

机 械 除 鳞

北京市冶金设备自动化研究所情报室

1980年12月

编者前言

根据中央对北京市工作四点指示精神，为了配合首都冶金企业挖潜、革新、改造，搞好环境保护，治理污染，我们收集了一些有关国外机械除磷新技术取代污染水质、费用又高的酸洗工艺方面的资料，现编译成册，供有关方面参考。

由于我们水平不高、经验不足，这本小册子中难免有不少缺点和错误，欢迎读者批评指正。这本小册子的文稿编写过程中，北京图书馆华定生同志曾给予大力支持，特此致谢。

目 录

一、线棒材生产中代替酸洗除磷的途径	1~1 — 1~29
二、线材喷丸除磷 一种工业上合手工艺要求、 经济的、无污染的除磷方法	2~1 — 2~10
三、预应力喷丸的表面处理	3~1 — 3~5
四、喷射剂和喷射剂的检验	4~1 — 4~13
五、金属线材的除磷装置	5~1 — 5~2
六、用离心喷射装置提高钢的净化效果	6~1 — 6~14
七、有关机械除磷的部分文摘和题录	7~1 — 7~18

线棒材生产中代替酸洗除鳞的途径

— 侯佐亮 —

§ 1. 控制水流污染是冶金工业的重要任务

最近中共中央书记处为把北京建设成为一个清洁、美丽、文明的城市，提出了四点建议，怎样实现中央的建议，是摆在首都各条战线广大职工面前需要认真思考，付诸行动的大事。

北京是我们伟大祖国的首都，她和世界各主要大城市临江临海的条件相比，本来就是一个缺少地面水流的城市。由于受到极“左”路线的干扰，和认识上的不足，忽视了环境保护和三废治理，使得仅有的水流，也受到严重的污染。特别是近十几年来，工业建设缺乏总体规划 and 合理布局，片面强调要建设“成为一个以钢铁、石油化工、电子、机械仪表为主的……现代化工基地。”从而忽视了首都作为全国政治中心，文化中心，和国际交往中心的首要职能。在抓工业，抓产值的口号下，使用水多，污染重的冶金、化工等行业大大发展。这些工厂排出的污水，通过水的循环，结果：1) 污染了地下水。在全市四百多眼地下水观测井里，目前受酚、氰、汞、铬、砷等五种有害物质污染超过国家规定标准的还四分之一。2) 危害了水生物、土壤和农作物。鱼虾濒于灭种，水产越来越少。例如：西部莲花河。原以荷花满池，莲藕丰满而得名。由于上游钢铁、炼焦、机械等行业排出的污水，含有超过国家规定标准几十倍的酚、氰等毒物，致使水质变黑，莲花绝迹，鱼虾罕见。3) 影响了人民的健康，全市水网总长约九百公里的四十六条河流、沟渠，除远郊区水流上游少数几条河流尚属清洁外，百分之九

十的城区和近郊区河边受到污染。水中的苯、酚、氰、氯苯、萘等有害和致癌物质几十种，散发着呛人的气味，初闻咳嗽，久闻即喘，造成气管炎、肺病、癌症等。4) 这些污水河渠也严重地影响了市容。

从国内外的许多事实说明，工业污染是可以采取有效措施加以防止，即使产生了污染，也可以治理。只要认真贯彻执行“全面规划，合理布局，综合利用，化害为利，依靠群众，大家动手，保护环境，造福人民”的方针，只要把治理污染同企业的工艺改革，综合利用，增产节约，更新改造，科学管理有机地结合起来，是能够实现中央对首都的期望的。

在冶金生产工艺过程中，由于酸洗金属表面，排出大量的硫酸盐、氯化物等，污染了环境。目前世界各国都进行了大量的研究和试验，提出不少成熟的经验。本文将根据此分析我国冶金工业酸洗生产的酸洗工艺，并提出了消除污染，代替酸洗的途径。

§ 2. 对酸洗方法的分析

在冶金工业中，为了使金属（钢、特殊钢、铜等）表面清洁，清除表面的氧化物，得到较好的表面，防止金属氧化物在压力加工时压入金属内部，因而在金属压力加工前广泛采用硫酸（最多）、盐酸、硝酸、氢氟酸、磷酸或上述几种酸的混合液，一边加热，一边清洗，除掉金属表面的氧化物。以钢材为例，它的基本原理是：酸从氧化物表面的孔隙、裂缝中，经过外层为 Fe_2O_3 ，中层的 Fe_3O_4 ，渗入到以 FeO 为主的内层。由于 FeO 溶于酸，从而破坏了整个氧化层与金属基体的结合。同时酸和金属基体 Fe 的作用，产生氢气，又进一步削弱了氧

化层和金属基体的附着力使金属氧化层脱落。各种材质的氧化层与金属基体的附着力是不相同的。被除掉的金屬的氧化物和酸液构成酸洗废液，其酸的浓度可高达百分之十左右。同时，为除去金属表面的残留酸液，需用清水冲洗，而形成了酸洗废水，其酸的浓度为百分之零点三左右，大致每酸洗一吨钢材，约有三至四公斤的铁溶解到酸洗液中。因此，按酸洗废液的成份， H_2SO_4 10%， $FeSO_4$ 15% 计算每酸洗一吨钢材，约产生 55 至 72 公斤酸洗废液。在日本，小规模酸洗车间每小时产生废液一吨左右。中等规模的车间每小时产生的废液三至五吨。大规模的酸洗车间每小时产生废液在 10 吨以上。比利时每月处理一万吨钢材的车间酸洗液用量每日 20 至 60 米³，冲洗水另每小时 2.5 至 5 吨，这种酸洗法，对于高精度的产品，以及需要镀锌、镍、锌、铜等的产品尤其重要。近年来，虽然用酸洗法去除金属的氧化层很有效，并发展了现代化的连续酸洗机组，使酸洗速度提高到 240 米/分，但是，出酸带来的金属酸洗脆性还没有较好的防止办法，而且产生大量的酸洗废液和酸洗废水排放出来，污染了自然水域。我们以硫酸为例，一吨带钢消耗酸 15~30 公斤。而真正消耗于酸洗的酸只占 50% 左右，损失于废酸溶液中的酸占 40%，被洗脏的水带走的酸占 10% 左右。酸洗操作的温度通常 70°~80°C 范围，因此，酸洗过程中，生成大量的硫酸亚铁溶解在酸液中，从而降低硫酸的活性，使原来的硫酸溶液渐渐失效，变为废酸。这种酸的废液，酸性高，毒性大，腐蚀性强，加上大量的酸洗废液必然腐蚀排水管道，厂房基础，影响环境和水流。大型冶金联合企业，由于酸洗工作量大，废酸液多，有可能集中修建综合处理的设施，例如用浓缩薄膜蒸发等办法回收废液。而对于中小型企业，修建这种回收废液的设施则由于占地面积大，投资

高，划不来。为了防止污染，就不得不减少或者取消酸洗，代之以其他的金属表面处理方法。实践证明，在冶金工业中，酸洗是适用大多数产品的通用工艺，但不是唯一的方法。有些产品必须经过酸洗，我们应尽量减少酸洗次数。有些产品则可以用其他手段代替酸洗，达到工艺要求。这要视具体情况而定。

§3. 代替酸洗方法简介

一、电解化学法——中性电解法

很早以前人们就知道采用电化学浸蚀的方法从金属表面去除氧化层。电解质是盐酸、硫酸及其盐类的溶液或碱溶液。由直流电的作用，加速了酸溶液中氢的析出，使析出的氢气机械地破坏了氧化层的附着力，并使高价氧化物还原成为溶于酸的低价氧化物。因此，电解酸洗过程，要比通常的化学酸洗（如前所述）的过程迅速得多。据报道，1937年美国某工厂在酸洗时通电强化，使生产效率提高35%。但后来化学酸洗法工艺进一步完善，去锈速度加快，方法简单，迫使中性电解酸洗法暂时停顿下来了。六十年代以后，由于酸洗法污染越来越严重，促使各国加强了电解酸洗工艺的研究。奥地利、日本、西德、苏联等国开始对无毒无害的硫酸或硝酸钾溶液、硝酸水溶液或氯化钠水溶液等中性电解液进行了大量的研究和试验。美国 and 英国等着重研究无毒、无腐蚀性的有机酸电解液。它们的目的，都是要消除化学酸洗法带来的污染。

这里就其中一种工艺流程和基本原理简述如下：

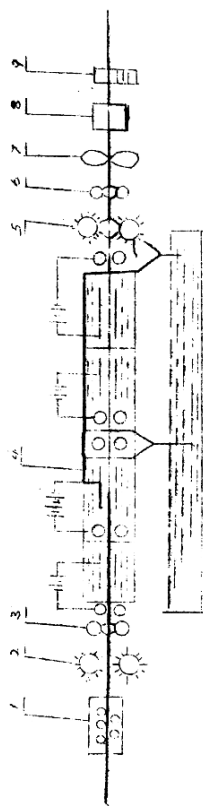


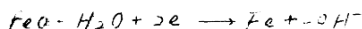
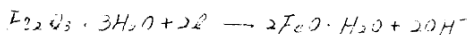
图1. 工 艺 流 程

- | | | |
|----------|--------|---------|
| 1. 剥壳机 | 2. 清刷机 | 3. 冲壳装置 |
| 4. 中柱电筛器 | 5. 清刷机 | 6. 冲壳装置 |
| 7. 烘干装置 | 8. 拔丝机 | 9. 摆板机 |

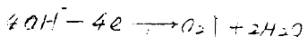
线材经过反复弯曲的剥壳机1，使大部分金属氧化层破碎，再由清刷机2和清洗装置3冲刷干净，进入由若干对阴阳极相向的电解槽4中。阴极电解槽的阴极板与直流电流的负极相联，阳极电解槽的阳极板与直流电流的正极相联。电解槽内装入一定量的、根据被处理金属材料的材质而配置的相应的电解液。通常阳极板采用石墨，阴极板为铁板，电解液为2%的 Na_2SO_4 溶液。经过电解去锈的线材，由清刷机5、冲洗装置6、烘干装置7，进入拉丝机8，卷取机卷成盘条。

这里以普通碳钢盘条为例说明其工作原理：

阳极槽：石墨板为阳极，盘条为相对阴极。盘条表面氧化铁皮中的高价铁化合物，吸收电子而还原为低价氧化物或铁离子。



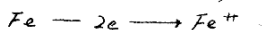
而电解液中带负电的氢氧根离子 $[\text{OH}]^-$ 和硫酸根离子 $[\text{SO}_4]^{2-}$ ，向阳极石墨板方向移动。由于 $[\text{OH}]^-$ 离子的电位比 $[\text{SO}_4]^{2-}$ 离子的电位更低，使得 $[\text{OH}]^-$ 离子比 $[\text{SO}_4]^{2-}$ 离子更迅速地在阳极板。其反应如下：

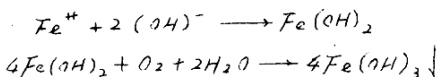


在石墨板上生成的氧气，使石墨燃烧，生成二氧化碳，使石墨电极疏松，剥落，损耗。

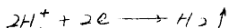


阴极槽：盘条相对于阴极铁板为阳极，经过阳极槽处理后，铁离子还原成铁原子，并进一步反应，生成氢氧化铁：





这时铁表面上反应为



这样就除掉了氧化铁皮。

采用中性强电解除磷，使得金属材料消除了由于酸洗而造成的酸洗脆性，从而使得可能的轧制压下量比酸法处理的金属材料增大10%，提高了表面光洁度，不易生锈。对金属材料腐蚀作用小，金属损耗少，成本低。据上海交通大学和上海第四冷带厂试验，中性强电解除磷成本为4元/吨左右，而酸洗法为6元/吨左右，电耗为30度/吨左右，且电解除磷除漆加少带被带出的电解液外，基本上不变质。按机组同连续酸洗机组比较，占地面积小。去磷速度接近15米/分。这种设备不仅适用于碳素钢，也适合于各种类型的不锈钢，硅钢，精密合金和铜合金等。但断面尺寸不宜过大，有资料介绍：断面直径小于5毫米的材料，用中性强电解除磷最好。

应该指出，采用中性强电解除磷，情况比较复杂。不同的材料需要不同的电解液和电极，同种电极和电解液，电压大小和电流密度不同，除磷效果也不相同。在相同的条件下，材料的磷层厚度不同，处理的时间长短也不同。这些参数的选择和电解液的配方，只有在实践中反复实验，取得经验。值得注意的是，这种方法有胶状沉淀物析出，不溶于水，目前还没有较好的方法处理，特别是含铬的金属材料，析出氢氧化铬，仍污染水洗。

目前这种方法，虽然搞了一些工业性试验，但仍不成熟，故没有得到推广。

二、机械方法除鳞

(一) 弯曲除鳞:

这种除鳞的基本原理是利用金属材料受外力后,产生一定的弹塑变形,而金属材料表面的氧化层则因质脆,而破裂。用机械方法反复弯曲金属材料,使鳞层破碎、脱落,达到除鳞的目的。

弯曲除鳞机有多种型式,这里列举两种:

1. 辊式弯曲除鳞机:一般由垂直辊和水平辊内各有三个或三个以上的辊子,线材从这些辊子中间通过时分别经历一个或几个弯曲循环,使鳞皮破碎,再经由刷洗机3、冲洗装置4、烘干装置5处理。卷取机6收集。如图2。

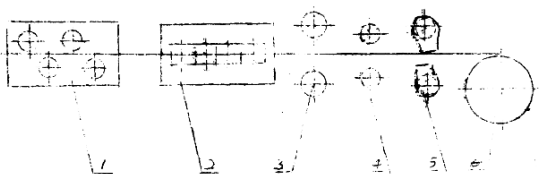


图 2, 辊式弯曲除鳞机示意图

1. 垂直平辊, 2. 水平平辊, 3. 刷洗机
4. 冲洗装置, 5. 烘干装置, 6. 卷取机。

一般设计中，棍子直径的选择，是以金属材料延伸变形另4%~12%为依据。实践证明，金属材料室内存放或事先经干燥处理，效果更好。

工四曲率的重曲除锈装置 如图3。

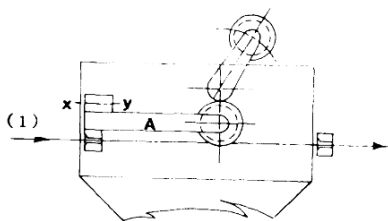


图 3a.

线材直接通过，(1)线材

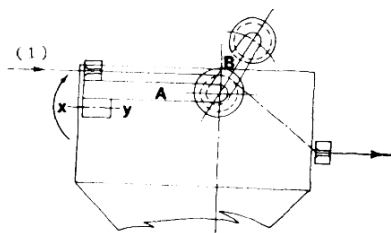


图 3b.

杆A绕x-y轴旋转 180°

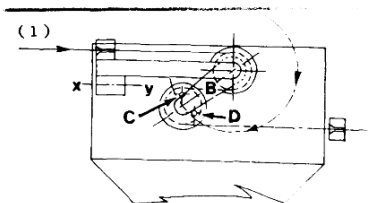


图 3c.

杆B绕本身轴旋转到C.D

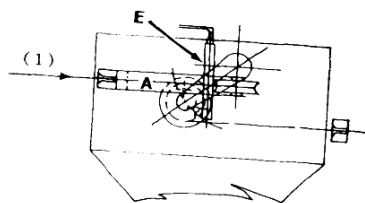


图 3d.

杆A绕x-y轴旋转 90° .

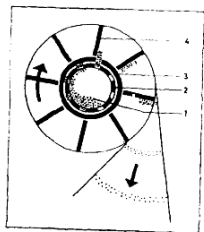
E压紧装置.

这种装置适用于各种材料。在提按相同的条件下，可以使不同的反复弯曲程度和次数，实现除锈。

弯曲机械除鳞，一般用于材料加工硬化不严重，技术条件要求不高，产品质量要求不严格和允许有少量残存鳞皮的情况，如：制钉用的钢丝、建筑用的钢筋、铝丝制品的废料等。这种除鳞方法可以单独使用，也可以做为粗除鳞手段，作为精除鳞的前道工序。

(二) 喷射法除鳞：

1. 离心式喷射法。早在1937年以前德国为Georg Fischer公司以Wheelabrator喷丸法做为机械除鳞的基本方法列入他们的专利和生产项目。美国首先在生产中采用，再加以完善。第一架线材除鳞机在工世上成功使用后，1950年有一个报告作了介绍。那时欧洲的几家工业企业，已经开始用喷丸机对钢筋、放线、带、短棒、棒和各种断面材料除鳞。近年来这种设备发展很快，在世界一些国家已经系列化生产。基本原理如查4。它是把直径0.1至0.8毫米的球形或带肩的喷射剂1，经过轴心的圆筒送

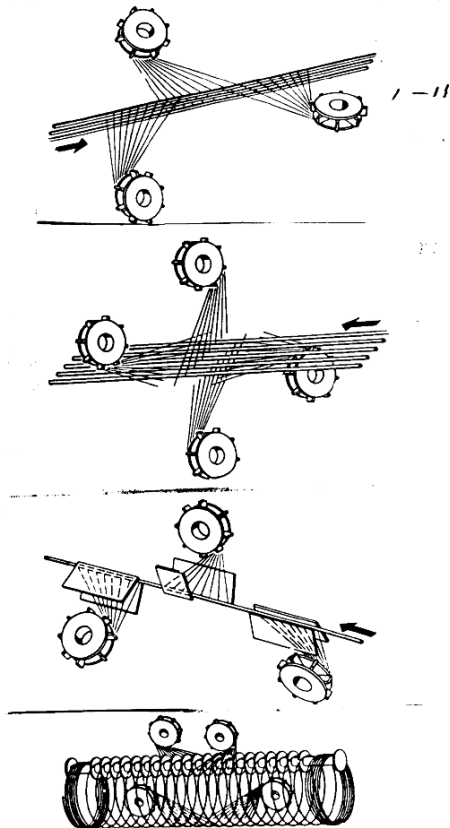


查4. 离心式喷射法原理

1. 喷射剂。

2. 转动分配口。 3. 进给筒。 4. 喷射轮叶。

入以2000至4000
 转/分高速旋转的
 喷射轮的转动分
 配口2，经过带
 有排出口的进给
 筒3，到叶片4。
 喷射剂1由喷射
 轮带着旋转，以
 100米/秒的速度
 由出口喷射到金
 属表面上，依给
 喷射剂所获得的
 动能，打碎金属
 材料表面的鳞皮，
 达到除鳞的目的。
 一般喷射轮可以
 1000公斤/分的数
 率喷射金属颗粒。
 这些颗粒，经过
 一个与鳞屑分离
 的过程，再重新
 导入喷射轮中去
 继续工作。离心
 喷丸机的基本型
 式有以下几种：
 卷5a为多股纵
 向喷射除鳞原理



卷5. 离心式喷射法除鳞基本型式

- a) 多股纵向喷射除鳞
- b) 多股横向喷射除鳞
- c) 单股纵向喷射除鳞
- d) 单股环向喷射除鳞

各，图5b为多股横向喷射除磷装置。这种多股喷射机，用于经过矫直的成卷线材的除磷，除磷后的线材可直接进入拔丝机，也可以重新捲成盘卷。这种设备最多可以同时处理3至16根线材或棒材。图5c为单股纵向除磷装置。用于全自动线材棒材除磷线上。

图5d为单股环形除磷装置，多用于连续操作和大断面成卷的盘条除磷。采用这种方法材料可以不用反复弯曲，避免了加工硬化。目前这种除磷方法的卷重可达1200公斤，直径为550到1300毫米。

这里列举了瑞士一个厂家线材棒材喷射除磷机系列化设计性能，以及应用范围和达到的表面质量，见表1、表2。

喷射除磷的速度一般取决于磷皮的多少，新质的种类，工件的形状，所需表面光洁度和粗糙度。合理选择叶片的数目和喷射导流的形式，保证喷射剂能够充分利用，可以使除磷效果提高3%，材料通过速度也可以提高。

这套除磷设备有资料介绍用于截面尺寸5~35毫米的圆棒、六角、扁棒各种断面型材，线材和棒材，也有的资料介绍材料截面尺寸为25~45毫米，甚至用于直径达80毫米或更大一些的截面的圆棒。据介绍，一台这样设备，平均年产量为三万吨或更多，视生产班次和材料材质、规格、尺寸而定。卷重越大（例如达到1200公斤），利用这种技术，经济效益越好。由于盘卷加重，辅助工序时间减少，使生产率可以提高。

离心喷射法除磷，有许多优点。这种方法处理金属材料表面，不会产生磨削所造成的火伤加工热，避免材料烧损和表面化学成分的变化。不会因反复弯曲引起材料加工硬化，而且除磷精度高，同化学除磷法相比，不会产生那种由于氢的扩散

表1. 线材磷材喷射除磷机

机 械 参 数			特 性										性	
型 号	最大 喷射 速度 m/s	最大 喷射 压力 MPa	W K K	磷 线	通 表	横 断 面					喷射 速度 m/s	喷射 压力 MPa		
						●	●	■	-	△				
WFL-3/43	1	2	31		X		X	X				5-20	60	
WFL-3/63	1	3	48		X		X	X	X	X	X	5-35	100	
WFL-3/65	1	3	72	X	X		X	X	X	X	X	10-50	80	
WFL-3/68	1	3	100	X			X	X	X	X	X	20-80	40	
WFL-3/88	1	3	71		X		X	X	X	X	X	5-35	100	
WFR-431	1	4	100		X		X	X	X			10-22	120	
WFR-43/V	1	4	112		X	X	X	X	X	于		10-22	100	
WFL-263	5	3	70	X			X	X	X	X	X	3-50	60	
WHU-4/4A	15	4	102	X			X	X	X	X	X	100	11	
WHU-4/40	15	4	166	X		●	X	X	X	X	X	200	11	
WHU-4/4AS	15	4	116	X			X	X	X	X	X	100	11	
							X	X	X	√	X			

各种除磷设备的应用范围，达到的表质等级见表2

表2. 除磷设备的应用范围，表质等级

喷射方法	材 质	通过速度 m/s	表质粗糙 度	达到的质 等级及Sa
纵向喷射	结构 合金钢	60~150	15~25 μ m	3
a 纵向喷射	刃切 钢	60	25~40 μ m	3
b 横 " "		5~15	15~25 μ m	3
成条综合 喷射或鲜	高级合金钢	120	25~40 μ m	3

而造成的脆弱性,也不会有中性电解法除鳞而造成电极将离碳的污染,在合理操作的情况下,金属损耗也比化学除鳞法要少,而且没有酸蒸汽,对人体的毒害,可以使废酸的排污量减少90%。由于离心喷射除鳞占地面积小,结构紧凑,可以水平安装,工艺流程的速度高达150米/分,喷射剂可以循环使用,成本低,上述种种优点促使离心喷射除鳞法在一些国家得到迅速发展,不断完善。例如在西德线材生产中已有50%以上的产量采用这种方法除鳞,并且还有继续稳步增长的趋势,在法国,英国等西欧国家也都引进这种技术,而且有各自的论述。这种除鳞方法的缺点是虽然有喷射导板,但喷射剂不可能全打在要处理的金属材料表面上,因此功率消耗比较大。由于与喷射剂相接触的另件,在工作过程中磨损严重,不得不加大这些另件尺寸,从而提高了设备重量,而且需要用特殊材料(如高锰钢)制造这些另件,造成加工困难,加工费用将高,备品备件也要有一定储备。

对于喷射剂,目前世界上许多国家也进行了大量的试验和研究,就喷射剂的种类来说,可以用沙粒,石英砂粒,金刚砂粒,玻璃球等,非金属颗粒,但更多的是选用金属颗粒,也可以用铁丸,也可以用和被除鳞材料基本相同的材料制成的颗粒。喷射剂的种类及其粒度、形状,要视被除鳞的材料、断面尺寸、鳞层厚度、精度要求、运行速度而定。但是不管选用何种喷射剂,都要求喷射剂的形状、粒度有较高的稳定性,硬度要高。

图6为不同线材直径、除鳞速度与除鳞的平均生产力的关系。

图7为给定线材直径条件下,喷射剂的喷射强度与调节导板位置的关系。

图8为线材不同通过速度的条件下,线材直径、生产