



Liviu MORAR Emilia CÂMPEAN

Mașini **U**nelte cu **C**omandă **N**umerică



U.T. PRESS
Cluj-Napoca, 2015
ISBN 978-606-737-062-1



Editura U.T.PRESS
Str. Observatorului nr. 34
C.P. 42, O.P. 2, 400775 Cluj-Napoca
Tel.: 0264-401.999 / Fax: 0264 - 430.408
e-mail: utpress@biblio.utcluj.ro
www.utcluj.ro/editura

Director: Prof.dr.ing. Daniela Manea
Consilier editorial: Ing. Călin D. Câmpean

Copyright © 2015 Editura U.T.PRESS
Reproducerea integrală sau parțială a textului sau ilustrațiilor din
această carte este posibilă numai cu acordul prealabil scris al
editurii U.T.PRESS.

ISBN 978-606-737-062-1

Bun de tipar: 03.06.2015

Maşini-unelte



Obiectivul suportului de curs este acela de a prezenta informații cu caracter general referitoare la particularitățile principale ale mașinilor-unelte comandate numeric în raport de cele convenționale.

Nu este în intenția autorilor de a prezenta și dezbate soluții de proiectare care fac performante mașinile-unelte actuale.

Un argument în sensul orientării suportului de curs este acela că se adresează, în primul rând, studenților de la specialitatea **INGINERIE ECONOMICĂ**.

Preocuparea autorilor este aceea de a crea o legătură între tipurile de mașini – unelte, soluțiile acestora și utilizarea eficientă a sistemului de prelucrare numeric



Suportul de curs are ca punct de plecare noțiunea de „**avantaj competitiv**” introdusă de către Porter care a făcut ca noțiunea de **competitivitate** să capete o importanță majoră și noi înțelesuri, alături de termeni înrudiți precum **productivitate și bunăstare**.

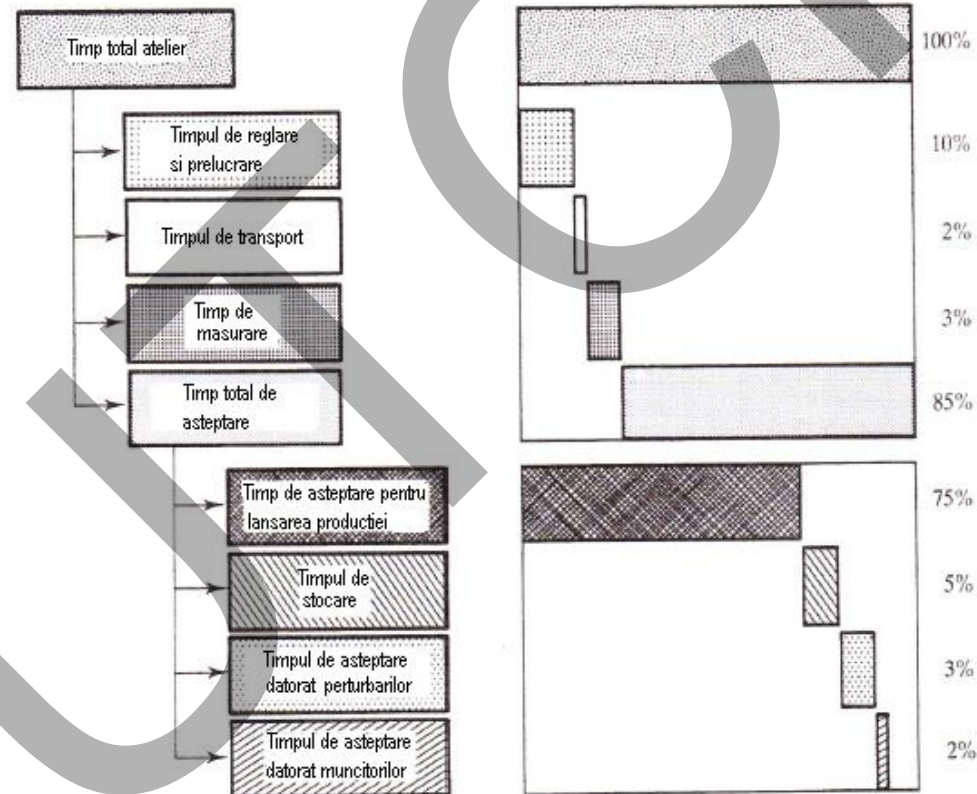
Prin avantajul competitiv desemnăm realizarea, de către o firmă, a unor produse sau servicii superioare dintr-un punct de vedere semnificativ pentru consumatori, comparativ cu ofertele de articole similare ale majorității concurenților.

Generic, sursa pentru obținerea efectivă a avantajului competitiv poate fi una singură – inovare – firește, în sensul cel mai larg al noțiunii, inovarea se poate referi deci, la înnoirea produsului, tehnologiei, echipamentelor, etc.

În cele ce urmează prin inovare ne referim la o singură componentă și anume la echipamentele numerice.



Analiza diagramei face posibilă găsirea căilor de reducere a timpului de fabricație a produsului și implicit creșterea productivității, desigur cu respectarea calității cerute.



Graficul evidențiază faptul că numai 10% din timpul de atelier nu este timp de așteptare.

Reducerea acestui timp ar fi prima cale spre obținerea avantajului competitiv, responsabilitatea revenindu-i evident managementului.

A doua cale spre atingerea scopului propus este una tehnică, implicând timpul operativ.

$$T_{op} = t_b + t_a \text{ în care}$$

t_b – timpul de bază, timpul necesar pentru transformarea prin așchiere a semifabricatului;

t_a – timpul ajutator (auxiliar) utilizat pentru efectuarea unor acțiuni ajutătoare (de exemplu timpul necesar prinderii/desprinderii piesei, timpul pentru cuplarea avansului și a turației, pentru măsurarea dimensiunilor realizate, etc.)



Analiza timpului operativ evidențiază soluțiile de reducere a acestuia și implicit căile de creștere a productivității:

- ❖ Intensificarea regimului de așchiere (scade t_b);
- ❖ Automatizarea mașinii-unelte (scade t_a)

O altă soluție: realizarea unor mașini-unelte integrate.

Intensificarea regimului de așchiere implică soluții de proiectare prin care să se asigure prelucrări cu viteze ridicate de așchiere și de avans.

Automatizarea presupune intervenția în arhitectura mașinii-unelte prin adăugarea unor ansamble cum ar fi magazinele de scule, sistemul de paletizare, etc..



Funcțiunile de automatizare ale acestor mașini se referă la

- ❖ Controlul numeric al deplasării pe axele de coordonate;
- ❖ Controlul acționării principale;
- ❖ Schimbarea automată a sculei (ATC) ;
- ❖ Schimbarea automată a piesei prelucrate și înlocuirea acesteia cu un semifabricat.

Nivelul gradului de automatizare este diferit la m-u individuale față de sistemele de mașini organizate în celule flexibile de fabricație (CFF) respectiv sisteme flexibile de fabricație (SFF).



Schimbarea automată a sculei

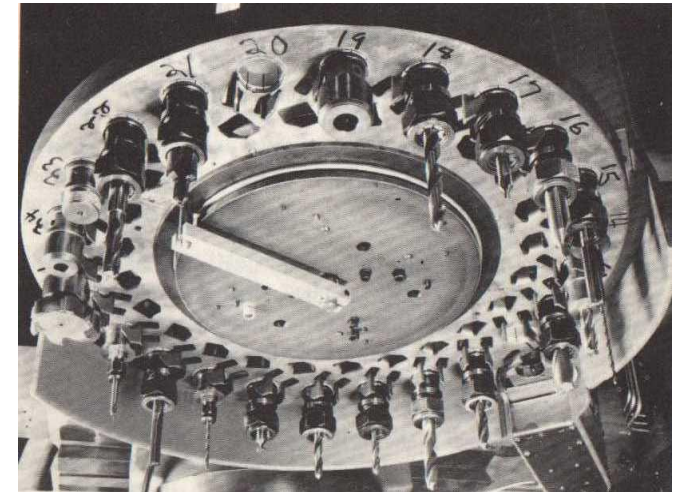
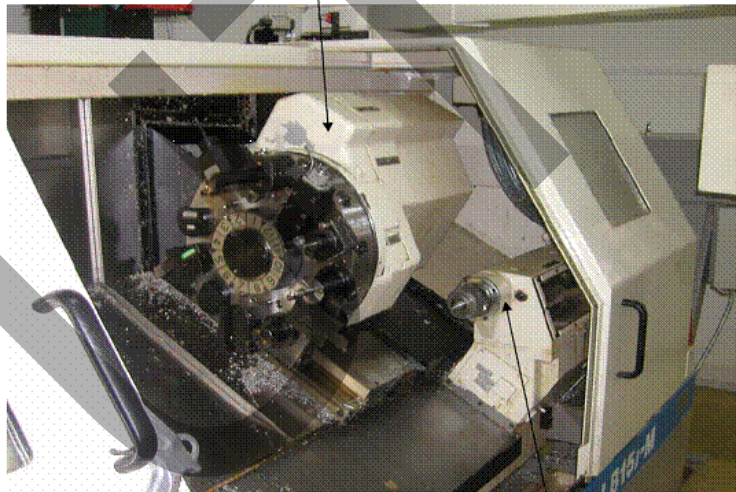
Centre de prelucrare:

Schimbarea automată a sculei (ATC) în arborele principal din magazinul de scule al mașinii



Celule și sisteme flexibile:

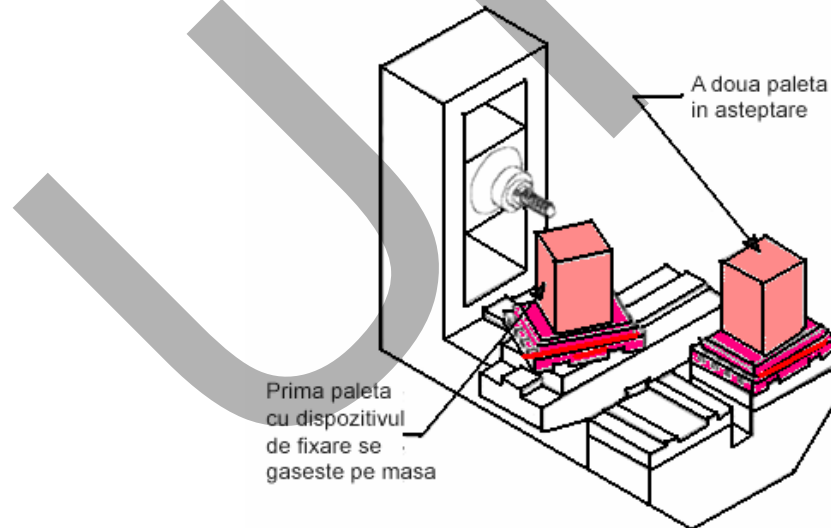
Suplimentar și schimbarea automată a sculelor în magazinul mașinii (ATR Automatic Tool Readjustment).



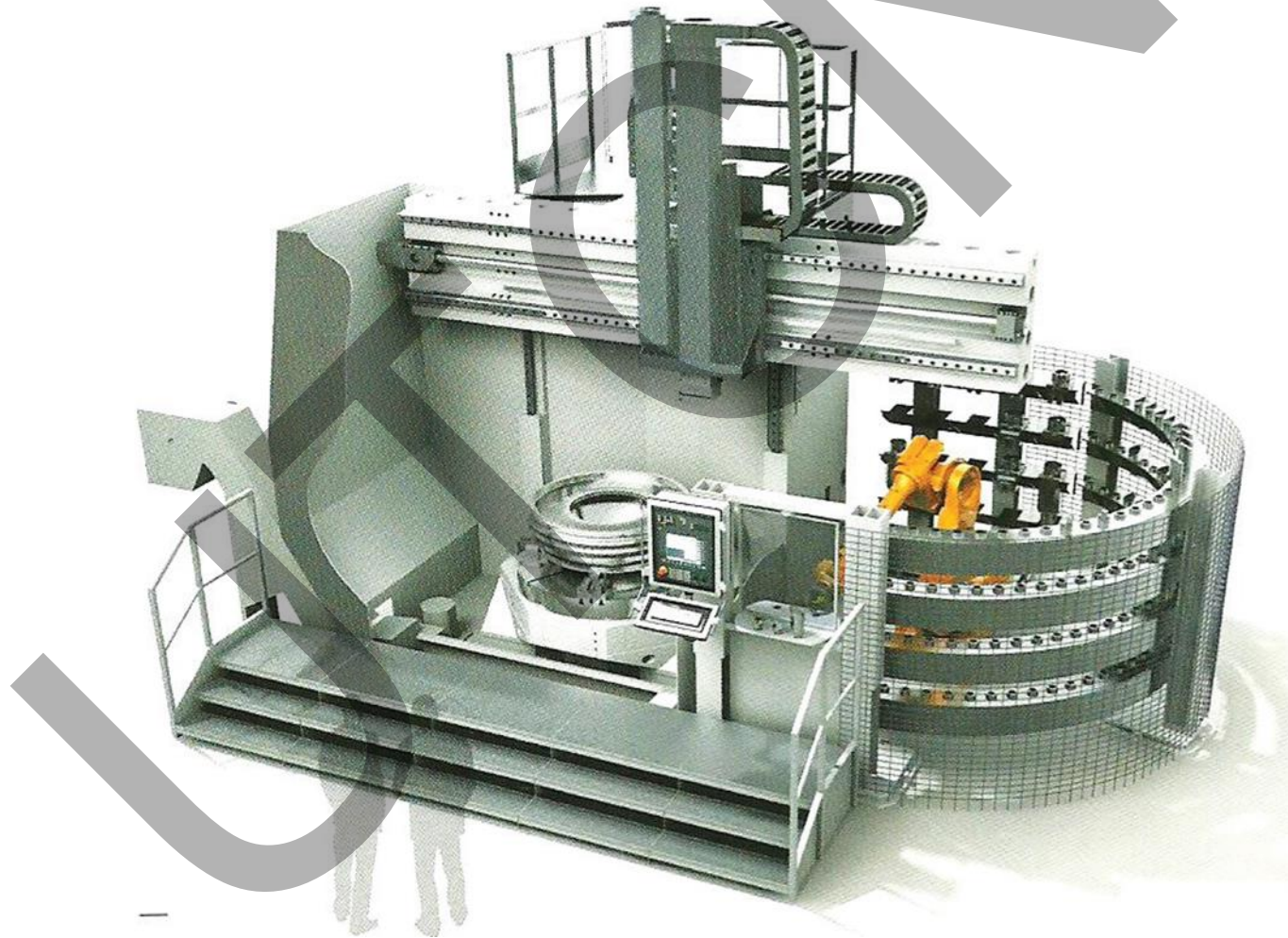
Schimbarea automată a piesei prelucrate

Această funcțiune se poate face în 2 moduri:

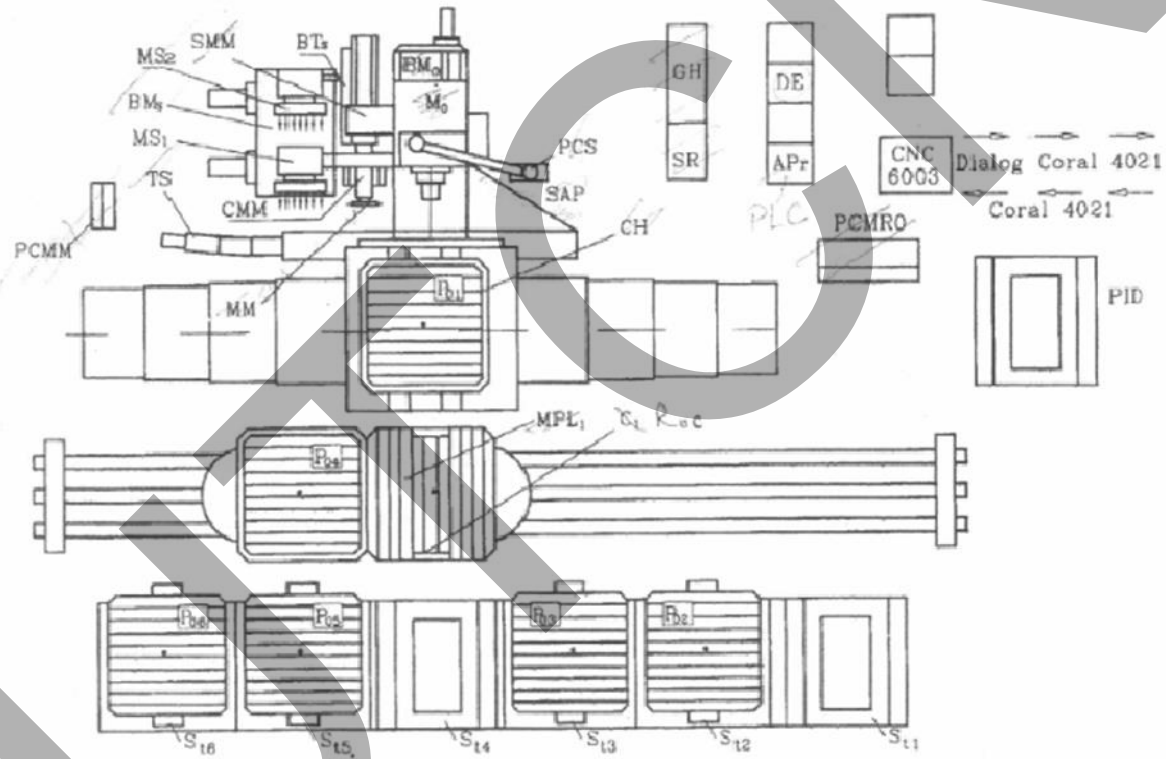
- ❖ prin schimbarea automată a paletelor tehnologice (APC) purtătoare a dispozitivului portpiesă și aducerea pe masa mașinii a unui nou semifabricat în locul piesei finite; transportul acestora la și de la stocătoare (APR) în cazul CFF/SFF;
- ❖ prin schimbarea automată a piesei în dispozitivul port-piesă de pe masa mașinii (AWPC) cu ajutorul unui manipulator sau robot; și alimentarea mașinii cu piese semifabricate cu evacuarea celor finite pe stocătoare (AWPR), în cazul CFF/SFF.



Robot pentru schimbarea piesei

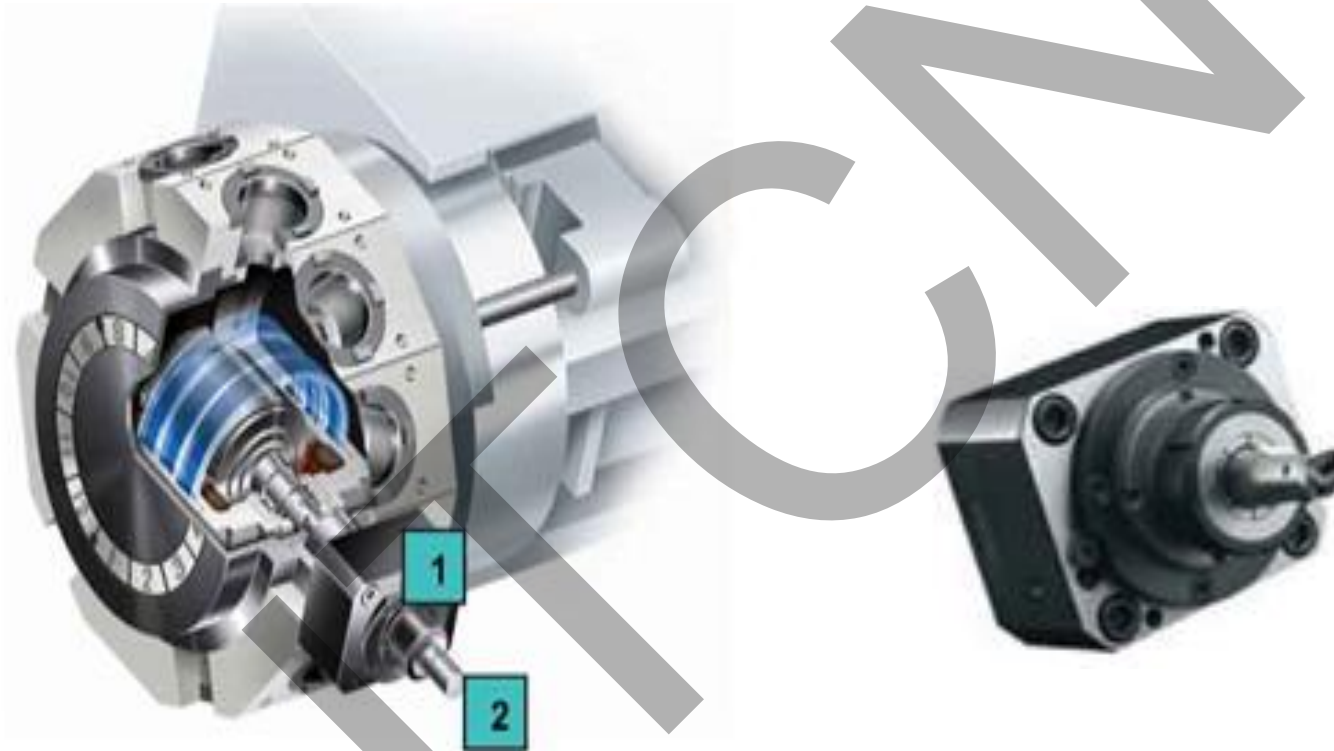


622





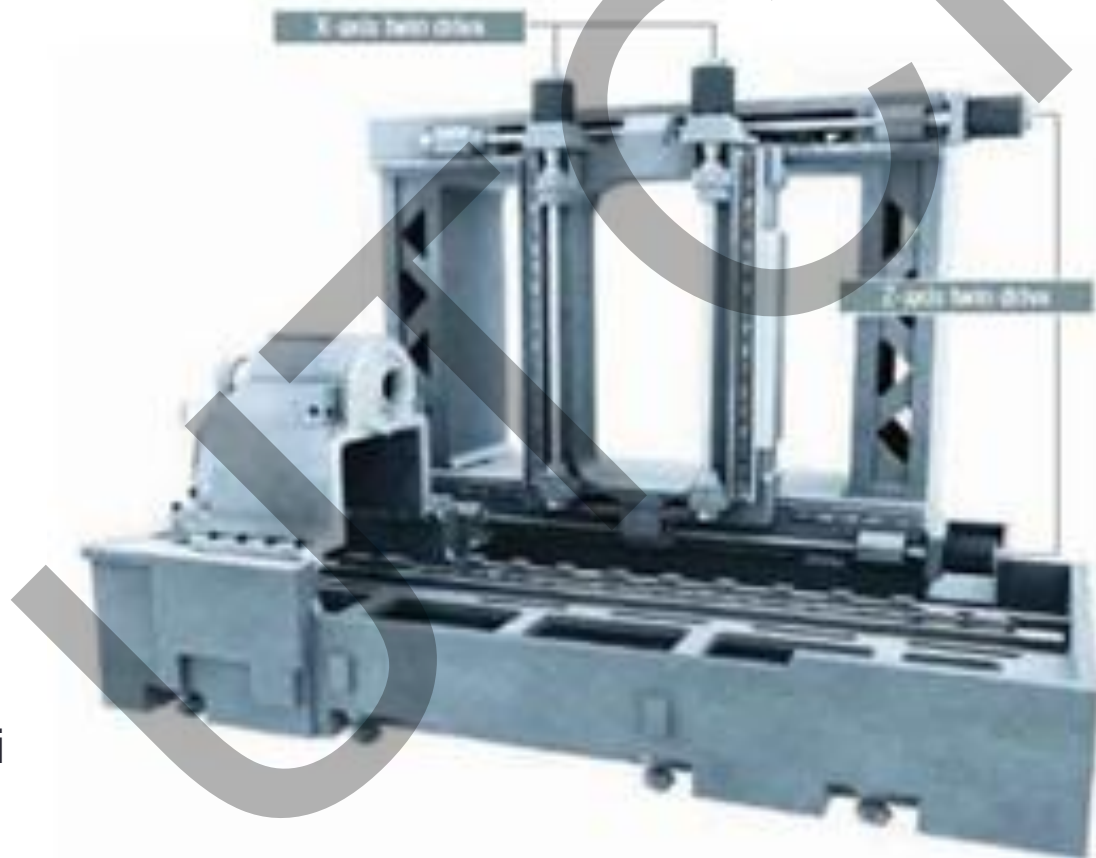
Noul concept evoluționar Turela cu Motor de Frezare Încorporat BMT



Pentru strungurile Mori Seiki, echipate cu funcția de frezare s-au introdus turelele cu motoare încorporate. Prin utilizarea motorului încorporat căldura generată și vibrațiile sunt reduse la minim iar eficiența transmisiei este maximă.



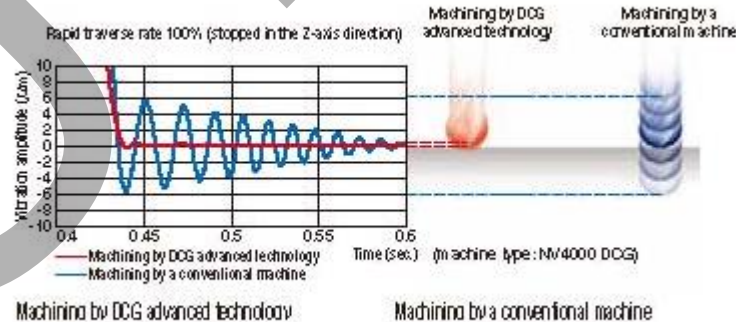
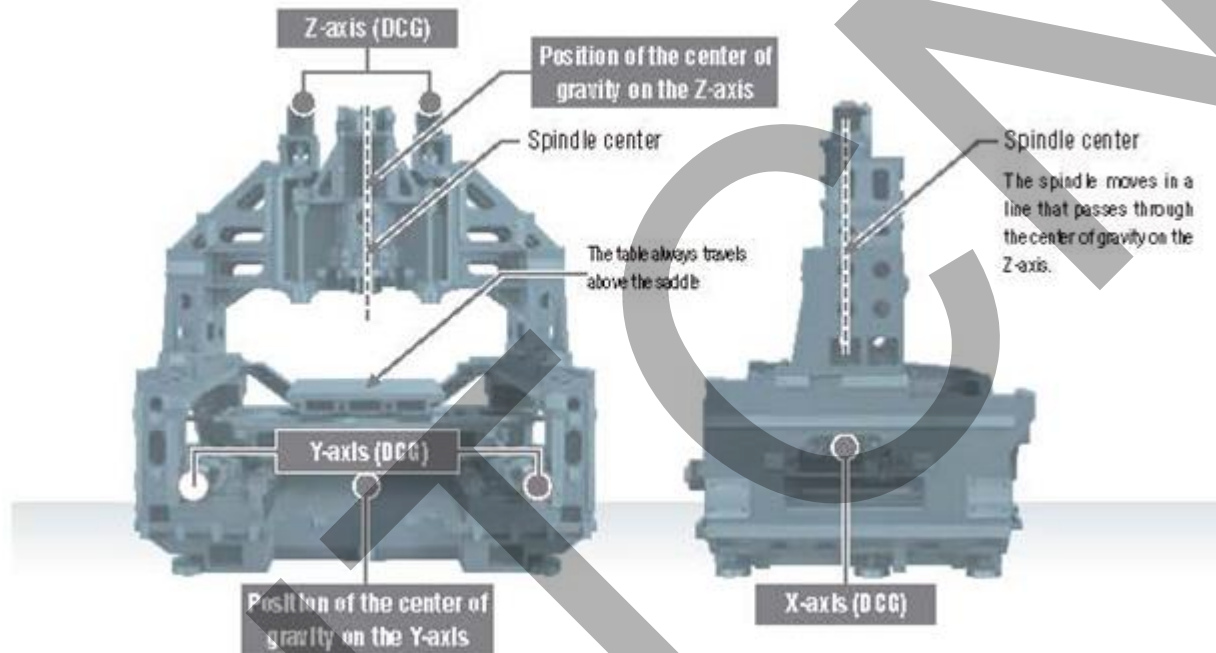
Centre integrate de strunjit și frezat de mare precizie și eficiență Seria NT



Mori Seiki



DCG (Driven at the Center of Gravity)



Intesificarea regimului de aşchiere

Creşterea vitezelor de avans şi de aşchiere poate fi realizată prin:

- ❖ Soluţii în proiectarea structurii maşinii-unelte (arhitectura funcţională, materialele utilizate) ;
- ❖ Soluţii în proiectarea sculelor.

Soluţiile în proiectarea sculelor

Triplarea productivităţii datorită Sistemului de frezare DA



Avantajul major a sistemului DA îl reprezintă placutele amovabile; cu trei muchi, în gama de scule Φ (16-32}



Tendențe în dezvoltarea mașinilor-unelte

- ❖ mașina cu axe de coordonate reale, materializate prin ghidajele mașinii unelte;
- ❖ mașina cu axe de coordonate virtuale, materializate prin soft, ca urmare a combinării mișcărilor rezultate de la niște mecanisme, pe principii preluate din tehnica roboților, (așa numitele mecanisme paralele de tip “tripod”, “hexapod”, etc).

În suportul de curs se va aborda prima categorie, la care ghidajele mașinii materializează axele de coordonate.

Aceste ghidaje sunt susținute de piesele corpolente, piesele mari din structura de rezistență a mașinii.



Organologia unei mașini unelte

- ✓ Piese corpolente;
- ✓ Ghidajele;
- ✓ Arborele principal;
- ✓ Acționarea principală;
- ✓ Mecanismele de avans;
- ✓ Sistemul de scule.

Organologia menționată, prin particularitățile sale, în raport de mașinile-unelte convenționale, asigură regimuri intense de așchiere.



Piese corpolente

Funcții: susțin alte subansambluri ale MU, preiau și transmit forțe rezultate din procesul de așchiere și din greutatea proprii, asigură precizia deplasărilor.

Condițiile pe care trebuie să le îndeplinească: să aibă rigiditate cât mai mare, să aibă rezistență la vibrații, să aibă greutate minimă.

Piese corpolente: fixe, mobile

Fixe: batiurile, coloanele, traversele fixe, carcusele, plăcile de bază, picioarele, etc.

Mobile: mese, plansaibe, console, suporți, berbeci, traverse mobile, păpuși mobile



Dintre piesele corpulente fixe **cea mai importantă piesă este batiul**. În batiu se închid toate solicitările mașinii și se determină în cea mai mare măsură forma MU.

El poate fi realizat **monobloc** sau din **părți montate rigid**.

Forma constructivă a batiului este determinată de:

- ❖ mărimea, configurația și greutatea pieselor de prelucrat;
- ❖ de solicitările produse de F de așchiere;
- ❖ de greutatea pieselor și subansamblurilor pe care le susțin, de structura cinematică a MU;
- ❖ de cerințele de ordin funcțional, constructiv și estetic;
- ❖ de tehnologia de fabricație, de gradul de tipizare, etc.

Tehnologia de realizare;

Varianta sudată

Varianta turnată



Precizia mașinii depinde direct de rigiditate

$$R = \frac{f}{F} [mm/KN]$$

În care f este deformația specifică a mașinii

F forțele deformatoare de toate tipurile, inclusiv cele din proces. Rigiditatea reprezintă capacitatea mașinii de a se opune forțelor deformatoare. Cu cât rigiditatea este mai bună, cu atât raportul R este mai mic.

Precizia mașinii este cu atât mai bună cu cât rigiditatea este mai mare și deci raportul R mai mic.



Precizia și Productivitatea

Presupun soluții contrarii pentru realizarea lor: **masiv vs suplu**
Se obțin prin:

- ❖ Piese prevăzute cu nervuri;
- ❖ Utilizarea unor materiale cu proprietăți speciale (de ex. Spumă metalică din aluminiu)

Compromis între căile de realizare a performanțelor în care și costul joacă un rol principal

Materialele avansate precum **spumele metalice** (materialele celulare metalice) sunt materiale poroase care, deși prezintă densități scăzute, pot avea rezistențe mecanice de până la zece ori mai mari decât în cazul metalelor normale. Sunt reciclabile și netoxice.

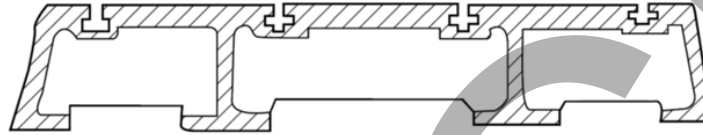
Spumele metalice dețin promisiunea de pătrundere pe piață în aplicații în care mai multe din aceste caracteristici sunt exploatare simultan. În mediul concurențial actual doar promisiunea nu este de ajuns.



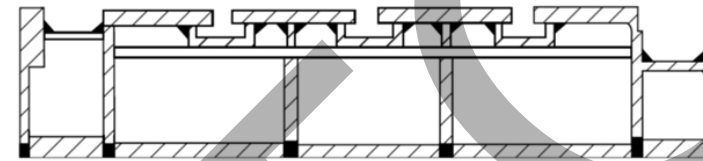
Tehnologia de realizare

clasica

(a)



(b)



turnare

sudura

❖ neconventionala

Din punct de vedere atomic sau molecular, un material celular constă într-o multitudine de bare, membrane sau alte elemente, care au proprietățile mecanice ale unei mase mari de metal.

Piese pentru chesonare 5 mm

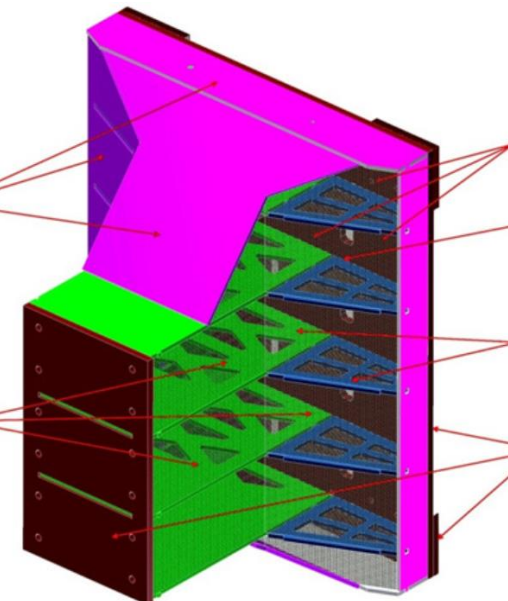
Placi cu rol structural 5 mm

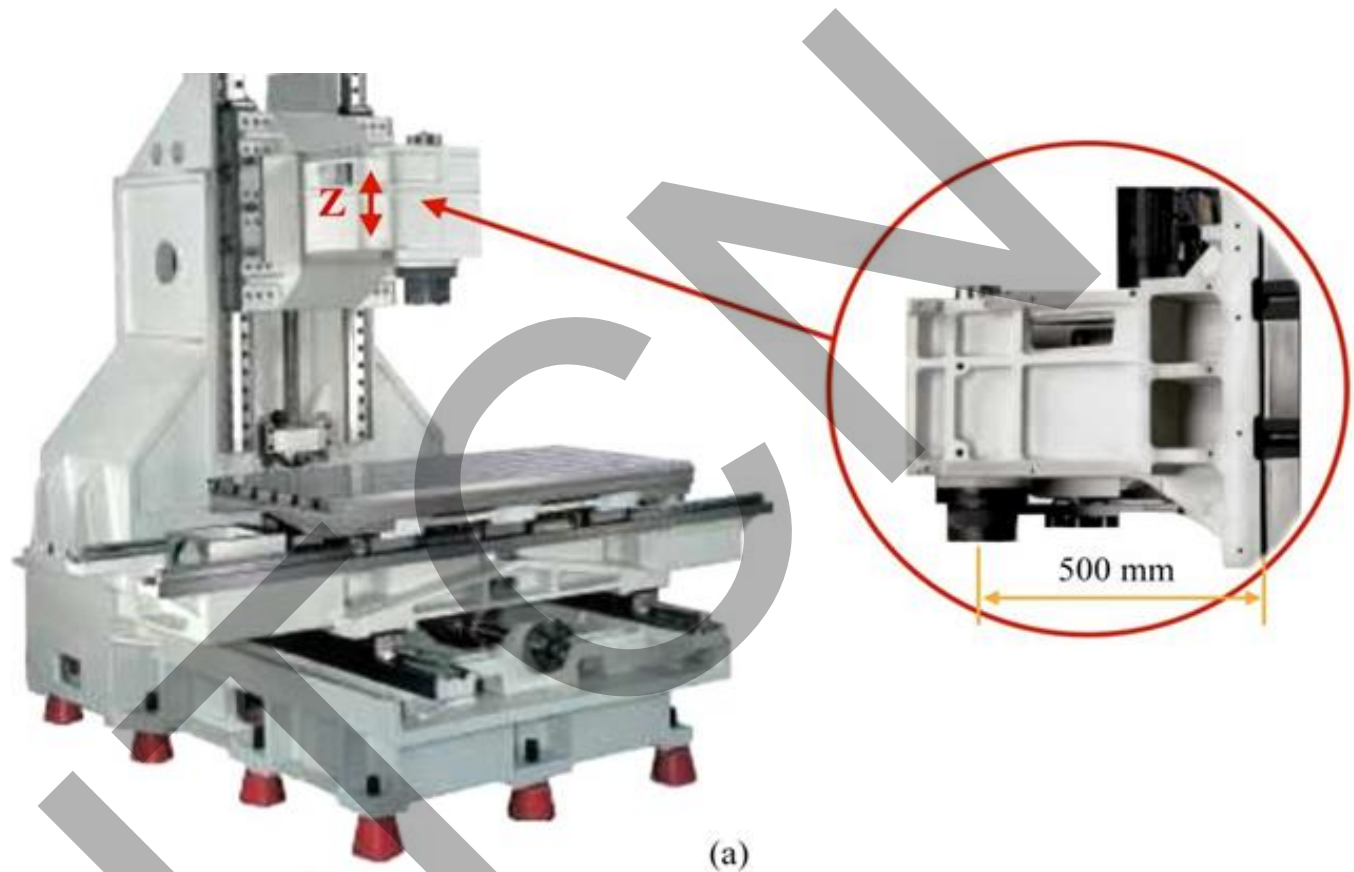
Spuma din Aluminiu

Imbinari sudate

Nervuri pentru rigidizare 5 mm

Piese cu rol structural 10 mm





Utilizarea spumei metalice conduce la scăderea considerabilă a greutății ansamblului AP, în consola 500 mm, și prin aceasta reducerea erorilor generale în condițiile optimizării dimensiunilor sistemului de ghidaje.



Aspecte ale rigidității

- **A- rigiditatea grinzilor de rezistență** ce formează structura de referință a mașinii unelte, rezultată din dimensionarea lor
- **B- rigiditatea de contact** a suprafeței de sprijin
- **C- rigiditatea dinamică** a sistemului de avans

A- dimensionarea optimă la deformații, solicitări de încovoiere, răsucire, compresiune etc., prin alegerea secțiunilor punților, nervurilor, etc.

Metoda de lucru: simularea deformării prin metoda elementului finit.

Simulare repetată iterativă. Discuție.



A Rigiditatea grinzilor de rezistență

Primul aspect, cel al rigiditatii grinzilor de rezistență, înseamnă o dimensionare optimă la deformații (încovoiere, răsucire, compresiune, etc), prin alegere judicioasă a secțiunilor peretilor și nervurilor, a momentului de inerție a secțiunilor în punctele critice, al modului de elasticitate al materialului grinzii.

Metoda actuală de lucru este **modelarea și simularea** deformării grinzii prin metoda *elementului finit* asistată de calculator.

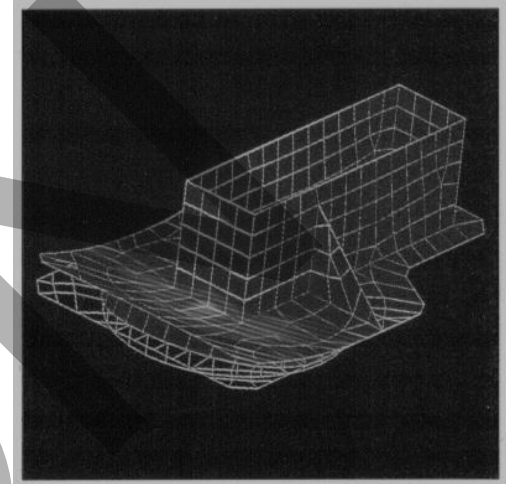
Prin simularea repetată iterativă, după fiecare ameliorare constructivă virtuală (prin adăugare de nervuri, redimensionări de pereti etc), se caută o optimizare a construcției, până la acceptarea de către proiectant a variantei constructive economice. Apoi se elaborează desenul piesei corpulente propriuzise, care ține cont de regulile impuse de tehnologia de realizare..



Batiul se dimensionează prin calcul și încercări pe model. Etapele proiectării:

stabilirea schemei încărcării cu F

- ❖ calculată la vibrații;
- ❖ calcularea deformatiilor termice;
- ❖ calculul eforturilor unitare;
- ❖ calculele de rigiditate.



Structurile mașinilor-unelte sunt clasificate în funcție de frecvența lor de rezonanță naturală în: construcții ușoare sau construcții grele.

Frecvența de rezonanță naturală (ω_0) a masinii poate fi descrisă prin:

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{K}{m}} \quad \text{In care} \quad K = \frac{F}{\delta}$$

k = rigiditatea statică a structurii; m = masa F = forța (N); δ = deformarea (mm)

Pentru evitarea rezonanței se reduc deformările dinamice ale mașinii unelte, ω_0 trebuie să fie cât mai mic sau cât mai mare față de frecvență de excitare, egală cu multiplu turației sculei așchietoare.



B. Rigiditatea de contact

Se referă la deformația suprafețelor de contact fixe sau glisante între piese corpulente adiacente. Deformația este de natură elastică și dependența de presiunea contact.

$$p = \frac{P}{S}, \left[\frac{KN}{cm^2} \right]$$

Cu cât suprafața S este mai mică, ca urmare a contactului imperfect dintre suprafețe, cu atât p este mai mare și deformația elastică de asemenea mai mare.

Creșterea suprafeței de contact prin operația de TUSARE (răzuire manuală)

numărul de puncte de contact să fie minim:

- 16 puncte pe fiecare pătrat de 25x25 mm la îmbinările de suprafețe fixe
- 25 puncte/25x25 mm la suprafețele glisante sau ghidaje de alunecare.



C Rigiditatea dinamică

Se referă la capacitatea sistemului de avans, în bucla închisă, să se opună forțelor din proces

Rigiditatea axei numerice, pentru deplasări liniare

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{K_S} + \frac{1}{K_P} + \frac{1}{K_{SL}} + \frac{1}{K_{FP}}$$

În care:

K este rigiditatea totală a sistemului, $[N/\mu m]$

K_S este rigiditatea șurubului, $[N/\mu m]$

K_P este rigiditatea piuliței, $[N/\mu m]$

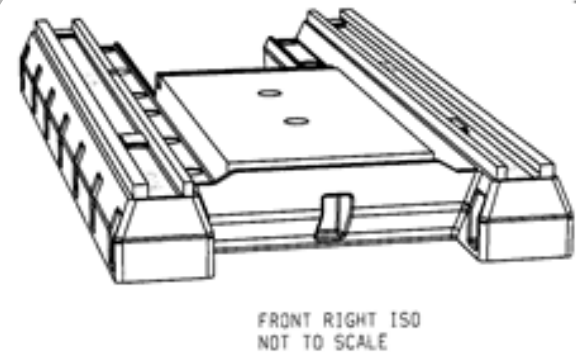
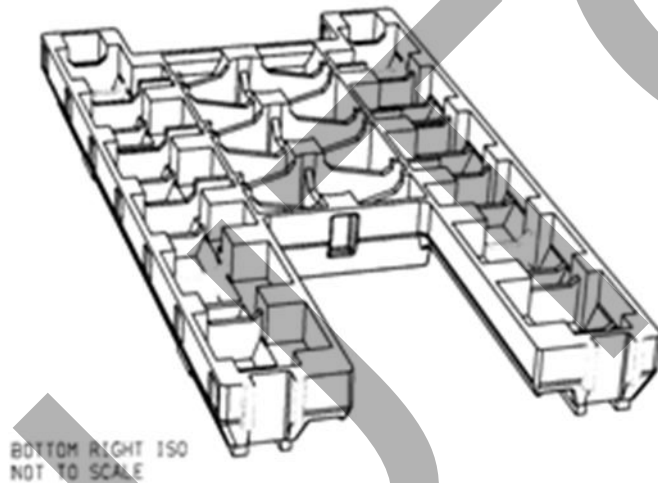
K_{SL} este rigiditatea suportului lagărelor, $[N/\mu m]$

K_{FP} este rigiditatea sistemului de fixare a piuliței, $[N/\mu m]$



Tehnici de execuție :

- ❖ turnarea pieselor din fonta în nisip
- fonte cenusii FC 150, 200, 250
- fonte cenusii de calitate FCX 150, 200, etc.)



- ❖ sudarea, plăci de oțel (OL 37,42,52,60)



Tehnologia prin sudură

Materialele folosite sunt oțelurile inferioare OL 37, OL 42, OL 52, OL 60, laminate în plăci și table.

Sudarea se face cu arc electric în atmosfera de CO₂, Argon, sau flux.

Toate piesele turnate sau sudate trebuie **detensionate termic**, iar unele piese pretențioase trebuie să aibă dublă detensionare:

- prima detensionare după turnare
- a 2-a detensionare după ebosare.

Nu trebuie admise derogari de la aceste reguli.

Se folosește de asemenea, **îmbătrânirea naturală** a pieselor din fontă (6 luni în depozit în aer liber), dar aceasta nu exclude prima detensionare termică.



GHIDAJELE MAȘINILOR-UNELTE

Ghidajele materializează axele de coordonate ale mașinilor unelte cu axe reale, pe care se deplasează subansamblele mobile ale mașinii, purtătoare ale sculei și piesei.

Condiții ce trebuie îndeplinite:

- ❖ coeficientul de frecare din ghidaje, ($\mu=0.02-0.03$) trebuie să asigure un **randament cât mai bun** pentru ca forțele de frecare să fie cât mai mici, iar motoarele de acționare a avansurilor să fie cât mai mici;
- ❖ vitezele de avans și accelerațiile / frânările **să acopere o gamă cât mai largă**, permițând atât viteze mici (5-10mm/min), cât și viteze rapide ridicate (40-60m/min);
- ❖ **capacitate de încărcare** ridicată;
- ❖ **rigiditate** ridicată pe toate direcțiile.

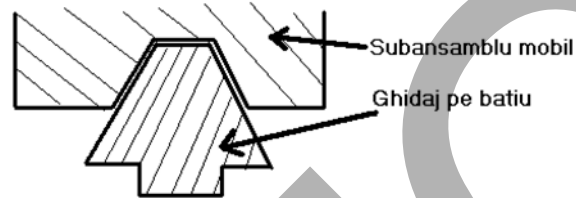
Valorile coeficienților de frecare sunt de $\mu=0.002-0.003$, a randamentelor din ghidaje de 0.7-0.95, a pretensionărilor de 500-4000daN pe o axă.

Rolul sistemului de ghidare este de a materializa traiectoriile generatoarelor rectilinii sau circulare necesare generării suprafețelor pieselor de prelucrat.



Se clasifică după:

- forma traiectoriei: rectilinii sau circulare
- după profilul perpendicular pe direcția de mișcare:



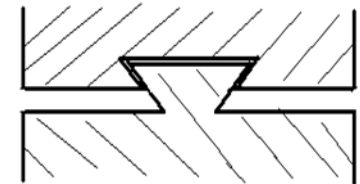
in A:



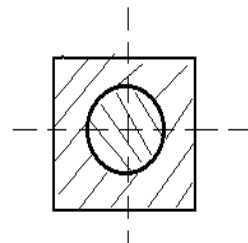
in profil dreptunghic



in V:



coada de randunica



in profil cilindric:



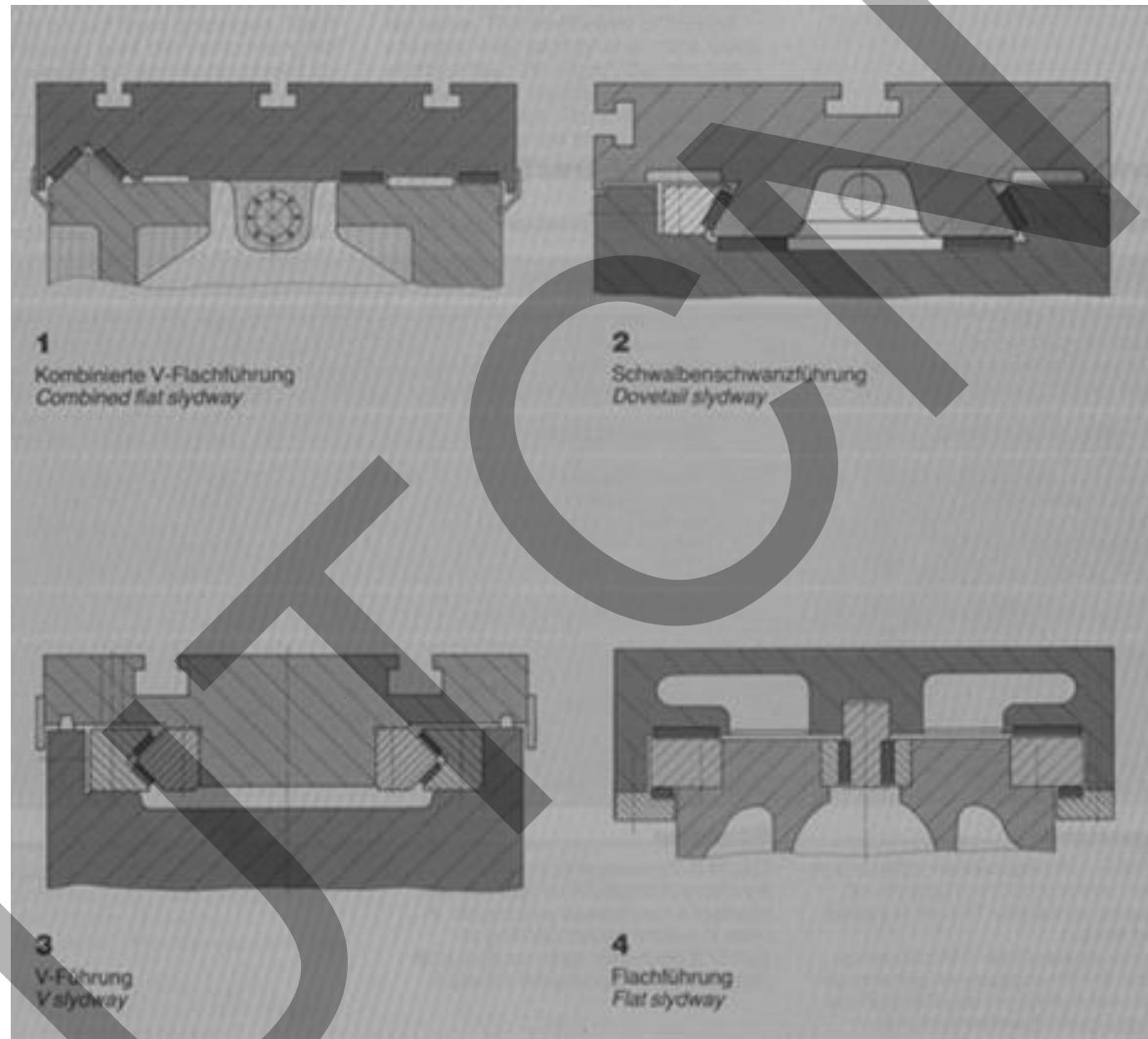
Soluții constructive

- **ghidaje de alunecare cu frecare mixtă** și placate cu perechi de materiale antifricțiune,
 - Teflon grafitat (TURCITE) pe oțel
 - bronz pe oțel
 - TURCITE pe fontă călită superficial, etc.

La aceste ghidaje nu **dispare contactul metal pe metal**

Sunt **unse cu ulei de ungere** injectat intermitent în interstițiul dintre suprafețele glisante prin intermediul canalelor de ungere.

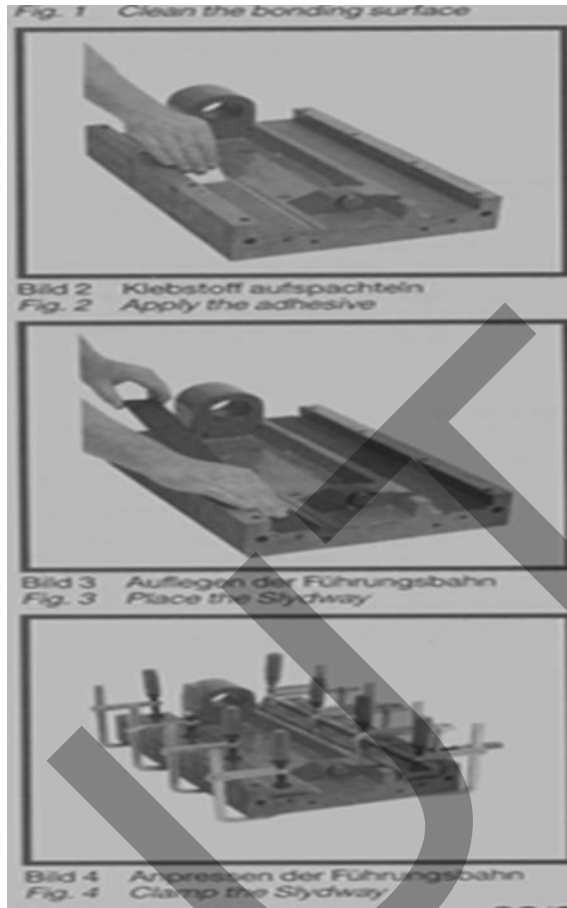




Ghidaje placate cu TURCITE, sau pastă “diamant chit”



Tehnologia de placare

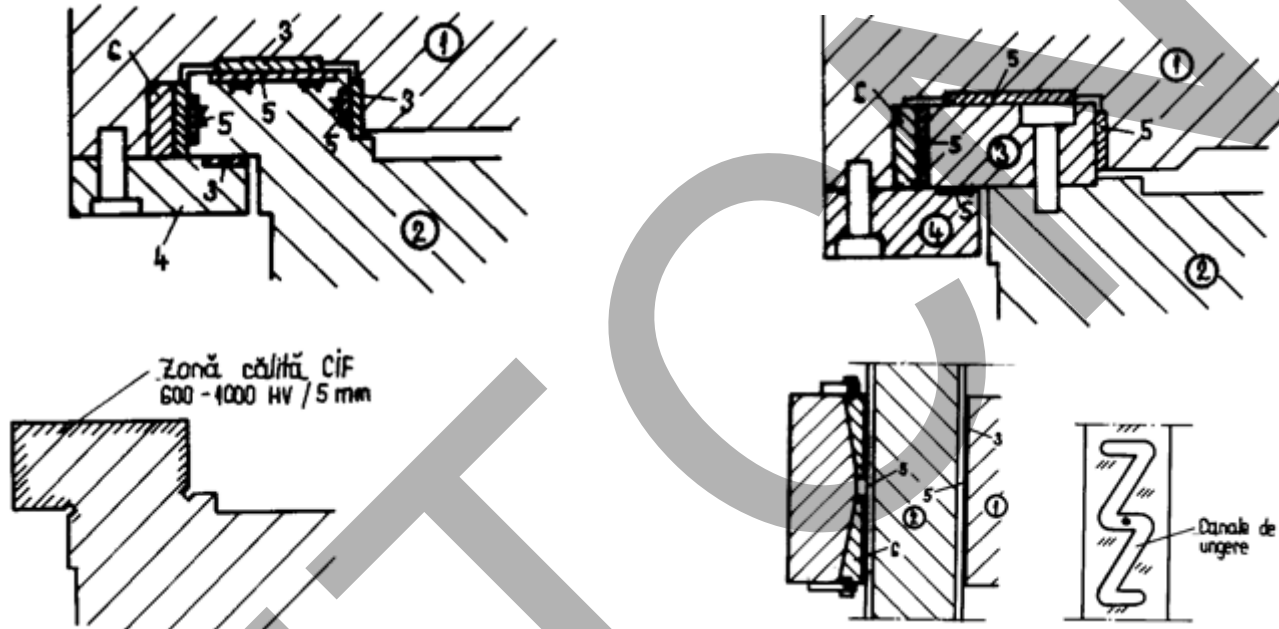


Curățirea suprafeței pentru aplicarea ghidajului

Aplicarea adezivului

Aplicarea ghidajului și fixarea acestuia





Ghidaje de alunecare placate cu bronz sau plastic:

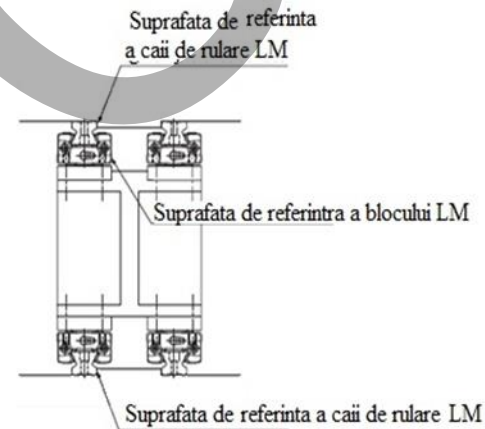
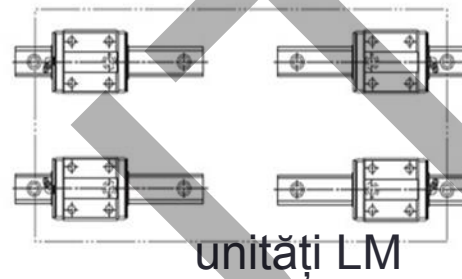
- pe ghidaj de fontă (stânga sus),
- pe ghidaj de oțel (dreapta sus),
- modul de călire la ghidajul din fontă (stânga jos),
- modul de scoatere a jocului și canalelor de ungere (dreapta jos).



Ghidaje cu elemente de rostogolire

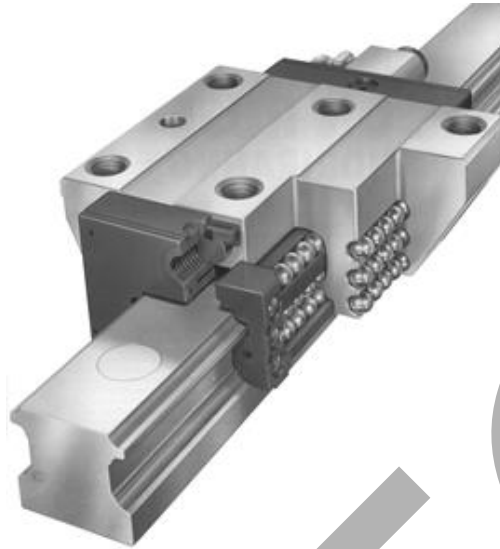
Soluțiile constructive:

- ❖ Ghidaje cu bile cu riglă de ghidare, cunoscute și sub denumirea de unități LM;
- ❖ Bucșe cu bile recirculabile, închise și deschise;
- ❖ Alte sisteme LM cum ar fi tanchetele cu role prinse pe un suport, plat sau în V, așezat între căile de ghidare.

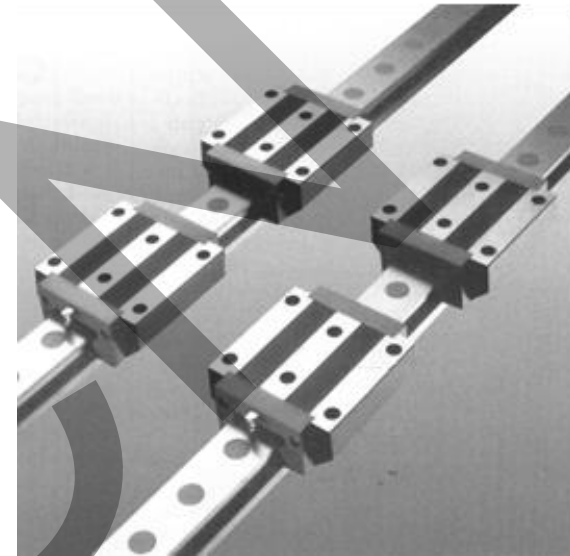


Bucșe cu bile recirculabile



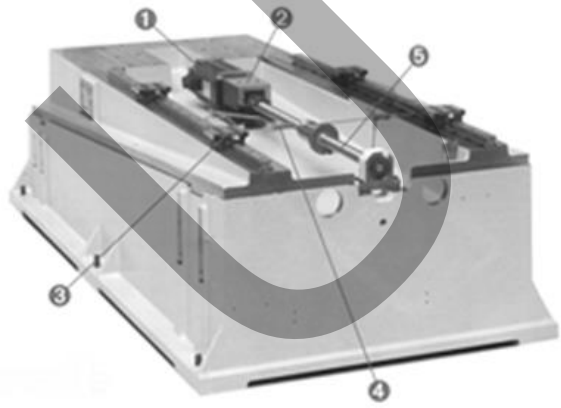


a)



b)

Exemple de tancheți INA multicircuit cu bile (a) și cu role (b).



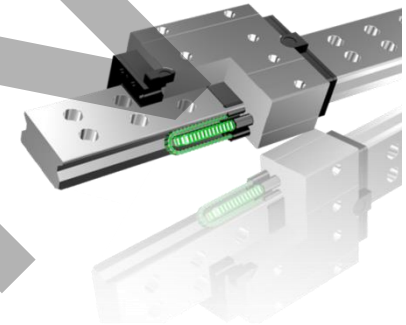
Tancheți INA multicircuit. Exemplu de montare



Ghidaje liniare cu bile

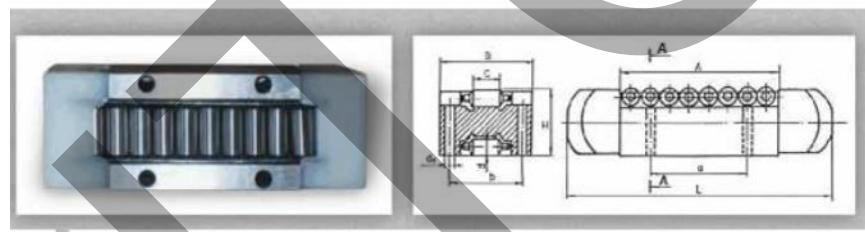


Ghidaje liniare cu role



Ghidaje circulare cu bile

Produse IAMU SA Blaj



Ghidaje cu role nerecirculabile plane

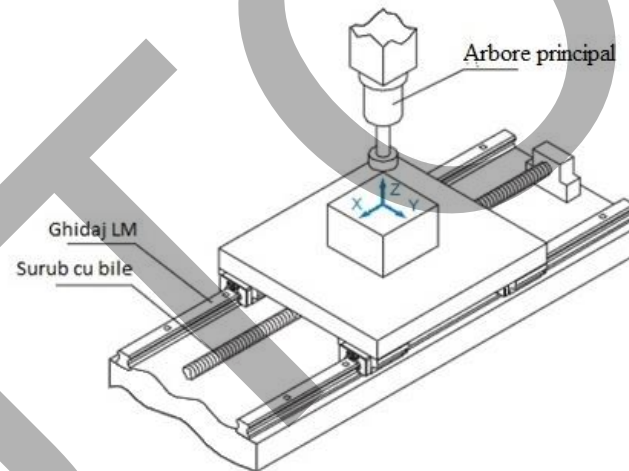


Ghidaje cu role nerecirculabile in "V"



Solicitarea ghidajelor

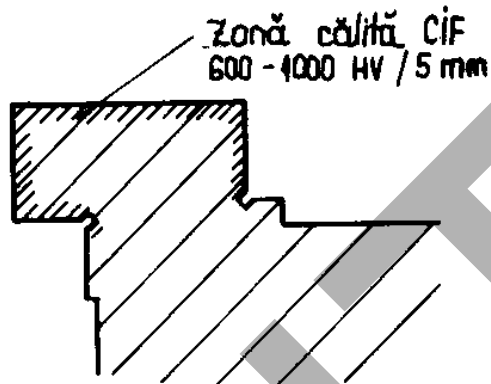
- Calculul solicitării ghidajelor are ca punct de plecare poziția în care se exercită forțele tehnologice în raport de masa mașinii



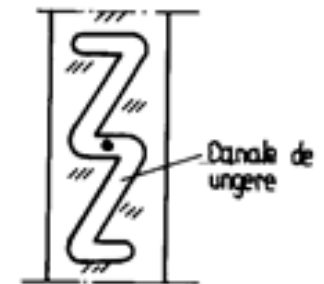
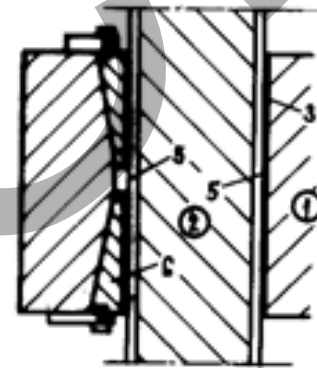
- Pretensionarea ghidaj cu frecare de rostogolire cuprinde domeniului $500 \div 4000$ daN



- Pentru ghidajele TURCITE pe fontă călită superficial, nu dispare contactul metal pe metal. Este nevoie de ungere intermitentă în canalele de ungere.



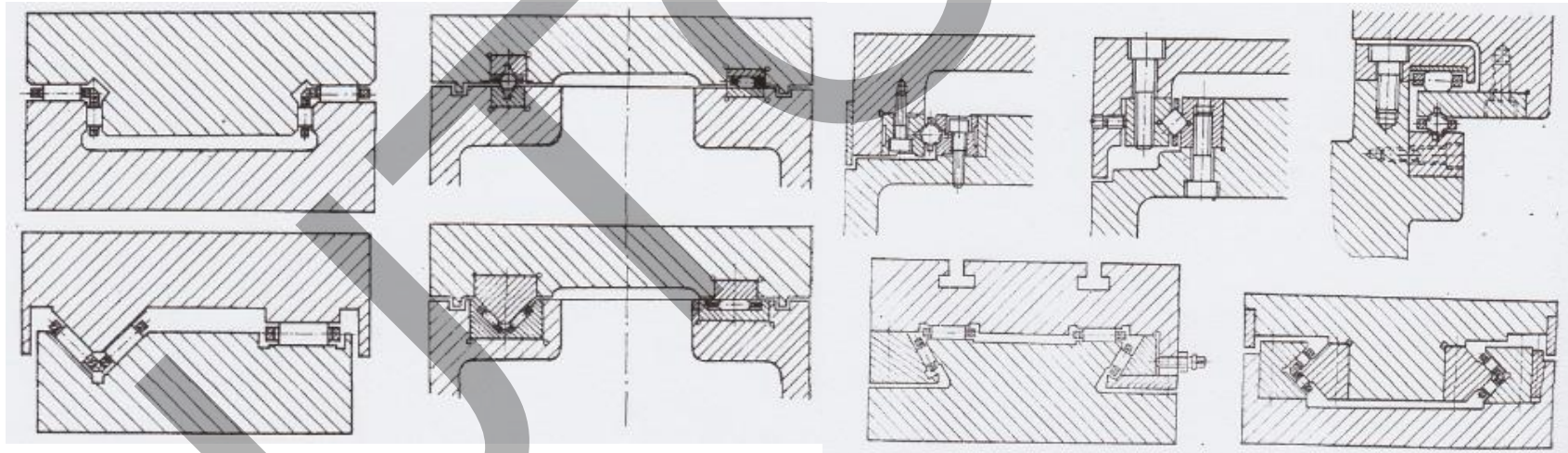
modul de călire la ghidajul din fonta



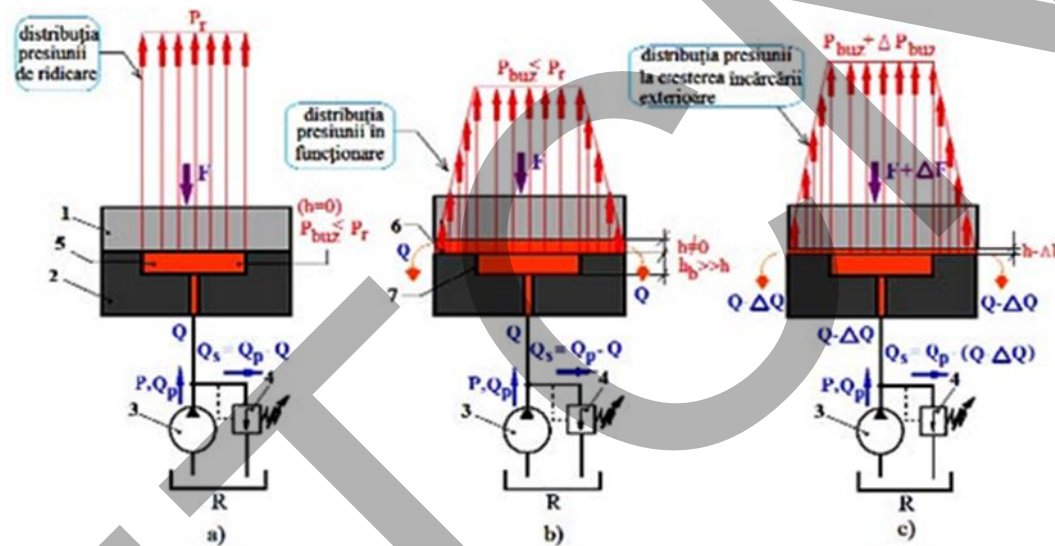
modul de scoatere a jocului si canalele de ungere

Ghidaje cu elemente de rulare

- Câteva soluții de construcție de ghidaje cu elemente de rulare



❖ Ghidaje cu sustentație hidrostatică



Din punct de vedere constructiv, un sistem hidrostatic portant este compus din două suprafețe plane paralele, permițând realizarea deplasării relative a elementului mobil 1 (de ex.: sania) față de elementul fix 2, (batiu, reazem etc.).

Într-una dintre suprafețe sunt practicate buzunare sau degajări 5, prin care are loc alimentarea cu lubrifianț sub presiune.



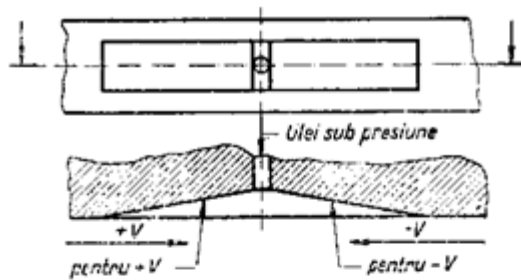


Fig. 4.16

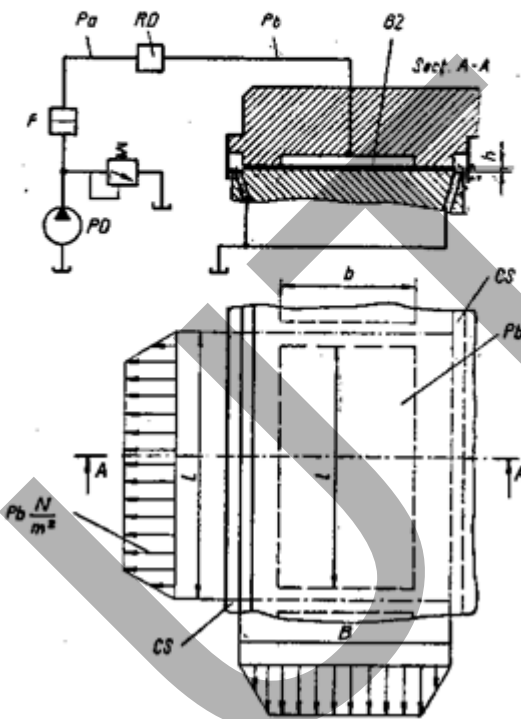
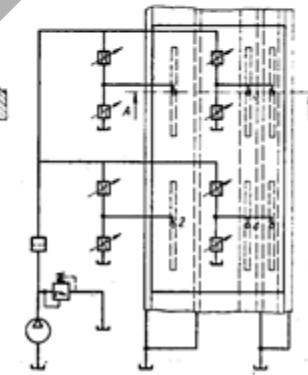
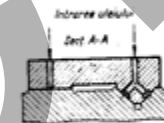
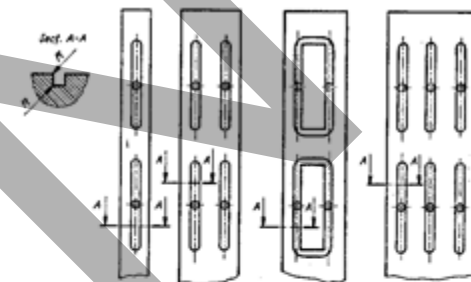


Fig. 4.17



Arbore principal și completul său

Setul de subansamble ale arborelui principal:

- ❖ arborele principal propriu zis, dimensionat pentru puterea maximă de așchiere a mașinii;
- ❖ alezajul conic de fixare a sculei;
- ❖ ansamblul de lagăre și rulmenți de susținere;
- ❖ dispozitivul de prindere a și eliberare (automată) a sculei în arborele principal;
- ❖ dispozitivul de oprire orientată (indexare) unghiulară a arborelui principal;



- ❖ sistemul de răcire și termostabilizare a rulmenților;
- ❖ sistemul de ungere/gresare a rulmenților;
- ❖ sistemul de etanșare față de exterior al rulmenților;
- ❖ sistemul de suflare a aerului de curățire pe timpul eliberării sculei;
- ❖ dispozitivul de răcire al sculei prin interiorul arborelui principal și al sculei;
- ❖ transmisia principală a turației cu puterea nominală la arborele principal;
- ❖ ansamblul de traductori de forță axială (Fax) și moment de torsiune (Mt) pentru controlul automat al procesului.



Dimensionarea arborelui principal

Criterii ce trebuie considerate simultan în dimensionare :

- ❖ puterea maximă;
- ❖ turația maximă;
- ❖ alezajul conic nominal;
- ❖ forță maximă de avans;
- ❖ forță nominală și maximă de tragere a sculei în con;
- ❖ temperatură admisibilă;
- ❖ tipul mașinii unelte și particularitățile acesteia



Sunt abordate soluțiile de acționare:

❖ **cu motor electric principal cu variație continuă a turației pe un domeniu de reglare dat;**

❖ **acționări principale continue cu electrobroasa de tip “in-built”;**

Oricare soluție de acționare principală trebuie astfel aleasă și concepută pentru a realiza parametrii principali ai acesteia, corelați cu funcțiile și tipodimensiunea mașinii:

- puterea nominală;
- domeniul de reglare al turației la $P=\text{const}$;
- domeniul total de reglare al turației ($P=\text{const.}$ și $M=\text{const.}$);
- randamentul;
- numărul de trepte/domenii;
- modul de comandă/cuplare al treptelor;
- modul de reglare al turației motorului;
- forțele radiale, axiale și tangențiale maxime la nivelul sculei și arborelui principal.

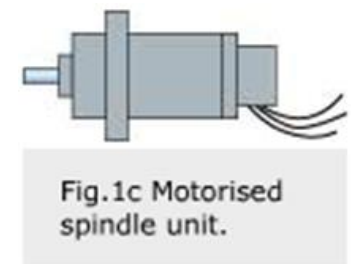
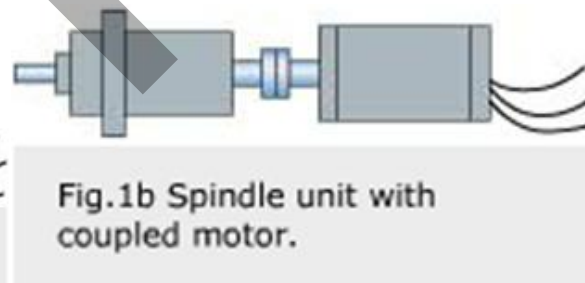
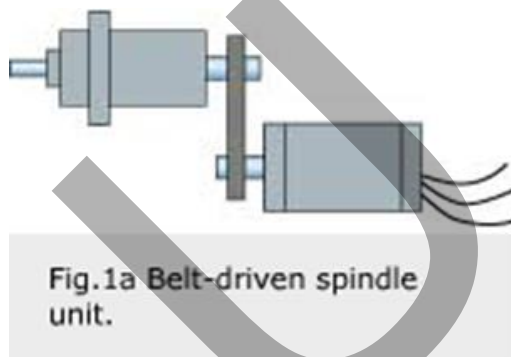


Dimensionarea - funcție de:

- ❖ regimul de așchiere maxim ;
- ❖ proba de sarcină maximă care trebuie să fie suportată de mașină.

Notații:

P_a – puterea în (Kw); D – diametrul exterior al sculei (mm);- n – turația sculei (rot/min);- B – lățimea de așchiere (mm); t – adâncimea de așchiere (mm);- Z – numărul de dinți ai sculei; S – avansul (mm/min); F_t – forța tangențială (daN); M_t – momentul de torsiune (Nm); V – viteza de așchiere (m/min); F_r – forța radială (daN); F_{ax} – forța axială (daN)



Forța de avans al piesei este $F_r = F_t$

$$\frac{F_t \cdot D}{200} = 9750 \cdot \frac{P}{n} = 9750 \cdot \frac{P}{\frac{1000V}{\pi D}}$$

$$\frac{F_t \times D}{200} = 9.75 \frac{\pi P D}{V} \quad F_t \times V = 6126 \times P$$

$$F_t [\text{daN}] = 6126 \times \frac{P [\text{Kw}]}{V [\text{m/min}]}, [\text{daN}]$$

$$V = \frac{\pi D n}{1000}, [\text{m/min}] \quad n = \frac{1000V}{\pi D}, [\text{rot/min}]$$



$$B = (0.8 - 0.9) \times D$$

$$M_t = \frac{F_t \times D}{2} \times \frac{1}{100}$$

$$F_r = F_t$$

$$F_\omega = K \times F_t \quad (K=0.15 \div 0.25)$$

$$P = \frac{M_t \times n}{9750} \text{ [kw]}$$

$$P_{tot} = \frac{P}{\eta}, \eta = 0.7 \div 0.85$$

$$M_t = 9750 \times \frac{P}{n}, \text{ [Nm]}$$

$$M_t = 9750 \times \frac{P_{tot}}{n} \times \eta, \text{ [Nm]}$$

$$S = S_d \times z \times n$$

S_d avansul/dinte, z - numărul de dinți ai sculei

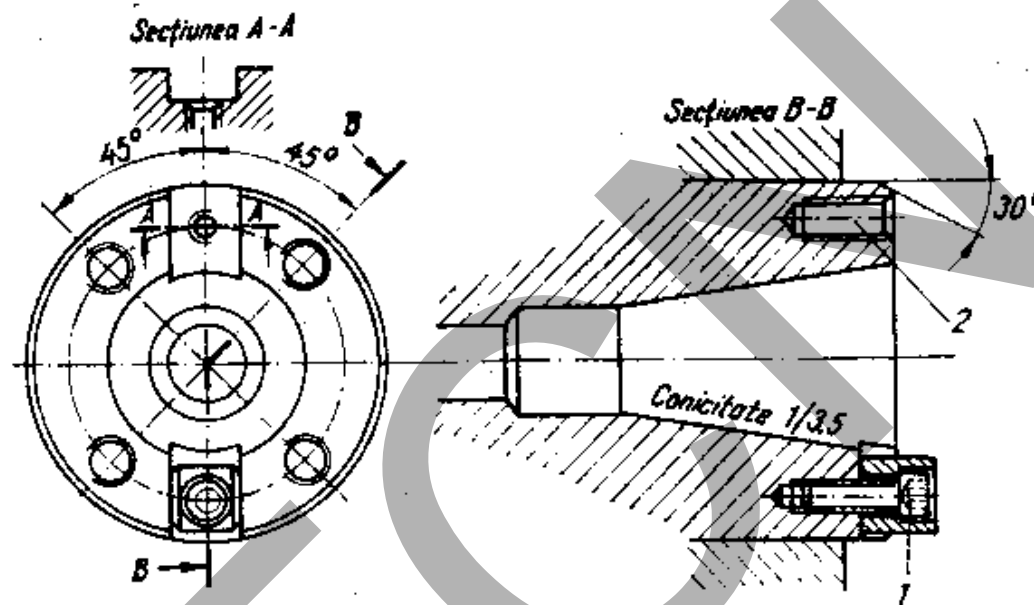


Alezajele conice mai des întâlnite :

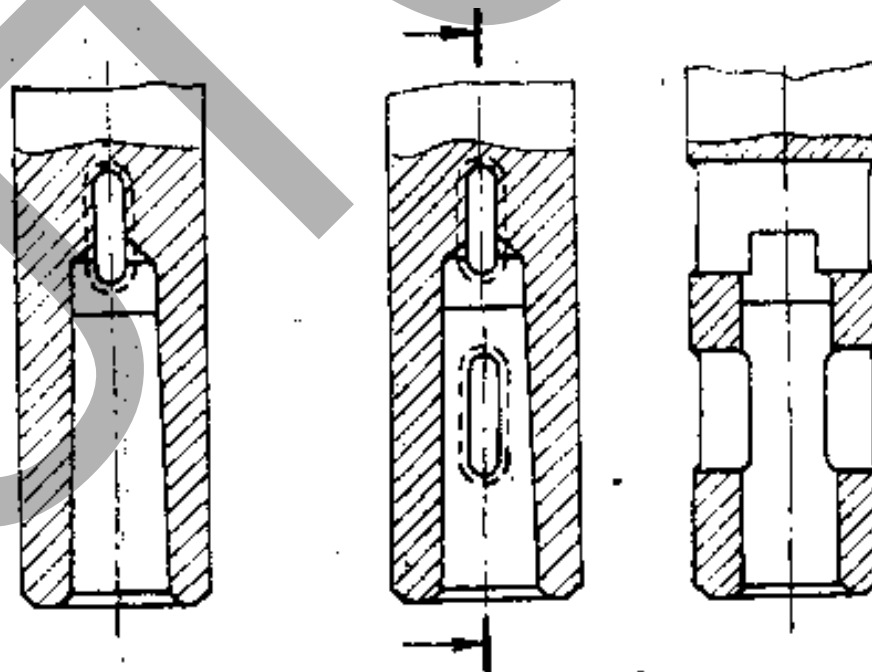
- ❖ **alezaj conic ISO**, conicitate 7 : 24, fără autofrânare, cu valorile nominale ISO 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60;
- ❖ **alezaj conic Morse**, conicitate cca 1 : 20, cu autofrânare, valorile nominale: Morse 1, 2, 3, 4, 5, 6 ;
- ❖ **alezajul HSK**, conicitate 1 : 10, fără autofrânare și cu contact frontal pe flanșa sculei, cu valori nominale: 32, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160.

Dimensionarea alezajului conic depinde de puterea transmisibilă, forța axială, tipul operației predominante, nivelul de automatizare.





Alezaj conic
ISO



Alezaj conic
Morse

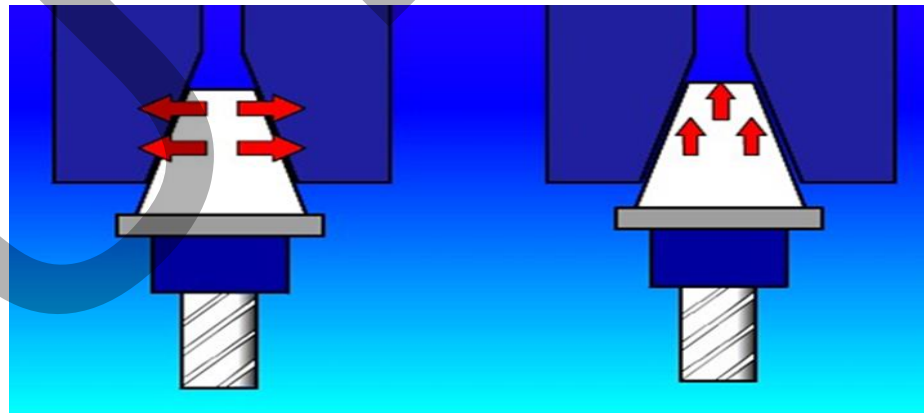


Transmiterea mișcării:

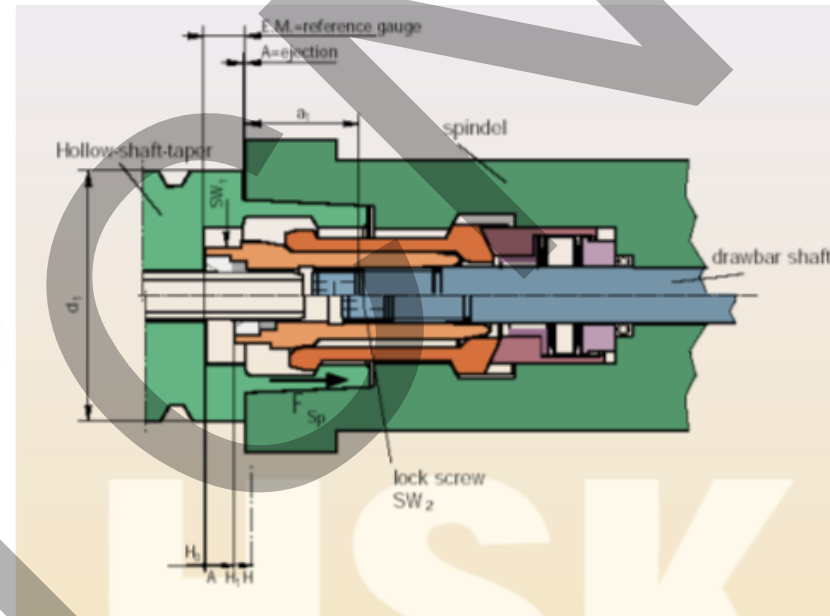
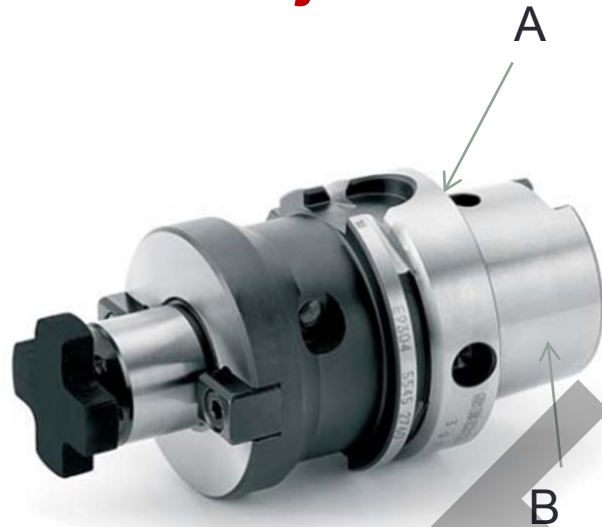
- ❖ prin 2 pastile de antrenare fixate pe fața frontală a arborelui, pentru standardele ISO, DIN, CAT (ANSI) MAS-BT
- ❖ prin efectul de autofranare conul Morse

Dezavantaje în funcționare

Sistemul de prindere ISO sau CAT, cu suprafața de așezare conică are dezavantajele că la turații mari forța centrifugă tinde să lărgască suprafața conică interioară a AP și în consecință scula avansează axial. Se limitează în utilizare la turații mai mici de 10000 RPM



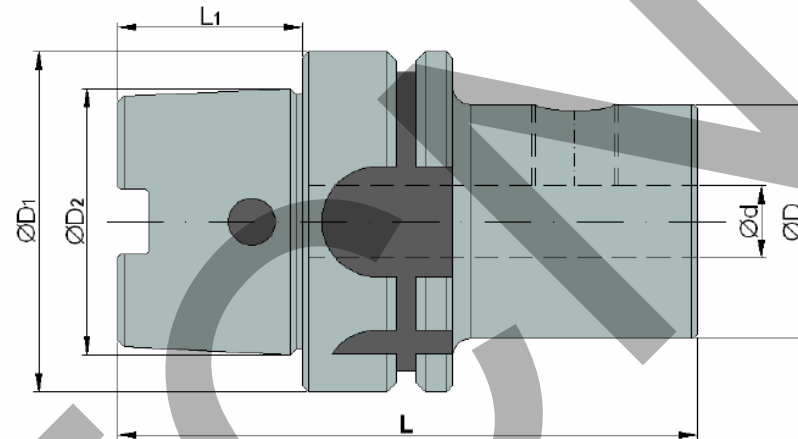
Alezaj conic : Soluția HSK



Soluția HSK înlătura dezavantajul prin cele 2 suprafețe de contact ale sculei: una frontală (B) și una plană(A)



Mandrina cu alezaj pentru cozi cu o singură aplatizare

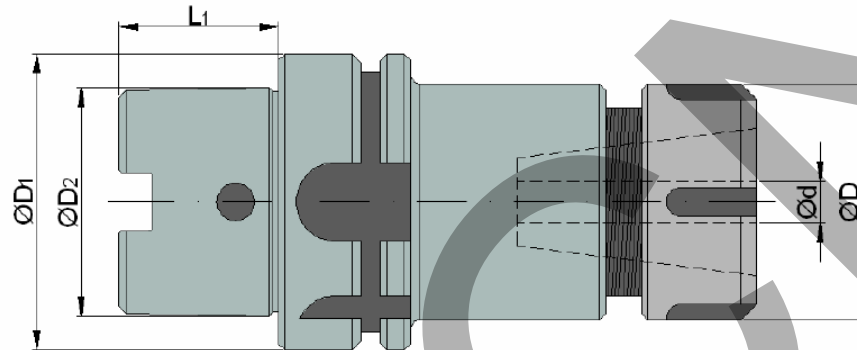


	Coadă HSK-A40	Coadă HSK-A50	Coadă HSK-A63	Coadă HSK-A100
ØD ₁	40	50	63	100
ØD ₂	30	38	48	75
L ₁	20	25	32	50

Cod mandrină	Con HSK	L	ØD	Ød	Cod mandrină	Con HSK	L	ØD	Ød
M14.1.HSK-A40.06.0	A40	72	25	6	M14.1.HSK-A63.06.0	A63	90	25	6
M14.1.HSK-A40.08.0			28	8	M14.1.HSK-A63.08.0			28	8
M14.1.HSK-A40.10.0			35	10	M14.1.HSK-A63.10.0			35	10
M14.1.HSK-A40.12.0			42	12	M14.1.HSK-A63.12.0			42	12
M14.1.HSK-A40.16.0		82	48	16	M14.1.HSK-A63.16.0		100	48	16
M14.1.HSK-A40.20.0		95	52	20	M14.1.HSK-A63.20.0		113	52	20
M14.1.HSK-A50.06.0	A50	83	25	6	M14.1.HSK-A100.06.0	A100	111	25	6
M14.1.HSK-A50.08.0			28	8	M14.1.HSK-A100.08.0			28	8
M14.1.HSK-A50.10.0			35	10	M14.1.HSK-A100.10.0			35	10
M14.1.HSK-A50.12.0			42	12	M14.1.HSK-A100.12.0			42	12
M14.1.HSK-A50.16.0		93	48	16	M14.1.HSK-A100.16.0		121	48	16
M14.1.HSK-A50.20.0		106	52	20	M14.1.HSK-A100.20.0		134	52	20



Mandrina cu bucușă elastică (penseta)

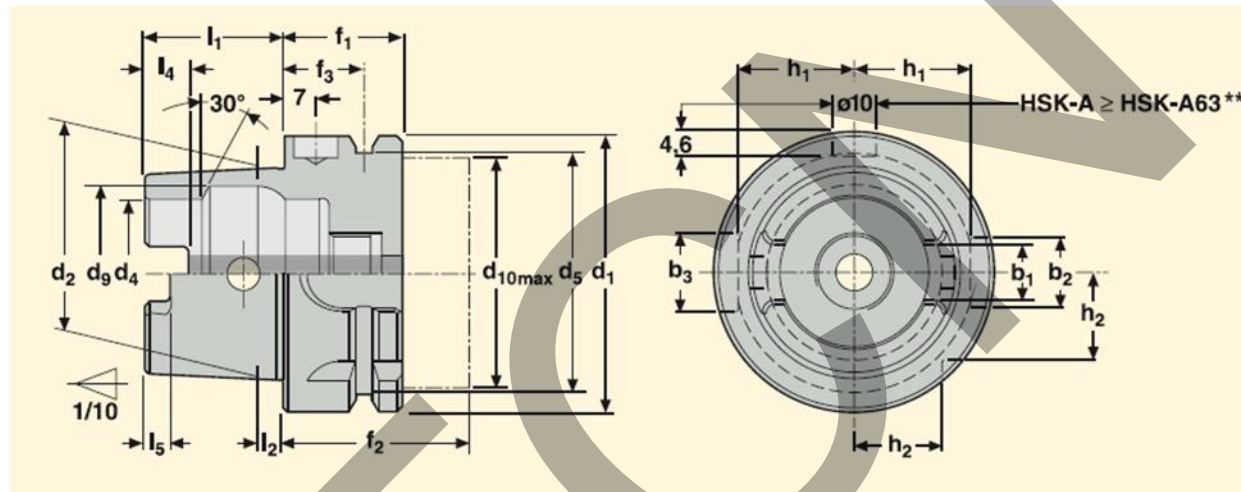


	Coadă HSK-A40	Coadă HSK-A50	Coadă HSK-A63	Coadă HSK-A100
ØD ₁	40	50	63	100
ØD ₂	30	38	48	75
L ₁	20	25	32	50

Cod mandrină	Domeniul de strângere	Con HSK	Set bucușe
MBE3 ÷ 8-HSK-A50	3 ÷ 8	A50	3 ; 3,5 ; 4 ; 4,5 ; 5 ; 6 ; 7 ; 8
MBE3 ÷ 8-HSK-A63		A63	
MBE3 ÷ 8-HSK-A100		A100	
MBE8 ÷ 14-HSK-A50	8 ÷ 14	A50	8,5 ; 9 ; 10 ; 11 ; 12 ; 13 ; 14
MBE8 ÷ 14-HSK-A63		A63	
MBE8 ÷ 14-HSK-A100		A100	
MBE14 ÷ 20-HSK-A50	14 ÷ 20	A50	14,5 ; 15 ; 16 ; 17 ; 18 ; 19 ; 20
MBE14 ÷ 20-HSK-A63		A63	
MBE14 ÷ 20-HSK-A100		A100	



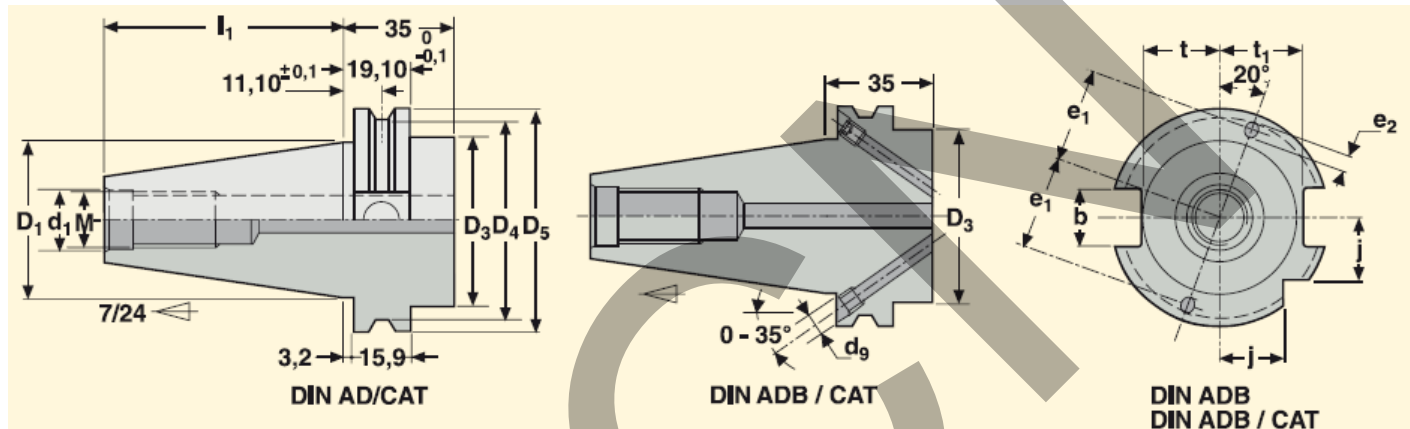
Alezaj :HSK Tip A Dimensiuni



HSK	Reper nr. prefix	Dimensiuni în mm																	
		D_1	d_2	d_{10max}	d_4	d_5	d_9	f_1	f_2	f_3	l_1	l_2	l_4	l_5	b_1	b_2	b_3	h_1	h_2
HSK-A32	E9301...	32	24	26	17	26,5	21	20	35	16	16	3,2	5	3	7,05	7	9	13	9,5
HSK-A40	E9302...	40	30	34	21	34,8	25,5	20	35	16	20	4	6	3,5	8,05	9	11	17	12
HSK-A50	E9303...	50	38	42	26	43	32	26	42	18	25	5	7,5	4,5	10,54	12	14	21	15,5
HSK-A63	E9304...	63	48	53	34	55	40	26	42	18	32	6,3	10	6	12,54	16	18	26,5	20
HSK-A80	E9305...	80	60	67	42	70	50	26	42	18	40	8	12	8	16,04	18	20	34	25
HSK-A100	E9306...	100	75	88*	53	92	63	29	45	20	50	10	15	10	20,02	20	22	44	31,5



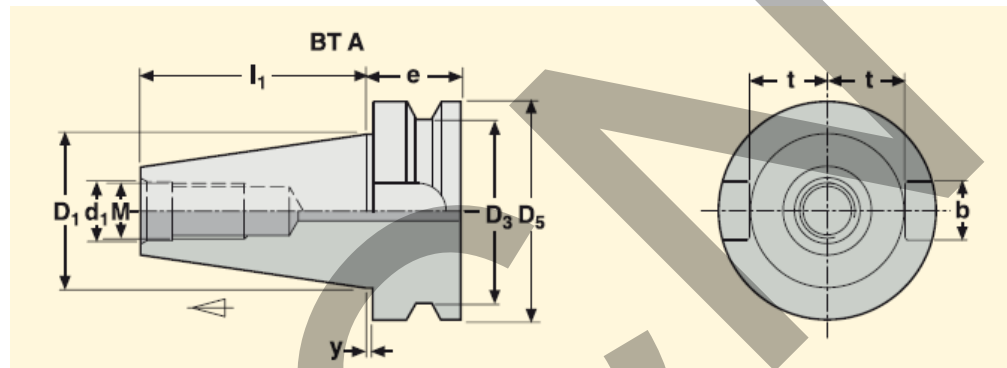
Alezaj: DIN/CAT Dimensiuni



Con	Răcire inter-nă	Reper nr. prefix	Dimensiuni în mm													
			D_1	D_3	D_4	D_5	$l_1^{-0,20}$	m	d_1^{H7}	d_9	e_1	e_2 max	t	t_1	b	j
DIN30	A/AD	E4464...	31,75	45 max	44,30	50,00	47,80	M12	13	-	-	-	16,4	19,0	16,1	15,0
DIN40	A/AD	E4469...	44,45	50 max	56,25	63,55	68,40	M16	17	-	-	-	22,8	25,0	16,1	18,5
DIN40 AD/ CAT40	A/AD	E4466...	44,45	44,45	56,25	63,55	68,40	M16	17	-	-	-	22,8	25,0	16,1	18,5
DIN40 ADB	A/AD/B	E3469...	44,45	50 max	56,25	63,55	68,40	M16	17	4	27	5	22,8	25,0	16,1	18,5
DIN40 ADB/CAT 40	A/AD/B	E3476...	44,45	44,45	56,25	63,55	68,40	M16	17	4	27	5	22,8	25,0	16,1	18,5
DIN45	A/AD	E4470...	57,15	63 max	75,00	82,55	82,70	M20	21	-	-	-	29,1	31,3	19,3	24,0
DIN50	A/AD	E4471...	69,85	80 max	91,25	97,50	101,75	M24	25	-	-	-	35,5	37,7	25,7	30,0
DIN50 AD/ CAT50	A/AD	E4468...	69,85	44,45	91,25	97,50	101,75	M24	25	-	-	-	35,5	37,7	25,7	30,0
DIN50 ADB	A/AD/B	E3471...	69,85	80 max	91,25	97,50	101,75	M24	25	6	42	7	35,5	37,7	25,7	30,0
DIN50 ADB/ CAT50	A/AD/B	E3478...	69,85	69,85	91,25	97,50	101,75	M24	25	6	42	7	35,5	37,7	25,7	30,0



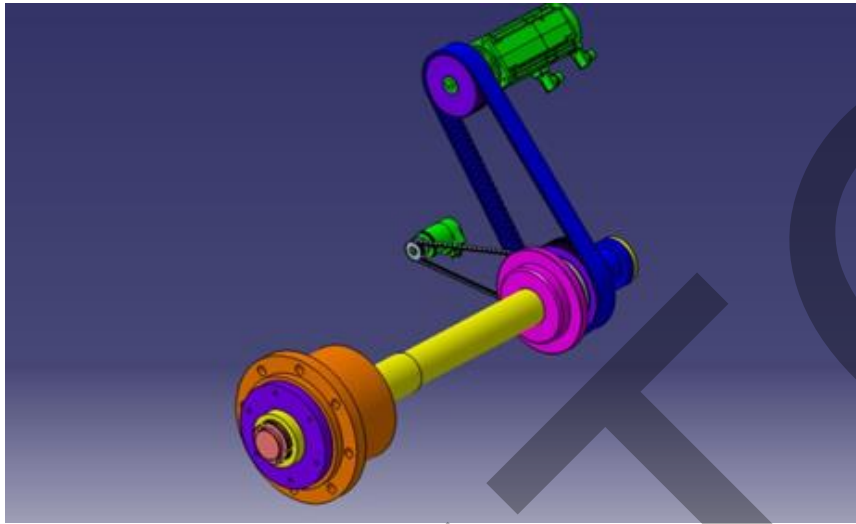
Alezaj : CAT Dimensiuni



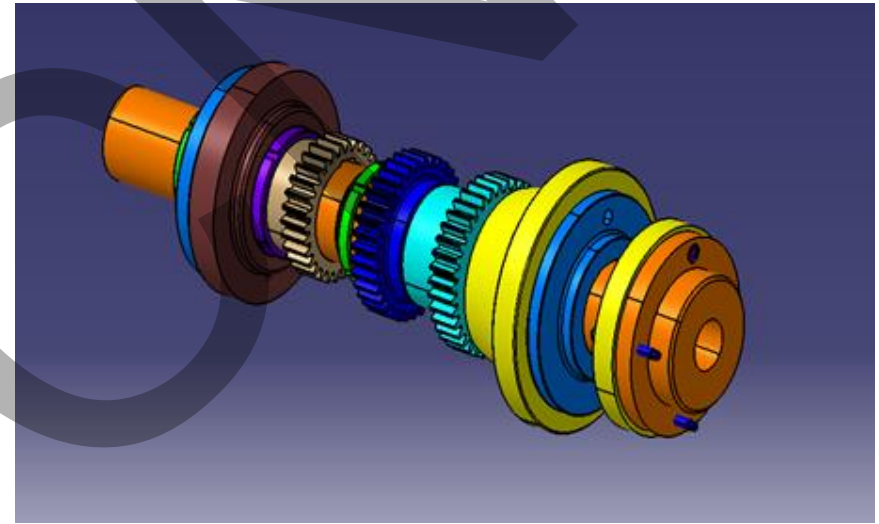
Con	Răcire internă	Reper nr. prefix	Dimensiuni în mm												
			D_1	D_3	D_5^*	l_1	m	d_g	e_1	e_2 max	e	D_1	t	b	y
BT30	A/AD	E4040...	31,75	38	46	48,4	M12	-	-	-	22	12,5	16,3	16,1	2
BT40	A/AD	E4041...	44,45	53	63	65,4	M16	-	-	-	27	17,0	22,5	16,1	2
BT40 ADB	A/AD/B	E3414...	44,45	53	63	65,4	M16	4	27	5	27	17,0	22,5	16,1	2
BT50	A/AD	E5766...	69,85	85	100	101,8	M24	-	-	-	38	25,0	35,4	25,7	3
BT50 ADB	A/AD/B	E3416...	69,85	85	100	101,8	M24	6	42	7	38	25,0	35,4	25,7	3



Ansamblu arbore principal (reprezentare CAD)



Freza FPH1000



Strung LHC800

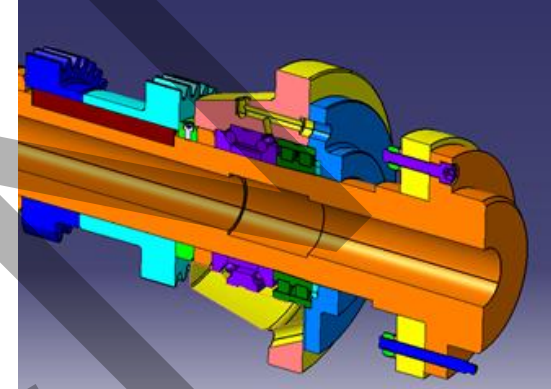
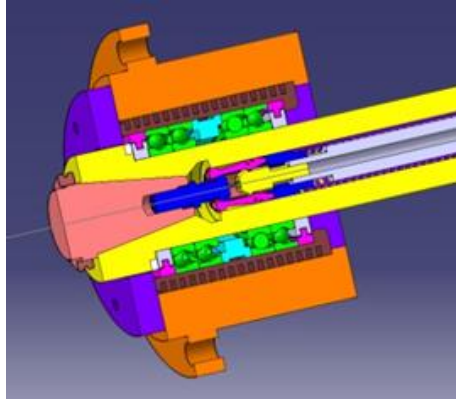
Stanadardele internaționale de utilizare

ISO - pentru Europa și țările care aderă la tratatele de la Geneva

CAT - pentru SUA și Canada

MAS-BT - pentru Japonia și țările Extremului Orient



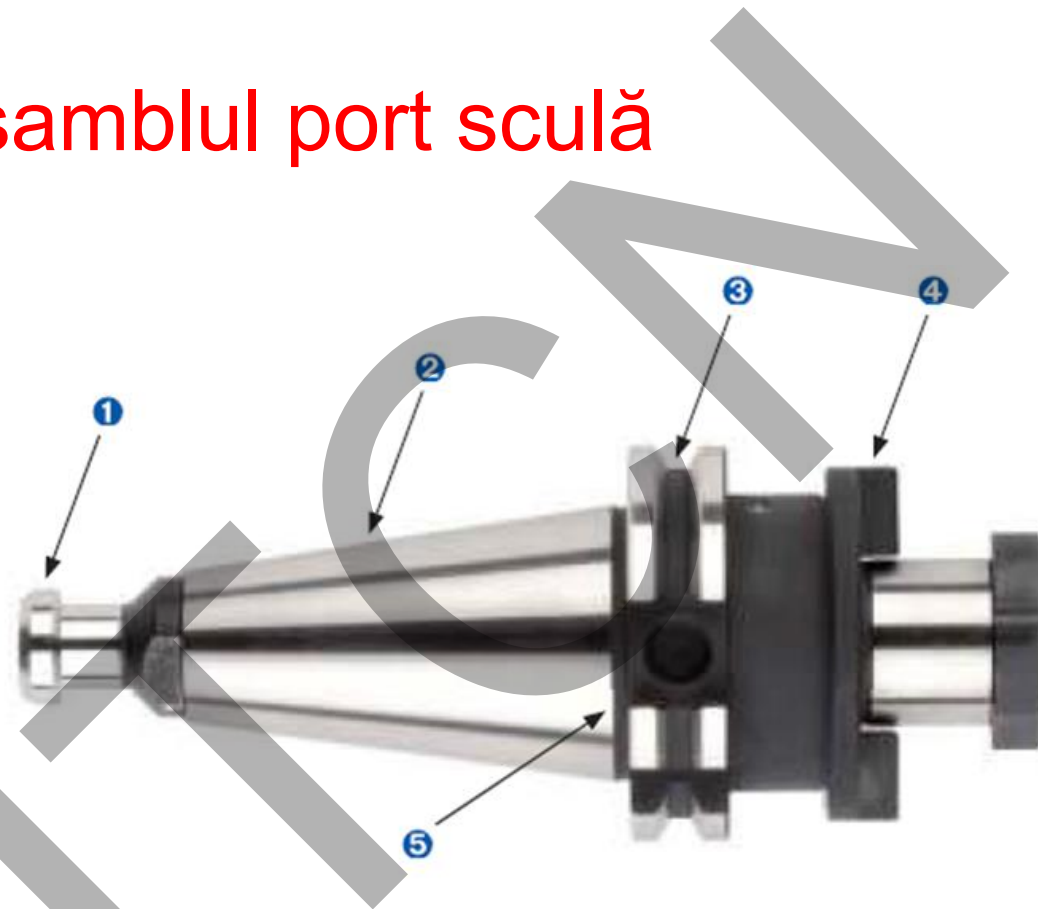


Exemple de portscule și conuri
(MAS-BT, HSK) precum și bucese
elastice

tirete MAS-BT, CAT și ISO



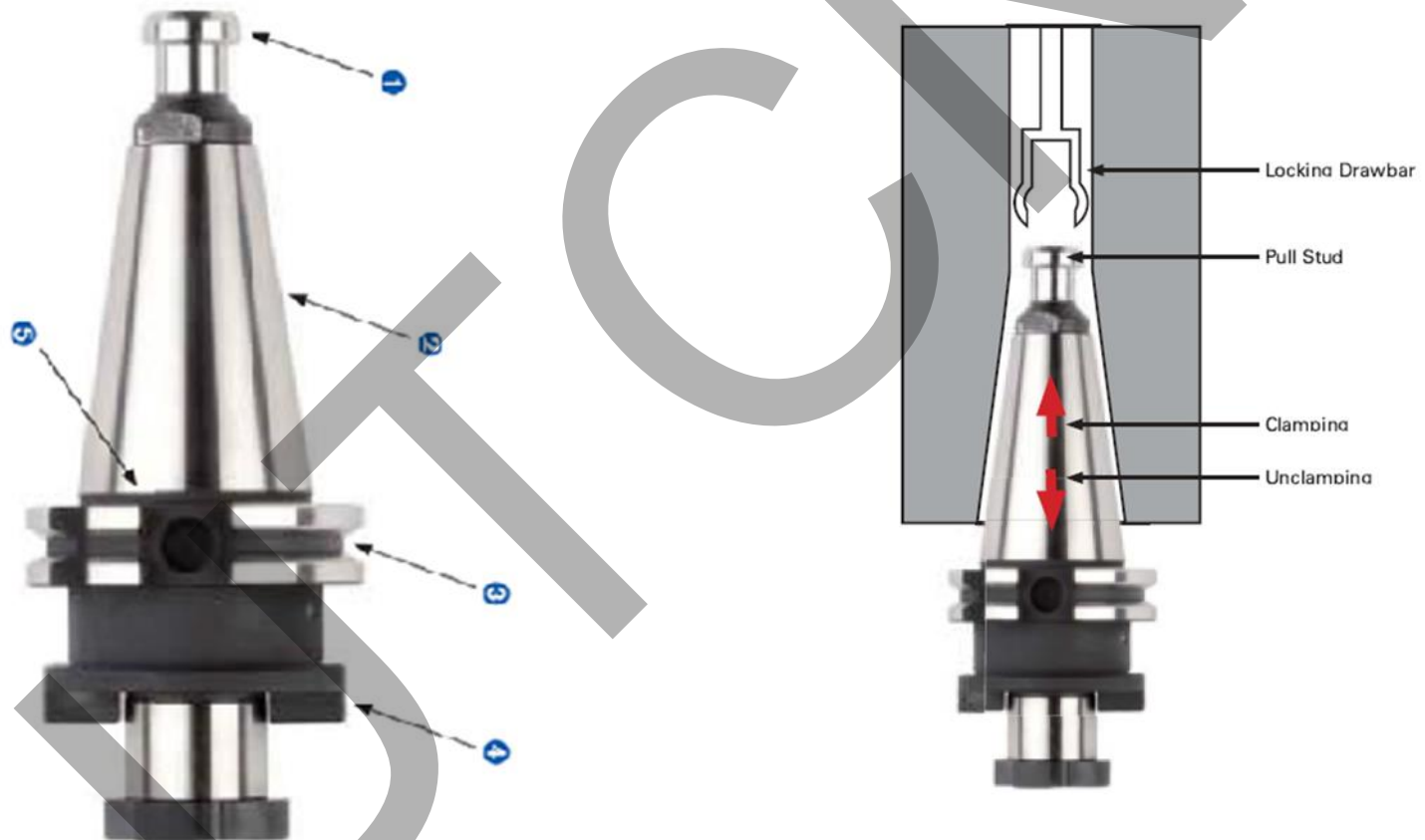
Subansamblul port sculă



1-tireta 2-conul port sculei 3-gulerul de agatare 4-adaptor 5-degajare



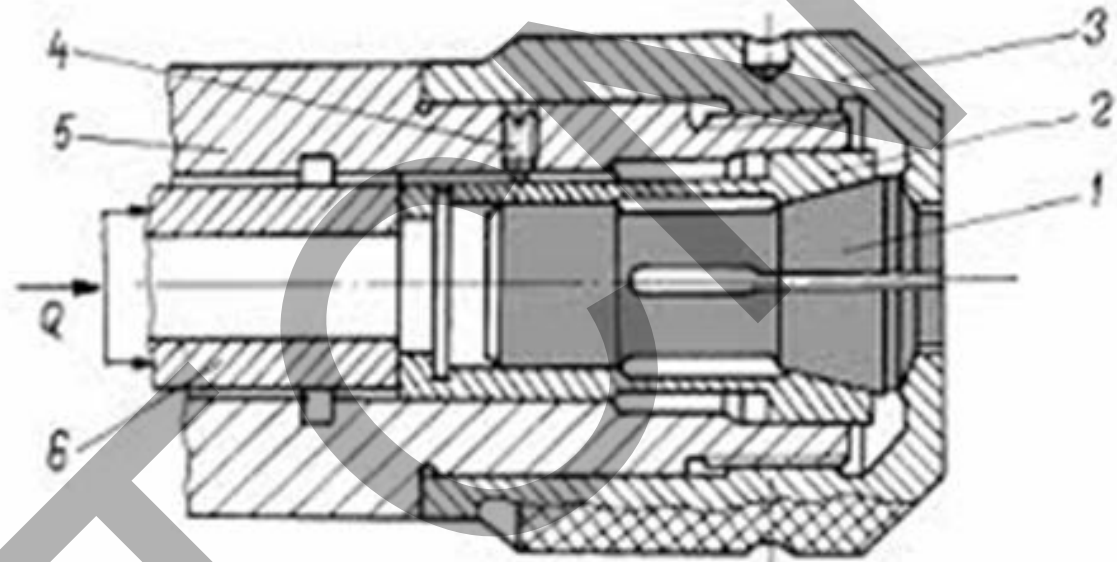
Subansamblul port sculă



1-tireta 2-conul port sculei 3-gulerul de
de agatare 4-adaptor 5-degajare



Sistem de fixare port sculă cu pensetă elastică

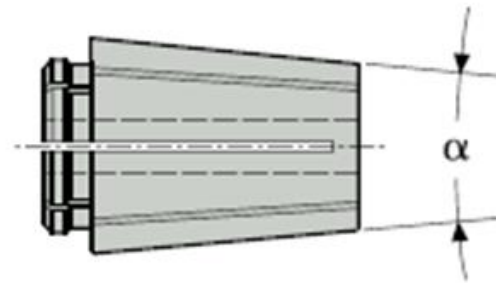


1. Pensetă elastică-prinde tîreta
2. Sistem acționare bucușă elastică
3. Bucușă de fixare
4. Știft de blocare
5. Arbore principal
6. Țeavă de acționare

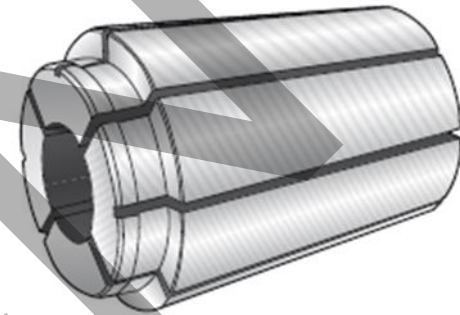
Pentru ansamblu vezi slide 98



Pensete de tip D

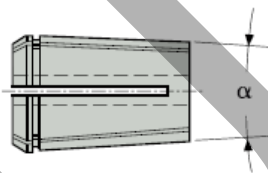


$$\alpha = 10$$

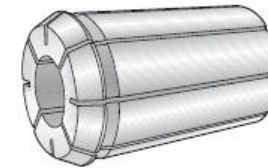


Pensete de înaltă precizie corespunzătoare pentru prelucrări la viteze mari

Pensete de tip OZ



$$\alpha/2 = 1/10 (2^{\circ}52')$$

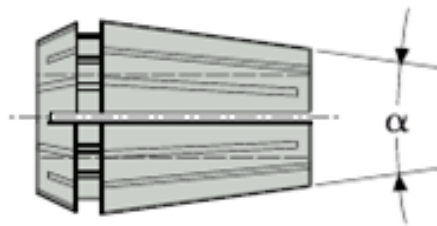


Tip A-un singur diametru de prindere nominal
Tip B-au ogama de prindere de 0,5 mm

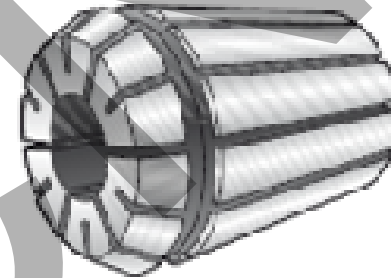
SECO



Pensete de tip ER



$$\alpha = 16^{\circ}$$

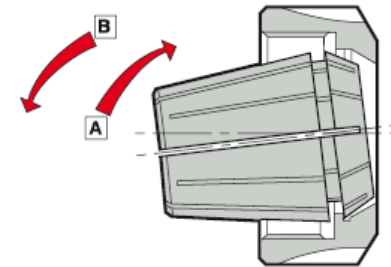


Gamă de prindere -0,5 sau -1 mm.

Penseta trebuie să fie întotdeauna introdusă în piuliță și piulița înșurubată pe mandrină înainte de a introduce scula în pensetă.

Penseta este montată în interiorul piuliței prin aplicarea unei ușoare presiuni A și eliberată cu o presiune radială B.

Este interzis să blocați piulița fără o sculă montată

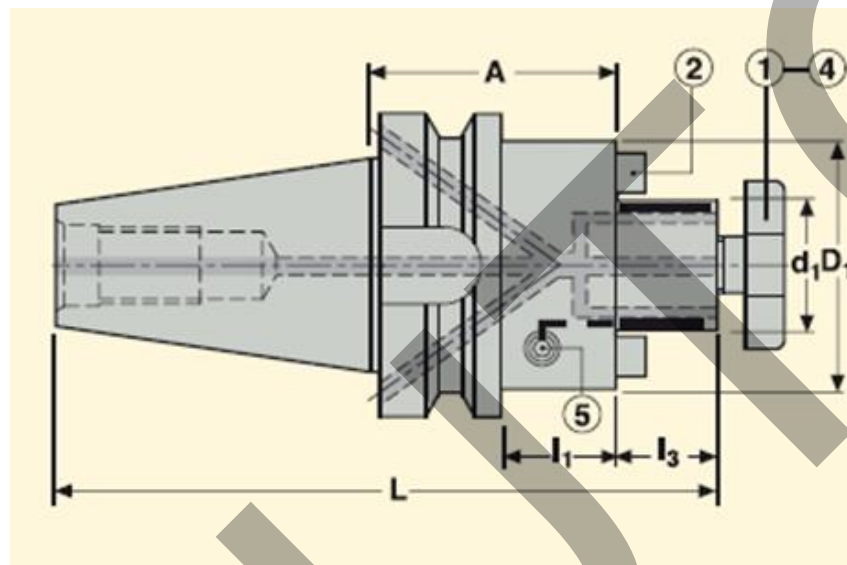


SECO

Pentru pensetele ER și OZ



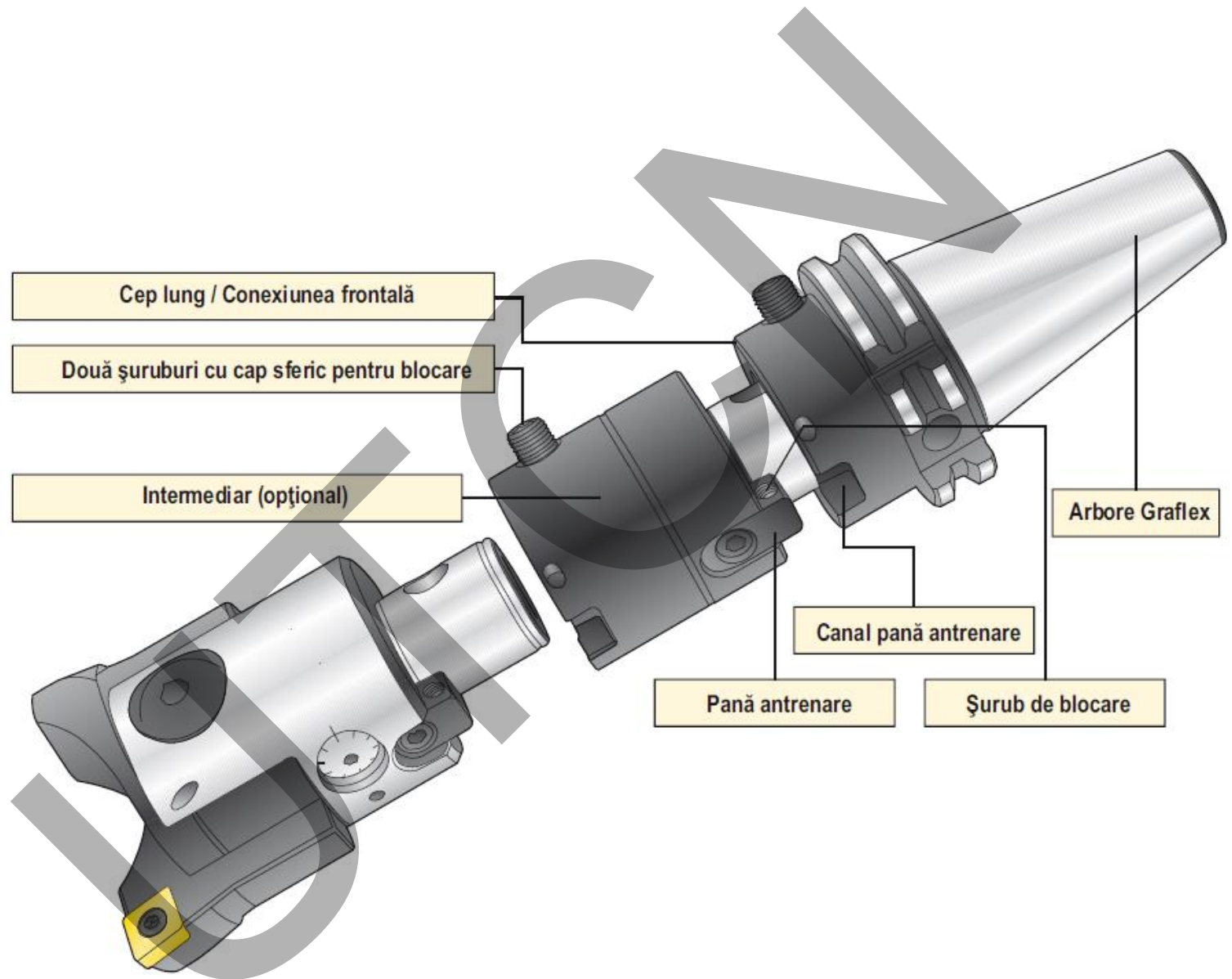
Port scule Monobloc BT JIS



- Cu cep hidraulic expansibil
- Bătaie radială 5 μm maxim.
- Cu canale pentru lichid de răcire prin cep.

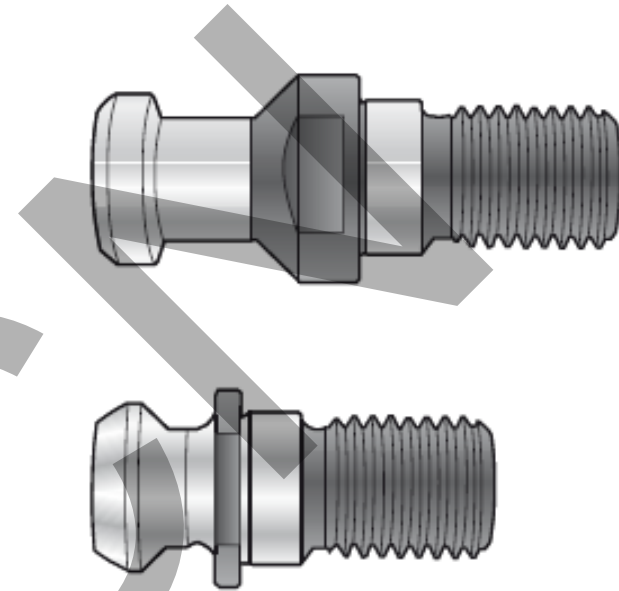
SECO





Tirete

(PULL STUDS)



Tiretele (numite și șuruburi de reținere) sunt legătura dintre bara de tracțiune a mașinii și portsculă.

Materialul superior și calitatea de durificare a tiretelor EPB este importantă, deoarece forțele de tracțiune exercitate asupra lor pot fi de până la 3000 daN pe axe SA 50.

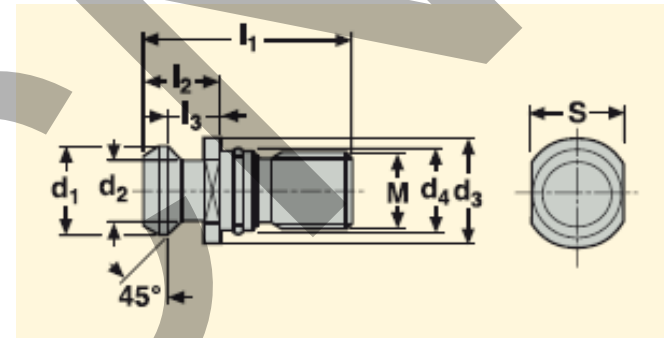
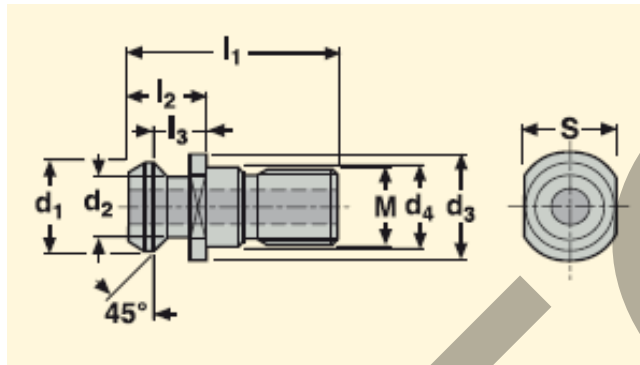
Prelucrarea de precizie a tiretelor garantează poziționarea precisă și blocarea în siguranță a portsculei în ax.

Majoritatea mașinilor necesită un design de turetă standard (DIN, ISO, BT, CAT), unele însă necesită un design specific



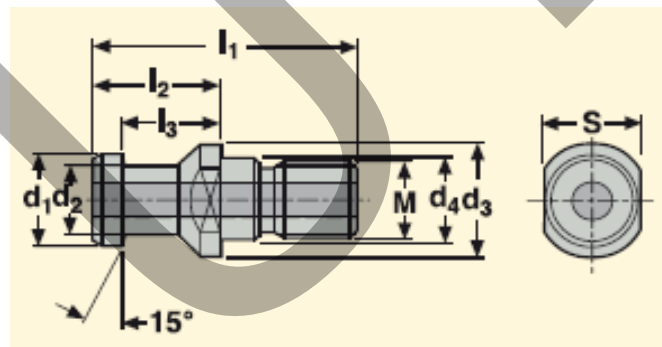
Tirete ISO

Forma 1

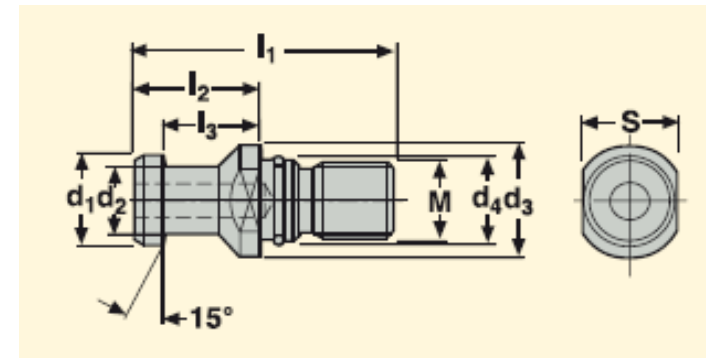


Tirete ISO

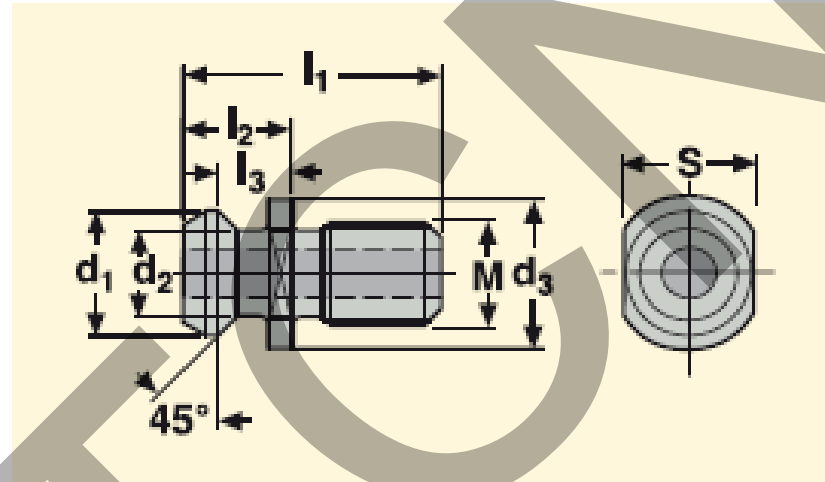
Forma 1



Forma 2

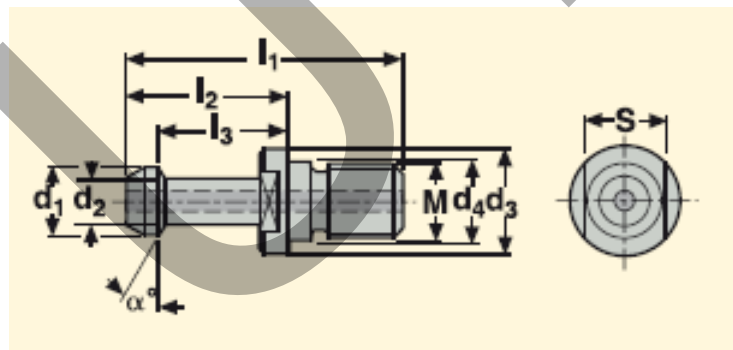


Tirete pentru portscule combinate DIN/ CAT Metric

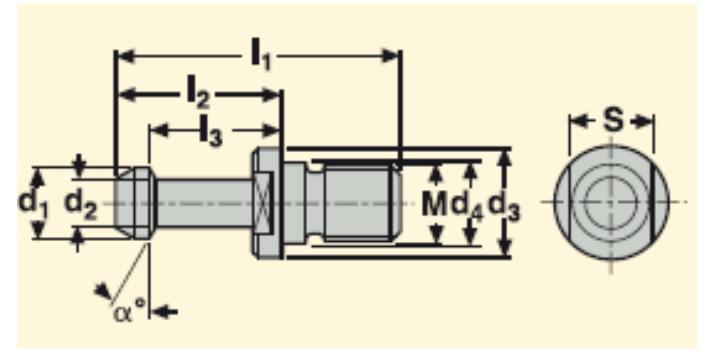


Tirete BT

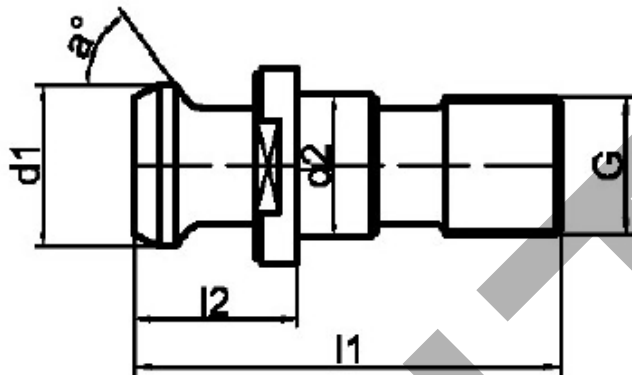
Forma 1



Forma 2



Tirete de tragere pentru conuri MAS BT

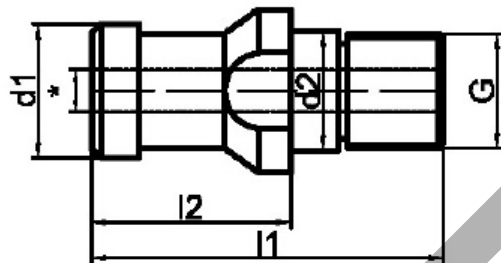


BT	G	d ₁	d ₂	l ₁	l ₂	a
30	M12	11	13	43	23	45°
30	M12	11	13	43	23	60°
40	M16	15	17	60	35	45°
40	M16	15	17	60	35	60°
40	M16	15	17	60	35	90°
50	M24	23	25	85	45	45°
50	M24	23	25	85	45	60°
50	M24	23	25	85	45	90°



Tirete de tragere DIN și ISO

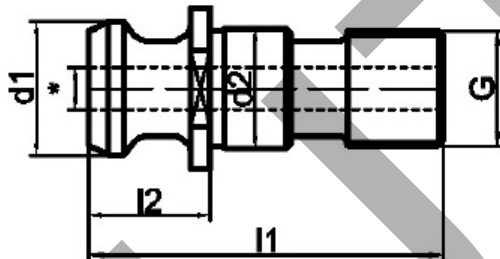
DIN 69871



ISO	G	d ₁	d ₂	l ₁	l ₂
30	M12	13	13	44	24
40	M16	19	17	54	26
50	M24	28	25	74	34

* Se execută cu sau fără gaură de răcire.

ISO 7388 / A



ISO	G	d ₁	d ₂	l ₁	l ₂
40	M16	19	17	54	26
50	M24	28	25	74	34

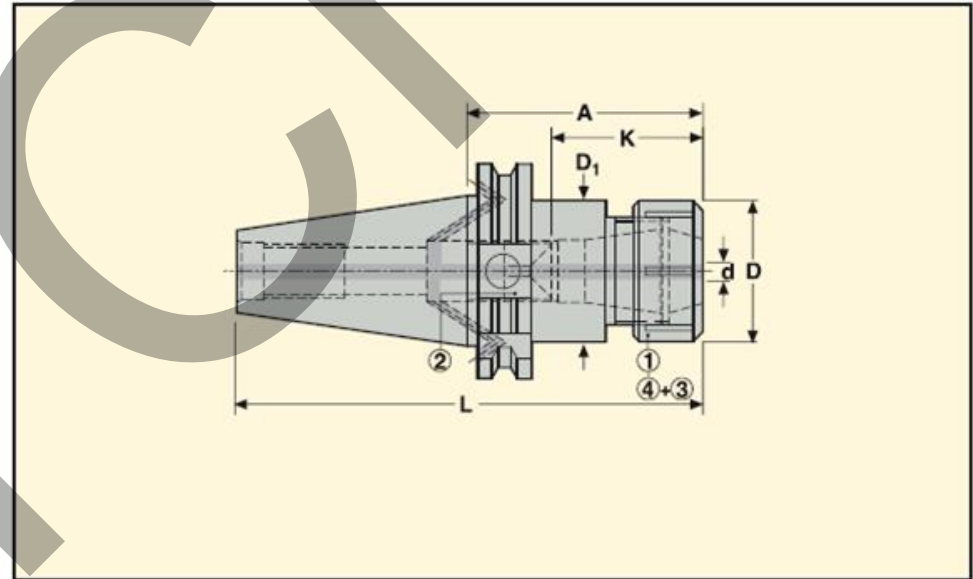
* Se execută cu sau fără gaură de răcire.



Port scule monobloc DIN



- Bătaie radială directă 5 μm maxim.

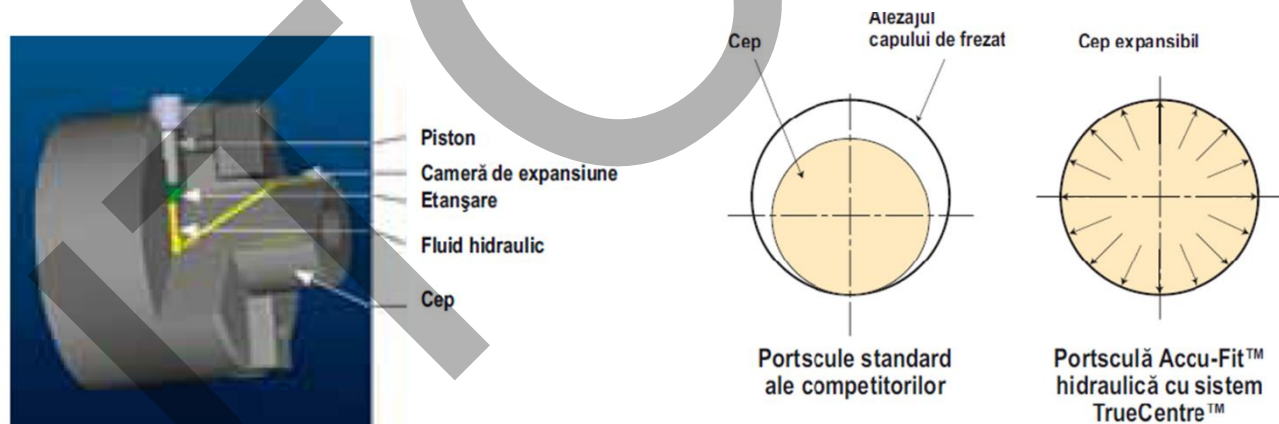


SECO



Sistemul Accu-Fit

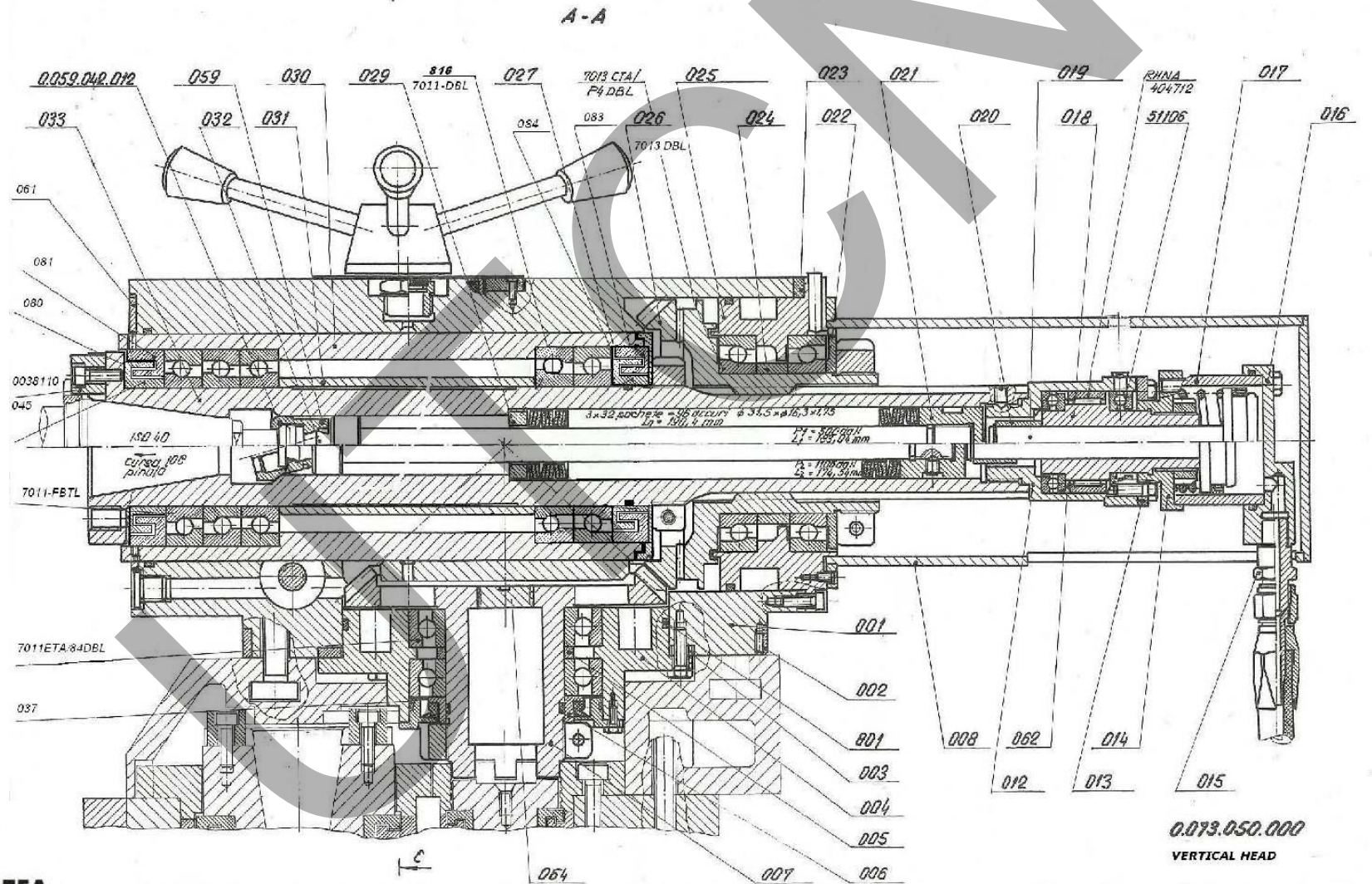
Prezintă un cep hidraulic expansibil pentru a menține cu precizie freza în alezaj, elimină jocul și reduce bataia radială



SECO



Completul arbore principal



Ansamblul de lagăre și rulmenți de susținere .

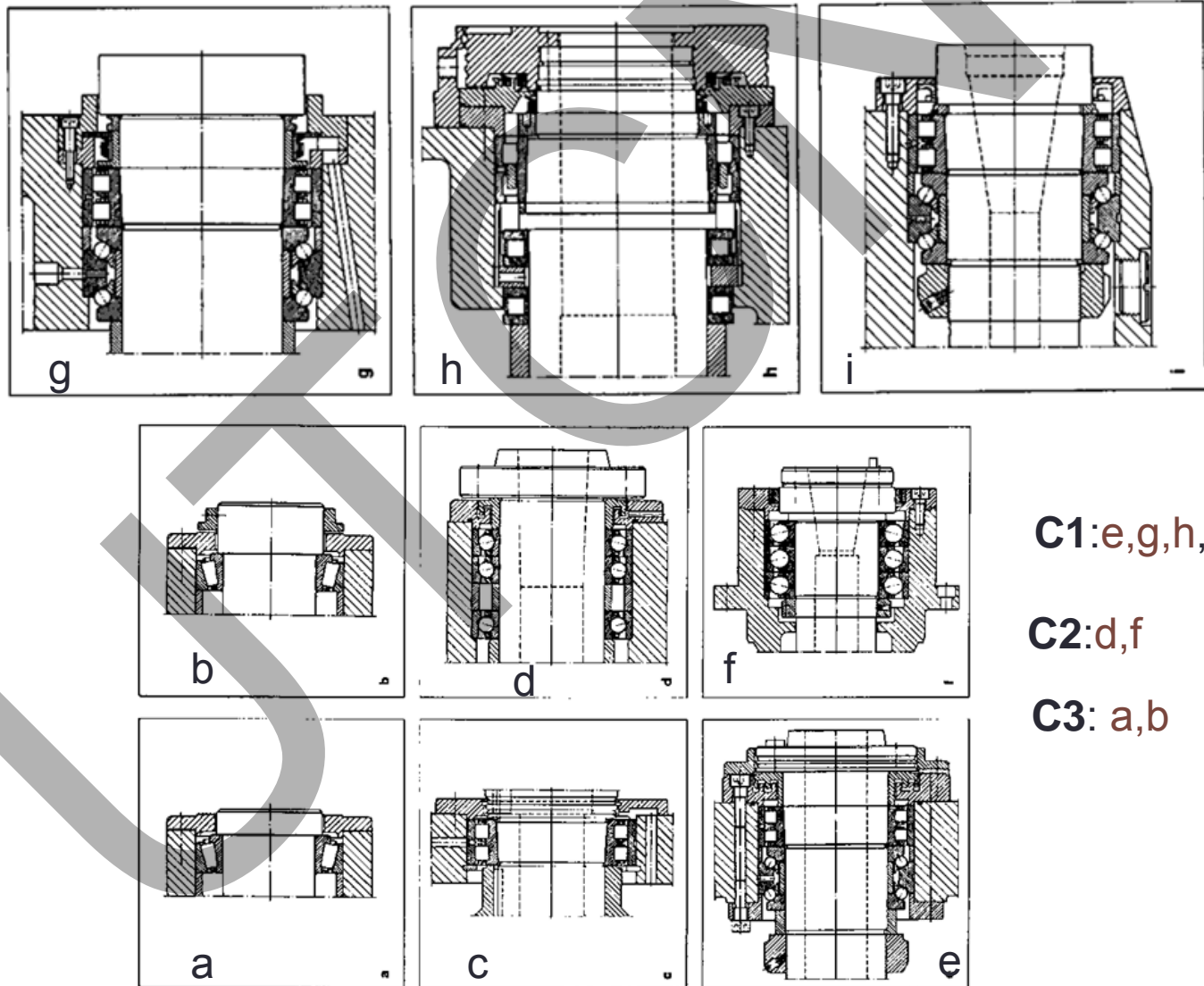


La ansamblu arbore principal se utilizează frecvent 3 tipuri de lagăre cu rulmenți:

- ❖ C1: rulmenți radiali cu 2 rânduri de role și alezaj conic în combinație cu rulmenți radiali așaxiali cu 2 rânduri de bile și contact la 45°
- ❖ C2: rulmenți radiali așaxiali cu bile împerecheați;
- ❖ C3 : rulmenți radiali așaxiali cu role conice.



Exemple de lagăruire ansamblu arbore principal



C1:e,g,h,i

C2:d,f

C3: a,b



Ansamblul de lagăre și rulmenți de susținere (Caracteristici)

- Arborele principal este motorizat, fără cutie de viteză care ar limita turația. Se pot atinge turații de 60000 RPM;
- Ungerea rulmenților se face cu vaselină până la 10000 RPM, după care se apelează la ungerea cu ulei-aer;
- Numărul DN reflectă compromisul dintre rigiditatea rulmenților și viteză.

$DN = D * N$ in care

D este diametrul rulmentului [mm]

N turatia [RPM]

S-a ajuns la $DN = 2000000$

- Rulmenți ceramici



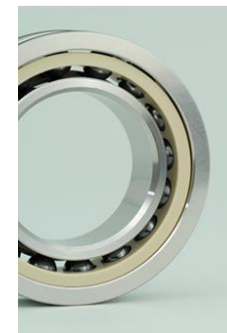
Rulmenți hibridi (ceramici)

Denumirea “hibrid” pentru rulmenții ceramici indică structura de ansamblu: inelele sunt confecționate din oțel iar elementele de rulare sunt realizate din material ceramic de înaltă performanță a nitru de siliciu” (Si_3N_4)

Proprietăți:

- Rigiditate mecanică ridicată;
- Durabilitate mare;
- Stabilitate la temperaturi înalte;
- Rezistență bună la uzură

Pot atinge **60.000 RPM**, utilizabili la broșele de rectificare



Alegerea tipului rulmentului

Mărimea și sensul solicitărilor influențează în mare măsură alegerea tipului rulmentului.

În general, la aceleași dimensiuni de gabarit, rulmentul cu role cilindrice suportă sarcini mai mari decât rulmentul radial cu bile.

Rulmenții cu mai multe rânduri de corpuri de rulare, în special role, au capacități de încărcare mai mari.

■ **Sarcina radială**

Se utilizează rulmenții cu role cilindrice fără umeri la unul din inele, fie cu un rând de role, fie cu două rânduri de role precum și rulmenții cu ace.

■ **Sarcina axială**

Se utilizează rulmenții axiali cu bile sau cu role cilindrice funcție de mărimea sarcinii. Rulmenții axiali **cu simplu efect** pot fi încărcăți numai într-un singur sens, iar rulmenții axiali **cu dublu efect** pot fi încărcăți în ambele sensuri.



Sarcina

Acționarea simultană a sarcinii radiale și axiale, înseamnă că asupra rulmentului acționează o sarcină combinată.

Pentru sarcini axiale mici care acționează împreună cu sarcini radiale se utilizează:

- ❖ **rulmenții radiali cu bile pe un rând.** (Sarcina combinată suportată de aceștia crește dacă jocul radial este mai mare decât cel normal);
- ❖ **rulmenții radiali cu role cilindrice** în construcție NUP și NJ+HJ precum și **rulmenții radiali oscilanți cu role butoi.**
- ❖ **rulmenții cu role cilindrice** NJ suportă sarcini axiale numai într-un singur sens, iar pentru conducerea axială a axului în ambele sensuri se recomandă montarea a doi rulmenți de acest tip.



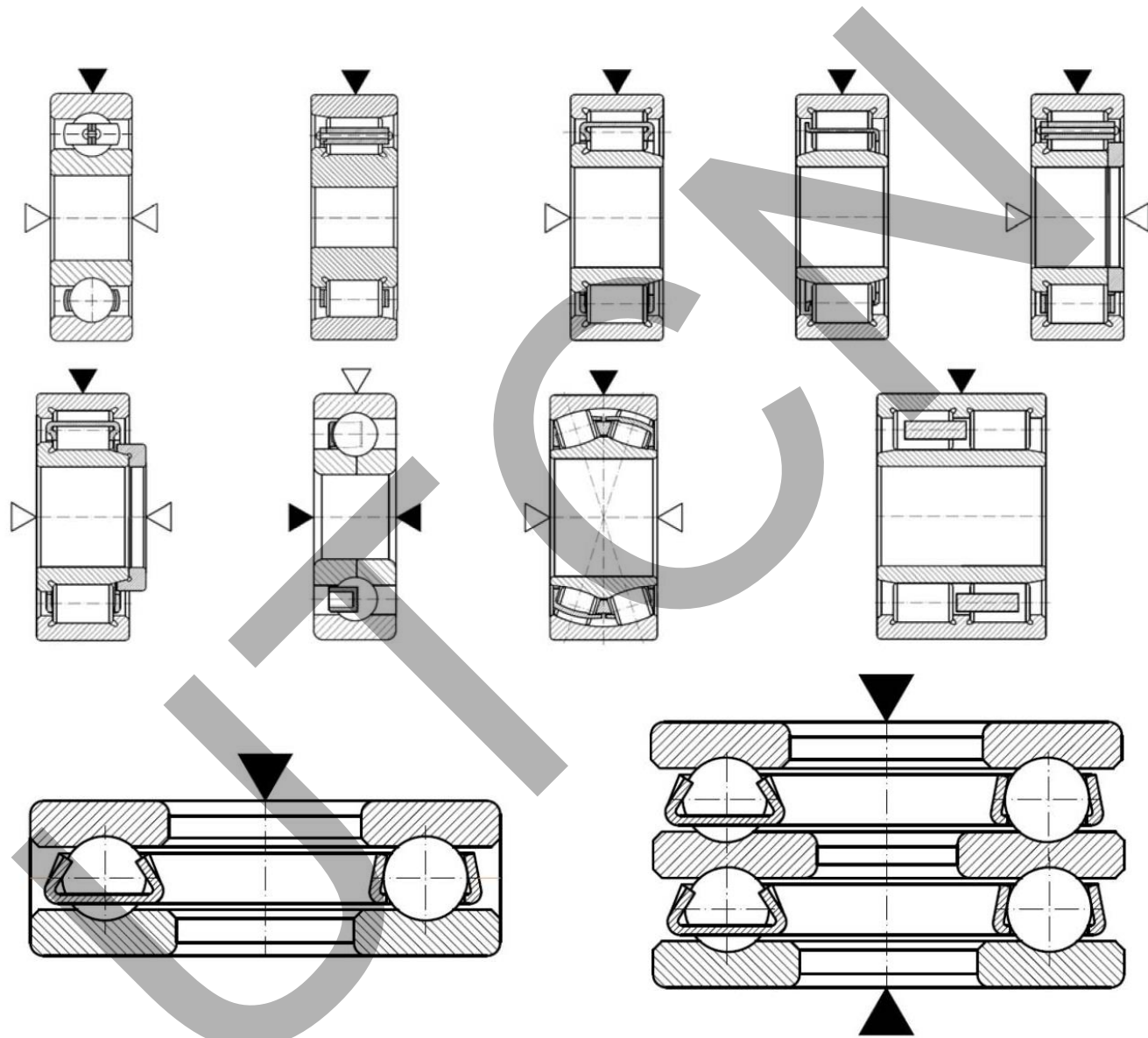
Pentru o componentă axială mare se montează un rulment axial lângă un rulment radial.

Rulmentul radial-axial cu bile sau rulmentul cu patru puncte de contact utilizați când predomină sarcina axială se montează cu ajustaj cu joc în carcasă.

În cazul sarcinilor combinate în care predomină sarcina axială mare se utilizează rulmenți radiali-axiali cu bile pe un rând sau două rânduri, rulmenți radial-axiali cu role conice sau rulmenți axial-oscilanți cu role.

Cele de mai sus sunt exemplificate în figura următoare: **triunghiurile înnegrite** indică direcția solicitărilor pentru care tipul de rulment a fost conceput; **iar cele albe** indică solicitările posibile.





Rulmenți cu auto aliniere- NSK

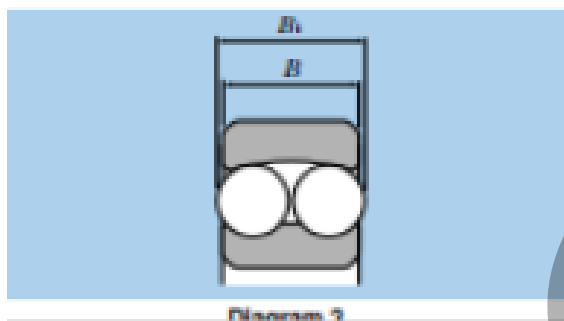
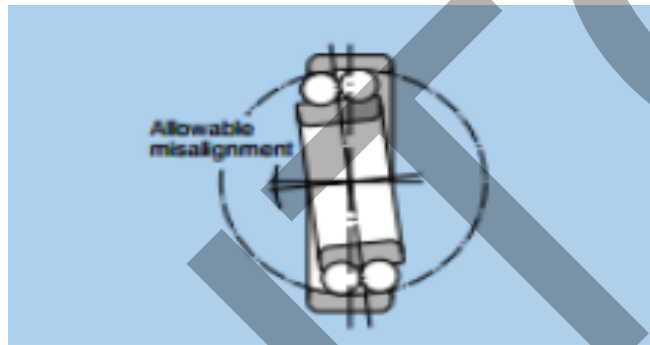


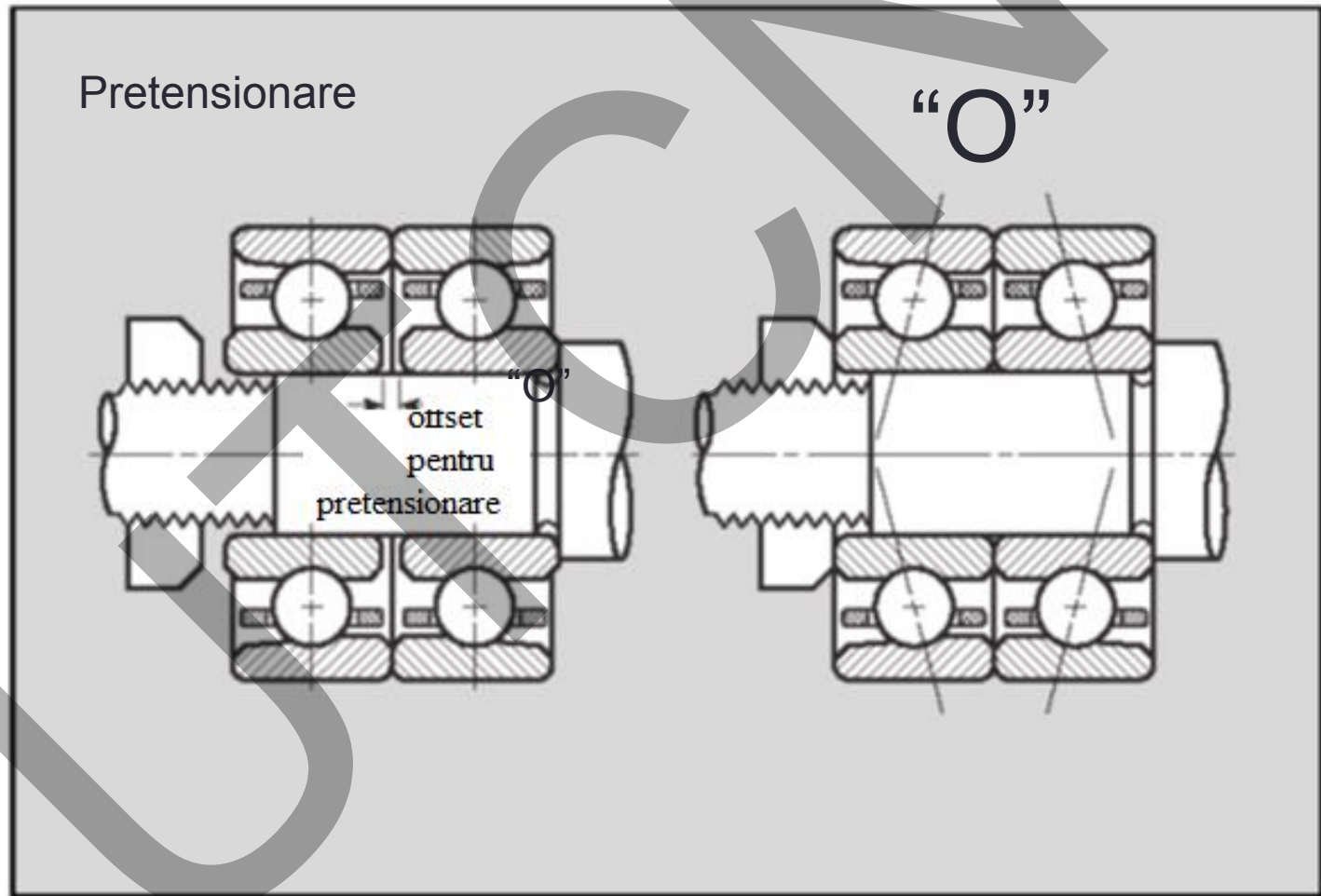
Figura 2

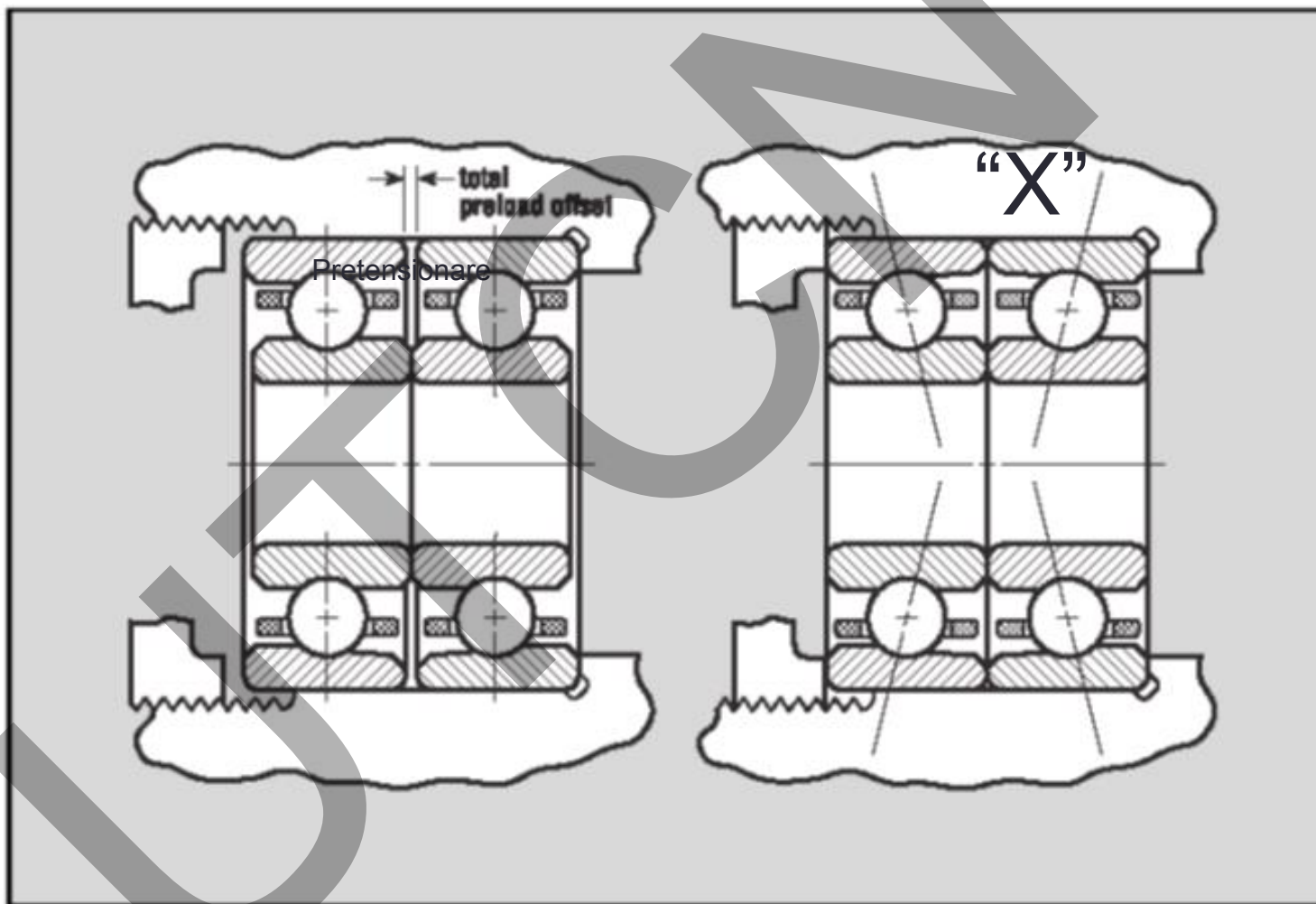


Rulmenții radiali cu bile cu capacitatea de auto-aliniere au două rânduri de bile și o cale de rulare sferică concavă comună pe inelul exterior. Astfel, ei se pot auto-alinia, devenind insensibili la dezinierii ale arborelui față de carcasă. În plus, frecarea este redusă, ceea ce le permite să se comporte excelent chiar și la turații ridicate.

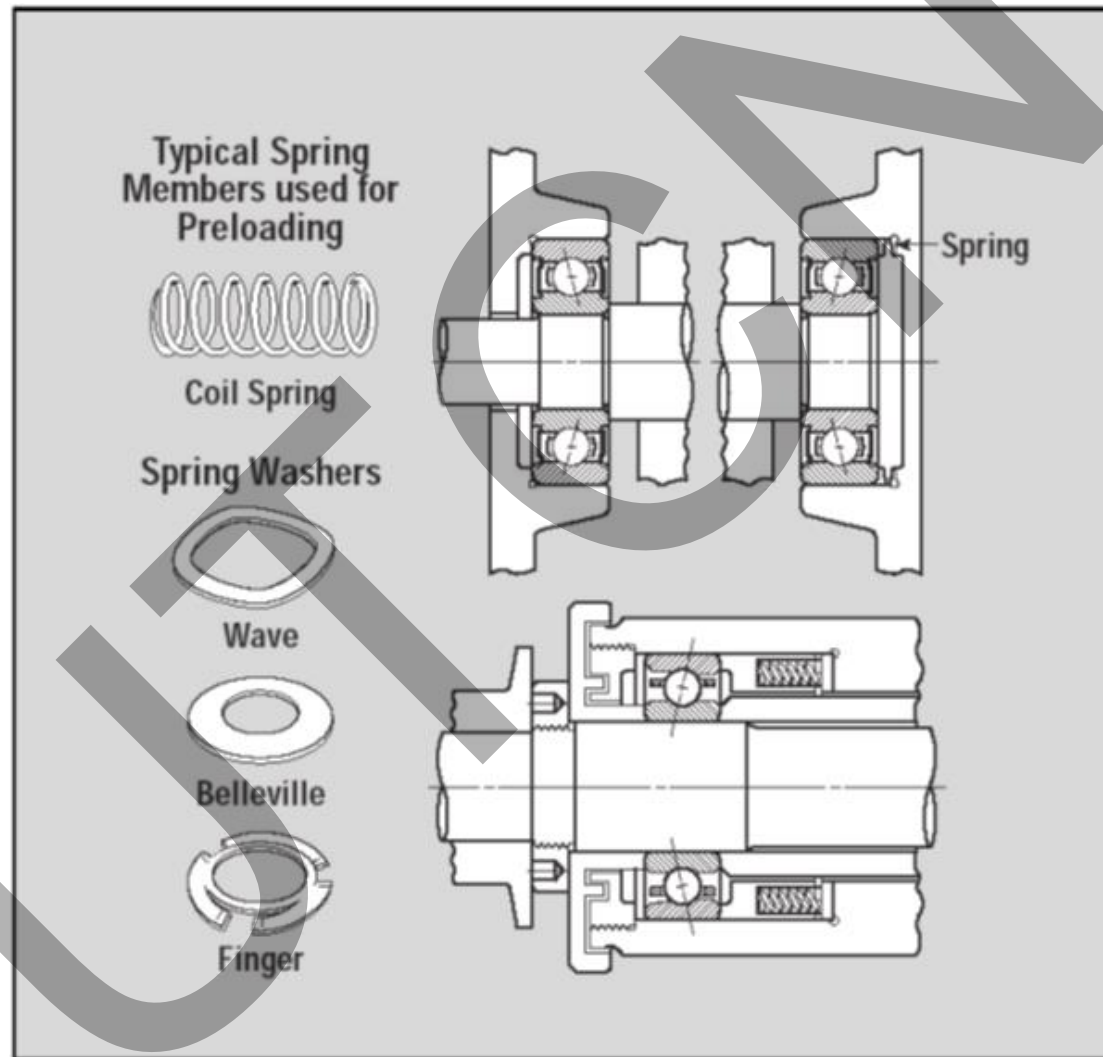


Tipuri de montaje rulment

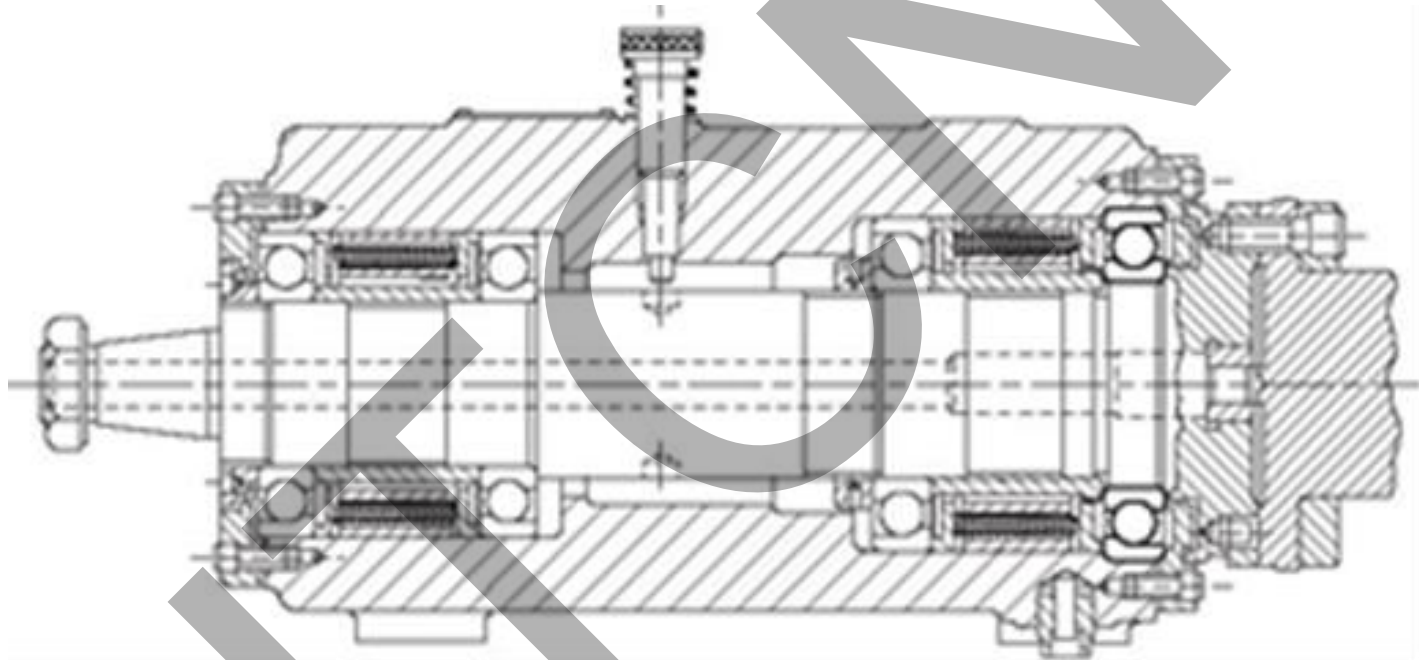




Exemplu de pretensionare a rulmenților



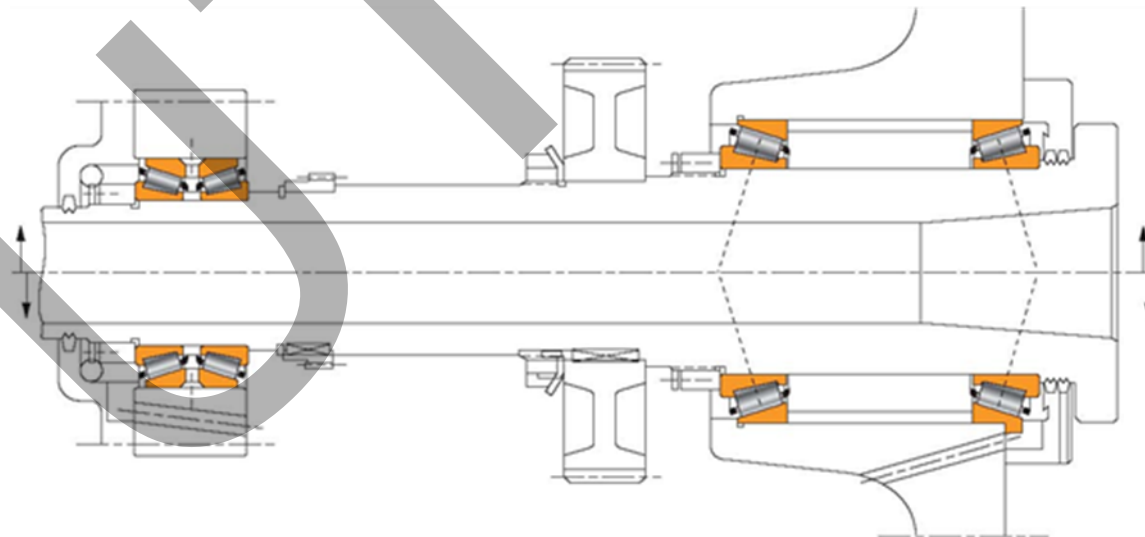
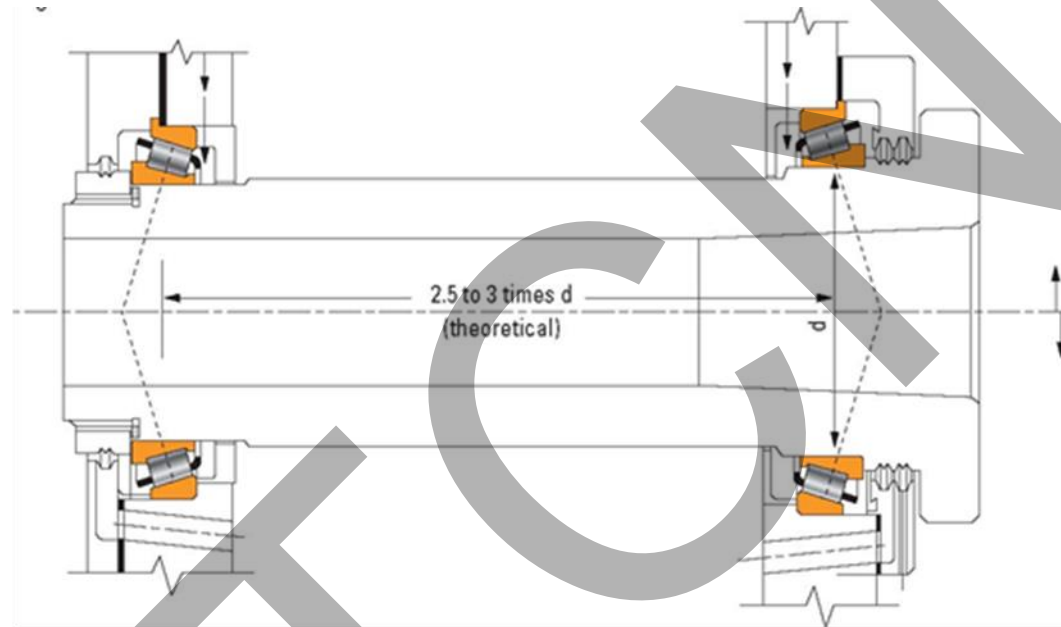
Soluții de împerechere rulmenți



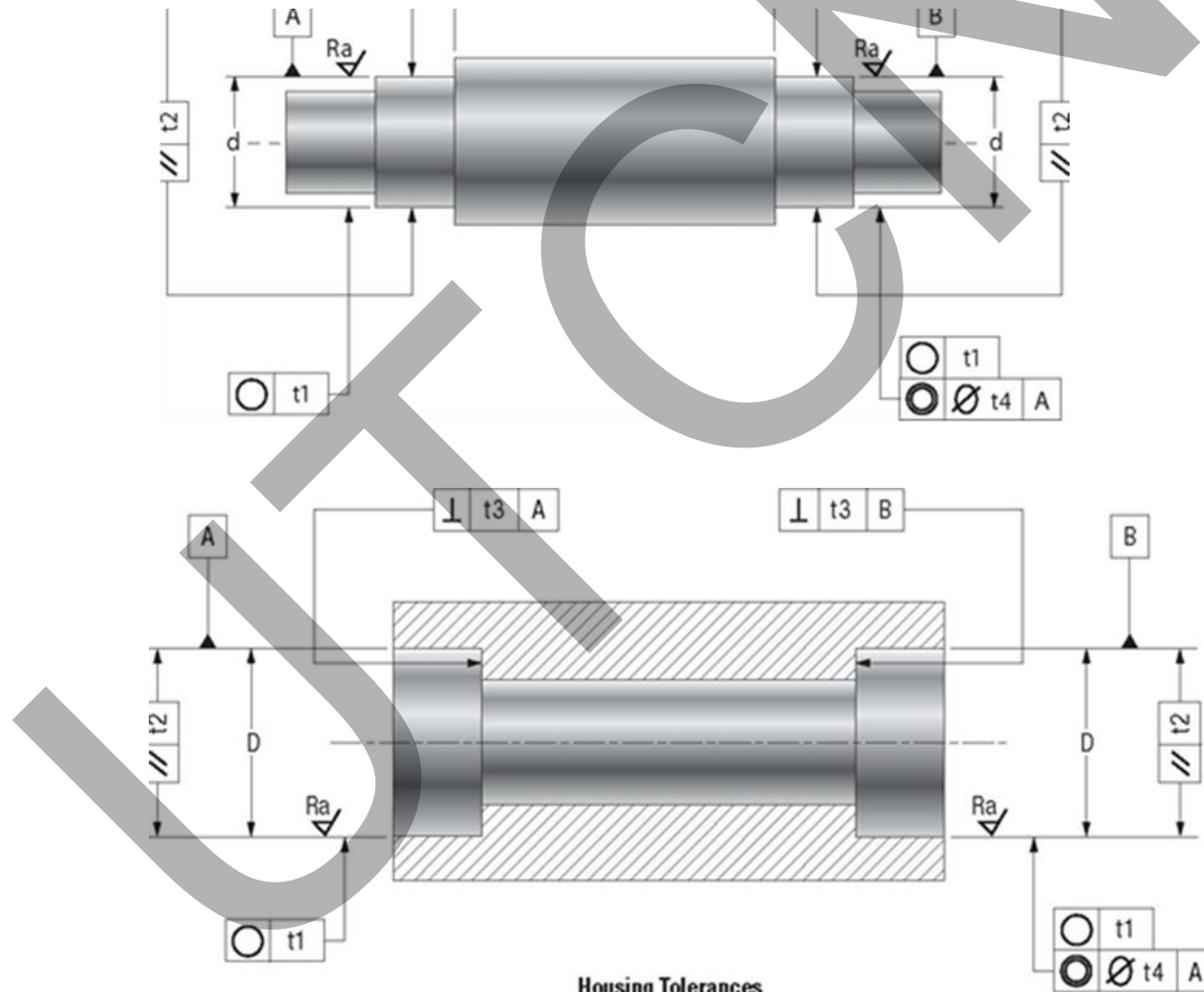
Montajul permite turații ridicate. Rulmenții anteriori sunt de dimensiuni diferite, cel mare fiind fix. Celălalt se poate deplasa axial sub acțiunea unui arc. Rulmenții din spate, de aceeași dimensiune, se pot mișca axial fără a fi modificată pretensionarea la variația temperaturii în timpul exploatării .



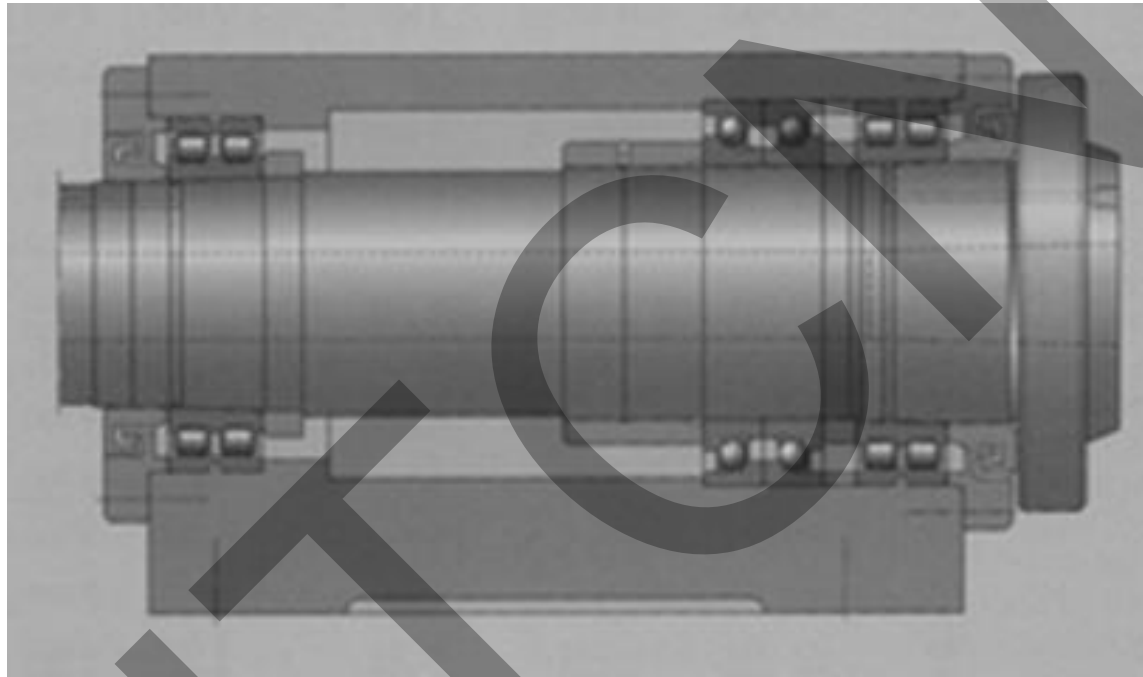
Exemple de montaje



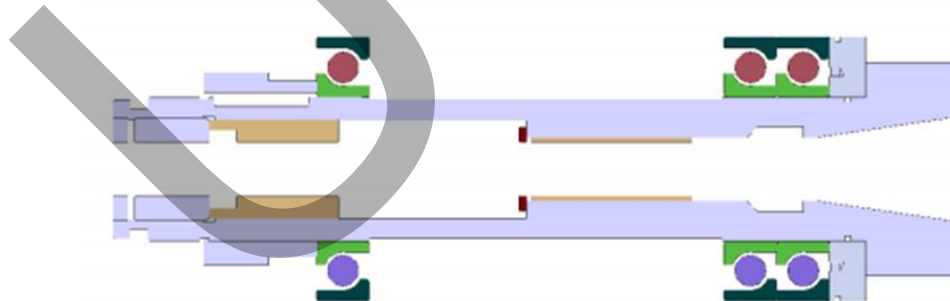
Geometria suprafețelor pentru montarea rulmenților



Exemplu de lăgăruire



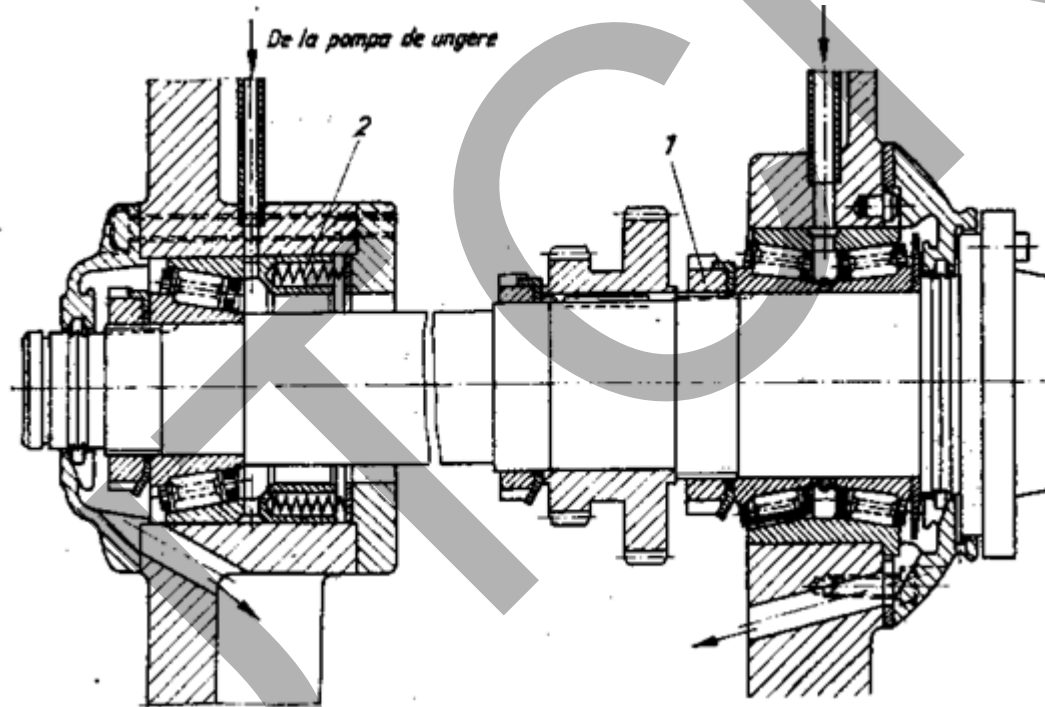
Soluție pentru utilizare AP la solicitări mari



Rulmenți radi-axiali
cu bile



Sistem de ungere



Dispozitive de prindere – eliberare a sculei

➤ Manual

cu tija filetată

➤ Automat, pentru conul ISO sunt specifice

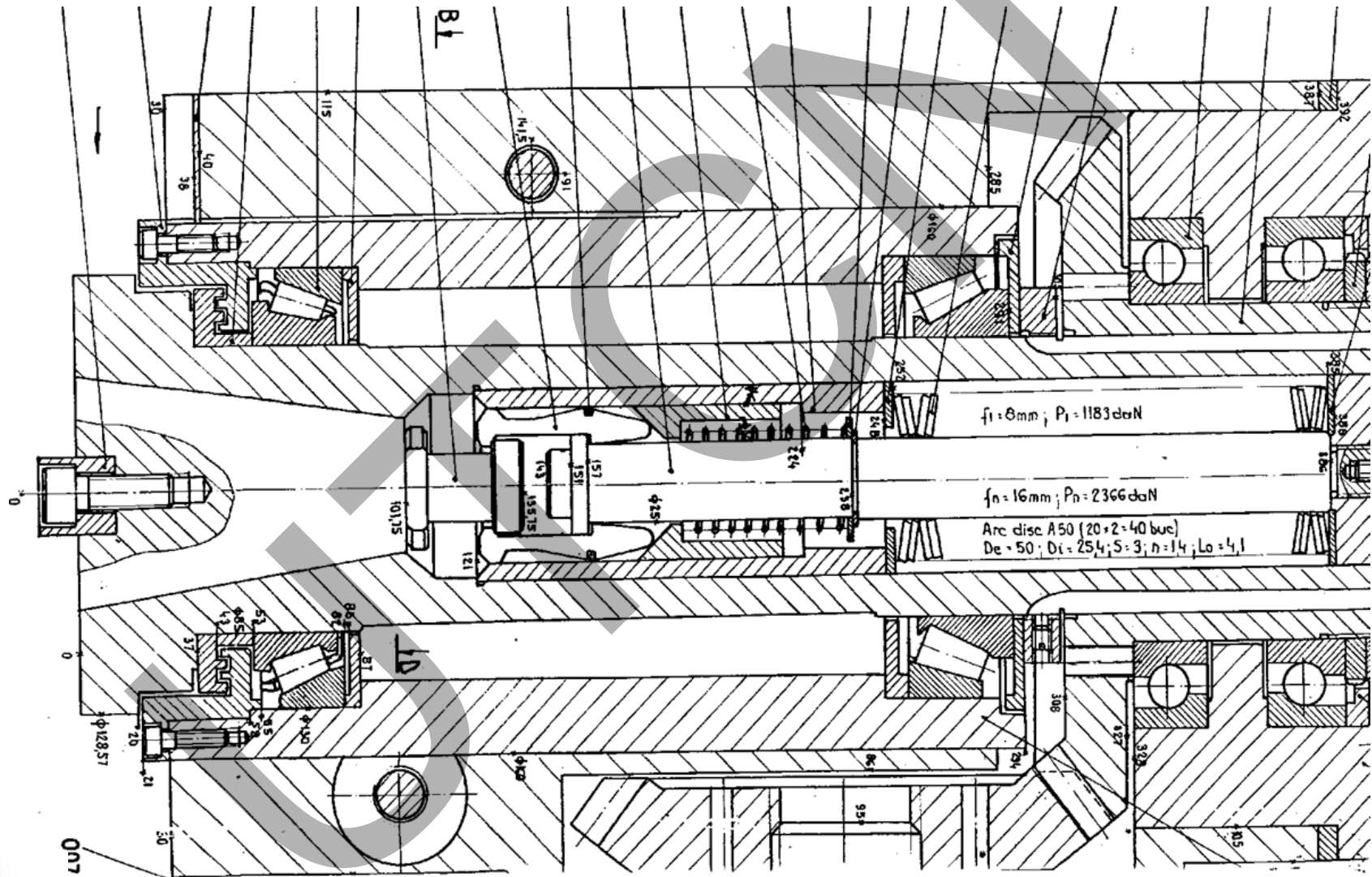
Soluția cu ghiare

Soluția cu pensetă elastică

Soluția cu bucșă cu bile

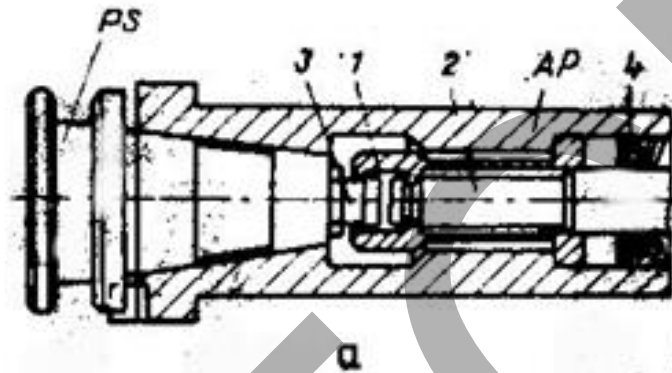


Ansamblu AP (pensetă elastică)

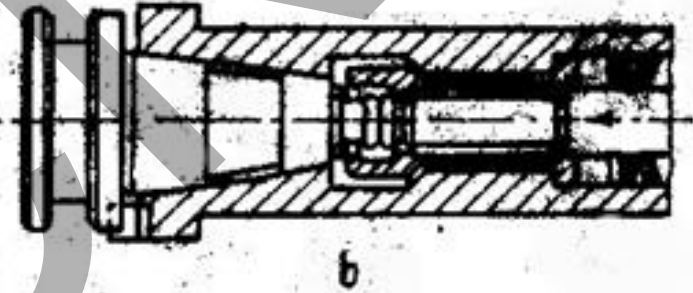


Soluția cu ghiare

Deblocat

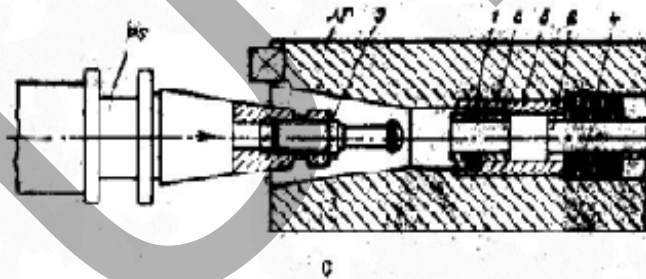


Blocat

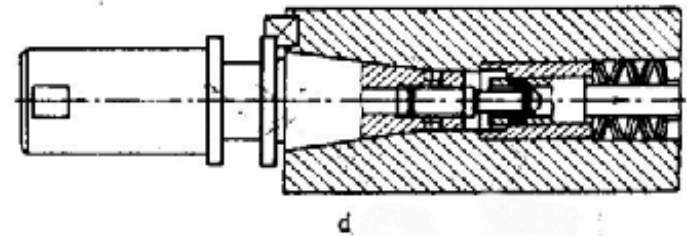


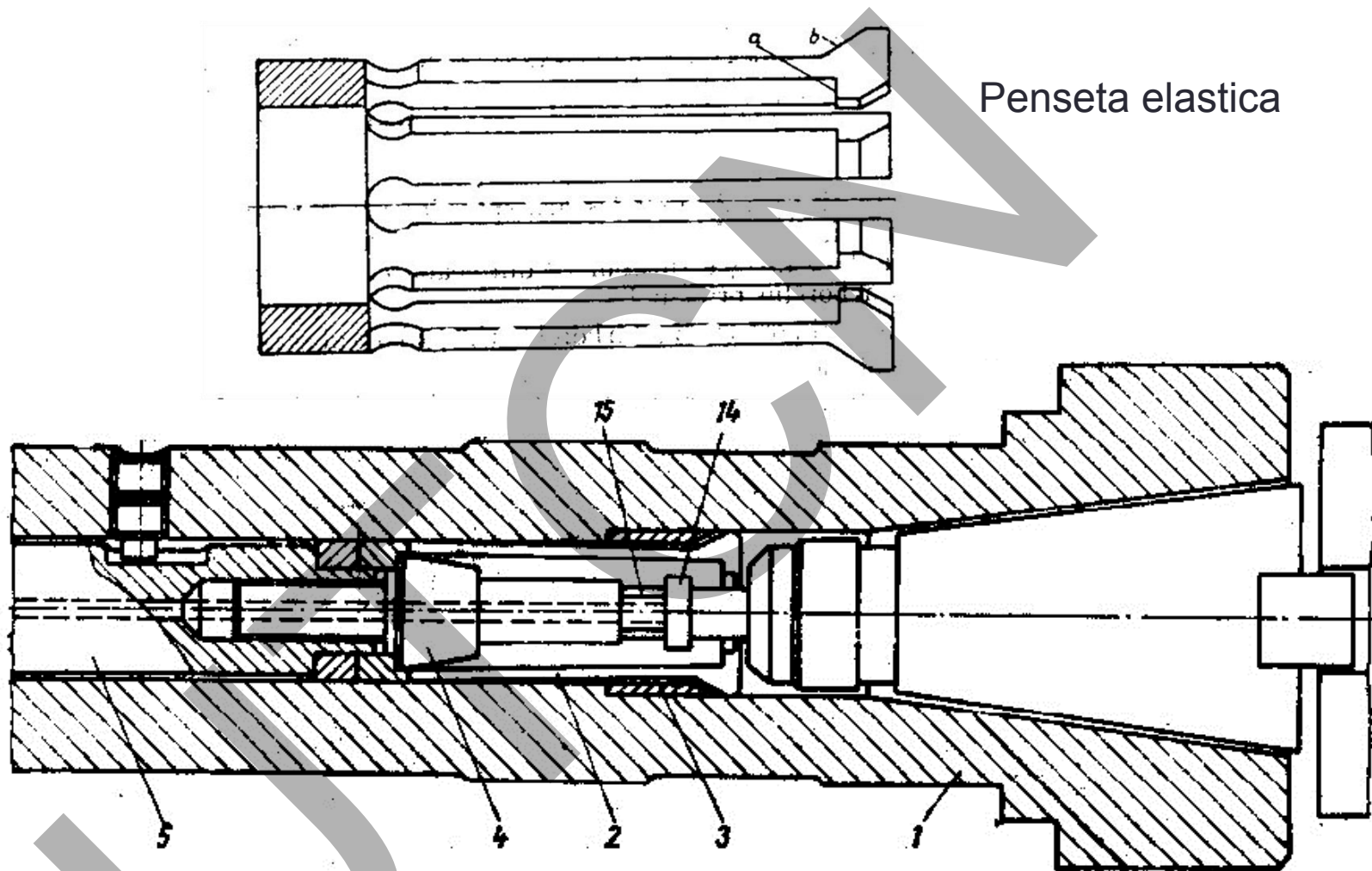
Soluția cu bucșă cu 3 bile și turet

Deblocat



Blocat

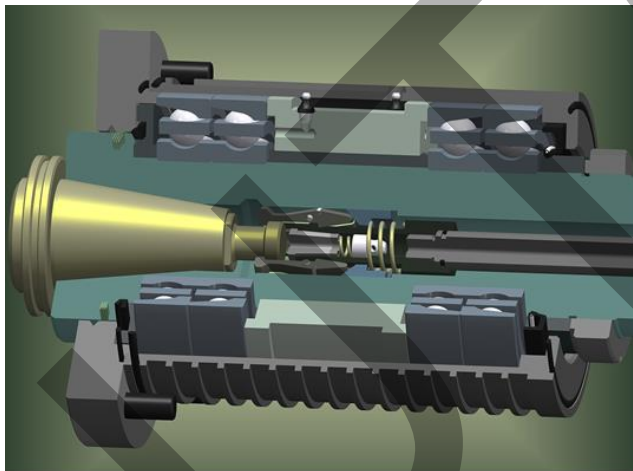
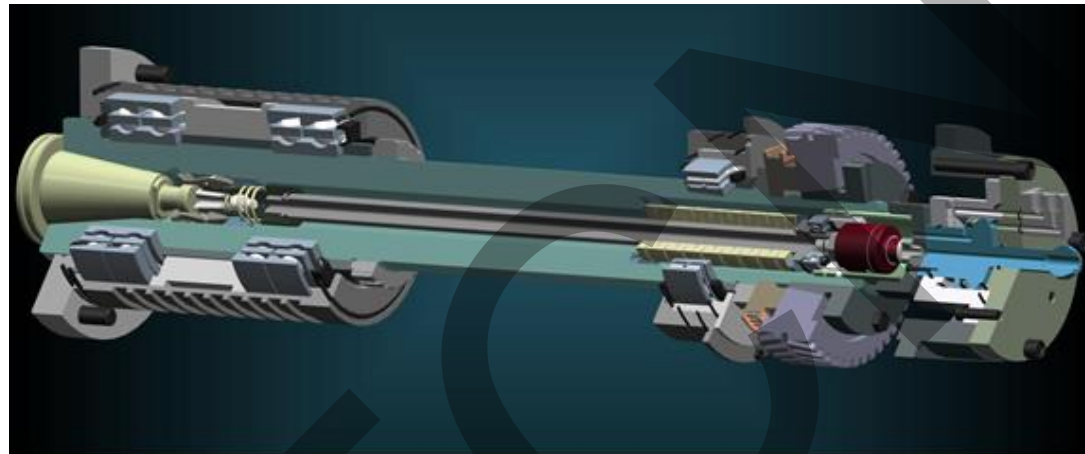




Dispozitiv de tragere cu amplificarea forței cu suprafețe conice și pensetă elastică de înzăvorâre iar prinderea sculei cu pensetă elastică de tragere și tîreta ISO



Arborele principal la mașina CPH 1-5 (STIMIN, ORADEA)



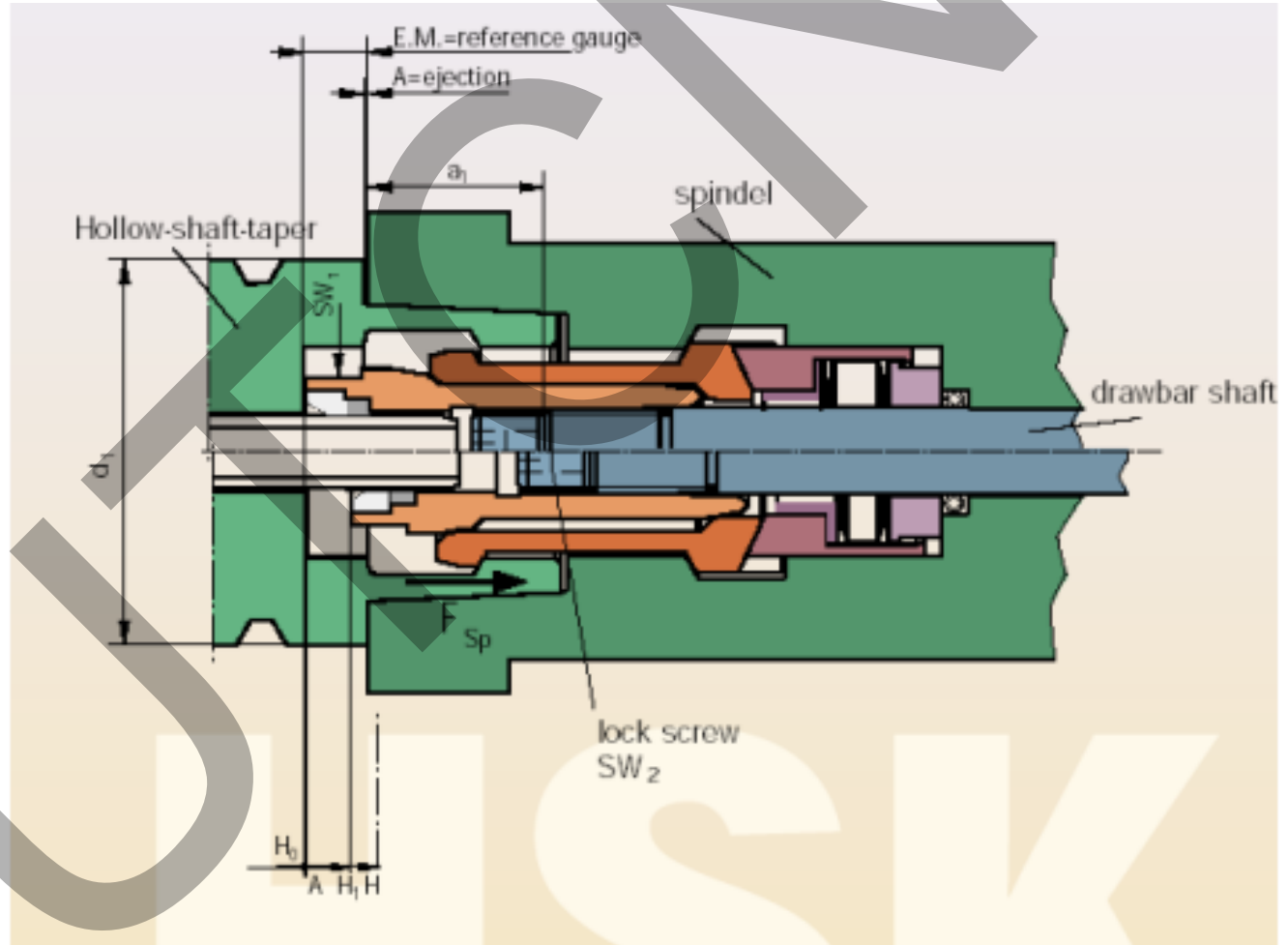
Lagărul "față" al arborelui principal la CPH 1-5 modernizat



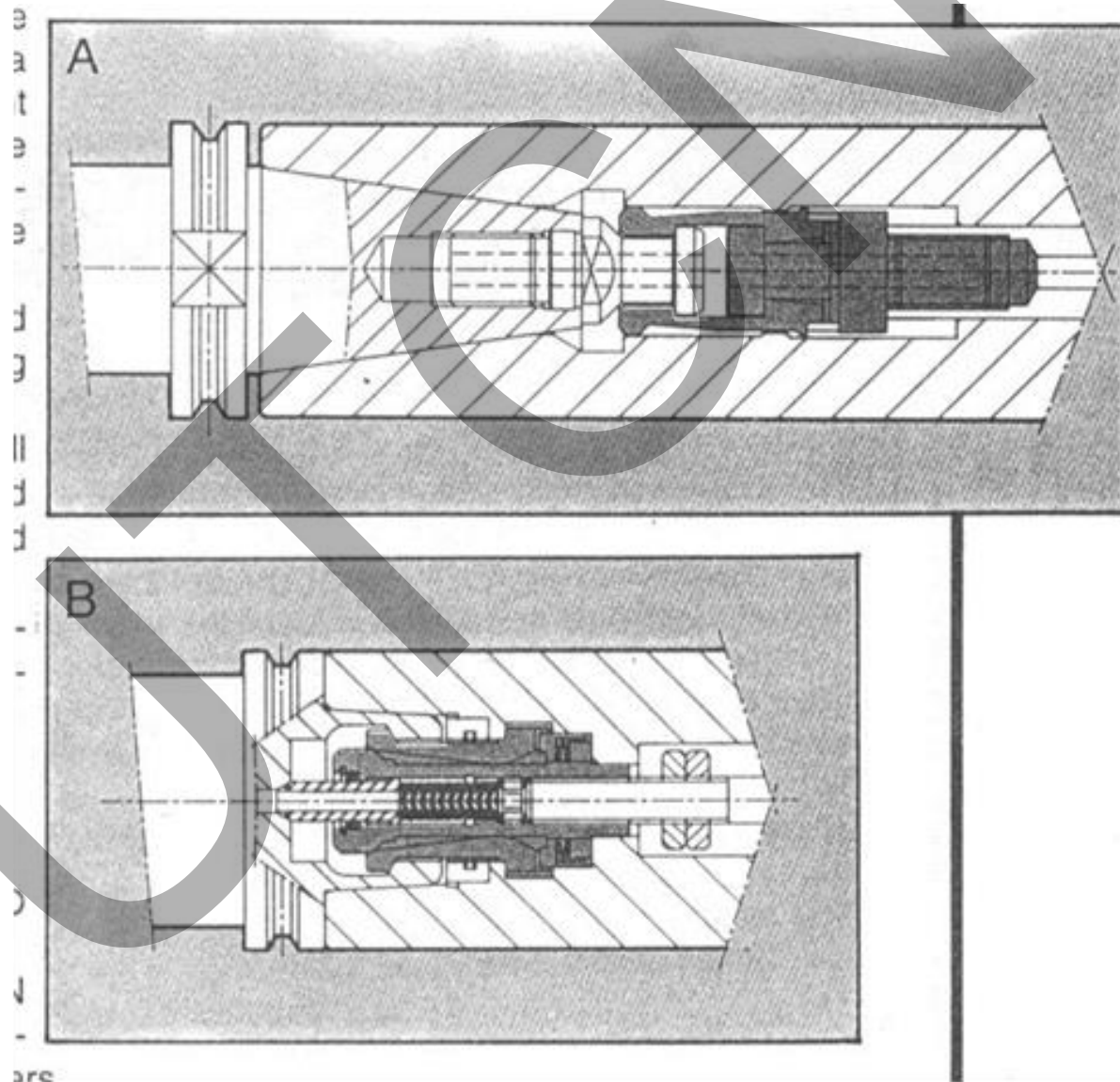
Lagăr "spate", secțiune prin roată de curea și prin cilindru hidraulic de eliberare a sculei la mașină CPH 1-5, (STIMIN, ORADEA).



Construcția conului HSK



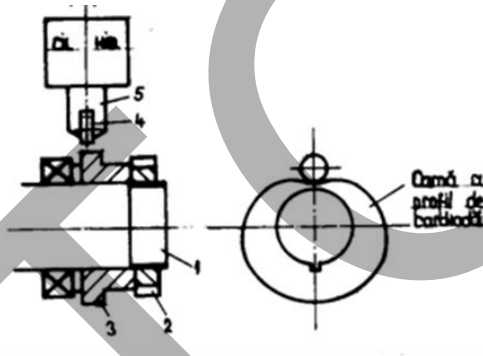
Diferența dintre modul de prindere al sculei la conul ISO (sus) și la conul HSK (jos)



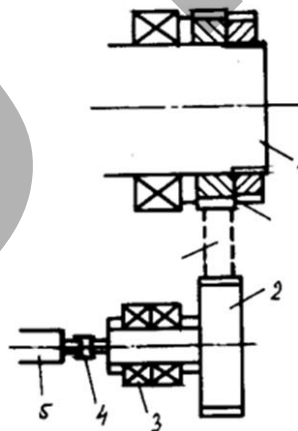
Oprirea și orientarea arborelui principal

Soluții mecanice

- ❖ cămă cardioidă și tachet acționat hidraulic

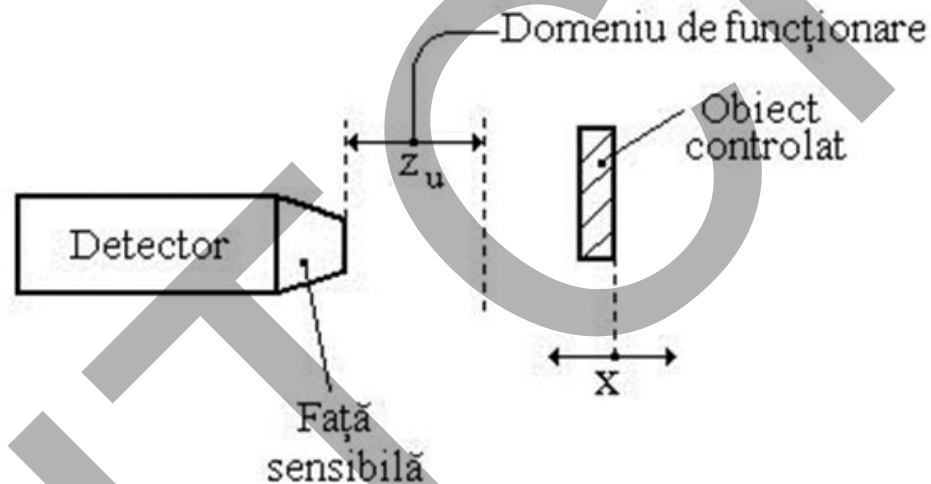


Traductor rotativ de tip encoder și poziționare CNC



Senzori de proximitate

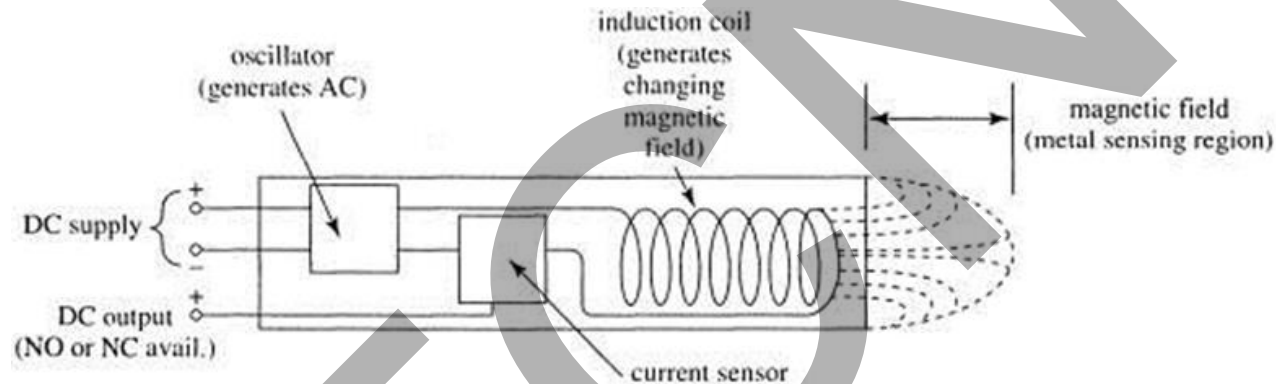
Schema de măsurare:



Tipuri de senzori: optici, inductive, capacitive, efectul Hall



Senzor de proximitate inductiv



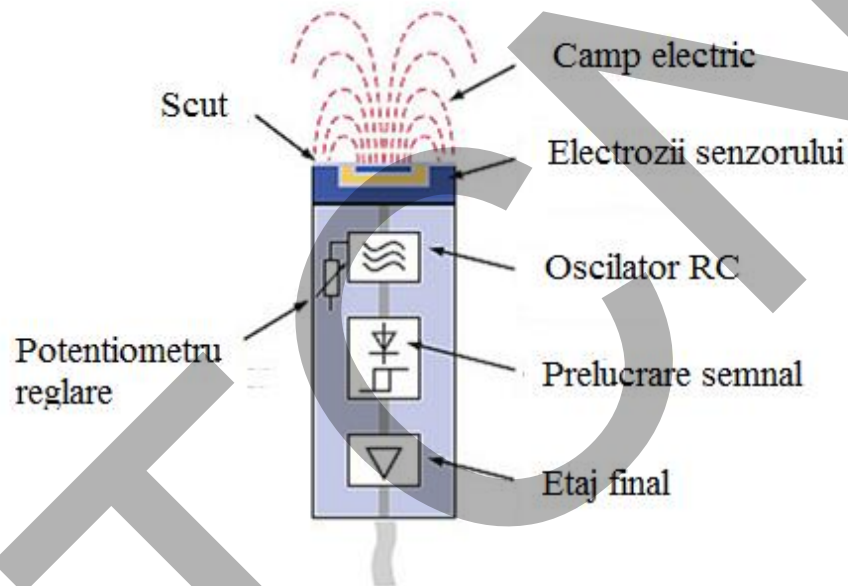
Senzorul de proximitate inductiv constă dintr-o bobină înfășurată în jurul unui miez de ferită situat în capul de sesizare.

Aplicând o frecvență înaltă, se generează un câmp magnetic oscilant în jurul capului de sesizare.

Când un obiect metalic intră în câmpul magnetic, câmpul induce curent electric în obiectul de detectat. Valoarea curentului indus crește odată cu apropierea obiectului de suprafața frontală a senzorului. Acest curent cauzează un efect de transformator. Ca urmare, atât energia cât și oscilația scad în bobină. Până la urmă, oscilația încetează complet pe măsura apropierii



Senzor de proximitate capacitiv

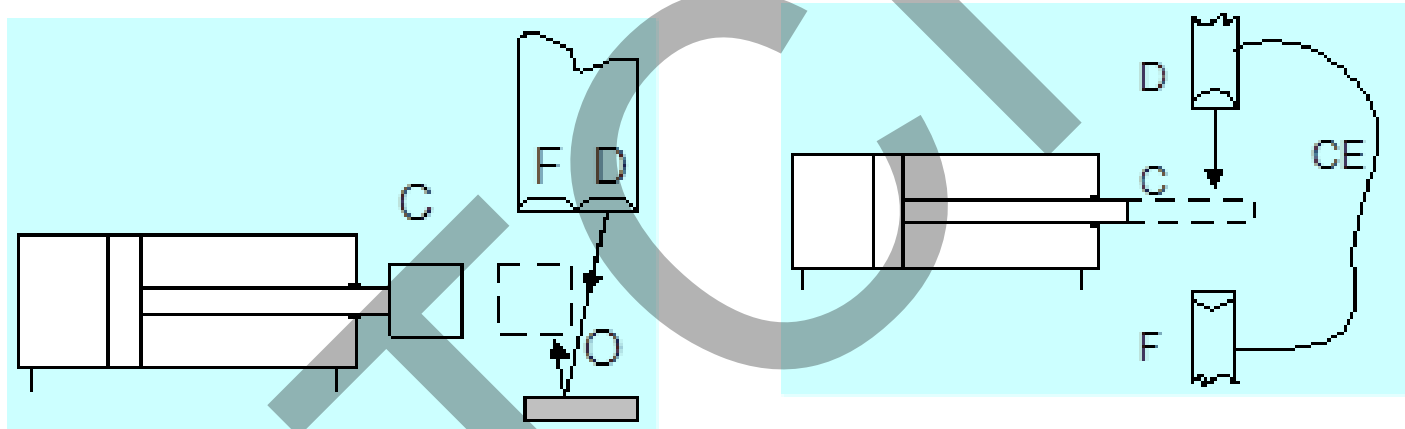


Principiul de funcționare al senzorilor de proximitate capacitivi diferă numai într-o mică măsură de funcționarea celor inductivi. Deosebirea principală este că în locul bobinei se folosește un electrod de forma unei plăci cilindrice. În timpul funcționării ia naștere un câmp capacitiv între electrod și pământ, deci și între senzor și pământ. Când în apropierea senzorului nu se găsește nici un obiect de detectat, câmpul format este stabil. Aceasta este detectată de senzor și astfel obiectul este detectat.



Traductori de proximitate foto electrici

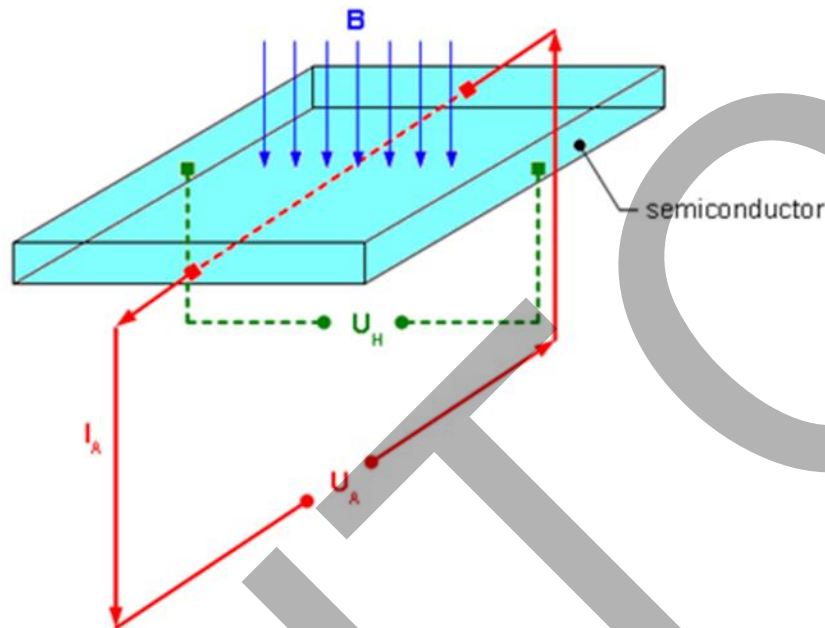
Principiul de funcționare



Dacă un corp C se deplasează în dreptul razei de lumină emisă de LED, aceasta este reflectată și receptată de fotocelulă care se excită și emite un semnal către etajul de sincronizare



Traductor de proximitate cu funcționarea bazată pe efectul Hall



B – inducția câmpului magnetic
U_A – tensiunea de alimentare
I_A – curentul electric de alimentare
U_H – tensiunea Hall măsurată

În anul 1879 fizicianul american Edwin Herbert Hall (1855 – 1938) a observat că atunci când un semiconductor, parcurs de un curent electric, este plasat sub acțiunea unui câmp magnetic, apare o tensiune electrică, proporțională cu curentul electric și perpendiculară pe direcția câmpului magnetic și a curentului electric. Acest efect manifestat în materialele semiconductoare se numește efect Hall.



Sistemul de răcire și termostabilizare a rulmenților

Sursă de căldură: frecarea în rulmenți, care depinde de:

- ❖ Modul de montare;
- ❖ Gradul de pretensionare;
- ❖ Gradul de echilibrare dinamică a maselor în mișcarea de rotație;
- ❖ Sarcină la AP (forțe radiale/axiale, puterea etc.)

Puterea calorică
$$P_{cal} = \frac{M_{fr} n_{max}}{9780} [kW]$$

In care: M_{fr} momentul de frecare la AP, Nm

n_{max} turatia maxima AP, RPM

P_{cal} puterea degajata sub forma de caldura

Eliminarea căldurii: ulei circulat printr-un sistem de labirinti amplasat în exteriorul rulmenților. Uleiul este recirculant în exterior printr-un schimbător de căldură ulei/gaz, gazul de tip freon este acționat de un grup refrigerent cu compresor



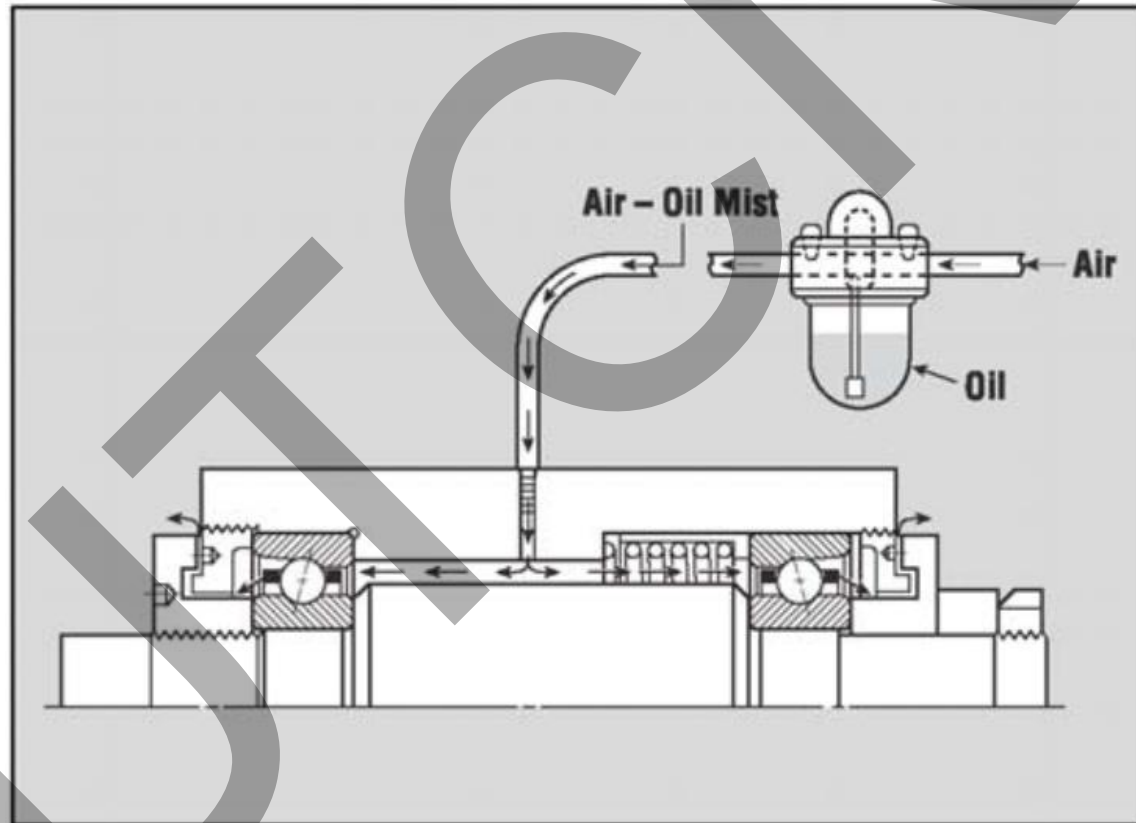
Sistemul de ungere/gresare rulmenti

Soluții utilizate:

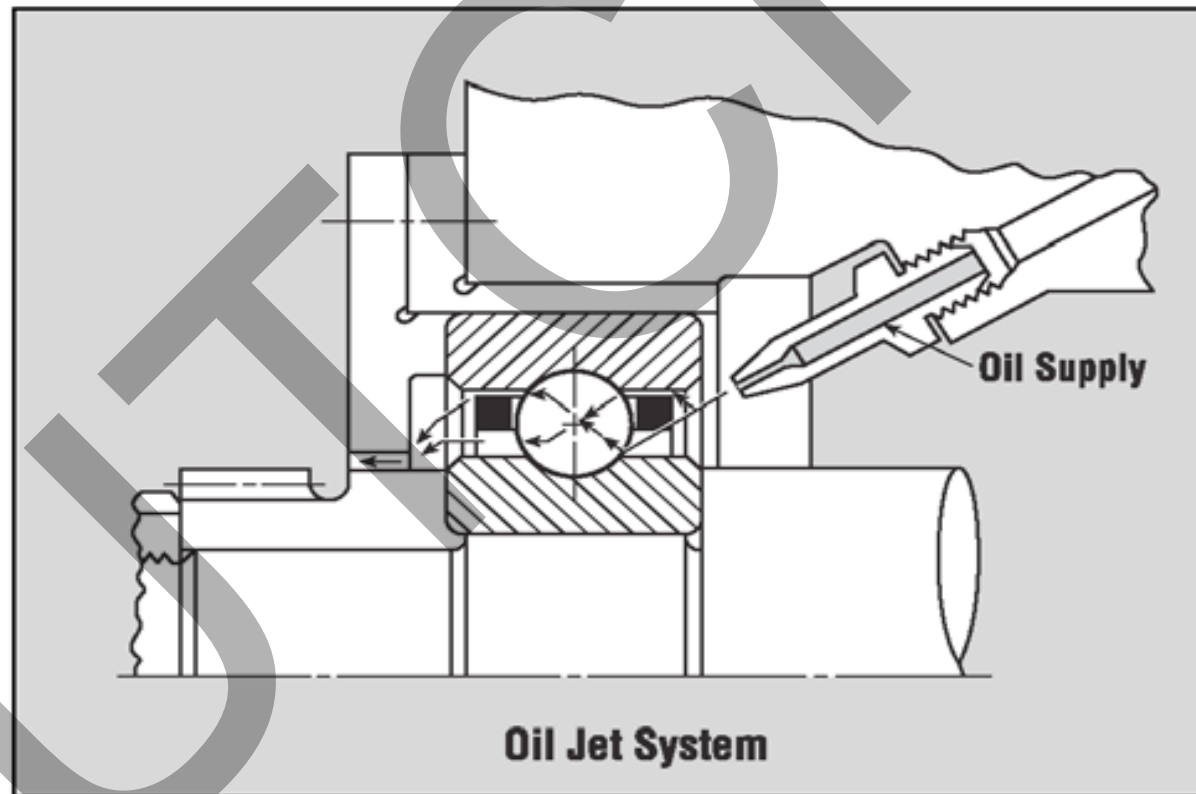
- ❖ Ungere cu ulei prin picurare prin jiglere (găuri calibrate) la fiecare rulment;
- ❖ Ungerea prin barbotare;
- ❖ Ungerea cu microceata de ulei fără recuperarea uleiului;
- ❖ Gresare cu vazelina sintetică KLUBER (culoare albă) cu durată egală cu a rulmentului



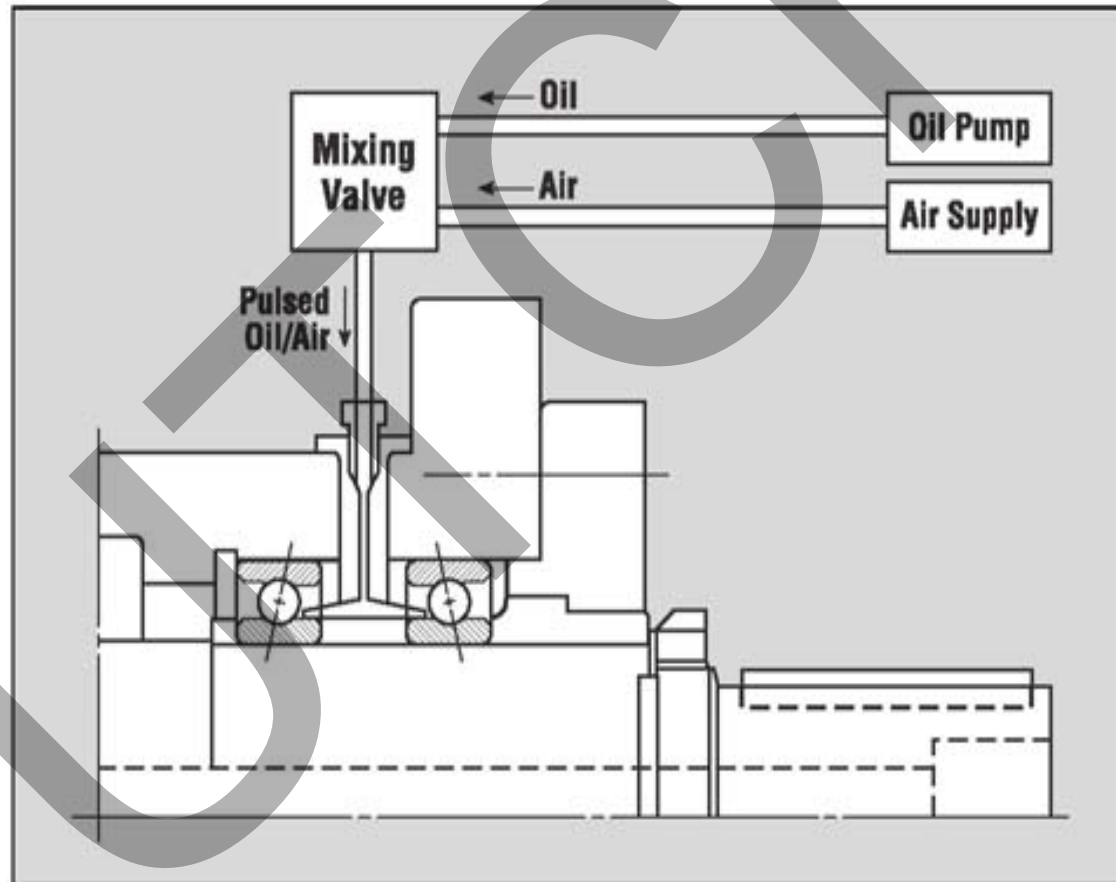
Ungere prin micro ceata de ulei



Ungere prin jet de ulei



Ungere prin pulverizare



Sistemul de etanșare față - exterior

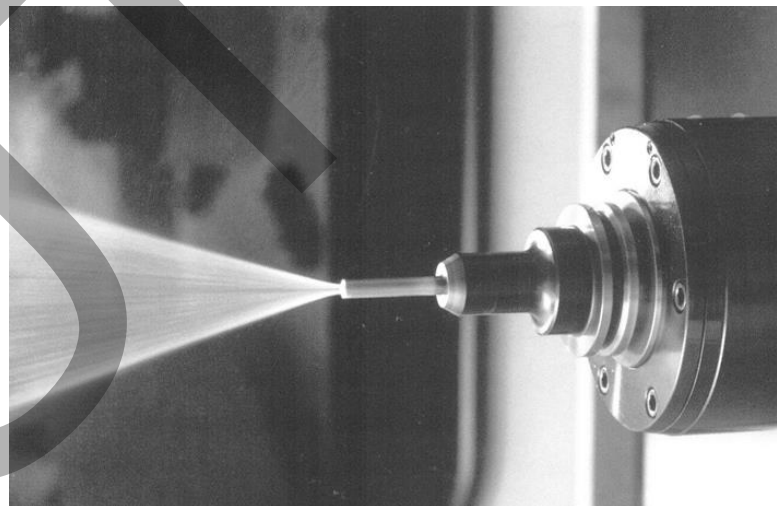
Scopul sistemului este de a proteja rulmenții pentru a nu intra spam, impurități, lichide de răcire etc.;

Se utilizează:

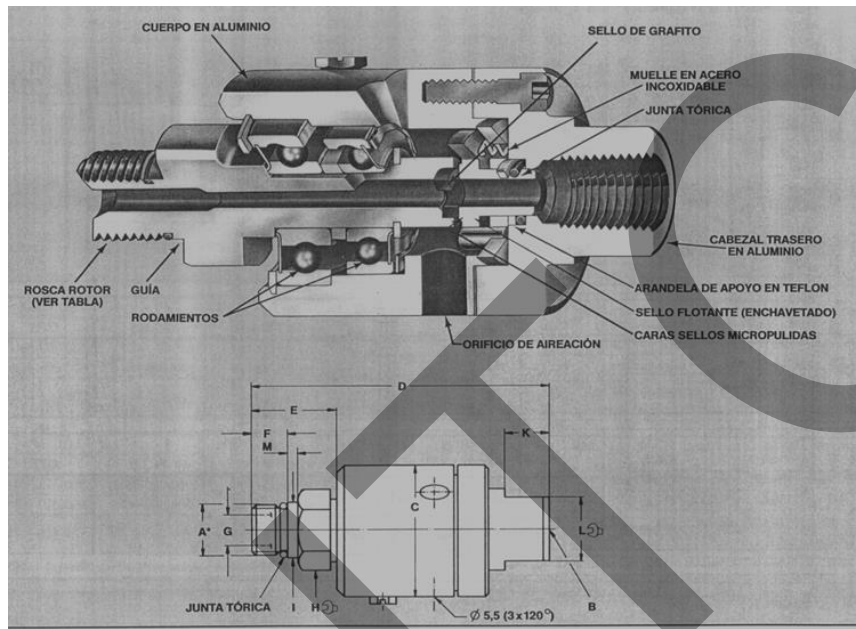
- ✓ *Garnituri de etanșare* rotative de tip Semering pentru interior/exterior. Se încălzesc la turație mare;
- ✓ *Manșete de rotație* tip V, fabricant BUSAK Schambann, permit turații mari;
- ✓ *Inele FEY* pentru reținerea vaselinei, confecționate din oțel arc similar cu segmentii de la pistoanele motoarelor cu ardere internă
- ✓ *Garnitură frontală* cu microceata de ulei (0.2 bar într-un interstițiu frontal al AP de 0.005 mm)
- ✓ *Labirinti consacrați* cu bimetel (Italia)

Sistemul de răcire al sculei prin interiorul AP

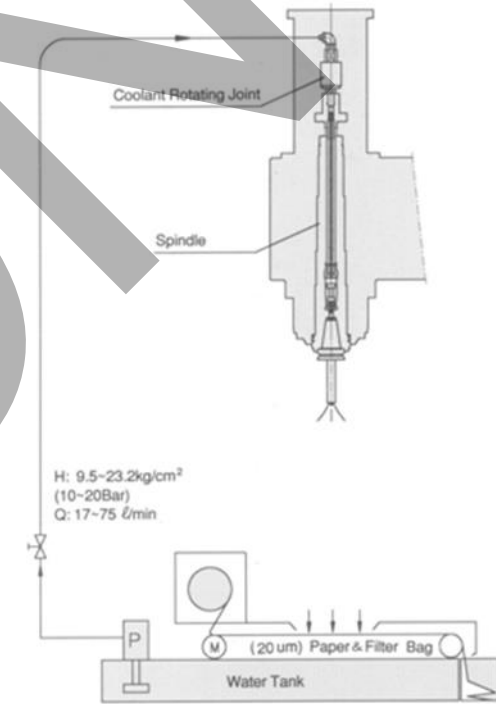
- ❖ Acesta este folosit pentru vitezele înalte de aşchiere, la care lichidul de răcire, cu presiuni de 20 a 30 bari ajunge direct pe plăcuţele tăietoare ale sculelor.
- ❖ În acest fel, se pot folosi viteze de aşchiere în oţel OL60 de până la 600 î 800 m/min, care se apropie de vitezele folosite în rectificare şi care vor genera prelucrări intensive.
- ❖ Introducerea lichidului de răcire prin interiorul axului principal rotativ se face prin intermediul unui cartuş special fabricat de firme specializate că DEUBLIN



Structura cartușului



Schema de principiu a instalației



Suflarea cu aer pentru curățirea conului AP

- ❖ Această funcție este specifică centrelor de prelucrare, la care trebuie prevenită introducerea de așchii sau alte impurități pe suprafața alezajului conic odată cu schimbarea automată a sculei, lucru care ar duce la deteriorarea suprafeței conice, dar și la scăderea preciziei mașinii.
- ❖ Protecția respectivă se realizează prin suflarea de aer de curățire în conul arborelui principal pe timpul schimbării sculei, suflare care se realizează dinspre spate spre față, traversând tijă de tragere a sculei, iar accesul aerului făcându-se fie prin cartușul DEUBLIN sau OTT, fie prin cilindrul hidraulic de eliberare a sculei.



Acționarea principală

- Acționarea principală antrenează scula/ piesa în mișcare de rotație pentru a realiza procesul de așchiere.
- Există următoarele tipuri de acționări principale :
 1. **Acționarea principală în trepte, având cutii de viteze în trepte, cu roți dințate și motor electric asincron trifazic;**
 2. Acționări principale continue, având cutii de domenii cu 2 sau mai multe trepte și motor electric principal cu variația continuă a turației pe un domeniu de reglare
 3. **Acționări principale continue**
- **Soluția 1 este specifică m-u convenționale**
- **Soluțiile 2 și 3 sunt utilizate în cazul m-u comandate numeric**



- **Motoarele electrice, pentru cazurile 2 și 3 pot fi:**
 - ❖ **DC-(Direct Curent)-** respectiv de curent continuu
 - ❖ **AC (Alternativ Current)-** respectiv curent alternativ cu variația frecvenței

CVC – cuplaje electromagnetice

CVB – cuplaje baladoare

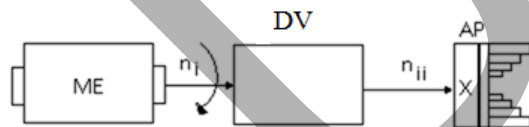
$n_0 \rightarrow n_1, n_2, n_3, \dots, n_n$

q-numarul treptelor de turatii

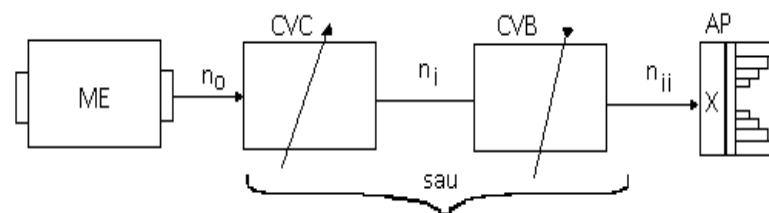
R_n – raportul de reglare al turatiei AP $R_n = \frac{n_{max}}{n_{min}}$

$R_n \sim (5 \div 600)$

Soluția 2



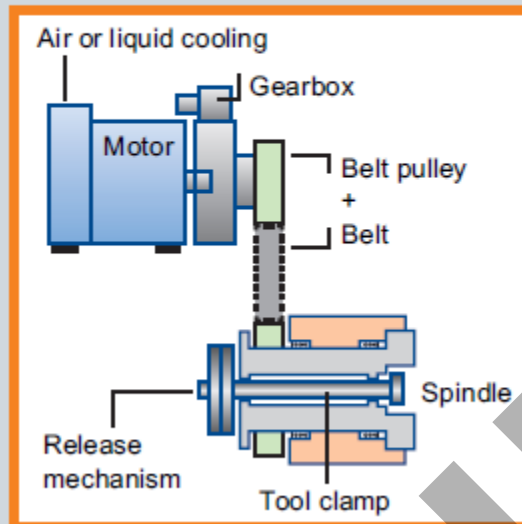
Soluția 1



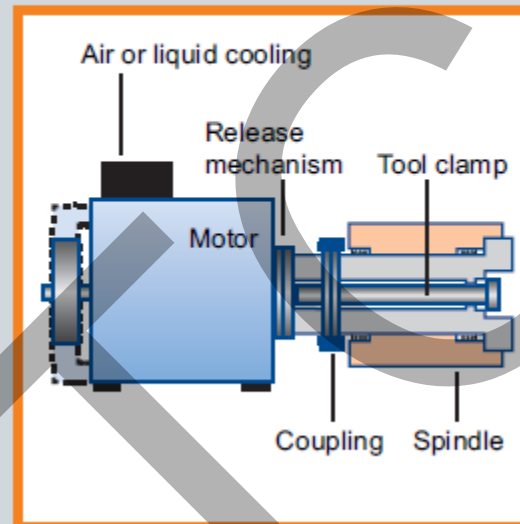
Cuplarea motorului la AP

Conventional spindles (motor + externally driven spindle)

Belt drive

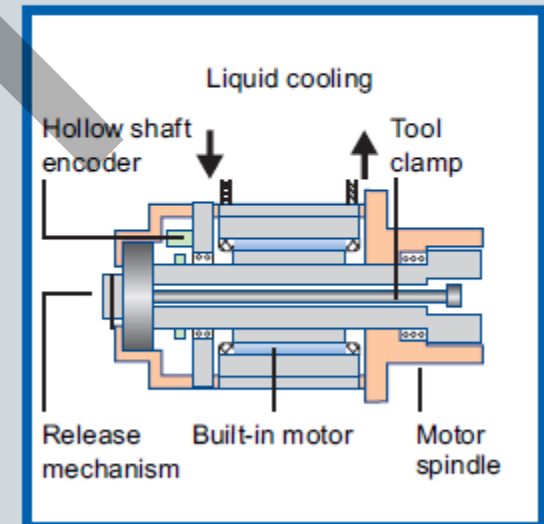


Coupled drive



Motor spindle

Direct drive



a)

b)

c)

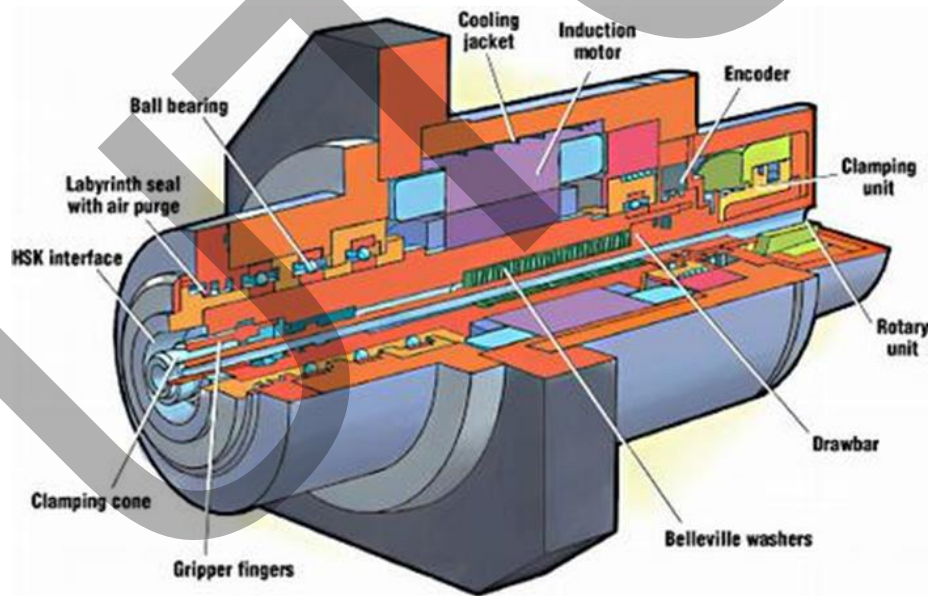
Cazul : a) antrenare prin curea dințată (eficientă în "V")

b) cuplare directă la arborele motor prin cuplaje speciale

c) soluții de acționare cu motorul integrat în AP

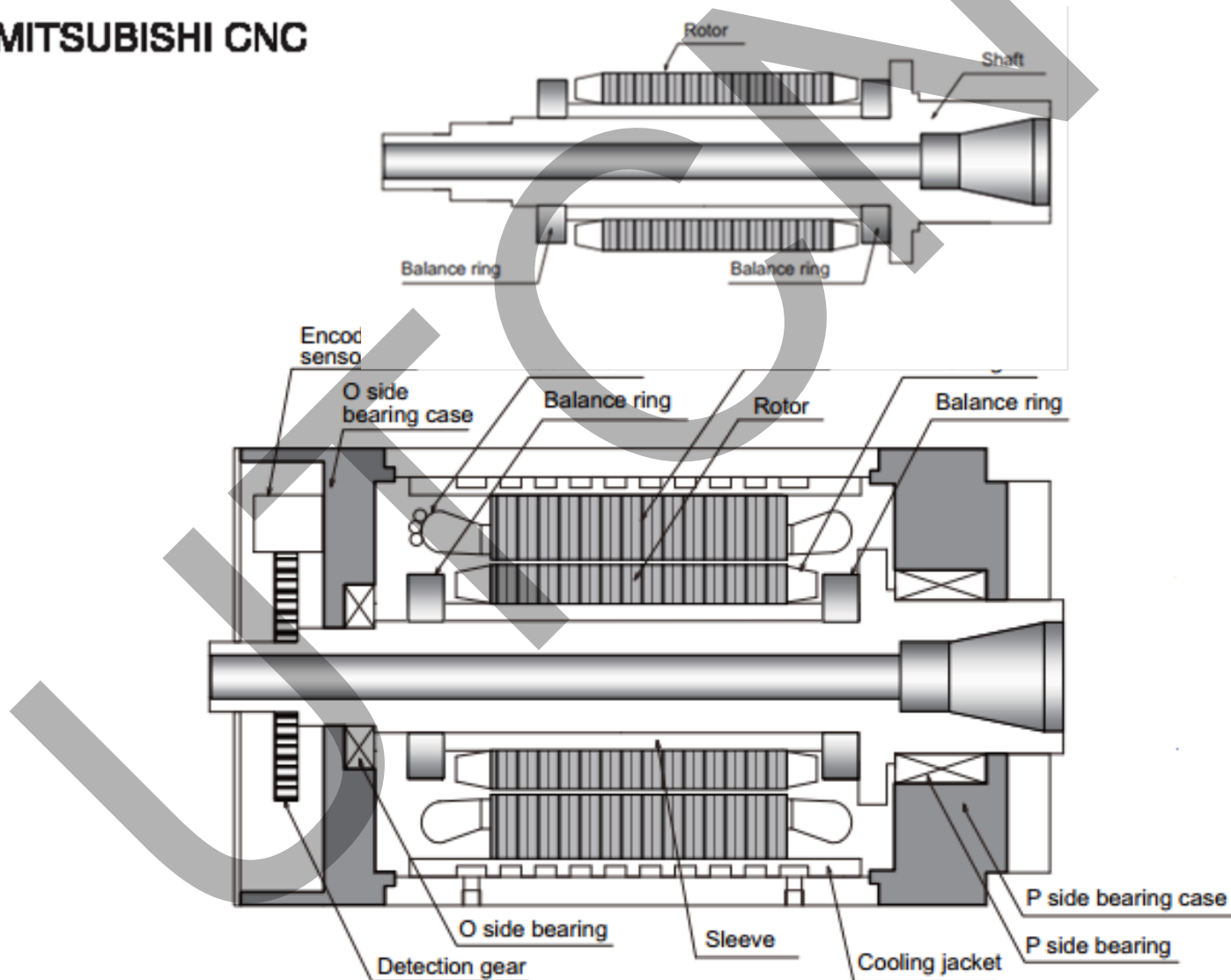


Acționare integrată în AP





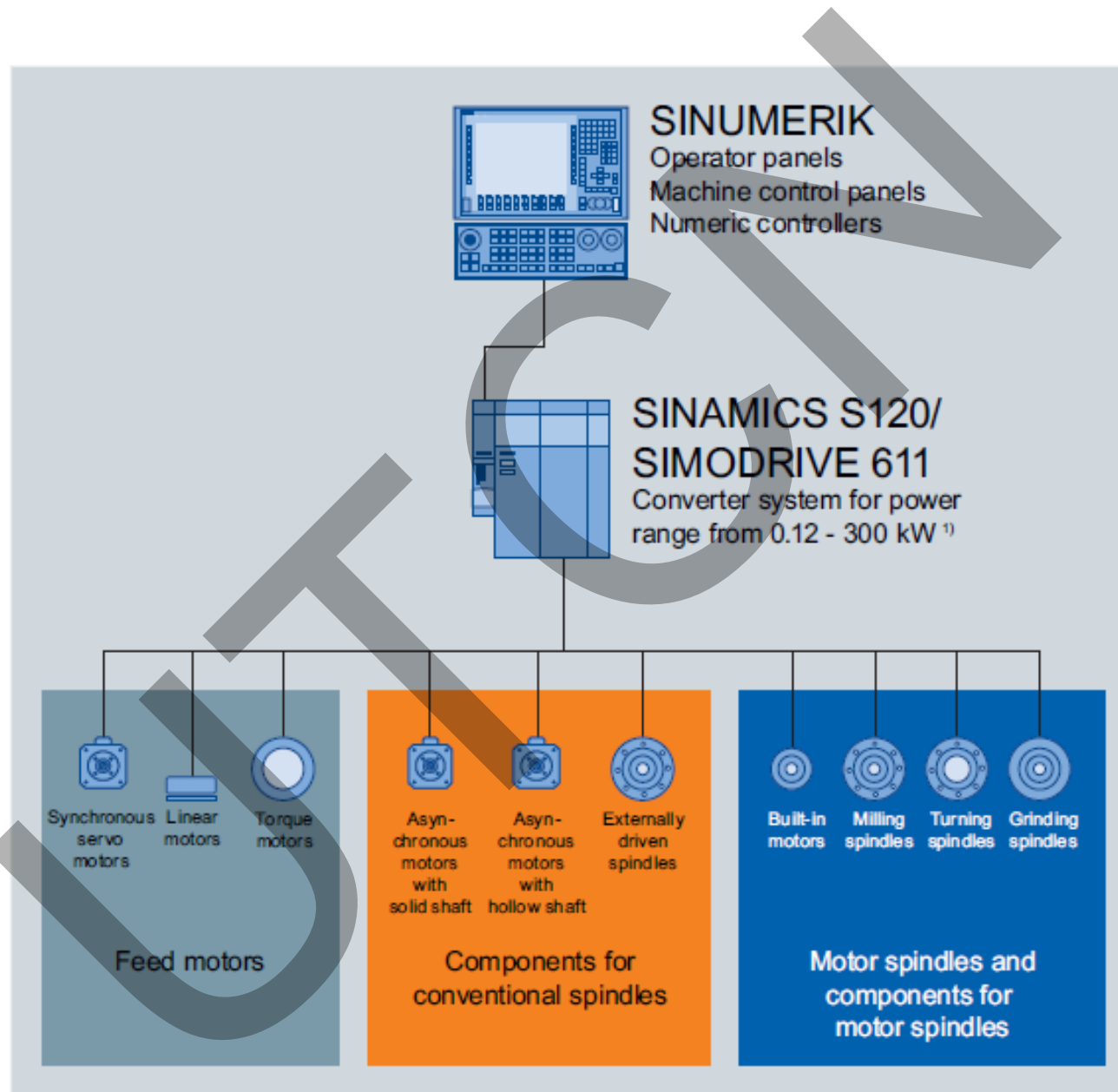
Built-in Spindle Motor SJ-B Series










Caracteristicile principale a soluției built in Mitsubishi

Built-in spindle motor type (Note 1)		SJ-2B4501TK		SJ-2B6611TK		SJ-2B4502TK	
Compatible spindle drive unit		MDS-D2-SP-200		MDS-D2-SP-200		MDS-D2-SP-320	
AC reactor for spindle motor		-		-		-	
Coil changeover		Low-speed coil	High-speed coil	Low-speed coil	High-speed coil	Low-speed coil	High-speed coil
Output capacity [kW]	Continuous rating	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5
	Short time rating	11 (30-minute rating)	11 (30-minute rating)	11 (30-minute rating)	11 (30-minute rating)	11 (30-minute rating)	11 (30-minute rating)
	Standard output during acceleration/ deceleration	15	15	11	15	22	22
	Actual acceleration/ deceleration output (Note 4)	18	18	13.2	18	26.4	26.4
Base rotation speed [r/min]	Continuous	700	1320	500	1030	525	1050
	Short time	700	1320	500	1030	525	1050
Maximum rotation speed [r/min]		2250	10000	1500	6000	3000	10000
Frame No. - Core width		160-175		160-175		160-230	
Torque (Base rotation speed) [N·m]	Continuous	102	54.3	143	69.5	136	68.2
	Short time	150	79.6	210	102	200	100
Rotor GD ² [kg·m ²]		0.32		0.41		0.42	
Rotor inertia [kg·m ²]		0.08		0.102		0.105	
Mass [kg]	Stator	29		37		37	
	Rotor	18		19		24	
Overload capacity (for one minute)		120% of short-time rated output					
Ambient temperature [°C]		0 to 40					
Heat-resistant class		155(F)					
Vibration		Maximum stationary tolerable value 9.8m/s ² (1G), Momentary stationary tolerable value 29.4m/s ² (3G)					
Cooling capacity (Note 2) [W]		3850		3520		4730	
Coolant fluid volume [l/min (20°C)]		10		10		10	





Component	Type	Version	Max. speed	Rated power	Rated torque	Page	Catalog
Motors for belt-driven spindles							
	1PH8	Asynchronous motor with solid shaft, water-cooled, IP55/IP65	up to 20,000 rpm	2.8 ... 227 kW	14 ... 2,589 kW	7	NC 61
	1PH8	Asynchronous motor with solid shaft and forced ventilation, IP23/IP55	up to 20,000 rpm	2.8 ... 29 kW	13 ... 162 kW	7	NC 61
	1PH7	Asynchronous motor with solid shaft and forced ventilation, IP54/IP55	up to 12,000 rpm	3.7 ... 205 kW ¹⁾	22 ... 1,080 Nm	7	NC 60, NC 61
	1PH4	Asynchronous motor with solid shaft, water-cooled, IP55/IP65	up to 12,000 rpm	7.5 ... 52 kW ¹⁾	45 ... 333 Nm	7	NC 60, NC 61
Motors with hollow shaft for coupled spindles							
	1PH8 water-cooled	Asynchronous motor with hollow shaft, water-cooled, IP55/IP65	up to 20,000 rpm	3.5 ... 29 kW	14 ... 140 Nm	7	NC 61
	1PH8 forced ventilation	Asynchronous motor with solid shaft and forced ventilation, IP23/IP55	up to 20,000 rpm	2.8 ... 29 kW	10 ... 162 Nm	7	NC 61
Externally driven spindles							
	M series	Externally driven spindles for milling with SK40/BT40/CAT40 tool interface	up to 15,000 rpm	up to 27 kW	up to 140 Nm	11	-

NC 60: Catalog "Automation Systems for Machine Tools – SINUMERIK & SIMODRIVE"

NC 61: Catalog "Machine Tool Equipment – SINUMERIK & SINAMICS S120"

..



Component	Type	Version	Max. speed	Rated power	Rated torque	Page	Catalog
Built-in motors for motor spindles							
Built-in motors 	1PH2	Built-in asynchronous motor for standard spindles	up to 10,000 rpm	7.5 ... 31 kW	48 ... 197 Nm	14	NC 60 NC 61
	1FE1 (High Speed)	Built-in synchronous motor for spindles with top speeds	up to 40,000 rpm	6 ... 94 kW	up to 300 Nm	14	NC 60 NC 61
	1FE1 (High Torque)	Built-in synchronous motor for spindles with maximum torques	up to 20,000 rpm	4 ... 103 kW	up to 820 Nm	14	NC 60 NC 61
Motor spindles							
Motor spindles 	2SP1 series	Standard motor milling spindles	up to 18,000 rpm	up to 53.4 kW	up to 170 Nm	19	NC 60 NC 61
	F series	Compact motor milling spindles	up to 40,000 rpm	up to 80 kW	up to 300 Nm	20	-
	D series	Motor lathe spindles	up to 10,500 rpm	up to 104 kW	up to 820 Nm	21	-
	S series	Motor grinding spindles	up to 80,000 rpm	up to 30 kW	up to 24 Nm	22	-

NC 60: Catalog "Automation Systems for Machine Tools – SINUMERIK & SIMODRIVE"



"SIMODRIVE 611 universal" is a control board, which can be universally used in the modular.

SIMODRIVE 611 converter system as a result of its communication interfaces, the motors and encoder systems and option modules which can be used.

Two independent drive controls are implemented on a 2-axis board. The closed-loop drive controls can be operated in the following operating modes with motor frequencies up to 1400 Hz:

Operating mode, "speed/torque setpoint": In this case, the board is used for closed-loop speed control, open-loop torque control and/or torque reduction.

"Positioning" mode:

A maximum of 64 (256 from SW 10.1) traversing blocks can be selected and executed.

Every traversing block can be freely parameterized, and in addition to the block number, it also contains additional data, e.g. target position, acceleration, velocity, command and block enable circuit.

The following interfaces are provided on the board:

Two analog interfaces per drive (10 V)

Angular incremental encoder interface (WSG-SS)



Servomotoare DC

Motoarelor de curent continuu realizează , în general, cupluri mari la pornire, precum și un raport cuplu/viteză corespunzător pentru sarcinile de lucru ridicate.

Caracteristicile principale ale unui servomotor:

- ❖ reglaj de viteză în limite foarte largi, prin procedee simple;
- ❖ caracteristici de reglare și mecanice, pe cât posibil, liniare;
- ❖ capacitate de suprasarcină ridicată;
- ❖ gabarit și greutate specifică mică;
- ❖ constanța electromecanică de timp redusă
- ❖ absența autopornirii, etc.



Construcția servomotoarelor de curent continuu

Din punct de vedere constructiv, servomotoarele cuprind aceleași elemente ca și mașinile clasice de curent continuu, particularitățile constructive fiind dictate de gabaritele mici, constantele de timp reduse, gama de viteză impusă etc

Se disting următoarele tipuri constructive de servomotoare:

- cu rotor cilindric cu creștături;
- ❖ cu rotor disc (intrefier axial);
- ❖ cu rotor în formă de pahar;
- cu rotor cilindric fără creștături.

Tipul de excitație:

- ❖ cu excitație electromagnetică (separată, serie);
- ❖ cu excitație cu magneți permanenți;
- ❖ cu excitație hibridă (electromagnetică și cu magneți permanenți).



Magneți permanenți

De-a lungul anilor s-au utilizat: magneți din Alnico, magneți din ferită, magneți pe bază de pamânturi – rare (SmCo_5 , $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$, NdFeB). Caracteristicile diferite ale magneților permanenți au impus și adoptarea unor variante constructive deosebite.

Servomotoarele cu rotor cilindric au, în general, lungimea mult mai mare decât diametrul, ceea ce face ca, spre deosebire de motoarele clasice, să prezinte **un moment de inerție mai mic**.

Vitezele de rotație - pentru care se construiesc - variază între $500[\text{rad/s}]$, la servomotoarele mici cu o pereche de poli și $100[\text{rad/s}]$ la servomotoarele mari având $5 \div 6$ perechi de poli.

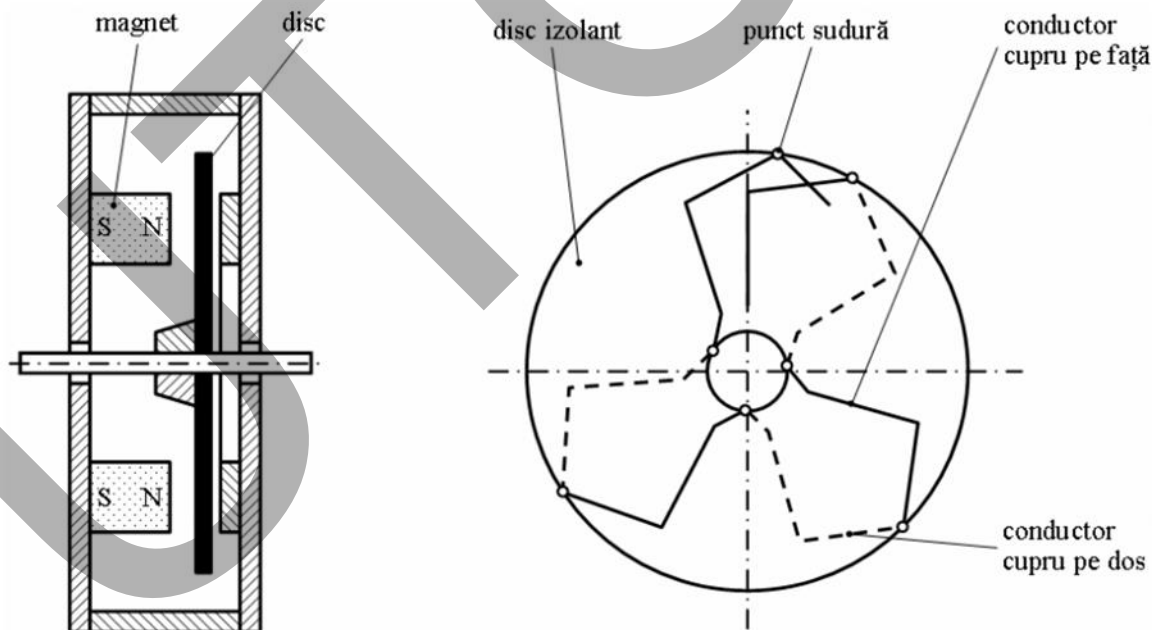
Vitezele maxime sunt limitate din considerente mecanice și de comutație



Servomotorul cu rotor disc

Aceste servomotoare sunt realizate prin dispunerea unei înfasurari de tip ondulat pe un disc de fibre de sticla, disc care se rotește prin fața unor magneți permanenți plasați axial.

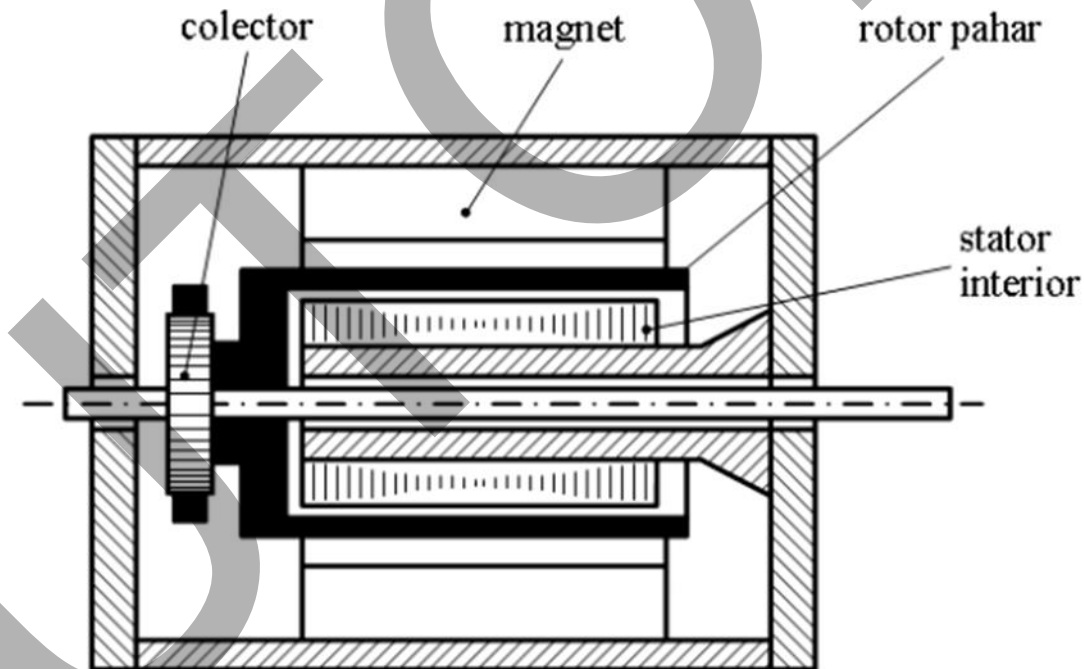
Înfășurarea se execută prin stanțare din tablă de cupru (mai rar aluminiu) de 0,2[mm], înfășurare care, apoi, este lipită cu o rășină epoxidică pe discul amintit.



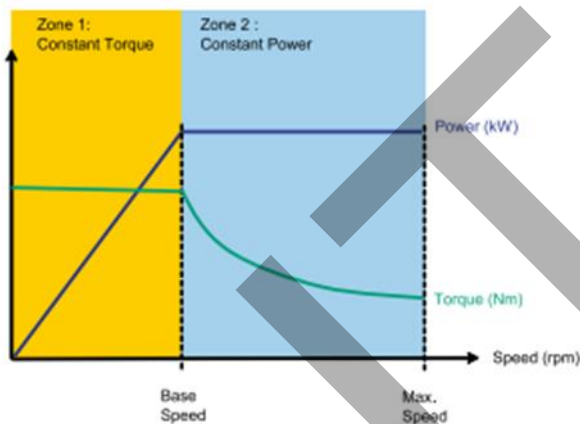
Servomotor de cc cu rotor cilindric (in forma de pahar)

Sunt denumite și motoare cu rotor gol, coș sau coajă și mai recent cu bobina mobilă

Sunt realizate prin dispunerea unei înfășurări de cupru sau aluminiu pe un pahar din fibre de sticlă sau direct într-o rășină epoxidică



Motoare cu rotor disc (PARKER)



- Ansamblu conține :
- Motor (gama AXEM);
 - Encoder;
 - Tahogenerator;
 - Frana.



Caracteristici servomotoare cc cu rotor disc (AXEM)

AXEM characteristics					
Motor	Nominal torque (N.m)	Nominal current (A)	Nominal voltage (V)	Nominal speed (rpm)	Inertia (kgm ² .10 ⁻⁵)
F 9 M 4 R	0.14	6.4	22	4800	3.5
F 9 M 2	0.282	11	14	3000	2.9
F 9 M 4	0.346	6.7	26	3000	3.5
F 9 M 4 H	0.537	6.5	35	3000	3.4
F 12 M 4 R	0.42	8	37	4800	15
F 12 M 2	0.61	11.7	24	3000	10.5
F 12 M 4	0.77	7.7	43	3000	15
F 12 M 4 H	1.1	7.2	61	3000	16
MC 13 S	1.2	7.6	64	3000	23.5
MC 17 H	1.8	6.9	102	3000	79
MC 17 B	1.2	24	23.5	3200	79
MC 19 P	3.2	14.5	83	3000	100
MC 19 P*	5.1	22.2	87	3000	100
MC 19 S	3.2	7.3	165	3000	100
MC 19 S*	5.1	11.1	171	3000	100
MC 19 B	2.8	46	23.5	3000	100
MC 23 S	6.1	13	170	3000	230
MC 23 S*	10.5	21.8	178	3000	230
MC 24 P	7.3	18.9	136	3000	320
MC 24 P*	14.3	36	142	3000	320
MC 27 P	14.3	33	152	3000	740
MC 27 P*	19.2	44	154	3000	740



Encoder					
Type	Associated motor	Pulse /rev.		Inertia	Weight (kg)
		standard	option	($\text{kgm}^2 \cdot 10^{-9}$)	
C2	F	500 250	1000	0.01	0.035
C4	F	500	1000 2500	0.23	0.2
C6B	MC	500	1000 2500 5000	0.3	0.45

Tachy		
Type	Associated motor	EMF (V/1000 rpm)
F9T	F9	3
FC12T	F12 / MC	6
TBN 206	F9 / F12	6
TBN 420	MC	20

Brake (24Vdc $\pm 10\%$)				
Associated motor	Holding torque		Inertia ($\text{kgm}^2 \cdot 10^{-5}$)	Weight (kg)
	Magnet brake (N.m)	Spring brake (N.m)		
F9 - F12	-	1.5	1	0.47
MC13	2	-	2.3	0.3
MC17 / MC19	5	-	6.5	0.6
MC23 / MC24	12	-	21.4	1.1
MC27	20	-	57	1.9
MC17	-	4	2.5	1.4
MC19	-	8	7	1.9
MC23 / 24 / 27	-	16	13.5	2.8



Caracteristici servomotoare cc cu rotor cilindric (SMU-C)

	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	Mn	0
SMU-C-7	40	51,5	5	390,5	15	215±0,5	250	200	203	20hg	180hg	16,5	6p9	-	1,5
SMU-C-17	40	51,5	5	390,5	15	215±0,5	250	200	203	20hg	180hg	16,5	6p9	6	1,5
SMU-C-35	45	63	6	54,95	15	265±0,5	300	230	237	32hg	230hg	27,5	10p9	8	-
SMU-C-55	45	63	6	57195	15	265±0,5	300	230	237	32hg	230hg	27,5	10p9	8	-
SMU-C-125	60	68	9	657,5	19	350±0,5	304	290	297	55hg	300hg	49,5	16p9	16	-

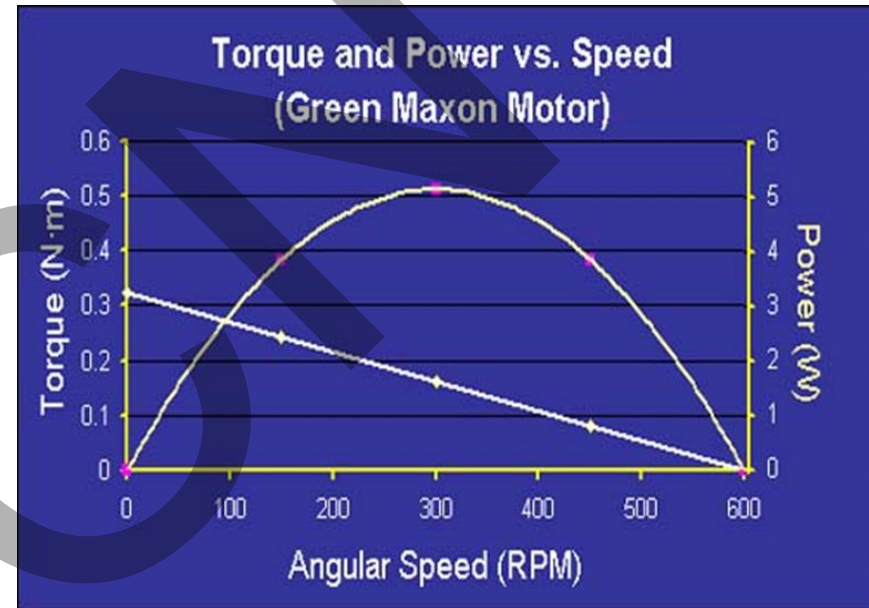
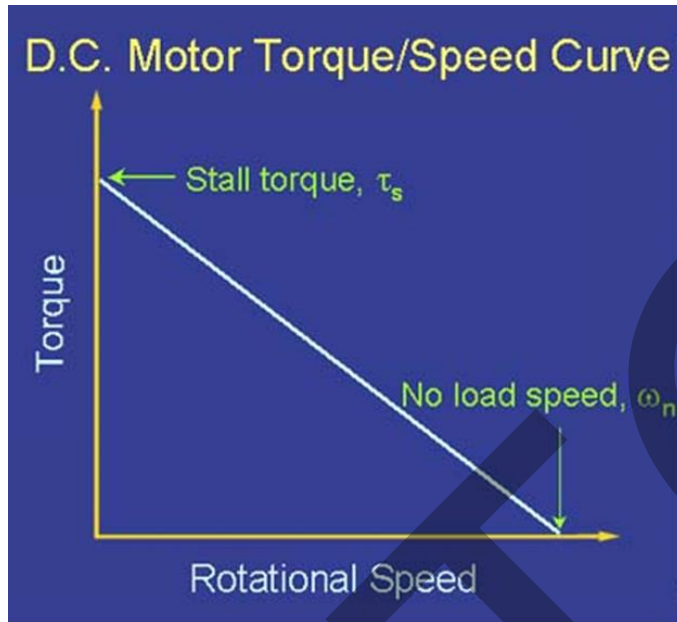
Tabelul 1

Servomotoare de curent continuu SMU-C

Parametri principali	Simbol	U.M	Tip servomotor				
			SMU-C-7	SMU-C-17	SMU-C-35	SMU-C-55	SMU-C-125
Cuplul nominal	Mn	Nm	7	17	35	55	125
Cuplul la turație max.	Mtm	Nm	3,5	7,5	15	23	37,5
Cuplul impulsional (V. max)	M imp	Nm	70	170	350	550	1000
Turația nominală	n _n	rot/min	1000	500	500	500	300
Turația maximă	n _{max}	rot/min	2000	1200	1200	1200	1000
Curentul nominal ±10%	I _n	A	17	18	28	27	28
Curentul la cuplul Mtm+10% (V. max)	I _{tm}	A	9	9	14	11,5	8
Curentul impulsional +3%	I _{imp}	A	170	180	280	270	180
Tensiunea nominală ±10%	U _n	V	55	60	80	120	200
Tensiunea maximă ±10%	U _{max}	V	95	130	180	282	625
Rezistența indusului ±20%	R	Ω	0,3	0,75	0,39	0,5	0,65
Autoconductivitatea indusului (800 Hz)	L	mH	2,5	3,2	1,8	2,4	2
T.e.m. la n _n ±10%	K _F	V	45	50	70	110	180
Const. cupl. pierderilor de mers în gol la 1000 rot/min	K _D	Nm	1	1	2	2,5	4,54
Cuplul de frecare uscată (V. max)	M _F	Nm	1	1,2	2,5	3,5	3,2
Cuplul pe amper ±10%	K _T	Nm/A	0,45	0,65	1,3	2	5,5
Momentul de inerție rotoric	J	kgm ²	0,012	0,025	0,065	0,09	0,282
Const. de timp el. mecanică (V. max)	τ _{mec}	ms	10	12	22	20	30
Const. de timp el. mecanică (V. max)	τ _e	ms	4,5	5	7,5	8,5	50
Masa max. a servomotorului	M	kg	50	65	90	120	220
Distanța de flanșă de prindere	X	mm	40	45	60	60	75
Sarcina radială max		N	2 000	3 000	4 100	4 150	4 200
Sarcina axială		N	1 800	2 500	3 200	3 700	4 500



Curbe caracteristice : $M=f(\text{turație})$ $P=f(\text{turație})$



Puterea=moment*viteza unghiulara

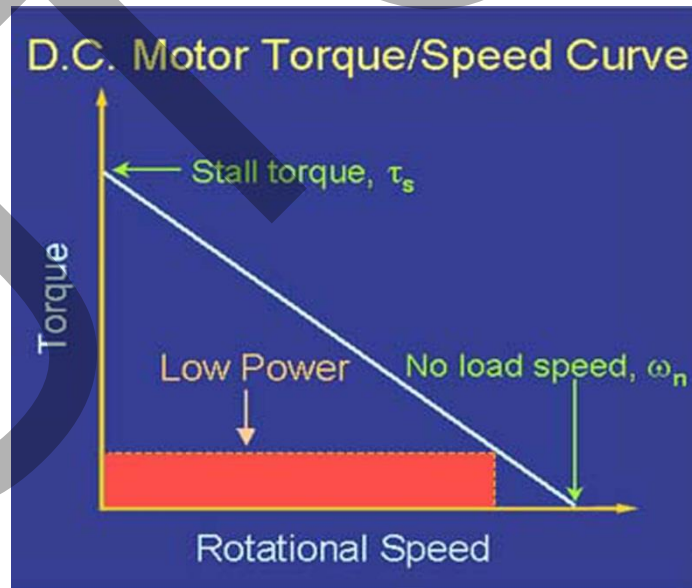
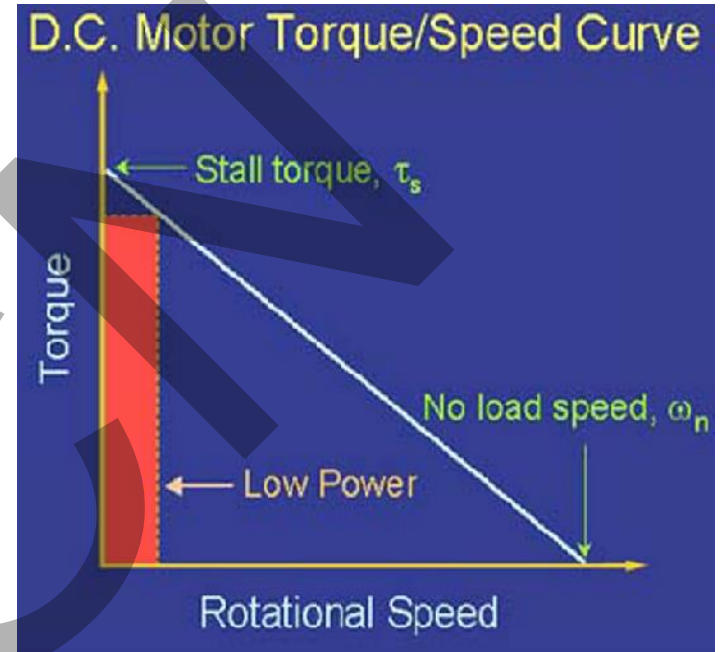
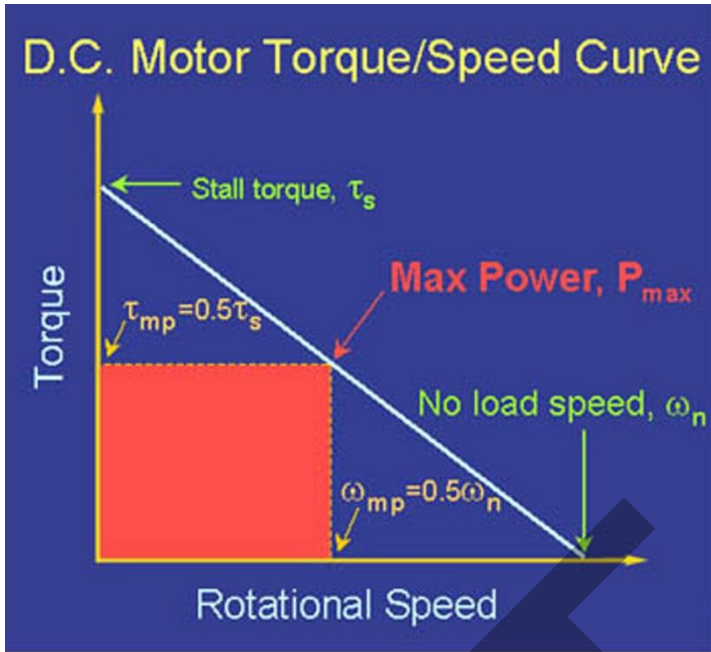
Pentru:

$\omega = \omega_m/2$ funcționare la: putere maximă și moment în valoare de 1/2 din valoarea momentul la mers în gol

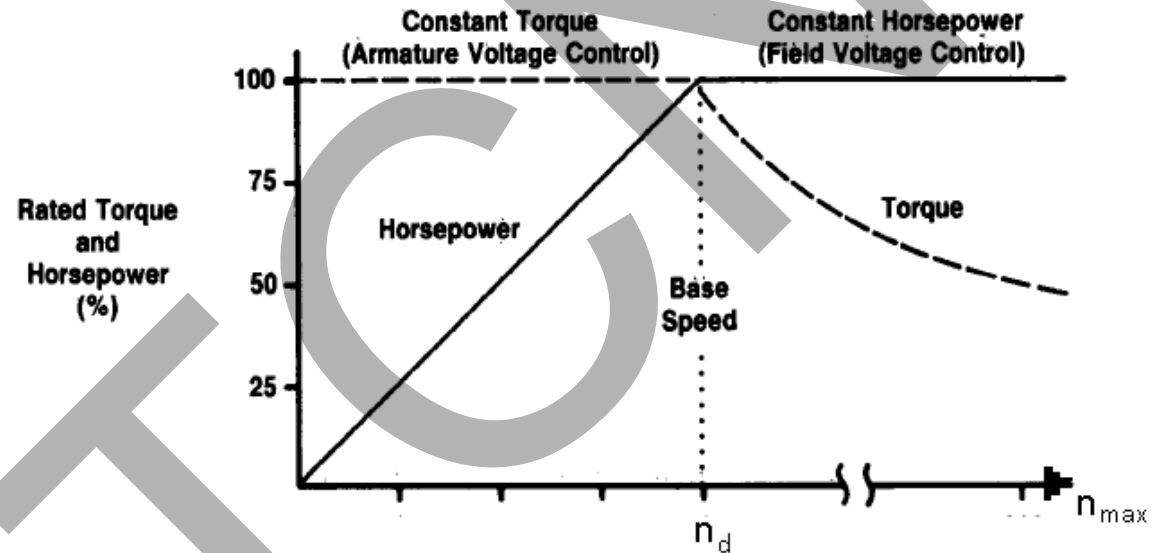
Pentru extremități puterea este minima

Puterea=moment*viteză unghiulară





Operarea la moment/putere constantă:

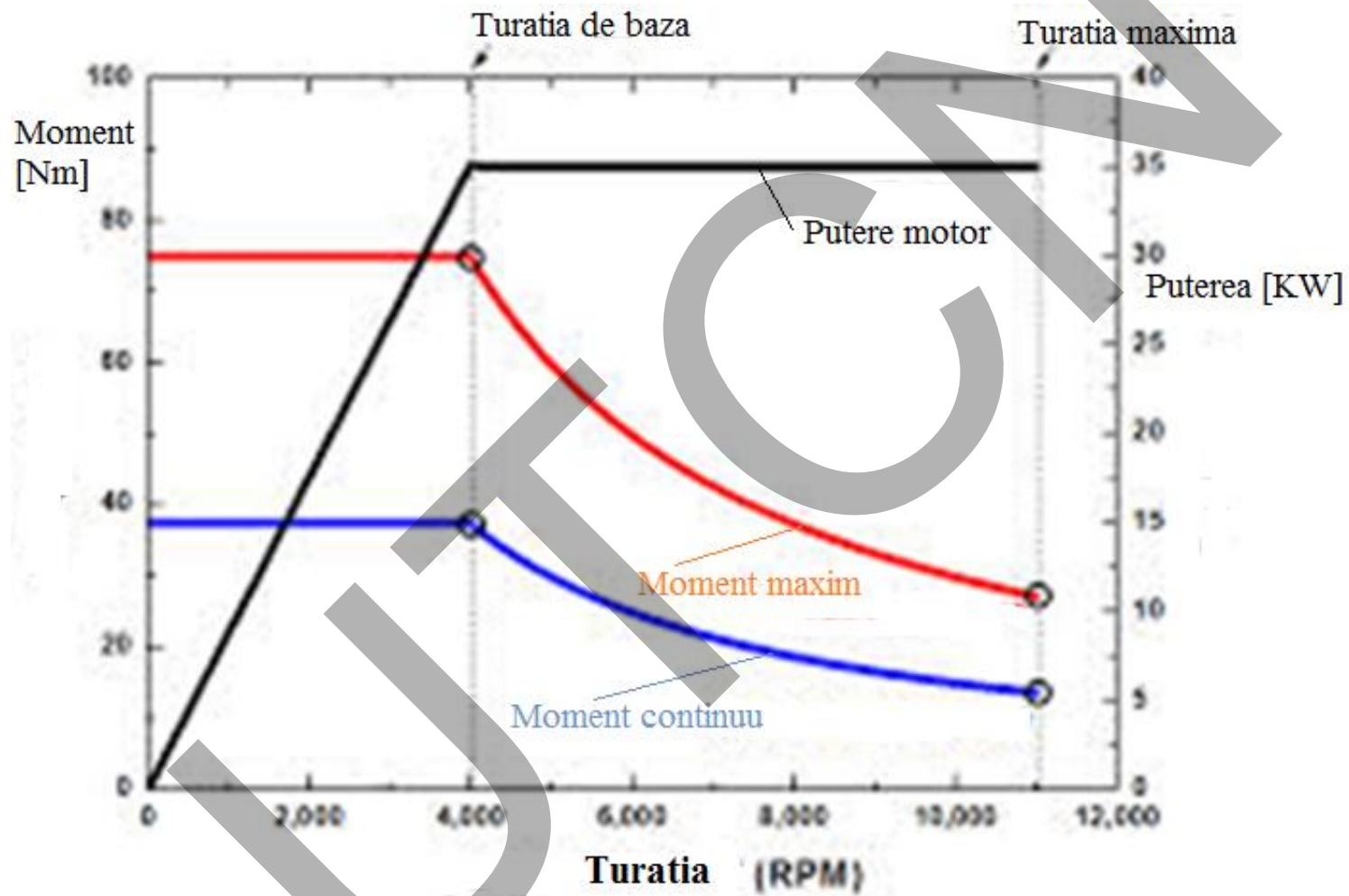


Presupune

Introducerea în acționare a unei cutii de viteză cu două domenii pentru turație face posibilă operarea AP:

- la moment constant, până la turația n_d
- la putere constantă în zona $n_d \div n_{max}$





Servomotoare AC

Motoarele AC se caracterizează prin aceea că funcționează la o turație relativă constantă. Această depinde de frecvența tensiunii de alimentare și de numărul de poli.

Tipuri de motoare AC:

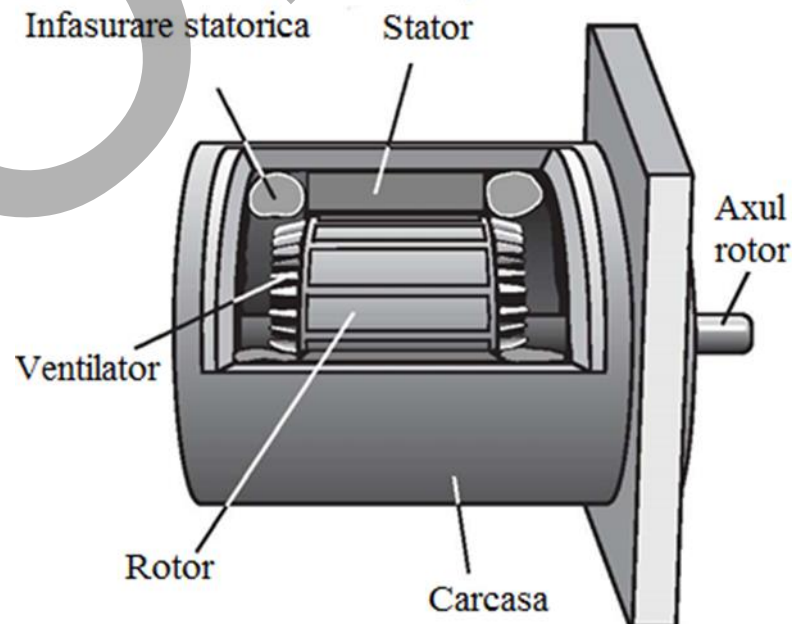
- ❖ cu inducție;
- ❖ sincrone

Motoare cu inducție

- Turația motorului: $n_s = \frac{60f}{p}$

In care n_s este turația de sincronism, f este frecvența, Hz
 p este numărul de poli

- $n = 3000$ $p = 1$
- $n = 1500$ $p = 2$
- $n = 750$ $p = 4$

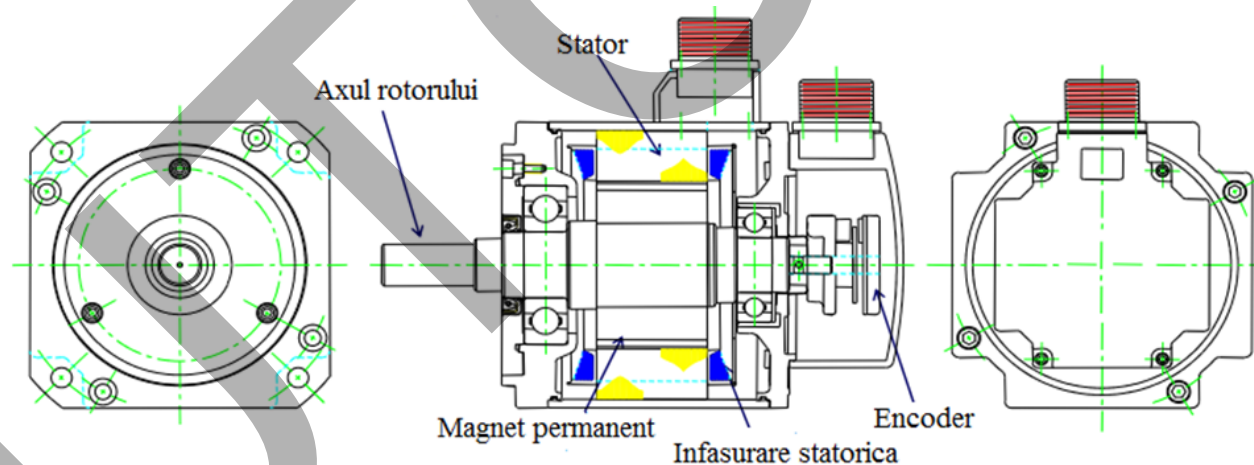


Principiul servomotorului AC cu magneți permanenți

Motorul este cunoscut sub denumirea de PMAC (Permanent Magnet AC)

Caracteristica:

Motorele PMAC se rotesc cu o turație egală cu a câmpului magnetic produs de înfășurările statorice. Este o mașină sincronă. Dacă câmpul magnetic se rotește cu 1800 RPM și axul rotorului se va roti tot cu 1800 RPM.



Motorul este un dispozitiv care transformă energia magnetică sau energia produsă indirect de magneți în energie mecanică sau în mișcare, fără a utiliza alt fel de energie.



Motoare fără perii

NX3 - NX8 models

CE and UL motors

2 - 41 Nm

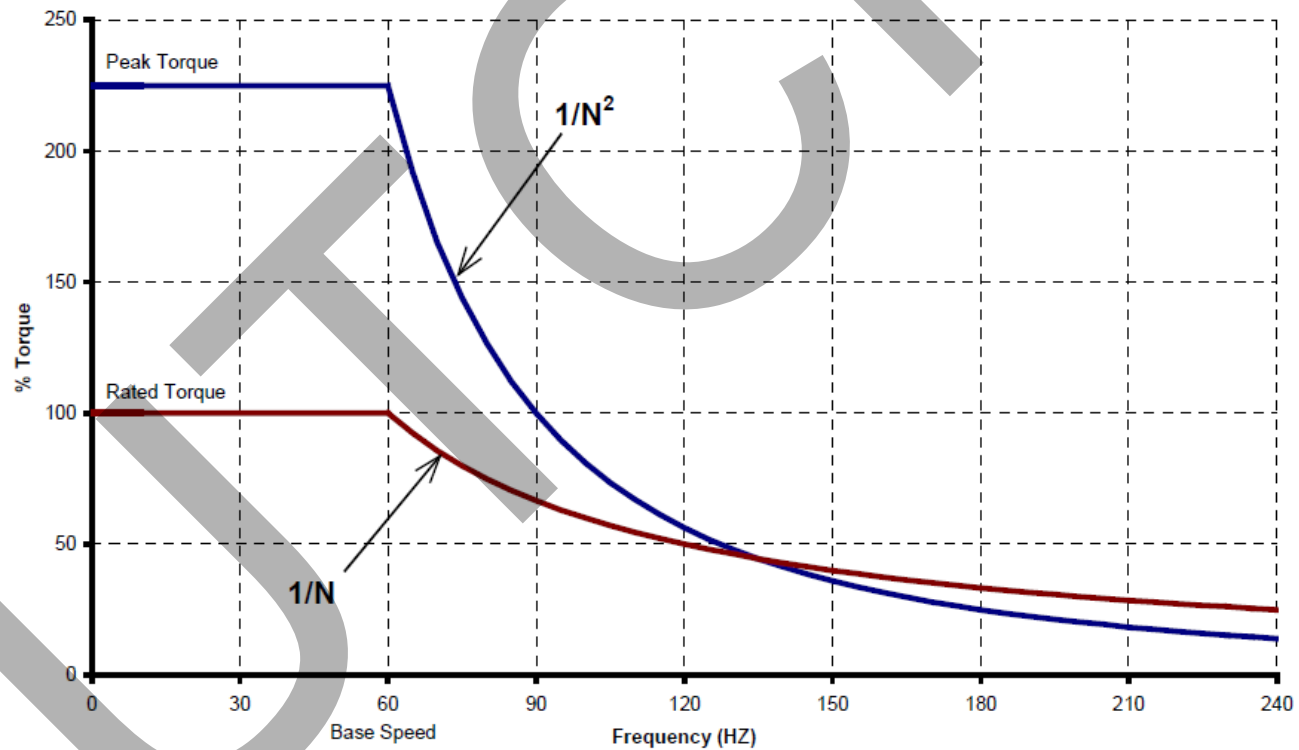
PARKER



Rated Speed N_N (rpm)	Stall Torque M_0^* (Nm)	Rated Torque M_N (Nm)	Peak Torque M_{MAX} (Nm)	Stall Current I_0^* (A_{RMS})	Rated Current I_N (A_{RMS})	Peak Current I_{MAX} (A_{RMS})	Rated Power P_N (kW)	Moment of Inertia J ($kg.m^2.10^{-5}$)	Product Code									
230 VAC supply voltage - mono or three-phased																		
2300	2	1.8	6.6	1.39	1.27	5.56	0.43	7.90	N X 3 1 0 E	P	■	■	■	■	■			
4000	2	1.65	6.6	2.43	2.06	9.71	0.69	7.90	N X 3 1 0 E	K	■	■	■	■	■			
6600	2	1.4	6.6	3.85	2.85	15.4	0.97	7.90	N X 3 1 0 E	X	■	■	■	■	■			
2300	4	3.53	13.4	2.71	2.41	10.9	0.85	29.00	N X 4 2 0 E	P	■	■	■	■	■			
4000	4	3.14	13.4	4.69	3.74	18.8	1.32	29.00	N X 4 2 0 E	J	■	■	■	■	■			
550	5.5	5.45	18.8	1.41	1.4	5.64	0.31	42.60	N X 4 3 0 E	V	■	■	■	■	■			
3200	5.5	4.68	18.8	5.24	4.53	21	1.57	42.60	N X 4 3 0 E	J	■	■	■	■	■			
3400	5.5	4.59	18.8	5.64	4.78	22.5	1.64	42.60	N X 4 3 0 E	H	■	■	■	■	■			
4000	5.5	4.29	18.8	6.64	5.28	26.5	1.80	42.60	N X 4 3 0 E	F	■	■	■	■	■			
2200	8	7.42	26.7	5.31	4.99	21.2	1.71	98.00	N X 6 2 0 E	R	■	■	■	■	■			
4000	8	6.08	26.7	9.89	7.82	39.5	2.55	98.00	N X 6 2 0 E	J	■	■	■	■	■			
1450	12	10.73	40	5.25	4.75	21	1.63	147.00	N X 6 3 0 E	R	■	■	■	■	■			
2800	12	9.21	40	9.86	7.8	39.4	2.70	147.00	N X 6 3 0 E	K	■	■	■	■	■			
4000	12	7.6	40	13.9	9.31	55.6	3.18	147.00	N X 6 3 0 E	G	■	■	■	■	■			



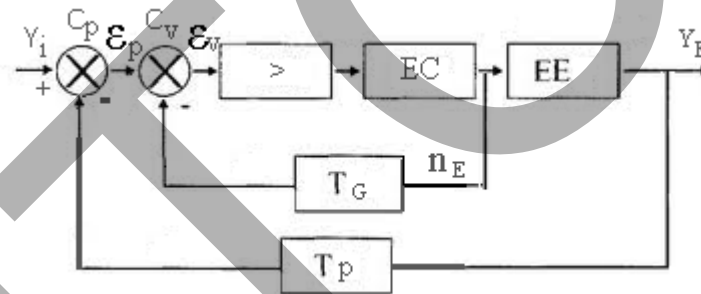
Curbe tipice pentru motoare AC comandate în frecvență (tensiune constantă)



Acționarea de avans

Care este diferența între un motor DC/AC și un servomotor?

- ❖ Servomotorul are în componență un motor normal AC/DC, o transmisie cu roți dințate, un senzor de poziție, unul de viteză și un circuit de control.
- ❖ Schema bloc de acționare a servomotorului DC în buclă închisă.



- ❖ Pentru a se obține performanțe ridicate, în construcția servomotoarelor, de regulă fără perii, se utilizează magneți de înaltă energie din aliaj de neodim-fier-bor (NdFeB) care sunt combinați cu rotoare de inerție mică. Alte construcții utilizează magneți tradiționali din aliaje de ferită.(slide134)



- Aprecierea performanțelor servomotorului se face considerând două moduri de funcționare, continuă și intermitentă.
- De regulă valorile caracteristice pentru moment sunt date la 60°C și 100°C .
- Servomotoarele BOSCH din seria IndraDyn S sunt caracterizate prin caracteristici dinamice ridicate, construcție compactă, cuplu motor ridicat și un grad extrem de ridicat de precizie, datorat noilor sisteme de decodare optice.
- În tabelele următoare, curbele de viteză, de cuplu și datele tehnice sunt specificate pentru două valori diferite de temperatură a înfășurării motorului: la temperatura de 60 de grade Celsius și la temperatura de 100 de grade Celsius. Temperatura maximă acceptată pentru mediul extern este de 40 de grade Celsius.



Modurile de lucru, S1 continuu și S3 intermitent ale motorului, calculate conform normei EN 60034-1:1998

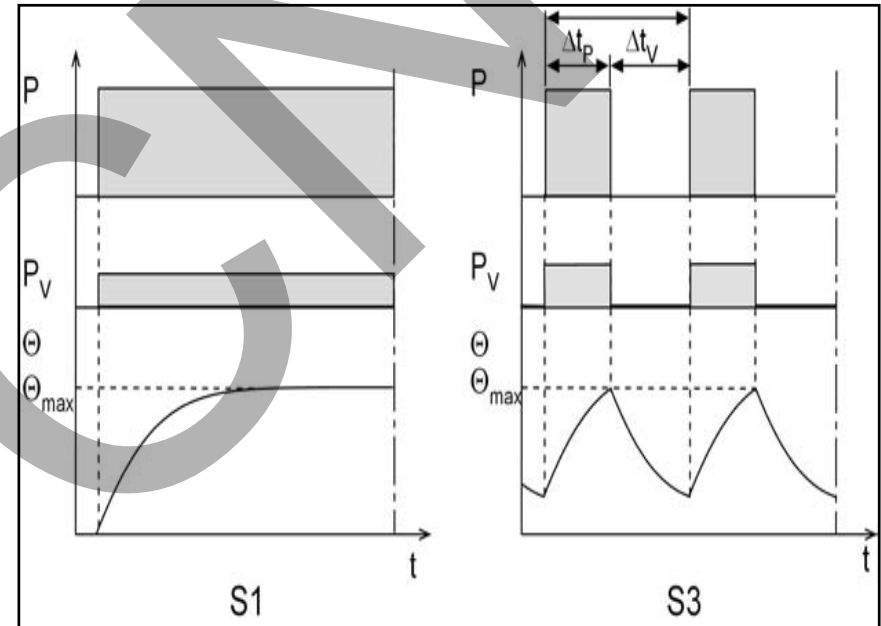
sunt detaliate în figura

unde:

- P - puterea necesară acționării sarcinii;
- P_V - puterea necesară compensării pierderilor în circuitul electric;
- Θ - temperatura;
- Θ_{max} - temperatura maximă;
- t - timpul;
- T_C - ciclul de lucru;
- Δt_p - timp de funcționare în sarcină constantă;
- Δt_v - timpul de funcționare în gol;

În modul de lucru intermitent S3, timpul de lucru în sarcină ED, exprimat în procente este :

$$ED = \frac{\Delta t_p}{T_C} \cdot 100\%$$



Pentru mersul în sarcină, când rotorul motorului are o turație nulă, $n \approx 0$ avem următorii indicatori:

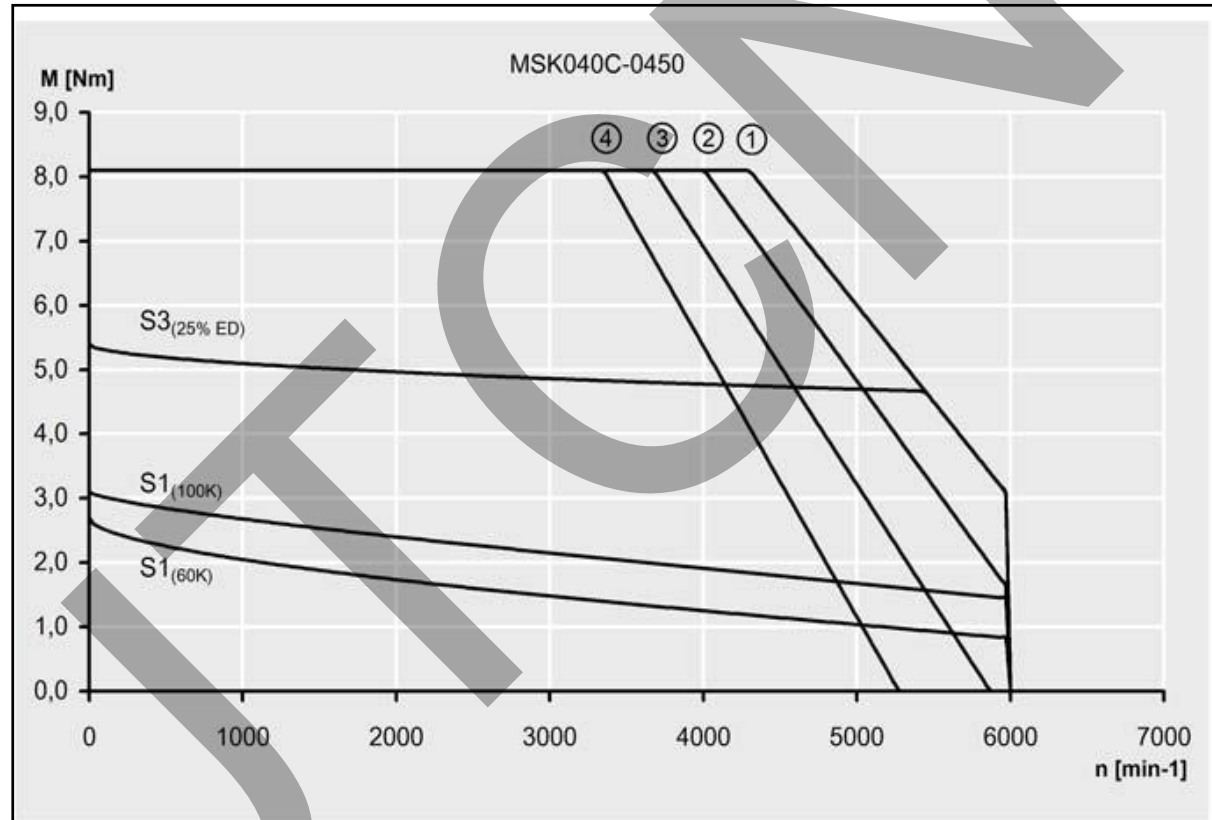
- M_{0_60} - cuplul motor continuu la temperatura de 60°C
- M_{0_100} - cuplul motor continuu la temperatura de 100°C
- M_{0_S} - cuplul motor continuu, când motorul este răcit cu aer
- M_{0_L} - cuplul motor continuu, când motorul este răcit cu apă.
- I_{0_60} (eff) - intensitatea efectivă a curentului electric prin motor la temperatura de 60°C
- I_{0_100} (eff) - intensitatea efectivă a curentului electric prin motor la temperatura de 100°C
- I_{0_S} (eff) - intensitatea efectivă a curentului electric, când motorul este răcit cu aer
- I_{0_L} (eff) - intensitatea efectivă a curentului electric, când motorul este răcit cu apă
- M_{\max} - cuplul motor maxim, dezvoltat pentru un timp maxim de 400ms, la intensitatea efectivă maximă
- I_{\max} (eff) - intensitatea maximă a curentului electric prin motor
- K_{MN} - constanta cuplului motor exprimat în N.m/A
- K_{EMK_1000} - constanta de tensiune electrică a motorului exprimată în Volt/1000 RPM
- R_{12} - rezistența electrică între două faze ale motorului, exprimată în Ohmi.
- L_{12} - inductanța între două faze ale motorului, exprimată în mili Henry, mH.
- **C_{ab} - capacitatea**
- p - numărul de poli al motorului
- J_{rot} - momentul de inerție al motorului
- n_{\max} - turația maximă a motorului
- m - masa motorului
- L_p - nivelul de presiune sonoră emis de motor la funcționarea în sarcină, exprimat în dB



Mărime fizică	Simbol	Unitate de măsură	Motor	Motor
Cuplul motor continuu la n și temperatura de 60 °C	M0_60	Nm	MSK040C-0450-NN	MSK040C-0600-NN
Intensitatea curentului electric la n și temperatura de 60 °C	I0_60(eff)	A	2,7	2,7
Cuplul motor continuu la n și temperatura de 100 °C	M0_100	Nm	2,4	3,1
Intensitatea curentului electric la n și temperatura de 100 °C	I0_100(eff)	A	3,1	3,1
Cuplul maxim	Mmax	Nm	3,1	4,7
Intensitatea maximă	I _{max} (eff)	A	8,1	8,1
Constanta de cuplu la 20 °C	KM_N	Nm/A	9,6	12,4
Constanta de tensiune la 20 °C	KEMK_1000	V/min-1	1,25	0,95
Rezistența electrică la 20 °C	R12	Ohm	76,7	58,2
Inductanța	L12	mH	7,40	3,90
Capacitatea electrică	Cab	nF	37,900	21,300
Numărul de poli	p	-	2	2
Momentul de inerție fără frână	Jrot	kg*m2	4	4
Timpul	Tth	min	0,00014	0,00014
Turația maximă	n _{max}	min-1	6000	7500
Nivelul de presiune sonoră	LP	dB[A]	<75	<75
Masa	m	kg	3,6 (3,9)	3,6 (3,9)
Temperatura mediului ambiant	T _{um}	°C	0 ... 40	0 ... 40
Gradul de protecție	-	-	IP65	IP65
Clasa de izolație EN 60034-1	-	-	F	F



Curbe caracteristice motoare MSK BOSCH



Mecanisme de avans pentru mișcări liniare

Tipurile de mecanisme de avans pentru axe liniare reale sunt următoarele:

- ❖ **mecanism de avans cu șurub conducător;**
- ❖ **mecanism de avans cu pinion dublu- cremalieră;**
- ❖ **mecanism de avans cu motoare liniare sau "direct drive".**

Tipurile consacrate de mecanisme de avans cu pinion dublu a cremalieră la **axele CNC lungi** ale MUCN sunt următoarele:

- pinion dublu a cremalieră și două angrenaje pretensionate de tip melc - roată melcată cu melcii coaxiali ;
- pinion - dublu cremalieră și două trenuri paralele pretensionate de angrenaje;
- pinion dublu - cremalieră și două servomotoare sincrone cu reductoare, în regim "tensioning system".



Mecanisme de avans cu șurub conducător

Mecanismul de avans conține următoarele elemente

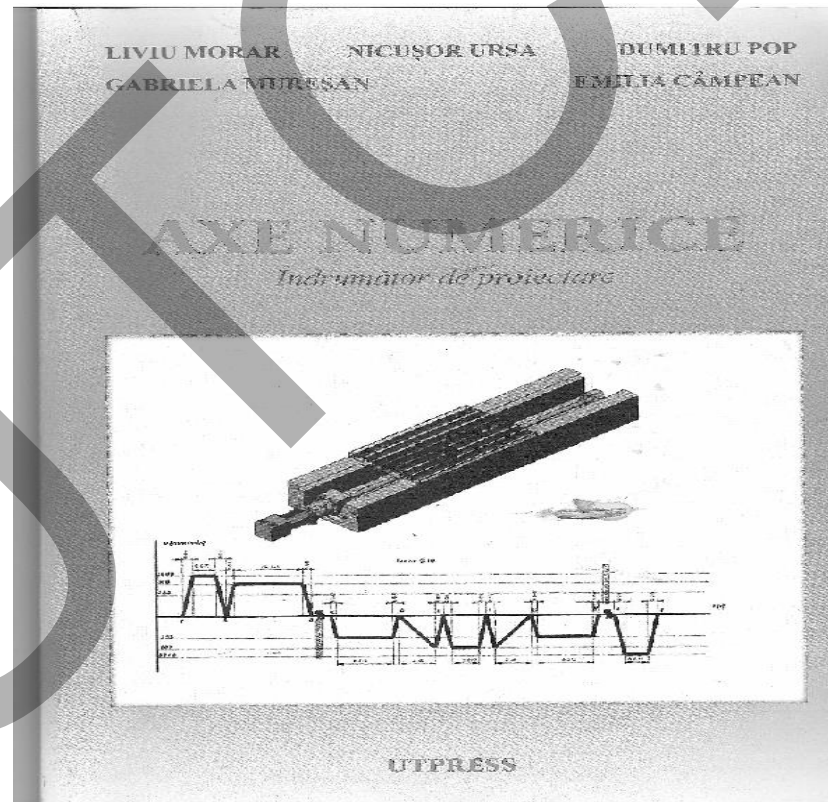
- ❖ servomotorul de avans;
- ❖ transmisia cu curea dințată (sau ca variantă: cuplarea directă coaxială la șurubul conducător de avans prin cuplaj special elastic și rigid din punct de vedere torsional);
- ❖ șurubul conducător;
- ❖ lagărul palier principal radial-axial;
- ❖ lagărul palier de sprijin radial-axial la capătul opus al șurubului conducător;
- ❖ sistemul de pretensionare axială a șurubului conducător

În aplicațiile generale se utilizează soluția clasică de șurub cu bile pretensionat/nepretensionat.



Prezentarea detaliată

- a sistemului de avans liniar cu șurub cu bile sub aspectul :
- ❖ Structură organologica;
 - ❖ Alegerea componentelor pe bază solicitărilor-predimensionare/dimensionare

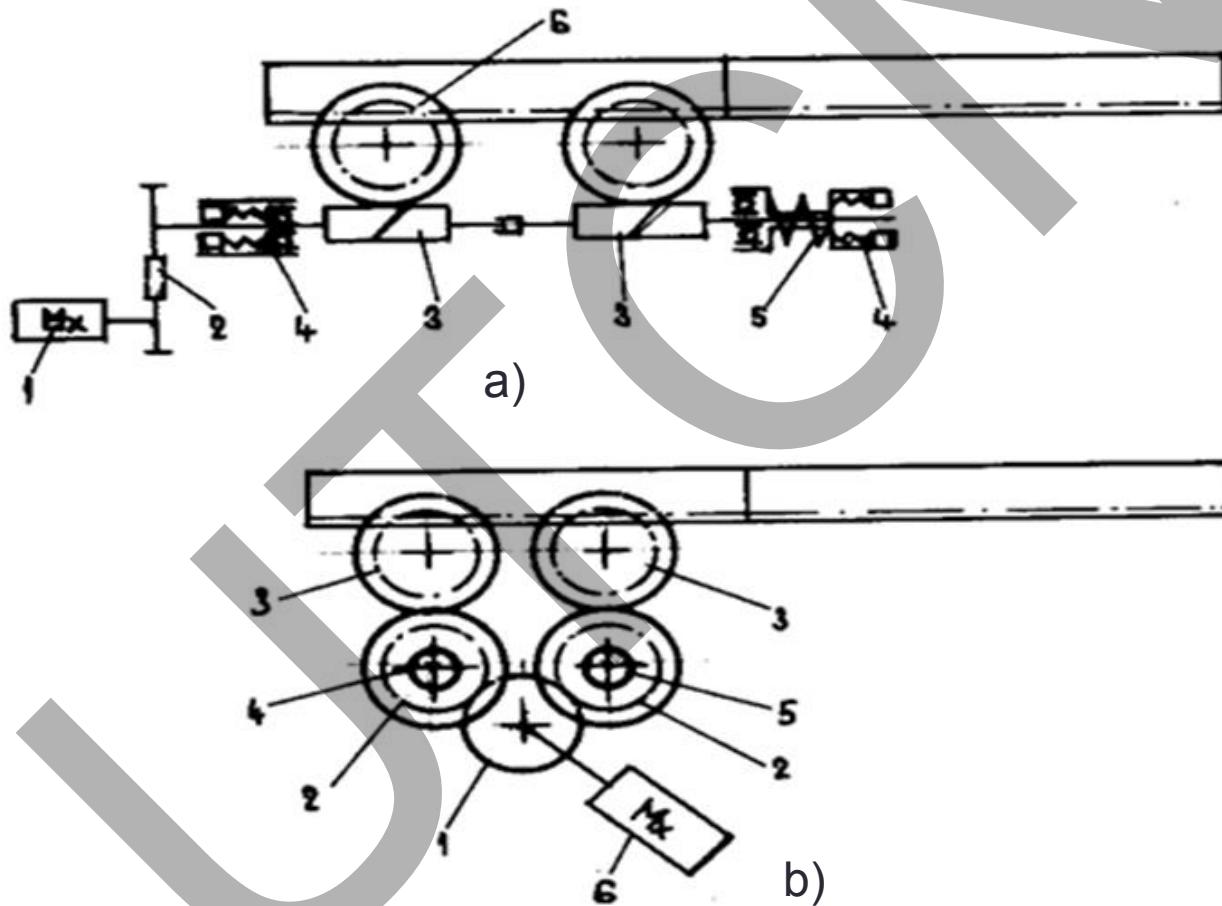


Mecanism de avans : pinion dublu-cremalieră

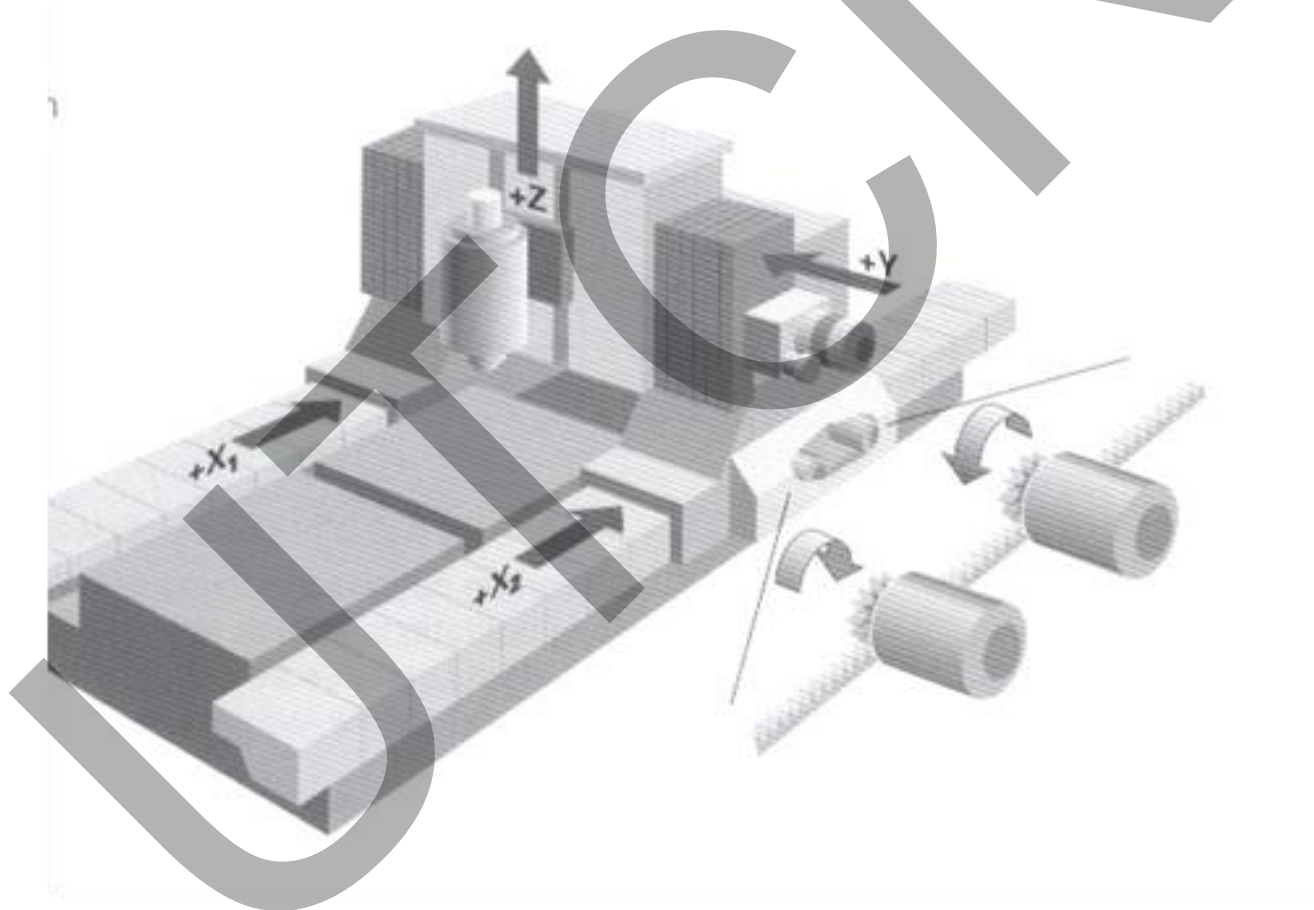
Axa numerică cuprinde tronsoane de cremalieră, de câte 1 m lungime, montate cap la cap, Sistemul se compune din: servomotor de avans (1), transmisia cu curea dințată (2), două angrenaje melc-roată melcată (3) având melcii coaxiali cuplați prin îmbinare canelată, două pinioane (6) care angrenează cu cremalieră, un sistem de arcuri de pretensionare axială (5) a celor doi melci pentru scoaterea jocului pe flancurile stânga și respectiv dreapta la cele două pinioane. În cazul măsurării indirecte a deplasării, se montează un traductor(encoder) cu un raport dat de transmisie cu curea dințată față de axul melcilor. Presiunea pe flancurile dinților roții melcate limitează viteza de avans, ca să se evite uzura danturii din bronz a roților melcate (varianta a) Varianta b) conține în loc de angrenajul melc-roată melcată un angrenaj compus din roți dințate.



Exemple de mecanism de avans pinion dublu-cremalieră



Mecanism de avans cu pinion dublu a cremalieră și două servomotoare sincrone cu reductoare, în regim “tensioning system”.



Mecanisme de avans cu servomotoare liniare

Avantajele utilizării motoarelor liniare:

- ❖ Randament, repetabilitate mai ridicate;
- ❖ Precizie, timp de răspuns mai bune;
- ❖ Viteză, accelerație mai mari;
- ❖ Deplasare mai uniformă;
- ❖ Zgomot mai redus;
- ❖ Compatibilitate mai bună cu condiții de mediu deosebite;
- ❖ Mai puține elemente componente;
- ❖ Inerție mai redusă pentru deplasări mari;
- ❖ Nu există elemente intermediare între motor și sistemul de acționat

Dezavantaje ale motoarelor liniare

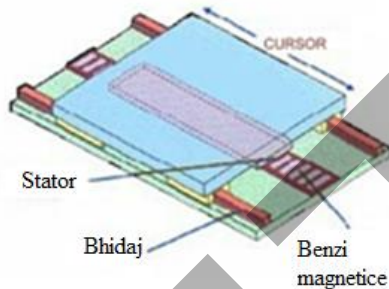
- ❖ Preț de cost mai ridicat;
- ❖ Axele verticale necesită contrabalansare;
- ❖ Motoarele liniare transmit direct forța, dar în consecință sunt influențate de variația sarcinii (instabilitate datorată variației sarcinii);
- ❖ Pentru motoarele cu structură magnetică deschisă, apar forțe mari de atracție între partea mobilă și partea staționară; particulele metalice sunt atrase magnetic



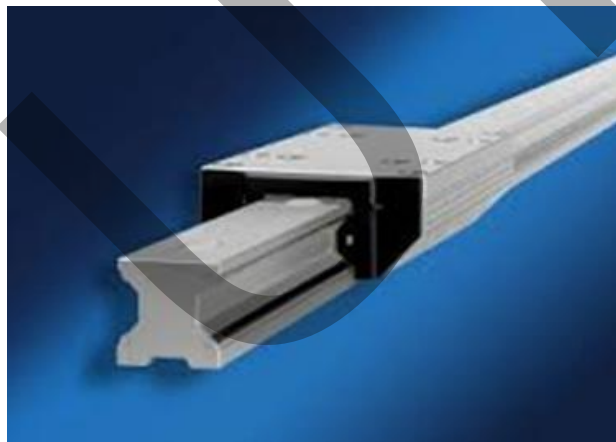
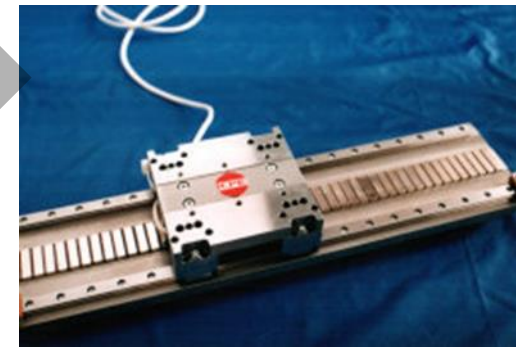
Motor liniar sincron tip LINSM 70 - 04 - 470 - S

Motor liniar sincron cu magneți din Nd-Fe-B alimentat cu tensiune sinusoidală. Înfășurarea primară trifazată este realizată pe o armătură feromagnetică.

Schema de principiu



Lungime	mm	120	470
Lățime	mm	118	*118
Înălțime	mm	44	16.5
Masa	kg	4	9.8
Întrefier	mm	0.9	-
Fixare	-	6 x M5x10	-

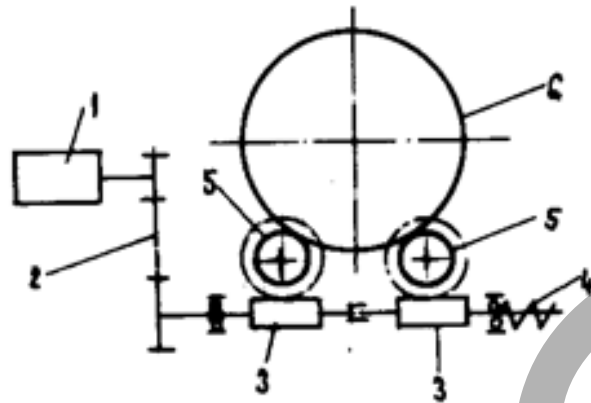


Mecanisme de avans pentru axe de rotație

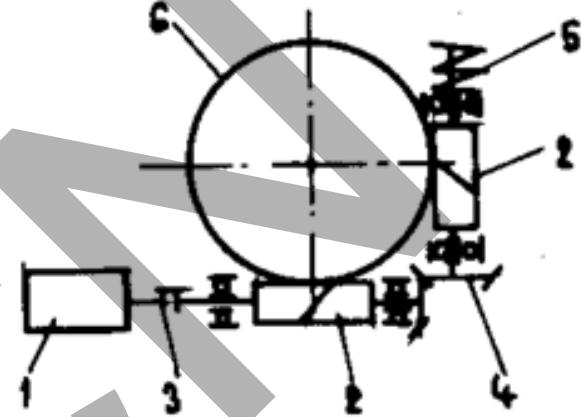
Mecanismelor de avans de rotație:

- ❖ mecanism de avans cu pinion dublu - coroană dințată (a,d);
- ❖ mecanism de avans cu angrenaj melc dublu - roată melcată (b,c) ;
- ❖ mecanism de avans cu angrenaj melc DUPLEX-roată melcată (e) ;
- ❖ mecanism de avans cu angrenaj melc globoidal - roată melcată;
- ❖ mecanism de avans direct drive cu motor de tip “in-built”

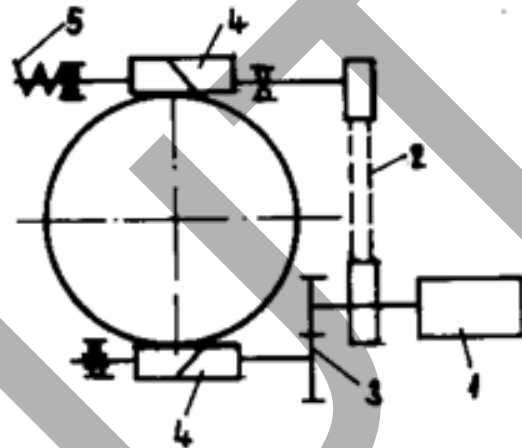




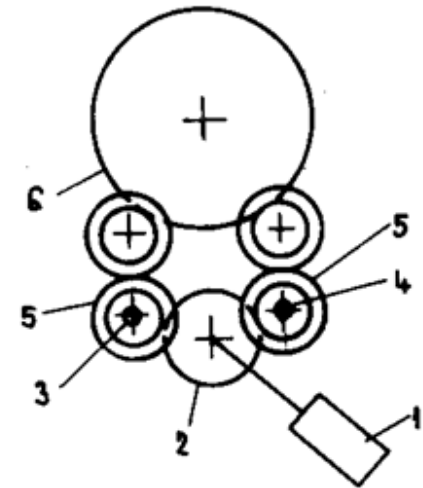
a)



b)



c)



d)

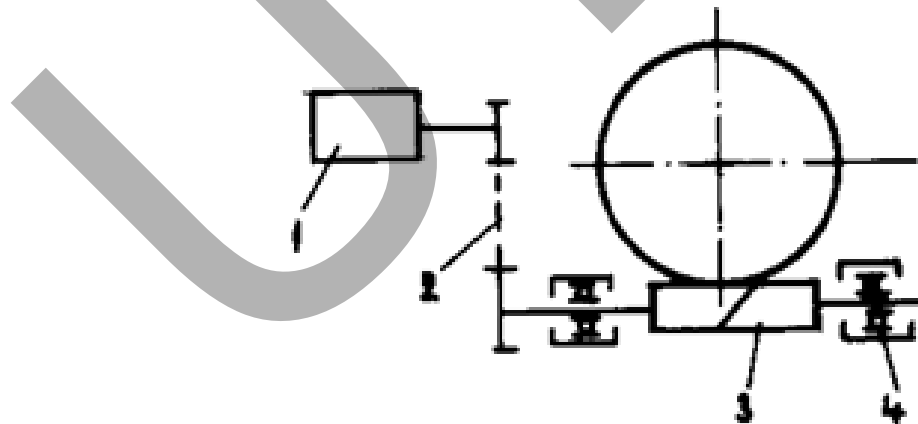


Melc Duplex

Contactul între flancurile melcului și roții melcate devine punctiform. Scoaterea jocului se face prin reglajul poziției axiale a melcului, prin efectul de împănare a spirei melcului (cu secțiunea variabilă ca de pană înclinată) față de golul dintelui roții melcate .

Melcul Duplex **are pas diferit între flancul stâng și flancul drept**, deci grosimea dintelui variabilă liniar pe lungimea generatoarei melcului.

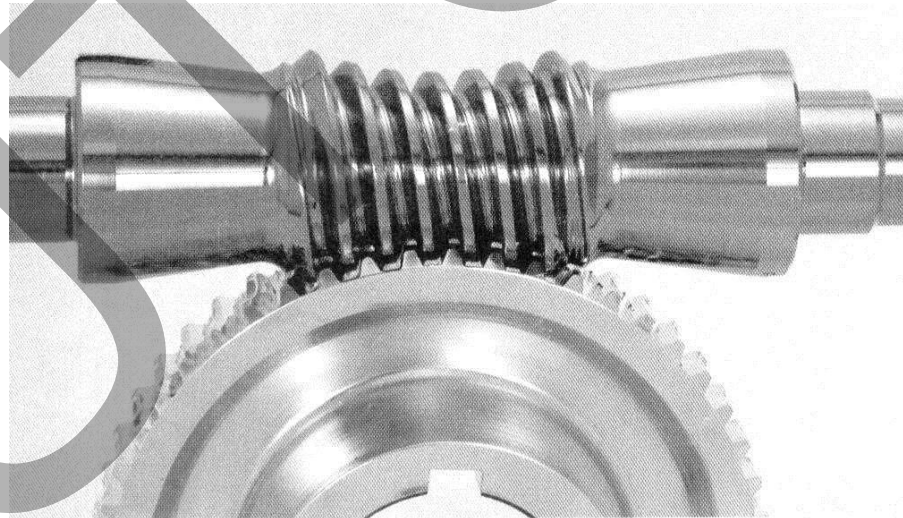
Pe măsură ce uzura se instalează pe flancurile danturii, este necesară o nouă reglare a poziției axiale a melcului



Melc globoidal

Contactul între flancurile melcului și roții melcate este mai bun, **numărul de dinți în contact este mai mare**, gradul de acoperire este mai ridicat, randamentul este mai bun. Scoaterea jocului se face prin reglarea distanței axiale, utilizând o bușă excentrică de reglare, în care este montat melcul, sau reglaj axial cu semi-melci.

Acești melci sunt cei mai performanți la ora actuală, cu randamentul cel mai bun, fără joc și cu pretensionare, fiind melci căliți și rectificați.



Melc globoidal și roata melcată (CON-DRIVE - SUA).

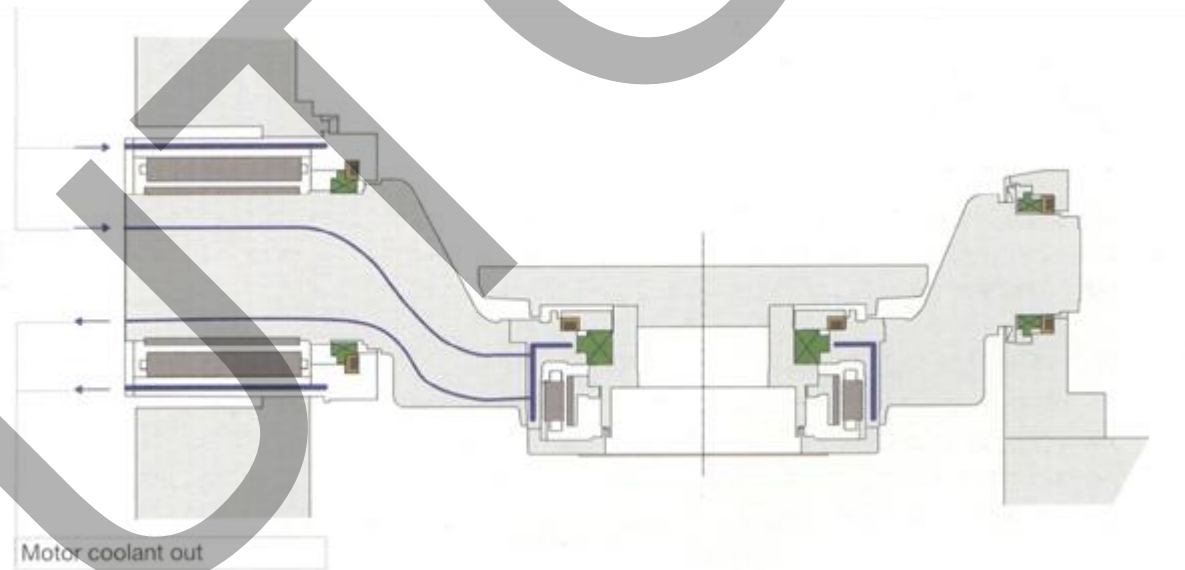


Mecanism de avans “direct drive”

Varianta “Direct Drive” de mecanism de avans este cea mai nouă, cea mai performantă, dar și cea mai scumpă soluție.

Utilizează motoare electrice liniare.

Același dezavantaj al supraîncălzirii și a necesității răcirii forțate ca în cazul motoarelor liniare. Se observă în exemplul de mai jos.



Bibliografie

1. Pop, Ct., s.a. – Masini si instalatii in sisteme robotizate, Ed. Dacia, Cluj Napoca, 1999
2. Suh, S.-H., Kang, S.K., Chung, D.-H., Stroud, I., Theory and Design of CNC Systems, ISBN 978-1-84800-336-1, Springer-Verlag London, 2008
3. Morar, L., Pisla, A., Ciortea, M., Sisteme integrate de prelucrare, Ed. Dacia, ISBN 973-35-07717, Cluj Napoca, 1998
4. Morar, L., Suport curs MRESFF, Universitatea Tehnica din Cluj Napoca, 2009
5. Gheorghe Bastiurea, Comanda numerica a masinilor-unelte, Editura Tehnica, Bucuresti, 1976
6. Ganea, M. – Mașini unelte și sisteme flexibile, ISBN 973- 8219-74- 4, Ed. Univ. din Oradea, 2001
7. <http://www.heidenhain.ro/>
8. <http://www.romdevices.com/categorii/categorie-traductoare-de-deplasare-liniara-4/>
9. http://www.ifm.com/ifmro/web/pmain/015_010_030.html
10. L.Morar, C.Pop, D.Pop, S.Bogdan, E.Campean, G.Muresan, Indrumator pentru lucrari de laborator pentru disciplinele asociate comenzii numerice, Vol.1, UTPRESS, Cluj Napoca, ISBN 978-973-662-661-6, 2011
11. L.Morar, D.Pop, E.Campean, I.Tanase, Indrumator pentru lucrari de laborator pentru disciplinele asociate comenzii numerice, Vol. 2, UTPRESS, Cluj Napoca, ISBN 978-973-662-662-3
12. L.Morar, S.Bogdan, E.Campean, D.Pop, N.Ursa, G.Muresan, Indrumator de proiectare axa numerica, UTPRESS, Cluj Napoca, ISBN 978-973-662-740-8
13. <http://fanuc.co.jp/en/product/cnc/index.html>
14. <http://www.fanucsa.co.za/Data/0iD.pdf>
15. Breaz, R., Racz, G., Bologna, O., Oleksik, V., (2012), Motion Control of Medium Size CNC Machine-Tools - A Hands-on Approach, *the 7th IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications (ICIEA 2012)*, Singapore, July 18-20, ISBN 978-1-4577-2118-2, pp. 2112 – 2117
16. Breaz, R.E., (2007), *Automatizări industriale*, Editura Universității “Lucian Blaga” din Sibiu, ISBN 978-973-739-535-1, 350 pag., 2007
17. [Catrina, Dumitru](#), Mașini-unelte cu comandă numerică : Pentru uzul studenților, Editura Universității din București, 1993
18. <http://www.parker.com/>
19. Mihai Șimon, Cercetări și contribuții privind îmbunătățirea structurii de rezistență si performanțele dinamice la mașinile unelte de frezat CNC, Universitatea din Oradea