

2/2

玉米铣刀



湯銘權編著

机械工业出版社

內 容 提 要

玉米銑刀是一种高生产率的先进刀具,在苏联各工厂已获得了广泛的采用,証明生产率比普通銑刀要高 3~4 倍。我国現場中虽然已有采用,但使用的范围并不太广,因此还值得繼續推广。

本書主要介紹有关玉米銑刀的工作原理、玉米銑刀的构造、制造、使用范围及使用經驗等方面的知識和資料;可供机器制造工厂的工程技术人员和高等工业学校机械制造专业的学生参考。

編者: 湯銘权

NO. 3028

1959 年 6 月第一版 1959 年 6 月第一版第一次印刷

787×1092 $1/32$ 字数 34 千字 印張 $1^9/16$ 0,001—5,050 册

机械工业出版社(北京阜成門外百万庄)出版

机械工业出版社印刷厂印刷 新华書店發行

北京市書刊出版业营业
許可証出字第 008 号

統一書号 15033·1907

定 价 (10) 0.22 元



目 次

一	概述.....	2
二	玉米銑刀的工作原理.....	3
三	玉米銑刀的結構.....	14
四	玉米銑刀的制造.....	21
五	玉米銑刀的試驗研究.....	30
六	玉米銑刀的应用.....	40
七	結語.....	48

一 概 述

玉米銑刀是一種粗加工銑刀，它可以用作銑制加工余量很大的平面和比較深的溝槽。由於在這種銑刀的螺旋切削刃上銑了很多分層槽（圖1），看起來好像玉蜀黍，所以就叫它做為玉米銑刀。

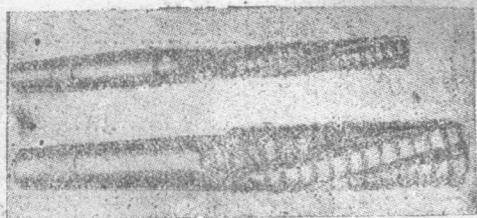


圖1 玉米銑刀。

最早使用玉米銑刀的是蘇聯莫洛托夫汽車工廠。在使用過程中，經過逐步的改進後，在其他工廠中才逐漸得到推廣與使用。過去，我們沒有用過這種銑刀，直到1955年春，蘇聯專家羅日杰斯文斯基（Л. А. Рождественский）指導哈爾濱工業大學機床刀具教研室的研究生陳希武進行了這種銑刀的試驗，並試制成功了這種銑刀。當時經過切削試驗，証實性能良好；粗銑時生產率可以比普通銑刀提高3~4倍。從這個時候起，哈爾濱機車車輛修理工廠、哈爾濱工具廠、哈爾濱量具刀具廠、長春汽車廠等工廠，先後也開始製造與應用這種銑刀。華北、華東各地也紛紛派人到東北各工廠學習。總之，大家對這種新穎的銑刀興趣很大。在實際生產中，也確實証明了玉米銑刀是一種高生產率的粗加工銑刀。例如哈爾濱機車車輛修理工廠，採用玉米銑刀加工彈簧吊鉤中的槽子，其加工時間從120分鐘縮短到30分鐘；加工曲拐的凹心的時候，

加工時間从 8 小时縮短到 2 小时，大大提高了劳动生产率。該厂机械車間苏广銘、康連有等同志，在运用玉米銑刀加工鑄鉄、鑄鋼的工件的时候，生产率平均提高 1~4 倍。当时好些工人同志由于采用了玉米銑刀，而超額完成了生产任务，提前完成了五年計劃而荣获先进生产者的光荣称号。但是，玉米銑刀在我国开始采用以来虽然已达四年之久，而某些工厂，特别是重型机械厂和矿山机械厂，还没有广泛使用这种先进刀具。这对目前大力发展机械制造业，提高生产率來說，是一个損失。編者認為有义务推广这种刀具，使它在社会主义大跃进中發揮作用，在生产上开花結果。因此，在这本小册子中給大家簡單的介紹了有关玉米銑刀的基本知識，以供大家参考。

二 玉米銑刀的工作原理

普通銑刀有什么缺点？玉米銑刀和分屑槽銑刀究竟有什么差別？玉米銑刀的工作原理怎样？这些，我們将在这一章里作个大体的介紹。

1. 普通銑刀存在的缺点 大家都有这样的經驗：用普通圓片銑刀或立銑刀加工余量很大的工件的时候，就必須走好几次刀，而玉米銑刀往往只要一次走刀就可以把全部加工余量銑完。这說明普通銑刀是存在着缺点的。普通銑刀有哪些缺点呢？

普通銑刀在加工时通常存在着以下几个問題：

1) 容屑槽限制着进刀量 $S_{进}$ 的提高 假設銑刀轉一轉切下了金屬層的厚度为 a_0 ， z 表示銑刀上的齿数，每个刀齿上的切削層厚度就是

$$a = \frac{a_0}{z} \text{ 公厘。}$$

圖 2 是每个刀齿在切削时的切削層厚度。圖 3 表示一把銑刀各个刀齿切削时的情况。由圖 3 可以看出銑刀轉一轉时总的进刀量是 $S_{轉}$ ，每个刀齿的进刀量是

$$S_{齿} = \frac{S_{轉}}{z}。$$

这里所指的每齿进刀量 $S_{齿}$ （即 S_z ）是与每齿切削層厚度成正比的，所以每个刀齿的負荷是均匀的。

实际上，如果粗銑时的銑削深度 t 很大，那么每齿的进刀量 $S_{齿}$ 就要受到限制。这是因为普通銑刀齿間的容屑槽的大小是一定的，增加了銑削深度 t ，就必须减少 $S_{齿}$ ，不然切屑容纳不下。从圖 4 中可以看出，当銑削深度 t 愈大时，銑刀齿切屑的行程就愈長，切屑也就愈長；切削不能排出，势必挤在容屑槽內，所以当切屑的长度增加时，就必须减小厚度；这就是說，銑削深度增加时，每齿的进刀量就必须减小。

2) 在銑削深度很大时工作

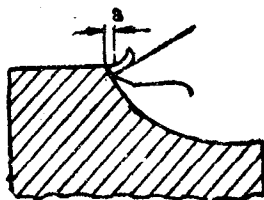


圖 2 銑刀上每齿的切削層厚度。

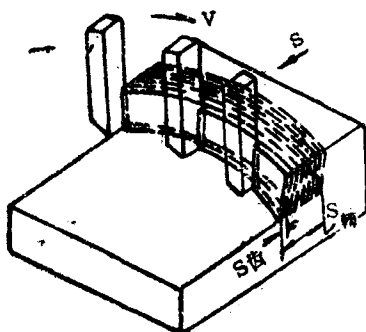


圖 3 端銑刀上各齿的进刀量。

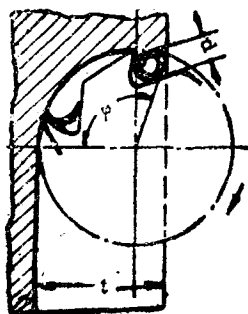


圖 4 立銑刀容屑槽內的容屑情况。

条件很差 当铣削深度增加到很大时，切屑的长度也变得很长了。所以在容屑槽内就被迫卷成了曲率半径比较小的螺旋卷，切削时的附加变形就很大。要是铣刀每齿的进刀量 $S_{\text{齿}}$ 甚大时（就是说切削层厚度 a 甚大时），切屑的形成过程将会非常困难，甚至使铣刀不能进行工作。这时，不但产生的切削力很大，消耗的功率要增多，并且铣刀的刀齿往往还会损坏甚至折断。

此外，用普通铣刀作铣削深度 t 较大的加工时，切屑就卷成了螺旋卷；卷曲时切屑之间产生剧烈的摩擦，会使切削力增大，且容易引起刀具振动。大家知道，振动对于加工表面质量和刀具的耐用度来说都是很不利。因此，当铣削深度愈大或铣槽时，进刀量必须愈小，使切屑变薄。

由上面的介绍知道，凡是用普通铣刀铣削 t 很大的工件或者是铣槽时，无论从刀具耐用度、所消耗的功率及加工质量来看，都是很不利的。为了保持正常工作，只好减小进刀量，这样必然要降低了生产率。

苏联机床制造工业部国家技术局所制订的切削用量手册中，推荐直径 $D=30$ 公厘的立铣刀切钢时，在 $t=3$ 公厘时用 $S_{\text{齿}}=0.05\sim 0.08$ 公厘；在 $t=5$ 公厘时， $S_{\text{齿}}=0.04\sim 0.06$ 公厘；在铣 $t=30$ 公厘的槽时，

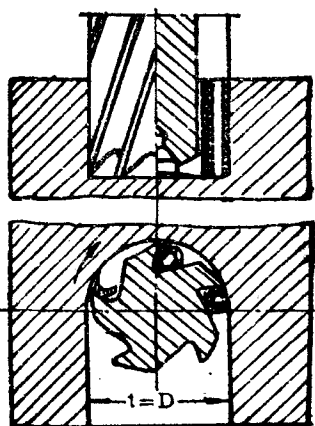


圖5 立铣刀铣槽圖。

$S_{\text{齿}} = 0.02$ 公厘。可見当銑削深度愈大时，要采用愈小的进刀量。

2. 带分屑槽的銑刀 上面已經講过，用普通銑刀加工余量很大、切削深度很深的工件时，就会产生振动，銑槽时更为严重。为了消除和减少振动，改善切屑的形成过程与容屑的情况，可以采用在銑削宽度或厚度上分屑的办法。圖 6 就是端銑刀由四个齿在宽度内分屑的情况。圖 7 是端銑刀的刀齿同时沿宽度与厚度上分屑的情况。

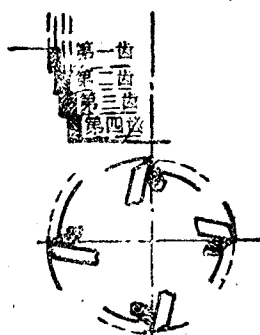


圖 6 按寬度分屑的四齿端銑刀銑削圖。

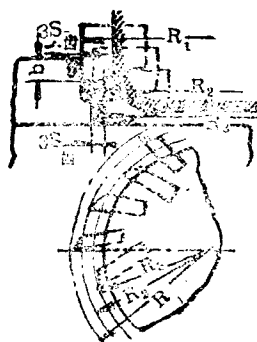


圖 7 按寬度與厚度分屑的端銑刀銑削圖。

另一个有效的办法是：在銑刀的切削刃上用切口砂輪磨出一些交錯排列的分屑槽。这样，使很長的切削刃分为很多小段，因而所切下来的切屑也是一小段一小段的，这时切屑就容易从刀槽中排出。切屑分为一小段一小段以后，接触到冷却潤滑液的面积和机会就多了，这样就可以减少振动，同时也减少了切削力和功率的消耗，所以一次就可以銑去很厚的金屬屑。許多工厂采用这种办法在平面銑刀、成形銑刀或立銑刀上开一些分屑槽，結果生产率得到了提高，并且也改善了

切削条件。圖 8 就是带分屑槽的平面銑刀。圖 9 是哈尔濱量具刀具厂所采用的带分屑槽的鑽头沟銑刀。該厂鑽头車間技术員刘宝祥和定額員赵玉琿两同志，在这种銑刀上磨出了分屑槽以后，用来加工直径为 50 公厘鑽头的刀沟，其切削速度 $V = 37$ 公尺/分，

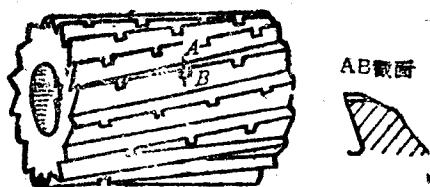


圖 8 带分屑槽的平面銑刀。

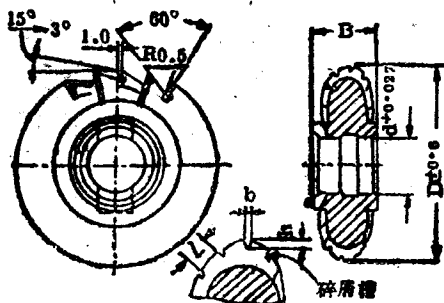


圖 9 带分屑槽的鑽头沟銑刀。

进刀量由 8 公厘/分提高到了 20 公厘/分。生产率提高了一倍左右。有些工厂把这种磨出分屑槽的銑刀也叫做玉米銑刀，这是不正确的。因为这种銑刀并没有改变它原来的切削过程和切削刃的位置。这种分屑槽确是改善了銑刀的切削性能，因而还有它的实用价值。

3. 玉米銑刀和带分屑槽銑刀的差别 带分屑槽銑刀每刃磨一次刀，分屑槽也要重磨一次，而刀具容屑槽的大小就要减小一些，所以工作时所取的进刀量只得愈来愈小。其次，这种銑刀在分屑槽处还得不到合理的角度；分屑槽会降低刀具的耐用度，加速刀刃的磨损。因此，这种銑刀在实际生产中用得并不多。

从外表上看起来，玉米銑刀和带分屑槽的銑刀一样，但

它們之間却有很大的差別。

玉米銑刀在齒背上也有分屑槽，所以銑切下來的切屑也是狹條形的，因而工作時不易產生振動。另外，由於刀齒有相當大的螺旋角，切屑呈螺旋卷。在切削過程中，螺旋卷切屑就從容屑槽中逐漸排出來。所以，用玉米銑刀加工時即使銑削深度很大，仍能採用很大的進刀量。經驗證明：直徑30公厘以上的高速鋼玉米銑刀，每分鐘以50公尺的切削速度工作時，一次可銑去30至50公厘甚至更厚的余量；進刀量可達0.12公厘/齒以上。

玉米銑刀切削刃上的分屑槽是環狀排列的，也就是與銑刀的旋轉方向一致（圖10，11）。這些分屑槽深而且寬，並具有一定的角度及形狀。由於這樣的分屑槽，使切屑成為容易滑出的較小碎塊，不會因切屑擠塞而使刀齒崩裂。同時，在分屑槽處的刀刃也有合理的前、後角，不會降低刀具的耐用度，這是玉米銑刀最主要的特点。

為了要使分屑槽處有後角與刀具重磨後不必再做分屑槽起見，分屑槽應沿後隙面鏤削出來。玉米銑刀刀齒

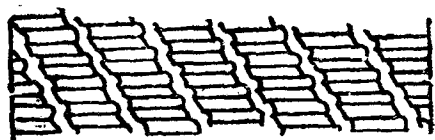


圖10 玉米銑刀刀齒之展開圖：

$D=60$ 公厘； $z=6$ ； $\omega=20^\circ$ ；

$S=12$ 公厘。（左旋）

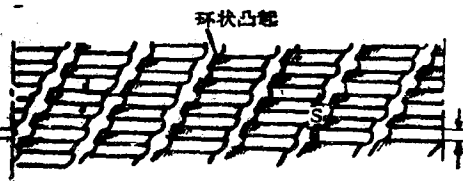


圖11 玉米銑刀刀齒之展開圖：

$D=60$ 公厘； $z=6$ ； $\omega=20^\circ$ ；

$S=12$ 公厘。（右旋）

的后隙面也是镗出来的。镗制的铣刀，用钝后是沿前倾面刃磨的，所以对容屑槽的体积不但不会缩小，反而有了增大。上面讲过，铣刀的进刀量在一定程度上是根据容屑槽的体积来决定的，所以玉米铣刀在刃磨后不但不要减小进刀量，而且还可以采取更大的进刀量。这一点与普通铣刀及带分屑槽铣刀有很大差别，也是玉米铣刀采取镗背方式的原因之一。

最后还应该指出，玉米铣刀的分屑槽不能做成螺旋形的，应当是环形的。只有这样，才能保证分屑槽附近的刀刃能有后角，否则就会有一边是负后角，使切削作用很差。

4. 玉米铣刀的工作原理 玉米铣刀的刀刃上开了很多按环状排列的分屑槽，第一个齿上的分屑槽与第二个齿上的分屑槽错开了一些，以便后面几个齿的刀刃可以把前一齿分屑槽处没有切到的残留金属切去。应该注意到前一个刀齿分屑槽处没有切掉的金属是被后面的刀齿分屑槽处的锐角边切削刃切掉的。因此，必须根据铣刀的螺旋方向来确定分屑槽错过的方向。曾经有一个工厂把分屑槽错过的方向做反了，结果做出来的铣刀完全不能工作。

在谈玉米铣刀的工作原理之前，先来介绍一下玉米铣刀的切削图形。从图 12 中可以明显的看出：当铣刀第一个齿切去一块金属以后，第二个齿切入时，刀齿一个侧面所要切下的金属层厚度将等于前后两个齿错开的距离，也就是前后两个齿上分屑槽错开的距离 x 。这个距离的大小可以根据下面公式计算：

$$x = \frac{S}{z},$$

式中 S ——相邻两相应刀刃上的垂直距离(参看图 11、12)；

z ——铣刀圆周上的齿数。

这样，当铣刀转一转时，第一个刀齿分屑槽处所留下的

殘留金屬就會被其他幾個齒連續切掉。銑刀齒頂面所擔負的切削量就很小，僅等於銑刀每齒的進刀量，長度也很短。玉米銑刀由每一個分屑槽所分割的刀刃，可以看成很多 45° 的偏頭車刀或刨刀；其主切削刃是在分屑槽錯開的一個側面；齒頂可以看作是過渡切削刃。由於這一重要改變，使銑刀在工作時單位切削力大大減小了，並有可能加大銑削深度與進刀量而提高勞動生產率。

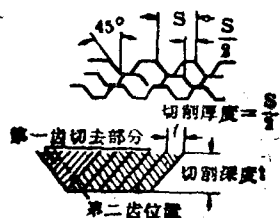


圖12 玉米銑刀各齒切入的位置。

由於玉米銑刀有了分屑槽，因此切削圖形和普通銑刀不同。分屑槽的形狀和寬度對切削層截面的形狀影響很大（參看圖13），玉米銑刀的切削情況在很大程度上取決於刀齒分布的切削圖形。一般玉米銑刀的切削圖形可分為兩種，如圖13所示。

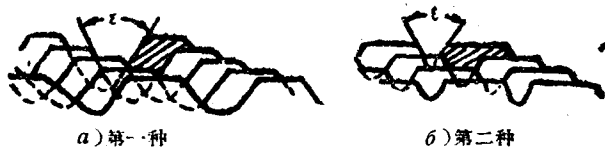


圖13 玉米銑刀的切削圖形。

圖13a所示的切削圖形 在這種情況下，銑刀每齒所切下的切屑寬度不大，一部分切屑的厚度與普通銑刀一樣，相當於每齒的進刀量。而另一部分切屑的厚度卻比較大。圖14所表示的就是這種切削圖形的銑刀（相鄰二分屑槽間的距離 $S = 10$ 公厘，銑刀之螺旋角 $\beta_1 = 30^\circ$ ，直徑 $D = 60$ 公厘，齒數 $z = 6$ ）。每個刀齒上切屑的長度如圖15上的粗綫表示。

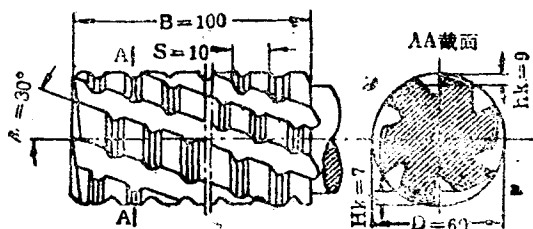


圖14 採用第一種切削圖形的玉米銑刀。

圖16 為用這種銑刀工作時的連續切削圖形。

圖16 中 aa 表示工件的原始表面。

z_1 與 z_6 表示同列切削刃上相鄰兩分層間相距為 $S = 10$ 公厘的相鄰兩齒；

z_3 與 z_7 表示次一系列切削刃上之相鄰兩齒。

兩相鄰齒的相對位移量 $x = \frac{S}{5} = 2$ 公厘。圖16 中上面部分表示同列切削刃上的相鄰兩齒。下圖中用斜綫所表示的面積為銑刀轉一轉時每一齒上所受的負荷。由此可見，每齒切削刃上所受負荷並不均勻，最小的負荷等於 $S_{\text{齒}}$ ，而最大的負荷為 $(4 \sim 5) S_{\text{齒}}$ 。又如根據拉林教授所推薦的資料制成的玉米銑刀，直徑為 60 公厘，齒數 $z = 8$ ，齒距為 6 公厘，齒高 $h = 1.3$ 公厘，齒頂的相對位移 $x = 0.75$ 公厘。用這種

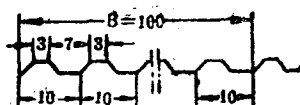


圖15 第一種切削圖形玉米銑刀上各齒的切屑長度。

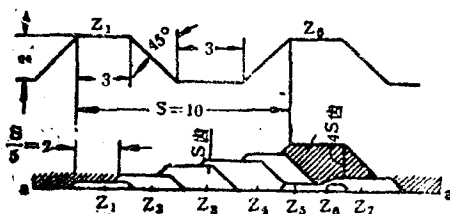


圖16 第一種切削圖形玉米銑刀上各齒切入的位置。

銑刀切削的時候，它的切削圖形（圖17）跟圖16一樣，每個齒切削刃上的切屑厚度極不均勻。這樣由於每齒所受的負荷不均勻，使刀齒上負荷大的部分特別容易磨損與引起刃口的剝落，刀具的耐用度也大大的降低了。

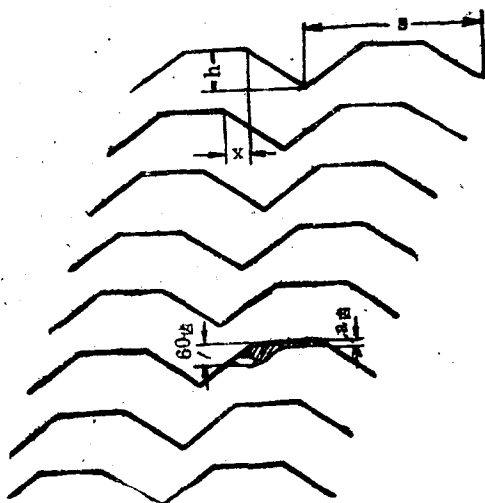


圖17 玉米銑刀刀齒之分布圖形。

圖136所示的

切削圖形 為了消除第一種銑刀的缺點，蘇聯烏拉爾重型機器製造廠切削實驗室工程師希立勃洛夫斯基與拉芙洛夫推薦用牙齒交錯分布的玉米銑刀。因為這樣可以使每個刀齒上的負荷均勻分布，切削刃上的最大厚度等於 $2a_{\text{齒}}$ ，即相當於銑刀兩個齒上的進刀量。圖18就是這種牙齒交錯排列的銑刀。為了便於與上一種銑刀比較起見，特地把尺寸做得一樣。圖19上的粗綫同樣表示每個刀齒上切屑的長度。圖20表示用這種銑刀加工時刀齒的連續切削圖形與每個齒上所受的負荷（用斜綫表示的面積）。圖中 z_1, z_2, z_3, z_4 表示同列切削刃上各刀齒切入時的位置。 z'_1, z'_2, z'_3 為第二列切削刃上各齒切入時的位置。

經驗證明，採用後一種齒形分布的銑刀，每個刀齒沿切削刃上的負荷比較均勻，所以刀具磨損得比較慢；刀刃剝落

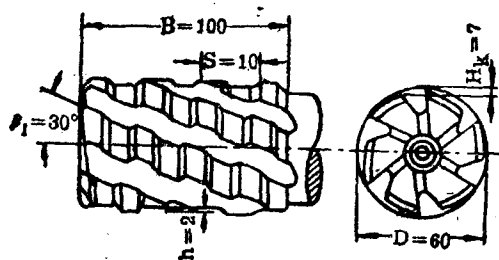


圖18 採用第二種切削圖形的玉米銑刀。

的情況也比較少；因此，刀具的耐用度與生產率都很高，加工表面的光潔度也有了顯著的改善。

最後，我們由切屑的橫截面也可以看出玉米銑刀和普通立銑刀的不同。圖21是普通立銑刀與玉米銑刀刀齒所切下的切屑橫截面形狀。圖21a為普通立銑刀切下的切屑形狀。切屑很寬但并不厚，所以切屑在容屑槽中卷成圓卷後不容易排出來。

圖21b是用第一種齒形分布的玉米銑刀切下的切屑形狀。切屑厚而窄，在容屑槽內可卷成螺旋卷，容易從容屑中排出。圖22與圖23則表示用第一、第二種齒形分布的玉米銑刀所切下的金屬層形狀。由圖22中可以看出各刀刃的負荷很不均勻，有的負荷很重，有等於 $5S_{\text{齒}}$ 的。第二種齒形分布的玉米銑刀加工時，刀齒切削刃上的負荷比較均勻，切削刃上負

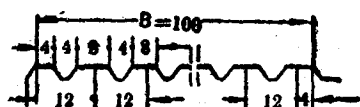


圖19 第二種切削圖形玉米銑刀上各齒之切屑長度。

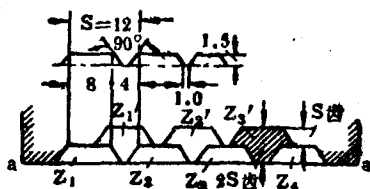


圖20 第二種切削圖形玉米銑刀上各齒切入的位置。



圖21 一个刀齿所切下的金屬層橫截面。

α —普通銑刀， δ —第一種齒形分布的玉米銑刀。

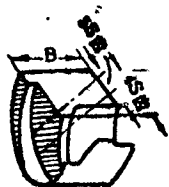


圖22 用第一種齒形分布的玉米銑刀切下的金屬層形狀。

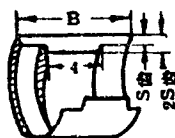


圖23 用第二種齒形分布的玉米銑刀切下的金屬層形狀。

荷一為 S 齒，一為 $2S$ 齒。因此，可以提高刀具的耐用度（圖23）。

以上介紹了玉米銑刀的主要特点与工作原理，正是由于这些特点才保證了这种銑刀具有較高的生产率。

三 玉米銑刀的結構

玉米銑刀普通有平面銑刀和立銑刀两种。它們的結構和尺寸基本上和普通平面銑刀、立銑刀相同，而主要的区别是在刀齿的形状上。圖24是玉米平面銑刀的結構圖，其尺寸見

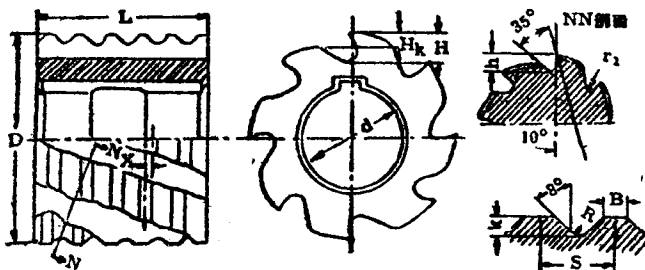


圖24 玉米平面銑刀的結構圖。

表 1。圖 25 是玉米立銑刀的工作圖，其尺寸見表 2。因為我們常用的是玉米立銑刀（以後簡稱玉米銑刀），在本文中大部分是介紹玉米立銑刀。實際上，玉米平面銑刀的工作原理、結構和製造，基本上跟玉米立銑刀相同，只是裝夾與使用範圍不同而已。

表 1 玉米平面銑刀之結構尺寸

主体部分						分 層 槽 部 分										扣長
D	L	d	z	h	h _K	θ	S	X	ε	K	R	r	B	r ₁	l	
60	50	27	8	9	5	13°	9	1.125	31°	2	1.4	1.2	3	2	470	
60	60	27	8	9	5	13°	9	1.125	31°	2	1.4	1.2	3	2	470	
75	60	32	8	10	7	12°30′	12	1.5	31°	3	2.75	1.5	4	3	520	
75	75	32	8	10	7	12°30′	12	1.5	30°	3	2.75	1.5	4	3	520	
90	100	40	8	15	8	11°	12	1.5	30°	3	2.75	1.5	4	3	600	
90	100	40	8	15	8	11°	12	1.5	30°	3	2.75	1.5	4	3	600	
110	125	50	10	17	8.5	10°	15	1.5	30°	3	2.75	1.5	4	3	710	
110	125	50	10	17	8.5	10°	15	1.5	30°	3	2.75	1.5	4	3	710	

下面將就表 2 所列的標準尺寸，以及一些幾何參數的選擇分別加以分析和說明。

1. 銑刀直徑 D 的確定 銑刀直徑是影響銑削的重要因素之一。玉米銑刀直徑的選擇和普通銑刀基本上相同。銑刀的直徑愈大，銑刀的剛性就愈大；其次，銑刀的直徑愈大時，齒數也可以增加；因此當每齒進刀量不變時，生產率（每分鐘的進刀量）可以提高。銑刀直徑愈大，刀具散熱條件愈好，刀具的耐用度也較高。此外，銑刀的直徑愈大，確定和選擇刀具各部分的形狀和尺寸也容易，這是設計刀具時較好的一個條件。但是，銑刀直徑愈大時，使用材料愈多，扭轉力矩也愈大，因此銑削時的動力消耗也要增大，切入時間也加長，這樣反而