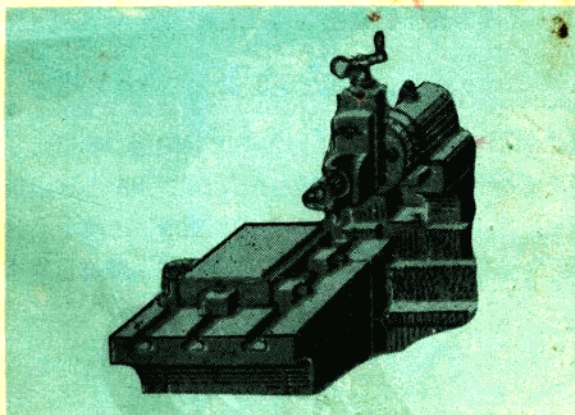


機床工人科學普及叢書

庫拉莫仁著

鉋 削



機械工業出版社

蘇聯 A. B. Кураждин 著 'Строгание' (Машгиз 1952 年第一版)

* * *

譯者：文耀勳、周曾雄

書號 0591 (工業技術)

1954 年 8 月第一版第一次印刷 0,001—7,000 冊

787×1092 $\frac{1}{32}$ 18 千字 $\frac{7}{8}$ 印張

機械工業出版社(北京藍甲廠 17 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證出字第 008 號

定價 1,300 元

出版者的話

蘇聯國立機器製造書籍出版社出版「機床工人科學普及叢書」的目的是爲了幫助機床工人提高他們的理論知識和實際知識。這套叢書有系統地講解了金屬切削加工的基本原理。每一小冊深入淺出地敘述一個問題，文字通俗易懂，插圖多用立體圖，很適合工人閱讀。我們認爲這套叢書對我國機床工人有系統地提高理論水平有很大幫助，所以決定把它陸續翻譯出版。

這套叢書分成三組，共26輯。第一組敘述有關金屬切削的一般問題，共10輯(1~10)；第二組說明金屬加工的各種方法，共10輯(11~20)；最後一組介紹各種金屬切削機床，共6輯(21~26)。

本書根據這套叢書第二組第二輯的鉋削(Строгание)一書譯出。作者以通俗的文字講解了鉋削的原理、切削用量的選擇和鉋刀的幾何形狀。此外，還詳細地介紹了蘇聯斯大哈諾夫式的高速鉋工在鉋削工作中的先進經驗。

本書可供鉋工同志作學習材料。

目 次

一	前言	3
二	什麼是鉋削工作	4
三	鉋刀和鉋削運動	6
四	鉋屑	9
五	刀具切入金屬	10
六	金屬的切削阻力	11
七	切削速度	14
八	鉋刀的幾何形狀	15
九	光潔度和精度	17
十	更快和更省的鉋削	19
十一	鉋和銑	25

一 前言

當你小的時候，看見木工用推鉋把木板鉋光或用斧子把木料砍平的時候，該是多麼的有趣。雖然在那個時候你既不知道什麼是機床，也不知道什麼是金屬切削，但是對「鉋削工作」這個名字的意思却已經有了很好的瞭解。

而現在，工作在現代的工廠中，你經常會聽到並且自己也經常用到「鉋削工作」這個名字。這個叫做「鉋削工作」的加工過程是和你從前對於這個名字所瞭解的概念是有許多共同之點的。只不過現在是把工件做成所需要的形狀時，你已不是在用小刀來鉋木頭，而是用專用的刀具——鉋刀來鉋削金屬了；你已不是用手工來工作而是在專門機器上——鉋床上進行工作了。

用鉋削方法把物體做成一定的形狀，在很久以前就被大家知道了。

這種方法是被人類最早發現的加工方法中之一種。甚至當人們還不知道什麼是金屬，而只是使用石頭工具的時候，便已經使用「鉋削」來工作了。事實上，古代的人們當企圖用石塊削尖一根木棒的時候，所做的已經是很不簡單的鉋削工作了。後來所發現的青銅刀和鋼斧，對技術向前發展起了巨大的作用。到了能夠冶煉金屬和利用金屬來製造工具的時候，同時也就發生了對它們進行加工的需要。當然，起初金屬的加工在最初還是用手工的。後來隨着生產技術的發展，繁重的體力勞動便逐漸地由機器來代替了。

鉋削工作，正如各種材料的機械加工方法一樣，在起初主要是依靠人的體力來勞動。後來由於水力和蒸汽能的發現並把它

們運用到生產上去時，才加速了金屬加工製造業的發展。但是主要推動金屬加工（包括鉋削工作）發展的還要歸功於電力的發現和使用。

現在，鉋削工作是和古老的加工方法相差得很遠的，而現代的技術也已遠不是原始時的技術了。

關於現代金屬鉋削技術的水平以及鉋削時的現象本質，將要在本書中加以說明。

二 什麼是鉋削工作

在各種金屬切削的加工方法中，可以說鉋削工作是最早發現的一種。而事實上，鉋削方法在機器製造業中也是一種最熟知的、最簡單的，以及最古老的加工方法。

鉋削工作的目的，正如其他任何機械加工方法一樣，目的是為了獲得所製造工件的需要形狀、所規定的尺寸和光潔度。

從工件上鉋去多餘的金屬層（加工餘量）這一工作，是由鉋刀在鉋床所做的直線往復運動的切削工作來完成的。

鉋削工作主要地是加工平面或複雜平面——這些複雜平面也是由那些簡單的平面所組成的。用鉋削方法來加工曲面是很少見的。

鉋床有三種：牛頭鉋、龍門鉋和插床。在牛頭鉋床上面鉋削工件時，工件只做橫向移動，而鉋削的工作運動——縱向運動是由鉋刀來完成的。

請看圖 1 甲。當在牛頭鉋上工作的時候，沿 v 方向運動的鉋刀，就在工件的全長上鉋下一層鉋屑，而向後的運動是在工件表面上空滑回來。為了繼續進行鉋屑，需要在鉋刀回到原來位置之後使工件沿 s 方向作橫向移動。直到整個加工面完全鉋完為止。很清楚

地，鉋刀的工作很容易使我們回想起在木工手中所使用的推鉋的動作。

鉋削工作同樣地也可以在龍門鉋床上進行。這時縱向的工作運動已經不是由鉋刀來完成，而是由工件來完成了。相反地橫向運動是由鉋刀來完成的。這種鉋床是用來鉋長工件的。

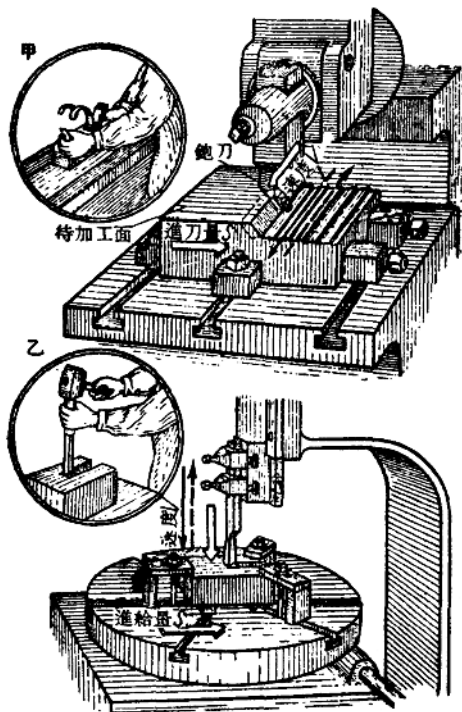


圖1 在鉋床：(甲)上和插床；(乙)上的加工圖。

在圖1乙中可以很清楚地看到插床上的工作情況，它是和前面所講的工作情況有些不同的。刀具只是作垂直運動，而其他全部的移動都是由工件來完成的。由於插床上具有特殊的裝置，工件可以作縱向移動、橫向移動，甚至還可以作圓弧移動。

插刀整個形狀很像大家所知道的木工所用的鑿子，而它的工作情況也幾乎和鑿子完全一樣。

三 鉋刀和鉋削運動

鉋削工作是用簡單而價廉的刀具來進行的。刀具的形狀具有各種不同的型式，主要是隨着工件不同的待加工面而定的。圖 2 所示的就是常用的各種不同形狀的鉋刀：工件粗加工面用的粗鉋刀、精加工面用的寬鉋刀、加工工件側面（端面）用的偏鉋刀和製做鍵槽用的插刀等。

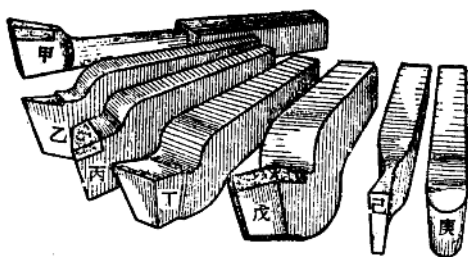


圖 2 鉋刀：

甲—插刀；乙—狹粗鉋刀；丙—偏刀；丁—精加工用的寬鉋刀；戊—粗鉋刀；己—切斷刀；庚—樣板刀。

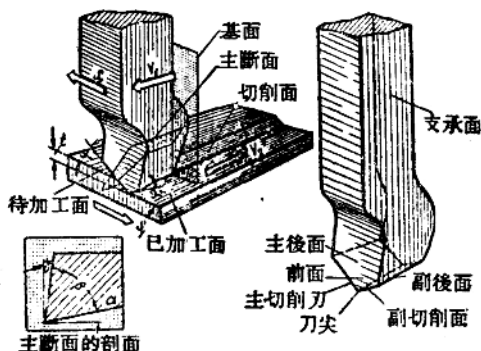


圖 3 粗鉋刀。

鉋刀也和其他的刀具一樣，由兩個基本部分所組成：用來緊固在機床上的刀桿部分，和刀頭（切削部分）。

刀頭是刀具的主要部分。現在就比較詳細地來談一下刀頭是怎樣組成和怎樣工作的。

圖 3 所示的是一種粗鉋刀。右邊是刀具的前面、主切削刃、刀尖和其餘各部分。左邊是鉋刀在牛頭鉋床上的工作圖。鉋刀在工作行程（按 v_1 箭頭的方向）從待加工面上鉋下一層切屑。當鉋完待加工面的全長後，鉋刀就退到原來的位置。

這時工件作橫向（沿 s_1 箭頭的方向）移動，接着鉋刀又重新向前進刀鉋下另一層切屑。鉋刀在全部待加工面上走完以後，工件上就形成了已加工面。

鉋刀在工作行程中的運動速度叫做切削速度 v ，用公尺/分來計算。鉋刀的這種運動叫做主要運動；工件的橫向移動叫做走刀 s 。

因為走刀是在鉋刀的往復行程（前進——工作行程，後退——空刀行程）後才進行的，因此進刀是用鉋刀每一個往復行程的公厘數來計算的。走刀運動又叫做輔助運動。

在龍門鉋床上待加工件和工作台的縱向運動是主要運動，而鉋刀的橫向運動是輔助運動。因此龍門鉋床的走刀是用工作台往復行程的公厘數來計算的。

為了自毛坯上鉋下一定厚度的金屬層，加工前必須先確定好刀具的切削深度。待加工面和已加工面之間的距離就是切削深度 t ，用公厘來計算。

切削用量是由切削速度、走刀量和切削深度所組成的。

關於怎樣選擇切削用量的問題，將在其他的書中敘述。

仔細地觀察圖 3。左邊是普通粗鉋刀主斷面的位置圖；下邊是主斷面的截面圖。在這裏我們可以看到鉋刀的前角 γ 、後角 α 、楔角

β 、主偏角 φ 和副偏角 φ_1 。

由此就不難明瞭偏鉋刀的構造。圖 4 就是偏鉋刀在龍門鉋床上工作時的情形。

插刀的工作情形略有不同(圖 5)。插刀按垂直方向運動: 向下的是工作行程, 向上的是空刀行程。插削動作是主要運動。工作台和鞏固在工作台上的待加工件的移動是輔助運動。

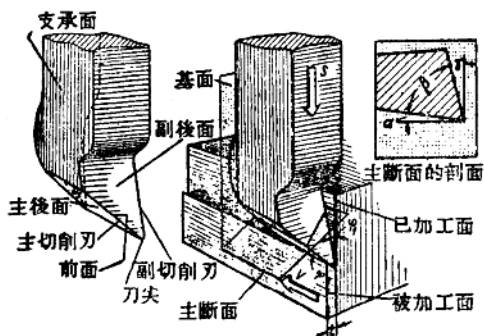


圖 4 切斷鉋刀。

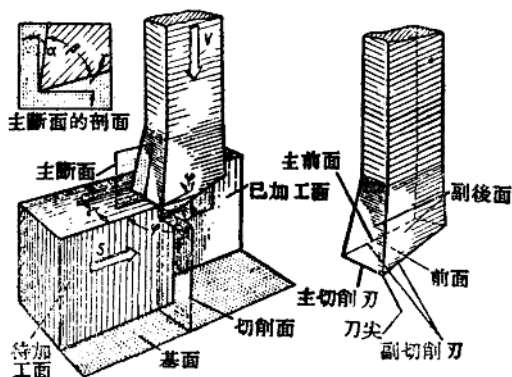


圖 5 插刀。

四 鉋屑

鉋削和車削的區別是：平常鉋削的速度總是比車削的速度低。因此我們也就容易來分析鉋削過程了。

這種情況，在很早以前就被俄羅斯學者所應用了。切削原理的創始人伊、阿、基米在鉋床上做了初次試驗。遠在1868~1869年的時候，基米仔細地觀察了鉋刀的工作情況，研究出關於各種金屬加工時切屑形成的問題。他所做出的各種切屑的分類法，直到現在還是普遍地被採用着。

鉋削硬鋼的時候，我們可以看到自工件表面鉋下來的鉋屑是碎片狀的；或者是成條狀的相互之間連結得很弱的鉋屑，在這種情況下所組成的鉋屑是碎屑。鉋削軟鋼的時候，鉋下的是條狀的相互之間連結得很緊密的捲屑，甚至平常用肉眼看不出捲屑的連結情形。在這種情況下鉋下的鉋削是條狀的。鉋削脆性金屬的時候，它的鉋屑是斷裂的——鉋下來的鉋屑是一塊塊形狀不規則的碎塊。

鉋削和車削不同的地方是：鉋削下的鉋屑經常是斷裂狀的或碎屑。在切削金屬時切屑的形狀隨着不同工件的金屬性質而不同，而這些性質，在切削過程中又時常隨着切削速度的提高而變更。例如，在400公尺/分的切削速度下切削生鐵時，生鐵變韌而具有可塑性，因此所得出的切削是條狀的。鉋削速度平常不超過10公尺/分，因此在鉋床上很少見到條狀的切屑。初看起來，無論排出怎樣的切屑都沒有多大的意義，而實際上並不如此。

根據切屑的形狀就可以大概地判斷出已加工面的光潔度。經過究研和實際經驗證明，在切削過程中排出的切削是條狀的，它所得出的加工面最光潔和平整。由這一點可以斷定，假如在車床上進

行高速切削時所得出的切屑是條狀的，那末已加工面一定是很光潔的。但這並不是說在鉋床上就不能進行光潔的加工了。在鉋床上也可以得到很光潔的面，但這只能在切削深度很淺時才能達到。這時刀具前面的金屬變形較少，並且成長條狀的捲屑沿刀具的前面排出。

五 刀具切入金屬

我們仔細觀察鉋刀的工作，便可以發現和車刀在車床上的工作有很多共同的地方。鉋削時和車削時切屑的形成、刀具的磨損、切削瘤的產生和其它切削過程中的現象幾乎都是一樣的。但鉋削還有它自己的特點，最主要的是鉋刀的壽命。

鉋削工作的首要而基本的特點就是切削工作的斷續性。

在每次工作行程中，鉋刀都要切入金屬，並以全部的切削深度立即切入工件，結果是使鉋刀受到相當大的衝擊力。例如：在車床上加工長為 100 公厘的毛坯時，在一次行程中吃刀一次；但在鉋床上加工同樣寬的毛坯，並以同樣的進刀量（0.5 公厘/往復行程）進行鉋削時，就需要吃刀 200 次。

很明顯，在這種情況下，如鉋刀的強度不大，就可能崩壞。因此，平常鉋刀總是製得非常厚實、堅固和鑲有高速鋼刀片。

在這種情況下，因為硬質合金具有脆性，所以不宜於採用。

鉋削工作的另一個特點是鉋削過程中的空刀行程。當每次工作行程走完後，鉋刀必須退到原來位置。從加工的生產效率的角度來看，空刀行程是不利的，但在空刀行程過程中能使刀具冷卻上來說，空刀行程對於刀具的壽命是非常有利的。所以鉋刀在精鉋的時候，雖然工作條件較差，但由於以上的優點，在實際工作中它也能在車刀的切削用量的條件下進行工作。

六 金屬的切削阻力

加工工件時，刀具一定要勝過被切削金屬層的阻力。但是在鉋削時所產生的這種阻力經常達到好幾噸，而在某些情況下甚至可能達到幾十噸。因此，當開始鉋削工件時，必須考慮到：採用怎樣的切削用量，才能使機床的機構及電動機勝過待加工金屬層的切削阻力。

俄國的學者們對這項工作曾進行過研究，並找出了在各種不同條件下進行鉋削時會產生怎樣的阻力。爲了計算阻力，他們使用了一種專用儀器——測力計。

在1868年～1869年中基米教授在魯甘斯基工廠所進行的初次幾項試驗中，使用的方法非常簡單。在龍門鉋床上用一個槓桿，這個槓桿連接在主軸上，經過鉋床上齒輪的傳動帶動工作台。在槓桿的一端掛上法碼；漸漸加塗法碼，直到工作台進行移動和鉋刀開始鉋下切屑時爲止。因爲法碼、槓桿的長度和齒輪傳動機構是已經知道的，所以就可以算出作用在鉋刀上的阻力。

後來在1892年，爲了測量切削阻力，茲沃雷金教授使用了如下圖所示的一種液壓測力計。由於使用了這種儀器，他順利地得到了較爲精確的結果，並肯定了切削阻力和鉋削層大小之間的關係。

茲沃雷金教授的研究工作具有很重要的意義，下面我們就來比較詳細地談一下。

每個人都很清楚，就是切削層斷面越大，那末，切削阻力也就越大。在很久的一個時期內，人們都認爲切削力和切削層斷面的面積是成正比的(圖6a)：

$$P = C_{pab}$$

式中 P ——切削力；

C_p ——待加工金屬的切削係數；

a ——切削層的厚度；

b ——切削層的寬度。

從這個公式中可以看出，如果把 a 或 b 加大一倍的話，那末切削力也應當增加一倍。

但是茲沃雷金教授自己的實驗證明：切削力和切削層尺寸之間却是另外一種關係。

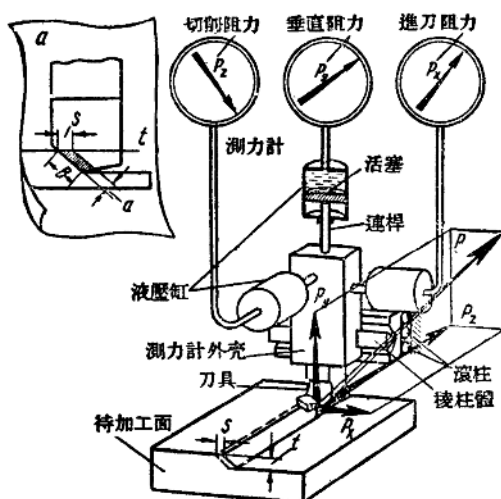


圖 6 鉋削阻力測力計 a ——切削層各部分要素。

他證明：切削力的增加並沒有切削層厚度的增加來得快。例如，加工鋼件時切削層的厚度從 1 公厘增大到 2 公厘（就是增加一倍）時，切削力只增加 $\frac{7}{10}$ ；而當厚度增大到 4 公厘時，切削力才增加約 2 倍。

許多蘇聯學者們（捷琉斯金、洛金別爾格、庫茲涅茨維等）在各

種加工條件下也同樣地證實了這種結論是正確的。

現今在進行測量切削阻力研究工作當中，同樣地也應用着各種不同類型的測力計。

在圖 6 中系統地說明了液壓測力計的構造；測力計上指出了在鉋削時作用於鉋刀上的鉋削阻力。鉋削層的阻力 P 可以分解成三個力： P_z ； P_x ；及 P_y 。由研究證明：力 P_z 最大，因此這個力普通叫做切削力。如果知道 P_z ，就可以求出在進行鉋削時作用於機床工作台上的或鉋刀上的力。

力 P_x 最小，如果 P_z 等於 100 公斤，那末， P_x 只等於 25 公斤。 P_x 是作用在進刀方向的力，所以叫做進刀力。力 P_y 是作用在垂直的方向，所以叫做徑向力。這個力用 P_z 乘 0.4 求出。

求這些切削阻力的時候，鉋刀緊固在測力計的外殼上，測力計安裝在機床的刀架上。

測力計的外殼可以在稜柱體上滑動。在力 P_z 的作用下外殼的上部向前移動，經過連桿和活塞把運動傳遞到液壓筒中的液體上。液體進入壓力表中，壓力表上所示的就是鉋削阻力 P_z 。爲了測量 P_y ，測力計外殼裝在滾柱上，以便使外殼可以沿着垂直方向移動。

測量力 P_x 時，利用裝置在外殼側面的液壓筒來進行。

金屬的切削阻力在很大範圍內是隨着不同的切削用量、工件性質以及刀具的幾何形狀而不同的。

例如，用切削深度 $t=1$ 公厘，進刀量 $s=0.2$ 公厘/往復行程 鉋削中硬碳鋼時，切削阻力 P_z 將等於 52 公斤， $P_x=13$ 公斤，而 $P_y=21$ 公斤。

如果加工同樣的鋼料，當切削深度 = 60 公厘，進刀量 = 2 公厘/往復行程 時，切削力可以達到 18400 公斤，也就是說約 18.5 噸。這時的進刀力也很大，爲 4600 公斤。很明顯地，爲了要勝過這

些阻力就要求機床堅固和有較大的動力。機床主要運動的傳動動力應不小於 30 仟瓦或 40 馬力。

鑄鐵的切削阻力比鋼較小，因此鉋削起來也就比較容易。

七 切削速度

蘇聯的機器製造工人和工程師們，在發展金屬的高速切削法方面，取得了顯著的成績。許多斯大哈諾夫式的車工，使用蘇聯優良牌號的硬質合金車刀加工鋼件時，所用的切削速度是 400~700 公尺/分，有的甚至還要高些。

對鉋工來說，這樣的切削速度是不可能達到的。對自己的鉋削業務較熟練的工長們才不過達到 40~70 公尺/分，也就是說相當於車削速度的十分之一。但是，就是這樣的速度也遠不是在每個鉋床上所能達到的。一般的鉋床工作行程的速度不高於 50 公尺/分。這也可以說明鉋床工作的特點，在鉋床上的鉋刀或帶有工件的工作台所完成的是往復漸進運動。鉋床的運動部分是由很大的、笨重的部件所組成的，否則就不能承受巨大的切削力。鉋床的笨重工作台很難使它馬上就有高的速度來工作；即使能使它達到高速，因為它具有很大慣性的緣故，所以也很難使它馬上停止下來。

每一個人都知道，當你站在正在開行的電車上的時候，如果司機猛然剎車，你便很難站得穩，而不晃動。就是電車本身也不會立刻停住，甚至在猛然剎車後，它還要前進數公尺才能停住；開行的速度越高，當開始剎車到完全停住之間所滑走的路程越長。

龍門鉋床的工作台，正如電車一樣，沿着一定的軌道——導軌運動，因為工作台和工件加起來有時有好幾噸重，要想使它立刻停住也是很困難的。當猛然剎車時，機床的機構將會發生很大的應力，致使機床的零件很快地被磨損，這時機床就會失去它應

有的精度。

這也就是爲什麼只有在具有高度剛性和堅固的零件，而帶有幾十仟瓦強力電動機的龍門鉋床上，才能獲得像 $40\sim 50$ 公尺/分這樣不太高的切削速度。

牛頭鉋床是用來加工較小的工件的，它的工作行程及尺寸都不太大。如果迫使牛頭鉋床在高速度下進行工作，那末，機床就會發生振動。而使工作不能進行。所以在這種鉋床上的切削速度也是不大的。

由於切削速度的限制就決定了切削用量選擇的特徵：要想提高生產效率就只有增加切削深度和加大走刀量。

八 鉋刀的幾何形狀

鉋削時總是力求刀具在切削力的作用下，不使它原來切入金屬的位置改變，否則就要降低加工精度。但是在鉋削時很難保證有這種條件，因爲鉋刀從刀夾中幾乎經常有很長的伸出部分。因此必須採用斷面較大的（如： 60×60 公厘）鉋刀或者製成彎頭鉋刀。

圖 7 所示的就是切削刀在各種不同位置的彎頭鉋刀。

第一種情形是切削刀位於鉋刀中心線的前方（圖 7 甲）。這種彎度的鉋刀在鉋削時，由於切削力的影響，它的切削刀將要向下走，鉋削的深度將要比原來加深。這時刀具的負荷增大，工作時容易被卡住，甚至崩壞。而被加工面也將是粗糙不平的。

第二種情形是切削刀向後彎得很厲害（圖 7 乙）。這種鉋刀在切削時因爲刀頭向後彎而使切削深度減小，因此刀具負荷並不會加大。

這兩種鉋刀的缺點是：因爲它們的彎度不合適，所以使切削深度變更得很厲害，而這就降低了加工精度。因此最好的鉋刀應當是