1Cr18Ni9Ti 不锈钢螺纹副粘扣现象分析及防治

航天二院总装调部 （北京 100854） 刘漪涛

1Cr18Ni9Ti 不锈钢螺纹联接件，具有良好的耐蚀性、高温稳定性，广泛用于海洋、野外、高温和腐蚀等恶劣环境下。但该类联接件的螺纹副很容易产生“粘扣”现象，特别是大直径螺纹副“粘扣”现象尤为严重，已成为不容忽视的问题。

1. 全尺寸实物试验研究

（1）试验样本 试验中选用与实际情况完全相同的螺栓 M12 × 100mm，A - 70 1Cr18Ni9Ti，GB5783—2000 和螺母 M12 A - 70，1Cr18Ni9Ti，GB6170—2000 共 21 套。

（2）试验方案 分别将 21 套螺纹联接副分成三组：

①螺纹不涂覆任何涂层。

②螺纹涂覆国产高低温航空润滑脂 KK - 3。

③螺纹涂覆美国 Bostik Never Seez 公司的纯镍级防卡剂。

将三组试件全部用丙酮清洗干净，用相同的力矩对顶拧紧，置于 20℃室温，50% 湿度的相同环境下进行对比试验，其中每组的前三套用砂纸清理螺纹表面毛刺。

（3）试验结果 90 天后拆卸螺纹联接，记录实验结果如附表所示。

螺纹粘扣试验结果

	1	2	3	4	5	6	7
未涂覆任何物质	×	○	×	×	×	×	×
涂覆航空润滑脂 KK - 3	○	√	√	○	×	√	○
涂覆纯镍级防卡剂	√	√	√	√	√	√	√

注：×表示无法拆卸；○表示拆卸困难；√表示顺利拆卸。

图 1 所示为粘扣的螺栓拆卸后表面状态。

图 2、图 3 和图 4 分别是顺利拆卸、拆卸困难及粘扣情况下，螺栓轴向截面照片。

实验结果数据统计：

①未涂覆任何物质的螺纹副粘扣发生率为 85.71%，拆卸困难发生率为 14.29%。

②涂覆航空润滑脂 KK - 3 的螺纹副粘扣发生率为 14.29%，拆卸困难发生率为 42.86%。

③涂覆纯镍级防卡剂的螺纹副粘扣发生率为 0，拆卸困难发生率为 0。

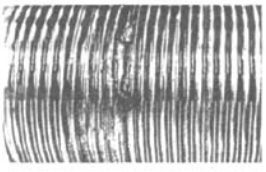


图 1



图 2



图 3



图 4

（4）结果分析 从上述实验可以得到如下结论：

①涂覆航空润滑脂 KK - 3 不是解决粘扣问题的可靠方法。

②涂覆纯镍级防卡剂可有效地防止粘扣的发生。

③清理螺纹表面可减小粘扣的发生机率，但对防止粘扣的发生不起主导作用。

2. 不锈钢螺纹粘扣机理分析

目前对螺纹粘扣，特别是不锈钢螺纹粘扣现象研究的文献非常稀少，对粘扣的研究多集中在石油行业对石油套管粘扣问题的研究。尽管石油行业对该现象的研究与本文中的研究对象有较大的区别，但获得的结论对于不锈钢紧固件粘扣研究也有一定的借鉴价值。目前比较

一致的观点认为，粘扣的原因有以下三种：

（1）螺纹副的旋紧扭矩过大造成螺纹变形。

（2）螺纹的接触面锈蚀。

（3）螺纹接触面发生“冷焊”。

针对本文中所涉及的情况，原因（2）显然是不适合的，原因（1）和（3）才是粘扣的主要原因。

如果要获得不锈钢螺纹副粘扣原因，就必须分析本文中1Cr18Ni9Ti螺栓、螺母联接的特点。

（1）1Cr18Ni9Ti的材质比较软，螺纹表面的接触强度较低（不到650MPa），较普通螺纹（720 MPa）低，在旋紧螺纹时容易发生螺纹表面变形。

（2）1Cr18Ni9Ti材质的黏度较大，螺纹加工时易“粘刀”。同时表面上没有任何镀层，因而螺纹的表面粗糙度值较普通材质高得多，螺纹接触面上摩擦系数较大，容易发生“犁沟”效应，造成材料局部屈服、粘结。

（3）1Cr18Ni9Ti中含Ti量很高，会大大地降低材料的冷焊温度和冷焊接触应力，使螺纹副在较大的扭矩作用下，易在某些接触面的凸点上发生冷焊。

3. 粘扣过程分析

粘扣是一个磨损和局部屈服黏合的复合过程。对于内、外旋合面之间的接触，由于存在加工形状误差和微观表面的不平，其接触必然是从点开始。随着拧接的进行，其接触点将发生弹性和塑性变形，以此来增大接触点数和接触点的面积，只有当这种弹性和塑性变形发展到足够程度，才能形成局部的、不完全连续的面接触。在拧紧过程中接触点、面的弹塑性变形而引起的黏着磨损，是最主要的磨损形式。

随着接触面上的接触应力不断加大，由于两个彼此相互作用的内、外螺纹表面并不是理想的平滑，存在一定的表面粗糙度，在摩擦力的作用下局部接触点上的压应力非常高，超过不锈钢基体屈服应力，从而产生宏观塑性变形，直到实际接触面积增加到足够支持其载荷为止。在塑性变形过程中，螺纹表面极薄的一层氧化膜发生破裂，在常温下接触区域两侧会发生局部再结晶、扩散或熔化，表面之间宏观粘合，产生“冷焊”现象。

4. 粘扣失效的防止方法

在石油行业防止粘扣的方法主要有三种：

（1）在螺纹表面涂覆合适的螺纹脂。

（2）在螺纹表面电镀硬度和耐磨性很高的硬铬镀层。

（3）使用硬度和接触强度更高的螺纹材质。

其中后两条均可以从根本上避免粘扣问题，但均是以改变紧固件材质或表面特性为先决条件的，必须更改既定的设计方案，只能作为新型号研制中考虑方案。而在螺纹表面涂覆合适的螺纹脂，并不改变原有设计方案，仅仅改变装配工艺就可以杜绝粘扣现象，因而是解决该问题惟一可行的工艺手段。

目前可用的螺纹脂主要有三类：

（1）石油套管专用螺纹脂　能有效地填充螺纹间隙，可起到密封、防锈和润滑的三重作用，但其防粘扣作用主要侧重于防锈，对于不锈钢材质的“冷焊”现象作用较差，同时乐泰厌氧胶为基的螺纹脂还会增大螺纹拆卸扭矩。

（2）硬质钙基、钠基高低温润滑脂　具有优良的极压润滑性、抗咬合及抗粘结特性。但该润滑剂硬度较大，多为半固体状态，涂覆操作困难；同时钙基、钠基润滑脂在潮湿环境下容易发生水解作用，产生水溶性碱性物质，对发射筒本体材质防锈铝有较强的腐蚀作用。

（3）专用不锈钢防卡剂　一种专门为不锈钢配合面设计的防黏合剂，具有优异的抗“冷焊”、抗咬合特性，专门用于高温、极压条件下的不锈钢螺纹设计。

因此，专用不锈钢防卡剂对于不锈钢螺纹防粘扣最为合适。实验所用的纯镍级防卡剂，是以复合高温润滑脂为基，添加10^{-8}m级直径的镍粉及高温稳定剂的专用润滑脂。它除具有防卡剂的共同特点外，还具有涂覆方便、附着力强、无腐蚀性和不发生水解等特性。

根据使用经验，为了使防卡剂发挥最大的使用效果，还应注意以下事项：

（1）清理螺纹表面，特别是内螺纹表面的毛刺，防止产生接触应力集中的屈服质点。内螺纹的毛刺可用H6级螺旋槽丝锥沾机油清除；外螺纹可用200#～400#砂纸清理。

（2）涂覆前必须清洗螺纹表面，其中如果螺纹表面的附着污渍以机油为主，要用丙酮清洗，若以半固态油脂为主则要用汽油清洗。

（3）保证防卡剂涂满在螺纹的整个旋合长度，不得有涂覆死角。

（4）涂覆温度最好控制在20℃左右。温度过高防

高精度大型框架加工的特殊工艺方法

中国船舶工业集团总公司第六三五四所　（江西　332000）　关福州　黄　毅

大型框架类零件一直是航空、航天和航海等惯性测试设备的“关键件”。我所为系统工程部研制了某型号特大型惯性测试设备——多自由度摇摆平台，该测试设备的零件中框属于特大型框架，又是该设备的关键件，尺寸大且形位公差要求高，即两端孔设计要求同轴度≤0.01mm，孔与端面设计要求垂直度≤0.01mm（见图1）。该大型框架零件精密加工质量的好坏，直接关系到惯性测试设备的各项技术指标。

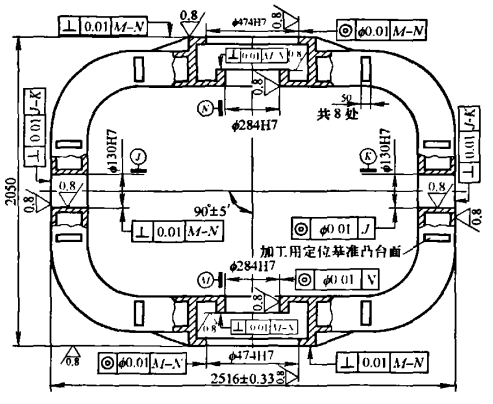


图1　大型框架（铸铝 ZL201－T5）

卡剂的黏度太小，附着强度较低，在拧紧螺纹时容易被挤出接触表面；温度过低防卡剂的粘度太大，不容易涂抹均匀。同时拧紧螺纹副时，也要注意速度不能过高，防止剧烈的摩擦生热，导致防卡剂熔化、流出。

5. 结语

（1）材质硬度较低、螺纹表面粗糙度大、材料中含Ti量大是1Cr18Ni9Ti不锈钢螺纹粘扣的主要原因。

（2）涂覆防卡剂、降低螺纹的表面粗糙度值是解决1Cr18Ni9Ti不锈钢螺纹粘扣的有效途径。**MW**

（收稿日期：20081127）

在我所没有大型精密加工设备的条件下，该零件的精密加工就遇到了困难。经过研究分析，我们提出了使用精密多齿分度台和平面反射镜以及数显自准直仪，对该卧式镗床的数显回转工作台转角精度和机床主轴回转中心重合进行监测，使用TX6113C型卧式数显镗床进行精密加工。

1. 数显回转工作台中心与机床主轴旋转中心的调整

将调心试件放置在TX6113C型卧式数显镗床工作台台面上装夹校正后，进行试件的切削加工（见图2）。机床X_0调整主要是适应高精密零件的加工要求，当零

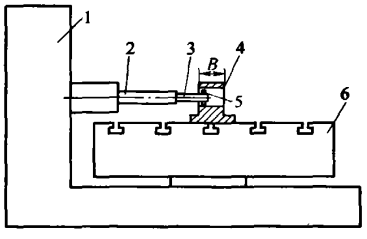


图　2

1. 镗床　2. 机床主轴　3. 刀杆

4. 试件　5. 镗刀　6. 机床工作台

件选择为调头加工方法时，X_0的误差对零件加工影响很大，反映到工件上为X_0误差的两倍。X_0的误差主要是受机床的定位精度和机床主轴旋转时的动态影响。为了使零件加工更为精确，减少这两个方面的误差，可以大大提高精密零件的精度。此时Y_0为工件的中心高。找正一端孔，使其位置与调整坐标X_1相同，设试件加工坐标为X_1、Y_0、Z_0，调整好刀具半径和刀长进行加工，背吃刀量坐标到（$B/2$），再将工作台旋转180°，调头镗削另一半进行对接，其余坐标不变，背吃刀量坐标也为（$B/2$）。加工完毕后将千分表装夹到机床主轴上，对该试件进行检测，检测其侧母线交接处并记录差值ΔX，