

PGS. HÀ VĂN VUI
TS. NGUYỄN CHỈ SÁNG

SỔ TAY THIẾT KẾ CƠ KHÍ

TẬP 2



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT



PGS. HÀ VĂN VUI
T.S. NGUYỄN CHỈ SÁNG

Sổ tay
THIẾT KẾ CƠ KHÍ

TẬP 2
(TRỌN BỘ 3 TẬP)
(In lần thứ nhất)

NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT
HÀ NỘI - 2004

Chịu trách nhiệm xuất bản: PGS. TS TÔ ĐĂNG HẢI
Biên tập và sửa chế bản: NGUYỄN ĐIỀU THÚY
Trình bày và chế bản: TRẦN VĂN CẨM
Vẽ hình: TRẦN ANH TUẤN
Vẽ bìa: HUƠNG LAN

In 800 cuốn khổ 19 x 27 cm tại Xí nghiệp in Thương mại.
Giấy phép số: 6 - 401 do Cục Xuất bản cấp ngày 20 tháng 5 năm 2004.
In xong và nộp lưu chiểu tháng 11 năm 2004.

LỜI GIỚI THIỆU

Tiếp theo cuốn “Sổ tay thiết kế cơ khí” tập 1, “Sổ tay thiết kế cơ khí” tập 2 giới thiệu các yếu tố cơ bản của truyền động cơ khí gồm 9 chương với các nội dung về trục tâm và trục truyền, ổ trục, khớp nối trục, truyền động bánh răng, truyền động trục vít, truyền động xích, truyền động đai, truyền động vít - đai ốc, truyền động bánh cóc và mối ghép tháo được.

Các nội dung trên bao hàm một khối lượng kiến thức khá đồ sộ và mỗi một chương hoặc một vấn đề của tập sổ tay này có thể là đề tài cho nhiều cuốn sách. Trong khuôn khổ có hạn của một tập sổ tay dùng cho thiết kế cơ khí, chúng tôi chỉ đề cập đến các nội dung cần thiết và thông dụng nhất đáp ứng cho việc lựa chọn kết cấu, tính toán thiết kế kích thước và lựa chọn vật liệu, qui định các yêu cầu kỹ thuật cho các chi tiết và truyền động của máy, thiết bị. Phương pháp trình bày các chương mục chú trọng vào việc giới thiệu các bảng, biểu tra cứu, ưu tiên sử dụng các tiêu chuẩn Việt Nam. Đối với các nội dung chưa có tiêu chuẩn Việt Nam chúng tôi sẽ sử dụng các tiêu chuẩn của Liên bang Nga (ГОСТ).

Truyền động bánh răng và truyền động trục vít trụ là hai chương tương đối khó, đặc biệt là vì dung sai và tính toán độ bền của truyền động bánh răng và trục vít. Những nội dung này bạn đọc cần đọc kỹ để tìm ra phương án sử dụng thích hợp nhất. Bên cạnh truyền động bánh răng thân khai chúng tôi giới thiệu truyền động bánh răng Nôvicóp, loại bánh răng thường được dùng trong các loại máy móc hạng nặng, tải trọng tác dụng lớn. Các loại truyền động bánh răng phi thân khai khác như bánh răng xyclôit và các biến thể của nó, bánh răng sóng biến dạng, v.v... tuy đã được sử dụng trong một vài lĩnh vực chế tạo máy nhưng phạm vi ứng dụng còn hạn hẹp và sẽ được giới thiệu trong các sách chuyên khảo riêng khác.

Tham gia biên soạn **Sổ tay thiết kế cơ khí** tập 2 như sau:

Phó Giáo sư Hà Văn Vui biên soạn các chương 2, 4, 5, 6, 8 và 9.

Tiến sĩ Nguyễn Chí Sáng biên soạn các chương 1, 3 và 7.

Chúng tôi đã làm việc nghiêm túc để cuốn sách này đáp ứng được yêu cầu của những người làm công tác thiết kế cơ khí, song cũng không tránh khỏi các sai sót, nhầm lẫn. Chúng tôi xin trân trọng và mong được sự góp ý, chỉ bảo của bạn đọc gần xa để cuốn **Sổ tay thiết kế cơ khí**, tập 2 ngày càng hoàn thiện hơn trong các lần tái bản sau.

Thư từ góp ý xin gửi về Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, 70 Trần Hưng Đạo, Hà Nội.

Các tác giả

MỤC LỤC

	Trang
<i>Lời giới thiệu</i>	3
<i>Mục lục</i>	5
Chương 1. TRỤC TÂM VÀ TRỤC TRUYỀN	11
1. Trục tâm	11
1.1. Kiểu, kết cấu và kích thước	11
1.2. Tính toán trục tâm	13
2. Trục truyền	14
2.1. Đầu trục truyền	14
2.2. Tính toán trục	18
2.2.1. Tính toán trục về độ bền	18
2.2.2. Tính toán về trục về độ cứng vững	21
2.2.3. Xác định momen xoắn M_x	24
2.2.4. Xác định tải trọng trên trục	24
2.2.5. Xác định phản lực ổ trục và momen uốn	26
2.2.6. Vật liệu chế tạo trục truyền	27
2.3. Kết cấu của trục	30
Chương 2. Ổ TRỤC	33
1. Ổ trượt	33
1.1. Các dạng ma sát chính của ổ trượt	33
1.2. Ổ trượt kim loại	33
1.2.1. Tính toán gần đúng ổ trượt kim loại	33
1.2.2. Tính toán ổ trượt chặn	36
1.2.3. Ống lót và máng lót ổ trượt	37
1.2.4. Thân ổ trượt	48
1.3. Ổ trượt phi kim loại	56
1.3.1. Ổ trượt chất dẻo teflon lõi kim loại	56
1.3.2. Ổ trượt chất dẻo gỗ ép	57
1.3.3. Ổ trượt tectolit	58
1.3.4. Ổ trượt polianit	58
1.3.5. Ổ trượt capron	59
1.3.6. Ổ trượt bằng gỗ dẻo	59
1.3.7. Ống lót và máng lót ổ trượt phi kim loại	59
2. Ổ lăn	67
2.1. Hệ thống ký hiệu qui ước	67
2.2. Kiểu và dạng kết cấu của ổ lăn	70

2.3. Cấp chính xác của ổ lăn	76
2.4. Lựa chọn ổ lăn	79
2.5. Tính toán ổ lăn	80
2.5.1. Phương pháp tính khả năng tải động và tuổi thọ	80
2.5.2. Tính toán tuổi thọ của ổ theo giờ và tính toán sơ bộ khả năng tải động	90
2.5.3. Phương pháp tính khả năng tải tĩnh và tải trọng tĩnh tương đương	94
2.5.4. Phương pháp tính tần số quay giới hạn	96
2.6. Lắp ghép ổ lăn	97
2.6.1. Lựa chọn lắp ghép ổ lăn	98
2.6.2. Sai lệch hình dạng và vị trí của các bề mặt lắp ghép của trục và thân với ổ lăn	103
2.7. Ổ trục của các trục truyền động bánh răng	105
2.8. Kích thước và đặc tính cơ bản của các kiểu ổ lăn	114
2.9. Kết cấu của bộ phận lắp ổ lăn	146
2.10. Nắp ổ lăn	149
2.11. Vai tỳ, vành tỳ để lắp ổ lăn	170
2.12. Thân ổ trục dùng cho ổ lăn	179
Chương 3. KHỚP NỐI TRỤC	184
1. Khớp nối trục cố định	184
1.1. Khớp nối trục kiểu ống có chốt	184
1.2. Khớp nối trục kiểu ống có then hoa	185
1.3. Khớp nối trục kiểu ống có then	186
1.4. Khớp nối trục bích	187
1.5. Khớp nối trục đàn hồi kiểu bích chốt	189
1.6. Khớp nối trục đàn hồi có đĩa hình sao	191
1.7. Khớp nối trục đàn hồi có vỏ hình xuyên	195
1.8. Khớp nối trục cam - đĩa	199
1.9. Khớp nối trục có chi tiết lăng trụ trung gian	200
1.10. Khớp nối trục bản lề	201
1.11. Khớp nối trục trục xích một dây	205
1.12. Khớp nối trục trục an toàn	207
2. Khớp nối trục ly hợp	215
2.1. Khớp nối trục cam ly hợp	215
2.2. Khớp nối trục có răng hình chữ v nhỏ	219
2.3. Khớp nối trục ma sát	220
2.4. Khớp nối trục ly hợp vượt	222
2.5. Khớp ly hợp điện từ nhiều đĩa	235
Chương 4. TRUYỀN ĐỘNG BÁNH RĂNG	243
1. Truyền động bánh răng trụ	243
1.1. Tính toán các thông số hình học của truyền động bánh răng trụ thân khai	244
1.2. Dung sai của truyền động bánh răng trụ	265

1.2.1. Cấp chính xác và dạng đối tiếp	267
1.2.2. Mức chính xác	269
1.3. Kết cấu bánh răng trụ	297
1.3.1. Bánh răng đúc bằng thép và gang	297
1.3.2. Bánh răng dạng băngđĩa	298
1.3.3. Bánh răng trụ dập	298
1.3.4. Bánh răng chất dẻo	298
1.4. Lập bản vẽ thiết kế bánh răng trụ	300
2. Truyền động thanh răng	303
2.1. Tính toán các thông số hình học	303
2.2. Dung sai chế tạo thanh răng	303
2.2.1. Cấp chính xác và dạng đối tiếp	303
2.2.2. Mức chính xác	304
2.3. Lập bản vẽ thiết kế thanh răng	309
3. Truyền động bánh răng côn	310
3.1. Truyền động bánh răng côn răng thẳng	311
3.2. Truyền động bánh răng côn răng cong tròn	317
3.2.1. Số răng của bánh răng nhỏ và bánh răng lớn	317
3.2.2. Môđun	318
3.2.3. Góc nghiêng và hướng răng	319
3.2.4. Prôfin gốc và dạng răng chiều trục (dọc)	321
3.2.5. Chọn đường kính danh nghĩa của đầu dao	323
3.2.6. Chọn hệ số dịch chỉnh và hệ số thay đổi chiều dày tính toán của răng prôfin gốc	328
3.2.7. Hệ số để tính toán góc chân răng và góc đầu răng bánh răng côn có dạng răng dọc II	330
3.2.8. Tính toán các thông số hình học	331
3.2.9. Yêu cầu kỹ thuật	335
3.3. Dung sai của truyền động bánh răng côn	336
3.3.1. Cấp chính xác và dạng đối tiếp	336
3.3.2. Mức chính xác	337
3.4. Kết cấu bánh răng côn	348
3.5. Lập bản vẽ thiết kế bánh răng côn	350
4. Tính toán độ bền	352
4.1. Tính toán độ bền truyền động bánh răng trụ thân khai	353
4.1.1. Tính toán độ bền tiếp xúc	354
4.1.2. Tính toán thiết kế bánh răng trụ theo độ bền tiếp xúc	366
4.1.3. Tính toán độ bền tiếp xúc khi có tác dụng của tải trọng lớn nhất	368
4.1.4. Tính toán độ bền uốn	368
4.1.5. Tính toán thiết kế bánh răng trụ theo độ bền uốn	380
4.1.6. Tính toán độ bền uốn khi chịu tác dụng của tải trọng lớn nhất	381
4.1.7. Ví dụ tính toán độ bền tiếp xúc và độ bền uốn	382
4.2. Tính toán độ bền truyền động bánh răng côn	387
5. Truyền động bánh răng Nivicôp	390
5.1. Prôfin gốc	391

5.2. Tính toán hình học	394
5.2.1. Bánh răng Nôvicôp một đường ăn khớp	394
5.2.3. Bánh răng Nôvicôp hai đường ăn khớp	394
5.3. Tính toán độ bền	395
5.3.1. Tính toán độ bền tiếp xúc	395
5.3.2. Tính toán độ bền uốn	396
5.4. Lựa chọn các thông số cơ bản của bộ truyền	397
5.5. Trình tự tính toán thiết kế bộ truyền bánh răng Nôvicôp	398
Chương 5. TRUYỀN ĐỘNG TRỤC VÍT TRỤ	402
1. Đặc tính và các thông số cơ bản	403
1.1. Đặc tính của truyền động trục vít trụ	403
1.2. Các thông số cơ bản	404
2. Tính toán hình học truyền động trục vít trụ trực giao	412
3. Dung sai truyền động trục vít trụ	413
3.1. Cấp chính xác và dạng đối tiếp	413
3.2. Mức chính xác	415
4. Kết cấu của bánh vít	424
5. Lực trong ăn khớp và hiệu suất của truyền động trục vít	425
6. Lập bản vẽ thiết kế trục vít và bánh vít	427
6.1. Bản vẽ thiết kế trục vít	427
6.2. Bản vẽ thiết kế bánh vít	429
7. Tính toán độ bền của truyền động trục vít trụ	431
Chương 6. TRUYỀN ĐỘNG XÍCH	433
1. Xích treo	433
2. Xích mắt tròn độ bền cao dùng cho máy mỏ	434
3. Xích trục mắt tròn và xích kéo có độ bền thường	436
3.1. Thông số cơ bản và kích thước của xích	436
3.2. Yêu cầu kỹ thuật của xích	437
3.3. Địa xích dùng cho xích mắt tròn và xích kéo có độ bền thường	438
4. Xích trục dạng bản	440
4.1. Kiểu thông số cơ bản và kích thước	440
4.2. Yêu cầu kỹ thuật của xích	442
4.3. Địa xích dùng cho xích trục dạng bản	442
4.4. Yêu cầu kỹ thuật của đĩa xích	444
5. Xích kéo tháo được	444
5.1. Kiểu, thông số cơ bản và kích thước	444
5.2. Yêu cầu kỹ thuật của xích	446
5.3. Địa xích dùng cho xích kéo tháo được	447
6. Xích kéo dạng chạc	449
7. Xích truyền động con lăn và xích truyền động bạc lót	451
7.1. Thông số và kích thước cơ bản	451
7.2. Yêu cầu kỹ thuật của xích	454
7.3. Địa xích dùng cho xích con lăn và xích bạc lót	456

7.4. Yêu cầu kỹ thuật của đĩa xích	462
7.5. Ví dụ về bản vẽ vành răng đĩa xích cho xích một dãy	464
7.6. Tính toán thiết kế dụng cụ gia công đĩa xích	464
7.7. Điều kiện sử dụng xích con lăn và xích bạc lót	466
7.8. Tính toán truyền động xích con lăn	469
8. Xích kéo dạng bản	470
8.1. Kiểu, thông số và kích thước cơ bản	470
8.2. Yêu cầu kỹ thuật của xích	473
8.3. Đĩa xích dùng cho xích kéo dạng bản	476
8.4. Ví dụ về bản vẽ đĩa xích dùng cho xích kéo dạng bản	480
9. Xích răng	481
9.1. Thông số và kích thước cơ bản	481
9.2. Yêu cầu kỹ thuật của xích	482
9.3. Đĩa xích dùng cho xích răng	483
9.4. Yêu cầu kỹ thuật của đĩa xích	485
9.5. Ví dụ về bản vẽ đĩa xích dùng cho xích răng	486
Chương 7. TRUYỀN ĐỘNG ĐAI	487
1. Truyền động đai phẳng	487
1.1. Các kiểu truyền động và chọn đai truyền	487
1.2. Đai truyền vải sợi bông tẩm dẹt liền	488
1.3. Tính toán truyền động đai phẳng vải sợi bông tẩm dẹt liền	489
1.4. Đai truyền phẳng bằng da	194
1.5. Bánh đai dùng cho truyền động đai phẳng	496
2. Truyền động đai hình thang	498
2.1. Đai truyền hình thang	498
2.2. Bánh đai thang	501
2.3. Yêu cầu kỹ thuật của bánh đai	523
2.4. Phương pháp kiểm tra các rãnh bánh đai	524
2.5. Tính toán thiết kế truyền động đai hình thang	525
3. Dạng đặc biệt của truyền động đai hình thang	531
3.1. Truyền động có đồ gá căng đai	531
3.2. Truyền động có trục thẳng đứng	531
3.3. Truyền động đai nửa chéo	532
4. Đai hình thang của bộ biến tốc	532
4.1. Thông số và kích thước	532
4.2. Bánh đai của bộ biến tốc	534
4.3. Tính toán và thiết kế bộ biến tốc đai thang	535
4.4. Quy tắc lắp ráp và sử dụng đai truyền và bánh đai của bộ biến tốc	539
Chương 8. TRUYỀN ĐỘNG VÍT - ĐAI ỐC VÀ TRUYỀN ĐỘNG BÁNH CỐC	540
1. Truyền động vít - đai ốc	540
1.1. Truyền động vít dẫn động	540
1.2. Truyền động vít tải trọng	545
2. Truyền động bánh cóc	549

2.1. Các dạng bánh cóc	549
2.2. Tính toán bánh cóc	551
Chương 9. MỐI GHÉP THÁO ĐƯỢC	553
1. Mối ghép bulông	553
1.1. Mối ghép không có ứng suất	553
1.2. Mối ghép có ứng suất	554
1.3. Mối ghép chịu tải trọng ngang	554
1.4. Mối ghép tại đầu các đòn	556
1.5. Mối ghép kẹp chặt các nắp	557
1.6. Mối ghép kẹp chặt các giá côngxôn	558
1.7. Mối ghép bulông nổi bích	559
1.8. Mối ghép bulông có tải trọng lệch tâm	560
2. Mối ghép then	560
2.1. Mối ghép than bằng	560
2.2. Mối ghép then bán nguyệt	568
2.3. Chọn then cho các trục bậc	569
2.4. Tính toán mối ghép then bằng	569
2.5. Dung sai và lắp ghép của mối ghép then bằng và then bán nguyệt	572
3. Mối ghép then hoa	574
3.1. Mối ghép then hoa răng chữ nhật	574
3.1.1. Kích thước của mối ghép then hoa răng chữ nhật	574
3.1.2. Dung sai và lắp ghép của mối ghép then hoa răng chữ nhật	576
3.2. Mối ghép then hoa răng thân khai	579
3.3. Mối ghép then hoa răng tam giác	589
3.3.1. Lựa chọn các kích thước, dung sai và lắp ghép	590
3.3.2. Các công thức xác định các yếu tố của mối ghép then hoa răng tam giác	592
3.4. Tính toán độ bền của mối ghép then hoa	595
3.5. Biểu diễn qui ước trục then hoa, lỗ then hoa và mối ghép then hoa.	596
<i>Tài liệu tham khảo</i>	599

Chương 1

TRỤC TÂM VÀ TRỤC TRUYỀN

1. TRỤC TÂM

1.1. Kiểu, kết cấu và kích thước (ГОСТ 9650-71)

Trục tâm được dùng cho các mối ghép nối trong các cơ cấu máy thông dụng. Có hai kiểu trục tâm:

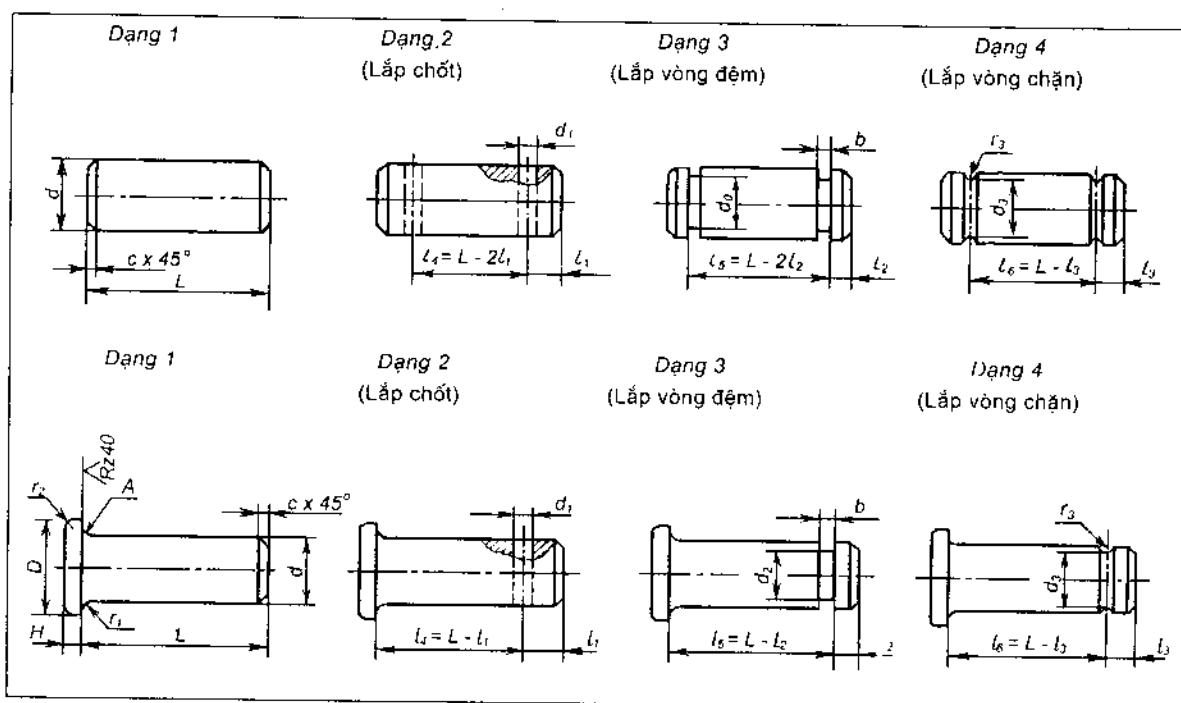
- Kiểu 1- trục tâm trơn
- Kiểu 2 - trục tâm có vai.

Trong mỗi kiểu trục trơn lại có 4 dạng kết cấu:

- Dạng 1- trục trơn không cần đến các chi tiết phụ trong lắp ghép
- Dạng 2 - trục trơn lắp với vòng chặn
- Dạng 3- trục trơn lắp với vòng đệm
- Dạng 4- trục trơn lắp với vòng chặn.

Kết cấu và kích thước cơ bản của trục trơn được giới thiệu trong bảng 1-1.

Bảng 1.1. Kết cấu và kích thước cơ bản, mm



Tiếp bảng 1.1

d (Sai lệch e8, d11, h11, h12)	d ₁	l ₁	d ₂	l ₂	b	d3		l ₃	r ₃	D		H		r ₁	r ₂	c		
						Danh nghĩa	Sai lệch			Danh nghĩa	Tầng lên	Danh nghĩa	Sai lệch					
5	1,2	4	3	1,5	1,5	-	-	-	-	8	-	1,5	±0,25	0,4	0,6	0,6		
6	1,6	4	4	1,5	1,5	5,6	-0,1	3	0,4	10	-	2	±0,25	0,4	0,6	0,6		
8	2	5	4	1,5	1,5	7,6	-0,1	3	0,4	12	-	2	±0,25	0,4	0,6	0,6		
10	2,5	5	8	2,5	1,5	9,6	-0,1	4	0,4	14	-	2,5	±0,25	0,6	0,6	1,0		
12	3,2	5	8	2,5	1,5	11,4	-0,1	4	0,6	16	20	2,5	±0,25	0,6	0,6	1,0		
14	3,2	5	10	3	2,0	13,4	-0,1	5	0,6	18	22	3	±0,25	0,6	0,6	1,6		
16	4,0	5	10	3	2,0	15,0	-0,1	5	1	20	25	3	±0,25	0,6	0,6	1,6		
18	4,0	6	14	3	2,0	17,0	-0,1	5	1	22	28	3	±0,25	1,0	0,6	1,6		
20	4,0	6	14	3	2,0	18,8	-0,2	5	1,2	25	30	4	±0,3	1,0	1,0	1,6		
22	5,0	6	18	3,5	2,5	20,8	-0,2	6	1,2	28	36	4	±0,3	1,0	1,0			
24	5,0	6	-	-	-	-	-0,2	-	-	30	-	4	±0,3	1,0	1,0	1,6		
25	5,0	6	20	3,5	2,5	23,8	-0,2	6	1,2	32	38	5	±0,3	1,0	1,0			
28	5,0	6	20	3,5	2,5	26,8	-0,2	6	1,2	36	40	5	±0,3	1,0	1,0	2,5		
30	6,3	8	24	4,5	2,5	28,8	-0,2	8	1,2	38	45	5	±0,3	1,0	1,0			
32	6,3	8	24	4,5	2,5	-	-	-	-	40	45	6	±0,3	1,0	1,6	2,5		
36	6,3	8	28	5,0	3,0	-	-	-	-	45	50	6	±0,3	1,6	1,6			
40	6,3	8	32	5,0	3,0	-	-	-	-	50	55	6	±0,3	1,6	1,6	2,5		
45	8,0	10	36	5,0	3,0	-	-	-	-	55	60	7	±0,36	1,6	2,5			
50	8,0	10	40	5,5	3,5	-	-	-	-	60	65	7	±0,36	1,6	2,5			
L khi d, mm																		
5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	25	28	30	32	36	40	45	50
12	14	16	18	20	22	25	25	30	32	36	40	45	55	60	70	75	80	90
14	16	18	20	22	25	28	28	32	36	40	45	50	60	65	75	80	85	95
16	18	20	22	25	28	30	30	36	40	45	50	55	65	70	80	85	90	100
18	20	22	25	28	30	32	32	40	45	50	55	60	70	75	85	90	95	105
20	22	25	28	30	32	36	36	45	50	55	60	65	75	80	90	95	100	110
22	25	28	30	32	36	40	40	50	55	60	65	70	80	85	95	100	105	115
25	28	30	32	36	40	45	45	55	60	65	70	75	85	90	100	105	110	120
28	30	32	36	40	45	50	50	60	65	70	75	80	90	95	105	110	115	130
30	32	36	40	45	50	55	55	65	70	75	80	85	95	100	110	115	120	140
32	36	40	45	50	55	60	60	70	75	80	85	90	100	105	115	120	130	150
36	40	45	50	55	60	65	65	75	80	85	90	95	105	110	120	130	140	160
40	45	50	55	60	65	70	70	80	85	90	95	100	110	115	130	140	150	170
45	50	55	60	65	70	75	75	85	90	95	100	105	115	120	140	150	160	180
	55	60	65	70	75	80	80	90	95	100	105	110	120	130	150	160	170	190
	60	65	70	75	80	85	85	95	100	105	110	115	130	140	160	170	180	200
	65	70	75	80	85	90	90	100	105	110	115	120	140	150	170	180	190	210
	70	75	80	85	90	95	95	105	110	115	120	130	150	160	180	190	200	220
	75	80	85	90	95	100	100	110	115	120	130	140	160	170	190	200	210	240
	80	85	90	95	100	105	105	115	120	130	140	150	170	180	200	210	220	250
		90	95	100	105	110	110	120	130	140	150	160	180	190	210	220	240	300
		95	100	105	110	115	115	130	140	150	160	170	190	200	220	240	250	
		100	105	110	115	120	120	140	150	160	170	180	200	210	240	250	300	
		105	110	115	120	130	130	150	160	170	180	190	210	220	250	300		
			115	120	130	140	140	160	170	180	190	200	220	240	300			
			120	130	140	150	150	170	180	190	200	210	240	250				
			130	140	150	160	160	180	190	200	210	220	250	300				
			140	150	160	170	170	190	200	210	220	240	300					
			150	160	170	180	180	200	210	220	240	250	300					
				170	180	190	160	210	220	240	250	300						
				180	190	200	200	220	240	250	300							
				190	200	210	210	240	250	300								
				200	210	220	220	250	300									
				210	220	240	240	300										
Sai lệch của l ₄ , l ₅ , l ₆																		
±0,25					±0,4					±0,5					±0,80			

Trục tâm được chế tạo bằng thép cacbon chất lượng thường thuộc các nhóm A, B và C (CT31, CT33, CT34, CT38, CT42, CT51, CT61), thép cacbon chất lượng tốt (C8, C10, C15, C20, C25, C15Mn, C20Mn, C25Mn, C30, C35, C40, C45, C50, C55, C60, C65, C70, C75, C80, C85), thép hợp kim kết cấu crôm (15Cr đến 50Cr), mangan (15Mn đến 50Mn), crôm-mangan (18CrMn, 18CrMnTi đến 30CrMnTi, 25 CrMnMo), crôm-silic (33CrSi đến 40CrSi), crôm-molipden và crôm-molipden-vanadi (15CrMo đến 38CrMo, 30Cr3MoV), crôm-niken và crôm-niken-bo, v.v... và các loại thép hợp kim cao, chịu ăn mòn và chịu lửa.

Trục tâm có thể được mạ, phủ để trang trí hoặc bảo vệ chống ăn mòn. Sai lệch của kích thước không chỉ dẫn dung sai của trục tâm: bề mặt bao - theo H14; bề mặt bị bao - theo h14, các bề mặt khác - theo $\pm 1/2$ (h14=H14).

Các thông số nhám bề mặt của bề mặt lắp ghép của trục tâm được chọn phụ thuộc vào đường kính và miền dung sai của lắp ghép như sau:

<i>Đường kính trục</i>		<i>Miền dung sai, μm</i>		
d, mm	e8	d11	h11	d11, h12
3-10	$R_a=2,5$	$R_a=2,5$	$R_a=2,5$	$R_z=20$
12-50		$R_z=20$	$R_z=20$	$R_z=40$

Sai lệch độ giao nhau của đường tâm lỗ d_1 và đường tâm trục d đối với kết cấu trục tâm dạng 2 không được lớn hơn các giá trị cho phép sau:

d, mm	3-5	6-10	12-36	40-50	60-100
Sai lệch độ giao nhau, mm	0,2	0,3	0,4	0,4	0,6

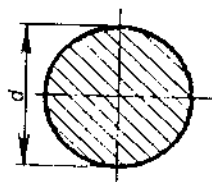
Độ đảo mặt mút của mặt A so với đường tâm trục có kết cấu kiểu 2 không được lớn hơn các giá trị cho phép sau:

d, mm	3-6	8-20	22-50	55-100
Độ đảo mặt mút, mm	0,06	0,10	0,15	0,25

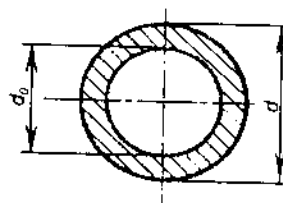
Cho phép chế tạo trục tâm với mặt mút lượn tròn thay cho mép vát, bán kính lượn bằng kích thước cạnh vát, thay góc lượn trên mặt mút vai trục bằng cạnh vát có kích thước bằng bán kính lượn r_2 . Cho phép chế tạo rãnh thoát đá mài tại góc lượn có bán kính r_1 .

1.2. Tính toán trục tâm

Trục tâm không truyền momen xoắn và chỉ chịu tải trọng uốn, do đó tính toán trục tâm chủ yếu là tính toán về uốn đối với trục trụ đặc (hình 1.1) và trục trụ rỗng (hình 1.2).



Hình 1.1. Trục trụ đặc



Hình 1.2. Trục trụ rỗng

Công thức tính toán xác định kích thước mặt cắt ngang của trục trụ đặc:

$$d = \sqrt[3]{\frac{M_u}{0,1[\sigma_u]}} \quad \text{hoặc} \quad M_u = 0,1d^3 [\sigma_u] \quad (1)$$

Đối với trục trụ rỗng:

$$M_u = 0,1 \frac{d^4 - d_0^4}{d} [\sigma_u] \quad (2)$$

trong đó: M_u - momen uốn, kGmm

$[\sigma_u]$ - ứng suất uốn (xem bảng 1.7), kG/mm²

d, d_0 - đường kính ngoài và đường kính trong của trục rỗng, mm

2. TRỤC TRUYỀN

Trục truyền là chi tiết máy thông dụng trong các cơ cấu và bộ phận máy dùng để truyền momen xoắn cho các chi tiết như puly, bánh đai, bánh xích, bánh răng v...v. thông qua then, chốt, độ dôi của lắp ghép v...v. Yếu tố quan trọng đối với trục truyền là đầu trục.

2.1. Đầu trục truyền (sau đây gọi tắt là đầu trục)

Đầu trục truyền đã được tiêu chuẩn hoá (TCVN 4243 - 86), gồm 2 kiểu: đầu trục truyền hình trụ và đầu trục truyền hình côn với độ côn 1: 10.

Đầu trục truyền hình trụ lại có 2 dạng:

- 1- dạng đầu trục dài;
- 2- dạng đầu trục ngắn.

Kích thước cơ bản của đầu trục hình trụ dài và ngắn được giới thiệu trong bảng 1.2.

Bảng 1.2. Kích thước cơ bản của đầu trục hình trụ, mm

d	l		r	c	d	l		r	c	d	l		r	c
	dạng					dạng					dạng			
	1	2				1	2				1	2		
6	16	-	0,4	0,2	18	40	28	1,0	0,6	50	110	82	2,5	2,0
7	16	-	0,4	0,2	20	50	36	1,6	1,0	55	110	82	2,5	2,0
8	20	-	0,6	0,4	22	50	30	1,6	1,0	60	140	105	2,5	2,0
9	20	-	0,6	0,4	25	60	42	1,6	1,0	70	140	105	2,5	2,0
10	23	20	0,4	0,4	28	60	42	1,6	1,0	80	170	130	3,0	2,5
11	23	20	0,4	0,4	32	80	58	2,0	1,6	90	170	130	3,0	2,5
12	30	25	1,0	0,6	36	80	58	2,0	1,6	100	210	165	3,0	2,5
14	30	25	1,0	0,6	40	110	82	2,0	1,6	110	210	165	3,0	2,5
16	40	28	1,0	0,6	45	110	82	2,0	1,6					

Tiêu chuẩn TCVN 4243-86 đã giới thiệu dây đường kính $d = 0,8 \div 340$ mm.

Cho phép giảm chiều dài đầu trục so với các giá trị trong bảng khi truyền tải trọng nhỏ (trừ đầu trục của các máy điện).

Đối với đầu trục lắp chi tiết (bánh răng, bánh đai, bánh xích...) ăn khớp trực tiếp với chi tiết lắp trên đầu trục của động cơ điện mà không qua chi tiết trung gian, cho phép tăng chiều dài đầu trục so với các giá trị trong bảng.

Đầu trục hình côn với độ côn 1:10 có hai kiểu: kiểu 1- có ren ngoài; kiểu 2 - có ren trong; mỗi kiểu lại có hai dạng: dạng 1 - dài và dạng 2- ngắn. Trên đầu trục có lắp các chi tiết truyền momen xoắn (puly, bánh đai, bánh xích, khớp nối trục, bánh răng v.v...) trong máy, cơ cấu và khí cụ. Kích thước của đầu trục hình côn được giới thiệu trong bảng 1-3.

Bảng 1.3. Kích thước cơ bản của đầu trục hình côn

Tiêu chuẩn không qui định dạng then và chiều dài then

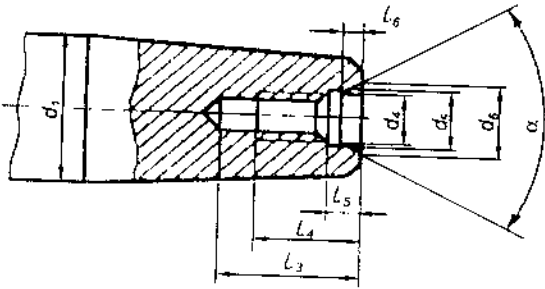
Đường kính danh nghĩa d_1		l_1		l_2		d_2		b	h	t	d_3
Dây I	Dây II	Dạng		Dạng		Dạng					
		1	2	1	2	1	2				
3	-	10	-	7	-	2,65	-	-	-	-	M2
4	-	12	-	8	-	3,60	-	-	-	-	M3
5	-	14	-	9	-	4,55	-	-	-	-	M4
6	-	16	-	10	-	5,50	-	-	-	-	M4
7	-					6,50					
8	-	20	-	12	-	7,40	-	-	-	-	M6
9	-					8,40					
10	-	23	-	15	-	9,25	-	-	-	-	
11	-					10,25					
12	-	30	-	18	-	11,10	-	2	2	1,2	M8x1
14	-					13,10					

Kiểu 2* - Kích thước được giới thiệu trong bảng 1.4.

Tiếp bảng 1.3

Đường kính danh nghĩa d_1		l_1		l_2		d_2		b	h	t	d_3
Dãy I	Dãy II	Dạng									
		1	2	1	2	1	2				
16	-					14,60	15,2	3	3	1,8	M10x1,25
18	-	40	28	28	16	16,60	17,2	4	4	2,5	
-	19					17,60	18,2	4	4	2,5	
20	-					18,20	18,9	4	4	2,5	M12x1,25
22	-	50	36	36	22	20,20	20,9	4	4	2,5	
-	24					22,20	22,9	5	5	3,0	
25	-					22,90	23,8	5	5	3,0	M16x1,5
28	-	60	42	42	24	25,90	26,8				
-	30					27,10	28,2	5	5	3,0	M20x1,5
32	-					29,10	30,2	6	6	3,5	M20x1,5
-	35	80	58	58	36	32,10	33,2	6	6	3,5	M20x1,5
-	-					33,10	34,2	6	6	3,5	M20x1,5
36	-					35,10	36,2	6	6	3,5	M24x2
-	38										
40	-					35,90	37,3	10	8	5,0	M24x2
-	42					37,90	39,3	10	8	5,0	M24x2
45	-					40,90	42,3	12	8	5,0	M30x2
-	48	110	82	82	54	43,90	45,3	12	8	5,0	M30x2
50	-					45,90	47,3	12	8	5,0	M36x3
-	55					50,90	52,3	14	9	5,5	M36x3
56	-					51,90	53,3	14	9	5,5	M36x3
-	60					54,75	56,5	16	10	6,0	M42x3
63	-					57,75	59,5				
-	65	140	105	105	70	59,75	61,5				
-	70					64,75	66,5	18	11	7,0	M48x3
71	-					65,75	67,5				
-	75					69,75	71,5				
80	-					73,50	75,5	20	12	7,5	M56x4
-	85					78,50	80,5	20	12	7,5	M56x4
90	-	170	130	130	90	83,50	85,5	22	14	9,0	M64x4
95	85					88,50	90,5	22	14	9,0	M64x4
100	-					91,75	94,0	25	14	9,0	M72x4
110	-					101,75	104,0	25	14	9,0	M80x4
-	120	210	165	165	120	111,75	114,0	28	16	10	M90x4
125	-					116,75	119,0	28	16	10	M90x4
-	130					120,00	122,5	28	16	10	M100x4
140	-	250	200	200	150	130,00	132,5	32	18	11	M100x4
-	150					140,00	142,5	32	18	11	M110x4

Bảng 1.4. Kích thước lỗ ren đầu trục, mm



$\alpha = 60^\circ$ cho M4 ÷ M42
 $\alpha = 75^\circ$ cho M48

d_1	d_4	d_5	d_6	l_3	l_4	l_5	l_6	d_1	d_4	d_5	d_6	l_3	l_4	l_5	l_6
12	M4	4,3	6,5	14	8	3,5	1,9	48	M16	17,0	22,8	45	32	11,0	5,0
14								50							
16								55							
18	M5	5,3	8,0	17	10	4,5	2,3	56	M20	21,0	28,0	53	36	12,5	6,0
19								60							
20								63							
22								65							
22	M6	6,4	10,0	21	12	5,5	3,0	70	M24	25,0	36,0	63	40	14,0	9,5
24								71							
25								75							
25	M8	8,4	12,5	25	16	7,0	3,5	80	M30	31,0	44,8	75	50	18,0	12,0
28								85							
30								90							
30	M10	11,0	15,6	30	20	9,0	4,0	95	M36	37,5	53,0	90	60	20,0	13,5
32								100							
35								110							
36	M12	13,0	18,0	38	24	10,0	4,3	110	M42	43,5	59,7	105	65	22,0	14,0
38								120							
40								125							
42								125							
45	M16	17,0	22,8	45	32	11,0	5,0	125	M48	49,5	74,0	120	70	24,0	16,0

Yêu cầu kỹ thuật

- Sai lệch độ côn theo hướng dương
- Sai lệch giới hạn các kích thước của đầu trục côn không được vượt quá giới hạn của calíp vòng (hình 1.3), đường kính của calíp trong mặt phẳng A và chiều dài bằng các kích thước tương ứng của đầu trục.
 Khi kiểm tra trục bằng calíp vòng, mặt mút B của trục nằm giữa các mặt phẳng A và C của calíp, khoảng cách m giữa A và C phải tương ứng với các trị số được giới thiệu trong bảng 1.5.
- Độ đảo hướng tâm của đầu trục côn so với trục quay không được vượt quá các trị số được giới thiệu trong bảng 1.6.
- Sai lệch giới hạn của chiều dài phần côn đầu trục côn - theo js15 (TCVN 2245-1999).

5. Miền dung sai ren đầu trục - 8g theo TCVN 1917 - 95.

6. Sai lệch cho phép độ đối xứng của rãnh then so với đường tâm đầu trục không được vượt quá 2 lần dung sai chiều rộng rãnh then.

7. Sai lệch cho phép độ song song của mặt phẳng đối xứng của rãnh then so với đường tâm đầu trục không được vượt quá một nửa dung sai chiều rộng rãnh then.

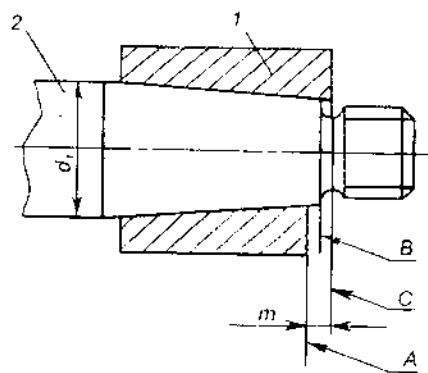
8. Các kích thước của then bằng - theo TCVN 2261 - 77. Đối với trục có đường kính $d \leq 14$ mm cho phép dùng then bán nguyệt có kích thước theo TCVN 4217 - 86.

9. Sai lệch giới hạn của các kích thước không chỉ dẫn dung sai:

+ Bề mặt bao - theo H14; bề mặt bị bao - theo h14; các bề mặt khác - theo $\pm 1/2$ (H14 = h14).

+ Rãnh và cạnh vát - theo TCVN 2034 - 77.

Trong trường hợp có lý do về kỹ thuật, cho phép chế tạo đầu trục: a) không có rãnh then; b) có ren trái.



Hình 1.3. Các kích thước đầu trục được giới hạn bởi calip vòng:
1- calip vòng; 2- trục; A - mặt phẳng lợt; C - mặt phẳng không lợt; B- mặt mút của côn; m- khoảng cách A - C.

Bảng 1.5. Khoảng cách m giữa các mặt phẳng của calip giới hạn

Đường kính d_1 mm	m mm	Đường kính d_1 mm	m mm	Đường kính d_1 mm	m mm
3	0,20	Trên 10 đến 18	0,35	Trên 50 đến 80	0,60
Trên 3 đến 6	0,25	" 18 " 30	0,45	" 80 " 120	0,70
" 6 " 10	0,30	" 30 " 50	0,50	" 120 " 180	0,80

Bảng 1.6. Độ đảo hướng tâm của trục so với trục quay, mm

Đường kính đầu trục d_1	Độ đảo hướng tâm			Đường kính đầu trục d_1	Độ đảo hướng tâm		
	Cấp chính xác thường	Cấp chính xác nâng cao	Cấp chính xác cao		Cấp chính xác thường	Cấp chính xác nâng cao	Cấp chính xác cao
3	0,020	0,010	0,005	Trên 30 đến 50	0,050	0,025	-
Trên 3 đến 8	0,025	0,012	0,006	" 50 " 80	0,060	0,030	-
" 6 " 10	0,030	0,015	0,008	" 80 " 120	0,070	0,035	-
" 10 " 18	0,035	0,018	0,010	" 120 " 220	0,100	0,050	-
" 18 " 30	0,040	0,021	-				

2.2. Tính toán trục

2.2.1. Tính toán trục về độ bền

Thông thường nên ưu tiên sử dụng trục truyền khi làm việc trong điều kiện ứng suất không cao. Do đó việc tính toán trục có thể thực hiện tương đối đơn giản, không tính đến đặc

tính động lực học của tải trọng, nói một cách khác là không đưa vào công thức tính toán các hệ số tập trung ứng suất, đặc trưng cho các chu kỳ chất tải. Ảnh hưởng của sự tập trung ứng suất được thể hiện gần đúng khi lựa chọn ứng suất cho phép.

Đối với trục chịu tác động của tải trọng uốn và xoắn, độ bền được tính theo công thức:

$$W = \frac{\sqrt{M_u^2 + 0,45M_x^2}}{[\sigma_u]} \quad (3)$$

hoặc

$$[\sigma_u] = \frac{\sqrt{M_u^2 + 0,45M_x^2}}{W} \quad (4)$$

trong đó M_u, M_x - momen uốn và momen xoắn, kG. mm

W - momen cản trong tiết diện (mặt cắt ngang) nguy hiểm, mm³:

$$W = \frac{\pi d^3}{32} \approx 0,1d^3 \quad \text{đối với tiết diện tròn, đặc (xem hình 1.1)}$$

$$W = \frac{\pi d^3}{32} \left[1 - \frac{d_0^4}{d^4} \right] \approx 0,1 \frac{d^4 - d_0^4}{d} \quad \text{đối với tiết diện tròn, rỗng (xem hình 1.2)}$$

$[\sigma_u]$ - ứng suất cho phép, kG/cm² được xác định theo bảng 1.7 khi tính toán động lực học các trục bằng thép theo giới hạn mỏi, có quan tâm đến các yếu tố gây ra sự tập trung ứng suất, và đường kính trục.

Momen uốn cực đại trong tiết diện nguy hiểm M_u được xác định theo công thức:

$$M_u = \sqrt{M_{u1}^2 + M_{u2}^2}$$

trong đó M_{u1} - momen uốn cực đại trong tiết diện nguy hiểm, tác dụng trong mặt phẳng nằm ngang, kG mm;

M_{u2} - momen uốn cực đại trong tiết diện nguy hiểm, tác dụng trong mặt phẳng thẳng đứng, kG mm.

$\sqrt{M_u^2 + 0,45M_x^2}$ là momen tương đương cực đại trong tiết diện nguy hiểm.

Đường kính trục bằng thép cacbon trung bình ($\sigma_b = 50 - 80$ kG/mm²) khi tính toán độ bền được xác định gần đúng theo các công thức sau:

+ Khi tải trọng không đổi và momen uốn không lớn (trục ngắn bằng thép CT51, CT61 và C45):

$$d = 10 \sqrt[3]{\frac{N}{n}} \quad (5)$$

+ Khi tải trọng thay đổi và momen uốn nhỏ hoặc tải trọng không đổi và momen uốn trung bình:

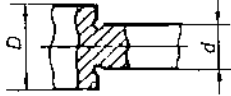

$$d = 11 \sqrt[3]{\frac{N}{n}} \quad (6)$$

+ Khi tải trọng thay đổi và momen uốn trung bình hoặc khi tải trọng không đổi và momen uốn lớn (trục dài):

$$d = 12 \sqrt[3]{\frac{N}{n}} \quad (7)$$

trong đó d - tính theo cm; N - công suất truyền, kW; n - tần số quay, vg/ph.

Bảng 1.7. Ứng suất cho phép $[\sigma_u]^*$, kG/cm² đối với trục bằng thép

Nguồn của sự tập trung ứng suất	Đường kính trục d , mm	Thép và dạng nhiệt luyện				
		C35, thường hoá, $\sigma_b = 52 \div 65$ kG/mm ² , $\sigma_{ch} \geq 30$ kG/mm ² , $\sigma_{-1} \approx 25$ kG/mm ²	C45, thường hoá $\sigma_b = 60 \div 75$ kG/mm ² , $\sigma_{ch} > 34$ kG/mm ² , $\sigma_{-1} \approx 28$ kG/mm ²	C45, tôi cải thiện $\sigma_b = 75 \div 90$ kG/mm ² , $\sigma_{ch} = 42-52$ kG/mm ² , $\sigma_{-1} \approx 35$ kG/mm ²	40Cr, tôi cải thiện $\sigma_b = 80 \div 90$ kG/mm ² , $\sigma_{ch} = 60-80$ kG/mm ² , $\sigma_{-1} \approx 40$ kG/mm ²	40Cr, tôi 35 ÷ 42HRC $\sigma_b = 110 \div 130$ kG/mm ² , $\sigma_{ch} = 90$ kG/mm ² , $\sigma_{-1} \approx 50$ kG/mm ²
Chi tiết lắp trên trục (bánh răng, bánh đai...) có cạnh sắc	30	700	750	850	900	950
	50	650	700	800	850	900
	100	600	650	750	800	850
Vòng ổ lăn lắp trên trục	30	900	1000	1150	1200	1300
	50	850	950	1050	1100	1200
	100	750	850	1000	1000	1100
 Trục bậc có rãnh thoát dao (đá mài), $D/d \leq 1,2$	30	800	900	1050	1100	1150
	50	700	800	900	950	1000
	100	600	700	800	850	900
 Trục bậc có góc lượn khi $r/D = 0,05$; $D/d \leq 1,2$	30	1100	1150	1350	1400	1500
	50	950	1000	1150	1200	1300
	100	850	900	1000	1050	1100
* Trong bảng giới thiệu ứng suất uốn cho phép không có xoắn, nhưng có thể sử dụng các giá trị này và để tính toán sức bền phức hợp theo momen tương đương được xác định theo công thức $M_{td} = \sqrt{M_u^2 + 0,45M_x^2}$ σ_b - giới hạn bền kéo; σ_{ch} - giới hạn chảy; σ_{-1} - giới hạn mỏi						

Chú thích: Khi thành lập bảng 1.7 đã lấy:

1) Hệ số an toàn bằng 1,3.

2) Độ giảm giới hạn mỏi, được xác định trên các mẫu thử nhỏ, đối với trục $d = 30$ mm là $\approx 15 \div 20$ %, đối với trục $d = 50$ mm - $24 \div 30$ % và $d = 100$ mm - $35 \div 40$ % (giá trị, giới hạn dưới dùng cho trục bậc bằng thép hợp kim cứng, giá trị giới hạn trên - trục cùng với các chi tiết lắp ghép bằng thép mềm hơn);

3) Ứng suất cho phép khi uốn tương ứng với làm việc tĩnh (hệ số động lực học bằng 1).