165MN油压机大型锻件技术研究

上海重型机器厂有限公司大型铸锻件研究所 （200240） 张 琦 朱洪洋

由西安重型机械研究所和上海重型机器厂有限公司（以下简称“上重”）联合设计，上重制造的目前世界上锻造压力、内开档和净空距尺寸最大，技术最先进的165MN自由锻造油压机，已经正式投入生产。165MN自由锻造油压机的研制成功，对于提升我国大型锻件的制造水平和能力，对扭转我国一些超大型锻件依赖进口的局面，增强我国综合经济实力具有重大战略意义，是我国装备制造业发展史上的又一个奇迹，也是我国装备制造业自主创新的又一个新的里程碑，为我国大型锻压设备和大型锻件产品出口奠定了坚实基础。

165MN锻造油压机中有4根拉杆，每根拉杆的锻件长度达22m，超出了目前上重公司锻造技术、热处理技术的极限，如何通过改进生产工艺、改良设备或设计合适的工装以成功的生产出拉杆，这对上重的热工艺技术和生产能力是一个挑战。

此外，165MN锻造油压机中的4根压套，每根压套总重达135t，分6段焊接而成。由于压套重量大、尺寸大、加工量也大，因此，切削应力和焊接残余应力大，如何有效的消除应力，是成功制造出压套的关键。

1. 165MN自由锻造油压机拉杆制造

拉杆制造的具体工艺流程为：冶炼→锻造→粗加工→探伤→热处理→精加工。

（1）材料选用及冶炼 165MN自由锻造油压机中有4根21.45m长的拉杆，材料按JB/T1267－2002标准选用25Cr2Ni4MoV，其化学成分见表1。

表1 拉杆化学成分表（质量分数） (%)

	C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Mo	V	Cu
规范	≤0.25	≤0.35	≤0.10	≤0.018	≤0.015	1.5～2.00	3.25～4.00	0.20～0.50	0.05～0.13	≤0.20
目标	0.25	0.30	≤0.10	≤0.008	≤0.010	1.70	3.60	0.40	0.10	≤0.20

冶炼成分由于是我厂的成熟材料，对成分的控制很有把握。采用VCD炼钢工艺，碳当量控制在0.70%～0.75%，CE＝C＋Mn/20＋Ni/15＋（Cr＋Mo＋V）/10。

（2）锻造 165MN锻造油压机是目前世界上规格最大的油压机，其拉杆长达22m多。对上重厂热加工改造之前的锻造技术来说，是一个挑战。拟定拉杆锻件见图1。

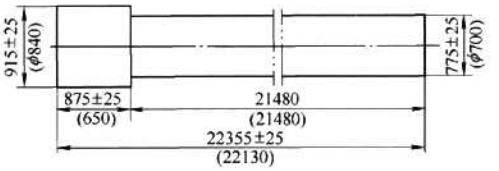


图1 拉杆锻件

165MN万吨油压机拉杆锻件重量计算得851t，钢锭重量为143t。基于以上几大特点，在锻压过程中遇到了以下几个难点：

一是变形量太大，由3.45m长的锭身最终成形至22m，锻压过程中拔长难度大。二是锻压过程中，拔长操作时间长，局部出现冷却，难以控制锻件温度，从而增加拔长难度。三是拔长过程中弯曲、裂纹控制难度更大。

针对锻压过程中可能出现的问题，经过与生产部门的沟通和交流，在操作中可采用以下方式：

①针对最后一次变形量很大，加工难度高，可通过改进工装，缩短操作时间，提高效率。②拔长过程，通过采用V型砧，并控制相对送给量，提高工作效率、缩短操作时间。③为防止最后一次拔长操作时间过长拉杆局部冷却，可加热至1000℃，然后继续拔长。

（3）粗加工后调质前探伤 锻件必须满足JB/T5000.15－1998标准的Ⅳ级无损检测要求，不得有裂纹、白点、缩孔、折叠、过度偏析以及超过允许

的夹杂和疏松。

（4）热处理　165MN油压机里有4根拉杆，该拉杆图样尺寸长21.45m，直径为660mm，重约60t，调质余量如图2所示，热处理工艺见图3，热处理调质时在22m井式炉内起吊。由于热处理车间（见图4）总净空高度仅25.45m，21.45m的拉杆加上起吊设备、行车高度，吊钩及热处理吊具并满足冷加工工艺要求，已经超出了起吊极限。

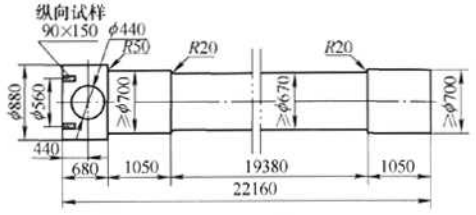


图2　拉杆调质余量

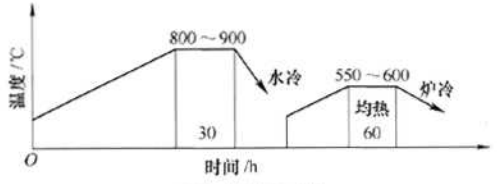


图3　热处理工艺



图4　165MN油压机拉杆热处理生产

调质后的性能要求：硬度280～310HBW，R_m≥860MPa，R_e≥760MPa，A_5≥18%，Z≥50%，A_{KU}≥50J。

经过技术分析，采取以下措施：

①拆卸行车吊钩，直接将U型吊具安装在行车上见图4。②改装现有的22m，铺设电阻丝至24m。③设计新型工装，改进横销与吊具。④考虑工件在膨胀影响下的尺寸变化。⑤为避免生产实践中的意外，拉杆在热处理生产之前，需进行实物联合冷调试并使操作中行车速度尽可能开至最快。

通过精细测量和计算，理论得到拉杆底部距地面仅有900mm左右。实现该长度拉杆的生产，进一步挖掘现有设备的潜力，实现了长度上的突破，创新了生产历史。

（5）设计热处理工装U型吊具　测绘热处理车间200t行车吊钩的螺纹，并根据厂房高度制定吊具的极限尺寸，计算吊具的承载强度，同时必须考虑热处理炉的炉口尺寸等一系列因素。经过反复计算、校核和修改，最终确定出U型吊具的设计见图5。

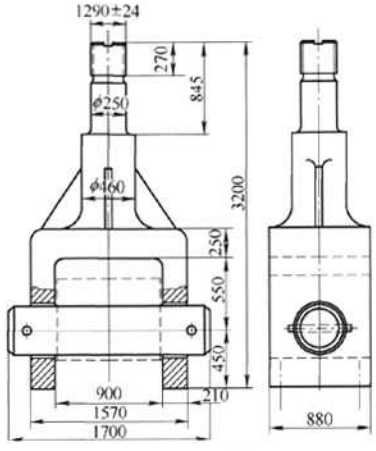


图5　吊具总装

2. 165MN自由锻造油压机压套制造

压套制造工艺流程为：6个零部件（冶炼→锻造→粗加工→探伤→热处理→半精加工）性能检测合格后→焊接→半精加工→除应力回火→精加工。

（1）材料选用及冶炼　165MN自由锻造油压机中有4根17m长的压套，每根重量为135t，由两件压套端部和4件压套中段焊接而成，材料按JB/T 6400　1992标准选用20MnMoNb钢，化学成分见表2。

表2　压套化学成分（质量分数）　(%)

	C	Si	Mn	P	S	Mo	Nb	Cu
范围	0.17～0.23	0.17～0.37	1.30～1.60	≤0.035	≤0.035	0.40～0.65	0.025～0.050	≤0.25
目标	0.18～0.21	0.20～0.30	1.35～1.50	≤0.015	≤0.010	0.45～0.55	0.025～0.045	≤0.20

（2）锻压　压套是165MN自由锻造油压机的重要部件之一，共计24个，其中压套端部8个，压套中段16个。锻压过程简介如下：

①压套端部每个锻件重量约为40t，采用68t钢锭，利用率为60%；压套中段锻件重量约为47t，

采用80t钢锭，锻件利用率为59%。

②锻压工序为：镦粗→拔长→镦粗→冲孔→拔长成形，工序难易程度较难，且我公司已经生产过相似形状的锻件，此工序是我公司较为成熟的锻压生产过程。

③压套的零件数量较多，在成熟的工艺基础上，进一步改善工艺，提高钢锭利用率达59%以上。

(3)粗加工后调质前探伤　锻件必须满足JB/T5000.15－1998标准的Ⅴ级要求超声波探伤，不得有裂纹、白点、缩孔、折叠、过度的偏析以及超过允许的夹杂和疏松。

(4) 热处理　165MN油压机压套调质后的力学性能：硬度176～229HBW，$R_m \geqslant 590$MPa，$R_e \geqslant 440$MPa，$A_5 \geqslant 15\%$，$Z \geqslant 40\%$，$A_{KU} \geqslant 45$J。

(5)焊接压套在焊接时应保证熔透，焊缝及焊缝影响区的强度性能不能低于母材。焊缝应按Q/JB—AA22—2000的Ⅱ级要求进行超声波探伤。

(6) 去应力回火　为了防止压套的变形，工件必须在垂直状态下进行去应力回火，这就需要考虑工件的起吊及进炉、出炉时可能出现的问题。经过锻造工艺人员和热处理车间现场的技术人员共同分析和讨论，我们设计了工装和压套连接见图6，使压套的去应力回火顺利进行。

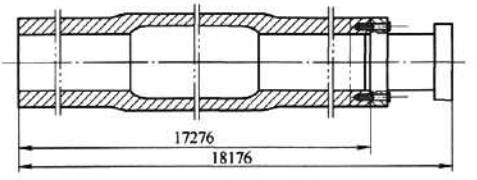


图6　工装和压套连接

3.结语

(1) 在拔长过程中采用V型砧、控制相对送给量、缩短操作时间等措施，解决了超长锻件的拔长和变形量大的难题。

(2) 改进行车吊钩，设计专用U型吊具，解决了拉杆热处理超长的难题。

(3) 设计了压套和工装连接轴，解决了超长、超重压套在去应力回火中变形的难题。MW

(20110325)

(上接第8页)

“三代”核电AP1000核岛锻件全部研制成功，700MW级水电机组锻件实现批量生产，1000MW级火电超临界机组重要锻件研制成功，初步实现了核电等高端大锻件国产化。通过几年来电站大锻件科研攻关，建设发展了中国第一重型机械集团公司、中国第二重型机械集团公司和上海重型机器厂有限公司等国内三大核电大锻件制造基地，清华大学、燕山大学和太原科技大学等国内大锻件技术研发基地的实力和技术水平得到显著提升，并且形成了以中国一重、二重等龙头企业为核心的大锻件产学研联盟。

经过“十一五”期间建设与发展，我国大锻件装备能力实现了跨越式发展，大型锻造技术水平也得到了明显提升，这是大锻件行业历史上发展最好的时期。但是，必须清醒地认识到我国大型锻造技术与世界先进水平之间所存在的较大差距，我国仍然属于大锻件制造大国、而非强国。主要差距表现在：大部分高端大锻件还不能批量稳定生产，产品质量不稳定、废品率较高，有不少技术尚未达到稳定和固化，锻件的材料、能源消耗较大，其制造的经济性和节能减排还有较大提升空间。因此，在“十二五”时期及未来，技术创新和技术进步依然是我国大锻件行业的首要任务。其发展目标是：完善并掌握大型锻件核心制造技术，行业技术水平进入世界先进行列，以满足我国核电、火电等先进重大技术装备不断发展的要求。

大型锻件是综合材料、冶炼、锻造、热处理等为一体的高技术产品，其生产质量受钢锭原始组织、材料的热变形特性、组织变化行为、锻造火次设置、锻造工艺参数、变形方式、辅具结构及热处理工艺等众多因素的共同影响。因此，从技术层面上首先还需加强大锻件基础共性技术研究，如新材料成分、热变形行为、缺陷和组织性能控制研究、大型钢锭材料成分、宏观偏析、纯净度及冶金缺陷等精确控制技术研究、大锻件内部夹杂性缺陷、裂纹性缺陷以及粗晶、混晶等材料组织缺陷形成机制及控制技术研究等，并要在材料、冶铸、锻造和热处理等单项技术的基础上，加强大锻件制造全流程的技术集成研究，尤其在材料成分与组织性能关系、冶铸与锻造及锻造与热处理界面的技术研究。建立在上述科学研究基础上，开发各种大锻件短流程制造技术、大型结构复杂锻件的仿形锻造技术等。MW　(20110420)