



Kraftöverföringsdetaljer tekniska data index

	Sida
1. INLEDNING TILL KRAFTÖVERFÖRING	2
2. ÖVERFÖRINGSELEMENT	2
2.1 Kugg	3
2.2 Cylindriska kugghjul	4
2.3 Kuggstänger	4
3. TEKNISKA ANMÄRKNINGAR	4
3.1 Koppling	4
3.2 Driftsavstånd	5
3.3 Smörjning	5
3.4 Bearbetning	5
3.5 Material	6
4. APPLIKATIONER	7
ORDLISTA	7

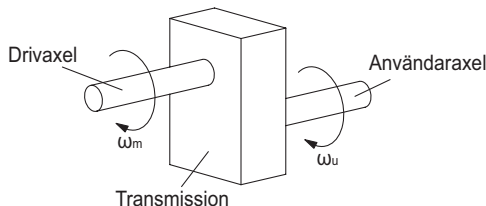
Maskinkomponenter

1. INLEDNING TILL KRAFTÖVERFÖRING

En mekanisk kraftöverföring utgörs av sammansatta detaljer som erfordras för att överföra en kraft i ett mekaniskt system, vilket således överför energi från en motor till en användare under en viss tidsperiod:



Överföringen av kraften från motorn till transmissionen sker generellt via en drivaxel. En användaraxel överför sedan denna kraft från transmissionen till användaren.



Kraften som når användaren kan aldrig vara lika med den kraft som kommer ut ur motorn. I själva verket kommer en del av denna kraft att reduceras genom friktion eller värme under överföringen. För att utvärdera hur mycket effekt som faktiskt används jämfört med den som genereras, används ett effektivitetsvärde (η):

$$\eta = \frac{P_u}{P_m} = \frac{M_r \cdot \omega_u}{M_m \cdot \omega_m} < 1$$

där:

- Drivkraft (P_m) = Användbar kraft (P_u) + Förlusteffekt (P_d)
- M_m och M_r är, respektive det drivande momentet och det resistiva vridmomentet
- ω_m och ω_u är, respektive vinkelhastighet hos drivaxeln och den för användaren axeln

Drivkraften uttrycks i allmänhet som:

$$P_m [W] = M_m [Nm] \cdot \omega_m \left[\frac{\text{rad}}{s} \right] = \frac{M_m [Nm] \cdot n_m [\text{rpm}]}{9.55} \quad \text{där} \quad \omega = \frac{2\pi \cdot n}{60}$$

där n_m är antalet varv hos drivaxeln uttryckt i varv per minut (rpm) och 9.55 är istället omvandlingsfaktorn för att omvandla radianer per sekund till varv/min.

Den karakteristiska parametern för överföringen är **överföringsförhållandet (τ)**, förhållandet mellan drivaxels vinkelhastighet och den för användaraxeln:

$$\tau = \frac{\omega_m}{\omega_u} = \frac{n_m}{n_u}$$

$\tau > 1$: överföring med reduktion

$\tau = 1$: överföring utan variation

$\tau < 1$: överföring med multiplikation

2. ÖVERFÖRINGSELEMENT

För att möjliggöra överföring av rörelsen enligt föregående stycke krävs speciella mekaniska delar. En växel är en mekanism som används för att överföra en rörelse och/eller ett mekaniskt moment från ett objekt till ett annat. Det består i allmänhet av två eller flera kugghjul, som kan vara av samma eller av olika storlek. Ett av de två kugghjulen överför rörelsen (drivande kugghjul) och den andra tar emot rörelsen (drivna kugghjulet). Det drivna kugghjulet roterar i den motsatta riktningen till det drivande kugghjulet. Det minsta kugghjulet kallas vanligen kuggdrev medan det största bara kallas för kugghjul.

Det finns olika typer av kugghjul, de vanligaste är: cylindriska kugghjul, spiralformade kugghjul, koniska kugghjul, kuggstänger, kuggdrev och snäckväxlar. Varje typ av kugghjul möjliggör överföring av rörelse mellan olika positionerade axlar.

2.1 Kugg

Kuggghjulen utövar kraftöverföring mellan styva kroppar genom interaktion av kuggar som gradvis kommer i kontakt med varandra. Omkretsen längs vilken kontakt sker mellan de två kuggghjulen kallas **delningscirkeln**. Avståndet mellan centrum hos delningscirkeln som utgör ett par kuggghjul kallas **driftavstånd**.

Kuggarna kan ha olika typer av profil. De mest utbredda profilerna har formen av en **evolvent**, en kurva erhållen som banan av en punkt som hör till en linje som rullar utan att glida på en omkrets.

Vanligtvis bygger kuggarna i en radiell riktning som sträcker sig över stigitan. Den övre delen på ett kuggghjul kallas **toppkon** och definieras som delen som sticker ut mellan delningscirkeln och toppcirkelns diameter. Delen mellan delningscirkeln och bottencirkeln kallas **bottenkon**. Kuggens sidoytor kallas **profil**. Den är uppdelad i två halvor från delningscirkeln: den yttre ytan kallas **kugggrygg**, den inre ytan kallas **kuggflank**.

Kuggens profil (Fig.1) kan delas in i två delar: **kuggtopp (ha)** definieras som avståndet i radiell riktning mellan **delningscirkeln (d)** och **toppcirkeln (da)**; **kuggfot (hf)** definieras som avståndet mellan delningscirkeln, även radiellt, och **bottencirkeln (di)**, som avgränsar kuggens bottenyta. Summan av dessa två mått utgör **kugghöjden (h)**.

Delningen (p) definieras som avstånd mellan två på varandra följande likbelägna kuggflanker, uppmätta längs delningscirkeln. **Kuggluckan (e)** är längden på cirkelbågen mellan två på varandra följande kuggar. **Kuggtjocklek (s)** är längden på delningscirkelbågen begränsad av en kugg. Slutligen definieras **kuggbredd (b)** som den axiella bredden på kuggen.

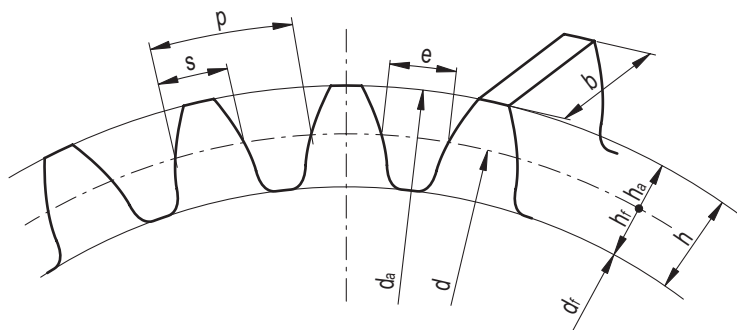


Fig.1: en kuggprofil

För att gripa in i varandra korrekt måste de två kuggghjulen, med en radie på delningscirkeln lika med r_1 och r_2 , ha samma delning (p). Den cirkulära delningen är därför kopplad till delningscirkeln genom följande relation:

$$2\pi \cdot r_1 = p \cdot z_1 \quad \text{och} \quad 2\pi \cdot r_2 = p \cdot z_2$$

där z är antalet kuggar närvarande på kuggghjulet. Härifrån, kan ett grundläggande mått erhållas för användning på kuggghjulen, det är **modulen (m)**:

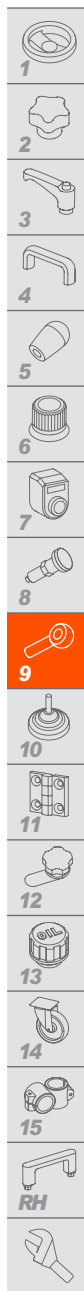
$$m = \frac{p}{\pi} = \frac{d_1}{z_1} = \frac{d_2}{z_2}$$

För att gripa in korrekt med varandra måste två kuggghjul ha samma delning (p), och därav måste de också ha samma modul (m).

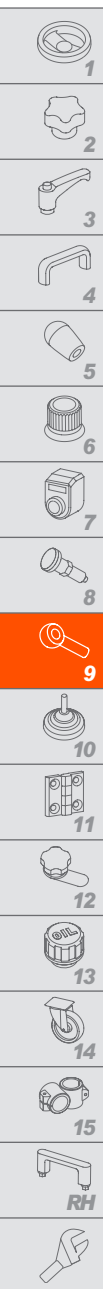
Antalet kuggar kan också relateras till överföringsförhållandet (τ) med följande formel:

$$\tau = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1} = \frac{r_2}{r_1}$$

Ett annat nödvändigt villkor för att två kuggghjul ska gripa in korrekt i varandra är att de har samma lutningsvinkel på spiralen. Kuggarna på det drivande kuggghjulet överför en kraft (F) till kuggarna på det drivna hjulet som har en sådan riktning att det bilda en tryckvinkel (α) med tangenten som är gemensamma för de båda delningscirkeln. Värdet av tryckvinkeln (α) påverkar det minsta antalet kuggar som ett kuggghjul kan ha så att hela tandprofilen har en evolvent form. Samtliga Elesa överföringselementer har tryckvinklar på 20° .



2.2 Cylindriska kugghjul



De vanligaste kugghjulen är de så kallade cylindriska kugghjulen, som har sina kuggar radiellt på den yttre (eller inre) ytan av kugghjulet. De cylindriska kugghjulen används i synnerhet för att överföra rotationsrörelse mellan två parallella axlar.

Data för det maximala vridmomentet som visas i tabellerna i det tekniska databladet är resultatet av en korsning mellan de teoretiska beräkningar och experimentella data som erhöles i laboratoriet.

Teoretiska beräkningar baseras på Lewis formel. Enligt denna formel ger kuggen (Fig.2), betraktad som en kil på kugghjulet, inte efter under påverkan av kraften (F) (betraktad som statisk kraft) som överförs av kugghjulen. Denna teori bygger på följande hypoteser:

- belastningen av den totala kraften (F) på kuggen anses vara applicerad på själva kuggens spets
- den radiella komponenten av kraften (F_r) som ger en kompressionsspänning på kuggen anses vara försumbar; det gör att komponenten i kraft (F) som bestämmer böjningen av kuggen är den enda som anses gälla och för enkelhetens skull, kommer att ha samma värde som den tangentiella kraften (F_t) på delningscirkeln
- för beräkningen kommer den mest ogynnsamma situationen beaktas, med bara ett par kuggar i ingrepp

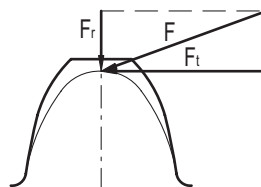


Fig.2: Applicering av krafter på kuggen med hjälp av Lewis-formeln

Kraften (F_t) korreleras sedan till moment (M) med hjälp av delningsdiametern:

$$M = F_t \cdot \frac{d}{2}$$

Experimentella data har erhållits genom laborietester och kontrollerats med programvara med beaktande av riktlinjen VDI 2736 för konstruktion av kugghjul i teknopolymer. Testerna har utförts i kontinuerlig drift och med en hastighet av 100-150 varv per minut utan någon smörjning, för att testa de mest svåra arbetsförhållanden.

Vridmomenten i tabellerna i de tekniska datablad ger en ungefärlig information och kan inte betraktas som giltig för alla möjliga tillämpningar. Driftförhållanden (varvtal, arbetstemperaturer, koppling med transmissionselement av olika material, smörjda eller torra förhållanden, servicefaktor etc.) påverkar kraftigt prestandan.

Konstruktören måste ta hänsyn till de faktiska användningsförhållanden, som skiljer sig från dem i laboriet.

2.3 Kuggstänger

En kuggstång kan betraktas som ett kugghjul med en oändlig radie. Det används för att omvandla rotationsrörelse till translationell rörelse och vice versa. Kugghjulet som ingriper med kuggstången kallas ett kuggdrev.

Till skillnad från de cylindriska kugghjulen, är det viktigaste mekaniska värdet för kuggstänger den maximala belastningen som kan appliceras på en enda kugge. Detta beror på det faktum att inget vridmoment tillämpas på detta speciella transmissionselement.

De maximala belastningsvärden som rapporteras i tabellerna i databladet är resultatet av laborietester, där kraften som appliceras på kuggen på kuggstången ökar tills kuggen bryter. De maximala belastningsvärden som anges i databladet visar den maximala belastning som kan appliceras när en enda kugge är i ingrepp.

En ökning av antalet kuggar i ingrepp ökar inte den maximala tillämpliga belastningen linjärt eftersom endast en kugge någonsin kommer att fungera under optimala förhållanden.

3. TEKNISKA ANMÄRKNINGAR

3.1 Koppling

Teknopolymeröverföringselementen kan paras ihop med både teknopolymer och metallkugghjul. I fallet med koppling med metallkugghjul tillåter den högre termiska ledningsförmågan hos metallen en snabbare avledning av värmen som ackumuleras under användning. I fallet metall-teknopolymer koppling är drev i metall och kugghjul i teknopolymer det bästa alternativet, eftersom slitaget på kugghjul i teknopolymer är lägre.

3.2 Driftsavstånd

Driftsavståndet (I), dvs. avståndet mellan centrum på axlarna på vilka kugghjulen är monterade på, ges med följande formel:

$$I = \frac{d_1 + d_2}{2}$$

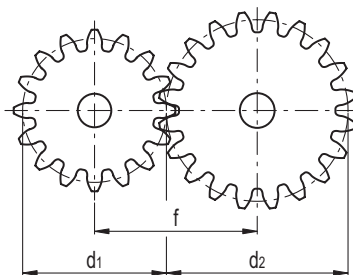
där d_1 och d_2 är delningsdiametrar på kugghjulen.

För att få en optimal inpassning mellan två kugghjul är det nödvändigt att ha ett positivt glapp mellan de två axlarnas centrum: det effektiva avståndet (f) mellan de två centra hos axlarna på vilka kugghjulen är monterade är något längre än driftsavståndet (I).

$$f = \frac{d_1 + d_2}{2} + t$$

En inpassning utan glapp eller med ett negativt glapp skulle öka friktionen mellan kuggarna, vilket ökar drifttemperaturen och minskar motståndet mot slitage och stress. För att undvika dessa problem rekommenderas följande toleranser (t) för Elesa kugghjul:

- (+0.03 +0.1) för moduler 0.5 – 1.0 – 1.5
- (+0.08 +0.3) för större moduler



3.3 Smörjning

En av de främsta fördelarna med kugghjul i förstärkt teknopolymer är möjligheten att använda dem utan smörjolja tack vare polymerernas inneboende natur. När det är möjligt rekommenderas dock smörjning, för att minska friktion och slitage, vilket ökar produktens livslängd. För Elesa kugghjul rekommenderas att man använder smörjfett baserat på litiumtvål och syntetisk olja.

Vid lika användningsförhållanden, varvtal per minut och vridmoment, ger användningen av smörjmedel på kugghjulen en betydligt längre livslängd jämfört med drift under torra förhållanden.

3.4 Bearbetning

För en korrekt funktion på cylindriska kugghjul i teknopolymer måste den mekaniska bearbetningen göras genom uppspänning med mjuka backar på kuggarna såsom visas i Fig.3. Diametern på backarna måste anpassas till kugghjulets spets.

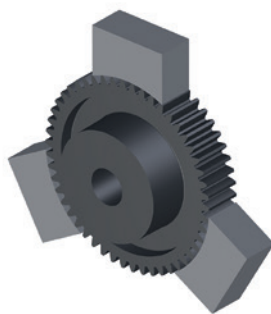
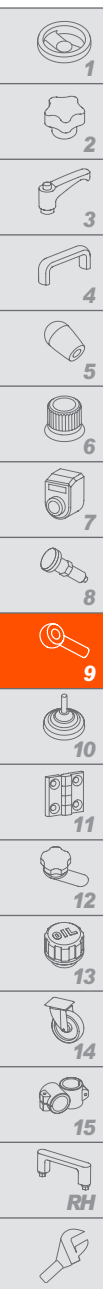


Fig.3: Bearbetning kugghjul



3.5 Material



ELESA kugghjul och kuggstänger är gjorda av glasfiberarmerad polyamidbaserad teknopolymer. De viktigaste mekaniska egenskaperna hos denna typ av material är:

- högt motstånd mot vrid och draghållfasthet (ungefär tre gånger högre än acetalplast)
- gott motstånd mot höga temperaturer
- en låg friktionskoefficient, speciellt jämfört med stål. Teknopolymeren kan följaktligen användas även när smörjning inte är tillåten
- låg specifik vikt, ger en lättare produkt för kugghjul i teknopolymer kontra metallkugghjul
- hög dimensionsstabilitet, hög motståndskraft mot slitage och kemiska ämnen

ZCP cylindriska kugghjul är tillverkade av acetalplastbaserad teknopolymer, med följande egenskaper:

- mycket låg friktionskoefficient (ungefär hälften så stor som i teknopolymer med glasfiber), vilket gör att den kan användas där det är nödvändigt att undvika smörjmedel.
- högt motstånd mot slitage, vilket garanterar såväl hög rotationshastighet som lång hållbarhet för kugghjulet.
- låg hygroskopicitet gör att den kan användas i fuktiga miljöer.
- fysiologiskt inert, vilket gör den lämplig för kontakt med livsmedel.
- högt motstånd mot kemisk påverkan och lösningsmedel.

4. APPLIKATIONER

Överföringselement i förstärkt polyamidbaserad teknopolymer är ett effektivt alternativ till transmissionselementen i metall och kan användas i alla tillämpningar som kräver bullerreducering eller undvika behovet av smörjning. Den låga vikten hos transmissionselementen i teknopolymer gör att dem också kan användas i applikationer inom områden som kräver en allmän viktminskning. Dessutom begränsar teknopolymerens höga motståndskraft mot kemiska ämnen korrosion i aggressiva miljöer.

Kugghjulen i stål är ofta överdimensionerade för den effektiva tillämpning de används för; i detta fall är teknopolymer kugghjulen en utmärkt lösning och säkerställer en god mekanisk motståndskraft i kombination med en ekonomisk besparing.

Tillämpningsområden för kugghjul i teknopolymer är varierande:

- Förpacknings- och transportörmaskiner
- Industriella rengöringsmaskiner
- Glas- och keramik maskiner
- Cateringutrustning
- Typografisk industri
- Jordbruksmaskiner
- Kemi och läkemedelsindustri
- Hushållsprodukter

ORDLISTA

Användaraxel

Ett cylindriskt överföringselement med olika längd och tjocklek, som tar emot en rörelse från en drivaxel eller ett drivhjul.

Bottencirkel

Cirkel som avgränsar kuggens botten.

Bottenkon

Den del av kuggen som ligger under delningscirkeln.

Delning

Avstånd mellan två på varandra följande likbelägna kuggflanker, uppmätta längs delningscirkeln. Delningen gör det möjligt att beräkna kugghjulets modul och är ett grundläggande mått för att utvärdera om två kugghjul kan kopplas ihop: kugghjul med olika delning kan inte kopplas ihop med varandra.

Delningscirkel

Omkretsen längs vilken kontakt sker mellan de två kugghjulen.

Driftsavstånd

Det teoretiska avståndet mellan centra för de axlar på vilka kugghjulen är monterade. Det ges av summan av delningsdiametern på de två kugghjulen.

Drivaxel

Cylindriskt transmissionselement av olika längd och tjocklek, till vilken den drivande kraften som genereras av en maskin anbringas och som överför rörelse och kraft.

Friktion

Friktionskraft som uppstår i kontakten mellan två kroppar pressas mot varandra, vilket hindrar deras relativa rörelse. Förekomsten av friktion innebär en förlust av mekanisk energi som avgas via värme.

Glapp

Avser avstånd mellan kuggarna på två kugghjul kopplade till varandra. Glappet kan också ses som skillnaden mellan det verkliga avståndet mellan centrum på axlarna på vilka kugghjulen är monterade och driftsavståndet mått som summan av de två kugghjulen. Ett negativt glapp (med ett verkligt avstånd som är lägre än driftsavståndet) gör att kugghjulets kuggar ligger närmare varandra, vilket resulterar i större kontakt mellan kuggarna och därmed en sämre inpassning i kuggarna, med risk att det kärvar. Ett positivt glapp leder till en reducerad risk att kärva men, om det är alltför stort, minskar kontakten mellan tänderna som begränsar det överförda vridmomentet och sänker överföringseffektiviteten.

Kuggbredd

Definieras som den axiella bredden på kuggen.

Kuggdrev

I ett system med två kugghjul, representerar kuggdrevet det med den mindre diametern. Det är också kuggdrevet som passar ihop med en kuggstång (betraktat som ett kugghjul med en oändlig radie) för att transformera en translationell rörelse till linjär eller vice versa.

Kugge

Utskjutande element externt eller internt från bottencirkeln som möjliggör, genom kontakt med en annan kugge hos ett andra transmissionselement, överföringen av vridmomentet eller kraften mellan två olika transmissionsenheter.

Kuggflank

Den inre sidoytan av kuggen som ligger nedanför delningscirkeln.

Kuggfot

Höjden på kuggen som avser avståndet mellan delningscirkeln och bottencirkeln som avgränsar kuggens bottenyta.

Kugghjul

Kugghjul med kuggar parallella med cylinderaxeln som tillåter överföring av en rörelse mellan två parallella axlar.

Kugglucka

Avser längden på cirkelbågen mellan två på varandra följande kuggar. Det representerar det tomma utrymmet mellan två kuggar.

Kuggrygg

Den yttre sidoyta av kuggen som ligger ovanför delningscirkeln.

Kuggstänger

En kuggstång är en linjär växel (ett kugghjul med en oändlig radie) som tillsammans med ett kugghjul, som kallas en spole eller kuggdrev används för att omvandla den roterande rörelsen till kontinuerlig linjär rörelse eller vice versa.

Kuggtjocklek

Längden på delningscirkelbågen begränsad av en kugges tjocklek.

Kuggtopp

Höjden på den delen av kuggen som sticker ut mellan delningscirkeln och toppcirkelns diameter.

Modul

Förhållandet mellan delningsdiametern hos kugghjulet och antalet kuggar hos kugghjulet. Det är en av parametrarna som karakteriserar kuggarna på ett kugghjul: för att två kugghjul skall gripa in i varandra på ett korrekt sätt, måste de ha samma modul.

Slitage

Förbrukning av ett material på grund av friktion med annat material.

Smörjning

Ett ämne, i allmänhet flytande, som används för att minimera friktion mellan två ytor som glider mot varandra och används för att skydda mekaniska delar utsatta för slitage. För Elesas kugghjul rekommenderas att man använder smörjfett baserat på litiumtvål och syntetisk olja.

Toppcirkel

Cirkel som avgränsar toppen av kuggarna.

Toppkon

Den del av kuggen som skjuter ut från delningscirkeln.

Tryckvinkel

Vinkeln mellan tangenten till delningscirkeln och normalen till ytan på kuggen, där båda är tagna vid den punkt där delningscirkeln kommer i kontakt med ytan på kuggen. Det är en grundläggande egenskap hos kuggar: att endast kugghjul med samma tryckvinkel kan kopplas ihop.

Växel

En mekanism som används för att överföra en rörelse och/eller ett mekaniskt moment från ett objekt till ett annat med hjälp av ett par tandade delar, mestadels kugghjul. Den består i allmänhet av två eller flera kugghjul som kan vara lika eller olika stora.

