

8. REPREZENTAREA ORGANELOR DE MAȘINI

8.1 Reprezentarea arborilor și axelor

Arborii și axele (osiile) sunt organe de mașini care au funcție comună de susținere a organelor aflate în mișcare.

Arborii transmit momentele de torsiune, prin intermediul altor organe de rotație pe care le susțin și cu care sunt asamblate. Acestea pot fi: roți dințate, roți de curea, cuplaje, rotoare de turbine, motoare și generatoare. Arborii se rotesc în jurul axei lor geometrice și transmit mișcarea și puterea între organele pe care le susțin. Sunt solicitați la torsiune și la încovoiere, datorită greutății elementelor de transmisie fixate pe arbori.

Axele (osiile) susțin organe de mașini în rotație, în oscilație sau în repaus, ale mașinilor, agregatelor sau vehiculelor. Sunt solicitate la încovoiere, eventual forfecare. Ele nu transmit momente de torsiune, fiind organe de mașini care au rol de susținere.

Forma și dimensiunile arborilor și axelor sunt determinate de modul de repartizare a sarcinilor, de condițiile funcționale, de fabricație și de montaj. Criteriile folosite în calculele de proiectare iau în considerare aspectele de rezistență ale arborilor și axelor.

Materialele din care se execută arborii și axele diferă în funcție de modul de solicitare și de condițiile de lucru. Se pot utiliza:

- Oțeluri carbon sau aliate:
- oțeluri de uz general pentru construcții (S275, E295, E335 SR EN 10025) – pentru arborii care nu necesită tratament termic;
- oțeluri carbon de calitate de îmbunătățire (C45, C60 SR EN 10083) și oțeluri aliate de îmbunătățire (41Cr4, 31NiCr14 etc. SR EN 10083) – pentru arbori puternic solicitați;
- oțeluri carbon de calitate de cementare (C10, C15 SR EN 10083) și oțeluri aliate de cementare (15NiCr3, 16MnCrS5, 18CrNiMo7-6 etc. SR EN 10084) – pentru arbori puternic solicitați și arbori care funcționează la turații ridicate.
- Fontă – pentru arbori de dimensiuni foarte mari.

Arborii și axele se pot realiza din semifabricate, cum ar fi bare laminate (pentru arbori cu diametre sub 140 mm), bare laminate cu forjare ulterioară, bare laminate cu matrițare ulterioară (producție de serie mare) sau semifabricate turnate (pentru arbori cu dimensiuni foarte mari).

Tabelul 8.1 Clasificarea arborilor

Criteriul de clasificare	Tipul arborilor		
	Arbori drepți	Arbori cotiți	Arbori flexibili
Forma axei geometrice	Arbori drepți	Arbori cotiți	Arbori flexibili
Destinația	Arbori de transmisie		Arbori principali ai M.U.
Secțiunea arborelui pe lungime	Arbori cu secțiune constantă		Arbori cu secțiune variabilă în trepte
Forma secțiunii transversale	Arbori cu secțiune plină		Arbori cu secțiune tubulară
Forma suprafeței exterioare	Arbori netezi		Arbori canelați
Rigiditatea	Arbori rigizi		Arbori elastici
Numărul reazemelor	Arbori static determinați (cu două reazeme)		Arbori static nedeterminați (cu mai mult de două reazeme)
Poziția axei geometrice	Arbori orizontali	Arbori înclinați	Arbori verticali

Tabelul 8.2 Clasificarea axelor

Criteriul de clasificare	Tipul axelor	
	Natura mișcării	Axe fixe
Forma axei geometrice	Axe drepte	Axe curbate
Forma secțiunii transversale	Axe cu secțiunea plină	Axe cu secțiunea tubulară
Numărul reazemelor	Axe static determinate (cu două reazeme)	Axe static nedeterminate (cu mai mult de două reazeme)
Poziția axei geometrice	Axe orizontale	Axe înclinate sau verticale

Clasificarea arborilor și axelor se poate face după mai multe criterii (tab.8.1 și tab.8.2).

Reprezentarea și cotarea arborilor se face respectând normele generale de reprezentare și cotare în desenul tehnic, conform SR ISO 128-30, 44, 50, 24: 2008 și SR ISO 129-1: 2014, în general într-o singură proiecție.

Arborii (piese pline) nu se secționează longitudinal, iar golurile interioare (canale de pană, găuri filetate, găuri de centrare etc.) se evidențiază prin rupturi. În zona canalelor de pană se execută secțiuni propriu-zise sau secțiuni deplasate pentru a rezulta dimensiunile transversale.

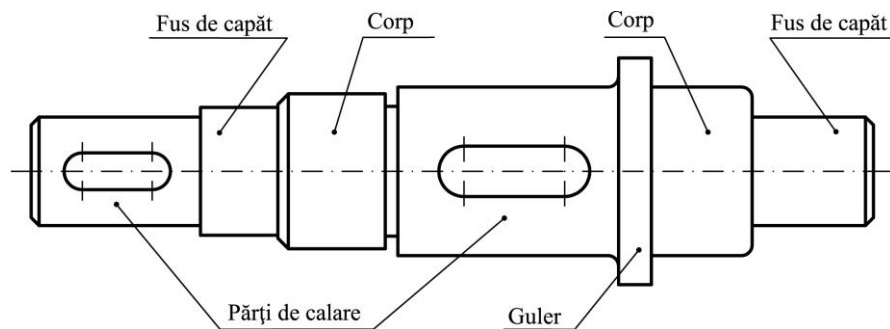


Fig.8.1 Părțile componente ale arborelui

Arborele este format, în general, din mai multe tronsoane cilindrice, care sunt denumite (fig.8.1): capăt de arbore sau fus de capăt, corp, părți de calare și guler.

Capetele de arbore sunt părți de rezemare (fusuri sau pivoți) cu rolul de a susține arborii în lagăre. Din punct de vedere a formei, acestea sunt întâlnite în două variante constructive: capete de arbore cilindrice (fig.8.2, a și b) și capete de arbore conice (fig.8.3 și fig.8.4), cu conicitatea de 1:10, iar ca variante de execuție, în două serii: lungi și scurte.

Dimensiunile recomandate pentru capete de arbore cilindrice sunt date în tabelul 8.3.

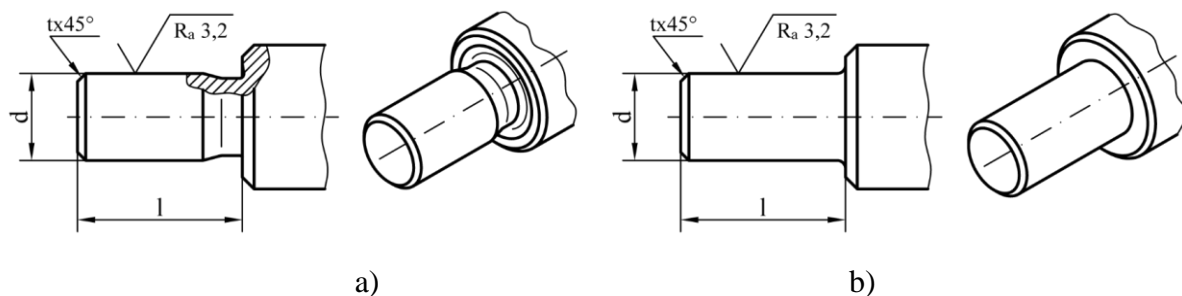


Fig.8.2 Capete de arbore cilindrice

Tabelul 8.3 Dimensiuni capete de arbore cilindrice

Diam. nominal d [mm]	10, 11	12, 14	16, 18, 19	20, 22, 24	25, 28	30, 32, 35, 38	40, 42, 45, 46, 50, 55, 56	60, 63, 65, 70, 71, 75	
l [mm] seria	lungă	23	30	40	50	60	80	110	140
	scurtă	20	25	28	36	42	58	82	105

Capetele de arbore conice se utilizează în două variante: cu filet exterior (fig. 8.3, fig. 8.5) sau cu filet interior (fig. 8.4).

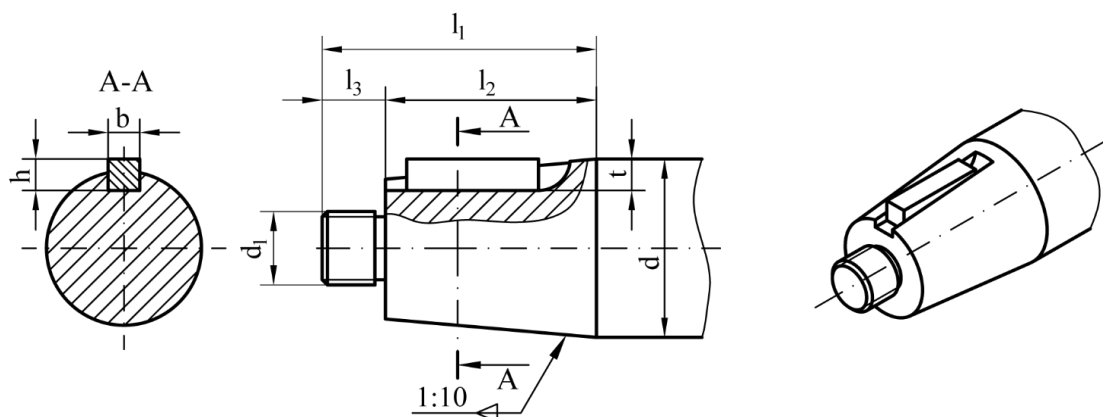


Fig. 8.3 Capăt de arbore conic cu filet exterior

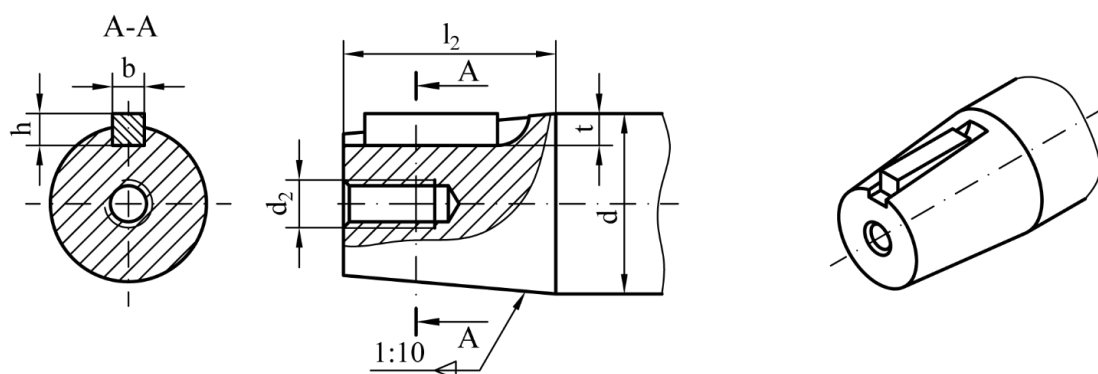


Fig. 8.4 Capăt de arbore conic cu filet interior

Capetele de arbore conice sunt destinate pentru fixarea cuplajelor, roților dințate, roților de curea, roților de lanț, etc., caz în care au practicate pe ele canale de pană. Pentru capetele de arbore conice cu diametrul nominal mai mic de 220 mm, canalul de pană se va prelucra paralel cu axa acestuia (fig. 8.3, fig. 8.4), iar pentru valori mai mari, paralel cu generatoarea conului (fig. 8.5).

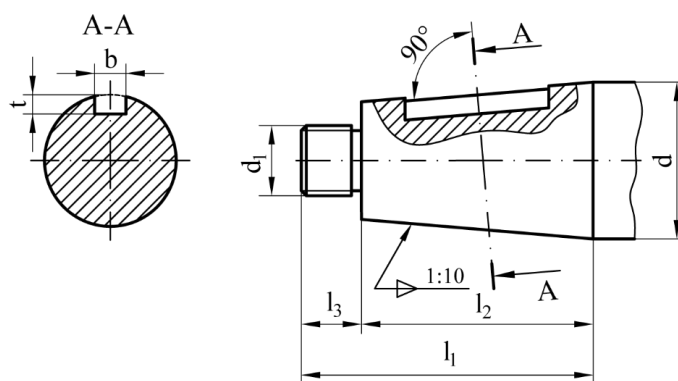


Fig.8.5 Capete de arbore conice, d > 220mm

În tabelul 8.4 sunt date câteva dimensiuni recomandate pentru capete de arbore conice, cu diametrul nominal de la 30 până la 160 mm.

Tabelul 8.4 Dimensiuni capete de arbore conice

Diam. nominal d [mm]	l ₁		l ₂		l ₃	Filet d ₁	Filet d ₂	b x h	t			
									lung	scurt		
30	80	58	58	36	22	M20x1,5	M10	5x5	4,5	3,9		
32								6x6	5,0	4,4		
35								10x8	7,1	6,4		
38											M24x2	M12
40												
42	110	82	82	54	28	M30x2	M16	12x8	7,6	6,9		
45												
48								M36x3	M20			
50										14x9	8,6	7,8
55												
56												
60	140	105	105	70	35	M42x3	M24	16x10	9,6	8,8		
63												
65								M48x3	M36			
70										20x12	10,8	
71												
75												
80	170	130	130	90	40	M56x4	M36	22x14	12,3	11,3		
85												
90								M64x4	M42			
95												
100	210	165	165	120	45	M72x4	M48	25x14	13,1	12		
110												
120								M80x4	M42			
125										28x16	14,1	13
130												
130												
140	250	200	200	150	50	M100x4	M48	15	13,8			
150												
150								M110x4	32x18	16,0	14,8	
160	M125x4	36x20	18,0	16,5								

Părțile de calare sau de asamblare sunt părțile care se utilizează pentru montarea diferitelor organe de rotație (roți de curea, roți dințate), prin intermediul penelor. Dacă arborele are mai multe canale de pană pe întreaga lungime, se recomandă ca acestea să se dispună pe aceeași generatoare. În funcție de necesități, canalele de pană se pot dispune și la 90° sau 180°.

Gulerele, în cazul în care există pe arbori, pot fi executate prin strunjire, din corpul arborilor, sau pot fi executate separat și montate pe arbore prin fretare.

Cerințele de diminuare a concentrărilor de tensiuni și de rezemare a pieselor în direcția axială impun racordări a capetelor de arbori cu celelalte tronsoane ale arborilor.

Astfel, raza de racordare trebuie să fie mai mare decât înălțimea umărului, $R > h$, $h = (D - d)/2$ (fig.8.6, a), iar în locurile supuse unor tensiuni mari, racordarea este precedată de o suprafață teșită la 60° , raza de racordare fiind de două ori mai mare decât înălțimea umărului, $R > 2h$ (fig.8.6, b).

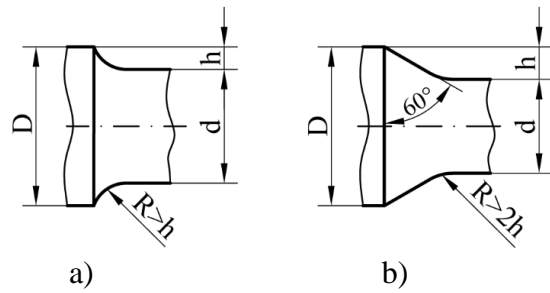


Fig.8.6 Racordarea capetelor de arbori

Bazat pe aceleași cerințe, când umerii arborilor se folosesc pentru sprijinirea elementelor asamblate, zonele de racordare între două tronsoane cu diametre diferite, se pot realiza în următoarele variante:

- soluția generală - fig.8.7, a;
- pentru diferențe mici de diametre - fig.8.7, b;
- pentru asamblarea de butuci cu muchie neteșită - fig.8.7, c.

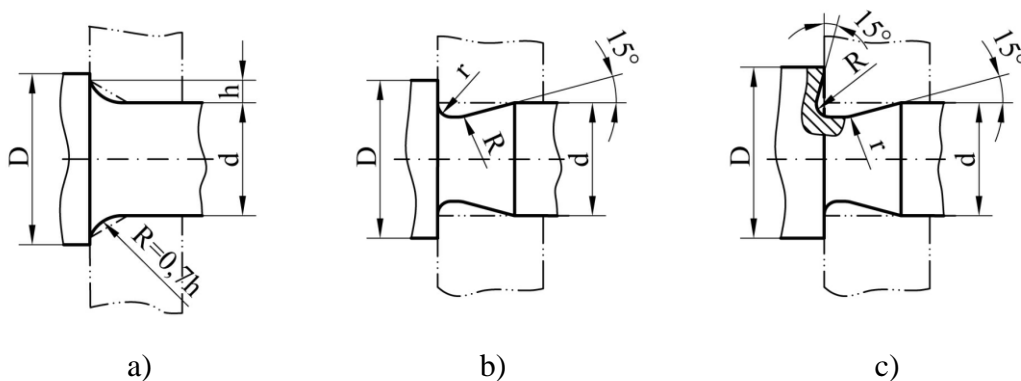


Fig.8.7 Racordarea tronsoanelor de arbori

Deoarece pe unele tronsoane ale arborilor se vor monta anumite organe de mașini care necesită o prelucrare superioară a suprafețelor prin rectificare, cerințele tehnologice privind accesibilitatea pietrei de rectificat impun trei forme constructive pentru degajările pentru rectificare, în funcție de scopul acestora:

- pentru rectificarea unei singure suprafețe – suprafața de diametru d (fig.8.8, a);
- pentru rectificarea a două suprafețe perpendiculare - suprafața de diametru d și suprafața frontală a umului arborelui (fig.8.8, b);
- pentru separarea suprafețelor cilindrice de aceleași diametre, dar cu toleranțe diferite (fig.8.8, c).

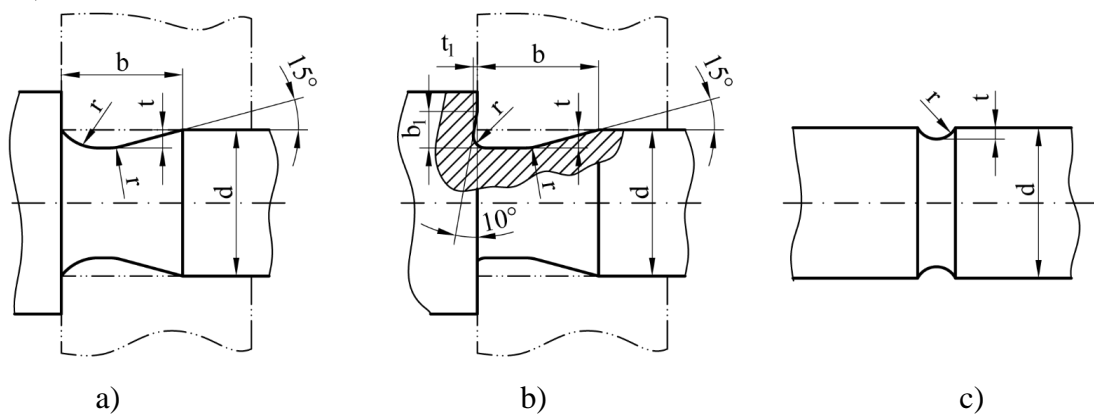


Fig. 8.8 Degajări pentru rectificare

Pentru degajările din figura 8.8 a și b valorile recomandate ale elementelor degajărilor sunt date în tabelul 8.5, iar pentru degajarea din figura 8.8 c, raza de racordare pentru toate dimensiunile se poate lua 5 mm, iar adâncimea degajării $t = 0,25$ mm.

Tabelul 8.5 Valorile recomandate ale elementelor degajărilor

r [mm]	t+0,1 [mm]	b [mm]	b ₁ ≈ [mm]	t ₁ +0,05 [mm]	d [mm]	
					solicitări simple	solicitări oscilatorii
0,1	0,1	0,5	0,8	0,1	până la 1.6	-
0,2	0,1	1	0,9	0,1	1,6 până la 3	-
0,4	0,2	2	1,1	0,1	3 până la 10	-
0,6	0,2	2	1,3	0,1	10 până la 18	-
0,6	0,3	2,5	2,0	0,2	18 până la 80	-
1	0,4	4	3,1	0,3	peste 80	-
1	0,2	2,5	1,7	0,1	-	18 până la 50
1,6	0,3	4	3,0	0,2	-	50 până la 80
2,5	0,4	5	4,6	0,3	-	80 până la 125
4	0,5	7	6,1	0,3	-	peste 125

Capetele de arbori sunt prevăzute cu găuri de centrare. Acestea reprezintă baze tehnologice de prelucrare a suprafețelor cilindrice ale arborilor. Găurile de centrare se execută în arbori ca o operație premergătoare prelucrării prin așchiere, cu ajutorul burghiurilor de centruire aferente fiecărui tip:

- SR ISO 866: 2011 Burghie de centruire pentru găuri de centrare fără teșitură de protecție. Tip A;
- SR ISO 2540: 2011 Burghie de centruire pentru găuri de centrare cu teșitură de protecție. Tip B;
- SR ISO 2541: 2011 Burghie de centruire pentru găuri de centrare cu profil curbiliniu. Tip R.

Mărimea găurii de centrare se alege în funcție de diametrul piesei de prelucrat și de alți parametri, cum ar fi greutatea piesei și forțele de așchiere. Pentru arborii prelucrați în condiții tehnologice ușoare și medii, diametrul găurii de centrare, d și implicit diametrul burghiului se alege în funcție de diametrul piesei prelucrate, D_0 conform tabelului 8.6.

Tabelul 8.6

Diam. piesei prelucrate D_0 [mm]	6÷16	16÷32	32÷56	56÷80	80÷120	> 120
Diam. găurii de centrare d [mm]	1,0; 1,25	1,6; 2,0	2,5; 3,15	4,0; 5,0	6,3; 8,0	10

Standardul SR EN ISO 6411 – 2001 specifică modul de reprezentare simplificată a găurilor de centrare și indicarea lor pe desenele tehnice. Această reprezentare se utilizează când nu este necesară reprezentarea formei și dimensiunilor exacte ale găurilor de centrare și când indicarea lor simplificată este suficientă pentru informare. Conform acestui standard, găurile de centrare de uz general, în construcția de mașini, au trei forme constructive, în funcție de burghiul utilizat:

a) gaură de centrare de tip A – fără teșitură de protecție – se utilizează pentru operațiile de degroșare și semifinisare, (fig.8.9, a);

b) gaură de centrare de tip B – cu teșitură de protecție – se utilizează pentru operațiile de finisare, (fig.8.9, b);

c) gaură de centrare de tip R – cu profil curbiliniu – se utilizează pentru operațiile de finisare, (fig.8.9, c).

Dimensiunile care sunt necesare pentru specificarea unei găuri de centrare, în funcție de tipul acesteia, sunt date în tabelul 8.7.

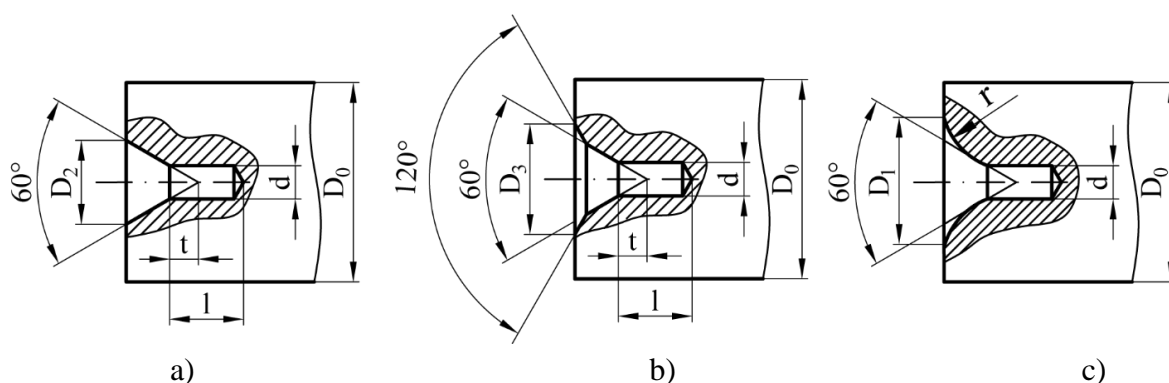


Fig. 8.9 Reprezentarea detaliată a găurilor de centrare

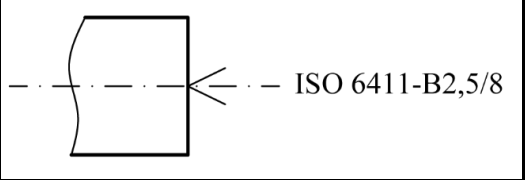
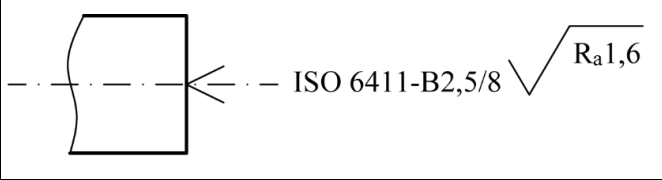
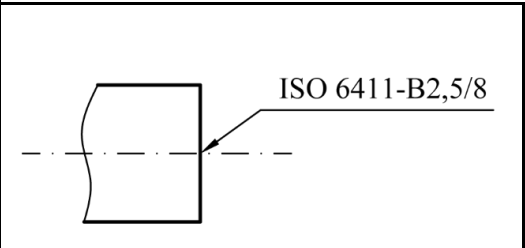
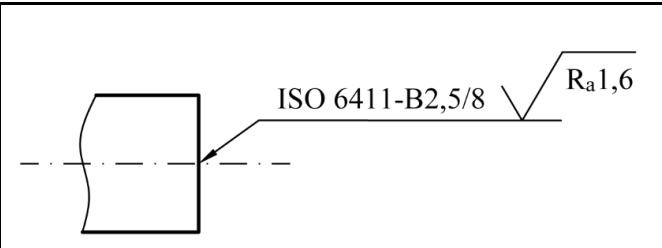
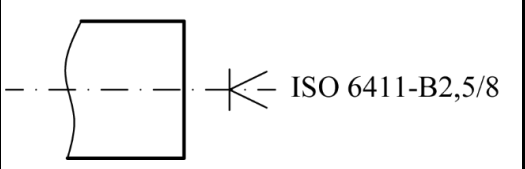
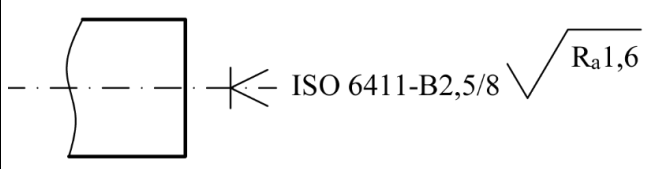
Tabelul 8.7 - Dimensiunile găurilor de centrare – SR EN ISO 6411: 2001

d [mm]	Tip R conform ISO 2541	Tip A conform ISO 866		Tip B conform ISO 2540	
	D ₁ [mm]	D ₂ [mm]	t [mm]	D ₃ [mm]	t [mm]
1,0	2,12	2,12	0,9	3,15	0,9
1,25	2,65	2,65	1,1	4	1,1
1,6	3,35	3,35	1,4	5	1,4
2,0	4,25	4,25	1,8	6,3	1,8
2,5	5,30	5,30	2,2	8	2,2
3,15	6,70	6,70	2,8	10	2,8
4,0	8,50	8,50	3,5	12,5	3,5
5,0	10,60	10,60	4,4	16	4,4
6,3	13,20	13,20	5,5	18	5,5
8,0	17,00	17,00	7,0	22,3	7,0
10,0	21,20	21,20	8,7	28	8,7

În funcție de necesități, găurile de centrare pot să rămână sau să nu rămână pe piesa finită. Modul în care se reprezintă simbolurile găurilor de centrare pe extremitatea arborelui, cât și indicarea acestora este prezentată în tabelul 8.8.

Notarea unei găuri de centrare cuprinde: standardul, tipul găurii (litera A, B sau R), valoarea diametrului nominal d și diametrul exterior al găurii, despărțite printr-o linie oblică.

Tabel 8.8 Variante de simbolizare a găurii de centrare pe desen

Rugozitatea pe partea conică funcțională este $R_{a\max} 3,2$	Rugozitatea pe partea conică funcțională $R_{a\max} 1,6$
Gaura de centrare condiționată prin element finit (gaura trebuie să rămână pe piesa finită)	
	
Gaura de centrare poate fi delimitată prin element finit (gaura poate să rămână pe piesa finită)	
	
Gaura de centrare nu trebuie determinată prin element finit ((gaura nu rămâne pe piesa finită)	
	

Exemplul de notare a unei găurii de centrare, forma B, cu diametrul $d = 2,5$ mm și $D_3 = 8$ mm: Gaură de centrare SR ISO 6411- B 2,5/8

Găurile de centrare se execută cu o rugozitatea a găurii de centrare $R_{a\max} 3,2$, rugozitățile mai mici decât această valoare se înscriu pe desen, alături de simbolizarea găurii de centrare (tab.8.8).

Ținând seama de ansamblul în care se integrează arborii, desenele lor de execuție se completează obligatoriu cu abaterile dimensionale și cele geometrice, de formă și de poziție. Desenele arborilor se prevăd deasemenea și cu simbolurile privind rugozitatea suprafețelor, conform standardelor în vigoare. Toate aceste elemente sunt necesare la verificarea și controlul final al arborilor.

În figura 8.10 s-a reprezentat și cotate un arbore drept cu secțiune circulară, variabilă, construit în trepte. Arborele este prevăzut cu un canal de pană paralelă, de forma A și un canal de pană disc, a căror dimensiuni transversale rezultă din secțiunile A-A și B-B executate. Trecerea de la un diametru la altul a diferitelor tronsoane de arbore se face prin raze de racordare. Rugozitatea generală a arborelui este $R_a 12,5$, iar celelalte suprafețe cu rugozitatea corespunzătoare. Tronsonul de arbore pe care se montează cu pană disc o roată dințată are o toleranța la concentricitate a tronsonului cu canal de pană față de suprafețele tronsoanelor alăturate notate A și B, de 0,1 mm. Arborele are la capătul din dreapta o gaură filetată înfundată pentru șurub M 6, iar la capătul din stânga în urma prelucrării rămâne o gaură de centrare forma A.

Axele se reprezintă și se cotează la fel ca arborii, ținând seama de rolul funcțional în ansamblul în care se montează (toleranțe dimensionale, toleranțe geometrice etc.).

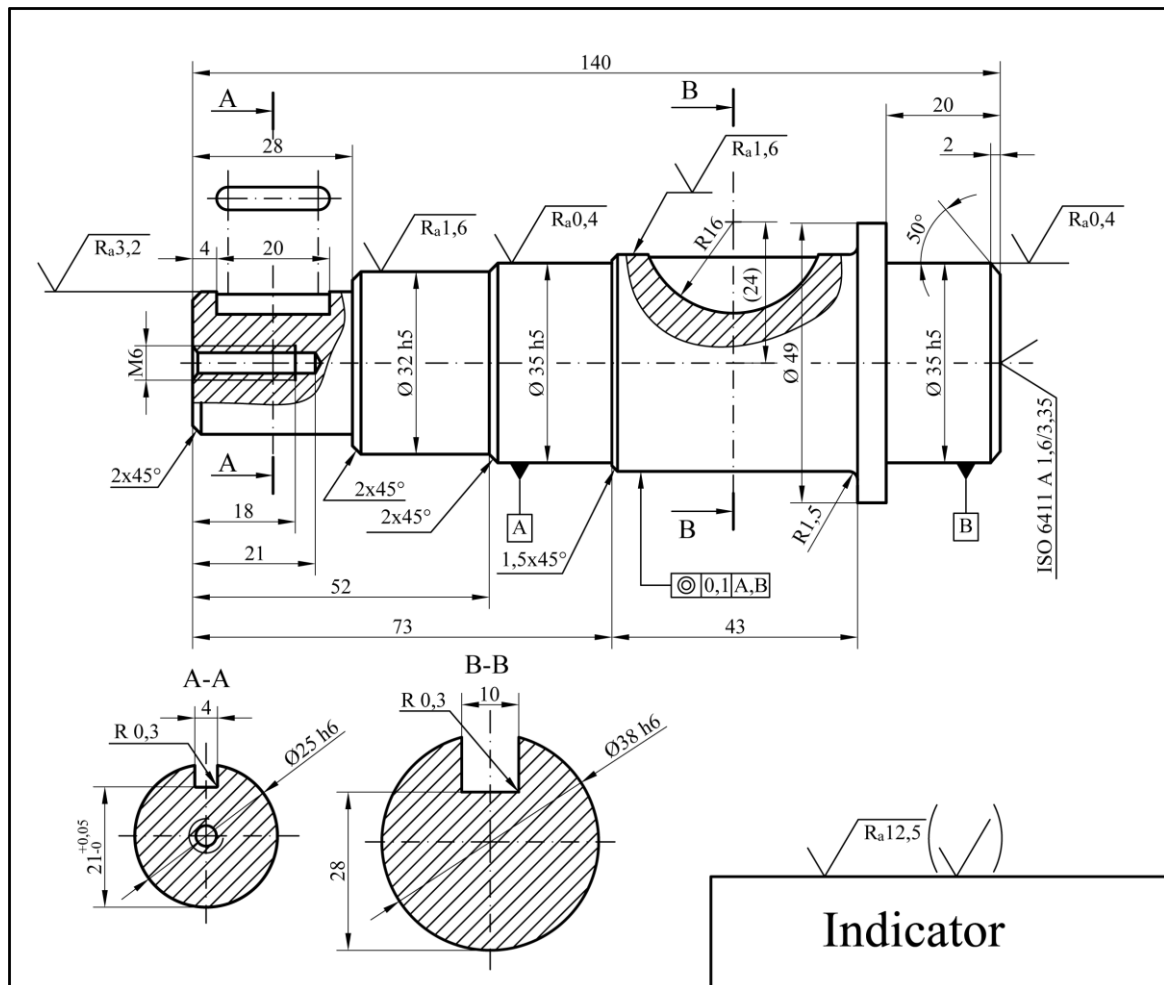


Fig.8.10 Desen de execuție arbore drept

În figura 8.11 s-a reprezentat un arbore cu un capăt conic cu filet exterior, prevăzut cu un umăr și un canal de pană. Arborele are la capete găuri de centrare de forma R. Tronsoanele cilindrice ale arborelui au o toleranță la coaxialitate față de axa piesei (marcată cu A) de 0,1 mm, iar gulerul arborelui o toleranță la bătaia frontală de 0,1 mm.

Desenul de execuție al unui ax de antrenare este prezentat în figura 8.12. Acesta are prelucrat un canal pentru pană paralelă forma A și la capătul drept al axului o frezare transversală pe o lățime de 3 mm. De asemenea, axul este prevăzut cu o gaură pătrunsă cu diametrul de 3 mm la distanța de 24 mm de capătul axului, a cărei axă de simetrie are o toleranță la perpendicularitate față de axa axului de 0,01 mm.

Pe desenul de execuție al arborelui cotit din figura 8.13, s-au executat rupturi la cele două capete, pentru a se evidenția structura internă a acestora, iar canalele de ungere cu diametrul de 4 mm, de la un cot la altul, s-au reprezentat cu linie întreruptă.

În figura 8.14 s-a reprezentat desenul de execuție al unui arbore drept, la a cărui cotare s-au considerat capetele arborelui ca baze de cotare, având în vedere modul de prelucrare.

Arborele cu came din figura 8.15 are patru came identice, dispuse la 90°, terminându-se la capătul din dreapta cu o flanșă cilindrică cu trei găuri filetate.

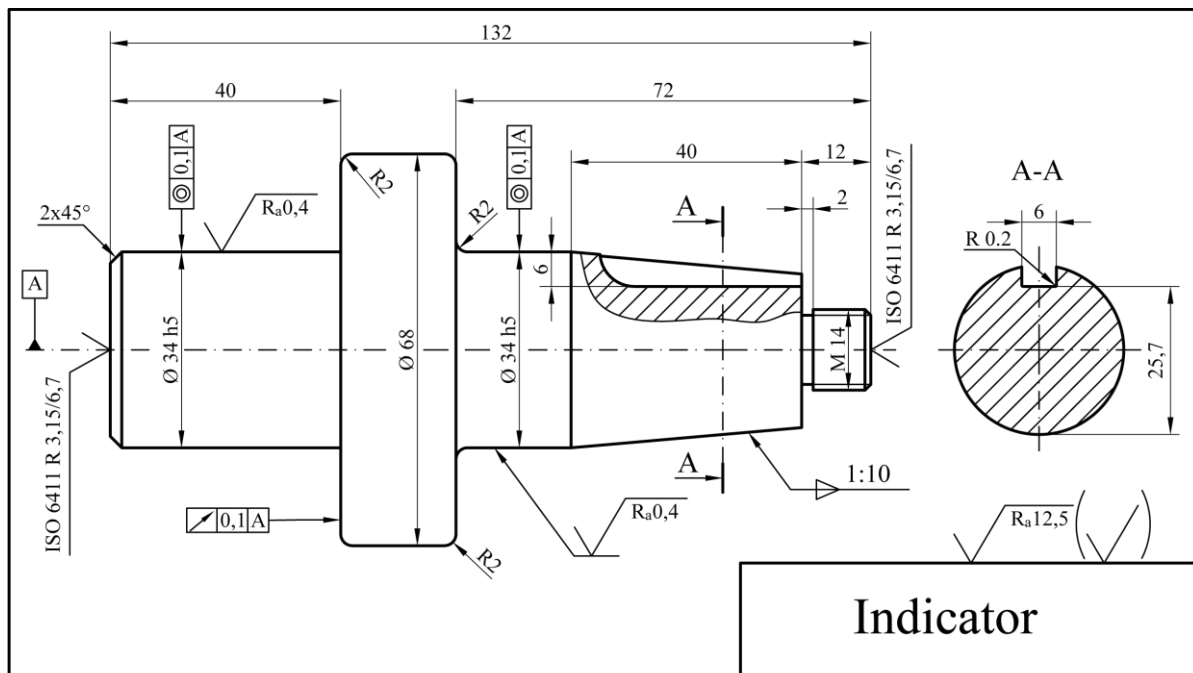


Fig.8.11 Desen de execuție arbore cu tronson conic

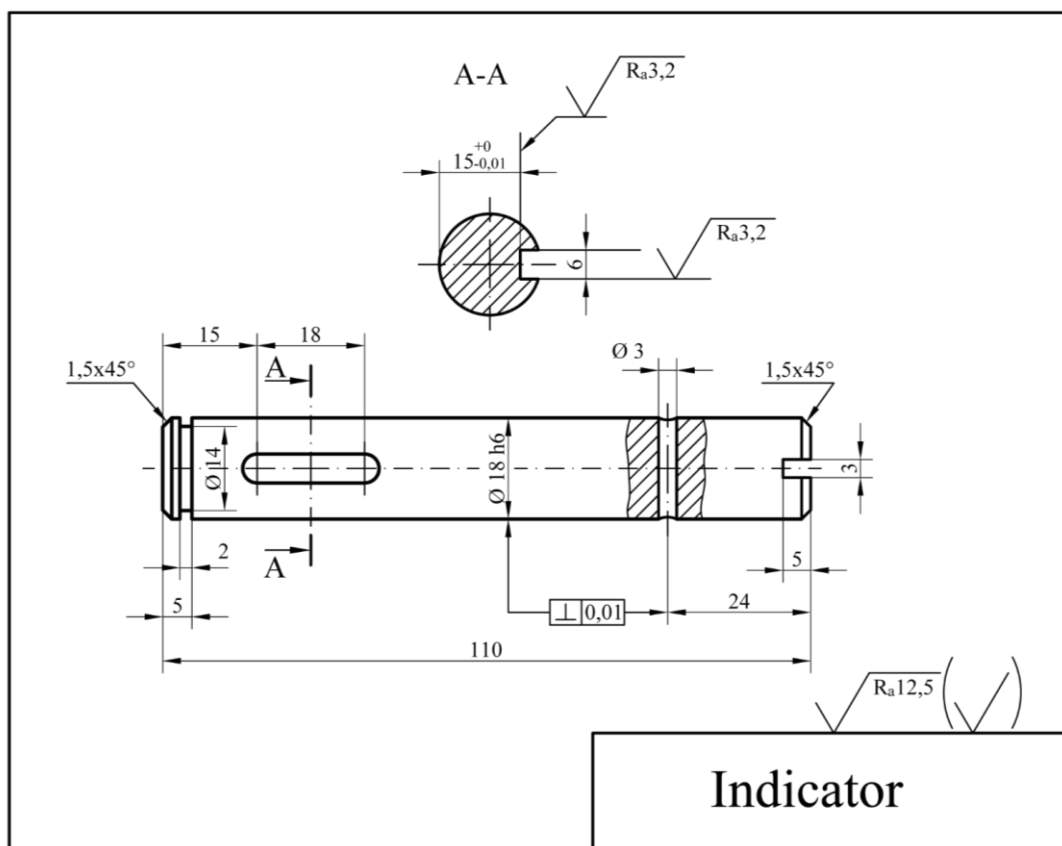


Fig.8.12 Desen de execuție ax de antrenare

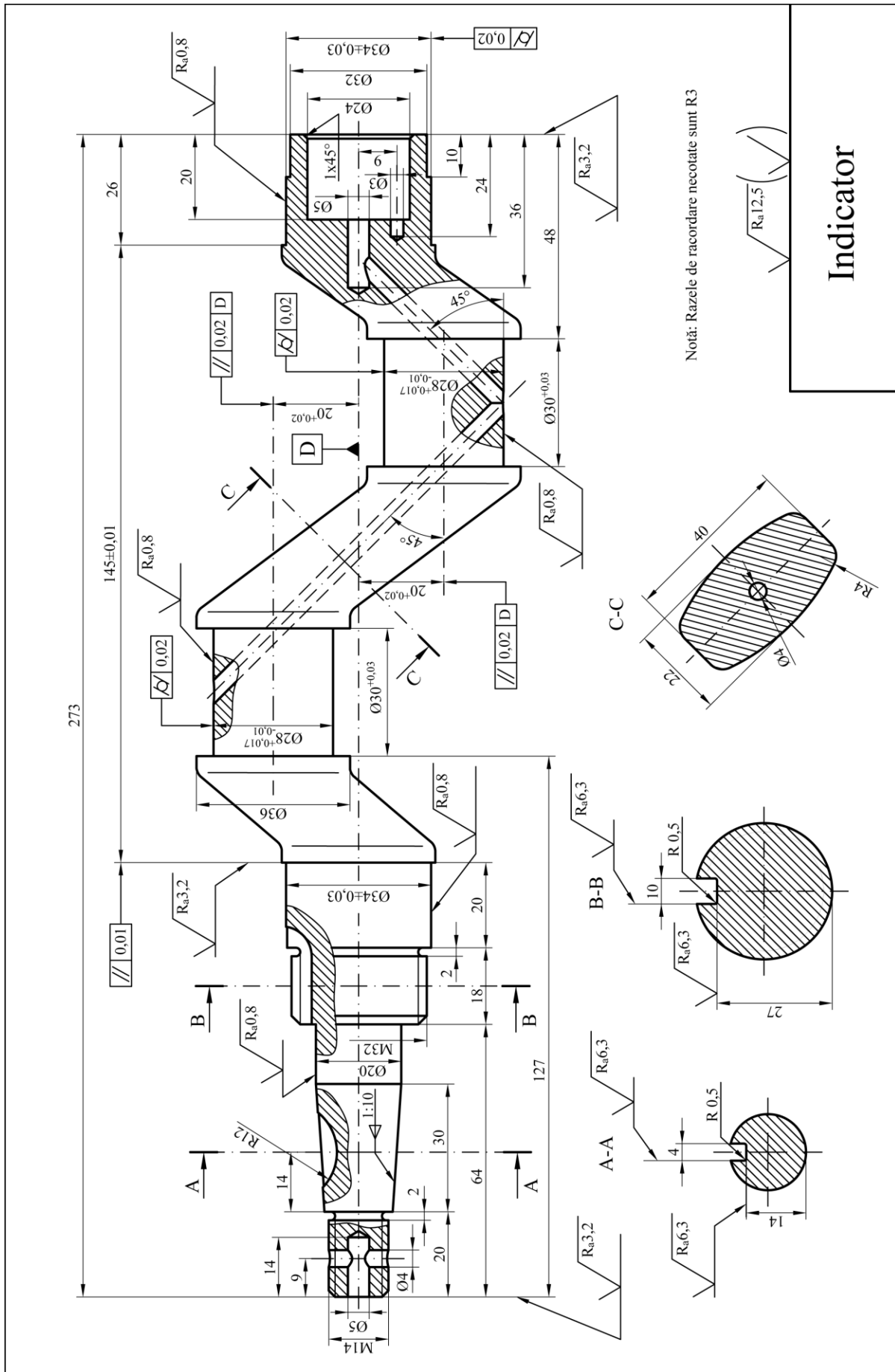


Fig.8.13 Desen de execuție arbore cotit

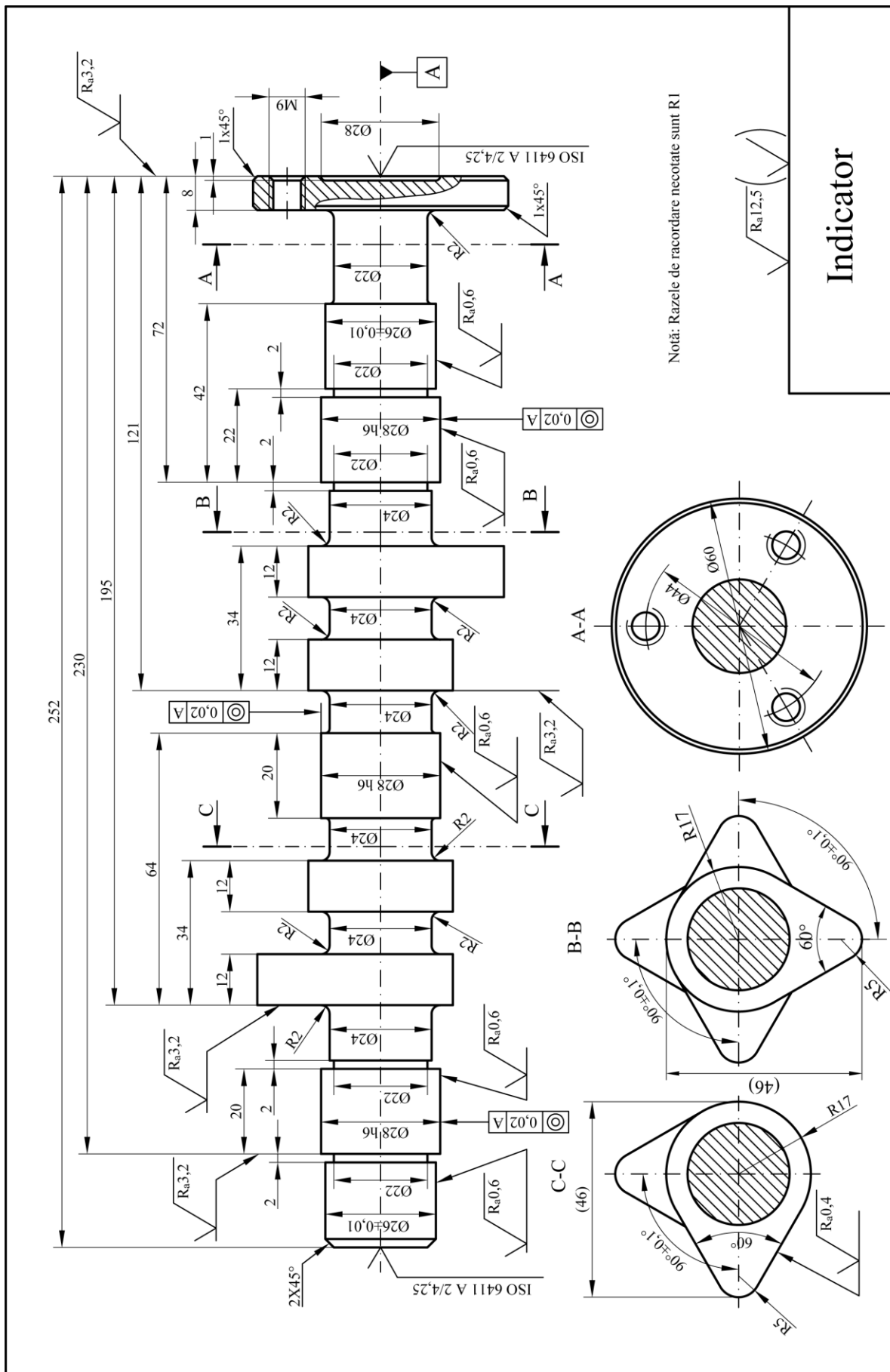


Fig.8.15 Desen de execuție arbore cu came