

金屬銲接的感應加熱法

范懋源 蔣仲鈞 盛 謹譯

電 世 界 出 版 社

內 容 提 要

在這本小冊子裏詳細敘述了感應加熱器的結構和電氣結線圖，闡明這些器械的使用和保養要點，以及說明在低溫條件下使用感應預熱銲接工作的一些技術問題。

本小冊子可供技師和電銲工實用上的參考。

金 屬 銲 接 的 感 應 加 熱 法

原 書 名	Новый Способ Подогрева Металла Перед Сваркой
原 著 者	Н. М. Родигин, А. И. Алексеев
原 出 版 社	Машгиз 1953
譯 者	范懋源 蔣仲鈞 盛 謹
出 版 者	電 世 界 出 版 社 上海圓明園路169號203-7室
總 經 售	上 海 圖 書 發 行 公 司 上 海 山 東 中 路 128 號
排 印 者	中 和 印 刷 廠 上 海 淮 安 路 727 弄 30 號
版 權 所 有	★ 不 可 翻 印

參：15 開本：787×1092, 1/32 印張：1 2/32

字數：23 千字

定價二角六分(連口紙)

1955年11月第一版第一次印刷

印數0001—1500

上海市書刊出版業營業許可證零陸伍號

還書日期

緒言

銲接科學和技術的創造應歸功於俄國的學者和工程師 B. B. 彼得洛夫, H. H. 貝納爾道斯和 H. T. 史拉雅諾夫。

在 1802 年, 科學院院士 B. B. 彼得洛夫發現電弧, 並首先表示利用電弧的熱量來熔解金屬的可能性。過了八十年, 即 1882 年, 彼得洛夫的電弧會初次應用在金屬的熔煉和銲接方面。俄國工程師 H. H. 貝納爾道斯——利用碳極電弧銲接金屬的發明者——完成了這一件事。1888 年, 彼得洛夫的電弧會由 H. T. 史拉雅諾夫工程師用金屬電極應用在金屬的熔煉和銲接方面。

許多蘇維埃學者和工程師的勞動, 使近代金屬電弧銲接的發展起了決定性的作用。

按照銲接的應用範圍和各種方法來說, 蘇聯在世界各國中間佔到第一位。蘇聯在世界上是最初把交流電大規模應用於銲接的, 這樣, 即提供了一種可能性, 就是利用比複雜的直流銲接設備更為簡單而價廉的設備^①。在我們的國家裏, 廣泛地採用並不斷地改善着最先進的銲接方法——由社會主義勞動英雄 E. O. 巴頓研究出來的使用銲劑的自動銲接。

近年來, 蘇維埃銲接科學和技術的發展, 也表示了其他的許多成就。這些成就中間, 應當指出軟管的自動和半自動銲接方法的研究, 製

① 譯註——即指交流銲接設備, 它通常包括電銲變壓器, 點銲機, 對銲機, 縫銲機以及其他交流電銲設備。

造統一類型的新式單樞電鋸變壓器-調節器的創立和熟習，以及鋸接中冶金和熱量理論的研究。

在我們的國家裏，工作着傑出的鋸接科學家和技術工作者：科學院院士B.M. 尼基金，烏克蘭蘇維埃社會主義共和國科學院院士E.O. 巴通和技術科學博士K.K. 赫萊諾夫，Г.А. 尼哥拉葉夫教授，H.H. 樓加里，Г.П. 米哈依諾夫等。

由於有成效地研究並改進鋸接過程和電鋸設備，許多鋸工革新者都獲得了斯大林獎金榮譽者的稱號。

巨大的鋸接工作，曾採用於以B.M. 列寧命名的伏爾加-頓河以及齊姆良水電站的建築中。

在庫依貝舍夫和斯大林城的水力發電站中，在大土爾克明士運河和在其他共產主義偉大建築工程的建設中，許多規模宏偉的鋸接工作展開了。重型機器製造廠中所進行的鋸接工作，也對於發展鋸接技術事業有重大的貢獻。用三相電弧手操和自動鋸接的新式設備和技術，首先由烏拉爾機器製造廠和以С.И. 基洛夫命名的烏克蘭工業大學合作地研究出，並應用在生產中。

人類對於建築結構和工業設備的鋸接工作，日益擴展。例如：屋頂的橫桁、建築物的柱子、起重樑架、桅桿、貯藏器、瓦斯管等等，都由鋸接予以完成。1948年起，對於鼓風爐的建設也開始採用鋸接。

實現由歷史性的蘇聯共產黨第十九次代表大會所規定的國民經濟的發展計劃，要求有巨大規模的建設工作。五年內製造金屬結構的總數應當增加二倍。許多建築和安裝工作，將在烏拉爾、西伯利亞和其他的蘇聯地區中進行，這些地方冬天的氣候條件是惡劣的；而在這段時期

中，由於在低溫中沒有採取特殊措施，將無法完成金屬結構的銲接。金屬銲接前的預熱就屬於這些措施之列。

金屬的預熱，基本上可由二種不同的方法來實現：第一種方法是加熱時熱量的來源處於被加熱物體的外面，並且熱量的傳送是靠對流、幅射和熱傳導的方法所引起；在第二種方法中，加熱時熱量是在金屬本身中發生。

實際上第一種金屬結構的預熱方法是用炭爐、瓦斯燈和電阻加熱器（如通常的電爐型式）來完成。

炭爐和瓦斯燈的加熱情況極不穩定，並且需要耗費很多勞動力，使用很不便，且在火災方面也要危險些。電阻加熱器提供比較穩定的加熱情形，但是它對電能的消耗極不經濟，更主要的是由於加熱緩慢，不能保證銲接工作的進度。

當利用第二種加熱方法——內部加熱法時，就得到完善的不同的情形。

銲接工作的內部加熱，可用感應法來實現。感應器將使加熱情況良好，且能迅速進行。此外，這些器械管理簡單，加熱狀況易於調節，並在火災方面毫無危險。

上面所說的這些器械的優點，和對有利於生產過程電器化的總的考慮，使我們更有理由去選擇感應加熱的方法，何況這種方法已在熱力加工方面和其他某種生產過程中已表現了優良的成績。

還須指出，蘇聯對於感應加熱方法曾給予了很大重視。我們的國家在感應加熱理論基礎的研究方面以及生產技術的完善方面，是站在世界上第一位。

蘇聯科學院通訊院士 B. II. 伏洛克金教授是蘇聯這些部門中優秀的
工作者之一。

緒言.....	1
感應加熱器的型式.....	1
ИНА-9 型感應器的說明	3
ИНА-9 型感應加熱器的電氣結線圖	7
ИНА-9 型加熱器的使用及其保養要點	9
加熱器的維護.....	15
工藝問題.....	18
結語.....	24
參考文獻.....	25

感應加熱器的型式

感應加熱器可看作爲一變壓器。大家知道，普通的一具變壓器是由鐵心(磁導體)和放在鐵心上面的兩套繞組組成。這二繞組就是供給電流的原繞組和接到耗用電流的副繞組。

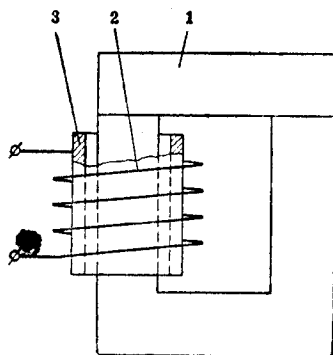


圖 1. 鐵心式感應加熱器

1—鐵軀；2—繞組；3—工件①

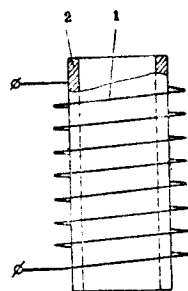


圖 2. 無鐵心式感應加熱器

1—感應器；2—工件

感應加熱器大致可分爲二種主要型式：第一種型式就是普通的一具變壓器，但祇有一點不同，就是它的副繞組即爲被加熱的物件，如圖 1 所示。

閉合鐵心式感應加熱器，對於金屬結構的預熱，由於使用上的不方便，特別是由於在每次操作時必需把磁導體分開和接合，因而不加推薦。

① 附註：「工件」也可把它叫做「鉚件」。

第二種型式的感應加熱器沒有鐵心。如同第一種型式的加熱器中一樣，它的被加熱的物件就作為副繞組（如圖2）。這種加熱器與空氣變壓器^①相似，其繞組間電的耦合是靠通過空間的磁通來完成，而並不是靠經過鐵心的磁通。無鐵心式感應加熱器製造簡單，運用便利；但是電氣指標低，特別是由於漏磁大，它的功率因數很低。

寒冷時期鉚接金屬結構時，在某些情況下，可採用無鐵心式感應加熱器。例如鉚接鋼柱、鋼管、鋼容器等等。這種型式感應器的說明和計算，列述於 H.M. 洛基金一書中[1]^②。

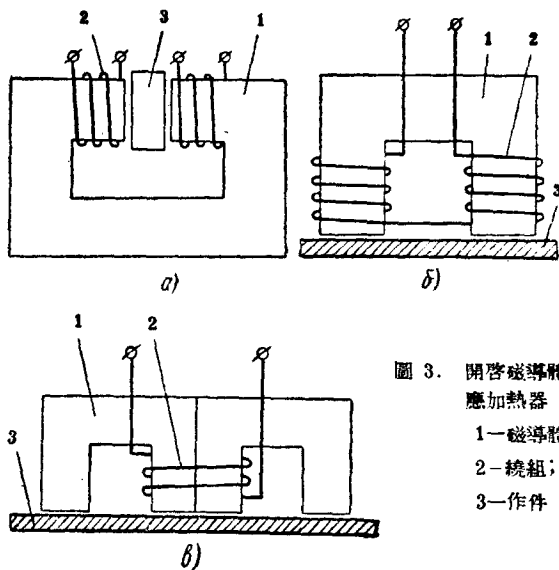


圖 3. 開啓磁導體式感應加熱器

- 1—磁導體；
- 2—繞組；
- 3—工件

① 譯註：「空氣變壓器」就是沒有鐵心的變壓器，像感應卷一樣。

② 方括弧中的數字係表示列於書末參考文獻的次序號碼，以後同。

除了上面所說的二種主要型式感應加熱器之外，還有第三種中間型式。它的特徵是採用開啓式鐵磁導體。這種中間型式的感應器，按使用的廣大和適合來說用於由薄板、角鐵、槽鐵等所組成的最常用的金屬結構的加熱，比其他型式的感應加熱器有許多顯著的優點。

圖3所示，係為各種中間型式的感應加熱器。在下列情況中，要把金屬結構在銲接前預熱，圖3中6和B的形式是值得注意的，特別應當推荐B的形式。依B形式製成的加熱器，只有一個繞組，而照6的形式製成的加熱器，則有二個繞組；因此，B形式加熱器的構造，較為簡單。此外，B形式的加熱器，以鐵軛來保護繞組，與6形式的加熱器相比較，亦較優良。

ИНА-9型感應加熱器是照B的形式作為基礎的。

ИНА-9型感應器的說明

ИНА-9型感應器形式的選擇和構造的擬定：它的試驗和熟練掌握，以及在低溫條件下使用感應預熱的金屬結構銲接工藝的研究，是由蘇聯科學院烏拉爾分院與「烏拉爾鋼結構」托拉斯共同進行的。

圖4就是加熱器的外形。它的主要數據如下：電流種類——單相，頻率——每秒50週；電壓——60伏；電流——150安；容量——9千伏安；加熱器重量——30公斤。

磁導體1和繞組2（如圖5）是加熱器的主要部份。磁導體是由厚度為0.5毫米的變壓器鋼片①疊成，它由彼此相隔很小距離的二個Π-形鐵心組成，如圖6所示。

① 譯註：變壓器鋼片——就是普通含砂2.5~4%的矽鋼片

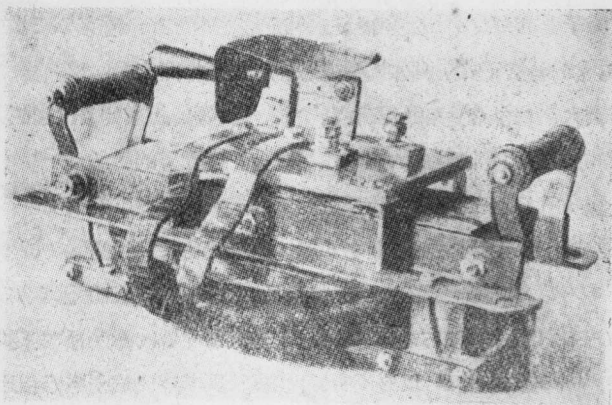


圖 4. ИНА-9 型感應加熱器

加熱器有二鐵心公用的一個繞組，其匝數為 32，銅導線的截面積為 $5.5 \times 8 = 44$ 平方毫米。由繞組所包圍住的鐵心截面積，等於 80 平方厘米，

二根尺寸為 $40 \times 40 \times 5$ 毫米的角鐵 3，是作為磁導體和繞組用的支撐部份。鐵心疊片用螺栓 4 由角鐵 3 夾緊，而繞組亦被這二角鐵固定住。

磁導體的鐵心，再用六厘米的雙頭螺栓 6 由層壓板條 5 在磁極端上輔助地加以夾住。

繞組的二端引到固定在角鐵上的接線板 7 上。在接線板上，除了用以固定繞組二端和電源導線支架用的接線螺栓 8、9、10 和 11 之外，還安裝着單極閘刀開關 12。這閘刀開關上有很輕的保護板 13，以保護鎢工避免受到切斷加熱器電路瞬間所產生電弧的傷害。

感應加熱器的作用原理可歸納如下：

通過加熱器繞組的交流電，在磁導體和其中放着工件加熱部份所處的磁極附近空間中，產生一強力的交變磁場。這磁場在導電的工件中感應產生出一電動勢。在電動勢的影響之下，於工件中產生出一渦流，這渦流就使工件發熱。

在這種情況下，可以發生下列形式的能量變換：引導到原繞組的電能，轉變為交變磁通的能量，然後再在工件中變成電能，並再轉變為熱能。

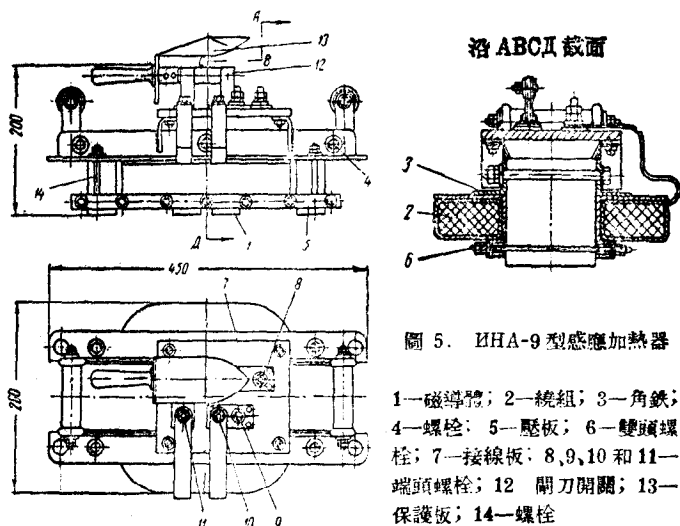


圖 5. ИНА-9 型感應加熱器

- 1—磁導體；2—繞組；3—角鉄；
4—螺栓；5—壓板；6—雙頭螺
栓；7—接線板；8, 9, 10 和 11—
端頭螺栓；12—開刀開關；13—
保護板；14—螺栓

普通的碳鋼(或其他強磁性物體)，不單完全是由渦流而發熱，很小一部份的熱量是由其他的現象^①所產生。使用 ИНА-9 型感應加熱器加熱時，由其他現象所產生的熱量，不超過總熱量的 5~10%。

① 註：在這情況中係指磁滯現象而言。

鋼板中的渦流，具有不同的方向，隨鋼板中磁通的方向而定。在磁極鄰近的地方，渦流的方向是平行於板的平面的，而在磁極的中間，則垂直於它的表面。

在縱磁場影響之下所發生的渦流，其所產生的熱量，通常比橫磁場產生的熱量為少。

形成最大渦流部份的鋼板那一部份總面積上，能受到最強力的加熱，大概每一台加熱器設備，其加熱的面積約為 800 到 900 平方厘米。

用 ИНА-9 型感應加熱器的加熱速度，是隨作件的面積大小和形狀，以及它的物理性質而定。加熱由低碳鋼 Ст. 3 製造的、厚度為 10~14 毫米的鋼板時，加熱速度是每分鐘 70—80°C。加熱的速度是隨鋼板的

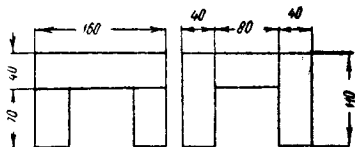


圖 6. 磁導體的鉄片

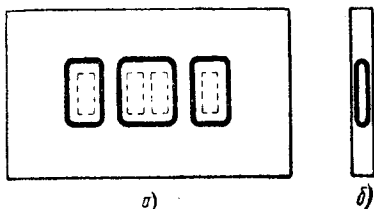


圖 7. 鋼板中由橫磁場 a 和縱磁場 b 所產生的渦流方向

厚度和它的物理性質——導電率和導磁率而變。圖 8 係為對不同厚度的鋼板所消耗功率的曲線。由圖可見，當加熱 8~10 毫米薄鋼板時，加熱器所消耗的功率，顯著地是隨板厚的增大而增加。對於 10 毫米以上的鋼板，消耗的功率不顯著增加。最約略地來看，可認為它是恒定的，不隨鋼板的厚度而變。所以，厚度自 12 毫米以上的鋼板加熱時間，約與鋼板的厚度成正比。

在加熱過程中，金屬的許多物理性質，特別是它的導電率發生變化。溫度升高時，金屬的導電率減低，電阻增大。在最初加熱階段，當作件還是很冷而導電性大時，渦流和功率是大於在以後時間內的數值。圖9表示出加熱器在作件厚度為12毫米的鋼板的加熱過程中所耗用功率的變化。開始時，功率約為6仟瓦，但隨時間的增加，功率很快地開始降低，然後慢慢地達到4.5仟瓦。當功率因數為0.55時，電加熱器所耗用的平均功率，約為5仟瓦。

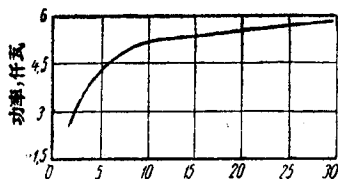


圖 8. 電功率與鋼板厚度的關係

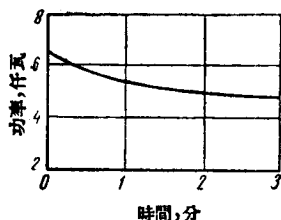


圖 9. 厚度為 12 毫米的鋼板在加熱過程中電功率的變化

感應加熱器的某些補充特性，列述於 Л.Н. 貝洛夫一書中[2]。

ИНА-9 型感應加熱器的電氣結線圖

加熱器的電源(如圖 10)規定由副繞組電壓為 60~65 伏的普通電鋅變壓器來供給。電鋅變壓器的原繞組電壓為 220 伏或 380 伏，接到通常的電力網上。

根據電鋅變壓器的容量，可連接一只或幾只感應加熱器，如表 1 所示。我們應注意到：供電給感應加熱器的電鋅變壓器，通常是不用電流強度調節器來工作的。

爲了簡化 60 伏特的低壓電網，從加熱器接出來的一根導線，是連接到被加熱的物件上的，而被加熱的物件，在進行銲接時總是與接地導線相連接。

表一 接到不同型式電銲變壓器上加熱器的數據

變壓器 的標記	變壓器的 額定容量 (仟伏安)	電 壓 (伏)		額定銲 接電流 (安)	加熱器 的數量 (只)	加熱器 的總容量 (仟伏安)	加熱器 的總電流 (安)
		原 繞 組	副 繞 組				
CT8-22	15.0	220,380,500	65	230	1	9	150
CT8-23	19.5	220,380,500	65	300	2	18	300
CT8-24	22.75	220,380	65	350	2	18	300
CT8-32	29	220,380,500	65	450	3	27	450
CT8-34	30	220,380	60	500	3	27	450

爲了使切斷開刀開關之後，加熱器的繞組已沒有電壓，必須使接

地導線接到與繞組直接連接的端頭螺栓 10 上(圖 5)。

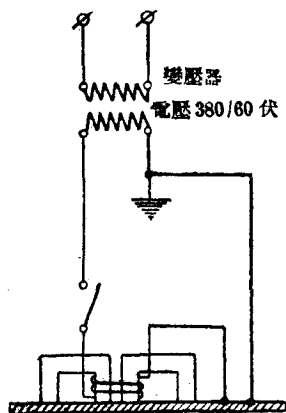


圖 10. ИНА-9 型感應加熱器的電路圖

加熱器的供電，根據工作條件可以採用截面爲 35 或 50 平方毫米的導線。

當銲接巨大銲件時，例如銲接厚度大於 20 毫米以上的鋼板時，或者銲接筒形物件，致使無法避免被加熱物件與磁極間存在着空隙時，由於電流強度的增加，和每一加熱循環中加熱器工作時間的增加，應當選擇截面爲 50 平方毫米的供電導線。

表2係爲ΠΠ和ΠΠТ標記的單芯絕緣導線的容許負載與工作性質和冷却空氣溫度的關係。

爲了縮減導線的長度,和減少60伏特低壓電網中的電壓降,供電變壓器要安置於很近的地方,盡可能使離銲接地點不超過25~30米以上。

表二 單芯絕緣導線的負載

工作條件	冷却空氣的溫度(°C)	容許負載(安)	
		截面爲35平方毫米的導線	截面爲50平方毫米的導線
連續工作	+25	150	190
	-5	200	250
斷續工作①,70%的時間內有負載	+25	175	230
	-5	225	290

如果供電變壓器與加熱器間的距離超過30米時,由於要發生很大的電壓降,供電導線的截面積則應當選擇不小於50平方毫米。

必須特別注意接地導線的敷設。接地導線截面的選擇可根據電銲變壓器和加熱器工作的計算。供電導線和接地導線的截面積不足,由於電壓降很大,可能引起加熱速度的顯著降低和電能的過份消耗。

幾個ИНА-9型感應加熱器同時使用時,就需要幾個連接到三相電網上不同相序的電銲變壓器,把電能供給這些加熱器(圖11)。

ИНА-9型加熱器的使用及其保養要點

對於在低溫條件下,實行使用感應預熱的金屬結構銲接工作,必須

① 譯註:即所謂技術上的慣語——負載率或叫斷續率。

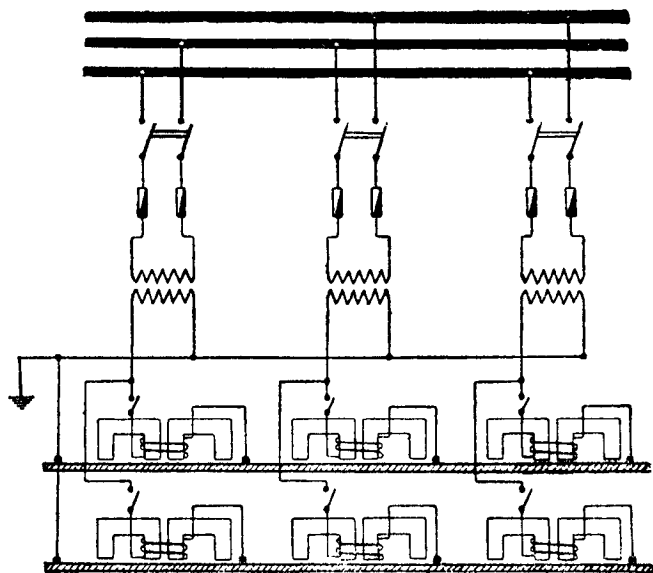


圖 11. 幾個感應加熱器接到三相電網上的電氣結線圖

具備下列的輔助設備和材料：

- 1) ИНА-9 型感應加熱器；
- 2) 不帶電流強度調節器的電焊變壓器；每一台 СТЭ-32, СТЭ-34 型電焊變壓器，可連接二台或三台加熱器（可詳細參閱表 1）；
- 3) 型號 ИР 或 ИРТ、截面為 35 或 50 平方毫米的導線；
- 4) 供懸吊和移動加熱器的裝置（如滑車，吊架等）；
- 5) 確定加熱溫度的變色漆①。

為了完成金屬結構的預熱，應該把 ИНА-9 型加熱器的磁極 1（圖 5）放在被加熱物件上，並接通單極閘刀開關。切斷這閘刀開關，加熱器