磷化（III）——磷化工艺（1）

1 防锈磷化工艺

磷化工艺的早期应用是防锈，钢铁件经磷化处理形成一层磷化膜，起到防锈作用。经过磷化防锈处理的工件防锈期可达几个月甚至几年（对涂油工件而言），广泛用于工序间、运输、包装贮存及使用过程中的防锈，防锈磷化主要有铁系磷化、锌系磷化、锰系磷化三大品种。

铁系磷化的主体槽液成分是磷酸亚铁溶液，不含氧化类促进剂，并且有高游离酸度。这种铁系磷化处理温度高于 95℃，处理时间长达 30min 以上，磷化膜重大于 10g/m^2,并且有除锈和磷化双重功能。这种高温铁系磷化由于磷化速度太慢，现在应用很少。

锰系磷化用作防锈磷化具有最佳性能，磷化膜微观结构呈颗粒密堆集状，是应用最为广泛的防锈磷化。加与不加促进剂均可，如果加入硝酸盐或硝基胍促进剂可加快磷化成膜速度。通常处理温度 80～100℃，处理时间 10～20min，膜重在 7.5 克/m^2 以上。

锌系磷化也是广泛应用的一种防锈磷化，通常采用硝酸盐作为促进剂，处理温度 80～90℃，处理时间 10～15min，磷化膜重大于 7.5g/m^2,磷化膜微观结构一般是针片紧密堆集型。

防锈磷化一般工艺流程：

除油除锈——水清洗——表面调整活化——磷化——水清洗——铬酸盐处理——烘干——涂油脂或染色处理

通过强碱强酸处理过的工件会导致磷化膜粗化现象，采用表面调整活化可细化晶粒。锌系磷化可采用草酸、胶体钛表调。锰系磷化可采用不溶性磷酸锰悬浮液活化。铁系磷化一般不需要调整活化处理。磷化后的工件经铬酸盐封闭可大幅度提高防锈性，如再经过涂油或染色处理可将防锈性提高几位甚至几十倍，见表 1。

表 1 磷化膜与涂油复合对耐蚀性的影响

材料	出现锈蚀时间（h） （盐雾 ASTM B117-64）
裸钢	0.5
钢+涂油	15.0
钢+16g/m^2 锌磷化	4.0
钢+锌磷化+涂油	550.0

摘自 Freeman D B.Phosphating and Metal Pretreatment Woodhead-Faukner,1986.

2 耐磨减摩润滑磷化工艺

对于发动机活塞环、齿轮、制冷压缩机一类工件，它不仅承受一次载荷，而且还有运动摩擦，要求工件能减摩、耐摩。锰系磷化膜具有较高的硬度和热稳定性，能耐磨损，磷

化膜具有较好的减摩润滑作用。因此，广泛应用于活塞环，轴承支座，压缩机等零部件。这类耐磨减摩磷化处理温度 70～100℃，处理时间 10～20min，磷化膜重大于 7.5g/m^2。

在冷加工行业如：接管、拉丝、挤压、深拉延等工序，要求磷化膜提供减摩润滑性能，一般采用锌系磷化，一是锌系磷化膜皂化后形成润滑性很好的硬脂酸锌层，二是锌系磷化操作温度比较低，可在 40、60 或 90℃条件下进行磷化处理，磷化时间 4～10min，有时甚至几十秒钟即可，磷化膜重量要求≥3g/m^2 便可。工艺流程是：

耐磨减摩磷化 减摩润滑磷化（冷加工）

除油除锈 除油除锈

水清洗 水清洗

锰系磷化 锌系磷化

水清洗 水清洗

干燥 皂化（硬脂酸钠）

涂润滑油脂 干燥

3 漆前磷化工艺

涂装底漆前的磷化处理，将提高漆膜与基体金属的附着力，提高整个涂层系统的耐腐蚀能力；提供工序间保护以免形成二次生锈。因此漆前磷化的首要问题是磷化膜必须与底漆有优良的配套性，而磷化膜本身的防锈性是次要的，磷化膜细致密实、膜薄。当磷化膜粗厚时，会对漆膜的综合性能产生负效应。磷化体系与工艺的选定主要由：工件材质、油锈程度、几何形状；磷化与涂漆的时间间隔；底漆品种和施工方式以及相关场地设备条件决定。

一般来说，低碳钢较高碳钢容易进行磷化处理，磷化成膜性能好些。对于有锈（氧化皮）工件必须经过酸洗工序，而酸洗后的工件将给磷化带来很多麻烦，如工序间生锈泛黄，残留酸液的清除，磷化膜出现粗化等。酸洗后的工件在进行锌系、锌锰系磷化前一般要进行表面调整处理。

在间歇式的生产场合，由于受条件限制，磷化工件必须存放一段时间后才能涂漆，因此要求磷化膜本身具有较好的防锈性。如果存放期在 10 天以上，一般应采用中温磷化，如中温锌系、中温锌锰系、中温锌钙系等，磷化膜的厚度最好应在 2.0

～4.5g/m^2 之间。磷化后的工件应立即烘干，不宜自然凉干，以免在夹缝、焊接处形成锈蚀。如果存放期只有 3～5 天，可用低温锌系、轻铁系磷化，烘干效果会好于自然凉干。

3.1 单室喷淋磷化工艺

整个前处理工艺只有一个喷室，在喷室的下面有多个贮液槽体，不同的处理液喷淋工件后流回各自的槽体中。例如首先喷淋脱脂液，待脱脂液流回脱脂槽后，关闭阀门；然后喷淋水洗，水洗完成后关闭水洗阀门；下一步再喷淋磷化液，这种单室处理方法可实行如下几种工艺流程：

脱脂——磷化“二合一”（轻铁系）——水清洗——（铬封闭）——出件。

脱脂——水清洗——磷化——水清洗——（铬封闭）——出件

脱脂——水清洗——表面调整——磷化——水清洗——（铬封闭）——出件

这种磷化工艺一般不提倡安排酸洗工序，以免造成设备腐蚀或产生工序间锈蚀。单室工艺设备少占用场地小，简便易行，但浪费较大，仅适合于批量少的间歇式生产场合。与此相似的另一种方法，采用外围小容量罐体盛处理液，通过泵与管道抽液后与热水混合后喷淋在工件上达到脱脂、磷化效果，喷淋后药液不回收，这种方法更简单，但浪费更大。

3.2 多室“标准”工位磷化工艺：

①预脱脂 50～70℃ 1～2min

②脱脂 50～70℃ 2～4min

③水清洗 1～2 道 常温 0.5～1.0min

④表面调整 常温 0.5～1.0min

⑤磷化 35～60℃ 2～6min

⑥水清洗<2 道 常温 0.5～1.0min

⑦去离子水洗 常温 0.5～1.0min
⑧铬酸盐处理 40～70℃ 0.5～1.0min

⑨烘干 低于 180℃

处理方式可采用全喷淋、全浸泡、喷淋-浸泡结合三种方式。对家用电器行业一般采用全喷淋方式，它效率高，整个前处理只需要十几分钟即可完成，节省场地设备。汽车行业流行采用喷淋-浸泡相结合的方式。

表面调整工序并非必须，表调剂加到脱脂槽内也可达到相同效果。磷化后的去离子水洗必不可少。磷化后的铬酸盐处理，可提高整个涂层系统的耐腐蚀性能（见表 2），但由于铬的环境污染问题，因此应慎使用。

表 2 铬酸盐处理对漆膜耐蚀性能影响

划痕 3mm 扩散时间（h） （盐雾 ASTMB117-64）			
去离子水洗	铬酸盐处理		
轻铁系	0.5	48	96
锌系	2.0	144	240
锌钙系	1.2	216	288
锌系	2.0	192	312
锌钙系	2.5	264	360

* 数据来源与表 1 相同

3.3 混合件磷化处理工艺（锈蚀工件）

①脱脂 40～70℃ 3～8min

②水清洗 常温 0.5～1.0min

③酸洗 40～70℃ 3～8min

④水清洗 常温 0.5min

⑤中和 常温 0.5～1.0min

⑥表面调整 常温 0.5min

⑦磷化 35～60℃ 3～10min

⑧水清洗 常温 0.5～1.0min

⑨脱离子水洗 常温 0.5～1.0min

⑩铬酸盐水洗 40～70℃ 0.5～1.0min

⑾烘干 <180℃

除非有足够的理由，酸洗工序一般不采用喷淋处理方式，喷淋会带来设备腐蚀以及工件工序间生锈等一系列问题。其他各工序均可采用全喷淋或喷-浸相结合的施工方式。

对于混合件（无锈工件、有锈、氧化皮工件同时混合处理），采用脱脂除锈“二合一”代替分步脱脂除锈的方法已经应用有几十年的历史，同样可获满意效果。对于酸洗和脱脂除锈“二合一”一般采用非挥发性的无机酸较适宜。