

稀土在灰铸 铁中的应用

(只限国内发行)

山东人民出版社

内 容 简 介

本书主要介绍稀土的一般知识及其在铸铁中的作用，并概略地介绍了以稀土合金为变质剂的若干种灰铸铁的特点，其中着重叙述了不加废钢熔制的高级铸铁的化学成分、工艺操作要点、炉前检查经验及其基本性能与应用范围。

本书是普及读物，主要供铸造工人同志阅读、参考。

稀土在灰铸铁中的应用

邱 汉 泉 编 著

* ..

山东人民出版社出版

山东新华印刷厂印刷

山东省新华书店发行

*

1973年2月第1版 1973年2月第1次印刷

印数：1—3,000

统一书号：15099·08 定价：0.13元

（只限国内发行）

开 头 的 话

稀土在我国有极其丰富的资源，这是其他国家无法比拟的，而在过去却一直未被广泛应用。六十年代以来，稀土在铸铁中的应用得到了蓬勃的发展，并获得了良好的效果。

实践证明，稀土在灰铸铁中具有许多重要作用。为了推广稀土在灰铸铁中的应用，使之更快地普及，并进一步提高，编者将有关单位开展这项工作的点滴体会和先进经验编写成册，供从事铸造工作的工人同志阅读、参考。由于稀土在灰铸铁中应用的历史较短，加之水平所限，书中难免有缺点和错误，恳请读者批评指正。

山东省革命委员会设计研究院 邱汉泉
机械工业局

目 录

开头的話

一、什么是稀土·····	1
二、稀土元素的性质及其在铸铁中的作用·····	3
三、稀土孕育铸铁·····	9
四、稀土HT40—68灰铸铁·····	15
试制的根据·····	15
熔制及处理方法·····	16
化学成分·····	28
金相组织及断口·····	29
机械性能·····	33
铸造性能·····	33
表面性能和使用性能·····	35
铸件缺陷及其预防·····	36
应用范围·····	38
五、特殊性能的稀土铸铁·····	40
六、稳定生产的要点·····	43
七、应用稀土合金时的卫生防护·····	45

一、什么是稀土

地球上各种各样的东西，都是由一些化学元素构成的。例如，水是由氢和氧构成的，食盐是由氯和钠构成的……。这些化学元素，到目前为止，已经发现了一百零五种，我们常见的金、银、铜、铁、锡，以及碳、硅、锰、硫、磷等就是其中的一部分。人们根据它们的化学性质变化的周期规律性，把它们分成了九个族（除了Ⅷ族和0族以外，每一族又分主族和副族），排成了化学元素周期表（见表1）。在第Ⅲ族的钪副族中，由57号到71号这十五个元素，由于它们的原子构造十分相似，所以在表中特殊地占据着一个共同的位置，另排在周期表的下边。因为这些元素是由镧开始的，所以总称为“镧系元素”。镧的同族元素铈和钇，在化学性质上与这些元素十分相近，并且在自然界中也经常与镧系元素共生在一起，因此通常把钪、钇与镧系元素放在一起研究。我们所说的稀土，就是指的这十七个元素。

“稀土”这个名称是十八世纪的化学家们起的。当时以为这些东西在地球上很稀少，加之它们的氧化物与当时被称为“土”的碱土金属（周期表中的钙、锶、钡三元素）氧化物很相似，所以就起了“稀土”这个名字。

其实，稀土元素既不“稀”也不象“土”，而是典型的金属，所以也把它们叫做稀土金属。稀土的储藏量相当丰富，约占地壳组成的0.015~0.016%，比常见的某些金属还要

多，如比锌多2倍、比铅多9倍、比钼多49倍、比钨多164倍、比银多1599倍、比汞多2499倍、比金多30000倍。由此可见，把稀土列为稀有元素是不确切的。尤其是在我国，稀土元素的矿藏非常丰富。这为建立我国自己的铸造合金系列，赶超世界先进水平，提供了良好的物质条件。

根据稀土元素的电子层的构造特点，可将它们分为两组：

1. 铈组（或叫轻稀土）：包括八个元素

表 2—1

原子序数	57	58	59	60	61	62	63	64
符 号	La	Ce	Pr	Nd	Pm*	Sm	Eu	Gd**
名 称	镧	铈	镨	钕	钷	钐	铕	钆
读 音	栏	市	普	女	颇	杉	有	轧

* 人造元素 ** 有人将它列为钆组

2. 钇组（或叫重稀土）：包括九个元素

表 2—2

原子序数	21	39	65	66	67	68	69	70	71
符 号	Sc*	Y	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
名 称	钪	钇	铽	镝	钬	铒	铥	镱	镥
读 音	亢	乙	特	滴	火	耳	丢	意	鲁

* 有人将它列为钪组

目前，在灰铸铁中，大量使用的稀土，就是轻稀土（表2—1），其中以铈（占稀土总量的45~53%；下同）、钕（24~29%）、镧（11~17%）、镨（5.2~7.6%）为主。

二、稀土元素的性质及其在铸铁中的作用

稀土元素的熔点为 $798\sim 1656^{\circ}\text{C}$ ，沸点为 $1597\sim 3454^{\circ}\text{C}$ ，密度为 $2.989\sim 9.835\text{克/厘米}^3$ ，铸态布氏硬度为 $27\sim 91$ 。一般地说，铈组元素的熔点、密度、硬度均较低，钇组元素则较高。纯稀土元素具有良好的塑性，在室温下可以锻压、轧制成板材或金属箔。稀土与工业上常用的一些金属可熔成合金。但由于稀土的原子半径较大，所以其固溶度小，只有千分之几或万分之几（其中镁、铝、铬、钛除外）。

我们所说的十七个稀土元素，化学性质极为相近，在自然界中经常象孪生兄弟那样共生在一起，因此人们往往把它们当成一种东西来看待。在灰铸铁中应用稀土或化验其残余量时，通常也不将各元素一一区分开，而只考虑“稀土总量”。稀土的化学性质很活泼，几乎能与所有元素起作用，尤其与氧、氮、氢、硫、磷等有很大的亲和力。在生成化合物时，稀土多呈现三价，但也有二价或四价的。

以上都是稀土元素的共同特点。当然，每一个稀土元素还有各自的特点，在冶金、原子能、电子、石油、玻璃、光学等方面，不同的稀土元素又有不同的用处。

在冶金、钢铁、机械工业中，单一的（如铈、镧等）和

混合的稀土金属多用于炼钢；稀土中间合金（如镁—铈、镁—镧、铝—稀土等）多用于轻合金中；而稀土化合物（如各种氧化稀土、氯化稀土、氟化稀土等等）在铸造行业中，则很少应用。在铸铁中，目前多采用价格较低的稀土硅铁合金（又叫一号合金）、稀土硅铁钙合金（又叫三号合金）和稀土硅铁镁合金（又叫四号合金）。这三种合金，均由冶金工业部有关厂大量生产，由各地物资部门订货计划供应（其暂定规格见表3）。我省也能部分生产。

目前，除球墨铸铁的生产多采用稀土硅铁镁合金作球化剂外，其他铸铁多采用稀土硅铁合金作炉前处理的变质剂。

稀土硅铁合金熔点为 $1082\sim 1089^{\circ}\text{C}$ ，平均比重为4.7；其性质较脆，使用时，可象锰铁那样，用锤子或破碎机破碎成合适的粒度；合金中的稀土仍保持着纯稀土所具有的活泼的化学特性。

稀土在铁水中的作用，主要有：

1. 变质作用

稀土在铁水中的变质作用，突出的表现是改变石墨形状。在普通灰铸铁中，石墨是粗长片状的，它对金属基体有较大的破坏作用。而在稀土HT40—68灰铸铁中，稀土主要是将石墨变成厚片状（或叫蠕虫状），见图1—4；在球墨铸铁中，稀土是将石墨变成球状，使铸铁的性能大大提高。

稀土在改变石墨形状的同时，细化了铸铁组织。此外，还能改善非金属夹杂的形状和分布（如细化硫化物，可使硫化物的形状变钝或变成球状，其分布变得较均匀弥散）。这

铸铁中常用的稀土合金化学成分和成本

表 3

代 号	产 品 名 称	品 级	化 学 成 分 (%)					成 本			
			稀土总量R	硅	铁	铝	镁	钙	锰	钛	(元/吨)
1*	稀土硅铁 合 金	1	17~20	36~44	21~27	0.5~0.9	0.4~1.3	1~5	2~6	2~6	1500
		2	20~24	36~44	"	"	"	"	"	"	2000
		3	24~27	小于42	"	"	"	"	"	"	2300
		4	27~30	小于42	"	"	"	"	"	"	3000
3*	稀土硅铁 钙 合 金	1	20~24	38~42	"	"	"	大于5	"	"	3000
		2	24~27	38~42	"	"	"	"	"	"	3500
4*	稀土硅铁 镁 合 金	1	17~20/20~25	34~42	"	"	"	3~5	1~5	"	3800/4000
		2	17~20/20~25	"	"	"	"	5~8	"	"	4000/4300
		3	17~20/20~25	"	"	"	"	8~10	"	"	4300/4500
		4	17~20/20~25	"	"	"	"	10~12	"	"	4500/4900

注：稀土硅铁镁合金分为两类，“稀土总量R”和“成本”两格中，斜线上为第一类，下为第二类。

些良好的作用，都有利于提高铸铁的质量。

2. 净化作用

稀土在铁水中，有很强的脱气（如氧、氢、氮等）和脱硫的作用。稀土和它们能相互作用，化合成难熔的化合物，这些化合物可成为浮渣而被排除掉。因此，稀土是铁水的良好净化剂。稀土HT40—68灰铸铁，在生产上应用至今，极少发现铸件中有气孔等缺陷，这可能与稀土的净化作用有关。例如，济南、潍坊某厂，有一个时期，机床床身曾连续出现气孔，当采用稀土HT40—68灰铸铁后，气孔就消除了。

稀土还能减小或消除低熔点有色金属（如砷、铅、锌等）对铸铁的不利影响。

3. 改善铸造性能

铁水中加入稀土以后，能显著提高流动性，并可减少偏析、热裂等铸件缺陷。

4. 合金化作用

残留在铸铁中的稀土或稀土化合物能起合金化的作用，使铁的晶格结构起变化，金属基体被强化，因而提高铸铁的强度和耐磨性。

此外，稀土对提高铸铁的耐热、耐酸碱腐蚀的性能，也有良好的作用。

稀土对碳当量较高的灰铸铁的机械性能的影响，依稀土加入量不同而变化：当加入的稀土由零逐渐增加时，铸铁的机械性能就开始“渐变”；当加入的稀土达到一定数值——我们称它为“临界加入量”时，机械性能就发生“突变”（图1中的曲

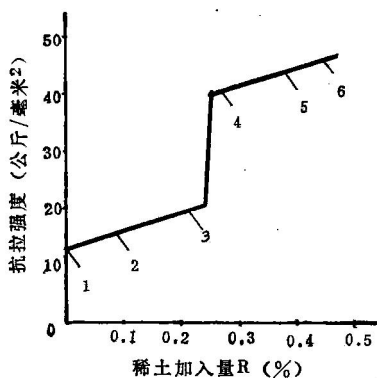
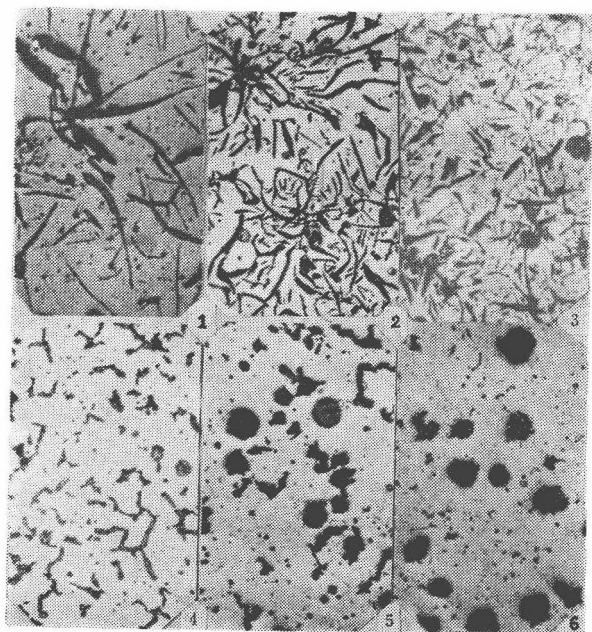


图 1 (上)灰铸铁中加稀土后石墨形状的变化
(下)灰铸铁中加稀土后机械性能的变化 (处理前铁水 $S=0.05\%$; $R=$ 稀土硅铁加入量 $\times$ 稀土硅铁中含稀土量的百分数; 石墨放大100倍)

线)。再继续增加稀土加入量时，则铸铁的机械性能又呈现“渐变”，直至铸铁中出现白口组织为止。

与机械性能的变化趋势相一致的是石墨形状的变化。随着稀土加入量的增加，灰铸铁中的石墨形状不断变化。其变化规律是：由粗片状→细片状→厚片状→团絮状→球团状（见图 1 中照片）。铸铁机械性能的突变，是由厚片状石墨的出现所引起的。

三、稀土孕育铸铁

孕育铸铁是一种高级灰铸铁。我们通常叫的Ⅰ级铸铁和M级铸铁（即牌号高于HT21—40的），就是这类铸铁。它们是通过孕育处理的办法获得的。

所谓“孕育处理”，就是铸铁在液体状态下，加入附加剂或孕育剂处理后，铸铁的化学成分变化不大而性能有较大变化的一种处理方法。以这种工艺所获得的高级铸铁，称为孕育铸铁。

炉前附加剂或孕育剂，通常分为两类：第一类——减少过冷程度，促进片状石墨的形成（如硅铁、硅钙、硅铜、石墨等）；第二类——增加过冷程度，在凝固过程中，阻碍石墨化，促进球状石墨的形成（如镁、铈等）。

目前，我们所用的稀土，就其本性来说，应属于第二类。当它的加入量在“临界点”以下时，特别是在可锻铸铁的铸态白口毛坯中或高牌号灰铸铁的炉前三角试片中，则表现出第一类的作用。编者认为，出现后一种现象，主要是由于大量的稀土与铁水中的硫（其他杂质较少，影响较次要）化合，形成了稀土硫化物的缘故。因为此时不仅稀土与硫化合，丧失了促进白口的作用，而且还减少了硫强烈阻碍石墨化的作用。同时所生成的稀土硫化物可能起石墨化晶核的作用，其综合

结果便导致铸铁炉前三角试片白口的减小。只有当稀土加入量超过“临界点”，使铸铁中残余的稀土引起铸铁性质突变时，才能显示出其本来的特点。也就是说，稀土加入量由零逐渐增加时，特别明显地表现在可锻铸铁的铸态白口毛坯中或高牌号灰铸铁的炉前三角试片断口中，有着白口→灰口→白口的变化过程（图2及表4）。对高碳当量的低牌号灰铸铁来说，由于炉前三角试片原来就无白口，所以随着稀土加

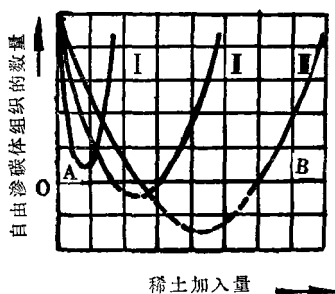


图2 低碳当量铸铁加稀土后，白口变化情况（I、II、III分别表示铸铁含硫量的低、中、高）

经稀土处理后的可锻铸铁
炉前试棒断口和机械性能

表4

试样编号	29—0	29—2	29—4	29—6	29—17	29—24	29—40
稀土硅铁合金加入量(%)	0	0.2	0.4	0.6	1.7	2.4	4.0
炉前试棒断口状态	白口	少量灰点	少量灰点	少量灰点	麻口灰点较多	灰口	白口
抗拉强度(公斤/毫米 ²)	42	34	37	41	32	26	44
延伸率(%)	19	9	11	13	8	7	14
备 注	1. 原铁水化学成分为2.71%碳、1.34%硅、0.54%锰、0.11%硫。 2. 炉前白口试棒规格为 $\phi 20 \times 15$ 。 3. 机械性能试验，采用直径为8毫米的可锻铸铁标准试棒，并随生产用的退火炉退火。 4. 稀土硅铁合金含稀土总量30%。						

入量的增加，看不到白口—→灰口的变化过程，而仅有灰口—→白口的现象。图 2 表明，随着铸铁含硫量的减少，曲线向左移，稀土临界加入量也减少。当含硫量很低时（如图 2 中的曲线 I），无论稀土加入量多少，均无由白口变灰口的现象。图 2 中的 AB 直线是铸铁由白口变灰口或由灰口变白口的临界线，它的高低与化学成分、冷却速度有关——随着碳当量的减少和冷却速度的增大，AB 线就向下移动，这时形成灰口组织的稀土加入量范围缩小。实践说明，少量稀土使铸铁白口减少的作用并不是它的本性，而主要是硫量变化所影响的结果。

本节所述的稀土孕育铸铁，即以稀土硅铁合金作为附加剂的孕育铸铁。下面分两种情况说明：

1. 以稀土硅铁合金为第一类附加剂生产孕育铸铁

此时稀土硅铁合金加入量在“临界点”以下，通常为 0.3~1.0%。含硫量高的铁水可多加一些（加入方法与硅铁相同）。三角试片白口随稀土硅铁的增加而减小，但铸铁的硬度并没有降低，相反还有所上升（表 5）。这样，即便孕育过量，也不致因铸件硬度过低而报废。这是较硅铁、硅钙优越的地方。

在不超过“临界加入量”的情况下，稀土硅铁合金实际上是一种复合孕育剂。它不仅具有硅铁、硅钙孕育的效果，而且保持着稀土在铸铁中的良好作用。其优点是：除减小铸铁白口外，还能净化铁水、改善铸造性能。它可程度不同地使石墨和基体组织细化，分布趋于均匀，过冷倾向减小，可使

经稀土处理后的 高牌号灰铸铁的性能变化情况

表 5

试 样 编 号	稀 土 硅 铁 (R=21.6%) 加 入 量 (%)	化 学 成 分 (%)					机 械 性 能				三角试片白口 (毫米)		
		碳	硅	锰	硫	磷	抗弯 (公斤/毫米 ²)	抗拉 (毫米)	硬度 (HB)	白	麻口		
1	0	3.02	1.42	0.86	0.091	0.131	51.0	26.8	3.4	222	7	9.5	
2	0.50	3.03	1.63		0.084			64.0	34.3	4.7	225	3	—
3	0.75	2.98	1.63		0.080			66.3	33.0	4.1	228	3	—
4	1.00	2.94	1.84		0.074			67.3	34.5	4.4	224	1	—
5	1.25	2.90	1.93		0.066			65.0	33.3	4.0	231	0	0

机械性能提高 1 ~ 2 个牌号。据上海市机械制造工艺研究所等单位的试验表明，这种孕育铸铁具有高于 I 级铸铁的耐磨性。

生产合金铸铁活塞环时（绝大多数以电炉熔炼，铁水含硫量较低），以 0.1 ~ 0.5% 稀土硅铁代替硅铁孕育，也有类似的效果。尤其是石墨和硬度均匀性，有显著改善。

2. 在非孕育铸铁中，加入少量稀土硅铁改善铸件质量

生产中，由于焦炭、生铁质量较差，硫高、气多，铁水氧化严重，以及流动性不良等原因，往往造成铸件废品。若在铁水中加入少量稀土硅铁，则铸件疵病可显著减少。例如，广州市机电铸造厂生产的 35 型、40 型碾米机磨芯（图 3），是由白口铁（化学成分：3.29 ~ 3.59% 碳、0.935 ~

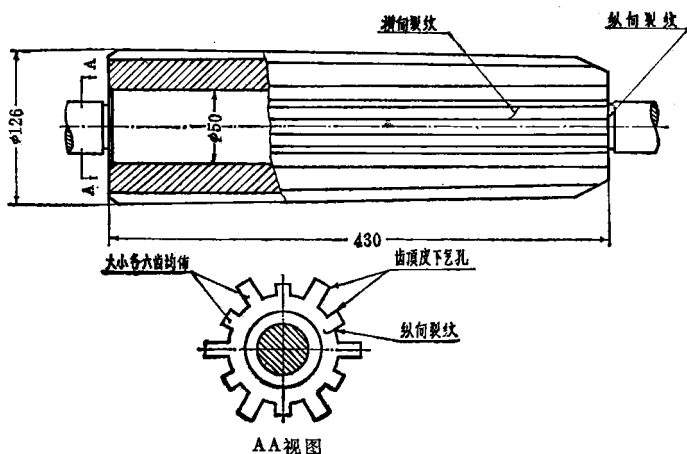


图 3 碾米机磨芯示意图