



# 我们需要使用平垫片吗?

文 / Guy Avellon

很多时候,我们常会问到这个问题:「我们需要使用到平垫片吗?」。

答案很简单:「是的,没错!」。

除了会在订单上增列一行品项外,平垫片也能提供客户很多优势;若表面不平整,垫片可以将之覆盖以形成平滑和平均负载的承力表面;用在软质材料时,螺栓可以避免螺帽或螺栓头部嵌入接合材料;垫片可以保护接合材料的表面;藉由在稍微过大的孔洞上扮演提供扣件支撑的角色,垫片可以确保接合处的稳固性;提升电传导性和抵抗连结处产生的震动。

保养监督人员可能会指定使用8级螺栓和螺帽,但采购清单上可能只会标注「垫片」而已,所以最好可以把所有产品与相同性能特色做配对,因为有很多选择要做;像是要使用一般垫片、硬化过的、符合USS或SAE标准、有简易涂层、镀锌等?

## USS或SAE标准?

第一种商业化应用且广为人知的平垫片是USS规格平垫片。USS之名取自「公制标准」的缩写。在当时,粗牙扣件也被称作USS规格螺栓。即使到今日,很多人仍会将粗牙螺栓称之为USS,也都会以为USS平垫片就是用来跟USS粗牙螺栓搭配使用。稍后我们会看到,事情并非如此且在很多应用领域中是错误的。USS这个词已经被UNC(也就是「公制粗牙」)所取代,以更妥当地称呼这种螺纹样式。

USS平垫片在19世纪初被首度发表,主要用於有可挤压材料(像是木头和薄板金等)的应用领域。其很宽的外径足以提供很大的表面区块来避免螺栓头部嵌入材料内,并使接合处受挤压的状况最小化,而其内径也足够可以让当时公差标准范围还很宽松的手打螺栓置入。

自工业大革命以来,更多设备机器以钢料(非会受挤压的木头)制作。因此,更小片的SAE平垫片被开发出来并以SAE起头命名。

SAE平垫片的内径更接近它所搭配螺栓尺寸的直径,因为今日所生产的螺栓都是用机械以冷成形到热锻头方式加工至很接近的公差。SAE平垫片的外径也更小,因为它不需要提供大负荷的承力面来避免USS垫片对可被挤压材料产生的挤压。



图1

图1 显示两种内部尺寸相同平垫片的尺寸差异: 左边是USS平垫片,右边是SAE垫片。

USS平垫片的内径平均比SAE垫片的内径平均大上5-7%。

一般的观念是把USS平垫片与粗牙USS螺纹螺栓做搭配,SAE平垫片与细牙SAE螺栓做搭配。不过这也不是全面适用,尤其是当使用8级(10.9)甚至5级(8.8)这些高强度扣件的时候。因为这麽做时,如果其内径过大以致於无法支撑负载以及应用的垫片不正确,最终会导致高强度接合处失效。

## 材料强度

钢制平垫片有两种样式: 未经处理型或经硬化型。除了ASTM标准F436下的结构垫片外,平垫片的称呼实质上不以等级分类。

许多商业化应用的平垫片都是未经处理型,这意味着它们是以冷轧低碳钢所制造,且经过完全退火软化。硬化过的平垫片是以1038-1060的高碳钢所打造,且经热处理至38-45 HRC硬度。这些经硬化的垫片可能会被零售商和经销商视为「8级」或「硬化过」平垫片。

在今日对耐重和关键应用的需求下,选择正确的平垫片极度重要。举例来说,图2是两种错误的选择: 平垫片的样式和材料。



图2

为了让平垫片出现这样的凹陷。垫片材料必须够柔软让六角头可以嵌入。上面两种平垫片皆以一般碳钢(像是1010低碳钢)生产。这些一般碳钢平垫片若与5级或8级扣件的硬度和承载力相较更为柔软。因为这些垫片如此软,所以当在锁固螺栓时,螺栓的六角头部会嵌入垫片本身。

左侧的USS平垫片内径相对较大,以至於没有显示出螺栓头部的全六角型。因此,螺栓在被施加负载後无法获得完全的支撑。SAE平垫片较小的内径则有显示出螺栓头部的全六角型,显示这将会对该螺栓提供足够支撑。



图3

图3显示另一个一般型在安装锁固过程中由螺帽造成凹陷的软质垫片。这与垫片是否在螺栓头部或螺帽下无关,扣件将挤压入这些平垫片,夹钳负荷会损失。

## 这有不同吗?当然!

套用虎克定律到扣件上,也就是应力=拉伸长度x拉力,应力量(钳力)和扣件出现的受拉程度(螺栓拉伸)之间存在正向关系。相反地,若拉伸因为嵌入受钳住的材料而丧失,钳力将会丧失。

简单地说,螺栓每被放松1/1000寸,每寸承受负载的长度(握持长度),每平方英寸将会丧失30,000磅的钳力。这将让螺栓强度减少至少一个级数。

## 经硬化型垫片

比较受欢迎的另一种选择是使用经硬化热处理过後的垫片。因为多数平垫片都没有被标记,只能很自然地去购买最便宜的平垫片,最後使用未经处理的垫片於高强度接合处上。甚至在初期嵌入未经处理型垫片後,後续来自震动或冲击负荷的负载将造成螺栓头部以及/或螺帽进一步嵌入垫片,并在应用时丧失更多钳力。

一些垫片制造商会在产品上面压上「MC」字样以标注其为硬化後的垫片。大部分未经电镀且会经过黑热处理油进行表面处理。一些私营经销商也会把这些平垫片标上自己的头部印记。

對於保修运营产业来说,常常会看到以镀膜层的形式来提供客户某种形式的产品寿命保护。很多未经处理型的垫片因有镀锌层而呈现银色。很多高品质硬化垫片也会经过镀锌,但呈现的是黄铬酸盐的颜色。另一种可以预防氢脆的选择是施加机械镀锌。

机械性施加上的镀层是透过撞击金属或玻璃珠至金属浆液中的部件而形成。效果就是形成厚实、抗腐蚀的无



图4

光泽表面涂层。图4将说明极端状态下的涟漪效应。正常来说,该产品会更加平滑且不会有凹洞。



图5

在汽车产业,所有8级或10.9级扣件都会在螺栓头部或螺帽下方搭配有SAE硬化後的平垫片。因为这些扣件比其钳住的材料强度更强、更硬,所以让这些扣件可以在其头部下方使用比螺栓还要硬的垫片来支撑就极度重要。

有时候,硬度较硬并无法去矫正不合适的安装技巧和应用。图5显示仍然被冲击枪损坏的两款硬化机械垫片。

许多ASTM F436的平垫片仍然被标记和赋予「F436」标准的称呼,虽然最近ASTM扣件标准委员会已经表决通过这些垫片不需要另外标记,因为它们的尺寸已经足以进行辨识。F436平垫片有比SAE垫片更大的内径,但却没有比USS垫片尺寸的外径还要大。这是为了可以容纳A325和A490结构螺栓较大的头部和2H螺帽的尺寸体积。

在很多时候,当结构螺栓被使用於较硬的钢铁接合处时,平垫片因为结构螺栓较大的头部而没有被用於螺栓头部下方。不过,垫片会被使用在螺帽下方以提供螺帽旋转时更平滑的表面。

## 结语

- 别试著把两种不同线径的螺栓与同一种尺寸的USS平垫片搭配使用。有些尺寸可能适用,但却会让较大的螺栓变得太紧。这样可能会干扰螺栓头部下方的鱼骨纹区域,造成头部应力增加或失效。
- 使用硬化後的平垫片与所有8级(10.9)扣件做搭配。建议也能使用5级(8.8)扣件。
- 使用SAE平垫片以提供所有高强度扣件应用时的接触和支撑需求。
- 针对标准扣件务必在螺栓头部和螺帽下方使用SAE平垫片。
- 就算是冲击扳手,其以全速启动时也会损坏硬化後的平垫片。所以请放慢速度。