人孔法兰盖锻造工艺优化

王贺新，赵达

摘要：人孔法兰盖是加氢反应器小锻件当中重要部件之一，受其形状、尺寸的特殊性所限，如采用传统的锻造方法锻造，锻造余块大，锻件成本高，生产周期长，影响零件力学性能 。结合生产实际，对其锻造工艺进行优化，并阐述其具有的意义。

关键词：锻造工艺；余量；法兰盖

加氢反应器是石油化工行业在实际生产过程中最常用也是非常重要的设备，其中人孔法兰盖作为加氢反应器的重要组成部件，由于其零件形状较为特殊，加之受制造厂设备能力及附具的限制，一直以来，在锻造过程中均将其锻件毛坯视为外径统一的饼形锻件进行锻造。这样不仅增加了锻造余块，提高了生产成本，且延长了产品生产周期，减少了经济收益。随着我厂45MN油压机的投入使用及相关附具的完善，此类锻件的工艺优化势在必行。本文仅以人孔法兰盖这一类锻件的锻造工艺优化为例，讲述减少锻造余量，对提高锻件性能、缩短产品生产周期、降低产品生产成本所具有的实际意义。

1. 产品要求及原锻造工艺分析

以某项目加氢反应器的人孔法兰盖为例，其粗加工取样位置及尺寸形状如图1所示，锻件力学性能要求见表1，粗加工后要求按JB/T4730.3进行超声波检测，锻造比要求＞3.5，可见，其综合指标要求很高。加之其台阶高度较小，根据以往经验，本产品只能锻成外径一致、等壁厚的圈形锻件，如图2所示。锻造变形过程为：下料→镦粗→冲孔→滚外圆→平整出成品。

表7是根据以下公式计算出来的。

$C_p=0.271368+1.17127\times10^{-4}t-5.261\times10^{-9}t^2$

上式温度t的适用范围为27~750℃，公式相对偏差σ=0.6%。

国产Zr-4合金50～680℃的真定压平均比热容为

C=（0.277+0.283+…+0.340+0.349）÷8=0.311（kJ·kg^{-1}·℃$^{-1}$）

4. 锆及锆合金的相对磁导率μ_r

锆及其合金为非磁性材料，其相对磁导率μ_r=1。

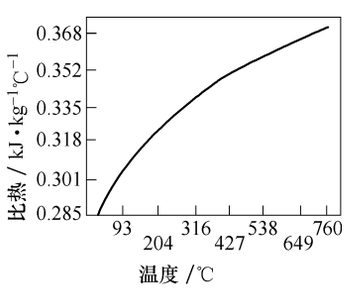

图2　碘化法锆的比热值

致谢：

本文在写作过程中得到了俄罗斯国立圣彼得堡电气工程大学B.B.杰米多诺奇科技技术博士、西安电炉研究所汤景明教授、西北有色金属研究院刘建章教授、西安石油大学张乃禄教授、中国重型机械研究院有限公司荆云海教授的指导与帮助，在此一并表示衷心的感谢！

作者简介：李韵豪，联系方式：13709196753@163.com。

（待续）

MW 20160725

产品重量分析，粗加工重量（ρ=7.85×10^{3}kg/m^{3}为该材质密度，V为体积）

$$G_0=\rho V=7.85\times\frac{\pi}{4}[(1445^2-385^2)\times305+(845^2-385^2)\times195]\times10^{-9}\approx4320(\text{kg})$$

锻件毛坯重量为（ρ、V同上，κ为锻件补偿系数）

$$G_1=\rho Vk=7.85\times\frac{\pi}{4}[(1490^2-300^2)\times545]\times1.05\times10^{-9}\approx7510(\text{kg})$$

锻造余量重约为

$$G_{余}=G_1-G_0=7510-4230=3280(\text{kg})$$

$$\gamma=\frac{G_{余}}{G_1}=\frac{3280}{7510}=43.7\%$$

锻造余量占锻件总重的43.7.%，即锻造余量接近锻件毛重的一半，这势必会增加产品的成本（包括燃气消耗、热处理时间、机加工时等），且延长了产品的生产周期。

2. 工艺优化思路

如何减少加工余量，提高锻件质量，一直都是锻造行业在不断探索不断完善的课题。针对加氢反应器小锻件之一的人孔法兰盖锻造工艺加以分析后，对原有锻造工艺流程进行改进，即采用专用垫圈对坯料进行镦粗、平整，进而达到减少锻造余量，提高锻件性能的目的。工艺优化前后对照详见表2，加工装备如3所示。

3. 工艺优化后的效果

（1）锻件余量减少明显 锻件毛坯形状及尺寸见图4，锻件毛坯重量为（ρ、V同上，κ为

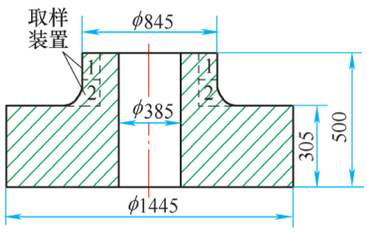

图 1

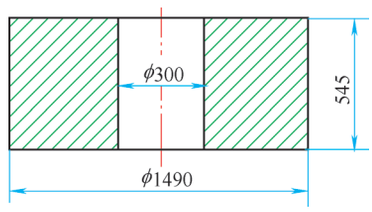

图 2

表1 锻件要求力学性能

项目	数值
拉伸强度R_m /MPa	510~680
屈服强度$R_{p0.2}$ /MPa	310~620
断后伸长率A (%)	≥19
断面收缩率Z (%)	≥45
-30℃冲击吸收能量KV_2/ J	三个平均值≥54，允许一个≥47

表2 工艺优化前后对照

火次	工艺优化前	工艺优化后
下料	冒口端弃料 水口端弃料	冒口端弃料 水口端弃料
镦粗		
冲孔		
滚外圆		
平整		

图 3

锻件补偿系数）

$$G_{优}=\rho Vk=7.85\times\frac{\pi}{4}\left[(1490^2-300^2)\times350+(890^2-300^2)\times195\right]\times1.05\times10^{-9}\approx5700(\mathrm{kg})$$

锻造余量重约为

$$G_{余}'=G_{优}-G_0=5700-4230=1470(\mathrm{kg})$$

$$\gamma=\frac{G_{余}'}{G_{优}}=\frac{1470}{5700}=25.8\%$$

优化后锻造余量占锻件总重的25.8%，单件余量减少重量1810kg。

（2）锻件性能提高明显　采用垫圈镦粗，除了能较大程度地减小余量，还对锻件性能的提升有明显作用。如图5所示，采用垫圈镦粗，最大限度保留了金属流线组织的连续性，同时，在机加过程中也避免了因切削加工致使金属流线组织的大量外露。在取样位置相同的情况，采用优化工艺后的锻件得到了更加理想的力学性能，如表3所示。

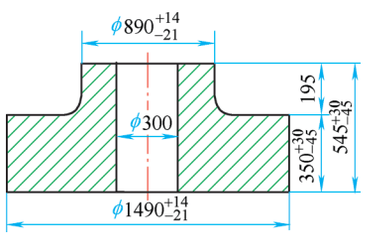

图 4

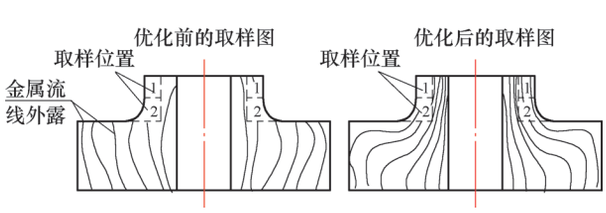

图 5

表3　工艺优化后力学性能值

项目	数值
抗拉强度R_m /MPa	625
屈服强度$R_{p0.2}$ /MPa	510
断后伸长率A（%）	26.4
断面收缩率Z（%）	81.4
-30℃冲击吸收能量KV_2 /J	均值296

4. 结语

从以上数据可看出，采用优化后工艺方案，锻造余量占锻件总重比从43.7%下降至25.8%，仅人孔法兰盖单件产品即可节省钢材1810kg，公司每年都会生产大量的同类锻件，若能综合现在利用现有设备及附具，采用优化方案，势必会为我公司节约大量生产成本，提高经济效益，增强市场竞争优势。另外，采用优化方案后，该毛坯冷加工工时可减少约24h，提高了生产效率，缩短了加工周期，为保证交货期赢得了时间。同时，采用此法使得锻件形状更加接近零件尺寸，最大限度地保留了金属纤维组织，避免冷加工切削过程中过度破坏金属的纤维组织，使锻件具有良好的力学性能。综上所述，采用优化后方案，对减少公司内部成本消耗及提高公司市场竞争力都有着非常重要的意义。

参考文献

[1] 姚泽坤.锻造工艺学与模具设计[M].西安：西北工业大学出版社，2007.

[2] 俞汉清，陈金德. 金属塑性成型原理[M]. 北京：机械工业出版社，2001.

[3] 崔忠圻，覃耀春. 金属学与热处理[M]. 北京：机械工业出版社，2007.

作者简介：王贺新、赵达，中国第一重型机械股份公司铸锻钢事业部水压机锻造分厂。

MW 20160626