

振动电弧自动堆焊的新设备

[苏联] A. A. 斯皮里多诺夫、A. A. 谢姆金 著

尚玉立 译



人民交通出版社

振动电弧自动堆焊的新设备

〔苏联〕A.A.斯皮里多诺夫、A.A.谢姆金 著

尚 玉 立 译

本書总结了在液体介质中用碳钢和在保护气体介质中用高合金钢进行振动电弧自动堆焊所用新设备的研制经验；叙述了 ВГ-1、ВГ-2、ВГ-3С、ВГ-4、ВГ-5 和 ВГ-7 焊头的构造；列举了表明其使用性能的数据，指出了这些焊头的应用范围。书中叙述了堆焊工艺和堆焊规范，分析了用碳钢使用 ВГ-1 焊头和用高合金钢在保护气体中使用 ВГ-2、ВГ-4 焊头堆焊时堆焊金属和基体金属的组织硬度；还提出了保证优质堆焊时选择供电电源的建议。

本书供工程技术人员、科学研究人员使用，也可供汽车拖拉机修理企业和工业企业内熟炼的修理技工阅读。

振动电弧自动堆焊的新设备

А. А. СПИРИДОНОВ, А. А. СЛАВКИН

НОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ВИБРОДУГОВОЙ НАПЛАВКИ



ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ
Москва 1961 Свердловск

本書根據蘇聯機械工業出版社1961年莫斯科和斯維德洛夫斯克俄文版本譯出

尚玉立 譯

人民交通出版社出版

(北京安定門外和平里)

北京市書刊出版業營業許可証出字第〇〇六號

新华书店北京发行所发行 全国新华书店經售

人民交通出版社印刷厂印刷

1965年1月北京第一版 1965年1月北京第一次印刷

开本：737×1092毫米 印张：2.5张

全書：56,000字 印数：1—6,000册

統一書号：15041·4425

定价(科六)：0.35元

目 录

前 言	3
第一章 根动电弧堆焊的基本知識	5
过程的实质	5
振动在自动堆焊中的作用	8
电路的电感	10
对供电电源的要求	11
振动电弧堆焊用机床和附件	12
对堆焊用焊头构造的要求	14
第二章 BГ-1 焊头	15
焊头的构造	15
用BГ-1焊头堆焊碳鋼的规范	21
碳鋼的堆焊質量	26
使用BГ-1焊头振动电弧堆焊的效果	29
BГ-1焊头的应用范围及其构造缺点	31
第三章 BГ-2 焊头	33
焊头的构造	33
用BГ-2焊头堆焊高速鋼和不锈钢	36
BГ-2焊头的构造优点及其应用范围	44
BГ-3C焊头的构造	45
第四章 BГ-4 焊头	46
焊头的构造	46
焊咀构造对堆焊区保护的影响	54
不锈钢和高速鋼的堆焊规范	55
不锈钢堆焊时堆焊金属的组织 and 硬度	59

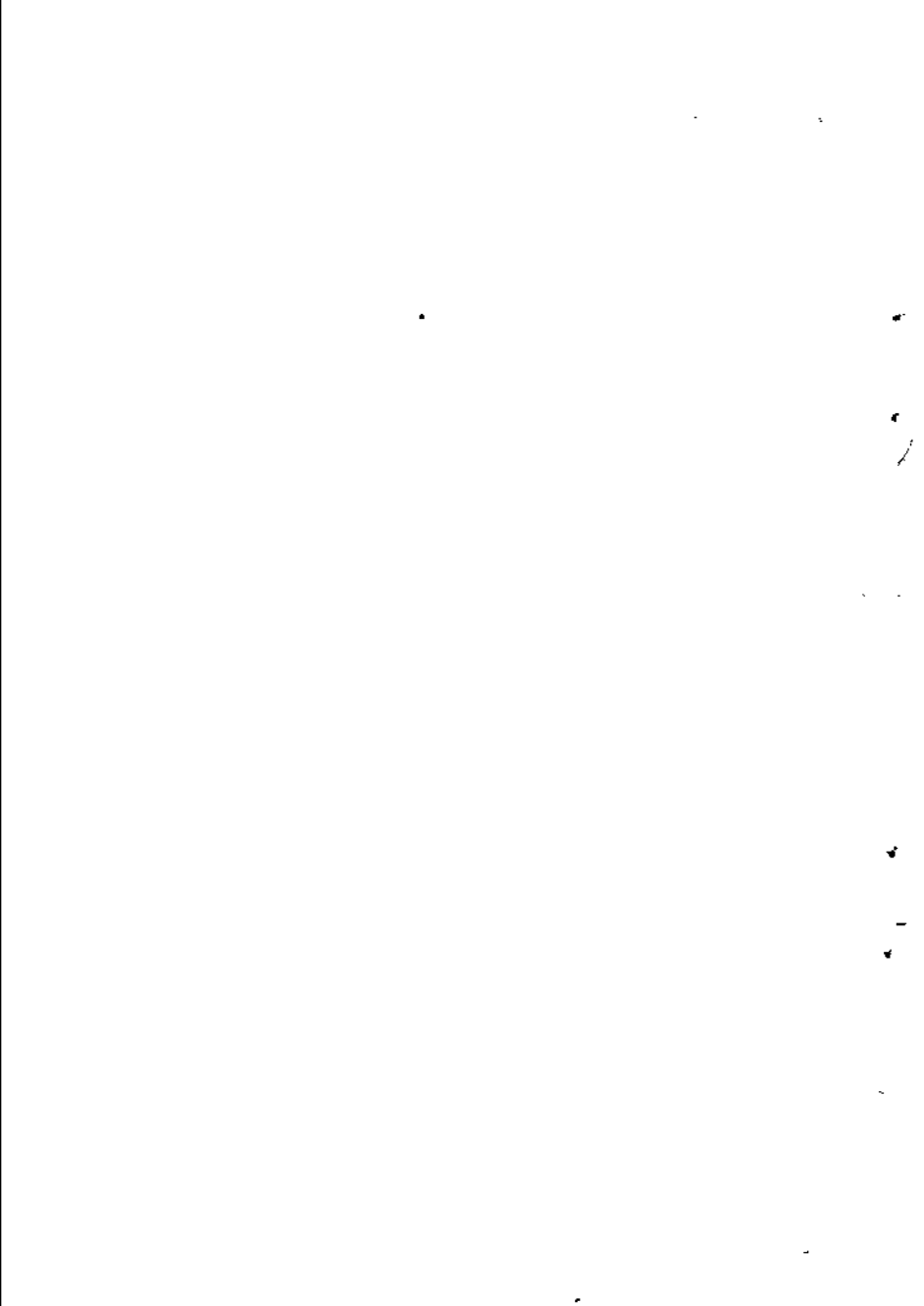
堆焊规范对堆焊金属组织和性能的影响	61
采用BCΓ-3M整流器时BF-4焊头的堆焊	66
BF-4焊头的应用范围	71
第五章 自动焊头的新构造	73
BF-5焊头	73
BF-7焊头	79
结 论	83
参考文献	84

前 言

零件表面的振动电弧堆焊是修复磨损零件的先进方法之一。现时振动电弧堆焊在各种机器的修理上开始得到越来越多的应用。振动电弧堆焊也能够成功地用于强化零件的磨损表面，以延长机器的使用寿命。

振动电弧堆焊无论用碳钢或者高合金钢都能进行。这些钢的特点是耐磨性高、抗蚀性强以及具有其它许多重要的使用性能。用高合金钢堆焊能用以修复昂贵的易磨损的高合金钢机器零件。用这种方法也可以借助于在普通碳钢零件上堆焊高合金钢来成功地制造双金属零件，从而大大减少昂贵的高合金钢的消耗。研究表明，许多高合金钢能顺利地用振动电弧堆焊法在保护气体中进行堆焊。

碳钢的堆焊质量，尤其是高合金钢的堆焊质量，在很多地方决定于堆焊设备。用于振动电弧堆焊过程的主要设备是自动焊头和电弧的供电电源。在本书中叙述了用于堆焊碳钢和高合金钢的各种自动焊头的构造，这些构造是乌拉尔工学院机器制造工艺教研室创制的。



第一章 振動電弧堆焊的基本知識

過程的實質

振動電弧堆焊保證獲得薄的、平整的、且硬度增高的金屬層，因此在修復汽車、拖拉機、金屬切削機床、壓縮機以及其它許多機器（其重要零件的許可磨損為十分之幾毫米）的磨損零件時，使用這種方法特別有效。

還在1936年，列寧格勒“電器”工廠的焊工革新家巴伊馬托夫、齊布利斯基和科茲洛夫在焊制油開關的油箱時就開始採用脈沖電弧或閃爍電弧焊接〔1〕。振動電弧堆焊，實質上是在保護介質中脈沖電弧焊接的機械化方法。

最近幾年，在車里雅賓斯克，工程師Г.П.克勒科夫金、技術科學副博士И.Р.帕茨克維奇以及其它許多研究者都研究過振動電弧堆焊〔2、3、4、5〕。在斯維德洛夫斯克，烏拉爾工學院機器製造工藝教研室也致力於振動電弧堆焊過程的研究和探討〔6、7、8〕。

堆焊方法的實質可從圖1上的示意圖來了解。所堆焊的零件1固定在車床的頂尖上。自動堆焊焊頭安裝在溜板箱橫導軌上刀架的位置。堆焊過程中，根據堆焊零件的直徑、焊絲熔化速度以及堆焊層厚度，零件以0.5至15轉/分範圍內的某一速度旋轉。焊頭同時作縱向進給運動，進給大小在 $(1.2 \sim 2)d$ 毫米/轉範圍內選擇，此處 d 為焊絲直徑。

焊頭上裝有特殊的焊絲進給機構。該機構由電動機3、減速箱4、進給滾輪7和壓緊滾輪8組成。堆焊過程中，焊絲5

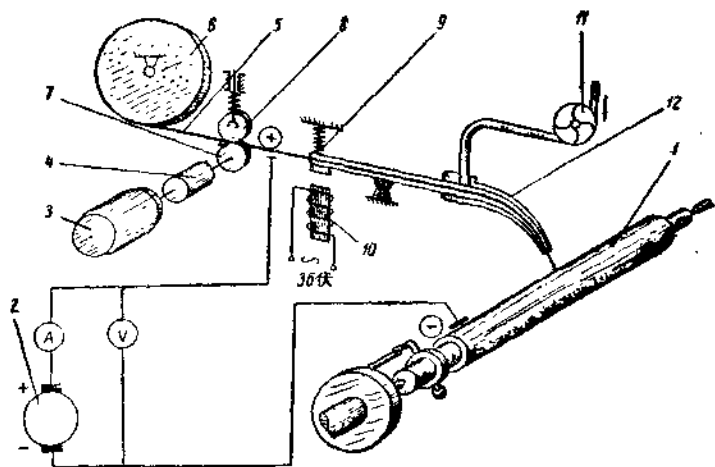


图1 振动电弧堆焊装置示意图

从焊丝盘6出来，经过导向咀12获得振动。焊丝端部的振幅根据焊丝直径、电弧电压可以从1.2毫米到2.5毫米。导向咀12借助于弹簧9和电磁铁10而振动，电磁铁10以工业频率的交流电作电源。堆焊在液体介质中进行，液体用泵11送到堆焊区。

液体保护着堆焊区，隔绝空气中的氧气和氮气；并且冷却所堆焊的零件。这就可以堆焊许多制成的零件而避免其变形。用作这种液体的是4~6%的焙烧苏打水溶液。但是液体的使用使电弧燃烧的条件恶化；而焊丝的振动能减小液体对于电弧燃烧过程稳定性的有害影响。

焊丝的每一振动周期，通常由三个连续进行的过程所组成：短路、电弧放电和空程。当焊丝从零件上离开时短路时期终止，因此电路中的电流减小，产生与电源电压同方向的自感电动势。这便增高了焊丝和零件间的电压，并造成以较输入电压更高的电压作短时间放电的条件。渐渐地，两电极间的距离

增加，而同时电流减小，终于电弧放电停止，开始了空程阶段。当两电极间的距离达到最大值后，距离便开始减小，直到焊丝与零件短路，空程阶段结束。此后，振动电弧堆焊的周期又重新循环。

堆焊过程以反极性进行：直流电源的正极2（参看图1）接焊丝，而负极接零件。使用正极性时，焊丝金属的迸溅剧烈增加，并使基体金属的熔深以及堆焊层的光洁度变坏。使用反极性时，就使焊丝金属的过渡和焊层成形的条件良好。

为了防止导线强烈受热，其截面应照1平方毫米上不大于8安培的条件来选择。采用ΠС-300М型、СУГ-2Р型焊接变流器或ВСТ-3М型硒整流器（用3~4个为一套）作为振动电弧堆焊的直流电源。

用碳钢堆焊时的电参数大致为：电压18~25伏，电流强度120~200安。

振动电弧堆焊与其它修复磨损零件的方法比较，譬如与电弧堆焊和气焊比较，具有许多优点。它能保证获得薄而平整的焊层，热影响区非常小，以及堆焊的零件没有或有很小变形。

在普通的电弧堆焊尤其是手工电弧堆焊时，由于焊条熔滴尺寸较大，薄层堆焊金属的成形是困难的。获得相当薄的平整的焊层，其复杂性还在于焊条熔滴的形成没有严格的周期。

而振动电弧堆焊时，焊丝以一定的速度进给，以固定的频率和振幅作振动，因此使焊条熔滴的过渡具有一定频率，从而改善了堆焊焊道的成形条件。

与金属喷镀不同，这种方法不要求任何特殊的表面准备，且保证基体金属与堆焊金属良好的熔接以及优质的堆焊金属。振动电弧堆焊能够在一次行程中得到0.5到3毫米厚的焊层。它的特点是生产率相当高。两毫米的焊丝其熔化速度是100米/小

时，堆焊的生产率是2.6公斤/小时。

振动在自动堆焊中的作用

前面已经指出，在普通的电弧堆焊时，焊条熔滴相当大，并且熔滴的形成没有严格的周期，以致不可能得到薄的平整的堆焊金属层。振动电弧堆焊时，焊丝以固定的频率和振幅作振动，由于焊丝的振动频率高，堆焊金属以很小的熔滴向零件表面过渡，从而得到薄而平整的堆焊层。

由于振动的存在，得以在每一振动周期中电弧燃烧发出不多热量的情况下，以碳钢或高合金钢进行优质堆焊，并且零件也不会过份受热。因此振动电弧堆焊的特点在于熔深小、热影响区不大以及熔池的体积小。在这个熔池中基体金属与堆焊金属发生混合。由于振动频率高，就能在相当大的范围内用改变电弧功率和电弧燃烧延续时间的方法来调节每一振动周期中所发出的热量。电弧放电的燃烧延续时间减少时，合金元素的烧损会大大减少。用1X18H9T不锈钢在二氧化碳气体中进行普通的堆焊，钛的烧损是60%，而同样的钢在二氧化碳气体中进行振动电弧堆焊，钛的烧损是30%。

为了明确振动对于堆焊过程及其参数的影响，曾用各种不同的钢在二氧化碳气体介质中进行了普通的电弧堆焊和振动电弧堆焊。堆焊所用的钢是：1X18H9T、X23H18、2X18H9（全苏国家标准5632-51）、45和70号（全苏国家标准1050-52）。堆焊用两毫米焊丝，采用下面的规范：空程电压 $U_{\text{空}} = 21$ 伏，焊丝进给速度 $v_{\text{np}} = 17.9$ 毫米/秒（64.4米/小时），振动频率 $\eta = 47$ 次/秒，零件圆周速度 $v_{\text{пер}} = 0.50$ 米/分，焊头纵向进给 $s = 3$ 毫米/转。在上述规范下，电弧的平均电压和电流强度的平均值是自动确定的，并与焊丝的材料有关（表1）。

普通电弧堆焊和振动电弧堆焊

电流及电压的平均值

表 1

焊 絲 材 料	振动电弧堆焊的参数值		普通电弧堆焊的参数值	
	$I_{平均}$ (安)	$U_{平均}$ (伏)	$I_{平均}$ (安)	$U_{平均}$ (伏)
1X18H9T	135	16.0	130	16.5
X23H18	150	15.5	130	16.5
2X18H9	170	15.0	150	16.0
45	185	14.5	170	15.5
70	200	13.5	180	14.5

上述各种鋼进行普通的堆焊时，其过程是不稳定的。电弧常常熄灭，发生长时间的短路，跟着就是堆焊过程的中断。因此在堆焊过的表面上发生相当严重的烧陷，有许多地方堆焊金属与基体金属熔接不良，堆焊质量非常低劣。也用这些鋼，振动电弧堆焊能保証堆焊过程稳定性很高，堆焊金属中没有不平整、气孔和裂縫，并且基体金属和堆焊金属熔接良好。

与普通的堆焊比較，振动电弧堆焊过程的特点是提高了电流值而降低了电弧电压。看来，这是由于振动电弧堆焊过程是在較短的电弧下进行的。

用上面所說的几种鋼在二氧化碳气体中的普通堆焊，是以較振动电弧堆焊更强大的电弧功率进行的。这时不会得到薄而平整的焊层，熔深及热影响区相当大，基体金属与堆焊金属形成較大的混合容积，合金組分的烧損增高。由于强烈地和不均匀地加热，产生了相当大的內应力，引起零件的变形。用不銹鋼进行普通的堆焊时，經常形成热裂縫。

根据許多研究者包括作者在內的資料确定，在高振动頻率（从30到100周/秒）下才能保証良好的堆焊质量。但是应该指

出，除频率之外，振动过程的稳定性对堆焊质量也还有影响。很多种以高频率工作的焊头，甚至在相当短的堆焊时间内，也不能保证振动的稳定性，因此堆焊质量十分低劣。

使用 $BF-1$ 型焊头时，它的构造能保证振动过程的稳定性很高，从而在相当低的频率（从17到34周/秒）范围内，能获得良好的堆焊质量。使用 $BF-1$ 型焊头研究振动电弧堆焊的过程时证实，甚至在 $8 \sim 17$ 周/秒的频率范围内用碳钢堆焊也能保证满意的堆焊质量。但是应该指出；在这个频率范围内只有

当焊丝进给速度 v_{np} 、速度比 $\frac{v_{\text{пер}}}{v_{np}}$ 以及电源的空程电压 U_{xx}

在一定数值时，才能有满意的堆焊质量。因此，根据所进行研究的资料，建议生产上采用的能保证较高堆焊质量的振动频率，应该在30到100周/秒的范围内。

振动的振幅决定于焊丝的直径和电弧电压。随着焊丝直径和电弧电压的增大，振动的振幅也增加；焊丝直径和电弧电压减小，振幅也随之减小。振幅的大小可以在 $3/4$ 到 1 个焊丝直径的范围内选择。并且小振幅相应于低电压，而大振幅相应于高电压。

电路的电感

工作电路的电感对堆焊过程的稳定性有很大影响。当电路的电感不足时，在每一振动周期中将都有空程时间。在这种情况下，每一振动周期由三个过程组成：短路、电弧放电和空程。空程时间要降低堆焊质量，因此不希望空程存在。当增加工作电路的电感时可以消除每一振动周期中的空程时间。这时候振动周期将由两个阶段组成：短路和电弧放电。但是，随着工作电路中电感的增大，电弧间隙的自动调节变得困难。

在电感小的电路中，电弧間隙偶然发生变化，会很快地恢复。当电弧間隙減小时，电压平均值随之減小，从而引起电流强度平均值和电弧功率急速增长，因此焊条的熔化速度增大，于是电弧間隙得到恢复。

当工作电路的电感較大时，电弧間隙的偶然变化，或者将导致完全的短路（当电弧間隙縮短时），或者将造成电弧的熄灭（当电弧間隙拉长时）。当电弧間隙縮短时，电压的平均值下降，但是由于电感过大，电流增加得非常緩慢。在几乎不变的电流强度下，电压平均值的下降便导致功率的減小、焊絲熔化速度的減小，并进一步使电弧間隙減小，終于造成短路。

振动电弧堆焊时工作电路中最适宜的电感是这样的，即在这个电感下振动的周期中沒有空程時間。

采用 ПС-300М 或 СΥГ-2Р 型焊接发电机作直流电的电源时，不應該在电路中接入附加的电感，因为电路中必須的电感已为这种发电机电枢的电感所保証。

使用 ВСГ-3М 型整流器堆焊时，为了得到必要的电感，應該用 ПСТЭ-24 或 ПСТЭ-34 型焊接調节器往电路中接入电感阻抗。調节器的圈数以及在磁路中的間隙大小，用試驗方法确定。随着振动頻率、焊絲直径以及焊絲进給速度的增大，电路的电感必須減小。

对供电电源的要求

为了堆焊过程的稳定，直流电的电源在其工作部分应该有足够硬的特性，也就是电流强度变化时，电压变化不大。图 2 是正常接綫的焊接发电机。它的外特性不够硬。用 ПС-300М 焊接发电机可以得到直流电源必要的特性，为此将激磁調节繞組的一端从电刷 C 換接到电刷 A 上。在图 2 上用虛綫把它表示出

来。这个电路图首先由車里雅賓斯克工学院提出〔3〕。这种换接繞組的电路，同样可用于CMГ-2、CMГ-2a、CMГ-26、CYГ-26、CYГ-2p焊接发电机。

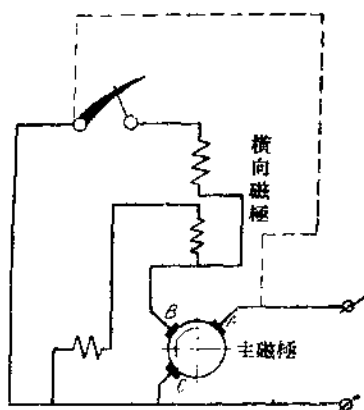


图2 激磁調节繞組換接示意图

烏拉尔工学院所进行的高合金鋼在保护气体中振动电弧堆焊过程的研究，使得用三个BCГ-3M硒整流器为一套作为最有效的直流电源成为可能。

振动电弧堆焊用机床和附件

为堆焊外圆柱面、平面以及槽形面，可以利用普通車床或六角車床。这些車床应具有从每分钟0.5轉到每分钟20轉的轉速，且相邻各級轉數之間的落差不应大于30%。对于中等尺寸車床，例如中心高200、240和300毫米的車床，为了振动电弧堆焊必須裝置一減速箱，以便將主軸轉數降低到原来的1/30~1/40。

金屬切削机床具有許多主軸轉數，这些轉數是按几何級数規律构成的。每次一轉數都比前一轉數大 φ 倍，这里 φ 是几何

級数的公比。例如：

$$n_2 = \varphi n_1; n_3 = \varphi n_2; n_4 = \varphi n_3; n_5 = \varphi n_4; n_6 = \varphi n_5 \text{ 等等。}$$

这里 $n_1, n_2, n_3, n_4, n_5, n_6$ 是形成几何数列的轉数。

公比 φ 的值已經标准化，并取为：1.06、1.12、1.26、1.41、1.58、1.78、2。相邻各級轉数的相对落差值按照几何級数的公比列入表 2。

相邻各級轉数間相对落差与 φ 值的关系 表 2

φ	1.06	1.12	1.26	1.41	1.58	1.78	2
相对落差(%)	5	10	20	30	40	45	50

φ 值在 1.41 以下的車床都能滿足振动电弧堆焊的要求。 φ 值等于 1.58 的車床不大宜于采用，而 φ 值等于 1.78 或 2 的車床則完全不宜采用。

用作振动电弧堆焊的車床，装备有輸送工作液体的泵。泵的生产率应为 6~10 升/分。堆焊时，液体流入一槽中，而从槽中再流回液体箱。槽上的出液孔上建議用滤网加封。

在堆焊过程中，零件被加热，并改变自身的尺寸，因此当刚性固紧时可能引起零件相当大的扭曲。为防止扭曲，堆焊非刚性零件时，必須采用装在車床主軸上的弹簧頂尖。如果堆焊时以零件之一端固紧在三爪卡盘上，那么其另一端就用床尾架上的弹簧頂尖来支撑。当堆焊长与直径之比 $\frac{l}{d} > 15$ 的非刚性零件时，应采用中心架，而堆焊曲軸的連杆軸頸时，則采用中心調节器。

在普通車床或六角車床上，可以堆焊零件尺寸不大的平面。把这个零件装在专用的夹具上，該夹具装在床尾架的頂尖

套內或裝在六角車床一個角的插座中。在上述車床上堆焊平面時，零件保持不動，而焊頭以等於堆焊圓柱表面時零件的圓周速度作移動。對於中等尺寸零件平面的堆焊，還可在臥式銑床上进行。

对堆焊用焊头构造的要求

烏拉爾工學院機器制造工艺教研室所进行的工作已經表明，下面的許多因素对堆焊過程的穩定性和堆焊質量都有影响。這些因素是：焊絲進給速度的均勻性、振動過程的穩定性、電弧燃燒區域保护的可靠程度以及在長時間內保持焊頭的調整不變的可能性。

曾研究過許多種焊絲進給機構：鉗夾式送進、用球形滾輪或帶槽滾輪送進。在前一種方案中，進給速度是用摩擦無級變速器改變的，在第二種方案中是借助於可換齒輪達到的。

對各種焊絲進給機構的焊頭進行試驗表明，在從電動機到進給裝置的運動鏈中，不應該有允許焊絲滑溜的傳動。當焊絲滑溜時，堆焊過程變得不穩定，堆焊常常中斷，結果堆焊金屬的質量很低。帶槽滾輪機構和可換齒輪同時採用時，得到過最好的效果。

振動過程的穩定對於堆焊的穩定性發生很大影响。有些振動電弧堆焊的焊頭，安裝了電磁振動器，用這種焊頭進行工作的經驗表明，電磁振動器不能保證振動過程必要的穩定性。這種振動器的工作在較大的程度上決定於它的各個部件的相互位置的調整，以及這種調整在長時間內保持不變的可能性。調整最小的破壞也會引起振動的完全中斷。已經証實，在強烈振動的條件下實際上很難保持彈簧、墊圈和調整螺母相互位置的不變。這樣，振動器就必須經常調整。