

《国外机械工业基本情况》参考资料

汽车锻造技术

济南汽车制造厂 编

第一机械工业部技术情报所

一九七九年

出版说明

以华主席为首的党中央向全国人民提出了新时期的总任务，全国从上到下一心一意搞四个现代化。机械工业要适应“四化”的要求，必须为国民经济各部门提供现代化的技术装备。为此，需要研究和学习国外机械工业的先进技术和经验。在这种形势下，我们组织有关单位编写一套《国外机械工业基本情况》参考资料。这项工作第一次开始于1973年，1975年基本完成。这次是第二轮，在内容和范围上都比上次有所充实和扩大。

这套参考资料按专业分册出版。汽车锻造技术为《国外汽车制造技术基本情况》的一个分册。主编单位第一机械工业部第九设计院，编写单位济南汽车厂，主要执笔人员有：付和盟、黄一裕、于时化、魏美玲、李维莲、马淑仁、杨熙东、韩继来、胡继云及山东工学院有关同志等。

一机部技术情报所

目 录

概况	(1)
一、热模锻工艺和设备	(4)
(一) 棒料切断	(4)
(二) 加热	(6)
1. 火焰加热	(6)
2. 电加热	(8)
(三) 模锻	(11)
1. 模锻锤	(11)
2. 热模锻压力机	(13)
3. 平锻机	(15)
4. 螺旋压力机	(17)
5. 模锻设备的选择及其趋势	(18)
(四) 切边	(22)
(五) 锻件热处理	(23)
(六) 清理	(24)
二、特种锻造工艺	(25)
(一) 冷锻	(25)
(二) 温锻	(29)
(三) 楔形横轧	(30)
(四) 摆动辗压	(32)
(五) 径向精密锻造	(35)
(六) 粉末锻造	(37)
(七) 液态模锻	(41)
三、模具	(45)
(一) 模具材料	(45)
(二) 锻模制造	(51)
(三) 如何提高模具寿命	(55)
1. 熔化	(56)
2. 模腔成形	(56)
3. 热处理	(56)
4. 镍合金表面处理	(56)
5. 放电镀复处理	(56)
6. 离子渗氮	(57)
7. 渗硼	(58)

8. 工作条件	(58)
9. 模具的预热和冷却	(59)
10. 润滑剂	(59)
四、模锻生产的机械化自动化	(60)
(一) 国外模锻生产的机械化自动化背景	(60)
(二) 日、苏、西德等国模锻生产的机械化自动化概况	(61)
(三) 模锻生产的机械化自动化装置	(63)
1. 备料	(63)
2. 加热	(63)
3. 模锻	(63)
4. 切边	(65)
(四) 典型模锻生产线介绍	(67)
1. 日本住友金属公司6000吨热模锻压力机全自动生产线	(67)
2. 日本日产汽车公司横滨厂6000吨热模锻压力机自动生产线	(70)
3. 日本住友金属公司 11000 吨热模锻压力机自动生产线	(71)
4. 苏联卡马汽车厂12000 吨热模锻压力机自动生产线	(73)
5. 日本住友金属公司35吨·米无砧座锤模锻生产线	(76)
6. 日本大同制钢公司7 ¹ / ₂ 吋平锻机半轴自动生产线	(78)
7. 日本丰田汽车公司1600吨水平分模平锻机半轴自动生产线	(78)
8. 日本日产汽车公司 900 吨水平分模平锻机齿轮自动生产线	(79)
9. 日本日产汽车公司2500吨多工位热模锻压力机连杆自动生产线	(79)
10. 英国加林顿锻造公司“1201”自动锻造机组	(79)
11. 日本日产汽车公司1200吨多工位热锻机自动生产线	(80)
12. 日本日产汽车公司300/570吨冷锻机自动生产线	(81)
五、质量管理	(82)
六、专业化协作	(92)
(一) 美国	(92)
(二) 日本	(94)
(三) 英国	(101)
(四) 苏联	(103)
七、汽车锻件生产厂家(车间)介绍	(106)
(一) 日本日产汽车公司横滨厂锻造车间	(106)
(二) 日本五十铃汽车公司川崎厂锻造车间	(107)
(三) 日本三菱汽车公司东京制作所(川崎厂)锻造车间	(108)
(四) 日本大同制钢公司知多厂锻造部分	(108)
(五) 日本住友金属公司模锻车间	(116)
(六) 新日本锻工公司	(117)
(七) 苏联伏尔加汽车厂锻造车间	(119)
(八) 苏联卡马汽车厂锻造分厂	(122)

- (九) 美国福特汽车公司坎顿锻造厂.....(123)
- (十) 西德福特汽车公司锻造厂.....(124)
- (十一) 西德奥佩尔汽车公司锻造厂.....(124)
- (十二) 西德格拉赫模锻厂.....(125)
- (十三) 英国加林顿锻造厂.....(126)

概 况

由于锻件具有强度高、耐冲击、内部质量稳定等优点，因而锻造加工迄今仍不失为汽车制造业中一项重要加工手段。人们所熟悉的汽车零件，如曲轴、连杆、前梁、转向节等毛坯通常都是锻件。

汽车锻件在金切毛坯中所占的比重约为40%。

在大量生产的条件下，为了节约钢材、提高工效，并使锻件的几何尺寸精度能满足专用高效加工机床的工艺要求，国外提供汽车工业使用的锻件，都是精度较高的模锻件。

各国汽车锻件用量正随着汽车产量的增加而日益增大。据一九七〇至一九七四年间的统计，英、法、西德等国用于汽车生产的模锻件，各占其模锻件总产量的40%以上。如英国一九七二年模锻件总产量为48.4万吨，其中汽车锻件37万吨，占总产量的77%。

综合国外汽车锻件来源可分自给、部分外协和外购三种情况。苏联、西德的汽车制造厂，锻件自给能力一般较强，苏联近三十家汽车制造厂，几乎都有自己的锻造车间，可为本厂产品提供全部或部分锻件。新建的卡马汽车厂，锻造生产设计能力达30万吨/年。在西德的二十五家汽车制造厂中，有锻件自给能力的约占35%，如福特（Ford）、奥培尔（Opel）汽车厂，都有自己的锻造分厂。相反，英国除福特和奥斯汀能生产自己所需模锻件的10~12%外，其余的汽车制造厂极少有自己的锻造车间，锻件几乎全由专业锻造厂供给。日本十一家较大的汽车制造厂，除日产、丰田、五十铃、三菱四家有锻件自给能力外，其余各公司、厂家的锻件都是从专业锻造厂或冶金厂获得的。

专业化生产是资本主义世界争夺产品市场的组织手段，锻造行业也不例外。世界各国的专业模锻厂不断以新的技术装备和先进加工工艺生产出数以百万吨廉价产品，为汽车、航空、船舶等部门服务，成为汽车工业锻件的重要来源。如英国最大的模锻厂——加林顿（Garlington）厂，年产15万吨锻件，其中汽车锻件占95%。日本住友金属工业公司装备的世界著名的11000吨热模锻压力机自动生产线，更是专为模锻重型载重汽车的前梁、曲轴而设计的。所以，国外若干专业模锻厂就其服务对象和产品方向，都可视为汽车锻造的一部分，其技术状况在某种程度上代表了汽车锻造技术的现状，故下面所介绍的若干内容，许多是引自这些专业模锻厂。

锻件生产的工艺设备

五十年代初，模锻锤辅以少量的平锻机和热模锻压力机是构成汽车锻件生产能力的主要设备。普遍使用的模锻锤是0.5~10吨锤。为了模锻曲轴等大型锻件，美国的威利、法国的贝利埃（Berliet）等汽车厂还装备了16吨模锻锤。当时80%的产品是用锤生产的。

早在四十年代，国外煤炉已开始淘汰，加热燃料主要是油及煤气，感应加热还不足2%。

无砧座锤的推广使用，及其具有结构简单而又振动小的优点，使得大型有砧座模锻锤的某些优点沦为次要地位。一般大于5吨模锻锤的发展已逐步为无砧座锤所取代。

进入六十年代以来，热模锻压力机又逐步取代锤的地位，成为大量生产条件下的重要模锻设备。在此期间，各国所发展的700~8000吨热模锻压力机，以及以此组成的自动线，标

标志着模锻件生产进入了一个新的阶段。这些自动线所生产的连杆、球叉、传动轴、曲轴等锻件，无论在生产率或锻件精度方面，都达到了前所未有的水平。正由于热模锻压力机具有效率高、锻件质量好、便于实现自动化和公害低等优点，因而被认为是模锻设备的主要发展方向。苏联在一九五〇至一九六七的十七年间，使它的热模锻压力机拥有量增加了40倍，并计划到一九八〇年，60%的汽车锻件使用热模锻压力机生产。

尽管热模锻压力机有着逐步取代锤的趋向，锤的生产仍朝着电液驱动方向发展。各国现有为数甚多的模锻锤仍在发挥巨大作用。特别是采用无砧座锤生产大型模锻件仍占一定的地位。即使在工业高度发达的西德和日本，情况也是如此。

用平锻机生产各种带法兰及凸肩的杆类锻件是普遍采用的先进工艺，半轴是这类锻件的典型。西德哈森克勒弗尔 (Hasenclevev) 公司制造的2000吨水平分模平锻机，在配有机械手的情况下，锻盘径200毫米、重23.4公斤的汽车半轴，生产率达400件/小时。由于平锻机效率高、振动小和便于实现自动化等优点，因而它的发展为各国所重视。

在大量生产的条件下，摩擦压力机比起锤及热模锻压力机，无疑处于次要地位。但由于它结构简单、价格低廉、使用维修方便，所以现时摩擦压力机的使用仍很广泛。据统计，在一九六〇至一九七〇的十年间，西德模锻业使用的摩擦压力机增加了324%。西德不少专业模锻厂以摩擦压力机为主要设备，如瓦尔姆普莱斯 (Warmpress) 厂和波特霍夫 (Potthoff & Flume) 厂，前者拥有200~1600吨摩擦压力机8台，全厂160人，一九七四年产量为1.2万吨；后者仅800吨和1600吨摩擦压力机各1台，全厂32人，年产锻件3200吨。六十年代以来，为了推广精锻工艺，在摩擦压力机的基础上还发展了液压螺旋压力机和电动螺旋压力机，使这种压力机吨位可以做得很大。

采用径向锻轴机和楔形横轧机制造阶梯轴，是当前欧美各国广为采用的先进工艺。奥地利 G·F·M 公司生产的径向锻轴机，一般备有上下料机械手，工作过程都是数控的，劳动条件十分优越。意大利阿尔法罗米欧 (Aefaromeo)、汽车厂用这类锻机锻制半轴杆径，精度可达 ± 0.3 毫米，生产率为80件/小时。楔形横轧具有很高的生产率，并能实现生产过程自动化，所以苏联各汽车厂都十分注重推广楔形横轧工艺。李哈乔夫汽车厂在这方面取得了很大成效，并计划采用 Д-1000楔形横轧机使制件直径达100毫米。

新工艺的采用

锤及各种锻压机生产的热模锻件，毕竟因氧化皮的影响使锻件精度的提高受到限制。为获得少无切削的高精度模锻件，早在四十年代，欧美各国就致力于研究冷锻、冷挤方面的冷态成形工艺。近二十年来，随着冷锻技术的不断发展与完善，如行星齿轮、半轴齿轮、活塞销、球销、弹簧座及半轴等零件都能以冷锻工艺制造。美国福特汽车公司一九七〇年建成的行星齿轮冷锻线，日产行星齿轮2.7万件。日本日产汽车公司的横滨厂一九七五年建成的半轴冷锻自动线，月产35万件。目前，汽车工业使用的冷锻件已占相当比重。日本七十年代初，平均每辆汽车使用33公斤冷锻件。美国估计到一九八〇年每辆汽车使用的冷锻件可望达到60~70公斤。用冷锻工艺生产的零件，材料利用率能达到95%以上。

由于冷锻需要很高的单位压力，单从加大设备吨位来扩大冷锻件的重量范围显得很经济。因此国外在冷锻的基础上又发展了温锻技术。所谓温锻就是在不产生氧化皮的前提下，通过低温加热达到降低材料的强度极限的目的。温锻虽是近期发展的新工艺，因它兼有冷、热模锻的优点，所以受到了锻造行业的重视。美国布朗公司 (Brown) 使用一台1000吨压

力机温锻万向节叉，月产7万件。

机械化与自动化

实现锻造生产过程的自动化，是摆脱笨重体力劳动、提高生产率和降低成本的有效途径，因而它是锻压生产的主要发展方向之一。自动化有单机自动和多机联成的自动线；机械手的推广使用加速了锻压设备的单机自动化生产；汽车产量的逐年增加，又为组成生产率更高的生产自动线创造了有利的条件。如日本住友公司的6000吨、11000吨热模锻自动线的出现，都是在汽车（特别是载重汽车）产量不断增加的情况下建成的。目前，热模锻压力机自动线、平锻机自动线、多工位热模锻压力机自动线、电热锻自动线、径向锻轴机自动线等，都在各国的专业模锻厂中广泛使用。

模具材料及模具制造

国外在探讨各种成形工艺及生产过程自动化的同时，十分注重有关模具材料及模具制造方面的技术研究。各种新型材料的出现不仅提高了热锻模的寿命，并促进了冷锻、冷轧等少无切削工艺的发展。苏联近来用新研制的40XCMΦ和Дu22、Дu23模具钢制造模具，比原用5XHM钢制造模具的寿命提高1~2倍；用MCTiOT钢制成的冷锻钹块与冷挤压冲头，比原先使用最好材料制造的钹块与冲头寿命提高4~10倍。

模具制造技术水平的提高，大大缩短了模具的制造周期。美国使用的铸造锻模能减少机加工时50%，使用寿命也很长。使用电解、电火花机床加工复杂而又精度要求高的模具，比使用靠模铣床更为经济。为进一步提高模具寿命，美国对热锻模的表面还采用喷镀合金处理。

“公害”治理

“公害”是工业发达国家普遍存在的难题。就锻造业而言，“公害”的表现是噪音、振动和烟气。有砧座模锻锤是造成噪音、振动的主要方面。国外虽早已淘汰煤炉，但燃油加热炉仍有冒黑烟的可能。迫于舆论压力，有关部门不得不对若干方面加以限制，并要求工业企业采取必要措施。国外减少锤的使用和向电加热方向发展，除出于工艺上的考虑外，也是减少“公害”的措施之一。

近二十年来，国外汽车锻件的生产已从五十年代的锤锻工艺逐步向压力机锻的方向发展；生产过程的省力化、自动化无疑已进入了更高的阶段。在模锻基础上发展起来的精锻、冷锻、温锻、辊轧、辗压等新工艺、新技术，也已广泛地应用于生产。模锻件所能达到的尺寸误差，正在改变人们对锻件精度的传统概念。同时，为了严格控制质量，不仅改善了加热条件和完善了锻件的热处理工艺，而且建立起一套严格的质量管理系统。

展望未来，汽车锻件的生产必将随着技术的进步而不断改变其环境与面貌。一个英国人曾经设想：二十一世纪的锻造业，可能是进入按电钮操作的时代。不能排除他出于资本主义宣传，或实现这一设想可能更为遥远，然而，确实反映了国外锻造业的发展方向。

一、热模锻工艺和设备

(一) 棒料切断

棒料的切断方法，一般是剪切和锯切。国外汽车厂锻造车间以剪切为主，锯切为辅。用车床或圆锯锯切棒料，切口质量好，但生产效率低，加工时有大量切屑，因此，对大批大量生产是不适宜的。只用于大尺寸棒料，小批量生产之中。用剪切机剪切棒料，虽然断面变形较大，断面光洁度较差，重量公差也较大，但它的生产效率高，又无切屑，所以，是目前大批大量生产时最恰当的切断方法，一般用于直径 150 毫米以下的棒料的切断。

日本《压力加工便览》对各种棒料切断法的应用范围规定如表1-1。

表1-1 各种棒材切断法的应用范围

切断方法	应用范围		备 考
	断 面	材 料	
锯 断	300×300毫米以下	全 部	断面尺寸指在自动进给情况下的尺寸
冷 剪 切	210×210毫米以下 190×190毫米以下 170×170毫米以下	拉伸强度45公斤/毫米 ² 以下 拉伸强度55公斤/毫米 ² 以下 拉伸强度70公斤/毫米 ² 以下	断面尺寸是碳钢和低合金钢的尺寸，坯料最小长度为断面周长的1/2
	300~400°C	大于上述尺寸的断面	
剪 切	小于或等于上述尺寸的断面	镍铬合金钢	
100°C以下剪切		>0.25C 碳钢和锰钢	为了避免冬季应力裂纹
折 断	230×230毫米以下，坯料最小长度为300毫米	拉伸强度55公斤/毫米 ² 以上	拉伸强度指碳钢的拉伸强度

为了取得较好的切断面，国外较多地采用了加热剪切的方法。加热温度低于 100°C 的，可将棒料浸泡在 80~98°C 的热水中。加热温度达 100~300°C 或更高时，一般使用煤气管或贯通式隧道炉加热，近来也有使用电阻和电感应加热的。对于抗剪强度较高的材料，或者材料尺寸较大而剪切机能力较小时，也采用加热剪切的方法。这时，加热温度根据抗剪强度和温度的关系决定。

例如：西德福特汽车公司锻造厂 500 吨剪切机配有热水加热装置，水温 80°C；西德盖拉赫锻造厂前梁模锻自动线，剪切机料架附近有一个支架，下设一吋左右的煤气加热管，用以加热支架上的钢材，温度不超过 100°C；日本住友金属工业公司制钢所，11000 吨热模锻自动线和 6000 吨热模锻自动线，剪切前棒料使用热风循环步进式（重油）预热炉进行预热，加热温度为 300°C；英国加林顿厂加热温度在 120°C 以下时，用安装在料架下的煤气加热管加热，加热温度要求达 550°C 时，使用贯通式隧道炉（一台加热炉可供两台剪切机使用）；苏联伏尔加汽车厂锻造车间的 160 吨和 500 吨剪切机，金属材料切断前分别使用感应加热炉和八区段贯通式机械化煤气炉加热。

有些锻造车间全部采用冷剪，如意大利的阿尔法罗米欧汽车公司锻造车间和西德奥培尔汽车公司锻造厂。

传统的剪切机是上刃做上下运动的压力机式的，多数为机械传动，也有液压传动的。

早期的棒料剪切机，由于棒料被剪切端在剪切过程中处于自由状态，所以剪切断面质量较差。目前国外新式剪切机增加了被剪下端棒料的夹紧装置，从而在一定程度上提高了断面的质量，基本上满足了热模锻工艺的要求。

西德奥穆科公司生产的 H·M·K 系列液压——机械传动棒料剪切机，在剪切面的两端将坯料和棒料夹紧，同时，在剪切的每一瞬时，夹紧力和剪切力保持一定的比例（即差动剪切），这样能保证切口平滑整齐，与棒料轴线所成的倾角较小。

日本使用的一种方法叫做倾斜剪切法。图 1-1 是这种剪切法的示意图。被剪切棒料倾斜成一个 α 角度，固定刀片和活动刀片的刃口与棒料的轴线垂直，使切口与棒料轴线保持直角，为了防止在切断开始阶段棒料发生弯曲，剪切机将棒料的端部支承住。

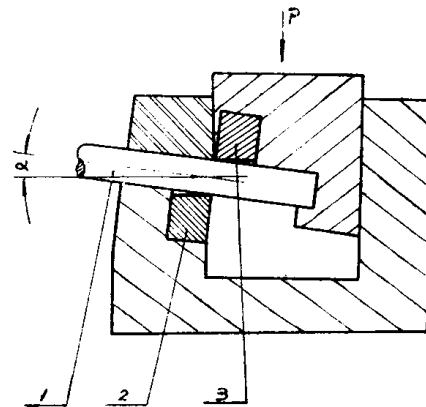


图1-1 倾斜剪切法示意图
1—棒料；2—固定刀片；3—活动刀片

为了适应新工艺的要求，国外还设计试制了多种新结构的高速精密剪切机。

英国伯明翰 (Birmingham) 大学利用应变速度达到一定值以后会变脆的原理，设计了一台液化气高速锤剪切棒料。打击能量为 1380 公斤·米，最大打击速度为 22 米/秒，可剪棒料最大直径为 55 毫米，每分钟剪切 22 次，长度方向上的切断精度为 $\pm 0.3\%$ 。

日本和西德根据相同的原理制造了 MSR32 型精密棒料剪切机，其主要技术参数如表 1-2。

表1-2 MSR32型精密棒料剪切机主要技术参数

最大剪切力 (吨)	32	剪切速度 (毫米/秒)	1000
可剪棒料直径 (毫米)	5 ~ 36	滑块行程 (毫米)	44.4
可剪棒料最大长度 (毫米)	350	生产率 (件/分)	125

另外，东德还研制了一种渐进式剪切机。剪切力沿着径向作用在棒料横断面圆周的各点上。图 1-2 示出这种剪切机在剪切圆棒料过程中力的作用和渐进方式。

目前国外的剪切工艺也在探索机械化和自动化的道路。据报导，英国兰伯顿 (Lamberton) 公司制造了一套采用电子计算机控制的棒料剪切机组。图 1-3 为该机组的示意图。每根棒料都在载荷传感器上称量，信号输入小型计算机，然后适当调整挡料器，以控制剪切坯料的长度。

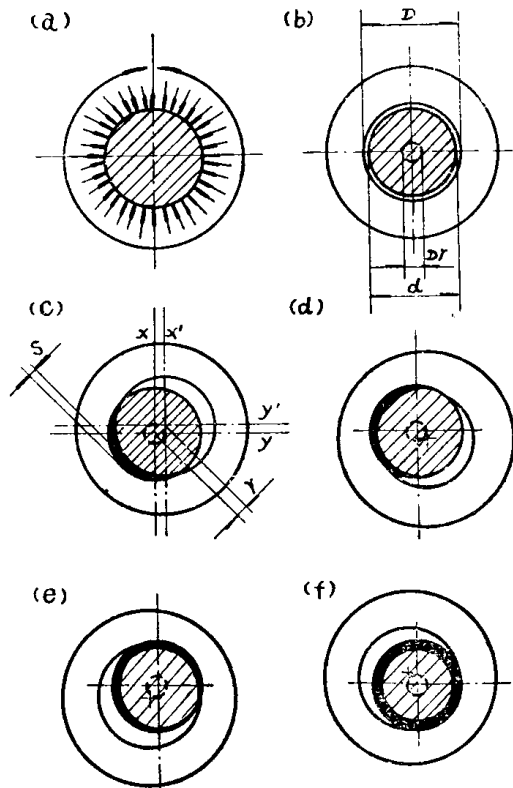


图1-2 力的作用和剪进方式示意图
 a—力的作用；b—剪刀原始位置；c、d、e、f—剪刀在剪切过程中的瞬时位置；D—剪切内径； D_r —剪刀中心回转圆周的直径；s—剪进深度；r—剪刀中心的回转半径

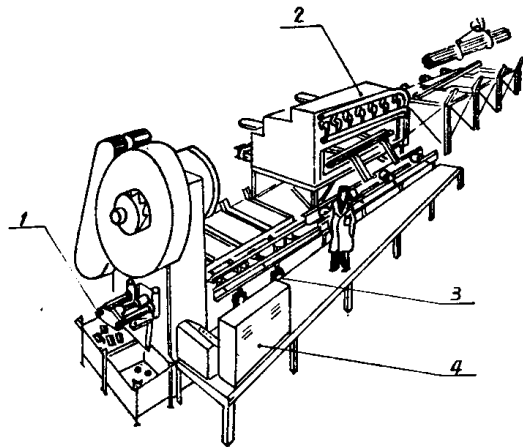


图1-3 英国兰伯顿公司棒料剪切机组
 1—后挡料架；2—自动料架；3—载荷传感器（测压计）；4—控制后挡料架计算机

(二) 加 热

锻造加热可分为以油和可燃气为燃料的火焰加热和使用电能电加热的两大类。

1. 火焰加热

火焰加热使用于室式炉、推入式炉、步进式炉和转炉等。

室式炉见图1-4，这是一种典型的间歇炉。这种炉子投资最便宜，对工件的尺寸和形状无特殊要求，通用性较高，使用维修简便，是一种广泛使用的加热炉。但是，它的热效率低，一般在10%以下；工件放入和取出都是人工操作，不易实现机械化和自动化；炉内烟气由炉口流进工作场所，辐射热使操作者经常处于烟和热的熏烤之下，作业环境恶劣；炉内温差较大，加热温度不均匀。因此，它是一种比较落后的炉子。由于它的通用性较高，所以国外不少锻造厂家仍然使用着这种炉子。它多数是与锻锤配合工作的。

图1-5为室式炉的热利用及各项损失。

推入式炉是一种连续加热炉，包括坯料的纵向推入和横向推入两种。图1-6所示的是纵向推入式加热炉。炉底有8~10条V形导槽。炉膛分预热区和加热区，坯料先经高温气体预热，然后进入加热区。这种炉子的热效率比室式炉高，一般为15~18%。为了防止坯料从炉底V形导槽脱落，对坯料断面精度要求较高，而且坯料长度须为直径的1.5倍以上，最小直径为35毫米。

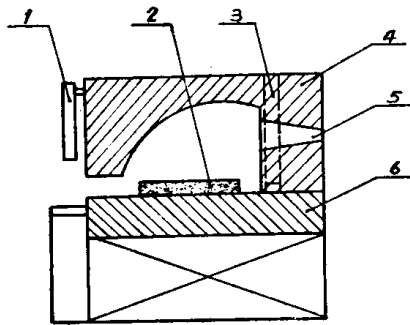


图1-4 室式炉

1—前盖 2—坯料 3—烟道 4—炉顶 5—喷嘴口 6—炉底

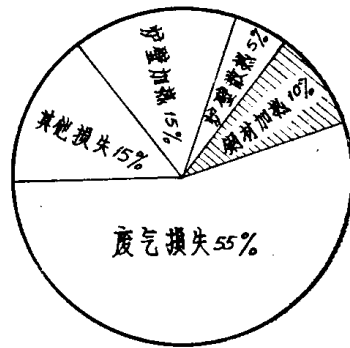


图1-5 室式炉的热利用

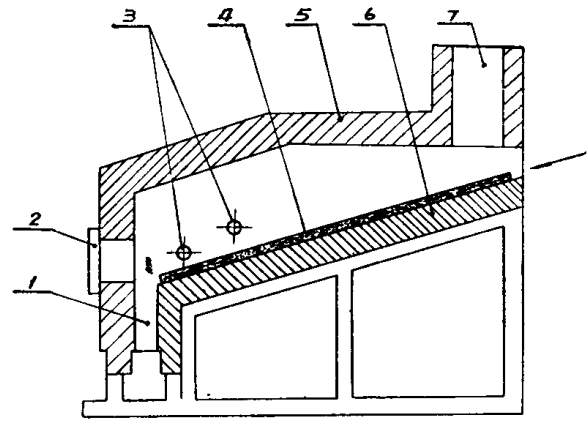


图1-6 推入式炉

1—落口 2—前盖 3—喷嘴口 4—坯料 5—炉顶 6—炉底 7—烟道

步进式炉的结构如图1-7、1-8所示。炉底是由两部分组成的：中间为活动炉底，两边为固定炉底。加热时先将坯料放在固定炉底上，然后活动炉底将坯料举起，向前移动一定距离，落下，重新把坯料放在固定炉底上，活动炉底返回原来位置。以上动作反复进行，实现步进。这种炉子也有预热区和加热区，热效率较高，适用于直径较小长度较大的坯料加热。

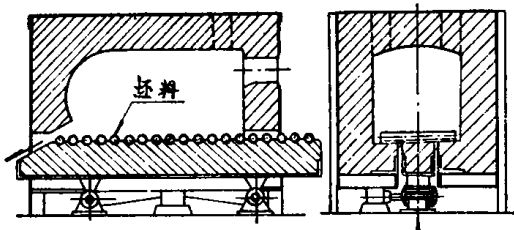


图1-7 步进式炉

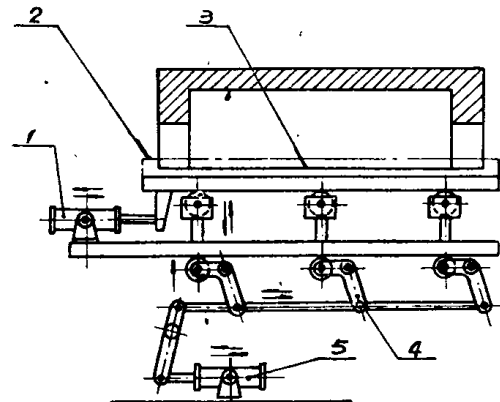


图1-8 步进式炉的步进装置

1—油缸(送进) 2—活动炉底 3—固定炉底 4—支点 5—油缸(炉底升降)

转炉是近年来国外各锻造厂使用较多的一种连续炉，包括回转炉底式和全回转式两种。图1-9是日本内野式UKM型转炉。图1-10为内野式UKM型转炉的剖面图。这种转炉也有预热区和加热区，炉底旋转一周，工件加热完毕，热效率可达20%。

各种加热炉的热效率的比较如表1-3。

表1-3 各种加热炉的热效率

炉子类型	热效率 (%)
室式炉	8~12
推入式炉	15~18
转炉	13~25

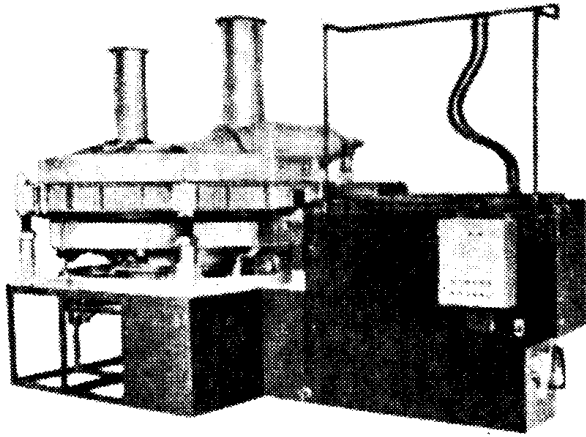


图1-9 日本内野式 UKM 型转炉

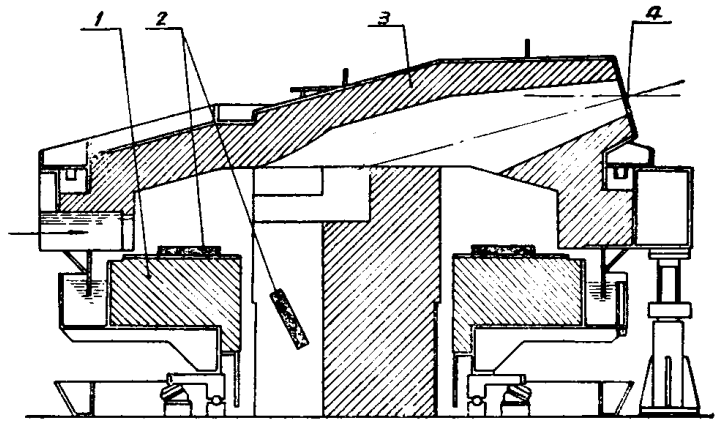


图1-10 日本内野式 UKM 型转炉剖面图

1—回转炉底 2—坯料 3—炉顶 4—喷嘴口

推入式炉，步进式炉和转炉常用于锤上或小型螺旋压力机上的模锻，转炉的热效率高于其他燃烧式加热炉，又便于实现机械化和自动化操作，因此，是很受欢迎的加热炉。

意大利阿尔法罗米欧汽车厂在锻造车间35吨·米无砧座锤和5吨、3吨蒸空模锻锤联合锻造线上也采用转炉加热。

西德亨舍尔厂 (Henschel) 是一个以锤为主的模锻厂。该厂全部采用煤气加热炉，主要炉型为推入式，也有少量转炉。

日本大同制钢公司知多分厂挤压车间使用转炉，平锻机车间6台加热炉中4台是室式炉。在只需要对坯料的一端进行加热的情况下，有时使用图1-11所示的丝杠进给式自动炉。这种炉子适合于小直径棒料的局部加热。另外还有一种垂直链式自动炉，图1-12是其示意图。

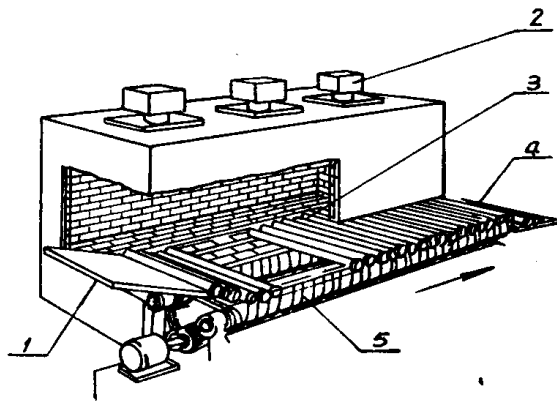


图1-11 丝杠进给式自动炉

1—坯料自动进给台 2—喷嘴 3—加热部分
4—经过加热的坯料 5—进给丝杠

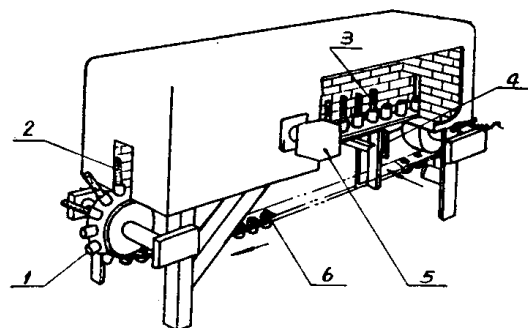


图1-12 垂直链式自动炉

1—坯料插口 2—冷坯料 3—加热部分 4
—经过加热的坯料落下 5—喷嘴 6—循环链

2. 电加热

电加热具有加热快、质量好、操作简便、易于实现机械化和自动化等优点，是一种先进

的加热方法，近年来得到迅速发展和广泛应用，特别是国外近年新建投产的大型、中型锻造自动线，都采用电加热方式。

电加热主要分感应加热和直接电阻加热两种。

(1) 感应加热

感应加热的原理是通过线圈上的感应电流形成感应磁场，在工件内部产生涡电流，通过电流的热效应，实现对工件的加热。图1-13所示是感应加热装置的外观。

感应加热的优点是：①加热快，工件直径与加热时间的关系曲线如图1-14；②加热温度均匀，并易于控制；③氧化皮少（加热方式与钢材氧化率的比较如表1-4）；④能合理地布置加热装置与锻压机械，便于实现机械化与自动化；⑤操作简便，不需要复杂的操作技术；⑥作业环境好。

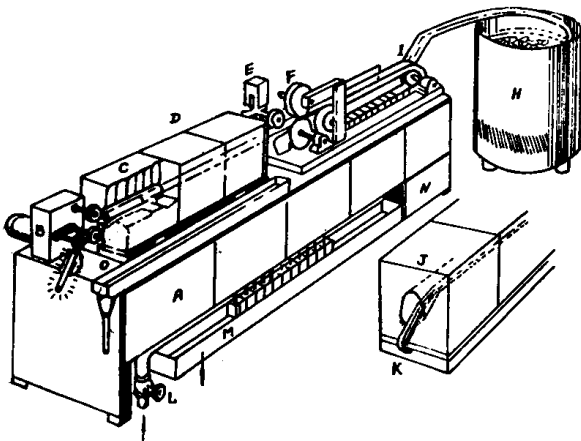


图1-13 感应加热装置的外观

A—台架 B—输出辊（长坯料用） C—保温感应线圈（长坯料用） D—加热感应线圈 E—进给速度检测继电器 F—送料辊 H—坯料自动供给装置 I—坯料进给机构 J—保温感应线圈（短坯料用） K—导轨 L—冷却水阀 M—排水槽 N—配电箱 O—线圈架

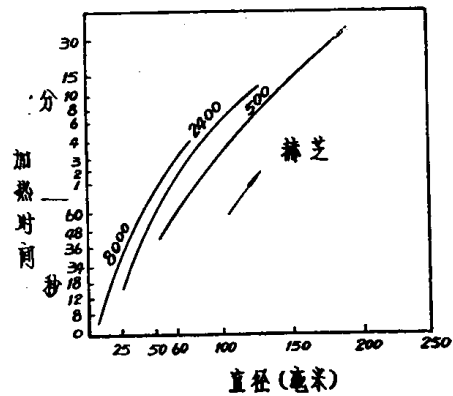


图1-14 工件直径与加热时间的关系曲线

表1-4 加热方式与钢材氧化率的比较

加 热 方 式	氧 化 率 (%)	加 热 方 式	氧 化 率 (%)
室式重油炉	3~4	煤 气 炉	2~2.5
重 油 炉	2.5~3	电 炉	1~1.5
室式煤气炉	2.5~3	高频感应加热	0.5~1

感应加热的缺点是：①设备投资高（为普通加热炉的6~10倍）；②在多品种生产的情况下，要备有各种尺寸的感应线圈；③在电力不足的情况下，电力的消耗是一个较大的负担。

感应加热是一种由外周向中心传导的加热方式。为使工件的外周和中心的温度均匀一致，在加热时要根据工件的材料和直径大小选择相应的电流频率。表1—5是各种材料直径与电流频率的关系。

感应加热是目前国外广泛使用的一种先进的加热方法。这种加热方法特别适合于大批量自动化生产的锻造车间。

表1-5 感应加热频率数的选择

坯料直径 (毫米)		20	40	60	80	100	120	140	160
铝、	铜	10千赫	8千赫	1千赫		50赫			
黄	铜	10千赫		8千赫	1千赫		50赫		
磁性钢	650°C以下	10千赫	34千赫	1千赫	50赫				
	650°C以上	10千赫		8千赫	1千赫		50赫和1千赫双频加热		
不锈钢、镍合金	1千赫								

英国加林顿模锻厂，热模锻压力机配中频感应加热装置。全厂共有42个中频感应加热装置，每个装置的容量为5000千伏安，每吨坯料耗电333度。42个中频感应加热装置共有170组线圈。日夜两班生产，线圈使用寿命为2年，即7000小时。最大的一台每小时可加热4535公斤坯料，与4500吨压力机配合工作。

西德福特汽车公司锻造厂，全部采用中频感应加热。该厂有24台500千瓦、4台1200千瓦感应加热装置，多数为步进式。

苏联新建的卡马汽车厂，生产线全部采用感应加热。

日本住友金属工业公司在模锻生产中共使用感应加热装置25台。它在3条6000吨热模锻压力机自动线上（每条线上配3台）和11000吨热模锻压力机自动线上（配2台），均采用双频感应加热装置。双频感应加热装置，包括两个加热线圈：工频加热线圈和中频加热线圈。送料器按规定时间将坯料推入加热装置内，同时将已加热的坯料推出落入送料辊道。

美国密执安州的感应加工设备公司研制成一种新型全自动感应加热系统，采用三项革新：一是用优质耐热耐磨合金钢导轨取代水冷导轨；二是通过电流限制和电容器开关控制，以及编好程序的慢启动，能迅速有效地加热冷坯料，并在适当时机自动转入生产状态；三是采用延时和低功率保温控制器，加热器能处于等待状态，而使坯料保持在适宜的锻造温度，时间达15分钟，以便修理压机或换模子。

(2) 直接电阻加热

直接电阻加热的原理是电流通过工件，利用电阻发热而加热工件。这种加热方法，热效率在80%以上；设备费用较低；对材料尺寸变化的适应性也较好；工作时无燃烧，无烟尘，作业环境好。它适用于断面较小的毛坯的加热。毛坯直径在70毫米以上时，内外温度差达10~15°C。在这种情况下，一般不采用电阻加热。这种加热方法对毛坯表面质量要求较高，如果表面凹凸不平，则会发生火花，过热，熔敷。

英国加林顿厂的“1201”机组，使用直接电阻加热。6米长的棒料，不到一分钟就可加热至锻造温度。

总的看来，国外使用直接电阻加热的情况还是较少的。另外，国外还有一种使用电阻元件对坯料进行辐射传热的加热炉。例如，美国TRW公司使用的旋转炉膛加热炉就属于这一种。该炉炉膛外径为6.65米，内径为2.74米，有效高度为1.83米，加热能力为每小时2300公斤。炉子的加热元件为碳化硅电阻元件。加热元件围绕炉子的内外壁垂直安装，额定输入功

率为1125千瓦。共有五个加热区。坯料在炉内进行无氧化加热，加热温度均匀，温度公差可控制在 $\pm 5^{\circ}\text{C}$ 以内。

近年来，国外很注意发展快速加热。其中最著名的是英国煤气公司的“对流加热新技术”。根据这种理论，热的传递是通过高温气体对流进行的。它与辐射传热方式相比，坯料在炉内停留时间短，加热速度与感应加热差不多，从而最大限度地减少了金属氧化。

据报导，最近日本使用一种喷嘴与炉壁构成组合体的自动推杆式液化石油气炉。这是一种使用冲击喷射式喷嘴的快速加热炉。它将高温气体直接吹向工件，以进行热传导。燃烧气体具有较高的喷射速度。但这种炉子目前还有许多技术问题没有解决。

另外，国外在加热炉上开始使用换热器。但是，使用换热器以后，温度控制问题还没有解决。

(三) 模 锻

1. 模锻锤

模锻锤包括有砧座锤、无砧座锤、液压锤等，应用范围很广。

(1) 有砧座锤

有砧座锤包括蒸-空两用模锻锤和空气模锻锤。有砧座锤的特点是：结构简单，价格低廉（其价格仅为热模锻压力机的三分之一左右）；动作灵活，便于操作；生产率较高，偏心锻打能力也较大。特别适应多品种、小批量生产的需要。但是有砧座锤砧座一般是锤头的20~25倍，并且，需要很大的基础。基础费用大约相当于设备本身价格的30%。此外，操作时震动大，能量的有效利用率较低。

近年来，这种锤没有很大的发展和变化，只在结构上做了某些改进，例如缩短了行程，增加打击次数。

自六十年代后期，日本和西德都生产了短行程锤。它的特点是高度低，稳定性好，行程短，打击速度较高，生产率比一般模锻锤高30~40%。设计上采取砧座、锤身和缸体一体化结构，提高了砧座的耐冲击性能，锻件精度有所提高，设备重量比一般有砧座锤减少三分之一。

(2) 无砧座锤

无砧座锤自三十年代出现于德国以来，到目前为止，世界各国锻造行业使用的无砧座锤已有两千多台。

无砧座锤的工作原理是两个重量大致相等的锤头，以相同的速度锻打工件。锤头的运动方向，一种是垂直的，为立式无砧座锤；一种是水平的，为卧式无砧座锤。驱动方式，一种是驱动一个锤头，同时带动另一个锤头，做反方向运动；一种是用动力同时驱动两个锤头。

无砧座锤上下锤头的联接方式有两种：带式联接和液压联接（如图1-15）。带式联接无砧座锤的设备投资较少；联接钢带虽是易损件，但更换方便。40吨·米以上的无砧座锤，如果采用带式联接，则会因钢带质量太大，而产生困难，所以一般是液压联接。

表1-6是西德贝歇公司生产的液压驱动无砧座的基本参数。

和有砧座锤相比，无砧座锤有设备重量轻、基础小、价格便宜、上下模成形性能接近、打击效率高、传给基础的能量很少或者没有、震动小等优点。和热模锻压力机相比，设备投资比例是1:3到1:5。

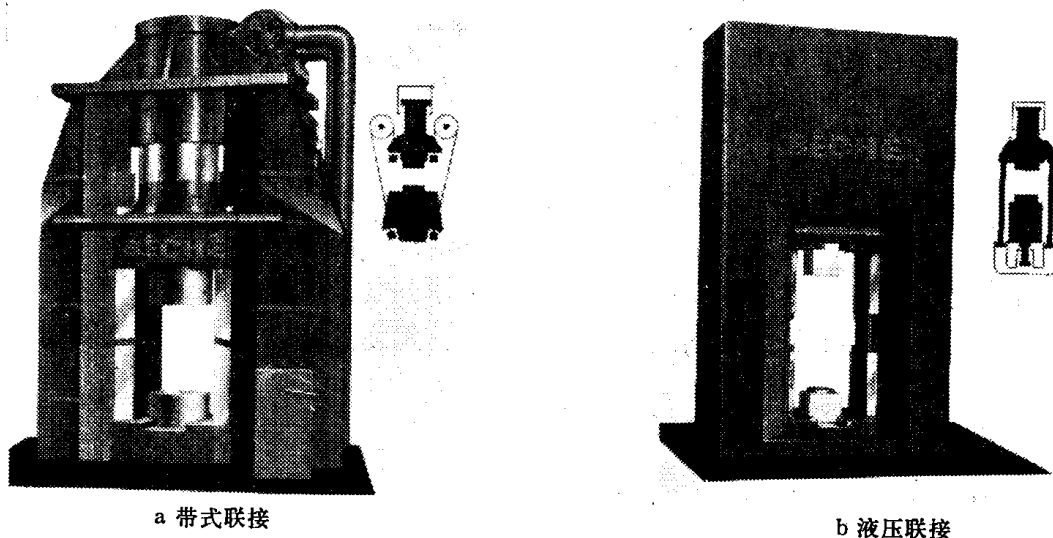


图1-15 无砧座锤

表1-6 西德贝歌公司生产的液压驱动无砧座锤的基本参数

打击能量 (吨·米)		6.3	8	10	12.5	16	20	25
最大打击次数 (次/分)		75	75	60	60	50	50	50
驱动功率 (千瓦)		110	130	130	180	180	200	290
每个锤头行程 (毫米)		500	500	560	560	630	630	710
锻模总高	标准 (毫米)	440	440	500	500	560	560	640
	最小 (毫米)	280	280	320	320	360	360	400
立柱导轨间距 (毫米)		710	710	750	800	850	900	950
锤头前后尺寸 (毫米)		800	900	1000	1120	1250	1400	1600
地上高度 (毫米)		5200	5300	5700	5800	6100	6300	6900
占地面积	长 (毫米)	2100	2300	2450	2600	2800	3000	3200
	宽 (毫米)	1400	1500	1600	1700	1850	2000	2100
机器重量 (吨)		45	58	73	91	116	145	182

模锻精度，一般结构的无砧座锤的锤头错移量大约是有砧座锤的两倍。国外锻造设备制造公司在不断地改善无砧座锤的驱动系统、联接系统、机架结构、润滑系统和操纵系统后，新结构的无砧座锤的锤头错移量已和有砧座锤差不多。

无砧座锤上锻造的零件包括：法兰、轮毂等圆形件；前梁、曲轴等长杆件；以及其它零件。

(3) 液压锤

液压锤在三十年代就已经出现，但当时由于液压技术的限制，未能得到发展。从五十年代初期开始，由于液压技术的进步可以制成压力较高、流量较大、效率较高、体积较小的液压动力头，装在锤的顶部使用。液压锤具有单独的驱动装置，不需要另外的蒸汽或空气源，效率高，而且能够简便地实现无砧座化，因此，自六十年代以来，发展比较迅速。

据报导，目前已有西德、英国、美国、日本和捷克等国生产了许多系列的液压锤，最大规格为50吨·米。表1-7所示的是捷克 KJH 系列砧座微动式液压锤的基本参数。