

鑄鐵的焊接

葛世賢編著



机械工业出版社

鑄鐵的焊接

葛世賢編著



机械工业出版社

1959

出版者的話

鑄鐵零件的焊接和修補，在國民經濟上具有很重要的意義，它可以降低鑄造車間的廢品率，縮短機器的修理周期，延長機器的使用壽命，從而降低成本，為國家節約大量資金。

可是由於鑄鐵的可焊性不良，容易產生白口區域和裂縫，因而阻礙了它的蓬勃發展。作者根據鑄鐵的特點收集了一些蘇聯資料和國內經驗，介紹了鑄鐵的手工電弧焊和氣焊的各種方法；可供各企業從事焊接工作的同志參考。

NO. 3016

1959年6月第1版 1959年6月第一版第一次印刷
787×1092 1/32 字數79千字 印張3¹³/₁₆ 0,001—5,100冊
機械工業出版社(北京阜成門外百萬莊)出版
機械工業出版社印刷廠印刷 新華書店發行

北京市書刊出版業營業許可證出字第008號 定價(11)0.60元

目 录

前言	5
第一章 概述	7
§1 鑄鐵的性質	7
§2 焊接鑄鐵的主要工艺	11
第二章 鑄鐵的热焊	16
§1 关于热焊的一般叙述	16
§2 热焊用的鑄鐵焊条	17
§3 采用鑄鐵焊条的电弧热焊	21
§4 采用鑄鐵焊条的气焊	41
§5 采用鑄鐵焊条的电弧半热焊	45
第三章 鑄鐵的冷焊	49
§1 关于冷焊的一般叙述	49
§2 采用低碳鋼焊条的鑄鐵冷焊	58
I. 采用低碳鋼焊条并用栽絲和鋼系条机械加强的鑄鐵冷焊法	58
II. 采用低碳鋼焊条的維奇特洛夫鑄鐵冷焊法	64
III. 采用强烈石墨化塗藥的低碳鋼焊条鑄鐵冷焊法	68
IV. 采用低碳鋼焊条并用特殊熔剂的薩夫岑科鑄鐵冷焊法	70
§3 采用銅鋼焊条的鑄鐵冷焊	74
§4 采用鑄鐵焊条的鑄鐵冷焊	84
I. 采用特殊塗藥的鑄鐵焊条的鑄鐵冷焊法	84
II. 采用鑄鐵焊条并用粒状“爐料”的雪列諾夫鑄鐵冷焊法	88
III. 采用合金鑄鐵焊条的鑄鐵冷焊法	91
§5 采用銅鋁焊条的鑄鐵冷焊	93
§6 采用有色金屬的鑄鐵釐焊	95

第四章 球墨鑄鐵的焊接	101
§ 1 概述	101
§ 2 球墨鑄鐵的電弧焊	103
§ 3 球墨鑄鐵的氣焊	107
§ 4 球墨鑄鐵與其他材料的焊接	108
第五章 可鍛鑄鐵的焊接	111
§ 1 概述	111
§ 2 白口鑄鐵的焊接	112
§ 3 退火后的可鍛鑄鐵的焊接	113
結 束 語	117
主要參考書目	119

前 言

鑄鐵是機器制造中最重要的材料之一，在各種機器設備中，鑄鐵零件的重量，一般均占機器總重量的80%以上。可鍛鑄鐵應用範圍亦相當廣。近些年來，又大大地發展了球墨鑄鐵的生產，由於它具有生產過程簡單和機械性能優良等特性，在許多地方有排斥鑄鋼件而代之以的趨勢。

鑄鐵的焊接在國民經濟上具有很重要的意義，它不但可以用於修復鑄造車間所生產的鑄件毛坯或加工半成品上的各種鑄造缺陷，從而大大地降低鑄造車間的廢品損失，而且可以用來修復在使用過程中損壞的各種鑄鐵機件，如各種機床的底座、機架、汽缸等等，從而最有效地縮短修理周期、降低成本和延長機器的使用壽命。

然而，由於鑄鐵的可焊性不良，容易在焊接中產生白口區域和開裂，因此限制了它的廣泛採用。

近年來，在鑄鐵焊接方面獲得了巨大的進展。

鑄鐵的焊接方法主要可分為熱焊和冷焊兩大類。近年來，在鑄鐵冷焊方面獲得的進展尤為巨大，研究機構和焊工革新者創造和在實踐中應用了多種多樣的鑄鐵冷焊方法，為在各種不同條件下修復鑄鐵零件的缺陷提供了充分的經驗。近來，並有一些部門在鑄鐵和球墨鑄鐵的焊接中運用了電渣焊，為鑄鐵的焊接開辟了一條新的途徑。

本書主要系根據散見於蘇聯書刊中的一些材料，結合國內各工廠和有關部門的試驗和使用情況，加以綜合整理寫成的，希望它能促使鑄鐵焊接工作在我國迅速地向前發展。鑒

于球墨鑄鐵的使用日益广泛，本書对球墨鑄鐵的焊接也作了叙述，此外，还叙述了可鍛鑄鐵的焊接工艺。

由于資料和水平的限制，本書只准备叙述在鑄鐵手工电弧焊和气焊領域內的一些方法。

祖国正面临着工业大跃进的新高潮，如果这本書的出版能够对短時間內赶上英国的豪迈事业有一些促进的作用，作者将感到万分的欣慰。

由于水平的限制，差錯及遺漏之处在所难免，尚希国内專家、焊接工作者和所有讀者不吝指正。

第一章 概 述

1 鑄鐵的性質

含碳量大于1.7%的鉄碳合金叫作鑄鉄，在鑄鉄中，除了碳以外，还含有硅、錳、硫、磷等元素，在特殊用途的合金鑄鉄中，还根据用途的不同而含有銅、鎳、鉻、鉬或鋁等合金元素。

鑄鉄的分类及其主要特性 根据化学成分和制造方法的不同，鑄鉄的显微組織也各不相同，按此可分为：白口鑄鉄、灰口鑄鉄、可鍛鑄鉄和球墨鑄鉄等。

1. 白口鑄鉄——白口鑄鉄具有光亮的断面，其中的碳与鉄呈化合状态，即以化合物 Fe_3C 的形态存在，性質硬脆，冷加工和热加工都極困难，在机器制造中应用很少，也不需要焊接。

2. 灰口鑄鉄——灰口鑄鉄具有灰色的断面，其中一部分碳与鉄化合成 Fe_3C ，部分呈游离状态，即以石墨的形态存在于鋼的基体中。根据其化学成分和鑄造时冷却条件的不同，灰口鑄鉄的基体組織可为珠光体、鉄素体或珠光体-鉄素体等；除了鑄鉄的基体之外，鑄鉄中石墨的形状、大小和分布情况对鑄鉄的性質有很大的影响，粗大的片状石墨或大片石墨形成如同骨架状时，将使鑄鉄的机械性能大大变坏，反之，当鑄鉄中含有小量石墨并呈点状均匀散布时，鑄鉄的机械性能最好。

灰口鑄鉄具有良好的工艺性質和一定的机械性能，机器

制造中的大部分零件，均由不同品号的灰口鑄鐵制成，灰口鑄鐵的焊接在机器制造中很重要，本書在以后的篇幅中，凡不加特殊說明者，均指灰口鑄鐵而言。

3. 可鍛鑄鐵——白口鑄鐵鑄成后再經特殊的退火处理，便可得到可鍛鑄鐵，由于退火方法的不同，可鍛鑄鐵又分黑心和白心两种，都具有相当高的强度、塑性和韌性，常用来制造农业机械、紡織机械和汽車拖拉机等的重要零件，可鍛鑄鐵的焊接也相当重要。

4. 球墨鑄鐵——在熔化的鑄鐵中进行球化处理，可以得到球墨鑄鐵，其中的石墨呈球状，割裂基体的作用最小，因此，球墨鑄鐵具有很高的强度、塑性和韌性，在許多場合中可以代替鑄鋼件，应用日益广泛，根据它的基体組織的不同，又可分为珠光体球墨鑄鐵、铁素体球墨鑄鐵和珠光体-铁素体球墨鑄鐵等。球墨鑄鐵的焊接正在随其应用范围的發展而逐步开展。

本書主要叙述有关灰口鑄鐵焊接的一些方法，故以下对灰口鑄鐵的一般性質再略加叙述。

当含碳量为4.3%时，鑄鐵的熔化温度为 1142° ，工业用灰口鑄鐵的熔点，一般在 $1200\sim 1250^{\circ}\text{C}$ 之間，比重 $6.7\sim 7.6$ ；线膨胀系数比鋼稍小，等于 $10.6 \times 10^{-6} [\frac{1}{^{\circ}\text{C}}]$ 。

灰口鑄鐵在液态时流动性能很好，能很好地充滿鑄型，收縮率不大，不易产生气孔，也就是說，灰口鑄鐵具有良好的鑄造工艺性能，此外，鑄鐵的加工性能也很优良。

灰口鑄鐵的机械性能見表1。

鑄鐵的抗拉能力最弱，抗压能力最强，塑性極差，甚至在紅热状态也无塑性。此外，鑄鐵具有优良的耐磨性和滯

表1 灰口鑄件的机械性能

鑄鐵品 号	抗拉極限强度 公斤/公厘 ² (不小于)	抗弯極限强度 公斤/公厘 ² (不小于)	硬 度 (H _B)
CY 00	—	—	—
CY 12-28	12	28	143~229
CY 15-32	15	32	163~229
CY 18-36	18	36	170~241
CY 21-40	21	40	170~241
CY 24-44	24	44	170~241
CY 28-48	28	48	170~241
CY 32-52	32	52	197~248
CY 35-56	35	56	197~248
CY 38-60	38	60	197~248

振性。

冷却速度及鑄鐵中各主要元素对鑄鐵性質的影响。影响鑄鐵性質的主要因素为基体組織和石墨情况，而决定鑄鐵的基体組織和石墨情况的主要因素，则为鑄鐵在鑄造时的冷却速度及其化学成分。对于鑄鐵的焊接来说，则是焊接时熔焊金屬的冷却速度和熔焊金屬的化学成分。

各主要元素对鑄鐵組織的影响，可以从圖1中清楚地看出，由圖1可見，所有各种元素可分两类，一类是促使石墨析出的，叫作墨化剂，或叫作石墨化元素，碳、硅、鋁、鈦等元素属于此类；另一类是促使形成碳化鐵的，叫作碳化物稳定剂，硫、錳及鉻等元素属于此类。

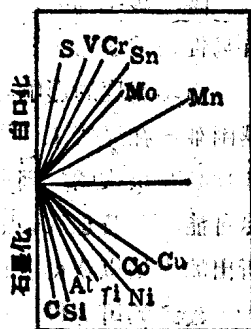


圖1. 鑄鐵中各主要元素对其石墨化的影响。

碳和硅都属于强烈的石墨化元素，对鑄鉄中石墨的形状、大小和数量有决定性的影响，硅除了促使石墨析出之外，并使它的结晶扩大，加入較多的硅可以在冷却速度較高的情况下（例如焊接时熔焊鑄鉄的冷却条件）获得灰口鑄鉄，但是，硅的含量过高时，也会促使鑄鉄机械性能显著降低。

硫与硅适相反，它是强烈的碳化物稳定剂，易使鑄鉄产生白口，此外，硫含量的增加还使熔化的鑄鉄流动性变坏，增加收縮率，增加硬度和脆性，且易促使热裂，所有硫的这些性質，对于鑄鉄的焊接都是十分不利的。

錳也是碳化物稳定剂，但其作用不如硫强烈，另外，当錳的含量不多时，由于它能与硫形成硫化錳以代替硫化鉄，反而能抵消硫对于促使白口形成的作用，这种作用对于鑄鉄的焊接是有利的，因此，当采用鑄鉄焊条焊接鑄鉄时，除了要使熔焊金属有足够的含硅量外，还应当有适当的含錳量。

磷对碳化物的形成无大影响，但增大鑄鉄的硬度和脆性，并易促使造成冷裂。

冷却速度的影响与硅相反，冷却速度越大，石墨的析出就越困难，在焊接工作中，特别是在冷焊时，熔焊金属的冷却速度总是很大的，因此很容易产生白口組織，必須同时采用尽可能緩冷及加入强烈的石墨化元素以促使石墨比較充分的析出的方法以获得灰口鑄鉄的組織。

鑄鉄的可焊性 鑄鉄是属于可焊性不良的一种材料，影响鑄鉄焊接，使鑄鉄焊接产生困难的原因主要有以下几个方面：

1. 鑄鉄在由液态凝为固态时，如果冷却速度很大，便会形成白口，焊接时（特别是冷焊）由于熔潭体积很小，散热

快，冷却速度快，白口鑄鉄的形成便較難避免。所形成的在熔焊金屬与鑄鉄基体分界綫上的白口薄層，性質既硬且脆，易造成焊接开裂，并使加工困难，在以后的使用过程中也容易在此处造成脆性破坏。

2. 鑄鉄的塑性特別差，抗拉强度不足，易使焊接时的应力超过鑄鉄的極限强度而导致破坏。

3. 鑄鉄在加热至熔化时缺乏半流体的状态，使立焊和在傾斜位置上的焊接困难，仰焊几乎不可能。

4. 鑄鉄中很高的含碳量，在焊接中極易燃燒而使气体强烈析出，易造成焊缝金屬的多孔性。

5. 鑄鉄工件不同部分的組織和化学成分的不均匀性很大，也在一定程度上造成焊接工作的困难。

此外，在修复损坏了的鑄鉄工件时，由于鑄鉄内部常常被油污所浸透或晶粒間强烈地被氧化，也使焊接工作的复杂性大为增加。曾經在高温蒸汽中长期工作过的鑄鉄零件，如排气管类鑄件等，可焊性就更差。

2 焊接鑄鉄的主要工艺

焊接方法的分类 鑄鉄焊接具有很大的价值，它主要用于下列情况：

1. 修复鑄造車間的鑄件毛坯上的各种缺陷；
2. 修复机械加工車間在鑄件加工过程中所發現的各种缺陷；
3. 修复在使用过程中损坏的各种机件，如各种机器的底座，鑄鉄齒輪和汽缸等。

由于修复时的不同情况，鑄鉄零件的成分和形状、大小

和厚薄的多样性，使用条件的不同（载荷种类的多样性），鑄鉄缺陷的种类、大小、厚薄、所处部位的不同以及焊接后要求加工的程度不一样等，必須研究多种多样的焊接鑄鉄的方法以适应各种不同的情况。

綜合起来，鑄鉄的焊接可以按其工艺特征分为三种基本工艺方法：

1. 热焊——焊接前整个工件或局部預热至 $650\sim 700^{\circ}$ ，并在整个焊接時間內保持这个溫度；

2. 半热焊——焊接前整个工件或局部預热至 400° 以下的溫度；

3. 冷焊——工件在焊接前不需預热。

如果按所用热源的不同来分，也可以分为碳極电弧、金屬極电弧和气焊火焰焊接等，或者，如果按填充金屬的熔点来分，也可以分为焊接和钎焊两种方法；但是采用这些分类方法的人較少。

热焊的特征在于：焊接熔潭的体积很大，因而使熔焊金屬的冷却过程显著减慢，从而避免产生白口，即保証了充分的石墨化，防止开裂和保証熔焊金屬有較高的致密性，能够获得与基本金屬一致的熔焊金屬，焊接处可以順利地进行机械加工，这些也都是热焊的优点；但是，热焊时須要加熱設備，有时，由于鑄件形状的限制或变形問題不好解决，鑄件在焊接前的預热甚至是不可能的，焊工的劳动条件極为繁重，这些都在实际上阻碍了热焊的普遍应用，在实际生产中，热焊主要适用于鑄造車間修复鑄件的各种缺陷，而且只适用于平焊位置的焊接。

冷焊的特征在于：焊接前不預热，熔潭的液体金屬有着

正常的体积,因此冷却速度很大,容易在熔焊金屬及基本金屬的热影响区造成白口,造成开裂和加工困难,如何保証熔化金屬及其近焊缝区在急冷的条件下不致产生白口以至开裂,是冷焊中的一个中心课题;冷焊也有很多优点,如不需加热设备、焊工的劳动条件較热焊良好,工件变形較小以及有可能在立焊或其他傾斜位置进行焊接等等。这些因素促使了冷焊的飞跃發展,到目前为止,已經創造出多种多样的冷焊方法,而且还在日新月异地發展。

概括起来,热焊的主要方法大致包括:

1. 采用鑄鉄焊条的电弧热焊;
2. 采用鑄鉄焊条的电弧半热焊 (为了方便起見,把它放在热焊部分一起叙述);
3. 采用鑄鉄焊条的气焊。

冷焊的方法种类很多,主要的有:

- I. 采用低碳鋼焊条的鑄鉄冷焊,其中包括:
 - A、采用低碳鋼焊条并用裁絲和鋼系条机械加强的鑄鉄冷焊法;
 - B、采用低碳鋼焊条的維奇特洛夫鑄鉄冷焊法;
 - B、采用强烈石墨化塗藥的低碳鋼焊条鑄鉄冷焊法;
 - F、采用低碳鋼焊条并用特殊溶剂的薩夫岑科鑄鉄冷焊法。
2. 采用銅鋼焊条的鑄鉄冷焊。
3. 采用鑄鉄焊条的鑄鉄冷焊,其中包括:
 - A、采用特殊塗藥的鑄鉄冷焊法;
 - B、采用鑄鉄焊条并用粒状“爐料”的雪列諾夫鑄鉄冷焊法;

B、采用合金鑄鉄焊条的鑄鉄冷焊法。

4. 采用銅鎳合金焊条的鑄鉄冷焊。

5. 采用有色金屬的鑄鉄釐焊。这种方法按其質來說并不屬於焊接，为了便于敘述，姑且把它与鑄鉄的冷焊归納在一起。

由于各种焊接方法的不断发展，上面所述的一些方法，当然不可能包括鑄鉄焊接方法的全部，但是，在手工电弧焊和气焊領域中的各种主要方法，可以说大致都包罗了。

鑄鉄焊接方法的选择 正确选择合理的鑄鉄焊接方法，具有很重要的經濟意义，在选择焊接方法时，应当考虑下列因素：

1. 鑄件的情况，其中包括：

A、鑄件的品号和化学成分，对鑄件的强度要求；

B、鑄件的用途和工作条件，包括所受載荷种类和大小，是否承受液压或气压，是否系腐蝕性物質的容器等；

B、鑄件尺寸、壁厚和形状复杂程度，剛性情况（在焊接的加热和冷却过程中自由脹縮的可能性）等；

Г、缺陷情况，包括缺陷所在部位，是工作部位还是非工作部位，焊接后要不要加工、缺陷种类和尺寸大小，是穿透的缺陷还是非穿透的缺陷等；

Д、在什么情况下进行焊接，是鑄造車間的毛坯还是机械加工車間的半成品或成品，还是工作过程中損坏的机器零件，焊接变形对它的影响程度等。

2. 企业条件，包括企业的設備情况，技术水平及物資供应情况（如特殊焊条的供应）等。

3. 各种焊接方法的特点，在考虑各种焊接方法的适应

性时，主要考虑下列因素：焊接的劳动生产率、经济性（成本、是否采用国内稀缺的材料）、是否需要预热、焊接接头的均匀性、熔焊金属和焊接接头的强度、熔焊金属的致密性、防止开裂的可靠性、熔焊金属和焊接接头的可加工性、保持零件尺寸精确的程度（焊接过程中防止零件变形的可能性）、以及所能进行焊接的位置等。

以下各章，将较详细地分别介绍各种焊接方法的实质，操作过程及适宜的采用范围，可供在选择确定焊接方法时参考。

第二章 鑄鐵的热焊

1 关于热焊的一般叙述

热焊的应用范围 鑄件待加工表面上的各种缺陷（包括工作表面和非工作表面）以及穿透的不加工的工作表面上的各种缺陷，在焊补时要求熔焊金屬与基本金屬有最大的一致性时，应当采用鑄鐵焊条用热焊的方法来修复。

前已談到，采用热焊的方法可以在很大的程度上控制熔焊金屬的冷却速度，从而使得基本金屬与焊接接头充分一致，并避免产生裂紋。采用鑄鐵焊条的热焊可以有两种方法，即电弧焊和气焊。

热焊的优点在于：

1. 有可能获得与基本金屬充分一致的焊接接头，在焊补各种需要作进一步加工的工作表面，例如各种机械的滑移表面时，这点特别重要，沒有一种冷焊的方法能够完全满足这种使用要求；

2. 在修复于动載荷下工作或在腐蝕介質中工作的加工或不加工的工作表面上穿透的缺陷时，用鑄鐵焊条热焊，可以完全满足使用上的要求。

因此，虽然近些年来在鑄鐵冷焊方面有很大的进展，热焊仍然占有相当重要的地位，而且在保証熔焊金屬获得一定的成分和組織这一点上，仍然是首屈一指的方法。

热焊的困难在于：需要在焊接前对整个工件进行預热，