

中等專業學校教學用書

學藝工鉚電接觸

A. C. ГЕЛЬМАН 著
閻 毓 禾 譯

高等教育出版社

目 錄

緒論	1
第一章 接觸銲接的基本方法	7
§ 1. 接觸銲接的分類	7
§ 2. 對接銲接及依格納齊也夫氏銲接	8
§ 3. 點銲、凸銲及 T-形銲	11
§ 4. 滾銲及滾-對銲	14
第二章 接觸銲接時的電熱過程	17
§ 1. 楞次—焦耳定律和電阻係數	17
§ 2. 接觸電阻	19
§ 3. 對接銲時的電阻	23
§ 4. 點銲時的電阻	26
§ 5. 金屬及合金的物理熱學性質	30
§ 6. 接觸銲接時加熱的特性	32
§ 7. 對接銲時的加熱	34
§ 8. 依格納齊也夫氏銲接時的加熱	43
§ 9. 點銲時的加熱	45
§ 10. 銲接電流的分流	51
第三章 接觸銲接時各種金屬及合金的性能	56
§ 1. 接觸銲接時的可靠性	56
§ 2. 炭素鋼及低合金結構鋼的銲接特性	58
§ 3. 奧氏體鋼的銲接特性	68
§ 4. 鋁及其合金的銲接特性	72
§ 5. 銅及其合金的銲接特性	74
第四章 對接銲接工藝學	77
§ 1. 典型接口及銲件臨銲前的準備工作	77
§ 2. 鋼的電阻銲接	81
§ 3. 閃光銲接的特性	84
§ 4. 低炭鋼的閃光銲接	95

§ 5. 炭素鋼及合金鋼的閃光鉚接特性	103
§ 6. 鋼的對接鉚接規範的選擇方法	105
§ 7. 輪緣、道軌、管子、薄板及鏈環對接鉚接工藝的特性	107
§ 8. 結構鋼對接鉚接的缺陷及鉚接接口質量的檢驗	114
§ 9. 對接鉚接在工具生產中的應用	117
§ 10. 依格納齊也夫氏鉚接法的工藝	122
§ 11. 有色金屬及合金的對接鉚接	124

第五章 點鉚工藝學127

§ 1. 點鉚的應用範圍及典型接口	127
§ 2. 鉚點形成的過程	129
§ 3. 主要過程參數對鉚點尺寸及強度的影響	132
§ 4. 電流的分流對鉚點大小及強度的影響	138
§ 5. 在點鉚時接口結構的形成	141
§ 6. 點鉚操作技術的一般特性	145
§ 7. 中小厚度的低炭鋼的鉚接	148
§ 8. 低合金鋼的鉚接	153
§ 9. 厚度大的鋼的點鉚	158
§ 10. 奧氏體鋼及耐熱合金的點鉚	160
§ 11. 輕合金的鉚接	161
§ 12. 銅、鎳及其合金的點鉚特性	167
§ 13. 點鉚規範的選擇	168
§ 14. 點鉚的缺陷及檢驗	169

第六章 凸鉚及 T-形鉚的工藝學173

§ 1. 凸鉚工藝學	173
§ 2. T-形鉚的工藝學	175

第七章 滾鉚工藝學177

§ 1. 應用範圍及典型接口	177
§ 2. 滾鉚規範的基本參數	180
§ 3. 滾鉚工藝的一般特性	183
§ 4. 低炭鋼的鉚接	185
§ 5. 不銹鋼及耐熱鋼的鉚接	186
§ 6. 鋁合金的鉚接	187

§ 7. 滾鋸規範的選擇及滾鋸的檢驗	187
第八章 接觸鋸機的變壓器及主要的起動與調節儀器	189
§ 1. 接觸鋸機電氣設備的基本要素	189
§ 2. 鋸接變壓器的主要參數	190
§ 3. 鋸接變壓器的構造	192
§ 4. 鋸接變壓器的工作過程	196
§ 5. 變壓器的功率、工作規範及發熱	201
§ 6. 接觸鋸接變壓器的計算	204
§ 7. 變壓器功率的調節	210
§ 8. 離子儀器的裝置及作用原理	214
§ 9. 三極管及引燃管發火的控制	219
§ 10. 機械的電磁的及離子的開關	223
§ 11. 接觸鋸機的控制儀器	226
第九章 接觸鋸機的電參數	230
§ 1. 鋸接線路的有效電阻及感抗	230
§ 2. 鋸機的外部特性, $\cos \varphi$ 及有效功率	233
第十章 對接鋸機	238
§ 1. 對接鋸機的基本機件及分類	238
§ 2. 鋸機的機架、導軌及底板	238
§ 3. 對接鋸機的送料傳動裝置	241
§ 4. 夾具及擋板裝置	249
§ 5. 大批產出的鋸機的特性及其選擇	256
第十一章 點鋸機及凸鋸機	265
§ 1. 點鋸機的基本部件及分類	265
§ 2. 擠壓及閉合機構	265
§ 3. 鋸接線路中的構件	271
§ 4. 點鋸及凸鋸所用的電極	278
§ 5. 大批產出的固定式單點點鋸機及鋸接壓力機的特性	286
§ 6. 手提式(輕便的)點鋸機	292
§ 7. 雙極及多極點鋸機	298
§ 8. 儲能鋸接的點鋸機	300

第十二章 滾銲機	307
§ 1. 分類及基本部件	307
§ 2. 基本部件的結構	308
§ 3. 大批產出的滾銲機的操作特性	314
§ 4. 特殊的滾銲機	318
第十三章 點銲與滾銲的自動化	324
§ 1. 點銲自動化的基本方法	324
§ 2. $t_{\text{斷}} = \text{常數}$ 的斷續器	326
§ 3. 保證着 $t_{\text{斷}} = \text{常數}$ 及 $I = \text{常數}$ 的斷續器	329
§ 4. $E I t_{\text{斷}} = \text{常數}$ 的斷續器	330
§ 5. 對銲件溫度的變化有所反應的斷續器	331
§ 6. 滾銲的斷續器及調幅器	334
第十四章 接觸銲機的安裝與維護, 保安技術	338
§ 1. 銲機的安裝	338
§ 2. 銲機的維護及保安技術	340
第十五章 接觸銲接時的勞動組織, 規定定額的原則與施工文件	343
§ 1. 斯達哈諾夫工作法及郭瓦塞夫工作法的應用	343
§ 2. 規定接觸銲接定額的原則	345
§ 3. 電極與電能的消耗	346
§ 4. 接觸銲接時的施工文件	348
附錄 1	350
附錄 2	352
附錄 3	354

接觸電銲工藝學

緒 論

接觸銲接是一種形成永久接合的電氣機械過程。在接觸銲接時焊件藉通過的電流而局部發熱，同時又在熱焊件的接頭處加以壓力。接觸銲接在金屬加熱到熔化溫度以下時（塑性狀態的銲接）或在形成接頭的區域內局部熔化之後即可實現。

接觸銲接的應用開始於十九世紀七十年代，那時電阻對接銲就被發明了。在 1887 年，天才的俄羅斯炭極電弧銲發明家，尼·尼·別納烏斯（Н. Н. Бенардос）取得了炭極點銲法的專利權。他提出了最簡單的鉗狀結構（圖 1），這就是現在廣泛應用於汽車工業及飛機製造中手提式點銲機的原形。滾動接觸銲也是他發明的。現代所應用的銅極點銲法則研究出來得比較遲些。在 1903 年閃光銲接發明之後，對接銲曾得到特別廣闊的發展。

接觸銲接的特點是，接頭處的加熱相當大，且很少以較慢的傳熱過程為轉移。為了迅速的加熱就需要電功率很大的特殊銲機（在個別情況下達 1000 仟伏安以上）。某些現代的接觸銲機同時具有相當大的機械功率。例如對接銲接寬達 1500 毫米，厚達 4 毫米的不銹鋼板所用的銲機的夾緊焊件時可發展到 500 噸以上的力，而在銲

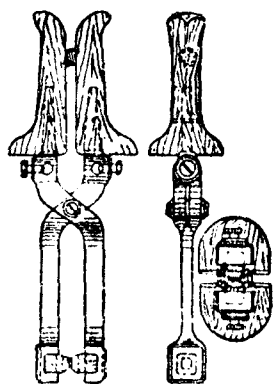


圖 1. Н. Н. 別納烏斯的點銲鉗。

接快要結束時則以 150 噸的力來擠壓加熱後的鋼板。這種焊機的重量達 50 噸，當然，在蘇聯這種銲機的創造及接觸銲接的廣泛應用，祇有在動力業根本恢復，及在斯大林五年計劃勝利實現的基礎上，創造了蘇聯電機製造的動力基礎之後才有可能。

接觸銲接的發展與接觸銲機生產的擴大有密切的關係。這些機器照例由三個主要部份組成：把線路電壓（127—500 伏特）降低到幾個伏特，足以在銲機的銲接線路中產生相當大的，有時達 100,000 安培的電流的銲接變壓器；用來夾緊，擠壓，及移動（例如在滾銲機內）銲坯的多多少少像是複雜的機床的機械部分；及在現代自動化機器領域內以其相當大的複雜性著稱的控制儀器。

第一部接觸銲機是在 1928 在蘇聯“電氣工人”（Электрик）工廠出產的。在頭兩個五年計劃期間，當銲機生產的增長大於 20 倍時所出產的銲機的平均功率增長了幾乎五倍。三十年來在工廠（“Электрик”，“Светланд”）及科學研究所裏，在接觸銲機的自動控制儀器的創造方面進行着巨大的研究工作。

在衛國戰爭以前，由於 А. А. Алексеев；А. И. Ахун；И. А. Филатович 及許多其他蘇維埃設計師的工作，在蘇聯產出了功率在 600 仟伏安以下，具有電氣，氣壓及液壓傳動機構的，各種主要類型的銲機。其中有：固定式及懸掛式自動點銲機，點-凸銲機（銲接壓力機），功率在 175 仟伏安以下的萬能式滾銲機，液壓傳動的重型對接銲機，А. М. 依格納齊也夫氏法銲接機。及許多銲接管子，腳踏車輪緣等的特殊機器。

在蘇聯，甚至在戰爭的年代裏，還曾不間斷地進行了接觸銲接設備的生產。特別是，在這個時期內，銲接鐵路鋼軌用的自動對接銲機的大批生產被組織起來了。

更完善的新型的對接銲機的創造工作在戰後復興時期得到了獨特的發展。電氣工廠掌握了這幾種銲機的大批生產：帶有氣壓傳動的，具

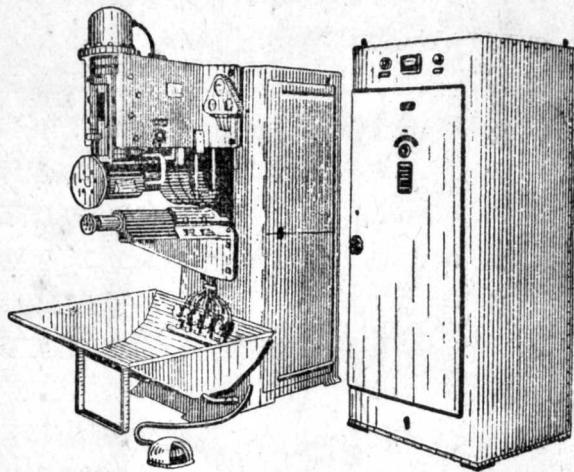


圖 2. 現代的帶有引燃管斷續器的 MIII-100-1 型滾鋸機。

有高度生產效能的點鋸機，凸鋸用的一系列的鋸接壓力機，帶有電氣及液壓傳動的自動對接鋸機，以及帶有引燃管斷續器的滾鋸機（圖 2）。汽車工廠（ЗИС 及 ГАЗ）爲了本身的需要曾組織了複雜的多極點鋸機（圖 3），懸掛式自動點鋸機，專業化滾鋸機及對接鋸機，及其他接觸鋸接設備的生產。1949 年莫斯科斯大林汽車工廠的一批工作者，因在新鋸接設備



圖 3. ЗИС 多極點鋸機。

領域內的供獻而榮膺斯大林獎金。斯大林獎金也同樣授予了在創造道

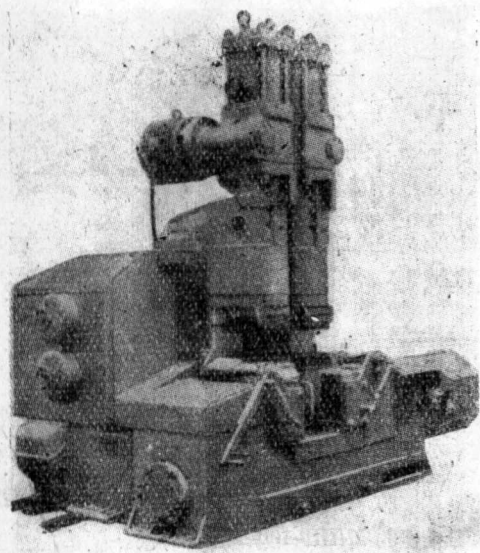


圖 4. PCKM-320Y 型自動
道軌對接銲機。

軌銲接機(圖 4)方面的工作。

蘇維埃的工程師和科學研究家們在具有高度生產效能的接觸銲接施工過程的創造上作了不少的貢獻。А. М. 依格納齊也夫發明了獨創的電阻銲接法,在以後的工具生產中獲得了實際的應用。在點銲領域內應當指出的有,在點銲機之電極間直接熱處理的應用(1935 年 Н. В. Гевелинг 提出)使用高伏特電容器的銲接(Г. И.

Бабат),點銲過程的體積膨脹儀的控制及其他。

在蘇聯除了接觸銲設備的改進及新施工過程的擬定外,同時還進行着系統的研究,目的是要確定在接觸銲接時所觀察到的物理自然現象。並建立與這些現象相聯系着的基本規律。К. К. Хренов 在接觸銲接一般理論方面的工作,А. А. Сидоренко, К. А. Кочергин 等在銲接接觸理論方面的研究,Н. Я. Кочановский 及 К. П. Имшенник 在閃光銲接理論方面的工作,及 А. А. Алексеев 在電阻銲方面的工作,Г. А. Николаев, Н. Н. Рыкалин, Г. П. Михайлов 在接觸銲接的接頭強度方面的研究。以及工程技術及機器製造科學研究院(ЦНИИТМАШ),在點銲及對接銲的研究方面的某些工作,已使能夠確定接觸銲接時進行着的過程的真正本質,並指出這種銲接方法合理應用的條件及方法。

接觸銲接的國民經濟價值很大。這種經濟價值由下面的因素所確

定：高度的生產率；鉚件不用外加材料及鉚藥而進行接合的可能性；過程的機械化比較容易；不產生毒性氣體及粉末，也不產生有害的紫外射線，因而能夠把接觸鉚機與金屬切削機床，壓力機，及其他工業設備調換，按置在生產連續帶上任何一點而不需設置特殊的防護套或複雜的通風設備；因在接觸鉚接時應用壓力，就使常有在鉚機中直接裝配鉚件的可能性（例如在對接鉚時）；以高度的生產率來順利地鉚接小厚度鉚件的可能性及其他。

接觸鉚接在大量生產中，首先是汽車工業中得到了特別廣泛的應用。在車身，駕駛室，車架等的接頭內，點鉚被用來代替鉚接。點鉚在蘇維埃汽車製造業中增長着的作用可為下列數字所表明（約數）：

汽車型式	一輛汽車上的鉚點數	汽車型式	一輛汽車上的鉚點數
ЗИЛ-5	50	ГАЗ-2	1500
ЗИЛ-101 具有木架的車身	500	ГАЗ-51	2800
ЗИЛ-150	2000	М-1	3200
ЗИЛ-110 整體金屬車身	7000	“Победа”	6500
		ЗИМ	10000

對接鉚接被應用於各別衝壓的車身鋼坯的接合，及車架中輪緣的製作等等。

滾鉚在製造染料桶時被用來代替錫鉚^①。

接觸鉚接最重要的有效應用領域之一就是鉚製工具的生產。由高速鋼製成的工具工作部份與由便宜的機器鋼製成的柄鉚的對接鉚接，使能夠大大地縮減貴重的高合金鋼的消耗。

接觸鉚接在現代飛機製造中的應用範圍是很大的（在某些型式的飛機中鉚點數目達到 250,000 個）。

接觸鉚接被順利的應用於大小直徑的薄壁管子的生產中。鉚得的管子縱縫的高度堅固性及管壁厚度的均勻性，使金屬的利用極為有效。

① 譯者註：原文為 пайка，暫按科學院規定譯名譯出，也有人譯作鉗鉚。

因此，電銲的管子有時顯得比無縫鋼管更為有利。

下面所提到的銲接也有很大的國民經濟價值，道軌接頭的對接銲；鏈環的對接銲；整體銲製車廂車身的點銲；蒸汽鍋爐中各種各樣的管件的對接銲；軋軋生產中鋼板及鋼條的對接銲，保證着冶金工廠冷軋車間的基本設備及輔助設備運轉的連續性，及生產率在本值上的提高。在首先與偉大的共產主義水利建設工程的實現相聯系的鋼筋混凝土的鋼筋網及構架的生產中，接觸點銲及對接銲具有很大的意義。在這種建築中銲接工作的範圍可為將近 20,000,000 個接頭的銲接需要所表明。

在蘇聯，工業生產空前迅速的增長及其技術水平系統的提高為接觸銲接的發展開闢了廣闊的遠景。這種發展應當首先向這樣的方向進行：各種接觸銲接的進一步的機械化及自動化，用來自動完成某配銲接綜合操作的，複雜的專門化銲機的創造，設備動力特性的改良（三相饋電，儲能銲接）以及接觸銲接有效應用領域的擴大（點銲件厚度的增大及對接銲鋼坯斷面的增大）。

第一章 接觸銲接的基本方法

§1. 接觸銲接的分類

現代的接觸銲接方法可以分類如下(圖 5):

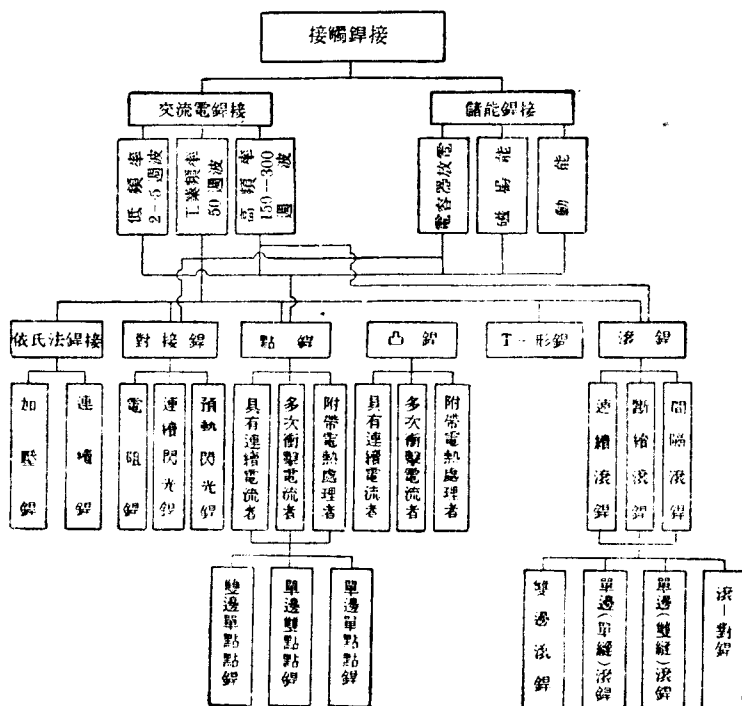


圖 5. 接觸銲接的分類圖解。

(a) 按照銲接變壓器饋電方法分類:——交流電銲接(絕大多數的接觸銲機係用 50 週波的工業頻率單相交流電饋電)或儲能銲接(銲接一個銲點或接頭所需的能量被較慢地積累在電容量內,特殊變壓器的電磁場內,或發電機旋轉着的飛輪內,然後以功率很大的個別衝擊的方

式，被迅速地應用在銲機的銲接線路中)。

(б)按照確定着銲機型式的，所銲接頭的形狀，分類——對接銲、依格那齊也夫氏銲接、點銲、凸銲、T-形銲、滾銲及滾對銲。

(в)按照施工特徵分類：(例如電阻對接銲，或閃光對接銲，連續滾銲或斷續滾銲)。

(г)按照向銲件引線的方法分類：(例如：單邊及雙邊點銲)。

§2. 對接銲接及依格納齊也夫(Игнатъев)氏銲接

對接銲接是接觸銲接的一種方式。在對接銲時銲件就在其全部接觸面積上被銲接起來。應用對接銲的典型例子示於圖6。對接銲時，

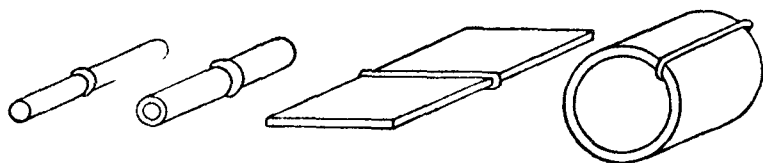


圖 6. 對接銲應用之例。

兩個斷面大小一樣或相近的銲件 A 及 B (圖7)被夾緊在對銲機的電極內(即鉗口內)。最簡單的非自動化槓桿傳動對接銲機由機架1所組成，帶有左夾具3的不動平板2被固定在機架1上。帶有以張開形式示於圖解內的右夾具5的活動平板4(即支座)，與兩操作桿6固定地相聯接，藉助於槓桿系統7而移動於導軌8之內。圖示的帶有分區開關10的銲接變壓器9則被安置在機架內。變壓器的二次線圈藉軟母線11與夾具裝置相聯接。電流閉合係用於操縱槓桿相聯系的開關12來實現。變壓器的一次繞組是從交流線路經分區開關而饋電的。這種分區開關可改變繞組接入線圈的數目，結果是改變銲機銲接線路中的電壓及電流，也即改變在銲接時所能發揮的功率。

有兩種基本的對接銲方法存在——電阻對接銲及閃光對接銲。電阻對接銲是對接銲的一種方式。在電阻對接銲時，彼此緊密擠住的兩

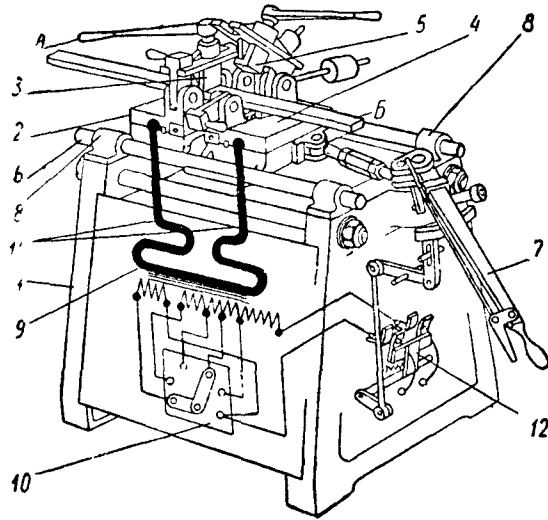


圖 7. 帶有槓桿操縱的對接銲機的圖解。

銲件末端，被通過的電流加熱到熔點稍下的溫度，此時就在塑性狀態中被銲住。因此，電阻銲時銲件就要在全部銲接期間被聯續地擠壓和加熱。

閃光對接銲是對接銲的另一種方式。在閃光對接銲時，銲件頂端在相接近而尚無實際壓力時即已加熱到熔化，同時再將已熱銲件急速擠壓（頂鍛）即可形成銲接接頭。

在閃光銲接時電流被閉合到擠壓力加上時為止。對接銲機活動平板 4（圖 7）緩慢移動時，就在銲件頂端表面上一點或幾點形成了電接觸，這些接觸附近的金屬很快地（在千分之幾秒的時間內），就被加熱到熔化，在兩銲件間形成一個或幾個液體金屬的過樑（перемычка），這種過樑在進一步的加熱中即爆燃而破壞。與過樑破壞的同時，熔化的金屬粒子自頂端縫隙中以火花的形式射出。銲件亦即略為縮短。在銲件連續接近時，愈來愈新的過樑被形成，強烈的加熱着銲件的末端。以極

短的時間間隔相接連的過樑爆炸，造成了連續放火花的印象，這種印象正標誌着閃光銲接的特徵。銲件在距其頂端足夠的長度上加熱之後，即同時切斷電流而進行頂鍛。

對接銲時連續放火花的階段叫做燒化(оплавление)。本來在最簡單的情況下由燒化與頂鍛形成的閃光銲接過程，有時因在銲機中直接引用電流預熱而被弄得複雜了。用閃光法(帶有預熱)所能銲接的鋼件的斷面積可達 25,000 平方毫米。

依格納齊也夫氏銲接也是接觸銲接的一種方式。其與電阻對接銲的區別在於銲件中的電流不垂直於，而平行於其接合平面而流動。

在依格納齊也夫加壓銲接時(圖 8, a)，板 1 安放在板 2 上，電流藉電極 3 而傳到板 2。為了減少熱量的損耗可採用石棉襯墊 4。在緩慢加熱時，在銲件的整個斷面上的溫度實際上是一樣的。在達到規定溫度時板 1 及板 2 就被壓力機 5 擠壓，而產生塑性狀態的銲接。在依格納齊也夫氏連續銲接時(圖 8, б)兩條扁鋼坯 1 及 2，以速度 v 移動於與銲接變壓器 5 相連接的轉動滾盤 3 及 4 之間。扁鋼在兩對滾子間的一段上被加熱，並在力 P_1 的作用下被銲住。依氏銲接已在工具生產中獲得應用。

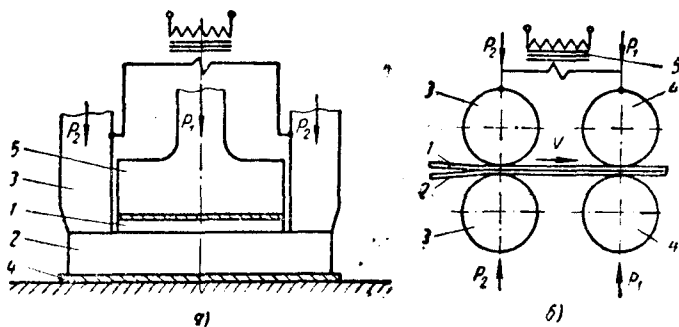


圖 8. 依格納齊也夫氏銲接的理論圖解。

(a) 加壓銲接, (б) 連續銲接。

§3. 點銲、凸銲及 T-形銲

點銲是接觸銲接的一種方式。點銲時，銲件並不在其全部接觸面上，而祇在個別點上被銲接，應用點銲的典型例子示於圖 9。最簡單的

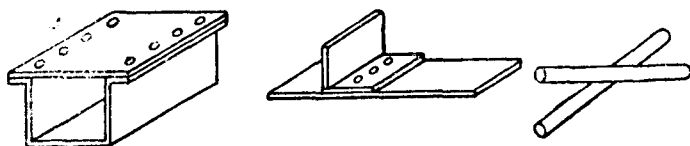


圖 9. 應用點銲的最簡單的例子。

非自動化腳踏傳動點銲機由機架 1 所組成(圖 10)，經分區開關 3 與銲機饋電線路相聯接的銲接變壓器 2 被安置在機架內。電極 4 被直接固定在銲機臂 5 內或特殊的電極卡頭(電嘴)內。與機架絕緣了的下臂被

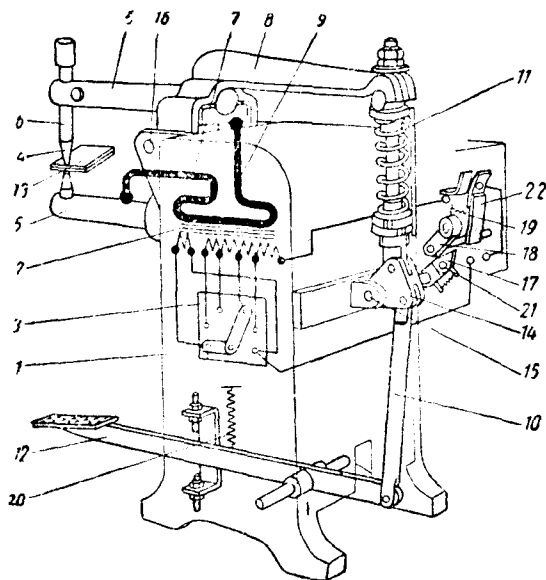


圖 10. 帶有腳踏傳動的點銲機之圖解。

螺釘固定在機架上，並以母線 7 與變壓器的二次線圈相聯。被固定在搖桿 8 內的上臂則以軟銅母線 9 與變壓器的二次線圈相聯接。搖桿 8 經調節着銲件擠壓程度的彈簧 11 藉槓桿系統 14 與腳踏槓桿 12 的末端相聯，銲件 13 在腳踏壓下時即為電極所擠壓，同時銲接電流也為機械開關所閉合。到銲接結束時，即放開腳踏，切斷電流並卸下銲件。

具有高度導電性及導熱性的銅或特殊的銅合金才用來製造點銲機的電極。因此與電極相接觸的銲件表面的發熱比銲點區域的裏層金屬的加熱進行得緩慢。銲接過程通常進行到銲件中部最熱區域的金屬開始熔化時為止。結果形的銲點乃是鑄造金屬的透鏡形核心(圖 11 核的斷面有陰影)，該核為金屬環所圍繞，在環界內銲接曾在未熔化的塑性狀態內進行。這種環在加熱時即為加在銲機電極上的力所擠壓，而成為阻止着液體金屬從銲點核心中溢出的密封。

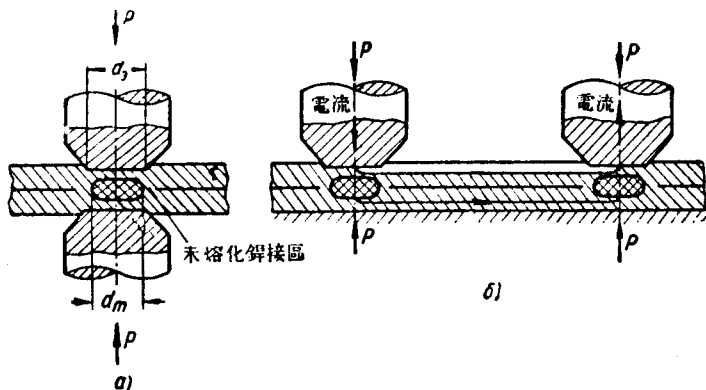


圖 11. 在雙邊單點(a)及單邊雙點(b)銲接時電極之配置。

在銲接每一銲點後，要先切斷電流，然後再解除電極的壓力，並將銲件從銲機上卸下。如果改變了這一次序而在電流切斷以前解除了壓力，則在電極與銲件間就形成不良的電接觸(和在閃光對接銲時一樣)，這種接觸就被很快地加熱而燒壞。這時連銲件帶電極都會被損壞。

按照同時所銲的銲點數目可區分為單點，雙點及多點銲接，當在銲