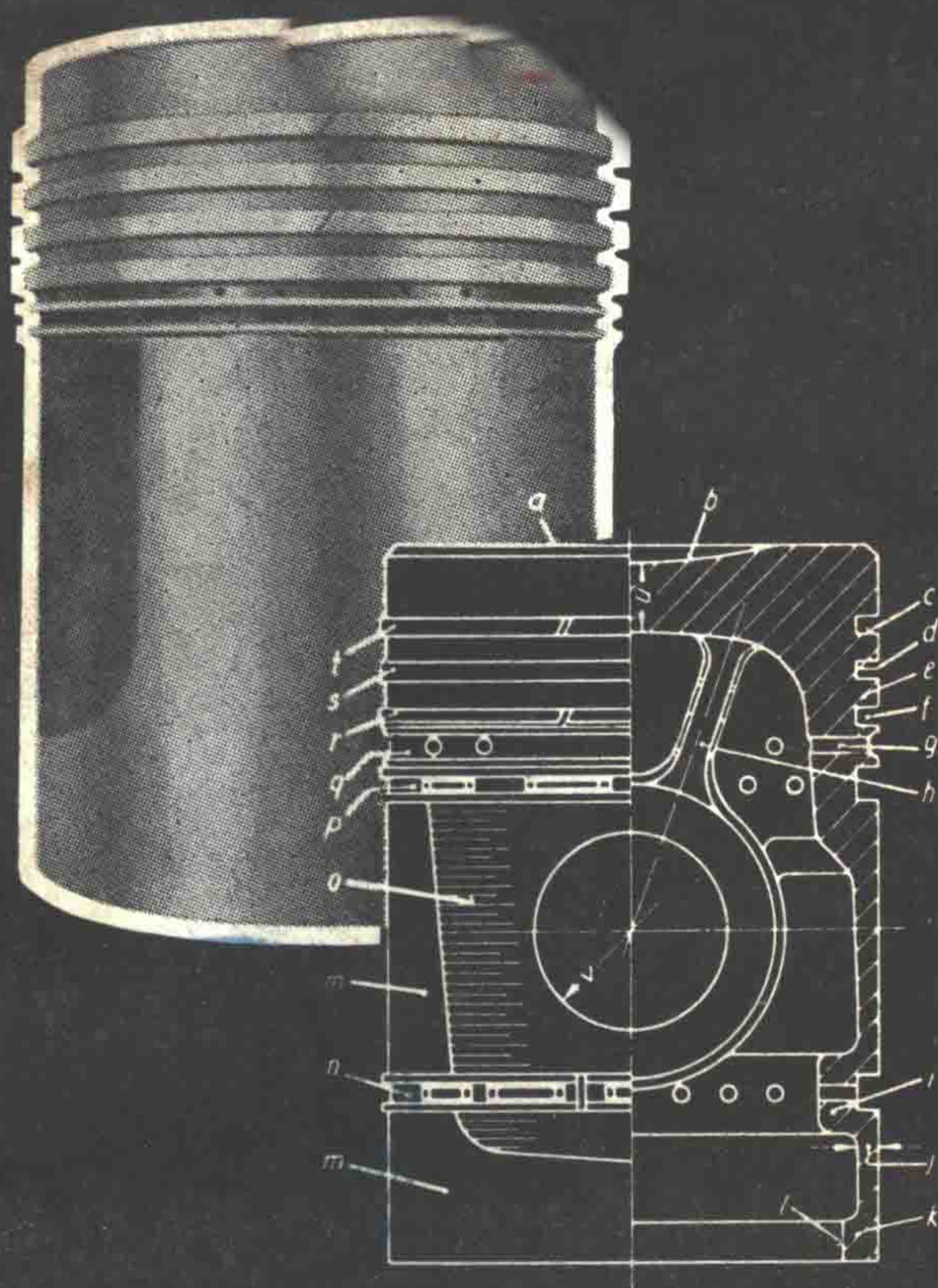




# 轻金属活塞

机械工业出版社

# 輕 金 屬 活 塞

埃沃林、謨勒、李西特著

胡問炎、菊記譯



机械工業出版社

1958



## 出版者的話

本書詳述了在活塞制造方面使用輕金屬的情況。從本書中可以看出民主德國在輕金屬活塞制造上所達到的技術水平。本書除了說明單個生產過程外，對成批生產以及自動化活塞生產也有所述及。並且，本書也是研究活塞材料的工藝要求、金相組織、性能和各種熔化方法方面很有價值的參考資料。

其次，在本書中還敘述了有關活塞銷和活塞環的各項要求以及它們的裝配情況。書末並附有在民主德國所推薦的技術數據、活塞銷標準以及輕金屬活塞的裝配間隙計算表等資料。

本書可供從事汽車制造的工程技術人員在詳細考察活塞制造過程時應用，也可作為研究工作研究活塞材料的參考資料。

德意志民主共和國 O. Everling, J. Müller, K. Richter 著  
'LEICHTMETALLKOLBEN' (VEB 1953 年第一版)

\*

\*

\*

NO. 1471

---

1958 年 5 月第一版      1958 年 5 月第一版第一次印刷

850×1168  $1/32$  字數 187 千字 印張  $7\frac{11}{16}$  0,001—2,000 冊

機械工業出版社(北京東交民巷 27 號)出版

機械工業出版社印刷廠印刷      新華書店發行

---

北京市書刊出版業營業許可証出字第 008 號      定價(10) 1.50 元

# 目 次

|                            |     |
|----------------------------|-----|
| 原序 .....                   | 6   |
| 第一章 輕金屬活塞的發展及其結構 .....     | 7   |
| 1. 活塞在發動機內的技术任务 .....      | 7   |
| 2. 活塞的基本構造 .....           | 8   |
| 3. 由灰鑄鐵活塞到輕金屬活塞的發展过程 ..... | 9   |
| 4. 活塞各部的名称 .....           | 10  |
| 5. 活塞結構的技术观点 .....         | 13  |
| 6. 活塞結構示例 .....            | 16  |
| 7. 从工作經驗决定活塞的結構 .....      | 23  |
| 8. 活塞結構的規範和数据 .....        | 24  |
| 第二章 活塞材料和活塞的鑄造 .....       | 27  |
| 1. 对活塞鑄造車間的要求 .....        | 27  |
| 2. 鑄造活塞的工艺性 .....          | 27  |
| 3. 活塞材料的金相組織 .....         | 29  |
| 4. 各种活塞合金的性質 .....         | 34  |
| 5. 常用的各种活塞合金 .....         | 43  |
| 6. 活塞鑄造車間的划分与組織 .....      | 44  |
| 7. 熔煉方法 .....              | 49  |
| 8. 活塞硬模 .....              | 64  |
| 9. 活塞毛坯的热处理 .....          | 79  |
| 第三章 輕金屬活塞的加工 .....         | 92  |
| 1. 成批生产和單件生产 .....         | 92  |
| 2. 毛坯的選擇和划綫 .....          | 93  |
| 3. 粗加工 .....               | 93  |
| 4. 附帶加工 .....              | 97  |
| 5. 中間加工 .....              | 97  |
| 6. 完成加工 .....              | 99  |
| 7. 活塞銷孔 .....              | 106 |
| 8. 最后加工与檢驗 .....           | 109 |



|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| 9. 加工公差与表面光潔度.....          | 110 |
| 10. 工具和机床.....              | 112 |
| <b>第四章 輕金屬活塞的裝配間隙</b> ..... | 113 |
| 1. 活塞的工作溫度.....             | 113 |
| 2. 裝配間隙的原理.....             | 113 |
| 3. 計算局部界限溫度的基本方法.....       | 114 |
| 4. 局部界限溫度.....              | 116 |
| 5. 計算表的使用法.....             | 118 |
| 6. 各种可变因素的影响.....           | 119 |
| 7. 因裝配間隙錯誤所引起的后果.....       | 123 |
| 8. 負荷情况.....                | 124 |
| 9. 活塞銷的配合.....              | 125 |
| <b>第五章 輕金屬活塞的表面处理</b> ..... | 128 |
| 1. 电解氧化法.....               | 128 |
| 2. 活塞裙部的塗層.....             | 128 |
| 3. 鍍鉛.....                  | 129 |
| 4. 在輕金屬活塞上电镀鉛層的操作方法.....    | 130 |
| 5. 在輕金屬活塞上敷石墨層.....         | 137 |
| <b>第六章 活塞环</b> .....        | 138 |
| 1. 对活塞环的要求.....             | 138 |
| 2. 环的尺寸.....                | 140 |
| 3. 环的振动.....                | 144 |
| 4. 徑向压力的分布.....             | 146 |
| 5. 活塞环的高度.....              | 149 |
| 6. 活塞环和环槽的配合.....           | 150 |
| 7. 刮油环.....                 | 150 |
| 8. 徑向压力和活塞环的負荷.....         | 152 |
| 9. 活塞环的材料.....              | 154 |
| 10. 活塞环的鑄造 .....            | 161 |
| 11. 活塞环的成形 .....            | 162 |
| 12. 活塞环的加工 .....            | 163 |
| <b>第七章 活塞銷</b> .....        | 167 |
| 1. 作用和形狀.....               | 167 |

|                                        |     |
|----------------------------------------|-----|
| 2. 負荷情况和材料                             | 167 |
| 3. 机械加工                                | 170 |
| 4. 活塞銷的保險裝置                            | 172 |
| 第八章 活塞与活塞环的裝配及其工作狀況                    | 174 |
| 1. 活塞、活塞銷和活塞环的裝配                       | 174 |
| 2. 活塞、活塞环和汽缸套的磨耗过程                     | 183 |
| 第九章 輕金屬活塞的自动化生产                        | 197 |
| 1. 鑄造組和原料倉庫                            | 198 |
| 2. 热处理的爐子組和硬度檢查 (布氏)                   | 200 |
| 3. 机械加工的机床組                            | 204 |
| 4. 制造中的檢驗过程                            | 206 |
| 5. 自动化設備的总控制机構                         | 212 |
| 第十章 有关輕金屬活塞的新报导                        | 214 |
| 1. 活塞結構                                | 214 |
| 2. 材料                                  | 216 |
| 3. 加工                                  | 216 |
| 4. 附屬零件                                | 217 |
| 5. 發展趋势                                | 217 |
| 参考文献                                   | 219 |
| 定义解釋                                   | 222 |
| 附录                                     | 223 |
| 1. 活塞环制造工厂推荐的技术数据                      | 223 |
| 2. 鄂圖發动机用的活塞銷 (DIN73121)               | 234 |
| 3. 柴油机用的活塞銷 (DIN73122)                 | 237 |
| 4. 輕金屬活塞裝配間隙的計算表 (水冷式發动机活塞用与風冷式發动机活塞用) | 241 |
| 中德名詞对照表                                | 239 |



## 原 序

〔活塞〕是發動機中一種小而重要的和受高負荷的零件，它要求專門的制造技術和最高的精確度。數十年來，它就在專業的工廠內制造。在民主德國的國境內，戰爭以前沒有專業的制造工廠，來供應交通運輸上的需要。直到反法西斯的民主政權建立後，才設立了一系列生產活塞的工廠，這是一項全新的工作。

即使在以往制造過活塞的一些工廠中，也未能積累較多的經驗。這曾經是活塞制造工業發展的一個主要困難，因為活塞制造的特點正是豐富的經驗比理論計算更具有指導的意義。而且，由於早幾年沒有新的交通工具的制造，使發動機和活塞制造工業得不到良好的發展，因此也就不能積累活塞制造方面的經驗。當時，在活塞制造上只能滿足于多種不同型式發動機修配工作的需要，而我們對於這些發動機的特性是不夠了解的。

上述困難，不僅已在幾年來的新建設的過程中逐漸予以克服，而且我們年輕的活塞制造業已獲得相當的信譽。特別是在近年來交通工具制造業蓬勃的發展，活塞制造業已能適應它的需要，樹立了穩固的基礎。更可喜的是活塞質量已能使人滿意。雖然如此，但活塞制造者深知另外還有許多問題有待解決。

本書所收集的論據都是專家們從研究中和制造中得來的經驗的積累，它可以協助工程師們解決在制造上遇到的技術問題，也可以輔導年青的一代從事活塞的研究，俾將活塞制造工業推向新的階段。

出版者



# 第一章 輕金屬活塞的發展及其結構●

## 1 活塞在發動機內的技术任务

內燃機的作用是将燃料中的化学能轉变为机械功。通过燃燒作用化学能就被解放出来，并且所能达到的压力和溫度愈高，則其效率也愈好，也就是說，从一定数量的燃料內能够获得較大的功率。增加轉数也可达到同样的效果。因为同一的發動機当其燃燒次数增加时，同时也就發生較大的功率。

活塞最重要的任务就是在發動機內完成能的轉变工作。它在汽缸內进行往复运动，并通过連杆使曲軸迴轉。这种运动使活塞頂上的汽缸容积交替地增大或縮小。当汽缸容积縮小时，則汽体即被压縮，这样就可达到燃燒所必需的高压和高溫。在鄂圖發動機內將从汽缸外面化油器所供給的可以燃燒的气体燃料和空气的混合物进行压縮，并且最高可压縮至原来容积的 $1/5 \sim 1/7$ 。由于在压縮过程中溫度也随着增高，因此对压縮比必須有以上的限制，否則混合气体將無需經過火星塞点火而就發生不适时的自燃現象。在柴油機內系將純空气进行压縮，然后將燃料噴入高压高溫的空气內，使其自燃。一般的压縮界限为原容积的 $1/12 \sim 1/20$ ，因为过高的溫度則材料的强度已經不能胜任了。

当燃燒时压力驟增，鄂圖發動機汽缸內的压力最高可达 40 公斤/公分<sup>2</sup>，柴油機汽缸內的压力則可达 80 公斤/公分<sup>2</sup> 以上；这相当于 400 公尺和 800 公尺水柱高的負荷。活塞即被此燃燒压力推向前进，并使曲軸轉动，这样燃燒气体即进行作功。活塞必須將汽缸燃燒室密封，否則压力將有未被利用而即消失的可能。压縮



和燃燒時所產生的熱量大部分為汽缸壁所吸收，並傳導至冷卻水。因此，活塞又是重要的熱的傳導者。

由於在瞬時內產生可燃燒的混合物並進行有效的燃燒存在着一定的困難，以及活塞重力迅速的增加，因而前述發動機轉數的增加是受到一定限制的。當活塞作往復運動時，由於不斷地急劇減速和加速，因而就使重力成為活塞本身重量的許多倍。一般載重汽車發動機上的重力超過活塞重量的 200 倍，轎車發動機則超過 600 倍，賽跑車發動機則超過 4000 倍。重力本身不能作功，可是也不消耗能力，但它卻增加受力部分的負荷，以致受力的機體必須加重，軸承的尺寸也必須加大。因此，要求減輕活塞的重量也就成為勢所必然的了。由於活塞的平均速度在低速發動機上已經超過 20 公里/小時，而在賽跑汽車發動機上則甚至超過 80 公里/小時，所以對於活塞的滑動性和耐磨性必須特別注意。

總括來說，活塞在內燃機內的任務，就是作為往復運動的組成部分來承擔燃燒氣體的壓力，並將其傳之于連杆，密封汽缸，並將燃燒時所產生的熱量的一部分傳導出去。因此，它應該具有最少的重量和尽可能長的使用壽命。

## 2 活塞的基本構造

根據活塞的工作情況，其向着燃燒室的這一面應該是一塊堅強的平板，並具有足夠的強度來承受燃燒時的壓力，這個部分就叫做活塞頂面。壓力借助一根銷子傳導給連杆，銷子的兩端由活塞支承，中部則由連杆支承。這根銷子稱為活塞銷。活塞銷支承在活塞壁上的環狀銷座內，銷座向內凸出，並由筋條與活塞頂部相連接。活塞與汽缸間的密封是利用有彈性的圈，即活塞環來達到的。活塞環裝在活塞的適當部分，並且也必須承擔傳導熱量的任務。由於內燃機的結構是緊湊而且輕便的，所以它的往復運動不能（像蒸汽機的一樣）借助于十字頭來進行，而必須借助于連杆的擺動來完成。連杆通過活塞銷直接與活塞相連接，因此活塞

必須有一个滑动面来作为活塞直綫运动的导向面。这个工作系由活塞的裙部承担。

活塞的基本結構有以下各部分（圖1）：活塞頂面  $a$ ，活塞銷座  $b$  和裙部  $d$ 。在銷座  $b$  內有活塞銷  $e$ ，它支承着連杆  $f$ 。在活塞頂部  $a$  和活塞銷  $e$  之間的一段距离用于安裝密封和傳导热量的活塞环，这一部分叫上体  $c$ 。活塞的滑动面因为不需要承受頂部和活塞銷所受的力，所以它的厚度可以較薄；裙部  $d$  包括活塞銷座和它下面的部分。長活塞对直綫运动具有較好的导向面，在汽缸內摆动时所产生的响声也較短活塞为少。

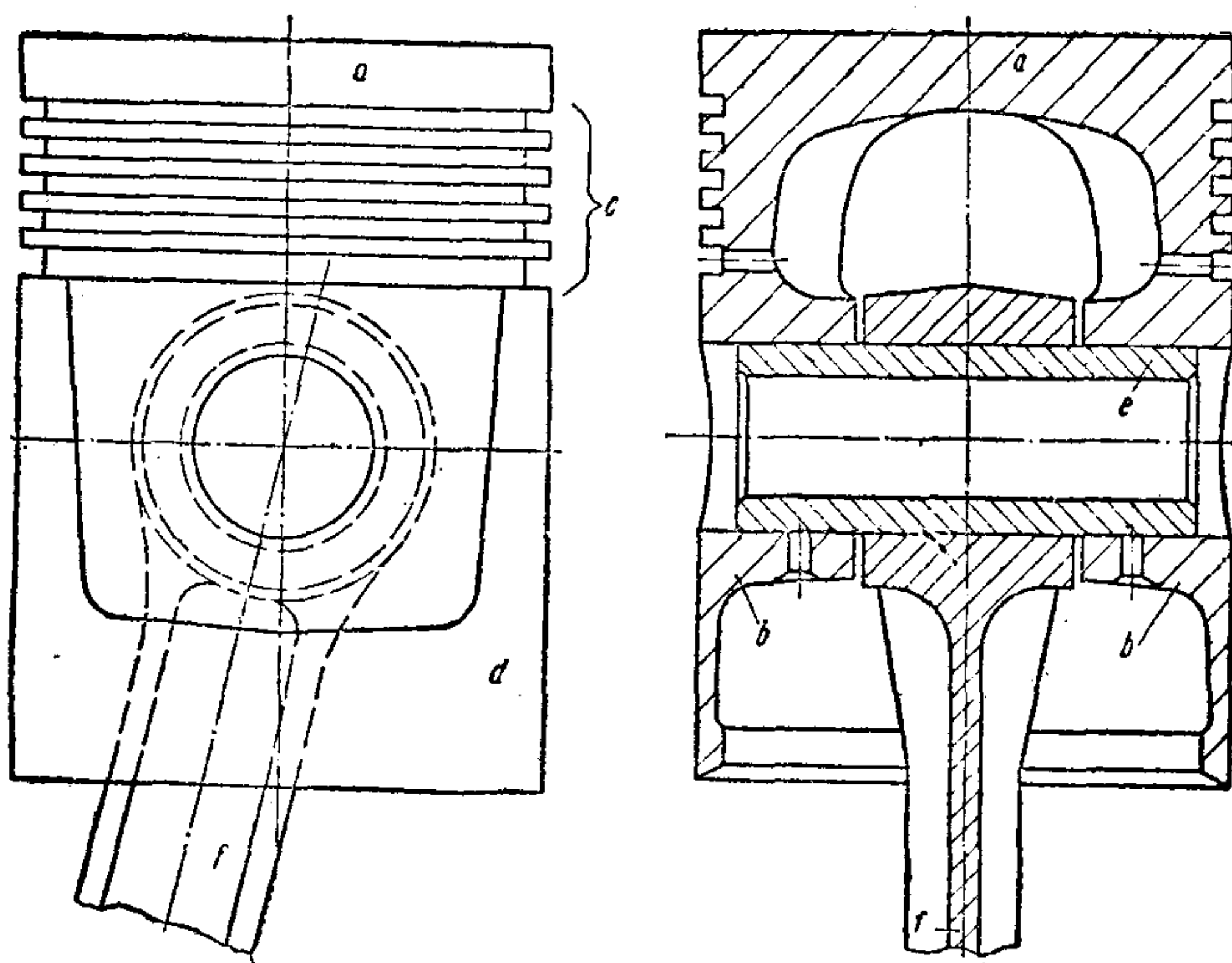


圖1 活塞的基本構造：

$a$ —活塞頂部； $b$ —銷座； $c$ —上体； $d$ —裙部； $e$ —活塞銷； $f$ —連杆。

### 3 由灰鑄鉄活塞到輕金屬活塞的發展过程

在內燃机制造發展的最初阶段，也同蒸汽机一样，采用了灰鑄鉄的活塞。在一个相当長的时期內，灰鑄鉄活塞在內燃机上占有一定的地位。随着發展的进一步要求，在第一次世界大战之前，即逐漸傾向于高轉速發動机的制造，因此也迫切的要求減輕活塞



的重量和重力。而飞机發動機制造对机件重量的減輕尤其重要。与此同时，輕金屬中的鋁和鎂以及其他優質的合金在工業上的用途也迅速扩展起来。当然，在那时也就考虑到輕金屬应用在內燃機制造上的可能性。因而对輕金屬用于活塞制造上进行了一系列的試驗工作。1913年在德国有一架飞机發動機由于使用了輕金屬活塞而被拒絕参加飞行竞赛，据說是因为輕金屬的熔点只有 $600^{\circ}\text{C}$ 就不可能在燃燒溫度高达 $2000^{\circ}\text{C}$ 的情况下进行工作。可是在一年以后，却有三部使用砂模鑄造的輕金屬活塞的麦切地司 (Mercedes) 汽車获得了 [法国汽車大比賽的錦标]。1917年又有赫氏 (Hirth) 制造了一部飞机發動機，使用的也是砂模澆鑄的鋁活塞，到1918年，已經有許多新型式的飞机發動機使用了鋁活塞。值得注意的是在1921年当时的交通部为推进輕金屬活塞發展而举行的一次特別的展覽会上有一种鎂合金 (Elektron) 的活塞表現得最为出色。其后在汽車制造工業方面也逐漸扩大了采用輕金屬活塞的範圍，在本世紀20年代，輕金屬活塞已广泛地应用于轎車。当时，在鎂合金和鋁合金活塞之間还有着竞争，最初由于鎂合金活塞的重量較輕而占有优势，但是最后还是鋁活塞获得了胜利，因为它可以制造優質的特种合金，具有較長的使用寿命（由于它有較小的热脹系数），并且在工作状态下較为稳定。可是在当时使用鎂合金活塞的車子，曾多次在竞赛中获得优胜和創立世界紀錄。在目前來說，鎂合金活塞已經很少使用，因此我們下面所講的輕金屬活塞也就專指鋁合金活塞而言。

本世紀二十年代初期，鋁合金活塞已排除了很多顧慮和非議，并且在柴油發動機制造上获得了穩固的地位。当时对于活塞結構方面曾引起过很多的爭論，但是由于其后不斷創造和改进終于給活塞的結構奠定了理論基础。

#### 4 活塞各部的名称

在开始討論各种結構的活塞之前，有必要將它的各部名称加



以解釋（圖 2 和圖 3）。活塞的各部分有着不同的名称，如它的导向面叫作裙部，銷座縮进部分叫作窗孔或偏心，支承活塞銷的孔叫作銷孔，藏油的油槽按其發明者的名字称为 Becker 槽。另外有些含义不清解釋不一的名詞未被采用而代之以含义明确仅有一个解釋的名詞。当然其中也有些是不合理的，譬如活塞裙部 Sch 是指从上油环的下部至活塞下端面的部分而言，但是在說到裙部長度  $S$  时，却指的是从銷孔中心至活塞下端面的長度來說的，因为  $S$  和另一重要的尺寸  $K$ （它是活塞受压部分的高度）一起構成了活塞的全長  $G$ 。

导向面又分为負荷面和無負荷面兩部分。当活塞在燃燒压力下向下运动时，連杆就随着曲軸的轉动而向側面摆动。因此就产生了側向压力。它使活塞的导向面与側向压力相对的一边紧压在缸壁上。当活塞进行压缩冲程时，連杆摆向另外一个方向，于是就

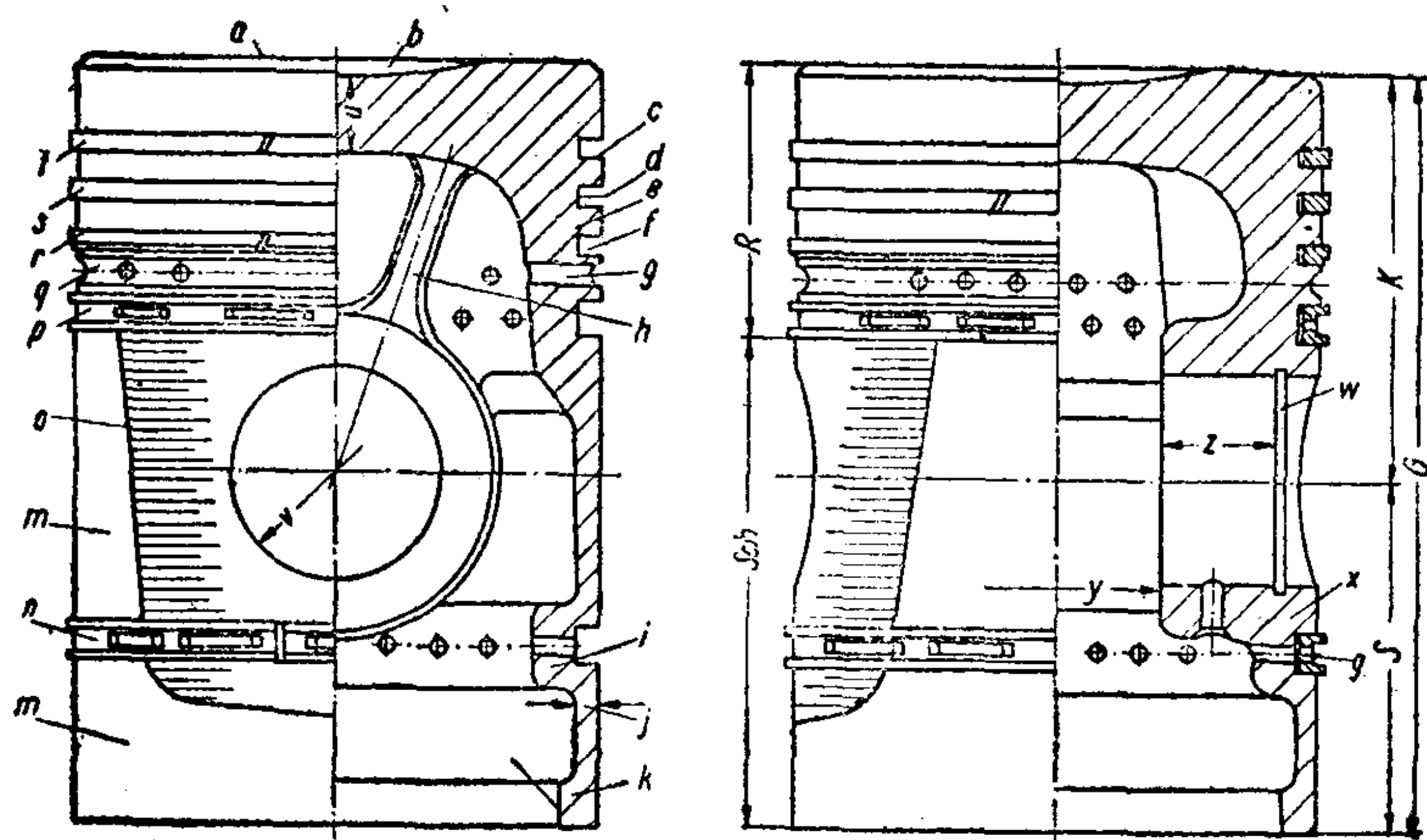


圖 2 活塞各部的名称：

$a$ —活塞頂； $b$ —特形頂部(頂部凹下部分)； $c$ —环槽边； $d$ —环槽底； $e$ —兩环中档； $f$ —环槽； $g$ —油孔； $h$ —加强筋； $i$ —下油环加强部分； $j$ —壁厚； $k$ —定位圈； $l$ —定位孔； $m$ —导向面； $n$ —下油环； $o$ —銷座縮进部分； $p$ —上油环； $q$ —聚油槽； $r$ —鼻狀环； $s, t$ —压缩环； $u$ —頂厚； $v$ —銷孔； $w$ —銷圈槽； $x$ —銷座； $y$ —銷座距； $z$ —支承的銷長(一半)； $G$ —总長； $K$ —受压部分高度； $R$ —上体； $S$ —裙部長； $Sch$ —裙部。

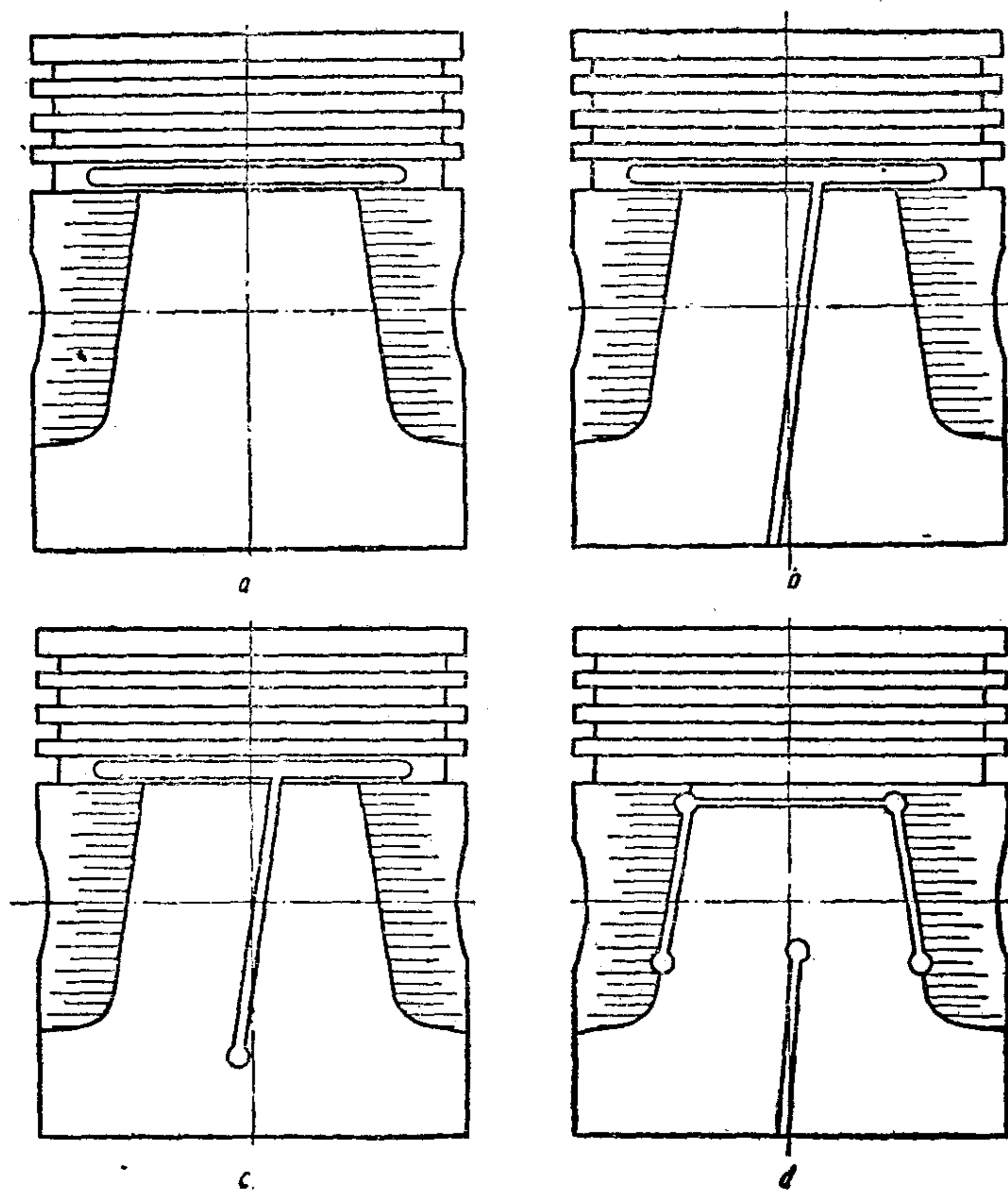


圖3 开槽活塞的主要类型:

*a*—横槽活塞; *b*—裙部开槽的活塞 (有不用横槽的);

*c*—T形槽活塞; *d*—梯形或U形槽活塞。

使导向面的另一边紧压在缸壁上, 但这种压力比燃烧压力要小得多。在燃烧冲程时受压力的一面叫作负荷面, 另外的一面, 即当压缩行程受压力的一面叫作无负荷面。这名称虽不很恰当, 但已通用。(当观察者在发动机前面看时, 汽车发动机的迴转方向是顺时针的。因而当活塞向下移动时连杆向右摆动, 所以活塞的负荷面在左边。有一种从前面传动的发动机<sup>●</sup>, 它的安装方向与上述

● 按即将发动机装在汽车的尾部。——译者



的相反，因此从汽車前面来看負荷面就在右面)。

行程一詞包含有多种的意义，首先它說明活塞运动的范围，这一运动被上下轉折点所限制。此轉折点名为上下死点；其次它說明活塞在上下死点之間运动的距离(公厘或公分)。汽缸的直徑(也是活塞的直徑)叫缸徑(不考虑兩者間尺寸的微小的差別)。目前对于較大直徑汽缸的尺寸(100公厘以上)已經制訂有标准的等級，常用的是5公厘一級，較小的活塞則为1公厘一級或0.5公厘一級。由于修配用活塞尺寸的加大，因此使得缸徑的尺寸增加了許多。

## 5 活塞結構的技术观点

輕金屬活塞不能用和灰鑄鐵活塞完全相同的澆鑄模型来进行制造，因为兩種金屬的机械性能和热性能很不相同。虽然現代的輕金屬合金在20°C时的抗張强度并不低于灰鑄鐵，但其热强度却比后者低得多(表1)。

表1 灰鑄鐵和輕金屬的比較

| 比 較 內 容                                | 灰 鑄 鐵 | 鋁 合 金   |
|----------------------------------------|-------|---------|
| 比重(克/公分 <sup>3</sup> )                 | 7.3   | 2.7~2.8 |
| 抗張强度，在20°C时(公斤/公厘 <sup>2</sup> )       | 22    | 20~36   |
| 抗張强度，在300°C时(热强度)(公斤/公厘 <sup>2</sup> ) | 20    | 8~10    |
| 熔点(°C)                                 | 約1200 | 約700    |
| 导热率(仟卡/公尺小时)                           | 45    | 110~140 |

由于上述原因，因此輕金屬活塞受高热和高压的部分就必須加强。这些部分除了頂部外还包括銷座部分在內。

輕金屬單位面积的容許受压强度比灰鑄鐵小，因此对用輕金屬制造的活塞，應該尽量放大其活塞銷的支承面。具体的方法就是尽可能縮小銷座間的距离，从而增加活塞銷的支承長度(參閱圖2)。活塞銷長度的50~55%应由活塞支承；而其余部分則由連杆支承。必要时，应將輕金屬活塞內活塞銷的直徑較灰鑄鐵的略



为加大。由于灰鑄鐵的比重 2.5 倍于輕金屬 (表1), 因此, 虽然輕金屬活塞各部加厚加强, 但仍具有比灰鑄鐵活塞重量較輕的优点。

輕金屬活塞用的活塞环的高度, 大多較灰鑄鐵活塞用的活塞环为低。因为当活塞加速运动时 (以及缸壁的摩擦), 活塞环就被强烈地压在环槽边上, 若是当重力过大, 就可能使环槽崩裂。因此, 必須尽可能地減輕活塞环的重量, 也就是說选用环寬 (亦称为环高) 較小的活塞环。

由于輕金屬的熔点低, 恐有在發动机內熔化的可能, 因而最初被反对用来作为制造發动机活塞的材料; 但是由于它具有特別优良的导热性能 (約为鑄鐵的 3 倍)(表1), 因而这种反对的意見就不再被坚持了。因为热量很快的被傳導出去, 所以只有在导热面积不够大而使热量集中的地方, 才会形成高溫而引起危險。活塞壁厚的确定主要是考虑热量的傳導, 而很少是为了强度。輕金屬活塞的溫度, 特別是在活塞頂部的溫度, 常常較灰鑄鐵活塞的溫度为低。因此, 大的灰鑄鐵活塞, 为了使頂部的热量不致傳導給活塞銷和連杆, 并避免結碳起見, 必須在活塞的頂部下面裝以隔热板, 但在輕金屬活塞上, 这种措施是完全不必要的。

当柴油机开始采用輕金屬活塞时, 也产生了一种顧慮, 就是恐怕在活塞頂部不能保持足够的溫度, 以保証燃料气体的自燃, 但是这种顧慮为事实所打消了。例如, MAN 型柴油机的燃燒室就完全嵌入在輕金屬活塞的頂部, 并呈球形 (球形燃燒室)(圖4), 但是它消耗的燃料很少, 并且使用寿命也很長。其他类型的發动机,

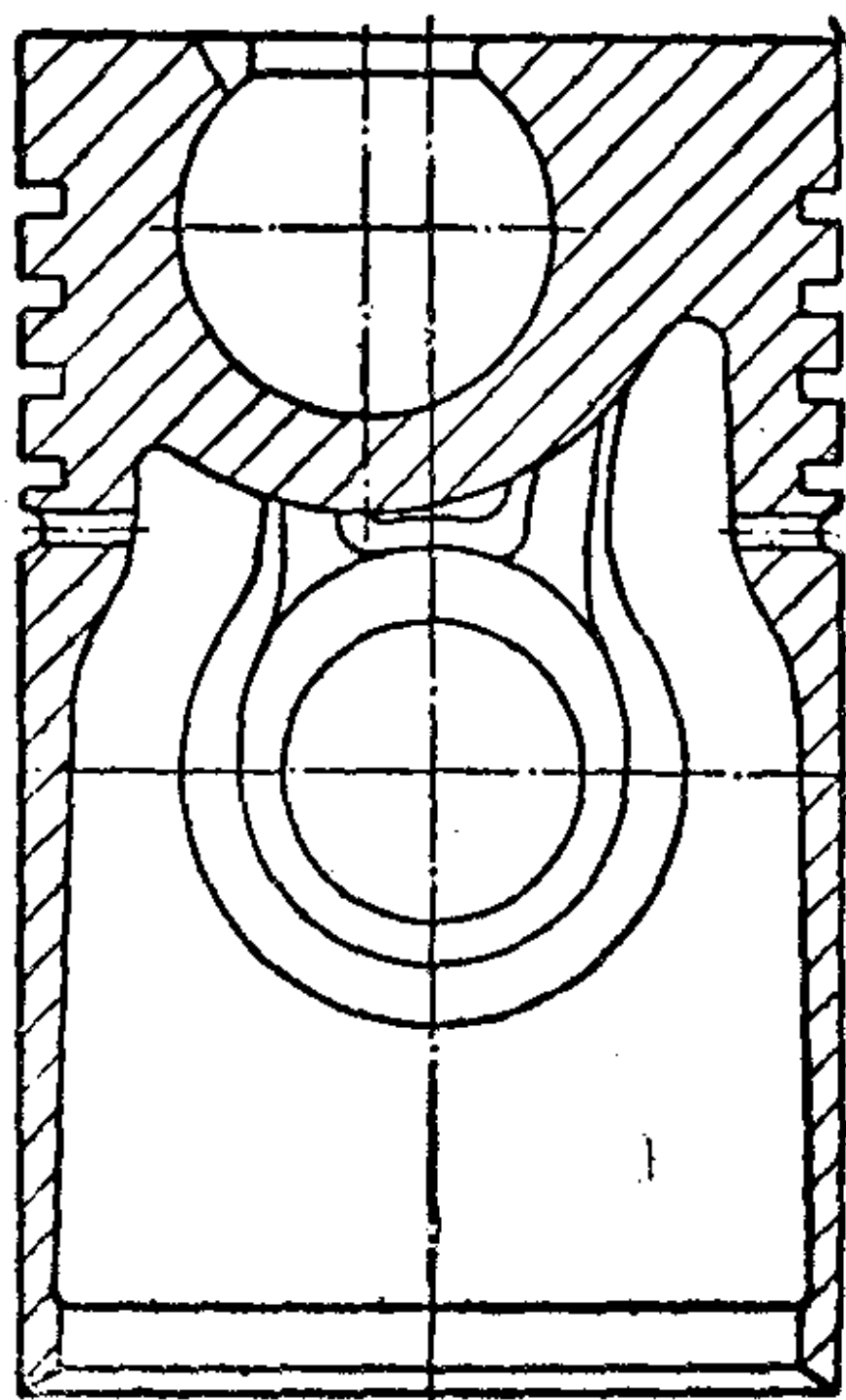


圖4 MAN 型發动机用的球形燃燒室活塞的剖視。

由于燃料被集中喷射在活塞顶部某一点，因而使得该处热量过分集中，这样的轻金属活塞就必须在顶部镶上铸钢的保护体来加以保护（例如 Kämpfer 型发动机）。另外还有一种混合铸造的活塞，即活塞顶部用耐热的轻金属合金制成，而活塞的其余部分则用耐磨的轻金属合金制成，但这种活塞未被广泛的采用。

从耐磨性能上来看，灰铸铁较轻金属为优越，因此在相当长的一段时期内曾经采用轻金属上体和灰铸铁裙部的双金属活塞。采用耐磨性高的合金，改善润滑状况，以及进行适当的表面加工和表面处理，可使轻金属活塞同样能达到很长的工作寿命。在这里，活塞环和缸套的相互间的作用是有很大关系的；另外，进行适当的配料和在表面镀以耐磨的金属层，如镀铬等，也可以提高活塞的使用寿命。这些方法都在进行中。

轻金属最受人重视的是它具有大的热膨胀系数这一特性。灰铸铁的温度上升 $85^{\circ}\text{C}$ 时其长度延伸 $1/1000$ ，而轻金属温度仅须上升 $40^{\circ}\text{C}$ 即能达到同样大的延伸长度；经过许多研究工作以后，才使轻金属合金进展到温度上升 $55^{\circ}\text{C}$ 延伸 $1/1000$ 。缸套多半用灰铸铁离心浇铸，其膨胀系数与灰铸铁活塞相同。缸套和灰铸铁活塞的直径差，即所谓装配间隙<sup>①</sup>，是维持正常的滑动所必需的。在冷的状态下，亦可保持较小的装配间隙。虽然轻金属活塞在离心浇铸的灰铸铁缸套内咬缸的可能较灰铸铁活塞为小，但由于轻金属活塞的膨胀系数较大，为使在高温工作的情况下仍有足够的间隙起见，因而在冷却状态下也须保持相当大的装配间隙。由此，将引起活塞在缸套内的摇摆不稳，润滑油消耗量增大和热工效率减低的后果。经过许多的研究和不断的改进，才将装配间隙过大所引起的缺点予以克服。

将活塞进行适当的加工<sup>②</sup>，可使由活塞顶部传导来的高温很快地消失，从而活塞裙部能保持最低的温度。活塞内部的加强筋

① 参阅本书「轻金属活塞的装配间隙」一章。

② 参阅本书「轻金属活塞的加工」一章。



一方面將力自活塞頂部傳導至銷座，同時也是它們之間熱傳導的橋梁。為了避免裙部過熱，有的活塞設計是將活塞銷座與裙部分開的。另一種效果較好的方法是在活塞內鑄入防脹片來防止過大的熱膨脹。為了避免上述缺陷，有一段時期曾將活塞構造設計得很複雜，這就大大的增加了製造成本。由於製造技術的進步，又將活塞由複雜的構造恢復到簡單的構造，並且能得到同樣的效果。

對於高負荷的賽跑車發動機和飛機發動機，曾製造了鍛造的和壓制的活塞，由於經過鍛壓後材料的強度、均勻性和耐磨性均較鑄件為高，而且在正確的壓制過程中，也可使材料的流綫趨向與活塞力的作用方向相適應，因而就有可能減少厚度以達到減輕重量的目的。至於其較高的製造成本，則可在其優良的工作性能上得到補償。

## 6 活塞結構示例

**裙部完整的活塞** 裙部完整的活塞（圖5）又稱標準活塞，其結構比較簡單；它的銷座有兩條到三條的筋條與頂部聯結着，而裙部與上體周圍則是完整相連的。這種活塞一般用於柴油發動機，也廣泛的使用於二衝程和四衝程的機器腳踏車發動機上（圖6）。至於轎車發動機則因為它對活塞的要求很高，因而需要特殊結構的活塞；但自從裙部厚度很薄的活塞製造成功以後，也改用了裙部完整的活塞。考慮到輕金屬的膨脹特性，在此種活塞上有必要採用橢圓外形的加工方法。

**各種開槽的活塞**（圖3）是裙部完整活塞的變形；這樣的結構一方面可以通過橫槽將熱量的大部分傳導到銷座部分，而銷座則向內凹縮，所以有足夠的膨脹余地，而同時裙部低溫膨脹亦保持較小；另外，由於開槽的活塞裙部具有彈性，因此可以減小裝配間隙。但是，由於被切離而又沒有足夠支撐的部分迅即疲勞，並且活塞又不能提供必須的導向面，因此它並不是令人滿意的。所以又採用了另一種活塞設計，即用鑄入的鋼片支撐着被切離部