

特种铸铁的 性能及其应用

顧國鈞編寫

辽宁人民出版社

序 言

鑄鐵是機器製造工業中應用最廣泛的一種金屬材料，它不僅具有一定的機械性能，同時具有良好的鑄造性能及減振性，而且成本大大低於其他金屬材料。隨着高強度球墨鑄鐵的迅速發展，鑄鐵在不同工業部門中的用途就更加廣泛了。利用特殊性能的鑄鐵（高強度鑄鐵，耐熱鑄鐵，耐蝕鑄鐵及抗磨鑄鐵等）代替鋼材、合金鋼材及有色金屬製造機器零件，對整個國民經濟有着重大的意義。

1958年，在全面大躍進的形勢下，機械工業在貫徹“以鑄代鍛，以鐵代鋼”的方針方面獲得了極其輝煌的成就。更令人感到興奮的是我國球墨鑄鐵的生產水平及技術水平，都已列入世界先進的行列。很多重要產品的零件（如柴油機曲軸，大型軋輥，汽輪機的轉子等），都用球墨鑄鐵製造，不僅解決了鋼材供應緊張的局面，同時為機械工業飛躍發展提供了良好的條件。為了更廣泛更全面地貫徹“以鑄代鍛，以鐵代鋼”的方針，我們收集了國內外有關這方面的資料及經驗編寫成這本書，以使工廠廣大設計人員、工藝人員、工人及管理幹部了解鑄鐵的特殊性能，從而將鑄鐵更廣泛地應用到生產上去，為國家節省更大量的鋼材。

本書可供工廠設計人員、工藝人員、工人及管理幹部作參考之用。對農村人民公社中的工廠工作人員也有幫助。

由於時間倉促，再加上編者的水平很低，經驗缺乏，誠懇希望廣大讀者多加指正和批評。

最後，對叶宜男同志在金相圖片方面的幫助，表示感謝！

編 者

1959年7月

目 录

序 言

第一章 鑄鐵的分类	1
第二章 高强度球墨鑄鐵	3
(一) 球墨鑄鐵規格	3
(二) 球墨鑄鐵在常温下的机械性能	5
(三) 球墨鑄鐵在高温时的机械性能	13
(四) 球墨鑄鐵的使用性能	21
(五) 球墨鑄鐵的应用范围	37
第三章 耐热鑄鐵	41
(一) 耐热鑄鐵的概念	42
(二) 鋁合金鑄鐵	44
(三) 硅合金鑄鐵	48
(四) 高硅球墨鑄鐵	51
(五) 高鉻鑄鐵	56
(六) 其他类型的耐热鑄鐵	59
(七) 提高鑄鐵耐热性的方法	61
第四章 耐蝕鑄鐵	64
(一) 鑄鐵腐蝕的概念	65
(二) 低合金鑄鐵	66
(三) 高硅鑄鐵	69
(四) 硅鉬鑄鐵(抗氮鑄鐵)	73
(五) 奥氏体鑄鐵	74
(六) 耐酸球墨鑄鐵	76
(七) 防止鑄鐵件腐蝕的方法	80
第五章 抗磨鑄鐵	84
(一) 鑄鐵磨損的概念	84

(二) 抗磨鑄鐵的種類	86
(三) 片狀石墨的抗磨鑄鐵	86
(四) 退火石墨的抗磨鑄鐵	93
(五) 球狀石墨的抗磨鑄鐵	97
(六) 提高鑄鐵件抗磨性的方法	101
第六章 無磁性鑄鐵	106
(一) 鎳錳無磁性鑄鐵	107
(二) 錳銅無磁性鑄鐵	108
附 錄 不同類型鑄鐵的金相圖片	

第一章 鑄鐵的分类

鑄鐵的种类很多，因此对鑄鐵分类的方法也各有不同。有的是根据鑄鐵的基体組織进行分类的，也有的是按照其化学成分、用途及其性質进行分类的。正确地合理地将鑄鐵进行分类，对系統地了解鑄鐵及应用鑄鐵有极大的帮助。現在鑄鐵一般的分类方法大致有如下几种：

(一)按照基体組織，鑄鐵可分为：

- 1) 灰口鑄鐵：它的特点是基体組織中存在石墨而无滲碳体；
- 2) 白口鑄鐵：其特点是基体組織中存在滲碳体而无石墨；
- 3) 冷硬鑄鐵：其特点在基体組織中同时有自由滲碳体和石墨存在。滲碳体出現在鑄件冷却速度最快的地方，亦即鑄件的表面层，而石墨則出現在冷却速度最慢的地方，即鑄件的内部；
- 4) 可鍛鑄鐵：它是由白口鑄鐵退火而得，因此在它的基体組織中，虽无自由滲碳体，但出現退火状的石墨；
- 5) 球墨鑄鐵：它的特点是基体組織中，石墨夹杂物的形状呈为圆球状。

(二)按照制造工艺，鑄鐵可分为：

- 1) 普通(未变質)的鑄鐵：其中包括灰口鑄鐵、白口鑄鐵、冷硬鑄鐵及不进行变質处理的可鍛鑄鐵等；
- 2) 变質鑄鐵：其中包括加硅鈣或硅鉄进行孕育处理的孕育鑄鐵，加鎂及鎂合金或其他球化剂处理的球墨鑄鐵等。

(三)按照化学成分，則可分为：

- 1) 非合金成分的鑄鐵(在鑄鐵中除了一般含量的碳、硅、錳、

磷、硫元素外，不含有其他合金元素)；

2) 合金成分的鑄鐵(在鑄鐵中含有高含量或一定量的某種元素或合金元素。其中包括硅鑄鐵、鋁鑄鐵、鉻鑄鐵、錳銅鑄鐵以及鎳鑄鐵等)。

(四)按照用途，可分為：

- 1) 由灰口鑄鐵制成的機器制造的鑄件；
- 2) 由可鍛鑄鐵制成的韌性較高的鑄件；
- 3) 由冷硬鑄鐵制成的表面硬度較高的鑄件；
- 4) 由合金鑄鐵制成的某些性能特別高的鑄件；
- 5) 由球墨鑄鐵制成的鑄件。

(五)按照性能，鑄鐵可分為：

- 1) 高強度鑄鐵(如球墨鑄鐵)；
- 2) 耐熱鑄鐵(如硅鑄鐵、鋁鑄鐵、鉻鑄鐵、鎳鑄鐵以及高硅球墨鑄鐵等)；
- 3) 耐蝕鑄鐵(如高硅鑄鐵、高鉻鑄鐵及硅鉬鑄鐵和耐酸球墨鑄鐵等)；
- 4) 磁性鑄鐵；
- 5) 無磁性鑄鐵(如鎳錳鑄鐵及錳銅鑄鐵等)；
- 6) 高導電率鑄鐵(如奧氏體鑄鐵及高鉻鑄鐵)；
- 7) 抗磨鑄鐵(如C4H—1, C4H—2, 鈦銅鑄鐵、銅可鍛鑄鐵、鈦錳可鍛鑄鐵以及球墨鑄鐵等)。

本書的任務是按照性能的分類來介紹不同種類鑄鐵的特殊性能，並簡單敘述各種鑄鐵的生產工藝。以進一步了解鑄鐵所具有的特殊性能，從而將不同種類的鑄鐵更加廣泛地恰如其分地應用到不同工業部門去，節省大量的鋼材，並保證機械工業更迅速地向前飛躍發展。

第二章 高强度球墨鑄鉄

高强度球墨鑄鉄是近十几年发展的一种新穎的金属材料。不論在机械性能方面,耐磨性,耐热性,减振性,焊接性及压力加工性能方面,都很优秀,接近鋼甚至超过鋼。因此在近代机器制造工业及其他工业部門中,正在高速度地发展这种材料。

(一)球墨鑄鉄規格

在实际生产上,球墨鑄鉄按照其基体組織,基本上可分为两大类。一类是以珠光基体为主的球墨鑄鉄,这类鑄鉄具有較高的机械性能及高的耐磨性,但延伸性差一点。另一类是以純鉄基体为主的球墨鑄鉄,这类鑄鉄的韌性(延伸率及冲击值)較好,但机械性能及耐磨性比前者为低。而所有球墨鑄鉄的規格都是以上述两种基体为基础,根据其抗拉强度及延伸率加以規定的。

(1)苏联的球墨鑄鉄規格:

苏联目前在工业上采用的球墨鑄鉄国家标准(ГОСТ 7293—54)共有五种規格,列于表1。

表 1

鑄鉄規格	机械性能 (不小于)				
	抗拉强度 公斤/公厘 ²	屈服限 公斤/公厘 ²	延伸率 %	冲击韌性 [*] 公斤·公尺/公分 ²	布氏硬度 HB
БЧ 45—0	45	36	—	—	187—255
БЧ 50—1.5	50	38	1.5	1.5	187—255
БЧ 60—2	60	42	2.0	1.5	197—269
БЧ 45—5	45	33	5.0	2.0	170—207
БЧ 40—10	40	30	10.0	3.0	156—197

* 除БЧ40—10鑄鉄規格采用10×10公厘沒有切口的試样外,其他都用正方形截面20×20公厘沒有切口的試样測定。

表中所列数字是最小的机械性能数值。前三种规格(B445—0, B4 50—1.5, B460—2)基本上属于珠光基体的球墨铸铁。后二种规格,一般常要经过正常化处理。B445—5和B440—10是属于纯铁基体球墨铸铁,实际上需要经过退火才能达到表中所列的性能。

(2)美国的球墨铸铁规格:

据一些资料介绍,目前美国的球墨铸铁规格有如下几种:

表 2

铸铁牌号	热处理条件	最小性能				
		抗拉强度		屈服限		延伸率
		PSi	公斤/公厘 ²	PSi	公斤/公厘 ²	
.....	退火后	60,000	38.0	40,000	25.5	15
120-90-02	正火或油淬并回火后	120,000	76.0	90,000	57.0	2
100-75-04	热处理后	100,000	63.5	75,000	48.0	4
85-60-06	正火并回火后	85,000	54.0	60,000	38.0	6
80-60-03	铸态或热处理后	80,000	51.0	60,000	38.0	3
60-45-10	退火后	60,000	38.0	45,000	29.0	10
60-40-18	退火后	60,000	38.0	40,000	25.5	18

除了上述规格外,美国还有一些标准(如美国自动工程学会的航空材料规格,陆军炮兵的军用规格,美国海军的船用规格及其他一些民用规格等)。美国的球墨铸铁规格与苏联的标准相比有一个区别,把铸态与热处理的球墨铸铁严格加以分开。

(3)我国的球墨铸铁规格(草案):

我国的球墨铸铁规格(草案)已由第一机械工业部机械制造与工艺科学院铸造研究所拟订,并在1958年全国球墨铸铁会议上作了讨论,还未正式公布实施,正在各厂试典,其所包含的规格,列于表3。

表 8

鑄鐵牌 号	机 械 性 能			
	抗拉强度 公斤/公厘 ²	延伸率%	冲击韧性** 公斤·公尺/公分 ²	布氏硬度HB
QZ* 40—15	40	15	4	142—185
QZ 40—10	40	10	3	156—197
QZ 45—5	45	5	2	170—207
QZ 45—0	45	—	—	187—225
QZ 50—3	50	3	2	197—249
QZ 55—2	55	2	1	207—262
QZ 60—2	60	2	1	227—289

* QZ 系球墨鑄鐵的汉语拼音 Qiumo Zhuite 二字的字头。

** 牌号 QZ40—15, QZ 40—10, QZ45—5 的鑄鐵采用截面尺寸为 10×10×55 公厘沒有切口的試样外, 其余牌号用截面尺寸为 20×20×110 公厘沒有切口的試样。

(二) 球墨鑄鐵在常温下的机械性能

球墨鑄鐵在近代所以被人們重視, 正因为它具有很高的机械性能, 因此有人把这种鑄鐵称为高强度球墨鑄鐵, 是有一定道理的。

实践証明, 球墨鑄鐵在鑄态时的抗拉强度約在 45~70 公斤/公厘² 范围内 (有时会超过 70 公斤/公厘²)。比普通鑄鐵、孕育鑄鐵及可鍛鑄鐵大一倍以上。延伸率 $\delta_5 = 2 \sim 6\%$ 。如果将球墨鑄鐵经过正火处理或淬火回火后, 抗拉强度可达到 100 公斤/公厘² 以上。如果将球墨鑄鐵经过退火, 則延伸率可达到 20% 以上。

高强度球墨鑄鐵在 +20°C 靜負荷时的性能列于表 4。

从表中可以看出, 球墨鑄鐵在常温时的抗拉强度接近鋼甚至超过鋼; 而比普通灰鑄鐵 (C4 21~40) 大 1~2 倍以上。虽然其延伸率和断面收縮率比鋼为逊色, 但它比普通灰鑄鐵大为优越。在常温时高强度球墨鑄鐵的抗弯强度、抗压强度和抗剪强度也是很高的。

到目前发现, 高强度球墨鑄鐵具有很优越的性能。在常温时的

屈伏点很令人滿意。根据实验得出的結論，在相同的抗拉强度条件下，高强度球墨鑄铁的屈伏点高于一般碳素鋼。因为鑄鋼的屈伏点与抗拉强度之比約为 $0.4 \sim 0.5$ ，而高强度球墨鑄铁屈伏点与抗拉强度之比值 $0.7 \sim 0.8$ 。这也就給高强度球墨鑄铁代用鋼提供了可靠而充分的条件。虽然鑄鋼的延伸性能較高，但当达到屈伏点时就要产生永久变形，那时零件也就不能再繼續工作了。如果用珠光基体的球墨鑄铁代替鑄鋼件，按照其屈伏点計算則可将机器的重量減輕一倍。如果按照純铁基体球墨鑄铁的屈伏点計算时，也可将机器的重量減輕約15%。这就充分地显示出球墨鑄铁卓越的性能，并提供了寶貴的设计依据，从而也証明用球墨鑄铁代替鋼件是完全可能的，并能減輕机器的重量。

表5所示苏联中央机器制造与工艺科学研究院 (ЦНИИТМАШ)，研究的鑄鋼和鑄铁(包括各种牌号的球墨鑄铁及灰鑄铁与可鍛鑄铁)的各种机械性能与抗拉强度的比值。

从表中可以很清楚地看出，任意一种牌号的球墨鑄铁，其屈伏点与抗拉强度的比值 $\sigma_{0.2}/\sigma_b$ 都要比退火后的鑄鋼及可鍛鑄铁为高。

为了进一步說明球墨鑄铁的屈伏点，将它与很多結構材料作了比較，并計算出各种材料的构造参数(单位强度)，其結果列于表6。

表 4

高强度球墨铸铁的静负荷性能

牌 号	金属基体 组 织	熔 化 设 备	毛 坯 状 态	抗拉试验(试样直径6公厘)			硬度		抗弯试验(试样 10×10公厘)		抗压试验(试 样直径13公厘)		抗剪试验 (试样直径 10公厘)		双剪刀 (试样直 径10公 厘) 公厘 ²
				$\sigma_{0.2}$ 公 斤/公 厘 ²	σ_b 公 斤/公 厘 ²	$\delta_5\%$	$\delta_5\%$	H _B	$\sigma_{b,10}$ 公 斤/公 厘 ²	f(公厘)	$p_{0.2}$ 公 斤/公 厘 ²	$\delta_5\%$	试样直 径 公厘 ²	试样直 径 公厘 ²	
B440-10	纯铁体的	电 炉	退火	44.0	54.2	18.3	24.9	207	—	—	—	—	53.8	79.0	43.5
				44.0	57.0	2.2	5.1	247	66.4	1.6	195	41.0	—	78.6	47.3
				46.2	61.0	1.4	—	250	90.1	2.2	—	—	—	75.7	53.7
				37.2	60.8	2.6	—	250	79.2	2.5	213	51.0	—	93.5	—
B450-15	珠光体— 铁体的	电 炉	电 炉	44.4	53.4	5.1	6.7	220	72.8	2.5	222	57.0	52.2	75.9	44.2
				52.6	68.1	3.3	3.8	330	77.3	2.2	210	50.0	—	82.0	—
				57.2	68.0	1.0	4.5	295	104.1	2.7	215	45.0	73.1	94.0	51.6
				65.0	71.0	0.6	—	370	79.0	1.4	—	—	67.2	—	—
B460-2	珠光体— 铁体的	电 炉	电 炉	50.1	58.0	0.9	—	285	93.2	2.0	188	45.0	—	70.5	52.4
				49.0	70.4	4.9	—	255	89.8	2.6	205	50.0	—	91.0	50.1
				49.0	81.5	3.6	6.1	278	121.0	3.7	223	44.0	—	107.8	59.1
				36.3	59.0	35.5	57.8	—	—	—	—	—	—	—	—
CT45	珠光体— 铁体的	电 炉	铸态	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
C421-40	珠光体的	冲天炉	铸态	—	22.4	—	—	255	34.1	1.1	90	—	7	20.8	—

表 5

材 料	$\sigma_{0.2}/\sigma_b$	σ'_b/σ_b	b_{max}/σ_b	σ_{-b}/σ_b	τ_b/σ_b	σ_{-1}/σ_b	σ_b/H_B
BЧ45-0	0.72	1.5	1.40	3.5	1.1	0.36	0.21
BЧ 50-1.5	0.78	1.8	1.30	3.3	1.0	0.33	0.23
BЧ 60-2	0.73	1.8	1.18	2.8	1.0	0.35	0.26
BЧ 45-5	0.80	—	1.24	—	1.0	0.37	0.23
BЧ 40-10	0.64	—	—	—	—	—	0.28
可鍛鑄鐵	0.5-0.6	—	—	2.5-3.5	1.0	0.35	—
鑄鋼(退火后)	0.35-0.5	—	—	—	0.9-0.7	0.5-0.4	0.25
灰 鑄 鐵	—	1.65	—	3.5-4.0	1.1	0.47	0.2-0.15

备注: $\sigma_{0.2}$ —抗拉屈伏点; σ'_b —抗弯强度; b_{max} —楔形强度。

σ_{-b} —抗压强度; τ_b —抗扭转强度; σ_{-1} —疲劳强度; σ_b —抗拉强度。

从表 6 看出,球墨鑄鐵的屈伏点除了比鍛造合金鋼(30×ГСА)差以外,比表中所列的其他材料(鑄鋼,可鍛鑄鐵,孕育鑄鐵,青銅和黃銅等)均优越。而且选择材料用的单位强度也很高,因此是很良好的結構材料。正由于这个緣故,所以目前球墨鑄鐵正在被人們应用到要求更高和更加重要的零件上去。

在实际生产上,很多零件都不是仅仅受靜载荷的作用,因此討論球墨鑄鐵的冲击韌性很有必要。到目前为止,据手头現有的資料看来,对这个問題的研究还是很不够的,因此有关这方面的資料还很缺乏。球墨鑄鐵在常温时的冲击韌性大大高于普通鑄鐵。如果成分控制适当,其冲击韌性可达到15公斤·公尺/公分³。在一般情况下也可达到1~5公斤·公尺/公分³。苏联中央机器制造与工艺科学研究院在常温下所进行的球墨鑄鐵冲击韌性試驗結果列于表 7。

表 6

材 料 名 称	抗拉强度 公斤/公厘 ²	屈 伏 点 公斤/公厘 ²	单 位 强 度*	
			按强度极限	按屈 伏 点
普通灰鑄鉄	20	—	2.6	—
片状石墨的孕育鑄鉄	30	24	4.0	3.2
珠光体球墨鑄鉄	60	42	8.1	5.7
珠光体—純鉄体球墨鑄鉄	55	44	7.7	6.2
純鉄体球墨鑄鉄	45	27	6.3	3.8
可鍛鑄鉄	40	28	5.4	4.3
鑄 鋼	50	25	6.4	3.2
鍛 鋼 (30×ГСА)	120	92	15.4	11.6
錫青銅	20	9	2.4	1.1
特殊青銅	40	30	4.8	3.6
压力加工的黃銅	30	13	3.6	1.6
鑄造黃銅	40	23	4.8	2.8
硬 鋁	45	26	15.0	8.7

* 单位强度在此表示材料的强度极限（或屈服点）对其比重的比值。

温度20°C 时球墨鑄鉄的冲击韌性

表 7

牌 号	金 属 基 体 组 織	无缺口試样的冲击韌性 (公斤·公尺/公分 ²)
БЧ 50—1.5	珠光体—純鉄体	0.8—1.0
БЧ 60—2	珠光体	4.6
БЧ 40—10	純鉄体	2.4*

* 用光滑試样测定的該爐号冲击韌性是非典型純鉄体球墨鑄鉄。而典型純鉄体球墨鑄鉄在适当的成分下具有很高的冲击值(約10公斤·公尺/公分²)。

根据一些資料介紹,球墨鑄鉄在某些情况下,其冲击韌性是很低的,甚至不超过0.5公斤·公尺/公分²。而这样低的冲击值与这种鑄鉄的塑性(延伸率)及其組織或化学成分无关。曾經发现某一爐号的試样延伸率很高而冲击值仍很低,如 $\sigma_b=51$ 公斤/公厘², $\delta=21\%$, $A_k=$

0.5 公斤·公尺/公分²。因而有人認為球墨鑄鐵可能具有一種特殊的脆性，此種脆性從本質上看來和鋼的回火脆性和可鍛鑄鐵的“白斷口”相類似。球墨鑄鐵的脆性將隨着溫度的變化而改變，這點將在後面談到。因此球墨鑄鐵只有在韌性狀態才具有較高的衝擊韌性。在常溫時球墨鑄鐵不處在脆性狀態的範圍內，因此其衝擊韌性仍大大高於普通鑄鐵。實踐及試驗證明，只要成分（硅，磷，錳）控制適當，可以獲得高的衝擊值，國內很多工廠在生產條件下所獲得的衝擊韌性已証實了這一點。

由於球墨鑄鐵正在日益廣泛地應用在發動機上承受交變負荷的重要零件，因而引起人們對球墨鑄鐵的疲勞強度作一系列的研究。

球墨鑄鐵的疲勞強度一般是以 $\frac{\sigma_{-1}}{\sigma_b}$ 和 $\frac{\tau_{-1}}{\sigma_b}$ 之值來表示。表 8 所列是各種鑄鐵的彎曲疲勞強度 (σ_{-1}) 和扭轉疲勞強度 (τ_{-1}) 之數值。

表 8

指 標	灰 鑄 鐵	孕 育 鑄 鐵	純鐵球墨鑄	珠光體球墨鑄
抗拉強度 σ_b (公斤/公厘 ²)	12—24	28—38	42—44	56—64
對稱彎曲疲勞強度 σ_{-1} (公斤/公厘 ²)	7—14	12.5—16	15—17	23—25
對稱扭轉疲勞強度 τ_{-1} (公斤/公厘 ²)	6.5—13	12—14	—	18—20
σ_{-1}/σ_b	0.58	0.45—0.42	0.33—0.36	0.41—0.39
τ_{-1}/σ_b	0.54	0.43—0.37	—	0.33—0.31
減振性%	19	16	4—5	4—5

從上表可以看出，隨着靜結構強度的升高其疲勞強度也隨着緩慢地增加。因為球墨鑄鐵對缺口的敏感性由於改善了石墨的形狀及提高了強度，故比灰鑄鐵要增大。但是其疲勞強度的絕對值仍然比普通灰鑄鐵大 0.5~1 倍，因而在交變負荷作用下的抗力也隨而增加。

但是應該指出的,在交變負荷工作下的零件,大部分都存在應力集中(如鉗孔,油眼,溝槽等),再加上球墨鑄鐵很易產生一些缺陷,降低球墨鑄鐵的疲勞強度。因而進一步研究球墨鑄鐵有應力集中的彎曲及扭轉疲勞強度,更能切實符合零件實際工作的條件。

表 9 所列是球墨鑄鐵與其他材料的有缺口彎曲疲勞強度之比較。

表 9

材 料	抗 拉 強 度 公斤/公厘 ²	反復彎曲疲勞強度公斤/公厘 ²		有缺口疲勞強度 與抗拉強度之值 (σ_{-1}/σ_b)
		無 缺 口	有 缺 口	
鍛 鋼	52.8	34.4	21.1	0.4
	62.0	—	15.2	0.25
鍛 造 合 金 鋼	65.1	33.3	18.0	0.275
	90.1	51.2	24.8	0.270
	124.8	66.3	27.3	0.22
鑄 造 合 金 鋼	100.1	30.2	20.1	0.20
	131.8	36.4	24.8	0.186
普 通 鑄 鐵	34.1	12.4	12.4	0.365
	32.3	12.7	11.0	0.392
球墨鑄鐵(鑄态)	71.0	29.4	20.8	0.294
	62.7	28.7	16.3	0.260
球 墨 鑄 鐵 (熱處理)	47.6	22.4	13.15	0.308
	60.0	24.8	13.85	0.23

从上表可以很清楚地看出,在動負荷作用下,以鑄造合金鋼為最不經濟,有缺口的疲勞強度與抗拉強度之比值最小,而球墨鑄鐵與一般鍛鋼接近,因而在機械性能相仿的情況下代替交變負荷作用下的鍛鋼件是完全可能的。

蘇聯中央機器製造與工藝科學研究院研究的球墨鑄鐵,反復對稱疲勞強度,其結果如圖 1 所示。

根据研究指出所有球墨鑄铁的試样对于圆弧缺口的敏感性都比CT 45号鋼为小。而当进行压套疲劳試驗时，应力集中显著增加，此时所有牌号的球墨鑄铁試样其疲劳强度降低值(15~19%)比CT 45号鋼(42%)小1倍左右。因此虽然在光滑試样时，CT45号鋼的疲劳强度比球墨鑄铁略高，但是在带孔、带肩及同时带肩、带孔的試样中，由于鋼对缺口敏感性大，故其疲劳强度降低很快。所以在实用情况下，球墨鑄铁的优越性就更显著了，它的弯曲疲劳强度并不次于CT45号鋼(見表10所列)。

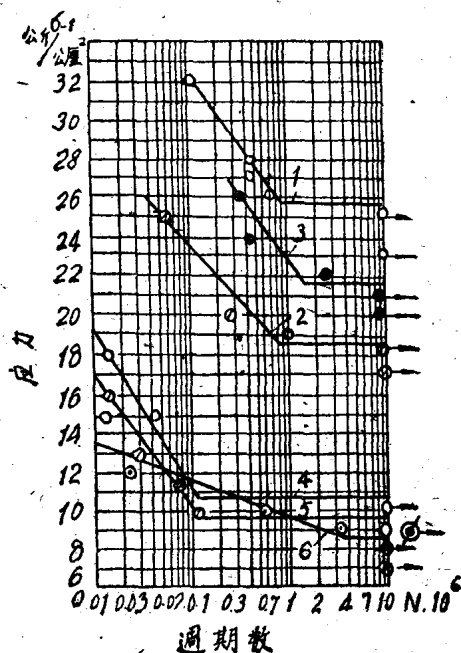


图1 正火的B460—2(曲线1, 2, 3)和灰鑄铁試样的抗弯疲劳强度曲线
1和4—光滑試样, 2和5—带圆角缺口試样, 3—压套試样, 6—带小半径沟槽試样。

表 10

材 料 类 别	交变弯曲的疲劳强度 公斤/公厘 ²							
	光滑試样		光滑带孔試样		带肩試样		带肩带孔試样	
純铁体球墨鑄铁	22.5	100%	19.5	86.6%	16.7	74.2%	15.5	68.82%
珠 体球墨鑄铁	25.5	100%	20.5	80%	17.2	67.5%	15.5	60.8%
CT 45号鋼	30.5	100%	21.5	73.77%	19.5	63.82%	15.5	50.8%

球墨鑄铁在扭轉时的疲劳强度比弯曲試驗时更为良好，根据研究指出，B4 50~1.5 和 B4 60~2 高强度球墨鑄铁带缺口的試

样，其反复扭转疲劳强度比 CT—45 号钢提高 20 ~ 60%，比灰铸铁提高了 110 ~ 180%。因此从疲劳强度的观点看来，用球墨铸铁代用一些在交变负荷下工作的钢件（如曲轴等）是安全可靠的。

当然还有一些零件不仅在交变负荷下工作，还承受某些介质的腐蚀，因此对材料的疲劳强度可能有所影响。

截止目前，对铸铁的腐蚀——疲劳强度的研究很少。关于苏联中央机器制造与工

艺科学研究院在这方面的研究结果如图 2 所示。从图中可以看出，反复弯曲试验时，海水介质使球墨铸铁的疲劳强度大为降低。

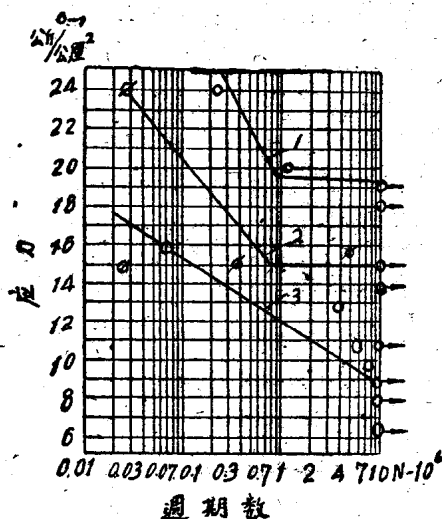


图 2 B450—1.5 高强度铸铁循环抗弯曲疲劳强度曲线
试验介质：1—空气；2—淡水；3—3%食盐水。

(三) 球墨铸铁在高温时的机械性能

在扩大球墨铸铁的用途时，进一步来研究球墨铸铁在高温时的机械性能是有很大的意义。因为现代很多机器零件不仅要承受很大的不同类型的负荷，同时还要在很高温度下进行工作，尤其用球墨铸铁代用一些耐热合金钢件时更有实际的价值。

到目前为止，国内外研究工作者对球墨铸铁的高温性能很感兴趣，同时正在进一步研究及探索。根据已经发表的资料指出，球墨铸铁在高温时不仅减少了生长，提高了抗氧化性，同时还具有很高的机械性能。关于球墨铸铁耐热性的问题，很多资料上的研究结果不太一致。Б.С. 米里曼(Мильман)指出，高强度球墨铸铁加热至 500°C