销轴热处理工艺改进

江汉石油管理局第四机械厂热处理分厂 （湖北 434024） 闵艳平 朱嘉筠

销轴是我厂生产的低温ZJ40CZ钻机上的关键零件，由于该钻机是客户向我厂订购用于出口到俄罗斯的石油钻采设备，对材料的低温冲击吸收能量要求高，销轴材料为40CrNiMo，主要化学成分见表1，热处理调质后技术要求见表2。

表1 40CrNiMo销轴化学成分（质量分数） （%）

元素	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Cu	S	P
标准值	0.37～0.44	0.17～0.37	0.50～0.80	0.60～0.90	1.25～1.65	0.15～0.25	≤0.025	≤0.025	≤0.025
实测值	0.39	0.21	0.63	0.82	1.35	0.18	0.013	0.010	0.017

表2 40CrNiMo销轴调质后技术要求

A_{KV}(-45℃)/J	表面硬度HBW
3个冲击试块平均值≥27J，单个值≥20J	302～363

1. 原生产工艺

工艺流程为：下料→机加工→调质→机加工→镀锌→成品，按原材料批次号，每批次中选一件，按ϕ80mm×334mm下料，其中有加长110mm作为试件，热处理调质后将试件锯下，在试件上距表面20mm处取3个10mm×10mm×5mm的冲击试样。同一批次，连续两炉销轴经调质（调质工艺为870℃×3h，油冷，600℃×4h回火后水冷）后，其硬度符合技术要求，但低温冲击吸收能量不达标，故对该材料工艺参数进行探究。

2. 试验方法

以同批次材料锯多个ϕ80mm×334mm的原料作为试验对象，通过选择不同的热处理工艺参数，

（8）热处理工艺 见图8。针对热处理结果，840℃等温和80℃油冷，可以作些调整。

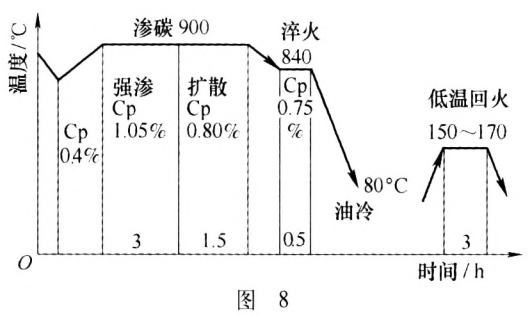


图 8

（9）综合分析 动力输出轴的使用工况条件没有发现异常，在正常作业中，一次性出现了扭断，没有疲劳；旋耕的负荷大，需要内在综合性能更好；动力输出轴的强度应该再加强些，从扭断情况及金相图片看，问题可能出在针对现有材料的热处理组织上，需要以综合性能好的板条马氏体为主，非马氏体组织再少些；材料是典型的低碳马氏体钢，应该通过热处理充分得到该钢的设计组织及材料性能；万向节、三点悬挂等安装位置、尺寸的影响因素，没有得到设计者的分析确认。

从目前掌握情况看，动力输出轴的断裂主要是热处理工艺引起的。

4. 建议和改进措施

建议在此基础上进行试验、跟踪、验证，不断改善零件质量。与供应商沟通定制热处理工艺，与其他渗碳零件工艺差异化；如果现在热处理设备及工艺能力不能达到材料组织要求，考虑采用淬硬性和淬透性更好的材料，如18NCD6或20CRNI3H；与设计者沟通，关注安装调整位置尺寸因素，减少径向分负荷的风险。**MW** （20140109）

测试试块调质后的硬度和力学性能，选择试验数据的平均值作为该次试验的数据结果。淬火加热保温在RJX-75-9箱式炉进行，回火在RJ-75-6井式回火炉进行，硬度用布氏硬度计检测，冲击试块上开V型缺口，冲击值在我厂计量检测中心的夏比冲击试验机上进行。按上述材料试棒和试验设备，对销轴产品淬火和回火加热温度和保温时间4个工艺参数进行了试验研究。

3. 淬火、回火加热温度和保温时间试验

40CrNiMo钢中的合金元素铬和钼是强碳化物形成元素，淬火加热时必须有较高的温度，才能使碳化物完成溶解和合金元素的均匀化。该材料奥氏体化温度为830℃，因此将淬火温度定为860℃。淬火保温时间根据销轴有效厚度和装炉量及热处理炉升温速度综合考虑，保温时间定为3h。对于淬火冷却介质的选择，我们决定通过试验来确定。选取2组试棒，将试棒加热到860℃保温4h，出炉后以不同方法进行冷却，试验及结果见表3。

表3　40CrNiMo淬火热处理参数试验及结果

组别	1	2
淬火工艺	860℃×4h，油冷	860℃×4h，水冷
试验结果	工件完好无裂纹，表面硬度为55HRC，淬火后硬度符合要求	试样表面有裂纹，产品报废

从以上结果可知，该材料热处理淬火工艺为860℃×3h，油冷。

我们选取4组试棒，对其进行860℃×3h，油冷淬火后，分别在560℃、580℃、600℃、620℃4种温度下保温4h水冷回火后，对其进行硬度检测和力学性能检测，其热处理及性能见表4。

表4 热处理及性能

试样编号	热处理工艺	A_{KV}(-45℃)/J			硬度HBW
1	860℃×3h，油冷 +560℃×4h，水冷	28	26	19	335
2	860℃×3h，油冷 +580℃×4h，水冷	32	44	35	322
3	860℃×3h，油冷 +600℃×4h，水冷	30	25	20	313
4	860℃×3h，油冷 +620℃×4h，水冷	33	17	26	301
5	860℃×3h，油冷 +580℃×4h，水冷回火2次	48	51	43	318

从以上结果可知：5号工艺的低温冲击吸收能量最佳，硬度也符合技术要求。

4. 分析与讨论

通过上述试验，可知在560～630℃这一温度范围回火时，随着回火温度提高，硬度值和强度值逐渐降低，但是产品低温冲击吸收能量先增加，到580℃冲击吸收能量达最大值，然后冲击吸收能量逐渐降低。

由于该材料淬透性好，在淬火时产生的内应力很大，一次回火后，内应力消除还不彻底，通过两次回火后内应力基本上已消除，故冲击吸收能量在第二次回火后会有所提升。

对于淬火保温时间的确定，经验公式$t=aKD$（t：加热时间；a：加热系数；K：工件装炉系数；D：工件有效厚度），该产品加热系数为0.5，装炉系数为2，产品有效厚度为80mm，按公式计算t=80min，但实际我们保温3h，实际保温时间要考虑如设备功率、加热速度、炉温均匀度、产品形状、产品架重量、产品装炉量等诸多因素。

对于淬火温度的选择，40CrNiMo的Ac_3为774℃，理论上是将亚共析钢加热到Ac_3+（30～50）℃，保温一段时间使之奥氏体化，然后以大于临界冷却速度快冷到Ms以下进行马氏体转变，故该材料淬火温度应为800～820℃，但实际我们定的温度为860℃，主要考虑到合金元素完全溶解和均匀化要求。因此，一些定义和公式只能作为参考，具体参数还要以实际情况和材料牌号综合考虑。

5. 结语

（1）销轴合理的热处理工艺为860℃×3h，油冷+580℃×4h，水冷。相同温度两次回火，热处理后，试样硬度低温冲击吸收能量均符合技术要求。到目前为止，我分厂按该工艺生产了大量合格产品。

（2）40CrNiMo销轴不适合水冷，由于水冷时冷却速度过大，内应力也过大，容易产生裂纹。

（3）我厂销轴是下料件，如果原材料为正火状态，可省去调质前正火工序。如果是锻件，调质前需增加一道正火工艺，细化晶粒，消除内应力，为后续调质做组织准备，可进一步提高其低温冲击性能。**MW**　　（20140103）