

全国铸铁及熔炼第一次学术年会论文

合金铸铁光球板

沈阳机电学院

王青澄 盛嘉勋

一九七九年十一月

合金铸铁光球板

王青澄 盛嘉勋

摘要: 本文介绍一种应用于加工轴承钢球的铸铁新材质——合金铸铁光球板。文章全面阐述了光球板的成分、组织、性能和工艺过程特点、磨削机理以及应用光球工艺后的技术经济效果等内容。根据一些试验结果论证了光球板磨削钢球的主要锋刃是马氏体而不是碳化物。同时讨论了光球板内金相组织的作用和对它的要求,确定了板的热处理工艺,对合金元素在各相中的分布也作了一定的分析研究。

光球板是加工轴承钢球毛坯用的铸铁磨盘。金相组织是马氏体,碳化物和石墨。板的尺寸: $\phi 800 \times 90$ (厚)。光球板在一定条件下能快速地磨削钢球,效率比砂轮高出几倍,这对铸铁来讲,是一种比较新颖的用途。

我院自1973年以来,先后与瓦房店轴承厂、承德市轴承厂等近十个单位在研制和推广光球板中取得了一些效果。现将几年来研制光球板的结果整理介绍如下。

一、光球工艺简述

光球工艺是六十年代国际上出现的一种加工轴承钢球的新工艺⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾,一些工业较发达的国家至今正在研制采用。

我国的光球工艺自1973年开始研制,经一些单位的共同努力,在分析国外样品和样机的基础上⁽⁴⁾⁽⁵⁾,研制成功了适合我国光球工艺的铬钼铜和其它不同成分的合金铸铁光球板,设计制造了新型光球机,改装了原有的磨球机,使光球工艺在轴承行业得到了广泛应用⁽⁶⁾⁽⁷⁾⁽⁸⁾⁽⁹⁾。

长期以来,我国轴承行业钢球加工一直沿用苏联的老工艺,将墩球机压出的钢球毛坯(具有环带和两极),经过不同设备去环带、锉削和软磨(砂轮磨削)三道工序,使钢球具有一定的表面质量、尺寸公差和几何精度,然后再将钢球进行淬火处理。这种工艺流程长,生产效率低,劳动条件差,同时锉削工序使用的合金钢大锉板(锻件)加工复杂,软磨用的大砂轮消耗量大,供不应求,往往影响生产。

光球工艺是在光球机(碾球机)上采用两块带有同心半圆形沟槽的合金铸铁光球板,一块固定(开口板),一块旋转(圆板),在一定压力下(10~30吨),使进入光球板沟槽内的钢球与板沟产生相对运动而得到磨削。这种工艺一道工序就可以完成老工艺的去环、锉削和软磨等工序(见图1),从而缩短了工艺流程,提高了生产效率,一般较老工艺提高效率2~4倍,并省去了大锉板和软磨用的大砂轮,经济效果十分显著。

而且变油冷为水剂冷却,改善了工人劳动条件。因此,光球工艺是钢球加工工艺的一项重大改革,同时由于采用光球工艺也将会带动钢球工艺全面的技术革命。

光球板是加工轴承钢球,实现光球工艺的关键性加工工具(切削工具)。因而国内外都十分重视光球板的研制工作。

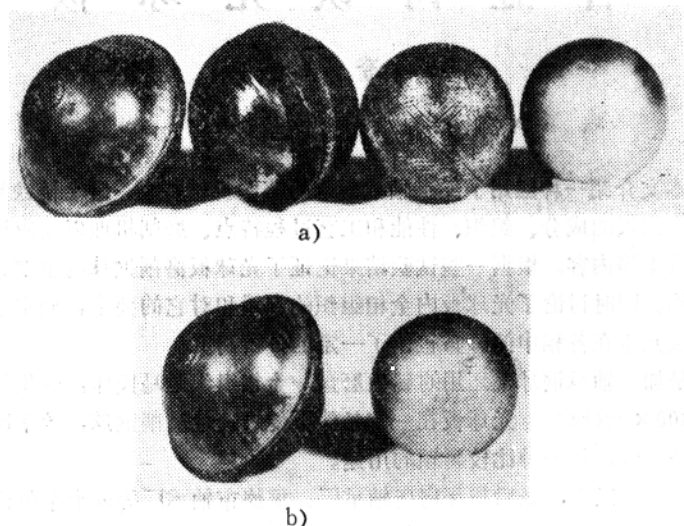


图1 原钢球加工工艺a)与光球工艺b)的对比图

根据光球工艺的要求,通过几年来的研制和实践,我们认为,光球板的材质应当尽可能的达到下列几点要求。

- ①磨削效率高。在保证钢球表面质量前提下,板应具有快速磨削钢球的性能。
- ②耐磨性好。以延长板的寿命和换板的周期。当光球板工作面上的沟道被磨损到所磨钢球直径的一半时必须将板返修。经车平台,修正沟道后方可再用。当板的厚度磨损至30毫米左右时,不能再用,该板报废。
- ③能返修加工。光球板必须经淬火处理后才能使用,其硬度应控制在 Rc50 左右,这时板的返修加工性能尚可。如硬度过高 (Rc56), 虽能提高板的耐磨性, 但加工甚为困难,生产上不宜采用。
- ④板的里表性能力求均一。由于光球板厚大〔 $\phi 800 \times (90 \sim 100)$ 〕,使用时是逐层消耗(总厚度约60毫米)。因此必须提高板内外性能的均一性,以保证稳定的磨削效率和延长板的寿命。

这些就要求光球板具有特殊的金相组织并采用相应的工艺来保证。

此外,从生产和供应光球板的角度出发,还必须考虑合金元素的资源问题,本着“自力更生”的精神,合金资源应力求立足于国内,尽量少用或不用稀缺而又贵重的合金元素。

1974年我院与沈阳铸造所、瓦房店轴承厂等单位共同研制成功了铬钼铜合金铸铁光球板。75~76年我院分别在沈阳、朝阳、鞍山、天津、承德等近十个轴承厂和钢球厂作了

推广。经过近五年来的生产验证,性能良好,工艺稳定可靠。各厂在生产上都收到显著效果。

为了节约合金元素钼的用量,1976—1977年我院与承德轴承厂又相继试制成功了加锰、加钨的无钼合金铸铁光球板(Cr—Mn—Cu, W—Cr—Cu, W—Cr—Mn, W—Cr—Mn—Cu)。〔9〕〔10〕。其性能与铬钼铜板相近(加锰无钼板的耐磨性较差)。

1977年12月,一机部汽车轴承局在河南召开全国轴承行业推广光球工艺大会,会议决定,铬钼铜光球板从成分到工艺,已为各厂所掌握,基本成熟,可以在全国普遍推广使用。加锰、加钨的无钼合金铸铁板推荐全国各厂进一步试验验证。

二、光球板的成分、组织和性能

(一) 光球板的成分

不同材质光球板的成分范围见表1。

表 1

成分 含量% 类别	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Cu	W	V	Ti	Re
Cr—Mo—Cu	2.9 —3.3	1.0 —1.5	0.6 —1.0	<0.15	<0.12	0.3 —0.6	0.7 —1.1	1.0 —1.5	/	/	/	<0.02
Cr—Mn—Cu	I	2.8 —3.2	1.2 —1.6	1.2 —1.8	"	"	0.5 —0.8	/	1.0 —1.5	/	/	"
	II	"	"	"	"	"	0.3 —0.7	/	"	0.10 —0.15	<0.1	"
W—Cr—Cu	2.9 —3.3	1.1 —1.6	0.6 —1.0	"	"	0.4 —0.8	/	"	1.0 —1.5	"	"	"
W—Cr—Mn	"	1.3 —1.8	1.2 —1.7	"	"	0.4 —0.7	/	/	1.0 —1.5	"	"	"
W—Cr—Cu—Mn	"	"	1.7 —2.2	"	"	0.4 —0.8	/	1.0 —1.5	0.4 —0.7	"	"	"

注:(1)熔铸光球板时,炉前必须进行孕育处理,孕育剂加入量0.3~0.5%硅铁(含硅75%),以铁水重量计。

(2) 如有条件, 孕育剂可加入少量1* 稀土合金和钛铁。1* 稀土加入量0.15~0.2%, 钛铁(含钛20%)加入量0.1~0.15%。(以铁水重量计)。

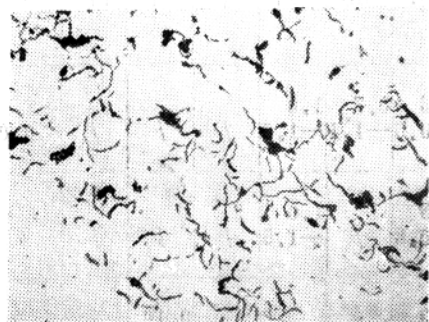
(3) V、Ti含量为使用承德地区的钒钛生铁所配制。

(二) 光球板的金相组织和硬度

光球板的金相组织和硬度的一般要求见表2。光球板的金相组织代表性照片见图2。

表2

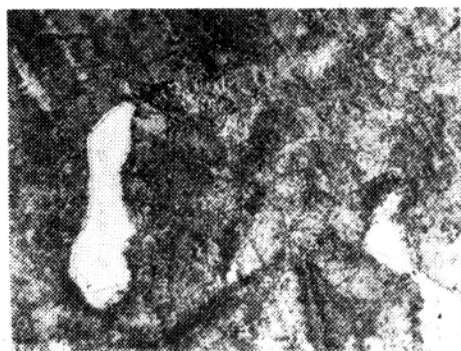
	金 相 组 织	硬 度	备 注
铸 态	珠光体+碳化物+石墨	HB200—280	硬度值由板上取样测得。
淬火后	马氏体+碳化物+石墨	Rc 50—56, 中心 Rc ≥ 45	



a) 石墨100×



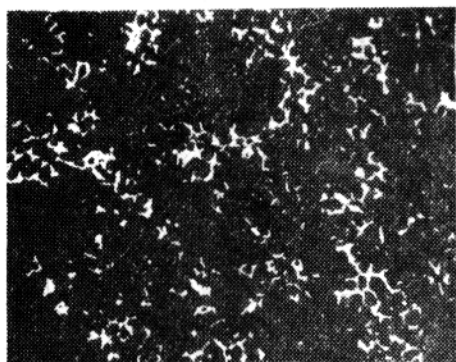
b) 石墨100×



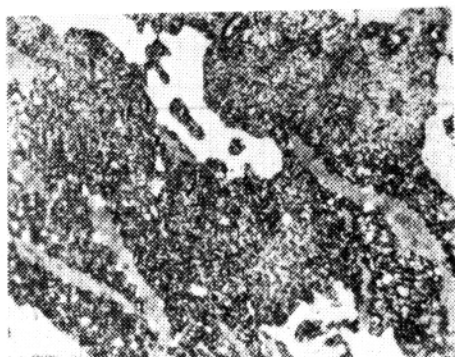
c) 珠光体500×



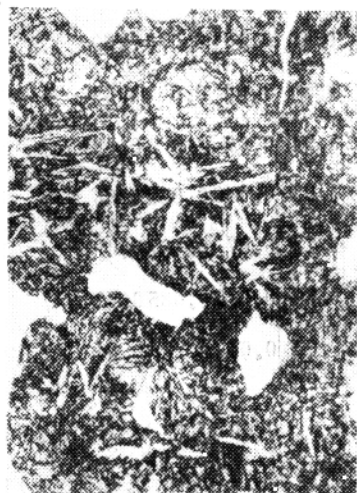
d) 碳化物50×



e) 碳化物50×



f) 马氏体500× (针M+隐M)



g) 马氏体500× (粗M+针M+隐M)

图2 光球板的金相组织

表3、4列举了一些试制板的化学成分、铸态组织和硬度〔9〕。

(三) 光球板的性能

光球板的性能主要以磨削效率和耐磨性来表示。它必须在实际生产过程中测定。到目前为止，还没有适当的试验设备可模拟表达。

光球过程可以在原有磨球机(3 M4630, M8891, M_{III}-33)上或在新光球机(3 M4630)上装上光球板进行。

光球工艺可加工钢球尺寸的范围为5 mm~2吋。尺寸愈大,在其他条件相同时,效率较高;机床压力增大,磨削效率显著提高。因此,在比较不同光球板的性能时,应在相类同球径和相等的压力范围内比较。其它如机床转速和冷却液(清洗液)的质量都对磨削效率有一定的影响。

表 3

各试制板的化学成分

类别	成分 含量 板号	C	Si	Mn	S	P	Cr	Mo (W)	Cu	V	Ti	Re	备注
Cr Mo Cu	1—2	3.00	0.95	0.47	0.063	0.12	0.51	1.05	1.96	0.074	0.033	0.018	用宣化铁
	1—3	2.85	0.86	0.44	0.072	0.112	0.44	1.30	2.25	0.022	0.042	0.011	
	1—5	2.83	1.02	0.45	0.080	0.106	0.38	1.15	1.31	0.125	0.063	0.012	用承钢铁
	3—4	2.85	1.22	0.45	0.072	0.104	0.28	1.19	2.02	0.140	0.070	0.013	
Cr Mn Cu	6—3	3.08	1.51	1.21	0.10	0.056	0.60	/	1.12		0.022		用宣化铁
	6—4	3.05	1.57	1.58	0.09	0.062	0.63	/	1.14		0.025		
	7—1	3.16	1.57	0.94	0.08	0.031	0.59	/	1.49	0.13	0.044		未 分 析 用承钢 V、Ti 生铁
	7—2	3.12	1.37	1.03	0.046	0.032	0.68	/	1.20	0.13	0.045		
	8—1	3.27	1.18	1.73	0.07	0.107	0.49	/	1.59	0.128	0.026		
	8—2	3.17	1.18	1.50	0.076	0.085	0.62	/	1.58	0.073	0.022		
	63—3	3.23	1.28	1.00	0.06	0.2	0.64	/	1.66	0.08	0.02		
W Cr Cu	69—2	3.08	1.46	0.91	0.09	0.17	0.61	(1.38)	1.00	/	0.05		未分析
	69—3	3.21	1.41	0.77	0.20	0.19	0.66	(2.0)	1.26	/	0.05		
W Cr Mn	70—2	3.30	1.73	1.20	0.15	0.15	0.79	(1.54)	/	0.16	0.07		未分析
W Cr Mn Cu	70—3	3.24	1.47	2.05	0.18	0.18	0.83	0.61	0.76	0.18	0.06		未分析

左栏中有括号的数字为W含量

表 4

光球板的铸态组织和硬度

类 别	组 织 数 值 板 号	石 墨			碳 化 物		共晶团 数 量 个/mm ²	基 体	硬 度 H _B
		大小 (mm)	数量 (%)	分布	数量 (%)	分布			
Cr—Mo —Cu	1—2	0.10—0.20	5—6	菊花状	7—6	网 状	0.512	P + S	302
	1—3	0.10—0.15	5—6	枝晶状	6—4	"	0.457	"	285
	1—5	0.10—0.20	4—5	较均匀	6—4	"	0.457	"	302
	3—4	0.10—0.25	6—7	均 匀	4—3	"	0.512	"	229
Cr—Mn —Cu	6—3	0.25—0.40	7—8	较均匀	4—3	"	0.228	"	223
	6—4	0.20—0.35	7—8	均 匀	3—4	"	0.228	"	212
	7—1	0.25—0.50	7—8	"	6—4	断网状	0.342	"	223
	7—2	0.25—0.35	7—8	"	6—5	网 状	0.457	"	248
	8—1	0.20—0.40	7—8	似菊花状 均匀	—1	孤立分散	0.287	"	218
	8—2	0.10—0.25	5—6	均匀弯曲	4—3	网 状	0.457	"	229
	63—3	0.12—0.20	6—7	均 匀	4—5	"		"	211
W—Cr —Cu	69—2	0.12—0.24	6—7	均 匀	4—6	"		"	243
	69—3	0.20—0.35	"	较均匀	4—5	断网状		"	266
W—Cr —Mn	70—2	0.15—0.30	"	"	5—6	网 状		"	254
W—Cr —Mn —Cu	70—3	0.15—0.40	"	似菊花状	6—8	"		"	243

P—珠光体 S—细珠光体 (索氏体)

表 5 为一些试制板的磨球结果。

表 5 试制板的光球效果〔9〕〔10〕

类 别	光 球 板 情 况			装 机 试 验 情 况						
	板号	硬度 (Rc)	板沟槽 形 状	钢球规格	钢球 始态	平均压 力(吨)	测试 盘数	平均效 率kg/ 小时	换板周期 (天)	备 注
Cr—Mo —Cu	1—2	58	圆弧方槽	9/16"	锉削	7	10	12—18	7—17	括号内数字 为沟心未磨 平前的天数
	1—3	59								
	1—5	59—57	圆弧	29/64"	"	7	8	6.50	10—14	板沟未挖沟 心
	3—4	53								
Cr—Mn —Cu	6—3	51.5	圆弧方槽	9/16"	"	8	8	10.2	8—10	
	6—4	51.5								
	7—1	51.5	"	19/32"	"	7.5	4	6—8	8—10	
	7—2	51.6								
	8—1	51.1	"	9/16"	"	8	8	12 (最高 18.31)	3—10	同 1—2、 1—3
	8—2	50.9								
W—Cr —Cu	63—3	50	圆弧	5/8"	"	5.5	2	5	0.2(mm /小时)	
	69—2	54	圆弧	"	"	5.6	2	5	0.1(")	板耗指一片 板的磨损
	69—3	54.6	"	"	"	8	2	8.1	0.06(")	
W—Cr Mn	70—2	54	"	"	"	8	3	7.0	0.06(")	
W—Cr —Cu —Mn	70—3	53.3	"	19/32"	"	6.1	2	10.6	0.1(")	

注：①以上试验板都在同一机床上进行（3 M4630），各项条件相同。

②电机功率为30KW，转动板转速为125转/分。

③前五付板磨削时冷却油为钛钴油0.5%，碱面0.75%，亚硝酸钠0.4%的水溶液。后五付板的冷却液为2%的“761”。

④板沟底部挖矩形沟心比不挖沟心的板效率高达30—50%（同一付板比较）。

⑤板号8—2前是每两个板号构成一付光球板，板号63—3后表示每一个板号为一付板。

说明：

（1）磨削效率，以每小时从钢球表面磨削下来的金属总重量表示（公斤/小时）。由于光球工艺特有的规律，一盘球开始和终了的效率相差较大，都统一以每盘球磨完后失去的金属总重量除以磨球时间来表示，称平均磨削效率（简称磨削效率）。记录时系称100粒或50粒球重按下式算出：

$$\eta = \frac{N(Q_1 - Q_2)}{1000h} \text{ 公斤/小时}$$

式中：η——平均磨削效率

(Q₁—Q₂)——磨削前后每粒球重差（克）

h——每磨完一盘球的时间（小时）

N——每盘球的装球总数

称球时要把球表面用布擦干。

（2）耐磨性（板耗），以每小时板沟磨耗的深度（mm/小时）衡量较为合适。由于各单位方法不完全相同，数据不易直接比较。

国内外光球板性能比较

表 6

名 称	机床型号	压力 (吨)	电机功率 (瓩)	板 外 径 mm	圆板转速 (分/每)	钢球规格 (吋)	平均磨 削效率 (公斤/ 小时)	板耗	备注
日本板	NF—760	10—15	30	760	150	3 / 8 "	2.5	0.05mm /万粒	四川金 堂轴承 厂
罗马尼亚 板	MPB—36	20—25	32	910	84—105	1 "	6	与上近似	同上
西德板 (Ni— Mo板)	SFM—72	25—30	45	720	120	1 / 2 "	12—15	0.20mm /盘0.10 —0.20 m m/小时	成都轴 承厂
瓦轴厂 (Cr— Mo—Cu 板)	M8891	10—18	13—30	800	100—132	3 / 8—2"	5.0 —12.0	换板一次 15天左右	(代铁 磨)
	3M4G950	25—30	55/18.3	800	72/207 (无级)	1/2—2"	6—26	寿命为上 一半	(代铁 削)

金堂轴承厂(以Mn代Mo板)	NF—760	15	30	760	150	3/8"	12—14	0.07 mm /万粒	
	3 M4630	8				3/8"	8	0.18 mm /盘	
上海钢球厂(Ni—Cr—Mo板)	M ₃ —33	15—17		800		13/16— 11/16"	7.2— 10.1		
承德轴承厂)Cr—Mo—Cu板,无Mo板)	3M4630	6—8	30	800	120	9/16— 11/16"	5—12 最高达 18	换板一次 约10—14 天 0.1— 0.2mm/ 小时	个别板 号耗损 较快

由上表可见,国外光球板在压力10~30吨的光球机上,磨削效率为2.5~15Kg/小时,瓦轴厂的Cr—Mo—Cu在压力为10~18吨的磨球机上效率为5~12Kg/小时,而在压力20~25吨的光球机上效率可达6~26Kg/小时。承德轴承厂Cr—Mo—Cu和加Mn、W无钼板的效率为5~12Kg/小时,(压力仅5~8吨),这达到和超过了国外相应的光球板的磨削效率。

光球板的耐磨性,由于测试方法不统一,对比困难。从实际使用证明,Cr—Mo—Cu光球板比日本板耐磨,加W的无钼板与Cr—Mo—Cu板相近,加Mn的无钼板耐磨性较低。(参见表5)

三、光球板工艺过程特点

光球板的制造和使用包括下列过程:铸造——退火——机加工(车平面,挖沟槽)——淬火——加工——装机使用——定期返修(板沟磨深后车平台,修沟道)。

板的铸造和热处理工艺特点简述如下:

(一) 铸造

光球板用干型铸造,其造型工艺见图3。浇注时,板的工作面朝下,为了便于检查铸板的金相组织和硬度,在板的外侧带一板耳,宽50~55毫米。检查部位为板与板耳的接壤面(贴肉面)。

光球板的熔炼可在带前炉的冲天炉(1~3吨/小时)内进行,由于板内合金元素含量较多,炉内加入合金铁时要防止窜料。我们的方法是,一般以每4~6批料为一组料,熔化的铁水浇一副光球板(二片板),合金料加在一组料的中间批料上,出铁时要注意卡料,力求准确。

钨合金铁的熔点高,比重大,经过试验,在带有前炉的冲天炉内可以逐步熔化,浇注前要注意搅拌,适当提高浇速。

炉前孕育剂有硅铁、稀土、钛铁等。可以混合加入,孕育后三角试片(底边宽25mm)宽度一般在4~8mm内。

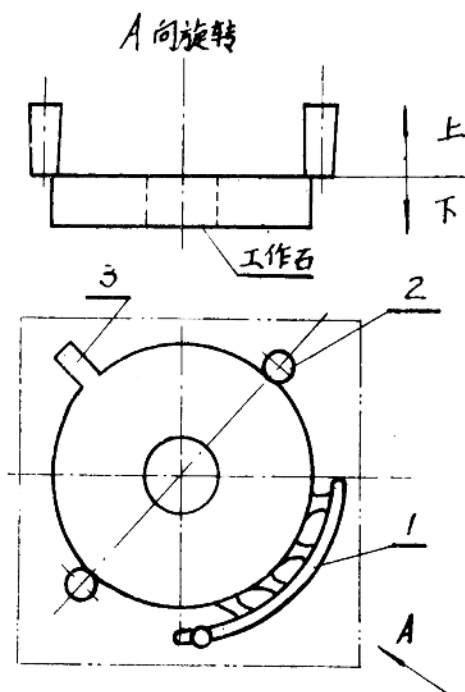


图3 光球板造型工艺简图

- 1、浇口 2、冒口
3、板耳 (宽50~55mm)

(二) 热处理

(1) 退火：光球板可不经退火即机械加工，铸板硬度在 $H_{B200} \sim 260$ 内可以不退火。这样省一工序。如加工有困难，可退火。退火时加热温度为 $850 \sim 900^{\circ}\text{C}$ (高温) 和 $700 \sim 720^{\circ}\text{C}$ (低温)，分别保温6—4小时，中间缓冷。待加工平面和挖沟槽后即进行淬火。

(2) 淬火，加热温度：一般取 $850 \sim 870^{\circ}\text{C}$ 。保温时间：工件烧透后计算保温时间，加热系数一般取 $1.5 \sim 2.0$ 分/毫米。板的总加热时间约5小时左右(箱式电炉)。

加热温度及保温时间可视板的材质、铸态硬度和金相组织作适当调整。

冷却方式：油冷。淬火冷至 $150 \sim 170^{\circ}\text{C}$ 以下出油，淬火变形力求控制在2毫米以内。淬火后取样检查金相组织和硬度。表3所列的试制板的淬火后金相组织和硬度值见表7。

(3) 回火

光球板淬火后不回火 (其原因见后文)。

板淬火后要车去脱碳层，再装机光球。

由于板淬火后不回火，残余应力大，因此在搬运和安装光球板时应注意不能任意敲打

表7 试制板的淬火金相组织和硬度

类别	名称 组织板号	马氏体(M)组织	硬度 (R_c)	热处理规范
Cr— Mo— Cu	1—2	针状M + 细针M + 隐M	58	850°C , 2'/mm, 油冷
	1—3	粗针M + 细针M + 隐M	59	" " "
	1—5	针状M + 隐M	56—57	" " "
	3—4	细针M + 隐M	53	" " "

Cr— Mn— Cu	6—3	粗针M + 细针M + 隐M	51.5	850℃, 1.8'/mm, 油冷
	6—4	粗针M + 细针M + 隐M	51.5	" " "
	7—1	较粗针M + 细针M + 隐M	51.5	850℃, 2'/mm, "
	7—2	粗针M + 细针M + 隐M	51.6	" " "
	8—1	较粗针M + 细针M + 隐M	51.1	" 1.8'/mm "
	8—2	粗针M + 细针M + 隐M	50.9	" 2'/mm "
	63—3	"	50	860℃, 2'/mm "
W— Cr— Cu	69—2	"	54	855℃ " "
	69—3	"	54.6	" " "
W— Cr— Mn	70—2	"	54	" " "
W— Cr— Mn— Cu	70—3	"	53.3	850℃ " "

和摔倒，以免引起板的开裂。此外，淬火温度不宜过高，否则易变形，增大开裂倾向。

四、光球板的磨削机理

光球板之所以能磨削钢球表面金属，根本原因是由其内在特殊组织所决定。

光球板在使用状态下的组织为马氏体、碳化物和片状石墨。

石墨的强度、硬度近于零，在板内如同孔洞，切割基体并造成应力集中。当钢球在一定压力下沿板沟运动时，球表面与沟表面产生相对运动，由于错动和冲击的作用，板沟表面的部分石墨和基体很快破碎与脱落，形成许多细小麻坑，（见图4）凹凸不平，表面凸出的不规则基体（主要是马氏体）又硬又脆，成为大量的细小锋刃。当钢球与板沟相对运动时，这些凸起的锋刃在压力作用下，快速磨削钢球表面的金属。

光球板在磨球过程中，由于板沟表面的石墨脱落和硬脆性基体不断碎裂（崩刃），再加清洗液循环冲洗，致使光球板表面不断产生新的锋刃（即自锐性），从而使光球板保持连续不断的磨削性能。

由上可见，光球板的磨削作用主要取决于板的内在组织，同时也必须有一定的外界条件。主要条件是：要有一定的压力（盘压力10—30吨）；球与板沟必须有相对运动（板转速40—150转/分）；在磨球过程中必须有清洗液不断洗涤。

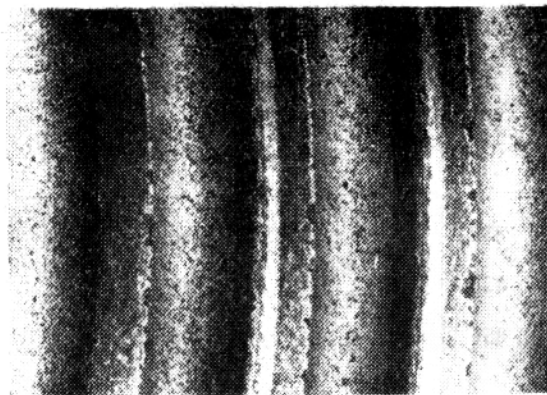


图4 光球板板沟脱落麻坑情况

在保持钢球表面质量前提下,加大压力、提高转速、增强清洗液的洗涤能力,则提高板的磨削效率,反之则降低。

五、磨削的主要锋刃是马氏体而不是碳化物

关于磨削锋刃是马氏体还是碳化物,一开始就存在不同的看法^{[6][7]}。磨削锋刃关系着光球板的磨削效率,对生产具有明显的指导意义。

一种观点认为,磨削锋刃(或称刀刃)是板内坚硬的渗碳体^[7]。这种观点没有提供试验根据,可能是借助于砂轮磨削原理和光球板内硬脆碳化物较多作出的推测。

我们的观点是,磨削锋刃主要是马氏体而不是碳化物。试验的结果如下:

(1) 淬火不回火的板磨削效率高

淬火不回火,对热处理工艺是难以想像的,但就在板的研制中发现,回火温度对板磨削效率影响极大。由表8可见,瓦轴厂4号、8号板经150~200℃回火磨削效率比不回火的降低1倍左右。冲2—1、电2—2号板经310~400℃回火,效率比不回火的相差2~3倍,电2~2号板经400℃回火效率极低。光球板采用淬火不回火,效率大为提高。

众所周知,回火温度在400℃以下,石墨和碳化物都不发生任何相变,而淬火马氏体随着回火温度升高,其中过饱和碳逐步析出,扭曲程度降低,内应力(组织应力)相应减小,从而使马氏体的脆性降低,脆性增加。光球板经回火后效率大为下降,显然不是石墨和碳化物的相变所引起,而是由于马氏体硬脆性降低而导致自锐性降低(不利于碎裂形成新的锋刃)的结果。

(2) 马氏体形态也明显地影响磨削效率

试制中发现,板的淬火温度较低(830℃~820℃),基体为隐晶状马氏体时,板的磨削效率较低。当提高淬火温度,基体组织为针状和粗针状马氏体时(参见图2(f)),板的磨削效率相应提高。瓦轴厂试验板3—1号就是一例,见表9

由表9可见,表3—1板经850℃淬火,因回火温度较高,效率只有2.1Kg/小时,重淬,因淬火温度太低(820℃),虽然回火降为200℃(光3—1返1),基体组织为

表 8

淬火回火温度对磨削效率的影响 (瓦轴厂数据)

板 号	硬 度 (Rc)	温 度 (°C)		磨削效率 (公斤/小时)	电机功率 (KW)	压 力 (吨)	备 注
		淬 火	回 火				
4—2	55—59	850	不	3.38	10	10—13	M ₁₁₁ —33 n=100 Cr—Mo—Cu板
4—3	53—55	850	200	1.7	10	"	" "
8—1	55—58	850	不	8.32	30	16.4	同上 (n=120)
8—1(返)	"		150	4.48	"	17.5	" "
冲2—1	49—51	850	310	0.92	30	12.5	NF—760 n=150
冲2—1 (返)	未 测	850	不	2.80	"	"	Cr—Mo板
电2—2	52—55	850	310	1.64	"	"	" "
电2—2 (返)	45—47		400	0.66	"	"	" "

注：①、板 4—2，4—3 的成分、组织、硬度基本相同，可以对比（4—3 重淬后不回火，其磨削效率与 4—2 接近）。

表 9

板 号	硬 度 (Rc)	温 度 (°C)		磨削效率 (公斤/小时)	电机功率 (KW)	压 力 (吨)	淬火回火后 基体组织	注
		淬火	回火					
光 3—1	51—53	850	310	2.1	13	21	针 M	M ₁₁₁ —33
光 3—1 (返 1)	45—47	820	200	≈ 0	"	16	隐针 M + 残余珠光体	型 机 床
光 3—1 (返 2)	57—59	860	不	3.51	"	17.6	粗针 M + 针 M	Cr—Mo 板 n=100

隐晶马氏体并有多量的原始珠光体，结果板的磨削效率趋近于零。板沟表面的凸峰呈硬平状态，犹如刀口卷刃一样。再淬，提高淬火温度（860°C），又采取不回火，基体组织为粗针马氏体，板的效率（光 3—1 返 2）明显提高（这时板沟沟心已磨平，如再挖沟心，效率还可提高）。

很明显，由于粗针马氏体基体最为硬脆，故板的磨削效率较高。

(3) 碳化物数量与磨削效率之间没有明显的内在联系

生产统计资料证明,在同类材质的光球板中,由于成分的波动,板内碳化物数量变化在1~7%之间,在相同的热处理和光球工艺条件下,板的磨削效率与碳化物数量间没有明显的内在联系,它并不随碳化物的数量增加而提高,而是有高有低^[9]。(参见表4、5)

相反,研制中发现,板内碳化物数量过多(达20%左右,瓦轴厂6—1号板)导致石墨数易过少(2~3%),磨削效率很低(仅3.5公斤/小时)^[9]。承德市轴承厂的8—1号板碳化物数易很少(仅1%)、石墨数易,和分布都比较理想(参见图2.b),板的磨削效率为12kg/小时,最高达18公斤/小时^[9]

75年6月,我院与天津市自行车钢珠厂比较试验了二种不同材质的光球板,其结果列于表10。

表10

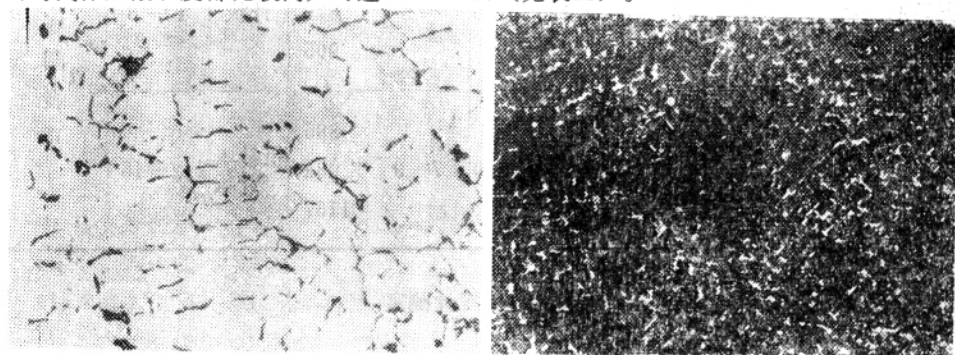
光球板材质及成分	硬 度	板尺寸 (毫米)	钢球 规格	平均压力 (吨)	加工 盘数	平均 效率 (公斤/ 小时)	基 体 组 织
Ni—Cr—Mo Ni2.0%,Cr0.8% Mo1.0%	52—54	φ500—100	2'	12	39	1.0	隐针马氏体
Cr—Mo—Cu Cu1.3%,Cr0.6 %, Mo1.0%	50—52	φ500×100	2'	12	30	3.0	粗针+针M (见图2.f)

注:磨球机型号,H63B;电机功率:20瓩;每盘装球量:14公斤(无大循环)

Ni—Cr—Mo板的金相组织中碳化物很细,数易较多(约10%左右,图5)分布均匀,如果以碳化物是磨削锋刃观点来分析,该板的碳化物比较理想,磨削效率理应要高,但事实相反,Ni—Cr—Mo板的效率比Cr—Mo—Cu板低二倍。

(4) 磨削效率高的板马氏体显微硬度高

通过检测显微硬度,发现效率高的板(如1—2),1—3,8—1,8—2等)的马氏体显微硬度都比较高,可达800~1120(见表11)。



a) 石墨100×

b) 碳化物50×

图5 Ni—Cr—Mo板金相组织

表11

显微硬度 组织	板号	Cr—Mo —Cu板		无 Mo 板				Ni—Cr—Mo 板	备 注
		1—2	1—3	6—3	6—4	8—1	8—2		
马氏体		838	989	904	904	873	776	725(5点平均)	P = 80g 由哈纳门 显微硬度 计统一测 定
马氏体针		963	1124	921	989	904	963	(隐晶)	
碳化物		1112	1348	1348	1348	1348	1426	1289	

天津自行车钢珠厂试验的Ni—Cr—Mo板的基本显微硬度为725（5点平均值），组织为隐晶马氏体。由于基体的硬脆性差，所以效率不高。

对比分析国外光球板试样的金相组织和磨削效率，也可进一步得到证实。（见表12）

表12

名 称	碳 化 物		石 墨		马 氏 体		平均磨削 效率(公 斤/小时)	备 注
	显微硬度 H _v	数量 (%)	长度(毫米)	数量%	H _v	形态		
日 本 板	1225—1270	10—15	0.50—0.12	~5	641 749 826	隐晶	2.5	试 验 条 件 参 阅 表 6
罗马尼亚板	1253	2—3	0.12—0.50	~5	806 870 905	针状	4—8	
西 德 板	1335—1470	~1	0.08—0.20	7—9	835 982 1167	粗针+ 针状	12—15	

* 注：以上显微硬度值是由哈纳门显微硬度计测定

由表12对比分析可见，日本板的磨削效率最低，而碳化物数量却最多，西德板则反