

文章编号: 1009-038X(1999)04-0108-03

渗碳层中的碳化物对渗碳齿轮强度的影响

何玉成¹, 付云生²

(1. 扬州市轻工学校, 江苏扬州 225009; 2. 扬州市工具厂, 江苏扬州 225001)

摘要: 从齿轮受力和失效特点出发, 通过金相检验分析, 指出了渗碳层中的碳化物对齿轮强度有害, 渗碳淬火后的齿面应避免出现碳化物。在实际生产中为了使齿根含碳量接近共析成分, 以齿顶部出现少量碳化物为宜。

关键词: 渗碳层; 碳化物; 齿轮强度

中图分类号: TH132.413 **文献标识码:** A

1 齿轮受力和失效特点

统计资料和实践表明, 齿轮失效的主要形式是疲劳破坏。其中齿面点蚀占 50% 以上, 断齿约占 20%, 其次是齿面胶合等。在封闭和润滑条件下使用的渗碳齿轮因磨损而失效的甚少^[1~3], 所以在研究渗碳齿轮强度时应当更多考虑疲劳破坏问题。

齿面点蚀是交变接触应力引起的。作啮合运动的轮齿在接触中心线附近的材料内, 有正应力和切应力。因相啮合轮齿间既有滚动又有滑动, 当摩擦系数 $f > 1/9$ 时, 最大切应力 $\tau_{\max}$ 即移到接触线前方的某一点(线)上。渐开线齿轮节圆附近的齿面受压力最大, 又是滑动速度改变方向的部位。当滑动速度从零开始上升的瞬间会急剧升高到极大值, 然后又下降趋于定值, 所以节圆附近的齿面受正应力和切应力最大, 点蚀最易发生; 又因为节圆往下到齿根的齿面在进入啮合前都是受拉力作用, 疲劳微裂纹一旦在这段发生, 润滑油会灌入其中, 在随后啮合时被封死在缝里受挤压, 如此反复。所以节圆至齿根的齿面上, 裂缝容易扩展成点蚀。

悬臂梁式的齿轮还受交变的弯曲应力和剪切应力的作用。在齿根过渡圆弧处的表面上有最大的应力集中, 齿轮折断多从这里开始。此外, 接触疲劳裂纹和点蚀坑也可以成为弯曲疲劳裂纹的起点。

2 碳化物对齿轮强度的损害

从材料方面看, 疲劳裂纹一般发生在表面应力集中或组织薄弱处。当材料内部有缺陷时, 裂纹也会从内部发生。齿面渗碳层里的碳化物正具备这些条件。

渗碳层里的碳化物最易沿晶界形成, 多数成不均匀的块状、爪状或网状形态, 使晶界弱

收稿日期: 1998-03-09; 修订日期: 1999-05-21

作者简介: 何玉成(1949年11月生), 男, 江苏扬州人, 讲师。

化. 实验证明, 随着碳化物级别升高, 疲劳强度降低. 齿轮失效分析时, 常见到疲劳裂纹发生在碳化物集聚的晶界, 图 1 为 20CrMnTi 钢渗碳试样淬火后碳化物级别与疲劳循环次数之间的关系.

因为碳化物和基体组织之间的力学性质(如塑性)和物理性质(如热膨胀系数、导热系数)差别较大, 在淬火处理和使用中受力时, 会以碳化物为中心形成应力集中场, 以至较小的应力便能使碳化物与基体之间产生裂纹. 例如, 淬火冷却过程中, 碳化物体积缩小, 奥氏体变为马氏体, 比容增大, 碳化物与马氏体之间便产生应力. 因碳化物和马氏体弹塑性变形能力极小, 相界面上的应力就会很大, 甚至使两相在界面上相对错动, 结合力大为下降. 当外界作用力达到一定值时, 这些界面便首先开裂, 甚至近旁马氏体内微裂纹也向碳化物延伸并顺界面扩展.

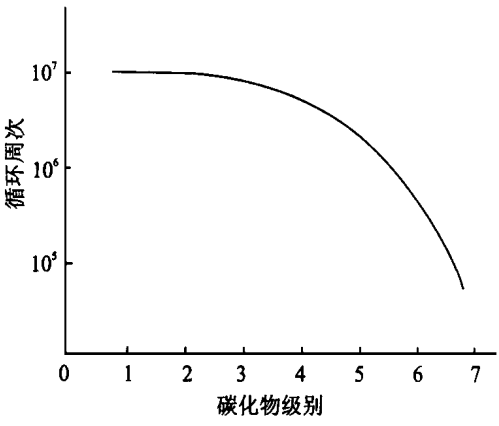


图 1 碳化物级别与疲劳循环次数间的关系

低合金渗碳钢中少量的合金元素是为提高钢的淬透性和强度而加入的, 可是其中的强碳化物形成元素如铬、锰、钛、钒、钨等在渗碳过程中易与碳结合成稳定的碳化物, 降低奥氏体的合金化程度, 尤其是碳化物近旁的奥氏体合金元素贫化, 淬透性很低, 淬火冷却时易转变为屈氏体(如图 2 照片所示), 同样导致应力集中, 使疲劳强度降低. 齿轮生产中, 当油温高(经常接近钢渗碳后的 M_s 点), 油循环不良时, 碳化物周围可出现屈氏体组织, 为减小变形, 可采用热油淬火工艺. 较软齿面或无过剩碳化物的金属齿轮, 疲劳裂纹基本上都从表面产生. 而渗碳齿轮的疲劳裂纹则有的起源于表面, 有的产生在表面之下.

在不经磨齿的情况下, 有些碳化物粒子是凸出在齿面的, 如图 3 所示. 齿轮使用一段时间后, 齿面上较软的组织被磨去一层, 碳化物相对凸起. 它们除受到更大的压力外, 还受很大的切向力. 有时相接触两面上的凸起碳化物相互碰撞, 作用反复多次以后, 碳化物破裂、脱落、边界裂纹等现象都可能发生.

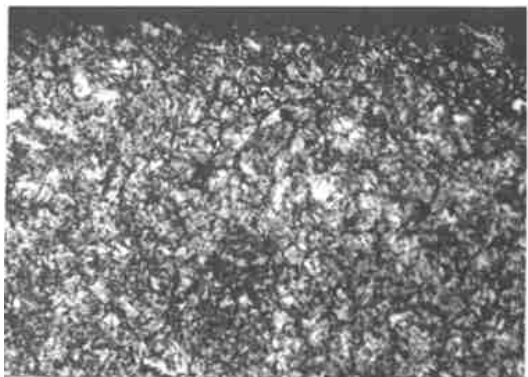


图 2 20CrMnTi 钢齿轮渗碳淬火层内碳化物周围的屈氏体组织(×400)

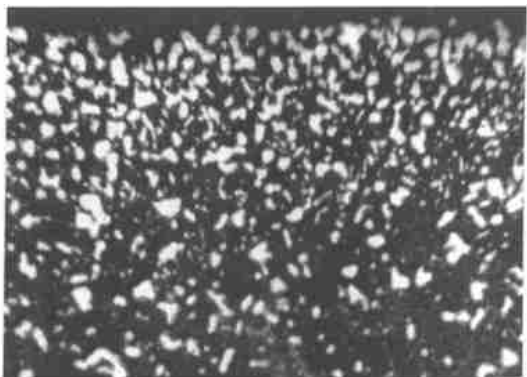


图 3 渗碳层里碳化物(×400)

3 渗层合理的含碳量

因为渗层碳化物对受载零件的强度不利, 所以一些日本厂家的渗碳标准规定了不允许

出现游离碳化物. 渗碳炉内气氛碳势都控制在相应渗碳钢的共析成分. 在进行深层渗碳未能避免出现碳化物时, 必须进行消除或球化碳化物的处理, 在改变其不利的形状和分布后再淬火使用. 含碳量在齿面上的分布是不均匀的, 在齿顶角部分特别高, 然后沿齿面齿根递减. 表 1 为 20CrMnTi 钢制四模数齿轮在 RTT-75-9T 炉中气体渗碳 1 mm 深时齿顶部和齿根部 0.4 mm 深的表面层内的平均含碳量.

表 1 不同碳化物级别在表面层内的平均含碳量

级 别	平均含碳量/ %		
	齿顶部	齿根部	顶底含碳量
一	0.91	0.66	0.25
二	0.97	0.69	0.28
三	1.25	0.91	0.34

注: 碳化物级别根据“汽车渗碳齿轮金相检验标准”评定

为了保证齿根部渗碳层表面达到或接近共析成分, 齿顶区的含碳量应当超过共析成分而允许出现适量碳化物. 实践证明: 在已经实现炉气碳势自动控制的工厂里, 把碳化物在齿面渗碳后出现的范围控制在齿顶端 1/4 齿高以内较为合适, 大约相当于现行标准规定的二级. 碳化物一般成细小粒状, 少量分布在齿顶端(齿角), 对强度影响不大. 在未实行炉气碳势自动控制的渗碳炉内, 碳势波动较大, 把渗层内碳化物控制在节圆之上, 而节圆至齿根不允许出现碳化物, 大约相当于现行标准的一至三级; 若齿顶角碳化物达四级, 但节圆以下的渗层内不出现(无)碳化物, 这也是可许的.

参考文献:

[1] 范垂本. 齿轮的强度和试验[M]. 北京: 机械工业出版社, 1979.
 [2] 张莹. 机械设计基础[M]. 北京: 机械工业出版社, 1997.
 [3] 中国机械工程学会材料学会. 齿轮的失效分析[M]. 北京: 机械工业出版社, 1992.

Effect of Carbide in Carbuinaing Layer on the Strength of Carburiado Gear

HE Yu-Cheng¹, FU Yun-Sheng²

(1. Yangzhou Light Industry School, Yangzhou 225009; 2. Yangzhou Tool Plant, Yangzhou 225001)

Abstract: This paper studies the pressure on the gear and its invalidation character and after the analysis of the metallographical test. It concludes that the carbide in the carbuinaing layer has negative effect on the gear strength. So carbide should be avoided after the carburiating quenching of the gear teeth. In practical production, the gear teeth should contain less carbide in order to ensure the carbon concentration in the teeth roots in close to that of the eutectoid.

Key words: carbuinaing lager; carbide; gear strength