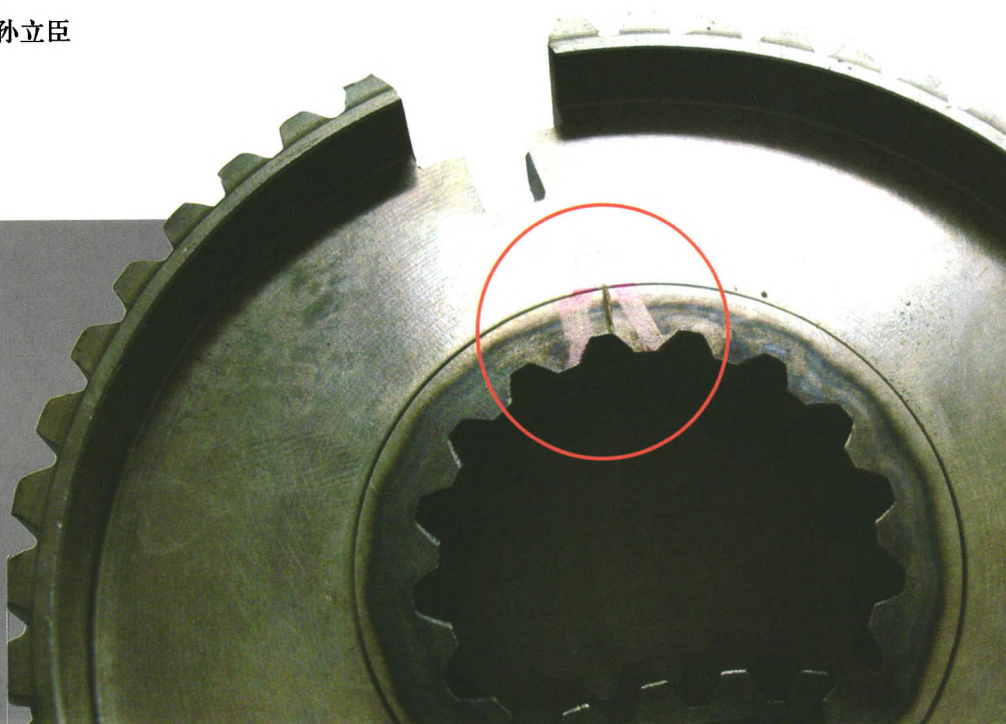


粉末冶金同步器齿毂高频淬火裂纹 解决措施

□ 兴城市粉末冶金有限公司/孙立臣

用D39材料的高强度粉末冶金同步器齿毂，内花键在高频淬火后，出现了沿内花键顶径边缘开裂的现象。根本原因在于高频淬火设备参数调整不正确，导致淬火后，同步器齿毂内应力过大导致裂纹产生。通过产品结构和高频淬火工艺的改善解决了上述问题。



粉末冶金同步器齿毂是汽车变速器内的重要部件，通过心部高频淬火能大大提高产品心部的硬度和耐磨性。本同步器齿毂采用材料为D39材料，化学成分（质量分数）Fe：余量，Cu：1.5%，Ni：4%，Mo：0.5%，C：0.7%，MnS：0.5%，Ac：0.7%，密度要求 $\geq 7.0\text{g/cm}^3$ 。

同步器齿毂采用工艺为：压制成形→烧结→整形→金属加工→高频淬火→包装。

本同步器齿毂产品内花键高

频淬火，要求为淬硬层深度 $0.5 \sim 1\text{ }\mu\text{m}$ ，硬度为 $\geq 450\text{HV}_{0.5}$ 。在少量试制时未发现高频淬火裂纹，在批量生产时发现约有1/3产品在花键大径尖角处开裂，向键槽处沿伸。

裂纹原因分析

（1）产品图样 此种同步器齿毂内花键模数大，模数为 $m=2\text{mm}$ ，且内花键大径处 R 角较小， $R=0.1\text{mm}$ ，属尖角结构；键槽处与内花键处壁较薄。综合来看易

于开裂，但少量试制时未发现高频淬火裂纹，不是主因。

（2）金相检测 金相组织显示为马氏体+残余奥氏体+铁素体的混合组织结构，与常规产品相比未见明显异常。

（3）高频淬火参数 产生裂纹件的同频器齿毂淬火温度为 900°C ，加热时间为 1.8s ，电流为 700A ，常温油冷。高频感应淬火过程中，当温度升高时，材料相应发生膨胀，材料内部温度分布不均

匀，所产生的变形也不均匀，导致其内部产生热应力。在冷却过程中，当奥氏体发生马氏体相变时，由于马氏体密度小于奥氏体的密度，因此，在转变过程中会发生体积膨胀。高频感应淬火过程中，由于存在温度梯度，冷却时组织转变不可能同时进行，所以马氏体膨胀量的不同会导致相变应力的产生。由热应力和相变应力的共同作用下，导致产品在尖角应力集中处开裂，这是主因。

采取措施

(1) 增大R角。与同步器齿毂产品使用厂家沟通，改进内花键大径处R角，在不影响装配的情况下，将R0.1mm改为R0.25mm，其余结构因整体装配原因，不能做改动。

(2) 改善高频淬火工艺。将改进后的同步器齿毂产品在不同的加热时间下进行加热，常温油冷；同时做试验，在不同的加热时间下进行加热，提高淬火油温至60℃。具体见附表。

不同高频淬火工艺参数

序号	齿毂件数	加热时间/s	加热电流/A	加热温度/℃	冷却油温/℃	开裂数
1	100	2.3	700	900	20	18
2	100	2.7	650	900	60	9
3	100	3.2	520	900	20	3
4	100	3.2	520	900	60	0

结语

通过以上高频淬火工艺试验，分析此种同步器齿毂高频淬火受结构影响，通过与产品使用厂家沟通得到改善（主要还是高频淬火工艺的改进）。对开裂件观察发现，全部为内花键大径尖角处开裂，是

应力集中的地方。通过增加加热时间，减小加热电流，从而放慢加热速度，减少了热应力变形。同时淬火油温的提高，也是减少冷却开裂的重要一环。通过高频淬火工艺的改进，使此种同步器齿毂得以大批量生产。 **AME**

(上接第67页)
5mm。
(4) 模具刀块材质SKD-11&ICD-5。
(5) 机床滑块平行度：0.1~0.33mm。

3. 优化模具本体结构

优化模具本体结构，解决切边废料不能排出模具本体的问题。在冲压生产过程中，由于模具本体在设计时存在缺陷，工序件在切边过后，废料无法自动排出模具本体之外，滞留的废料杠起工序件，使感应器无法接触到板件从而导致生产线停线。根据模具本体结构对切边模具的刀口位置进行优化设计，主要从以下几个方面去解决：

(1) 改变废料的形状，通过增加废料，将大废料切成几块小废料。

(2) 优化设计废料切除的工序，将大废料分切后从不同工序给予排出。
(3) 在模具上增加辅助推料装置，用外力将废料从模具里排出。
某车型左侧围切边时刀口优化设计前，刀口切下的两片废料均比较大，在第二序模具上难以实现两块大废料同时排出。优化后两废料一大一小，两废料均能从模腔内部排出。

效果分析

模具能力提升后，自动化线平均换模时间由之前的22min缩短至8min，效率提升率达50%以上。自动化线模具月平均停线时间由1 023min缩短至160min左右。通过缩短线外作业时间和减少线

内停线时间，一天生产换模4次可节省56min，一天模具停线减少约48min，按照现有自动化线冲次能力6.0次/min计算，一条自动化线单班可增加冲次624次，自动化线生产效率提升了26%。

结语

通过对精益生产和新材料、新工艺的研究，结合在江淮公司自动化线主导推行冲压效率提升的改善实践，提出了基于冲压生产全过程的效率改善思路，从减少冲压生产线内和线外时间损失两方面着手，对冲压生产效率进行了一系列的分析研究与改善实践，效率提升工作开展后设备、工装运行更加稳定，相关停线减少，产能提升效果显著。 **AME**