

钢铁制品 表面着色技术

马瑞娜 杜安 曹晓明 编著



化学工业出版社

钢铁制品 表面着色技术

马瑞娜 杜 安 曹晓明 编著



化学工业出版社

· 北 京 ·

金属尤其是钢铁表面彩色化是近年来表面科学技术研究与应用最活跃的领域之一。近年来我国在化学染色和电解着色等方面开展了工作,虽然和工业发达国家还有差距,但经过科技工作者的努力,在表面着色方面已积累了大量经验,并已形成规模生产。装饰行业的不断发展,对彩色金属的需求量越来越大,金属的表面着色技术也将得到越来越多的应用。金属着色后一般都增加了耐蚀能力,而且着色后的金属改变了其单一的、冰冷的金属色泽,代之以五颜六色。

本书主要阐述了应用广泛的不锈钢与镀锌层表面着色的原理及工艺,注重工业应用的同时也涉及到了实验室最新的研究进展。并且还介绍了铁、铬等的着色技术及废水处理。

本书内容翔实,适合于从事钢铁产品表面处理的工程技术人员使用。

本书由河北工业大学马瑞娜、杜安、曹晓明教授编写,编写过程得到了各方面的支持与帮助,更得益于郑红霞、朱琳、孙海燕、孙忠波等人积极查找资料。在此表示感谢。

由于着色技术尤其是原理部分涉及的学科领域非常广泛,加之编者知识水平有限,不足之处在所难免,诚望各位专家予以批评指正。

编著者

2006年10月

第 1 章 概述	1
1.1 金属表面着色技术	1
1.2 钢铁材料表面着色技术	2
第 2 章 不锈钢着色	5
2.1 不锈钢着色的预处理	6
2.1.1 概述	6
2.1.2 不锈钢制件预处理的方法	8
2.2 不锈钢着黑色	11
2.2.1 不锈钢着黑色的方法分类	11
2.2.2 对发黑零件的要求	13
2.2.3 化学着黑色膜层的物理与化学性能	14
2.2.4 不锈钢化学着黑色	15
2.2.5 不锈钢电解着黑色	21
2.3 不锈钢着彩色	29
2.3.1 概述	29
2.3.2 彩色不锈钢显色原理	32
2.3.3 彩色不锈钢的性能	34
2.3.4 化学处理法着彩色	34
2.3.5 不锈钢电化学着彩色	40
2.3.6 固膜处理和封闭处理	44
2.4 不锈钢化学着色的研究进展及发展前景	46
2.4.1 国外化学着色法的研究及应用	46
2.4.2 国内化学着色法的研究与应用	47
2.4.3 彩色不锈钢的应用	49

第3章 镀锌层着色技术	52
3.1 概述	52
3.2 预处理工艺	53
3.3 镀锌层铬酸盐法着色	56
3.3.1 概述	56
3.3.2 原理	58
3.3.3 低铬一次性蓝白色钝化	69
3.3.4 超低铬蓝白色钝化	86
3.3.5 低铬银白色钝化	94
3.3.6 金黄色钝化	97
3.3.7 低铬金黄色钝化	101
3.3.8 高铬彩色钝化	102
3.3.9 低铬彩色钝化	105
3.3.10 超低铬彩色钝化	141
3.3.11 军绿色钝化	150
3.3.12 黑色钝化	162
3.3.13 增强镀锌层铬酸盐钝化膜耐蚀性的措施	198
3.3.14 镀锌钝化膜的保护层	202
3.4 镀锌层的无铬钝化	204
3.4.1 概述	204
3.4.2 有机化合物对镀锌层的钝化处理	204
3.4.3 锌层表面的磷化处理	205
3.4.4 钛酸盐钝化	206
3.4.5 钼酸盐和钨酸盐钝化	213
3.4.6 稀土钝化处理	214
3.4.7 镀锌层硅酸盐处理	215
3.5 镀锌层其他着色方法	217
3.5.1 铬酸盐着色	217
3.5.2 硫化物着色法	218
3.5.3 置换着色法	219

3.6	低铬钝化液的维护与再生	220
3.6.1	钝化液维护的必要性	220
3.6.2	钝化液维护的规律	221
3.6.3	离子交换法	222
3.7	镀锌层染色	226
3.7.1	概述	226
3.7.2	染色机理	227
3.7.3	镀锌层染色工艺流程及其工艺规范	229
3.7.4	镀液的选择	229
3.7.5	镀层的化学处理	230
3.7.6	染色	231
3.8	镀锌层钝化膜的质量检验	236
3.8.1	镀锌钝化膜层的检验	236
3.8.2	镀锌层钝化膜的选择	242
第4章	铁、铬着色技术	245
4.1	铁的着色处理	245
4.1.1	铁的性质与用途	245
4.1.2	钢铁的着色处理	245
4.2	铬的着色处理	250
4.2.1	铬的性质与用途	250
4.2.2	铬的着色处理	251
第5章	废水处理	255
5.1	预处理污水的处理和利用	255
5.1.1	含油废水的处理和利用	255
5.1.2	酸碱污水的处理和利用	257
5.2	锌层钝化含铬废水的处理	260
5.2.1	概述	260
5.2.2	离子交换法处理含铬废水	266

5.2.3	电解法处理含铬废水	269
5.2.4	铸铁屑·活性炭法处理含铬废水	273
5.2.5	间歇式逆流漂洗与化学还原组合法	273
5.2.6	气浮法治理技术	276
5.2.7	活性炭处理含铬废水	282
5.2.8	利用含 Fe^{2+} 的酸性废水治理含铬废水	286
5.2.9	铁屑法处理含铬废水	288
5.2.10	焦炭·铁屑法处理含铬废水	292
5.2.11	钛涂钉-铜网电解处理含铬废水	294
5.2.12	其他方法	298
5.2.13	国内外含铬废水处理的研究进展	299
5.3	含铬废水处理展望	306
5.3.1	从“终端治理”向源头削减及全过程控制转变 ..	307
5.3.2	发展闭路循环	307
5.3.3	从浓度控制向污染物排放总量控制转变	307
5.3.4	从单元处理技术向多元组合处理技术转变	308
5.3.5	加强管理	308
5.3.6	从手工操作向自动化控制转变	309

参考文献	310
------------	-----

第1章 概述

1.1 金属表面着色技术

所谓金属表面着色是金属通过化学浸渍、电化学法和热处理法等金属表面形成一层带有某种颜色,并且具有一定耐蚀能力的膜层。生成的化合物通常为具有相当化学稳定性的氧化物、硫化物、氢氧化物和金属盐类。这些化合物往往具有一定的颜色,同时由于生成化合物厚度不同及结晶大小不同等原因,对光线有反射、折射、干涉等效应而呈现不同的颜色。

作为表面处理技术的一个分支,金属表面着色技术已经得到了广泛应用,成为表面科学技术中一个研究非常活跃的领域。广义而言,所有的表面覆盖层都可以赋予金属表面以不同的色彩。金属着色不仅改善了制件的外观,而且也提高了制件的耐蚀性。因此可以作为服装配件、建筑装潢产品等地防护装饰性处理。

常用的金属表面着色技术包括化学着色技术和电解着色技术两大类。

化学着色主要利用氧化膜表面的吸附作用,将染料或有色粒子吸附在膜层的空隙内,或利用金属表面与溶液进行反应,生成有色粒子而沉积在金属表面,使金属呈现出所要求的色彩。这类技术对设备要求不高、操作简便、不耗电、成本低,适用于一般的室内装饰装潢产品以及美化要求和耐磨性要求不高的仪器、仪表的生产。

电解着色技术是将被着色的金属制件置于适当的电解液中，被着色制件作为一个电极，当电流通过时，金属微粒、金属氧化物或金属微粒与氧化物的混合物，便电解沉积于金属的表面，从而达到金属表面着色的目的，其实质是将金属或其合金的制品放在热碱液中进行处理。电解着色方法很多，有直流阴极电流法、交直流叠加法、脉冲氧化法、直流周期换向法等。优点是颜色的可控性好，受制品表面状况的影响较小，而且处理温度低，有些工艺可以在室温下进行，污染程度较低。

1.2 钢铁材料表面着色技术

钢铁是应用最广泛的金属之一，随着国民经济的发展，得到了愈来愈广泛的应用。随着科学技术的进步和人们生活水平的提高，人们已经厌倦了长期以来制品外观单一的颜色，渴望制品外观呈现色泽鲜艳的各种颜色，同时，为了提高制品的耐蚀、耐磨性能，需对钢铁表面进行彩色化处理。目前已有的着色工艺多为不锈钢着色或普通钢铁的发黑、发蓝。

钢铁表面着色处理是提高产品装饰性、改善性能、延长使用寿命的工艺手段。一般采用仿金电镀、化学镀铜后着色真空镀、加热着色法、碱性黑色氧化着色法、阳极氧化法、常温着色法、达克罗技术等。其中应用最广泛的是碱性黑色氧化着色法。

另外，为了减轻环境对钢铁的腐蚀，常在钢铁表面镀上一层锌或锌铝合金，而对镀锌层的着色处理也成为了着色研究的一个热点。

钢铁材料的着色主要包括以下几种。

(1) 不锈钢着色 在近 30 年间，不锈钢的出现和大量使用，推动了不锈钢工业的发展进程。不锈钢由于具有优良的性能和银光闪闪的外表，而备受人们的青睐。不锈钢具有优越的耐蚀性、耐磨性、强韧性和良好的可加工性，在生产生活的诸多领域得到广泛的应用。随着对不锈钢应用范围的扩大，人们对其表面色彩的要求也

在不断提高。彩色不锈钢的生产和应用,近20年来已进入高潮,并不断向高级化和多样化发展。

不锈钢着色膜的显色机理不同于铝合金着色膜。不锈钢不是用染料着色形成有色的表面层,而是在不锈钢表面形成无色透明的氧化膜,通过其对光干涉的结果,其色泽历久如新。不锈钢表面所着色泽主要取决于表面膜的化学成分、组织结构、表面粗糙度、膜的厚度和入射光线等因素。通常薄的氧化膜显示蓝色或棕色,中等厚度膜显示金黄色或红色,厚膜则呈绿色,最厚的膜则呈黑色。目前不锈钢着色主要采用的方法有化学着色法和电化学着色法。

彩色不锈钢的主要应用在于建筑行业中。长期以来,对于彩色建材的应用,主要都是采用阳极氧化的铝型材,铝材着色膜与彩色不锈钢膜相比,金属光泽差,耐蚀性、耐磨性都不如彩色不锈钢。除建筑装饰外,彩色不锈钢的需求还将继续扩大,发展前景极为可观。

(2) 镀锌层的着色 镀锌染色工艺,是首先在镀层上染色的工艺,出现于1952年。日本川崎元雄关于钝化膜染色问题发表过研究文章。同年,日本吕戌辰首先取得有关镀锌染色法专利。1955年沃尔特和E·泼考克对钝化膜进行研究,指出金黄色钝化膜能用有机染料染小红、蓝、绿、橙、紫和其他中间色,其表面粗糙度与色泽深浅决定于厚度及镀层的均匀性。1958年发表的镀锌层用染料染色的文章,指出未干的钝化膜是多孔的,能稳定地吸附染料,改变表面色泽。但色泽一般偏暗,带褐色,装饰上使用价值不大。只适用于区分不同产品,能染出红、绿、蓝及黑色。1959年出现了粉末状钝化材料,配制时只需加少量硝酸和水,生成的钝化膜能染出各种色彩。染色液一般含 $0.1\sim 2.5\text{g/L}$ 染料。对于镀锌层,经钝化后,在pH值 $1\sim 3.5$,温度 $24\sim 30^{\circ}\text{C}$,处理 $5\sim 6\text{s}$ 即可,色调的深浅及均匀性受钝化膜的影响,深褐色的膜只能染深色或暗色调;黄色的膜才能染出红、蓝、绿等浅色调。

镀锌层染色在我国起步较迟,但进步很快。1981年上海首先试验成功镀锌层染色工艺。该工艺比上述工艺更进一步,经化学处

理出来的膜是无色的，吸附力强，能染几十种颜色。并提出了新的染色机理，为其他金属发展染色工艺找到了理论依据。随后又在镉镀层上染上各种色彩。

“荧光电镀”是金属染色一个新领域，1981年由日本林忠夫试验成功，但至今未能投入批量生产。

锌层钝化膜是非常薄的，彩色钝化膜层的厚度一般只有 $0.5\mu\text{m}$ 以下，白色和蓝白色钝化膜更薄，用一般方法无法检测出其真实厚度。镀锌层经彩色钝化处理后，其耐腐蚀能力要比未经钝化处理的提高6~8倍。经钝化处理后，镀锌层外观变得丰富多彩了，有的呈彩虹色，有的呈白色或蓝白色，有的呈军绿色，有的呈金黄色，有的呈黑色，还有的呈咖啡色。这样，除了镀锌层是阳极性镀层，本身有较好的耐腐蚀性能外，还提高了其装饰效果，从而大大地提高了镀锌层的附加值，使价格较低廉的镀锌产品扩展了使用面。

镀锌层的着色有铬酸盐法、硫化物法和置换法三种。铬酸盐法实际上是镀锌层的钝化处理，在锌层上形成一层铬酸盐或铬酸盐与磷酸盐的转化膜，起到保护锌层的作用。硫化物法和置换法一般多不是形成保护膜层，主要是使镀锌层的表面改观。

(3) 铁的着色 铁的着色从1929年开始研究，史洛戴斯、泼洛赛斯有过专述。远藤彦造完成磷化法，对钢坯耐蚀性能有很大提高。此外，布劳宁、谭泼和卡勒等研究成功光学仪器中铁零件着黑色，主要使用氢氧化钠、氰化钠、亚硝酸钠混合液。

第2章

不锈钢着色

不锈钢因其具有良好的耐腐蚀性、耐磨性和加工性能以及精美的外观和无毒等特性而被广泛应用于各种领域。根据金相组织结构,不锈钢可分为:奥氏体不锈钢,铁素体不锈钢和马氏体不锈钢。它广泛应用于日用厨具、汽车工业、宇航、家用电器、建筑等领域。不锈钢是一种华丽的工程材料,随着其需求领域的不断扩大,彩色不锈钢悄然问世。进入21世纪,不锈钢着色技术得到更广泛的应用。五彩缤纷的色彩不仅增加了不锈钢的装饰性和艺术性,而且提高了不锈钢的耐蚀性和耐磨性。目前,彩色不锈钢的生产工艺已经成熟,使不锈钢表面着色的方法也较多。应用得最多的方法是在铬酐和硫酸溶液中进行的化学着色。这种方法曾是英国因科(INCO)公司的专利。后来,日本研究人员在技术方面不断创新,在商业和技术两方面均处于领先地位。彩色不锈钢的应用领域日益扩大,彩色不锈钢板一个用途是用作太阳能吸收板,通过调节色度增加吸光能力。虽然当温度超过 200°C 时,彩色膜可能氧化或脱水,会带来一些问题。但是,通过在太阳能吸收板表面涂上保护层,这个问题也可以得到妥善解决。彩色不锈钢给人们生活增色添彩,受到越来越广泛的重视,而且不锈钢使用寿命长,并可以回收利用,所带来的成本效益明显,使它在工程材料领域的重要性经久不衰。彩色不锈钢应用前景十分诱人,在消费市场上广泛使用不锈钢已经成为一种趋势。材料的初始费用稍高一点已经逐渐为人们所接受,因为它的外观性能要比涂层

低碳钢保持的时间长得多，而且长期使用后具有很好的回收利用价值，寿命周期长，成本低，效益十分明显。采用 INCO 法着色或其派生方法着色，所生成的彩色表面的寿命几乎与基体不锈钢寿命一样长，既充分发挥了不锈钢的优势，又以色彩漂亮的外观给人们的生活增添了情趣，彩色不锈钢已成为不锈钢系列中靓丽的一族。

2.1 不锈钢着色的预处理

2.1.1 概述

预处理是不锈钢制件表面在进入表面处理（包括酸洗、化学抛光与电化学抛光、电镀、钝化、着黑色、着彩色、化学加工等）前的重要处理步骤。预处理的目的在于彻底清除试样表面的污垢层和氧化层。为了使试样表面更具有光泽，还必须进行抛光处理。曝露在空气中的不锈钢表面会被弥漫在空气中的灰尘或油脂等黏附而形成污垢层。不锈钢制件在成形过程中，表面也都有可能粘上油污、存在毛刺，形成粗糙表面和氧化物，因而在表面处理前，首先必须把油污、毛刺、不平表面和氧化物除去，才能使后续加工获得满意效果。

抛光 可用机械抛光、化学抛光或电化学抛光，要求表面光洁度一致，避免造成色差，最好达到镜面光亮，这样可得最鲜艳均匀的色彩。不锈钢制件机械抛光后应立即进行着色处理，若抛光后在空气中放置一段时间，外表面则会形成一层氧化膜，与着色膜结构不同，其厚度在 $1.0 \sim 10.0 \text{ nm}$ 之间，有一定的耐蚀性，在着色液中不易除去，因而影响新着色膜的形成，使着色时间延长，且着色后形成的色泽变深变暗。电化学抛光也能使不锈钢表面形成钝化膜，如不除去钝化膜，会使着色速率变慢，但电化学抛光形成均匀平整表面，使色泽光亮，均匀性得到改善。

活化 凡是能使不锈钢基体表面活化的因素，均可加速着色过程。一切自然形成的肉眼不可见的氧化膜，都是着色的大敌，是关系着着色成败的隐患，在着色前应该去除。为了消除不锈钢表面的钝化膜，获得新鲜表面，活化程度应恰当，以出现小气泡后 10~15s 为宜。若活化不足，着色的起色电位时间延长，并使出现的颜色也不容易控制；若活化过度，表面发生过浸蚀，使着色膜变得暗淡无光。活化用强酸腐蚀方法会造成表面腐蚀活化，影响着色后色泽的鲜艳性。

由表 2-1 可以看出，除电解抛光外，其他预处理方法和未预处理相比，均可提高着色速度，其中阳极处理提高的最为明显；就着色的均匀性来看，热水预热、酸浸泡活化和电解抛光，水线（即试件浸入着色液部分与未浸入部分的分界线）及边缘处的颜色较深，同其他着色表面相比，颜色变化较明显，颜色的均匀性较差。而阳极处理，水线及试样边缘处同其他表面相比颜色变化不大，颜色的均匀性较好。阳极处理既可加快着色速度，又可使着色较为均匀一致，但着色表面变得较粗糙，而且随着处理时间的延长，颜色逐渐变得暗淡无光。电解抛光虽然着色速度减慢，并随抛光时间的延长，影响愈甚，但电解抛光可使表面色泽鲜艳光亮。若试样先电解抛光再进行阳极处理，总体上既加快了着色速度，又可获得光亮、均匀的着色表面。研究认为，凡是能够使不锈钢基体表面活化的因素，均可加速着色过程。热水预热、酸浸泡、阳极处理均能消除钝化膜，起到活化着色表面的作用，因而均能提高着色速度。阳极处理不仅可以活化着色表面，使着色速度增加，而且颜色的均匀性比其他预处理都要好。而电解抛光易于使不锈钢表面形成钝化膜，使着色速度变慢，但电解抛光形成了一个均匀平整的表面，使着色表面光亮鲜艳。

不锈钢电化学着色预处理，尤其是抛光活化质量的优劣，不仅影响着色膜的光亮性、均匀性、牢固性，而且还影响着色时电位随时间变化关系曲线，从而影响着色膜的重现性。劣质的预处理表面状态，会使电位控制失去意义。

表 2-1 预处理对不锈钢着色均匀性、光亮度及着色速度的影响

预处理方法	处理时间 /min	处理温度 /℃	对均匀性及 光亮度的影响	对着色 速度影响
未预处理	—	—	水线及试样边缘处同其他部分颜色不同	—
热水预热	10	70	水线及试样边缘处同其他部分颜色不同	加快
8%硫酸浸泡	3	室温	水线及试样边缘处同其他部分颜色不同	加快
电解抛光	10	60	颜色较光亮,水线及边缘处颜色较深	稍减慢
	20	60	颜色光亮,水线及边缘处颜色较深	减慢
阳极活化处理	10	室温	氧化膜较粗糙,水线及边缘处颜色略深	加快
	20	室温	氧化膜粗糙,表面颜色较均匀	大大加快
电解抛光 10min 后阳极处理	10	室温	颜色光亮,水线及边缘处颜色略深	加快
	20	室温	颜色光亮,表面颜色均匀	加快

2.1.2 不锈钢制件预处理的方法

2.1.2.1 化学抛光

化学抛光是锈钢制品表面在化学抛光液中的化学侵蚀过程。锈钢表面上的微观凸起处在化学抛光液中的溶解速度比微观凹陷处大得多,结果逐渐被整平而获得光亮的表面。抛光液一般有三类,一类主要是盐酸、硝酸、硫酸;另一类主要是硫酸、硝酸还添加如氢氟酸、乙酸、柠檬酸等;还有一类是硫酸、硝酸、磷酸以及磺基水杨酸。抛光温度一般在 50~95℃,时间视抛光质量而定。

2.1.2.2 电解抛光

锈钢电解抛光是把被抛光工件作阳极,不溶性金属作阴极,

浸入电解液中通以直流电而产生选择性阳极溶解过程。由于金属表面凸起部分比凹的部分电流密度大，溶解也就快些，最后达到表面光滑平整的目的。电解抛光液必须要满足被抛试样在低电压和高电流密度的环境中得到高质量的抛光效果，而且要使通过阳极的电流密度和温度获得较宽的工作范围；同时，要使它在反应或贮藏时有较好的稳定性，抛光液中通过的是高电流密度的电流，即便当电流密度不适宜时，也要保证该溶液不腐蚀被抛金属。为了使不锈钢表面达到高的粗糙度，选择适当的电解液是很重要的，对所选择的电解液有以下要求：①电解液中应含有一定量的氧化剂，这对不锈钢表面形成氧化膜有利，而不能有破坏氧化膜的活性离子（如 Cl^- ）存在；②在不通电的情况下，电解液对不锈钢不可有明显的腐蚀作用；③电解液应有较宽的工作范围（电流密度、温度等）和通用性；④不论是否通电，电解液都必须足够稳定；⑤对阳极产物的溶解度大、抛光能力大、价廉和无毒。工业上，不锈钢的电解抛光是在硫酸-磷酸的混合液中进行的，也可以在此混合物中添加一些添加剂。一般配方如表 2-2。

表 2-2 不锈钢电解抛光液配方和工艺条件

配方成分和工艺条件	1 [#]	2 [#]	3 [#]	4 [#]
磷酸/%	60	50~60	42	65
硫酸/%	30	20~30		15
铬酐/%				5
甘油/%	7		47	12
水/%	3	20	11	3
阳极电流密度/(A/dm ²)	7~15	20~100	5~15	10~20
温度/℃	50~60	50~60	100	70~90
时间/min	4~5	10	30	4~6

电解液中的磷酸、硫酸含量应定期测定和调整。当溶液中的铁含量按 Fe_2O_3 计超过 7% 时，溶液便失去抛光能力，应部分或完全更换新的溶液。

抛光液中各组分的作用如下。

① 硫酸 硫酸是强电解质，主要起导电作用，能促使阳极较快地溶解，它和磷酸以一定的比例混合时，是抛光的主要材料。硫酸含量低时，抛光速度慢，光亮度差；含量高时，抛光速度快，光亮度不太高，易使表面粗糙。

② 磷酸 磷酸是中强酸，对不锈钢腐蚀较差，是黏稠的油状液体，在电解过程中，能促使抛光表面产生一层阻化膜，对其溶解起一定的阻化作用，从而提高阳极极化，使抛光面获得镜面光亮。它在电解抛光过程中消耗很少。

③ 铬酐 铬酐是强氧化剂，主要是 Cr^{3+} 起作用。阳极的不锈钢表面同时受氧和 Cr^{3+} 的氧化作用生成一层钝化膜，而促使不锈钢表面在抛光过程中被整平，获得光亮的表面，铬酐含量低时不光亮，含量高时光亮，但是含量太高会降低抛光速度。

④ 甘油 甘油能吸附在阳极表面，对阳极溶解起一定的阻化作用，还能与磷酸生成配合物，可在阳极表面形成一层更牢固的阻化膜，阻化阳极的溶解，从而使抛光表面非常光亮细致。含量低时，抛光面光亮但粗糙；含量高时，抛光面光亮而细致，但延长了抛光时间；含量太高时，泡沫太多，影响操作。

为了获得光亮的表面，在电解抛光的工艺条件控制方面应注意要选择合适的电流密度，合适的抛光温度和抛光时间。在电解抛光时保持制品的良好接触也是非常重要的。对电解液进行搅拌，可使温度均匀，防止表面过热，有利于提高抛光质量，而且搅拌可提高操作电流密度，增加了抛光速度。不锈钢在电解抛光后表面生成一层薄的氧化层，将其浸在稀的磷酸或盐酸中，以除去薄氧化层，使不锈钢表面活化，可提高着色层的结合力和色彩的均匀性。

2.1.2.3 除油

采用三碱法的碱性除油体系，配方和工艺条件如下。

氢氧化钠 70~90g/L；磷酸三钠 20~40g/L；碳酸钠 10~20g/L；十二烷基硫酸钠 1~2g/L；温度 45~60℃；时间 10~20min。