

206494

本館藏

范国宝編

輪切式拉刀設計

科技卫生出版社

815
63

輪切式拉刀設計

范國寶編

科技衛生出版社

內 容 提 要

本書簡要地分析了輪切式拉刀的結構特征,說明其設計方法,並列出計算程序,提供了比較詳細的計算實例。關於輪切式拉刀的製造問題也作了必要的介紹。本書論述僅以圓孔拉刀和花鍵拉刀為限。書后附有計算表格,以備查閱。

本書可作為工廠技術人員設計輪切式拉刀時的指南,也可作為製造時的參考。

輪 切 式 拉 刀 設 計

范 國 宝 編

*

科技衛生出版社出版

(上海南京西路2004號)

上海市書刊出版業營業許可證出 093 號

上海市印刷四廠印刷 新華書店上海發行所總經銷

*

統一書號: 15119·1053

開本 650×1168 1/32·印張 5 3/16·插頁 2·字數 125,000

1958 年 11 月第 1 版

1958 年 11 月第 1 次印刷·印數 1—6,300

定價: (10) 0.85 元

序

拉刀是一种生产效率极高而又能获得高度加工精度的刀具,在我国机器制造业中,已广泛采用。但是由于对拉刀的研究不多,因此在我国大多数机器制造厂中,还习惯于采用普通结构的拉刀。改进拉刀的结构可以进一步提高拉刀的生产效率,经济效果甚大。实际上,推行高生产率拉刀并不存在任何问题,这只是一个拉刀的设计问题,在制造上并不困难。所以分析拉刀结构,设计高生产率拉刀是完全值得的,特别是随着我国机器制造业的发展,拉刀的应用日益增多,其意义更为重要。

苏联早已开始高生产率拉刀的研究。早在1940年,斯大林格勒拖拉机厂工程师尤金即创造了进步式大走刀拉刀。1942年,契梁宾斯克拖拉机厂工程师马尔古利斯-柴来沙夫和普列哈诺夫提出了轮切式大走刀拉刀,使拉刀的结构更为完善。

苏联汽车工业科学研究所(НииТ Автопром)在1950~1956年,对大走刀拉刀进行了全面的研究,认为在各种型式的大走刀拉刀中,在大多数场合下,以轮切式拉刀使用效果最好。应用轮切式拉刀,非但能显著提高生产效率,而且还可将刀具耐用度提高到2~2.5倍,并且还能取得高度的表面光洁度,通常按ГОСТ 2785-51,可达▽▽▽₇。近来轮切式拉刀在苏联已开始广泛被采用。

学习苏联这方面的经验是极为重要的。在我国某些机器制造厂中,自1954年起即在苏联专家指导之下,从事于轮切式拉刀的设计和制造,今已大量采用。

按轮切式拉刀在苏联出现已达十数年,为什么至今才获得重

視與推廣呢？歸納蘇聯汽車工業科學研究所的意見，主要原因在於缺乏設計資料。以我國而論，目前僅有极少数工廠應用輪切式拉刀，其緣故也就在此。

幾年來，著者在工作中亦深感輪切式拉刀和普通拉刀設計的顯著不同，有其完整的理論，周密的設計方法以及計算程序。因此，根據著者學習心得和工作經驗，參閱若干有關資料，寫成此書，希望有助於輪切式拉刀的推行。

本書簡要地分析了輪切式拉刀的結構特徵，說明其設計方法，並列出其計算程序，提供了比較詳細的計算實例。關於輪切式拉刀的製造問題也作了必要的介紹。由於拉刀中以圓孔拉刀和花鍵拉刀最為普遍，因此書中論述也以這兩種拉刀為主。書後附有計算表格多張，以備查閱。對於一般普通拉刀的設計原理和方法則從略。本書可作為工廠技術人員設計輪切式拉刀時的指南，也可作為製造時的參考。

由於著者水平有限，錯誤遺漏，在所難免，尚祈讀者不吝指教是幸。

范國寶 1958年春於北京

目 录

序

第一章 高生产率拉刀設計的基本原理	1
1 概述	1
2 拉刀的生产效率	1
3 毛坯拉削	2
4 齒形設計	3
5 切削方式設計	5
第二章 輪切式拉刀設計的理論基础	9
1 概述	9
2 圓孔拉刀的結構	9
3 花鍵拉刀的結構	21
4 齒槽形狀的分析	30
5 前角和后角	39
6 切削力的計算	46
第三章 圓孔拉刀的計算	50
1 概述	50
2 圓孔拉刀的計算方法	50
3 圓孔拉刀的簡明計算程序	64
4 圓孔拉刀的詳細計算程序	67
5 圓孔拉刀的計算实例	70
第四章 花鍵拉刀的計算	81
1 概述	81
2 花鍵拉刀的計算方法	81
3 花鍵拉刀的計算程序	94
4 复合花鍵拉刀的計算实例	104
第五章 輪切式拉刀的制造工艺特征	115
1 后面的研磨	115
2 圓孔拉刀上月牙槽的加工	117
3 花鍵拉刀上月牙槽的加工	120
4 拉刀齒槽和前面的加工	122
5 前角的檢驗	124

主要参考文献	126
附图 1 $\phi 50$ 輪切式圓孔拉刀圖	插頁
附图 2 $\phi 115$ 輪切式圓孔拉刀圖	插頁
附图 3 輪切式复合花鍵拉刀圖	插頁
附表 1 拉刀材料的選擇	127
附表 2 自动夾头刀柄	128
附表 3 插銷式刀柄	130
附表 4 双插銷式刀柄	132
附表 5 自动夾头刀柄	134
附表 6 螺紋刀柄(擰入)	135
附表 7 拉刀中心孔尺寸	136
附表 8 拉刀材料所允許的拉应力	136
附表 9 同时工作的拉刀齿数和按拉削長度制定的齿距数值	137
附表 10 拉刀齿形	138
附表 11 加工鋼时, 齿槽容积所允許的最大拉削長度	140
附表 12 加工鑄鉄和青銅时, 齿槽容积所允許的最大拉削長度	143
附表 13 根据被加工零件和拉刀材料而定的粗拉齿每齿走刀量 $S_{粗}$ 推薦值	146
附表 14 拉刀前角	146
附表 15 砂輪直徑選擇表	147
附表 16 拉刀后角	151
附表 17 当 $\gamma = 15^\circ$, 磨損 0.06~0.2 公厘, 用硫化油冷却, 拉削 45 号鋼时, 圓孔拉刀和花鍵拉刀的 P_2^* (公斤/公厘) 值	151
附表 18 拉削时切削力修正系数, 考虑到冷却液、后面磨損量、前角、拉刀型式和被加工材料等因素的影响	152
附表 19 过渡齿每齿走刀量和直徑加工余量以及齿組数	153
附表 20 精拉齿走刀量、加工余量和齿数	154
附表 21 精拉齿和修光齿齿距	154
附表 22 修光齿齿数	154
附表 23 月牙槽数和寬度	155
附表 24 最大月牙槽半徑 $R_{滑}$ 和砂輪半徑 $R_{輪}$	156
附表 25 苏联拉床的主要特性	157
附表 26 倒角制造角度	158
附表 27 花鍵拉刀磨月牙槽后齿側倒角尺寸	158
附表 28 过渡錐頸長度	158
附表 29 拉刀后导部分尺寸	159
附表 30 花鍵前导部分尺寸	160

第一章 高生产率拉刀設計的基本原理

1 概 述

在近代机器制造业中,拉刀的应用极广。由于以往对拉刀工作过程的研究不多,因此現有一般拉刀的结构还不完善,这就妨碍了拉刀生产效率进一步的提高。应用高生产率拉刀的经济价值甚大。它可縮短拉刀长度,在使用成套拉刀时,可减少拉刀数量,例如可从四把减少到两把。应用大走刀的高生产率拉刀甚至可以直接在鍛鑄毛坯上进行拉削。这样,总加工時間將大为縮短,而生产效率將大为提高;此外,还可以减少刀具消耗,节约貴重的高速鋼和合金工具鋼等。

現有的高生产率拉刀有多种。必須注意,刀具的要求,除了希望它能获得最大的生产效率外,还要求它能保証被加工零件的加工精度和获得足够的耐用度。根据这个要求,在現有的高生产率拉刀中,以輪切式大走刀拉刀的结构最为完善。

应用輪切式拉刀,非但可以显著地提高生产效率,而且和普通拉刀相較,还可以提高拉刀的耐用度到2~2.5倍,并且能得到高度的表面光洁度(按ГОСТ 2785-51,可达到 $\nabla\nabla\nabla_7$)。

下面我們將从拉刀的生产效率开始,詳細研究高生产率拉刀的设计原理和结构,并进一步分析这些問題。

2 拉刀的生产效率

通常,刀具的生产效率是以每單位時間內所能切除的金屬体積来衡量。这样,拉刀的生产效率可表示为:

$$W = \left(\frac{VF}{t} \right) l$$

式中 W ——切屑体积(公分³/分); V ——切削速度(公尺/分); F ——切屑横截面积(公厘²); t ——拉刀齿距(公厘); l ——拉削长度(公厘)。

从上式我們知道,在一定的工件长度 F , 要提高拉刀的生产效率,则应该提高切削速度、加大切屑横截面积和减少齿距。

由于拉刀材料一般为高速鋼或合金工具鋼,所以它的切削速度有一定的范围,通常在1~2公尺/分的限度内,根据机床负荷、刀具耐用度,特别是加工表面光洁度来决定。大家知道,不恰当地提高拉削速度往往会使表面光洁度恶化。

当然,采用硬質合金拉刀可以提高切削速度很多。近年来,在国外已出现鑲有硬質合金刀片的拉刀和切削速度可达90公尺/分的拉床。但是,由于这种拉刀結構复杂,而且需要相应的新型机床,因此采用硬質合金拉刀还不普遍。所以單純提高切削速度来提高拉刀的生产效率,并不是一个可取的方法。

显然,提高拉刀生产效率的途径应该是减少拉刀齿距,而加大切屑横截面积。这可大大发挥現有高速鋼或合金工具鋼拉刀的生产潜力,并可立即付诸实现。齿距的减少,关联到拉刀齿形的設計,而切屑横截面积的加大,则与拉刀的切削方式相关。这两个問題都牵涉到拉刀的設計問題,前者是一个齿形設計問題,后者則是一个切削方式的設計問題。

3 毛坯拉削

利用拉刀加工时,推行毛坯拉削也是一个提高生产效率的重要方法。所謂毛坯拉削就是在鍛鑄毛坯上,不經過鑽孔、扩孔和鉸孔等工序,用拉刀直接进行拉削。这样,高生产率拉刀的結構特征,应当保証刀齿能够順利地进行这些工作。

毛坯拉削的特征 毛坯拉削时,拉刀走刀量必須加大,这是因为鍛鑄件毛坯表面有一层硬皮。假使走刀量小,則刀齿將在硬皮上刮削而极易磨損;反之,則刀齿將深入金屬表皮內部进行切削,保証刀具有足够的耐用度。

另外,毛坯拉削时,由于毛坯孔沒有經過初加工,因此孔和零件加工基准面很难保持垂直,所以应当使用自动定位的球面支承夾具(图1),以免拉刀折断。

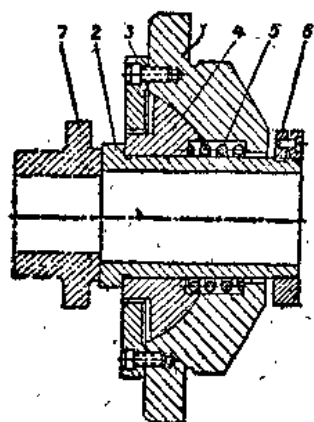


图1 球面支承夾具

1—夾具底座; 2—导筒; 3—止动板; 4—活动球形支承面; 5—彈簧; 6—螺帽; 7—零件

毛坯拉削的优点 推行毛坯拉削时,显然可以取消零件的初加工工序,縮短零件的生产周期,而使生产数量大为提高。另外,它空出了初加工所占用的机床,节约了刀具,經濟价值极大。就所获得的被加工表面精度和光洁度來說,它不比用普通拉削方法所获得的低。就刀具的耐用度來說,也是如此。根据苏联高尔基城莫洛托夫汽車工厂的經驗,推行毛坯拉削时,生产效率約可提高到1.2~2.2倍。

4 齿形設計

切屑容积系数 通常設計拉刀时,齿形根据齿距决定。齿距决定后,齿形其他部分的尺寸即可随之决定。但是,齿距的决定又和切屑容积系数的选择有关。切屑容积系数越大,則齿距越大;反之,則越小。切屑容积系数的选择比較籠統,一般可取3~8;韌性較大的材料其值較大。設計拉刀时,往往怕切屑阻塞,过分地考慮切屑的容納,而切屑容积系数常取得較大。这样,齿距就大而拉刀即長。

实际上,切屑容积系数和工件材料性質以及走刀量所起的影

响有关。苏联学者技术科学副博士叶列門(Б. Ф. Еремин)首先进行了多次試驗,精确地定出在不同的走刀量 S 和工件材料下,切屑容积系数的数值較一般所采用者显著减少,如表1所列。

表 1

每齿走 刀量 <i>S</i> (公厘/齿)	破 加 工 材 料										
	鋼								灰鑄 鉄	青銅	黃銅
	35	40	45	40X	XP	S5XPCA	20X	Y10			
	切 屑 容 积 系 数 (<i>K</i>)										
0.100	2.10	2.33	2.45	2.25	2.28	2.05	2.60	2.00	2.00	2.15	2.08
0.090	2.12	2.36	2.47	2.27	2.31	2.05	2.62	2.03	2.05	2.19	2.08
0.080	2.15	2.40	2.52	2.31	2.35	2.08	2.66	2.07	2.12	2.24	2.08
0.070	2.20	2.46	2.57	2.36	2.42	2.15	2.72	2.18	2.20	2.31	2.12
0.060	2.27	2.53	2.63	2.43	2.49	2.24	2.80	2.22	2.30	2.38	2.15
0.050	2.38	2.63	2.75	2.52	2.60	2.36	2.92	2.36	2.45	2.50	2.22
0.040	2.50	2.78	2.92	2.63	2.79	2.57	3.10	2.59	2.68	2.65	2.35
0.030	2.70	3.00	3.17	2.82	3.20	2.75	3.37	2.90	3.13	2.92	2.57
0.020	3.20	3.50	3.70	3.16	4.50	3.70	4.00	3.82	4.50	3.90	3.00

齿形 切屑容积系数减小后,齿形的設計极为重要。这时必须

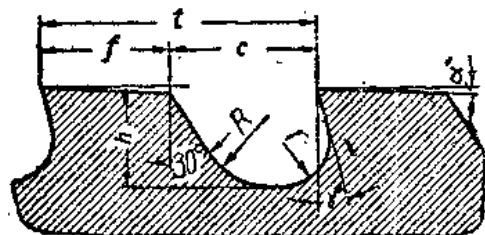


图2 新型齿形

須考虑到它能最經濟而又能足够地容納切屑。因此根据切屑变形形状和性質,叶列門設計了一种新型齿形,其各部分尺寸和槽深 h 成下列关系(图2):

齿距 $t=2.75h$; 齿背 $f=1.25h$; 齿槽 $c=1.5h$; 齿前面圆弧半径 $r=0.5h$; 齿背圆弧半径 $R=0.75h$; 而槽深 h 对韧性材料: $h=1.13\sqrt{S \cdot l \cdot K}$ 对脆性材料: $h=\sqrt{S \cdot l \cdot K}$ 。

經驗証明,采用这种齿形,合理地选用切屑容积系数,齿槽容积效率可以提高到70%,一般拉刀只50%(图3)。这样,齿距可

缩短 25~40%，并可缩短拉刀长度。显然，在普通拉刀上改进齿形可以提高拉刀生产效率，但由于齿距缩短，同时工作的齿数增加，拉力也将增加。因此这种拉刀的使用，在拉削大孔时，往往受机床拉力的限制，而在拉削小孔时，又往往为拉刀本身强度所限，

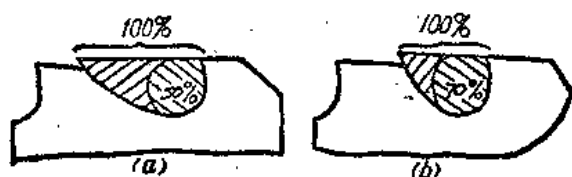


图3 齿槽容积效率比较

a—按旧齿形； b—按新齿形

而不能充分发挥其效能。另外，这种拉刀和普通拉刀相同，由于走刀量小，不适于应用毛坯拉削。所以这种拉刀的用途有限；因此，单纯采用这种齿形，企图通过齿距的缩短来提高拉削的生产效率，不是一个可取的方法，也不是高生产率拉刀设计的发展方向。

5 切削方式设计

提高拉刀生产效率的另一个途径是加大切屑横截面积。切屑横截面积根据下式决定：

$$F = ab。$$

式中：a——切屑厚度（公厘）；b——切屑宽度（公厘）。

切削力学的分析 根据上式，我们知道无论改变切屑厚度或宽度，都能改变切屑的横截面积，达到提高切削效率的目的。从切削力学我们知道，当切屑横截面积增加时，金属变形的体积也越大，在切削过程中，将产生较大的切削力，因此切屑形成时，金属的阻力也越大。当切屑宽度增加一倍时，金属变形的体积也增大一倍，因此切削力也增大一倍。但是，在切削过程中切削层中的应力及变形并不是均匀地分布在它的厚度上。

最大的应力和变形是在切削刃附近，即靠近切削平面的一层



图4 切削应力分布

内。金属层离切削平面越远, 应力和变形也越少(图4), 因此, 当切屑厚度增加一倍时, 切削力并不增加一倍。实验证明, 拉削时切削力 P 和切屑厚度及宽度成下列关系:

$$P = c \cdot a^{0.85} \cdot b,$$

式中 c ——常数。

从上式可知, 若切屑宽度减少一半, 而切削力保持不变时, 切屑厚度

$$a_2 = 2^{\frac{1}{0.85}} \cdot a_1 = 2.26 a_1,$$

即将增加到 2.26 倍。因此, 虽然切屑宽度减少一半, 但切屑横截面积却仍将增加到 $0.5 \times 2.26 = 1.13$ 倍, 即切削效率将提高到 1.3 倍。

所以, 当其他因素保持不变时, 在一定的切削力下, 即当机床负荷不变时, 提高切屑厚度和减少切屑宽度, 即能提高生产效率。拉削时, 切屑厚度即走刀量。

刀具的工作条件 提高走刀量非但能够提高拉刀的生产效率, 而且还能提高刀具耐用度很多, 这是由于刀具的工作条件改善了的缘故。

首先, 当走刀量加大后, 刀具可以深入金属表皮内部, 越过由于初加工所造成的表面冷硬层进行切削, 这就使刀具的工作条件比较有利。

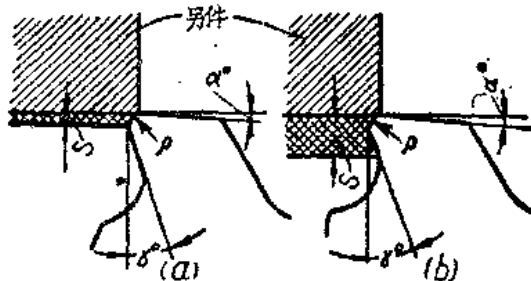


图5 刀具的工作条件

a—当走刀量小时; b—当走刀量大时

其次,从图5可知,拉刀刀齿不可能是绝对尖锐的,刀尖圆角半径 $\rho=8\sim15$ 公忽。它在磨损过程中將增加到3~4倍。当拉刀走刀量小时,由于刀尖圆角半径的存在,刀齿实际上是在负前角 $-\gamma$ 状态下工作;而当走刀量加大时,刀齿就处在正前角 $+\gamma$ 状态下工作。这就使刀齿的受热情况改善,并在同样的后角数值 α 下,减少了其沿后面的磨损,故而对切削过程大为有利。

另外,走刀量加大后,切屑变厚,容易从刀齿切削刃除去,而使其散热情况改善,这也有助于减少刀齿的磨损。

必须指出,拉刀耐用度并不和走刀量成正比例增加,根据苏联汽车工业科学研究所的研究,图6和图7分别列出圆孔拉刀和花键拉刀耐用度和走刀量增加倍数之间的关系:图中 S_1 为普通走刀量, S_2 为加大走刀量; T_1 和 T_2 分别为在相应走刀量下的拉刀耐用度。这样, $\frac{S_2}{S_1}$ 和 $\frac{T_2}{T_1}$ 即分别为走刀量和耐用度增加倍数,图中曲线系根据多次试验所获得的平均值绘制。为了便于比较起见, S_1 和 T_1 均假设为1,从图中可知,当走刀量平均增加到约2~3倍时,拉刀耐用度增加得最多。

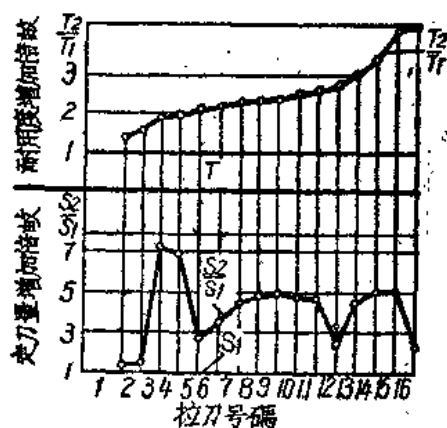


图6 圆孔拉刀耐用度和走刀量增加倍数之间的关系

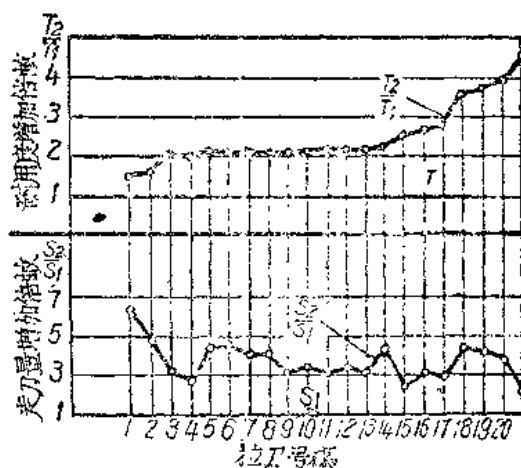


图7 花鍵拉刀耐用比和走刀量增加倍数之間的关系

先进的拉削方法 根据上述分析，显然拉削时应当采用大走刀量进行工作，这就要求在拉刀結構上进行相应的改变。从切削力学的分析，我們知道，狭而厚的切屑比寬而薄的切屑消耗功率小。因此，加大走刀量的方法，就是將切屑分成数份，前后交錯切除。

1940年，苏联工程师尤金首先根据这个原理提出了进步式拉削方法，創造了进步式拉刀。

1942年，苏联工程师馬古利斯、柴來沙夫和普列哈諾夫等又提出輪切式拉削方法，創造了輪切式拉刀。由于輪切式拉刀結構更为完善，因此在大多数場合下，对大多数典型尺寸孔的加工，就刀齿的几何形狀和工艺性而論，輪切式拉刀最为成功。当然，輪切式拉刀也不是完善无缺的，在个别情況下，它的应用要受到限制。

第二章 輪切式拉刀設計的理論基礎

1 概 述

實際上，輪切式拉刀是進步式拉刀的發展。它在切削方式上和進步式拉刀相似，更重要的是它在斷屑方法上有了重要改進，从而使刀齒結構更為合理。另外，在齒形設計上，前角和後角的選擇上，它也有很多優越的地方。在製造工藝上，它不比普通拉刀複雜，而比進步式拉刀簡便得多。這些都是使輪切式拉刀成功的因素。

下面，我們將詳細地分析輪切式拉刀的結構，着重分析其斷屑方法。為了比較方便起見，我們將首先扼要地分析普通拉刀和進步式拉刀的結構，着重批判它們在斷屑方法上存在的缺點。另外，我們也將深入地研究輪切式拉刀的齒槽形狀以及前角和後角的選擇，並介紹其計算切削力的方法。相信本章可對輪切式拉刀的設計，提供一比較全面的理論基礎。

2 圓孔拉刀的結構

(一)普通拉刀

圖8表示普通拉刀切削部分的結構。在這種拉刀上，走刀量逐齒均勻上升；全部刀齒共分三種：粗拉齒、精拉齒和修光齒。刀齒齒槽齒背成直線形，各齒的齒距不變，精拉齒和修光齒的齒距比粗拉齒的小些，在修光齒上設有圓柱形刀帶。切屑利用狹窄的斷屑槽碎斷。斷屑槽在刀齒上沿圓周前後交錯設置，分半圓形和三角形兩種。同一刀齒的斷屑槽相距約5~10公厘。這種拉刀加工

所得的表面光潔度通常在 $\nabla 7_4 \sim \nabla 7_5$ 的範圍內。

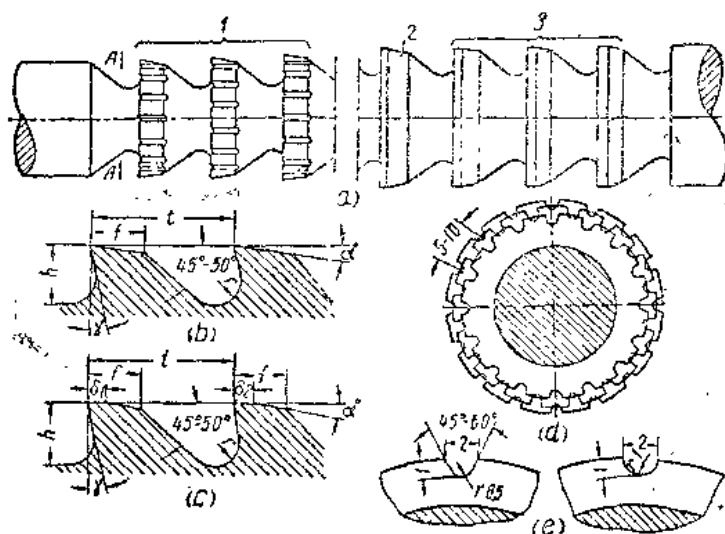


图8 普通拉刀的切削部分

a—外觀； b—粗拉齒和精拉齒齒形縱剖面； c—修光齒齒形縱剖面；
d—斷屑槽的分布； e—斷屑槽的型式。
1—粗拉齒； 2—精拉齒； 3—修光齒

这种拉刀只能用不大的走刀量进行工作，一般不超过 0.05 公厘/齿。走刀量加大，切削力即严重上升，因此它所切除的加工余量不大，否则拉刀就显得很长。最严重的是这种拉刀的断屑方法——用狭窄的断屑槽进行断屑有很多的缺点，主要的是：

(1) 構成切屑鋼筋 断屑槽并不單純地將切屑碎断，它在被加工表面刀齿上的相应位置处，留下了一层沒有被切下的狭窄的金屬。由于这个緣故，在設有断屑槽的刀齿后面一齿切削时，在它所切除的金屬上，必有局部加厚处。这种局部加厚处在被切下的切屑上就構成了独特的“切屑鋼筋”，其高度約等于走刀量 s (图 9)。

有了切屑鋼筋，則切屑卷曲困难，其卷曲直徑即显著增加。如果卷曲直徑一大，則拉力齿槽尺寸也必須相应加大，这个情况就迫