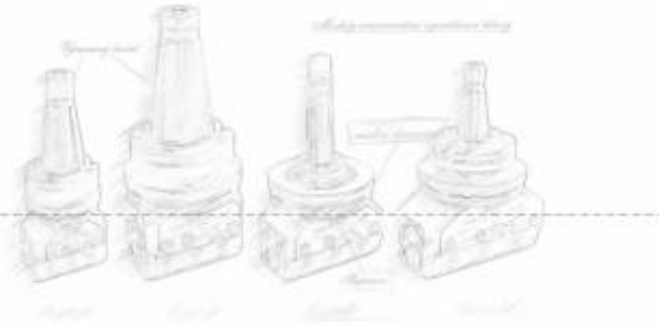


Gebrauchsanweisung (No.:830304)

Schnellaufspindel

ZP - 10/X



NAREX MTE s.r.o.
Moskevská 63
CZ-101 00 Praha 10
Czech Republic

phone: +420 246 002 321, +420 246 002 249

fax: + 420 246 002 335

e-mail: obchod@narexmte.cz

<http://www.narexmte.cz>

Majitelem výše uvedené ochranné známky „narex“ je společnost NAREX Česká Lípa, a.s. České Republika.
NAREX MTE® s.r.o. má právo k trvalému bezplatnému užívání této ochranné známky.

NAREX MTE™

HERSTELLER :

NAREX MTE™

NAREX MTE s.r.o.
Moskevská 63
101 16 PRAHA 10
CZECH REPUBLIC
tel.: +420-246 002 249
fax: +420-246 002 335

Inhalt:	Seite
1. Verwendung	2
2. Technische Grunddaten	2
3. Beschreibung	3
4. ZP - 10/X - Ausführung für den manuellen Werkzeugwechsel	3
5. ZP - 10/X - Ausführung für den automatischen Werkzeugwechsel	4
6. Einspannen des Apparates an die Werkzeugmaschine	7
7. Werkzeugspannen in die Schnellaufspindel	8
8. Arbeitsbedingungen des Apparates	10
9. Instandhaltung	11
10. Zubehör	11
11. Bestellung	11
12. Grundinformationen über die Schnittbedingungen bei der Schnellzerspanung	12

1. Verwendung

Die Schnellaufspindel ist für die Fräsmaschinen, Koordinaten-Bohrmaschinen, Bohrwerke, Fräsbearbeitungszentren und ausnahmsweise auch für Bohrmaschinen als Sonderzubehör bestimmt. Dieses Gerät funktioniert als Multiplikator der Maschinenspindelumdrehungen und erhöht dadurch die Werkzeugumdrehungen. Die Schnellaufspindel eignet sich besonders für die Zerspanung mit den hohen Geschwindigkeiten und schützt die Spindellager der Werkzeugmaschinen gegen den vorzeitigen Verschleiss durch die hohen Spindelumdrehungen, die für diese Schnittgeschwindigkeiten an den höchstmöglichen Grenzen der Maschinen liegen.

2. Technische Grunddaten

Übersetzung des Planetengetriebes	1 : 6
Max. Schnellaufspindeldrehzahl	20 000 min ⁻¹
Übertragungsleistung	4,5 kW
Spannbereich des Zangenfutters (Durchmesserbereich der Zylinderschäfte)	0,5 ÷ 13,0 mm
Type des Zangenfutters	ER20

Berechnung der Drehzahl der Maschinenspindel n_s [min⁻¹] :

$$n_s = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d \cdot i}$$

wo v - Schnittgeschwindigkeit des Werkzeugs [m.min⁻¹]
 d - Werkzeugdurchmesser [mm]
 i - Übersetzung der Schnellaufspindel [1]

Berechnung des Werkzeugvorschubs s [mm.min⁻¹] :

$$s = z \cdot i \cdot s_z$$

wo z - Zähnezahl des Werkzeugs [1]
 n_s - Drehzahl der Maschinenspindel [min⁻¹]
 i - Übersetzung der Schnellaufspindel [1]
 s_z - Vorschub pro Zahn [mm]

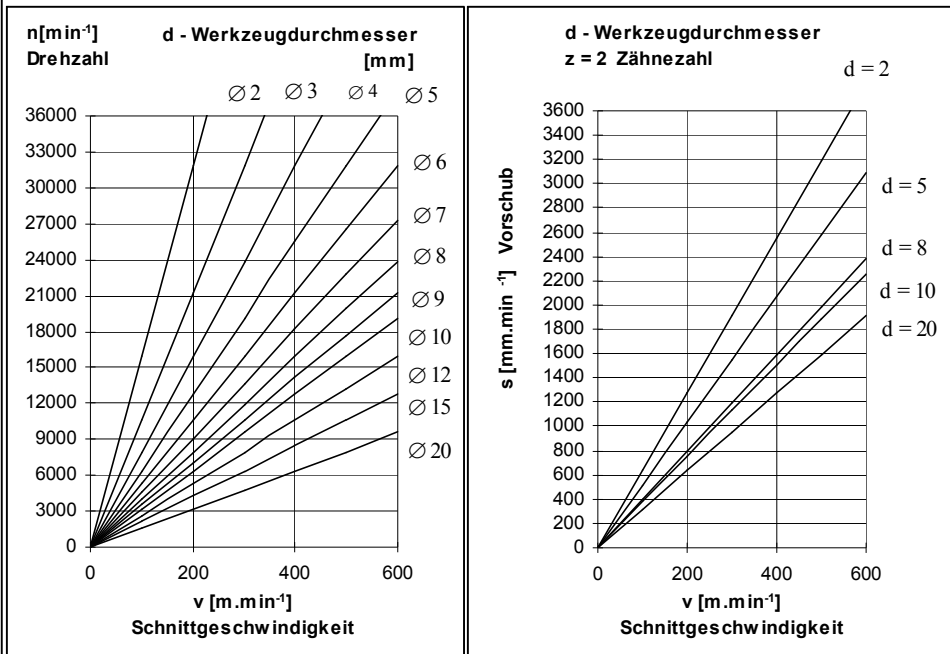
Der Vorschub pro Zahn ist die Bezugsangabe für die richtige Vorschubvorwahl. Es ist möglich als Bezugsgrösse für die NE Metalle 1/100 des Werkzeugdurchmessers (d) legen, dabei liegt der Vorschub pro Zahn im Bereich 0,02 - 0,005 d . Der Vorschub muss bei den härteren Materialien oder bei den kleineren Werkzeugdurchmessern kleiner sein und umgekehrt. Dieser Wert sollte aber nicht kleiner sein als 0,01 mm bei den Werkzeugdurchmessern über 5 mm und 0,005 mm bei den Werkzeugdurchmessern unter 5 mm.

Die Spantiefe des Werkzeuges

Die Spantiefe beim Nutfräsen sollte die Hälfte des Werkzeugdurchmessers nicht überschreiten. Dagegen beim Umfangsfräsen konnte die Spantiefe bis dem Wert des Werkzeugdurchmessers gleich sein. Die Spantiefe sollte in den tiefen Nuten mit der zunehmenden Nutentiefe kleiner sein.

Es ist sehr vorteilhaft wegen der Null-Geschwindigkeit in der Werkzeugachse ans Werkstück schräg anfahren. Gleichlaufräsen ergibt gewöhnlich bessere Ergebnisse als Gegenlaufräsen.

Die folgende Diagramme darstellen die Zusammenhänge zwischen Drehzahl / Schnittgeschwindigkeit und Vorschub/Schnittgeschwindigkeit bei verschiedenen Werkzeugdurchmessern und Zähnezahlen.



Die moderne Fräsmaschinen und Bearbeitungszentren bieten schon relativ hohe Spindelumdrehungen über 3000 U.min⁻¹ und Vorschübe cca 3000 mm.min⁻¹ an. Viele Werkzeugmaschinen mit den maximalen Umdrehungen 2000 U.min⁻¹ stehen aber noch zur Verfügung.

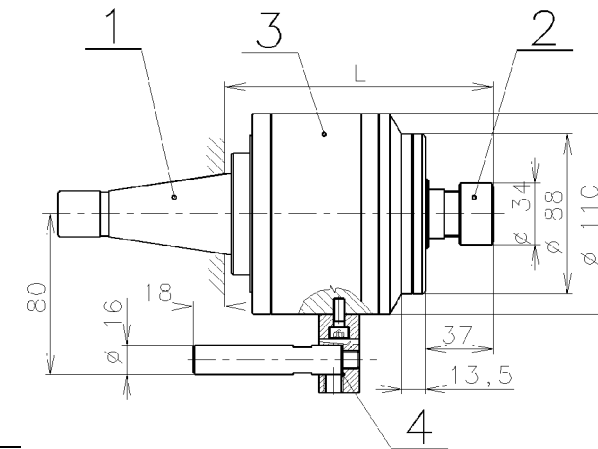
Folgende Lösung bietet sich an. Werkzeuge, besonders von kleineren Durchmessern, werden in die Schnellaufspindel eingespannt. Dieses Apparat multipliziert die Drehzahl der Maschinenspindel und ermöglicht das Erreichen der empfohlenen Schnittgeschwindigkeiten. Diese Lösung leistet noch dazu den Schutz der Maschinenspindellager gegen den vorzeitigen Verschleiss durch die hohe Drehzahl.

3. Beschreibung

Die Schnellaufspindel besteht aus vier Grundteilen - dem Körper mit Kegelschaft, der schnellaufenden Spindel mit Zangenfutter, dem mechanischen Planetengetriebe und der Arretiervorrichtung, die das Umdrehen des Getriebekasten verhindert und seine Lage gegen den Spindelkasten der Maschine blockiert.

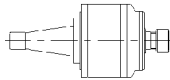
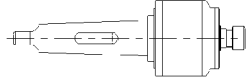
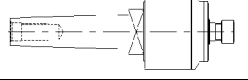
4. ZP-10/X Ausführung für den manuellen Werkzeugwechsel

Abb. Nr. 1



- 1 - Körper mit Kegelschaft
- 2 - schnellaufende Spindel
- 3 - Planetengetriebekasten
- 4 - Arretiervorrichtung

Sortimentangebot der Körper - Kegelschäfte

Code	Kegelschaft	Norm	Zeichnung	L [mm]	[kg]	
242.088	ISO 40	DIN 2080		145	6,6	■
242.095	ISO 50	ISO 297 ČSN 220430		149	8,4	■
242.019	Mk4	DIN 1806		143	6,5	□
242.026	Mk5	ISO 296-63		140	7,4	□
242.033	Mk6	ČSN 220430		142	10,0	□
242.040	Mk4 x M16	DIN 2207 ČSN 220422		164	6,6	□
242.057	Mk5 x M20			168	7,8	□
242.064	Mk6 x M24			177	12,0	□

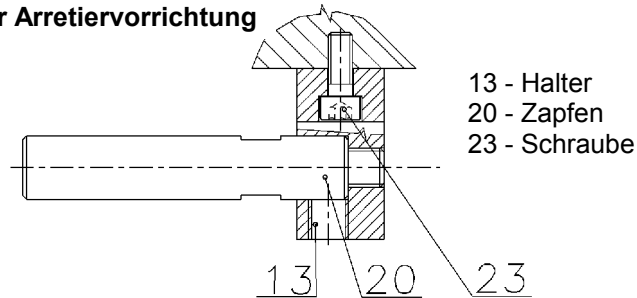
■ Grundangebot

□ nach Anfrage

Diese Ausführung der Schnellaufspindel ist für die Verwendung an der Bearbeitungsmaschinen mit der manuellen Bedienung bestimmt (passt nicht zum Werkzeugmanipulator).

Die Grundabmessungen des Apparates und die Ausführung der Arretiervorrichtung sind in Abb. Nr.1 angegeben.

Abb. Nr. 2 - Detail der Arretiervorrichtung

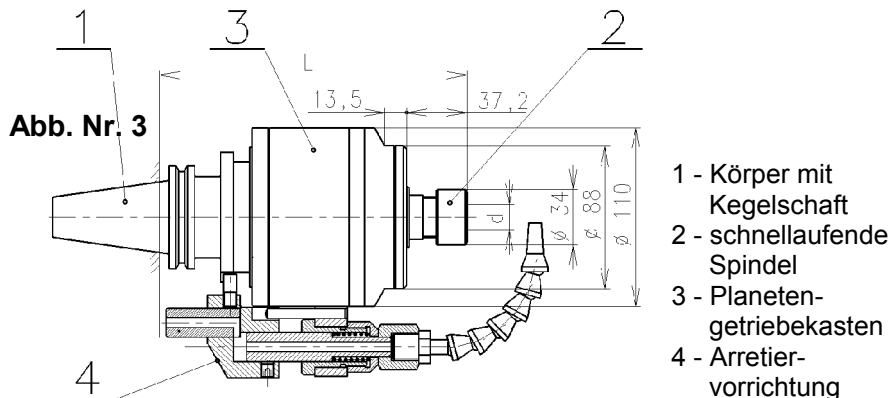


Der Halter ist durch zwei Schrauben an den Getriebekasten der Vorrichtung festgeschraubt. Der Zapfen ist im Halter eingeschraubt. Zwei Lagen des Zapfens sind möglich.

1. Zapfenachse ist parallel zur Achse des Apparates
2. Zapfenachse ist senkrecht zur Achse des Apparates

5. ZP-10/X Ausführung für den automatischen Werkzeugwechsel

Diese Ausführung der Schnellaufspindel ist für die Verwendung an den Bearbeitungszentren bestimmt, wo der Apparat in dem Werkzeugmagazin gelagert ist und der Werkzeugwechsel im vorprogrammierten Zyklus maschinell durchgeführt ist. Der Kegelschaft und auch die Arretiervorrichtung sind dazu angepasst. Bei dieser Ausführung existieren verschiedene Varianten der Kühlflüssigkeitszufuhr zum Werkzeug, wie in der Abbildung Nr.5 angezeigt ist. Die Grundabmessungen des Apparates und Ausführung der Arretiervorrichtung sind in Abb. Nr. 3 und 4 angegeben.



Folgende Tabelle gibt die empfohlene Schnittgeschwindigkeiten und Zahnvorschub für verschiedene Schneidstoffe, auch mit Beschichtung und für verschiedene Werkstoffsorten an.

Materialgruppe	Schnittgeschwindigkeit v [m / min]			Cermet	Zahnvorschub s _z [mm/Zahn] Fräser - Ø / mm											
	K30F ▽▽▽	▽▽	▽		K30F TIN ▽▽▽	▽▽	▽	K30F TICN ▽▽▽	▽▽	2	5	10	20			
Unlegierte Stähle									0,02	0,04	0,06	0,10				
bis 550 MPa	150	120	100		170	150	120	180	160	130	300	250	▽▽▽ x 1,3 TIN x 1,2			
bis 650 MPa													▽▽ x 1,0 TICN x 1,2			
bis 850 MPa	100	70	50		120	100	70	130	110	80	200	160	▽ x 0,7			
Legierte Stähle									0,015	0,03	0,05	0,08				
niedriglegierte bis 700 MPa	120	100	80		140	120	100	150	130	110	250	200	▽▽▽ x 1,3 TIN x 1,2 ▽▽ x 1,0 TICN x 1,2 ▽ x 0,7			
bis 850 MPa																
hochlegierte bis 800 MPa																
bis 1000 MPa	50	45	40		70	55	45	80	65	55	160	120				
rostbeständigere													0,02	0,04	0,06	0,10
bis 550 Mpa	80	70	60					100	90		100		▽▽▽ x 1,3			
bis 700 MPa													▽▽ x 1,0 TICN x 1,2			
bis 800 MPa	60	45	40					80	65		80		▽ x 0,7			
warmfeste													0,02	0,04	0,06	0,10
bis 650 Mpa	70	60	45					90	80		90		▽▽▽ x 1,3			
bis 850 MPa													▽▽ x 1,0 TICN x 1,2			
über 850 MPa	35	30	25					55	50		55		▽ x 0,7			
Guss													0,03	0,06	0,10	0,16
bis 200 HB	140	120	90		160	130	100				600	500	▽▽▽ x 1,3 TIN x 1,2			
bis 250 HB													▽▽ x 1,0 TIALN x 1,2			
bis 320 HB	90	75	80		100	90	70				450	400	▽ x 0,7			
Al-Legierungen													0,03	0,05	0,08	0,12
rein Al	400												▽▽▽ x 1,3 ▽▽ x 1,0 TIALN x 1,2 ▽ x 0,7			
Si bis 6%	250															
Si 7 - 12%	200															
Si über 12%	150															
Magnesium	250															
Ti-Legierungen	30 - 75				45 - 90								0,01	0,03	0,05	0,08
Cu-Legierungen	150	120	90										0,02	0,04	0,06	0,08
Messing, Bronze	200	160	120										0,01	0,03	0,05	0,08
Plaste													0,02	0,04	0,06	0,08
Thermoplaste	100												TIAL x 1,2			

SPEEDMAX® RÜBIG®

Der ununterbrochene und hinreichende Spanabfluss vom Werkzeug und die genügende Werkzeugkühlung sind die Grundvoraussetzungen der Stabilität des Zerspanverfahrens. Die geeignete Bearbeitungsmaschine, die nicht nur genügend steife und genaue Spindellagerung hat sondern auch mit der passenden Drehzahl- und Vorschub-Angebot versehen ist, ist die Voraussetzung für die Hochgeschwindigkeits-Bearbeitung.

12. Grundinformationen über die Schnittbedingungen bei der Schnellzerspanung

Das Prinzip der Schnellzerspanung besteht in der Bearbeitung mit den Werkzeugen von kleineren Durchmessern mit hohen Vorschubgrößen bei optimalen Schnittbedingungen. Die Werkzeugdurchmesser liegen im Bereich von 1 bis 20 mm und das Minutenspanvolumen U beim Fräsen ist gleich:

$$U = s_z \cdot z \cdot n \cdot h \quad [\text{mm}^3 \cdot \text{min}^{-1}] \quad (1)$$

s_z - Vorschub pro Zahn [mm]
 z - Zähnezahl des Fräzers [-]
 n - Drehzahl des Fräzers [min^{-1}]
 h - Spantiefe [mm]

Für je 1 kW der Spindelleistung kann man für verschiedene Werkstoffe folgende Minutenspanvolumen erreichen:

- Stahl 10 - 20
- NE-Metalle 40
- Al und Al-Legierungen 60 [$\text{cm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$]
- Plaste 80 - 100

Die Schaftfräser, vom feinkörnigen Hartmetall geschliffen, sind für dieses Bearbeitungsverfahren marktgängig. Solche Werkzeuge stellen folgende Firmen wie JABRO TOOLS, RÜBIG, FORD u.a. her.

Sortiment der Vollhartmetall-Fräser:

Schaftstirnfräser - Durchmesserbereich $\varnothing 1$ - $\varnothing 32$ mm Zähnezahl 3 und 4
 Nutenfräser - Durchmesserbereich $\varnothing 1$ - $\varnothing 32$ mm Zähnezahl 2
 Schaftfräser - Durchmesserbereich $\varnothing 2$ - $\varnothing 20$ mm Zähnezahl 1 und 2
 Gesenkfräser - Durchmesserbereich $\varnothing 1$ - $\varnothing 25$ mm Zähnezahl 2 und 4

Die Werkzeuge sind entweder geradenutet oder drallgenutet mit dem verschiedenen Steigungswinkel. Die Werkzeugbeschichtung (z.B. mit TiN, TiCN, TiAlN) verbessert die Eigenschaften bei den hohen Schnittgeschwindigkeiten. In jedem Katalog sind die optimale Kombinationen der Feinkörnigen HM-Sorten und geeigneten Beschichtungen empfohlen.

Sortimentangebot der Körper - Kegelschäfte

Code	Kegelschaft	Norm	Kühlung	L [mm]	[kg]	A [mm]	d ₁ [mm]	
242.118	ISO 40	DIN 69871	A, AD + B	193	8,4	65	18	■
242.125	ISO 50	ČSN 220434	A, AD + B	191	10,7	85/110	18	■
242.224	ISO 40	ČSN 220432	A, AD	186	8,6	65	18	□
242.231	ISO 50		A, AD	182	10,4	85/110	18	□
242.194	CAT 40		A	193	8,4	62÷110	14÷18	□
242.200	CAT 50		A	191	10,7	62÷110	14÷18	□
242.163	MAS BT-40		A	186	8,6	62÷110	14÷18	□
242.170	MAS BT-50		A	194	11,5	62÷110	14÷18	□
242.170	MAS BT-50		A	194	11,5	62÷110	14÷18	□

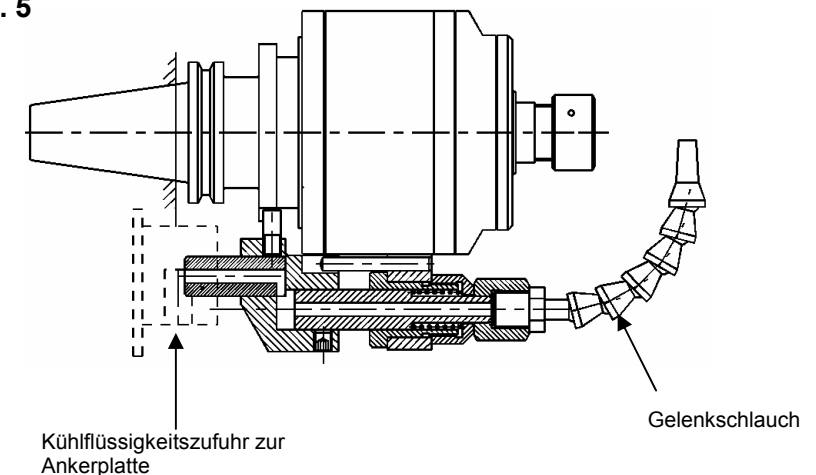
■ Grundangebot □ nach Anfrage

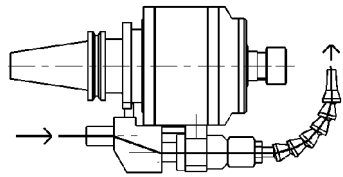
Die Kühlflüssigkeitszufuhr zum Werkzeug steht in drei Varianten zur Verfügung:

1. ausserhalb der Schnellaufspindel, wie bei der manuellen Ausführung
2. mit Umführung durch die Arretiervorrichtung
3. durch die Schnellaufspindel für die Werkzeuge mit inneren Kühlkanälen

Die Grundvariante für den automatischen Wechsel ist die Variante Nr.2. Die Kühlflüssigkeit ist bei dieser Variante zur Ankerplatte geführt, die am Spindelkasten der Maschine befestigt ist und der abgefederte Zapfen der Arretiervorrichtung wird in diese Ankerplatte eingeschoben. Die Kühlflüssigkeit fliesst dann durch die Arretiervorrichtung und den Gelenkschlauch zum Werkzeug.

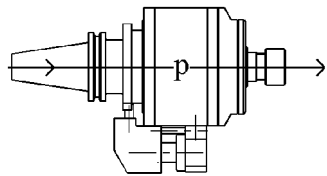
Abb. Nr. 5





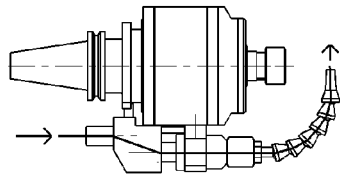
Kühlflüssigkeitszufuhr ausserhalb der Schnellaufspindel

Typ AD



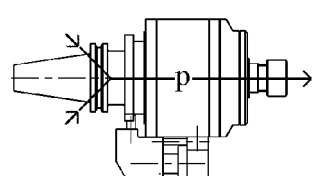
Kühlflüssigkeitszufuhr durch die Schnellaufspindel

Typ A



Kühlflüssigkeitszufuhr durch die Arretiervorrichtung

Typ B



Kühlflüssigkeitszufuhr durch die Schnellaufspindel

Beschreibung der Arretiervorrichtung

Die Arretiervorrichtung der Schnellaufspindel in der Ausführung für den automatischen Wechsel hat zwei Grundfunktionen ausser der Kühlflüssigkeitszufuhr.

1. Blockieren der Lage des Getriebekastens gegen den Spindelkasten der Maschine.

Diese Funktion wird durch den abgefederten Zapfen gesichert, der in der Arbeitslage in die Bohrung der Ankerplatte eingeschoben ist. Die Ankerplatte ist dabei zum Spindelkasten der Maschine befestigt.

2. Blockieren der Lage des Kegelschaftes bzw. des Bundes für den automatischen Wechsel gegen den abgefederten Zapfen.

Diese Funktion wird durch den Drehring "K" gesichert, der unter dem Bund des Kegelschaftes angebracht ist und durch die Schraube, die senkrecht zur Achse in die Hülse des abgefederten Zapfen eingeschraubt ist. Die Schraube liegt in der Arbeitslage ausserhalb des Rings und darum kann sich der Ring frei drehen. In die Ruhelage, dabei ist der Apparat aus der Maschinenspindel herausgenommen, wird die Schraube durch die Federkraft an die Stirnfläche des Rings gedrückt, die mit einer Nute als ein Schloss versehen ist. Es ist notwendig den Ring so ein wenig drehen, bis die Schraube beim Herausnehmen des Apparates aus der Spindel in das Schloss springt und damit seine Lage blockiert. (Abb. Nr. 6)

9. Instandhaltung

Die Instandhaltung der Schnellaufspindel besteht im Einhalten des Betriebsregime, im Sauberhalten der Funktionsteilen und im Korrosionsschutz. Schmutz und Korrosion der wichtigen Teilen - des Kegelschaftes, des Zangenfutters, der Arretiervorrichtung können nachteilig die Genauigkeit und Zuverlässigkeit des Apparates beeinflussen.

Der Hersteller empfiehlt nicht die Demontage der Schnellaufspindel bei dem Benutzer wegen der Möglichkeit der unfachmännischen Handlung demzufolge die Rundlaufabweichung nimmt zu und das Festfressen droht.

10. Zubehör

Die Schnellaufspindel ist in der Holzkassette mit dem folgenden Zubehör geliefert:

1. Einmaulschlüssel 27 DIN 894
2. Einmaulschlüssel 30 DIN 894

Die Spannzangen, die der Benutzer nach der Tabelle Nr. 2 an der Seite 9. separat bestellt, werden zu der Lieferung auch beige packt.

Die Arretiervorrichtung ist der Bestandteil des Apparates.

11. Bestellung

Die Bestellung der Schnellaufspindel besteht in der Angabe der Code-Bezeichnung, die alle wichtige Daten charakterisiert. Es kommt dabei von der Abbildungen Nr. 1 und 2 aus, wo auch die notwendige Tabellen sind.

Die Bestellung des Apparates für den automatischen Werkzeugwechsel muss weiter die Parameter A und d1 der Arretiervorrichtung enthalten. (Abb. 6)

Die Spannzangen werden als separate Posten der Bestellung, wieder unter der Code-Bezeichnung, bestellt.

8. Arbeitsbedingungen des Apparates

Trotzdem dass der Apparat hochgenau gefertigt ist, es ist notwendig beim Einlaufen auf die Geräuschintensität und Temperatursteigerung besonders acht geben.

Einlaufvorschrift:

- I. Phase - Drehzahl der Maschinenspindel 500 U.min^{-1} , Laufdauer 2 Stunden
- II. Phase - Drehzahl der Maschinenspindel $800 - 900 \text{ U.min}^{-1}$, Laufdauer 5 Stunden, ohne Belastung
- III. Phase - Drehzahl der Maschinenspindel $1600 - 1700 \text{ U.min}^{-1}$, Laufdauer 10 Stunden, ohne Belastung

Gebrauchsvorschrift nach dem Einlaufen:

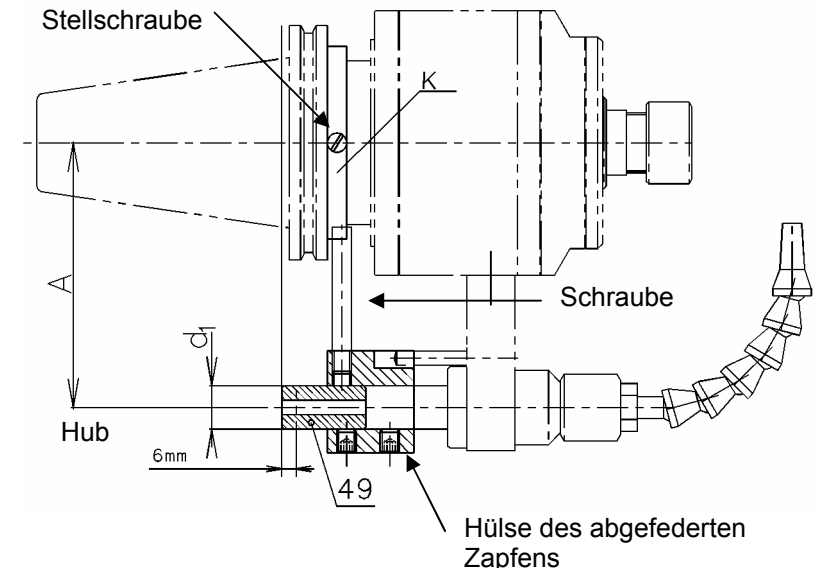
Das Einlaufen des Apparates ohne Belastung ist die Bedingung für die Benutzung im belasteten Zustand. Wir empfehlen für die erste 500 Betriebsstunden folgendes Arbeitsregime.

Drehzahl der Schnellaufspindel (1/min)	Arbeitszeit (min)	Pause (min)
16000 - 20000	15	30
12000 - 16000	30	30
do 12000	60	30

Das folgende Arbeitsregime muss so angepasst werden, dass die garantierte Standzeit nicht gefährdet wird. Die Betriebstemperatur der Schnellaufspindel kann höchstens 60°C betragen. Die Garantie der Standzeit ist von der Tragfähigkeit der Lager und der Standzeit der Schmierfettfüllung abgeleitet. Nach 2500 Betriebsstunden empfehlen wir die Kontrolle des Apparats und die Erneuerung der Schmierfettfüllung. Der Hersteller übt diesen Dienst aus.

Abb. Nr. 6

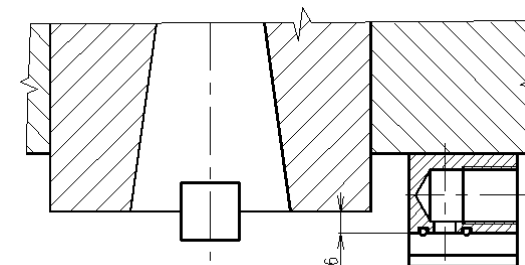
K - Drehring

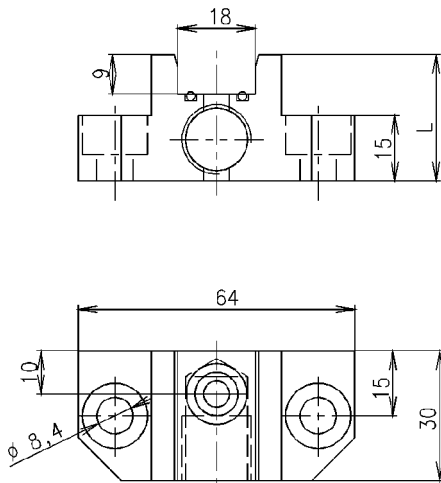


6. Einspannen des Apparates in die Werkzeugmaschine

Die Schnellaufspindel wird durch den Kegelschaft in die Maschinenspindel eingespannt. Es ist notwendig die Kegelflächen sauber halten, was das Erreichen der vorgeschriebenen Genauigkeit (d.h. der Rundlaufabweichung des eingespannten Werkzeuges) gewährleistet. Jede Beschädigung der Kontaktkegelflächen verschlechtert das Zentrieren der Werkzeuge. Die Aufnahme der Arretiervorrichtung gewährleistet den zuverlässigen und ruhigen Lauf der Schnellaufspindel. Der Arretierzapfen muss beiderseitig und spielfrei abgestützt werden. Die Konstruktion der Ankerplatte der Arretiervorrichtung ist in einigen Varianten in der Abbildung Nr. 7 angegeben.

Abb. Nr. 7





7. Werkzeugspannen

Die Werkzeuge - Bohrer oder Schafffräser - werden durch den Zylinderschaft in das Zangenfutter der Schnellaufspindel eingespannt. Der Spannbereich der Stahlspannzangen ER 20 ist in der Tabelle angegeben. In dieser Tabelle sind die Grundreihe, die laufend geliefert ist, sowie die Zwischenreihe, die als Sonderzubehör für relativ höheren Preisen geliefert ist, enthalten.

Spannvorgang:

Die Spannmutter des Zangenfutters losschrauben, die passende Spannzange in die Spannmutter einsetzen und die Spannmutter mit der Spannzange wieder an die Spindel anschrauben. Das Werkzeug (Bohrer oder Schafffräser) in die Spannzange einsetzen und die Mutter leicht mit der Hand zuspinnen. Dann kontrollieren, ob die Spannzange und auch das Werkzeug gleichmässig geklemmt sind, nachher mittels zwei Schlüssel 27 und 30 die Spannmutter festziehen und die Rundlaufabweichung des Werkzeuges kontrollieren.

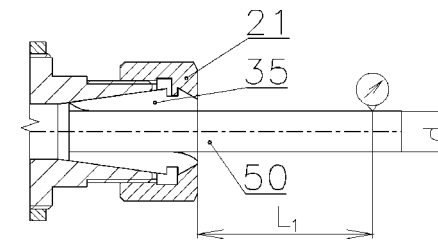
Wenn die Rundlaufabweichung zu gross ist, die Spannmutter ein wenig lösen, die Spannzange mit dem Werkzeug um cca 90° drehen und die Spannmutter wieder festziehen. Trotzdem, dass die Kegelflächen der Spindel und der Spannzange in Toleranz gefertigt sind, das Einspannen erfordert eine bestimmte Geschicklichkeit und Geduld für das Erreichen der garantierten Spanngenauigkeit, die in der Tabelle Nr.2 angegeben ist. Die Sauberkeit der Spannflächen ist in jedem Fall die wichtige Bedingung des präzisen Einspannen.

Achtung! Es ist nicht gestattet beim Los- oder Festziehen der Spannmutter den Hammer oder die Fäustel benützen oder an den Schlüssel schlagen.

Tabelle Nr. 2

Angebot der Spannzangen ER20			
Bereich [mm]	Code	Bereich [mm]	Code
1,0 – 0,5	281.803	11,0 – 10,0	281.520
1,5 – 1,0	281.810	12,0 – 11,0	281.537
2,0 – 1,5	281.827	13,0 – 12,0	281.544
2,5 – 2,0	281.834		
3,0 – 2,5	281.841		
3,5 – 3,0	281.858		
4,0 – 3,5	281.856		
5,0 – 4,0	281.872		
6,0 – 5,0	281.889		
7,0 – 6,0	281.896		
8,0 – 7,0	281.902		
9,0 – 8,0	281.919		
10,0 – 9,0	281.926		

Genauigkeit des Werkzeugspannen



21 – Spannmutter
35 – Spannzange
50 – Kontrolldorn

d [mm]		L ₁ [mm]	MAX ∇ [mm]
MIN.	MAX.		ER 20
1,0	1,6	4,0	0,02
1,6	3,0	7,5	
3,0	6,0	15	
6,0	10,0	25,0	0,025
10,0	13,0	32	