

锻压技术资料汇编

第六机械工业部六〇一研究所 编

国防工业出版社



锻压技术资料汇编

第六机械工业部六〇一研究所 编

国防工业出版社

内 容 简 介

本汇编共搜集了二十三篇锻压技术方面的资料，基本上反映了六机部在发展少无切削锻压新技术、新工艺、新设备，实现锻造过程机械化、自动化等方面所取得的成果。

本汇编可供从事锻压专业的工程技术人员、工人及大专院校有关专业师生参考。

锻压技术资料汇编

第六机械工业部六〇一研究所 编

*

国防工业出版社 出版

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

*

787×1092¹/₁₆ 印张11³/₄ 273千字

1980年11月第一版 1980年11月第一次印刷 印数：0,001—4,700册

统一书号：15034·2011 定价：1.25元

前 言

近些年来，造船工业锻压新工艺，新技术，新设备的应用和推广有了一定的发展和提高，为了交流经验，六机部于一九七七年十二月在四川省重庆市召开了造船工业锻压技术经验交流会议。会后六机部六〇一研究所从该会议交流的技术资料中选出一部分，编辑整理成《锻压技术资料汇编》，公开出版发行，供从事锻压专业的广大工人、技术人员以及大专院校有关专业师生参考。

本汇编由郭德馨、周德普同志负责编辑，并得到东方红机械厂等单位大力协助和支持，在此表示感谢。

第六机械工业部六〇一研究所

目 录

(一) 精密模锻	1
(二) 冲孔——拔伸法试生产筒体锻件	16
(三) 几种车刀刀杆的胎模锻造	24
(四) 铝连杆模锻工艺	34
(五) 接触电热锻粗机制造技术小结	45
(六) GH738 合金再结晶图	49
(七) 消除 GH88 合金叶片粗晶组织的探讨	58
(八) TZ25X 增压器涡轮叶片辊锻工艺简介	63
(九) 不锈钢保护管温热挤压	72
(十) 深筒薄壁零件的热冲锻工艺小结	84
(十一) 高速锤热挤压增压器涡轮叶片	90
(十二) 锡磷青铜 QSn7-0.2、锻铝 LD8、铝铁镍青铜 QA110-4-4 等材料的挤压工艺	99
(十三) HPb59-1 铅黄铜热挤压	107
(十四) 12V200 型铝合金活塞液态模锻	116
(十五) 大空心管冷挤压成型及挤光	125
(十六) 薄壁管的旋压拉伸工艺	132
(十七) 薄片零件冲裁新工艺	139
(十八) 带轧端面 $\phi 650$ 扩孔机	145
(十九) 减震器在冲锻设备上的应用	154
(二十) 高温合金镶块砧	159
(二十一) 电脉冲加工锻模工艺	161
(二十二) 与操作机联动的 2000 吨快锻液压机控制系统模拟试验	166
(二十三) 热锻模具的损坏及其寿命的提高问题	174

(一) 精密模锻

上海交通大学

一、概 述

在机器制造业中广泛地采用模锻方法来制造锻件。目前,我国所生产的模锻件比重还较小,随着国民经济的飞速发展,模锻件的比重将不断增加。

现行热模锻工艺是将金属毛坯放在加热炉中加热至较高温度,取出后用模锻设备进行锻造,然后再切除飞边得到锻件。这种模锻工艺的加热是在未加控制的气氛中进行的,使得方法简单,加热温度较高,而且金属被加热后塑性较好,变形抗力较小,成形性能良好,另外锻造温度范围广,对毛坯限制较少,因而得到广泛地应用。但是现行模锻工艺也还存在一定缺点,主要缺点是:

1) 在未加控制的气氛中进行高温加热,毛坯表面的氧化、脱炭现象严重,锻件尺寸精度、表面光洁度差。为了保证机械零件的尺寸精度和表面光洁度,不得不在模锻件上保留一部分金属(加工余量),供模锻后的机械加工用。这一部分金属按重量计算常占到零件重量的36~60%;

2) 由于毛坯是加热到高温再进行锻造,所以毛坯与模具接触时将大量的热量传给锻模,使锻模工作温度升高,锻模表面的温度有时可达650~750℃,工作条件恶化。在这样高的工作温度下,还要承受较高的变形抗力,激烈的磨损,急热急冷带来的热疲劳,所以使模具寿命较低,一般为5000件左右;

3) 工人操作时劳动条件较差;

4) 机械加工量大;

5) 由于模锻工艺中多采用开式模锻。开式模锻的特点之一,就是在模锻的过程中设置了飞边,以便在毛坯重量有较大波动时,仍能得到重量基本相同的锻件。另外能在模锻过程中造成一定阻力,防止金属外流,而去充填那些难于充填的部分。由于飞边的存在就要消耗大量金属,通常占零件重量的25~40%。

从上述热模锻工艺存在的缺点可知,热模锻工艺中的弊病,很大一部分是由于在未加控制的气氛中进行高温加热而引起。为了克服这些缺点,从加热这一环节去提高模锻件的精度是一个重要方面。目前进行的精密模锻方法基本都是朝这个方面努力的。精密模锻有下述三种方法:

1) 高温精密模锻(俗称“精密模锻”),是在有利的气氛中加热,防止毛坯表面产生严重的氧化与脱炭。通常是采用“敞焰少氧化加热法”;

2) 室温精密模锻(俗称“冷模锻”),根本取消模锻前的加热,也就避免了模锻时的氧化与脱炭;

3) 中温精密模锻(俗称“温锻”),将金属毛坯加热到未产生严重氧化与脱炭的程度

进行模锻。

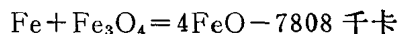
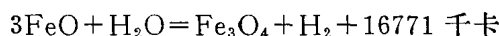
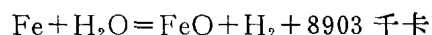
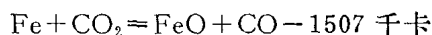
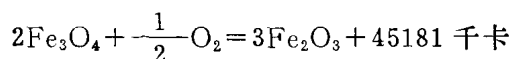
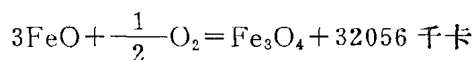
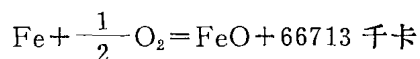
这三种精密模锻的方法都能取到良好的效果，下面将分别介绍。

此外，为了减少飞边的金属损失，可采用闭式模锻。金属毛坯在闭合的型腔中成形，不仅取消了飞边，节约了金属材料，而且使金属毛坯处于均匀的三向压应力状态下变形，得到更好的显微组织与机械性能。闭式模锻所需的总变形力比开式模锻小，故可以选用比开式模锻小的设备。

二、高温精密模锻

1. 敞焰少氧化加热的原理

金属在火焰炉中加热时，由于氧、二氧化碳和水蒸汽等与金属表面接触而氧化，其反应式如下：



氧化皮的产生与金属成分、坯料尺寸、炉气成分和加热温度、加热时间等有关。例如，金属加热到 1100°C 左右，其氧化损失如以在二氧化碳中加热时为 1，则在干空气中加热时为 1.05，在氧气中加热时为 2.75，在水蒸汽中加热时为 2.95，在含二氧化硫的气氛中加热时氧化更为严重。

金属氧化不仅在含有过剩空气的炉气中产生，即使在空气不足（过剩空气系数 $\alpha < 1$ ）的炉气中也会产生。实验证明，要使炉气中的 CO_2 、 H_2O 与 Fe 不产生化学反应，只有当 CO_2/CO 、 $\text{H}_2\text{O}/\text{H}_2$ 的比值保持在某一临界值范围内才有可能。

图 1-1 示出比值 CO_2/CO 、 $\text{H}_2\text{O}/\text{H}_2$ 与温度对炉气性质的影响，比值决定了炉气的还原或氧化性质。从图中可知，当钢材加热温度为 $1200 \sim 1250^\circ\text{C}$ 时，要保证少无氧化，则炉气成分应保持下述关系：

$$\text{CO}_2/\text{CO} = 0.3;$$

$$\text{H}_2\text{O}/\text{H}_2 = 0.8。$$

要保持上述比值必须减少空气量。例如，对天然气只有当 $\alpha \approx 0.5$ 时，金属才不产生氧化或氧化很少。但减少空气量后燃料不能完全燃烧，所产生的热量不能使炉气达到锻造所需的高温，为此要将空气预热。如天然气在 $\alpha \approx 0.5$ 时，空气须预热到 890°C 。如用富氧空气（含氧达 30%），只须预热到 480°C 。因此，敞焰少氧化加热炉是将第一次燃烧的空气量减少（ $\alpha \approx 0.5$ ），使靠近炉底处保持还原性气氛。在靠近炉顶处通入二次空气，使

燃料完全燃烧，所产生的热量用来提高炉膛温度和预热空气。

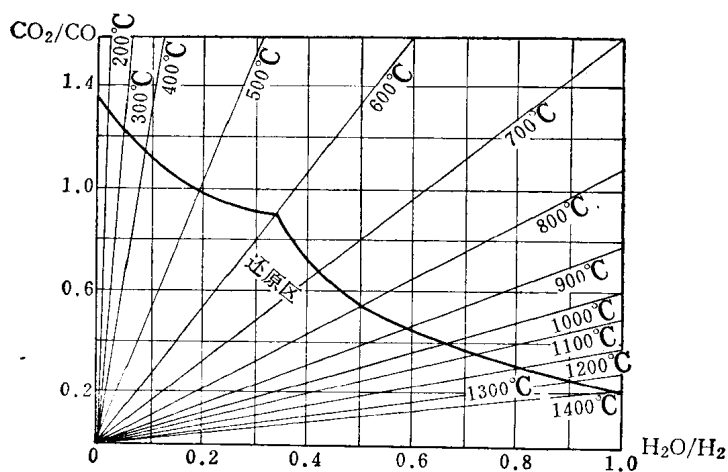


图1-1 比值 CO_2/CO 、 $\text{H}_2\text{O}/\text{H}_2$ 与温度对炉气性质的影响

图1-2 是敞焰少氧化加热炉的简图。这种炉子的特点是：

1) 毛坯加热到高温只产生少量的氧化与脱碳。曾进行过测定，当加热温度为 1200°C ，加热时间为 20 分钟时，毛坯氧化层深度只有 $0.011\sim 0.013$ 毫米。效果是良好的；

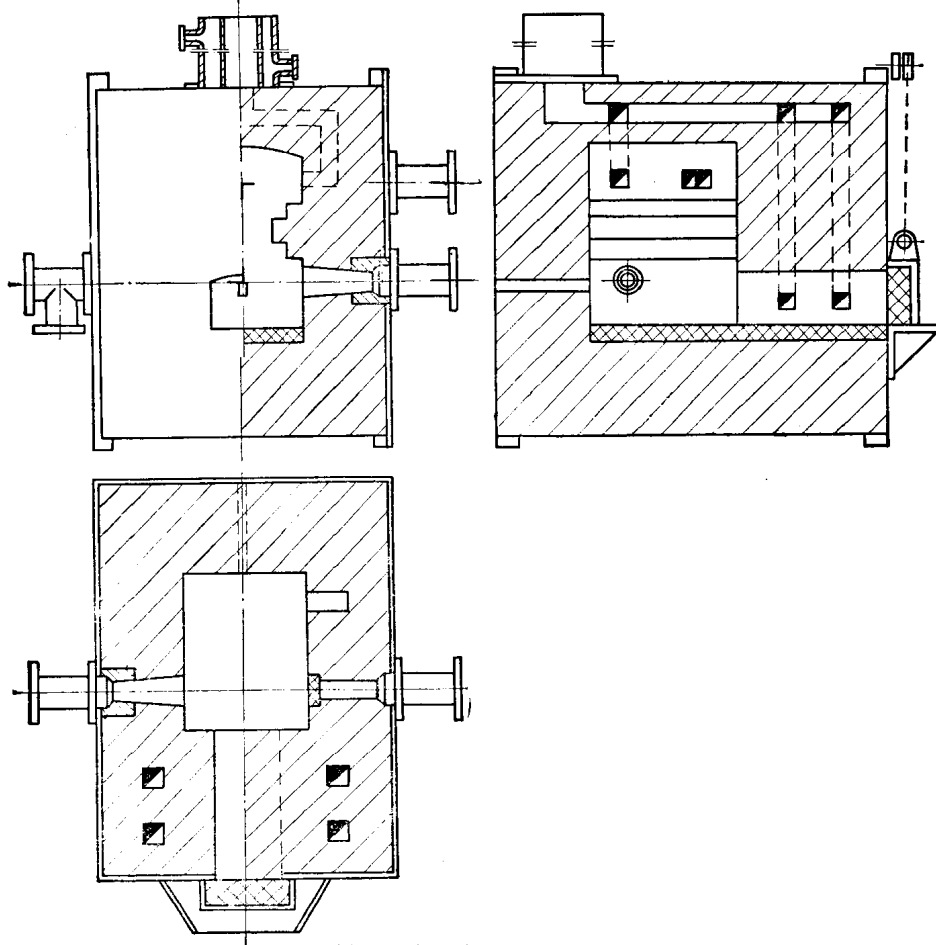


图1-2 敞焰少氧化加热炉

2) 炉膛较一般煤气炉炉膛高, 煤气在同一炉膛内分两阶段燃烧, 形成气氛不同的上下两层;

3) 用空气预热器可将空气预热到 $400\sim 500^{\circ}\text{C}$ 以上。

另外, 也有用煤气或天然气加热的自动控温转炉来进行无氧化加热。每炉都进行炉内气氛分析, 以保证燃烧后 CO 含量在 6% 以上。方法是始终保持炉内与炉外有一个正压差, 不使炉外空气进入炉内。同时, 炉子要用一套引气系统, 由仪表控制。当炉内的 CO 含量小于 6% 时, 就能自动输送一部分燃气进去, 以保持炉内的还原气氛。炉内温度由仪表控制在一定范围内, 误差小于 $\pm 3^{\circ}\text{C}$ 。炉膛是转动的, 每取出一个加热了的毛坯同时放进一个冷毛坯, 按一定节拍进行工作。

2. 伞齿轮精密模锻

精密模锻的伞齿轮可见图 1-3。

(1) 毛坯制备

棒料应无凹陷和裂纹, 尽量避免锈斑。切断面要与轴线基本垂直。重量公差不要太大;

(2) 在砂轮上磨去切断面的毛刺;

(3) 酸洗

其过程是碱水→硫酸→水。都是在加热状态下进行, 得到的毛坯呈灰白色;

(4) 精锻成型

将酸洗后的毛坯放入少氧化加热炉中, 待加热到 $1000\sim 1100^{\circ}\text{C}$ 后取出, 放在如图 1-4 所示的精锻模中成型。精锻凹模材料为 3Cr2W8, 硬度 $\text{HRC}=46\sim 50$ 。精锻设备为 300 吨摩擦压力机。精锻后放于空气中自然冷却;

(5) 冷切飞边

冷却后的毛坯放入切边模内切边, 切边凹模是带齿形的, 冲头呈圆柱形, 其作用只是传递压力;

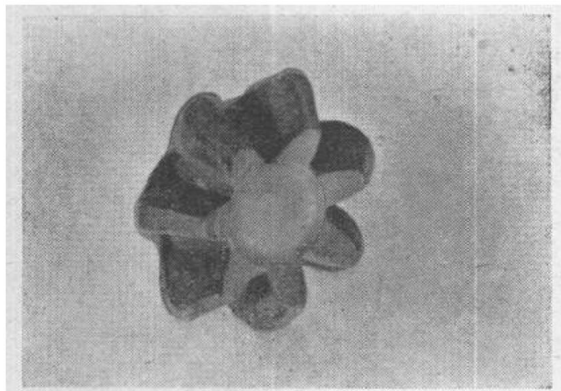


图1-3 精密模锻的伞齿轮

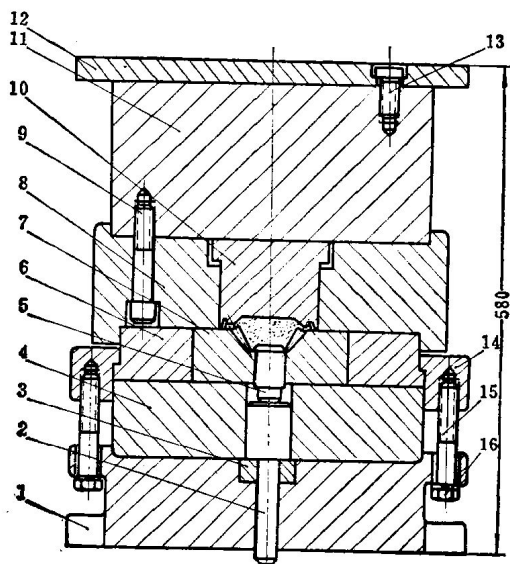


图1-4 伞齿轮精锻模

(6) 酸洗 同工序(3);

(7) 检验

检查是否有裂纹和足够的整形余量;

(8) 中温精压

将切边后的锻件又置于炉内加热，由于选定的加热温度是不会出现强烈氧化的温度（750~850℃），所以精压后的表面尺寸精度和光洁度都很好。这一工序是整个工艺的关键之一。整形后的锻件放在空气中冷却也不会出现二次氧化现象。

精压模形状、尺寸与精锻模一样，其优点是：

1) 精压凹模的精度级数比成形凹模高，当整形了几千个伞齿轮锻件失去精度后，可做成成形凹模使用。充分利用了模具，节约模具材料；

2) 精压凹模模膛的电加工要用两个以上的电极，分别作粗加工与精加工用。精加工电极在失去精度后，可继续充做粗加工电极，降低了制模成本；

3) 锻件齿形在成形时完全锻出，减少了精压时的金属流动，提高了整形精度（可达8级），延长了模具寿命。精压凹模的寿命可达10000件，失去精度后充做成形模用。

(9) 冷切飞边 同工序(5)。切边凹模必须刃口锋利，齿形准确。切除飞边时也同时切除倒角；

(10) 车膛内孔与球面；

(11) 检验；

(12) 渗碳淬火；

(13) 磨内孔和球面；

(14) 检验；

(15) 上蜡包装。

3. 技术经济效果

齿轮的精密模锻工艺，大大减少机械加工量，节约金属材料，提高劳动生产率和产品质量，降低成本。技术经济指标见表1-1。

表1-1 圆锥直齿轮的技术经济指标

技 术 经 济 指 标	单 位	一 般 模 锻	精 密 模 锻	备 注
毛坯重	公斤	0.585	0.290	
零件重	公斤	0.220	0.220	
材料利用率	%	37.6	75.9	材料利用率提高了1.02倍
单位加工工时	分/只	39.34	14.48	生产率提高了1.7倍

4. 存在问题

(1) 目前采用敞焰少氧化煤气加热炉，其防氧化的效果还不理想，需要进一步提高。除用煤气作为燃质外，还要考虑敞焰少氧化油炉的使用。国内已研制了一种具有新型结构和工作原理的环形转底式少氧化快速加热炉。曾对 $\phi 50$ 毫米直径的毛坯做过试验，当炉膛温度为1260~1280℃，坯料加热20~30分钟后可达1150~1200℃。氧化损失：在坯料温度为1150~1200℃， $\alpha=0.44$ 的条件下，当加热30分钟，烧损量为0.08%；当加热时间1小时，烧损量为0.14%，远比普通室状油炉的烧损量（2~3%）少；

(2) 如何提高精密模锻模具加工的精度，使其保持在六级以上，这是提高锻件精度的一个重要方面；

(3) 锻件的精度检验还无法立即进行，不能在锻造时及时解决存在的问题；

(4) 没有充分利用更有效的精压工艺, 例如冷精压工艺来提高精度。

由于存在以上问题, 人们设想是否可以不将毛坯加热来进行模锻呢? 冷模锻工艺就是在避免加热, 防止氧化的情况下提出和发展的。

三、室温精密模锻(俗称“冷模锻”)

1. 冷模锻的软化处理

因为金属大都在高温下具有较高的塑性, 较低的变形抗力。在室温时金属的塑性比较差, 变形抗力比较高, 但通过热处理的方法可使其塑性提高, 变形抗力降低。另外, 在室温状态下所用的模具材料与高温下所用模具材料不同, 都是一些高碳、高合金的冷模具钢和工具钢, 它在室温下具有比热模具钢在高温工作条件下高得多的强度与硬度, 足以使室温下的金属变形。而且在模锻的最后阶段, 金属是处于三向压应力状态下, 也利于金属材料的塑性变形。因此, 金属材料在室温下变形是可能的。

金属材料冷模锻前的软化处理, 对于碳素钢和合金钢常常用退火的方法。金属材料经过合理的退火, 使其硬度降到最低值。

低碳钢的退火有两种情况:

- 1) 在 A_3 点以上的温度进行完全退火、扩散退火;
- 2) 在 A_1 点附近进行球化退火、去应力退火。

冷模锻时常采用 A_1 点附近的温度进行球化退火。冷模锻加工的难易与变形力的大小和塑性的大小有关。从塑性来看, 球状碳化物最好。软化退火的热处理规范见图 1-5。

各种金属材料软化退火后的硬度值列于表 1-2 中。

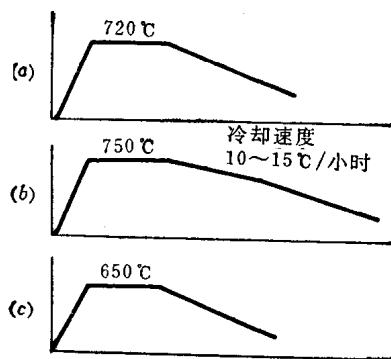


图 1-5 软化退火热处理的规范

a—低碳钢(10、15); b—中碳钢(30、45)、低合金钢(20CrMo); c—中间退火。

表 1-2 各种材料退火后的硬度

钢 种	退 火 后 硬 度 HB
低碳钢(10、15)	70以下
中碳钢(30、45)	75以下
低合金钢(20CrMo)	80以下
轴承钢(GCr15)	94以下

对于 10、15 低碳钢, 退火时的保温时间为 2~3 小时, 中碳钢与低合金钢在退火时的保温时间为 4~6 小时, 从 750°C 冷却至 600°C 需要保持 10~15°C/小时的冷却速度。

此外, 对于硬铝、紫铜、黄铜、奥氏体不锈钢还可采用淬火热处理来软化。

2. 冷模锻的表面处理

冷模锻前除了要对毛坯进行退火或淬火等软化处理外, 还要使用合适的润滑剂。但是, 黑色金属的很多零件冷模锻时单位变形抗力很高, 常达 200~300 公斤/毫米²。在这样高的压力下润滑剂往往被挤掉, 以致使在变形时金属与模膛表面还是直接接触, 起不到润滑作用, 导致工艺失败。直到找到了一种有效的毛坯表面处理方法——磷化处理, 黑色金属冷模锻

才得到较广泛的运用。磷化处理的实质是，使毛坯表面形成一层磷酸盐的结晶，这是一层多孔、疏松、塑性很好的结晶层，它能象海绵一样吸收润滑剂。与光滑的毛坯表面相比，其吸油能力提高了13倍，而且能伴随着变形逐步挤出润滑剂，克服了金属毛坯与模具间的“冷焊”现象。磷化处理不仅用于黑色金属，还可以用于铝及铝合金的表面处理。

对于硬铝，它的表面处理方法还有氧化与氟硅化处理。

对于奥氏体不锈钢，它的表面处理方法是草酸盐处理。

磷化等表面处理方法，虽然改善了金属毛坯的表面润滑性能，但其主要作用还是使金属毛坯获得一个润滑支承层，在磷化等表面处理后还要进行润滑处理。常用于黑色金属冷模锻的润滑方法主要有皂化，猪油加适量的二硫化钼。经过皂化处理可以得到一层硬脂酸锌润滑层，而这层硬脂酸锌是牢固地连结在磷化层表面上。在钢毛坯表面上的润滑层情况，见图1-6。

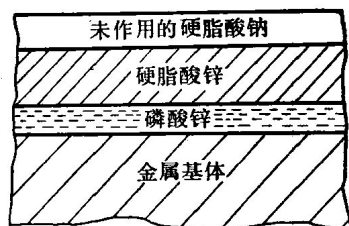


图1-6 皂化处理后毛坯表层示意图

二硫化钼的良好润滑性能与本身的结构有关。它是一种六方晶体，呈层状结构，每一晶体层由两层硫原子和中间一层钼原子组成。钼与硫原子间结合较弱，比较容易相互滑动。变形时毛坯金属与模具之间的摩擦可转化为二硫化钼结构间的滑移，从而使摩擦系数大大降低。

3. 冷模锻的模具结构与模具材料

现以钻夹头钥匙的工艺过程为例，说明冷模锻模具结构。

钻夹头钥匙的工艺过程是：切断→预成形→冷模锻→切边→切齐小头，见图1-7。

冷模锻时所用的模具见图1-8，模具的凹模安在上模上。由于是冷变形，凹模所承受的变形抗力很大，仅靠选用高强度的模具材料和加大凹模尺寸来保证强度是不行的，还要采用预应力结构。预应力结构的凹模是在凹模的外缘套上1~2个预应力圈，凹模的外缘带有一定斜度（通常为 $1^{\circ}30'$ ）。凹模与预应力圈之间，预应力圈与预应力圈之间是有一定过盈量。前者为0.8~1.0%，后者为0.4~0.6%。带有预应力圈的凹模，强度可以提高1.8倍（2个预应力圈）和1.3倍（1个预应力圈）。

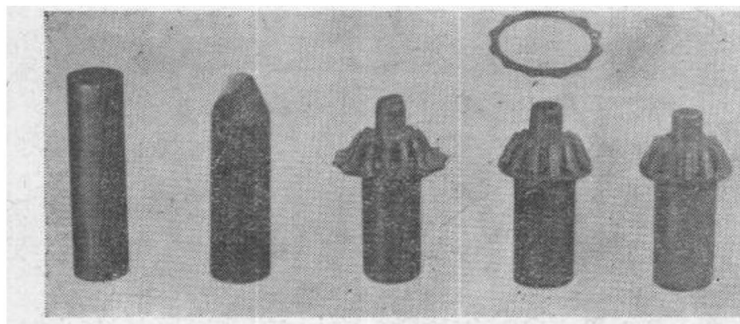


图1-7 钻夹头钥匙冷模锻加工过程

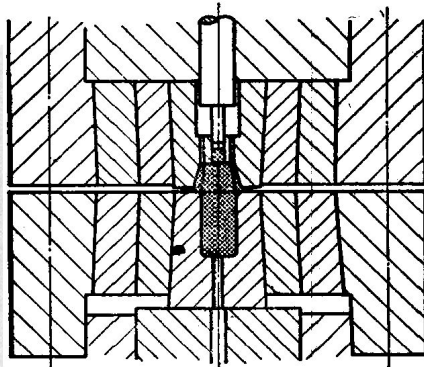


图1-8 钻夹头钥匙冷模锻模具图

在预应力圈之外还有压紧圈，以便固定预应力凹模于模座上。在凹模下面安放一块具有一定硬度（HRC=52~56），面积较凹模底面大的垫块，减少模板承受的压强。上模还装有顶料装置，以便将卡在凹模中的冷模锻件从凹模中顶出。下凹模虽然只安放钻夹头钥

匙柄,但为了防止破裂也设计成装两个预应力圈的结构,并通过压紧圈将下凹模紧固在下模板上。下模中也装有顶料机构。

冷锻模工作部分(凸、凹模)所用的材料,应满足下列要求:

- 1) 要具有很高的强度与硬度,耐磨性能要好;
- 2) 要具有良好的冲击韧性;
- 3) 要易于切削加工。

目前在冷模锻中常用的模具材料见表 1-3。

表1-3 冷模锻常用的材料

模 具 零 件 名 称		模 具 材 料
凸 模		W6Mo5Cr4V2、W18Cr4V、Cr12Mo、Cr12MoV
凹 模	铝 锻 件	Cr12MoV、CrWMn、T10A
	铜 锻 件	Cr12MoV、CrWMn
	钢 锻 件	W6Mo5Cr4V、W18Cr4V、Cr12Mo、CrWMn

高速钢 W18Cr4V 用做冷锻模工作零件时,其淬火热处理规范见图 1-9。热处理硬度 HRC=60~62。应当注意,用于冷模锻模具的高速钢淬火温度应当是 1230~1250℃,而不是采用一般高速钢小刀具的淬火温度 1280℃。因为 1280℃ 淬火对于高速钢冷锻模零件是偏高了,这样会由于晶粒粗大而降低冲击韧性与抗弯强度。W18Cr4V 高速钢淬火后应回火 3~4 次。

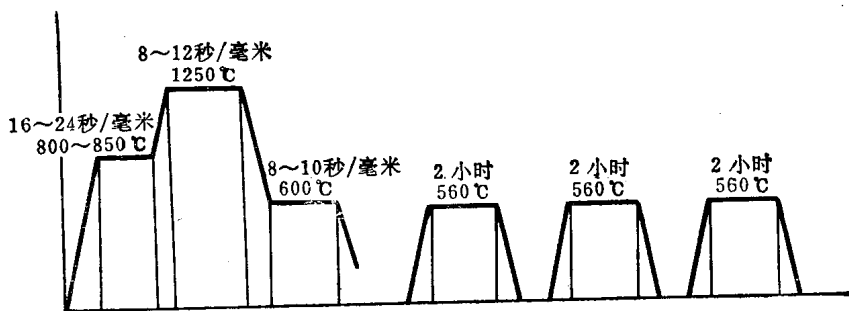


图1-9 用W18Cr4V做冷锻模工作零件的淬火规范

4. 起动机磁极的冷模锻

(1) 起动机磁极的冷模锻工艺

起动机磁极的形状见图 1-10。起动机磁极的旧工艺是将厚度为 13 毫米的板裁成长方形,正火处理后冲出 145×520 毫米的扁方料做为热模锻的毛坯,模锻是在开式锻模中进行。热模锻件的机械加工繁杂,共需九道工序,劳动强度大,工作条件差。所以需进行工艺改革,采用精密模锻,可减少加工工时等。

曾经有人对磁极采用精密模锻工艺,磁极可见图 1-11。具体工序是:下料→加热→粗

锻→喷砂清理→加热($700\sim 850^{\circ}\text{C}$)→精锻→喷砂→热处理(退火)共八道工序,还要对两个圆弧面进行机械加工,虽然得到比较精密的锻件,但工序仍太繁杂。

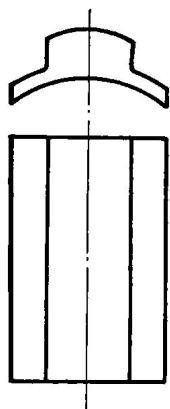


图1-10 起动机磁极

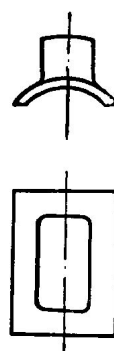


图1-11 磁极锻件图

现行的起动机磁极是采用冷模锻的方法,其具体工序是:下料→退火→酸洗→磷化、皂化→冷模锻→去毛刺。虽然也有七道工序,但冷模锻件未放加工余量,只要在磁极上钻、攻出安装螺孔即可,节约大量材料和加工工时。

磁极冷模锻的工序非常简单可见图1-12。只需将按尺寸从条料或棒料上切断的毛坯进行软化(退火)和磷化、皂化处理,然后放入单型槽的冷锻模中,在压力机的一次行程中即可完工。毛坯截面形状(圆形或矩形的选择,是根据磁极本体的形状,本体窄而高选圆截面。本体宽而扁选矩形截面。)

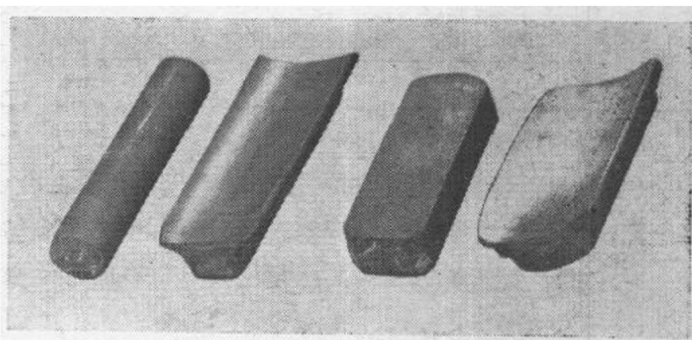


图1-12 磁极冷模锻工序

磁极的冷锻模见图1-13。在下模板上用螺钉、销钉将模座固定,模座内安放了两层垫板,凹模放置其上,凹模的固定、压紧是靠压紧圈进行的。为了便于加工和装卸,凹模的外缘做成圆柱形的,在凹模与压紧圈之间设置一弹簧圈。压紧圈定位是依靠下面的突缘。为了防止压紧圈和凹模相对于下模转动,压紧圈与模座之间有销钉。在上模板上也用螺钉和销钉固定上模座,

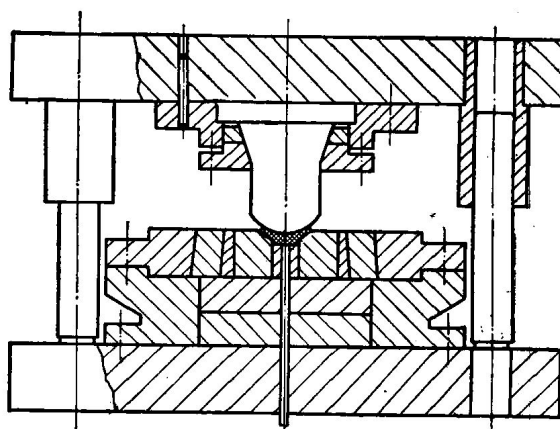


图1-13 磁极的冷锻模

模座中放有垫板。用销钉和螺钉固紧,定位的压紧圈紧紧将冲头压在垫板上。上模与下模的相对位置靠导柱、导套保证。

考虑到冷模锻的变形抗力很大,凹模是采用预应力组合结构。在计算凹模内、外预应力圈之间的尺寸时,是依据磁极平面投影面的最大尺寸(对角线,长约80毫米)。组合凹模的总直径比约为4。凹模与内应力圈之间的过盈量为1.2毫米,内、外预应力圈之间的过盈量为1毫米。

5. 技术经济效果

已投产的两种规格的起动机磁极是ST811和2Q05,其技术经济指标列于表1-4。

表1-4 起动机磁极热模锻与冷模锻工艺的技术经济指标比较表

零件名称			ST811磁极	2Q05磁极
技术经济指标				
零件净重(克/台)			$4 \times 102 = 408$	$4 \times 84 = 336$
材料利用率	热模锻	毛重(克/台)	1535	850
		利 用 率(%)	26.6	39.5
	冷模锻	毛重(克/台)	500	352
		利 用 率(%)	81.6	95.5
节约材料(%)			67.4	58.6
机加工工	热模锻		10.64	20
时 (分)	冷模锻		3.84	10
节约工时(%)			63.9	50

6. 存在问题

(1) 目前冷模锻件的材料还局限于用在铝及铝合金、铜及铜合金、低碳钢、低合金钢上面,对于较为坚硬的中碳钢、高碳钢、中碳合金结构钢、不锈钢、耐热钢等,当变形较大时,由于变形抗力较高,已超出模具材料能够承受的范围,因此还不能运用冷模锻工艺;

(2) 由于冷模锻所需的变形抗力较高,目前工厂中常用的压力机(300~500吨),只能锻造较小的锻件(100~200克);

(3) 毛坯的软化及润滑工序(磷化、皂化)复杂,有三废产生,并中断生产过程,加工周期长。

四、中温精密模锻

1. 加热可以大幅度降低变形抗力

怎样才能既降低室温精密模锻中的变形抗力,而又不引起毛坯表面的剧烈氧化。可以观察一下图1-14所示的45钢的高温强度极限的变化曲线和40钢的高温氧化层的变化曲线。

图1-14(a)45钢高温强度极限从500℃开始急剧降低,到600℃已降到室温时的一半。在600℃以上范围内,高温强度性能指标都比较低,可以进行模锻加工;毛坯表面的氧化情况如图1-14(b)所示,当加热温度小于1000℃,加热时间少于30分钟时,氧化层的深度可以控制在0.10毫米以下。只控制在0.10毫米之内,才可能减去车、铣、刨等切削

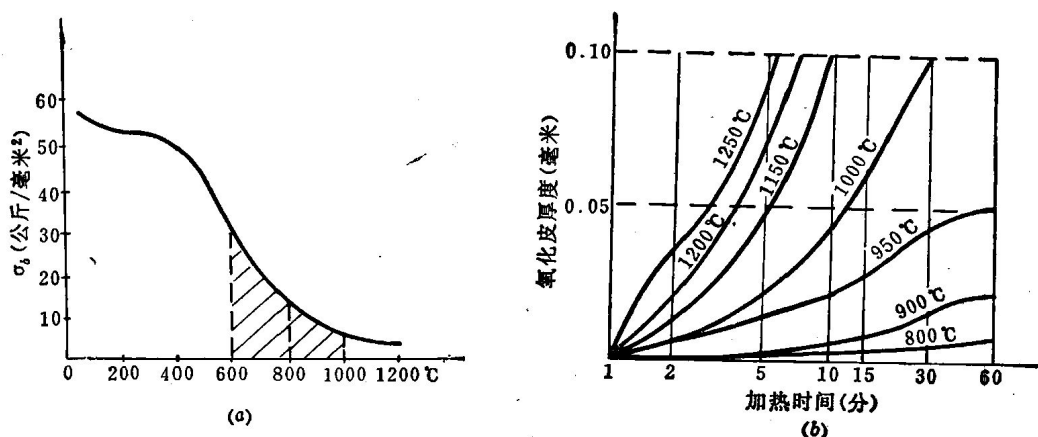


图1-14 45钢的高温强度极限和40钢高温氧化层厚度

加工工序。如果加热温度超过 1000°C ，在很短时间内氧化皮的厚度将超过 0.10 毫米，不能保证模锻精度。所以从高温强度极限和高温氧化性能曲线可知，碳素钢在 $600\sim 1000^{\circ}\text{C}$ 温度范围内加热，既可大幅度降低强度极限，又可产生剧烈氧化，使锻件达到较高的尺寸精度与表面光洁度。在较低的变形抗力下和较少氧化的温度范围内进行的模锻称为温锻。

2. 踏脚连杆的温锻

自行车踏脚连杆工艺是一个较为成功的温锻工艺实例。踏脚连杆的形状见图 1-15，它是直轴类锻件。为了达到表面光洁、制造简单的目的，采用了温锻精密模锻工艺。

温锻工艺的工序如下：下料→酸洗→加热→弯曲→镦头→辊锻杆部→终锻→切边→酸洗。

下料是在 60 吨冲床上将 $\phi 24$ 毫米的热轧棒料切成 $\phi 24 \times 180$ 毫米（右踏脚连杆）或 $\phi 24 \times 170$ 毫米（左踏脚连杆）的毛坯。

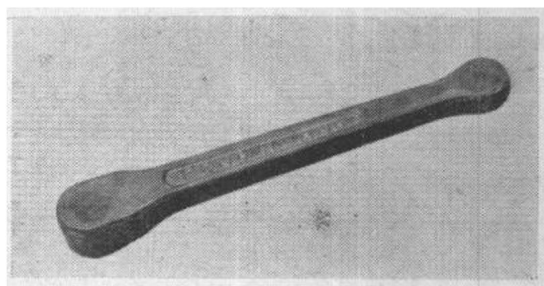


图1-15 踏脚连杆

毛坯落料后进行酸洗，洗去热轧棒料表面的氧化皮。酸洗后的毛坯放在半连续半自动中温加热炉中加热。加热炉使用煤气，炉膛内安放四个烧嘴。毛坯由一个工人不断放入加料器，加料器按 $16\sim 18$ 根/分的速度自动加料，并送进、送出炉子。毛坯在炉膛中排成 12 排。刚出炉的毛坯温度为 800°C 左右，由输送带送至 100 吨冲床上弯曲、镦头，然后由输送带送至辊锻机，将毛坯中间部分拔细，再由输送带送至 400 吨压床上终锻，终锻温度约为 700°C 。终锻后由输送带送至 100 吨冲床上切边。然后集中分批酸洗即可得到尺寸精确、表面光洁的精密模锻件。踏脚连杆的变形过程见图 1-16。

踏脚连杆温锻所用的模具材料是 $3\text{Cr}2\text{W}8$ ，淬火硬度 $\text{HRC}50$ 。型槽由冷挤压方法挤出。温锻时使用少量润滑剂，其成分是由在 MoS_2 粉剂中加入机油，调薄即可。

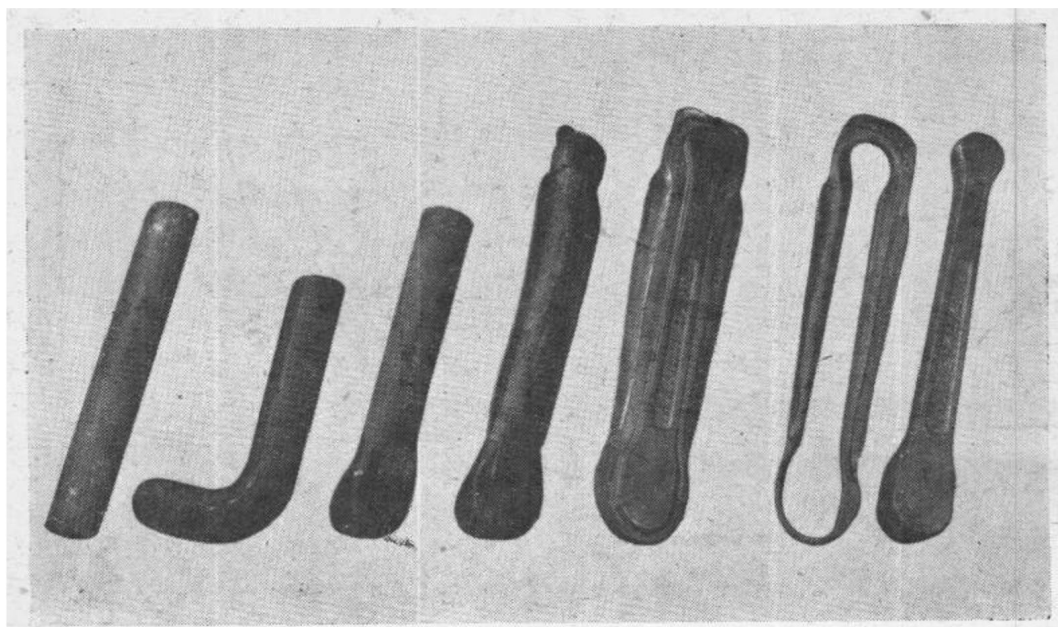


图1-16 脚踏连杆的变形过程

3. 技术经济效果

一般热模锻工艺中模具的寿命约为 5000 件左右。高温精密模锻伞齿轮工艺的模具寿命，对于成形凹模是 3000 件，精压凹模寿命为 10000 件左右。但脚踏连杆的温锻模寿命可达 20000 件（下模）至 40000 件（上模）。一般生产率每班为 4000~7000 件。

由于降低了模锻温度，可缩短加热时间，提高生产率，减少氧化皮，减轻毛坯重量，延长模具寿命，提高表面质量，技术经济效果显著。表 1-5 为热模锻与温锻工艺技术经济指标的比较情况。

表1-5 一般热模锻与温锻工艺的技术经济比较表^①

技术经济指标	一般热模锻	温 锻	技术经济指标	一般热模锻	温 锻
毛坯尺寸 直径×长度(毫米)	82.5×228.6	79.4×228.6	去氧化皮	需 要	不 要
毛坯重量(公斤)	9.52	8.86	压力机载荷(吨)		
毛坯温度(℃)	1232	991	锻 粗	200	—
加热时间(分)	22	16	预 锻	900	800
			终 锻	1900	1300

① 此表引自《金属进展》1972年第101卷第5期51页。

4. 存在问题

(1) 各种不同材料的锻件其最合理的温锻温度不是固定不变的，或受设备条件限制取得较高，或受锻后组织与性能的要求取得较低，这些关系尚不清楚，有待进一步探索；

(2) 模具材料的选择尚不完全一致，有的用冷模锻模具常用的材料——W18Cr4V、