3 TRANSMISIILE ROBOȚILOR

3.1 Introducere

Transmisia aparține sistemului de acționare al robotului. Ea adaptează parametrii energetici furnizați de motor cu parametrii energetici ai mişcării relative dintre elementele cuplei cinematice conducătoare acționată. Adaptarea parametrilor energetici poate avea loc fără sau cu modificarea naturii mişcării.

Modificarea parametrilor energetici printr-o transmisie se realizează după ecuația puterilor, care pentru mişcări rotative de intrare - ieşire are forma:

$$\eta \cdot M_1 \cdot \omega_1 = M_2 \cdot \omega_2 \tag{3.1}$$

iar pentru mişcarea de intrare rotativă şi cea de ieşire de translație are forma:

$$\eta \cdot M_1 \cdot \omega_1 = F_2 \cdot v_2 \tag{3.2}$$

notațiile fiind: η - randamentul transmisiei, M_1 şi ω_1 - momentul de intrare, respectiv, viteza unghiulară de intrare, M_2 şi ω_2 - momentul de ieşire, respectiv, viteza unghiulară de ieşire, F_2 şi v_2 - forța, respectiv, viteza liniară la elementul de ieşire al transmisiei.

În construcția roboților, precizia (exactitatea) cinematică a transmisiei utilizate trebuie să fie ridicată. Precizia (exactitatea) cinematică a unei transmisii se apreciază prin eroarea cinematică, ea reprezentând diferența la un moment dat între valoarea teoretică şi valoarea efectiv realizată a unui parametru cinematic de ieşire (deplasare ori viteză), liniar sau unghiular. Pentru a obține precizii satisfăcătoare, trebuie evitată folosirea transmisiilor la care pot apare patinări, alunecări elastice, efecte de înfăşurare poligonală. Se pot utiliza trenuri de roți dințate ordinare / planetare, cu roți dințate cilindrice, conice, melcate şi cu cremalieră, dar numai luând măsuri de eliminare a jocurilor de flanc. Pot fi utilizate şi transmisii cu cuplă cinematică elicoidală de alunecare, dar şi la acestea se impune preluarea jocului dintre filete. Pentru construcția roboților există elaborate soluții specifice de preluare a jocurilor, dar ele au dezavantajul că măresc puterea disipată prin frecare şi prin aceasta reduc randamentul transmisiei. Se recomandă folosirea transmisiilor cu erori cinematice neglijabile. Din această categorie fac parte transmisiile cu cuplă cinematică elicoidală de rostogolire, transmisiile cu dantură cicloidală, transmisiile armonice, poliangrenajele, transmisiile sincrone cu curele dințate.

3.2 Soluții constructive pentru preluarea jocului de flanc în angrenaje

Pentru preluarea jocului de flanc într-un angrenaj sau tren de roți dințate, există metode pasive şi active.

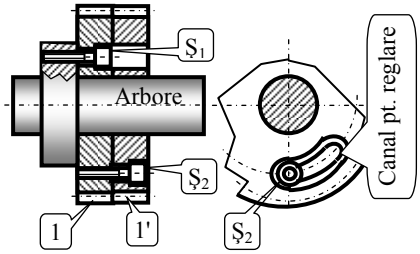
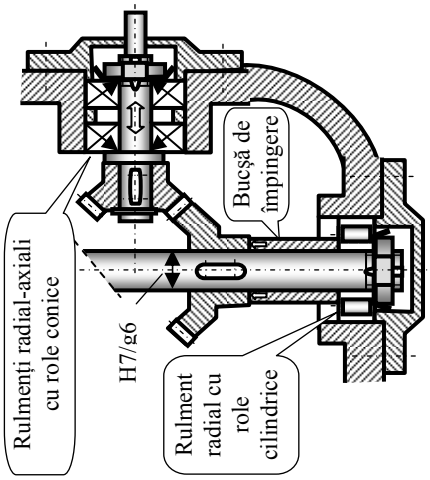
Metodele pasive urmăresc aproprierea roților aflate în angrenare, până la realizarea contactului bilateral între dinți. Soluțiile bazate pe metode pasive folosesc fie

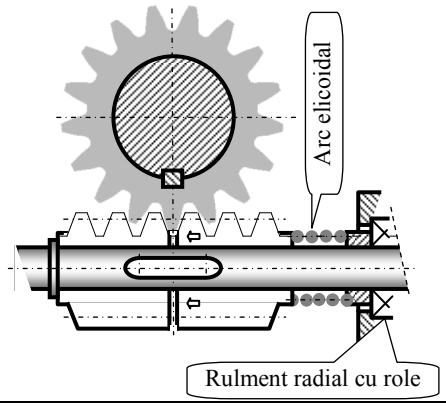
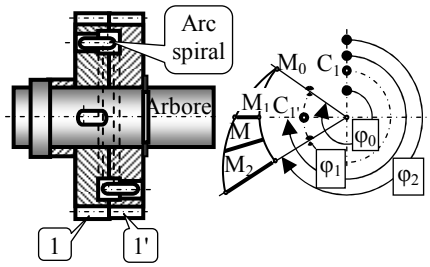
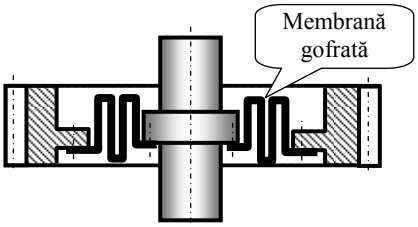
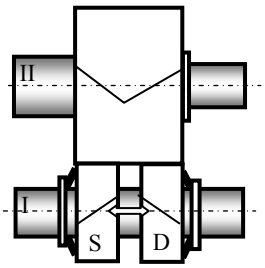
un element de reglare, fie un element elastic adaptiv. În ultimul caz apăsarea roţilor spre contactul dintre danturi se realizează pe seama forţei / momentului generat prin montajul pretensionat al elementului elastic.

Folosirea elementului de reglare are avantajul că asigură o bună stabilitate la vibraţii, dar are dezavantaje, întrucât este sensibil la dilatările termice ale roţilor şi pe măsura uzării danturilor reclamă o refacere a reglajului. Soluţiile care utilizează un element elastic sunt mai instabile la vibraţii, dar au avantajul adaptabilităţii la bătăile radiale ale danturilor cauzate de execuţia lor necorespunzătoare şi la modificările dimensionale ale danturilor cauzate de deformaţiile termice şi de procesul de uzare.

În Tab. 3.1 se prezintă soluţii constructive tipice bazate pe metoda pasivă de eliminare a jocului de flanc la diferite tipuri de angrenaje.

Tab. 3.1

NR	SCHEMA	OBSERVAŢII
1		Această soluţie serveşte la preluarea jocului de flanc prin reglare la angrenaje cilindrice cu dinţi drepţi. Una dintre roţile angrenajului este jumelată. Partea 1 este fixată prin şuruburile $Ş_1$ de arbore. Partea 1' este rotită în jurul axei sale până la eliminarea jocului de flanc faţă de roata conjugată, după care se strâng şuruburile $Ş_2$. Soluţia prezentată poate fi aplicată atât la angrenajul cilindric exterior şi interior, cât şi la angrenajul cu cremalieră.
2		Această soluţie permite eliminarea prin reglare a jocului de flanc la un angrenaj conic. Ea se bazează pe modificarea poziţiei axiale a uneia dintre roţi. În acest scop, roata de deplasat trebuie montată pe arbore printr-un ajustaj alunecător. Deplasarea axială produsă prin rotirea piuliţei de la capătul de arbore, se popagă la roată prin inelul interior al rulmentului radial cu role cilindrice şi o bucşă de împingere.

3		Această soluție servește la eliminarea adaptivă a jocului de flanc la un angrenaj melcat. O piuliță (neprezentată explicit), înșurubată pe capătul de arbore din dreapta desenului, deplasează inelul interior al rulmentului radial cu role, comprimând prin bucșa distanțoare un arc elicoidal. Forța elastică acumulată în arc asigură apăsarea într-un pachet fără joc cele două părți ale melcului, pe dintele cuprins a roții melcate.
4		Această soluție reprezintă varianta adaptivă a celei prezentată pe linia 1. Între părțile 1 şi 1' ale roții jumelate se interpune un arc spiral pretensionat de constantă k, care în stare montată dezvoltă un moment de torsiune de valoare: $M = k(\varphi_0 - \varphi) \quad . \ \varphi \in (\varphi_1, \varphi_2)$ Acest moment rotește roata 1' în raport cu axa roții 1, până la cuprinderea dintelui în angrenare a roții conjugate fără joc.
5		La această soluție obada dințată a uneia dintre roțile angrenajului se montează pe arbore prin intermediul unei membrane gofrate. Distanța între axe a angrenajului se realizează mai mică decât cea teoretică. Datorită elasticității radiale a membranei, se obține un angrenaj adaptiv, fără joc.
6		La această soluție constructivă, roata condusă este danturată în V iar roata conducătoare conține două părți. Partea notată cu S are dantura înclinată spre stânga, cea notată cu D are dantura înclinată spre dreapta. Deoparte şi alta ale roților S şi D se găsesc nişte arcuri disc montați cu pretensionare. Forța axială de pretensionare asigură suprimarea jocului de flanc din angrenaj.

Metodele active folosite pentru eliminarea jocurilor de flanc presupun participarea unor părţi din sistemul de comandă al robotului. Soluţiile constructive având la bază o metodă activă permit scoaterea jocurilor cumulate din partea a mai multor angrenaje legate într-un tren de roţi dinţate.

Soluţia prezentată în Fig. 3.1 se pretează la roboţii acţionaţi hidraulic. Elementul condus al schemei este portsatelitul 4, iar elementul conducător este pinionul 1 sau pinionul1' - după sensul de mişcare dorit. Pentru sensul de mişcare indicat cu săgeţi motorul care antrenează este M_1. Motorul M_2 fiind în această fază alimentat prin supapa de reducere a presiunii SRP_2 va dezv olta un moment inferior lui M_1, deci va lucra ca o pompă cu refulare la tanc, frânând mişcarea. Pentru sensul de mişcare invers motorul M_2 va antrena iar M_1 alimentat prin SRP_1 va realiza frânarea mişcării. În acest mod, sectorul dinţat al roţii 0 cuprins între roţile 3 şi 3' rămâne mereu comprimat şi în consecinţă întregul tren de roţi va lucra fără joc în ambele sensuri. Soluţia este folosită la manipulatoarele sincrone indigene MS-200, MS-500 şi MS-1000.

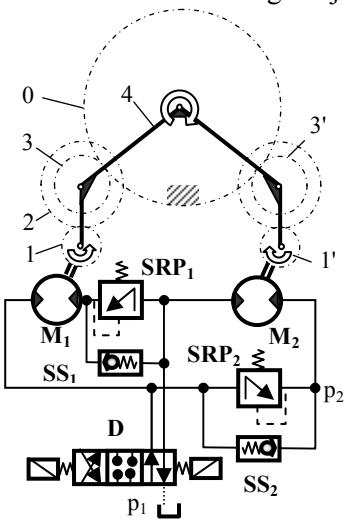


Fig. 3.1

3.3 Despre adecvabilitatea unei transmisii

Adecvabilitatea unei transmisii exprimă gradul de corelare al performanţelor sale cu cerinţele de utilizare. Dintre performanţele necesare adecvării unei transmisii pentru utilizarea ei în construcţia roboţilor s-a amintit deja precizia cinematică.

Un alt indicator este precizia (exactitatea) dinamică. Aceasta din urmă este legată de capacitatea transmisiei de a nu pierde mişcare prin deformarea elementelor sale sub sarcină. Creşterea preciziei dinamice presupune o valoare ridicată a rigidităţii transmisiei.

Rigiditatea unei transmisii se defineşte prin valoarea forţei generalizate aplicată elementului de intrare, când elementul de ieşire este blocat, care produce o cedare elastică cumulată a elementelor egală cu unitatea.

Transmisiile cu rigiditate mare trebuie să conţină un număr mai mic de elemente, fiecare rigid la rândul lui.

În general sunt necesare rapoarte de transmitere mari, care după cum s-a arătat trebuie realizate într-un număr mic de trepte. Aceste cerinţe pot fi soluţionate, folosind reductoare planetare (reductorul precesional, reductorul cicloidal şi reductorul armonic).

Creşterea preciziei dinamice a condus la elaborarea unor reductoare compacte care au volume specifice mici. Reducerea gabaritului a creat posibilitatea înglobării transmisiilor în chesoanele din care sunt alcătuite elementele structurilor portante ale dispozitivelor de ghidare, condiţie care stă la baza asigurării supleţei roboţilor.

În Fig. 3.2 este ilustrată folosirea reduc-torului precesional la acționarea unei cuple cinematice conducătoare de rotație, aparținând unui robot suplu. Elementul considerat fix al cuplei cinematice conducătoare este notat cu 1, iar cel condus, cu 2. Reductorul precesional conține un tambur 5, solidar cu inelele de rulare 6 şi 7, două roți centrale 10 şi 11 cu danturi conice exterioare şi un satelit 9, prevăzut pe ambele fețe cu danturi conice interioare, având numere de dinți egale. Mişcarea de intrare pătrunde la tambur de la motorul 3 prin angrenajul conic format din elementele 4 şi 5. Canalul înclinat dintre inelele 6 şi 7 imprimă satelitului prin corpurile de rostogolire 8 o mişcare precesională în jurul axei PP. În timpul mişcării, satelitul angrenează atât cu roata fixă 10 cât şi cu roata condusă 11 legată de elementul 2. Raportul de transmitere al reductorului precesional:

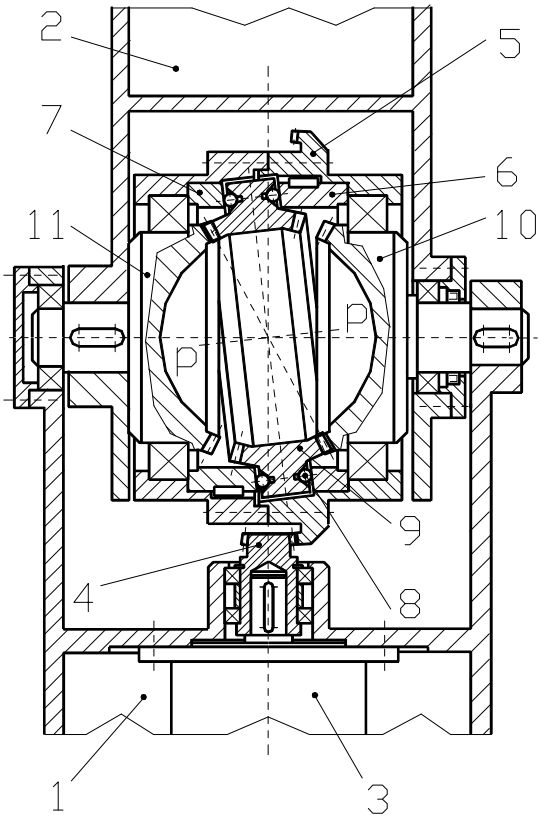


Fig. 3.2

$$i_{5,11} = z_{11} / (z_{11} - z_{10}) \tag{3.3}$$

este mare, dacă diferența numerelor de dinți ale roților centrale se alege egală cu unitatea. Aceasta este soluția obținerii în gabarit mic, a unui moment de ieşire mare.

3.4 Transmisia cu cuplă cinematică elicoidală

Transmisia cu cuplă cinematică elicoidală are la bază un mecanism şurub piuliță şi este folosit pentru convertirea mişcării de rotație a şurubului în mişcare de translație a piuliței sau invers. Această transmisie intervine în construcția roboților atât ca transmisie de forță în cadrul sistemelor de acționare ale axelor de translație din mecanismele generatoare de traiectorie, în acționarea axelor de rotație ale mecanismelor de orientare, în sistemele de acționare ale meselor de poziționare-orientare şi ale unor dispozitive de prehensiune cît şi ca transmisie cinematică, spre

exemplu în sistemele de acţionare ale cititoarelor de memorie în unităţile hard ori floppy disc, sau în cele de tip compact disc.

După tipul contactului în cupla elicoidală, transmisiile cu mecanism şurub - piuliţă pot fi de alunecare şi de rostogolire. Prima variantă are avantajul simplităţii şi compactităţii constructive, rezistă la şocuri, amortizează vibraţiile şi au un cost relativ redus, prezintă însă dezavantajul preciziei mai mici şi a randamentului mecanic mai scăzut ($\eta \sim 0.2 - 0.8$). Cea de a doua variantă asigură o funcţionare lină, mişcarea de ieşire rezultă precisă, randamentul mecanic este mai mare ($\eta \sim 0.85 - 0.95$), dar are o construcţie complexă, necesită o întreţinere grijulie şi are costul mai ridicat.

3.4.1 Transmisia cu cuplă cinematică elicoidală de alunecare

Aceste transmisii au ca elemente active o tijă filetată şi o piuliţă. Profilul filetului este în mod obişnuit trapezoidal. După stabilirea materialelor adecvate pentru tija filetată şi piuliţa aferentă, care să asigure creşterea randamentului şi a rezistenţei la uzură, prelungind astfel durata de bună funcţionare a ansamblului şi găsirea tehnologiilor de execuţie celor mai productive, care să permite coborârea costului de fabricaţie odată cu ridicarea preciziei de execuţie a elementelor componente, transmisia cu cuplă cinematică elicoidală de alunecare a devenit un produs de serie, tipizat.

Cu aceste transmisii pot fi soluţionate trei deziderate:

- convertirea unui moment de torsiune într-o forţă de împingere axială mare;
- generarea unei mişcări de translaţie rapidă;
- transmiterea momentului de torsiune de la tijă la piuliţă, cu sau fără translatarea relativă a componentelor.

Primul deziderat presupune folosirea unui filet de pantă mică, deci cu un singur început şi pas mic. Transmisiile care răspund acestor cerinţe sunt executate în două variante tip: **DCM** - cu piuliţa flanşată (Tab. 3.2) şi **DC** - cu piuliţa cilindrică (Tab. 3.3).

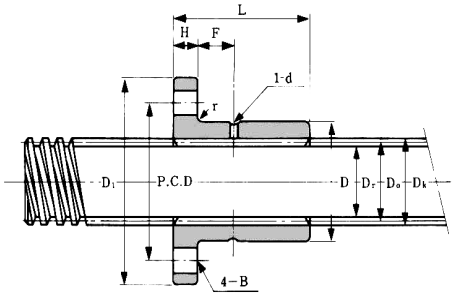
Al doilea deziderat presupune ca filetul să aibă pantă mărită, deci trebuie utilizate filete cu mai multe începuturi, intercalate în paşi mari. Aceste condiţii sunt îndeplinite la transmisiile de variantă **DCMA** - cu piuliţă flanşată scurtă şi la cele de variantă **DCMB** - cu piuliţă flanşată lungă (Tab. 3.4).

Pentru realizarea celui de al treilea deziderat unghiului elicei trebuie redusă la zero, ceea ce corespunde unui unghi de pantă al filetului egal cu 90º. În acest fel filetul cu z începuturi degenerează într-o dantură dreaptă cu z dinţi, denumită dantură spline. Transmisiile cu dantură spline sunt executate în două variante tip: **DPM** - cu cuzinetul flanşat (Tab. 3.5) şi **DP** - cu cuzinetul cilindric (Tab.3.6).

Piuliţele acestor transmisii sunt executate în producţia de serie prin turnare sub presiune în cochile metalice, direct la dimensiunile finite inclusiv pentru filet, economisind astfel cheltuielile de manoperă care ar fi necesare în cazul prelucrării lor prin aşchiere.

Tab. 3.2

Transmisie cu cuplă cinematică elicoidală de alunecare, varianta: **DCM**

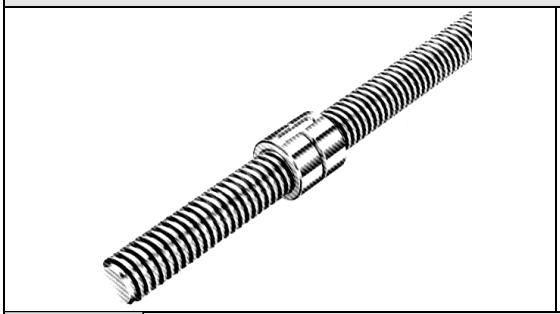


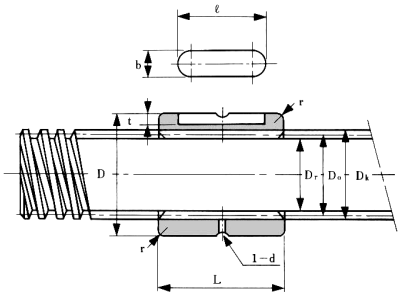
Simbolul piuliței	Dimensiunile piuliței [mm]									Greutate [kgf]
	D h9	L	D_1	H	B	PCD	r	F	d	
DCM 12	22	30	44	6	5,4	31	1,5	7	1,5	0,100
DCM 14										0,085
DCM 16	28	35	51	7	6,6	38	1,5	8	1,5	0,160
DCM 20	32	40	56	7	6,6	42	1,5	10.5	2	0,210
DCM 25	36	50	61	8	6,6	47	2	14	2,5	0,290
DCM 32	44	56	76	10	9	58	2	15	2,5	0,490
DCM 36	52	60	84	10	9	66	2,5	17	3	0,670
DCM 40	58	70	98	12	11	76	2.,5	19	3	0,980
DCM 45	64	75	104	12	11	80	2,5	21.5	4	1,310
DCM 50	68	80	109	12	11	85	2,5	24	4	1,430

Simbolul şurubului	Dimensiunile şurubului [mm]						Greutate liniară [kgf/m]	Forţa dinamică axială permisă F_d [kgf]
	D_k	D_0	D_r	e pasul elicei	α [°] unghiul elicei	Lungime standard		
CS 12	12	11	9,5	2	3°19′	1000	0,800	400
CS 14	14	12,5	10,5	3	4°22′		1,000	500
CS 16	16	14,5	12,5	3	3°46′		1,300	680
CS 20	20	18	15,5	4	4°03′	1500	2,000	1000
CS 25	25	22,5	19,5	5	4°03′		3,100	1450
CS 32	32	29	25,5	6	3°46′	2000	5,200	2150
CS 36	36	33	29,5	6	3°19′		6,700	2630
CS 40	40	37	33,5	6	2°57′		8,400	3450
CS 45	45	41	36,5	8	3°33′	3000	10,400	4290
CS 50	50	46	41,5	8	3°10′		13,000	5110

Tab. 3.3

Transmisie cu cuplă cinematică elicoidală de alunecare, varianta: **DC**



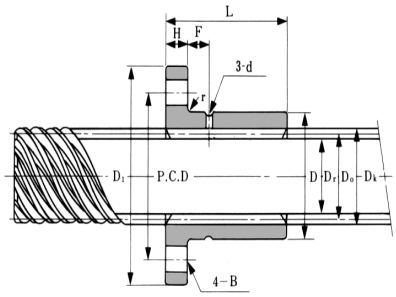


Simbolul piuliței	Dimensiunile piuliței [mm]							Greutate [kgf]
	D h9	$L_{-0.3}$	r	b N9	t	ℓ	d	
DC 12	22	22	1	4	2	16	1,5	0,040
DC 14								0,045
DC 16	28	26	1	5	2,5	18	1,5	0,075
DC 20	32	31	1	7	2,5	22	2	0,110
DC 25	36	40	1	7	2,5	26	2,5	0,155
DC 32	44	45	1,5	10	4	32	2,5	0,230
DC 36	52	49	1,5	12	4,5	40	3	0,380
DC 40	58	57	1,5	15	5	42	3	0,520
DC 45	64	62	1,5	15	5	48	4	0,730
DC 50	68	67	1,5	15	5	52	4	0,810

Simbolul şurubului	Dimensiunile şurubului [mm]						Greutate liniară [kgf/m]	Forța dinamică axială permisă F_d [kgf]
	D_k	D_0	D_r	e pasul elicei	α [°] unghiul elicei	Lungimi standard		
CS 12	12	11	9,5	2	3°19′	1000	0,800	290
CS 14	14	12,5	10,5	3	4°22′		1,000	370
CS 16	16	14,5	12,5	3	3°46′		1,300	500
CS 20	20	18	15,5	4	4°03′	1500	2,000	780
CS 25	25	22,5	19,5	5	4°03′		3,100	1160
CS 32	32	29	25,5	6	3°46′	2000	5,200	1740
CS 36	36	33	29,5	6	3°19′		6,700	2160
CS 40	40	37	33,5	6	2°57′		8,400	2800
CS 45	45	41	36,5	8	3°33′	3000	10,400	3560
CS 50	50	46	41,5	8	3°10′		13,000	4270

Tab. 3.4

Transmisia cu cuplă cinematică elicoidală de alunecare, varianta: **DCMA / DCMB**

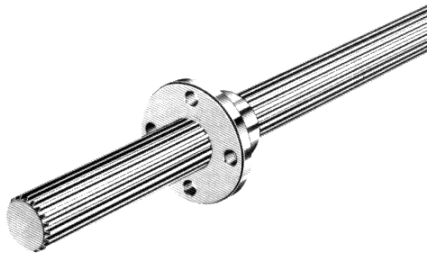


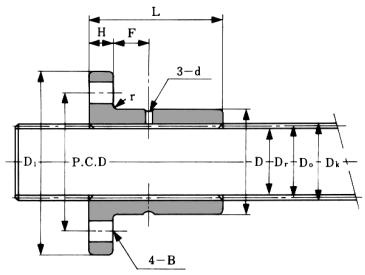
Simbolul piuliței	Dimensiunile piuliței [mm]									Greutate [kgf]
	D h9	L	D_1	H	B	PCD	r	F	d	
DCMA 15 T	22	15	44	6	5,4	31	1,5	4,5	1,5	0,060
DCMB 15 T		30								0,085
DCMA 20 T	32	20	56	7	6,6	42	1,5	6,5	2	0,135
DCMB 20 T		40								0,210
DCMA 30 T	44	28	76	10	9	58	2	9	2	0,290
DCMB 30 T		56								0,465
DCMA 40 T	58	35	98	12	11	76	2,5	11,5	3	0,715
DCMB 40 T		70								1,065
DCMA 50 T	68	40	109	12	11	85	2,5	14	3	0,925
DCMB 50 T		80								1,375

Simbolul șurubului	Dimensiunile șurubului [mm]					z număr dinți	α [°] unghiul elicei	Greut. liniară [kgf/m]	Mom. de torsiune dinamic permis M_d [kgfm]	Forța dinamică axială permisă F_d [kgf]
	D_k	D_0	D_r	e pasul elicei	Lungimi standard					
CT 15 T	15,8	13,7	11,6	44,4	500 1000	8	45	1,2	1,7	235
CT 15 T									3,3	470
CT 20 T	21,2	18,7	16,2	60	500 1000 1500	9		2,6	4,1	425
CT 20 T									8,1	850
CT 30 T	31,9	29,4	26,9	93,3	500 1000 2000	14		5,3	13,3	825
CT 30 T									27,4	1650
CT 40 T	44	38,18	33,3	119,9		12		9,0	38,9	2040
CT 40 T									77,8	4080
CT 50 T	52	47,73	42,9	149,9	1000 2000 3000	15		14,0	69,5	2910
CT 50 T									139	5820

Tab. 3.5

Transmisia cu cuplă cinematică de alunecare cu dantură spline, varianta: **DPM**



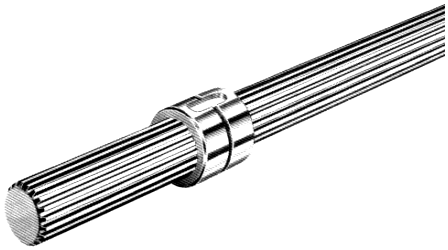


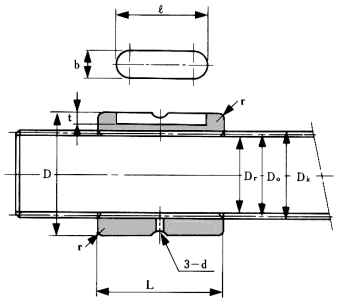
Simbolul cuzinetului	Dimensiunile cuzinetului [mm]									Greutate [kgf]
	D h9	L	D_1	H	B	PCD	r	F	d	
DPM 1520	22	20	44	6	5,4	31	1,5	7	1,5	0,07
DPM 1530		30								0,08
DPM 2028	32	28	56	7	6,6	42	1,5	10,5	1,5	0,16
DPM 2040		40								0,20
DPM 3040	44	40	76	10	9	58	2	15	2	0,40
DPM 3056		56								0,48
DPM 4050	58	50	98	12	11	76	2,5	19	3	0,83
DPM 4068		68								0,97
DPM 5060	68	60	109	12	11	85	2,5	24	3,5	1,08
DPM 5080		80								1,29

Simbolul tijei	Dimensiunile tijei [mm]				z - număr de dinți	Greutate liniară [kgf/m]	Mom. de torsiune dinamic permis M_d [kgfm]
	D_k	D_0	D_r	Lungime standard			
SS 15	16,1	15	13,5	1500	16	1,4	3,1
SS 15							4,7
SS 20	21,5	20	18,3		16	2,5	7,2
SS 20							10,2
SS 30	31,8	30	28,2		20	5,5	21,6
SS 30							30,3
SS 40	42,4	40	37,5		20	9,8	49,0
SS 40							68,6
SS 50	53,0	50	46,8		20	15,4	92,8
SS 50							124,0

Tab. 3.6

Transmisia cu cuplă cinematică de alunecare cu dantură spline, varianta: **DP**

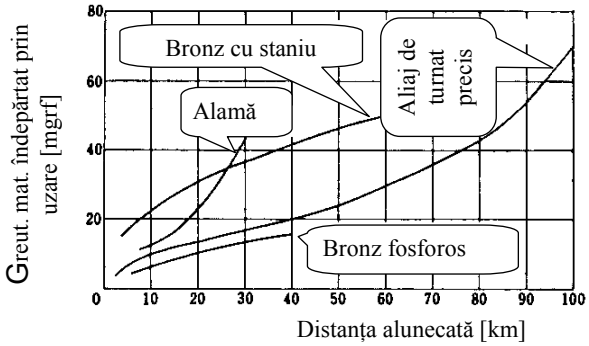




Simbolul cuzinetului	Dimensiunile cuzinetului [mm]							Greutate [kgf]
	D h9	$L_{-0.3}$	r	b N9	t	ℓ	d	
DP 12	22	22	1	4	2	16	1,5	0,040
DP 15	22	22	1	4	2	16	1,5	0,030
DP 17	28	26	1	5	2,5	18	1,5	0,065
DP 20	32	31	1	7	2,5	22	1,5	0,100
DP 25	36	40	1	7	2,5	26	2	0,135
DP 30	44	45	1,5	10	4	32	2	0,230
DP 35	52	49	1,5	12	4,5	40	2,5	0,360
DP 40	58	57	1,5	15	5	42	3	0,510
DP 45	64	62	1,5	15	5	48	3	0,640
DP 50	68	67	1,5	15	5	52	3,5	0,710

Simbolul tijei	Dimensiunile tijei [mm]				z număr de dinți	Greutate liniară [kgf/m]	Mom. de torsiune dinamic permis M_d [kgfm]
	D_k	D_0	D_r	Lungime standard			
SS 12	12.8	12	10,9	1500	16	0,9	2,0
SS 15	16,1	15	13,5			1,4	3,4
SS 17	18,2	17	15,4			1,7	4,9
SS 20	21,5	20	18,3			2,5	7,9
SS 25	26,9	25	22,6			3,8	17,2
SS 30	31,8	30	28,2		20	5,5	24,3
SS 35	37,1	35	32,8			7,5	36,9
SS 40	42,4	40	37,5			9,8	55,8
SS 45	47,7	45	42,1			12,4	78,2
SS 50	53,0	50	46,8			15,4	104,0

În scopul turnării a fost elaborat un aliaj special, cu compoziția Al - (3 ~ 4)%, Cu - (3 ~ 4)%, Mg - (0,03 ~ 0,06)%, Be - (0,02 ~ 0,06)%, Ti - (0,04 ~ 0,12)% şi restul Zn, având proprietăți termice excelente pentru turnarea de precizie (temperatura de topire 390°C, căldura specifică de 0,11 kcal / kg / °C), proprietăți mecanice bune (efortul unitar admis la tracțiune σ_{adm} = 22 ~ 25 kgf/mm^2, efortul unitar admis de compresiune $\sigma_{c\ adm}$ = 30 ~ 40 kgf/mm^2, duritatea de 120 ~ 145 HV) şi rezistența la uzare apropriată cu a bronzului fosforos (Fig.3.3).



Cond. exp.: - maş. de înc. la uzare: Amsler
- turația: 185 rot / min;
- încărcarea: 40 kgf;
- lubrificant: Dynamo oil

Fig. 3.3

Tijele transmisiilor cu cuplă cinematică de alunecare se execută din oțeluri carbon de îmbunătățire. Filetul se realizează prin rulare (**T**), aşchiere fină (**K**) şi rectificare (**G**) iar dantura spline prin roluire (**T**). Calitatea suprafeței şi precizia filetului sunt determinate de tehnologia de filetare (Tab. 3.7).

Tab. 3.7

Rugozitatea şi precizia	Tehnologia de filetare		
	T	**K**	**G**
Rugozitatea [μm]	0,4	3.2	0,8
Eroarea de pas [mm]	±0,02	±0,015	±0,005
Eroarea cumulată de pas la 300 mm avans [mm]	±0,15	±0,050	±0,015

La o rugozitate de finisare dată, duritatea suprafeței de contact a tijei este hotărâtoare asupra duratei de viață a piuliței. Curba de uzare redată în Fig. 3.4 arată, că duritatea tijei trebuie să depăşească 250 HV.

Cu tehnologiile de tip **T** durităților necesare se obțin fără aplicarea vreunui tratament termic, deoarece ele ecruisează materialul în stratul superficial, netezind totodată excelent flancul filetului.

Netezimea flancului filetului uşurează întinderea unguentului în cupla cinematică de alunecare într-o peliculă continuă, reducând coeficientul de frecare.

Randamentul η al transmisiei depinde de coeficientul de frecare μ prin relația:

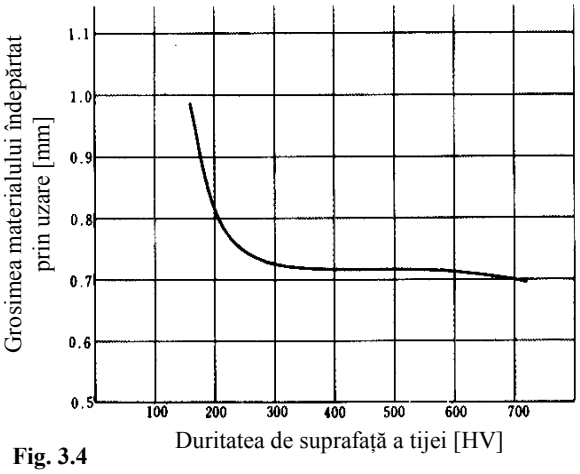


Fig. 3.4

$$\eta = \frac{1 - \mu \cdot tg\alpha}{1 + \mu / tg\alpha} \qquad (3.4)$$

α fiind unghiul de pantă al filetului. Curbele η(α) cu μ parametru sunt prezentate în Fig. 3.5. Se vede, că micşorarea lui μ îmbunătăţeşte semnificativ randamentul transmisiei.

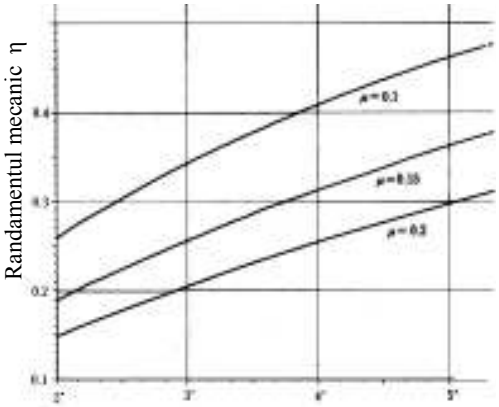


Fig. 3.5

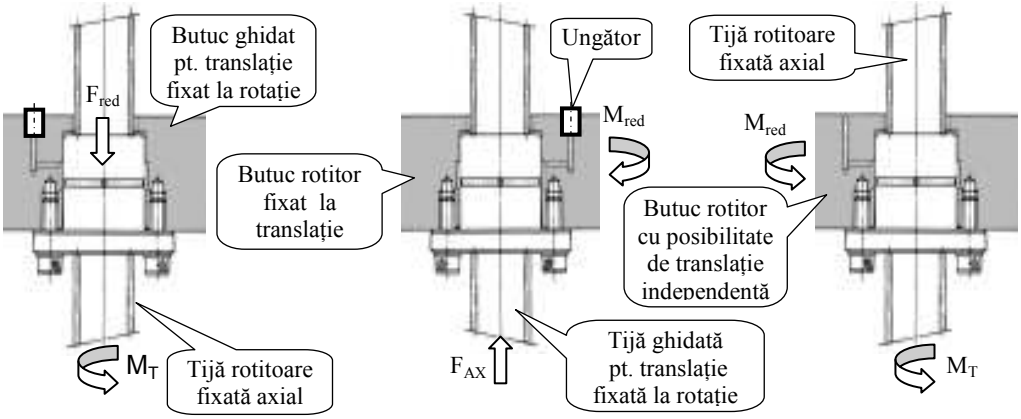
Cunoaşterea randamentului se impune fie pentru calculul momentului de torsiune M_T de aplicat şurubului pentru a deplasa ghidat o sanie cu piuliţă împotriva forţei de rezistenţă axială redusă F_{red} (Fig. 3.6-a), folosind relaţia:

$$M_T = \frac{F_{red} \cdot e}{2 \cdot \pi \cdot \eta} \qquad (3.5)$$

fie pentru calculul forţei axiale F_{AX} de aplicat şurubului pentru antrenarea unui butuc rotitor solidarizat cu piuliţa, împotriva unui moment rezistent redus M_{red} (Fig. 3.6-b), folosind relaţia:

$$F_{AX} = \frac{2 \cdot \pi \cdot M_{red}}{\eta \cdot e} \qquad (3.6)$$

unde cu e s-a notat pasul filetului.



a) - reprezentativ la transmisiile: **DCM**, **DC**, **DCMB**

Fig. 3.6

b) - reprezentativ la transmisiile: **DCMA**, **DCMB**

c) - reprezentativ la transmisiile spline: **DPM**, **DP**

La transmisia cu dantură spline momentul se transmite integral (Fig. 3.6-c), întrucât nu se disipează putere prin frecare în lipsa mişcării de translaţie dependentă de rotaţia componentelor. Deci în acest caz:

$$M_T = M_{red} \tag{3.7}$$

Mărimea unei transmisii cu cuplă cinematică elicoidală de alunecare se alege din tabelele dimensionale pe baza valorii forţei dinamice permise F_d, respectiv a valorii momentului dinamic permis M_d. Acestea reprezintă încărcări stabilite din condiţia să producă pe aria de contact a filetelor presiuni de 1 kgf / mm^2 şi sunt specificate în tabelele dimensionale ale transmisiilor.

Forţa dinamică permisibilă necesară se calculează cu relaţia:

$$F_{d\,nec} \geq \frac{f_S}{f_T} \cdot F_{red} \tag{3.8}$$

iar momentul dinamic permisibil necesar, cu relaţia:

$$M_{d\,nec} \geq \frac{f_S}{f_T} \cdot M_{red} \tag{3.9}$$

Factorul de siguranţă f_S ţine seama de dinamica încărcării transmisiei (Tab. 3.8), iar factorul de temperatură f_T, de temperatura de lucru a acestea (Tab. 3.9).

Tab. 3.8

Tipul încărcării	f_S
Încărcare constantă modificată rar	1 - 2
Încărcare frecventă într-un sens	2 - 3
Încărcare cu vibraţii sau şocuri	≥ 4

Tab. 3.9

Temp. °C	≤ -20	-20~5	5~60	60~120
f_T	0,2	0,2-0,5	1,0	0,5-1,0

Stabilitatea temperaturii de lucru trebuie asigurată prin ungerea corespunzătoare a transmisiei. La sarcini mari şi viteze mici uleiul de lubrifiere va avea o vâscozitate ridicată. La sarcini mici şi viteze mari se utilizează uleiuri cu vâscozitate mică. În cazul mişcărilor intermitente cu viteze mici, ungerea se realizează prin gresare cu unsoare consistentă, conţinând săpun de litiu.

Pentru transmisia care se alege, valorile de catalog ale lui F_d sau M_d trebuie să fie superioare valorilor de calcul.

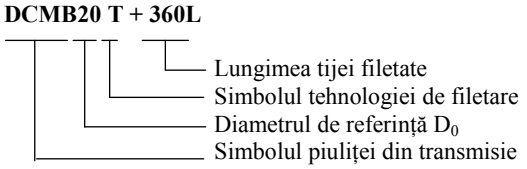


Fig. 3.7

În documentaţiile tehnice transmisiile cu cuplă cinematică elicoidală de alunecare se specifică

codificat. La alcătuirea codului intervin: simbolul piuliței (sau a cuzinetului), valoarea diametrului de referință a filetului D_0, simbolul tehnologiei de filetare şi lungimea tijei filetate, aşa cum s-a indicat în Fig. 3.7. Lungimea tijei trebuie să fie inferioară lungimii standard, aceasta fiind cea mai mare lungime executată în serie.

După selectarea unei mărimi, trebuie verificat dacă regimul de funcționare nu periclitează transmisia la gripare. În acest scop se utilizează nomograme pv, având pe axa p - presiunea de contact, iar pe axa v - viteza de alunecare relativă a filetelor. Puterii maxim disipabile prin frecare pe unitatea de arie a cuplei cinematice elicoidale îi corespunde în nomogramă o linie critică, care pentru aliajul de turnare amintit este cea redată în Fig. 3.8. Pentru evitarea gripajului, punctul de funcționare de coordonate p şi v, trebuie să fie sub linia critică.

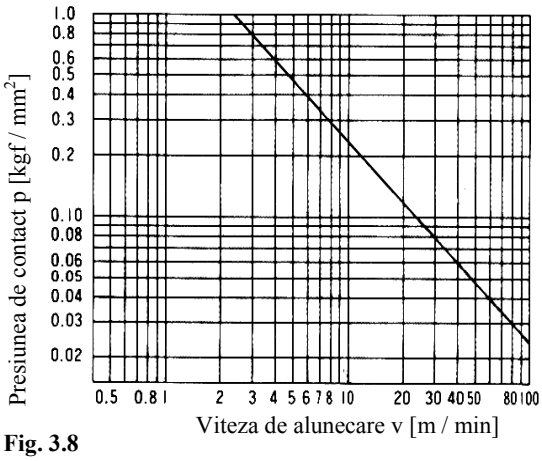


Fig. 3.8

Presiunea de contact depinde de încărcarea elementului condus. Dacă încărcarea este o forță redusă F_{red} exprimată în kgf, presiunea de contact se calculează cu:

$$p = \frac{F_{red}}{F_d} \quad \left[kgf/mm^2\right] \qquad (3.10)$$

iar dacă încărcarea este un moment de torsiune redus M_{red} exprimat în kgfm, presiunea de contact se calculează cu:

$$p = \frac{M_{red}}{M_d} \quad \left[kgf/mm^2\right] \qquad (3.11)$$

Viteza de alunecare în cupla elicoidală se determină cu relația:

$$v = \frac{\pi \cdot D_0 \cdot n}{\cos \alpha} \qquad (3.12)$$

unde n este turația tijei filetate. Cunoscând viteza de avans s a saniei antrenate, turația va rezulta din relația:

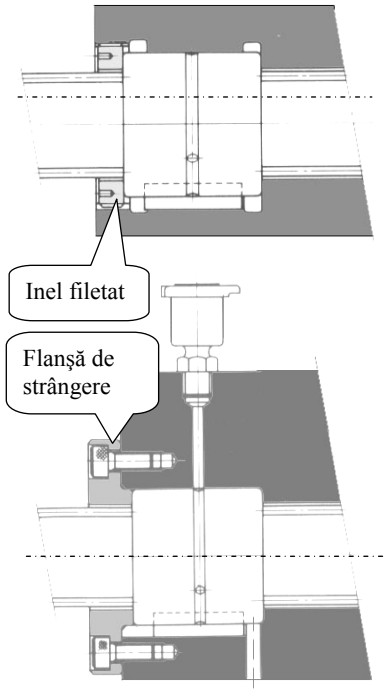


Fig. 3.9

$$n = s/e \tag{3.13}$$

La transmisiile cu dantură spline, viteza de alunecare este egală cu viteza avansului axial. Dacă punctul de funcţionare rezultă deasupra liniei critice, se impune alegerea altei transmisii cu valoarea lui F_d, sau M_d mai mare.

O piuliţă cu flanşă se montează în alezajul saniei după modelele redate în Fig. 3.6. Exemple de montare ale piuliţelor cilindrice sunt prezentate în Fig. 3.9. Alezajele se execută în câmpul de toleranţă H8 sau J8 pentru a forma cu piuliţa un ajustaj de alunecare sau intermediar. Pentru aşezarea corectă a flanşei, alezajul trebuie teşit la (r+0,5)x45°.

3.4.2 Transmisia cu cuplă cinematică elicoidală de rostogolire

Aceste transmisii au ca elemente principale o tijă şi o nucă filetate. Profilul filetelor este semicircular în secţiunea normală la linia elicei. Cele două filete închid o cale de rulare umplută cu bile, care se rostogolesc în timpul funcţionării transmisiei atât pe tijă cât şi în nucă. Această mişcare relativă impune recircularea bilelor. Există două soluţii constructive pentru recircularea corpurilor de rostogolire: cu tub de recirculare - utilizată în cazul filetelor cu un singur început (Fig. 3.10-a), respectiv cu piese de capăt prevăzute cu canale de întoarcere a bilelor - utilizată la filete cu mai multe începuturi (Fig. 3.10-b).

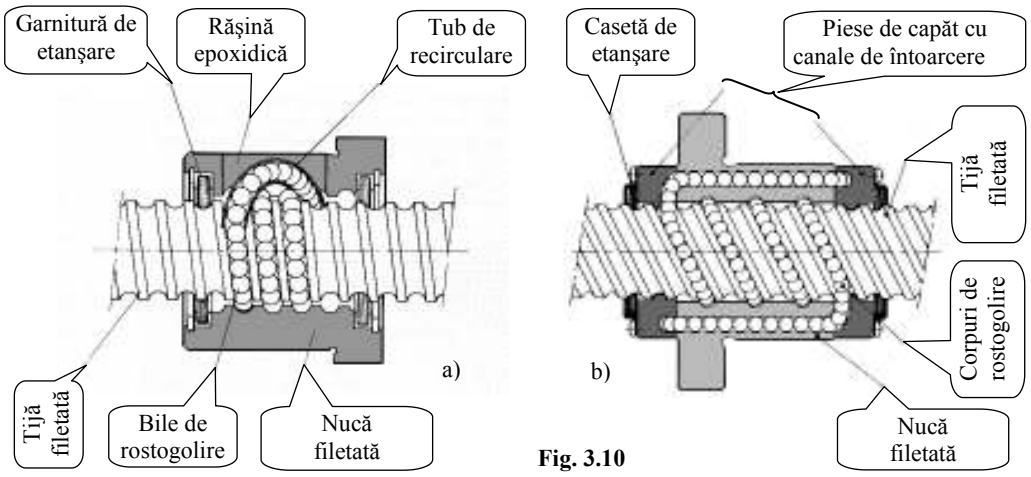


Fig. 3.10

Tubul de recirculare a bilelor se fixează de corpul nucii prin intermediul unei bride sau printr-un pat turnat în răşină epoxidică. La a doua metodă, pentru acelaşi diametru a tijei filetate, dimensiunile radiale ale transmisiei sunt mai mici.

Bilele de rostogolire sunt preluate din fabricaţia de serie a rulmenţilor. Tija filetată se execută din oţel aliat cu crom, prin strunjire, călirea prin inducţie a căii de rulare la duritatea de 57 ~ 64 HRC şi rectificare. Pentru execuţia filetelor cu mai multe începuturi se practică şi procedura de rulare, fiind mai productivă şi mai ieftină. Nuca se realizează din oţel aliat cu crom şi molibden, carburat şi călit la duritatea de 58 ~ 64 HRC.

După valoarea erorii cumulate de pas pe 300 mm lungime de tijă, transmisiile cu cuplă elicoidală de rostogolire sunt categorisite în clase de precizie (Tab. 3.10), iar după valoarea jocului axial din cupla elicoidală - în grupe de precizie (Tab. 3.11).

Tab. 3.10

Clasa de precizie	C_0	C_1	C_2	C_3	C_5
Eroarea cumulată de pas [μ/300mm]	3,5	5	7	8	18

Tab. 3.11

Grupele de precizie		G_0	G_1	G_2	G_3
Valoarea jocului axial [mm]	La filetul prelucrat prin aşchiere	sub 0	0 ~0,01	0 ~ 0,02	0 ~ 0,05
	La filetul prelucrat prin rulare	-	0,1	0,2	0,25

Transmisiile cu cuple cinematice elicoidale de rostogolire sunt tipizate în funcţie de forma nucii şi după modul de realizare a recirculării bilelor. Dimensiunile unor variante tip sunt redate în Tab. 3.13 - Tab. 3.19.

Mărimea unei transmisii se alege pe baza capacităţii sale de încărcare statică C_{0a}. Se înţelege prin capacitate de încărcare statică a transmisiei forţa de încărcare axială, care produce asupra bilelor, în punctele de contact cu căile de rulare, o deformare permanentă egală cu 10^{-4} din diametrul lor. Până la această deformare mişcarea decurge lin. Capacitatea de încărcare statică necesară se calculează cu relaţia:

$$C_{0a\,nec} \geq f_S \cdot F_{red} \tag{3.14}$$

unde F_{red} este forţa axială rezistentă redusă la elementul condus iar f_S este factorul de sarcină, care ţine seama de dinamica funcţionării transmisiei (Tab. 3.12). La alegerea din tabele dimensionale, mărimea transmisiei va trebui să aibă capacitatea de încărcare statică superioară celei calculate.

Tab. 3.12

Dinamica de funcţionare	f_S
Funcţionare normală	1 ~ 2
Funcţionare cu vibraţii şi şocuri	2 ~ 3

În documentaţia tehnică o transmisie tipizată cu cuplă cinematică elicoidală de rostogolire se notează codificat.

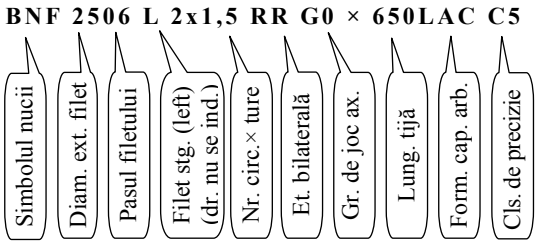


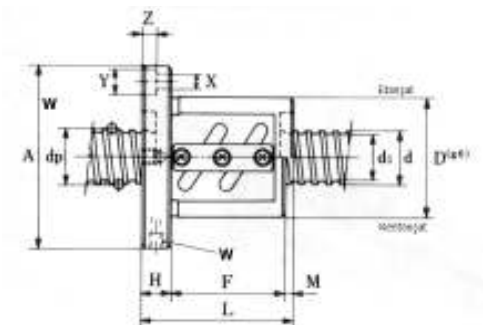
Fig. 3.11

În alcătuirea codului intră: simbolul nucii, diametrul exterior al tijei filetate, pasul şi sensul înclinării filetului, numărul de circuite × numărul turelor pe circuit, specificarea etanşării - dacă se cere, grupa jocului axial, lungimea tijei filetate, forma capetelor de arbore şi clasa de precizie a pasului (Fig. 3.11).

Prezenţa jocului axial dimi-nuează precizia transmisiei. Utilizarea grupei de precizie G_0 nu este indicată datorită costului ridicat. O metodă mai eficientă pentru reducerea jocului axial, chiar la valori negative, constă în pretensionarea transmisiei.

Tab. 4.13

Transmisie cu cuplă cinematică elicoidală de rostogolire, varianta: **BNF**

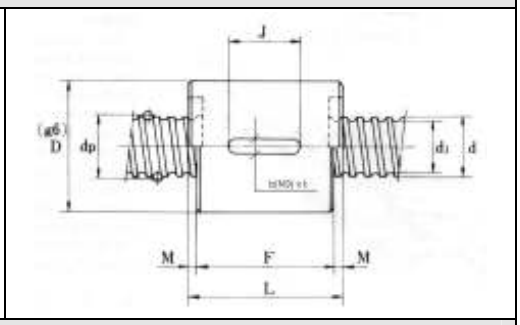


Simbol	Dimensiuni [mm]								
	d	e pas	D_a diam bilă	dp	d_1	Circuite x ture	D	A	H
BNF 1605-2.5	16	5	3.175	16.75	13.2	1x2.5	40	60	10
BNF 1810-2.5	18	10	3.175	18.8	15.5	1x2.5	42	65	12
BNF 2005-5	20	5	3.175	20.75	17.2	2x2.5	44	67	11
BNF 2508-3	25	8	4.763	26.25	20.5	2x1.5	58	85	15
BNF 3210A-5	32	10	6.350	33.75	26.4	2x2.5	74	108	15
BNF 3608-5	36	8	4.763	37.25	31.6	2x2.5	70	114	18
BNF 4010-3	40	10	6.350	41.75	34.4	2x1.5	82	124	18
BNF 4512-5	45	12	7.144	47.0	39.1	2x2.5	90	130	18
BNF 5012-5	50	12	7.938	52.25	43.3	2x2.5	100	146	22
BNF 6312A-5	63	12	7.938	65.25	56.3	2x2.5	115	161	22
BNF 7010-5	70	10	6.350	71.75	64.5	2x2.5	125	167	18
BNF 8010-5	80	10	6.350	81.8	75.2	2x2.5	130	176	22
BNF 8020A-5	80	20	9.525	82.7	72.9	2x2.5	143	204	28

Simbol	Dimensiuni [mm]								Capacit. de înc.		Rigid
	F	L	M	W	X	Y	Z	S	C_a kgf	C_{0a} kgf	K kgf/μm
BNF 1605-2.5	28	41	3	50	4.5	8	4.5	M6	760	1420	17
BNF 1810-2.5	45	69	12	53	5.5	9.5	5.5	M6	800	1620	19
BNF 2005-5	42	56	3	55	5.5	9.5	5.5	M6	1540	3570	39
BNF 2508-3	51	71	5	71	6.6	11	6.5	M6	1890	4020	30
BNF 3210A-5	78	100	7	90	9	14	8.5	M6	4820	11500	63
BNF 3608-5	64	92	10	92	11	17.5	11	M6	3480	9700	66
BNF 4010-3	65	90	7	102	11	17.5	11	M6	3470	8620	46
BNF 4512-5	93	119	8	110	11	17.5	11	PT1/8	6650	18200	84
BNF 5012-5	93	123	8	122	14	20	13	PT1/8	8040	22500	92
BNF 6312A-5	93	123	8	137	14	20	13	PT1/8	8920	28400	111
BNF 7010-5	80	111	13	145	11	17.5	11	PT1/8	6830	25200	116
BNF 8010-5	78	107	7	152	14	20	13	PT1/8	7200	28900	129
BNF 8020A-5	142	187	17	172	18	26	17.5	PT1/8	16700	60100	175

Tab. 3.14

Transmisie cu cuplă cinematică elicoidală de rostogolire, varianta: **BN**

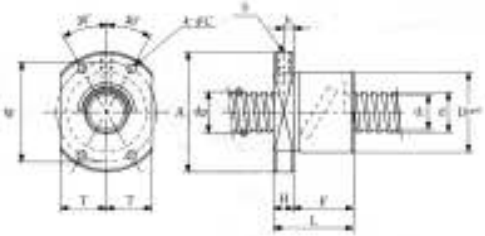


Simbol	Dimensiuni [mm]								
	d	e pas	D_a diam bilă	dp	d_1	Circuite x ture	D	F	L
BN 1605-2.5	16	5	3.175	16.75	13.2	1x2.5	40	32	38
BN 2005-3	20	5	3.175	20.75	17.2	2x1.5	44	42	48
BN 2005-5	20	5	3.175	20.75	17.2	2x2.5	39	44	52
BN 2510A-2.5	25	10	4.763	26.3	21.4	1x2.5	58	39	65
BN 3210A-3	32	10	6.350	33.75	26.4	2x1.5	74	71	85
BN 3608-5	36	8	4.763	37.25	31.6	2x2.5	70	64	84
BN 4010-3	40	10	6.350	41.75	34.4	2x1.5	82	71	85
BN 4510-5	45	10	6.350	46.75	39.5	2x2.5	88	80	106
BN 5012-5	50	12	7.938	52.25	43.3	2x2.5	100	100	116
BN 6312A-5	63	12	7.938	65.25	56.3	2x2.5	115	100	116
BN 7010-5	70	10	6.350	71.75	64.5	2x2.5	125	80	106
BN 8010-5	80	10	6.350	81.8	75.2	2x2.5	130	84	98
BN 8020A-5	80	20	9.525	82.7	72.9	2x2.5	143	150	184

Simbol	Dimensiuni [mm]				Capacit. de înc.		Rigid
	M	J	b	t	C_a kgf	C_{0a} kgf	K kgf/μm
BN 1605-2.5	3	20	5	3	760	1420	17
BN 2005-3	3	25	5	3	990	2140	24
BN 2005-5	3	25	5	3	1540	3570	39
BN 2510A-2.5	13	25	8	4	1610	3370	26
BN 3210A-3	7	40	10	5	3110	6880	39
BN 3608-5	10	40	8	4	3480	9700	66
BN 4010-3	7	50	10	5	3470	8620	46
BN 4510-5	13	50	10	5	5670	16200	82
BN 5012-5	8	50	12	5	8040	22500	92
BN 6312A-5	8	50	12	5	8920	28400	111
BN 7010-5	13	50	12	5	6830	25200	116
BN 8010-5	7	50	12	5	7200	28900	129
BN 8020A-5	17	63	14	5.5	16700	60100	175

Tab. 3.15

Transmisie cu cuplă cinematică elicoidală de rostogolire, varianta: **BTK**

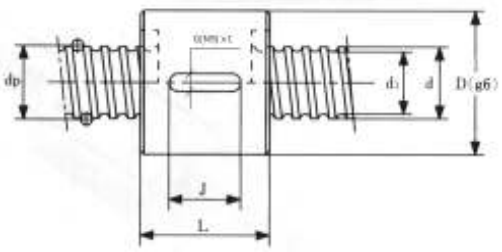


Simbol	Dimensiuni [mm]								
	d	e pas	D_a diam bilă	dp	d_1	Circuite x ture	D	L	A
BTK 1405A	14	5	3.175	14.5	11.2	1x2.65	32	40	50
BTK 1605A	16	5	3.175	16.75	13.5	1x2.65	34	40	54
BTK 1808C	18	8	4.763	19.3	14.4	1x3.65	50	61	80
BTK 2010A	20	10	4.763	21.25	16.4	1x2.65	52	61	82
BTK 2510B	25	10	6.350	26.8	20.2	2x2.65	60	98	96
BTK 2806B	28	6	3.175	28.5	25.2	2x2.65	50	65	80
BTK 3210A	32	10	6.350	33.75	27.2	1x2.65	67	68	103
BTK 3210B	32	10	6.350	33.75	27.2	2x2.65	67	98	103
BTK 3610A	36	10	6.350	37	30.5	1x2.65	70	70	110
BTK 3610B	36	10	6.350	37	30.5	2x2.65	70	100	110
BTK 4010B	40	10	6.350	41.75	35.2	2x2.65	76	100	116
BTK 4512B	45	12	7.144	46.5	39.2	2x2.65	82	118	128
BTK 5016B	50	16	9.525	52.7	42.9	2x2.65	102	145	162

Simbol	Dimensiuni [mm]								Capacit. de înc.	
	H	F	W	C	T	h	S	Lungimi standard	C_a kgf	C_{0a} kgf
BTK 1405A	10	30	40	4.5	19	5	M6x1	500,1000	510	1160
BTK 1605A	10	30	44	4.5	20	5	M6x1		550	1360
BTK 1808C	12	49	65	6.6	30	5	M6x1		1340	3170
BTK 2010A	12	49	67	6.6	32	5	M6x1	500, 1000, 1500	1080	2570
BTK 2510B	15	83	78	9.0	36	5	M6x1		3190	8540
BTK 2806B	12	53	65	6.6	30	6	M6x1	500, 1000, 2000, 2500	1300	4780
BTK 3210A	15	53	85	9.0	39	5	M6x1	500, 1000, 1500, 2000, 2500	2020	5490
BTK 3210B	15	83	85	9.0	39	5	M6x1		3670	11000
BTK 3610A	17	53	90	11	41	7	M6x1	500, 1000, 2000, 2500, 3000	2130	6060
BTK 3610B	17	83	90	11	41	7	M6x1		3860	12100
BTK 4010B	17	83	96	11	44	7	M6x1	max 3500	4110	13800
BTK 4512B	20	98	104	14	47	8	M6x1	1000, 1500, 2000, 3000, 3500, 4000	5060	17300
BTK 5016B	25	120	132	18	52	12.5	PT1/8		9580	32200

Tab. 3.16

Transmisie cu cuplă cinematică elicoidală de rostogolire, varianta: **BT**

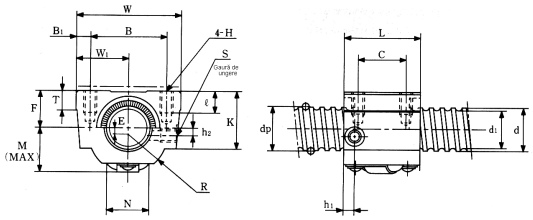


Simbol	Dimensiuni [mm]							
	d	e pas	D_a diam bilă	dp	d_1	Circuite x ture	D	L
BT 1405A	14	5	3.175	14.5	11.2	1x2.65	32	36
BT 1605A	16	5	3.175	16.75	13.5	1x2.65	34	36
BT 1808C	18	8	4.763	19.3	14.4	1x3.65	50	56
BT 2010A	20	10	4.763	21.25	16.4	1x2.65	52	58
BT 2510B	25	10	6.350	26.8	20.2	2x2.65	60	94
BT 2806B	28	6	3.175	28.5	25.2	2x2.65	50	60
BT 3210A	32	10	6.350	33.75	27.2	1x2.65	67	64
BT 3210B	32	10	6.350	33.75	27.2	2x2.65	67	94
BT 3610A	36	10	6.350	37	30.5	1x2.65	70	64
BT 3610B	36	10	6.350	37	30.5	2x2.65	70	94
BT 4010B	40	10	6.350	41.75	35.2	2x2.65	76	94
BT 4512B	45	12	7.144	46.5	39.2	2x2.65	82	111
BT 5016B	50	16	9.525	52.7	42.9	2x2.65	102	129

Simbol	Dimensiuni [mm]				Capacit. de înc.	
	b	t	J	Lungimi standard	C_a kgf	C_{0a} kgf
BT 1405A	4	2.5	20	500,1000	510	1160
BT 1605A	5	3	20		550	1360
BT 1808C	6	3.5	32		1340	3170
BT 2010A	6	3.5	32	500, 1000, 1500	1080	2570
BT 2510B	8	4	50		3190	8540
BT 2806B	6	3.5	32	500, 1000, 2000, 2500	1300	4780
BT 3210A	8	4	32	500, 1000, 1500, 2000, 2500	2020	5490
BT 3210B	8	4	50		3670	11000
BT 3610A	8	4	32	500, 1000, 2000, 2500, 3000	2130	6060
BT 3610B	8	4	50		3860	12100
BT 4010B	8	4	50	1000, 1500, 2000, 3000, 3500	4110	13800
BT 4512B	10	5	63	1000, 1500, 2000, 3000, 3500, 4000	5060	17300
BT 5016B	12	5	75		9580	32200

Tab. 3.17

Transmisie cu cuplă cinematică elicoidală de rostogolire, varianta: **BNT**

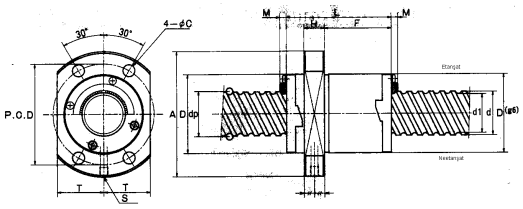


Simbol	Dimensiuni [mm]												
	d	e pas	D_a Diam. bilă	dp	d_1	Circuite x ture	W	W_1 ±0.05	B	B_1	L	C	H x l
BNT 1404C	14	4	2.778	14.4	11.5	1x3.65	34	17	26	4	35	22	M4 x7
BNT 1405A	14	5	3.175	14.5	11.2	1x2.65	34	17	26	4	35	22	
BNT 1808C	18	8	4.763	19.3	14.4	1x3.65	48	24	35	6.5	56	35	M6 x10
BNT 2005A	20	5	3.175	20.5	17.2	1x2.65	48	24	35	6.5	35	22	
BNT 2505A	25	5	3.175	25.5	22.2	1x2.65	60	30	40	10	35	22	M8 x12
BNT 2510B	25	10	6.350	26.8	20.2	2x2.65	60	30	40	10	94	60	
BNT 2806A	28	6	3.175	28.5	25.2	1x2.65	60	30	40	10	42	18	
BNT 2806B	28	6	3.175	28.5	25.2	2x2.65	60	30	40	10	67	40	
BNT 3610A	36	10	6.350	37.0	30.5	1x2.65	86	43	60	13	64	45	M10 x16
BNT 3610B	36	10	6.350	37.0	30.5	2x2.65	86	43	60	13	96	60	
BNT 4512B	45	12	7.144	46.5	39.2	2x2.65	100	50	75	12.5	115	75	M12 x20

Simbol	Dimensiuni [mm]											Capac. de înc.	
	F ±0.05	K	T	R	E	h_1	h_2	S	M	N	Lung max	C_a kgf	C_{0a} kgf
BNT 1404C	13	20.4	6	14	2	6	2	M6x1	17	16	1000	570	1170
BNT 1405A	13	20.4	6	14	2	6	2	M6x1	18	16	1000	510	1160
BNT 1808C	17	26.6	10	18	3	8	3	M6x1	27	26	1500	1340	3170
BNT 2005A	17	26.6	9	18	3	5	3	M6x1	22	20	1500	610	1690
BNT 2505A	20	32.4	9.5	22	5	7	5	M6x1	25	23	1500	680	2130
BNT 2510B	23	32.4	10	22	2	10	-	M6x1	30	32	1500	3190	8540
BNT 2806A	22	32.4	10	22	3	8	-	M6x1	28	25	2500	720	2390
BNT 2806B	22	32.4	10	22	3	8	-	M6x1	28	25	2500	1300	4780
BNT 3610A	29	49.6	17	32	9	11	-	M6x1	38	38	3000	2130	6060
BNT 3610B	29	49.6	17	32	9	11	-	M6x1	38	38	3000	3860	12100
BNT 4512B	36	62.6	20.5	40	12	13	-	M6x1	44	44	4000	5060	17300

Tab. 3.18

Transmisie cu cuplă cinematică elicoidală de rostogolire, varianta: **BLK**

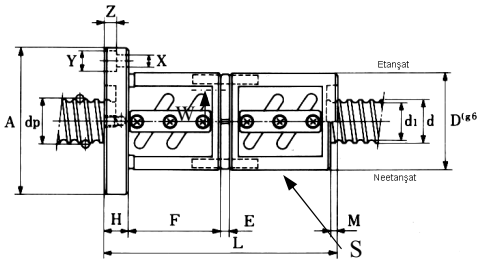


Simbol	Dimensiuni [mm]										
	d	e pas	D_a diam bilă	dp	d_1	Circ. x ture	D	L	M	A	H
BLK 1510G	15	10	3.175	15.75	12.5	2x2.8	34	44	3.5	57	10
BLK 1616E	16	16	2.778	16.65	13.7	4x1.8	32	42	3.5	53	10
BLK 2020E	20	20	3.175	20.75	17.5	4x1.8	39	52	3.5	62	10
BLK 2525E	25	25	3.969	26.0	22.0	4x1.8	47	62	3.5	74	12
BLK 3232E	32	32	4.763	33.25	28.3	4x1.8	58	77	3.8	92	15
BLK 3620G	36	20	6.350	37.75	31.2	2x2.8	70	78	5.0	110	17
BLK 3636E	36	36	5.556	37.4	31.7	4x1.8	66	90	5.0	106	17
BLK 4040D	40	40	6.350	41.75	35.2	2x1.8	73	95	5.4	114	17
BLK 4040E	40	40	6.350	41.75	35.2	4x1.8	73	95	5.4	114	17
BLK 5050D	50	50	7.938	52.2	44.1	2x1.8	90	122	5.4	135	20
BLK 5050E	50	50	7.938	52.2	44.1	4x1.8	90	122	5.4	135	20

Simbol	Dimensiuni [mm]						Capacit. de înc.	
	F	PCD	C	T	S	Lungimi standard	C_a kgf	C_{0a} kgf
BLK 1510G	24	45	5.5	20	M6x1	500, 1000	1000	2570
BLK 1616E	23	42	4.5	19			1070	2640
BLK 2020E	31	50	5.5	23		500, 1000, 1500	1420	4560
BLK 2525E	39	60	6.6	28		1000, 1500, 2000	2230	7140
BLK 3232E	49	74	9	34		1000, 1500, 2000, 2500	3200	11000
BLK 3620G	45	90	11	40		1000, 1500, 2000, 2500, 3000	4060	12400
BLK 3636E	57	85	11	38			4140	14400
BLK 4040D	62	93	11	42			2870	9170
BLK 4040E	62	93	11	42			5210	18300
BLK 5050D	81	112	14	52		1000, 1500, 2000, 3000, 4000	4290	14300
BLK 5050E	81	112	14	52			7790	28700

Tab. 3.19

Transmisie cu cuplă cinematică elicoidală de rostogolire, varianta: **BNFN**



Simbol	Dimensiuni [mm]									
	d	e - pas	D_a diam bilă	dp	d_1	Circuite x ture	D	A	H	F
BNFN 1605-2.5	16	5	3.175	16.75	13.2	1x2.5	40	60	10	28
BNFN 1810-2.5	18	10	3.175	18.8	15.5	1x2.5	42	65	12	45
BNFN 2005-5	20	5	3.175	20.75	17.2	2x2.5	44	67	11	42
BNFN 2508-3	25	8	4.763	26.25	20.5	2x1.5	58	85	15	51
BNFN 3210A-5	32	10	6.350	33.75	26.4	2x2.5	74	108	15	78
BNFN 3608-5	36	8	4.763	37.25	31.6	2x2.5	70	114	18	64
BNFN 4010-3	40	10	6.350	41.75	34.4	2x1.5	82	124	18	65
BNFN 4512-5	45	12	7.144	47.0	39.2	2x2.5	90	130	18	93
BNFN 5012-5	50	12	7.938	52.25	43.3	2x2.5	100	146	22	93
BNFN 6312A-5	63	12	7.938	65.25	56.3	2x2.5	115	161	22	93
BNFN 7010-5	70	10	6.350	71.75	64.5	2x2.5	125	167	18	80
BNFN 8010-5	80	10	6.350	81.8	75.2	2x2.5	130	176	22	78
BNFN 8020A-5	80	20	9.525	82.7	72.9	2x2.5	143	204	28	142

Simbol	Dimensiuni [mm]								Capacit. de înc.		Rigid
	E	L	M	W	X	Y	Z	S	C_a kgf	C_{0a} kgf	K kgf/μm
BNFN 1605-2.5	3	76	3	50	4.5	8	4.5	M6	760	1420	36
BNFN 1810-2.5	5	119	12	53	5.5	9.5	5.5		800	1620	37
BNFN 2005-5	4	106	3	55	5.5	9.5	5.5		1540	3570	78
BNFN 2508-3	8	135	5	71	6.6	11	6.5		1890	4020	61
BNFN 3210A-5	6	190	7	90	9	14	8.5		4820	11500	126
BNFN 3608-5	8	164	10	92	11	17.5	11		3480	9700	132
BNFN 4010-3	9	170	7	102	11	17.5	11		3450	8620	92
BNFN 4512-5	8	227	8	110	11	17.5	11	PT 1/8	6650	18200	167
BNFN 5012-5	8	231	8	122	14	20	13		8040	22500	185
BNFN 6312A-5	8	231	8	137	14	20	13		8920	28400	222
BNFN 7010-5	10	201	13	145	11	17.5	11		6830	25200	233
BNFN 8010-5	6	197	7	152	14	20	13		7200	28900	256
BNFN 8020A-5	10	347	17	172	18	26	17.5		16700	60100	350