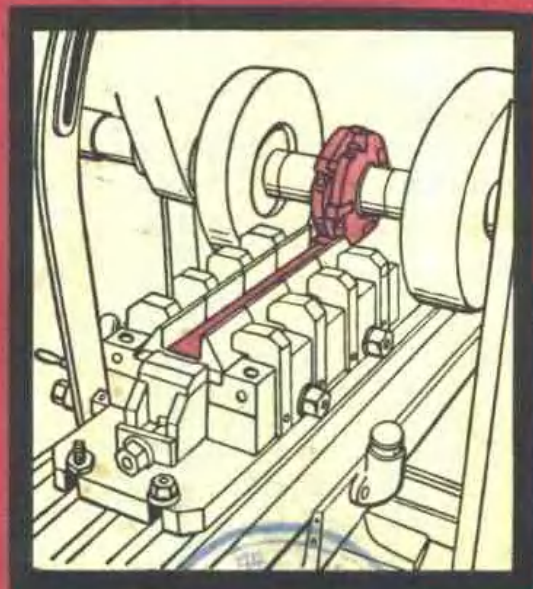


基本讀

基本讀

197226



阶 梯 式 銑 刀 的 高 速 銑 削

Н. И. 切 尔 諾 夫 著

75
2710

目 次

序言	3
第一章 阶梯式铣刀的类型	5
1. 对硬质合金铣刀构造的要求	5
2. 阶梯式铣刀切削刃的排列方式	6
3. 圆盘铣刀的刃磨	9
4. 装齿圆盘铣刀	12
5. 两半体组合的槽铣刀	22
6. 切槽铣刀	25
7. 端面铣刀	29
8. 端铣刀	41
第二章 铣刀的制造	49
1. 阶梯式铣刀的工艺特性	49
2. 制造圆盘铣刀刀齿的工艺过程	57
3. 切槽铣刀的制造	61
4. 圆盘铣刀和端面铣刀的装配	67
第三章 阶梯式铣刀的应用	71
1. 用阶梯式圆盘铣刀加工宽的阶台	71
2. 用装齿圆盘铣刀加工叉形接头和凸耳	72
3. 成套圆盘铣刀的调整	74
4. 使用硬质合金切槽铣刀的工作	80
5. 切削用量的选择	84
6. 夹具的构造	99
第四章 铣床的改装	108
1. 机床的功率和刚性	109
2. 卧式铣床主轴的旋转机构	111
3. 工作台纵向进给机构	115
4. 液压卧式铣床简述	118
参考資料	123

阶梯式铣刀的高速铣削

Н. П. 切尔诺夫著

宋亿泰译 牟义勇校



机械工业出版社

1958

出版者的話

本書敘述階梯式圓盤銑刀、端面銑刀和端銑刀的原始構造。

書內引用了許多在中等功率銑床上进行高速切削的例子。

本書對從事硬質合金銑刀設計、製造以及應用方面的工藝師和設計師極為有益，因為它敘述了在選擇階梯式硬質合金銑刀的構造和幾何參數，選擇切削用量以及改裝銑床使之適合於高速切削等方面的許多問題。

蘇聯 Н. П. Чернов 著 'Скоростное фрезерование ступенчатыми фрезами' (ОБОРОНИЗ 1954 年第一版)

* * *

NO. 1896

1958 年 8 月第一版 1958 年 8 月第一版第一次印刷

850×1168¹/₃₂ 字數 96 千字 印張 3¹¹/₁₆ 0,001— 2,500 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

統一書號 15033·1062
定 價 (10) 0.74 元

序 言

在一般工厂里，除了有大功率（20~30千瓦）的铣床外，还有小功率（5~10千瓦）的铣床；因此用于高速切削的铣刀，必须要既能满足大功率铣床的工作条件，又能满足小功率铣床的工作条件，为此，铣刀的构造应能调整刀齿的工作长度以适合铣床的功率。

阶梯式铣刀可以根据铣床的功率来调整刀齿的工作长度，因而能更充分地被利用进行铣削工作。

“阶梯式铣刀”这一概念也可以扩大包括按普通排列刀齿的一级铣刀。当用刀齿普通排列的铣刀工作时，如果所需的功率不超过铣床的功率，则可使用按一级装配的装齿铣刀工作。

刀齿数量不多的一级铣刀，许可用较大的走刀量进行铣削。

如果在高速切削时以小切削力工作，则可以用顺铣法进行铣削，这样就能增加铣刀的寿命、提高加工表面的光洁度、降低单位功率和更有可能来使用快速装卡的夹具。

本书中所讲述的全部圆盘铣刀都是用于顺铣的，因此采用后角 α 等于 10° 以代替一般推荐的 20° 后角 $\bullet$ 。

阶梯式铣刀是为了用于高速切削而设计的，在加工未淬火钢零件时采用负前角 γ 为 $-5^\circ \sim -10^\circ$ ，这样的负前角可以减少切削刃崩刃的危险。同时副偏角 φ_1 采用 $5 \sim 8^\circ$ 代替一般的 $2 \sim 3^\circ$ ，圆盘铣刀有大的副偏角 φ_1 ，也就能更准确地保持工件壁厚或槽宽的尺寸。

应当指出这种构造铣刀的工艺特性：所有装齿铣刀都是规格化的，并且组成铣刀的零件数量也缩减到最少；各种类型装齿圆

● A. B. 雪格莱夫，高速铣削，Mashin3, 1949, 第96页和98页。

盤銑刀鑲裝的刀齒都有同一截形的刀座，因此，銑刀刀體上鑲嵌部位和緊固用的楔都有固定的尺寸，這樣就可以使用同一種銑刀刀體來裝成各種類型的圓盤銑刀，因此在使用中非常方便。

切削刃傾斜角 ω 等於零，能使圓盤銑刀和槽銑刀的製造更加方便；因 $\omega = 0^\circ$ 就能在平面磨床上進行刀齒的最後刃磨，並且可以用拉削法拉制刀體上的槽。

鑲裝刀齒能沿着刀體上的槽移動而不需再進行磨光和刃磨，這對於銑刀的使用來說有着很大的意義；只要將刀齒沿着刀體上的槽移動，就可以將銑刀的工作寬度 B 重新調整成另一尺寸。

工作寬度能調整的兩半體組合的槽銑刀，比一般的高速切削用的三面刃銑刀有着更多的優點。

只要將工廠中現有的機床加以改裝，就能使用階梯式銑刀獲得高的生產率。在電動機功率提高1~2倍的現有的膝架銑床上能依靠用階梯式銑刀進行高速切削，就能使生產率提高。此時硬質合金的切削能力將會得到充分的利用，並且銑刀的生產率和機床功率之間也不會再產生不協調現象。

高速銑床必須備有裝卡裝置，以利用各種專用和通用夾具來迅速而牢固地卡緊工件。為此目的，採用液壓裝置是非常必要的，可以用尺寸不大的壓力筒而得到很大的夾持力。

當利用順銑法和切削力很小的高速規範操作時，在機床上裝卡工件非常簡單；在這種情況下，防止坯件移動的固定止動裝置有很重要的作用，因為垂直切削力的作用方向向下，坯件也就不會因切削力的作用而產生移動。

利用硬質合金階梯式銑刀，可以使稀有合金的消耗量減少很多。一把直徑為225公厘的三面刃裝齒圓盤高速鋼銑刀，需用2千克P18號高速鋼，其中有360克是鎢。而同樣一把齒數 $z = 10$ 的階梯式高速切削銑刀，只要用78克硬質合金，其中只有62克鎢。

第一章 阶梯式銑刀的类型

1 对硬質合金銑刀構造的要求

使用高速切削,可使刀具切削刃單位長度的生产率显著提高。

当采用一般的銑削用量时,高速鋼銑刀的生产率与銑床生产率是均衡的。但是自采用硬質合金来制造銑刀之后,銑刀的生产率提高了好几倍。如果机床的总数量不变,則銑刀生产率与机床生产率之間会發生严重的不协调现象。由于銑床經過改裝的結果,可使功率提高1~2倍,因此要恢复銑刀生产率与銑床生产率之間的均衡,还必須將同时工作的切削刃的总長度减小。切削刃的長度减小能够使硬質合金的利用更加合理,并同时使銑刀的寿命增加和刀磨簡化。

硬質合金刀具用于高速切削时工作較好,切削速度的大小随选定的刀具的寿命来确定。

銑刀寿命值又依照刀磨的复杂性和在机床上安裝的复杂性来选定。

硬質合金銑刀后面的容許磨損量比高速鋼銑刀为大,因此三面刃圓盤硬質合金銑刀一般在一經磨鈍之后,就失去了工作尺寸;由于这样,圓盤硬質合金銑刀在每次磨鈍后都必須沿端面調整刀齿和重磨。所以圓盤銑刀几乎不采用將刀片釐焊在刀体上的方法。如果硬質合金銑刀的構造能使刀齿的工作寬度很快地进行調整,則它就能够得到广泛的应用。

由于硬質合金的硬度很高,这給刀磨帶來了很多困难,同时銑刀刀齿工作面刀磨和研磨的質量也对刀具的寿命有很大的影响。單个刀齿很容易进行機械化刀磨,并且能够获得很高的刀磨質量;因此只要有可能,必須尽量采用刀齿单独刀磨和研磨的裝

齿硬質合金銑刀。

切削力大、齿距大（容易引起冲击）、切屑宽和刀体的剛性不足是硬質合金銑刀在工作时产生振动的原因。

当銑削时所消耗的功率固定不变时，切削力与切削速度成反比，为了减小切削力，則必須增加切削速度。

圓盤銑刀象其它切削刀長度很大的一些刀具一样，耐振性低。因此高速切削应避免使用切削刀長度很大的圓盤銑刀。在切削过程中，銑刀刀齿切削刀的長度随着机床的功率和剛性而变。为了减少切削刀崩刃，最好是切削狭的切屑。

当銑刀刀齿是斜的时候，就产生了軸向切削力；如果銑刀刀体的剛性不够，就会受这种軸向切削力的影响而發生振动。

以上所列举的因素都与选择硬質合金銑刀的構造有关，并且这些因素不能离开高速銑削来研究。因此，对硬質合金銑刀構造的要求綜合如下：

1. 銑刀切削刀工作長度的选择，应与机床的功率和剛性相适应，并应考虑到銑刀刀体的厚度。
2. 三面刀圓盤銑刀的工作宽度应能調整。
3. 裝齿硬質合金銑刀的刀齿应能拆开单独进行刃磨和研磨。
4. 圓盤銑刀切削刀的傾斜角应等于零。

符合上述条件的硬質合金銑刀已于 1947 年研究成功，并且現在在工厂里使用很有成效。

下面所要談的銑刀与普通的硬質合金銑刀不同，称为阶梯式銑刀。

2 阶梯式銑刀切削刃的排列方式

阶梯式銑刀切削刀的工作長度按切削速度 v 、走刀量 f 和机床功率来确定。

当銑刀切削刀的工作長度 b 确定后，就可确定銑刀刀齿阶梯形裝配形式。

銑刀的階梯級數 i 按下式計算:

$$i = \frac{B}{b},$$

式中 B ——待銑削零件階台或槽的寬度;

b ——銑刀切削刃在旋轉軸綫方向上的工作長度。

如果計算后得出階梯數 $i \leq 1$, 則在這種情況下就選擇銑刀刀齒排列為普通的一級形式。反之, 則選擇刀齒排列為多級的階梯形式。

圖 1 是銑階台用的兩種銑刀刀齒的排列方式: 普通的 (a) 和階梯式的 (b)。

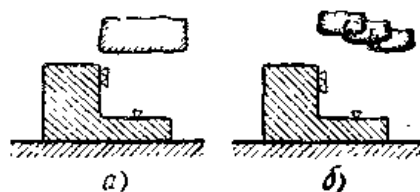


圖 1 銑階台時銑去的加工余量示意圖:

a——按普通排列的刀齒,

b——按階梯式排列的刀齒。

圓盤銑刀, 特別是成套銑刀, 在銑刀旋轉軸綫方向上的工作寬度一般都很大。當用成套圓盤銑刀加工工件時, 同時被加工的階台和槽的總寬度經常達到數十公厘, 因此兩面刃和三面刃的圓盤銑刀刀齒成階梯式排列最有利。

銑刀刀齒的排列方式與待銑削的階台 (或槽) 的寬度和形狀有關, 並且也與銑刀主偏角 φ 的大小有關。圖 2 就是銑刀刀齒階梯式排列的三種方式。

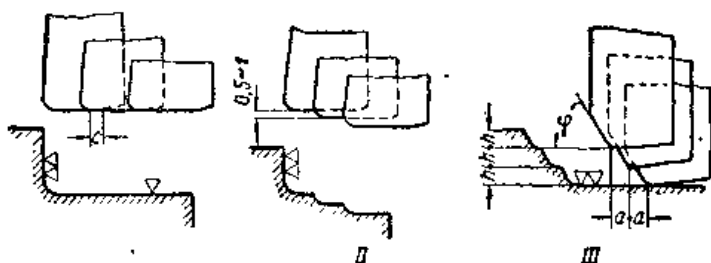


圖 2 銑刀刀齒階梯式排列的三種方式:

I——沿銑刀旋轉軸綫成階梯形; II 和 III——沿銑刀軸綫及按徑向成階梯形。

按第一種方式裝成的, 銑刀的刀齒是沿旋轉軸綫成階梯形。按第二、三種方式裝成的, 銑刀的刀齒是沿銑刀軸綫及按徑向成階

梯形。

按第一和第二兩種方式所裝的銑刀的刀齒，其主切削刃與旋轉軸綫平行，並且主偏角 φ 等於 90° ，而按第三種方式安裝的刀齒主偏角 $\varphi < 90^\circ$ 。

按第一種方式裝成的銑刀用來加工階台和槽。加工工件敞開的平面和端面用的端面銑刀，則按第二或第三種方式根據刀齒的構造來裝配。如果加工壁厚有足夠剛性的零件表面，最適宜用按第三種方式裝成的主偏角小的端面銑刀。階台和槽的粗加工可用按第二種方式裝成的兩面刃和三面刃銑刀，用這種銑刀加工出來的工件的階台或槽底成階梯形；在徑向上成階梯形是必須的，以便刀齒切削刃的非工作部分被下一級的刀齒蓋住，這樣就能保證從毛坯上切下來的加工余量在各級間達到規定的分配。

在旋轉軸綫方向上每一級的大小按機床的功率和剛性來選擇。對於功率在 15 仟瓦以下的機床，每一級的值不宜超過 10 公厘。在銑刀徑向上每一級的值與主偏角 φ 有關；當主偏角等於 90° （第二種方式），則每一級的值為 0.5 公厘就足够了。

由圖 2 可以看出，為了使按第三種方式裝成的銑刀的各級都參加工作，必須使徑向各級的值和沿銑刀軸綫的各級的值具有以下的關係：

$$a > h \operatorname{ctg} \varphi, \quad (1)$$

式中 a ——在徑向上每級的值（公厘）；

h ——沿銑刀軸綫方向每級的值（公厘）。

例：當主偏角 $\varphi = 60^\circ$ 和 $h = 3$ 公厘時，則徑向上每級的值 a 應大於 1.7 公厘：

$$h \operatorname{ctg} \varphi = 3 \times 0.577 = 1.7 \text{ 公厘；}$$

$$a > 1.7 \text{ 公厘。}$$

如果達不到這個條件，則銑刀的各級不能全部參加工作。由公式（1）可以得出，按第三種方式裝成的銑刀的徑向上每級的值 a 可以達到很大。

当需要精铣阶台或精铣平底槽时，兩面刃和三面刃铣刀应按第一种方式装配。这种铣刀刀齿切削刃的长度应等于每级的值加相鄰兩級切削刃的重叠值。

从圖 2 所示之刀齿阶梯式排列方式可以看出，能使各級間的負荷分布最均匀的是第二种和第三种方式。这两种方式沿铣刀軸綫的各級的計算值都可以很容易达到。

最坏的是刀齿按第一种方式装成的铣刀。因为这种铣刀的切削刃的工作长度总值是大于每级的值，所大的值等于重叠值 c (参看圖 2)。所以在不可避免的铣刀的徑向跳动下，各个齿的負荷就互有不同。例如，如果铣刀每級寬等于 6 公厘，而刀齿切削刃的工作长度等于 8 公厘(包括重叠值在內)，則在铣刀有徑向跳动时，切削刃的实际工作长度將在 4 到 8 公厘之內。

3 圓盤铣刀的刃磨

前角 用高速法来加工鋼件需采用負前角。采用負前角有以下一些优点：

1. 提高切削刃的机械强度；
2. 增加散热性；
3. 降低硬質合金刀片上的弯曲应力；
4. 减小加工表面上的不平度的高度。

但是采用負前角也有一些缺点：增加了被加工金屬的变形功和切屑对刀具前面的摩擦力，并且还增加了切削力。

变形功和摩擦力的增加，对于低速切削具有很大意义。随着切削速度和切屑温度的提高，使用正前角铣刀和負前角铣刀工作时的切屑形成过程的差异也漸趋消失。铣削时，如果工作不大平稳而有冲击现象，通常采用帶負前角的铣刀。

阶梯式圓盤铣刀的徑向前角的大小如下：

加工鋼料 ($\sigma_b = 60 \sim 90$ 公斤/公厘 ²)	 $\gamma = -10^\circ$
加工鑄鐵	 $\gamma = 5^\circ$

加工輕合金 $\gamma = 5 \sim 10^\circ$

后角 無論是實驗室里所做的銑刀壽命試驗、還是工廠中工作的實踐，都証明了在高速鋼銑刀上採用大的后角是很適宜的。銑刀刀齒的這種幾何形狀對於鑲有硬質合金刀片的高速切削銑刀來講也都認為相宜。在硬質合金銑刀的規格和技術著作[●]中，對后角的大小均推薦為：

用於端面銑刀 $\alpha = 12 \sim 20^\circ$

用於圓盤銑刀 $\alpha = 20 \sim 25^\circ$

M. H. 拉林教授把后角 α 認為是切屑最大厚度的函數[●]，並用下式計算：

$$\sin \alpha = \frac{C}{a_{\text{max}}^{0.3}} \quad (2)$$

式中 $C = 0.13$ (當加工鋼料和輕合金時)。

根據公式 (2) 可以確定：當切屑的最大厚度為 0.01 公厘時，最好是使用后角 $\alpha = 20^\circ$ 的圓盤銑刀來銑削。

1 階梯式銑刀是按切削厚度大的切屑而設計的，因此應該磨成較小的后角。如果最適宜的切屑厚度 $a_{\text{max}} = 0.1$ 公厘，則根據公式 (2) 可得最適宜的后角為 $\alpha = 15^\circ$ 。后角 α 增大会降低銑刀刀齒切削刃的機械強度；因此，階梯式銑刀不希望採用大后角。

改用順銑法時，銑刀切入條件也隨之改變，銑刀刀齒能毫無滑動地切入毛坯金屬。既然增大硬質合金銑刀的后角 α ，是為了能使刀齒切削刃容易切入被加工的金屬，因此，階梯式圓盤銑刀若僅用於順銑法，就沒有採用大后角的必要了。此外，採用順銑時，銑刀刀齒在切入的瞬時要受到較大的沖擊，因此，以增大后角的方法來減弱沖擊並不相宜。后角 $\alpha = 10^\circ$ 的銑刀，其壽命正常，並且在銑削時也不會使切削刃崩刃。在必要時，這種銑刀還可用於逆銑法。

● A. B. 雪格萊夫，高速銑削，Машгиз, 1949, 第91頁和98頁。

● M. H. 拉林，銑削原理，Машгиз, 1947, 第72頁。機器製造業中的先進工藝，第1篇，Машгиз, 1951, 第435頁。

圖3為圓盤銑刀刀齒后面的磨損示意圖。當刃磨角度 $\alpha = 10^\circ$ 和 $\gamma = -10^\circ$ 時，銑刀刀齒的楔角 β 等於 90° ，刀齒的實際磨損量 δ 按公式(3)計算

$$\delta = \delta_{\text{測量}} \cdot \cos \alpha, \quad (3)$$

而徑向磨損量 x 則按公式(4)計算

$$x = \delta \tan \alpha = \delta_{\text{測量}} \cos \alpha \tan \alpha, \quad (4)$$

式中 $\delta_{\text{測量}}$ 為測量得的銑刀刀齒后面磨損的斜棱值。

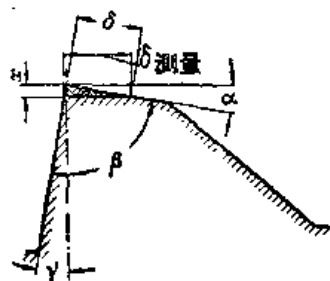


圖3 銑刀硬質合金刀齒的磨損示意圖。

準確地計算銑刀被完全利用的總壽命，不是用 $\delta_{\text{測量}}$ ，而是用刀齒徑向磨損量 x ，因為它表示銑刀直徑減小程度。已知硬質合金刀片的有效高度（總的容許磨損量）和磨銑時的徑向磨損量之後，就可確定在銑刀總的使用壽命內的重磨次數。已加工表面光潔度的降低，是由於銑刀刀齒磨損不均及切削刃上有缺口的原故。缺口在很大程度上取決於徑向磨損量 x ，而磨損斜棱 $\delta_{\text{測量}}$ 的尺寸對缺口影響較小。

如果使用的階梯式銑刀切削刃是按第一種方式（見圖2）裝配者，則徑向磨損量 x 對已加工表面光潔度的影響特別大。因為在這種情況下，已加工表面光潔度不僅與切削刃上是否有缺口和磨損不均有關，而且與銑刀各個刀齒磨損的均勻性有關。

徑向磨損的大小直接影響銑刀總的使用壽命內的容許重磨次數。

用圓盤銑刀工作時，經常採用測量的斜棱值 $\delta_{\text{測量}}$ 等於1.5公厘作為磨鈍標準。此時對於刃磨角度 $\alpha = 10^\circ$ 和 $\gamma = -10^\circ$ 之階梯式銑刀，其徑向磨損量按公式(4)計算為：

$$x = \delta_{\text{測量}} \cos \alpha \tan \alpha = 1.5 \cos 10^\circ \tan 10^\circ = 0.26 \text{ 公厘}。$$

刀齒每經過一次重磨以後，它的高度減小值 x_1 按下式計算：

$$x_1 = x + \Delta, \quad (5)$$

式中 Δ ——圓盤銑刀刀齒后面的刃磨余量。

假定圓盤銑刀所鑲刀齒的高度 h 在重磨一次以後減小 0.5 公厘，則在測量得的 $\delta_{\text{測量}} = 1.5$ 公厘時，刃磨余量 Δ 即等於

$$\Delta = x_1 - x = 0.5 - 0.26 = 0.24 \text{ 公厘。}$$

如果切削刀沒有顯明的崩刃現象，這種刃磨余量是足夠的。

如果刀齒的楔角 β 小於 90° ，則徑向磨損量 x 按下式計算：

$$x = \frac{\delta_{\text{測量}} \operatorname{tg} \alpha \cos \gamma}{\cos(\alpha + \gamma)} \quad (6)$$

如磨損量仍為 $\delta_{\text{測量}} = 1.5$ 公厘時，則刃磨角度 $\gamma = +5^\circ$ 和 $\alpha = 20^\circ$ 之圓盤銑刀，其徑向磨損量為

$$x = \frac{1.5 \operatorname{tg} 20^\circ \cos 5^\circ}{\cos 25^\circ} = 0.6 \text{ 公厘。}$$

刀齒每經過重磨一次以後高度相應地減小為：

$$x_1 = x + \Delta = 0.6 + 0.24 = 0.84 \text{ 公厘，}$$

這個數值比階梯式銑刀刃磨的幾何參數的數值要大得多。

4 裝齒圓盤銑刀●

裝齒圓盤銑刀（圖 4）用於銑寬度為 24 公厘和 24 公厘以上的

的階台和槽，銑刀由刀體
1、楔 2、刀齒 3 和螺釘
4 等零件組成。

圓盤銑刀無論加工何種材料——從輕合金到淬過火的鋼，都使用同樣的刀體（圖 5）。刀體上每個槽的光滑槽壁應相互平行並與槽底垂直，各個槽與銑刀旋轉軸線的平行性，

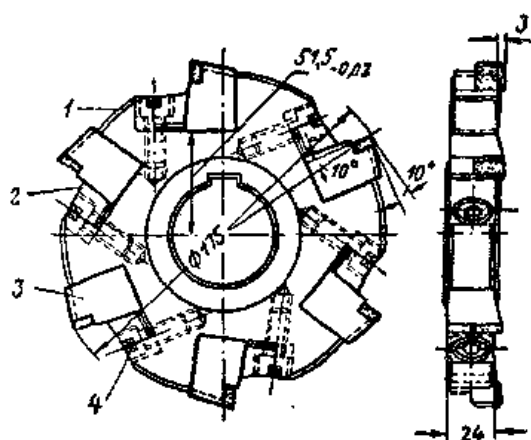
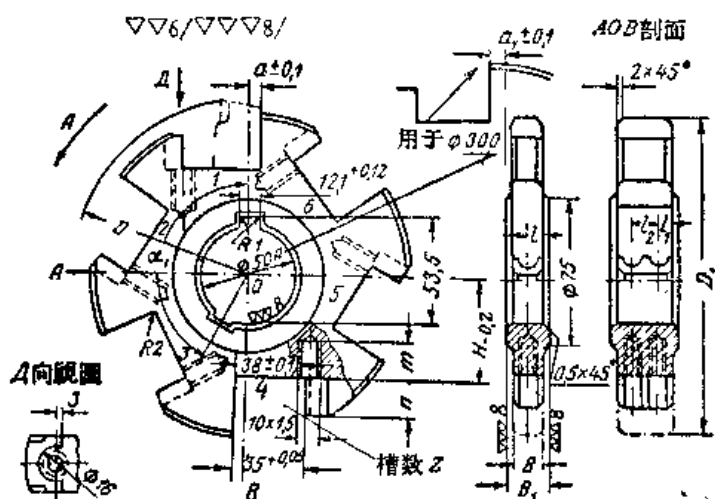


圖 4 兩面刃裝齒圓盤銑刀。

要求使用同一刀體可以裝制兩面刃銑刀和三面刃銑刀，從槽底到銑刀中心的距離保持 0.02 公厘的公差，槽的寬度為 35.4 公厘。刀



公称直径 D	D_1	B	B_1	$\alpha_{1\pm 30'}$	$t_{\pm 0.1}$	$r_{1\pm 0.1}$	$H_{-0.2}$	n	m	e	e_1	e_2	z
150	136	24	26	135°	13.5	—	39	18	20	12	—	—	4
175	161	24	26	150°	4.8	—	51.5		12	—	—	6	
		28	30						14	—	—		
200	184	24	26	157.5°	2.5	—	63.5		12	—	—	8	
		28	30						14	—	—		
		35	37						17.5	—	—		
210	196	24	26		1.8	—	69		12	—	—		
		28	30						14	—	—		
		35	37						17.5	—	—		
225	209	28	30	162°	—	—	75.5		25	—	12	24	10
		35	37							14	—	—	
		48	50							17.5	—	—	
250	236	28	30		—	—	89			14	—	—	
		35	37							17.5	—	—	
300	286	28	30	165°	—	4.6	114			14	—	—	12
		35	37							17.5	—	—	

1. 材料: 30XГCA鋼。

2. 氧化。

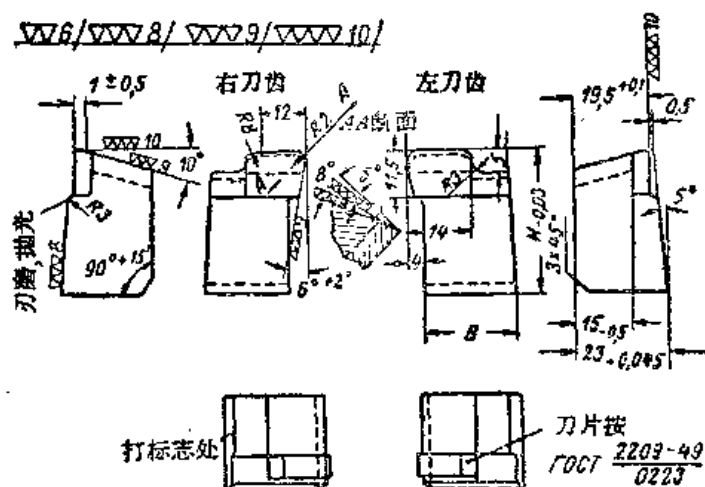
3. 在一把銑刀上尺寸 H 相差不大于 0.02 公厘。

4. 打标志: 代号、直径 D 和尺寸 H 。

圖 5 圓盤銑刀刀体的标准規格。

体槽对铣刀轴线的偏移，应在后角 α 等于 10° 时使铣刀刀齿的后面与槽底平行。

铣刀刀齿的形状（圖 6）为一不规则的四边形。



B	H			
18				
24	36.5-0.03	36-0.03	35.5-0.03	35-0.03
30				

许可刀齿高度 H 按 4 种尺寸制造：36.5；36；35.5；35。容许偏差为 0.03 公厘。

刀座材料：45号钢。

刀片材料：T15K6。

打标志：代号、尺寸 H 、刀片材料。

圖 6 加工鋼料用的装齿铣刀刀齿的标准规格。

在刀座上焊以硬质合金制成的刀片。刀座有两个平面要互相垂直并作为支持面；第三个面倾斜成 5° 角，有了这样的倾斜面，就可用楔将刀齿压紧在刀体槽内。

加工钢制件时，刀齿上焊 T15K6 硬质合金刀片，刀片焊在刀座上的位置，应使刀齿装到刀体上以后前角等于 10° 。加工铸铁、软钢和轻合金时，焊 T5K10 硬质合金刀片，其前角成 $+5^\circ$ 。無論

