



BX STEEL

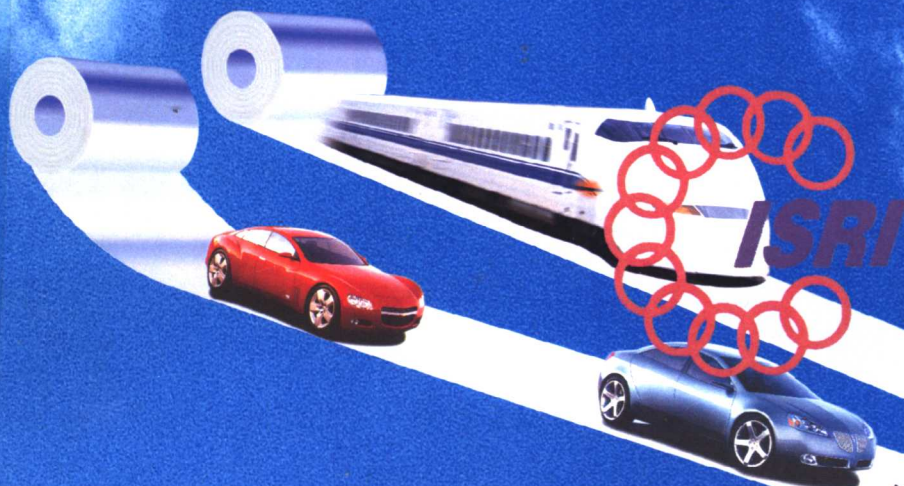
本 钢

十一钢钢研院所长专业会

论 文 集

打造精品

追求卓越



ROLLING MILL

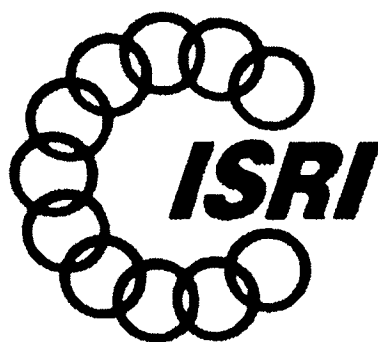
BX STEEL

2005.5 辽宁本溪



BX STEEL

冷轧及涂镀产品开发专业会
论文集



2005.5 辽宁·本溪

目 录

1. 彩色涂层钢板生产中的安全与环境保护
.....鞍钢 徐小连·朱立·徐承明·王杰·杨志强·肖宇 (1)
2. 包钢 140 万吨冷轧薄板生产线建设
.....包钢 张晓燕·程德富·任丽 (10)
3. 冷轧 TRIP 钢的特性及应用
.....宝钢 王利·金蕾·夏启 (15)
4. 本钢 Nb-Ti IF 钢特深冲热镀锌板的研制开发
.....本钢 刘明辉·金月桂·康海军 (22)
5. 重钢冷轧薄板生产线工艺及设备情况
.....重钢 向浪涛 (29)
6. 彩涂板发展现状及前景分析
.....马钢 王美珣·施国兰 (33)
7. 攀钢冷轧产品的开发回顾与展望
.....攀钢 郑之旺 (38)
8. 建筑用彩色涂层钢板的研制与应用
.....武钢 涂元强·陈耀红·钟新华·姜小波·尹冠人 (43)

彩色涂层钢板生产中的安全与环境保护

徐小连, 朱立, 徐承明, 王杰, 杨志强, 肖宇
(鞍钢技术中心, 鞍山 114001)

【摘要】 本文叙述了在彩色涂层钢板生产过程中安全生产所涉及的必要设施, 环境保护对生产过程中所产生污染物的排放要求及对污染物的处理方法。

【关键词】 彩色涂层钢板; 防火; 防爆; 废气; 废水

安全生产是生产过程中的头等大事, 不应该有半点闪失。而保护环境是我们人类的头等大事, 它关系到子孙万代的存亡。彩色涂层钢板生产过程中安全生产与环境保护尤为重要, 下面就其生产过程中安全与环保方面的内容做以陈述。

1. 涂层机室与防火

在生产过程中, 由于涂料的循环, 辊涂机辊子的搅拌和转动, 涂敷于钢板表面后涂料表面积的增大, 从而有大量有机溶剂从涂料中挥发出来, 使得涂层机室内空气中有机溶剂含量过高, 从而使工作人员在严重污染的环境中工作, 同时也增大了失火的可能性。基于以上考虑, 要尽可能使辊涂机室处于封闭状态。这样既方便控制火灾, 也可以防止有机溶剂扩散到更大的空间, 污染整个厂房的环境。同时, 减少灰尘进入涂层机室, 更容易控制室内的温度。

为了尽量减少涂层机室内空气中的有机溶剂含量, 需要在涂层机室内装有排风和送风系统, 同时还应配有空调系统以保持室内温度在要求范围之内。由于有机溶剂蒸气比空气比重大, 所以排风系统一般由底部向外抽风, 而经过过滤的新鲜空气则由涂层机上方送入。

有机涂料中使用的溶剂(二甲苯、苯、环己酮、乙酸乙酯等)均为易燃易爆物质, 因此涂层机室的设计和操作都要严格地遵守防火规范。涂层机室内的电动机必须采用防爆型电动机, 吊车为气动式吊车, 传动机械安置在室外(如马达通过万向接手与涂层机联接)。采取这些措施是为了尽量杜绝火源。

另外, 在涂层机室设置灭火系统。它包括火灾的自动报警、自动灭火和灭火剂的供给系统。例如: 在室内设有红外线报警系统或装设易熔元件报警器, 一旦火起便自动发出警报。这时人员须在几秒钟内退出涂层机室。警报发出几秒钟后, 灭火系统自动开放, 贮于室外的惰性气体(如二氧化碳或氮气)通过管道和喷嘴喷向室内。室内充满惰性气体后, 火即熄灭。惰性气体管道一般固定在环绕辊涂机四周的墙上, 距辊涂机有一定的高度(如3.5米至4米), 有多个喷嘴从不同方位对向下方的辊涂机。同时在涂层机室内外要配备足够的干粉灭火器等常用消防设施。

同涂料库和涂料准备间一样, 要有消防车可以直达的通道。

2. 热风式烘烤固化炉的防爆

在生产彩色涂层钢板所使用的涂料中, 有机溶剂含量通常在40%至50%, 这些溶剂一般都是低沸点、易挥发、易燃、易爆物质。常用的有机溶剂及其爆炸极限见表1。

表 1 常用有机溶剂及其爆炸极限

溶剂名称	爆炸下限/%	爆炸上限/%	溶剂名称	爆炸下限/%	爆炸上限/%
松节油	0.8	62	乙酸乙酯	2.2	11
二甲苯	1.1	7	丙酮	2.55	12.8
甲苯	1.27	7	乙醇	1.3	19
汽油	1.3	6	环己酮	3.2	9.0
苯	1.3	7.1			

带钢在涂敷之后进入烘烤固化炉之前,溶剂虽然开始挥发,但大部分溶剂仍在涂膜之内,并随着带钢进入炉内,然后挥发。根据统计,每生产 1 吨彩色涂层钢板,有 5 公斤至 15 公斤有机溶剂挥发。当考虑到在高速机组上涂敷 1 吨钢板只需要两分钟左右,在烘烤固化炉内溶剂的挥发量是相当可观的。烘烤炉内的温度一般在 150℃至 350℃,在此温度下,涂料中的溶剂挥发出来,与空气混合后极可能发生爆炸。

根据爆炸原理,当混合气体中可燃气体含量和混合气氛中的氧气含量都同时处在发生爆炸的范围内时才有发生爆炸的可能性。图 1 所示的是固化炉内涂料的溶剂为已烷气氛时,氧的浓度和爆炸极限的关系图^[1],图中的影线部分是发生爆炸的区域。

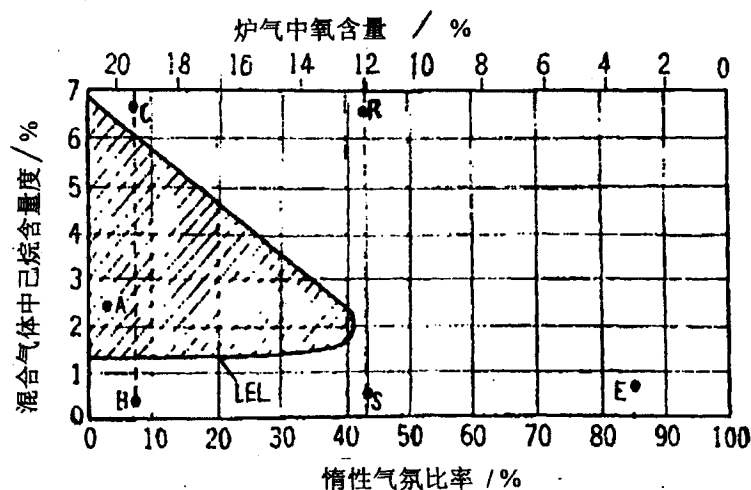


图 1 氧的浓度和已烷气氛爆炸极限的关系图

从图中可见,当炉中的状态处于 A 点时,正处于爆炸气氛的范围之内。在 B 点、C 点,是可以使炉子安全地运行的区域,但是这时所处区域的氧的浓度为 19.5%,B 点是爆炸下限浓度的四分之一。当氧气的浓度低于 12%时,则是否发生爆炸与气氛中氧的浓度无关。若处于图中 R 与 S 两点连线以右的区域,都是属于与氧浓度无关的区域。根据以上的理论,如果使炉内气氛维持在惰性气氛,即气氛中的含氧量在 4%至 5%运行,则不论什么原因、使用的有机溶剂的浓度发生了什么样的变化,都能确保加热固化炉的正常、安全地运行^[2]。

由此可见,可以通过两种途径来防止爆炸的发生。

一种是控制烘烤固化炉内气氛的有机溶剂含量,使它处于可燃物的爆炸极限的下限之下,例如四分之一、六分之一乃至八分之一以下。这样则可以消除发生爆炸的危险。

在生产过程中,是通过必要的监控手段来实现安全生产的。炉气成分自动分析仪将监测结果输送给控制涂敷机的计算机。一旦有机溶剂的含量达到或超过了所要求的控制浓度,辊涂机将接到相应的指令,使涂层头自动后退,不再进行涂料的涂敷。带钢自然只将不带有涂料的表面带入炉内,从而切断炉内有机溶剂蒸汽的来源。待到炉内气氛恢复到安全状态,涂

层机才恢复正常工作状态。

另外,在进行设计时,根据使用的涂料、生产速度等情况,将通风量设计得足以保证不会出现有机溶剂含量超过控制标准的情况出现,从而可以保证机组安全运行。采用这种将有机溶剂含量控制在爆炸极限以下的方法来防止爆炸时,对炉内的压力,炉口大小的要求都不太严格。

另一种防止发生爆炸的方法是控制炉内气氛的含氧量,使炉内气氛的成分不落入爆炸区。在生产中通常是采用所谓惰性气体循环的方式来进行^[2]。其简单原理见图 2 所示。

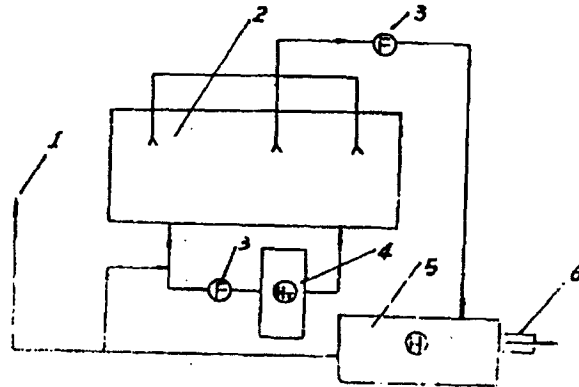


图 2 惰性气体循环方式示意图

1-烟囱；2-烘烤炉；3-风机；4-热交换器；5-燃烧室；6-烧嘴

它是将炉内含有有机溶剂并有一定温度的炉气分两路抽出,一路送往燃烧室进行燃烧,其中的有机溶剂气体被燃烧,炉气中的含氧量也大大降低,这部分气体与另一路抽出炉气混合,这时混合气体的含氧量和含有有机溶剂的量都远远低于原来炉气中的含量。这种混合气体被送入炉内对带钢进行加热。当这部分气体的含氧量在百分之三至百分之五时,烘烤固化炉便安全状态下运行。

采用这种方法时,在炉口处氧的含量较高,会使气体的成分向爆炸区靠近。所以,在炉口处或炉内正压不足时,由于炉外空气的进入使局部含氧量增高,因而使发生爆炸可能性增大。因此,设计这种炉子时,以炉口较小为佳;在运行时,对炉压的控制上要求也比较严格。

3. 加热固化时产生废气的处理

3.1 热风式烘烤固化炉废气的二次循环和焚烧

使用热风式加热炉,特别是采用以降低有机溶剂含量作为预防爆炸的手段时,废气中含有大量的有机溶剂。如果从烘烤固化炉中抽出并排入大气,将会对环境造成污染。另外,这种废气仍处于较高的温度(一般在 350℃ 以上),如果从烟囱中排放,也将携走大量的热能。这样烘烤固化炉的热效率就变得比较低,通常只有 10% 至 15%。

二十世纪七十年代以来建立的彩色涂层钢板生产线大都是采用了炉气循环和二次焚烧的先进技术,利用废气中的热能,并将废气中的有机溶剂加以焚烧,使之产生热能并加以利用,同时也防止了对环境的污染。这种系统及其结构如图 3 所示^[3]。

含有有机溶剂的废气以及由涂层机室抽出的含有有机溶剂的空气,由管道汇集再经过热交换器以提高其它的温度,然后进入焚烧炉与燃料一起燃烧。产生的高温气体,再经过热交换器对含有有机溶剂的炉气预热之后,大部分被送往烘烤固化炉内对带钢进行加热,少部分通过烟囱排出。这部分气体在排放前,还可以再次通过一个热交换器吸收其一部分热量,这种系统的温度、风量参数等都是自动控制的。

采用这种烘烤固化炉及焚烧系统，可以防止对环境的污染，提高烘烤固化炉的热效率。有的生产厂曾对此进行了分析对比^[4]，当使用煤气为燃料时，充分燃烧后的热风温度可以达到 700℃至 800℃，假设总热量为一百，那么将温度稍低的废炉气预热后离开热交换器进入烘烤炉，这时热风的温度为 400℃至 600℃，它们的能量约占总热量的 60%，其余的 40%能量在进入烟道前又通过一个热交换器(如余热锅炉等)再次回收热量 20%左右。剩余的 20%热量随着温度为 200℃至 300℃的废气由烟囱排出。这样热量的利用效率可以达到 80%，这比炉气直接排放热效率有明显的提高。

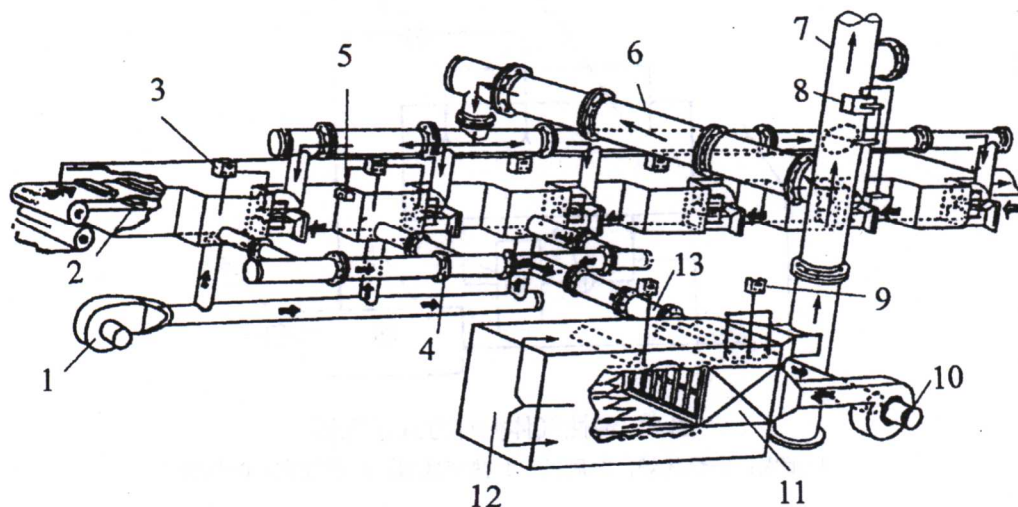


图3 热风式固化炉废气焚烧系统示意图

1-涂层机室抽风;2-固化炉;3-自动通风和压力控制系统;4-新鲜空气;5-自动控制器;6-循环管道;7-排气烟道;8-压力控制 9 控温器;10-变速风机;11-热交换器;12-焚烧炉;13-抽气管道

3.2 其它处理废气的方法

由于在彩色涂层钢板的生产中，使用与常规涂敷不同涂料的涂敷和固化方式，所以在进行废气处理方面，有着相应的处理废气的方法。

在采用电加热方式时，产生的废气量较少，溶剂的含量较高，往往采用其它方式进行处理。一种方法是用冷凝法将溶剂冷凝、回收。例如用液氮气化，通过热交换器将含有有机溶剂的废气冷却，使其中的有机溶剂蒸汽变为液体而被收集起来。这样得到的溶剂纯度较高，可以再次使用。使用这种方法，可以回收有机溶剂的 90%至 95%。同时气化了了的氮气还可以返回加热炉以保持炉内的惰性气氛。

还有一种方法是利用含有重金属的催化剂将废气中的有机溶剂进行催化氧化。采用这种方法时存在的问题是要把废气预热到 400℃左右来进行催化氧化，要消耗一定的热量。另外，催化剂容易中毒，因此要经常进行更换。

4.彩色涂层钢板生产线的污水处理

4.1 污水的产生

在生产彩色涂层钢板的表面处理过程中的污水，主要是指经过长期使用，由于含有过量的杂质和反应产物而不能继续使用的处理液和由于滴、漏而从设备流出的处理液，还有一部

分是在刷洗钢板时洗下的少量处理液进入刷洗用水中，浓度不断增加而必需排放的污水。

在进行脱脂处理时产生的污水中主要含有碳酸钠、三聚磷酸钠等。

在使用冷轧板作为基板时，由于经常遇到有生锈的情况，往往在进行磷化处理之前进行酸洗处理。酸洗溶液中除有酸外，还有在反应过程中生成的亚铁离子。当亚铁离子浓度增大到一定程度之后酸洗液就需更换。这部分废液中含有盐酸和亚铁离子。

在磷化处理，表面调整处理工艺过程中产生的废液中含有 PO_4^{3-} 、 HPO_4^{2-} 、 F^- 以及 Cl^- 等负离子和 Fe^{2+} 、 Zn^{2+} 、 Ti^{2+} 等金属离子。

在进行铬化和钝化处理过程中产生的废液、污水中，主要是含有 Cr^{6+} 和 Cr^{3+} 这些严重污染环境的金属离子。

由上述可见，在生产彩色涂层钢板过程中产生的工业污水主要包括：表面脱脂处理产生的碱性废水、水洗刷洗液、酸洗废水及废酸、表面调整、磷化处理、铬化处理和钝化处理的废液。这些废液的总量、它们的酸碱性，所含的对环境可能造成污染的离子都不相同。但从整体来讲，对环境污染严重的有 Cr^{6+} 、 Cr^{3+} 、 F^- 和 Zn^{2+} 等离子。

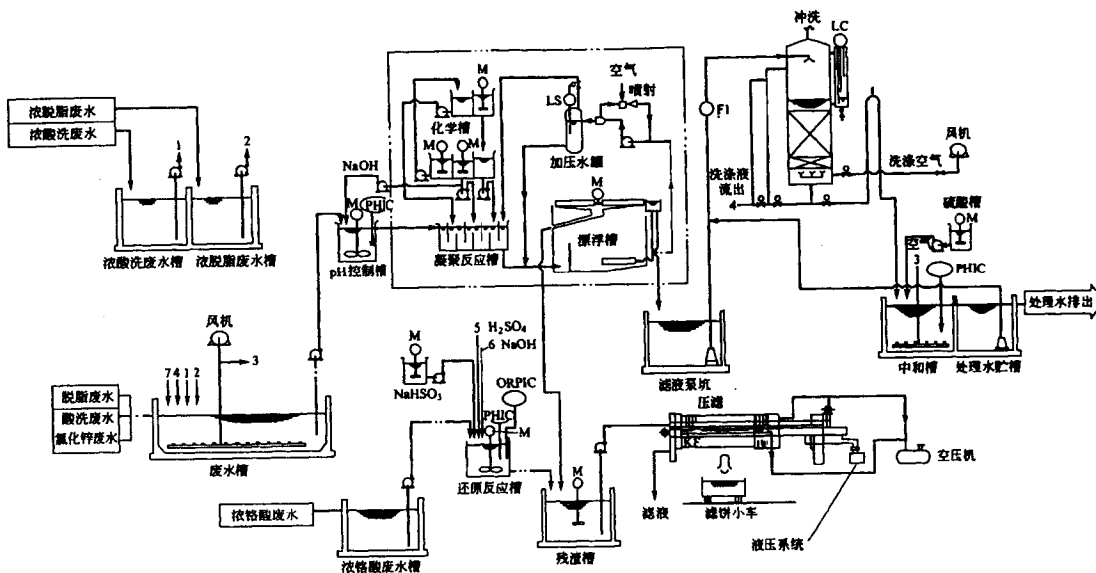
4.2 污水的处理

一般在大多数的工厂里，不仅只有彩色涂层钢板生产线，往往还有其它工序的生产过程，同时产生一些工业污水，例如往往有钢板酸洗或电镀锌生产线，产生废酸等含 Fe^{2+} 、 Zn^{2+} 的污水。

在这种情况下，往往是将这些污水统一进行处理。处理时，将含铬的污水与其它污水分作两条路线进行处理。一是将含 Cr^{6+} 的废水的 pH 调至适当的范围后，进行还原使之成为 Cr^{3+} ，然后再调节 pH 值，使 Cr^{3+} 以沉淀的形式析出。另一部分则经过 pH 值调节及化学处理，使其中重金属等有害离子形成沉淀。然后经过漂浮分离，将沉淀与含铬的沉淀共同经过压滤而分离。被分离出的滤渣已不溶于水，便于另行处理。图 4 所示的污水处理系统就是日本一个彩色涂层钢板生产厂污水处理系统的示意图^[5]。经过上述处理的污水排放时可以达表 2 所列指标。

表 2 日本某市废水最高允许排放浓度的标准

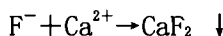
项 目	浓 度	项 目	浓 度
悬浮物/ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	25	$\text{Fe}/\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	5
pH	5~8	BOD(以 O_2 计)/ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	25
$\text{Cr}^{6+}/\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	0.05	COD(以 O_2 计)/ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	25
$\text{Cr}^{3+}/\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	1	酚/ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	0.5
$\text{Cd}^{2+}/\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	0.01	$\text{Mn}/\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	5
$\text{Pb}/\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	0.10	$\text{F}/\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	10
$\text{Hg}/\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	0.005	大肠菌/个· mL^{-1}	3000
$\text{Zn}/\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	3	$\text{As}/\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	0.05
$\text{Cu}/\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	1	PCB(聚氯联苯)	检不出



随着彩色涂层钢板生产技术的发展,生产线钢带运行速度的提高,因此要求表面预处理的速度也要不断提高,这样表面处理液的成分也在不断变化,按照上面的方法处理往往难以一次处理就达到规定的排放要求。

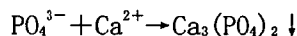
对于单一涂层机组的污水,由于连续排放量小,浓度高的废液往往在经过一段较长的时间才更换处理液,集中排放一次。这样便易于分别处理和重复处理。例如可以对含 F^- 、 Cr^{6+} 、 Fe^{2+} 、 PO_4^{3-} 等可以分别进行化学处理。

污水中污染环境的重金属离子,负离子都可以通过适当的化学处理将其从溶液中分离出来。如氟离子的去除:



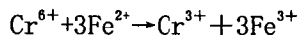
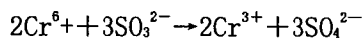
钙离子可由氢氧化钙或碳酸钙供给，如在处理时氟化钙与碳酸钙形成坚实的混合物，便于过滤分离。

正磷酸根离子使用氢氧化钙可以很容易以磷酸三钙沉淀的形式分离。

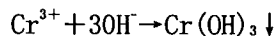


溶液里含有的 Ti^{2+} 、 Zn^{2+} 、 Ni^{2+} 、 Fe^{2+} 等都可以通过 pH 值的调节，使它们以氢氧化物的形态析出。

在溶液中同时含有 Cr^{6+} 和 Cr^{3+} 时, 首先对 Cr^{6+} 进行还原。一般采用 NaHSO_3 、 Na_2SO_3 、 FeSO_4 等均可以使 Cr^{6+} 还原为 Cr^{3+} 。在酸性溶液中发生下列反应:



溶液中的 Cr^{3+} 在 pH=8—9 时即可以沉淀的形式析出, 然后通过过滤而将沉淀除去。



在进行非连续的污水化学处理时，不同处理工艺阶段产生的废液可以单独存放，单独进行化学处理。但考虑到，在各种污水中，含有 OH^- （脱脂废液）、 H^+ 、 Fe^{2+} （废酸洗液），这些都可以适当地考虑用它们来调节 pH 值，还原部分的 Cr^{6+} 。这些需根据每批废液的具体情况，并分别进行化验之后再统筹决定。

在污水处理系统中，首先将各种酸性和碱性废水集中于相应的贮槽中，将含铬污水集中于单独的贮槽中。然后将酸、碱废水混合，根据其 PH 值，采用碱液(氢氧化钠)调节至相应的金属离子以氢氧化物的状态沉淀，然后再对它进行分离。

对含铬的污水，首先是将其中的 Cr^{6+} 进行还原，使它变为 Cr^{3+} 。如：可以使用 NaHSO_3 使 Cr^{6+} 变为 Cr^{3+} 。再以 NaOH 调节溶液的 pH 值，使 Cr^{3+} 以 $\text{Cr}(\text{OH})_3$ 的形式沉淀。然后用沉降法将沉淀分离。经过分离的上清液，再经过充气，用酸调节 pH 值使其呈中性，则可以排放。

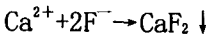
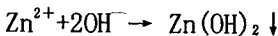
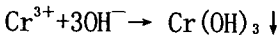
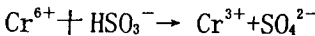
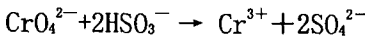
生产彩色涂层钢板产生的污水，其中含有 Cr^{6+} 、 Cr^{3+} 、 Zn^{2+} 、 F^- 等（有的还含有 PO_4^{3-} 等离子）。但是与一般工业污水相比，其主要特点是含有较高浓度的 F^- 。国内彩色涂层钢板生产线的污水中，所含的有害离子也大体相同。

下面对机组污水进行二级处理的流程为例作一介绍。

混合污水一级处理的流程为：

污水→加入 NaHSO_3 →搅拌 60 分钟→加石灰搅拌 30 分钟→加石灰搅拌 60 分钟→沉降→压滤

这时溶液中的化学反应有：



在处理时， NaHSO_3 的加入量按 Cr^{6+} 总含量的 4 倍加入，石灰的加入量第一次为 40g/l，溶液的 PH 为 7，第二次加入量为 26g/l，pH 为 12。

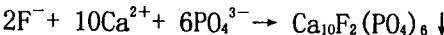
经过一次处理之后， F^- 的含量尚不能保证符合排放标准。因而对一级处理后，经过压滤而得到的滤液尚不能排放，必须经过二级处理：

滤清液+磷酸→搅拌 60 分钟→沉降→压滤→砂滤→排放

一级处理后的上清液中，含有 F^- 与 Ca^{2+} ，并存在下列平衡：



达到平衡时， F^- 的浓度为 8mg/l，当 Ca^{2+} 过量时，由于络合作用， F^- 的量可以增加至 20 mg/l 至 30mg/l。因此，加入 6ml/l 至 8ml/l 的磷酸，发生如下反应：



由于生成了溶解度更小的 $\text{Ca}_{10}\text{F}_2(\text{PO}_4)_6 \downarrow$ 沉淀，而使溶液中的 F^- 减少到排放标准之下^[6]。

在生产中，采用这种将 Cr^{6+} 还原为 Cr^{3+} ，然后与 Zn^{2+} 等金属离子共同沉淀，对 F^- 进行二级处理，以 CaF_2 和 $\text{Ca}_{10}\text{F}_2(\text{PO}_4)_6$ 的形式沉淀分离的方法，可以达到国家相关标准 (GB 8978，见表 3)。

表 3 废水最高允许排放浓度

项 目	总 Cr /mg. L ⁻¹	Cr^{6+} /mg. L ⁻¹	F^- /mg. L ⁻¹	Zn^{2+} /mg. L ⁻¹	磷酸盐 (以 P 计) /mg. L ⁻¹	pH
国家标准 (GB 8978)	1.5	0.5	10	2.0	0.5	6~9

4.4 开发减少污水生成量的表面处理新工艺

除了对废水进行严格的处理以减少对环境的污染外,现在一些生产厂家已经采用了辊涂式化学钝化处理办法。这种处理办法只需少量体积的处理液,用胶辊涂敷在钢板表面,然后用胶辊挤干多余的处理液。钢板表面不再冲洗,经吹干或烘干后直接进行涂料涂敷,这样减少了产生污水的机会,减少了污水的总量。另外,不含铬的钝化处理技术也正在开发完善中。为了解决铬对环境污染的问题,已经提出用其它物质处理来代替铬酸钝化。如用酚醛树脂的水溶液处理磷化膜,这种处理产生的污水可以被生物降解;也可以用各种铬盐溶液处理。这些都是积极的环保措施。

5.车间劳动环境

涂料涂敷工作环境不仅关系到机组工作人员的健康,而且对涂膜的形成和质量都具有极大的影响。涂料涂敷时,良好的环境有如下条件:车间环境明亮且亮度均匀、室内温度在15℃至30℃范围内、空气的相对湿度为50%至75%的范围内、空气清洁无尘、换气适当、具有防火设施。

5.1 采光和照明

涂料涂敷作业应有适当的照度,通常的要求见表5^[7]。

表 5 涂漆作业的照度要求			
涂漆类别	作业实例	照度 /LX	备 注
高级装饰性	检查岗位等	800~300	新建时>1000 LX
装饰性	一般装饰性作业区	300~150	
一般涂漆	底层处理	150~170	

有的涂料涂敷作业场所的照度如下:装饰性、精密作业大于300 LX;一般作业大于100LX;粗杂作业大于70 LX。

对于不能采用自然光的场合,可采用人工照明,但必须使整个照明亮度均匀。涂膜表面检查、涂层室、修补涂装等精密作业,可采用局部照明,光源一般多采用日光灯。为防止色变现象,应注意选择日光灯的类型,即在需要识别涂料颜色的场合,应选用天然日光色或天然白色的日光灯,在与颜色无关,而以照明效果为主的场合,采用一般的日光灯较好。

建筑物内表面,采用光反射率高的材料和亮度高的材料,则能提高室内的照明度。天花板的反射率在85%以上,墙壁为60%至70%,地面为20%至30%,机械装置为20%至30%的场合,能得到亮度稳定的作业环境。

5.2 温度和湿度

大气的温度和湿度与涂料的干燥和施工性能的关系很大,应避免在寒冷、多湿的场合进行涂料涂敷,所以应保持车间内的温度和湿度在一定的范围之内。各种涂料适宜涂敷作业的温度和湿度举例如表6所示^[7]。

表 6 一些涂料适于涂敷的温度和湿度

涂料的种类	温度 /℃	湿度 /%	备 注
油性色漆	10~35	85 以下	气温高一些好, 低温不行
油性清漆、磁漆	10~30	85 以下	气温高一些好
醇酸树脂漆	10~30	85 以下	同上
硝基漆、虫胶漆	10~30	75 以下	高温不行
多液反应型涂料	10~30	75 以下	低温不行
热塑性丙烯酸涂料	10~25	70 以下	湿度越低越好
各种烘烤型涂料	20 (15~25)	75 以下	温度、湿度适中
水性乳胶涂料	15~35	75 以下	低湿、高温不行
水溶性烘烤型磁漆	15~35	90 以下	温度、湿度越均匀越好

5.3 车间防尘和通风

大气中的尘埃不仅指粗粒灰尘, 而且还包括各种有机物, 它们在涂膜上附着后对涂膜性能产生不良影响, 例如对耐久性会产生恶劣的影响, 是彩色涂层钢板生产中的大敌^[8]。必须采取适当的方法除掉粒径在 10 微米以上的尘埃。涂装车间所能允许的尘埃浓度见表 7。

表 7 涂层车间所允许的尘埃

涂敷对象	举 例	尘埃粒径 /μm	粒子数 /个·cm ⁻³	尘埃量 /mg·m ⁻³
一般涂料涂敷	建筑、防腐类涂敷	10 以下	600 以下	7.5 以下
装饰性涂敷	一般汽车用彩板	5 以下	300 以下	4.5 以下
高级装饰性涂敷	高级家电、轿车用彩板	3 以下	100 以下	1.5 以下

为了保证涂装车间的空气新鲜, 涂层机室内应设置独立的供排风体系, 通风须具备一定的风速和微正压。

为排除有害气体, 如有机溶剂的挥发气氛、二氧化碳气体等的积聚, 涂层车间内必须进行适当的通风, 以补给新鲜空气。

对于一般的涂装车间, 适宜的通风换气量应为室内总容积 4 倍至 6 倍; 涂料调整间的通风换气量为室内总容积的 10 次/小时至 12 次/小时。

另外, 也可按有机溶剂的毒性来换算求得车间内供排风的平衡, 并保证某些工作区处于微正压, 即供风量要分别大于排风量, 所供的风应除尘(空调应具有加温、加湿功能)。

参考资料

- 1 K. H. Hemsath, A.C.Thekdi: APCA 67th Annual Meeting, 1947: 7
- 2 寺坂善保. 连续式ストリップ塗装焼付ラインの最近の技術. 鉄と鋼, 1982, (8): 895
- 3 HUNTER ENGINEERING (CANADA) LTD, 1981
- 4 蔡宏道. 环境污染与卫生监督. 北京: 人民卫生出版社, 1979
- 5 傅作宝. 日本涂层钢板镀锌板生产设备及技术. 鞍钢: 1984
- 6 刘期慧等人. 彩色有机涂层钢板废液处理工业试验: 1987
- 7 机械工业职业技能鉴定指导中心编. 高级涂装工技术. 北京: 机械工业出版社, 1999: 187
- 8 佐藤 忠明. 塗料特性とはじき塗料の研究, 1991, №119: 38

包钢 140 万吨冷轧薄板生产线建设

张晓燕， 程德富 ， 任丽芳

(包头钢铁(集团)有限公司技术中心)

摘要：本文主要介绍了包头钢铁(集团)有限公司冷轧薄板厂生产线的构成，包括酸洗、冷轧、退火、平整及镀锌等工艺和设备情况。

关键词：冷轧薄板；工艺设备；退火

Simple Introduction of Cold Rolling Thin Stripe Line of
Production of Baotou Iron and Steel (Group) Co. Ltd.

Zhang Xiao-yan Cheng De-fu Ren Li-fang

(Technology Center of Baotou Iron and Steel (Group) Co. Ltd.)

Abstract: The composition of cold rolling thin stripe line of production and process and equipment for pickling cold rolling, annealing, temper rolling coating of Baotou iron and steel (group) co. ltd is introduced in this paper.

Key words: cold rolling thin stripe; equipment and process; annealing

1 前言

包头钢铁(集团)有限公司冷轧薄板项目，是内蒙古自治区西部大开发中结构调整工程的重点项目。该项目于 2003 年 8 月 31 日开工，2004 年 7 月 20 日以 5 架冷轧机组安装为标志，由土建工程转入主体设备安装阶段，2005 年 3 月该工程酸洗机组和平整机组进行热负荷试车，7 月热镀锌机组也将进行试车。冷轧薄板生产线采用了先进、成熟、实用、可靠的技术工艺及设备，其主要技术装备由德国 SMS、奥地利 EBNER、法国 VAI、意大利 DANEILI 提供，部分装备国内配套制造。冷轧薄板生产线主要是对前道热轧工序提供的板材进行深加工，设计规模为年产 140 万吨，产品厚度为 0.25—3mm，宽度为 960—1540mm，钢种包括：普通碳素结构钢、优质碳素结构钢和少量低合金高强度钢，代表钢种有：SPCC、SPCD、SPCE、HSLA 等，主要用于建筑、轻工、家电、汽车等行业。

由于冷轧薄板是热轧薄板产品的延伸，其质量更优，使原有钢材产品由“黑、大、粗”转向“精、透、亮”。该项目对于促进和带动经济发展，提高企业经济效益，增强企业竞争力具有现实意义。

2 冷轧薄板生产线平面布置简图、工艺流程、产品大纲

2.1 冷轧薄板生产线平面布置简图（见图 1）

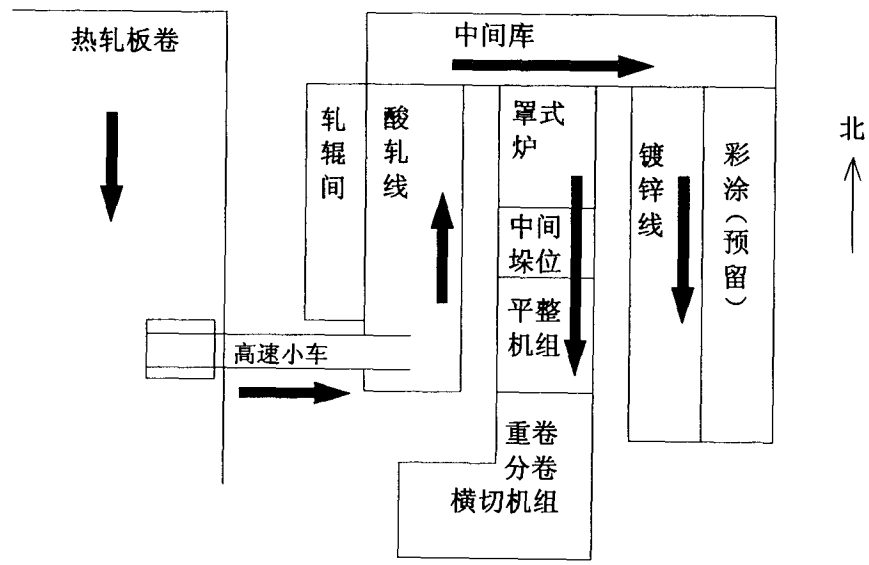


图 1 包钢冷轧薄板厂平面布置简图

2.2 冷轧薄板生产线工艺流程（见图 2）

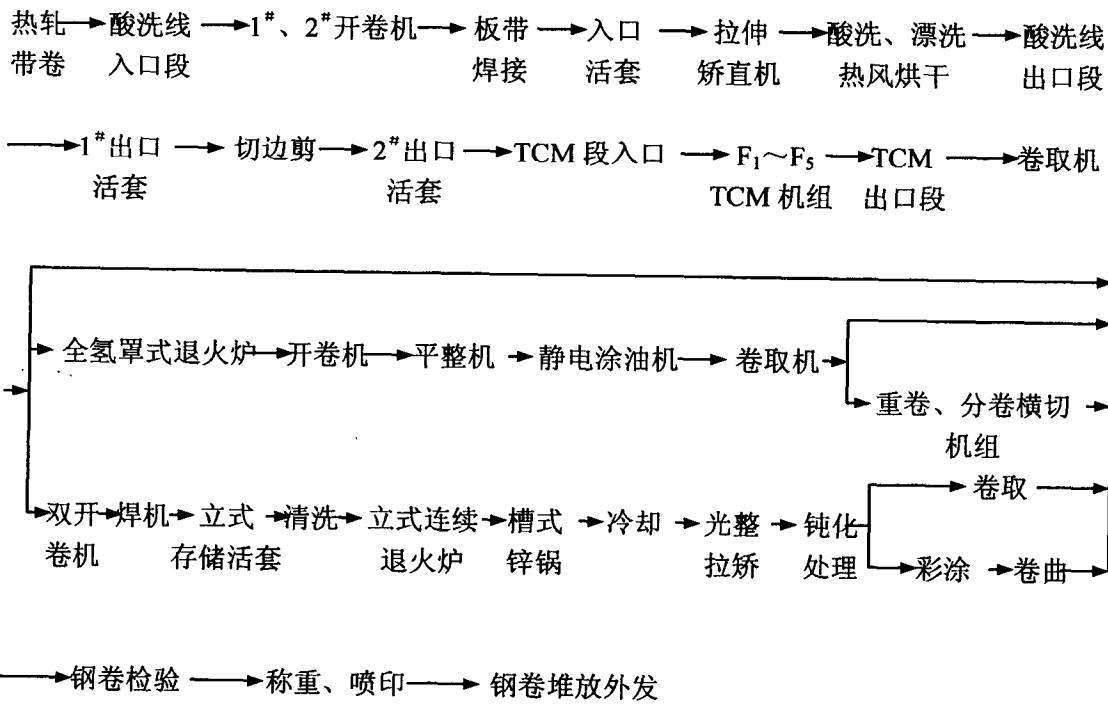


图 2 冷轧薄板生产线工艺流程图

2.3 冷轧薄板生产线产品大纲（见表 1）

表 1 冷轧薄板生产线产品大纲

类别	牌号	采用标准	产量 (t)	比例 (%)
普通级	CQ	JISG3141	95.98	67.02
深冲级	DQ	JISG3141	27.61	19.28
超深冲级	DDQ	JISG3141	11.32	7.91
低合金高强度钢	HSLA	GBT1591-94	8.29	5.79

3 主要设备特点

3.1 酸轧机组

酸轧机组机械和工艺设备由德国 SMS 一家提供，采用酸轧机组与串列式冷轧机组相连，卷与卷之间头尾焊接，从而实现酸洗到冷轧全线作用，此机组也称为酸轧联合机组。酸洗生产线采用高动能形成的紊流浅槽酸洗，以去除热轧原料卷表面的氧化铁皮，介质为盐酸。该系统的部件是酸洗槽，共有 3 个，槽体为扁平设计，槽体高度仅为 150mm，允许钢带在无垂度、高张力状态下水平通过，并应用专利技术浸没盖，完全封闭酸液表面，酸洗槽装配有必需的用于蒸汽蒸发、排放和热循环的接头。

与酸轧线相连的是五架六辊轧机，该机组支撑辊直径 1400/1300 mm，辊身长度为 1765 mm，中间辊直径 560/510 mm，辊身长度 2005 mm，工作辊直径 470/420 mm，辊身长度 1765 mm，为了保证产品的尺寸精度和平直度，五架轧机采用高刚度机架，各机架均装备有液压辊缝控制系统，单楔形调整系统，支撑辊平衡系统和工作辊/中间辊正负弯辊系统，中间辊横移系统，预留将来安装工作辊串辊系统。

3.2 退火炉

冷轧薄板生产线采用罩式退火和连续退火两种方式，对冷轧产品进行退火，消除加工硬化，提高韧性，降低强度。

全氢罩式退火炉采用奥地利 EBNER 设备，年产量 68.48 万吨，共有炉台 36 座，内罩 36 个，堆垛高度小于 5800 mm，加热罩 18 个，冷却罩 18 个，中间对流板 132 块，退火范围为 250~750℃，加热内罩最高温度为 850℃，退火时几个钢卷为一垛，各卷板间用中间对流板相隔，采用煤气加热内罩和外罩，纯氢气为保护气体，为今后产量的增加，预留 8 个炉台位置。

立式连续退火炉为进入锌锅的产品进行热处理，为镀锌线的一部分，炉子的设备主要

包括 5 段无氧化炉、辐射管加热炉、均热炉、喷冷，出口段产量为 40.67 万吨，无氧化炉加热温度为 550~710℃，辐射管加热温度为 550~850℃，退火时冷轧薄板经过热碱液清洗、刷洗、烘干后，连续的通过退火炉，在炉内氮气、氢气保护气氛下，快速加热到再结晶温度以上，完成金属再结晶过程，然后缓冷，快速冷却到进入锌锅所规定的固定温度。

3.3 平整机

冷轧薄板采用的是意大利 DANELI 单机架四棍平整机，配备液压 AGC，工作辊弯辊系统，轧制线调整和最佳自动化水平装置，平整机的生产能力为每年 80 万吨，最大的延伸率为 3%，最大轧制速度 1000m/min，最大轧制力为 1000 吨，在湿平整方式下轧制各钢种，以提高材料的成型性、平直度、和要求的表面光洁度，增加表面硬度而不明显降低韧性。

3.4 镀锌设备

冷轧薄板的主要镀锌设备采用法国 VAI，可生产热镀锌卷 40 万吨，其中 10 万吨供彩涂线。镀锌层厚度两侧可以相同也可不同，相同时两侧为 60~45g/m²，不同时一侧为 60 g/m²，另一侧为 20g/m²。镀锌时关键设备之一为气刀，锌层测厚装置把信息反馈到气刀，气刀向钢板表面喷压缩空气，控制锌层厚度。镀锌后的板通过光整机进行平整，通过矫直机进行横弯修正，进而进行钝化处理，防止板与空气接触发生氧化反应。

3.5 计算机管理系统

为了对整条生产线实现高效控制，生产线全部采用分布式计算机，实行分级控制。三级计算机为生产管理级，二级计算机为过程控制级，一级计算机为基础自动化¹。

生产管理控制计算机 Level-3 一般采用微型机，完成冷连轧机组生产计划的编排，不同生产工序的协调和产品质量管理等功能。Level-3 计算机要根据原料钢卷和成品钢卷确定出初始 PDI (Prime Date Input) 数据，这些数据是控制参数计算的初始信息。PDI 数据包括：钢卷号、钢种、原料厚度、宽度、卷重、长度、原料板形、成品厚度、成品板形、带钢特殊控制要求以及钢卷的化学元素等。此外 Level-3 计算机还将完成合同管理、质量管理、物流管理以及生产数据统计等功能¹。

过程控制计算机 Level-2 系统包括：带钢跟踪系统、数据收集与通讯、数学模型系统、控制画面及操作、生产数据管理及工程记录处理等功能。除过程计算外，还可完成程序的调试、数据离线分析等。

基础自动化计算机 Level-1 的功能由多个 CPU 的 PLC 完成。每个 CPU 完成冷连轧入口段、酸洗段和轧机段等生产过程中若干个控制功能。基础自动化主要包括：厚度控制、板形控制、速度控制、张力控制、位置控制、动态变规格控制及实测数据采集等功能。

以上设备通过工业以太网相联,采用 GDM 和 TDC 及 TDC 和 TDC 之间的数据传输,可实现对冷轧薄板生产线进行全自动、半自动化控制。

4. 结语

在设备引进过程中,本着“保证水平、节省投资”的原则,进行引进和国内分交项目和设备的确定,引进采用外商对生产施工工艺布置总负责的方式,以确保技术的完整性和正确性,分交采用复杂重要的设备及关键制造件全部引进,其它设备引进关键零部件,结构件及简单设备均国内配套完成。根据上述引进和分交原则,本工程生产线设备总重 16872 吨,其中外方供货 2637 吨,国内供货 14235 吨。

包钢冷轧生产线串联式冷轧相连实现“无头轧制”,退火设备的灵活运用,为薄板品种、性能、生产能力、生产成本等方面的优势提供了保证,整条生产线的生产灵活性、工艺连续化、控制自动化可获得最大的投入和产出比。

参考文献:

[1]王国栋.冷连轧计算机过程控制系统.轧钢,2003-2,41