

CNC FOR BEGYNDER

Hvilken motor, spindler og gearing skal jeg bruge

Version 1,1

Original dokument findes på

http://www.cnczone.com/forums/faq_cnc_machine_building/5866-what_motor_screw_gearing_should.html

Skrevet af Arvid Brodin, CNCzone.com

Frit oversat til dansk af Jens Jensen, mail: j-j@jensen.mail.dk, ris, ros og rettelser modtages gerne.

Det korte svar

Til mindre cnc maskiner til træ og plastik (og måske – måske! – noget blødt aluminium), har adskillige brugere på CNCzone haft succes med 100-200 oz-in (0,7-1,4 Nm) stepmotore der direkte driver en spindel på 5 turns/inch = 5 mm stigning pr. omdrejning, med ACME trapetzspindel.

Det lange svar starter her!

Jeg vil sige at dette gøres bedst i en interaktiv proces (trin 1 & 2 som beskrevet i detaljer nedenfor):

- 1) Beslut dig for skærehastighed (tilspændning), skærekraft, og jog hastighed.
- 2) Beregn hvad motor, gearing og skrue er nødvendig for at få ovennævnte værdier.
- 3) Kik på producenternes hjemmesider, Ebay og enhver anden kilde, du kan tænke på, for at se om motoren med de værdier som du beregnet i trin 2 er tilgængelige inden for dit budget.
- 4) Juster dine forventninger og / eller budgettet og begynde forfra.

Første gang du gør ovenstående, vil det tage lidt tid. For hver gang du gør det, vil det være meget hurtigere, og du vil snart være en ekspert i beregning af hastigheder, kræfter og drejningsmomenter!

Før vi begynder

Før vi begynder vi nødt til at definere et par meget grundlæggende enheder. Disse er enheder, vi alle kender godt, men det kunne være en god idé at have en klar definition af dem alligevel. Alle Mængder, der vil blive anvendt i denne tekst vil blive fastlagt med både SI og britiske enheder, herunder omregningsfaktorer. Men de fleste, hvis ikke alle beregninger der følger, vil ske med SI-enheder - de kræver næsten aldrig nogen omregningsfaktorer, Og således viser de fysiske principper bag beregning på en fin måde.

VIGTIGT: Alle betegnelser er vist med SI-enheder (for eksempel 's' er betegnelse for afstanden i meter, ikke inches), dette betyder at der i de fleste ligninger vil blive brugt SI, som ikke kan bruges med britiske inches! Du bliver nødt til at konvertere dine mål til SI-enheder, inden du bruger ligninger! Formel til dette forklares i næste afsnit.

Men de første to er nemme:

Distance, betegnet som, **S**

SI enhed: **1 m** (meter)

Britisk enhed: **1 in.** (inch) = 0,0254 m

En gang i mellem vil der også blive brugt enheder som 1 mm (millimeter), som er 1/1000 m eller omkring 1/25 in.

(omregning fra in. til SI gøres som følger: 2 in. = 2*0,0254 = 0,0508 m, omvendt fra SI til in. gøres følgende: 0,5 m = 0,5/0,0254 ≈ 19,69 in.)

Tid, betegnet som, **t**

SI enhed: **1 s** (sekund)

Andre enheder: **1 min.** (minut) = 60 Sek.

1) Tilspændning og krafter

Vi har brug for yderligere tre enheder for at komme igennem denne. Du bør læse disse definitioner gennem og sørg for at du forstår dem, for eksempel, hvad er forskellen mellem masse og vægt, og hvordan er de beslægtede?

Hvis du når igennem og forstå disse og de næste tre afsnit om enhed definitioner, vil du have en god forståelse for, hvordan en CNC maskine virker.

Hastighed (speed) betegnet som, **V**

SI enhed: 1 m/s (meter pr. sekund)

Britisk enhed: 1 IPM (inch pr. minut) ≈ 0,0004233 m/s

Lad os sige at du har valgt 0,05 m/s (≈118 IPM) som max tilspændnings hastighed, og 0,01 m/s (≈24 IPM) som skære hast.

Masse, betegnet som, **m**

SI enhed: 1 kg (kilogram)

Britisk enhed : 1 oz (ounce) ≈ 0,02835 kg eller 1 lb (pound) ≈ 0,4536 kg

Jo mere masse et objekt har, jo mere modstand giver det ved acceleration / deceleration. Masse interagerer med tyngdekraften for at give vægt (bemærk, at masse og vægt ikke er det samme, du kan være vægtløs i rummet, men du stadig har den samme masse - se Force nedenfor).

Kraft, (force), betegnet som, **F**

SI enhed: 1 N (newton)

Britisk enhed : 1 ozf (ounce-force) \approx 0,2780 N eller 1 lbf (pound-force) \approx 4.448 N

En kraft er nødvendig for at få acceleration / deceleration af en masse. Vægten af et objekt er den kraft, der udviklet af tyngdekraften mellem jorden og objektet. (Faktisk er der tyngdekraften mellem alle objekter, der har masse, men den er så lille, at vi ikke regner den for noget.)

Du tror at, 200 N (\approx 720 ozf) ville være en passende tilspændnings kraft.

2) Beregning af motor, gearing og spindel værdier.

Der er en væsentlig forskel mellem servomotorer og stepmotore, foruden den elektronik der kræves for at få dem til køre. Det mekaniske design er også forskellige for De to typer af motorer, så vi er nødt til at gøre denne forskel klart. Så for at kunne gøre det er mere fysik nødvendig! Igen, bruge lidt tid på de definitioner, indtil du føler du har forstået dem. **Hænge på, det er de sidste tre!**

Rotations hastighed, her betegnet som: **n**

Enhed: 1 r/s (omdrejninger pr. Sekund)

1 RPM (omdrejning pr. minut) = 1/60 r/s

*Vi ved alle hvad RPM er, Rotationer Pr. Minut, skulle være til at forstå (for at gøre det komplet, findes der også en enhed for SI til måling af rotations hastighed. Det hedder (angular velocity)"vinkelhastighed", har tegnet ω (omega), og enheden 1 radian / sek. Hvis du kender trigonometri, så giver denne sætning måske mening. 1 r/s = 1 / (2 * π) rad / s.)*

Drejningsmoment eller mængde af kraft, betegnet som, **M** (Stort M, ikke at forveksle med lille m, som er = masse)

SI enhed: 1 Nm (newton meter)

Britisk enhed: 1 oz*in (oz-in) \approx 0,007062 Nm

Drejningsmoment tvinger noget til at dreje, og er bedre kendt som kraft x arm. Tænk på det som åbne en dør: du tvinger døren om sine hængsler ved at skubbe (tilføje kraft) på håndtaget, det er moment. Der vil ikke blive noget moment hvis du skubbet direkte på hængslerne, da der ikke er nogle arm (center af hængslerne)

$$M = F * s$$

*Motorstyrke måles i moment, Nm (nogle producenter måler deres motorstyrke i "kg-cm" eller lignende, og det beviser bare at de ikke har forstået eller sat sig ind i måleenheden "Nm" som betyder tyngdekraften af en masse på 1 kg her på jorden * 1 cm)*

Effekt.(power) betegnet som, **P**

SI enhed: 1 W (watt)

Britisk enhed: 1 HP (britiske heste kraft) $\approx 745,7$ W

*Effekt er (i cnc sammenhæng) kraft * hastighed, moment * rotationshastighed, eller spænding * modstand. Det er, effekt målt hvor hurtigt noget bliver gjort * hvor svært der er at gøre.*

$$P = F * s = M * n * 2\pi = M * \omega = U * I$$

*(U * I referer til elektriske effekt, spænding * modstand.)*

Motor effekt måles enten hvor hurtig motoren kan køre mens den producer en bestemt mængde af moment (``output power`` eller ``mekanisk power``) eller hvor meget strøm motoren trækker (``input power``) output effekter er som regel mindre end input effekten (normalt 80-95 % for en elektrisk motor).

Tilbage til motoren.

En stepmotor har normalt en konstant udgangseffekt, hvilket betyder, at når hastigheden stiger, falder drejningsmoment ($P = 2 * \pi * M * n$ betyder, at hvis hastigheden øges, falder momentet for at holde effekten konstant). Så uanset hvad hastighed du kører på, vil du få omtrent det samme effekt ud af stepper (ikke rigtigt i de yderste områder: når motor er gået i stå – eller hvis ω er nul - så skal effekt også være nul, se på definition af effekt ovenfor).

En servomotor, på den anden side, har (næsten) konstant drejningsmoment op til nominel hastighed. Det betyder, at den maksimale effekt for en servomotore er udviklet på motorens nominelle til fuld hastighed. (Den nominelle hastighed er den tophastighed, hvor du stadig kan bruge motorens fulde moment, fuld hastighed er den maksimale hastighed motoren kan køre.

For en af mine servomotore er den nominelle hastighed 3000 RPM, fuld hastighed er 4500 RPM. Effekt outputtet er mere eller mindre konstant fra nominel til fuld hastighed.) Siden masser af effekt betyder masser af enten moment eller hastighed, eller begge dele, vi ønsker at maksimere effekten. Det gør vi ved at vælge den bedste spindel (og gearing).

At vælge den rigtige spindel med hensynstagen til hastighed

Du valgte 0,05 m / s hastighed jog i trin 1. Lad os først se på, hvilken betydning dette har på spindlen. En almindelig brugt metrisk spindel har en stigning på 0,005 m (= 5 mm). Det betyder, at spindlen flytter møtrikken 0,005 m for hver omdrejning.

En almindelig britisk spindel er en med en stigning på 5 omdrejninger / in. Det betyder, at spindlen kræver fem rotationer for at flytte møtrikken en tomme.

Til at konvertere britiske stigninger om til metriske stigninger (til brug i de ligninger, der følger), dividere 0,0254 med antallet af stigninger. Eksempel med den britiske spindel ovenfor: $0,0254 / 5 \approx 0,005$ m, hvilket

viser at denne spindel næsten har den samme vanding eller stigning som den metriske spindel ovenover.

Hvis din maskine nu skal have en top (jog) hastighed på 0,05 m/s og møtrik bevæger sig 0,005 m pr omdrejning, så vil spindlen skulle rotere $0.05/0.005 = 10$ r/s for at få denne hastighed. Så ligningen for n (spindlens omdrejningshastighed i r/s) er:

$$n = \frac{v}{s},$$

hvor s er stigningen på spindlen og de andre er betegnelser, der er defineret ovenfor.

Hvis du bruger en servomotor, vil den sandsynligvis have en højere hastighed end den nominelle ovenfor (10 r/s = 600 RPM). Husk de særlige kendetegn ved servomotorer.

Hvis din servomotor nominelle hastighed er 3000 RPM, så vil vi kun være i stand til at bruge $600/3000 = 20\%$ af motorens omdrejningstal, og således kun 20 % af sin maximale effekt kapacitet! Dette er ikke godt.

Vi kan løse dette på to måder: ved at gear ned og / eller ved hjælp af en spindel med lavere stigning. Begge har den virkning, at det giver mere kraft og mindre hastighed på møtrikken, med den samme motor hastighed.

Så hvis vi gear 5:1 ned ved en motor hastighed på 3000 omdr./min. (og dermed 100% motor effekt), vil spindlen stadig rotere ved 600 RPM ($3000/5$), men nu med 5 gange så meget moment! (Husk, effekt er moment gange omdrejningshastighed, så hvis effekten øges 5 gange og hastighed forbliver den samme, så drejningsmoment 5 gange bedre.)

Så det er ganske vigtigt at bruge den korrekte gearing og spindel stigning med en servo motor!

Hvis du bruger en stepmotor, er nemmere. effekten er konstant, så gear op eller ned, vil ikke ændre meget. Jeg tror det er grunden til at de fleste maskiner med stepmotore, springe gearing over og trækker direkte på spindlen.

Men med en høj stigning på spindlen, ændre du forholdet, da møtrik vil flytte sig en længere afstand for hvert af de enkelte step i stepmotoren. Så hvis motoren er stå stille, og du beder den om et step, vil en højere stigning betyde en højere acceleration af møtrikken og dermed landet eller gantry'en (det vil flytte sig en længere distance i løbet af den tid det tager at flytte sig et step end men en lavere stigning). Dette kan føre til tab af steps - se Acceleration nedenfor.

En ting at bemærke fra ovenstående er, at gearing og spindelstigning er nært beslægtede; i virkeligheden, Halvering af spindlens stigning (og dermed Halvering af den lineær hastighed) har nøjagtig samme virkning som ned gearing på 2:1 (hvilket halverer spindlens omdrejningshastighed og også den lineær hastighed).

At vælge den rigtige spindel med hensynstagen til at kraft

Vi så ovenfor hvordan stigninger påvirker spindlens hastighed. Men spindelstigninger påvirker også hvor meget kraft/moment der skal bruges for at få et bestemt kraft på møtrikken. Her er ligningen:

$M = F * \frac{s}{2\pi} * \frac{1}{\eta}$. Igen er: s = spindelstigning. η er = effektiviteten af spindlen, en meget vigtig faktor, som vi snart vil blive klar over.

Effektiviteten af spindlen defineres ved hvor meget af input kraften der bliver output kraft.

En kuglespindlen som et eksempel, har en $\eta = 0,9$ eller er omkring, Altså En god kvalitet. ACME / trapezspindler har $\eta = 0,4$ eller deromkring. Alle slået (eller metrisk gevind M) har sandsynligvis et $\eta =$ mellem 0,1 – 0,2, så altså en kuglespindel kan måske give op til 9 gange så meget output kraft end alle slået gevind med nøjagtig den samme motor. Så en ACME spindel kunne være et godt kompromis (har sikkert den bedste Effektivitet kontra pris).

Hvis man ser på ligningen, kan du se, at moment (M) er proportional med kraft (F) gange spindelstigning (S).

Så for en given output kraft, betyder det at, hvis du halvere stigningen, så du også halvere den nødvendige input effekt for denne output kraft.

Igen ser vi, at gearing og stigninger er tæt forbundet, så du kan også halvere motormoment ved at gear ned 2:1.

For at gentage: halvere du stigningen, får du den dobbelte så meget kraft og den halve hastighed fra spindel med samme motor (bemærk at effekten er konstant: $2 * \frac{1}{2} = 1$). Gear Ned 2:1 og nøjagtig det samme sker.

Det betyder derfor, at effektiviteten af spindlen er vigtig for hastighed.

Hvis du udbytter alle de slået spindler med kuglespindler, vil du pludselig få masser af kraft/moment, som du måske ikke har brug for, så er det måske bedre at vælge en kuglespindel med en længere stigning, så du får en højere hastighed på din spindel men med samme kraft. Valget er dit: hvis effektiviteten 8 gange højere, kan du få 8 gange fart, 8 gange kraft, eller en kombination (ved 2 gange kraft og 4 gange hastighed) ved at vælge den rette spindel og gear.

Tilbage til vores fiktive maskine eksempel

Servomotor: med tilspændning's hastighed på 0,05 m/s og en nominel motorhastighed på 3000 omdr. / min, vil vi vælge en ACME spindel med $s = 0,004$ m. stigning, $n = v/s = 0.05/0,004 = 12,5$ r/s = 750 RPM. så vi skal gear ned i forholdet 4:1 (3000/750), for at udnytte motoren fuld ud. Vi ønskede en skærekraft på 200 N, så drejningsmomentet på spindlen = $200 * 0004 / (2 * \pi) * 1/0,4 \approx 0318$ Nm, eller efter gearing ned fire gange 0,080 Nm. Dette er faktisk en meget svag servomotor (effekt = $0,080 * 3000/60 * 2 * \pi \approx 25$ W). Vi vil måske vælge en 100 W, 3000 omdr. / min servomotor i stedet.

Med fire gange motoren kraft, ville vi kunne begrænse det til en gearing på 2:1, Således fordoble hastigheden til jog 0,1 m / s (omkring 236 IPM), og fordobling af vores kraft til 400 N - 4 gange motoren effekt ved samme hastighed betyder fire gange så højt moment, så efter at reducere gearingen med en faktor 2 har vi $4 / 2 = 2$ gange drejningsmoment tilbage.

Fordi servoer har et konstante moment, vil denne kraft (skæring kraft) værer til rådighed hele vejen op til nominel hastighed.

Stepmotor: med en skærehastighed på 0,01 m/s og med samme spindel som AMCE ovenfor (stigning på 0,004 m), er spindlens hastighed $n = 0.01/0,004 = 2,5$ r/s = 150 RPM.

Vi så ovenfor, at 0318 Nm var nødvendigt får at få de 200 N i kraft på møtrik. Du vil blive nødt til at se på speed-moment kurve i stepmotorens's dataarket for at se om den er i stand til dette moment på 150 RPM. (Jeg har lige tjekket et tilfældigt datablad og det ser ud til at en stepmotore med 0,4 eller 0,5 Nm holdemoment (60 Oz-in), bør være i stand til at håndtere dette.)

Tilspændnings hastighed er vanskeligere, den kraft der er nødvendig for at bevæge din maskine (gantry,plan, Y transport osv.) - og at overvinde friktion for at holde den i bevægelse - er afhængig af massen, du vil flytte, og friktionen i dine lineære lejer, blandt andet. Hvis du kan beregne denne kraft, kan du igen se på datablad for at se, om stepmotoren kan håndtere denne tilspændning's hastighed.

Acceleration

Endelig er vi nødt til at se på acceleration. (Denne del er især vigtigt for stepmotorene.) Den kraft fremkommer på spindlens og dermed på møtrikken, skal ikke kun bruges til at bevæge landet, men også til at overvinde friktion og accelerer og bremse dit land. Dette er ofte overset. Jeg sagde før, at der ikke var flere enheds definitioner, men det var en løgn.

Acceleration, betegnet som, **a**

SI-enhed: **1 m/s²** (meter per sekund ²).

Enheden for hastighed er 1 m/s, og acceleration måler, hvor hurtigt den ændres i sekundet. Hvor, m/s per sekund bliver til, m/s/s eller m/s².

$$a = \frac{F}{m}$$

Vi ser, at accelerationen er afhængig af både kraft og masse. Jo mere masse, des langsommere acceleration, og jo mere kraft, jo hurtigere acceleration.

Jeg vil ikke nærmere ind på dette, andet end at sige, at hvis du beder om en hurtig acceleration, så sørg for at din stepmotor har nok moment til at producere den krævede kraft (i kombination med spindlen og - i givet fald - gearing). Ellers vil den miste step trin. Det samme sker, hvis du kører din stepmotor så hurtigt, at dens moment og der med kraft på møtrikken, falder så lavt at det ikke kan overvinde friktionen i din lejer (eller andre modstridende krafter).

En servomotor vil sakke bagud, hvis du beder om en for hurtig acceleration, men servomotore har ekstra drejningsmoment (peak moment i modsætning til nominelt eller kontinuerlig moment) og vil indhente (medmindre det falder for langt bagud og stopper).

Der er også noget der hedder rotationsinerti, hvilket er ligestillet med masse, når man taler om acceleration. Det kræver drejningsmoment, at få en spindel til at dreje (lige som det kræver moment for at få en masse til at bevæge sig), og der skal bruges meget drejningsmoment, hvis spindlen er tyk, fordi den så har masser af rotationsinerti. Så hvis du ønsker at beregne acceleration, skal du lære om dette først.

Afsluttende noter

Alle beregninger her regnes for at være 100 % effektivitet overalt, undtagen på spindlen, og der ses bort fra alle former for friktion. Så du får brug for nogle ekstra moment fra din motor for at få det forventede resultat, afhængigt af kvaliteten af dine guider, lejer og hvor godt tilpasset de er, vil dette variere, men et groft skøn kunne være, at 50 % ekstra moment er "sikker".

Sidst men meget vigtigt: for alle vertikale akser bliver du nødt til at tage højde for tyngdekraften (Vægt) af, hvad du vil flytte, så du får den nødvendige kraft ved møtrik (medmindre du bruge en slags modvægt). Dette er beregnet som:

$$F_g = 9,81 * m.$$

Så til en transport på 10 kg i Z retningen (Herunder fræsermotor eller andet værktøj) ville skulle bruge 98,1N kraft på møtrikken, bare for at holde stille. Som Du kan se, er dette betydeligt. Du er nødt til at tilføje dette til den kraft, der er nødvendige for at flytte Z transport opad. Men du kan til gengæld trække den kraft fra for at skub værktøjet ned i materialet i Z retning.

Skrevet af Arvid Brodin (arvidb på CNCzone.com). Hvis du finder fejl eller bare ønsker at kommentere, sende mig en mail på arvidbrodin@hotmail.com eller send mig en besked via CNCzone. Jeg håber, du fandt dette dokument nyttigt!