

团 体 标 准

T/JGXH 006—2020

金属覆盖层 键合插针化学镀镍-磷合金镀 层规范和试验方法

Metallic coatings- Bonding pin Autocatalytic (Electroless)
nickel-phosphorus alloy coatings- Specification and test methods

2020-12-30 发布

2020-12-31 实施

武 汉 激 光 学 会 发 布
武汉·中国光谷激光加工产业技术创新战略联盟

目 次

前言.....	II
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 标识.....	2
5 技术要求.....	2
6 试验方法.....	5
7 抽样.....	7
附录 A（资料性） 拉力测试失效模式和判定.....	8
附录 B（资料性） 推力测试失效模式和判定.....	10

前 言

本文件按照GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本文件由武汉激光学会、武汉·中国光谷激光加工产业技术创新战略联盟联合提出。

本文件由武汉激光学会激光产业标准联盟归口。

本文件起草单位：武汉飞恩微电子有限公司、武汉大学、武汉华工激光工程有限责任公司。

本文件主要起草人：刘胜、王小平、李辉、曹万、王晓燕、李婷、周小庄。

本文件为首次发布。

金属覆盖层 键合插针化学镀镍-磷合金镀层 规范和试验方法

1 范围

本文件规定了键合插针化学镀镍-磷合金镀层的技术要求和试验方法。

本文件适用于键合插针法获得的镍-磷过饱和固溶体的热力学亚稳合金镀层（以下简称“镀层”）。

本文件不适用于化学镀镍磷合金镀层、镍-磷复合镀层以及三元合金镀层。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过本文件的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 3138 金属镀覆和化学处理与有关过程术语

GB/T 5270 金属基体上的金属覆盖层 电沉积和化学沉积层 附着强度试验方法评述

GB/T 9790 金属覆盖层及其他有关覆盖层 维氏和努氏显微硬度试验

GB/T 11379 金属覆盖层 工程用铬电镀层

GB/T 12332 金属覆盖层 工程用镍电镀层

GB/T 12334 金属和其他非有机覆盖层 关于厚度测量的定义和一般规则

GB/T 12609 电沉积金属覆盖层和有关精饰 计数检验抽样程序

GB/T 19349 金属和其他无机覆盖层 为减少氢脆危险的钢铁预处理

GB/T 19350 金属和其他无机覆盖层 为减少氢脆危险的镀覆后钢铁处理

GB/T 13913 金属覆盖层 化学镀镍-磷合金镀层 规范和试验方法

GB/T 20015 金属和其他无机覆盖层 电镀镍、自催化镍、电镀铬及最后精饰 自动控制喷丸硬化前处理

ISO 10587 金属和其他无机覆盖层 覆盖或未覆盖金属层的外螺纹零件和杆的残余应力测试 斜楔法

ISO 15724 金属和其他无机覆盖层 钢中氢可扩散性的电化学测量法Barnacle电极法

3 术语和定义

GB/T 3138、GB/T 12334、GB/T 19349、GB/T 19350中界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1 键合插针

使用铝丝键合的方式实现电信号传导完成电（信号）的导电（传输）的一种金属针，通常采用基体金属（例如紫铜）或合金（例如铜合金）、镀层采用化学镀镍-磷合金镀层，化学镀镍-磷镀层中的磷含量和镀层厚度按照实际应用进行规范性规定。

3.2 拉力测试

通过测试装置上的吊钩将一定的负荷施加于键合铝丝上，把负荷量增加使键合铝丝断裂的测试。

4 标识

4.1 基体金属的标识

镀层基体金属应用其化学符号来标识,如果是合金则用其主要的组成来标识,对于特殊合金,推荐用其标准名称来标识。比如:在<>符中填入其钢号或相应的国家标准。如Fe<16Mn>是低合金高强钢的国家标准命名。

4.2 热处理要求的标识

镀层热处理要求应按如下内容标注在方括弧内。

- a) SR表示消除应力的热处理;
HT表示增加镀层硬度或镀层与基体金属间结合力的热处理;
ER表示消除氢脆的热处理。
- b) 在圆括弧中标注热处理时的最低温度(°C)。
- c) 标注热处理持续的时间(h)。

示例:在210°C温度下进行1 h消除应力的热处理,其标识应为:[SR (210) 1]

4.3 镀层种类和厚度的标识

4.3.1 镀层应用符号NiP标识,并在紧跟其后的圆括弧中填入镀层磷含量的数值,然后再在其后标注出化学镀镍-磷镀层的最小局部厚度,单位为 μm 。

4.3.2 底层应用所沉积金属的化学符号来标识,并在其后标注出该镀层的最小局部厚度,单位为 μm 。例如,符号Ni表示镍电镀层。

4.3.3 沉积在镍-磷镀层上的其他镀层,如铬。其标识方法为电镀层的化学符号加上镀层的最小局部厚度,单位为 μm 。

5 技术要求

5.1 外观

5.1.1 镀层重要表面的外观可分为光亮、半光亮或无光泽的。

5.1.2 用目视检查时,镀层表面应无点坑、起泡、剥落、球状生长物、裂缝和其他会危害最终精饰的缺陷(除非有其他要求),不应出现目视可见的起泡或裂缝,以及由热处理引起的缺陷。

5.1.3 插针铝丝键合后的镀层表面保持完整和清洁,合格的焊点颈部区域颈部应光滑,不允许有断铝丝存在产品腔体内。

5.1.4 由于镀层基体金属表面缺陷(如:划痕、气孔、轧制痕迹、夹杂物)引起的镀覆缺陷和变异,以及在严格遵守规定的金属精加工操作后最后精饰仍然留有的瑕疵,不属于镀层表面缺陷。

5.2 插针平面度

单个铝丝键合插针镀层平面度应不大于0.03,所有铝丝键合插针镀层平面度应不大于0.05。

5.3 厚度

5.3.1 镀层厚度指其最小局部厚度。

5.3.2 在不同使用条件下,具有足够的耐磨性的镀层的最小厚度不尽相同。如在粗糙或多孔的工件表面,为了将基体材料对镀层特性的影响减少到最少,镀层应更厚一些。满足耐磨性使用要求的最小镀层厚度应如表1所示。

5.4 结合力

通过GB/T 5270中描述的弯曲、锉刀、热振或淬火实验。用肉眼或4-5倍放大镜观察镀层是否鼓泡、脱落。如无脱落或鼓泡,结合力合格。

表1 满足耐磨性使用要求的最小镀层厚度

使用条件序号	种类	铁基材料上的最小 镀层厚度/ μm	铝基材料上的最小 镀层厚度/ μm
5 极度恶劣	在易受潮和易磨损的室外条件下使用, 如: 油田设备	125	-
4 非常恶劣	在海洋性和其他恶劣的室外条件下使用, 极易受到磨损, 易暴露在酸性溶液中, 高温高压	75	-
3 恶劣	在非海洋性的室外条件下使用, 由于雨水和露水易受潮, 比较容易受磨损, 高温时会暴露在碱性盐环境中	25	60
2 一般条件	室内条件下使用, 但表面会有凝结水珠; 在工业使用条件下会暴露在干燥或油性环境中	13	25
1 温和	在温暖干燥的室内环境中使用, 低温焊接和轻微磨损	5	13
0 非常温和	在高度专业化的电子和半导体设备、薄膜电阻、电容器、感应器和扩散焊中使用	0.1	0.1

5.5 底层和表层

5.5.1 电镀镀层底层的目的是为了减少沉积过程中那些会降低沉积效率的元素的污损危害。另外, 电镀金属底层能阻止杂质从基体金属扩散到化学镀镍磷镀层, 并有助于提高结合力。

5.5.2 电镀镍底层应符合 GB/T 12332 中的相关规定。用于化学镀镍-磷镀层之上的铬镀层应符合 GB/T 11379 中的相关规定。

5.6 镀覆前消除内应力的热处理

5.6.1 当镀层抗张强度大于或等于 1000 MPa, 以及含有因加工、摩擦、矫正或冷加工而产生拉应力的钢件时, 都应在清洗和沉积金属之前进行消除内应力的热处理。

5.6.2 消除内应力的热处理工序应在任何酸性或阴极电解之前进行, 应按照 GB/T 19349 选择合适的工序和种类。

注: 钢铁上的氧化物或水垢要在镀覆前清除掉。对于高强度钢, 为了避免产生氢脆, 在清洗工序中应优先考虑选用非电解碱性和阳极碱性清洗法以及机械清洗法。

5.7 镀覆后消除氢脆的热处理

5.7.1 抗张强度大于等于 1 000 MPa 的钢件, 同经过表面硬化处理的工件一样, 应在镀覆后依据

5.7.2 按照 GB/T 19350 的相关工序, 进行消除氢脆的热处理。

5.7.3 所有镀覆后消除氢脆的热处理应及时进行, 最好是在表面精饰加工之后、打磨和其他机加工之前的 1 h 内完成, 最多不要超过 3h。

5.8 提高硬度的热处理

5.8.1 对镀层进行热处理, 可以产生弥散强化作用, 从而提高镀层硬度和耐磨性。热处理所采用的温度和时间应依照表 2 选用。

5.8.2 提高镀层硬度和耐磨性的热处理应在镀后 1h 内完成, 并且应在机加工之前进行。热处理的持续时间应为在零件达到特定热处理温度后至少 1h。

5.9 改善结合力的热处理

改善镀层在某种金属基体上结合力的热处理工序应参照表2进行。

5.10 化学成分

5.10.1 镀层磷含量将在 1%-14%(质量分数)的范围内,不同化学成分的镀层具有不同特性,根据不同使用条件和镀层应用的特殊要求,镀层的化学成分有所不同,可参照表 3。

5.10.2 键合插针方法镀层磷含量应不大于 7%。

表 2 推荐提高硬度和附着力的热处理方法

序号	种类	温度/℃	时间/h
1	不需要进行热处理,镀态		
2	为获得最大硬度而进行的热处理,按类型分类(参见表1)		
	1	260	20
		285	16
		320	8
		400	1
	2	350-380	1
	3	360-390	1
	4	365-400	1
	5	375-400	1
3	提高在钢铁上镀层的附着力	180-200	2-4
4	提高在渗碳钢和时效硬化铝上镀层的附着力	120-130	1-6
5	提高在铍和未经时效硬化的铝上镀层的附着力	140-150	1-2
6	提高在钛以及钛合金上镀层的附着力	300-320	1-4
7	提高在镁及镁合金,铜及铜合金上镀层的附着力	180-200	2-2.5
8	提高在镍及镍合金上镀层的附着力	220-240	1-1.5
9	提高在钼及钼合金上镀层的附着力	190-210	2-2.5

表 3 不同使用条件下推荐采用的镍-磷镀层的种类和磷含量

种类	磷含量(质量分数)/%	应用
1	对磷含量没有特殊要求	一般要求的镀层
2 (低磷)	1-3	具有导电性、可焊性(如:集成电路、引线连接)
3 (低磷)	2-4	较高的镀态硬度,以防止粘附和磨损
4 (中磷)	5-9	一般耐磨和耐腐蚀要求
5 (高磷)	>10	较高的镀态耐腐蚀性,非磁性,可扩散焊,具有较高的延展柔韧性; 如:用于硬磁盘的含磷12.5%的镀层

5.11 喷丸

根据工艺需求,镀层镀覆之前如需进行喷丸,那么喷丸工序应在任何酸性或碱性电解处理之前进行,喷丸要求应参照GB/T 20015的要求。

注:镀覆前的喷丸硬化可以使高强度镀覆化学镀镍-磷镀层后的疲劳强度和结合力的减少降低到最小程度。对于那些常用于重复性的复杂负重模式的工件推荐在镀覆前进行喷丸硬化处理,影响疲劳强度的其他因素还包括镀层厚度。在满足预期使用条件的前提下,镀层应尽可能地薄。有控制的喷丸硬化所产生的压应力不仅可以提高镀层的耐腐蚀性和应力腐蚀裂纹扩展的阻力,而且对于提高镀层的结合力也有益。

6 试验方法

6.1 替代样品

6.1.1 当镀覆后的工件大小、形状或材料不适用于试验时,或者当镀覆工件由于数量太少或价格昂贵而不适于进行破坏性试验时,可通过替代试样来测量镀覆层的结合力、厚度、硬度和其他性质。

6.1.2 替代试样所选用材料的冶金状态和表面质量,应同已镀覆工件一致。并且还应采取和已镀覆工件相同的处理工艺。

6.1.3 替代用试样可用来确定镀覆后工件是否达到本文件的要求。

6.2 插针平面度

镀层平面度测量如图1所示,应选取不少于8个测量点,测量取点位置可参考图2所示P1-P16点位。

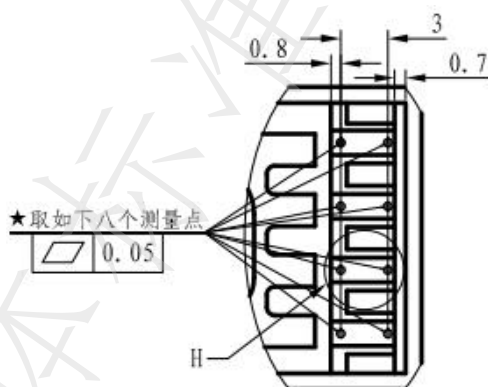


图1 平面度测量

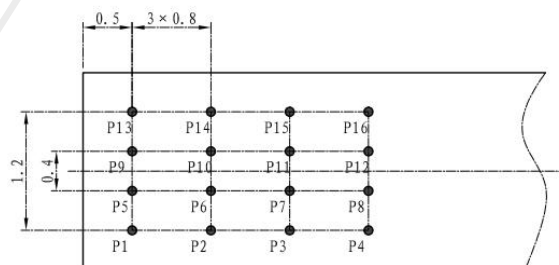


图2 平面度取点位置

6.3 厚度

镀层的最小局部厚度应在工件重要表面(可以和直径20 mm的球相切)的任何一点测量。厚度的测量方法可采用X射线光谱测定法,具体参照GB/T 13913附录B。

6.4 硬度

镀层的硬度值应按GB/T 9790中规定的方法测量。

6.5 结合力

6.5.1 结合力测试方法

镀层结合力可淬火试验测试，或者通过铝丝键合拉力试验和推力测试判定镀层的结合力。

表4 结合力测试

序号	测试类型	打线类型	负载单元	钩子类型
1	破坏性拉力测试	125 微米铝线	1000g	DAGE-4000-HK-25-15 钩子直径: 0.4mm
2	破坏性推力测试	300 微米铝线	5000g	Dage-shear-187-030 推刀宽度: 0.03mm

6.5.2 淬火法

6.5.2.1 采用的淬火试验时，使用烘箱或高温炉加热到规定温度，置入受检零件，保温1小时，然后取出在空气中冷却，用目视法或4-5倍放大镜观察镀层是否鼓泡、脱落。

6.5.2.2 除锌、镉、铅、锡和锡-铅合金镀层外，在下列基体上的镀层按下述温度加热，如下述加热温度下，受检零件的机械性能受到影响，则不能再作为合格零件使用：

- a) 钢和铸铁-- $300 \pm 10^{\circ}\text{C}$ ；
- b) 铜及铜合金-- $250 \pm 10^{\circ}\text{C}$ ；
- c) 铝及铝合金-- $200 \pm 10^{\circ}\text{C}$ ；
- d) 锌合金-- $150 \pm 10^{\circ}\text{C}$ ；
- e) 塑料--低于其热变形温度 $10-20^{\circ}\text{C}$ 。

6.5.3 拉力测试

拉力测试试验方法如下：

- a) 测试对象应为完成键合的半成品镀层，采用铝丝拉力测试仪进行测试。
- b) 采用专用的夹具，将产品固定于推拉力工作台上，在铝丝的最高处确定拉钩的位置。正确的拉钩位置应参考图3选择。
- c) 对准并调整好拉钩方向后施加拉力，拉力的方向应与焊盘表面垂直。
- d) 当拉断铝丝的动作完成后，记录拉断铝丝的拉力和铝丝失效的模式。

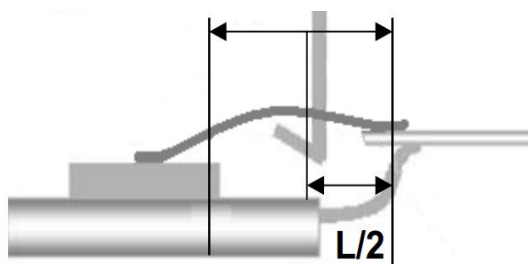


图3 正确的拉钩位置

6.5.4 推力测试

推力测试试验方法如下：

- a) 对上述做完铝丝拉力测试的镀层，在铝丝的两端即：插针焊盘的铝丝焊点和陶瓷板焊盘的铝丝焊点做推力测试。

b) 更换对应的铝丝推力测试模块。应采用专用的夹具将产品固定于推拉力工作台上，移动推刀到铝丝焊点处，距离铝丝焊点约一根铝丝的间距。

c) 启动推刀推铝丝焊点。当推刀动作完成后，记录推力值，以及（陶瓷板或插针）焊盘上焊接残留的大小，如图4。

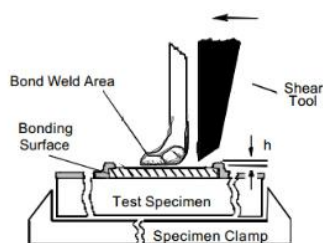


图4-1 推刀位置规定

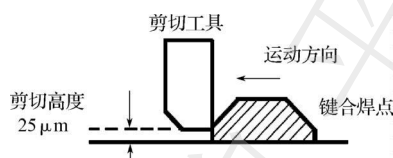


图4-2 15mil线径的剪切高度为25um

6.6 镀覆后消除氢脆的热处理

消除氢脆处理的有效性应通过相关标准中描述的测试方法来确定。如ISO 10587中描述了一种测试螺纹件残余应力氢脆的方法，而ISO 15724中则描述了钢铁中扩散氢浓度的一种测试方法。

6.7 化学成分

应按照GB/T 13913附录D提供的方法进行测定镀层的磷含量，所测得的磷含量与所要求的磷含量不应超过±0.5%的误差。

6.8 喷丸

喷丸强度测量方法应按照GB/T 20015的要求进行。

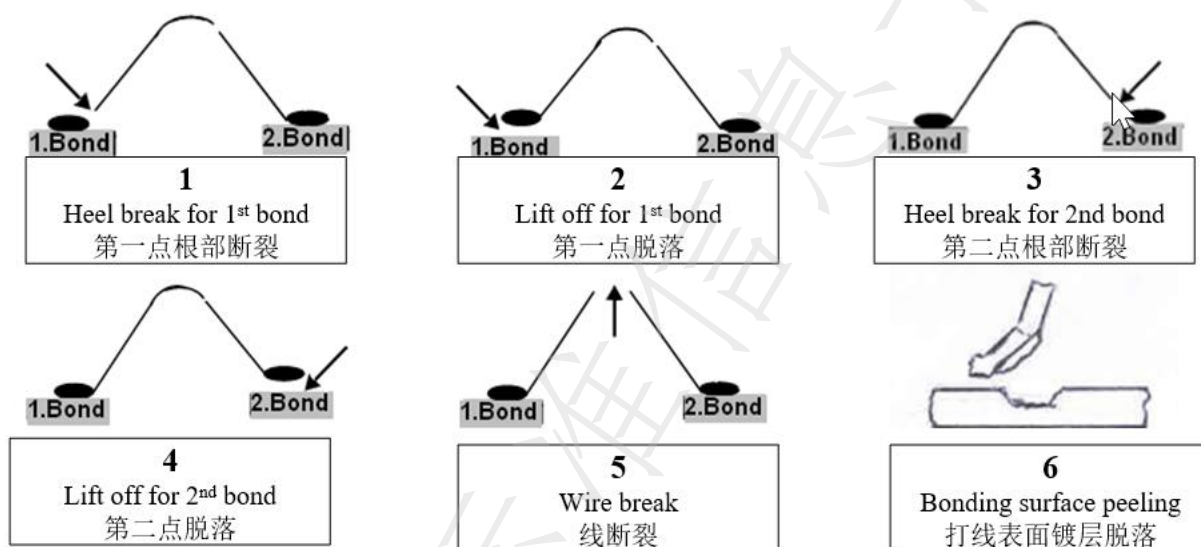
7 抽样

抽样方案应按GB/T 12609的规定的抽样方式选取。

附录 A
(资料性)
拉力测试失效模式和判定

A.1 拉力断裂模式

拉力测试后，镀层有六种断裂模式，如下图A.1所示：



图A.1 拉力断裂模式

A.2 拉力值判定

拉力值的规定如下表C.1：

表A.1 拉力值判定

类型	拉力值	失效模式	结果
12mil (300 μm)	$\geq 300\text{g}$	1, 2, 3, 4, 5	合格
	$140\text{g} \leq P < 300\text{g}$	1, 3, 5	不合格
	$P < 300\text{g}$	2	不合格
	$P < 300\text{g}$	4	不合格
	与拉力值无关	6	不合格
	$< 140\text{g}$	1, 2, 3, 4, 5, 6	不合格
10mil (250 μm)	$\geq 150\text{g}$	1, 2, 3, 4, 5	合格
	$80\text{g} \leq P < 150\text{g}$	1, 3, 5	不合格
	$P < 150\text{g}$	2	不合格
	$P < 150\text{g}$	4	不合格
	与拉力值无关	6	不合格
	$< 80\text{g}$	1, 2, 3, 4, 5, 6	不合格

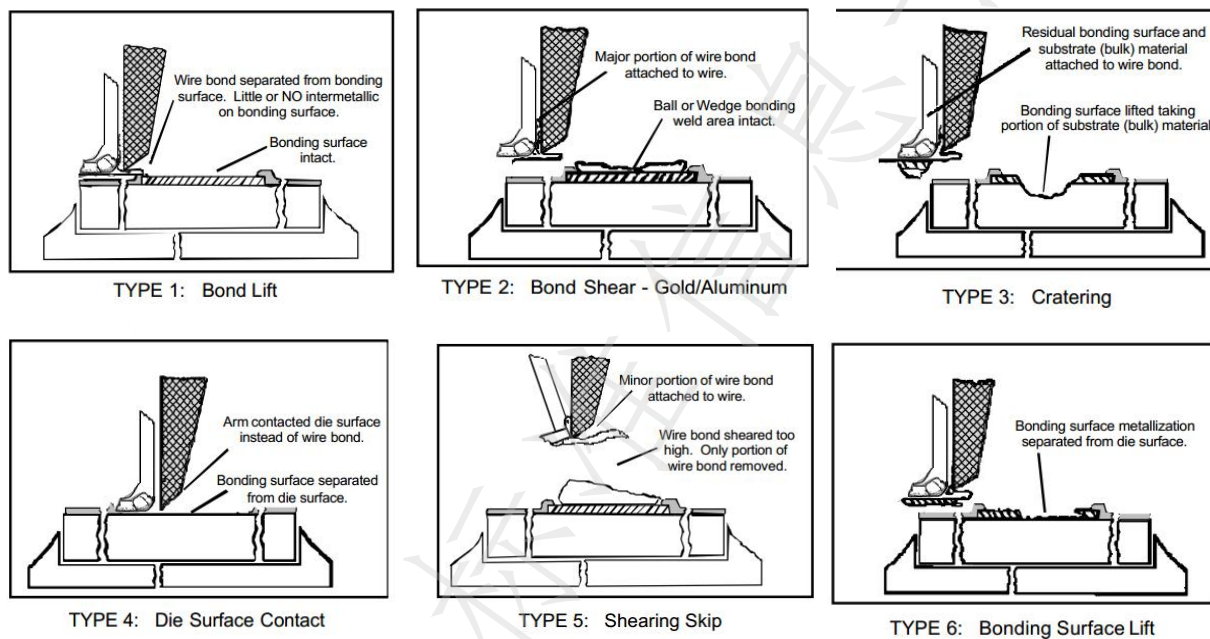
(续)表A.1 拉力值判定

类型	拉力值	失效模式	结果
8mil (200 um)	$\geq 120\text{g}$	1, 2, 3, 4, 5	合格
	$50\text{g} \leq P < 120\text{g}$	1, 3, 5	不合格
	$P < 120\text{g}$	2	不合格
	$P < 120\text{g}$	4	不合格
	与拉力值无关	6	不合格
	$< 50\text{g}$	1, 2, 3, 4, 5, 6	不合格
5mil (125 um)	$\geq 500\text{g}$	1, 2, 3, 4, 5	合格
	$25\text{g} \leq P < 50\text{g}$	1, 3, 5	不合格
	$P < 50\text{g}$	2	不合格
	$P < 50\text{g}$	4	不合格
	与拉力值无关	6	不合格
	$< 50\text{g}$	1, 2, 3, 4, 5, 6	不合格

附录 B (资料性) 推力测试失效模式和判定

B.1 推力失效模式

推力测试后，有六种失效模式，如下图B.1所示：



- ②Type2 Bond Shear 焊球残留在焊盘上；
- ③Type3 Cratering 焊盘被球带起剥落；
- ④Type4 Die Surface Contact 表面接触；
- ⑤Type5 Shearing Skip 剪切跳跃；
- ⑥Type6 Bonding Surface Lift 绑定表面脱落。

图 B.1 推力失效模式

B.2 推力值的规定

模式4和模式5为推头距离太高和太低，测试值不应被采纳；模式1、2、3、6的推力值可被接受。
12mil推力值 $\geq 600\text{g}$ ，键合铝线强度合格；12mil推力值 $< 600\text{g}$ ，键合铝线强度不合格。