

科技用書

機械元件設計

Maschinenelemente
Gestaltung und Berechnung

德國國授工程師

Karl-Heinz Decker 著

許震遠譯著

復漢出版社印行

科技用書

機械元件設計

Maschinenelemente

Gestaltung und Berechnung

德國國授工程師

江苏工业学院图书馆
藏书章

Karl-Heinz Decker 著

許震遠譯著

復漢出版社印行

中華民國七十五年六月出版

機械元件設計

原著者：Karl-Heinz Decker

譯著者：許震遠

出版者：復漢出版社

地址：台南市德光街六五一號

郵政劃撥〇〇三一五九一一三號

發行人：沈岳林

印刷者：國發印刷廠

版權所有
翻印必究

平裝 二二〇元
精裝 二二〇元

譯者小言

本書譯自德國國授工程師 Dipl. - Ing. Karl - Heinz Decker 氏所著適用於工業技師學校 (Ingenieur- und Technikerschulen) 之 " Maschinenelemente , Gestaltung und Berechnung " , 以其言簡意賅，條理清晰，頗合實用，故乃不揣個人學知之淺陋特為譯介，俾供我國在學學生及社會青年研習參考之助。謬誤之處尚祈海內外專家學者不吝指正幸甚！

原作者簡介

德國國授工程師 Karl - Heinz Decker 之其他著作：" 機械元件設計之例題與習題 Maschinenelemente - Aufgaben " 計 343 頁、386 題、插圖 262 幀。

機械元件設計/目次

第一章 永久接合法 Unlösbar Verbindungen.....1

1.1. 融解熔接法.....1	
1.1.1. 方法、材料、焊縫與品級.....1	1.1.4. 鋼架結構之熔接法.....14
1.1.2. 熔接機件之基本構形.....1	1.1.5. 機械製造與熔接法.....22
1.1.3. 鍋爐及壓力容器之熔	
1.2. 壓力熔接法.....25	
1.2.1. 方法、焊縫形狀、材料.....25	1.2.3. 點狀熔接法.....26
1.2.2. 融解——對頭熔接法.....26	1.2.4. 突緣熔接法.....29
1.3. 焊接法.....30	
1.3.1. 方法、焊料.....30	1.3.3. 強度.....34
1.3.2. 基本構形.....30	
1.4. 粘合法.....34	
1.4.1. 粘劑、方法.....34	1.4.3. 強度.....36
1.4.2. 基本構形.....35	
1.5. 鉚釘接合法.....37	
1.5.1. 鉚釘、鉚合之施工、剪切面數、力之傳遞.....37	1.5.3. 輕金屬結構中之鉚釘接合法.....46
1.5.2. 鋼架工程之鉚釘接合法.....39	1.5.4. 機械與器具製造用之鉚釘接合法.....49
1.6. 壓合法.....51	
1.6.1. 橫向壓合、縱向壓合、接合過程.....51	1.6.2. 圓形壓合之計算.....51

第二章 暫時接合法 Lösbar Verbindungen.....58

2.1. 固定螺釘.....58	
2.1.1. 螺紋.....58	2.1.4. 墊圈、防脫裝置.....63
2.1.2. 材料、防蝕處理.....59	2.1.5. 力線、凹痕作用、構形.....64
2.1.3. 螺釘及螺帽.....61	

2.1.6. 預應力、旋緊力矩	68	2.1.8. 縱長負載螺釘之強度	70
2.1.7. 螺釘接合之扭變圖、 力差、最大受力	69	2.1.9. 橫向負載螺釘之構形與 與計算	73
2.2. 運動螺釘	74		74
2.2.1. 螺紋、材料	74	自鎖作用	77
2.2.2. 外力、磨擦、效率、		2.2.3. 強度	78
2.3. 輪轂之接合法			80
2.3.1. 縱向鍵之接合法	80	2.3.6. 錐軸之接合法	92
2.3.2. 活鍵之接合法	84	2.3.7. 夾緊接合法	93
2.3.3. 栓槽軸之接合法	86	2.3.8. 夾緊零件接合法	94
2.3.4. 齒輪之接合法	87	2.3.9. 端齒接合法	97
2.3.5. 多角軸之接合法	88		
2.4. 銷子及鐵栓接合法			99
2.4.1. 銷子	99	2.4.3. 強度	104
2.4.2. 鐵栓	103		

第三章 彈簧 Elastische Federn 107

3.1. 基本概念	107
3.1.1. 特性線、彈簧功、振 動型態	107
3.1.2. 材料、應力、強度	109
3.2. 片形組合之彎曲彈簧	112
3.3. 作為扭轉用之張股彈簧	114
3.4. 作為扭轉用之棒形彈簧	115
3.5. 作為抗壓用之盤形彈簧	116
3.6. 圓柱形之拉力彈簧及壓力彈簧	119
3.6.1. 圓形鋼絲常溫時捲製 之壓力彈簧	119
3.6.3. 自圓形鋼絲捲製之 拉力彈簧	123
3.6.2. 自圓鋼條經加熱捲製 之壓力彈簧	122
3.6.4. 壓力及拉力彈簧之 計算	124
3.7. 橡皮彈簧	126

第四章 車軸及軸 Achsen und Wellen 130

4.1. 功用、構形	130
4.2. 軸 樞	132

4.2.1. 軸 頸	132	4.2.2. 樞 軸	133
4.3. 強 度	133		
4.3.1. 彎曲力矩、扭矩、慣性矩及斷面模數	133	之軸之計算	135
4.3.2. 受有扭轉與彎曲負荷		4.3.3. 成形強度	137
4.4. 彎 形	141		
4.4.1. 因彎曲力作用所引起之變形	141	4.4.2. 因扭轉力作用所引起之變形	143
4.5. 臨界迴轉數	144		
4.5.1. 彎曲臨界迴轉數	144	4.5.2. 扭轉臨界迴轉數	145

第五章 軸承 Lager 147

5.1. 滑動軸承	147		
5.1.1. 功用、動液壓潤滑理論、潤滑油溝	147	5.1.4. 頸軸承之構形	152
5.1.2. 軸承材料、潤滑劑	147	5.1.5. 端軸承之構形	155
5.1.3. 潤滑劑之供給與潤滑設備	151	5.1.6. 頸軸承之計算	157
5.2. 滾動軸承	164	5.1.7. 端軸承之計算	162
5.2.1. 構形、特性數據	164	5.2.3. 潤滑法、潤滑劑、迴轉數之限制	170
5.2.2. 安裝規則、安裝方法	166	5.2.4. 計算	176

第六章 軸承及軸之油密裝置

Lager - und Wellendichtungen 181

6.1. 防止油脂溢出之密縫襯墊	181		
6.1.1. 接觸式之密縫襯墊	181	6.1.2. 非接觸式之密縫襯墊	182
6.2. 潤滑油用之油密裝置	184		
6.2.1. 接觸式之油密裝置	184	6.2.2. 非接觸式之油密裝置	186

第七章 軸聯結器及離合器 Wellenkupplungen 187

7.1. 聯結器	187
----------	-----

7.1.1. 固定聯結器	187	器	188
7.1.2. 脹縮聯結器	188	7.1.4. 彈性補整聯結器	191
7.1.3. 非彈性之補整聯結		7.1.5. 安全聯結器	194
7.2. 離合器			196
7.2.1. 手動離合器	196	7.2.2. 遙控離合器	198
7.3. 起動離合器			204
7.3.1. 非控制式之起動離合器	204	7.3.2. 控制式之起動離合器	205

第八章 皮帶與鏈條傳動 (牽引傳動)

Hulltriebe (Zugmittelgetriebe) 207

8.1. 平皮帶之傳動	207		
8.1.1. 作用方式及裝用類別	207	8.1.3. 皮帶輪	211
8.1.2. 皮帶材料及端頭接合法	209	8.1.4. 計算	214
8.2. 三角皮帶傳動		8.1.5. 張緊輪之皮帶傳動	220
8.2.1. 作用方式、裝置類別及其構形	221		221
8.3. 齒皮帶傳動		8.2.2. 三角皮帶輪	223
8.3.1. 工作方式、構形	230	8.2.3. 計算	226
8.4. 鏈條傳動			230
8.4.1. 用途與用法	235	8.3.2. 計算	231
8.4.2. 鏈條之種類及端頭之連接法	236		235
		8.4.3. 鏈條用之齒輪	242
		8.4.4. 潤滑	245
		8.4.5. 計算	245

第九章 齒輪 Zahnradgetriebe 251

9.1. 基本概念	251		
9.1.1. 類型	251	9.1.7. 齒腹之滑動	259
9.1.2. 輪齒規則	251	9.1.8. 直齒標準齒輪、標準齒輪傳動機構與齒隙	260
9.1.3. 作用面、作用線	253		
9.1.4. 擺線齒	255	9.1.9. 直齒標準齒輪之極限齒數	263
9.1.5. 漸開線齒	257		
9.1.6. 平面及內齒輪	258		

9.1.10. 直齒移位齒輪與移位齒輪機構	265	9.1.12. 啮廓齒合因數	269
9.1.11. 短輪齒與長輪齒	269	9.1.13. 斜齒標準齒輪	270
9.2. 齒輪之製造	273	9.1.14. 斜齒移位齒輪	273
9.2.1. 齒輪製作上之要點及其使用材料	273	9.2.4. 滾齒法	275
9.2.2. 鑄鐵齒輪	274	9.2.5. 齒腹之精密加工	276
9.2.3. 分度銑齒法	274	9.2.6. 塑膠齒輪	277
9.3. 正齒輪之構形、齒數	277	9.2.7. 精密熱壓之鋼製齒輪	277
9.4. 齒輪之品質	281		
9.4.1. 誤差	281	9.4.2. 公差	282
9.5. 磨擦、效率與變速比	283		
9.6. 潤滑	285		
9.7. 齒輪之損害及其承荷性之類別	285		
9.7.1. 輪齒之破裂	285	9.7.4. 齒腹上之磨損	287
9.7.2. 齒腹上之斑痕	286	9.7.5. 齒腹上之其他損害	287
9.7.3. 齒腹上之刮痕	287		
9.8. 正齒輪承荷性之計算	288		
9.8.1. 輪齒之受力情形	288	9.8.4. 齒腹承荷力	292
9.8.2. 輪齒承荷力計算之先決條件	289	9.8.5. 刮痕承荷性	294
9.8.3. 齒根承荷力	290	9.8.6. 塑膠壓合材料製作之齒輪	296
9.9. 傘形齒輪傳動機構	297		
9.9.1. 直齒標準齒輪	297	9.9.4. 受力情形	303
9.9.2. 斜齒及冠狀齒之標準齒輪	301	9.9.5. 齒根承荷力	305
9.9.3. 移位齒輪	303	9.9.6. 齒腹承荷力	305
9.10. 正齒輪之螺旋傳動機構	306	9.9.7. 刮痕承荷性	306
9.10.1. 啮合狀況	306	9.10.4. 移位螺旋傳動機構、雙曲線齒輪	311
9.10.2. 受力情況與效率	308		
9.10.3. 承荷性	310		

9.11. 蝸輪傳動機構	311
9.11.1. 類型、嚙合狀況、 尺度	311
9.11.2. 受力情形及效率	314
9.11.3. 蝸桿及蝸輪之構形	316
9.11.4. 承荷性與潤滑劑之 選擇	317
9.12. 齒輪之噪音及其減輕之方法	319
附表：德國工業標準中鋼料之抗拉強度	321
德華名詞對照表	325

第一章 永久接合法

Unlöbbare Verbindungen

1.1 融解熔接法 (Schmelzschweißverbindungen)

1.1.1 方法、材料、焊縫與品級

熔接不僅可以省却模型或工具之製造費用，且較鑄造與鍛造機件所耗用之材料大為減少，故堪稱為最具經濟而實用之接合方法。如在適宜之設計、製造且不影響其剛性之情況下，熔接而成之機件重量可以減輕一半之多，此外，因熔接機件之構造簡單，故常取代鉚釘接合法。

根據德國工業標準 DIN 1910 之規定稱，熔接接合乃為兩件或多件之機件經熔接而為一體之謂。融解熔接者，係指機件藉焊條於融解狀態所形成之焊縫合而為一之接合方法。常用者有氣體熔接、電弧熔接與電阻熔接等三種。慣用之熔接材料為：

1. 鋼料，其含碳量應在 0.3 % 以下者為限，過此則須在特定之條件（表 1）下始可進行熔接。鋼料中含有之矽、錳、硫或磷等，均為不利於熔接之雜質，惟銅、鎳、鉻、鉬及釩等則屬無礙。
2. 非鐵金屬，如銅、黃銅、青銅、鋅及鉛等。
3. 熱塑性塑膠材料，除最為普遍之 PVC 外，尚有其他為數極多之類似產品。

表 2 為按照 DIN 1912 所列之各種焊縫及焊縫形狀，表 3 則為熔接板件之拼接方式。

DIN 1912 中列有對頭焊縫與填角焊縫以及各種熔接符號之圖示實例，又 DIN 8551 中則列有按板片厚度所區分之接縫形狀。

熔接接合之三品級分類可參閱表 4。

1.1.2 熔接機件之基本構形

達到適合使用目的之熔接構件之不二途徑，當為恪遵特定之基本規程。每一設計人員應就機件之是否合於熔接條件以及如何獲致最佳之造型等慎加考慮與推敲，此外焊工技術之優劣可以影響到熔接結構之品質，當為不爭之議。茲將重要之熔接造型規程簡列於下：

1. 盡量避免工作物表面之有害凹痕。圖 1 所示之焊縫根部因熔接不良所造成之凹痕，即為導致尖峯應力之主因，遇有振動性之負荷，勢必發生折斷。承受振動負荷之焊縫根部最好為一帽形，或逕為 X 形亦可。焊縫如為厚

薄不均或波浪狀時，其不良作用與凹痕相同，若於熔接後予以垂平，即可消除尖峯應力。又任何焊縫之起點與終點莫不均有焊疤之形成，亦為尖峯應力之成因，如能將之磨除，自有緩和之效。

表1 重要鋼料之熔接性能

鋼之類別	熔接性能									
<i>DIN 17100</i> 之一般建築鋼料										
St 33-2, St 34-1, St 37-1 St 42-2, St 42-3	因所含之 P 及 N 量均高，故多用於次要，薄料及靜負荷之場合，此種規定尤適合於托馬斯 (Thomas) 鋼，對於鋼體厚度在 16 至 25 mm 時，則以採用穩定之鋼料為佳。									
St 34-2, St 37-2, St 37-3 St 46-2, St 46-3, St 52-3	具有熔接性，鋼體厚度在 25 至 35 mm 者屬於第 2 種品級。35 mm 以上者為第 3 品級。									
St 33-1, St 42-1, St 50-1 St 52-1, St 60-1, St 60-2, St 70-2	經由特殊方法促成其熔接性，預熱，必要時如消除應力或正常化軟燒，鋼體厚度盡量保持在 20 mm 以下。須經慎重之預備工作以及熔接後之適當處理。									
熱處理鋼料， <i>DIN 17200</i>										
C 22, Ck 22, C 35 25 CrMo 4, 30 Mn 5	在正常化加熱狀態時有極佳之熔接性，惟須預熱。									
表面硬化鋼料， <i>DIN 17210</i>										
16 MnCr 5, 20 MnCr 5, 15 CrNi 6, 18 CrNi 8	未經滲碳時有熔接性，惟須預熱。									
軟鋼無縫鋼管， <i>DIN 1629</i>										
St 35, St 35.4, St 45 St 45.4, St 52, St 52.4 St 55, St 55.4	熔接性良好。 與 St 50 及 St 60 同。									
耐熱之無縫鋼管， <i>DIN 17175</i>										
St 35.8 St 45.8 15 Mo 8 13 CrMo 44	<table border="0"> <tr> <td rowspan="3">熔接性良好</td> <td>厚度在 20 mm 以上</td> <td rowspan="3">} 宜作消除應力之軟燒</td> </tr> <tr> <td>厚度在 10 mm 以上</td> </tr> <tr> <td>厚度在 15 mm 以上</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">回火軟燒</td> <td>厚度在 10 mm 以上</td> <td rowspan="2">} 須經預熱</td> </tr> <tr> <td>厚度在 6 mm 以上</td> </tr> </table>	熔接性良好	厚度在 20 mm 以上	} 宜作消除應力之軟燒	厚度在 10 mm 以上	厚度在 15 mm 以上	回火軟燒	厚度在 10 mm 以上	} 須經預熱	厚度在 6 mm 以上
熔接性良好	厚度在 20 mm 以上		} 宜作消除應力之軟燒							
	厚度在 10 mm 以上									
	厚度在 15 mm 以上									
回火軟燒	厚度在 10 mm 以上	} 須經預熱								
	厚度在 6 mm 以上									
鍋爐鋼板， <i>DIN 17155</i>										
HI, HII HIII, 17 Mn 4, 15 Mo 3 HIV, 19 Mn 5 13 CrMo 44	熔接性良好。 厚度在 10 mm 以上，須經預熱。 須經預熱與消除應力軟燒。 預熱及回火。									

海鋼板, DIN 1623	
St 10 St 14	熔接性良好, 表面須作浸蝕或磨光等淨化處理, 厚度在 0.5 mm 以下時, 須經特殊處理, 始可熔接。
鑄鋼, DIN 1681	
GS - 38 GS - 60	DIN 17100 所規定之同等強度之鋼料相似。

表 2 DIN 1912 所訂之焊縫種類與形狀

名 稱	示意圖	熔接前之預備工作	焊 縫 之 實 體	名 稱	示意圖	熔接前之預備工作	焊 縫 之 實 體
對 頭 焊 縫							
捲邊焊縫				雙 U - 焊縫			
I - 焊縫				HV - 焊縫			
V - 焊縫				K - 焊縫			
陡削側面焊縫				HY - 焊縫			
X - 焊縫				K - 焊縫			
Y - 焊縫				J - 焊縫			
雙 Y - 焊縫				雙 J - 焊縫			
U - 焊縫							
端 焊 縫							
端平焊縫				端隙焊縫			
填 角 焊 縫							
填角焊縫				角焊縫			
雙填角焊縫							

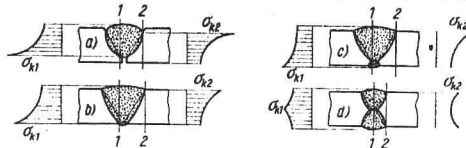


圖 1 對頭熔接之應力分佈情形

- a) 熔接不良之 V 形焊縫 b) 熔接良好之 V 形焊縫 c) 帽形之 V 形焊縫
d) X 形焊縫 σ_k 為凹痕應力

表 3 板片之拼接種類 DIN 1912

板片之重搭		板片之對頭拼接	
板片之平行貼合		板片之傾斜拼接	
板片之垂直拼接		板片之角緣拼接	
板片之十字形拼接		板片之多緣拼接	

表 4 DIN 1912 所訂之融解熔接之品級

編 號	熔接條件	品 級		
		I	II	III
1	材料： 保證具有熔接性能	●	●	●
2	合乎標準	●	●	●
	預備工作： 須經監督	●	●	
3	熔接方法： 按材料性質，工作物之厚度，熔接機件之負荷以選取熔接方法	●	●	●
4	焊條： 焊條與熔接板片具有相同之性質	●	●	●
	焊條須經檢驗或容許使用者	●	●	
5	人員： 檢定合格以及於施工時須經監督之焊工	●	●	
6	檢驗： 焊縫經透視無疵病者	●		

2. 盡量避免熔接區域力線之偏轉。力線之偏轉與否對於焊縫強度有決定性之意義，由於力線之偏轉，勢必導致如圖 2 所示之尖峯應力。於焊縫受有靜負荷時，不因凹痕作用而降低熔接之強度，惟對塑性變形性能有不良影響，而有形成斷裂之慮。又於振動性負荷時，有加速材料組織衰疲之趨勢，從而降低其疲勞強度。圖 3 所示為如何避免焊縫中力線之偏轉。對頭焊縫因不發生力線之偏轉，故較諸填角焊縫有更高之抗振強度。圖 4 所示之凹角焊縫由於力線之偏轉尚屬緩和，故為填角焊縫中最具抗振強度者，惟通常均以採用平角焊縫為佳。

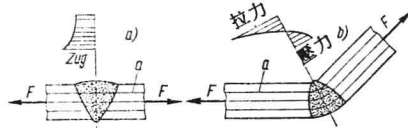


圖 2 力線偏轉情況下之應力分佈 a) 對頭熔接 b) 角緣熔接 a 為力線

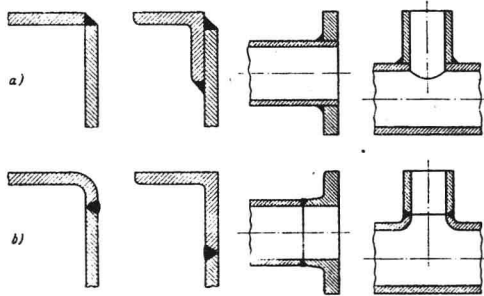


圖 3 (a) 為不良熔接及 (b) 為正確熔接



圖 4 填角焊縫中之力線 a) 凸角焊縫, b) 平角焊縫, c) 凹角焊縫

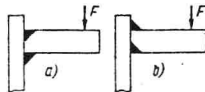


圖 5 承受彎曲負荷之焊縫 a) 焊縫根部受有拉應力, 故非正確之焊法, b) 焊縫根部所受者為壓應力, 焊法正確,

3. 避免焊縫根部承受拉應力。焊縫根部常因承受拉力而有裂損, 故宜使之承受壓力較為安全(圖 5 所示)。

4. 避免焊縫堆集於一處。焊接過程中因鋼料受有局部加熱及冷卻, 致

使焊件因收縮應力而變形。設若集中於某點之焊縫越多或焊縫越厚，則焊件所發生之扭曲變形即愈為強烈。焊縫常在縱長方向發生較大之收縮，而焊件之薄弱部位又為最易變形之處。根據經驗獲知，變形最劇者為電阻熔接，其次為電弧熔接，再次則為氣體熔接。圖6所示為避免焊縫堆集之方法。橫向之加強肋條可以3至4mm之細長填角焊縫連接之。焊縫之厚度與長度適合實際需要即可。因熔接引起變形之焊件可經加熱與錘鍛法校正之。

5. 盡量選用半成品。如能充份利用半成品加以熔接，則其費用必大為低廉，所謂之半成品應首推平鋼、型鋼、鋼管，捲邊或彎曲之鋼板，或經熔割之板料，若藉半成品構成之機件仍屬相當複雜時，尚可以鑄件、鍛件、衝製或抽製之機件熔接成為一體。

6. 避免費時費事之預準工作。鋼板料件之剪切與車削加工均為促成昂貴售價之主因，因此焊件中應盡量避免不同直徑之車軸、板料與型鋼之斜、圓緣邊等，如圖7所示。又如圖8所示之以板件之捲邊等簡易方法替代焊縫，自必經濟。

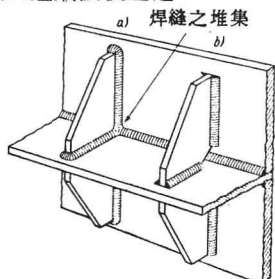


圖6 焊接之加強肋條 a) 因焊縫堆集於一處，顯屬不良，b) 焊法正確。

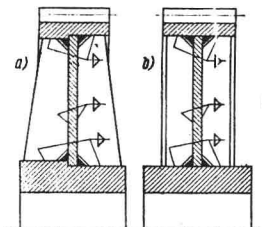


圖7 熔接之齒輪 a) 因輪轆與輪緣之車削以及輪幅之剪切配合故非正確之方法，b) 焊法正確。

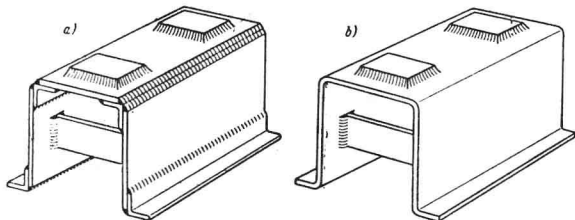


圖8 熔接之承座 a) 焊接之板件與焊縫過多顯不經濟，b) 構造正確。

7. 焊縫應易於施焊。熔接用之工具必需易於接近焊縫而利施工。

1.1.3 鍋爐及壓力容器之熔接法

鍋爐與壓力容器之焊縫必需絕對密實堅牢，故於施焊時須慎加注意。陸用與船用鍋爐僅在能提出鋼板之可焊性能以及其焊縫強度符合規定之情況下，始得進行熔接。

鍋爐與容器之主要構成材料為鋼板鋼管，故其外殼之胴段多與可供應之鋼板尺度以及現有之製造設備具有密切之關係。為避免焊縫之堆集，常將每段外殼之縱長焊縫錯開，如圖 9 所示。大型之人孔、接管之圓孔等宜參照圖 10 所示予以加強。若孔口較小，而鋼板較為厚實時，則可勿須(表) 5 所列為鍋爐鋼板及鋼管常用材料。

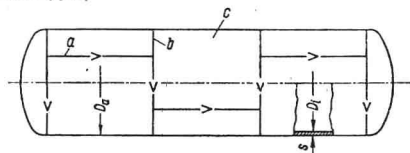


圖 9 壓力容器之基本構造 a) 縱長焊縫 b) 圓周焊縫 c) 胴段

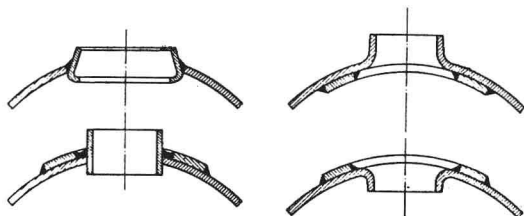


圖 10 鍋爐般之人孔與接管圓孔之加強法。

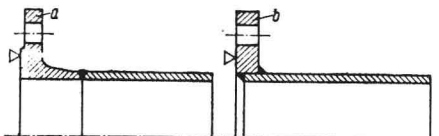


圖 11 DIN20115 所訂之接管與法蘭之熔接法 a) DIN 2632 所訂熔接凸緣，b) DIN 86031 所訂之熔接凸緣。

圖 12 所示為一廢氣鍋爐及其構成之要件，爐壳計分為三段，兩端為平板式之端板，爐內有管束，以及人孔與必要之水、汽等管之接管。熔接而成之容器各有其規定之標準，如適用於單壁熱水鍋爐之 DIN 4801，給水壓力容器之 DIN 4810，30atü 大氣壓力以下壓縮空氣槽之 DIN 6275，臥式氣貯槽之 DIN 23281 等。

自圖 12 中察知，對頭焊縫之厚度恆等於熔接鋼板之厚度 s 。鍋爐外殼所需之鋼槽厚度常以焊縫強度較低之處作為計算之依據。設一圓筒形之容器所承受之內壓力為 p ，則該容器之壁板即有向外擴張之勢，以致其縱長與圓