

● 曹光锐 \ 劳嘉葆 \ 译

造纸工业 腐蚀问题 译文集

● 轻工业出版社

造纸工业腐蚀问题译文集

曹光锐 劳嘉葆 译

轻工业出版社

内 容 提 要

本译文集选择了国外近年来发表的有关造纸工业腐蚀问题方面的论文共三十篇。其中包括:碱法蒸煮、漂白、碱回收、造纸、白水回收等工艺过程产生腐蚀的原因、防腐蚀方法、新型耐腐蚀材料的使用等。本书可供造纸工业生产、科研和设计部门的技术人员参考,也可供造纸专业院校师生参考。

造纸工业腐蚀问题译文集

曹光锐 劳嘉葆 译

轻工业出版社出版
(北京阜成路3号)

北京印刷一厂印刷
新华书店北京发行所发行
各地新华书店经售

787×1092毫米1/32 印张: 7¹⁶/₃₂ 字数: 166 千字

1983 年 6 月 第一版第一次印刷

印数: 1—4,000 定价: 0.87 元

统一书号: 15042·1770

目 录

世界制浆造纸工业防腐蚀的费用问题·····	(1)
在硫酸盐蒸煮液中钢的腐蚀机理及防止方 法·····	(7)
碱法蒸煮加热器采用镍合金·····	(20)
连续蒸煮器腐蚀估价与焊接复层经验·····	(24)
漂白工段不锈钢的腐蚀·····	(27)
用于漂白车间腐蚀环境的钛板·····	(30)
在漂白车间应用高钼不锈钢·····	(32)
在含 Cl_2 及 ClO_2 水溶液中高合金不锈钢的抗 腐蚀性能·····	(42)
漂白系统的封闭·····	(50)
正确选择结构材料可以减少漂白车间腐 蚀·····	(57)
碱回收炉的腐蚀·····	(71)
硫酸盐法浆厂回收系统中的氯化物·····	(96)
碱回收炉耐腐蚀组合物或不锈钢复合管·····	(109)
复合管可以在碱回收炉上至少使用25年·····	(114)
纸机的腐蚀问题·····	(121)
监控纸机湿部辊子的腐蚀·····	(132)
真空辊的腐蚀和微生物作用·····	(138)
封闭白水系统的腐蚀问题·····	(146)

不锈钢在白水中的腐蚀问题.....	(150)
封闭水系统和清洗设备的方法对造纸设备	
腐蚀的影响.....	(156)
阳极保护控制腐蚀.....	(165)
阴极保护.....	(170)
经常寻找难以发现的腐蚀根源以解决工厂	
的腐蚀问题.....	(178)
Westvaco工厂测量和预示腐蚀速率的新方	
法.....	(183)
加固塑料衬里在造纸工业中的作用.....	(191)
能抵抗氯化物和应力腐蚀破裂的铁素体不	
锈钢新材料.....	(199)
在造纸工业中使用玻璃纤维增强塑料管线	
及设备.....	(211)
用于制浆造纸工业的玻璃纤维增强塑料离	
心泵.....	(215)
在制浆造纸工业中应用镍钴基合金.....	(219)
制浆造纸工业管道用高强度铸铁.....	(228)

世界制浆造纸工业防腐蚀 的费用问题

M. F. 达维 W. A. 米勒

制浆造纸工业因腐蚀问题所消耗的资金，约占单位成本的30%。由于腐蚀问题，好多设备提前更新，在未达到寿命之前就不能使用，使产量下降，停机时间延长。

为了考虑腐蚀问题，造纸厂在采用软钢管线及设备时，加大了厚度以保持其强度。还需采用合金钢、玻璃钢、耐腐蚀衬里、耐酸涂料等材料，从而使投资增加。如果在建厂时对腐蚀问题考虑不够，在生产过程中的维修费用一定会大大增加。

对纸厂进行调查研究的结果指出：由于考虑腐蚀问题所增加的投资约占总投资的6.5~8%（见表1）。

表 1 由于腐蚀所增加的投资占总投资的百分数

漂白硫酸盐浆厂	8%
未漂白硫酸盐浆厂	7.0%
挂面纸板厂	
新闻纸厂	6.5%

1969年加拿大在新建厂投资中，考虑腐蚀问题所增加的投资为22,000,000加元。其投资的分配及与总投资的关系见表2。

表 2 **1969年加拿大新建纸厂关于腐蚀问题的估算投资**

	总 投 资 (加元)	防 腐 蚀 投 资 (加元)
结 构 (土 建)	55,000,000	3,000,000
设 备	235,000,000	19,000,000
共 计	290,000,000	22,000,000

从表 2 可以看出, 防腐蚀的投资占总投资的 $22/290 = 7.6\%$ 。总投资中, 设备投资占 $235/290 = 81\%$, 耐腐蚀的投资中, 设备占 $19/22 = 86\%$ 。

加拿大纸厂还进行了一次关于纸厂腐蚀费用的调查, 内容列于表 3。

表 3 **1968年加拿大纸厂用于腐蚀费用分类表**

生产方法, 部门	产 量 (风干)	投资费用 (加元)	运行费用 (加元)	共 计 (加元)
备 木	17,181,000	450,000 (0.026)	2,900,000 (0.169)	3,335,000 (0.195)
机械法制浆 (GP)	7,079,000	1,130,000 (0.160)	850,000 (0.120)	1,980,000 (0.280)
未漂白亚硫酸盐法制浆 (SP)	2852000	800,000 (0.302)	950,000 (0.358)	1,750,000 (0.660)
新闻纸厂 (GP+SP) 生产车间	9,731,000	5,070,000 (0.521)	1,460,000 (0.150)	6,530,000 (0.671)
辅助车间	9,731,000	1,650,000 (0.170)	1,270,000 (0.131)	2,920,000 (0.301)

续表

生产方法, 部门	产 量 (风干)	投资费用 (加元)	运行费用 (加元)	共 计 (加元)
硫酸盐法制浆	6,452,000	1,420,000 (0.220)	3,550,000 (0.55)	4,970,000 (0.77)
回收	6,452,000	1,030,000 (0.16)	3,480,000 (0.539)	4,510,000 (0.699)
漂白	3,560,000	1,210,000 (0.34)	5,480,000 (1.539)	6,690,000 (1.879)
抄纸	6,052,000	1,510,000 (0.250)	2,900,000 (0.497)	4,410,000 (0.729)
辅助车间	6,052,000	1,670,000 (0.276)	3,210,000 (0.530)	4,880,000 (0.806)
其它浆及纸	998,000	980,000 (0.982)	1,470,000 (1.473)	2,450,000 (2.45)
共计	17,181,000	16,920,000 (0.985)	27,520,000 (1.602)	44,440,000 (2.587)

注：括号内数据为加元/风干吨。

从表 3 可以看出：硫酸盐法浆产量为总产量的 (6452/17181) 37.6%，但用于防腐的投资及维修费用(除备木外)，约占总防腐及维修费的 (2545/44440) 57.2%。在硫酸盐法生产过程中，漂白防腐费用最大，占硫酸盐法生产防腐总费用的26%。

维修费用分预防及修理两类，包括人工及材料费用在内。由近期发表的统计材料可以看出：加拿大造纸工业1971年用于维修的费用在2~2.5亿元之间，取平均值为2.25亿元。用于腐蚀的费用占维修费的 (2752/22500) 12.2%，如果将投资费用也计算在内，可达(4444/22500)19.7%。

部分国家1971年浆纸产量、腐蚀用费见表 4。

表 4

1971年部分国家浆纸产量、腐蚀用费

(浆、纸产量为表中数值×1000短吨)

地区及国家	溶解 浆	漂 白 亚硫酸 盐 浆	未 漂 亚硫酸 盐 浆	漂白和 半漂硫 酸盐浆	未漂 硫酸 盐浆	烧 碱 法 浆	机 械 浆	半 化 学 浆	总 计
北 美	2120	2302	2208	18509	17294	166	14797	3954	61370
美 国	1684	1656	368	12994	18526	166	7169	3641	43504
加 拿 大	436	646	1860	5515	1468	0	7628	313	17868
西 欧	1268	3344	1846	5375	4807	0	9375	1628	27643
澳大利亚	106	396	45	11	172	0	238	57	1025
比 利 时	0	22	16	138	32	0	190	0	398
丹 麦	—	—	—	—	—	0	5	93	98
芬 兰	263	513	684	1545	1309		2205	358	6877
法 国	112	224	90	417	406		512	234	1995
西 德	195	527	52	0	0		1018	56	1848
爱 尔 兰	0	0	0	0	0		40	0	40
意 大 利	82	74	4	16	14		564	170	924
荷 兰	0	0	0	0	0		161	17	178
挪 威	97	415	157	70	168		1336	94	2337
葡 萄 牙	0	54	—	321	118		0	0	493
西 班 牙	54	14	0	247	187		184	20	706
瑞 典	314	912	667	2533	2245		2354	368	9393
瑞 士	0	48	60	0	0		149	0	257
土 耳 其	0	26	21	0	38		86	12	183
英 国	0	70	0	0	0		228	118	416
南斯拉夫	45	49	50	77	118		105	31	475

续表

地区及国家	溶解浆	漂亚硫酸盐	白未漂亚硫酸盐	漂白和半漂硫酸盐浆	未漂硫酸盐浆	烧碱法浆	机械浆	半化学浆	总计
拉丁美洲	67	118	50	581	525	87	361	90	1889
阿根廷	0	31	2	53	24	18	67	30	225
巴西	67	58	46	289	208	69	102	46	885
智利	0	18	0	145	89	0	124	0	376
哥伦比亚	0	0	0	0	48	0	0	14	62
墨西哥	0	11	2	94	166	0	68	0	341
亚、非、太平洋	907	99	361	3605	2961	68	3587	988	12576
澳大利亚	0	18	14	38	84	66	255	200	675
印度	0	0	0	0	0	0	33	0	33
日本	601	71	342	3209	2293	2	2701	710	9929
新西兰	0	0	0	111	229	0	290	10	640
南非	263	0	0	91	191	0	173	8	726
其它	43	10	5	156	164	0	135	60	573
合计	4362	5863	4485	28070	25597	321	28120	6660	103478
美元/吨风干浆	2.65	3.71	1.83	5.08	3.20	3.20	1.45	1.83	3.09
腐蚀用费(百万元)	11.5	21.7	8.2	142.6	81.9	1.0	40.8	12.2	319.9
占成本%	3.6	6.8	2.6	44.6	25.6	0.3	12.8	3.8	109

几个主要产纸国家腐蚀费用

续表

地区及国家	溶解浆	漂亚硫酸盐	白未漂硫酸盐	漂白和半漂硫酸盐	未漂硫酸盐	烧碱法浆	机械浆	半化学浆	总计
美 国 (百万元)	4.5	6.1	0.7	66	50.6	0.5	10.4	6.7	145.5
占 %	3.1	4.2	0.5	45.4	34.8	0.3	7.1	4.6	100
加 拿 大 (百万元)	1.2	2.4	2.4	28.0	4.7	0	11.1	0.6	51.4
占 %	2.3	4.7	6.6	54.5	9.1	0	21.6	1.2	100.0
日 本 (百万元)	1.6	0.3	0.6	16.3	7.3	0	3.9	1.3	31.3
占 %	5.1	1.0	1.9	52.1	23.3	0	12.5	4.2	100
瑞 典 (百万元)	0.8	3.4	1.2	12.9	7.2	0	3.4	0.7	29.6
占 %	2.7	11.5	4.1	43.6	24.3	0	11.5	2.4	100
芬 兰 (百万元)	0.7	1.9	1.3	7.8	4.2	0	3.2	0.7	19.8
占 %	3.5	9.5	6.6	39.4	21.2	0	16.2	3.5	100.0

(曹光锐节译自《制浆造纸工业腐蚀问题论文集》

卷一, 1974, P.1~6)

在硫酸盐蒸煮液中钢的腐蚀 机理及防止方法

W. A. 米勒

1879年达耳 (Dahl) 首先提出硫酸盐制浆法。50年后哈尔塞 (Halsey) 于1930年报导, 硫酸盐法蒸煮锅由于腐蚀而爆炸, 死三人, 伤四人, 损失100,000美元。通过调查测定了66个蒸煮锅的厚度, 有的锅用了35年, 有的锅皮厚度减少了68%, 需要减压生产, 甚至更新。

1950年以后, 一些报导提出硫酸盐法蒸煮锅的腐蚀率增加了。

目前一般纸厂所用硫酸盐法蒸煮液组成见表1。

表1 硫酸盐法蒸煮液平均组成

	NaOH	Na ₂ CO ₃	Na ₂ S	Na ₂ S ₂ O ₃	Na ₂ SO ₃	Na ₂ SO ₄	NaCl
绿液 (克/升)	20	121	40	4.0	1.0	5.5	7.7
白液 (克/升)	95	27	39	5.2	1.0	6.5	8.0

有苛化时, 由于氧化作用将 Na₂S 氧化成 Na₂S₂O₃ 及 Na₂SO₄。近期报导, 某些厂这种氧化程度比表1所示要强得多。NaCl 来源于海运木材、漂白车间逆洗白水的回用。这些盐类都促进蒸煮锅的腐蚀。

腐蚀的情况、原因及结垢的影响

CaCO_3 在锅皮上的结垢，保持锅皮不受腐蚀但不彻底。 CaCO_3 结垢很易脱落。调查了一些加拿大纸厂蒸煮锅的腐蚀情况，得出以下结论：

硫酸盐蒸煮锅的结垢有两种，一种是主要在轧钢时形成的氧化铁（轧制氧化皮）。这种氧化铁垢层能保护其下面的钢板，直到其本身剥落为止。另一种是在蒸煮过程中形成的主要成分是 CaCO_3 的结垢。这种结垢，在焊缝附近、进液喷溅部位，或喷放后黑液溅滴部位都很少见。由于结垢受来自喷放后锅皮弹性收缩的不均匀的压应力作用而脱落。不均匀的压应力原因是液体对结垢的湿润及冷却，或由于锅皮凸度不同所致。

在装锅送液过程中，锅皮由于液面上升而缓慢冷却的部位确有结垢。装锅时木片偏于一边，使送液喷溅到另一边，被喷溅的一边没有结垢，见图1（用装锅器时，可能没有这种现象）。

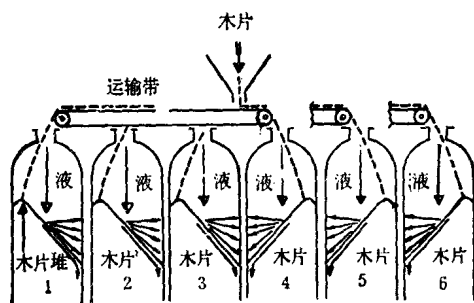


图1 装锅送液喷溅图

如果发现在送液喷溅部位有腐蚀，可以改变进入锅内木

片的位置，使送液喷溅到另一边有保护垢的锅皮上，这样可以延长锅的寿命。

蒸煮锅皮钢的成分与腐蚀的关系

钢中含Si量越多，锅的腐蚀越严重。图2为若干不同试验的结果。数值的不同可能受其它因素影响，但Si含量与腐蚀成直线关系是一致的。

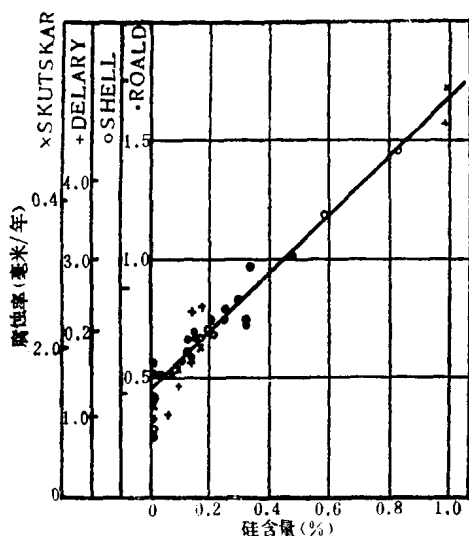


图2 钢中Si含量对蒸煮锅腐蚀率的影响

新发展的含Si量高达0.20%的镇静钢 (Killed steel) 比以往旧的含Si量少的 (0.005% Si) 沸腾钢制成的碱煮锅腐蚀较重。焊接部位及其附近，由于含Si量高，腐蚀更厉害。

为了减轻碱煮锅的腐蚀，有的厂也采用了用不锈钢衬里的复合钢板作为锅皮。

钢的电化学行为与钝化

即使在相同的环境条件下，腐蚀率也不尽相同。例如在白液中加3克硫/升，钢的腐蚀率波动在10~20(或0.25~0.5毫米/年)到650~750(或16.6~19毫米/年) MP2TC(2000锅损失的0.025毫米倍数，相当于一年损失的0.0025毫米倍数)。后者情况一年使锅壁厚度变薄18毫米。

图3、4为碳钢浸在白液中的电位与时间的曲线，表示有两个稳定状态：(1)活化状态，电位-1.0~-1.15伏；(2)钝化状态，电位-0.65~-0.8伏。试验后试样称重的

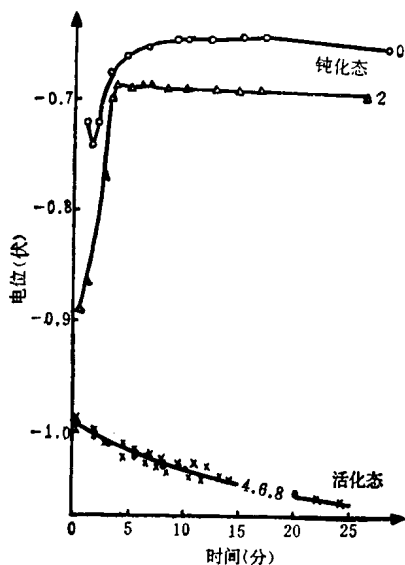


图3 电位-时间曲线

在清水中洗0, 2, 4, 6, 8分以后再浸于白液表示对轻微钝化的钢试样活化的影响

结果说明，在活化状态试样重量损失最大，比钝化腐蚀大好几倍。在钝化与活化状态的临界附近，腐蚀率变化很大，取决于试样准备时的具体情况。上述发现，说明腐蚀率波动的原因。图5为极化曲线，也说明了有两个稳定状态。腐蚀-电位曲线说明，由一最高电流密度及腐蚀率将两种状态分开。

图6为碱煮过程

中所测定的 电位-时间曲线。图 6 表示放锅后，锅皮处于钝化状态，送液后又活化。锅皮在碱煮过程中，有70~80%时间处于活化状态。在活化状态时，锅皮受到腐蚀。

图 7 为碱煮过程中腐蚀的重量损失与时间的关系。也说明在钝化状态下腐蚀小，在活化状态下腐蚀大。

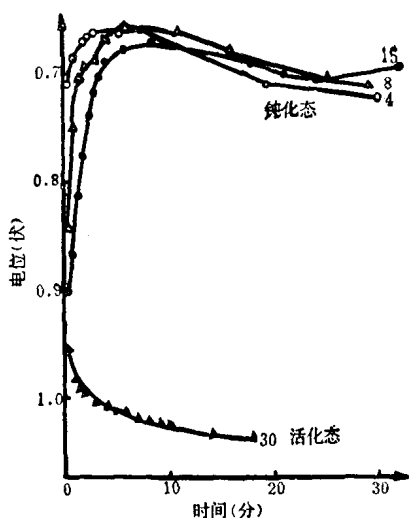


图 4 电位-时间曲线
在清水中洗4,8,15,30分,再浸入白液表示对强(阳极)钝化钢板的活化影响

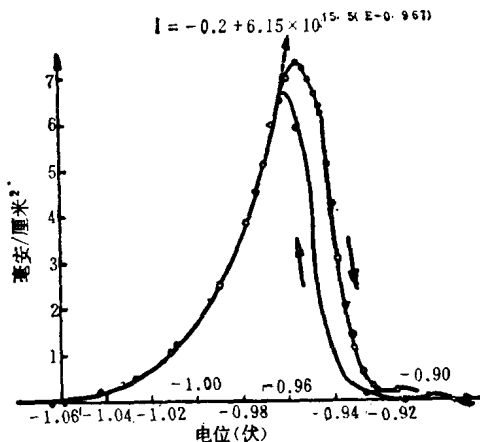


图 5 钢浸于白液中于30°C测定的慢(107毫伏/时)升及慢降电位的连续极化曲线 · 增加电位 · 降低电位

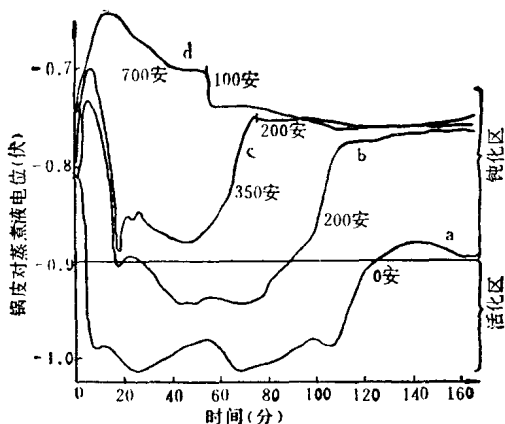


图 6 在间接通汽碱煮过程中变动电流的电位-时间曲线

- a. 保护电流0安 b. 保护电流200安 c. 保护电流350/200安
d. 保护电流700/100安

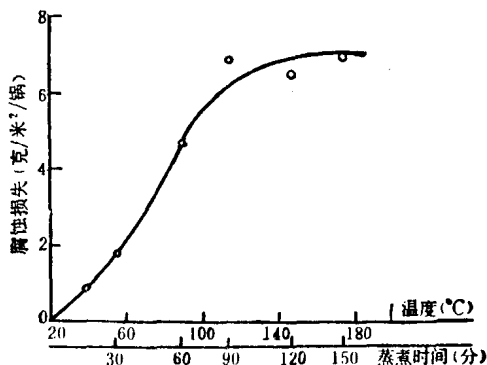


图 7 碱煮过程中重量损失与时间关系

蒸煮液中有少量多硫化物时，对锅皮有腐蚀作用；达到一定浓度时（至少 2～5 克/升）使锅皮钝化。对不锈钢所