

热喷涂铝及铝合金涂层试验方法

GB 9796—88

Testing methods of aluminium and its alloys
coatings produced by thermal spraying

本标准参照采用国际标准ISO 2063《金属涂层—钢铁的抗腐蚀防护—喷涂金属锌和铝》。

1 适用范围

本标准适用于评价GB 9795中涂层的性能。

2 引用标准

GB 4956 磁性金属基体上非磁性覆盖层厚度测量 磁性方法

GB 6458 金属覆盖层 中性盐雾试验 (NSS 试验)

GB 9795 热喷涂铝及铝合金涂层

3 试验项目

试验项目有以下六项,各项的试验方法可根据产品的形状、规格及使用目的选用。

- 涂层厚度试验:涂层厚度采用磁性测量法、断面显微测量法。
- 结合性能试验:涂层与基体的结合性能,采用切格试验法、拉力试验法。
- 耐腐蚀性能试验:涂层耐腐蚀性能试验,采用中性盐雾试验法、盐水浸渍试验法。
- 密度试验:涂层密度试验,采用称量法。
- 扩散层检查:扩散层检查,采用显微镜观测法。
- 外观质量检查:涂层外观质量,采用目视比较法。

4 涂层厚度试验方法

4.1 磁性测量法

4.1.1 要点

磁性测量法是利用电磁原理测定磁性基体上无磁性涂层厚度的方法。

4.1.2 设备的调节

测量前应在标样上对仪器进行系统调节,以确保其测量精度。也可在无涂层基体上进行调节,此时应对标样和无涂层基体进行置零比较,其厚度差作为修正值。供需双方应统一试样,统一方法,从而确定修正值。

4.1.3 测量方法

采用磁性法测定涂层厚度时,按下述一些惯例进行:

4.1.3.1 假设曲面探头与涂层表面的接触为一个点,在图中用“×”表示;而扁平探头与涂层表面的接触为一个面,在图中用“○”表示,扁平探头的面积应小于 $\phi 3\text{ mm}$ 的圆面积。

4.1.3.2 当基准面为 1 cm^2 时,有以下几种规定:

- 采用单杆曲面探头测量时,按图1所示五点法在该基准面上做五次测量,取其算术平均值。
- 采用单杆扁平探头测量时,按图1所示三点法或四点法在该基准面上做三次或四次测量,取其算术平均值。

c. 采用双杆曲面探头测量时,按图2所示五点法,在两个 1 cm^2 的基准面(两基准面的距离,按探头两臂间的距离分开)上做两杆互换位置的五次测量(将两杆互换位置测量的两个值的算术平均值作为一个测量值),取其算术平均值。

d. 采用双杆扁平探头测量时,按图2所示三点法或四点法在两个 1 cm^2 的基准面上,做两杆互换位置的三次或四次测量(将两杆互换位置测量的两个值的算术平均值作为一个测量值),取其算术平均值。

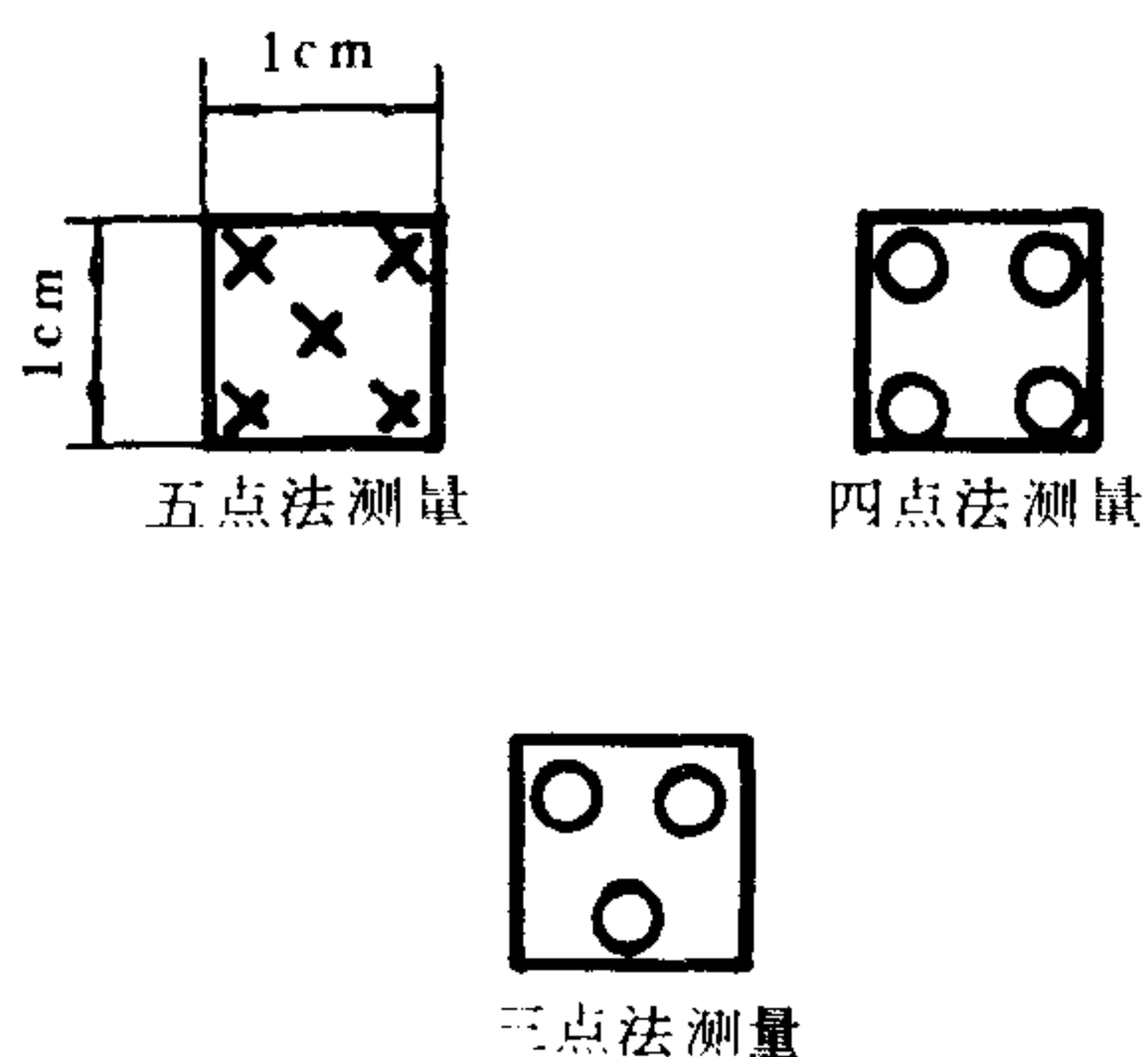


图1 单杆探头测点位置图

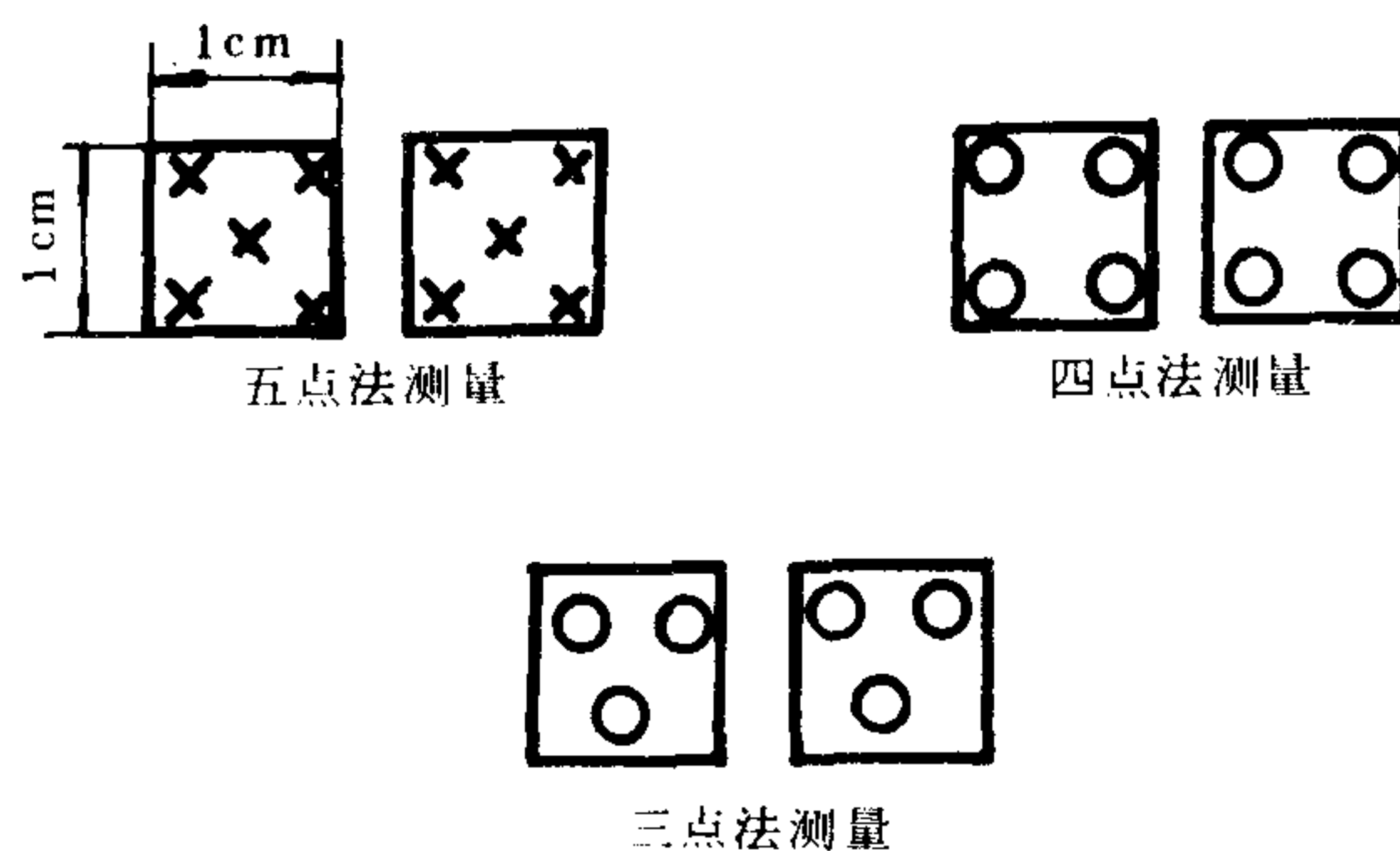


图2 双杆探头测点位置图

4.1.3.3 当基准面为 1 dm^2 时,无论采用什么型号的仪器以及何种探头进行测量,均按图3所示十点法,在该基准面上做十次测量,取其算术平均值。

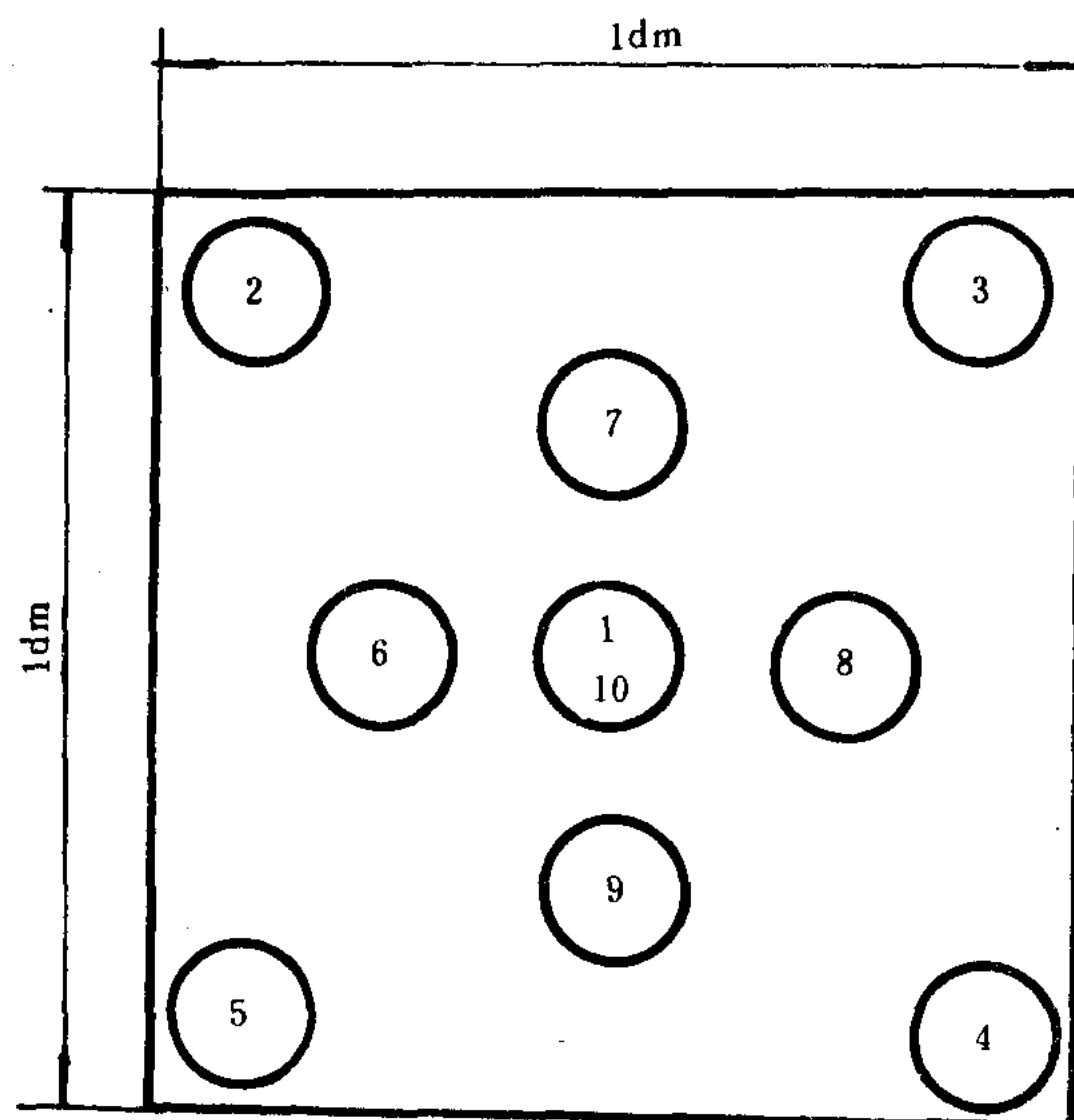


图3 十点法测量测点位置图

4.1.4 操作时应注意下列因素对测量值的影响

- 涂层本身某些因素的影响,如厚度、导电率和表面粗糙度等。
- 基体金属本身某些因素的影响,如厚度、磁性、曲率、表面粗糙度、机械加工方向和剩磁等。
- 外来因素的影响,如周围的磁场和外来附着物等。
- 测量技巧的影响,如探头压力、探头取向和边缘效应等。

上述各因素的影响应按GB 4956的规定予以排除和校正。

4.1.5 结果解释

按4.1.3条的规定,一般测量值与实际厚度的误差约为10%,经仔细调节后,此精度可显著提高。对测量结果有争议时,可采用断面显微测量法仲裁。

4.2 断面显微测量法

4.2.1 要点

断面显微测量法是用金相显微镜对从产品或试样上切割下来的试样进行断面厚度测量的方法。

4.2.2 仪器

金相显微镜。

4.2.3 操作方法

4.2.3.1 在工件或试样上沿长边切取边长为20mm的正方形试料,制备成金相试样。

4.2.3.2 为防止涂层沿基体周边剥离,试样必须用适当的材料(如塑料或某种低熔点合金)镶嵌。

4.2.3.3 用显微镜进行厚度测量时,应测十个点,这十点必须沿试样的一个边均匀分布在20mm长的断面上,测量后取其算术平均值。

5 结合性能试验方法

5.1 切格试验法

5.1.1 要点

使用硬质刃口刀具,将涂层切断至基体,成为小方格,并在此处贴上粘胶带压紧,然后持粘胶带的一端垂直拉开,观察涂层破断状态,以此判断涂层的结合性能。

5.1.2 切割刀具及粘胶带

- 切割采用硬质刀具,刃口的形状见图4;
- 刀具的装配及切割角度,见图5;
- 采用供需双方共同选定的一种布粘胶带,该粘胶带宽25mm,拉力应大于800g。

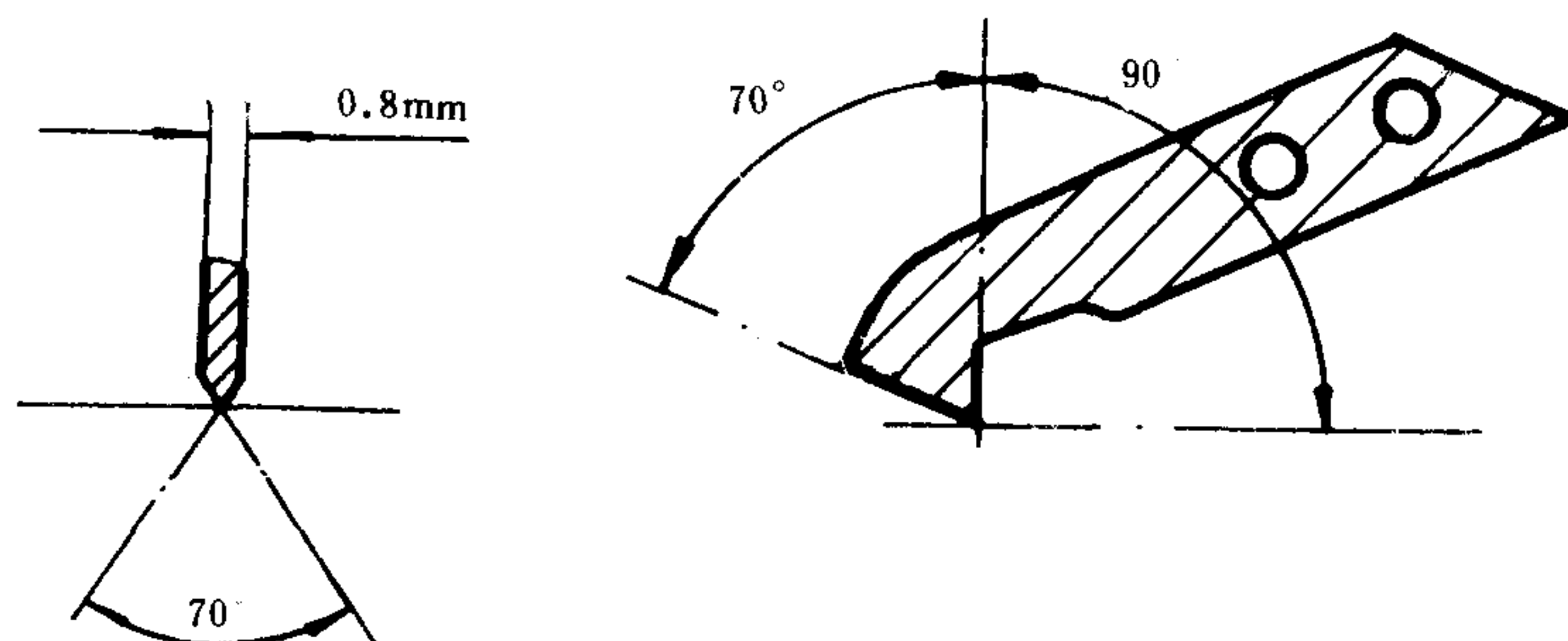


图4 切割刀具刃口的形状

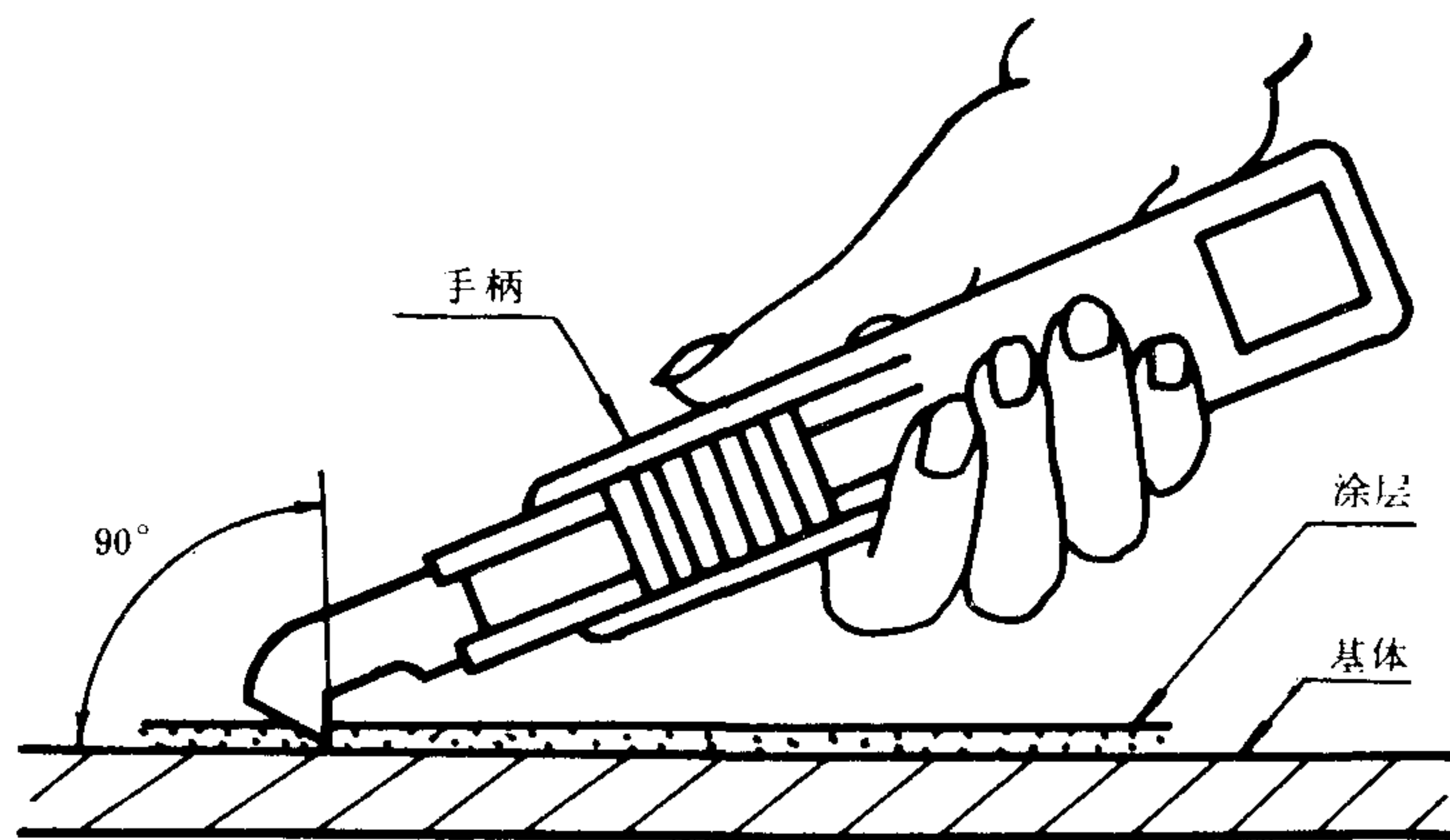


图 5 刀具的装配及切割角度

5.1.3 试样制备

a. 直接用喷涂后的产品作为试样，或从喷涂后的产品上切取试样，当有困难时，也可重新制作试样，但该试样要能代表产品，即试样的材质和喷涂工艺必须与产品完全相同。

b. 试样尺寸，mm：100×50×2，并倒角。

5.1.4 操作

a. 使用5.1.2所规定的刀具，用划平行线的尺或板压紧，把涂层切割成表中尺寸的方形格子：

检查的涂层厚度 μm	切格区的近似面积 mm × mm	划痕间的距离 mm
≤ 200	15 × 15	3
> 200	25 × 25	5

切割时，刀具的刃口与涂层表面约保持90°（见图5），切割后，涂层至基体表面必须完全切断。

b. 在格子状涂层表面，贴上粘胶带，用500g负荷的辊子或用手指压紧，然后按图6所示方法，以手持粘胶带的一端，按与涂层表面垂直的方向，以迅速而又突然的方式将粘胶带拉开，检查涂层是否被粘胶带粘起而剥离。

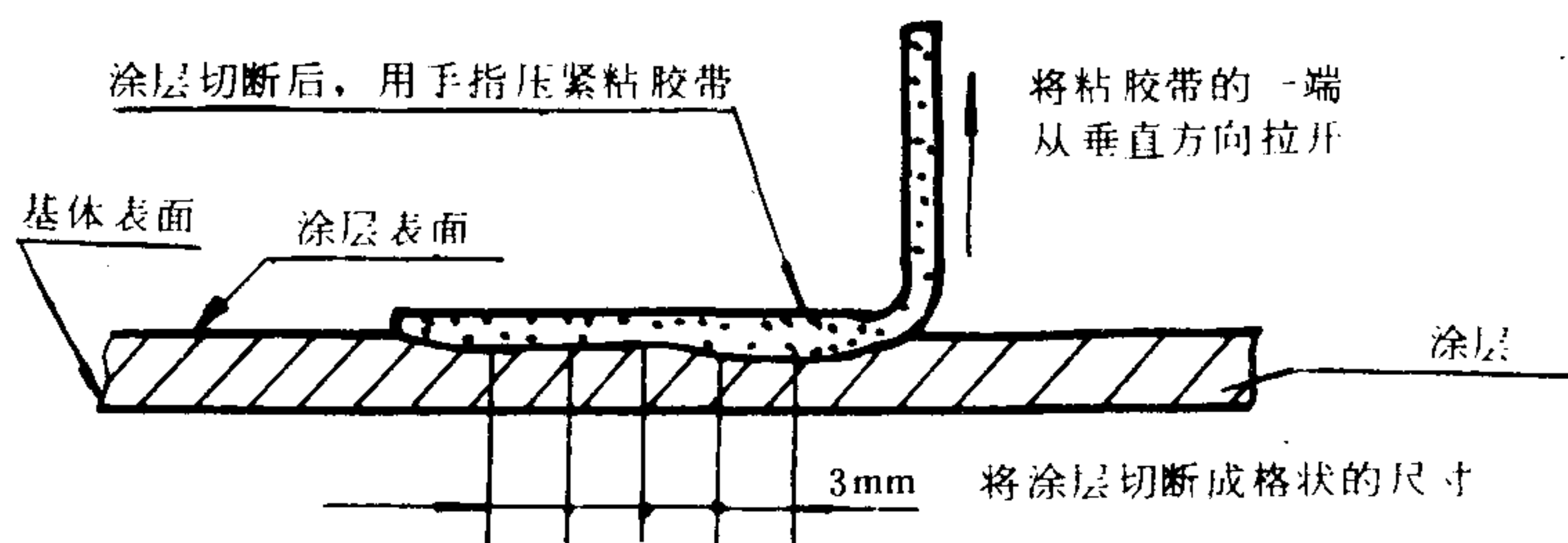


图 6 粘胶带拉开方式示意图

5.1.5 结果解释

涂层的任何部位都未与基体金属剥离为合格。如果粘胶带上破断的涂层粘附，但破断部分发生在涂层间，而不是在涂层与基体的界面上，基体未裸露，亦认为合格。

5.2 拉力试验法

本试验是在垂直于基体表面的方向加力拉伸涂层，使其从基体上剥离，以此检查涂层与基体的结

合强度。

5.2.1 制作试样做拉力试验的方法

5.2.1.1 试验装置

- a. 拉力试验机；
- b. 带有万向接头的拉伸夹具，见图7。

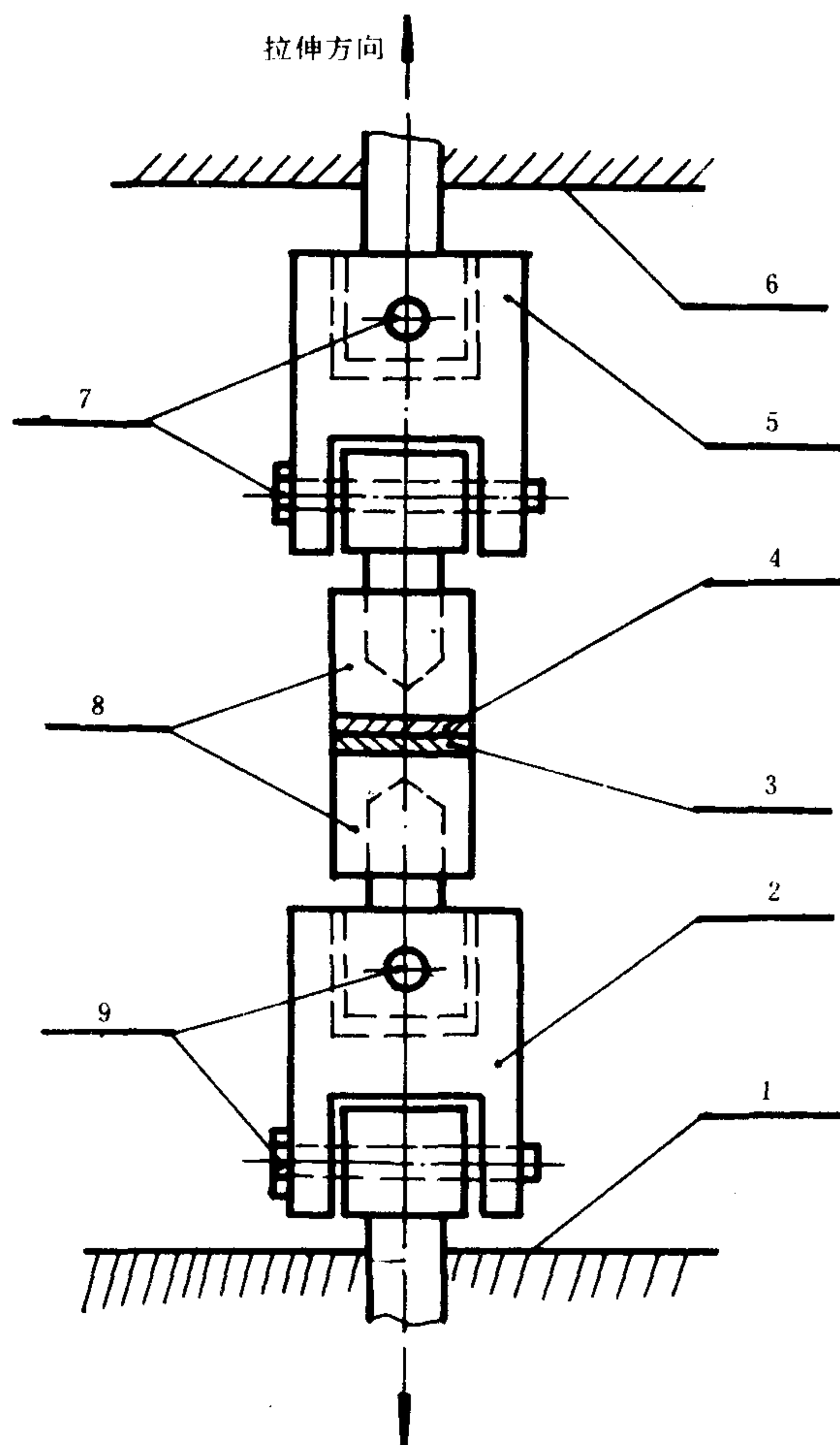


图7 拉力试验用夹具示意图

1—拉伸试验机夹盘； 2—拉伸用夹具； 3—涂层； 4—粘结剂； 5—拉伸用夹具；
6—拉伸试验机夹盘； 7—螺栓； 8—结合力试样； 9—螺栓

5.2.1.2 试样及试验用材料

- a. 试样：采用与工件同等材质的钢材，作成直径为40mm，长为40mm的两个圆柱体。
- b. 粘结剂：粘结剂与涂层的粘结力应大于涂层与基体的结合力，且应对拉力试验的测定值没有影响。

5.2.1.3 试样的准备

3.2.1.2 a.中规定的两个圆柱体A和B，按图8所示各在其一端面中心设置螺孔。以便旋入拉伸夹具，并做好如下准备。

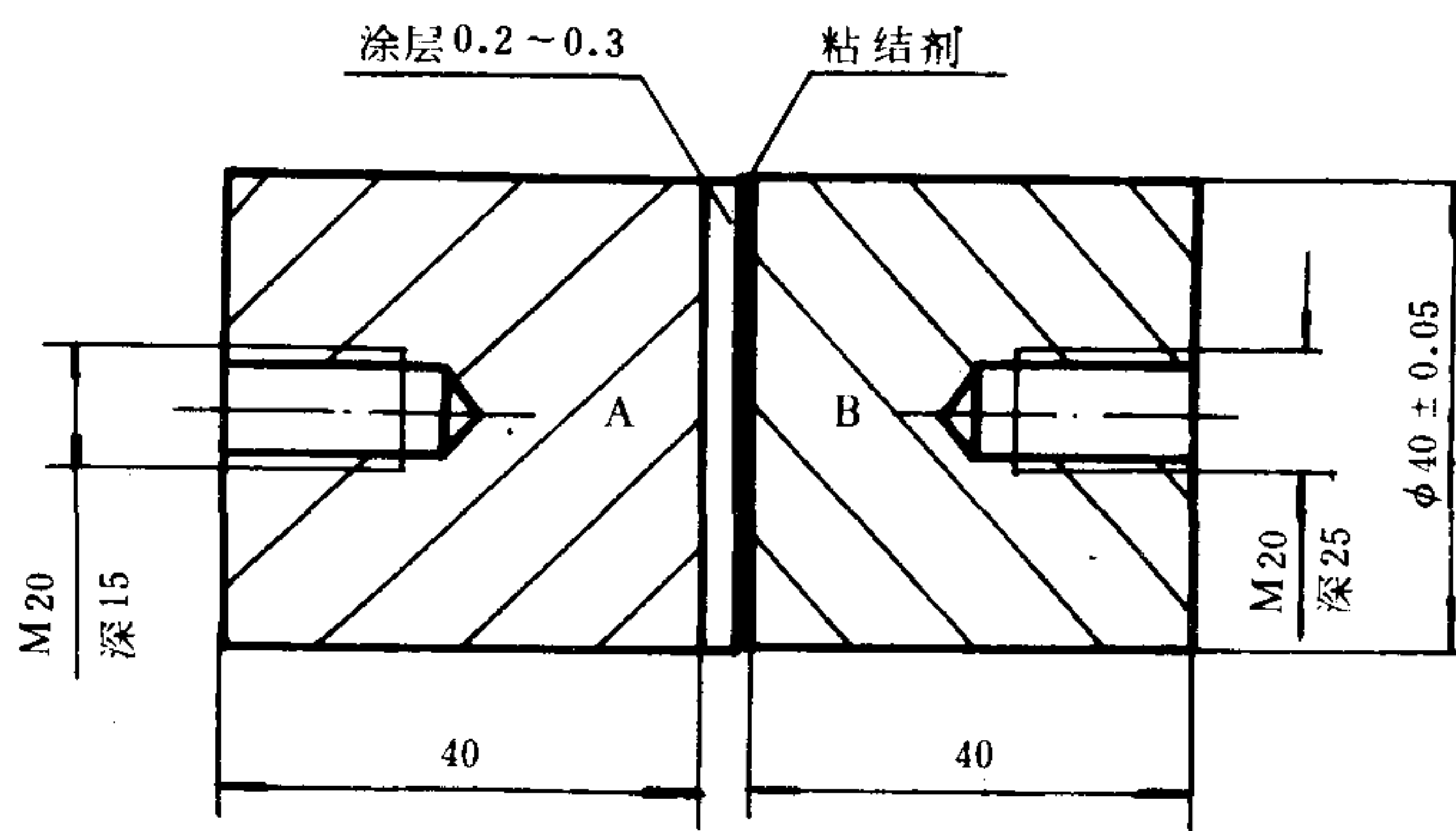


图 8 拉力试验用试样制备

- 在试样A不开螺孔的端面，用与产品在同样的条件进行粗化处理和喷涂，涂层厚度为 200 ~ 300 μm ，且应均匀。
- 将试样B上不开螺孔的端面，也与产品在同一条件下作粗化处理。
- 在试样B的粗化面上和试样A的涂层面上，各涂一层薄而均匀的粘结剂。
- 将试样A置于试样B之上并同轴，使其充分粘合，勿使气泡残留在粘结剂中，溢出的粘结剂应清除，待固化后，可进行拉力试验。

5.2.1.4 试验操作

在试样两端安装拉伸夹具，将其装到拉伸试验机上，以约9807N/min的加载速度，或以1mm/min的拉伸速度拉伸，直至试样拉开，记下破断时的载荷。

5.2.1.5 计算

涂层的结合强度按（1）式计算：

$$F = \frac{P}{A} \dots\dots\dots (1)$$

式中：F——结合强度，N/mm²；

P——拉伸载荷，N；

A——涂层面积，mm²。

5.2.1.6 结果解释

可能有下列六种破断状态：

- 试样A的基体与喷涂层在界面处完全分离；
- 涂层内部层间完全分离；
- 涂层与粘结剂的界面完全分离；
- 粘结剂本身层间完全分离；
- 粘结剂与试样B的界面完全分离；
- 上述几种情况综合存在的多种分离状态。

上述六种破断状态中，如为a.、b.或a.和b.同时存在的三种状态时，该结果可作为测定的结合强度，除此以外的状态如果发生，则测定的结果无效，应重新制作试样进行试验。

5.2.2 产品上做拉力试验

拉力试验也可在产品上进行，其方法和步骤如下：

5.2.2.1 试验部位的选择

在喷涂产品上较平的表面（该部位不应选在临界部位即边缘附近）割取拉力试验用试样，试样直径为11.3mm的圆形。沿此圆周边切断涂层至基体。

5.2.2.2 清洗

仔细清洗试验部位，待其充分干燥后，用蚀洗涂料封孔，以防止粘结剂渗透至基体。

5.2.2.3 粘结

在一个 $\phi 11.3\text{mm}$ 的拉力棒一端面上，与工件在同等条件下喷砂，然后在选定的涂层和该拉力棒端面上，涂上粘结剂使二者粘合，固化后除去拉力棒周围多余的粘结剂。

5.2.2.4 操作与计算

在垂直于涂层表面的方向加力，使拉力棒脱离，按公式（1）计算出涂层的结合强度。

5.2.2.5 结果解释

破断状态的判定，同5.2.1.6条。

6 耐腐蚀性试验方法

6.1 中性盐雾试验法

按GB 6458进行72h试验。

6.2 盐水浸渍试验

6.2.1 要点

本试验仅用于评价涂层耐盐水腐蚀性能的好坏。

6.2.2 装置

- a. 恒温箱：一般试验室用烘箱，试验温度保持在 $40 \pm 1^\circ\text{C}$ 。
- b. 烧杯：化学分析用的玻璃器具，容量为500mL。

6.2.3 溶液配制

- a. 试剂：氯化钠试剂；
- b. 水：蒸馏水；
- c. 溶液浓度： $0.43 \sim 0.60\text{mol/L}$ （2.5%~3.5%）。

6.2.4 试样

- a. 试样制备同5.1.3条；
- b. 试样尺寸，mm： $150 \times 75 \times 3$ 半浸；或 $100 \times 50 \times 2$ 全浸均可；
- c. 试样制备二枚，其中一枚为参比用基准片。

6.2.5 操作

- a. 将一枚试样竖立吊挂在温度为 $40 \pm 1^\circ\text{C}$ 、容量在500mL以上的试液中；
- b. 溶液每天更换一次；
- c. 在72h的试验周期内，除更换试液时可中断外，必须连续进行；
- d. 试验结束后，将试样取出，在常温下充分水洗、干燥，并对比试样进行检查。

7 密度试验方法

7.1 要点

密度采用称量法测定，即测定干燥试样的质量与试样总体积之比，即为密度，以 g/cm^3 表示。

7.2 试样

在产品或能代表产品的物体上剥离涂层作为试样，试样的尺寸可由双方议定。

注：喷涂试样的表面不要进行加工，外观不允许有很大的凸凹不平。

7.3 操作

- a. 试样的干燥质量：将试样放在 $105 \sim 120^\circ\text{C}$ 空气中进行充分烘干并达到恒量，此时的质量是 G_1 ，g，作为干燥质量。
- b. 泡水方法：将干燥、称量后的试样沉入烧杯内水中（室温），并把烧杯置于真空干燥器中进行减压排气，待无气泡出现后停止，取出烧杯，此时的试样作为泡水试样。

c. 泡水试样在水中的质量：用直径为 $\phi 0.5\text{mm}$ 以下的金属丝把泡水试样吊挂在水中，此时所称得的总质量与金属丝的质量之差即为泡水试样在水中的质量 G_2 ，g。

d. 泡水试样在空气中的质量：从水中取出试样后，用湿布擦其表面，除去水滴后称量，该值即为泡水试样的质量 G_3 ，g。

7.4 计算

$$D_{\text{体}} = \frac{G_1 \cdot D_{\text{液}}}{G_3 - G_2} \dots\dots\dots (2)$$

式中： $D_{\text{体}}$ ——体积密度， g/cm^3 ；

$D_{\text{液}}$ ——试验温度下水的密度， g/cm^3 ；

G_1 ——试样在空气中干燥后的质量，g；

G_2 ——泡水试样在水中的质量，g；

G_3 ——泡水试样在空气中的质量，g。

8 扩散层厚度检查方法

8.1 显微镜测法

8.1.1 要点

本试验是采用加热扩散处理，然后检查涂层扩散深度及其表面状况。

8.1.2 设备

热处理用高温电阻炉和金相显微镜。

8.1.3 试样制备

同5.1.3。

8.1.4 加热扩散处理

将炉温升至 $800 \sim 850^\circ\text{C}$ 时，把封闭处理后的试样装入炉中，当炉温达到上述温度后保温 $1 \sim 3\text{h}$ ，空冷或随炉冷却至 300°C 出炉。

8.1.5 显微镜观测

在加热扩散处理后的试样上，沿长边取边长为 20mm 的 $1 \sim 2$ 个方块，并制备成金相试样，用 $1\% \sim 5\%$ 的硝酸酒精腐蚀，用显微测量法测定扩散层的厚度及其表面状况，测量方法同4.2。

8.1.6 结果解释

扩散层厚度平均值应大于 $70\mu\text{m}$ ，且无裂纹。

9 表面质量检查方法

采用目视比较法，按双方协议预制喷砂和喷涂的标样各二枚，作为基准样块，供需双方各持一枚，以此与喷砂和喷涂后的产品表面作目视比较。

附加说明：

本标准由中华人民共和国机械电子工业部提出。

本标准由全国金属与非金属覆盖层标准化技术委员会归口。

本标准由武汉材料保护研究所负责起草。

本标准主要起草人胡有权。