

Cr12MoV钢拉深模失效分析及工艺改进

关慧欢, 徐继东, 刘燕燕, 张怀青, 崔鹏飞, 吴传博

潍柴动力(潍柴)装备技术服务有限公司 山东潍坊 261000

摘要: Cr12MoV钢拉深模, 经过1030℃淬火+200℃回火后, 发现裂纹。对其进行化学成分、裂纹形貌、金相组织及硬度进行检测。结果表明: 拉深模失效的主要原因是原材料中网状碳化物锻造时未能改善, 促使晶界处脆性增加, 在淬火应力作用下出现开裂, 裂纹沿碳化物分布的方向扩展。通过对原材料重新锻打, 碎化、细化共晶碳化物, 把粗大的枝晶状共晶碳化物打碎, 提高碳化物分布的均匀性。热处理淬火前进行球化退火, 降低升温速率, 有效地解决了淬火裂纹问题。

关键词: 拉深模; Cr12MoV钢; 碳化物; 球化退火

1 序言

模具在航空航天、汽车、自动化以及日常生活用品制造中占的比重越来越大。冷作模具钢用在金属或非金属材料的冲裁、拉深、弯曲、冷镦、滚丝及压弯等工序。为满足工模具能满足冲击、磨损、弯曲、剪切等条件, 材料需具备优良的强韧性。而Cr12MoV钢, 属高铬微变形模具钢, 具有很高的耐磨性、淬透性、热稳定性, 经常用于制造高耐磨、微变形、高负荷服役条件下的冷作模具和工具, 该钢虽然强度、硬度高, 耐磨性好, 但其韧性较差。某拉深模由Cr12MoV钢制造, 其工艺流程是: 锻造→下料→加工→淬火→回火→磨削。

某单位Cr12MoV拉深模, 经过1030℃淬火+200℃回火, 在回火后发现裂纹, 失效的拉深模如图1a所示。从失效拉深模上取试块, 可见断口条纹沿纵向分布呈放射状, 属于脆性解理断裂, 如图1b所示。



a) 拉深模宏观形貌

b) 断口形貌

图1 失效拉深模宏观形态

2 试验方法

采用OBLF直读光谱仪对失效拉深模检测化学成分; 用线切割机截取试样, 并将试样研磨、抛光后, 用4%硝酸酒精进行浸蚀; 用DM2000X倒置金相显微镜检验试样金相; 用数显洛氏硬度计检验硬度。

3 试验结果与分析

3.1 化学成分检测

用直读光谱仪检测失效拉深模及同批次板材原料化学成分, 结果见表1。检测1为失效拉深模化学成分, 检测2为与拉深模同批次的板材原料化学成分, 成分均符合GB/T 1299—2014中Cr12MoV工模具钢化学成分要求, 见表1。

表1 Cr12MoV化学成分(质量分数) (%)

元素	C	Si	Mn	Cr	V	Mo	S	P
标准	1.45~1.70	≤0.4	≤0.4	11.0~12.5	0.15~0.30	0.40~0.60	<0.02	<0.03
检测1	1.46	0.31	0.29	11.22	0.21	0.41	0.013	0.022
检测2	1.49	0.30	0.29	11.50	0.21	0.41	0.011	0.022

3.2 硬度检测

对同批次原料进行布氏硬度检测, 硬度为229HBW、241HBW, 满足GB/T 1299—2014工模具

钢退火状态207~255HBW要求。

3.3 金相检验

根据GB/T 1299—2014工模具钢要求，退火状态交货的Cr12MoV钢应检验共晶碳化物不均匀度，合格级别按照表2中规定。此板料厚度为60mm，共晶碳化物不均匀度合格级别≤4级。

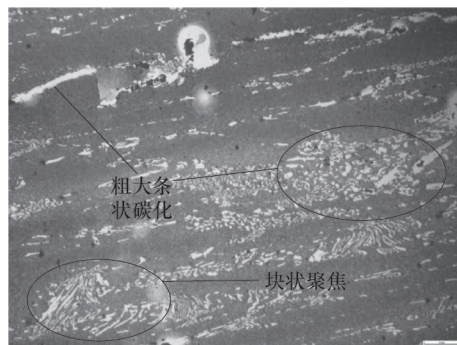
表2 冷作模具钢共晶碳化物不均匀度合格级别

钢材直径或边长 /mm	共晶碳化物不均匀度合格级别/级	
	1组	2组
	≤	
≤50	3	4
50~70	4	5
70~120	5	6
120~400	6	协议
>400	协议	协议

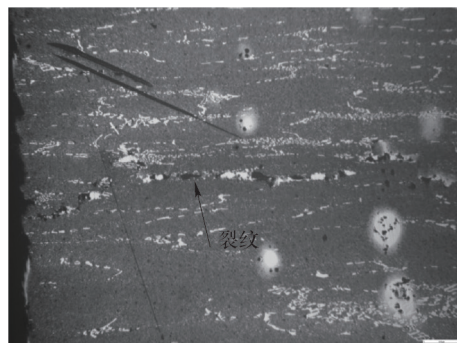
(1) 失效拉深模金相检验 在发生裂纹的拉深模上取试块进行金相检验，图2为拉深模100倍金相组织，基体为回火马氏体、少量残留奥氏体、颗粒状的共晶和二次碳化物。从图2a中可以看出碳化物聚集成堆，块状、条状的碳化物颗粒较粗大，呈带状及网状，共晶碳化物不均匀度对照GB/T 14979—1994 标准第四级别图评为6级，不满足GB/T 1299—2014对工模具钢要求。原材料中网状碳化物^[1]锻造时未能改善，促使晶界处脆性增加，在淬火应力作用下出现开裂，裂纹沿碳化物分布的方向扩展，如图2b所示。

图3为拉深模500倍金相组织，大块状碳化物最大尺寸为0.165mm，对照JB/T 7713—2007 标准大块状碳化物评级别大于5级，见表3。通常Cr12MoV钢模具的碳化物级别不得大于3级^[2]。这些聚集成堆的大块状碳化物，在正常淬火加热温度下是不易溶入基体的，致使碳和合金元素贫乏的基体处于过热状态，晶粒长大，淬火后获得粗大淬火马氏体组织。粗大碳化物和马氏体都是脆性很大的显微组织，当淬火或者承受较大载荷时容易开裂，裂纹多沿碳化物分布的方向扩展。

(2) 同批次板材原料金相检验 在同批次板材原料上取试块进行金相检验。图4为原料100倍金相组织，基体为索氏体、白色颗粒及条状碳化物和共

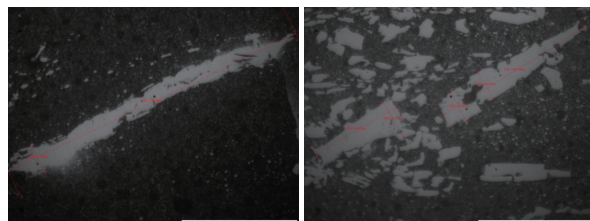


a) 金相组织



b) 开裂情况

图2 淬火回火组织 (100×)



a) 断口块状碳化物

b) 断口聚集碳化物

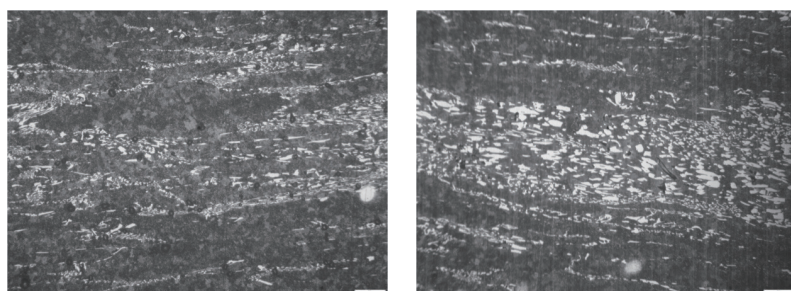
图3 淬火回火组织 (500×)

表3 大块状碳化物级别

级别/级	1	2	3	4	5
大块状碳化物最大尺寸 /mm	0.009	0.013	0.017	0.021	0.025

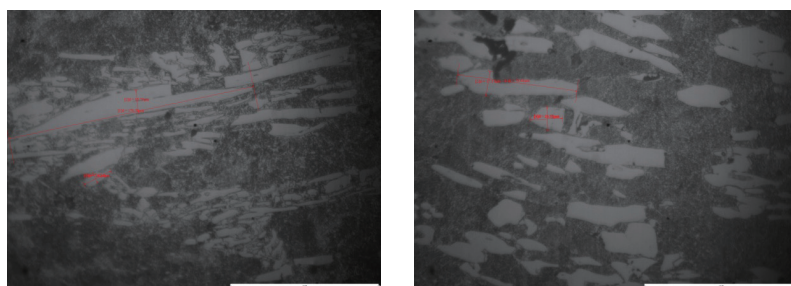
晶碳化物。条状碳化物颗粒较粗大，成带状及网状分布。共晶碳化物不均匀度对照GB/T 14979—1994 中第四级别图评为6级，不满足GB/T 1299—2014中对工模具钢要求。

图5为原料500倍金相组织，大块状碳化物最大尺寸为0.093mm，对照JB/T 7713—2007中大块状碳化物评级为大于5级，见表3。原料碳化物的边缘呈尖角状，尖角的存在极易造成应力集中而增加淬火开裂、磨裂的危险。



a) 原料碳化物网状分布 b) 原料碳化物带状分布

图4 原料组织 (100×)



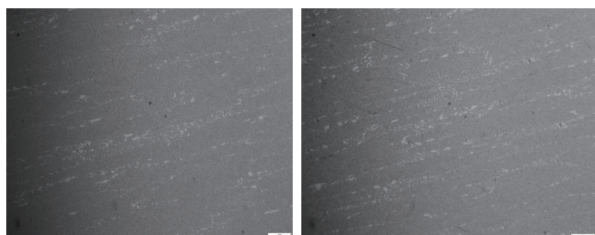
a) 大块状碳化物 b) 碳化物边缘呈尖角状

图5 原料组织 (500×)

4 工艺分析及改进

通过对原材料重新锻打,碎化、细化共晶碳化物,把粗大的枝晶状共晶碳化物打碎,提高碳化物分布的均匀性。并在热处理淬火前增加球化退火预处理^[3]。退火工艺为550℃+860℃(180min)+750℃(300min),随炉冷至室温。淬火工艺为550℃(预热1)+850℃(预热2)+1030℃淬火,降低升温速率,由15℃/min降至10℃/min。回火温度调至230℃,回火两次。

拉深模采用新工艺进行热处理,金相组织如图6所示,基体为回火马氏体、少量残留奥氏体以及白色块、粒状碳化物。碳化物不均匀性为2级,检验该工艺回火后的拉深模硬度为60.3HRC、61.5HRC,满足技术要求58~62HRC,未发现淬火裂纹现象。



a) 粒状碳化物稀少 b) 碳化物边缘呈尖角状

图6 工艺改进后回火金相图片 (100×)

5 结束语

1) 拉深模失效的主要原因是原材料中碳化物聚集成堆,块状、条状的碳化物颗粒较粗大,呈带状及网状,共晶碳化物不均匀度为6级。大块状碳化物尺寸为0.069mm,级别大于5级。粗大碳化物颗粒,且存在严重碳化物偏析,在淬火应力作用下引起应力集中而产生裂纹。

2) 通过对原材料重新锻打,碎化、细化共晶碳化物,把粗大的枝晶状共晶碳化物打碎,提高碳化物分布的均匀性。在热处理淬火前增加球化退火预处理,淬火时降低升温速率,减小淬火应力,可产出满足技术要求的产品。

参考文献:

- [1] 李炯辉.金属材料金相图谱[M].北京:机械工业出版社,2006:293-310.
- [2] 全国模具标准化技术委员会.冷锻模具用钢及热处理技术条件:JB/T 7715—1995[S].北京:中国标准出版社,1995.
- [3] 吴晓峰,马坤,徐娜,等.C12MoV模具钢应用的主要问题与热处理研究进展[J].模具工业,2009,35(9):55-62.

MW 20201124