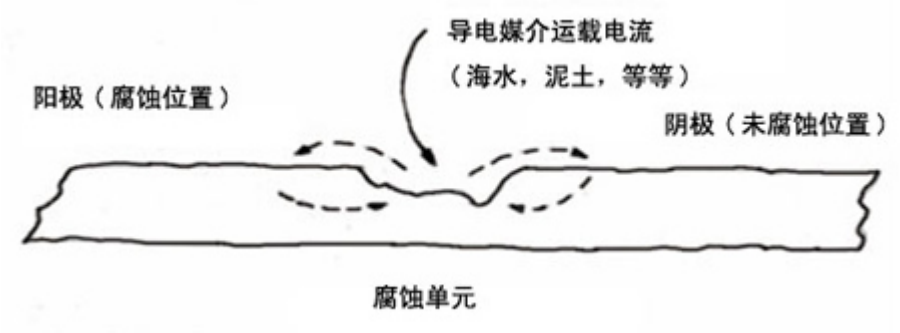
金属防腐及表面处理

1. 金属腐蚀

金属腐蚀通常针对钢铁而言。金属腐蚀是指在钢铁在水分、空气或其它化学物质存在的环境下，发生电化学腐蚀，此时钢铁被氧化从而返回到其在自然界最稳定的状态。

产生金属腐蚀通常需要以下四个条件：

- 一或多个阳极 - 金属腐蚀的区域
- 一或多个阴极 - 金属受保护的区域
- 导电媒介(电解液) - 土壤、水、盐等
- 连接阳极及阴极的路线



通常钢铁通过以下电化学反应发生腐蚀：

- 阳极反应 $Fe \Rightarrow Fe^{2+} + 2^{e}$
- 阴极反应 $2H_2O + O_2 + 4^{e} \Rightarrow 4OH^{-}$
- 溶液中 $Fe^{2+} + 2OH^{-} \Rightarrow Fe(OH)_2$
- 铁锈形成 $2Fe(OH)_2 + H_2O + 1/2\ O_2 \Rightarrow Fe_2O_3 \cdot x\ H_2O$

若有盐分存在，则会加速钢铁腐蚀，相关电化学反应如下：

- 阳极反应 $Fe + 2Cl^{-} \Rightarrow FeCl^{2+} + 2^{e}$
- 阴极反应 $2H_2O + 4^{e} + 4Na^{+} \Rightarrow 4NaOH$
- 铁锈形成 $4FeCl_2 + 8NaOH + O_2 \Rightarrow 2Fe_2O_3 \cdot H_2O + 8NaCl + 2H_2O$

2. 金属防腐控制

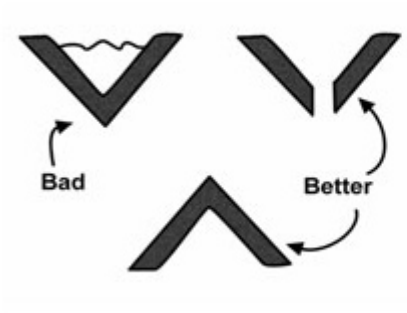
要控制金属腐蚀，只要控制金属腐蚀四个条件任何一个即可。通常由以下几方面来控制。

2.1 结构设计防腐

结构设计是防腐第一步，也是非常重要的一步。一个不合理的设计会加速腐蚀的发生。在这个方面，我们主要要考虑以下几个方面：

- 排水设计

不应在户外钢结构上出现存水湾，应当设计成排水机构，否则积水区域一定会加快腐蚀速度，如下图所示。



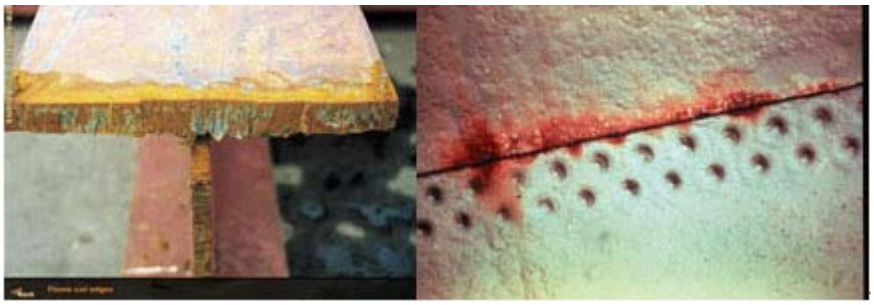


• 边角设计

边角处不应存在利角，应将其打磨平滑，否则此处将最先出现锈蚀。

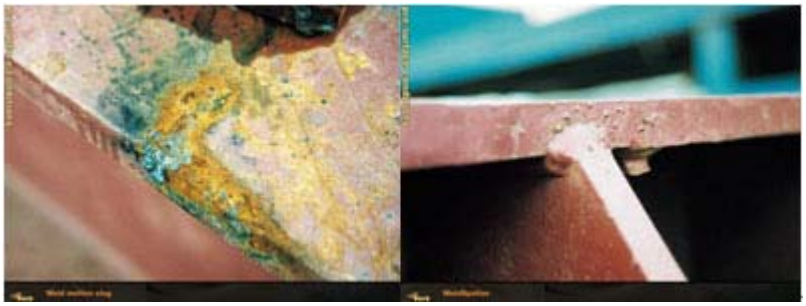
• 双金属设计

应尽量避免两种不同的金属直接接触，如铁管与铜连接器，此时由于电位差的存在，铁管会加速腐蚀。同样，应减少铆接，此时也会加速腐蚀。



• 焊接设计

焊接时应满焊，不应点焊，并且应将其表面打磨平滑，除去所有飞溅的焊渣，否则将不可避免的加速腐蚀。



2.2 隔绝媒介－水、氧气、化学物质

此时可以通过油漆保护，用涂层隔绝外界水分、氧气或其它化学物质；或电镀不活泼金属，如铬等，其不易在自然界中被氧化，从而起到隔绝的作用；或通过钝化处理，在钢铁表面形成一层致密氧化层隔绝外界物质。

2.3 改变阴阳极

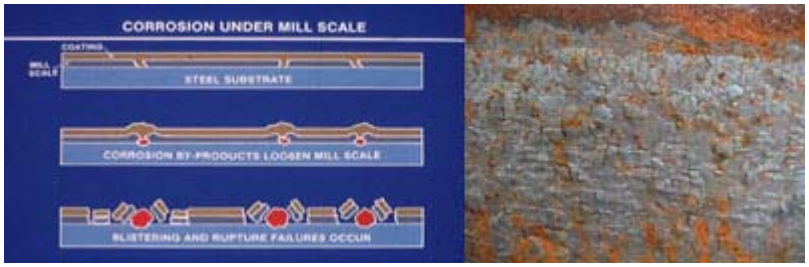
选用相对活泼金属，使得原来做为阳极的钢铁转变为阴极，从而控制其腐蚀。此种情况下，做为阳极的活泼金属不可避免的会被腐蚀，因而此方法也叫做牺牲阳极防腐控制。富锌涂层或镀锌铁均采用这种机理进行防腐控制。

2.4 化学防腐

还有一些冷却水管道可以通过添加一定的化学抑制剂的方式进行防腐。

3. 金属防腐涂装表面处理

通常金属表面会附有尘埃、油污、氧化皮、锈蚀层、污染物、盐份或松脱的旧漆膜。其中氧化皮是比较常见但最容易被忽略的部分。氧化皮是在钢铁高温锻压成型时所产生的一层致密氧化层，通常附着比较牢固，但相比钢铁本身则较脆，并且其本身为阴极，会加速金属腐蚀。



如果不清除这些物质直接涂装，势必会影响整个涂层的附着力及防腐能力。据统计，大约有 70％以上的油漆问题是由于不适当的表面处理所引起的。因此，对于一个金属防腐涂装油漆系统的性能体现，合适的表面处理是至关重要的。通常我们按三个步骤进行表面处理：

a) 铲除各种松脱物质；

b) 溶剂清洗除去油脂；

c) 使用各种手工或电动工具或喷砂等方法处理表面至上漆标准。

在附录 A 中，列出了 SSPC 表面处理标准。

在决定表面处理等级标准前，还需界定表面锈蚀等级。在附录 B 中，我们列出了各锈蚀等级及喷砂处理后的图片。在附录 C 中，还列出了各不同国际组织表面处理标准的相关联系。

3.1 溶剂清洗 (SSPC SP1)

这是一种利用溶剂或乳液除去表面的油脂及其它类似的污染物的处理方法。由于各种手工或电动工具甚至喷砂处理均无法除去金属表面油脂，因此溶剂清洗一定要在其它处理方式进行前先行处理。

3.2 手工工具清洁 (SSPC SP2 或 SSI St2)

这是一种传统的清洁方法。它通常使用钢丝刷刷、砂纸打磨、刮、凿或其组合等方法，除去钢铁及其它表面之疏松氧化皮、旧漆膜及锈蚀物。这种处理方法一般速度较慢，只有在其它处理方法无法使用时才会采用。通常这种方法处理过的金属表面其清洁程度不会非常高，仅适合轻防腐场合。

3.3 机动工具清洁 (SSPC SP3 或 SSI ST3)

这种方法是使用手持机动工具如旋转钢丝刷、砂轮或砂磨机、气锤或针枪等。使用这种方法可以除去表面之疏松氧化皮、损伤旧漆膜及锈蚀物等。这种方法比较起手工工具处理有更高的效率，但不适合重防腐或沉浸场合。



SSPC SP11 还规定了使用机动工具清洁除去所有可见污染物至裸金属的标准。

3.4 喷砂处理

选用相对活泼金属，使得原来做为阳极的钢铁转变为阴极，从而控制其腐蚀。此种情况下，做为阳极的活泼金属不可避免的会被腐蚀，因而此方法也叫做牺牲阳极防腐控制。富锌涂层或镀锌铁均采用这种机理进行防腐控制。

2.4 化学防腐

实践证明，无论是在施工现场还是在装配车间，喷砂处理都是除去氧化皮的最有效方法。这是成功使用各种高性能油漆系统的必要处理手段。喷砂处理的清洁程度必须规定一个通用标准，最好有标准图片参考，并且在操作过程中规定并控制表面粗糙度。表面粗糙度取决于几方面的因素，但主要受到所使用的磨料种类及其粒径和施力方法(如高压气流或离心力)的影响。对于高压气流，喷嘴的高压程及其对工件的角度是表面粗糙度的决定因素；而对于离心力或机械喷射方法来说，喷射操作中的速率是非常重要的。喷砂处理完成后必须立即上底漆。

喷砂处理也有一些局限性。它不能清除各种油脂及热塑性旧涂层如沥青涂料；它不能清除金属表面可能附有的盐分；它还会带来粉尘的问题且处理废弃物的成本较高；磨料本身的成本也比较高。



以下分别是几种不同喷砂处理清洁程度。

A. 轻度喷砂 （Brush off Blast）（SSPC SP7 或 SSI Sa1）

完全去除尘埃、锈蚀、松散氧化皮及松散的旧漆膜等；不能去除紧密附着的氧化皮和旧漆膜，但其必须是平整、均匀地覆盖在底材表面。

B. 商用喷砂 （Commercial Blast）（SSPC SP6 或 SSI Sa2）

能去除所有尘埃、锈蚀、松散氧化皮及旧漆膜等，仅剩微少斑痕；如果表面有麻点，会有微少锈蚀和旧漆膜紧密残留在里面；处理后至少 2/3 的面积应全无肉眼可视的残余物，其余的 1/3 亦只能有些微小的残余杂质。

C. 近白喷砂 （Near White Blast）（SSPC SP10 或 SSI Sa2.5）

能去除所有尘埃、锈蚀、松散氧化皮，腐化物及旧漆膜等，但会有非常微少的斑痕残留；至少 95%的表面无肉眼可视残余物，剩余的 5%表面亦应只有些微残余杂质；从实际操作角度来看，这是可达到的最好的表面处理效果。

D. 白金属喷砂 （White Metal Blast）（SSPC SP5 或 SSI Sa3）

能彻底去除所有尘埃、锈蚀、氧化皮、腐蚀物质及旧漆膜，使底材表面呈白色或灰白色的金属原有光泽；这是最好的表面处理方法；达到这种处理标准有助于令高性能涂料达到最佳效果，适用于长期沉浸在水或液体化学物质中的场合。

粗糙度：

通常喷砂处理均会使金属表面产生一定程度的粗糙度，这对漆层附着力的增强有很大的帮助。通常钢铁表面的粗糙度应该在 13－65 微米之间，且一定不可以超过涂料干膜总厚度的 1/3。通常不同种类及大小的磨料会形成不同的粗糙度，下表列出了他们之间的关系。

磨料\粗糙度	25 微米	50 微米	75-100 微米
目数 Mesh	30/60	16/35	8/35
钢砂 Steel Grit	G80	G40	G25
钢珠 Steel Shot	S110	S230	S330 或 S390
刚玉 Alum. Oxide	100 grit	36 grit	16 grit
Clemtex	#4	#3	#2
Black Bueaty		BB-50	BB-40

3.5 湿喷砂 （NACE No. 5）

这种方法是使用砂浆及高压水来除去旧漆、氧化皮及锈蚀物。使用这种方法，极大程度上克服了普通喷砂处理中粉尘对健康的危害。同样，表面粗糙度及清洁效率取决于水压及砂浆中磨料的浓度。

这种处理方法的一个主要缺点是清洁好的钢铁表面将立即开始生锈，因此与普通喷砂处理比较表现出一种较次的表面。可在水中加入阻锈剂但必须十分小心，因为有些阻锈剂会影响随后漆膜的性能。

3.6 酸洗清洁 （SSPC SP8）

酸洗清洁是一种古老的车间处理方法，用于除去钢铁上的氧化皮。目前仍有几个步骤在被使用，通常为一个双重体系包括酸腐蚀及酸钝化。酸洗清洁的一个缺点是它将钢铁表面清洁了但没有一个粗糙度，而粗糙度则有助于提高重防腐油漆的附着力。

使用此方法时可去除氧化皮和锈蚀。处理后的表面应全无锈蚀、氧化皮和其它杂质，亦不应有任何未完全反应的有害酸液或其它化学残余物。

3.7 燃烧清洁 （SSPC SP4）

此方法是利用高温、高速的乙炔火焰处理表面，可去除所有的松散的氧化皮、铁锈及其它杂质，然后以钢丝刷打磨。处理后表面必须全无油污、油脂、尘埃、盐分和其它杂质。

3.8 车间预上底漆钢结构

在车间经过自动喷砂处理并在装配前预上底漆的钢结构，在施以最后的保护性油漆系统前，通常需要进行特殊处理。所有损伤区域，包括机械损伤及热损伤或底漆未涂及区域，会继续生锈，这些区域必须被重新喷砂处理，或用手工方法彻底清洁至可接受的标准。这种处理方法也通常用于焊接及焊接前无法上底漆的钢结构连接部分。

3.9 有色金属及镀锌铁

a) 铝材

溶剂清洗，蒸气清洗及认可的化学预处理均为可接受的表面处理方法。上漆前打磨表面并选用合适的底漆。

b) 镀锌铁

对于新镀锌钢铁表面，在上漆前必需用溶剂清洗以除去表面污染物。同时也推荐使用腐蚀性底漆或富锌底漆进行预处理。

镀锌后立即进行钝化处理的镀锌铁必需先老化数月，然后才可用腐蚀性底漆或富锌底漆进行预处理。另一种方法先是打磨除去其表面钝化处理。

c) 铜和铅

溶剂清洗及手工打磨，或非常小心的喷砂处理(使用低压力及非金属磨料)，均可获得满意的表面处理结果。

d) 其它有色金属

在上漆前建议使用溶剂清洗并施以一层腐蚀性底漆。

3.10 已上漆旧金属表面

刮除松脱旧漆并将边缘打圆滑，在上漆前除去所有油脂、锈蚀及其它污染物。对于裸露表面先用合适的体系上底漆。在旧漆面上做小面积相容性测试后再大面积涂刷。

4. 环境条件及上漆间隔

a) 在对钢铁进行表面处理时，应注意当环境湿度高于 85%时或钢铁表面温度在露点 3oC 以内时，停止工作。否则水汽容易凝结在钢铁表面，引起锈蚀，使得表面处理达不到标准要求。

b) 在常规气候条件下，喷砂处理完的钢铁应在 4 小时内立即用相应防锈底漆涂饰。在暴露在空气中的洁净钢铁表面，很快会在表面形成一薄层锈蚀。

c) 若喷砂完成后的钢铁已经存放过夜，在第二天上底漆前必须再次进行轻度喷砂。

d) 喷砂完成后的钢铁在上底漆前，严禁接触任何形式的水，包括雨水、结露等。否则在上底漆前必须再次轻度喷砂

5. 喷涂简介

喷涂是工效最高的一种施工方法。对钢结构来讲，这是最佳施工方式，可获得美观、平整、光滑、均匀的高质量涂膜，尤其是大面积涂饰时应更显出其优越性。

5.1 喷涂种类

通常有两种喷涂方式：

空气喷涂(常规喷涂)：即利用压缩空气冲击低压流体，产生细致的雾化状态。其投资成本低，涂装质量高，但一次成膜厚度低，漆雾污染大，传递效率低，通常用于低中粘度涂料并要求良好外观的场合，如样板制作、汽车及中小型设备喷涂等。喷涂过程中需保持良好的抽风。
无气喷涂：高压无气喷涂的原理是利用高压柱塞泵不断往密闭的涂料管内输送涂料，从而在密闭空间内形成高压，使高压涂料强制通过极为细小的喷嘴而形成雾化，从而附着于被涂物表面。其能喷涂较高粘度涂料，无需过度加水；一次喷涂成膜厚度较厚，无需多度喷涂；故而具有高效率、高产能的特点。同时，由于高压的作用，其反弹较少，节省漆料；而渗透力较强，增加涂层与墙体的机械咬合力。相比空气喷涂，其漆膜质量略差，且操作工需有较高的喷涂技巧。通常用于大面积结构如船体、钢结构、大型设备等。



空气喷涂



无气喷涂

5.2 喷涂技巧
喷涂有“交替法”与“压枪法”两种方式。交替法指纵向、横向交替喷涂等方法。压枪法指后一枪喷涂等涂层压住前一枪涂层的 1/2，以使涂层厚薄一致。喷嘴口径与喷涂压力依据涂料产品说明书等要求而定。
喷嘴与喷涂面一般应相距 30cm 左右。喷头与基层要保持垂直状态。喷枪移动方向就与基层平行，不能呈弧形移动，否则喷出的涂层中间厚，两边薄。操作时应先移动喷枪再扣板机，松开板机后喷枪才停止移动，以免每一排涂层等首尾过厚。
喷漆前应先将门窗等部位进行遮挡。为减少喷逸，喷阳角时可先在端部自上而下地垂直喷涂，然后再水平喷涂。喷阴角时，不要对着角落直喷，这样会使角落深处两边等涂层过薄，而角落外部等涂层过厚。应当分别从角等两边，由上而下垂直喷一下，然后再沿水平方向喷涂。垂直喷涂时，喷嘴离角等顶部要远一些，以便产生等喷雾刚好在角等顶部交融，不会产生流坠，喷涂顶棚时，为了防止涂料飘落在身上，应尽量向后站立；喷枪倾斜度不宜过大，以免影响出料。
喷嘴在使用中若有堵塞，要用竹签疏通，严禁使用硬钢丝或铁钉，以免坏喷嘴等形状，降低其精密度，影响喷涂效果。喷枪用毕立即用水或稀释剂清洗。

6. 高性能油漆(HPC)施工及维护注意事项

a) 高性能油漆通常为双组分产品，使用前应先彻底搅拌每一种组份，然后将基漆 A 组分和固化剂 B 组分按说明书所示的体积比混合并均匀地搅拌，混合时应将 B 组分倒入 A 组分中。应确保所有设备及容器不含水分。
b) 混合后应按说明书要求静置一定时间后方可使用，使用前继续搅拌。注意，不同温度要求不同静置时间。
c) 仅在施工需要时方可稀释，使用说明书所示配套稀释剂及比例，切务过度稀释。按季节及施工方式可能会要求使用不同代号配套稀释剂。
d) 一次混合的涂料量应控制在混合后作用时间内用完。此时间已经在说明书上作出说明，并随温度的不同而不同。
e) 若漆料在使用过程中变稠，不要加多稀释剂，应倒掉并混合新的漆料。
f) 在进行传统喷涂时，应确保有充足的空气压力和流量，以达到理想的雾化效果。
g) 采用均匀、同向、平行的湿涂覆，每次涂覆都应覆盖前一次的 50%。若有必要，可以用正确的角度进行交叉喷涂，以避免空隙、漏涂和针眼。
h) 同一面应一次喷涂完成。
i) 所有用具在使用之后，应立即用稀释剂清洗干净。
j) 待干透后方可进行下一涂层。
k) 施工时，同样应注意环境湿度，并且在施工及待干过程中表面温度不能低于油漆的最低固化温度，也不能过高而导致气泡、针孔、流平差等缺陷。
l) 油漆干膜厚度要均一并达到设计要求，以最薄处为准。
m) 在焊接、弯折、棱角处应增加涂布厚度。
n) 工程完工且验收合格后仍应定期对其进行检查，若局部区域出现点锈时应及时补涂处理，以免因小失大。
o) 切勿在比表面处理及防腐油漆体系设计要求更为恶劣的环境使用。

7. 施工检查（Inspection）

对钢结构防腐涂装施工，为了确保施工质量达到设计要求，必须对包括表面处理在内的各个施工工序进行检查，主要包括表面处理前、表面处理后、油漆施工前、油漆施工过程及施工完成后几个步骤。
表面处理前：此时主要检查结构基础建造或修改是否完成，防腐涂装工程准备工作是否完成，并根据设计要求确定表面处理方式、设备及等级。喷砂处理还需根据粗糙度要求确定磨料种类及大小。对起始表面锈蚀等级也应根 SSPC 相关图示做出判断。
表面处理后：根据设计要求检查表面处理等级及粗糙度是否达到要求。表面处理等级可以用 SSPC Vis 系列标准图片对比。粗糙度可以用粗糙度测试仪进行检测，或专用比 较器比较。
油漆施工前：检查油漆的存储、搅拌、混合、稀释等步骤是否符合要求，油漆粘度是否符合施工要求，通读并熟悉油漆使用说明及安全指引。检查环境状况是否符合施工要求。用湿度计检查环境相对湿度；表面温度计检查表面温度；露点对照表查出露点；户外作业时还应检查是否有大风及下雨迹象，避免不必要的油漆损耗。

油漆施工中：在密切关注天气状况变化的同时，检查油漆静置期、有效使用期及重涂时间是否正确，有无漏刷，并用湿膜测厚仪检查湿膜厚度是否达到设计要求。
油漆干透及固化完全后：检查是否有针孔、起泡等油漆缺陷；用干膜测厚仪检查干膜厚度是否达到设计要求。油漆固化完全后还可以用拉拔法检查漆层附着力，注意此检测为破坏性测试，测试完成后应 及时补涂。

附录 A SSPC 表面处理标准

- SP-1 溶剂清洗
- SP-2 手工工具处理
- SP-3 机动工具处理
- SP-4 燃烧处理
- SP-5 彻底喷砂（白金属）
- SP-6 中度喷砂（商用）
- SP-7 轻度喷砂（普通）
- SP-8 浸酸（化学处理）
- SP-9 风化后再以钢丝刷打磨
- SP-10 彻底喷砂（接白）
- SP-11 机动工具处理至金属表层完全光泽暴露
- SP-12 高压水喷射
- SP-13 混凝土表面处理
- SP-14 工业喷砂

附录 B 表面处理等级

起始锈蚀程度：（图示从左至右分别为 B、C、D）
- 等级 A 氧化层紧密附着于表面
- 等级 B 氧化层开始锈蚀
- 等级 C 氧化层已经锈蚀
- 等级 D 氧化层严重锈蚀，出现麻点



轻度喷砂：



商用喷砂：



近白喷砂：



白金属喷砂：



附录 C 国际通用表面处理标准对比

描述	SSPC SP	SIS 055900	NACE	ISO 8501 BS 7079
溶剂清洗	SP1			
手工工具清洁	SP2	St2		St2
机动工具清洁	SP3	St3		St3
燃烧清洁	SP4			F1
喷砂处理白金属	SP5	Sa3	No. 1	Sa3
喷砂处理商用级	SP6	Sa2	No. 3	Sa2
喷砂处理普通级	SP7	Sa1	No. 4	Sa1
化学清洁	SP8			
喷砂处理近白金属	SP10	Sa2.5	No. 2	Sa2.5
机动清洁 裸金属	SP11			
湿喷砂			No. 5	

钢结构油漆委员会 Steel Structure Painting Council (SSPC)

国家防腐工程师协会 National Association of Corrosion Engineers (NACE)
英国标准 ISO 8501-1 / BSI BS 7079
瑞典标准 Swedish Standard
国标 GB-3092 / GB-8923-88

表面处理标准比较			
描述	美国标准 SSPCSP	英国标准 BS4232	瑞典标准 SIS055900
溶剂清洗	SSPCSP1		
手工清洁	SSPCSP2		St 2
机械清洁	SSPCSP3		St 3
燃烧清洁　新钢铁（已停止使用）	SSPCSP4		
喷砂处理　白金属	SSPCSP5	一级	Sa3
喷砂处理　近白金属	SSPCSP10	二级	Sa2.5
喷砂处理　商用级	SSPCSP6	三级	Sa2
喷砂处理　普能级	SSPCSP7		
化学清洁	SSPCSP8		