

土 鉄 の 鑄 造

(二)

第一机械工业部
机械制造与工艺科学研究所
技术情报所 合編



机械工业出版社

土 鉄 の 鑄 造

(二)

第一机械工业部 机械制造与工艺科学研究所 技术情报所 合編



机械工业出版社

1959

出版者的話

1958年12月在北京召开的土鉄鑄造經驗交流會議上交流了全国各地在土鉄鑄造方面的經驗，其中一部分厂和研究單位的經驗和研究成果已在會議召开前汇集由本社印刷成書出版。在會議上交流的其他厂的經驗，以及會議后一些厂試驗研究的經驗，对土鉄的鑄造又提供了新的內容，其中包括孕育「土」球墨鑄鉄的成功。

本書汇集了这些經驗和研究成果，其中包括會議提出的「关于推广「土」球墨鑄鉄的意見」和「关于用白口土鉄鑄造灰口鉄鑄件的意見」，它指出了土鉄利用的方向和方法；其次就是上海、洛阳、济南等几个厂制造「土」球墨鑄鉄的經驗，和鑄态即得球化石墨的孕育土球墨鑄鉄的經驗；再次就是上海、天津、洛阳、北京等地白口土鉄变灰口鉄的經驗，最后还附录了土法熔煉錳鉄和硅鉄的經驗。

本書可供大型机器制造厂和地方中小型机械厂鑄造技術人員和工人参考。

NO. 2883

1959年4月第一版 1959年4月第一版第一次印刷

850×1168^{1/32} 字数63千字 印張2^{15/16} 插頁2 00,001—10,300册

机械工业出版社(北京阜成門外百万庄)出版

机械工业出版社印刷厂印刷 新华書店發行

北京市書刊出版业营业許可証出字第008号 定价(10) 0.50元

目 次

一、[土]球墨鑄鐵部分.....	(5
1 关于推广 [土] 球墨鑄鐵的意見全国土鉄鑄造經驗交流會議	(5
2 各地試制 [土] 球墨鑄鐵的情況介紹.....	(10
3 孕育 [土] 球墨鑄鐵.....	(17
二、白口鉄变灰口鉄部分.....	(24
1 用白口土鉄鑄造灰口鉄鑄件的意見全国土鉄鑄造經驗交流會議	(24
2 3吨水套爐襯碱性冲天爐.....第一拖拉机制造厂	(29
3 3.5吨水套爐襯碱性冲天爐国营天津紡織机械厂	(31
4 中性爐襯冲天爐爐內脫硫的經驗.....沈阳重型机器厂	(38
5 頂帽式小型万能热風爐.....唐山鍛鑄厂	(44
6 用頂帽式热風爐將土鉄煉成灰口鉄的經驗上海市廢品公司廢鉄熔煉厂	(49
7 用热風中性爐襯水冷却冲天爐进行爐內爐外去硫上海中国紡織机械厂	(57
8 白口土鉄制灰口鑄鉄的初步总结北京市机电局、机械研究所、第二通用机械厂	(61
附录.....	(71
1 頂帽式热風爐熔煉錳鉄.....上海市鑄鍛工业公司	(71
2 土法制造硅鉄.....鋼鉄研究院耐火材料室	(75
3 砂箱澆注退火使白口变灰口.....河北省东光县机械厂	(78
4 石灰迴旋爐爐外脫硫.....湖南省安平鉄厂	(79

一 「土」球墨鑄鐵部分

1 关于推广「土」球墨鑄鐵的意見

全国土鉄鑄造經驗交流會議

大跃进以来，全民煉鉄煉鋼，鋼鉄产量节节上升，尤其是土鉄产量跃增更快，有些省市日产十万吨以至二十万吨；土鉄已經成为当前各机器制造厂鑄造用的重要原料，因而如何把土鉄順利地用于鑄造生产，尤其是用以制造要求高的高級鑄鉄，以貫徹「以鑄代鍛，以鉄代鋼」的技术方針，是一項严重的政治任务。

洋球墨鑄鉄对原材料的要求比較严格，限制硫含量在0.12%以下，又要求碳和硅高，但这些要求却和土鉄的成分相背，因土鉄的特点是硫量高，碳、硅、錳量低。同时目前硅鉄的供应非常紧张，球化所需的鎂供应也感不足，这样球墨鑄鉄的發展受到一定的限制。所以利用土鉄制造「土」球墨鑄鉄有着十分重大的政治意义。

「土」球墨鑄鉄的特点是石墨球化不必加鎂，而是利用硫作为球化剂。硫原是鑄鉄中的有害元素，但在这里却起了积极作用。試驗証明：当硫含量高到一定数量后，含硫量較高，但硫錳比值适当（同碳硅含量有关）时，硫就有使石墨球化、縮短退火時間的作用。

利用土鉄制造「土」球墨鑄鉄的配料方法

制造「土」球墨鑄鉄对化学成分的要求并不严格，所要求的成分正是土鉄具有的特点：硫高、碳錳低和硅不太高。高硫的存在能促使退火石墨由团絮状轉变成球状。由于硫有强烈的稳定碳

化鉄的作用，因此即使断面很厚的鑄件，仍然可以获得白口的坯料，不会有初生的片状石墨析出，并且可以加高硅量，縮短退火時間。随着硫量的增高（即硫/錳比值的增加），退火石墨逐漸变圓，当然石墨愈圓則机械性能也愈好；但如果含硫过高或硫/錳比值过高，石墨的形状并不能相应的改善甚至还会变坏，反而延長退火時間，在退火之后还可能存在局部的白口組織，影响加工性能。所以硫錳比既不能过低，低了石墨球化不好，延長退火時間；但也不宜过高，过高会延長退火時間，增高硬度。所以硫/錳比值一般以1~4为宜。同时也須注意硫錳的絕對值，例如含硫1.5%，錳0.75%时，虽然硫錳比值为2，但因含硫錳过高，白口很难消除，因此硫应控制在0.3~0.8%之間，錳量在0.2%以下比較恰当。

增加硅量能加速退火过程，消除游离渗碳体，增加鉄素体，提高韧性，一般可控制在1~2.5%，最好是1.5~2.0%。碳太低影响鉄水流动性，但也不宜过高，以免在鑄态时有片状石墨析出。土鉄本身含碳較低，經熔化后，一般自动平衡在2.3~3.0%。应使碳+硅大于4%。

因此在利用土鉄做原料时，在配料方面并不需要作很多的調整平衡，因土鉄中的碳虽然較低，但在熔化后碳分可以自行調整至2%以上。錳量虽然不高，但要求也是在0.2%以下，一般也可以不必补加。硫在土鉄中的含量高于0.8%时，可以与低硫鉄合并使用或在熔化时設法降低。硅量則一般較低，可以加一定数量的旧料，或加入含硅量較高的土鉄或加入硅鉄均可。此外，用土鉄作[土]球墨鑄鉄，并不一定要以全部土鉄作原料，可以使用一部分[土]球墨鑄鉄的回爐料或其它的回爐鉄，这将更有利于成分的控制。

熔化設備与操作要点

一、爐子的选择：从[土]球墨鑄鉄成分的要求来看，若爐

料中的含硫不高 ($<1.0\%$), 不需要脫硫, 就可以采用酸性化鐵爐。酸性爐的增碳能力虽不如碱性化鐵爐, 但如操作正常, 使鐵水中的含碳量超过 2.0% 以上, 甚至 2.5% 以上是并不困难的。

假如爐料中的硫大于 1% , 虽然用酸性爐熔化时, 也可以在爐內多加熔剂, 造成碱度較高的爐渣, 促使爐內脫硫, 但这样做法会严重地影响爐襯寿命。在爐外去硫, 又会影响澆注溫度。所以最好的办法是采用碱性或中性化鐵爐, 造碱度較高 (碱度在 1.4 以上, 視所需脫硫量而定) 的爐渣, 促使爐內脫硫。高碱度爐渣熔化的另一优点是增碳能力强, 有利于碳分調节。如北京第一通用机器厂用 70% 貴州土鐵 (成分約为: 碳 $1.8\sim 2.2\%$, 硅 $<0.34\%$, 錳 0.06% , 硫 $>1.6\%$, 磷 0.12%), 加 30% 的旧灰口鐵, 外加 2% 硅鐵 (含硅 75%), 在碱性冲天爐中用土焦熔化, 在碱渣碱度并不高的情况下, 鐵水成分为: 碳 $2.4\sim 2.9\%$, 硅 $1.8\sim 1.9\%$, 錳 $0.14\sim 0.23\%$, 硫 $0.4\sim 0.5\%$ 。該厂利用碱性攪爐熔化 100% 的貴州土鐵, 在爐內加入 20% 石灰石, 5% 螢石, 5% 白云石, 去硫效率亦在 50% 以上。

熔化土球墨鑄鐵可以用冲天爐, 也可以用攪爐, 由于攪爐的出鐵口在熔化过程中始終是敞开的, 所以沒有出鐵口被堵塞的弊病, 操作方便。

二、熔化操作: 熔化操作与一般相同, 但因土鐵含碳、硅低, 故鐵水流动性較差, 尤其在用土焦作燃料时灰份高、發热量低, 很容易發生冻爐現象, 应采取下列措施:

1. 采用風量風压較大的鼓風机, 保証在渣子开始粘結时, 仍可向爐內鼓入需要的風量, 保証鐵水溫度正常, 就可避免渣子、焦炭等的粘結和从而引起的冻爐事故。同时, 風压、風量大时, 还可以吹去一部分灰份 (如北京第一通用机器厂的 2 吨化鐵爐, 即用两个鼓風机串联在一起, 使風压增至 700 公厘水柱)。

2. 适当增加石灰石的加入量。如北京农业机器厂的酸性冲天爐, 石灰石的加入量为層鐵的 15% , 以提高爐渣的流动性, 如渣

子量多，可讓出渣口長期敞開。

3. 在熔化土鐵之前，先化几批灰口鐵，使爐內熔化正常后再熔化土鐵。

鑄造缺陷的防止

由于熔化土鐵所得鐵水的碳、硅量低，所以流动性差，同时土鐵原来的渣子和气体多，所以〔土〕球墨鑄鐵件易有气孔、夹渣、縮孔等缺陷。为防止鑄造缺陷，应采取下列措施：

1. 提高鐵水温度，有利于澆鑄性能的改善，渣子和气体的清除。

2. 在鐵水出爐时，先在鐵水包底加入0.3%冰晶石粉或0.5%食盐，稀釋渣子，有利于扒渣和排除鐵水中的气体。

3. 为避免鐵水澆不足，要提高澆注速度，相应地增加澆口面积。設計澆冒口系統时，薄小件可参考可鍛鑄鐵的，厚大件則仿照球墨鑄鐵的作法，这样也可防止縮松和縮孔缺陷。

4. 由于鑄造毛坯很脆，清理时应注意，不要打击太重，以免發裂。

热 处 理

由于鑄态是白口坯件，所以必須进行热处理，消除白口，获得球状石墨。

一般可加热至 $950\sim 1000^{\circ}\text{C}$ ，根据成分及断面厚度而保溫4~10小时，然后爐冷至 700°C 以下，出爐空冷。如要求韌性高时，可仿照可鍛鑄鐵进行第二期石墨化处理，即在 $950\sim 1000^{\circ}\text{C}$ 保溫后，爐冷至 $720\sim 760^{\circ}\text{C}$ ，保溫4~8小时，爐冷至 600°C 以下再空冷，使珠光体分解，获得鐵素体和珠光体的混合基体。如要强度高时，也可施行珠光体球化处理，在 $950\sim 1000^{\circ}\text{C}$ 保溫后，空冷至气温，再加热至 $720\sim 760^{\circ}\text{C}$ ，保溫4~8小时，再空冷。

为了防止热处理时鑄件表面的氧化，可以在表面塗刷以下的

塗料：（1）石墨粉加水玻璃；（2）石灰水；（3）石墨粉加水。其中以第一种为最好。退火时的装爐法及質量控制可参照可鍛鑄鐵的退火工艺。

今后努力方向

虽然〔土〕球墨鑄鐵試驗成功的时间不长，但已取得一定成就，在北京第一通用机器厂和北京农业机器厂已分别澆注了50多种零件，有的已能成批生产。其中重要的如拖拉机上的轉向輪圈、立軸、橫軸，鍋駝机上的曲軸、汽缸套等，均經裝車運轉試驗，証明实况良好。其中最薄小的零件为厚仅4公厘的鏈环，最厚的零件为厚达200公厘的減速齒輪軸，最大的零件为重600公斤的，破碎机架。

由于〔土〕球墨鑄鐵的生产、研究的时间还不长，从事这项工作的單位到最近为止还不多，所以还有许多工作有待于今后發動群众，大家研究、大家解决：

1. 进一步扩大〔土〕球墨鑄鐵的应用范围，从小到大，从靜到动，大胆試用，細心鑒定，从生产实践中来更多地积累經驗，發掘〔土〕球墨鑄鐵的潜力。

2. 改善鑄造性能，例如有效地去除鉄水中的夹杂物及气体，改善流动性等。

3. 研究各种成分对性能的影响，包括五种基本元素（碳、硅、錳、磷、硫）对机械性能和鑄造性能的影响，如碳硅含量和硫/錳比值間的相互关系，不同磷含量和硅含量时对机械性能的影响，以及微量元素在〔土〕球墨鑄鐵中的作用和影响。

4. 系統的研究并进一步提高〔土〕球墨鑄鐵的工程性能，如各种疲劳强度、耐高溫、耐蝕性能等，为进一步扩大使用創造条件。

5. 縮短热处理过程：目前在热处理的生产周期上虽較可鍛鑄鐵大为縮短，但尚須作进一步的研究，如加一些国内資源丰富

的附加剂，創造新的热处理工艺，或在成分上作适当的調整以縮短热处理过程，或在鑄态时即可取得球状石墨和沒有白口的鑄件。

2 各地試制「土」球墨鑄鉄的情况介紹

1958年12月上旬在北京召开全国土鉄鑄造經驗交流會議以后，上海、山东、浙江、河南、重庆、沈阳、天津等地立即开展了「土」球墨鑄鉄的試制工作。特別是上海市，大規模地組織了11个工厂同时进行試制，声势浩大地向「土」球墨鑄鉄进军。經過短短十多天的奋战，有許多工厂已初步将「土」球墨鑄鉄試制成功。从「土」球墨鑄鉄在極短時間內就在全国多数地区普遍开花这个事实可以証明，「土」球墨鑄鉄确是具有取材方便、制造簡易、应用范围广泛等許多优点。本文介紹几个厂的試制情况，他們基本上是學習北京的經驗后，参考北京的工艺方法进行試驗的。

(一) 上海矿山机器厂

配料用55%的土鉄 (C2.08%, Si0.45%, Mn微量, S1.23%, P0.182%), 因土鉄含硫、磷很高，故搭配了45%小高爐生鉄 (C3.25%, Si2.85%, Mn0.78%, S0.116%, P0.228%), 以平衡硫含量及硅含量，使接近于土球鉄的要求。熔化是使用酸性冷風冲天爐，批料重320公斤，焦鉄比1:8，出鉄溫度1330°C (光学高溫計讀数)。鉄水化学成分C2.5%, Si1.33%, Mn0.25%, S1.1%, P0.31%，硫錳比为4.4，碳加硅为3.83%。

鑄造采用球墨鑄鉄的工艺，干模澆注，澆注溫度1280°C，澆注 ϕ 1120公厘、毛重680公斤的齿輪一件。

退火规范：緩慢加热到1040°C，保温12小时后降溫到740°C，再保温4小时，然后爐冷到約200°C出爐。退火后的金相組織为粗片状珠光体+球状及准球状石墨 (圖1)●。机械性能：抗拉强

● 本書金相圖片均附于書后。——編者

度为 41.3 公斤/公厘²，延伸率为 2.73%，硬度为 H_B207 。

他們在試驗中有以下体会：

1) 配料应使化学成分接近 [土] 球墨鑄鉄的要求，并应根据鑄件厚度搭配一些其它金屬料或鉄合金，使鉄水成分适应鑄件厚度，以縮短退火時間；

2) 出鉄溫度应尽可能高，这样鉄水流动性不会太差；澆注时应使鉄水快速而平稳地流入鑄型；

3) 因土鉄含硫、磷高，鑄造工艺应注意避免鑄件碎裂；

4) 退火规范应根据鉄水化学成分、鑄件的壁厚及白口程度来决定，壁厚和白口程度相近的鑄件最好在同一个爐内退火。在退火过程中应按时檢查試塊的断面，掌握鑄件組織中碳化鉄或珠光体分解的程度，这样可以調整退火溫度及保溫時間，以获得所要求的金相組織。

(二) 上海达丰翻砂厂

配料用 100% 土鉄 (C 2.68%，Si 0.33%，Mn 0.09%，S 0.335%，P 0.066%)，每批 25 公斤，焦鉄比 1:1.4，白云石 3.75 公斤。为提高鉄水溫度，在未澆注 [土] 球墨鑄鉄鑄件前，先熔化四批白口鉄，然后再加一層厚 1100 公厘的底焦 (焦炭上刷一層石灰水，以除去焦炭硫分)，加几批層料后再加一層焦炭；出鉄溫度約达 1300~1350°C。熔化是用中性爐襯的小撈爐。在澆包内加 (45%) 硅鉄 1%，以增加硅含量，还加食盐 0.3%。熔鑄后的化学成分如下：

	C	Si	Mn	S	P	C+Si	S/Mn
样棒	3.05%	0.68%	0.214%	0.65%	0.32%	3.73%	3.04
鑄件	2.90%	0.7%	0.321%	0.65%	0.32%	3.6%	2.02

澆注了拖拉机的离合器压盘 ($\phi 330$ ，厚 10~30) 7 件，澆冒口开得較大，气孔与縮空不严重。

由于鑄件含硅量較低，因此退火溫度較高，在 1040°C 保溫 12

小时，爐冷至 700°C ，然后在空气中冷却（圖 2）。退火时装箱，故无表面氧化現象；但因冒口未除去，而退火溫度又較高，故鑄件有变形現象。退火后的石墨分布情况如圖 3，大部分石墨已球化，部分球墨的中心为基体金屬，少量石墨成点状及爪状，球状石墨分布尚均匀。退火后的显微組織如圖 4，除石墨及硫化物夹杂外，基体为較粗的珠光体；边缘部分有脫碳現象，其組織为珠光体及铁素体。样棒硬度檢查小于 H_B210 。

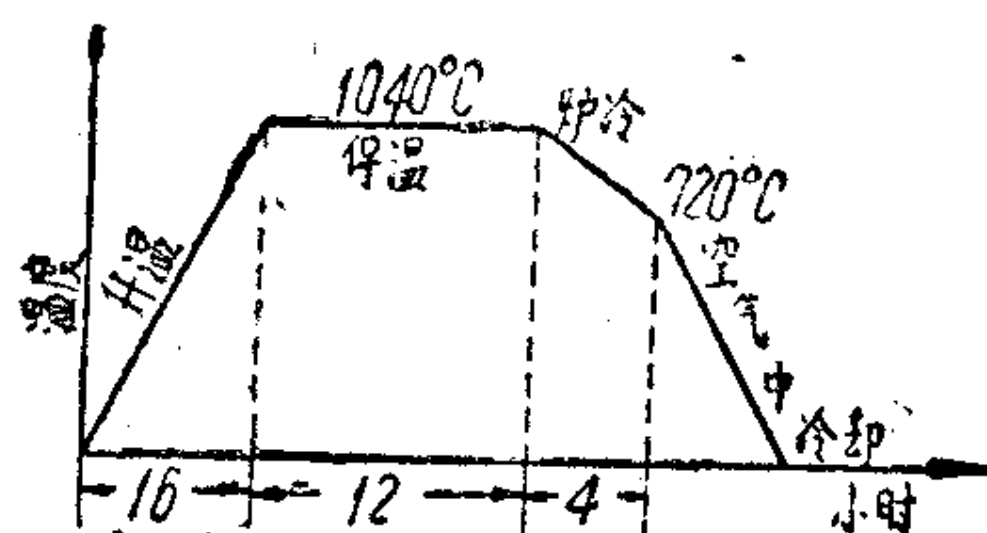


圖 2

（三）上海中国紡織机械厂

配料：白口土鉄 100 公斤，層焦 25 公斤，螢石 1 公斤，石灰石 8 公斤，硅鉄(25%) 8 公斤；增大焦鉄比和加入 9% 的熔剂是为了提高鉄水溫度及除去鉄中夹渣与气体。熔化用 1.5 吨冲天爐。

鉄水成分：C 2.54~3.0%，Si 1.99~2.46%，Mn 0.12~0.18%，P 0.474~0.566%，S 0.365~0.447。出鉄溫度 1480°C 。澆注溫度 $1380\sim1410^{\circ}\text{C}$ 。流动性 18~22"。澆注混砂机刮板 12 塊，土机床牆板 2 塊等。

退火規範如圖 5，退火后鑄件表面有一層厚氧化皮，因装料不平和高溫退火時間長，大部分鑄件变形弯曲。硬度为 $H_B135\sim153$ 。金相組織为珠光体 + 球状及团絮状石墨。

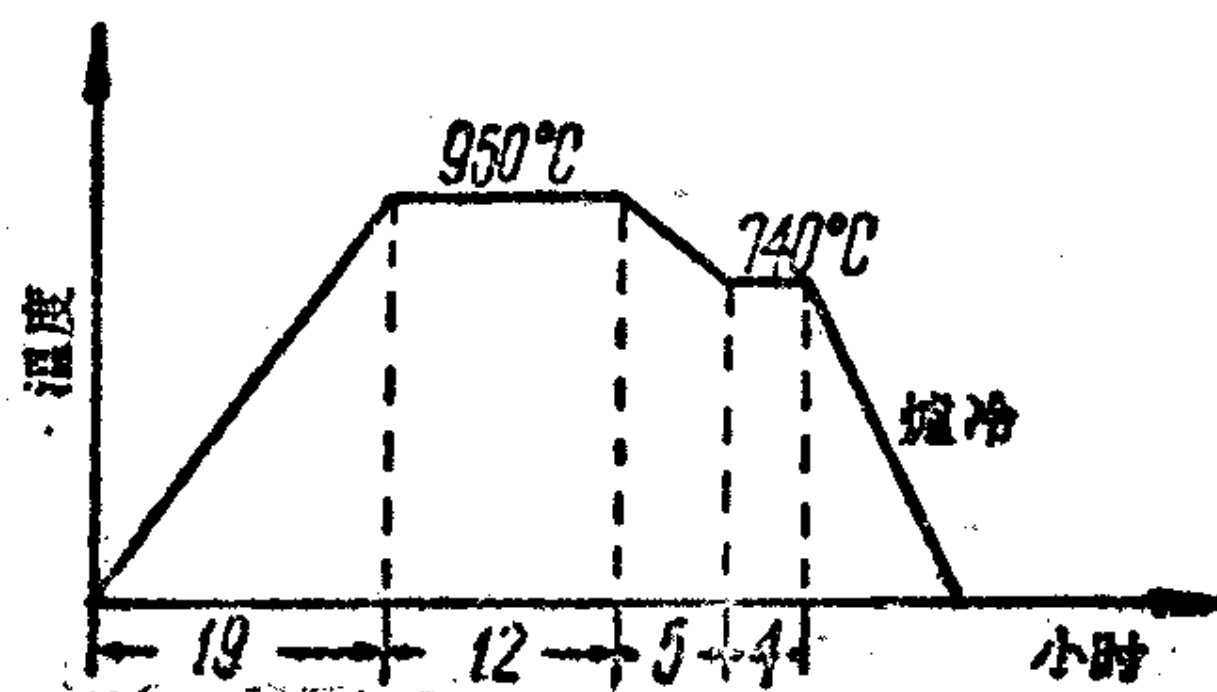


圖 5

(四) 洛阳矿山机器厂

1) 配料、熔化、澆注

一般使用的小攪爐，爐子內徑 450 公厘，配 1.5 馬力鼓風機一台（4000 轉/分）。

配料全部用白口鍋鐵，熔化后在鐵水包中加入 2~2.5% 的 75% 硅鐵或 3.5% 的 45% 硅鐵，以調整硅的含量在 1.5~2% 之間。鐵水的化學成分大致為 C 2.5% 左右，Si 1.5~2%，Mn 0.05~0.1%，S 0.5~0.6%，P 0.2~0.28%。這與一般資料的介紹有出入，錳含量僅 0.05%，效果亦好。

熔化過程與一般生鐵無異，逐批加入爐中，在批料中加入 5% 左右的石灰。出鐵溫度要求高一些，必須將渣子扒干淨。出鐵水時，將硅鐵加入鐵水包中並充分攪拌后，再扒掉一些渣子，即可進行澆注。最好加一些鋁或食鹽以除氣除渣。要注意改善澆冒口系統以避免縮松。

2) 熱處理與機械性能

熱處理的好壞，直接決定了石墨能否成為球狀和機械性能是否好。要求退火爐的溫度易于控制，溫度波動不能太大。現將同一包鐵水所澆試樣，經過不同熱處理得到不同結果的情況列于下表：

編號	熱 處 理 規 范	抗拉強度 (公斤/公厘 ²)	石墨形狀	備 注
1	于 950°C 保溫 3、5、9、11 小時，爐冷	15~22	見圖 6	有時曾獲得良好的球狀石墨，如圖 9
2	860~880°C 保溫 8.5 小時，再在 920~950°C 保溫 4 小時	36~36.3	見圖 7	
3	860~880°C 保溫 3 小時，再在 920~950°C 保溫 4 小時	16	見圖 8	
4	860~880°C 保溫 8 小時，920~950°C 保溫 3 小時	40.6	基本上同圖 7	
5	900~920°C 保溫 7 小時	31	團狀	
6	900~920°C 保溫 7 小時，920~950°C 保溫 2 小時	37.7	團狀	

(鉄水の化学成分为C 2.5%, Mn 0.06%, Si 1.85%, S 0.63%, P 0.27%):

由上表,基本上可以看出热处理规范对球化及机械性能的影响。該厂在北京介绍的 950°C 左右的退火温度的反复試驗,始終不能得到良好結果,后来将温度降低至 860~880°C,用試片反复試証,石墨均基本球化(溫度計經過校驗,指值完全正确)。

保温时间与厚度的关系,試驗結果是:18 公厘厚試片于 860~880°C 保温 3 小时,碳化鉄基本上已全部分解;鑄件厚度为 40~50 公厘时,可于 880°C $\pm$ 20°C 保温 8~12 小时,然后再提高温度至 920~950°C 保温 2 小时,可以得到良好結果,第一阶段保温以不超过 900°C 为宜,过高石墨不能球化,过低則碳化鉄分解过慢。

退火結果的檢查,最好用金相显微鏡;如沒有金相显微鏡时,也可檢查断面,大致判断出热处理結果。据該厂的經驗,以均匀的銀灰色断面、不带白口組織的光澤和方向性为最好,断面愈灰暗愈不好。

(五) 济南第二机床厂

用單排風口酸性三节爐熔化土鉄,土鉄的化学成分是 C 2.7%、Si 1.5%、Mn 0.1~0.2%、S 0.7%、P 0.1%。爐料是土鉄 200 公斤,焦炭 40 公斤,石灰石 30 公斤。鉄水出爐温度 1370~1380°C,澆注温度 1270~1280°C。为提高鉄水流动性,在鉄水出爐时加 0.5% 食盐。澆注的零件是原用 45 号鋼鍛造的 M415 型空气錘的錘杆(澆注重量 1000 公斤,最大尺寸 320 公厘)和 K273B 型曲柄压力机的曲軸(澆注重量 1500 公斤,最大尺寸 320 公厘)以及刀座、溜板等。造型工艺与球墨鑄鉄相同。

曾采用两种退火规范。对一般性能要求不太高的鑄件(刀座、溜板等)是先加热到 960~980°C 保温 6~8 小时,爐冷到 700°C 以下再在空气中冷却(圖 10)。保温時間視鑄件厚薄及化学成分而

定，一般壁厚不超过 30 公厘时保温 6 小时已足够，50 公厘者可保温 8 小时，但铁水中碳、硅含量较低而硫锰比不适当的，保温时间应适当延长以保证退火完全。对机械性能要求较高的铸件（锤杆、曲轴），则在 $960\sim 980^{\circ}\text{C}$ 保温后冷至 $740\sim 760^{\circ}\text{C}$ 再保温 6~8 小时，然后在空气中冷却（图 11），得到铸件的组织为粒状珠光体加少量铁素体和球状石墨（图 12）；抗拉强度 $43\sim 45$ 公斤/公厘²，延伸率 2.3%，冲击韧性 $4\sim 5$ 公斤公尺/公分²，硬度 $H_B 183$

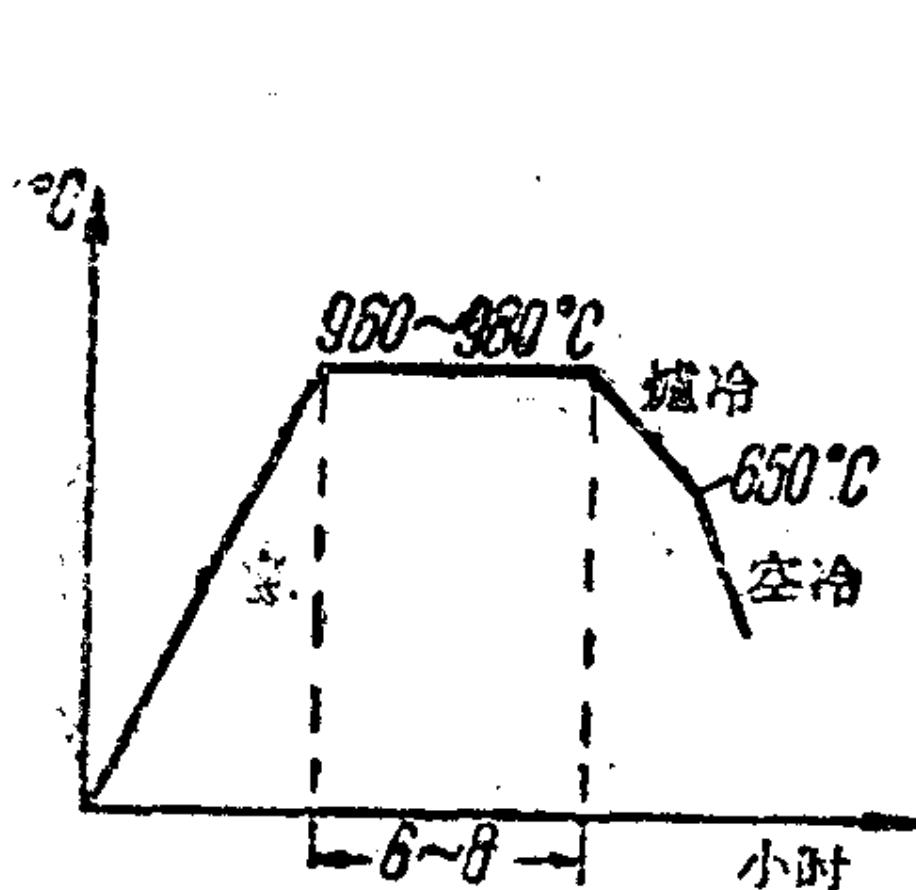


圖10 刀座和溜板的退火规范。

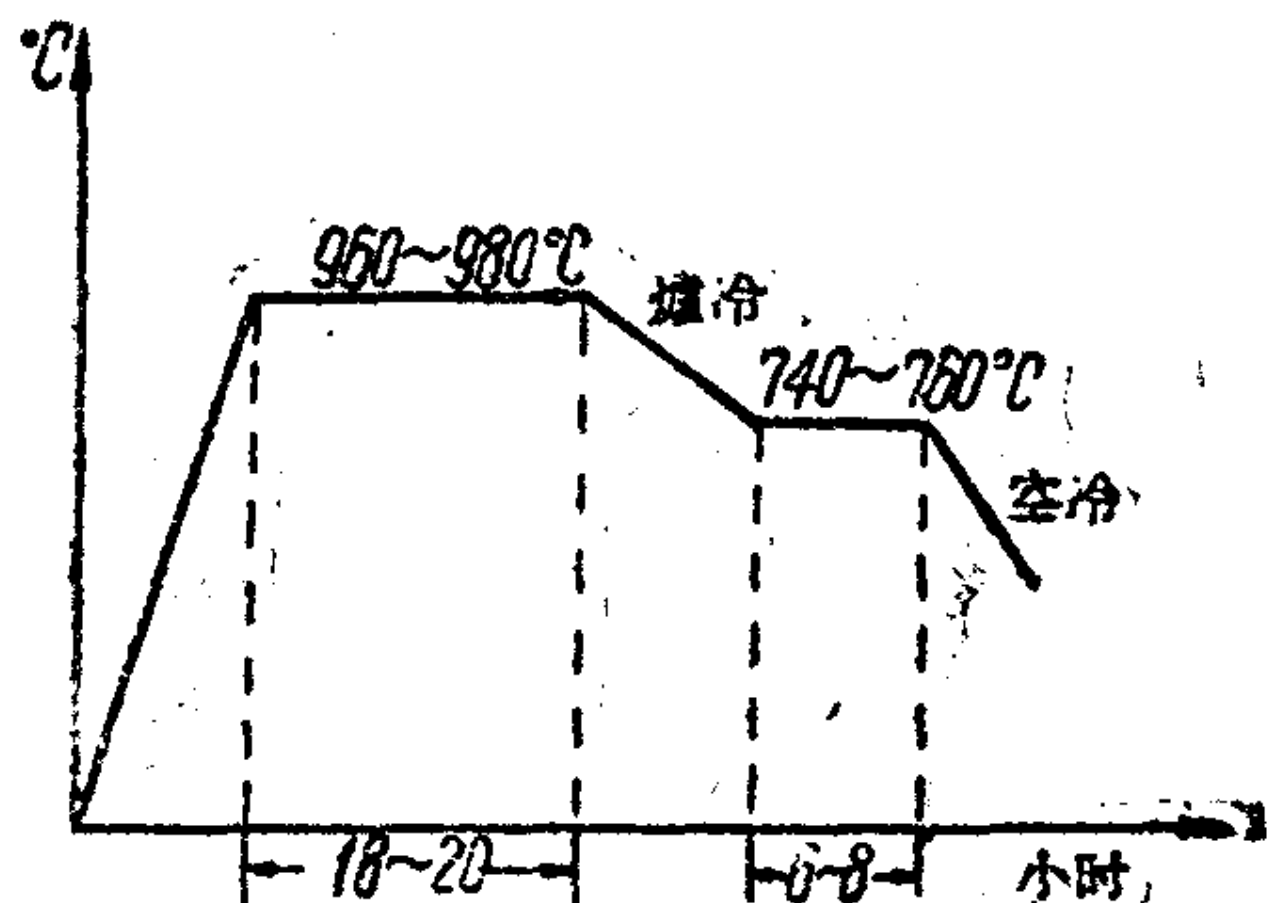


圖11 锤杆和曲轴的退火规范。

~246；铸件的化学成分是 C 2.5~3.04%，Si 1~1.47%，Mn 0.1~0.2%，S 0.5~0.83%，P 0.106%。

試驗表明，硫锰比应大于 1.5，小于 4，太小球化不完全，太大則退火時間長；硫的絕對值应小于 1%，太大則退火時間長；硅应在 1~2.5% 之間，厚铸件取上限；铁水中加鋁能减少退火時間；铸件表面氧化大时可在表面上塗石灰水或水玻璃鉛粉。該厂退火時間太長，尙待繼續研究。

（六）山东工学院、济南农具厂及中国科学院

山东分院机械动力研究所合作

第一阶段試制是在研究單位进行，用含硫較低的灰口鉄加入硫磺增硫以获得白口铸件，并加少量鋁作为墨化剂，再經高溫退

火处理，在 $930\sim 960^{\circ}\text{C}$ 时保温 $2\sim 5$ 小时，爐冷至 720°C 后再保温 $1\sim 4$ 小时。第二阶段是在农具厂結合生产进行試制，配料用 100% 白口土鉄及白口土鉄与麻口鉄各 50% 两种；在鉄水包內加 $0.3\sim 0.4\%$ 干燥食盐，有时也加 $0.2\sim 0.3\%$ 的鋁；退火是加热到 950°C 保温 8 小时，爐冷至 720°C 再保温 5 小时，然后在空气中冷却。他們在試驗中有以下体会：

1) 化学成分的影响：含硫量应控制在 $0.3\sim 1\%$ 之間，最好为 $0.4\sim 0.8\%$ ，过低則石墨球化不良，过高則退火時間太長；硫錳比一般应控制在 $2\sim 4$ 之間，但由于土鉄中含錳一般偏低甚至微量，硫錳比势必很大，因此不必太拘泥于上述範圍。硅含量对退火時間影响很大，一般以 $1\sim 2.5\%$ 較好，土鉄含硅太低时可調整配料来解决；含硅过高則会产生初生片状石墨。碳硅总量最好大于 4% ，并以鑄态不产生片状石墨为限。加 $0.15\sim 0.30\%$ 的鋁可縮短退火時間，过多則会产生片状石墨，可先加入鉄水包中預热后再冲入鉄水，加以攪拌。

2) 根据要求成分及現有原材料适当配料，配料时还要考虑鑄件厚度，鑄件厚大时碳硅总量可适当减少，硫量可适当增高（一般可取上限，但不希望超过 0.8% ），以保証鑄态时的白口状态；鑄件壁薄时碳硅量可以放宽，硫量可取下限、中限（ $0.4\sim 0.6\%$ ），鑄态时必须控制为白口。

3) 土鉄的流动性較差，应尽量提高鉄水溫度，出鉄溫度最好大于 1350°C ，在整个操作过程中必須快速进行，鉄水包应經常保持高溫。在鉄水包中加 $0.3\sim 0.4\%$ 的食盐可有效地防止挂包。

4) 造型工艺最好采用可鍛鑄鉄或鑄鋼的工艺，如加大澆冒口、合理运用冷鉄及加强筋等，可防止裂紋、縮孔、夹渣等廢品的产生。型砂可与灰鑄鉄的型砂通用，最好采用天然石英砂或耐火性、通气性較好的砂子。

5) 鑄件開箱、运送时要輕拿輕放，不要在流筒內清砂，以避免造成破裂；不必清砂直接送入退火爐，可防止表面氧化，已