

高等学校教学用书

焊接结构学

尼古拉也夫著



机械工业出版社

635

高等学校教学用书



焊接结构学

交通大学焊接教研室

苏联文化部前高等教育署鉴定为
机器制造高等学校焊接专业教学参考书



机械工业出版社

1956

出版者的話

本書是从鐸接工艺过程來研究鐸接接头强度和設計問題以及研究在机器制造和建筑上所应用的鐸接結構的基本構件設計問題。

本書是机器制造高等学校的鐸接專科学生學習鐸接結構課程的參考書，也是計算和設計具有鐸接接头的金屬結構的參考書。

本書由交通大学焊接教研室譯出。

苏联 Г.А. Николаев 著 'Сварные конструкции' (Машгиз 1953 年第一版)

* * *

NO. 1181

1956年11月第一版 1956年11月第一版第一次印刷
850×1168^{1/32} 字数 432 千字 印張 18^{11/16} 0,001— 7,000 册
机械工業出版社(北京东交民巷 27 号)出版
机械工業出版社印刷厂印刷 新華書店發行

北京市書刊出版業營業許可証出字第 008 号 定价(10) 2.80 元

目 次

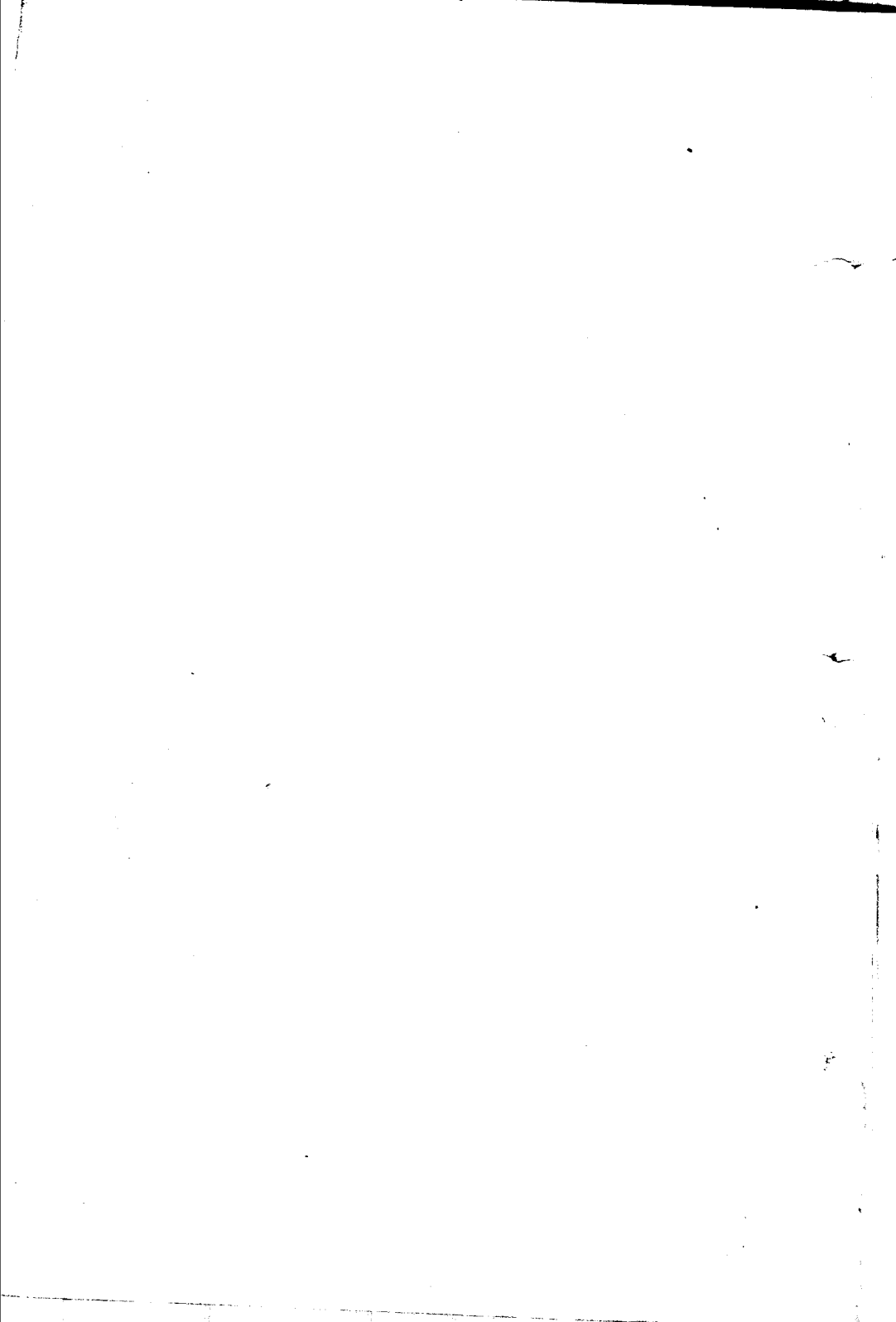
原序	9
第一章 一般概念	11
1 焊接——俄國的偉大發明	11
2 焊接結構的技術-經濟指标	16
第二章 应用于結構中的焊接方法	24
1 熔焊法	24
2 压焊法	27
第三章 材料	30
1 鋼的性質	30
2 鋼的品種	34
3 鋼材規格	36
第四章 焊接接头及其強度計算	40
1 焊接接头的一般性能	40
2 对接接头	43
3 搭接接头	47
4 丁字接头	54
5 开槽接头及熔成接头	58
6 电鋸接头	50
7 在保护气流中焊接的接头	61
8 鋸焊联合結構及接头	61
9 焊縫符号	63
10 焊接接头的机械性能	65
第五章 焊接接头中的应力分布	69
1 概念	69
2 对接焊縫中的应力分布	73
3 正面焊縫中的应力分布	74
4 側面焊縫中的应力分布	80
5 正面焊縫和側面焊縫的联合接头中的应力分布	86

6	盖板接头中的应力分布	88
7	在静载荷下应力集中对强度的影响	90
第六章 内应力的一般概念		92
1	内应力的分类	92
2	由于不均匀受熱和冷却的结果而形成内应力的过程	99
3	确定在狭窄板料中由于不均匀的受熱和冷却所形成的 内应力的计算方法	105
4	确定構件中残余内应力的实验方法	116
第七章 焊接过程中的变形和应力		133
1	焊接时变形和内应力的形成	133
2	焊接时的热过程	134
3	焊接过程中金属在高温下的机械性能	140
4	焊接过程中的变形	144
5	焊接过程中测定变形的方方法	148
6	焊接若干鋼料时半塑性变形的研究结果	154
7	在焊接过程中所形成的应力	157
第八章 在焊接过程中高温时的金属强度		162
1	概論	162
2	焊接过程中热裂縫的形成	162
3	促成焊接过程中在焊縫内形成热裂縫的因素	167
4	测定焊縫对形成热裂縫抵抗力的方法	172
5	手工焊接时对形成热裂縫的抵抗力	176
6	自动焊接时鋼料对形成热裂縫的抵抗力	180
7	結構形状对于焊接时形成热裂縫的影响	183
8	工藝参数对于焊接时形成热裂縫抵抗力的影响	191
9	焊接时在冷却过程中形成溫裂縫	197
10	結論	200
第九章 焊接結構中的内应力和变形		202
1	变形的种类	202
2	主要工作假定——用计算方法来确定焊接时变形的基礎	204
3	構件在焊接时的縱向和橫向变形	206
4	由于焊接接关区域的縱向收縮所產生的構件弯曲变形	218

5 确定焊接时由于焊接接头区域纵向收缩而产生弯曲变形的近似法	228
6 确定焊接时由于焊接接头区域横向收缩而产生弯曲变形的近似法	235
7 結構焊接时的許可残余变形	237
8 对接焊接头中的变形	239
9 調節焊接时变形的工藝方法	240
10 制件的矯正	247
第十章 焊接結構中的残余应力及其对于强度的影响	249
1 焊接結構中的残余应力	249
2 消除焊接結構残余应力的方法	258
3 金屬的机械状态	260
4 在塑性載荷状态下残余应力对于强度的影响	263
5 焊接結構脆性破坏的形式及其防止方法	267
第十一章 动載荷的作用	272
1 交变載荷下基本金屬的强度	272
2 交变載荷下焊接接头的强度	280
3 受冲击时基本金屬的强度	297
4 受冲击时焊接接头的强度	299
第十二章 許用应力	302
1 結構中基本金屬的許用应力	304
2 計算焊接接头强度时的許用应力	307
第十三章 焊接的梁	314
1 概論	314
2 梁的剛度和强度	317
3 梁的穩定性	325
4 梁的計算举例	331
5 梁的抗扭强度計算	337
6 考慮塑性变形时梁的計算	342
7 焊接接头的設計和計算	344
8 梁的对接接头	353
9 梁支座的設計和計算	357

10 桥式起重机的结构实例	360
11 焊接梁的制造	362
第十四章 柱	371
1 横截面的型式	371
2 整体横截面支柱的稳定性计算	373
3 组合横截面支柱强度和稳定性的计算	385
4 连接构件的设计和计算	389
5 柱的对接接头	397
6 柱的底座	398
7 柱的制造	404
第十五章 受弯曲构件的接合	406
1 接合的型式	406
2 最简单的接头	408
3 各种截面梁的接合	416
4 梁的相互接合	420
5 梁与柱的接合	425
6 机器制造结构中的接合实例	428
第十六章 焊接的桁架	434
1 概论	434
2 桁架构件中载荷及力的确定	436
3 桁架构件横截面的确定	438
4 受压弦杆的截面型式	439
5 拉伸弦杆截面的选择	442
6 斜杆和竖杆截面的选择	443
7 桁架节点的设计和强度计算	444
8 桁架弦杆的对接接头	455
9 焊接桁架的制造	459
10 节点刚性的影响	463
11 屋顶桁架强度计算举例	465
第十七章 钣结构	479
1 立式圆筒容器的结构	479
2 高炉结构	498

3 儲罐的結構	500
4 小容量容器的結構	505
5 貯器和容器的制造	506
6 高压容器和鍋爐的結構及强度計算	513
7 貯气櫃	519
8 鍋爐和高压容器的制造	520
第十八章 接触焊的接头	524
1 对接焊的接头	524
2 点焊接头	525
3 滾焊接头	538
4 用接触焊法焊接的梁	540
5 受弯曲作用的点焊接头	543
第十九章 焊接的机器零件	546
1 总則	546
2 構架和机座	550
3 焊接的托架、拉杆、軸承	558
4 減速器	560
5 焊接的鼓筒	565
6 焊接的齒輪、滑輪及飛輪	571
附錄	577
采用符号	584
参考文献	585
中俄名詞对照表	588



原 序

苏联人民为了完成最重大的社会主义经济法则而致力于创造性的和平劳动：在最高的技术基础上不断地发展和改善社会主义的生产来保证整个社会不断增长的物质和文化需要的最大满足。

爱护材料、节省金属、在广泛运用生产过程自动化以及综合机械化和部分机械化的基础上来减少劳动力的消耗、改进产品质量等都能促使生产的发展和改进。

在需要高度技术的许多基本任务中，金属的焊接是金属加工最先进的方法之一。

焊接结构在金属消耗量方面是最经济的。应用焊接可以减少制件重量，这对于许多结构来说（例如，运输机器制造）是特别重要的，因为减低重量可以改善它们的运用条件。

焊接结构在制造时的劳动量最小。应用焊接可以大大地简化从前用铆接来完成的金屬結構生产过程，创造了制造建筑钢筋的新原理。

用焊接法制造结构可以广泛地使生产自动化和机械化。在苏联，在汽车厂、造船厂内、在制造钢筋时等等都有大量的自动化流水线在工作着。在日丹诺夫城（гор. Жданов）工厂内的装置是制造焊接管子综合机械化的例子。

在绝大多数情况下，焊接作业是借助于电弧焊接自动机和各种机械化设备、借助于接触焊的自动化过程来进行的。

焊接是高生产率的过程，可以不断地减少制造制件的劳动量而改善其质量。焊接过程的应用范围正在扩展着。

焊接工艺可以改善生产条件，消除锅炉工的繁重劳动条件，

而在某些情況下也可消除掉鑄工的繁重勞動條件。

焊接工藝要求操作者不斷地提高他們的技術熟練程度、提高文化水平、充實關於冶金、機器製造、電工學等問題的知識，從而促成減小體力勞動和腦力勞動之間的差別。

雖然焊接生產有很大的發展，可是許多焊接問題還未得到很好的解決。

金屬可焊性的基本問題之一——獲得具有所需性質的金屬的各種接頭，特別是當焊接接頭在交變載荷條件下和在侵蝕性介質中使用時——並未完全解決。

焊接過程還不能完全達到自動化和機械化，因而在製造焊接製件時在工業上還很少流水作業綫。

能保證節省金屬、勞動量指標良好、在使用期中工作堅固可靠的焊接結構，其合理的形式還沒有完全研究出來。適當地設計焊接結構並考慮到它的合理製造方法是具有特別重大意義的。

本書是作者過去在焊接部門工作的充實和總結。書中也列述了近年來在莫斯科高等工業學校（МВТУ）以及許多科學研究機關和設計機關所進行的研究工作結果。

作者認為擴大關於強度的問題是適當的。對下列問題予以較多的注意：如金屬的耐疲性；結構中殘余應力的形成；在焊接過程中的強度；焊接時內應力和變形的形成；殘余應力對強度的影響等等。

本書可以作為高等學校焊接專業學生學習“焊接結構”學科的教材，也可以作為焊接結構設計者的參考書。

對本書的一切批評意見，作者均將接受並致感謝。

作者對蘇聯科學研究院通訊院士斯特烈達茨基（Н. С. Стрелецкий）和烏拉爾工業大學教研室全體人員在評閱原稿中所提的許多寶貴意見表示謝意。

第一章 一般概念

1 焊接——俄國的偉大發明[1]、[2]、[3]

电弧是彼得洛夫 (В. В. Петров) 在 1802 年首先發現和記述的。

天才的俄國發明家尼古拉·尼古拉耶維奇·別納尔多斯 (Николай Николаевич Бенардос) 于 1882 年建議“用電流的直接作用來連接和分割金屬的方法”。

別納尔多斯所建議的實質就是受加工的物体与電池的一極相連，而碳精棒則与電池的另一極相連(圖 1)。

就这样，別納尔多斯創造了用碳極电弧的金屬焊接法，这种焊法就叫做別納尔多斯焊接法。

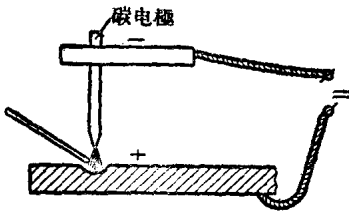


圖 1 別納尔多斯所創造的焊接法簡圖

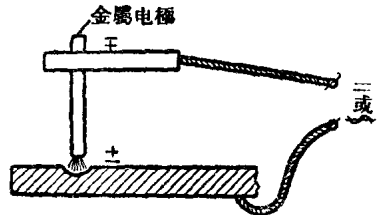


圖 2 斯拉汶諾夫所建議的焊接法簡圖

苏联的研究人員根据档案資料查明，別納尔多斯除了碳極电弧焊接法以外，还創造了許多其他現時在应用着的焊接方法：例如，在二个或几个電極之間燃燒电弧的焊接法(間接电弧)、在保护气流中的焊接法、利用焊鉗的接触点焊等。別納尔多斯曾設計出几种焊接自动机的圖样：如焊鏈条用的自动机、焊圓筒

的縱焊縫用的自动机等等。經過了很多年以後，在蘇維埃政權下，別納爾多斯的許多卓越發明才得到了應用。

1888~1890年，尼古拉·加夫利洛維奇·斯拉汶諾夫（Николай Гаврилович Славянов）在比爾米城（Г. Перми）的大砲工廠曾建議用金屬極的電弧焊接法（圖2），這種焊法也就叫做斯拉汶諾夫焊接法。

斯拉汶諾夫是傑出的礦冶工程師和卓越的科學革新者。他曾造成在焊接時供給電弧的發電機、曾研究並製造出專門的自動焊机，這種自动机就是現代自動焊接裝置的原型；他還研究出焊接冶金過程的基本理論，特別是，他首先指出了使用造渣塗料來進行焊接的合理性。

斯拉汶諾夫曾於1890~1891年在俄國和世界上極大多數的國家中為他的焊接方法取得了專利權。斯拉汶諾夫以其所提出的焊接法記述於他的卓越著作“金屬的電鑄法”一書中（1892年出版）。在斯拉汶諾夫的領導下，比爾姆工廠（Пермский завод）（莫洛托夫城）的電鑄車間，從1891年到1894年間曾用電焊法修理好1631個制件。

俄國偉大的學者和工程師彼得洛夫、別納爾多斯和斯拉汶諾夫等人的努力，使蘇聯在最完善最先進的金屬加工法之一（即金屬電焊法）的發明中佔了優先的地位。

別納爾多斯和斯拉汶諾夫逝世後，焊接在沙皇時代的俄國並沒有得到廣大的應用。電弧焊接法主要只採用於鐵路運輸工場和若干工廠中（例如，比爾米城的工廠）作機車車輛的修理。

偉大的十月社會主義革命以後，金屬的電弧焊接法才得到了廣泛的發展和巨大的國民經濟意義。

在本世紀的20年代中，焊接才開始應用於結構的製造，在海參威的遠東工業大學、莫斯科中央鐵道運輸科學研究院——應用於橋梁結構的焊接；在尼古拉耶夫城（Г. Николаев）的工

厂中——应用于油罐車的焊接；而在基輔，在巴頓院士（Е. О. Патон）領導下从 1930 年开始应用焊接于結構的制造。

在 1928、1930 和 1931 年召开了第一次、第二次和第三次焊接代表會議。在會議的決議中着重地指出了电弧焊勝于气焊的优越性，以及在制造金屬結構时廣泛应用电弧焊來代替鉚接的必要性。

1929~1930 年間，在工業房屋的建筑中，在金屬結構、貯器、冶金設備的制造以及管道和通訊綫路的敷設中，焊接开始大規模地应用于新建建筑現場上[馬格尼托哥爾斯克（Магнитогорск）建筑工程、斯大林斯克（Сталинск）、日丹諾夫（Жданов）、烏拉爾机器厂（Уралмашзавод）的建筑工程等]。

从 1932 年起，根据領導机关的決定，采用焊接來代替鉚接已經不僅是推荐性質，而对于許多工程項目已經是必須这样做了。

在 30 年代的前半期，許多重要構筑物和机器的制造，在苏联都由鉚接轉变为焊接，如：“起重机”工厂（Завод Подъемник）的起重运输机器制造；“布尔什維克”工厂（Завод Большевик）和“正月起义”工厂（Завод“Январское Восстание”）的各式高压容器制造等。

在 1934~1935 年間，所有車輛結構中的鉚接接头都已經用焊接來代替。这样可以增加產品的生產量，并且証明了焊接的制品不僅在靜載荷时使用良好，而且在动載荷（冲击載荷、震动載荷）时使用得也很好。

从 30 年代的后半期起，焊接在机器制造的各部門中得到了廣泛的应用：在汽車制造業中（莫洛托夫和斯大林汽車工厂）；在農業机器制造業中；在各种各样的机器零件和構件的制造中，如基洛夫（Кировский）工厂、烏拉爾机器厂（Уралмаш）、“紅色索尔莫沃”（Красное Сормово）工厂等；在电机制造業中用于

制造工具，如“电力”工厂（Завод“Электросила”）。

在 30 年代中，焊接方法在铁路运输的机务和工务部门以及造船业中获得了广泛的推广。

也就在这个时候，苏联建造了几个在当时是世界上跨度最大的焊接桥梁：铁路线上用的、跨度为 45 公尺的连续桥；在列宁格勒以史密特（Шмидт）尉官命名的城市桥梁；采用混凝土填满管子的焊接桥梁等等。

在伟大的卫国战争时期，焊接的应用更加扩大了。在修复曾被占领地区中遭受破坏的各种工程时（如贮器、工厂和矿井的各种设备、通讯线路、铁路、列车等）焊接方法具有特别重大的价值。

苏联的焊接发展史可以划分为三个时期。

第一时期——1934~1935 年以前，焊接过程用手工方法、用电离涂料的焊条来实现。焊接的结构差不多只限于由低碳钢所制成的。

第二时期——1935~1940 年，在焊接技术中展开了斯大哈诺夫运动。这种运动促使劳动生产率有显著的提高。这是由于应用了高电流强度和大直径焊条，并应用了改善焊接工作生产条件的夹具而达到的。苏联革新者所研究出来的焊接方法，在许多年以后被美国所仿效。

同时从第二时期起，苏联开始广泛地采用各研究所和各工厂〔金属研究所（Оргаметалл）、中央机器制造与工艺科学研究所（ЦНИИТМАШ）、基洛夫工厂、乌拉尔机器制造厂等〕所研究出来的优质厚药焊条来焊接重要的结构。

第三时期——从 1940 年起，根据政府的决定，开始广泛地发展焊剂层下的自动焊。

此种焊接方法首先由斯拉汶诺夫、而后由杜利契夫斯基（Д. С. Дульчевский）所提出，在巴顿院士领导下的乌克兰苏维埃

社会主义共和国科学院 (АН УССР) 电焊研究所以及中央机器制造与工艺科学研究所、莫斯科高等工业学校 (МВТУ) 和其他机关中完全研究成功, 并已应用于许多工厂中。

苏联在第三时期内很好地掌握了各种合金钢和有色金属的焊接。装配-焊接工作的机械化在相当大的程度上被工业所采用, 而在若干工厂中, 建立了焊接结构的流水大量生产法。接触焊机的生产和接触焊的应用也大大地发展了。

在建筑高大建筑物的金属构架中, 焊接方法的广泛采用是技术上的卓越成就。

气割与各种类型的金属焊接加工法 (全苏焊接科学研究所 ВНИИАвтоген) 获得了飞速的发展。

电焊设备的生产已经扩大了 [“电工”工厂 (Завод “Электрик”)、乌克兰科学院电焊研究所、中央机器制造与工艺科学研究所]; 祖国的工业创制了许多牌号的优质焊条。

在苏联, 焊接科学随着焊接技术的发展而不断地发展着。

在苏联已研究出在电弧中和焊接接触点中所发生的现象, 创造了合理的、设计焊接机器和焊接设备的理论, 并建立了“电焊设备原理”这一门学科。

对于承受静载荷与交变载荷的焊接结构的强度进行了全面的研究, 并研究出焊接时内应力和变形的产生过程。建立了“焊接结构”这一门学科。

焊接时热力过程的理论已探讨出来, 金属加热和冷却过程的规律性、金属组织的改变和相变以及最有效的焊接规范等问题都已经研究出来。

焊接时的物理冶金过程也已经研究出来, 明了了这种过程, 便可以在科学的基础上来解决关于合理地选择焊剂层下自动焊接时的材料问题, 以及选择焊条涂料的问题。

2 焊接結構的技術-經濟指标

在設計結構時，無論何時都應當力求獲得品質優良而價格低廉的制件。

同時必須做到：

1) 設計時應考慮到最小的金屬消耗量，因為制件上非因強度要求的多余金屬，將增大制造成本，而在運輸用的結構物中（如車輛、起重機、汽車等等）則使它們的使用費增高；

2) 須制訂高生產率的自動化和機械化的工藝過程；在擬定新機器和結構的設計時，必須考慮到以前的設計和制造經驗、廣泛地採用統一規格的和標準化的結構形式，這樣可以減低勞動量和制造成本，而同時也要考慮到合理的裝配方法。進行設計時必須考慮施工技術員和安裝工的要求。

焊接結構勝于鉚接結構的優點

與鉚接結構相較，焊接結構具有許多優點。

這些優點如下：

1) 節省金屬 與鉚接法相比較，在焊接時有下列各種因素可以影響到制件重量的減小。

機器結構構件的工作截面可以充分利用。在焊接結構中，如圖 3, a 所示的構件截面可以充分利用，而在鉚接結構中，受彎曲和拉伸的構件橫截面，僅在不被鉚釘孔所減弱的部分承擔工作（圖 3, b 上有截面綫部分）。

結構形狀的合理化 在焊接結構中，可以不用增加制件重量的輔助構件來實現對接（圖 3, c），而在鉚接結構中，則須利用蓋板（圖 3, d）。在焊接時，位于互相垂直平面內的各構件，可以直接接合在一起（圖 3, a），而在鉚接時，則須用角鋼（圖 3, b）。在焊接時，貯器壁可用對接（圖 3, c），鉚接時則須搭接（圖 3, d）。