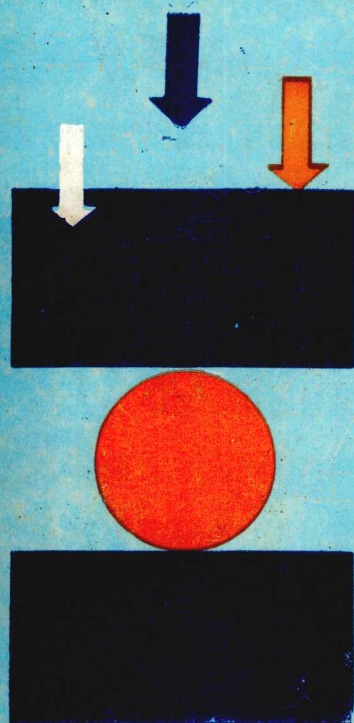


85010

锻造及加热炉节能新技术 资料选编



中国船舶工业总公司锻压专业情报交流网
上海交通大学科技交流室

一九八七年六月

前

为推广及推广大锻件锻造工艺、等温锻造、异形件胎模锻造、钢材连铸等新技术；锻造加热炉（煤炉、油炉及天然气炉）的改造；能源管理、炉体结构，保温耐火材料，余热利用等节能技术途径；金属旋压工艺；计算机辅助设计锻压工艺和形变热处理及提高锻件质量、降低锻件成本等经验，中国船舶工业总公司锻压专业情报网于1984年至1985年分别召开了“锻造及节能新技术、新工艺”、“锻造加热炉及节能技术”及“加热炉节能技术的应用及推广”三次经验交流会。由于会议内容广泛，受工程技术人员及广大读者热烈欢迎，某些学术论文，国内外同行广泛引用，对当前生产、科研和技术改造。上海交通大学锻压教研室受中国船舶工业总公司锻压交流办公室和广大工程技术人员的委托，对交流资料进行了选编，整理成册，定名《锻造及节能新技术资料选编》，内部出版发行，供从事锻压专业工程技术人员及大专院校有关专业师生参考。

《选编》由上海交通大学锻压教研室洪慎章副教授主编，参加编审工作和出版工作的还有上海重机锻造厂王宝华同志，上海交通大学科技交流室杨振兴、徐建明同志。

在选编过程中，编审者仅对原稿的部分文字和内容作了适当的删改，但主要内容基本忠于原作。由于水平所限且时间仓促，不足之处，在所难免，敬请批评指正。

编 者

一九八七年六月

内 容 简 介

本书是继1983年12月出版的《锻造及节能新技术资料》后，将1984年以来中国船舶工业总公司锻压专业情报网，在交流活动中撰写的锻造及加热炉节能新技术、能源管理、保温耐火材料、模具设计中的数理统计、计算机辅助设计锻造工艺等方面的论文资料，共六十三篇，汇编成册。

本书共分三个部分：第一部分为大锻件、胎模锻件、锻件质量等；第二部分为锻工车间及加热炉节能；第三部分为新工艺、新技术。基本上反映了中国船舶工业总公司所属工厂、企业和单位在发展少无切削锻造新工艺、新技术、新设备，实现节能降耗及加热炉节能方面所取得的成就。

为配合造船工业技术更新和出口任务的需要，本书还收集编入了部分国外锻造新技术、新工艺、新设备的资料。

本书可供从事锻压专业的工程技术人员及大专院校锻压专业的师生参考。

锻造及加热炉节能新技术资料选编

目 录

大锻件、胎模锻造

- 等温模锻在我国造船工业中的应用前景……中船总公司十二所 郑明泉、于锡名(1)
- 曲拐锻锻在造船工业中的应用前景……中船总公司十二所 王国栋(4)
- 全纤维曲轴锻造工艺及装置的国内外现状……
- ……中船总公司十二所 徐 东、赵劲舟(8)
- 钢锭锻造过程中出现的MM(曼纳斯门)效应……上海交通大学 洪慎章(15)
- 轮盘毛坯锻造工艺……江西六三〇一厂 李运统(28)
- 用大长径比圆钢锻打叶片锻件……新中动力机厂 彭佳壮(32)
- 胎模锻在RND68机上的应用……湖北争光机械厂 刘金城、王毅生(36)
- 突缘叉胎模锻造新工艺……上海船厂 刘光亮(42)
- 油泵传动大齿轮胎模锻造……四川齿轮箱厂 范有全(48)
- 高压气瓶内壁互成直角的正交计算……上海交通大学 洪慎章(51)
- 爪体锻件正反热冲挤成形……九江仪表厂 李耀添(56)
- 柴油机锻件胎模锻造的模锻化……安庆船用辅机厂 张合桐(58)
- 风铲柄体胎模锻……中华造船厂 黄耀邦(63)
- 起重钩锻造工艺……沪东造船厂 马鸣德(65)
- 闭式套模设计改进……西南高峰机械厂 李继荣(68)

锻工车间及加热炉节能

- 锻造加热炉节能的意义及其途径……上海交通大学 洪慎章(72)
- 抓节能工作的几点体会……大连造船厂 刘凤智(77)
- 实行能源定量包干是促进节能工作的有效措施……大连造船厂 孙昭民、王鹏德(80)
- 国内外锻造加热炉的现状……上海交通大学 洪慎章(84)

往复式机械加煤锻造炉探讨.....	第九设计研究院	全林康(94)
燃煤锻造加热炉的改造.....	第九设计研究院	丁兴国(99)
工业炉窑烟尘治理的实践.....	文冲船舶修造厂	李恕涛(103)
往复式排烟除尘节煤炉.....	上海汽车发动机厂	何文龙、颜金顺、李东英(109)
往复炉排排烟节煤锻造加热炉.....	江宁机械厂	李仁康(114)
液压加煤排烟省煤炉.....	常州林业机械厂	罗机宣、纪忠兴、赵文忠(117)
0.56米 ² 有二次风的无黑烟机械化加煤锻造加热炉.....	新余钢铁厂机械厂	熊泽(120)
二次风在机械往复加煤锻造炉上的应用.....	无锡动力机厂	徐承志(126)
节能型锻造加热炉.....	武汉锻造厂	王宣太(127)
减少金属在加热过程中的氧化和脱碳.....	上海交通大学	洪慎章(130)
SMH 乳化剂在锻造加热炉上的应用.....	上海船厂	周国平(134)
磁化燃烧节油技术应用规律的探讨.....	东北工学院	张永安、郭伯伟、张春一(136)
燃油锻造加热炉的改造.....	大连造船厂	孙昭民、王鹏德(141)
球顶圆柱形喷流式燃油加热炉.....	大连机车车辆厂	刘光鑫、李素凯(148)
锻造加热炉的节能实践.....	重庆长安机器厂	徐俊毅(152)
液化石油气在锻造加热炉上的应用.....	上海汽车底盘厂	蒋天伦(157)
天然气锻造加热炉节能技术改造小结.....	重庆前卫仪表厂	周泰宇、陈海燕(160)
天然气平焰烧嘴在锻造加热炉上的应用.....	重庆重型铸锻厂	王开禄、郑才良(164)
室式煤气加热炉节能改造.....	陕西柴油机厂	郑文涛(168)
锻造加热炉的自动控制.....	上海交通大学	洪慎章(173)
压缩空气代替蒸汽作为锻锤工作介质的应用与节能效果分析.....		
.....	芜湖造船厂	罗大勇(176)
提高锻造炉底砖寿命的途径——锻造炉底砖应用探讨.....		
.....	大连保温材料开发公司	崔仁义、杨 铎(181)
植被锻造加热——硅酸铝耐热纤维的隔热作用.....	上海第一造船机械厂	梁立波(185)
加热炉炉墙分析和改进途径的探讨.....	上海重机锻造厂	王宝华(188)
预制块组合结构锻造加热炉.....	本溪钢铁公司矿山机修厂	黎起林(193)
陶瓷纤维的节能效果及节能措施的探讨.....	沪东造船厂	马鸣德(196)
隔热材料的开发与应用.....	上海交通大学	杨福兴(199)

锻造加热炉烟气余热利用方案探讨·····	新余钢铁厂机械厂	周 烽(207)
实行锻锤余热回收,提高锻锤效率·····	丹东拖拉机配件厂	孙长斌(214)
有余热利用和除尘装置的燃煤锻造加热炉·····	黔南锻压机床厂	张炜培(218)
锻造余热锅炉·····	沪东造船厂	姚日伟(221)

锻造新工艺、新技术

计算机辅助设计锤上模锻飞边槽·····	上海交通大学	洪慎章、石立农(224)
钢索套环的胎模锻工艺及其展开长度的计算·····	江南造船厂	黄宗平(234)
铝合金 LY11 刹车壳体模锻·····	陕西柴油机厂	郑文涛(241)
粉末热锻的锻造力和密度的研究·····	上海交通大学	洪慎章、高鸿庭(244)
排气阀锻造及模具选用·····	沪东造船厂	陈金生(253)
提高模具质量的措施·····	云南向阳机械厂	李绛洲(256)
三角接头成形模的简易制作·····	沪东造船厂	姚日伟(260)
封闭气瓶管壁厚度的统计测量法·····	上海交通大学	洪慎章(263)
锻工车间生产实践中钢材的速算法·····	武汉船用机械厂	卢名权(267)
橡胶作为弹性砧垫在自由锻锤上的应用·····	芜湖造船厂	肖 军、朱小生(271)
卡箍高温形变热处理·····	上海第二石油机械厂	张惕安(277)
金属旋压工艺·····	上海交通大学	洪慎章(283)
计算机辅助设计模锻长轴类制坯工步方案的选择·····		
·····	上海交通大学	洪慎章、王高潮(295)

等温模锻在我国造船工业中的应用前景

中船总公司十二所 鄢明皋 于锡名

一、等温模锻的特点及其适用范围

等温模锻与传统工艺相比具有很多优点：变形速度低、变形均匀、少硬化并具有变形抗力低、能焊合显微裂纹、锻后组织均匀，使变形金属的塑性提高、充填性好，提高模具寿命，在较宽的温度——速度范围内成形，优于超塑性模锻，但存在工装费用较普通模锻高等缺点。

由于以上原因，等温模锻对于用普通模锻方法不能加工的低温合金金属及合金，对于带有高窄肋、薄腹板等难成形的锻件，对于批量小、又需要大功率设备才能成形的较大的或精度高的模锻件，对于质量和可靠性要求较高、普通条件下难以保证的模锻件等具有明显的技术经济效益。

二、等温模锻在船舶工业的应用实例与效果

1. 叶轮、导风轮

美国军用材料和机械研究中心用等温模锻制造了Ti—6Al—4V合金TC4叶轮。经检测和鉴定认为，等温模锻件的质量，冶金性能和机械性能符合标准要求，经济效益显著。

苏联的Ti—6Al—4V合金直升飞机发动机工作叶轮是用等温模锻制造的。叶轮直径为340毫米，模锻单位压力为120兆帕。该零件重4.8公斤，等温模锻件重10公斤，而普通模锻件（未锻出叶片）则为24公斤。

我所等温模锻制造了VTR201增压器导风轮。该轮直径为19毫米，材料为LC9铝合金。成形设备为300吨四柱万能油压机，成形力为普通模锻的 $\frac{1}{2} \sim \frac{1}{3}$ 。经检测和鉴定认为，锻件表面光洁，形状和尺寸精度较高，组织细密，各项性能指标均达到瑞士BBC公司的验收标准，并且材料利用率高，变形力小，有较大的经济效益。

2. 叶片

苏联用等温模锻生产的BT3-1合金叶片是在速度大于20毫米/秒的水压机上多件模锻的。单位压力比普通模锻小得多，模具的弹性变形明显减少，锻件上未发现任何挤伤、裂纹和夹层等缺陷，表面显微不平度为3.5~5微米，低倍组织沿叶片纵向的流线分布良好，叶根到叶身的过渡半径也很圆滑，显微组织为 $\alpha + \beta$ 相的等轴混合物，实际上不存在表面 α 层。由于采用多件等温模锻，生产效率和金属利用率均得到显著提高。

3. 活塞

苏联用等温模锻制造了材料为铸造热强硅铝合金Ап25的240发动机活塞。设备能力为4兆牛顿，若采用普通模锻，则所需压力不少于10兆牛顿。锻造温度为480~500℃，用10~20%胶体石墨与52号汽缸油的混合物润滑效果最好，特别对硼化和氮化的模具更好。

洛阳工学院对黄河牌75摩托车发动机的2L108铝硅合金活塞进行了等温挤压。据报导，未经变质、除气、除渣，采用铸造毛坯进行等温挤压的活塞轮廓清晰。尺寸精确、综合性能明显提高。

4. 带有高窄肋的铝合金复杂锻件

苏联用等温闭式模锻成形了这种复杂锻件。这类锻件的毛坯与模具的接触面积很大，普通条件下金属冷却很快，很难用普通模锻方法成形。然而，将模具加热到400~427℃，毛坯和模具分别用胶体石墨水剂和油拌氧化铝悬浮液润滑时，能却非常容易地模锻出这种带高窄肋，过渡半径很小的无拔模斜度的锻件。

5. 铝、镁合金的等温模锻

苏联在400吨液压机上，以115毫米/秒的工作速度，对AK4—1、AK6、AM5、AMr—2铝合金及BM65—1镁合金零件进行了等温模锻。锻造铝合金时模具加热到430~400℃，锻造镁合金时模具加热到370~340℃，模锻前毛坯加热到普通模锻温度，采用15~20%的磷状石墨，5~10%的铅丹，5~7%的工业滑石和汽缸油润滑模具，对于带薄肋的零件，毛坯表面也涂润滑剂。据报导，等温模锻的铝、镁合金锻件能达到ГОСТ1015的5级精度的公差和不加工表面Ra240微米的粗糙度。模具用4×3BMφ和5XHM钢制造，模锻200件后，未发现模具有任何磨损和变形现象。模锻单位压力为：铝合金不超过200~250兆帕，镁合金不超过150兆帕。在变形程度很大的情况下，未发现裂纹和连续性的破坏，经济效果大为提高。

此外，还有汽阀类锻件和喷气发动机圆盘、AISI—4340钢和高速钢的等温模锻。

三、等温模锻在我国造船工业中的应用价值

船舶上模锻件的特点是：件大、批量小、性能要求较高、材料品种较多。部分锻件由于材料本身价格较高，零件形状复杂，精度和性能要求较高，若在普通模锻时，不但质量难以保证，而且投资的设备、工装费用大，难以回收。

从发展趋势看，造船工业模锻件的生产，除了发展新材料，挖掘现有潜力，改进工艺外，还需提高材料利用率，提高锻件的质量和精度，少无切屑，获得良好的经济效益，是模锻件生产的努力方向。在目前运用等温模锻这项新技术是有开发和应用价值的。现说明如下：

轮盘类锻件是船舶上主要模锻件。其中，压气叶轮、导风轮、从动叶轮、燃气和涡轮盘、特殊用途的小型螺旋桨等是典型的等温模锻件。这些锻件的共同特点是性能要求较高，形状复杂，具有薄而高的叶肋和叶片。原来采用普通模锻或自由锻，材料利用率低，机加工量大，质量不高。

增压器上的叶轮、导风轮成形工艺一般是采用普通模锻或自由锻。例如, 某LY11铝合金叶轮, 现为锤上模锻件。所用坯料7.4公斤, 零件重1.45公斤, 材料利用率低于20%。引进的VTR系列增压器的叶轮、导风轮, 按国外锻件图的要求应是较小加工余量的模锻件, 要在普通模锻上成形, 困难较大: 1) 设备能力不足, 缺乏大型模锻设备; 2) 叶肋充填困难, 难以满足国外锻件图的要求。即使能采用超大型设备模锻, 其造价也必然很高。

小型螺旋桨是很复杂的锻件, 具有薄而大的桨叶, 现为自由锻生产, 不可能成形出桨叶。不但性能指标降低, 而且机加工余量大, 材料利用率低, 经济效益差。若能无余量锻造, 将在技术上、质量上和经济效益上都有非常大的意义。

某38CrMoAlA从动叶轮, 周围有24个叶片, 每个叶片长54毫米、高23毫米、厚度从2.2(最薄)~4(最厚)毫米。设计要求纤维方向应与零件外形相符。现为锤上模锻件, 叶片不能锻出, 完全靠机加工出来。这样纤维被割断, 不能满足设计要求。另外, 锤上模锻的材耗约5.2公斤, 而零件仅0.9公斤, 材料利用率只有17.6%。若能将叶片锻出, 不但能满足纤维方向与零件外形相符的要求, 而且也能提高经济效益。

叶片也是船舶上的主要锻件, 目前的叶片生产, 主要采用辊锻, 机械压力机上模锻和高速锤上锻造, 它们都存在某些不足。辊锻GH130材料的叶片时, 形变强化工序中难以保证叶型各截面的质量。由于部分的变形温度存在差异, 造成机械性能不均匀。并且在加热时会产生氧化、脱碳等缺陷。机械压力机上模锻388钢叶片时, 由于变形温度、润滑条件诸因素的影响, 容易引起变形不均, 使局部区域的变形量落入临界变形程度范围内, 从而产生粗晶组织。造成一部分报废主要是变形温度难以严密控制的原因。高速锤锻造叶片虽然组织均匀, 性能良好, 可以消除粗晶组织, 但是, 模具寿命低(一般在300件以下), 加工量大, 是很大的弱点; 因此, 也难以实现少无切削锻造。VTR系列增压器的较大的叶片也要求形变强化和无切削锻造。

要做到叶片无切削精锻, 从上述情况看, 以上几种锻造方法, 都难以做到理想的结果。因此, 采用等温模锻成形叶片是值得重视和研究的, 有可能在基本不增加设备投资的前提下, 为叶片生产开辟一条新的途径。若具有类似薄宽腹板和高窄肋锻件, 采用等温模锻, 则有可能获得较好的技术经济效益。

在船舶上的锻件, 还有锻造和铸造铝合金活塞、铜合金阀体、气阀、分离筒本体, 以及其它铝合金、铜合金、结构钢模锻件等。由此可见, 等温模锻在造船工业中是有广泛应用前景的。

四、结 束 语

根据前面的分析可以看出, 等温模锻是一种精密模锻工艺, 在我国造船工业目前的生产条件下, 在一部分钛合金、铝合金、耐热钢、结构钢、铜合金等材料及高性能复杂锻件中发展等温模锻, 不但是目前解决引进产品模锻件生产国产化的一种行之有效的新途径, 而且也是在现有设备和小批量条件下发展较大型模锻件, 扩大模锻生产范围, 逐步摆脱当前造船工业模锻生产落后的局面, 在一个时期内达到高性能、高精度、高效益模锻生产的一种较理想的途径之一。

参考文献(略)

曲拐锻在造船工业中的应用前景

中船总公司十二所 王国栋

低速大马力柴油机是大型船舶的主要动力装置之一,柴油机中的曲轴是最关键的一个零件,其造价约占整个柴油机的1/10~1/15,而且形状复杂,质量要求高。所以,曲轴和曲拐的制造工艺,一直是柴油机制造行业十分关心的问题之一。

一、低速柴油机曲拐生产工艺的国内外现状

低速机曲拐的生产方法,总的可分为铸造和锻造两大类,锻造中又可分为自由锻、模锻和墩锻,在自由锻中又包括了环锻法、块锻法、弯锻法和达林顿锻造法等。

随着对柴油机性能要求的不断提高,对曲拐的质量要求也愈来愈高,铸钢曲拐逐渐不能满足产品性能的要求。所以,曲拐生产有向锻造发展趋势。

在曲拐锻造中,到目前为止,应用最多的仍是自由锻,而以弯锻法最为普遍。模锻法是日本发明的,采用该法能获得曲拐锻件,但所需设备吨位甚大。例如,缸径为560毫米的低速机曲拐,需在万吨水压机上模锻,而更大的曲拐受条件所限(现有水压机最大吨位为12500吨,个别达15000吨)要模锻是很困难的。

曲拐墩锻是波兰在“TR”整体曲轴墩锻的基础上研究成功的一种新的大型曲拐锻造法。采用这种工艺可以获得与模锻法质量相当的优质曲拐锻件,但所需设备吨位还不到模锻的一半。这不仅具有很大的经济意义,而且在现有的技术设备下,为获得更大的优质精确曲拐锻件,提供了一条经济合理、切实可行的新的技术途径。

我国的曲拐锻件生产工艺水平,与国外尚有较大差距。铸钢曲拐最大只生产过560级和580级,而且数量甚少;锻钢曲拐则更少,基本上又是采用块锻法制造。只是在近年,才有个别厂家开始用弯锻法试生产560级和580级锻钢曲拐。

二、曲拐墩锻工艺、工装简介

墩锻曲拐的整个工艺过程如图1所示。最后成形墩锻的工装如图2所示。其受力情况如图3所示。

由图3可见,最后成形墩锻时墩粗力,在不考虑摩擦时为:

$$P_b' = 0.5N_p[\text{ctga} + \omega \text{ctg}\gamma] \quad (1)$$

在考虑摩擦力时:

$$P_b = 0.5N_p\{[(1 - \mu \text{tg}\gamma)\omega + [\text{tg}\gamma + (2 - \omega)\mu]\text{ctg}(\alpha + \rho)] / (\text{tg}\gamma + 2\mu)\} \quad (2)$$

工 步	草 图	说 明
1 钢锭检验		
2 开坯		第一火
3 墩粗		
4 墩拐颈		
5 墩拐颈		第二火
6 拍扁拐颈		
7 成形墩锻		第三火

图 1 曲拐墩锻工艺过程

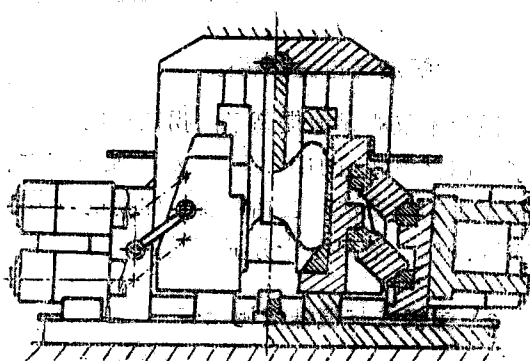


图 2 成形墩锻工装示意图

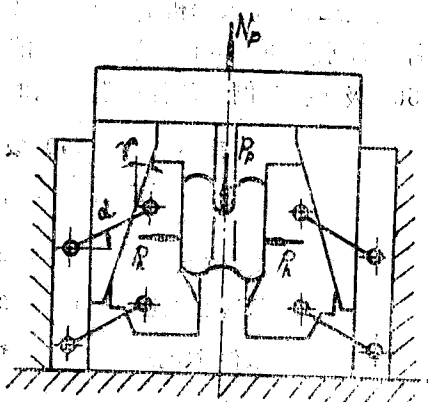


图 3 墩锻力分析示意图

式中: N_p ——压机发挥的总压力;

P_k' ——不考虑摩擦力时作用在曲拐上的墩粗力;

P_k ——考虑摩擦力时作用在曲拐上的墩粗力;

γ ——斜楔倾角;

α ——肘杆倾角;

μ ——摩擦系数;

ρ ——摩擦角($\rho = \arcsin(2\gamma_i/R)$, 其中 R 为肘杆两端铰接中心之间的长度。 γ_i 为摩擦圆半径, $\gamma_i = \mu d/2$, d 为铰轴直径。)

ω ——反映错移力和墩粗力比例关系的系数($\omega = 1 - P_p/N_p$, P_p 为错移力, N_p ——墩粗力, 据模拟实验表明: $\omega \approx 0.25$)

由图 3 可知: 当墩粗到最后阶段时, 墩粗力达到最大值, 若 $\gamma = 10^\circ$, $\alpha = 10^\circ$, 取 $\mu \approx 0.2$, 由公式(2)计算得到的最大墩粗力为:

$$P_{kmax} \geq 2.5N_p$$

三、曲拐锻锻的技术经济效益

1. 锻锻法与自由锻相比

锻粗不仅明显地提高了曲拐锻坯的质量(外形精确、纤维连续、组织致密),而且大大节约了金属材料 and 机加工工时,从而使成本大幅度下降。以较小的560级曲拐为例,锻锻工艺和较先进的弯锻法工艺相比较,曲拐的疲劳极限提高了20%,金属材料节约了30%,锻件成本下降20%,效果是十分显著的。

2. 锻锻法与模锻法相比较

锻锻法的主要优点是可以用较小的设备锻出较大的优质曲拐锻件。锻锻曲拐不论是尺寸精度,还是内部质量,都可与模锻成形的曲拐相媲美,突出的优点是锻锻所需设备吨位尚不到模锻的一半。这不仅经济意义显著,而且更重要的是在现有技术条件下,可生产更大的优质曲拐。装在12500吨水压机上的曲拐锻锻装置,基本上即可生产现代最大的低速机曲拐,而装在同样吨位水压机上的模锻装置,只能生产560级以下的低速机曲拐。

以560级曲拐为例,几种锻造方法的对比如表1所示。

表 1 560 级曲拐各种锻造工艺的对比

工艺方法 对比项目	自 由 锻		模 锻 法	锻 锻 法
	块锻法	弯锻法		
锻造用钢锭重(吨)	25	22	16	16
锻件重(吨)	15	13	9.5	9.5
锻件质量	差	较好	优	优
设备吨位(吨)	2500	2500	10000	2500
锻件单价(元/吨)	1670	1670	1870	1670
单件曲拐成本(元)	25050	21710	17765	15865
机加工量	大	较大	小	小

四、曲拐锻锻法在我国船机制造业中的应用前景

根据我国造船业发展的具体情况,在今后一段时期内,低速柴油机仍将是船机的主体,而主导机型则将是缸径600~700毫米的各型低速机。年需要量将为40~50万马力。据此,就可对曲拐锻粗工艺在我国船舶工业中的应用前景作一个大体的预测。

1. 技术可行性

从上述介绍知道,采用锻锻法能够生产现代最大的曲拐锻件,生产600~700级的曲拐也就迎刃而解了。以L……MC和RLB系列的几种典型低速机为例,其曲拐锻锻所需的水压机吨

位如表 2 所示。

表 2 几种曲拐锻锻生产时所需设备吨位

机 型	放余量后拐类投影面积 (mm ²)	材料牌号	1150℃时材料的高温强度 (kg/mm ²)	拐类自由成形需锻粗力 (吨)	拐类自由成形所需设备吨位 (吨)	拐类模锻成形所需的锻粗力 (吨)	拐类模锻成形所需设备吨位 (吨)
RLB56	1.09×10^6	M56	3	5260	2104	6540	2616
RLB66	1.46×10^6	M56	3	6998	2800	8760	3504
RLB76	1.92×10^6	M56	3	9180	3674	11520	4608
L60MC	2.20×10^6	S44S	3	11616	4644	13200	5280
L70MC	2.97×10^6	S44S	3	15700	6280	17820	7128
L80MC	3.87×10^6	S44S	3	20400	8160	23220	9288

由表 2 可见，若装备一付 12500 吨水压机上的曲拐锻锻装置，即可满足所有低速曲拐锻锻生产的要求。

2. 经济合理性

由表 1 可见，与来自自由锻成形相比较，对较小的 560 级曲拐，每件可节约 6000 多元，还不包括机加工工时节约的经济效果。那么锻锻装置的添置费用又怎样呢？

以年产 50 万马力的低速机计算，单缸功率以 1500 马力计算 (RLA56 机单缸功率 1340 马力)，则每年约需曲拐锻件 335 个，加入 10% 的备件，则每年需曲拐 370 个，如前所述，每个锻件可节约 6000 元，每年可节约 222 万元。而万吨水压机上一付曲拐锻锻装置，包括锻粗装置，造价约 200 万元，即当年就可收回全部工装费用，还有 22 万元收益。显然若低速机的生产达到年产 100 万马力的水平，则不到半年就可收回工装费用，若低速机的生产水平为 30 万马力，则需一年半收回全部工装费用。对于这样一个大型通用工装设备，这样的回收期，应该说是可以接受的。

如果再考虑到采用锻锻工艺后，曲拐质量的提高以及机加工时间的节约，则在低速机生产达到 20~30 万马力时，就应积极采用这种先进的工艺方法。

全纤维曲轴锻造工艺及装置的国内外现状

中船总公司十二所 徐 东 赵勤舟

随着内燃机向高转速、大功率方向发展,对曲轴机械性能和加工性能的要求也越来越高。用传统的自由锻造工艺锻造曲轴,不仅材料利用率低,成本高,还有其致命弱点,即机加工后不但曲轴的纤维被切断,使曲轴的质量降低,还常常由于钢锭心部缺陷暴露于表面而造成废品。为此,需要探索重型曲轴新的锻造方法,如“RR”法、“TR”法、曲拐精密锻造法等。

一、“RR”曲轴锻造法

1. “RR”曲轴锻造法的变形原理及装置构造

“RR”是最早的曲轴弯曲锻造法。该法是在1937年由法国C、A、F、L公司(现Creusot—Loire公司)发明的。并以发明者R·Roederer的名字命名为“RR”法。其装置如图1所示。主要由下底座,左、右下模座,左、右上模座,上、下冲头及冲头夹持器和由上夹紧缸、下顶出缸,左、右模座推动缸为主体的液压系统等几部分组成。其基本成形原理如图2所示。把加热到锻造温度的台阶轴放入专用模具中夹紧,压机活动横梁下压时,由于斜面的作用,迫使一对组合模作水平方向的运动,与此同时,上冲头向下移动,从而实现曲拐的弯曲锻造,每次成形一个曲拐。然后棒料转动一个曲柄夹角,再锻相邻的曲拐。拆除中间弯曲冲头,可锻弯曲轴两边法兰;更换模块,可锻制不同规格的曲轴。

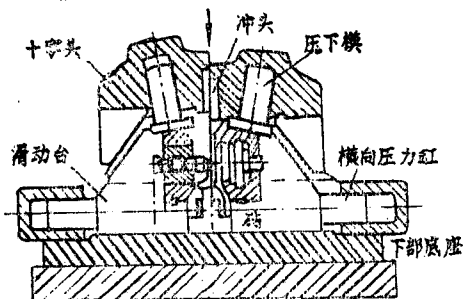


图1 RR锻造设备

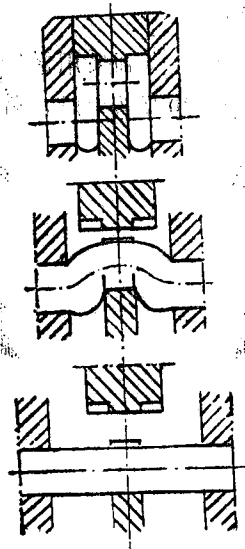


图2 锻弯弯曲原理

2. “RR”曲轴锻造法国内外使用状况

1969年日本神户钢铁公司在Takasako工厂投产的大型RR装置,其总重量达710吨,安装在6500吨液压机上,能锻制曲柄半径达450毫米、轴颈直径600毫米、曲柄椭圆尺寸为 1240×1060 毫米的特大型曲轴。

我国在六十年代中期研制成功“RR”锻造法。1965年,利用“RR”技术完成了1000马力、2000~3000马力高速柴油机曲轴和4000~6000马力柴油机曲轴及锻制了6160曲轴。1975年完成了在12000吨水压机的“RR”装置设计和“RR”工艺设计,锻成了6390曲轴20根。又在3000吨水压机配套的“RR”锻锻装置生产了12180等曲轴。至今,我国已能应用先进的全液压式“RR”装置,锻制不同规格的全纤维曲轴。

3. “RR”曲轴锻造法的优点

与自由锻相比:

- (1) 可节约原材料50%以上,减少加工工时60%~70%;
- (2) 曲轴成形时,钢锭中心层位置不变,心部缺陷不会外露;
- (3) 曲轴纤维连续,分布合理,锻件质量高;
- (4) 适用范围广。可根据不同的拐颈形状实现预锻粗、预弯曲、弯曲锻粗同时进行等工艺,也可以实现拐颈的自由锻粗成形和模锻成形。

4. “RR”曲轴锻造法的缺点

- (1) “RR”装置效率低。该装置产生的水平锻锻力为一定值,仅等于设备压力的33%;
- (2) “RR”装置都有一套高压液压系统,结构相当复杂。

以上缺点限制了“RR”曲轴锻造法的发展。

二、“TR”曲轴锻造法

五十年代末,波兰Batorg冶金工厂原拟采用从法国引进“RR”法锻制曲轴。由于“RR”装置过于庞大,无法安装在该厂的2000吨水压机上;如将“RR”装置改小,又不能锻制出所需的大型曲轴。为此,该厂委托波兰波兹南工艺研究所代为设计一套与“RR”法类似的曲轴锻锻装置。1965年,该所的T·Rut博士研制成功,并作为专利提出了一种比“RR”锻造装置更为合理的所谓“TR”锻造整体曲轴新装置。“TR”的基本变形原理同“RR”法。但“TR”装置(图3)的结构与“RR”装置完全不同。它是用可回转的肘杆机构实现力的分解。

1. “TR”曲轴锻造法的优点

- (1) 具有本文前述的“RR”锻造法的所有优点。
- (2) 水平分力和垂直分力分布合理。“TR”装置由于肘杆结构所产生的水平锻锻力和垂直夹紧力在整个变形过程中是一变量。其变化规律是,水平锻锻力从最小值到最大值;垂直夹紧力从最大值到

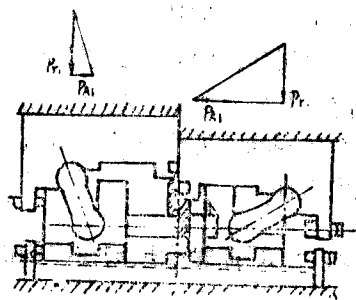


图3 TR装置

最小值。这种变化规律正符合曲轴柄成形过程对力的实际要求。据资料介绍，最大的水平锻力一般可达公称压力的1.2倍，相应于“RR”装置的3.6倍。因此，该装置能充分利用并发挥通用锻压设备的能力。

(3) 结构简单，操作灵活。由于“TR”装置在曲轴锻前即可产生足够的垂直夹紧力，因此，它不需要“RR”装置那一套夹紧系统。在操作熟练的情况下，可实现一火锻多拐。如民主德国VEB工厂在3200吨水压机锻造主轴颈直径475毫米连杆直径350毫米的曲轴时，一火可锻3拐。

2. “TR”曲轴锻造法在世界上的使用状况

由于“TR”曲轴锻造法具有以上优点，且用“TR”法锻制出的曲轴，疲劳强度可提高20%，扭转强度可提高22%，英国劳埃德商船协会推荐“TR”曲轴锻造法为船用柴油机曲轴的最佳制坯工艺，各国广泛应用。

迄今为止，世界各国所用的大型曲轴，不论整体式的还是组合式的，其制坯工艺除极少数还采用“RR”法外，大多数都改用“TR”法了。这些国家利用“TR”装置在1500~8000吨的液压机上，锻造主轴颈90~500毫米，曲轴半径180~1250毫米的各类曲轴。其尺寸精度是：轴颈10~20毫米，曲柄两侧8~15毫米，曲柄轴向精度±2毫米。

3. “TR”曲轴锻造法的发展

波兰波兹南工艺研究所自六十年代初发明“TR”法以来，又先后研制出一些其他类型的“TR”装置。其中世界上应用较广的有：

(1) 用于大型组合曲轴单曲柄锻装置，如图4所示。该装置的水平锻力可达设备公称压力的2.5倍。

(2) 多用途的SW-1型试验设备。这种设备既可装在液压机上也可装在其他压力机上。根据用途能锻曲轴，取掉中间弯曲冲头，可锻法兰、汽车后半轴、铁道车辆轮轴等。其主要优点在于，可采用多腔模，棒料一次加热，即可连续完成几个曲拐，而不必更换模块。

除此而外，“TR”曲轴锻造法正在向大型发展。波兹南工艺研究所应国外一些公司的委托，已经制定出在15~80百万牛顿的压力机上使用的锻造装置的技术文件。

4. “TR”曲轴锻造法在我国的应用

由于“TR”法在曲轴毛坯的生产中表现了极大的优越性，我国一些单位也开展了“TR”曲轴锻造法的研究与生产。

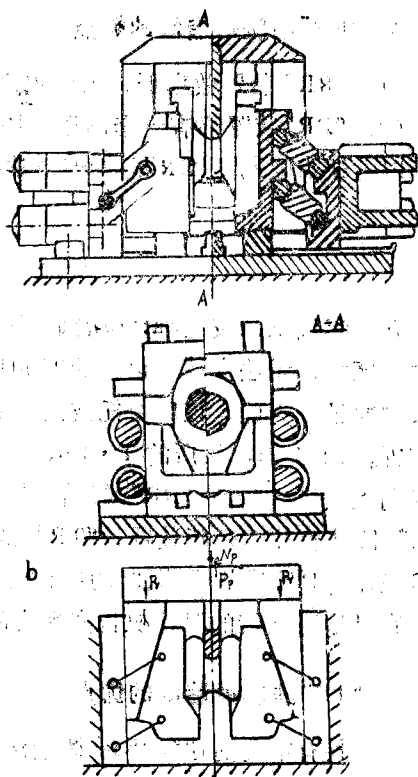


图4 大型组合曲轴单曲柄锻装置

(1) 我所于1982年研制成功一台小型双肘杆锻锤装置(图5)。此装置用于300吨油压机上。它可锻制主轴颈 $\phi 100$ 毫米曲轴。在锻造曲轴时,其水平锻锤力可达360吨,锻法兰时,水平锻锤力可达520吨,最大锻锤行程80毫米,最大错拐行程74.5毫米。图6为该装置锻制的6PC2—5整体曲轴(M1:6);图7为该装置锻制的三种规格的扭力轴。

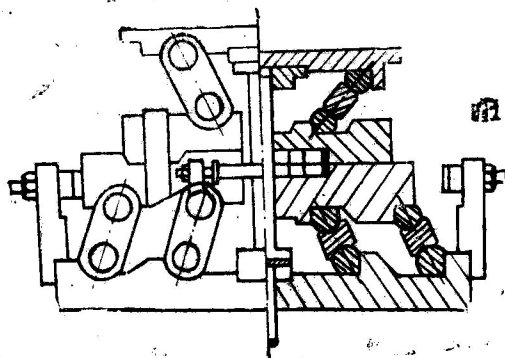


图5 双肘杆锻锤装置简图

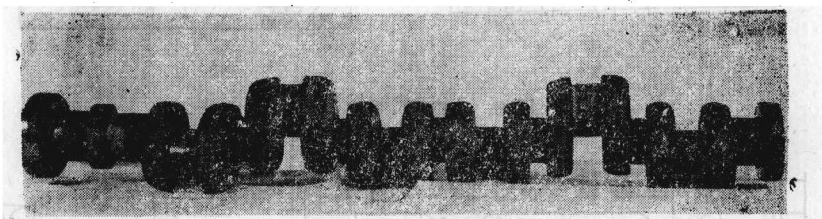


图6 双肘杆锻锤装置锻制的6PC2=5整体曲轴(M1:6)

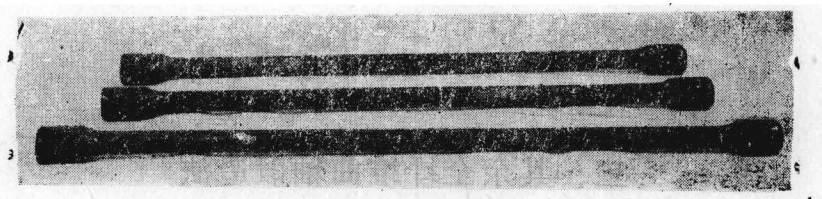


图7 三种规格的扭力轴

(2) 1983年,设计了一套在275吨油压机上使用的肘杆式锻锤装置,图8为该装置,图9为该装置锻出的毛织机曲轴。

(3) 为了提高中速柴油机曲轴锻坯质量,某厂通过日本制钢所引进了TR曲轴锻锤装置和技术。并锻出了12PC2-5、6PA6L280、12V230三种曲轴。