

汽车制造技术丛书

汽车零件精密

锻造技术

朱伟成 著



北京理工大学出版社

汽车制造技术丛书

汽车零部件精密锻造技术

朱伟成 著

北京理工大学出版社

内 容 简 介

本书从工厂中负责精密锻造的工程技术人员所必须掌握的知识角度出发,系统介绍了毛坯材料准备、工艺编制要点、工装设计、设备选用等知识;例举了汽车典型精密锻造件国内外工艺情况;介绍了精密锻造过程中几种基本变形规律,并用塑性理论解说了实际工作中遇到的一些塑性变形现象。给出了工艺设计中的经验数据。

图书在版编目 (CIP) 数据

汽车零件精密锻造技术/朱伟成著. —北京:北京理工大学出版社, 1999. 5

(汽车制造技术丛书)

ISBN 7-81045-548-6

I. 汽… I. 朱… III. 汽车-零部件-精密锻造-技术 IV. U463

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 07811 号

责任印制: 李绍英 责任校对: 李 军

北京理工大学出版社出版发行

(北京市海淀区白石桥路 7 号)

邮政编码 100081 电话 (010) 68912824

各地新华书店经售

国防科工委印刷厂印刷

*

787 毫米×1092 毫米 16 开本 12.5 印张 294 千字

1999 年 5 月第 1 版 1999 年 5 月第 1 次印刷

印数: 1—3000 册 定价: 25.00 元

※图书印装有误, 可随时与我社退换※

《汽车制造技术丛书》编委会

主 编：朱伟成

副主任：林国璋

委 员： 丁能续 王怀林 王新华 王植槐 安宝祥
刘忠厚 刘景顺 李泰吉 李冬萍 林鸣玉
林信智 战权理 徐关庆

出版说明

为贯彻汽车工业产业政策，推动和加强汽车工程图书的出版工作，中国汽车工程学会成立了“汽车工程图书出版专家委员会”。委员会由有关领导机关、企事业单位、大中专院校的专家和学者组成，其中心任务是策划、推荐、评审各类汽车图书选题。图书选题的范围包括：学术水平高、内容有创见、在工程技术理论方面有突破的应用科学专著和教材；学术思想新颖、内容具体、实用，对汽车工程技术有较大推动作用，密切结合汽车工业技术现代化，有高新技术内容的工程技术类图书；有重要发展前景，有重大使用价值，密切结合汽车工程技术现代化需要的新工艺、新材料图书；反映国外汽车工程先进技术的译著；使用维修、普及类汽车图书。

出版专家委员会是在深化改革中，实行专业学会、企业、学校、研究所等相结合，专家学者直接参与并推动专业图书向高水平、高质量、有序发展的新尝试。它必将对活跃、繁荣专业著作的出版事业起到很好的推动作用。希望各位同仁、专家积极参与、关心、监督我们的工作。限于水平和经验，委员会推荐出版的图书难免存在不足之处，敬请广大同行和读者批评指正。

本书由朱伟成著，由贾青云审校，经专家委员会评审通过、推荐出版。

汽车工程图书出版专家委员会

《丛书》序

自从1956年7月15日，第一辆“解放”牌载重汽车从中国第一汽车制造厂总装车间下线，到今天，中国的汽车工业已经历了40多年风风雨雨的坎坷路程。我国的汽车生产无论从数量上品种上还是质量上都有了飞跃的发展。尤其是轿车生产，正处于一个高速发展的阶段。

为满足广大汽车科技工作者尤其是工作在生产一线的工程技术人员的需要，我们编著出版了这套《汽车制造技术丛书》。本丛书的作者是伴随着我国汽车工业一同成长起来的中国第一代、第二代汽车工作者，他们一直工作在汽车制造生产的第一线，积累了大量的实际经验，尤其是在“七五”“八五”期间，在引进消化、吸收国外先进汽车制造技术的过程中，他们都是各专业引进国外技术项目的主要参加者和国产化工作的实现者。目前，这些作者中的大部分都已届退休年龄，本丛书是他们从事汽车制造生产近四十年的实际工作经验的总结。

本丛书立足我国汽车制造业实际状况，注意实际经验，以典型的汽车零部件的生产工艺为主线，针对不同批量生产状况，在工艺、材料、设备选型、技术管理等方面作了详尽的介绍，并有国际最新汽车制造技术的发展趋势介绍，着重介绍了轿车各零部件的制造工艺和调试、检测技术，对工作在一线的广大汽车制造工程师和技术员以及汽车设计工程师具有很好的指导作用。尤其是刚迈出校门的大学生，确定专业方向之后，借用本丛书的帮助，可以早日独立工作，亦可作为在校汽车专业及相关专业学生的教学参考用书。

本丛书包括《汽车涂装技术》、《汽车零件精密锻造技术》、《汽车零件锻造技术》、《汽车电镀实用技术》、《汽车零部件感应热处理工艺与设备》、《汽车制造检测技术》、《汽车冲压技术》、《汽车焊接技术》、《汽车装试技术》、《汽车典型零部件的热处理工艺》、《汽车典型零部件的铸造工艺》、《汽车制造无损检测应用技术》等十二册，将由中国汽车工程学会汽车工程图书出版专家委员会推荐，由北京理工大学出版社出版。

在本丛书的编写过程中，受到了中国汽车工程学会、北京理工大学出版社的大力支持，在此一并表示感谢。

中国汽车工程学会制造技术分会
《汽车制造技术丛书》编委会

前 言

激烈的市场竞争要求汽车厂不断降低成本,提高质量。随着汽车产量的提高,精密锻造技术是降低汽车成本,提高产品质量最有效手段之一。

日本生产的汽车为什么价格低,质量又稳定,竞争能力那么强。这和日本汽车厂家努力发展汽车零件精密锻造技术有密切关系。1965年日本轿车每车精锻件的质量只有6 kg左右,1995年,已增加到45 kg左右,增加了6倍,锻件的成本降低30%以上。精锻件的品种从球头销、弹簧座、行星齿轮、十字轴等简单件发展到今天已能精锻前驱动轿车万向节的钟形壳、滑套、变速箱中同步器齿环、双连齿轮、薄壁内齿轮套等零件。这二年,变速箱中的重量达7 kg的阶梯轴零件,也能在多工位冷挤压机上生产,而且生产效率高达每分钟40多件。可见随着汽车产量的增加,国际上精锻技术发展之迅速。

为了让我国从事汽车零件精密锻造技术的工程技术人员了解国内外发展状况和典型零件的加工工艺,也为了让刚参加工作的技术人员掌握汽车零件精密锻造基本技能,希望能促进我国汽车零件精密锻造技术的发展,我们编著了这本书。本书内容基本上是工厂实用技术,精锻理论不做深入探讨,只用结论或经验数据。本书也可作为大学相关专业参考教材。

本书第2章中的第1节由单连滨编写,第6章中的第2节,第7章中的10、11、12、13节由付全友编写。其余章节由朱伟成编写。全书由贾青云校审。对本书写作过程中曾给过鼓励和帮助的所有同志,表示由衷的感谢。

由于本人学识水平有限,书中缺点在所难免,凡有不妥之处,恳请读者多提宝贵意见,以便再版时修订。

目 录

第一章 绪言	
1.1 精密锻造的现状和发展	(1)
1.2 精密锻造工序成本的计算	(7)
第二章 汽车精密锻造用黑色金属材料和下料	
2.1 冷精锻用钢材	(9)
2.1.1 影响钢材冷挤压性能的因素	(10)
2.1.2 冷挤压钢材的退火处理	(13)
2.1.3 汽车常用钢材的处理方式和用途	(15)
2.2 精密锻造用材的切断下料	(15)
第三章 精密锻造的润滑	
3.1 润滑油润滑	(19)
3.2 磷化皂化润滑	(20)
3.3 温精锻的润滑	(23)
第四章 精密锻造的几种基本形式	
4.1 压缩工艺	(25)
4.2 正挤压工艺	(27)
4.3 反挤压工艺	(31)
第五章 精密锻造的模具	
5.1 精密锻造模具用材料	(36)
5.2 精密锻造用模架	(39)
5.3 冲头的设计	(41)
5.4 凹模的设计	(45)
5.4.1 凹模图形实例	(45)
5.4.2 凹模的分割	(46)
5.4.3 预应力组合凹模的计算	(47)
第六章 精密锻造用设备	
6.1 精密锻造用压床	(56)
6.1.1 曲柄压力机	(56)
6.1.2 偏心齿轮式压床	(59)
6.1.3 肘杆式压床	(60)
6.1.4 油压机	(63)
6.1.5 多工位机械压床	(65)
6.2 多工位冷锻机和多工位热锻机	(67)
6.2.1 冷锻机的分类、编号	(67)
6.2.2 冷锻机结构概述	(71)
6.2.3 一模两冲冷锻机	(79)
6.2.4 多工位螺栓冷锻机	(85)
6.2.5 多工位螺母冷锻机	(93)
6.2.6 多工位冷成型机	(98)
6.2.7 多工位热锻机	(107)
第七章 精密锻造汽车零件实例	

7.1	半轴生产工艺	(118)
7.1.1	平锻机生产轻卡车的半轴	(118)
7.1.2	轻卡半轴缩细工艺	(119)
7.2	十字轴生产工艺	(123)
7.2.1	模锻生产十字轴工艺	(123)
7.2.2	闭塞挤压生产十字轴工艺	(124)
7.3	直齿圆锥齿轮的精密锻造	(127)
7.3.1	热锻冷精整生产直齿圆锥齿轮工艺	(127)
7.3.2	闭塞挤压生产直齿圆锥齿轮工艺	(131)
7.4	花键的精密锻造技术	(133)
7.4.1	多辊凹模正挤花键工艺	(133)
7.4.2	整体凹模正挤花键工艺	(134)
7.4.3	平板齿条展成法搓挤花键工艺	(139)
7.4.4	成形法冷打花键工艺	(140)
7.5	轮毂螺母的精密锻造	(141)
7.5.1	分序冷挤压生产轮毂螺母工艺	(142)
7.5.2	多工位冷挤压机生产轮毂螺母工艺	(143)
7.5.3	塞闭挤压生产轮毂螺母工艺	(144)
7.5.4	技术经济分析	(146)
7.6	汽车交流发电机极爪的精密锻造	(147)
7.6.1	极片和铁芯分别冷挤工艺	(147)
7.6.2	汽车用交流发电机整体极片冷挤压工艺	(150)
7.7	直齿圆柱齿轮的精密锻造	(152)
7.7.1	中空成形法加工直齿圆柱齿轮	(152)
7.7.2	直齿圆柱齿轮的分流锻造法	(153)
7.8	前驱动轿车等速万向节零件的精密锻造	(154)
7.8.1	三种工艺比较	(154)
7.8.2	温挤冷精校生产钟形壳和滑套工艺	(155)
7.9	同步器齿环的精密锻造及后加工	(160)
7.9.1	同步器齿环用材料	(160)
7.9.2	生产同步器齿环的工艺流程	(162)
7.9.3	同步器齿环的加热和精锻	(162)
7.9.4	精锻同步器齿环的模具	(164)
7.9.5	同步器齿环的切削加工	(167)
7.9.6	同步器齿环关键尺寸的测量	(168)
7.10	铆钉、销钉、螺钉的冷锻工艺	(173)
7.11	螺栓类零件的冷锻工艺	(177)
7.11.1	采用三工位冷锻机加工	(177)
7.11.2	采用四工位冷锻机加工	(181)
7.12	螺母类零件的冷锻工艺	(184)
7.13	管接头等异形件冷锻工艺	(187)
参考文献		(190)

第一章 绪 言

1.1 精密锻造的现状和发展

我国加工行业将正挤、反挤加工称作冷挤压，将锻粗加工称作冷锻。国际上将冷挤压、冷锻统称冷锻，将钢材在室温以上到 800 °C 的温锻和温挤压加工称作温锻。由于冷锻和温锻的变形机理完全相同，只是加工温度不同，所以这几年又把冷锻和温锻统称为精密锻造。

精密锻造和锻造的最大差别在于精密锻造件没有飞边，而锻造件有飞边。精密锻造工艺的材料利用率高，尺寸精度高，所以这几年发展很快。日本丰田汽车厂在 1996 年中日第五届精锻学术交流会上发表资料表明，该厂在 1987 年，精锻件重量占全部锻件质量的 11.6%，到 1991 年发展到 19.5%。这里不包括螺母、螺钉件。他们已投产精锻十字头轴、花键轴、圆柱齿轮、伞齿轮、等速传动轴、内花键齿套等汽车零件。见图 1-1。特别是这几年发展温锻技术后，一些变形程度大的复杂件和变形抗力大的合金材料的汽车零件的精锻也成为可能。由于精锻技术的发展，日本有关论文表明，近几年日本锻件成本下降了 20%~30%。

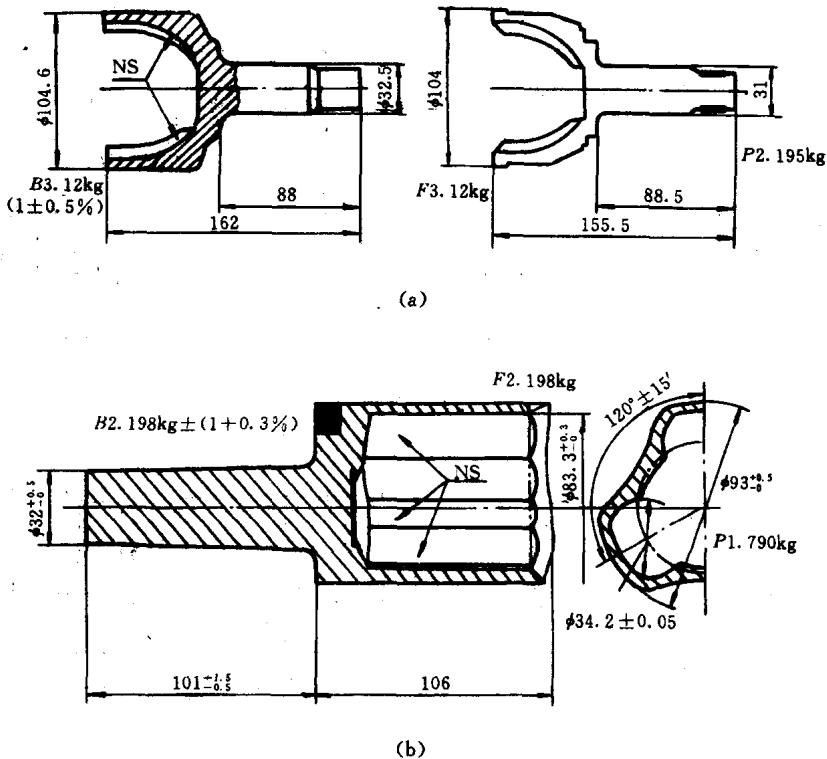
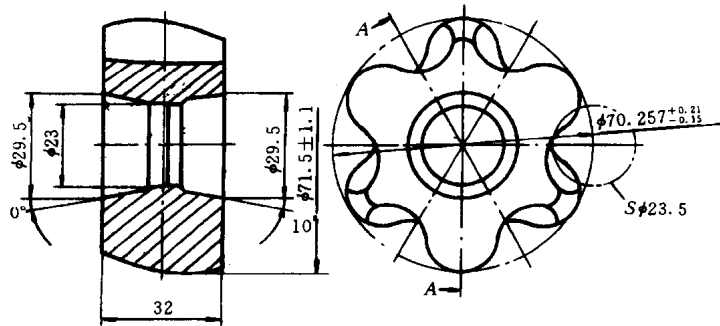
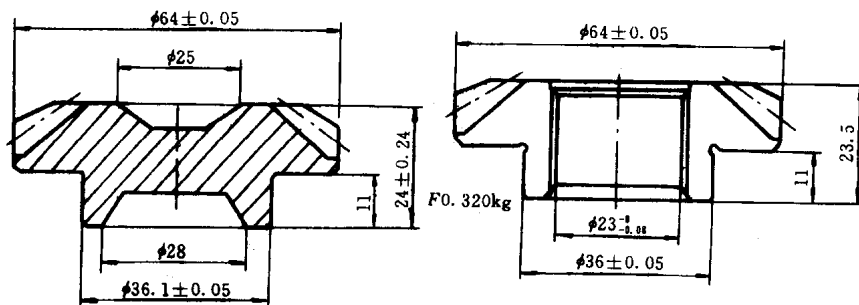


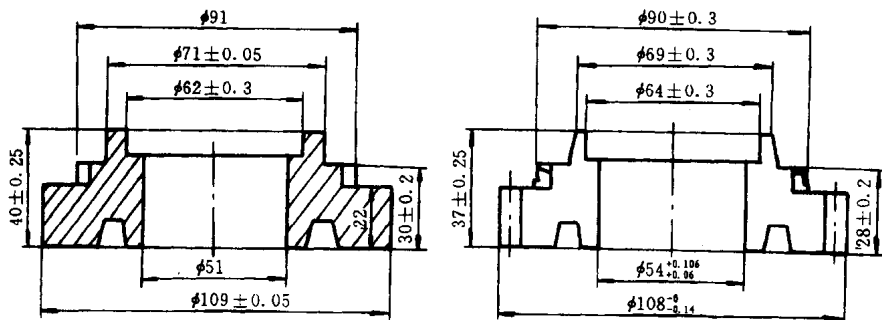
图 1-1



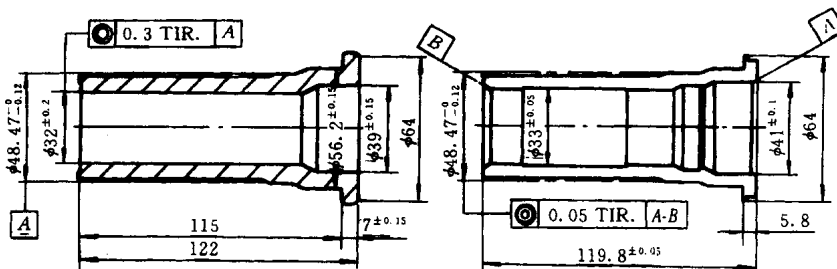
(c)



(d)



(e)



(f)

图 1-1

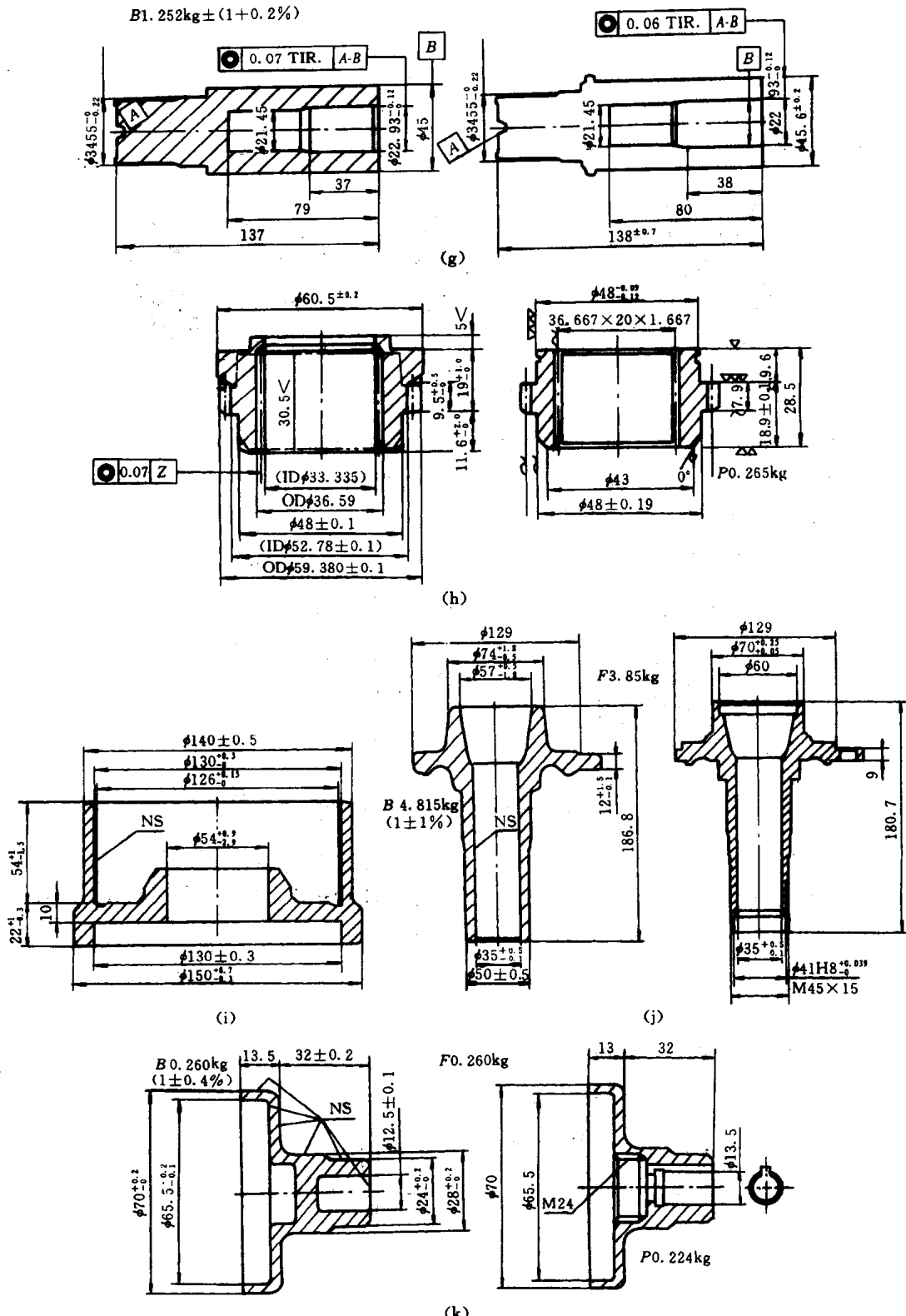


图 1-1 日本已用于生产的部分精锻件

精密锻造技术是值得我国汽车行业重视的一门发展中技术，它无论是在质量和经济上都很多的优点。

①材料利用率高。精密锻造件没有飞边，材料按照设定的工艺，从毛坯塑性变形成所需产品形状。有些件精锻后只需少量加工，有些件不用加工可直接投入使用。图 1-2 是五吨卡车传动轴十字轴，普通锻造工艺每件用料 1.69 kg，精密锻造工艺每件用料只有 0.9 kg。

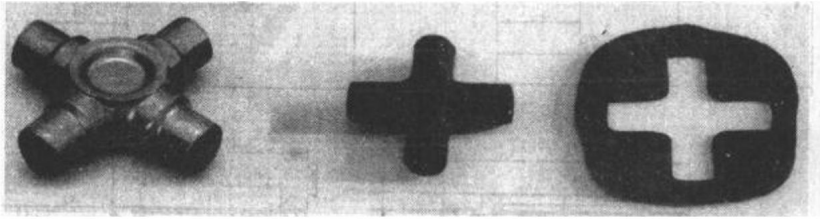


图 1-2 十字轴的精锻件和普通锻件

②提高劳动生产率。切削加工受机床、工具和切削用量的制约，生产效率不可能很高。图 1-3 是五吨卡车的后刹车凸轮轴的花键，切削加工花键部分每件 3 分钟，挤压花键每件只需 0.4 分钟，提高劳动生产率六倍以上。

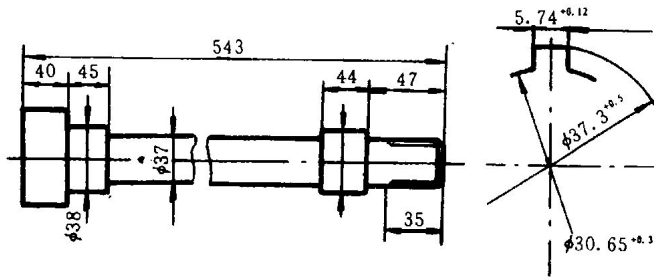


图 1-3 正挤加工的 CA1092 刹车凸轮轴花键

③可加工形状复杂的零件。图 1-4 是 Audi 轿车座椅上一个叫做螺纹座的零件，本体横截面为桃子形，端面上有四个凸焊点，用切削工艺根本无法加工。用精锻工艺成功地加工出了此件。

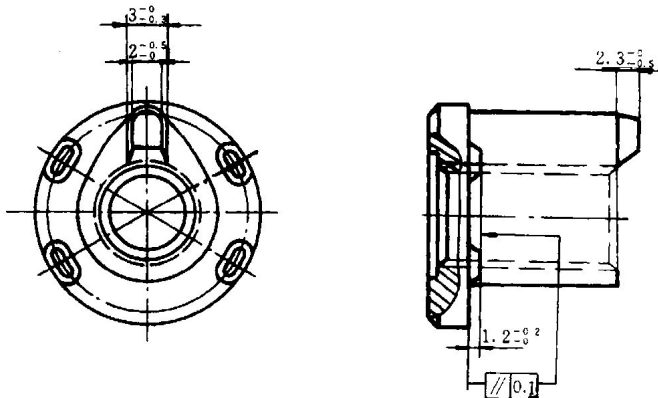


图 1-4 冷挤工的 Audi 轿车上的复杂件

④产品的尺寸一致性好，精度高。冷锻的凹模和冲头一般用高速钢制造，正常情况下加工2000件直径方向只磨损0.01mm左右。如果使用硬质合金凹模，正常寿命可达100万件以上，加工10多万件才磨损0.01mm左右，所以产品的尺寸一致性十分理想。产品的尺寸精度基本上由模具决定，不象切削加工，精度受刀具、机床传动精度诸多因素的影响，所以精密锻造件的尺寸精度高。图1-5是图1-3中刹车凸轮轴花键部分花键齿厚的尺寸精度情况，挤压件的尺寸精度要比切削件高得多。

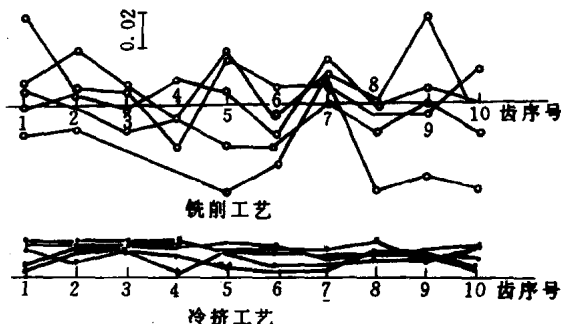


图1-5 挤压和切削工艺方花键齿厚比较

图1-6是日本工藤英明教授于1997年7月在中国第一汽车集团公司精锻技术交流会上的资料，他系统地归纳总结了日本轿车采用精锻件的发展过程。表的横轴是年份，上方的曲线表示每车采用精锻件的质量，实线是精锻件的每车质量，虚线是将精锻件加工成成品后每车质量。下图是每隔五年新投产的精密锻造汽车零件。1965年时每车精锻件的质量只有6kg左右，到1995年已增加到45kg左右。

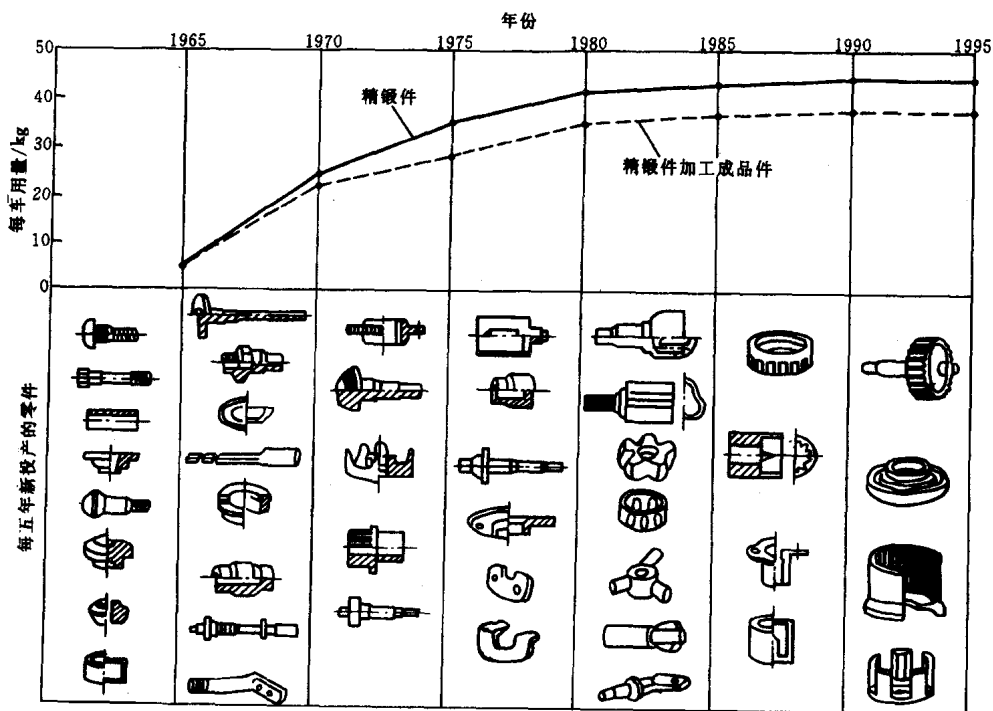


图1-6 日本轿车精密锻造零件每车用量和投产年份

在我国，大部分汽车厂还处在日本1965年以前精锻件的水平，只能精锻球头销、活塞销、弹簧座等零件，只有个别精锻厂能生产前驱动轿车中的等速连接轴滑套和钟形壳等精锻件。图中1990年至1995年期间所示变速箱中台阶同步器钢齿轮、薄壁内齿套等零件，我国还未开始做试验。由于齿轮机械加工设备的进步，外齿轮加工的效率已比较高，但内齿轮的切削加

工效率至今还不高，所以我们应该在内齿轮的冷挤压工艺上多投入些力量，使之实现精密锻造生产。

图1-6中日本已投产的这些精密锻造轿车零件都应该作为我国汽车厂的奋斗目标，使之从切削加工逐步转化为精密锻造加工。我们应该先实现成形难度小、产品精度要求较低的行星齿轮、十字轴、轻卡半轴这类零件的精密锻造，应该推广在油压机上，用凹模冷挤花键技术，它比搓花键、冷轧花键的设备投资少。

我们要注意国外正在大力发展用多工位冷挤压机生产变速箱中台阶轴的这一技术动向，图1-7是日本阪村机械制作所在多工位冷挤压机生产的一根轴。这根轴重7 kg，每分钟生产45件，是用 $\phi 45$ 重3 t的大盘料，经过校直、切断、缩细、镦粗、精整等工序加工成的。

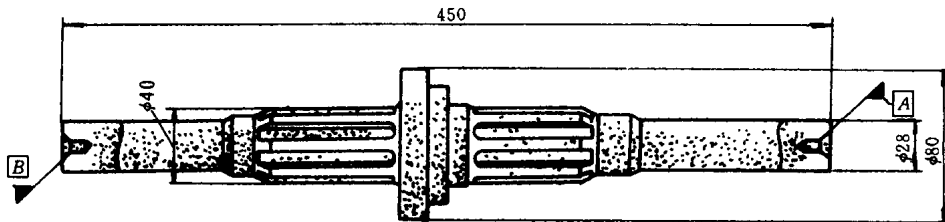


图1-7 用多工位冷挤压机生产的台阶花键轴

这根轴最大直径 $\phi 80$ mm，最小直径 $\phi 28$ mm，长450 mm，还有花键，要求径向跳动小于0.05 mm，所以有相当大的技术难度。他们能用如此高的效率大批量生产，说明他们整体精密锻造技术已发展到了相当高的水平。

用冷挤压工艺生产变速箱中的轴还有另一个优点，那就是冷挤压毛坯轴比热锻轴的切削性能好。一汽大众传动器中的轴毛坯，开始没用冷挤压准备毛坯，而用热锻后粗车来达到冷精锻毛坯的尺寸，但是因为切削性能不好，在引进的生产流水线上通不过，后又改为冷挤压生产毛坯轴。

我国的轿车工业刚刚起步，目前各汽车厂正忙于引进产品。由于资金的限制，对先进工艺的引进放在后面，这对大批量生产的轿车工业来说会造成成本高、产品质量不稳定的局面。国内对先进工艺的开发经费投入也不足，这对发展我国的精密锻造技术是十分不利的。开展精密锻造研究资金投入大，它需要大吨位高精度的压床，需要价格昂贵的模具，需要反复多次的试验，批量中试后才能投入大生产。投产前的组织工作也很复杂，涉及毛坯下料、退火、润滑等工序，温锻还要有中频加热设备。如果没有工厂的足够重视，精密锻造工艺很难在汽车厂中发展起来。所以工厂对精密锻造技术的重视程度是发展汽车零件精密锻造技术的先决条件。

我国与发达国家在汽车零件精密锻造技术领域里的差距是相当大的。汽车上的很多零件应该用精密锻造工艺生产，而我们还在切削加工。有志于精密锻造专业的工程技术人员、工人技师都应该掌握精密锻造的基本技能，努力把我国的精密锻造工艺搞上去，让我国的汽车成本降下来，使我国的汽车在世界上有一定的竞争力。

1.2 精密锻造工序成本的计算

为什么本书在绪言之后马上介绍精密锻造工序成本的计算？因为精密锻造件的成本受生产批量、模具寿命的影响极大。如果批量很小，模具寿命很低，精密锻造件的成本比切削工艺生产的件还高，这时我们就不能采用精锻工艺生产。为此每种件在准备采用精锻工艺之前，必须先做经济成本分析，之后才决定是否采用精锻工艺。产品的成本很复杂，为了提高可比性，我们可算出各种工艺的工序成本，工序成本是该工序生产过程中发生的成本，不包括管理费用、财会费用税金等其它费用。

工序成本一般包括下列内容：设备折旧费、能源费、材料软化处理费、润滑费、工模具费、人工费、厂房折旧费、辅助材料费。

单件工序成本费可以用下列各式计算：

设备折旧费 = 设备价(元) × 0.010 4 / 月产量

0.010 4 是按 8 年设备折旧完时的月折旧率。

动能费 = 班耗能源费 / 班产量

有关参考价格如下：(某大汽车集团公司 1996 年厂内价格)

煤气：0.18 元/m³，压缩空气：0.04 元/m³，天然气：0.04 元/m³，水：1.9 元/m³，电：0.33 元/kW，热：0.26 元/GJ，保护气：0.98 元/m³。

材料软化处理工序成本：0.27 元/kg。

磷化皂化润滑处理工序成本：0.27 元/kg。

工模具费 = 工具单价 / 工具平均寿命。

人工费 = 30 元/班定额。

厂房折旧 = 厂房每平方米造价 × 本工序所占面积 × 0.002 694 / 月产量。

辅助材料费 = 每月辅助材料费 / 月产量。

将设备折旧费、能源费、工模具费、人工费、厂房折旧费、辅助材料费相加，得该工序的成本。将各道工序成本相加，得该零件的工序成本。

如果某汽车零件原来切削加工，现准备改为精锻工艺，为了论证工艺更改的经济性，我们可以用上述方法分别算出切削工艺和精锻工艺的工序成本。如果切削工艺工序成本加上材料费用大于精锻工艺工序成本加上材料费用，说明将该汽车零件从切削工艺改为精锻工艺是合理的。因为二种工艺的材料消耗不同，材料费应该分别计算。

但是在做以上比较时，必须考虑零件的年产量，如果该汽车零件的年产量很少，购入设备后只能加工这种零件，没有别的产品在此设备上生产，那么在计算上述各项费用时，月产量不能用该设备的生产能力来计算，月产量只能用每月实际生产数量来计算。工模具费用应该加上银行利息。因为工模具价格较高，寿命很长，如果每年批量很少，那么几年也用不完，所以计算时加上银行利息比较合理。

为了计算方便，我们制订了表 1-1，供计算时参考。

表 1-1 单件工序成本统计表(元)

零件名称		零件号		材料名称		材料单价		材料定额		材料费		工序成本小计	
序号	工序名称	班定额/件	设备名称型号	设备价格	电机功率 其它动能	厂房面积/m ²	人工费	工具费	厂房折旧费	设备折旧费	动能费		辅助材料费

说明：改进前后相同的工序可以不填

设备折旧费 = 设备价(元) × 0.0104 ÷ 月产量

厂房折旧费 = 厂房每米造价 × 面积(m²) × 0.002694 ÷ 月产量

动能费 = 班耗 × 单价 ÷ 班产量

煤气：0.18 元/m³，压缩空气：0.04 元/m³，天然气：0.04 元/m³

水：1.9 元/t，电：0.33 元/kW·h，热：26 元/GJ，保护气：0.98 元/m³

人工费 = 30 元 × 人数 ÷ 班定额

工具费 = 工具价 ÷ 寿命

辅助材料费 = 每月辅助材料费 ÷ 月产量