

耐磨橡胶衬板的研制

张志强¹ 陈守明² 刘兴衡³

(云南省橡胶制品研究所 650233)

向永惠⁴

(云南省个旧市橡胶制品厂 661400)

摘要 球磨机采用橡胶衬板代替锰钢衬板具有许多优点。本文介绍了在橡胶衬板的配方设计及结构设计等方面进行的实验研究,所研制出的橡胶衬板耐磨性能优异,加工工艺性能良好,使用效果满意。

关键词 球磨机,橡胶衬板,耐磨耗性,配方设计,结构设计

橡胶具有较好的耐磨特性,用橡胶代替合金钢作湿式磨机衬板的设想早在1919年加拿大Nipissing矿就作过尝试。60年代初,瑞典Skega橡胶公司与波兰登采矿公司合作应用橡胶作耐磨衬板获得成功。自此,橡胶衬板在选矿、水泥、建筑、陶瓷、化工等方面的各种磨机中获得了广泛的应用。目前世界上已有六七十个国家在不同规格、类型的湿式磨机中使用橡胶衬板,其中瑞典、加拿大、美国、前苏联、澳大利亚、日本、北欧各国和前联邦德国使用最多,并获得显著的经济效益^[1]。

橡胶衬板较锰钢衬板使用寿命长,磨料耗量低,能耗降低10%—15%,噪声降低8%—15%,我国于1971年已开始着手研制,目前有少数厂家自行设计生产或利用引进技术生产,但如何进一步提高其质量仍是十分重要的研究课题之一。

1 基本配方的确定

根据橡胶衬板的使用条件,要求其耐磨性能优良,拉伸强度较大,回弹值稍大,但密度不宜太大。因此,在配方设计上,应考虑选择耐磨性能及加工工艺性能良好的胶种和有利于提高耐磨性能且补强效果显著的补强剂。另外,由于橡胶衬板是较厚的制品,在使用时温度稍高,故要求其硫化曲线平坦、耐热性能较好、弹性高、密度小。同时还要求少加

或不加除补强剂外的一般填料。

1.1 胶种的选择及变量试验

天然橡胶的物理性能较好,加工性能优良,而耐磨性能不太理想;顺丁橡胶的耐磨性能优良,耐热性能较好,弹性高,而加工性能较差;丁苯橡胶虽具有较好的耐磨性能,但拉伸强度、加工性能均不理想^[2]。为了获得较理想的综合性能,应选择天然橡胶(NR)/顺丁橡胶(BR),或NR/BR/丁苯橡胶(SBR)并用体系。上述胶种并用体系及变量试验配方和物理性能见表1。从表1中可以看出,NR/BR并用时,随着NR用量增加,胶料的拉伸强度、扯断伸长率、扯断永久变形,磨耗量也随之增加,而回弹值则随之降低;而随着BR用量增加,上述性能则刚好相反。NR/BR/SBR并用时同样显示出随BR用量增加磨耗量降低的趋势。说明NR有较好的强伸性能,而BR有较好的耐磨性能和回弹性。表1中所列数据表明,1[#],2[#],6[#]配方虽然磨耗性能好些,但强伸性能较差;4[#],5[#],7[#],8[#]和9[#]配方虽然强伸性能较好,但耐磨性能较差。综合考虑选用3[#]配方进行其它试验。

有资料^[3]介绍,NR/BR等量并用时,不能同时体现两者各自的优点。但我们通过多次试验证明,NR/BR等量并用,其强伸性能、耐磨性、回弹性等综合性能较理想。因此,采用了NR/BR等量并用的配方。

表 1 胶种变量对物理性能的影响

胶种与性能	配 方 编 号								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
胶种									
NR	30	40	50	60	70	30	40	50	60
BR	70	60	50	40	30	50	40	30	20
SBR	—	—	—	—	—	20	20	20	20
物理性能									
拉伸强度, MPa	15.4	16.5	17.1	18.8	20.5	12.5	16.9	18.2	19.1
扯断伸长率, %	360	380	400	440	470	340	440	390	420
300%定伸应力, MPa	12.6	12.6	12.4	12.2	13.6	12.0	11.5	12.7	13.1
扯断永久变形, %	5.6	6.8	8.8	12.0	14.0	4.4	10.8	9.6	12.8
磨耗量(1.61km), cm ³	0.08	0.08	0.09	0.14	0.15	0.10	0.13	0.16	0.15
密度, Mg · m ⁻³	1.08	1.10	1.11	1.08	1.07	1.11	1.10	1.10	1.12
邵尔 A 型硬度, 度	70	68	67	70	69	69	68	72	70
回弹值, %	50	49	48	47	44	46	43	43	43

基本配方: 橡胶 100; 促进剂 2; 硫黄 1.5; 氧化锌 4.0; 硬脂酸 2.0; 炭黑 60; 防老剂 2.5; 软化剂 适量。

1.2 炭黑的选用及变量试验

炭黑的补强效果与炭黑粒子大小、结构、表面性质和表面状态等有很大关系。对常用的几种粒子较小、结构较高、比表面积较大、活性点较多的炭黑进行了对比试验和并用试验, 试验结果列于表 2。

众所周知, 炭黑的粒径越小, 硫化胶的耐磨性越好, 但混炼加工却越困难; 在相同粒径下, 炭黑粒子的结构越高, 硫化胶的耐磨性越

好; 当胶料中的炭黑粒子总比表面积相等时, 较大粒径的炭黑有较好的耐磨性, 而粒径较小的炭黑由于在橡胶中的分散较困难, 其硫化胶的耐磨性能较差^[2]。鉴于此, 采用了工艺性能较好的炭黑 1 与补强效果较好的炭黑 3 并用。从试验结果来看, 14[#] 配方不仅耐磨性能较好, 而且加工过程中吃粉快, 胶料较软, 无粘辊现象。

表 2 炭黑品种及变量试验结果

炭黑品种与性能	配 方 编 号					
	3	10	11	12	13	14
炭黑品种						
炭黑 1	60	—	—	10	20	30
炭黑 2	—	60	—	—	—	—
炭黑 3	—	—	60	50	50	50
物理性能						
拉伸强度, MPa	17.8	16.8	18.0	21.6	20.0	20.1
扯断伸长率, %	460	440	450	470	460	410
300%定伸应力, MPa	10.8	10.8	11.2	13.7	12.7	15.0
扯断永久变形, %	8.8	12.8	11.2	8.0	8.8	10.4
磨耗量(1.61km), cm ³	0.10	0.10	0.08	0.05	0.04	0.03
密度, Mg · m ⁻³	1.11	1.11	1.11	1.08	1.07	1.08
邵尔 A 型硬度, 度	60	67	65	68	68	69
回弹值, %	48	47	48	52	49	48

1.3 硫化促进体系的选择及变量试验

根据球磨机耐磨橡胶衬板的特点, 选择

了胶料焦烧时间长、硫化曲线平坦性好、胶料在模腔内流动性佳、硫化速度适中的硫化促

进体系。采用促进剂 A/硫黄硫化体系进行变量试验,并与促进剂 B/促进剂 C 并用体系对比,其结果列于表 3。从表 3 中可以看出,当硫黄用量为 1.5 份时,促进剂 A 用量在 1.0—1.5 份范围内变化,硫化胶的物理性能都较好;但促进剂 A 用量达 1.8 份时,扯断伸长率已明显下降,这是因为用促进剂 A/硫黄体系硫化单一胶种时,NR 的硫化速度要比 BR 快(主要取决于橡胶硫化反应活性),

而当 NR/BR 并用时,BR 的硫化速度随促进剂 A 用量增加而加快,当促进剂 A 和硫黄用量为某一定值时,NR 相和 BR 相的硫化速度相同;当促进剂 A 和硫黄用量小于这一定值时,BR 相的硫化速度比 NR 相慢,用量超过这一定值时,BR 相的硫化速度将快于 NR 相的硫化速度^[4]。所以选用促进剂 A 和硫黄用量各 1.5 份的 17[#] 配方,其两相交联度相差最小,硫化胶物理性能最好。

表 3 硫化促进体系试验结果

硫化体系与性能	配 方 编 号						
	15	16	17	18	19	20	21
硫化促进体系							
促进剂 A	1.0	1.3	1.5	1.8	1.5	1.5	—
促进剂 B	—	—	—	—	—	—	2.0
促进剂 C	—	—	—	—	—	—	1.0
硫黄	1.5	1.5	1.5	1.5	1.2	1.8	1.5
物理性能							
拉伸强度,MPa	18.5	17.1	18.9	18.2	18.9	19.8	15.0
扯断伸长率,%	410	400	370	320	410	370	320
300%定伸应力,MPa	12.4	14.9	15.6	16.0	13.1	17.0	—
扯断永久变形,%	12.8	12.8	9.6	9.6	9.6	10.8	6.8
磨耗量(1.61km),cm ³	0.05	0.05	0.05	0.05	0.07	0.05	0.07
密度,Mg·m ⁻³	1.10	1.12	1.09	1.08	1.12	1.12	1.09
邵尔 A 型硬度,度	69	68	70	70	69	70	71
回弹值,%	43	44	45	47	44	46	47

1.4 防老剂的选用

由于橡胶衬板在球磨机运转中必须承受较大的动态应力,故应选用能满足这种使用要求的防老剂^[3]与对氧、热有较好防护作用的防老剂并用,作为橡胶衬板的老化防护体系,其总用量为 2.5 份。

2 工艺性能试验

2.1 混炼工艺试验

对橡胶衬板用胶料进行一段混炼和二段混炼的对比试验,试验结果表明,一段混炼的胶料,其物理性能很不稳定,而二段混炼的胶料物理性能比较稳定,可见采用二段混炼工艺有利于配合剂的均匀分散。

2.2 硫化条件试验

对 17[#] 配方进行硫化条件试验,试验结果列于表 4。从表 4 中可以看出,胶料在用电热平板硫化机于 140℃ 下硫化 30—90min,其硫化胶物理性能相差不大,说明此配方的硫化曲线十分平坦。

3 橡胶衬板的结构设计

球磨机橡胶衬板是由筒体衬板、橡胶压条衬板、端盖衬板、扇形衬板和填料衬板等部件组成。根据球磨机类型、球磨方式、规格和钢球(棒)直径等具体情况,合理设计筒体衬板及橡胶压条衬板等的断面形状、结构尺寸(高度和宽度)及相邻橡胶压条衬板的间距,

表 4 不同硫化时间的物理性能

性 能	硫化条件, 140℃ × min					
	20	30	45	60	90	120
拉伸强度, MPa	19.6	18.9	19.1	19.1	18.1	17.4
扯断伸长率, %	470	370	370	370	360	340
300%定伸应力, MPa	11.8	15.6	14.6	14.6	15.0	15.4
扯断永久变形, %	14.8	9.6	12.4	8.0	6.8	6.0
邵尔 A 型硬度, 度	67	70	71	71	71	70
回弹值, %	42	45	46	46	46	47

对橡胶衬板的使用寿命、生产能力、研磨效率和能量损耗等方面有着极大的影响,也是橡胶衬板研制成败与否的另一关键问题。

3.1 橡胶衬板的结构设计参数

筒体衬板的厚度和橡胶压条衬板的工作高度是各种形状橡胶衬板获得最佳研磨效果必须考虑的重要参数。

增大筒体衬板的厚度会减小磨机的有效容积,厚度过小又会使冲击点的应力加大,导致筒体衬板损坏。通常设计时,筒体衬板的厚度应根据具体情况而定。

橡胶压条衬板的工作高度和相邻橡胶压条衬板间距的合理关系,是各类磨机使用橡胶衬板经济性好坏的另一重要参数,间距过大或过小都会导致衬板损坏。在设计中,橡胶压条衬板的工作高度和相邻橡胶压条衬板间距的计算可参考洛阳矿山机械研究所等提出的公式:

$$H = f(0.6B + A)$$

式中 H ——橡胶压条衬板的工作高度, mm;

f ——橡胶压条衬板的摩擦系数;

B ——橡胶压条衬板的断面宽度, mm;

A ——相邻橡胶压条衬板间的距离, mm。

此外,橡胶压条衬板的工作高度又与转速有关,其参考关系式为:

$$H = (1 - NC)A$$

式中 NC ——磨机转速与临界转速之比。

目前,橡胶压条衬板的设计依据主要是上述二式。

3.2 橡胶衬板的结构形式

3.2.1 筒体衬板的结构设计

筒体衬板的断面形状应使磨机具有较高的研磨效率和最低的磨损消耗,因此在设计时应采用近似矩形的平衬板。参考国内外厂家的衬板尺寸及结构设计参数设计出的筒体衬板如图 1 所示。

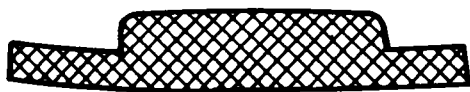


图 1 筒体衬板断面示意图

3.2.2 橡胶压条衬板的结构设计

橡胶压条衬板又称提升棒,一般分为对称型和非对称型两大类。根据我国目前矿山和陶瓷厂所用磨机的使用情况,以对称结构为宜。结构设计如图 2 所示。

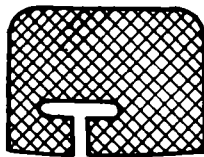


图 2 橡胶压条衬板的断面示意图

3.2.3 筒体衬板和橡胶压条衬板的结构配合形式

筒体衬板和橡胶压条衬板的结构配合形式如图 3 所示。

3.2.4 端盖衬板结构设计

端盖衬板分溢流型、格栅型、间歇给料型

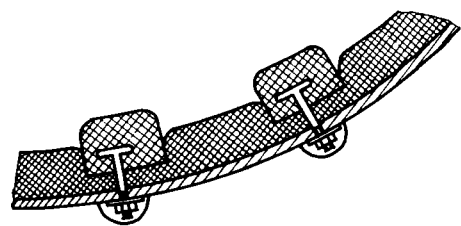


图 3 筒体衬板和橡胶压条衬板的
结构配合图

等几种。针对我国目前磨机衬板的使用对象，

设计了溢流型和间歇给料型两种端盖衬板。

4 扩大试验及装机试验

4.1 扩大试验

两次扩大试验共塑炼、混炼胶料 200 车，混炼过程中胶料较软，不粘辊，吃粉容易，硫化条件的范围较宽，生产容易掌握，工艺可行。生产各类橡胶衬板 5t，合格率达 100%，产品物理性能达到国内同类产品先进水平（见表 5）。

表 5 扩试结果及有关厂家产品性能

物 理 性 能	合同 指标	第一次扩 试结果	第二次扩 试结果	第一次扩 试老化后 (70℃×72h)	某企业 指标	甲厂产 品性能	乙厂产 品性能	瑞士 Skega 公司指标
拉伸强度,MPa	≥14.0	18.1	17.0	16.1	≥14.0	17.0	15.5	14.0—16.0
扯断伸长率,%	≥300	440	380	370	≥300	390	260	350—450
300%定伸应力,MPa	≥8.0	12.7	13.0	12.5	≥8.0	13.8	—	8.5—10.0
扯断永久变形,%	≤15.0	9.2	11.6	9.2	≤15.0	6.8	5.6	4.0—10.0
磨耗量(1.61km),cm ³	≤0.20	0.07	0.07	0.05	≤0.20	0.12	0.11	0.12—0.25
密度,Mg·m ⁻³	1.05—1.20	1.15	1.09	1.09	1.11	1.13	1.24	1.09—1.11
邵尔 A 型硬度,度	65—72	65	65	66	60—70	66	79	68—72
回弹值,%	40±5	42	55	44	≥45	57	58	48—50

4.2 装机试用

两次扩大试验的橡胶衬板先后在个旧高压瓷厂、个旧促进矿、建水瓷厂进行装机试验。个旧高压瓷厂在 Φ2020 磨机上试用，研磨瓷土，第一罐就无黑水出现，瓷浆白度达到使用标准，试用一年后，基本上看不出磨损痕迹。个旧促进矿在 Φ900 磨机上装机试用，研磨褐铁矿，使用 10 个月，基本看不出明显磨损痕迹，且噪声低。建水瓷厂在两台 Φ1800 磨机上试用，研磨瓷土，第一罐有轻微黑水，以后正常，瓷浆白度达到使用标准，装机半年后未见异常，装机容量较瓷砖衬板有所增加。

果表明，其配方合理，生产工艺可行，产品各项指标均达到国内同类产品先进水平。该衬板经装机使用，效果良好，说明其结构设计也是合理可行的。该衬板可以代替锰钢或瓷砖衬板，并可以降低噪声、增加装机容量、节省能源，具有较好的经济效益和社会效益。

参考文献

1 杨忠高. 橡胶衬板磨机的经济磨矿. 北京: 矿山机械, 1984

2 邓本诚, 纪奎江. 橡胶工艺原理. 北京: 化学工业出版社, 1984

3 朱敏庄. 橡胶工艺学. 广州: 华南工学院出版社, 1983

4 李俊山等. 用天然橡胶/顺丁橡胶两相的交联密度选择硫化体系. 橡胶工业, 1988; 35(11): 650

5 结论

耐磨橡胶衬板经多次试验和扩大试验结

收稿日期 1993-07-16

Development of Wear Resistant Rubber Lining

Zhang Zhiqiang, Chen Shouming and Liu Xingheng

(Yunnan Rubber Goods Institute 650233)

Xiang Yonghui

(Yunnan Gejiu Rubber Goods Factory 661400)

Abstract It was benifit to use the rubber lining instead of the manganese steel lining in the ball crusher. An experimental study was made on the formula and construction design. The resultant rubber lining featured excellent wear resistance, good processibility and desired performance.

Keywords ball crusher, rubber lining, wear resistance, formula design, construction design

EDAS 配方设计分析系统开发成功

上海橡胶制品研究所研制成功了集橡胶配方设计、数理统计和计算机技术于一体的EDAS 软件系统。

EDAS 软件系统具有配方试验设计、试验数据的回归分析、配方试验数据库、绘图分析(二、三维)、多维变量配方性能分析、配方优选分析等 11 大类功能。

经一些单位使用证明,用EDAS 系统能够快速分析实验结果,较全面地了解所研究性能的变化规律,可加速新产品的开发。此外,研究人员可把计算机分析出的结果编制成实验配方手册,便于经验积累和查询。

(上海橡胶制品研究所 赵正平供稿)

自硫胶处理机通过专家评估

橡胶行业节支降耗又有新手段,无锡橡胶塑料机械厂生产的 $\Phi 360\text{mm} \times 900\text{mm}$ 自硫胶处理机前不久通过专家评估。

在橡胶制品的生产过程中,由于多种原因会造成胶料焦烧、自硫等现象,过去采用开炼机薄通,分离效果不理想,只能降级使用或当废胶料处理。无锡橡胶塑料机械厂制造的 $\Phi 360\text{mm} \times 900\text{mm}$ 自硫胶处理机通过前后

辊筒回转时的速度梯度,使自硫胶产生强烈剪切,在剪切和多次薄通后使胶料中熟粒子撕裂和分离。分离后的胶料可按产品要求,以 10%—15% 的比例掺用在同品种胶料中使用,从而达到降低成本、废料回用等目的。

出席评估会的专家们通过分析技术资料,参观现场操作和观看录像等途径对 $\Phi 360\text{mm} \times 900\text{mm}$ 自硫胶处理机进行了评估。专家们认为该设备工艺性能良好,能变废为宝,可产生显著的经济效益和社会效益。

(本刊讯)

双星集团建立首家合资公司

6 月中旬,青岛双星集团公司和香港诚达实业有限公司举行了签字仪式,双方将在青岛即墨大信村镇合资兴建青岛海江有限公司。合资公司主要是设计、生产、销售世界名牌鞋类、各类鞋材和皮革制品,以及进行鞋业科研、人才培养等。这是双星集团首次利用外资建立的公司。据双方合同规定,海江有限公司的最终总规模为 20 条成型线,年生产能力为 2600 万双出口鞋,分三期工程完成。

(本刊讯)