

连续涂层钢板制造设备

1. 前言

以镀锌板及连续冷轧带钢作为母板，从开卷到预处理、涂层、烘干、固化，然后冷却卷取的连续涂层钢板制造设备，早在 1964 年，日本就已投入生产，但以前均以剪板方式进行生产。

初期市场销售的涂层板的涂层次数均为一次涂层，即一涂一固化（1C-1B），1967 年以后，市场上销售的涂层板以涂层膜气孔少、耐久性良好的二涂二固化（2C-2B）产品为主，并按照 JIS 标准，确定产品质量，开始生产外观、耐久性优良的涂层钢板。

最早生产的涂层钢板主要用于建材。如果直接使用镀锌板，总让人有一种金属的硬、冷的感觉，而且耐腐蚀性较差，容易锈蚀。涂上漆或涂料，增加其耐腐蚀性，并表现出建筑物的美观。

然而，刷涂料的人工费逐年增长，另外，手工涂刷等同白浪费，涂层为自然干燥，而且涂料性能也不好。根据这一观点，采用连续线生产涂层质量均匀的涂层钢板，拓展了建材市场的大幅度需求。

作为建材用涂层钢板的品种很多，包括屋顶、外墙等的

外装用钢板和室内装饰用的内装涂层钢板，可生产办公用设备及高级家用设备。

特别是打入产品质量要求严格的家电市场后，自 1979 年开始，家电市场用涂层钢板量逐年增长。另外，通过采用合理化生产工艺，目前可将原来成型加工后再涂层的家电产品，直接采用涂层板进行成型加工。

连续涂层板生产设备，吸取制造汽车用钢板的技术，已得到社会的承认。这其中，美国钻石·夏姆洛克公司开发了金克洛金属(一种涂料)并于 1971 年在弗德公司得到应用，从此得到很大发展，目前，其年产量在美国约达 100 万吨。

涂层技术引进日本，主要是为应对近年汽车用的钢板的防锈措施，为了提高防锈性能，将原用的母板从冷轧板换成了电镀锌板，并开发出了取代金克洛金属的新型涂料，开始生产高性能、低成本的新型汽车用钢板。

自 1985 年至今，采用该项技术生产的各种涂层钢板，年产至少有 120 万吨。

2. 设备构成

2.1 作业线布置

连续涂层设备的布置从原料卷拆卷的开卷机开始。图 1 表示作业线布置。大致可分为：入口设备、预处理设备、涂

层处理、固化炉、冷却装置、出口设备，作业线末端设有张紧辊和带式助卷机，用于卷取涂层处理后的带钢，形成产品卷。

一般将预处理设备到冷却设备这一段称为中心区。在入口侧，新、旧带卷连接时，及出侧口接头的切头处理、换卷时必须使线上运行带钢停止或减速。

然而，在中心区的带钢决不能停止或减速，必须在常规状态下进行处理。否则将改变带钢质量，造成废品。为了使中心区连续运行，在入口侧及出口侧分别增设有活套塔。

2.2 活套塔

入口活套塔通常是在贮备带钢状态下运行，在入口侧新、旧带卷进行接续作业时，在完成接续作业前，入口侧的带钢会暂时停止输送，此期间，贮存于入口侧活套塔内的带钢将连续运行，为中心区提供带钢。该期间段的时间长短取决于接续方法及入口侧设备的配置。但设计时要留有余量，一般实际所需作业时间大约在 70-100 秒。

活套塔内的带钢悬挂张力一旦过低，容易产生蛇行，另外，张力过高，不仅会消耗多余动力，而且若是薄板带钢，还会产生折皱，因此，张力的控制及运行要与原料相匹配。

张力控制的代表方式有油压控制和电动控制方式。但从对张力变动反应速度快、控制性能好的角度看，最好还是采

用直流电机控制方式。

对于出口活套塔，其构造与入口活套塔相同。但在正常运行时，当带钢空料状态下，会出现待机及出口侧停机、切除带头、更换带卷期间，由出口活套塔存贮中心区运行过来的涂层钢板，直至出口侧作业完成，以此来保证中心区在线带卷的处理条件。出口侧的作业时间长短取决于设备配置和带钢处理的方法。在考虑到余量的情况下，一般设定在 70-90 秒内。

2.3 入口设备

如照片 1 所示，在作业线的入口侧，一般设置两台开卷机。通过各开卷机附带的带卷运输车提供原料卷，两台带卷运输车交互使用，可在短时间内更换带卷。

另外，还有一种方法是设置台式开卷机，交替提供带卷。采用照片 2 台式开卷机时，如果将带卷从两侧固定住，设一台带卷运输车就可将带卷沿作业线运行方向从上游运送带卷。这种开卷机在结构上不适用于单重较大的带卷，带卷的单重制约了设计上的经济性。另外，从供卷的方向和工厂总布置角度看，还需选择好开卷设备的方式。

总之，在一个带卷作业期间内，另一个带卷应做好准备，为最大限度地提高带卷与带卷的接续作业率，还需配设运输夹送辊、母板引头用输送机。

在作业线入口侧，除以上设备外，还设有切除带卷头、尾废品的切头处理装置以及当带钢后部较宽时，还要依具体情况设置剪切两端角头的切头剪和修整带边的矫直设备等。

入口侧带卷的连接作业采用电焊机（照片 3）或油压式接头机（照片 4）。

接缝在作业线上要经过 100 多根输送辊，不得出现撕裂及断裂。另外，连接所用时间越短越好。

由于所采用的母板多为镀锌板，因此，若母板表面不进行处理，电焊机焊接时，将导致锌熔解，污蚀电极，造成焊接不良。

油压式接头机接缝所耗费时间短，但属叠加连接，因此，在通过预处理区时，压紧辊并不能将接缝处所存处理液清理干净，多少会带一些处理液进入下一道工序。焊机与接头机各有长短，一般认为，处理薄板时用油压式接头机，处理比较厚的母板时多采用电焊机。

2. 4 中心段

2.4.1 预处理设备

更换带卷时，为了不改变带钢的表面处理时间，一般预处理设备设在作业线的中心段。预处理设备的结构组成一般取决于所处理的母板种类和所生产的产品品种。在预处理段，最为关键区是化学处理区。

2.4.2 涂层设备

母板的涂层表面基底经预处理设备处理，并干燥后将直接进入涂层工段。涂覆设备要做到防尘，另外，从使用有机熔剂涂料的防火、卫生角度，对整个作业线要区别划分，单独设置涂覆设备室，将涂覆设备设在室内。

涂料要与涂覆设备室分开，放在另设的贮藏库中，在贮藏库中设置涂料调合装置，在贮藏库中将所用涂料的粘度、色彩等调好后，再运至涂覆设备室内。在涂覆设备室内对涂料进行涂覆前的最后调合，然后送至涂覆盘。

一旦带钢在涂层前出现蛇行，带钢边部会划伤涂覆设备的胶辊，最终导致带钢涂层后表面出现涂膜缺陷。为避免这一问题的发生，在带钢进入涂覆设备前，一定要对带钢进行找正。

在一条作业线上进行两次以上的涂覆时，一定要在涂覆设备的入口处设置带钢找正设备，以便对带钢进行找正。

在涂覆设备室内，为防万一，一定要设置消防设施。另外，还需设置保持良好作业环境的换气装置及防尘用的空气净化装置。

2、4、3 烘干、固化、冷却设备

带钢的涂层作业多为两面同时进行。因此，烘干、固化时不用辊等做支撑，而是采用悬挂或气力托送炉进行烘干、

固化。

将带钢悬挂在固化炉内进行烘干、固化。此时，如果张力过低，则会增加悬垂量，增加炉子高度。相反，如果张力过高，带钢会出现变形，因此，要依悬挂部的长度，选择适当的张力进行悬挂。其材料为冷轧板、镀锌板时，其数值最好在 $2\text{--}3.2\text{kg/mm}^2$ 。

连续涂层生产线用于连续涂层处理不同板厚的带钢，以及连续生产不同固化条件的涂层产品。

此时，如果在所定的条件范围内，不改变炉温，只调整热循环风机的转数，增减其热传导率，炉出口带钢温度控制在一定范围内，即可减少接缝后的切头量，从而提高作业线生产率。

在固化炉后设有冷却装置。采用水冷方式效果最好，而且距离短。但对于薄板，由于急冷会使带钢收缩变形，因此，也有的采用空冷方式。

采用空冷方式时，如果采用喷嘴冷却，热传导系数为 $50\text{--}150\text{kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$ / 单面 若采用水冷 热传导系数为 $500\text{--}1500\text{kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$ / 单面。应用时，要根据实际用途，选择冷却方式。

2.4.4 其它设备

在作业线的中心区，除以上设备外，还设用覆膜器、花纹压印机。覆膜器一般设在炉子的出口侧，涂覆设备在带钢

表面涂覆一层粘接剂，而在炉子出口处，则由覆膜器在表面覆一层塑料膜，用于生产内装材料及家电用薄板等。

另外，花纹压印机的用途是，待带钢涂覆上聚氯乙烯溶胶并烘干后，再通过表面雕刻有图案的压印辊加压，在表面印出图纹，压印加工后的产品可用于生产内装饰材料及办公用设备等。

在作业线的中心区多设有平整装置。其主要目的是提高涂层钢板的加工性。

2.5 出口设备

作为出口设备，除活套塔外，还设有剪切接缝的剪及夹送辊、张力辊以及带式助卷器等。

涂层钢板卷取时，如果张力过大，有时会损伤涂膜表面。另外，张力过小，在重卷过程中，带钢与带钢之间卷不实，造成划伤。涂层钢板卷取时，张力在 $1.5\text{-}2.5\text{kg/mm}^2$ ，当带卷卷粗后也不会产生乱卷，而且还可以对卷边找齐。

产品带卷的检验则在卷取前进行。卷取高级涂层板时，为了保护涂膜，卷取时要加入牛皮纸或塑料薄膜等，并为此配备设备。照片 5 为作业线出口设备一例。

3. 涂层钢板的种类

3.1 涂层钢板的发展趋势

涂层钢板最初只用于屋面板及建材用钢板。随着涂料的改良，及涂层方法的提高，其用途逐步向高级化发展，现正广泛应用于内装饰的装饰材料、办公用机器、家用机械领域，并在向家用电器等领域拓展。

另外，汽车用钢板发展最为显著，就汽车用涂层板一例，象新的品种母板，如复合锌板等，加之新型涂料，耐腐蚀性优质产品不断得到开发。

3.2 建材用涂层钢板

彩色锌板一般称为彩色镀锌或涂层钢板，是一种 1968 年制订，1979 年修改，符合 JIS G3312 质量标准规定的产品。

对于外装建材用涂层钢板，特别要求要有耐气候性，彩板到变色、褪色的寿命最初仅为了 3-5 年，自采用氟系树脂，开发出长耐气候性涂料后，现市场销售的产品其寿命已达 10-20 年。

另外，在以上所述耐久性涂层钢板中，包括将重点放在涂膜的变色及褪色上的产品和从母板本身就注重防锈或抑制锈蚀为目的的产品。

作为抑制、防止锈蚀的手段，有在母板上加工并在钢板表面采用 Al-Zn 合金的产品。另外，为了防止涂膜变色、褪色，有很多产品采用了硅酮聚脂树脂。

3.3 预涂层钢板

家电用涂层钢板要求具有特殊的柔软感，及亮丽的表面，由于清洁度非常重要，为了防止涂膜混入灰尘及赃物，在生产管理上要特别严格。

对于家电用钢板的涂膜厚度，一般比建材用钢板涂膜厚度要厚，建材用涂层钢板的单面烘干涂膜厚度一般为 7-20 μ ，家电用涂层钢板的烘干后表面涂膜厚度为 20-30 μ ，背面大多为 5-7 μ 。

家电品、日用品、办公设备等用的涂层钢板统称为 PCM 或预涂层板。

最初各家电厂家，先是用钢板对各种部件加工成型，再将其脱脂、化学处理、涂层，然后固化组装成产品，而采用了预涂层板，可省略脱脂、涂层及固化工序，使生产工序更加合理，从而也扩大了需求。

预涂层钢板的成型加工要求非常严细，还要求具有作为生活日用品的特点，对涂膜的加工性要求极为严格。另外，要求涂膜硬度很高。

然而，对于即便使用了加工性较好的涂料的预涂层板，加工时镀层还会产生龟裂，这也是要求涂膜具有良好加工性的一个原因，反之，涂膜也会产生裂纹。

特别是当母板镀层较厚时，以及采用镀层硬度较高的合

金化熔融镀锌等情况下，出现裂纹很严重。

根据这一特殊要求，为了更好地平衡加工性和硬度，以聚脂树脂为主原料，开发出了 PCM 用涂料。

涂层前预处理工序中的化学处理与加工性也有很深的关系，一般认为磷酸锌的附着量较少时，对加工性有利。

3. 4 汽车用钢板

汽车用涂层钢板也可采用连续涂层线进行表面处理，从而需求量急速增加。

美国、加拿大以及北欧等国家在严寒期为防止路面结冻，将盐撒布在道路上，被称为盐害；撒布的盐与道路上的灰尘、砂粒混合在一起，会严重腐蚀车体。

另外，相反，在高温多湿的海洋气候地域中，众所周知存在更为严重的车体腐蚀现象。对于在这样的地域中使用的汽车，汽车界采取了各种防锈措施。

美国开发的金克洛金属就是其中的代表，在钢板表面涂上一层以锌粉末为主的涂膜层，除具有良好的导电性外，还具有一定的焊接性。金克洛金属按照 2C-2B 的工序形成 2 层涂膜，在一次涂层及烘干工序中形成以水为溶剂的无机铬酸盐层。在二次涂层固化工序，以有机溶剂为溶剂，涂覆环氧树脂涂料，但面涂、底涂均含有锌粉末，保持了特有的涂膜性能。

这种涂料虽耐腐蚀性能良好，但是要进一步提高耐腐蚀性和焊接性。为提高这种性能，经研究发现，通过添加与锌以外金属的合金粉末，可提高导电性。从而开发出了除具有与金克洛金属同等以上的加工性、焊接性外，还具有良好耐腐蚀性的汽车用涂层钢板。

以电镀锌钢板为母板，在薄镀锌层上进行铬酸盐处理，用含锌合金粉末的涂料进行较薄涂层的钢板就是其中一个品种。

4. 涂层钢板用母板

4. 1 母板的种类

作为涂层钢板用母板，包括，熔融镀锌钢板、电镀锌钢板、冷轧钢板、复合镀锌钢板、合金镀锌钢板及不锈钢钢板等。母板的形状和表面状态的优劣直接影响涂层后钢板的等级，因此，要对母板进行严格的品质管理。各生产厂家要按照比 JIS 规格更高的品质标准，自行管理母板品质。

关于形状，要从量上制定瓢边、中间瓢曲、切口、孔隙、皱纹、折痕等标准，以此判定钢板是否作为母板使用。

4. 2 母板的表面状态

对体现母板表面状态的从上道工序带来的油附着量、铬酸附着量、锈蚀程度、浮渣量、未镀锌部位和面积，以及过

量镀锌等，设定限位值，以此判定能否直接作为母板使用。

4. 3 品种和母板

作为建材用的一般彩色钢板用母板就要进行严格的品质管理；而对家电用的 PCM 母板更要设定严格的品质上的规格标准。

4. 4 母板矫正

在涂层线上根本上不可能修正带钢的形状，对于瓢边、中间瓢曲程度较小软质材，可通过生产线中带张力辊式矫直机来进行修正。

根据用途的不同，有的材料不能使用带张力辊式矫直机，这一点请充分注意。另外，硬质材根本不能修正形状。

5. 涂层预处理

5. 1 预处理工序的构成

不能疏忽涂层前的预处理对涂层性能的微妙影响。以下为预处理典型范例：脱脂-碱洗-刷涂-水洗-表面处理-化学处理-碱洗-后处理。

5. 2 表面冲洗

脱脂、刷涂工序的目的均为了除去母板表面的污垢，微量防锈油等。在连续涂层上，一般不对附着在母板表面的锈和 $100\text{mg}/\text{m}^2$ 以上的油进行清洗。

监管母板表面状态是项很重要工作，母板的品种与处理工序的关系见表 1。

表 1：母板品种与处理工序的关系

母板种类 \ 处理工序	脱脂	碱洗	刷涂	碱洗	表面处理	化学处理	碱洗	后处理
熔融镀锌钢板					○	○	○	○
电镀锌钢板					○	○	○	○
冷轧钢板	○	○	○	○	○	○	○	○
不锈钢钢板	○	○	○	○				

5. 3 化学处理

预处理工序的主要内容化学处理。化学处理有助于提高涂料与钢板表面的密合性及提高涂层钢板的耐腐蚀性。在化学处理过程中，熔融镀锌钢板，电镀锌钢板以及冷轧钢板要分别使用不同的处理液，所以液槽最好也要分别设置。

镀锌钢板通常使用磷酸锌进行处理。由于磷酸锌覆膜是结晶状的，加工上存在缺点，故需要预先对钢板进行表面处理，方可形成微细的晶状覆膜。对于磷酸锌覆膜量，烘干后一般按单面 $0.5-1.0\text{g/m}^2$ 进行处理。

利用磷酸锌处理的问题之一是产生泥浆。泥浆指的是在化学反应过程中生成的磷酸锌结晶没有形成覆膜，一些在处理液中沉淀，附着在处理槽内的部分。为减少化学处理过程

中产生的泥浆，只有改良处理液，但也很难完全解决这一问题。

加热处理液时，若使用以蒸汽和高温气体作为热源的加热器时，在加热器表面温度高的状态下会产生局部加热，而由此产生的泥浆会凝固，罩住传热面，很难除去。为防止出现这种现象，如用温水加热器加热处理液，能防止泥浆凝固，而且便于处理。

镀锌钢板的化学处理法中，除磷酸锌处理法以外，涂覆型铬酸盐处理法更加实用，它有着公认的良好加工性和密合性。作为加工用预涂层钢板的处理法，预计今后会进一步增加处理量。

冷轧钢板的化学处理，主要采用磷酸铁处理，其覆膜的重量比镀锌钢板要少，烘干后单面为 $0.1-0.5\text{g/m}^2$ 。

用磷酸铁处理镀锌钢板时，或用磷酸铁处理冷轧钢板时，产生覆膜后都要进行碱洗，最后进行铬酸盐封孔处理，可一步提高耐腐蚀性。

在化学处理中，磷酸盐覆膜的生成反应，取决于处理液的温度、浓度、处理时间。

为形成均匀的覆膜，在连续作业线中，能够在短时间内调节的只是处理时间。

在连续涂层作业线上，根据生产情况需要改变运转速

度。然而，在实际作业线中，即使改变作业线速度，处理时间也不会改变，为实现这一目标，要在设备方面加以改造。

图 2 表示根据作业线速度，移动浸渍辊，定量控制处理时间的一种方式。

6. 涂层

6.1 连续涂层用涂料器

作为连续涂层设备要具有易调节并能够长时间稳定涂层的条件，为此普遍使用辊涂器。这种设备能对带钢的表面、背面进行同时涂层，图 3 为此种类型的设备。涂层头的构成如图 4 所示，可根据用途选择各型式。

广泛使用的涂层方法与涂膜厚度的关系见图 5。（湿膜）

涂料粘度较高时，辊随着带钢的移动同方向旋转，用这样的自然涂层法进行涂层，当辊离开涂层表面时，容易出现辊印。

为了不出现辊印，并形成光滑的涂膜，最好采用相对带钢运行方向反向旋转作业辊的回旋式辊涂法。

但是，作业辊因带钢容易造成损坏，所以对作业辊的监管和维护非常重要。

长时间连续涂覆涂膜时，可采用对作业辊损伤程度较小的自然涂层法。

6.2 涂层速度和涂料器

在超过 100mm/min 的高速涂层作业线上，旋转的辊在涂料容器中搅拌涂料，由于涂料的种类不同，有的会起泡，若裹入气泡会造成涂层不良。

另外，由于涂料与辊的金属粉的粘结性，会出现粘着不良及涂料飞溅等现象。

为防止由于以上现象所造成的不良涂膜，形成良好的涂层，需要依涂料的性质、涂覆速度，来选择最佳的辊径。

一般来说，涂覆速度越快的涂料器，辊径就越大，吸液辊的表面要依涂料进行特殊的表面加工。另外，在防止涂料容器内起泡的同时，要想将气泡直接从容器中除去，还需要进行研究探讨。

6.3 涂料器的维护保养

使用的涂层头结构不仅要容易调节涂层的厚度，同时，还要充分考虑具有换色和换辊等的良好作业性能，否则，难以保持长寿。

各个涂层辊要能根据各种涂覆条件，调节旋转方向和周速。从设定到安装、调试要倍加小心，不应出现因空转、振动等引起的不良涂层现象。为换色和清洗方便，采用了涂层头与机体的分离构造，涂料器见照片 6。

6.4 涂料器的管理和调试