

紧固件氢脆破坏形貌

图文/ 孟武功 编译

一、氢脆破坏五大特徵

断口图片是镀锌内六角螺栓，它是本文很好的氢脆破坏的典型实例，我认为这是一则可与读者分享的好实例，因为氢脆的争论经常发生，但是在业界大多数人并不了解什么是氢脆破坏的真实形貌。真实的氢脆破坏有几个典型的指标，若有哪种因素不符，则不属氢脆破坏。氢脆破坏的五大特徵是：

1. 破坏必须是延迟断裂：

延迟断裂通常是安装24小时以後，如果破坏发生在装配期间，就不是由氢脆引起的。如果延迟是在装配後一周甚至更解以後，那麼断裂原因大概是应力腐蚀而非氢脆。破损型式



图1-1

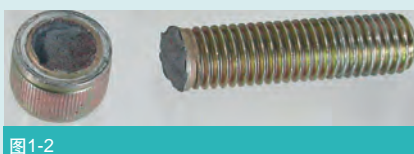


图1-2

和金相的外观上应力腐蚀破坏和氢脆破坏是一致的，应力腐蚀的基本条件是「延迟断裂是在装配24~48小时甚至更久之後发生。关于应力腐蚀更详细的在随后文章中为述。

2. 必须是淬火至少到洛氏c37以上：

未经硬化的紧固件从不遭受氢脆，紧固件硬度在洛氏c36以下时不大可能遭受氢脆。比上述的洛氏c36硬度更高的紧固件或零件，才有可能因氢脆而破坏。英寸凹头螺丝、10.9级螺栓、性能等级12.9级螺钉和螺栓、以及弹簧钢垫圈和卷销这些都属通用紧固件，因为硬度高，表示经过淬火硬化，所以对氢脆破坏较为敏感。

3. 故障部件必须经过「电镀处理」：

在金属紧固件因清洗过程使用的是酸，造成氢产生并非因电镀的关系。我有听到许多非电镀零件发生疑似氢脆的案例，但并未看到过这些疑似案例被证实为氢脆失效。外观必须是内部成分的晶粒间断裂，在本文图片面上看，样子类似裂开的地面。破坏的表面样子相对圆滑，纹理看来像金刚砂布的表面，如果你在放大镜下看，可清楚地看到表面有晶状外观与许多尖锐的外观或小平面。也有一些外观描述说它类似破碎岩石糖果。

4. 螺栓或螺钉因扭矩过大所引起的或拉应力生产破坏：

破坏面有生产的峰值和谷值它称为「韧窝」，这个学术上也称为韧性断裂，相反，脆断表现氢脆破坏的特点，如果你所看到的螺栓螺钉破坏面有生产的峰值和谷值及旋涡外观，那这个破坏不大不可能可归因於氢脆。

5. 破坏位置是紧固件头杆结合部，或者螺栓螺纹啮合部2个牙距以外：

就头到杆的破坏来说，它常常看起来像某人用霜淇淋勺子从头下侧铲下柄，通常就是这样出现零件上。如果氢气所处在并非这两个位置，那麼就不是氢脆。氢脆破坏总是发生在应力集中最大处。如果螺栓完全锁紧，破坏通常是在紧固件头与杆体结合处。如果应用中有直线度缺乏或弯曲方式任何一种，破坏将会很可能出现在螺纹啮合处之上外。

氢脆破坏必须具备这五项上列特徵，那怕仅有一项不符合，那就不能说是因氢脆所产生的破坏或失效。最好不要依靠以往氢脆破坏经验，应避免下列造成氢脆破坏可能的因素：英制凹头螺钉、10.9级螺栓或性能等级在12.9以上的螺栓或螺钉，千万不要采用「电镀」；如果客户坚持要求使用电镀螺栓和螺钉，建议他们考虑8级或性能等级10.9，且直径稍大的产品代替使用凹头螺钉或性能等级12.9产品。

如果客户坚持要求使用电镀凹头螺钉或性能等级12.9零件，规定那个零件必须在电镀後一小时内，在375~400°F温度条件下烘烤至少4小时以进行除氢；同样，对每批零件实施一种被公认的氢脆测试，这也是在氢脆发生前向客户展现使用效果的机会。如果你必须电镀任何一种自攻螺钉、对热处理规定螺钉的芯部硬度不能超过洛氏硬度c36。

二、典型金相圖片 (下面是幾種典型金相圖片)

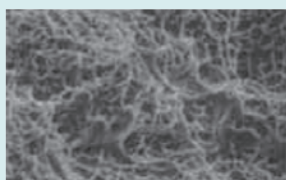
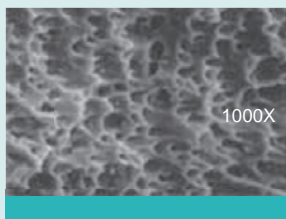


图2-1

1000X



1000X

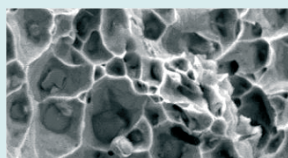


图2-3 塑性变形开始于钢中碳化物颗粒显示拉力过载破坏

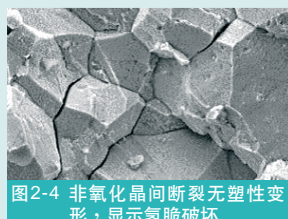


图2-4 非氧化晶间断裂无塑性变形，显示氢脆破坏

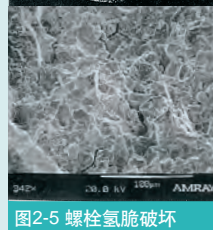
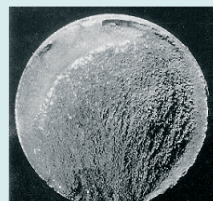


图2-5 螺栓氢脆破坏

三、公認的緊固件破壞

涉及緊固件破壞的金相有六種，各類都有獨特的物理特性識別，以下實例是用來幫助解析緊固件破壞，下面呈現給大家幾幅相片，是簡單地說明典型的在破壞之後的紋理結構：

1. 典型的超負荷拉伸

在拉伸中超載破壞，螺栓拉斷之前頸縮會出現頸縮，其中一個斷口面將會形成杯子形，另一個呈現圓錐體形，這類破壞表明螺栓對安裝不當或是預載入超過材料的屈服點。

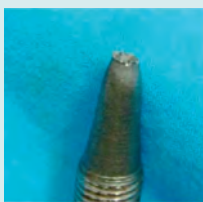


图3-1-A



图3-1-B



图3-1-C

2. 扭转剪切（扭曲）

緊固件受到非正常扭轉應力，這個類型的破壞常見於傳動軸、輸入軸和輸出軸，然而我們可看到扭轉剪切破壞發生在內外絲扣之間出現磨損之處（總是由於使用潤滑劑不當或沒有潤滑劑）或當緊固件內外螺紋不同心，破壞的方向是明顯的，大多數情況下，破壞發生在拆開上。

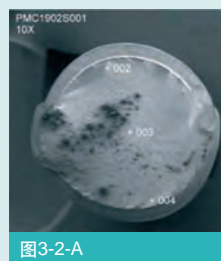


图3-2-A

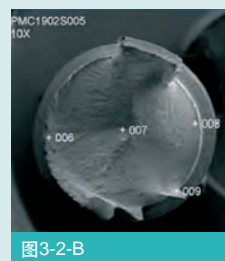


图3-2-B

3. 冲击剪切

源自冲击剪切的断裂外表上看与扭转剪切破坏相仿，与平面破坏外观和显而易见的方向痕迹，由於冲击剪切破坏发生在螺栓单剪载荷情况下，像飞轮和齿环螺栓，通常失效的螺栓是定位装置并夹紧它，这是因为螺栓安装上存在预载不足。紧固件目的是使零件夹紧在一起而非定位，定位是销子的功能，另一个冲击损坏区是常见的连杆螺栓处，当遇事故时，在发动机的另一处（来自凸轮轴或曲轴的碎片）冲击该连杆。

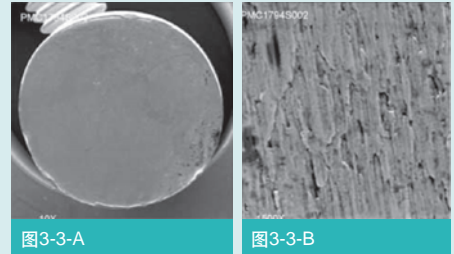


图3-3-A

图3-3-B

4. 因氢脆引起的回圈疲劳破坏

一些高强度紧固件用合金钢在「淬火和回火」後常遭受氢脆，L-19、H-11、300M，航空铝合金100及其他类似的合金在1/4 mile直线加速竞技中受到推崇，他们特别容易受到影响，制造中也必须极及谨慎。第一张图上的斑点是代表这类破坏的起源，第二张是放大30倍扫描电镜照片。

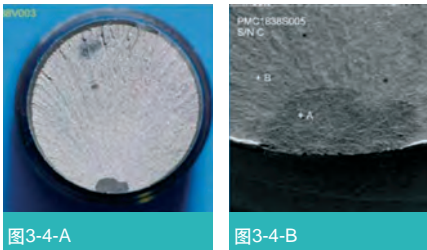


图3-4-A

图3-4-B

5. 回圈疲劳被裂纹从一个锈坑扩展（应力腐蚀）

再说，许多高强度合金钢对应力腐蚀较为敏感，这张照片就说明这麼一种破坏。第一张图片上的箭头所指处，是二个疲劳裂纹的起源点。第二张图片是放大30倍显示的第三个箭头所指从腐蚀坑裂纹扩展的接缝L-19、H-11、300M和航空铝合金100，都是对应力腐蚀独特敏感的，而且必须维持良好润滑和从不处于潮气包括湿气条件下，铬镍铁合金718、ARP3.5和Custom age 625+ 是不受氢脆和应力腐蚀两者影响的。

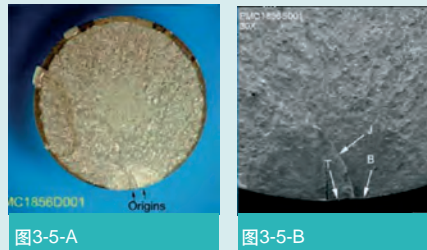


图3-5-A

图3-5-B

6. 回圈疲劳裂纹起源於装配时不当的预加载荷

许多连杆螺栓的破坏是由预加载荷不足造成的，当紧固件在装配期间预加载荷不足时，动载荷可能超过夹持载荷导致回圈性拉应力而最後断裂。第一张图片中指向螺栓所处的断裂状态，箭头显示螺栓被自由切断的位置。第二张图片中的第三个箭头显示了疲劳裂纹的起点、扫描电镜照片放大30倍，显示破坏的起点（1）、和迹象"拇指纹"或"沙滩痕迹"(2)、终点（3），外观上疲劳裂纹扩展的痕迹、和螺栓断开点（无法承担更多的负载）。

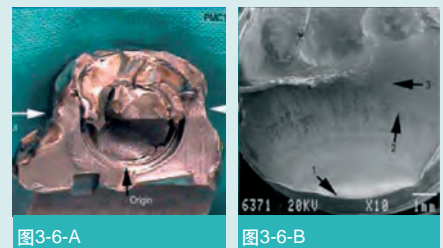


图3-6-A

图3-6-B