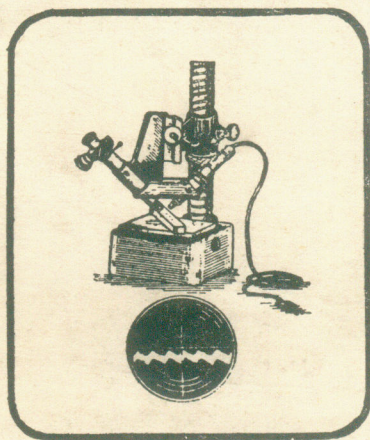


謝列布羅夫斯基著

機器零件表面的質量



機械工業出版社



521.23

947

工 業 技 術

*

本書根據蘇聯 В. В. Серебровский 著 ‘Качествоповерхности
деталей машин’ (Машгиз 1952 年第一版) 一書譯出

※

*

*

著者：謝列布羅夫斯基 譯者：石自生、李次公

文字編輯：汪靜觀 責任校對：倪熙忠

1954 年 3 月發排 1954 年 5 月初版 0,001—9,000 冊

書號 0526-8-156 31×43 $\frac{1}{32}$ 25 千字 18 印刷頁 定價 1,600 元(丙)

機械工業出版社(北京盛甲廠 17 號)出版

機械工業出版社印刷廠(北京泡子河甲 1 號)印刷

新華書店發行

出版者的話

祖國正在進行着大規模的經濟建設，大量的新工人將要不斷地參加到工業建設中來，同時現有的技術工人，由於在舊社會沒有學習的機會，經驗雖豐富，但理論水平較低。爲了使新工人能夠很快地掌握技術的基本知識，並使現有工人也能把實際經驗提高到理論上來，因此，我們出版了「機械工人活葉學習材料」。

這套活葉學習材料是以機器工廠裏的鑄、鍛、車、鉗、銑、鉋、熱處理、鉚、鉚等工種的工人爲對象的。每一小冊只講一個具體的題目，根據八級工資制各工種各級工人所應知應會的技術知識範圍，分成程度不同的「活葉」出版。

本書說明了加工表面形成糙度的原因和過程，近代檢查加工表面光潔度的儀器及糙度對機器工作的影響。詳盡地分析了切削方法及切削工具幾何形狀和零件糙度的關係，並簡單地敘述了近代機器零件精加工的方法。本書對於提高機工同志的技術水平和擴大他們的理論和實際知識有相當的幫助。

目 次

一	加工表面的糙度對機器工作的影響.....	3
二	表面光潔度的標準.....	8
三	測量表面糙度的儀器.....	13
四	加工表面形成糙度的原因.....	18
五	切削用量和加工表面的糙度.....	25
六	前角和後角對加工表面糙度的影響.....	31
七	加工表面的物理變化.....	32

一 加工表面的糙度對機器工作的影響

不久以前，人們還認為機器零件的強度和耐磨性，只決定於金屬的機械性能和物理性能，而零件的機械加工的作用却只限於得到零件所要求的精確形狀和尺寸。然而，由於機器的速度和動力的增大，大家很快地就感覺到，對機械加工作用的這種看法是錯誤的。因而認識到，在機械加工中所得到的機器零件的表面質量，對零件的強度和耐磨性，是有着重大作用的。

零件在機械加工時，所造成的微小的凹凸部分，就構成了零件的糙度。這些糙度對機器的工作效能有着很大的影響。它們會損壞結合件的緊密接觸性。相接觸的地方是在凸出部分的頂端，這些凸出部分的接觸面積顯然是小於標準的，也就是小於全部表面的總面積（如圖 1）。甚至結合件經過精磨以後，這個凸出部分的面積也比標準面積小了二分之一或三分之二。用車刀作過一般的精確加工，零件相接觸的實際面積也比標準面積要小百分之二十。

在機器工作時，工作表面上的糙度會阻礙零件彼此間的相互移動。

例如，軸頸和軸瓦表面的糙度，就影響着軸的轉動。接觸面上的糙度，就是產生摩擦的主要原因之一。從機器克服摩擦力所消耗的動力來看，就可以知道摩擦力的害處。

ДП-200 型車床電動機的動力有 20%~25% 是消耗在克服摩擦力上，而只有 75%~80% 的動力是用於有效的切削工作上。

紡織工業所用的機器，在克服摩擦力上的動力的數值更大。科

學院院士丘達可夫曾經計算過，紡織工業所用的機器，在克服摩擦力上所消耗的動力達 85%，而用在有效工作上的只有 15%。

糙度愈大，則在機器摩擦上所消耗的動力也愈大。因而，機器製造者們所希望的是，要消耗於克服摩擦力的動力較小的那樣一種糙度。

當兩個表面彼此滑動的時候，摩擦面上微小的凸出部分就會被破壞。因此，由於摩擦的緣故，經常使零件的表面磨損。這時，結合件間的空隙，跟工作良好的機器所必需的零件配合性能都起了急劇的變化。結果使零件不能再繼續使用。

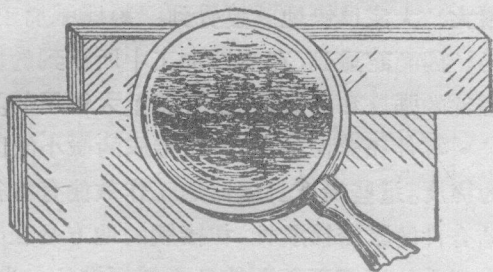


圖 1 粗糙表面的接觸。

由於摩擦表面磨損的緣故，零件的使用期限不能經久，尤其是結合件的空隙不允許增大時，則情況更壞。

零件的磨損，使得很多工廠不但要生產新機器，同時還要大量地生產備件——機器上所使用的零件。

由於摩擦表面糙度的增大，零件磨損的速度也大大地增加；因為糙度愈大，表面上的凸出部分的數量就愈少，因而在每一凸出部分上的壓力也就愈大，所以凸出部分的破壞也就愈快。

新機器在工作的初期零件磨損得很快，但當零件經過一個時期的工作後，磨損的速度就會減低。這是因為，起初接觸面很小，經過一段工作以後，接觸面加大了，因而磨損速度也就降低了（如

圖 2)。

工作初期，糙度高度的 65%~75% 要被磨去。如果粗糙部分很大，便會使空隙很快地增大。因此 1、2 級精度的零件的表面糙度，要比精度較低的零件的表面糙度小。

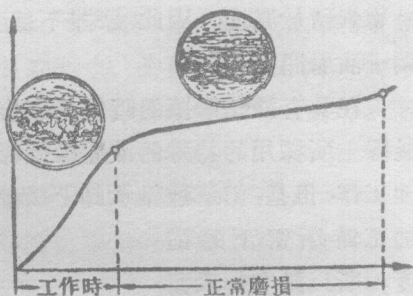


圖 2 摩擦表面的磨損。

在生產精密機器，如飛機發動機、電動機及各種儀器時，要特別注意表面光潔度。

爲了減少零件摩擦和磨損，近代的機器都採用潤滑油。

潤滑油使用的效果，決定於摩擦表面的糙度。在很多情況下，

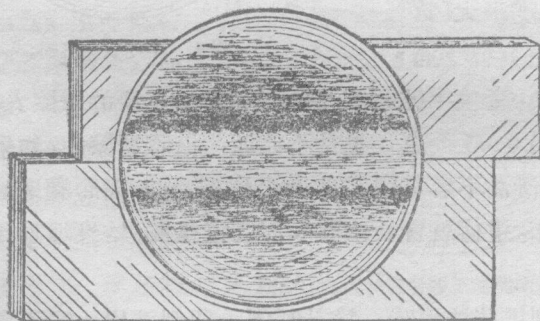


圖 3 液體摩擦略圖。

機器零件使用時都具有摩擦，因而都需要保證有液體摩擦的條件。

在有液體摩擦時，零件工作表面間並不直接接觸(圖 3)。在它們之間的空隙中經常有潤滑油，因而摩擦就在潤滑油層間進行。潤滑油油層附於旋轉的零件表面上，而同時固定的零件竭力將潤

滑油牽留於原地。因此，摩擦不是產生在結合件的表面間，而是在潤滑油層間。

在具有液體摩擦的時候，工作表面的磨損很慢。例如，某些延長機上所採用的特殊的液體摩擦軸承，雖然經過了四、五年不間斷地工作，但是，把這種軸承卸下後，在軸套的表面上仍然可以看到加工時所留下的糙度。所以說它的表面的糙度實際上還沒有改變，因為零件表面並沒有直接接觸。

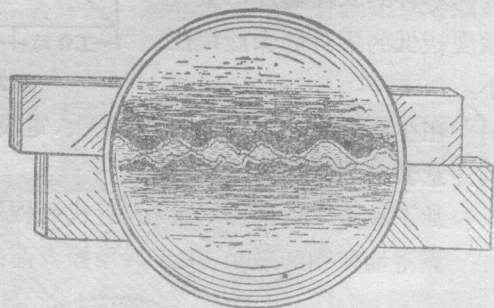


圖 4 半乾摩擦略圖。

液體摩擦只有在表面糙度適合時才存在；如果糙度很大（圖 4），那末它就會穿過潤滑油薄膜，產生半乾摩擦現象。然而，極光滑的摩擦表面（例如糙度高不超過 0.05 公忽），也是不能產生液體摩擦的。如果表面特別光滑時，潤滑油不容易跟零件表面黏在一起，因而潤滑油很容易就會被壓出來。這樣就會使摩擦表面直接接觸，結果增加了零件的摩擦和磨損。

在遇到這些情形時，設計師們希望製造出一種不會往外流油的結合方法。例如，目前就有一些摩擦的合件的製造方法是這樣的：一個零件鍍鉻，並且磨得很光滑以減少糙度，另一個零件鍍多孔鉻，這種鉻能把潤滑油牢牢地擋住。

表面光潔度不但對機器零件的磨損有影響，因為如果兩個零件固定地聯接在一起時（例如，一個零件壓入另一個零件內），表面

糙度要起着很大的作用。但零件相互緊壓時，合併表面上的糙度會產生揉皺現象，這樣便會減低公盈尺寸。公盈尺寸減小時，便會降低壓合的堅固性。因此，固定的緊壓合併是需要特別光滑的表面的。

糙度大的零件會很快地生銹。

生銹——就是零件表面在各種化學物的作用下的腐蝕現象。如果零件生了銹，它的磨損就會加大，特別是在機器工作中，機器的工作表面受到高溫的影響，並且跟氣體及油類的腐蝕物相接觸時，它的磨損就會更大。

例如，飛機、汽車和其它內燃機的汽缸壁，就會在高溫下受到這種氣體和油料的影響。

如圖 5 中箭頭所指出的，腐蝕物堆積在凹處的底面上，並滲入到金屬的內部去。逐漸地，原來的凸出部分便會跟零件表面

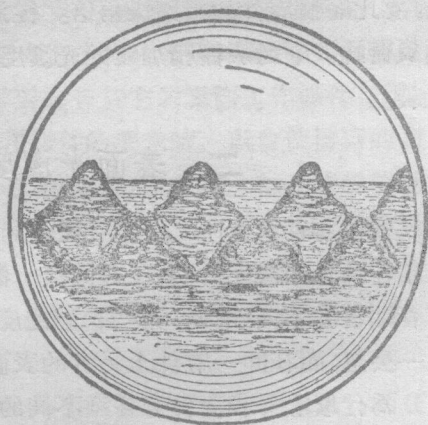


圖 5 在腐蝕物影響下的糙面破壞略圖。

脫離，形成了新的糙度。然後，這樣的過程反覆地進行着。這樣，零件表面磨損得就更快了。工作表面愈平滑，表面上各凹處的深度也就愈淺，銹蝕對零件的作用就愈小。因而，要加強零件表面的抗蝕性，就必需儘量使零件表面變得特別地光滑。

最後，零件表面上的糙度對機器零件的堅固性有很大的影響。

在機器工作時，這種影響可以從經受變動負荷^①的零件上看得很清楚。

金屬損壞是從零件表面上的小裂縫開始的。在負荷，特別是變動負荷的作用下，這些裂縫會逐漸加大。在這種負荷的作用下，金屬像是「疲勞」了一樣，並且零件隨時都可能損壞。

零件表面的糙度就是產生這些裂縫的根源，因此，糙度愈大，零件損壞得就愈快。

根據學者的鑑定，經車刀加工的鋼料零件，在變動負荷作用下，要比磨製零件的損壞快兩倍。從這裏可以看出，零件在受到變動負荷時，它的表面精加工的光潔度對使用壽命有着多麼重要的意義。

二 表面光潔度的標準

機器零件表面所允許的各種不同的糙度，是根據零件的作用及工作條件來決定的，甚至在同樣一個零件上，各個表面的糙度也有着顯著的不同。有時，某些表面糙度的高度要小到幾十或幾百分之一公忽；而在同一零件上另外的表面糙度卻達到幾十公忽。

為什麼零件表面會有各種不同的糙度呢？難道盡量使所有的表面都很光滑不是更好嗎？

但是，要製一個較平滑的表面，必須在加工時消耗較多的勞動力。特別是加工精度和表面光潔度都需要很高的時候，加工的成本也就要增高。

例如，如果精磨的話，便能使糙度小於1公忽，而粗磨後的糙

① 如果作用在零件上的負荷量經常改變，或者是負荷的方向常改變，這種情形叫變動負荷。——編者

度爲 10~15 公忽。粗磨所用的是 24~36 號粒度的砂輪，它的進刀量很大，並且只需一道工序；而精磨則需要幾道工序。例如要經過粗磨、半精磨、精磨和研磨等過程的工作，所用砂輪的粒度各有不同，並且進刀量也都較小。所以需要精磨的零件的加工成本要比只需粗磨的高到 3~4 倍。

1~2 公忽的糙度不需要把零件的加工分成幾道工序，這樣，只要先用 80~100 粒度的砂輪把零件粗磨到所規定的尺寸，然後進刀 60 次（這時不作徑向進刀），也就是說加工到看不見火星時爲止。這時原有的糙度將被大大地磨平，但加工的成本也提高了。

這樣看來，是不能經常都力求達到較光滑的表面的。而重要的是，每個零件的加工表面，都要適合於它的表面工作條件和用途。如果加工光潔度低於零件工作條件的要求時，就會使機器的使用性能降低；如果加工光潔度高於要求時，就會增大加工時的勞動力的消耗和提高加工成本；而且在某些情況下，也會損壞機器的工作。例如，當一個表面壓在另一個表面上，而壓力很大並且表面很平滑的時候，摩擦面會緊貼在一起，這樣就會做成很大的擦痕，而損壞了零件的表面。

過去，表面加工的光潔度，是由工長和工人來決定的；而在圖紙上却沒有作任何的規定。但雖然分工不明確，工長也能使表面獲得所需要的光潔度。因爲他不僅僅製造機器的所有零件，並且他很清楚地知道，機器是怎樣進行工作和怎樣裝配的。那時候的機器是要比現在的簡單得多。在這種條件下，工長和工人很容易鑑別零件表面所需要的光潔度。

然而，隨着機器製造業的發展，出現了許多日益複雜的、機構和作用完全不同的機器。

機器已變得很複雜了，所以鑑別零件加工所需要的光潔度，便成了一個很困難的技術問題。爲了解決這個問題，必須估計到整個機器的用途和工作條件，並且要估計到作用於機器的每個零件上的負荷大小，所要求的配合程度以及加工精度等。

只曉得有限的一些零件加工的工長，和僅從事於加工固定的一道工序的工人，已經鑑別不了加工表面需要什麼樣的光潔度了。因而在圖紙上就有必要指出所需要的加工光潔度。設計師要比技師和工長們更清楚地知道，整個機器及其每個零件的工作和裝配情況。因此，規定零件表面所需要的光潔度的工作，便由設計師擔負了。

因此，就需要有鑑別表面光潔度的符號，以便設計師們在圖紙上用這種符號來表明加工表面光潔度的要求。

蘇聯於1928年批准了全蘇標準(OCT)，統一了加工表面光潔度所用的表示符號。根據這個標準的規定，加工所要求的光潔度，是用各種不同數量的三角形符號在圖紙上表示（在零件表面上也有這種三角形符號）。如果允許加工表面上有很糙的加工痕跡時，設計師便在這個表面劃上一個三角形符號（圖6，甲）。如果只允許表面上有一些不易看出的加工痕跡時（一般是用精車、拉削和鉸等加工），用兩個三角形符號表示（圖6，乙）。

通常，精磨後所獲得的平滑的表面，都用三個三角形符號表示（圖6，丙）。

用1~3個三角符號所表示的表面光潔度，只能大略地鑑別加工表面的糙度。設計師用這種符號並不能精確地表達出，對機器零件表面糙度所提出的要求。因爲：第一，這種符號不能表示出粗糙部分的精確高度；第二，各種機器使用的條件不一，所以需要各種

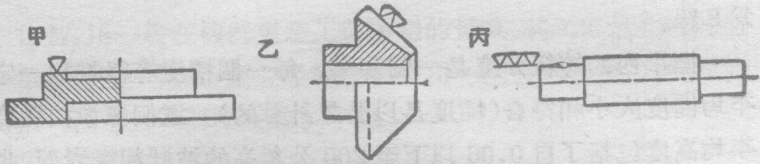


圖6 表面光潔度的符號：

甲—▽表示允許加工表面上有很粗糙的加工痕跡； 乙—▽▽表示只允許加工表面上有一些不易看出的痕跡； 丙—▽▽▽表示需要獲得的平滑的表面。

不同的加工符號。

某些機器的零件，它的表面糙度的高度不超過1%~2%公忽；而另一些機器的零件，只要粗加工，表面糙度的高度並不起什麼作用，它能達數百公忽。對這樣大的一個範圍（即自0.01公忽~100公忽以上），是需要更多的符號來表示的。

最近的標準並包括有補充符號（菱形），以表示研磨表面的光潔度。然而，這類符號也並未能消除表面光潔度符號的根本缺陷，這類符號不能指明糙度的數值。因而，同一機器製造部門，在各零件上所表示的▽▽和▽▽▽實際上糙度相同。

由於技術的發展，日益顯示出表面光潔度對機器零件的巨大意義。因而需要製定一種光潔度的號碼，用它來精確地表示表面糙度的大小。

蘇聯在1945年曾根據表面精度特別委員會的資料製訂了這樣一個標準，並於1951年對這個標準作了審查。

1951年所審定的標準，把各機器製造部門所加工的零件的糙度分成14級光潔度。當光潔度對合併所起的作用特別大時，在標準內又將光潔度分為數級分度，以便能更細緻地區分光潔度的等級。光潔度自6~13等級，每一等級又分為3級，而第14等級則分

爲2級。

標準內的等級分度是一個基準。每一個精度等級都和一定的平均糙度大小相符合(糙度是以公忽計算的)。這個標準按糙度的平均高度包括了自0.06以下至200公忽高的波狀粗糙表面,也就是說包括大量進刀粗車出的粗糙表面及精密樣板的表面等。

光潔度等級(根據ГОСТ 2788-51)

級	符 號	微分糙度($H_{\text{ск}}$), 波高平均平方根值 (以公忽計)	微分糙度(H_{cp})波高平均值 (以公忽計)
1	▽ 1	—	125以上至200以下
2	▽ 2	—	63以上至125以下
3	▽ 3	—	40以上至63 以下
4	▽▽ 4	—	20以上至40 以下
5	▽▽ 5	3.2 以上至6.3 以下	—
6	▽▽ 6	1.6 以上至3.2 以下	—
7	▽▽▽ 7	0.8 以上至1.6 以下	—
8	▽▽▽ 8	0.4 以上至0.8 以下	—
9	▽▽▽ 9	0.2 以上至0.4 以下	—
10	▽▽▽▽ 10	0.1 以上至0.2 以下	—
11	▽▽▽▽ 11	0.05以上至0.1 以下	—
12	▽▽▽▽ 12	0.025以上至0.05以下	—
13	▽▽▽▽ 13	—	0.06以上至0.12
14	▽▽▽▽ 14	—	0.06以下

附註: 經雙方同意後, 5~12級表面可以不按 $H_{\text{ск}}$ 測量, 而按下面的 H_{cp} 。

級	5	6	7	8	9	10	11	12
微分糙度(H_{cp})	10 以上 至20 以下	6.3 以上 至10 以下	3.2 以上 至6.3 以下	1.6 以上 至3.2 以下	0.8 以上 至1.6 以下	0.5 以上 至0.8 以下	0.25 以上 至0.5 以下	0.12 以上 至0.25 以下

但是，用一般在機器製造工業所用的量具，甚至連最粗糙的糙度也難量出來。因此，要測量糙度必須用一些特殊的儀器，使我們能得出一個加工表面糙度的數字來。

三 測量表面糙度的儀器

最簡單的檢查表面糙度的方法，是用我們的手去摸或用眼來看。但所得的結果是很不準確的。我們用眼睛能看出小到3~4公忽大小的極精細的研磨花紋，這種糙度約為8~9級光潔度。然而，我們用眼睛觀察的結果，是得不出加工表面光潔度的數值的。當我們用眼睛來比較兩個粗糙的表面時，也只能判斷出其中那一個表面的糙度較大。

俄羅斯兵工技師們，知道正確判斷加工表面的光潔度的重要性。他們遠在1893年，就已經在土爾兵工廠中開始採用了表面光潔度的標準樣板。這一類標準樣板能指示出，某些零件表面屬於什麼樣的糙度。

現在的標準樣板，是由許多的樣板組成的。每個樣板的光潔度都跟一定的國家標準等級精度相合，也就是說每個標準樣板都有一定的糙面高度。所以，只要把零件表面光潔度和標準樣板一比較，就可以測量出任何一個零件的糙度的數值。用這種方法測量，雖然不是絕對正確的，却完全達

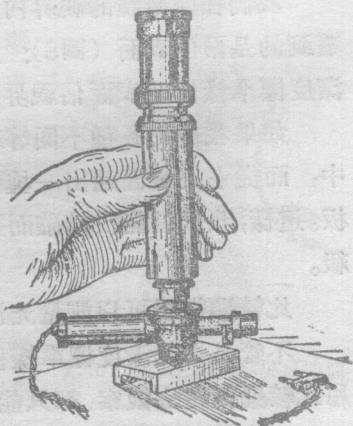


圖7 比較顯微鏡。

到了實用的目的。

我們用光潔度標準樣板憑眼睛觀察，只能夠判斷出7~8級以內的表面糙度。爲了判斷更高的光潔度，一般採用了一種叫做比較顯微鏡的儀器（圖7）。

比較顯微鏡可以放大70倍，但是在顯微鏡的視界內，除了零件表面的糙度外，如果沒有一個光潔度標準樣板，那末這樣的放大也是無用的。所以在應用比較顯微鏡時，應預先安置一塊光潔度標準樣板。光潔度標準樣板放在儀器中，並用一個小燈泡照明。小燈泡光線經過一個三角形透光鏡照射在零件和樣板的表面上。

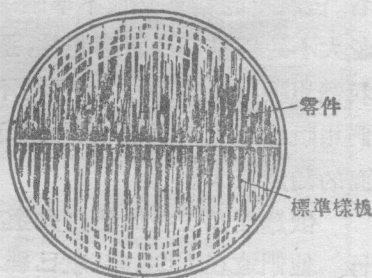


圖8 在比較顯微鏡下所看到的加工表面和標準樣板。

我們在顯微鏡的視界內所看到的是兩個表面（圖8）：光潔度標準樣板的表面佔視界的一半，而另一半是零件的表面。

如果我們把各種不同等級的光潔度的標準樣板都放在儀器中，而從它們裏面選出一塊糙度跟零件表面糙度很近似的標準樣板。這樣，我們就能很精確而又迅速地辨別出零件表面光潔度的等級。

比較顯微鏡可以測量光潔度在9~11等級以內的表面。

不管是用光潔度標準樣板憑眼睛去觀察零件的表面糙度或是用比較顯微鏡去觀察，都只能判斷出較近似的糙度大小。

在精確地判斷糙度大小方面還有着很多機構和作用原理都不相同的儀器。

蘇聯學者、科學院院士林尼克，在 1929 年發明了一種測量表面糙度的儀器，它是以光截面作為基礎的。從下面的例子可以清楚地瞭解這個方法。

例如，你可以看到，陽光的光線穿過了狹小的門縫，射在地板上以後，好像是在門坎上被折斷了似的（圖9）。為什麼產生這種現象呢？這是因為光線不是投射在平面上，而是射到一個帶有台階的表面上，當光線投射在這樣一個表面上的時候就被折斷了：這樣就把高低不平的地方描繪了出來，也就是說把門坎描繪了出來。按照光線折斷的大小，可以判斷出門坎的高度。在林尼克院士的儀器中，光線是成一狹條狀和一定角度射到表面上的，從相對的一面以同樣的角度去看表面。如果光線射到的是一個平滑的表面時，那末我們看到的也是一條窄而平直的光線條；如果表面上有某種糙度時，我們就會看到折斷了的光線條。我們只要用另外的工具來測量折斷部分的大小，就能判斷出糙度的高度（圖 10）。

這種儀器叫做林尼克院士複式顯微鏡。這個顯微鏡能放大250倍。放大到這樣大時，光線條的折斷部分已經是相當大的了。這種測量光線條折斷部分的方式，可以使我們精確地判

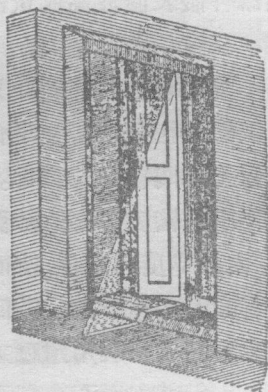


圖 9 在門坎上折斷的光線。

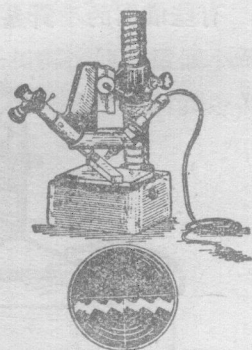


圖10 科學院院士林尼克的複式顯微鏡和加工表面在顯微鏡下的情形。