

中国机械工程学会
第一届全国焊接年会论文选集

中国机械工程学会焊接学会編

内部資料 注意保存

中国工业出版社

中国机械工程学会 第一届全国焊接年会论文选集

中国机械工程学会焊接学会編

3
中国工业出版社

1964

**中国机械工程学会
第一届全国焊接年会论文选集**
中国机械工程学会焊接学会編

*

机械工业图书编辑部編輯(北京苏州胡同141号)
中国工业出版社出版(北京佟麟阁路10号)
(北京市书刊出版事业許可証出字第110号)
中国工业出版社第二印刷厂印刷
新华书店北京发行所发行·各地新华书店經售

*

开本787×1092¹/₁₆·印張44·插頁5·字数999,000
1964年3月北京第一版·1964年3月北京第一次印刷
印数0001—1,656·定价(科七)6.70元

*

統一书号: 15165·2828(一机-592)

編 者 的 話

1962年9月，中国机械工程学会在哈尔滨举行了第一届焊接年会，在所收到的133篇学术论文中，遴选了60篇论文和一些专题讨论小结，编印成这一选集。在焊接年会会议期间和闭会以后，又陆续收到不少有价值的论文，经第二次常务理事会议决定，将这些论文放在下一次编印选集时考虑，并向作者致以歉意。

在这次论文审编工作中，曾得到孟广喆、孙鲁、蔡伯民、徐碧宇、潘际燮、斯重遥、吴鼎铭、田锡唐、陈定华、董锦垣、吴成材、叶仰尧、陈武卿、黄雷鸣等同志以及机械科学研究院、清华大学的热情支持和大力协助，特致以深切的谢意。

中国机械工程学会焊接学会

1963.6. 北京

序 言

中国机械工程学会于去年九月在哈尔滨召开了我国有史以来的第一届全国焊接年会。年会集中地檢閱和交流了近年来我国焊接科学技术的学术成果。各地机械工程学会为年会选送了一百三十三篇优秀学术論文，基本上集中了我国焊接科学技术工作者近年来辛勤劳动的結晶和反映了我国焊接科学技术的水平。参加年会的十七个省(市、自治区)和八个工业系統的生产、科研和教学部門的一百二十余位代表还着重对当前国民經济发展有重要意义的“不銹鋼焊接有关的若干問題”、“堆焊在农业机械中的应用”、“水輪机抗河泥磨損堆焊”和“我国低碳鋼焊条的发展問題”等四个专题进行了深入的探討。在这次年会上还正式成立了中国机械工程学会焊接学会。

第一届全国焊接年会的召开，大大地鼓舞了我国焊接技术界的积极性，有力地推动了各地焊接专业学术活动的开展。广大焊接科学技术工作者殷切希望年会的学术資料能够得到广泛的交流。为了滿足羣众的要求和使学术成果更好地服务于生产，中国机械工程学会焊接学会决定編輯出版这本論文选集。

論文选集从年会征集到的一百三十三篇論文中遴选了六十篇，把它們編成六个部分，即：Ⅰ—焊接工艺；Ⅱ—焊接材料；Ⅲ—焊接結構变形；Ⅳ—焊接設備；Ⅴ—特种焊接；Ⅵ—其它。并在附录中刊登了第一届全国焊接年会的各个专题討論小結和未編入本論文选集的其它論文的索引。

中国机械工程学会焊接学会准备将編輯出版論文选集的工作繼續下去，今后每次全国性年会召开后都将編輯出版一本論文选集。希望广大焊接科学技术工作者踊跃撰写論文，在稿源上給予积极支持和帮助。

我們編輯这样的論文选集还是初次尝试，主要希望它能起到“拋磚引玉”的作用，由于缺乏經驗，缺点一定很多，不妥之处，請大家指正。

中国机械工程学会

1963年6月于北京

目次

編者的話

序 言

国内外焊接技术发展情况和对我国今后焊接技术发展的設想	1
我国低碳鋼焊条今后的发展方向	32

I. 焊 接 工 艺

鉄素体在18-8鉻鎳不銹鋼焊縫中的作用	40
1Cr18Ni9Ti不銹鋼焊接接头刀状腐蝕研究	62
鉻錳氮无鎳奧氏体不銹鋼的焊接	74
鉻鉬鈦鉄素体不銹鋼焊接性能試驗	95
N8、N10合金鋼管高压加氢管的焊接	108
焊接过程对不銹鋼“机械-电磁”性能的影响	113
不銹鋼薄片电容儲能点焊的研究	120
20K与1X18H9T对接焊試驗	133
軋輥自动堆焊工艺研究	142
鑄鋼堆焊鍛模的試驗与生产	147
鍛模电渣堆焊	166
高中压閥門堆焊材料及工艺研究	180
躺板极堆焊法修复鋼质車輪的研究	194
堆焊鑄鋼車輪研究試驗报告	199
堆焊制造 800 吨热剪机剪刀	208
斯大林尼特耐磨硬质合金堆焊	214
高錳鋼堆焊与焊补中几个問題的研究	226
15.4万瓩水輪机分瓣轉子組装焊接的試驗研究	244
1200冷軋机机架电渣焊試驗研究与生产	257
水压机立柱塔嘴电渣焊	280
Φ 250軋鋼机中輥支持架(40号鉻鋼与45号鋼)板极电渣焊接	288
低碳鋼管連續閃光对焊接头白斑的探討	294
鋁結構氬弧焊生产工艺	304
純鋁鎢极氬弧焊气孔問題	315
氬弧焊焊炬的結構設計	322
氬弧焊保护气体提純设备的結構与維護使用	326
水蒸汽保护焊研究	332
鋼筋接触电渣焊	339
大厚度电渣焊縫超声波探伤研究	348

II. 焊 接 材 料

含鈦稳定剂不銹鋼电焊条研究	361
关于防止不銹鋼手弧焊焊縫增碳問題及无碳涂药焊条渣系的探討	368

中硬一号堆焊焊条及其在拖拉机鏈軌节修理中的应用	378
耐磨1号快速堆焊焊条和水輪机叶片抗气蝕抗磨損堆焊材料	384
中、高压閥門密封零件堆焊材料的选择和应用	410
利用放射性同位素研究焊接条件下磷的过渡規律	426
TiO_2 - CaO - SiO_2 渣系低碳鋼焊条的研究	430
用高鉄低錳的錳矿熔炼高錳焊剂	438

III. 焊接結構变形

焊接容器的脆性破裂	452
焊接結構脆断的設计因素	463
机械拉伸法消除波紋板焊接变形	470

IV. 焊 接 設 备

真空电子束焊机	478
ATA-300型自动氩弧焊机	498
HZ-1000型电渣焊机	504
焊接过程中磁带录返式音频程序控制系統的探討	509

V. 特 种 焊 接

氮气等离子弧切割的研究	516
直流氩气等离子弧自动切割	528
氮气等离子弧焊接紫銅	536
小直徑低碳鋼管的旋轉电弧焊研究	552
磁場中旋轉电弧焊几个問題的探討	560
管板自动旋弧焊的試驗研究	568
低碳鋼管子的旋轉电弧爆炸加压焊焊接法	585
鋁-銅、鋁-鋼摩擦焊接头实质及其性能研究	593
鋁-銅摩擦焊特点的进一步探討	613
45号鋼摩擦焊的工艺特点及加热規范計算	619
超声波点焊	633
超声波点焊設備与工艺	654

VI. 其 他

鎳鉻不銹鋼氧-砂切割	672
氧熔剂切割的几个問題	679

附 录

1. 第一届全国焊接年会专题討論小結	687
不銹鋼焊接、切割、焊条制造专题討論小結	687
堆焊在农业机械維修中的应用专题討論小結	691
水輪机抗河砂磨損堆焊专题討論小結	692
我国低碳鋼焊条发展問題专题討論小結	694
2. 第一届全国焊接年会論文索引(未編入本論文选集者)	695

国内外焊接技术发展情况 和对我 国今后焊接技术发展的設想

孟广喆 孙 魯

我国机械工业，经过几年的发展，取得了显著的成绩，自給率从1959年的62%，上升到1960年的85%左右，大大的加强了国民经济各部门的实力，提供了大量的现代化装备，因而保证了我国社会主义建设事业的高速度发展。

近年来我国基本工业的生产能力成倍增长，工业技术力量迅速增加，一些新的工业部门和新的工业基地已经初步建立起来，工业地区的分布也比过去更加合理。这些惊人的发展是与党的正确领导和群众智慧的发扬分不开的。通过贯彻“调整、巩固、充实、提高”的八字方针，更使我国机械制造业的发展进入了一个新的阶段。而且随着机械制造业的发展，各种金属加工工艺也都获得了辉煌的进展，其中最突出的首推焊接。

焊接目前已成为金属加工工艺中主要加工方法之一。解放以前，我国的焊接技术水平是很低的，当时一些机械修配工厂，只能利用气焊和手工电弧焊来进行机械零部件的修补工作，所有重要的金属结构全部是采用铆接制造的。至于各厂所用的焊接材料和焊接设备，则完全依赖进口。

解放以后，在党和政府的重视和关怀下，以及我国全体焊接工作者的努力下，我国的焊接技术得到了迅速的发展，并且不断地完善起来。在第一个五年计划的前几年内，机械制造业由修配转向大规模的制造，同时焊接不但代替了铆接，而且由修配机件走向了制造新产品。

1955年后，各种先进焊接技术，如自动焊、半自动焊、电渣焊、接触焊等，在我国的机车、船舶、锅炉、起重运输机械、重型及矿山机械制造等工业中，都得到了广泛的应用。在最近几年中，我国采用焊接方法成功地制造了14300吨远洋货轮，320大气压高压容器，100大气压锅炉，和平号机车，72500和15万千瓦水轮机，万吨水压机，1200毫米薄板冷轧机，350吨起重吊车，270吨钢水桶，以及长钢轨和大型轧辊等许多重大产品。同时在电焊设备方面已经能制造自动焊机、电渣焊机、接触焊机、氩弧焊机、真空电子束焊机和等离子切割机共130余种产品。这都说明我国目前的焊接技术水平早已摆脱落后面貌，而向世界先进水平迈进。

焊接结构可以节约金属，缩短生产周期，降低制造成本。目前我国金属结构件大约有95%以上已经采用焊接制造，其中手工焊约占全部焊接工作量的85%以上。一般说来，我国焊接技术的机械化和自动化程度是不高的，但在某些工厂中，也曾建立了蛇形管变压器和散热器焊接的自动生产线，取得了显著的成绩。

在苏联、德意志民主共和国、捷克、美国、法国、日本等工业发达的国家中，对于焊接技术早已大力开展试验研究工作，并已普遍应用于各种机器设备、建筑结构、桥梁、船舶等的生产。在国防尖端技术方面，焊接也已经成为不可缺少的工艺之一。

苏联已经利用焊接方法建成了高建筑物的金属构架、全焊钢桥、原子能发电站的反应堆和地球卫星等。至于化学容器、贮油罐、管道轧钢机机架、水轮机座环、大轴、转子、压力机机架、立柱、横梁、起重吊车大梁、汽车车身、大型单斗和多斗挖土机、矿山设备等、也全是用焊接方法制造的。

苏联目前正在积极扩大焊接在各个工业部门的应用范围，增加焊接结构的产量并提高其机械化程度。

多点焊机的采用，大大提高了焊接生产率，在焊接车体，底盘、顶盖时，每台焊机每小时可达 20000 个焊点。在建立焊接自动线方面，苏联也作出了成绩，例如：焊接 IA3-51 型汽车车轮的自动线，是把用焊剂层下自动焊焊接带轮缘的车轮，清除焊缝，内接头穿孔等工序连续操作的。这一生产线每天能生产 1600 个轮子。又如在起重机生产的领域内，“起重工”工厂生产端梁的流水线，利用移动式高架装配小车、自动焊接设备、隔板配置小车等，使劳动量减少一半，而自动焊比重提高到 60~80%。捷克制造的 12.5 米立车横梁和德意志民主共和国制造的 B.F.P250 镗床立柱，都采用了焊接结构。这种焊接结构，与同型铸造结构对比，可以节约金属 45% 左右，节约劳动量 1/2，缩短生产周期约 1/2，降低成本约 30%，其经济效果是非常显著的。

美国目前拥有大量的自动焊机和各种机械化的辅助装备，在装配焊接的全盘机械化方面有了很大的发展，而且在某些工厂中，所有焊接装备和工具也都标准化了。美国在汽车生产中广泛采用接触焊的焊接流水线，不但大大地减少了劳动力，而且还保证了焊接质量。在最近二、三十年中，焊接已经一跃而为金属加工的主要方法之一，深入到一切金属结构制造业中，成为不可缺少的重要工艺了。焊接技术易于实现机械化和自动化，因此在国民经济各部门中更起着很大的作用。为了适应我国工农业生产大跃进的需要，我们焊接工作者应当在党的领导下，发愤图强，自力更生，使焊接技术能更有效地在一切生产部门中发挥威力，以加速我国工业化的速度。

兹将目前国内外焊接技术发展情况，按下列项目分别加以介绍：

- (1) 焊接技术；
- (2) 焊接材料；
- (3) 焊接设备；
- (4) 焊接机械化和自动化。

一、国内外焊接技术发展概况

1. 焊接技术

近几年来世界先进工业国家的焊接技术水平有了很大的发展，各种高效率、高质量的机械化与自动化焊接方法愈来愈多的代替了手工焊。由于现代科学技术发展的需要，还创造了一些焊接新技术，扩大了焊接在生产中的应用范围。

焊接技术包括的范围很广，现在分别简单介绍如下：

(1) 电渣焊：电渣焊是苏联巴顿电焊研究所在立缝自动焊的基础上研究成功的，1951 年首先运用于工业生产。这种焊接新技术的出现，为重型和大型机械制造工业开辟了新的途径。巴顿电焊研究所为此获得了 1957 年集体列宁奖金，并且在 1958 年布鲁塞尔的国际博

覽会上荣获一等奖。

就物理实质而论，电渣焊是依靠电流通过熔渣时所放出的热能而使母材和焊丝熔化的。换言之，电渣焊是一种无弧的过程，它能一次不停地焊接大厚度的工件。从这种方法的可能性来看，工件的厚度可以说是无限制的。利用电渣焊就可能大大简化重型机械制造中毛坯的准备过程，将那些限于现代生产能力不能制造的大型铸件和锻件，改成铸一焊、锻一焊、轧一焊的拼焊结构。

根据苏联的生产經驗，在大型机械制造中采用电渣焊后，平均可以縮短生产周期30%，使車間生产量增加一倍左右。此外还可以节约金属材料，减少大型机床的加工工时，改进鑄鍛件的质量，提高劳动生产率，减少車間基本建設的投資，因而大大地降低了生产成本。

由于电渣焊具有许多无比的优点和特点，它现在已经成为重型机械，动力机械制造工业中不可缺少的加工方法，并且逐渐推广到化工机械和高炉装配等许多生产过程中。在苏联已经利用电渣焊制成了4,000吨和6,300吨压力机机架、无座锻锤砧子、15,000吨水压机立柱和工作缸、850毫米轧钢机机架、大型剪床机架，“170”型(71000吨)压力机、“II320”型高压锅炉汽包、水轮机主轴、转子座环以及2,100×1,500毫米颚式破碎机机架等。

在已焊成的大型产品中，最重的工件（“115”型水压机）达163吨；最长的工件（15,000吨水压机立柱）达21米；最长的焊缝（“100-Ⅱ”型无座锻锤的砧子）为10米；最大的焊缝截面（“100-Ⅱ”型无座锻锤的砧子）为2,000×2,500和1,500×4,000毫米；最大的环形工件（3,000吨水压机的附属设备）直径达3,000毫米，壁厚达500毫米；在一个工件上（“130”型水压机机架）最多的填充金属达3吨。

在金属材料方面，电渣焊不仅能焊接由低碳钢、低合金钢和高合金钢（如CT3, CT30Л, CT35Л, CT45, 22K, 20ГC, 34XM, 40XM, 15ГН4М, 15ГН2МФ, 1Х18Н9Т, 9Х16С7, 9Х18Н10, 9Х18Н10С等）制成的工件，而且还能焊接有色金属及其合金。例如用电渣焊焊成的ВГ6钛合金环，其直径达1,500毫米，最大截面为90×75毫米。

为了改善焊缝金属的结晶条件, 增加其抗裂纹性能, 可以利用超声波来振荡熔池。目前所用的方法是: (1) 采用水冷的超声波振动头, 直接与焊缝金属熔池接触。(2) 利用填充钢丝通过超声波振动头的特殊滑动装置。后者比较方便可靠, 在焊接高合金钢 (如 X25 H20) 时有一定的应用价值。

在电渣焊设备方面，苏联主要生产有A-372直缝电渣焊机、A-535万能电渣焊机、A-569板极电渣焊机、A-501M磁力爬行电渣焊机等。薄板装配电渣焊机已研究成功，巴頓电焊研究所为此设计制造了无軌輕便式A-612和A-635电渣焊机和A-736自动电渣焊机。后一种焊机能在厚度为16~50毫米的鋼板上焊接垂直的和傾斜的($\theta < 45^\circ$)焊縫。

捷克从1954年开始研究电渣焊技术，现在已经取得了很大成就。1959年捷克曾用电渣焊焊成世界最大水电站之一的水轮机主轴(直径1,800毫米，厚度240毫米)和转子，以及直径为1,550毫米的汽轮机转子等。他们还研究了电渣焊的特殊自动焊机、焊剂和焊丝，并改进了焊接工艺。在电渣焊设备方面，捷克设计制造了AS-1型单丝无轨式，AS-2型双丝有轨式，AS-3型万能有轨式自动电渣焊机，AS-4型(改进AS-3型)和AS-5型板极电渣焊机，AS-6型熔嘴电渣焊机等。

德意志民主共和国中央焊接研究所，自从1956年得到苏联A-372-P型电渣焊机后，才采用此种先进方法焊接厚壁的工件。

美国自1959年以后才开始在工业中应用电渣焊新技术。根据目前已发表的材料来看，电渣焊在美国现在仍处在掌握阶段，在工业生产上很少应用。

1958年比利时根据捷克设备改进了三丝电渣焊机，可焊30~450毫米的厚大工件，这种焊机名为“Vertomatic”，目前西欧各国和日本都在采用。比利时曾用电渣焊焊接了大型西门子炉板(3000×12000毫米，板厚35毫米)和炉筒(壁厚63毫米，直径3000~1500毫米)的纵缝。

法国采用电渣焊方法制成了高压锅炉的筒体(长3400毫米，厚57~114毫米，材料为低碳钢或高强度钢)和船舶上的艏柱(长5334毫米，直径1070毫米，壁厚95毫米)。

意大利制造球磨破碎机时，曾用电渣焊焊成壁厚为38毫米的纵缝。

西德在制造大型电镀槽、大型柴油机架和大型水压机底架时，曾采用电渣焊方法，焊成厚210、长4500、宽800毫米的工件。

1959年英国曾用电渣焊法焊接海边平台支柱(长60000、直径2400、壁厚25~60毫米)上的两条纵缝。

日本东京芝浦电气鹤见工场在1960年4月装置了电渣焊设备，进行试验和生产。十津川发电所曾将两个半圆锻件和两个法兰用电渣焊焊成63000千瓦水轮机的主轴(直径800，长3400，壁厚230毫米)。

我国电渣焊技术是在学习苏联已有技术成就的基础上迅速发展起来的。1958年以来，在机械制造工业中进行了焊丝、板极、熔嘴和手工电渣焊技术的试验研究工作，获得了很大的成就。

在最近三年内，我国已经用电渣焊法焊成了以下的产品：(1)哈尔滨电机厂：72500千瓦水轮机的转子、主轴和座环。主轴(直径1120，壁厚105，长4100毫米，重20吨)的纵缝和环缝是用焊丝电渣焊焊成的，座环(直径7000，高1600毫米，重34.5吨)的上冠和叶片对缝以及转子(最大外径4590，高1820毫米，重43.4吨)是用熔嘴电渣焊焊成的。(2)大隆机器厂：1200毫米薄板轧机机架。机架全重32吨，截面为700×400及735×400毫米，材料为25Л，板极材料为10Г2。(3)第一重型机械厂：12,500吨锻造水压机的主柱。立柱(直径950，长19,500毫米，重120吨)是分三段焊接的，材料为20ГCM，焊接端面达1,050×1,300毫米，用9块熔嘴板以熔嘴电渣焊焊成。(4)江南造船厂：12000吨锻造水压机的工作缸，蓄水器 and 上、中、下横梁。工作缸(壁厚305，外径1880，长4500毫米)的材料是35锻钢，蓄水器(直径1060，壁厚130，长6,170毫米)的材料是20MnMo铸钢。上、中、下横梁均采用了轧-焊结构，最长焊缝达10米。(5)沈阳重型机械厂：850/750轧钢机推干和6000吨水压机立柱。焊接截面达780×1000毫米，焊缝长度15000毫米。(6)哈尔滨锅炉厂：230吨/小时、100大气压的高压锅炉。(7)上海重型机械厂：1200冷轧机机架，机架是用熔嘴电渣焊将两条焊缝同时焊接起来的。

第一汽车厂和第一拖拉机厂曾用电渣焊方法堆焊成大型锻模，现已用于生产。

球墨铸铁和灰口铸铁的电渣补焊技术也已经试验成功，在生产上获得良好的结果。

用接触电渣焊法焊接5号钢和3号钢制成的36毫米直径钢筋，在我国已经研究成功，

并且获得了巨大的经济效果。以5号钢、36毫米直径的螺纹钢筋为例，用帮条焊法焊接一个接头需要40分钟，费用为7.95元，而用接触电渣焊时只需4~5分钟，费用不过0.356元。

(2)自动焊和半自动焊：焊剂层下的自动和半自动焊在国外的机械、造船、锅炉、机车车辆、建筑结构等制造工业中，早已获得广泛的应用。

苏联在制造贮油器的筒身和筒底时，先将钢板在工厂中用自动焊拼焊好，然后捆扎成卷，运到安装工地，再就地摊开进行安装焊接。这种生产方法不仅能提高机械化程度，而且能缩短生产周期，降低成本。

在造船方面，现在的生产方法是广泛利用自动焊和半自动焊，在车间内将船体分段焊好，然后运至船台上进行组装焊接。这样除了大大降低船体在船台上的生产时间之外，还提高了焊接质量。

为了提高焊接速度，苏联采用了焊剂层下的双丝自动焊和一次双面成型的自动焊。双丝自动焊能焊厚板工件，一道焊缝就可以填满50毫米深的焊缝，并且能消除焊缝内的粗大柱状结晶组织，避免产生裂纹。一次双面成型的自动焊，可以焊接厚度为3~12毫米的钢板，免除了钢板翻身的工序。

其它如三丝自动焊，管状焊丝自动堆焊，振动电弧堆焊等新工艺，目前也都有迅速的发展。

管状焊条的焊接生产率比手工焊高1.5~2倍，用于自动堆焊时，其经济效果更为突出。

在有色金属自动焊方面，苏联已经掌握3.5~4毫米厚的纯铝板不开坡口的一次双面成型自动焊接技术。

捷克在自动焊方面也获得了成就，其中表现最突出的是用强度52公斤/毫米²的钢材焊成的公路桥梁。在自动焊设备方面，捷克生产了一些轻便的小型自动焊机。

美国在自动焊的应用方面也较广泛，根据1959年的统计，美国已拥有自动焊机20000台，其焊剂的年产量已达100000吨（苏联同年度的统计数据为焊机12000台，焊剂40000吨）。

我国自动焊和半自动焊的应用虽然逐年扩大，但在整个焊接工作中，比重仍是不大的。它们只在一些主要的大中型厂矿中得到了较多的应用，其中以江南造船厂、大连造船厂、沪东造船厂等采用自动焊工艺较为广泛，现在已有50%以上的焊接工作是用自动焊和半自动焊完成的。在大型锅炉厂中，自动焊的工作量约占40%。前述的14300吨远洋货轮，320大气压，壁厚205毫米的高压容器，壁厚90毫米的高压锅炉汽包，3150吨水压机压力缸，和平号机车锅炉以及350吨桥式吊车等，全都是用自动焊完成的。在14300吨远洋货轮上，自动焊和半自动焊约占全部焊接工作量的60%以上。

在锅炉、船舶、机车等制造业中还广泛地应用了螺柱焊和电钎焊。

在实际生产工作中，我国已掌握40毫米厚钢板水平位置不开坡口的自动焊，以及12毫米以下钢板的不开坡口一次双面成型自动焊。垂直面上的自动立焊已经用于6000吨海轮的制造。垂直面上的自动横焊及全位置磁性焊剂自动焊也都试验成功。

此外，耐磨合金的自动堆焊，在制造及修复轧辊和轮缘时，已经得到了广泛的应用。

(3)气体保护焊： CO_2 气体保护焊是先进的焊接技术之一，由于它的效率高，变形小（在薄板上与气焊相比），明弧、无渣、并能进行全位置的焊接，因而近年来在各工业先

进国家中得到了重视。他们除大力展开试验研究工作外,已经普遍用于生产。目前主要的方法是熔化电极的 CO_2 气体保护焊,在某些情况下,它可以代替手工电弧焊,焊剂层下自动焊,以及昂贵的氩弧焊。

苏联在用 CO_2 气体保护焊方法焊接各种低碳钢、低合金钢和高合金钢的研究工作中,获得了一定的成就。他们已经试验成功的钢种有:CT3, CT-40, CXM-1, 14X5C, 14Г2, 15ГC, 15XMA, 20XMA, 15XCHД, X18H12M3T, 2X13, X17, X17H2, 34XM, II-3, 1X18H3Г和3Д2-И等。美国对 CO_2 气体保护焊也曾作过很多研究工作,目前偏重应用在低碳钢和低合金钢的焊接方面。

CO_2 气体保护焊所用焊丝的化学成分随着所焊钢种不同而变化。焊接低碳钢和合金钢的焊丝,苏联采用的是用硅、锰和钛作脱氧剂的,如CB-08ГC和CB-08Г2C、CB-08X14ГT等。而美国除了使用硅和锰脱氧的焊丝之外(碳较高,硅、锰较苏联焊丝低),尚有所谓脱氧焊丝(Tripeldeoxidized wire),即焊丝中除了硅、锰之外,尚含有铝、钛或锆等第三种脱氧剂,它们的含量可达0.6%左右。

CO_2 气体保护焊所用电源的静特性和动特性,对焊接过程的稳定性和飞溅有很大的影响。苏联,美国曾对具有下降的、平直的和上升的外特性及动特性的焊接电源进行了一系列的试验研究,指出具有平直外特性曲线的焊接电源最为合用。现在各国均已广泛采用平特性直流电焊机作为 CO_2 气体保护焊的电源,使 CO_2 气体保护焊接技术前进了一大步。

苏联于1955年在 CO_2 气体中加入4~5%的氧,结果证明可以提高电弧的稳定性和减少飞溅。1957年以来,日本在许多的研究报告中,认为在 CO_2 中加入氧,不仅可以稳定电弧,减少飞溅,而且还有改变熔池中脱氧产物的组成,使之易于上浮;改善焊缝成形;减少焊缝金属中的含氧量,从而改善其机械性能;降低焊接接头冷裂倾向等许多有益的作用。这种方法不仅可用于低碳钢的焊接,而且可用于合金高强度钢的焊接。 CO_2 与氧的比例随着所焊钢材及焊丝成分不同而变化。

在 CO_2 气体保护焊发展的同时,英、美、西欧等国家还发展了几种用熔渣和 CO_2 联合保护的焊接方法。

目前通用的 CO_2 气体保护焊接方法,主要有以下几种:

(a)Fusarc/ CO_2 焊接方法:这种方法是在带有涂料的网状焊条外面加上 CO_2 气体保护来进行自动焊或半自动焊的。焊条由中间一根较粗的焊丝和外面围绕的螺旋形钢丝网组成。这个钢丝网可以将涂料保持在粗焊丝的周围,防止其脱落,并且在焊接时起连续导电作用。这种方法,在英国已广泛应用,其优点是生产率高,焊接过程稳定,飞溅少,易于控制熔深,可用交流电源进行焊接,焊缝质量高(含氢量低)。但是网状焊条的制造是比较复杂的。

(b)管状焊条 CO_2 气体保护焊法:苏联在1956年已经用管状焊条进行 CO_2 气体保护焊,并于1957年在生产中应用。苏联制造的管状焊条,其主要目的是在焊条芯中加入合金,用来焊接合金钢。美国的管状焊条气体保护焊是由焊接低碳钢开始的,他们的管状焊条中含有脱氧剂和造渣剂,实际上是一种熔渣和 CO_2 气体联合保护的焊接方法。这种焊接方法具有生产率高,焊缝质量好和明弧的优点。在美国业已获得应用,并且进行过对Ni-Cr、Cr-Mo、Cr、Cr-V、Ni-Cr-Mo、Mn-Ni-Cr-Mo等合金钢的焊接试验,获得了

良好結果。在西欧国家中，尚有所謂 Arcosorc 焊接法的，也是一种管状焊条 CO_2 气体保护焊接法，但其管状焊条的截面形状比較复杂。管状焊条 CO_2 气体保护焊是一种很有发展前途的高效率的焊接方法。

(c) 磁性焊剂 CO_2 气体保护焊法：这是熔渣与 CO_2 联合保护焊的又一种形式，于1956年首先在美国創造出来的。它比手工焊提高效率2~3倍，并可进行全位置焊接，目前在美国已广泛应用于生产。

(d) 細焊絲 CO_2 气体保护焊法：1957年~1958年，苏联巴頓电焊研究所对細焊絲(直徑0.5~1.2毫米) CO_2 气体保护焊焊接薄板和全位置焊縫，进行了一系列的研究，并設計制造出 CO_2 气体保护半自动焊設備。1959年美国也对細焊絲全位置 CO_2 气体保护焊进行了研究，指出当电源动特性与焊接规范配合适当时，焊絲金属几乎可以全部按短路方式过渡到熔池中去，而不以熔滴形式过渡，因而使飞溅大大减少。这种过渡过程，称为“浸入过渡”(Dip Transfer Process)。英国在1960年也証明，在这种焊法中，焊絲金属是通过短路而过渡的，所以他們把这种方法称为“短路过渡焊接法”(Welding With Short Circuit Transfer)。

这种焊接方法可以更有效地代替手工电弧焊和气焊，因而得到广泛的应用。如焊接公路桥梁、汽車車輛、大型液态氧氣槽以及各种薄板結構等。

CO_2 气体保护焊法，在焊补鑄鋼件方面也得到广泛的应用。

CO_2 气体保护焊，自1958年以来，已在我国一些研究机关、高等学校和工厂中进行过許多試驗研究工作，在焊接低碳鋼、16錳鋼、鍋爐鋼和不銹鋼方面，取得了一定的成績。在生产实践中，一些鍋駝机筒体、炼鉄炉炉壳、30吨炼鋼电炉炉身等，曾采用 CO_2 气体保护半自动焊进行焊接，效果很好。

上海电器科学研究所設計制造了 CO_2 气体保护半自动焊机，曾送至国外展覽。

惰性气体保护焊近年来有很大的发展，其中以氩弧焊最为突出。用氩弧焊来焊接鋁及鋁合金、鎂合金、銅合金、不銹鋼和高合金抗蝕鋼，能大大地提高其焊接质量。以氩为主，另加 CO_2 与氧的混合气体保护焊是一个新的发展，美国采用的混合气体，其比例是氩80%、 CO_2 15%、氧5%，許多国家正用它来焊接輕合金結構。目前英国大量采用鎢极氩气保护焊来焊接不銹鋼、耐热鋼、鋁、銅、鎳及其合金制成的結構。法国使用氩弧焊比較广泛，大約占整个焊接工作量的10%，其中大多数設備是半自动的。苏联生产了許多熔化和不熔化电极的氩弧焊設備，其中包括焊接薄板結構的設備，焊接厚壁管道的設備，和利用光电系統控制的焊接曲綫焊縫的設備。捷克在生产中也广泛采用熔化和不熔化电极的氩弧焊，还利用氩弧焊組織了不銹鋼管的成批生产。苏联和美国都已經研究成功并生产出遙控的惰性气体保护焊装置。

双层气体保护焊也是一种新工艺，在美国和英国已經用于生产。这种方法是在焊接区域惰性气体的外层充以另外一层保护气体，使电弧区得到更好的保护。在焊接鋁及不銹鋼时，可以获得更高的质量。

我国目前已經制造出熔化电极和鎢极的两种氩弧焊机。一些研究单位及工厂对氩弧焊都进行了試驗研究，并在生产中使用。但是由于氩气价格昂貴和供应有限，所以应用还不够普遍，目前主要是用于焊接鋁、鋁合金和不銹鋼。

清华大学曾用氩弧焊焊成高8米，直径3.5米，壁厚4~6毫米的铝制罐体，焊缝总长达500米，80%以上的焊缝是用机械化方法完成的，检验结果，全部合格。

(4)堆焊：堆焊可以用来制造双层金属零件代替整体贵重金属零件，也可以用来修复磨损的机件，减少机器备件的储存量，提高机器的使用寿命和生产率，大量节约贵重合金材料。所以在工业部门中推广堆焊技术的应用，具有极重大的经济意义。

苏联对堆焊技术的应用比较重视，要求在各工业部门中建立堆焊基地，对于堆焊所需各种材料的生产和供应，提出了一系列的措施。例如，乌克兰地区的冶金工厂，在1958年曾消耗了24,000吨轧辊合金钢材，但自1959年采用堆焊轧辊以后，只消耗了14,000吨合金钢材，为国家节约了3,000万卢布。

苏联利用堆焊技术曾完成以下各项工作：

(a)刀具堆焊：刀具的手工堆焊和自动堆焊，在苏联已经广泛应用。中央机器制造与工艺研究院曾研究成功各种刀具堆焊用的焊条，如ПН-1М, ПН-1У和ПН-1Л等。其中ПН-1М型焊条是采用低碳钢芯，通过药皮铁合金过渡合金元素，以获得P-18钢的成分的，很有实用价值。巴顿电焊研究所采用管状焊丝自动堆焊来解决合金过渡问题，已在许多工厂中堆焊成大型螺旋铣刀、车刀等，使刀具堆焊的生产率提高了10~15倍，而且堆焊质量也比手工堆焊的高。

(b)锻模堆焊：苏联创造出一系列牌号的焊条，如ПН-4、ПН-5、ПН-7、ЭН-60М、03Н-1等，专用于锻模堆焊，并且能在热处理后得到高硬度的堆焊层，效果良好。巴顿电焊研究所研究用管状焊条加CO₂气体保护的堆焊方法堆焊锻模，现已用于生产。

(c)轧辊堆焊：延长轧辊使用寿命，是提高轧钢机生产能力的有效措施。苏联巴顿电焊研究所与生产部门合作，进行了用焊剂层下自动焊堆焊轧辊的研究，解决了堆焊合金系统的选择，堆焊层合金化的方法，以及堆焊工艺装备等方面的問題。目前已有40多个冶金工厂利用了轧辊堆焊来代替用60ХГ、50ХН、5Х2、50Х等合金钢制造的整体轧辊。德聶伯尔彼得罗夫斯克的列宁工厂，从1952年开始就用自动堆焊修复和制造轧辊，使轧辊的使用寿命提高5~7倍(在个别情况下，提高9~14倍)，轧辊的消耗量减少到1/23，轧钢机的生产率提高310%。

苏联常用55号钢作轧辊母材，而以3Х2В8、30ХГСА、4Х4В3Φ、4Х2Г2В等合金钢作为堆焊金属。根据试验结果，认为以4Х4В3Φ钢作为堆焊金属效果最好。

(d)高炉料钟堆焊：高炉料钟一般在300~450°C的高温下工作，矿石和焦炭从2~3米高的送料机构上落到料钟表面，工作条件非常不好。苏联过去曾用索尔玛特焊条进行手工堆焊，但是生产率低，质量不高，常常产生气孔和微细裂纹，只能堆焊一层，而且不能太厚。近年来他们研究成功料钟的多丝自动堆焊法(三丝，管状焊条)，找到堆焊合金系统，设计制造出堆焊装备。与40ГЛ钢相比，可提高寿命2~3倍，使用期限可达4年，现已在生产上应用。

(e)水轮机叶片堆焊：在水轮机叶片上熔敷抗气蚀层时，苏联使用手工堆焊和带状焊条自动堆焊等方法。带状焊条自动堆焊的生产率比手工堆焊高7倍。列宁格勒金属结构工厂采用自动万向转动装置，使叶片能够自动转动，保持焊缝永远处于水平位置进行堆焊。常用的叶片母材为20ГС或18ДГСД，带状焊条为1Х18Н9Т，尺寸为0.4×70毫米，焊剂为

AH-26。

在抗磨损层堆焊方面，苏联行之有效的办法是在水轮机叶片的正面用 ИИ-5 型焊条进行手工堆焊。

(f)农业机械零件堆焊：农业机械中的犁头、犁刀板、履带板等，在使用中常遭受严重的磨损。现在苏联广泛采用堆焊方法来修复农业机械的零件，或制造双金属耐磨零件。手工电弧堆焊由于方法简便，应用很广。采用 T-590、T-600 型焊条堆焊时，可以提高零件的使用寿命 5~7 倍，采用 03H-250、03H-300、03H-350、ИИ-250、ИИ-500 等焊条堆焊时，可以提高零件的使用寿命 1.5~2 倍。用焊剂层下自动堆焊修理鏈軌板、主軸軸承等零件时，生产率可提高 4~8 倍。高生产率的带状焊条自动堆焊已经用于拖拉机的鏈軌板、主动開輪、滾輪等零件的修补工作，生产率比焊剂层下自动焊高 3~4 倍，比手工焊高 8~10 倍。振动电弧自动堆焊法也用于耐磨零件的堆焊。

巴頓电焊研究所和庫茲涅茨斯基冶金公司研究用堆焊方法制造犁刀板，他们先在 120×120×2000 毫米的 50 号鋼錠上堆焊一层 X12 高合金鋼，然后将堆焊后的半成品軋制成所需的形状，制成双层金属犁刀，大大地提高了犁刀板的使用寿命，但目前在軋制方面尚存在一些問題。

苏联除了从手工堆焊发展到带状焊条自动堆焊、气体保护堆焊、振动电弧堆焊和电渣堆焊之外，还建立了一系列的堆焊合金系統。如低碳及低合金鋼，高錳奧氏体鋼，高碳錳鉻合金鋼，低碳及中碳的高鉻鋼，高碳高鉻鋼，高鉻鑄鉄，鎳鉻奧氏体及鉻鎳珠光体鋼，鉻錳鋼，銅基合金和鎳基合金等。

近年来，堆焊技术在美国、英国、德意志民主共和国、西德、捷克、日本都有很大的发展。西德、日本、法国、加拿大、比利时等国的堆焊工作，一般是在修理車間内进行的，而且只限于手工电弧堆焊和氧-乙炔火焰堆焊。美国广泛采用低碳鋼芯的快速堆焊焊条和管状焊条，并且建立了比較完整的合金体系，同时将这些堆焊焊芯和焊条予以标准化。

焊剂层下的自动堆焊，在美国和捷克均已采用。美国曾在高炉料钟上使用两个自动机头和焊接装置进行自动堆焊，在堆焊时，采用 106 型合金作焊絲，并用焊前預热和焊后緩冷等方法，使工件硬度达到 $R_c 38 \sim 42$ ，而且沒有裂紋。他们还把这种方法应用在修复軋輥和水轮机叶片等零件上。捷克曾用自动堆焊法完成直徑为 800 毫米的車輪堆焊工作，使堆焊時間由手工堆焊的 2400 分钟降到 450 分钟。

近年来气体保护堆焊，在许多工业先进国家中作出很大的成績，并且用于生产。美国曾采用气电短弧堆焊 (75% Ar + 25% CO₂ 的混合气体) 修复曲柄軸，不但縮短了堆焊工时，而且提高了焊接质量。使每根軸用手工堆焊原需时 20~30 分钟，成本为 1.00 美元，现在只需 3~5 分钟，成本降至 0.23 美元。

捷克用振动电弧自动堆焊法修复了小直徑的零件，还把青銅堆焊在鋼制蝸輪上，大量節約了有色金属的消耗。

我国的堆焊技术，近年来也有了很大的发展，对国民經济起了显著的作用。許多工厂用堆焊方法修复了各种磨损的零件和制造了新的双金属零件。在手工堆焊、焊剂层下自动堆焊、电渣堆焊、CO₂ 气体保护堆焊、带状焊条自动堆焊各方面也都进行了試驗研究，并

已用于生产。

长春第一汽车厂采用 MD-2D 焊条在 45 Γ 2 铸钢模体上,以手工堆焊制成各种锻模,来代替 5XHM、5XHГ、5XГM 等整体合金钢锻模。他们后来又采用了陶瓷焊剂层下自动堆焊、板极电渣堆焊和 CO₂ 气体保护管状焊丝半自动堆焊,也都取得一定的成绩。板极电渣堆焊是一种生产率较高的方法,而且可以不必预热工件,劳动条件较好,已经在第一拖拉机厂堆焊成 3 吨、5 吨和 10 吨模锻锤的锻模。但目前在堆焊层中还出现裂纹,须待进一步的研究和探讨。

高合金钢锻模、压铸模和冲头等工具的堆焊,在我国主要是采用手工电弧焊方法完成的。而冷冲模的堆焊,则是用躺板极电渣堆焊完成的。在轧钢厂内,以前大都采用手工堆焊法修复轧辊,近年来已经采用焊剂层下自动堆焊法修复和制造轧辊。

采用手工堆焊和多丝自动堆焊法制造货车车轮,已经在铁路上进行了运行考验,证明这种车轮的寿命比铸钢和镶箍车轮的寿命高一倍。

钢铁厂和重型机械厂曾以索尔玛特一号焊条用手工堆焊法制成高炉料钟,并利用堆焊方法制成高锰钢锤头和高压阀门。

利用手工堆焊法还堆焊成各种车刀和铣刀。800 吨热剪机的剪刀,在采用堆焊方法后,设备生产率提高了 4.89%,刀具寿命延长了 13~21 倍,成本减低约 30%,而且还节约了大量 5XHM 合金钢。此外又以 4X1B2CΦ 代替 3X2B8 钢,解决了堆焊金属加工的困难。

(5) 接触焊:接触焊工艺的生产效率高,成本低,容易自动化,接头外表美观,不需填充材料和焊剂,工作条件好,所以在各工业先进国家中,已经成为一种应用非常广泛的先进工艺。接触焊主要用于薄板金属结构的制造和棒料的焊接,如汽车、车辆、仪器、容器、钢管、刀具、钢筋、以及日用品等。近来在航空、建筑、电器和无线电工业等方面也都获得了普遍的应用。

苏联生产了各式通用和专用的点焊机、凸焊机、滚焊机和对焊机。其中整流储能冲击波接触焊机能进行厚度为 7 + 7 毫米铝板的点焊和厚度为 4 + 4 毫米铝板的缝焊。钢轨对焊机用于焊接铁路钢轨,每公里可以节约 8 吨钢材,每一百公里路长每年至少可以节省 270 万卢布的资金。巴顿电焊研究所创制了带有环形变压器的对接焊机,在铺设管道时,能在装配条件下进行直径达 700 毫米的钢管环形对接。至于有气体保护的接触焊,则在锅炉管子的焊接工作中见诸使用。

美国在接触焊的应用方面最为普遍,接触焊机已占电焊机总产值的 48% 左右,目前正向复杂而高度自动化的方向发展。他们已经制造出电流达 30 万安的大型冲击波点焊机,能焊接厚度为 12 × 12 毫米的有色金属板料。

法国非常重视接触焊的应用,特别是薄板的焊接。据统计,厚度在 2.5 毫米以下的薄工件,使用接触焊的约占 90%。在汽车和车辆制造业中采用接触焊的更多。他们曾用接触点焊制造不锈钢的车厢,重量较一般钢制车厢减轻 10%。并认为在建筑工业中使用钳式点焊机焊接钢筋是很有发展前途的。

捷克制造成 VUS-250 及 VUS-1000 型凸焊机,机上装有电子管控制箱,既可以简单控制焊接过程,也可以程序控制焊接过程。焊机是用液压操纵的,压力可以控制得非常准确。用 VUS-1000 型凸杆机,可以焊接经过淬火和精加工的高合金部件,焊后保证公差