

高等学校教学用书



机器制造工艺学教程

卷 二

A. II. 索科罗夫斯基著

人民教育出版社

高等学校教学用书



机器制造工艺学教程

卷 二

A. П. 索科罗夫斯基著
天津大学机械制造教研室译

人民教育出版社

本書系根据苏联国立机器制造書籍出版社(Государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы)出版的索科罗夫斯基(А. П. Соколовский)教授著“机器制造工艺学教程——卷二”(Курс технологии машиностроения—часть 2)1949年版譯出。本書經苏联高等教育部审定为高等工业学校的教科書。

本書(卷二)研究机器零件及其要素的加工工艺問題。書中系統地介紹了軸、“軸套”类和“圆盘”类零件、同軸心和多軸心零件、平面零件以及成形表面等的加工方法。此外还研究了装配工艺的主要問題。

本書除作为高等工业学校的教材外,也可供机器制造工程技术人員和研究人員参考。

本書卷一由浙江大学机械制造教研組譯,卷二則由天津大学机械制造教研室譯。

机器制造工艺学教程

卷二

A. П. 索科罗夫斯基著

天津大学机械制造教研室譯

人民教育出版社出版 高等學校教學用書編輯部
北京宣武門內承恩寺7号

(北京市審判出版業營業許可證出字第2号)

崇文印刷厂印裝 新华書店发行

統一書号: 15010·891 开本 850×1163 1/32 頁張 16 2/3 (每頁1

字數 416,000) 印數 0001—10,000 定价 (7) 1.80

1960年9月第1版 1960年9月北京第1次印刷

序

在本教程的卷一中已經討論了機械加工工艺的一般問題，但是把機器制造工艺学归結为許多确切表述的一般規律，至少在目前是不可能的。所以把機器制造中的丰富經驗加以系統化就有很大的意义。

根据工艺过程典型化的理想，著者在本教程的卷二中力求按照各种零件的特性，把機器制造的經驗加以系統化。

機械加工工艺首先决定于被加工零件的外形；因此教材的分类应符合于機器零件按其外形所作的分类。但是零件外形不是决定工艺过程的唯一因素。工艺过程还决定于零件的尺寸、材料、所要求的加工准确度及已加工表面的質量、总生产任务的大小、批量的大小以及最后还决定于带有經濟与組織性質的各种因素的全部綜合。所以在研究每一类零件的加工方法时，应当研究加工准确度与光洁度，批量与該生产任务其他条件等等的影响。

在第二章到第六章中探討了零件的加工方法及其要素，把它們作了比較，指出了很多屬于一定零件組与表面組的局部規律性。在第一章緒論中扼要介紹了有关制定机床工序的一般原理。最后一章敘述了機器装配工艺的基础。

著者在选材时尽量吸收了機器制造各部門的經驗，并从有关工艺过程中获得最高度发展的那些部門来选取每一章节的材料。其次，著者認為只向学生介紹下列的某一种生产方法：大量，成批与单件生产方法，是不正确的。这样的敘述系統是不符合实际要求的，因为在很多工厂中所有三种生产形式都是同时存在的，或由一种生产形式轉变为另一种生产形式。此外，如果不考虑大量生产的发展途徑，就等于拒絕利用最先进的方法，但忽視機器制造成批与单件生产的要求，那也会曲解

正确的发展远景，因为保证更进一步发展苏联工业所必需的装备的生产正是以这些部门的发展作为基础的。

同时著者没有提出过不能达到的目的——讨论全部现有的机械加工过程及其各种方案，而只限于对资料的概括叙述。关于每一类实际零件的多样性的概念，在本书的分类表中加以说明。

学生在课程设计与毕业设计过程中，以及工程师在自己的日常实际业务中，使用所获得的知識来拟订实际零件的工艺过程时，应尽力保证高质量机器的经济生产。

从教程中删去个别细节，这一作法已证明是正确的。因为近七年来，机器制造个别部门与机器制造工艺问题方面的苏联书籍已被一系列珍贵而新颖的著作所充实，因而著者有可能介绍读者从有关来源中得到较充分的资料。

在教程的各个部分中都列入了举例。其中一部分取自苏联先进工厂的实际工作，其他部分是根据作者本人与其学生的工作结果；斯达汉诺夫工作实践给予了很多极好的例子。苏联的斯达汉诺夫工作者每天都指出先进的工艺方法，对这些方法的分析研究值得给予充分的注意。但是不应当把所有这些例子中所引用的数据看成是定额。在适当条件下研究的结果能够并且应该超过书中所列数据。

在本教程的卷二中指出各种“工艺学的奥妙”，目前尚难用规律性的形式来叙述；毫无疑问，将来可以把很多局部性的结论总合起来。我们认为，这种靠总结生产经验来丰富机器制造工艺科学的过程是这门科学进一步发展的基本条件。

至于各种不同的问题，著者尽力按现代先进工艺学的水平来叙述。即使现在我们的工业中轻视新的高生产率加工方法的工作人员不多，无疑地还是需要进行很多工作，以便尽量全面积极地来广泛应用这些方法。

每年有很多专家从高等工业学校的大门走向工业部门，而对他們

的培养很大程度上决定着工艺学的发展。青年工程师应自觉地运用本生产部門的先进工艺，并善于利用所有寶貴的新发明与改进。这样的工作与有时从外国杂志上剽掠新东西的作法是有根本的區別，因为后者对这些新东西在各种具体条件下的应用的合理性沒有作任何的批判和評價。学校应当使工艺师习惯于面对在工厂中所遇到的事实，不要把外来的事物看成是一成不变的和不受人們控制的，而要为了提高生产水平随时寻找对这些事实起作用的方法。

利用已經被系統化了的資料，并用科学方法来分析及进行計算时，工程师一定能够又快又好地考虑到其工作对象的工艺特性。

最后著者对本書的評閱者：技术科学博士 Н. С. 阿切爾康(Н. С. Ачеркан)教授，技术科学博士 В. С. 巴拉克辛(В. С. Балакшин)教授以及本書的編輯 А. Н. 奥格罗布林(А. Н. Оглоблин)副教授的寶貴指正表示深切的感謝，这些指正对本書卷一、卷二出版的准备工作有很大帮助。

著者

目 录

序	vii
第一章 机器零件加工工艺緒論	1
1. 金屬冷加工方法的概述	1
A. 提高切削刀具生产率的方法	1
B. 金屬高速切削加工法	5
B. 表面的最終加工法	12
2. 机械加工的高生产率工序的制定	22
A. 高生产率的机床工序的制定原則	22
B. 現代先进工艺的方法	29
第二章 軸的加工	32
1. 准备工序	32
A. 作为基本典型零件的軸	32
B. 軸的毛坯; 材料的切断和調直	33
B. 毛坯的打中心孔	38
2. 軸的車削	48
A. 外旋轉表面車削加工的概述	48
B. 剛性不强軸的車削	54
B. 阶梯軸的車削	57
3. 外旋轉表面高生产率加工法和某些特种軸的車削	64
A. 多刀車削	64
B. 在轉塔車床上加工軸	74
B. 光軸的生产	77
Г. 特种軸的車削法和外旋轉表面的某些特种加工法	83
4. 鍵槽的加工	89
5. 外旋轉表面的精加工	93
A. 外旋轉表面精加工方法的概論	96
B. 細車	94

B. 在頂尖或卡盘上輪磨	100
Г. 无心輪磨	108
Д. 加工外旋轉表面的光整工序	115
第三章 孔的加工	125
1. 鑽孔、搪孔和鉸孔	125
A. 用帶有金屬刃的刀具来加工孔的基本方法	125
Б. 搪孔的各种方案	137
B. 多刃刀具的加工	148
Г. 鑽孔、搪孔和鉸孔的各种方案	154
Д. 高生产率鑽孔工序和搪孔工序的制定	160
2. 孔加工的特殊情形	164
A. 深孔的加工	164
Б. 打中心孔, 端面、孔的入口部分及环槽的加工	176
B. 圓孔的拉削和推压	179
3. 孔的精加工	183
A. 孔的精加工方法的概述	183
Б. 細搪	184
B. 內磨削	190
Г. 孔加工时的光整工序	202
第四章 同軸心零件和多軸心零件的加工	212
1. 車削加工的轉塔化和自动化	212
A. 在卡盘上夾持工件的概述	212
Б. 車削加工的轉塔化	215
B. 在自动机床与半自动机床上加工	223
2. “軸套”类和“圓盘”类零件的加工	227
A. 保証同心度的方法	227
Б. 軸套零件和圓盘零件的加工工艺	234
B. 軸承的加工	240
3. 偏心零件的加工	249
A. 多軸心零件的各种加工方法	249
Б. 偏心輪和偏心軸的加工	250
B. 曲軸的加工	254
4. “十字接头”类零件和“槓杆”类零件的加工	268

A. 十字接头和管道附件的加工	268
B. 筒式活塞的加工	271
B. 连杆类零件和连杆类零件的加工	280
第五章 平面零件的加工	293
1. 用带有金属刃口的刀具加工平面	293
A. 平面的刨削	293
B. 平面的铣削	295
B. 高生产率刨削与铣削工序的制定	300
Г. 刨削与铣削的比较	308
Д. 用拉刀加工平面	313
2. 平面的最后加工与平面的磨削	316
A. 平面磨削	316
B. 粗面的磨削	321
B. 用圆盘磨削	325
Г. 平面加工时的光整工序	328
3. 平面零件的加工	329
A. 关于平面零件加工问题的概述	329
B. 连接平面系统的各种加工方法	337
B. 机床床身的加工	340
4. 有准确孔的平面零件的加工	348
A. 有准确孔的平面零件的加工工艺基础	348
B. 同心孔的加工	354
B. 不用特殊夹具与特殊机床的孔系加工	359
Г. 坐标镗孔	364
Д. 在专用机床上用镗模的孔系加工	372
E. 有准确孔之平面零件的加工举例	383
第六章 成形表面的加工	393
1. 成形表面加工方法的概述	393
A. 成形形状获得方法的分类	393
B. 旋转体成形表面的加工	394
B. 非圆体车削与成形孔的镗削	402
Г. 成形表面的铣削与拉削	406
Д. 特别的成形法	411

2. 锥体表面与球面的加工	417
A. 锥体表面的加工	417
B. 由圆弧旋轉组成的表面的加工	422
3. 螺紋的制造	426
A. 螺旋形成方法的概述	426
B. 絲杠与蜗杆的加工	448
B. 螺紋制件的生产	455
4. 带牙齿零件的加工	460
A. 齿輪与齿条加工方法的簡述	460
B. 牙齿的精加工	465
B. 花鍵工件的工艺	473
第七章 装配工艺基础	477
1. 装配过程及其制定	477
A. 装配过程的特点	477
B. 装配过程的制定与組織	479
2. 装配过程的工序	485
A. 在装配过程中表面相对位置准确度的保証	485
B. 装配过程簡述	489
B. 修配工作及其机械化	496
3. 旋轉零件的平衡	499
A. 靜平衡	499
B. 动平衡	502

第一章 机器零件加工工艺緒論

1. 金屬冷加工方法的概述

A. 提高切削刀具生产率的方法

历代工业工作者的工作方法和成就，奠定了現代机器制造工艺学的基础。这些方法的綜合形成了“工艺武庫”，并且由于机器制造业的进展不断地在充实着；正确地运用这个武庫需要有知識和經驗。必須將現代机器制造实践中的龐杂資料加以系統化，才有可能进行順利的研究。現在我們就試圖着进行这种系統化，并且从一般的情况开始进而研究各种类型零件的加工方法。

金屬熱加工在机器制造中的应用，主要是为了获得毛坯，至于最終的形状和尺寸，通常則是由冷加工来完成的。对于絕大多数机械加工工序來說，其加工过程乃是切削过程。但在某些情形下，为了精加工的目的，也应用金屬的冷压加工。近年来在机器制造的实践中，終于开始广泛采用完全是新的金屬化学加工方法和电加工方法，这些主要是苏联研究者的劳动所創造的。

切削过程在“金屬切削原理”教程中有詳尽的研究，所以在这里我們只討論与切削刀具的工作有关的某些一般性的問題，同时我們將引用一些在有关課程內不常講的关于金屬切創新方向的資料。

当圓車、鉋削和銑削时，若切下較小的裕量，往往不可能使强力的机床达到全負荷。走刀量通常被刀具耐用度及加工表面光洁度等条件所限制。

在这些情形下，可有效地应用主偏角 φ 很小的刀具。具有这种几何形状的車刀如图1,a)所示。切屑厚度 a 及切屑寬度 b 与走刀量 s 及

切削深度 t 间的关系如下:

$$a = S \sin \varphi, \quad b = \frac{t}{\sin \varphi}.$$

显而易见,当走刀量及切削深度为一定时,切屑剖面并不随 φ 角而改变,而是等于 $s \cdot t$ 。但在很多情况下,由于主偏角的减小而减小了切屑厚度,乃是提高生产率的一种因素,因为此时在刀刃单位长度上的切削力显然也会降低,因而便提高了刀具的耐用度。从获得较光洁的表

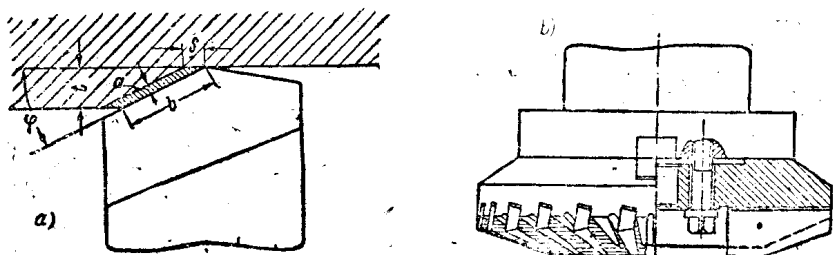


图 1. 主偏角很小的刀具。

面的观点来看,减小切屑厚度也是有利的。但是必须指出,主偏角的减小将同时使径向切削分力加大,这便增加了“机床—零件—刀具”弹性系统的变形,并且促使振动的发生。因此主偏角小的刀具,只能在刚性强的机床上切削刚度大的零件时方可使用。

和凸肩及台阶等相连接的表面部分,是不可能用主偏角小的刀具来进行加工的,这种情形也限制了此种刀具的应用。

图 1, b) 示一锥形端铣刀。此处也是采用小的主偏角,用这种铣刀加工时,每齿的走刀量是极大的^①。

如将主偏角减小为零,即得到一个与加工表面平行的切削刃。当切削深度小时^②应用这种宽刀作横向走刀或甚大的纵向走刀,是颇有成效的。

增加同时工作的刀刃数目,是提高生产率的有效方法。这种方法

① 参阅 М. П. Ларин, “Основы фрезерования”, Машгиз, 1947。

② * 参考本节的 В。

特別廣泛地應用於銑削加工。在搪削加工中多刃刀具（搪刀頭，鉸刀等等）也獲得廣泛的應用。

多刃刀具的工作方法有兩種：“走刀量分段法”（圖2, a）及“切削深度分段法”（圖2, b）。第一法較第二法的应用更廣，（按照第一法工作的有鑽頭，擴孔鑽，鉸刀，銑刀等等）。在這種情況下，刀齒好象在零件的表面上切削多头螺釘的螺紋，而且如果刀刃對稱分布於旋轉軸綫，則它們切下同一形狀和同一剖面的切屑，切屑的寬度為共同的切削深度所確定，而其厚度，則當主偏角為已知時，由比值 s/m 決定，其中 s ——走刀量，而 m ——刀刃數目。

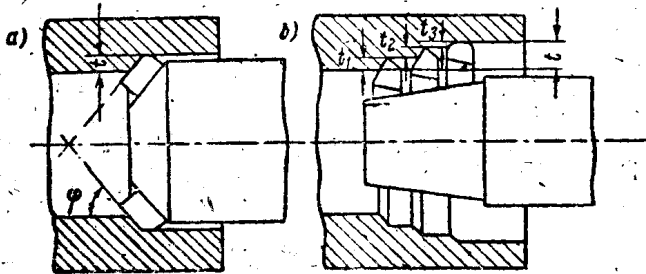


圖2. 按照走刀分段法及切深分段法工作。

根據上述情形，例如一六刃刀具，每一刃所切下的切屑，與一單刃刀以 $1/6$ 走刀量時所切下者相同。反之，若固定每齒的走刀量，則增加刀齒數目時，即可增加每轉的走刀量。如果刀刃分布得不規則，則在走刀方向上位於其他刀齒前邊的刀齒（搪削時），或位於距離軸綫較遠的刀齒（銑削時），其負荷將較其他刀齒為大，因而磨損較快。所以一切多刃刀具，按照走刀量分段法進行正確工作的基本條件，乃是正確的磨銳，或者若系鑲齒刀具，則從刀體上取下個別磨銳時，便須正確的裝配。

按照切削深度分段法工作的刀具，磨刃比較簡單。在此種情形下，僅最後進入工作的那些刀刃，才應當嚴格規定其形狀，因為最終尺寸只是由它們來確定的。圖2, b) 最右邊為光刀；它切下最小的切屑，而它的形狀也和其他兩個刀的形狀不同。

但是我們要注意,从提高生产率的观点来看,在任何加工裕量下,“走刀量分段法”都可以提高切削用量,而“切削深度分段法”则在小的加工裕量时,便几乎是无效的,因为大家知道,切削速度与切削深度的关系较小,而从表面光洁度来考虑,走刀量又不能大为增加。

图3所示为端铣刀的两种结构。其中图a)所示为每齿具有阶梯形状,并主要由底端刀刃从事工作的一种铣刀,它的每齿切下金属层的厚度,不应超过0.4毫米,而走刀量却可以很大(每齿达10毫米);图b)所示为另一种铣刀,其刀齿系按通常方法磨锐,但是却以不同的深度自刀身伸出^①。

正确选择切削用量,即正确选择切削深度、走刀量及切削速度,对于切削过程生产率的提高,有着极大的影响。增加切削深度及走刀量,因而增加切屑剖面,可以提高生产率;但是这时切削力不可避免的要增大。后一种情况极为重要,因为要在刚性强的机床上加工刚度大的零件的情形限制着这些“强力”用量的使用。

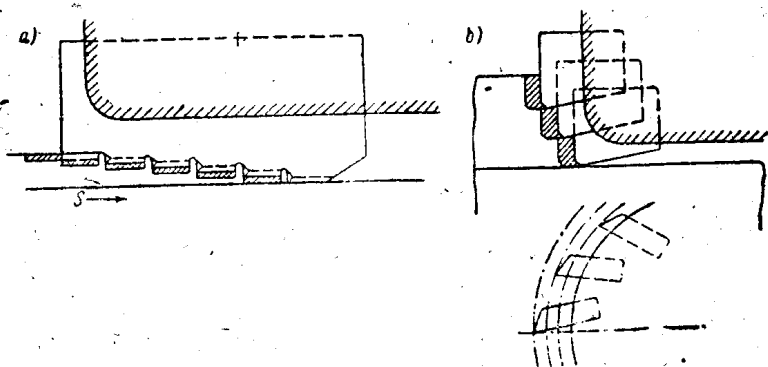


图3. 阶梯式铣刀。

此外,切削深度受到加工裕量大小的限制,而走刀量则受表面加工

^① 关于阶梯式铣刀参阅 М. Н. Ларин “Основы фрезерования.” Машгиз, М., 1947。

准确度及表面質量的限制^①。提高切削速度的方法是較為通用的。但“高速”切削需要具备一系列的條件

5. 金屬高速切削加工法

硬質合金出現于1927年,在对鑄鐵、有色合金及某些非金屬材料的加工过程中,逐漸地得到了一般的公認。但应用它們来加工鋼制零件时,曾遇到一些困难,即刀片发生碎落,在受到冲击載荷时尤其如此。

圓車鋼料的連續实心表面虽然是可能的,但是在切削間断表面,特别是切削硬鋼的情况下,便不能达到工作的稳定性了。早在1936—1937年,苏联所完成的研究指出:应用負前角的刀具,是增强刀刃的有效方法。这些实验証明,圓車淬火鋼是完全可能的。对于这种工作的可能性,也曾給出过理論根据。但是新工作法的广泛应用还是在偉大的卫国战争时期才开始的。

在1948年5月,全苏机器制造工程技术科学协会列宁格勒分会所組織的金屬高速切削會議在列宁格勒开会,会上介紹了苏联工业在高速切削方面所积累的經驗。会前曾发行了报告汇编^②,在本章內我們利用了一些汇编上的資料。

凡所用的切削速度大大超过偉大卫国战争以前生产条件下所采用的切削速度的加工方法,就叫做“金屬的高速切削加工法”。这种方法基于熟練地利用硬質合金刀具及采用刀刃的新的几何形状,特别是采用負前角^③。高速切削的實質,在于当提高切削速度时,改变热的平衡。

① 关于期望用最大可能的切削深度及較大走刀量来工作的切削理論的著名規則是由于刀具最大耐用度的观点而来的;它沒有考虑刀具工作条件的全部多样性。

② 技术科学博士 А. П. Соколовский 教授主編 “Скоростные методы обработки металлов”, Машгиз, Л-М, 1948。

③ 不能認為采用負前角是高速切削的基本特征。除了負前角之外,还广泛的采用正前角。

由于金屬受热而变軟的现象所产生的有利条件,只有在刀具有充分耐热性时才能实现。利用高速鋼的刀具作高速切削,实际上是不可能实现的。以高速进行工作,只有在应用硬質合金刀具时才有可能。但当在高温条件下切削鋼料时,即便是这种刀具也是在其能力的限度上进行工作的。因此,一切可能提高刀刃强度及耐磨性的措施,即便提高不多,也便于刀具在高热的变形層中工作,而使人們能利用此种高热的积极影响。

在这些措施中,首先是提高硬質合金的質量。近年来苏联出产了数种对鋼料的高速加工完全合用的合金牌号。T15K6合金获得普遍的推广。T30K4合金对于切除薄層的精加工尤为适宜。用BK8合金加工鋼料在目前認為是不适宜的。

改变刀具的几何形状——应用負前角——是提高刀刃工作性能的另一方法。在这种几何形状下,变形層有另一种形状,它与用正前角时不同。用負前角时,刀面主要用压力工作,楔角增大因而使得刀刃强度加大,并使导热条件得以改善。当刀具切入金屬时,在最初接触的瞬間,負前角使得着力点发生位移,离开了刀尖,由于这个緣故,刀具的最弱部分——刀尖——在冲击載荷下便有了保障。

我們已經講过关于鋼料的切削。切削鑄鉄及有色金屬需要很小的力量。这些金屬的高速切削实践,沒有指出用負前角較用正前角或零时的好处。

在金屬的一切高速切削法中,最初获得广泛应用的是高速銑削。当銑削鋼料时,由于切削过程的間断性,就不能用正前角的硬質合金刀,所以在卫国战争之前,硬質合金銑刀(而且数量有限)仅仅用来加工鑄鉄及有色金屬。后来由于应用負前角^①,使得有可能来保証鋼料零件的稳定加工,同时切削的間断性却成了良好的因素,即銑刀的旋轉,有着通风的效果,从而促进了刀齿的冷却,并降低了温度。故高速銑切鋼料

① 銑削軟鋼时及利用優質的硬質合金时,即便使用正前角,也能保証稳定的工作。

的应用,立刻获得极大的效果。

除了在加工淬火鋼的时候切削速度取得較低外,鋼件的切削速度在100—300米/分之間,甚至更高一些。銑削鑄鉄时切削速度要低些(70—130米/分)。輕合金的銑削速度可以达7,000米/分。但是在現代的銑削設備上能达到的銑削速度,普通仅为1,200—2,000米/分。

用銑头作高速端銑,使用得最为广泛;銑槽及成形銑削虽然也应用,但用得非常少。

有时也有这样的說法:在工业上同样广泛地应用的高速車削,其效果不如高速銑削。不管这种似是而非的矛盾說法如何簡單,但是它常常会使人忽略新方法的效果,甚而引起对新方法的某些失望。問題在于比較新旧方法时,要把装有硬質合金刀片的銑刀的高速銑削,和高速鋼銑刀的普通銑削来作比較。自然,这样比較所得到的效果就是很大的,机动時間就减低到原有的五分之一或更少些。可是当比較高速与普通車削时就不不得不考虑到使用硬質合金刀的既有經驗。甚而还有用勃別基特硬質合金来圓車鋼料的标准切削用量。若由新牌号和几何形狀的硬質合金切刀高速圓車鋼料所觀測的新切削用量,来与旧型式硬質合金刀具的标准切削用量比較时,所得到的效果自然是有限的。但是現在对高速加工的注意力集中在使人們能够达到以前所不能保證的完全稳定的工作。因此高速車削实际上的效果是十分大的,并且能和高速銑削的效果相比拟。

在普通加工条件下当切削深度为3—6毫米,走刀量为0.3—0.7毫米/轉时,圓車鋼料的切削速度与銑削一样,常在100—300米/分的范围之內。但是應該指出,斯达汉諾夫式車工达到了700米/分甚而更高的速度。圓車淬火鋼时常用較小的速度——在60米/分以下。但在某些情形下也可以較高些。圓車鑄鉄的速度为70—180米/分。有色金屬合金的加工速度达2,000米/分以上,同时这些速度范围常由机床的结构来确定。