

198276

鋼軋輥的 自动堆焊

И.И.伏路敏 В.К.彼得里欽柯 著

邢培林 譯

176
12368

冶金工业出版社

鋼軋輥的自动堆焊

И.И.伏路敏 В.К.彼得里欽柯 著

邢培林 譯

冶金工業出版社

本書中列举了鋼軋輥在熔剂层下自动堆焊过程的簡要情况，关于自动堆焊工艺和技术的主要資料，叙述了应用于这方面的各种材料。給出了自动堆焊时所用设备的特性並列举了选择軋輥堆焊和热处理規程的指示。

書中闡述了已运用堆焊的先进企业的經驗。

本書是对于采用自动堆焊鋼軋輥及其他设备零件的企业中工程技術人員的实际指南。

И.И.Фрумин, В.К.Петриченко
АВТОМАТИЧЕСКАЯ НАПЛАВКА СТАЛЬНЫХ ПРОКАТНЫХ ВАЛКОВ
Металлургиздат(Харьков-1956)

鋼軋輥的自动堆焊

邢培林 譯

編輯：叶建林 設計：赵香苓 魯芝芳 責任校对：杨德昭

1958年8月第一版

1958年8月北京第一次印刷3,000册

850×1168·1/32·63,200字·印张· $3\frac{30}{32}$ ·定价(10) 0.70元

冶金工业出版社印刷厂印

新华書店发行

書号 0870

冶金工业出版社出版(地址：北京市灯市口甲45号)

北京市書刊出版业营业許可証出字第093号

目 录

序言	5
I. 熔剂下的自动堆焊	8
1. 方法的实质	8
2. 熔剂层下堆焊时的电弧	9
3. 堆焊焊道的形成	13
4. 堆焊时的热传播	20
5. 堆焊时的内部应力	23
6. 堆焊金属和热影响区的组织	24
7. 堆焊金属的化学成份	23
8. 在堆焊金属中形成气孔的防止	33
9. 堆焊时形成裂纹的防止	35
10. 熔渣壳的去除	38
II. 堆焊时应用的材料	41
11. 熔剂	41
12. 标准焊条钢线	45
13. 用于堆焊的粉芯焊丝和特殊焊丝	43
III. 轧辊自动堆焊工艺和技术概论	53
14. 基本金属和堆焊金属	53
15. 轧辊的堆焊技术	54
16. 轧辊堆焊前的准备	65
17. 用 3X2B3 钢堆焊轧辊时的热处理	67
18. 堆焊的缺陷, 原因, 防止和矫正方法	70
19. 用自动堆焊修复轧辊尺寸	73
20. 用自动堆焊提高轧辊耐磨性的实例	74

21. 繼續提高自动堆焊生产率和效果的途径	77
IV. A-384堆焊机	79
22. A-384堆焊机的构造	79
23. A-384堆焊机的調整和开动	87
V. 軋輥堆焊机床	93
24. 对于堆焊机床的基本要求	93
25. 堆焊机床的型式	102
26. 堆焊机床的現有設計	103
27. 堆焊裝置的成套設備及其在車間中的布置	110
VI. 堆焊裝置的电气設備	112
28. 直流电焊机	112
29. 焊接变压器	116
30. 加热軋輥用的感应器	117
VII. 堆焊时的安全技术	124
参考文献	125

序 言

提高軋輥的使用寿命是提高軋鋼机生产率的方法之一。在这种情况下生产率的增加是依靠减少換輥次数和調整过程中的停車時間以及加快軋制速度来达到的。

近 20 年来进行了很多为提高軋輥使用寿命的試驗研究工作。这些工作的結果已成功地使軋輥的使用寿命增加了 0.5~2 倍。

应用球墨鑄鉄以鑄制帶白口軋槽的軋輥是提高鑄鉄軋輥使用寿命的主要方法。

为了制造軋輥采用过共析的合金鋼，如 Y15XHM 号鋼，或者应用軋輥表面火焰淬火可以从本質上提高鋼軋輥的使用寿命。

电弧堆焊是提高軋輥使用寿命的最有效的新方法。这种方法除去提高使用寿命之外也可以修复軋輥的原来尺寸，因而保証軋制速度固定不变。

軋輥采用手工电弧堆焊的最初試驗是在 1940~1941 年。在战后时期軋輥用敞弧的手工电弧堆焊在很多冶金工厂中得到了应用。

軋鋼时个别軋槽的尺寸或部份軋槽比其他軋槽磨損較大的或損坏的一般都用堆焊法修复。直到现在为了堆焊多半都采用帶白粉藥皮的焊条。这时堆焊部份具有較低的使用寿命。某些軋管厂为了堆焊周期式軋管机的軋輥都采用带有提高堆焊金屬含碳量的藥皮的高合金鉻鎳焊条。在这种情况下堆焊金屬具有奧氏体組織。用这种方法堆焊的軋輥都有令人滿意的耐磨性，比用碳鋼制的軋輥要高 1~2 倍。用高合金鋼焊条的手工堆焊在奧地利和瑞典的几个工厂中也在应用。

但是，由于手工堆焊法的生产率低，劳动量大，决定于焊工技术和經驗的堆焊質量不够稳定，以及对焊工健康有害的劳动条

件，使这种方法不可能在工业中得到广泛应用。

在 E.O. 巴頓院士领导下創造了熔剂层下的自动焊法以后，出现了用电弧堆焊法从技术上完善解决提高軋輥寿命問題的可能性。

軋輥的自动堆焊工艺是从 1945 年在 E.O. 巴頓电焊研究所中創立的。試驗証明了当堆焊焊道断面一定时高度的生产率和金屬的良好成形。修复軋輥尺寸的可能性已經得到証实。

但是采用这种方法在很长期並沒能够提高軋輥的使用寿命。在創造了使堆焊金屬合金化的方法，特殊熔剂的組成，防止在堆焊层中出现气孔和裂紋的方法等以后^①，在 1952 年得到了滿意的解决。1952 年末在德涅伯彼得罗夫斯克列寧軋管厂开始了新方法的生產試驗。在工厂中軋管机的三年工作証明了用自动堆焊法制造和修复鋼軋輥的优越性。

堆焊軋輥的使用寿命比普通鋼軋輥的寿命平均高出 5~7 倍，而在个别机座中高出 9~14 倍。軋輥的消耗减少了 95% 以上。每年大約能节约 80 万卢布。

1954 年 4 月在錫納拉軋管厂运用了軋輥的自动堆焊。使用堆焊以前在两次換輥之間軋輥的磨損为 6~8 公厘；每昼夜換輥一次。采用堆焊的軋輥可以减少換輥次数五分之四，並且經軋制五昼夜以后軋輥的磨損不超过 0.5 公厘。

1954 年 7 月在彼得罗夫斯基冶金工厂运用了堆焊，在这个工厂堆焊的軋輥开始在 550 軋鋼机上用来軋制汽車輪圈。軋制这种产品时曾經大大提高了軋鋼机的生产率（达 70%），减少了停車時間和軋輥的消耗。

在 1954 年的技术杂志上出现过为了提高軋輥使用寿命在美国和德意志联邦共和国采用自动堆焊的第一次报导。根据杂志上的論文判断，这些工作还没有离开試驗研究的阶段。

① Н. Н. 福魯明，用堆焊法提高軋輥使用寿命《自动焊接》1954，3。

黑色冶金生产組織与科学研究所从 1954 年就在黑色冶金企业中从事自动堆焊的应用工作，在这个机构中完成了各种型式的堆焊装置和用于軋輥热处理的感应器等的設計。

馬格尼托哥爾斯克金屬制品和冶金工厂在 1954 年掌握了耐磨堆焊所必需的粉芯焊絲的集中生产。

自动堆焊在最近几年应当成为所有应用鋼軋輥的冶金工厂的日常实践。

以下同志积极参加了軋輥自动堆焊在工业中的运用：B.C. 西林，Φ.A. 赫木斯柯，C.C. 薩文柯，A.B. 米里尼克，B.Π. 苏波托夫斯基，B.A. 拉普欽柯，B.H. 柯里斯內克，（E.O. 巴頓电焊研究所），B.C. 沙皮洛（苏联黑色冶金部技术管理局），B.C. 涅尼亚，З.Г. 奥波洛宁（黑色冶金生产組織与科学研究所），П.Π. 布赫，T.C. 舍格尔，Л.Г. 文格罗夫斯基，K.A. 札柯拉，C.B. 涅木錯夫（列宁工厂），З.А. 索敏斯基，B.И. 布拉依洛夫斯基（錫納拉軋管厂）等。

I. 熔剂下的自动堆焊

1. 方法的實質

自动堆焊用熔化金屬焊条的电弧焊法来进行。电弧在通有电流的零件和焊絲之間燃烧。电弧熔化零件金屬和焊絲。为了保护熔化金屬免受空气中气体的有害影响，以及为了保存电弧的热量 and 防止金屬的飞溅采用粒状的熔剂，用一厚层熔剂复盖在堆焊区域上。电弧使熔剂部份熔化並在由熔化了了的熔剂形成的弹性外壳中的空間燃烧，这个外壳可靠地将熔炼空間隔絕空气的影响。当熔剂气泡內的压力增高时外壳可以被电弧放出的气体向外冲破。

熔剂层下堆焊过程的示意图见图 1。焊条鋼絲 1 以一定速度

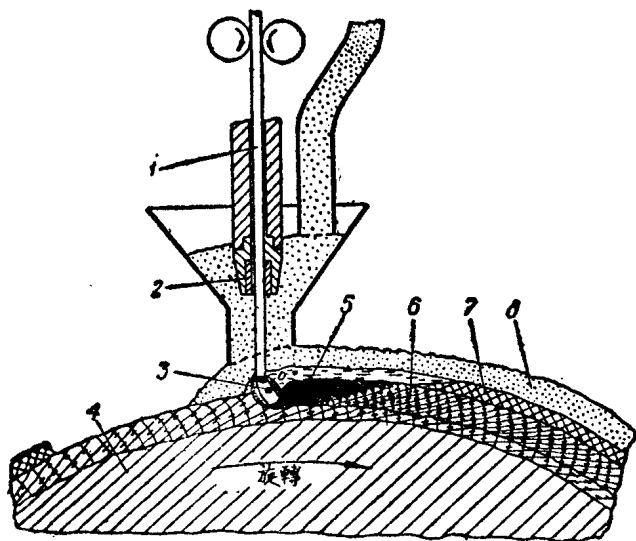


图 1 自动堆焊过程示意图

- 1—焊条鋼絲；2—导电器；3—电弧；4—堆焊零件；5—焊接熔潭；
6—堆焊焊道；7—熔渣壳；8—未熔化的熔剂

連續向电弧中供給。电流在鋼絲直接临近电弧的部份借偏心固定套管 2 传给鋼絲。鋼絲在电弧 3 中熔化。金屬熔滴通过电弧間隙和零件 4 的熔化金屬相混合並形成焊接熔潭 5。結晶以后得到盖有熔渣壳 7 和未熔熔剂 8 的堆焊焊道 6。堆焊廻轉的零件时过剩的熔剂落下来，而已冷却的熔渣壳在零件該部份重新接近电弧之前清除掉。

在示意图中表明了成两层的堆焊。

为了从一盘鋼絲中供給焊絲采用特殊的供給机构——焊接机头。熔剂从漏斗中落到零件的表面上，熔剂未熔化的部份再放回到漏斗中去。

用自动堆焊在各种形状的零件表面上可以加上一层厚度由 1 到 40 公厘的和零件形成一个整体的金屬。

自动堆焊的生产率以单位時間內堆焊的金屬数量測定（用单弧堆焊时生产率由 4 到 15 公斤/小时）。必要时生产率可以用几台堆焊机同时工作来提高。

由于过程的連續性和应用强大电弧的可能性，自动堆焊的生产率为手工堆焊的 5~10 倍。比較完善地保护了液体熔潭免于空气作用和延长金屬在液体状态的持續時間促使堆焊金屬提高了质量是自动堆焊的重要优点。自动堆焊时显著地改善劳动条件：不必要保护焊工的眼睛免于受到弧光的損害；工作地点不需要特別的通风；堆焊装置可以安装在一般机械車間或軋輥車削車間內。

自动堆焊所能保証的穩定質量，不涉及工人的技术，以及工人在短時間內成功掌握自动堆焊的可能性也是这种方法比手工敝弧堆焊的重大优点。

2. 熔剂层下堆焊时的电弧

电弧是在气体介質中放电的形式之一。在一般条件下气体都

不导电。当加热到 3000°C 以上时气体即变成导电的了。

在电弧的电极上（焊丝和基本金属上）都发生活性点（активное пятно）——加热到焊条和基本金属的沸点的区域。焊接电流经活性点通过，光亮弧柱的核心即位于活性点之间。

电弧的稳定性决定于焊接电流电源端头上电压的大小。用交流电堆焊时变压器的空载电压应不低于 70 伏特。在工厂的电路中经常发现电压的显著波动，这引致电弧稳定性的破坏。所以应当尽量由直流电焊机用直流电供给电弧。用直流电堆焊时空载电压应不低于 60 伏特。

电弧的稳定性也与熔剂的组成有关：在电弧中形成的四氟化矽（ SiF_4 ）越多，电弧的稳定性越坏。 SiF_4 的形成对于防止气孔是必要的，所以往往不得不容许降低电弧的稳定性。

在应用的熔剂中 OCII-45 熔剂的稳定性能较差。

焊条钢丝的熔化速度决定于它的化学成份（化学成份决定金属的熔点和热容量），以及电流的种类和极性。通常用熔化系数 K_n 测量焊丝的熔化速度，该系数以每安培小时的克数来表示。用直流电反极性（焊条——正，零件——负）时表现出足够均匀的熔化速度。在这种情况下用低碳钢焊丝堆焊时：

$$K_n = 11.6 \pm 0.4 \text{ 克/安培-小时}$$

并且和熔剂的组成无关。

当用直流电正极性（焊条——负）堆焊时，熔化系数与熔剂的组成有关。熔剂加热到高温时四氟化矽的析出降低电弧的稳定性，同时增加焊条的熔化速度。正极性时的熔化速度永远大于反极性时的熔化速度。

用低碳钢丝在 AH-348A 熔剂下堆焊时可以利用以下公式：

$$K_n = 2.8 + 0.1 \frac{I_d}{d} \text{ 克/安培-小时,} \quad (1)$$

式中 I_d ——焊接电流，安培；

d ——焊条直径，公厘。

用交流电堆焊时极性每秒变换 100 次。焊丝熔化速度与熔剂组成的关系比用直流电时表现得较弱。对于 AH-348A 熔剂和低碳钢丝的熔化系数由下式决定：

$$K_n = 7.0 + 0.040 \frac{I_d}{d}, \text{ 克/安培-小时。} \quad (2)$$

这些公式都只考虑到焊条被电弧热量的熔化。熔化系数也会由于焊条《伸出段》的加热而加大，伸出段也就是焊条上从电流导入点到电弧的一段，强大的电流从中通过。熔化系数 K_n 由于伸出段的加热而增值 ΔK_n 。焊条直径越小，伸出段越长和电流越大， ΔK_n 值则越大。关于 ΔK_n 值与上述因素的关系的概念示于图 2。

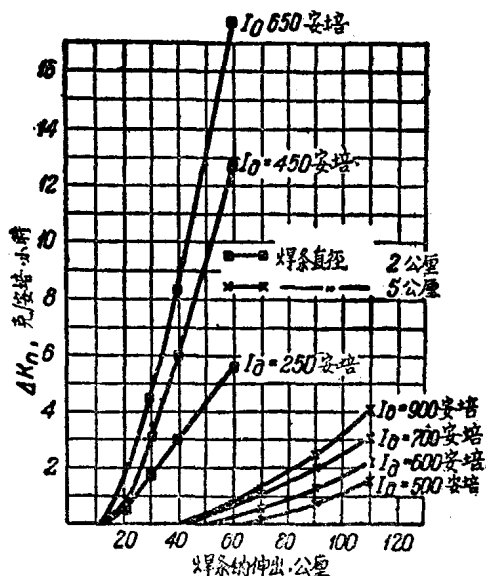


图 2 当焊条直径和电流强度 I_d 不同时 ΔK_n 值与伸出长度之关系。低碳焊条钢

焊条钢的实际熔化系数等于 $K_n + \Delta K_n$ 之和。焊着系数

差不多和熔化系数相等，因为在熔剂下堆焊时飞溅损失不超过 1.5%。

由上述得出，当焊接或堆焊的条件一定时一定直径的焊条鋼絲的熔化速度决定于焊接电流的大小。实际上也有相反的情况：对于一定直径的焊条鋼絲当电弧可以稳定燃烧时的电流强度决定于焊絲往电弧中供給的速度。

电流强度一定时电弧电压可以在相当宽的范围内变动。如果供电电源的空载电压至少比电弧电压高出 10 伏特以上，电弧的稳定燃烧就有保证。电压的变化带来电弧长度的相应变化：电压越低，电弧越短。

沿不平整的平面堆焊时，电弧的伸缩性，它加长和缩短的能力用自动调整——在熔剂下燃烧的强力电弧的可贵性能——来保证。当电弧偶然缩短时电弧間隙的电阻下降，电流增大，焊条鋼絲的瞬时熔化速度相应地增加，结果使电弧恢复正常长度。

当电流强度大小一定时，电弧的稳定性决定于焊条直径，因为仅在电流强度和焊条鋼絲直径成一定比例时才保证自动调整。焊絲直径一定时提高电流强度就能增加电弧的稳定性。进行堆焊工作时为了选择焊接电流的大小可以参考表 1（用于直流电反极性的数据）。

表 1

焊 接 电 流 (安培)	鋼 絲 直 径 (公厘)	
	III-3×2B8号粉芯焊絲	18XICA号普通焊絲
180~400	3.0	2.5
220~500	3.5	3.0
280~600	4.0	—
320~700	—	4.0

堆焊规程一般系根据零件的形状和尺寸选择，采用大的电流强度並不是永远都可能的。堆焊小直径的迴轉物体时电流强度

必須降低到 100~120 安培。在這種情況下為了使電弧穩定必須採用直徑較小的鋼絲。這樣，在實際上有時使用直徑 1.2 公厘的普通鋼絲和直徑 2.2 公厘的粉芯焊絲。

3. 堆焊焊道的形成

在熔劑層下堆焊時焊條的熔化金屬成各種尺寸的熔滴形式進入焊接熔潭。熔滴從焊條上分離是由于重力、電動力以及由于金屬析出一氧化碳的劇烈《沸騰》造成的。在焊條端部的熔化的金屬熔滴內部氧和溶解于金屬中的碳相互作用而形成一氧化碳。形成氣體的體積比金屬體積大很多倍。膨脹的氣體將冲破金屬熔滴並把它們炸碎。

一部份金屬在焊條端部蒸發。進入電弧柱中的金屬蒸氣，一氧化碳和其他氣體都被加熱而膨脹，形成好像是焊條芯延長的气流。電弧不斷改變它的位置，但一般不會離開這個氣流的範圍。

在燃弧時弧柱成垂直位置。當焊條或零件移動時弧柱向和焊接方向相反的一方傾斜。這是由于基本金屬上的活性點落后于移動着的焊條的緣故。

在電子和離子的轟擊以及弧光的作用下，基本金屬被熔化。它和焊條金屬的熔滴相混合並形成焊接熔潭。電弧的氣流給熔潭表面以壓力。電弧壓力與電流強度的平方成正比；它隨電流密度的增加而加強（焊條直徑減小時），並隨電弧間隙的增大而減弱（增加電弧長度時）。

電弧的壓力引致在焊條下面的焊接熔潭中形成叫作焊坑的深窩。液體金屬從焊坑中被排到熔潭的尾部。電弧沉入基本金屬層中越深（焊坑越深），基本金屬熔化的深度（熔透）越大。基本金屬深的熔透是熔劑層下焊接的特點。基本金屬在堆焊焊道中所占的比例決定于基本金屬的熔透面積 F_1 。對焊道整個斷面面積 F_n

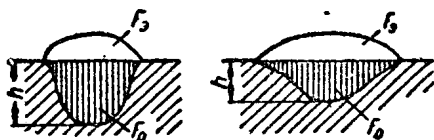


图 3 堆焊规范不同时堆焊焊道的断面

h —熔透深度； F_o —基本金属的熔透面积； F_s —焊条熔化形成的面积

的比例（图 3）：

$$r = \frac{F_o}{F_o + F_s} = \frac{F_o}{F_n} \quad (3)$$

r 值的范围很宽。在普通焊接条件下 r 为 $0.60 \sim 0.65$ 。堆焊时深熔透是不希望的，因此都采用可以将 r 降低到 $0.25 \sim 0.40$ 的各种工艺方法（见 23 页第 7 节）。

在图 4 中图解了堆焊区纵向和横向的断面。电弧熔化基本金属并把它从焊坑中排出（I）。熔化了的基本金属和焊条金属在焊

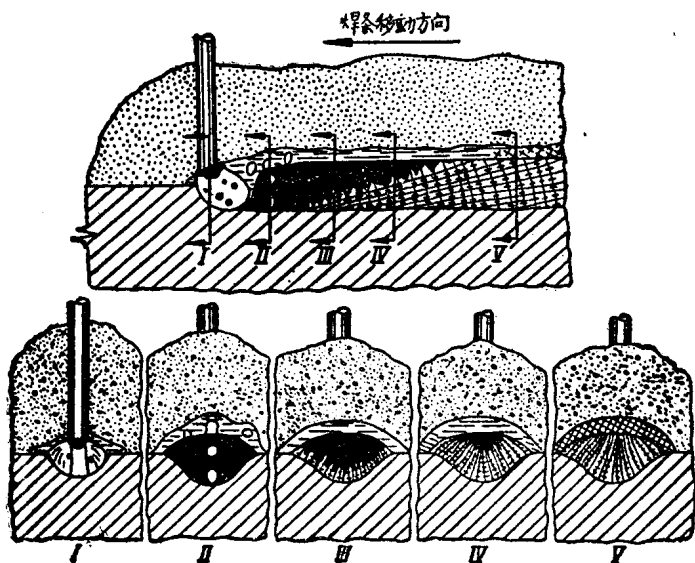


图 4 堆焊区纵向和横向的断面

接熔潭中混合。溶解的气体进行排除（Ⅰ）。随着电弧的远离，被研究断面的热量向零件本体的传导加强，而由电弧放出的热流减弱。在未熔化的金属边界上开始结晶（Ⅱ）。金属逐渐凝固（Ⅳ）。熔剂在焊条的后面发生熔化。液体熔剂不妨碍气体的排出（Ⅰ），但可靠地保护熔潭不致和空气相接触。液体熔剂在粒状熔剂层下流散，将边缘预热，并使其易于被通过电弧的过热金属所熔化。电弧越长，得到的焊道越宽。因为熔化了了的熔渣有相当多的热量储存，所以到熔潭凝固终了它仍保留为液体，不妨碍气体从其中自由排出并使焊道金属缓慢冷却。熔渣凝固以后变为一般很易于从堆焊金属表面清除的渣壳（Ⅴ）。

以下说明某些因素对堆焊过程和堆焊焊道成型的影响。

零件和焊条的倾斜对于堆焊过程的影响

保持焊坑中和熔潭中液体金属固定不变的水平面差是堆焊过程正常进行的必要条件。液体金属（和熔剂）的流体静压力与电弧压力相均衡，如图 56 所示。

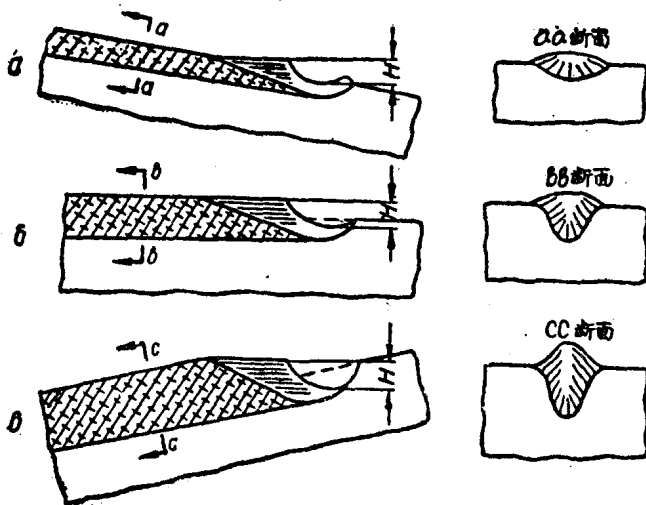


图 5 堆焊规范相同时零件的倾斜对熔透深度的影响。

电弧压力与液体金属的平面差 H 相均衡 (K. B. 柳巴夫斯基)

堆焊焊道的成形决定于电弧压力和液体熔潭流体静压力的均衡，以及液体金属和熔剂的流动情况。

如果零件的堆焊部份向焊条移动的一方倾斜（下坡焊接，图5a），熔潭中的液体水平面即提高。焊坑中的水平面相应地提高——金属好像要在电弧下面流开并把它从零件的深窝处排出。气流有可能分布到大的表面上，电弧的压力即减弱。结果熔透深度减少，而堆焊焊道的宽度加大。用试验的方法已经确定，当倾斜到 $6^{\circ}\sim 8^{\circ}$ 时堆焊焊道的形状发生这样的改善。继续加大倾斜角时在焊道边缘出现叠积（Подворот）和未熔透。倾斜 $14^{\circ}\sim 16^{\circ}$ 时金属发生剧烈的流散，以致电弧的热量不够使基本金属熔化；在这种情况下熔化了了的焊条金属与零件不相熔合，并且在凝固以后很容易从零件上脱落。

零件向与焊条移动方向相反的一方倾斜（上坡焊接）引致焊坑中和熔潭后部金属的水平面降低。结果熔透深度加大，而宽度减少。形成熔透很深的狭窄焊道。倾斜超过 $6^{\circ}\sim 8^{\circ}$ 时出现成形缺陷。

堆焊圆形零件时经常利用焊道成形的这些特点：把焊条从顶点移向与廻转方向相反的一边，这样焊接即在下坡上实现。

为了确定焊条应从顶点移开多少，必须知道焊接熔潭的长度，它可以按下式近似地算出：

$$L = 0.0032 I_A U_A, \quad (4)$$

式中 L ——熔潭长度（公厘），

I_A ——焊接电流（安培）；

U_A ——电弧电压（伏特）。

熔潭长度实际上与堆焊速度的关系很小。

焊条的倾斜对金属的堆积和堆焊焊道的成形也发生影响。堆焊圆形零件时焊条一般位于垂直位置。有时候利用焊条横断焊道的倾斜，这使堆焊靠近轴肩的轧辊表面较为容易。焊条的倾斜角