持一最低限度之隙隙，此隙隙本應視環之直徑大小與其高度而定，但環之高度，變化不多，故下列餘隙試以直徑為準：

直徑	2—3吋	3—4吋	4—5吋
餘隙	.020吋	.025吋	.030吋

此項餘隙，應從活塞在槽附近之直徑起算，而非從汽缸原有直徑起算，又活塞槽之半圓，其槽底稜角，往往呈圓角形而非直角形（第三圖）若然則環背上下稜角亦應改成圓角，否則更應將活塞槽加深或改為直角。

第五章 活塞環之原料

活塞環之主要原料為生鐵，惟其中含有少量之矽錳線等質，使其硬度不致過高，而具有較大彈力與較優耐熱性能，近時隨汽缸硬要之增高，採用合金生鐵，其功效更為顯著，茲將各原料化學成分及各元素之性能分別敘述於后

第一節 化學成份及物理性能

茲將原料成份，根據來源之不同，分別列入下表

來源	用途	化學									
		總	炭	化合炭	矽	錳	硫	磷			
1	客車引擎	3.6—3.9	.63—	.75	2.6—2.9	.6—	.8	.09	.45—	.55	
	飛機引擎	3.45	.63		1.06	.47		.075	.37		
2	柴(輕,中 油 引擎)	3.0—3.3			1.7—2.2	.5—	.8				
	重	3.1—3.3			1.7—2.3	.5—	.8				
3	輕引擎	3.6—3.75	.45—	.55	2.6—2.8	.6—	.8	.06—	.07	.3—	.4
	中 式	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	重 式	3.5—3.75	.5	.8	1.5—1.6	.5—	.8	.06—	.1	.3—	.5
4	汽油引擎	3.1—3.5			1.7—2.0	.6—	1.0	0.1	.5		
	"	"			"	"	"	"	.3		
4	柴油引擎	3.1—3.4			1.0—1.4	.5—	1.0	"	.4		
	輕鑄筒	3.0—3.3			1.7—2.2	.5—	.8				
5	"	3.1—3.3			2.0—2.3	.5—	.8				
	中,"	3.1—3.3			1.4—1.8	.5—	.8				
	重,"	2.75—3.0			1.3—1.7	.6—	.9				
	","	3.0—3.2			.9—1.3						
	" ,單 錳	3.05—3.			1.0—1.4						

成 份					硬 度 Brinell	抗 擊 韌 度 磅/方吋 $\times 10^3$
鎳	鉻	鉬	鈦	鈦		
—	—	—			250	
1.26	.23	.17			>450	
.75—1.25	.15—.3				170—220	33—38
1.5—2.0	.4—.6				210—250	36—40
—	—	—	.1—.15	.1—.2	330—495	22—26
—	.15—.25	.15—.25			330—375	"
.5—1.5	.25—.6	.25—.6			190—220	30—45
1—1.5	.2—.4				220	44
1.5—2.0	.25—.4				400	55
1.5	—				220	40
.75—1.25	.15—.3				170—220	33—38
1.25—1.75	.1—.3	.3—.5			220—280	45—55
1.25—1.75					220—240	35—40
1.5—2.0					220—260	51—60
1.75—2.25					200—230	38—44
1.0—1.75	.3—.6	不定			220—260	36—42

- 1 與 2 之來源，錄自美國自動機工程雜誌
- 3 錄自冶金專家 Garnet P. Phillips 論文“合金生鐵用途日廣”
- 4 The Mond Nickel Co. London
- 5 The International Nickel Co. New York

第二節 各元素之性能

1. 碳 生鐵中所含碳量，多在3—4%之間，量之變動雖微，而其影響生鐵之性質頗鉅，碳有於鐵中狀態不一當鐵鎔融時，碳之全部，皆溶解鐵中，猶食鹽之溶於水，此鎔融狀態時之碳為化合碳，及鐵漸次冷卻，至於凝固，化合碳乃變為各種狀態，大別之有二，一曰硬鐵，乃溶解於鐵中之碳，在冷卻時，仍保持其原狀者，此乃生鐵具有鋼性之重要成份，一曰石墨碳，鐵由高溫漸次冷卻，一部分化合碳開始與鐵遊離，至其凝固後至攝氏七百度始截止，此遊離炭變為石墨，呈薄片狀之結晶體夾於鐵粒之間，使生鐵性質變軟，便於機械加工形削。鑄鐵冷卻之快慢與有碳之狀態有關，凡緊急凝固者，多含化合炭，使鑄品硬脆，極難加工形削。

2. 矽 矽質為生鐵中重要元素之一，當含量至 3.5% 時有令鐵質變軟功能，惟如逾此量，反使鑄品硬脆，鑄品含矽量在 3.5% 以下時，其柔軟性與含矽量成正比例，故矽在此限度內，有促成石墨碳之生長。凡小鑄品之含矽量應較大者為高，因其凝固迅速碳質缺少時間由此化合炭變為石墨碳，乃加矽以助之，矽與氧之親和力甚大，故加矽可除鐵中之氧，為極良之還元劑。

3. 錳 錳在鐵中可使鐵吸收碳力增加，且使碳易成結合體，故其作用適與矽質相反，增加鐵之硬度，減低其柔軟性，普通以不超過 1% 為妥，錳與氧之親和力亦甚大，其氧化作用雖較矽質為遲，但一旦氧化開始，其速度反較矽質為快，不過用錳質即除鐵中氣體，有氧化錳之缺點，一氧化錳，不若二氧化矽之合於鐵液而仍留在鐵之溶液中，徐徐上升，故加錳除氣，應提早加入為妙，錳與鐵中之硫容易化合或硫化錳，浮於鐵面，可減少硫之有害作用。

4. 硫 硫在鑄品中，可稱為最有害之雜質，切不可使其超過 0.1% 以上，含硫之鐵，變成難流動性，不適宜於鑄造，其鑄品性質硬脆，隱藏氣泡，有時在冷卻時自動破裂，硫質與矽質相反，但碳質成爲化合碳又

使石墨片結晶體紋子加粗，同時矽之總和量減少，硫質大部在冶鐵時由燃料中加入，故含硫過多之燃料，以不用為宜。

5. 磷 磷質能使鐵成易流動性或保持較長時間之半融狀態，使化合物易變為石墨矽，宜於鑄造小件物品，惟其含量，以不超過.5%為宜，否則在高溫度時，鑄品之耐用性較差，同時在鑄造時，其收縮性太大，使質料脆弱，缺乏抵抗衝擊力。

6. 鎳 凡生鐵之含矽量為2%或不及2%者，可加入鎳質.75—2%其效用使鑄品厚處質地細密，薄處仍柔軟便於修削，蓋鎳質除有加強鐵質硬度之能力外，同時有矽質之功效，可以促成石墨矽之生長，此實不易兩兼之特點，含鎳鑄品，其抗熱性較強，不似無鎳者在高溫下易於蝕損，鎳能增加鑄鐵之流動性，且能減低鐵與錳之結合溫度，故常與錳質並用。

7. 錳 錳質能阻止石墨矽之生長，但其與鎳質並用，一方面錳可維持鑄品在高溫時之硬度抗強力與減低氧化作用，他方面鎳可維持鑄品之柔軟，使機械加工修削毫無困難，同時錳與鎳皆能使鑄品質地細密，石墨片結晶體縮小，錳與鎳並用比例，往往為一與二·五之比。

8. 鉍 鉍質加入生鐵後，能增加鑄品硬度雖不及錳質效力之猛，但對於機械加工，並無妨礙，其抗強力，衝擊力，俱見增高，尤以高熱時之抗強力難能可貴，加入量在.15—.6%之間。

9. 鈳 鈳質加入成份雖少，約.1—.15%但其對於鑄品之硬度有顯著進步，並不犧牲其韌力，同時其抵抗氧化力非常強大，凡含有鈳質之鑄品，其結構細緻，即使經過加熱處理，仍無破裂與變脆之虞。

10. 鈹 鈹質加入成份與鈳質相近，不過其加強硬度，較鈳質功效尤高。

第六章 活塞環各種製造方法

活塞環之製造方法，可分兩方面言之，第一在鑄造方面，除原料化學成份與其性能有直接關係外，曾採用種種方法，使鑄品內部組織統一，質地細密，第二機製方面，使工作母機與製造程序，能大量生產，出品準確，特分別敘述之。

第一節 鑄造方面

鑄造方面所用之方法，不勝枚舉，惟就鑄品形式而論，可歸納為兩種，其一將生鐵鑄成一圓柱形長筒，簡稱為鑄筒法在1927年以前皆採用之，惟頗感壓力之不足，當時冶煉方面對於生鐵滲入合金之優點，尚無深切認識，各廠之注意力專在鑄造方面著手，於是有第二種方法出現，將生鐵單鑄成一環形其內外圓與高度等按欲製造之環，略為放大，俾能加工修削，此第二種方法，簡稱為單鑄法(Individual Casting 或 Single Cast)自1927年以後多採用之，單鑄法之優點為各環在砂模內冷卻時，其環境相同，冷卻率相等，內部組織無大差別，故用此法製造之環，其彈力甚為平均，不若用鑄筒法製出者，每筒可切製十數根，但其所切之環分居筒之上中下各部，往往因冷身情形不同，彈力相差頗鉅，此外因單鑄法之冷卻較快，故內部組織較為細密，彈力亦較高，惟自1932年以後，汽車引擎之速度，繼續增高，專賴單鑄法之一二優點，仍不能滿足各項要求。於是滲入合金辦法被普遍採用，並有不惜工本，兼用電爐提煉者，使化學成份，更易準確，亦有用離心力以灌鑄者，以求內部組織更為細密，總之以電爐煉鐵，以離心力灌鑄，兩者對於鐵液在爐內之溫度以及在模內冷卻溫度，皆易控制，故成績最優(用離心力灌鑄，當然恢復鑄筒法，取其簡便，但對於鑄品，可謂毫無影響。)其次以電爐煉鐵以單鑄法澆製者，其成績亦可與前者媲美，不過欲求製造成本之減低，市場之易銷，大都仍採用普通生鐵爐與單鑄法再滲入合金而已。惟作者對於鑄筒法，因其在鑄造與機製兩方面，皆能使成本減低，不得不再予提出討論，查鑄筒法之缺點，在冷卻之不速與不均，苟吾人在製模之砂內，混入其他傳熱較優與耐高熱材料，對於近氣作用，並無絲毫影響，則冷卻不速問題可以解決，再在鐵液傾注入模時，使鐵液有高速自轉與高速度模內公轉，則其冷卻不均問題亦已設法補救；

何必固守一隅，惟單靠法是問，殊不知單靠法之採用，不獨製造方面，手續麻煩，同時在機製方面。需要大批磨床以替代車床，凡環之內外圓與上下兩邊皆須添加初磨與二磨變層工作，又在車床方面，必須添置許多特製圓桿 (Mandrel) 與附件 (Attachment) 對於製造成本，不無相當影響，我國汽車種類繁多，尺寸不齊，市場亦極狹窄，是否可以盲從，似有深加考慮之必要。

第二節 機製方面

活塞環之形狀，並非一準確圓形，已在第二章第一節內詳為申述，今簡稱為橢圓形，此為活塞環應具有圓周同等壓力之必要條件，亦即在機製方面之最困難問題，不知絞盡許多工程師腦汁，想出種種方法以欲達到此目的，故本節所述，偏重於此方面，其他機製工作，則於敘述中偶爾道及之。

甲 內壁錘擊法

此法在1927年以前曾盛行以時，迄今祇有少數工廠，仍沿用之，如美國之The Hammered Piston Ring Co; 與英之Wellworthy—Co. 等因其所製之環，壓力不易十分平均而手藝較為疏質，故多被其他方法取而代之，其法於製造時先將筒之外圓車光，其直徑應較環之直徑略大，其加大直徑所得之弧長，即等於日後開口時之寬度，次將筒之內圓車光，並須顧到環之厚度，內外圓車光後，乃將筒割成若干環形，其高度應較環之高度略增，但以磨床足夠磨平上下兩邊為度，割下之環即依照預留開口寬度用錐刀將口開出，此時已具雛形之環，尚不能在引擎內使用，因其由一圓筒車出而被削去一開口寬度，裝入汽缸後將開口處靠緊，其形狀當然與前不同，不能保持原有圓形，即不能負一活塞環所負之使命，於是用錘擊法在徑之內壁錘擊之，使環之形狀，改變為合乎理想之橢圓形，欲達到此目的，有兩種錘擊法，其一將每次錘擊之距離維持不變，而將錘擊力隨離開口處之遠近而次第增加之；對開口處所受之錘擊力最大，故其曲徑亦最大，其二將每次錘擊力維持不變，而將各錘擊距離隨離開口處之遠近而次第減縮之，其結果當然與前者相同，在錘擊法初用時期，先用人工錘擊，發現每次錘擊力極不易一致，後經 Pavy Robertson 發明之自動錘擊器，出而問世，此法乃得盛行一時。

乙 母輪推製法

活塞環之理想狀態，已如上述簡稱為一橢圓形，但各廠所製之環，其曲徑變化率各不相同，視其所用原料，提煉方法以及開口等等而異，凡此數端皆可用實驗法測定之，故各廠對於自造之環，不難確定其橢圓形之曲徑變化如何，一旦此橢圓形，既經確定，即可根據所得結果精製一母輪，裝在車床上，並將車床上刀具前進經線拆下，使刀具車筒工作，完全隨母輪之推動為之，於是由此車床車光之筒，其狀態即係一理想橢圓形，不過在預留開口處整個寬度上應事先設一標誌，俾在開口時不致有誤開他處之處，此即所謂母輪推製法或稱 F.W. Lanchester 法，即以發明人之姓名稱之。母輪之推動工具刀前進，並非直接接觸，其中有若干槓桿傳動之，故無論活塞環之直徑大小如何，皆可在槓桿之長度上設法配合，不必每種尺寸，皆須另製一種母輪也。

丙 橢形模製造法

此法為母輪推製法之化身，我國已有一二工廠開始採用，前法在機製方面用母輪推製，此處則在鍛工方面，不用普通之長柱筒模，而改用橢圓筒模，故問題之重心，轉移到此模之製造，其各處曲徑應相當準確，同時其厚度，不應超過環之厚度太多，僅够車床車光內外圓而已，其預留開口地位與寬度亦應有一標誌，可以辨別然後開始製造，至於機製工作程序可分述如下，先用磨床將橢圓筒之內外磨光，次在預留開口處用銼刀將口開出，再用錘將筒箍緊，使其開口兩端幾相接觸，此時筒之形狀，近乎一準確圓形，乃裝上車床將內圓車光，同時顧到環之厚度，再裝上一特製之心軸 (Mandrel) 在車床上將外圓車光，最後由該筒切下之環，即成為普通平環，祇要將其上下兩邊用磨床磨平，並磨至規定高度即可。用此法機製油環，其程序完全與上面相同，不過在未切成環形以前，用銼刀將油槽銼出而已。

此外另有一種製造方法為我國各工廠沿用最久者，初視之，頗與本方法有甚多類似之處，祇有一點，乃在採用圓形筒機製而不用橢圓筒，其結果在車光內外圓方面，必須車削很多，始能成一準確圓形，但用此法製成之環，其壓力等等皆不可與前者相提並論也。

丁 熱處理製形法 (Heat-Sharped)

此法在理論上極簡單，其初步工作，與甲項內壁錘擊法之初步工作相同，由圓筒製成已具錐形之圓環，手續極為簡單，其第二步工作，乃用熱處理，使該環之圓形變為橢圓形，惟此熱處理方法各廠各有不同耳。

以上所述甲乙丙丁四項方法，皆假定從鑄筒入手，今若改用單鑄方法，在機製方面，大體上無多大分別，不過磨床工作較繁，工作程序亦稍有不同而已，其第一步工作，將粗環上下兩邊，用磨床初磨，二磨，三磨，使兩邊平準並行，並磨至規定高度，然後將相當數量之環，裝在各種特製之軸心或圓杆(Mandrel)上，使各環復湊合成一管形，便於車床或其他機製工作，此刻情形，完全與鑄筒入手相同，故不再多贅，但其拆裝之麻煩，與圓桿等之添置，對於製造成本，固有相當影響也。

第七章 煤氣車對於活塞環之影響及其補救方法

作者自幼遍歷東西南南省，對於國內木炭供給之便利，有深切認識，無論家常烹飪，冬天取暖，木炭始終佔一重要地位，民國十三年赴歐留學，專攻汽車製造當時各國深覺第一次大戰餘痛，提倡煤氣車不遺餘力，凡私人向汽車廠購煤氣車一輛，其車價之一部份，約有十分之一，由國庫代為付給，惟歐洲木炭，並非家常燃料，備有煤氣車者，皆須自煉木炭，長途旅行，非隨車帶足不可，此對於煤氣車之推行，不無相當阻礙，反觀我東西南南省，木炭到處皆有，其環境之最適合於煤氣車，無過於斯者，民十五年返國，經一年之觀察，深覺自身已變成十足之洋貨推銷員，但欲求用其所學，捨此實無他圖，內心輒感不安，一日偶念及苟能在國內將煤氣車推廣之，至少在燃料上，可以減少一大部份漏卮，並可因此在職業上得一功過相抵辦法，乃不加考慮，於民十六年購進煤氣車一輛，在上海廣事宣傳，公開表演，詎知經半年努力，毫無成就，前後來觀者固不下數百人，但總以煤氣車為不能行動之車輛，其苟能行動者，端賴私藏汽油偷用之而已，閱五年，同志參加此項工作而設廠自造煤氣爐，先後有三五人，但結果亦殊失望，民二十五年全國公路交通委員會之下成立一煤氣車試驗委員會，推作者主持會務，翌年適逢京滬公路展覽會，作者認為推廣煤氣車之極好機會，雖當時煤委會一年試驗費不滿萬元，但志在必行，乃與交委會商定，汽車底盤與車身費用由作者個人負責，沿途燃料消耗由煤委會担任，計自上海出發，經滬杭京杭國道抵達南京，在首都公開表演後，即隨同展覽團專車直達昆明，卒為滇省龍主席賞識以原價轉讓，煤委會以不滿五千元代價，終能達到提倡目的，確為一難得機會，惟當時全滇所有煤氣車，仍不滿五百輛，迨抗戰軍興，國際路線，相繼淪陷，至仰光噶町失守，汽油來源，頓時斷絕，煤氣車在此極短時期內，負起極大責任，所幸前此已有少數同志協力提倡，樹有相當基礎，即以下級幹部而言亦已有相當熟悉煤氣車之技工與司機，可以輾轉訓練生手，否則欲在短時間內發動大量煤氣車行駛，其情形較之目前必更惡劣無疑，此作者引為自慰者也。但煤氣車對於引擎壽命及其對於活塞環之影響如何乎，作者在抗戰以前，兼管上海市公共汽車管理處，對於煤氣車之使用與研究，前後兩載有半，其

中有若干結果可以報告者，即在同一路線上行駛之車輛，採用同一年份與同一型式之底盤以及在同樣載重條件下行駛者，汽油車可行駛四萬五千英里必須大修一次，否則其平均潤滑油消耗，當超過汽油數量四十分之一，（當時以滑油消耗為大修標準，即使引擎馬力尚佳亦所不顧，）煤氣車則祇能行駛四萬英里，兩者相差，不過十分之一而已，至於拆開引擎後之檢查結果，發現六汽缸引擎中，必有一二根平環，被夾緊在活塞槽內，不能自由行動，兼有一二根油環，業已折斷，油環通油槽內積存油渣頗多，活塞槽內亦然，當時所用之煤氣爐為自造之平板式，故怕油膠質之混入極少，但雖有雙層除灰器，煤氣內除灰不盡，實無可否認者，所以煤氣車之除灰工作，不容漠視，苟能提防於事前，較事後補救之費力復財為愈也。

茲再進一步研究煤灰如何竄入汽缸情形，當排氣衝程開始時活塞上升，活塞環將汽缸下半部潤滑油推送至上半部，平均分佈油膜一薄層，隨後進氣衝程開始，活塞下降，煤灰隨煤氣混合氣同入，一部份即貼着在汽缸壁上，使滑油黏度加厚，當壓縮衝程開始，活塞再上升時，此時之活塞環與汽油引擎者不同，蓋其負擔加重，除應分佈滑油外，同時須將汽缸壁上貼着之煤灰，向上刮去，惟事實上所刮者，乃混入煤灰之潤滑油，其黏度甚厚，如非將第一根平環，改用彈力較高者，則必洗刮不盡，餘灰即有侵入第二根平環或下部油環可能。今假定所採用之第一根環為具有高壓力者，則煤灰可以全刮至汽缸頂部，但此種現象，祇能在引擎運用上半時期或屬可能；一旦輪到引擎運用下半時期，雖有第一根高壓平環，亦無濟於事，煤灰終於侵入下部各環。又被第一環向上刮去之灰，一部份必竄入活塞第一槽內，以下各槽，則在引擎運用下半時期侵入較多，不過侵入後，如邊隙與槽之深度不足，環即被夾在槽內，不能自由行動，於是接受活塞一部份之傍壓力，其猛烈時可能將環折斷，此項分析，似與上列事實相符，幸煤氣爆發力，不及汽油之大，否則引擎損蝕程度，絕不止加多十分之一，故煤氣車之主要條件，即須將煤灰完全濾清，始可導入汽缸之內，至於消極之補救方法，則不妨採用第一根高壓平環，又裝置各環時，可將邊隙略為增加，活塞槽之深度改深，油環之通油槽與活塞通油眼特別加大，此外潤滑油之黏度以採用較薄者為宜也。

