

# Spåntagende plastbearbejdning

***Anbefalinger for optimal bearbejdning af plast***







Indledning . . . . . 4

Maskiner og værktøjer . . . . . 5

Fordele ved plast . . . . . 5

Begrænsninger ved plast . . . . . 5

Op-/fastspænding . . . . . 5

Tolerancer . . . . . 6

Materialespændinger . . . . . 6

Anbefalinger . . . . . 7

Køling . . . . . 7

Savning . . . . . 8

Drejning . . . . . 9

Boring . . . . . 11

Gevindskæring . . . . . 12

Gevindfræsning . . . . . 12

Fræsning . . . . . 12

Klipning . . . . . 13

Stansning . . . . . 13

Filning/skrabning . . . . . 13

Slibning . . . . . 14

Laser- og vandstråleskæring . . . . . 14

Polering . . . . . 14

Problemer og løsninger . . . . . 15



## Indledning

### SPÅNTAGENDE PLASTBEARBEJDNING

#### Indledning

Plastmaterialer erstatter i stigende omfang traditionelle materialer som f.eks. bronze, messing, rustfrit stål, aluminium og stål. Plast vælges for at forbedre driften og for at reducere omkostninger. Plast kan:

- Give vægtbesparelser
- Fjerne korrosion
- Forbedre de slidmæssige egenskaber også i driftssituationer, hvor smøring ikke er mulig
- Reducere støj og vibrationer
- Forlænge produktlevetiden
- Kan isolere såvel termisk som elektrisk

Anvendelsen af plast spænder meget bredt. Lige fra finmekaniske komponenter i elektronik og måleudstyr til sliddele i entreprenørmateriel og komponenter i maskiner til fødevarerforædling.

Plastmaterialer beregnet for maskinbearbejdning findes i en lang række forskellige kvaliteter, oftest i form af rundstænger, plader, emnerør og profiler. Efterhånden spænder plastmaterialerne over det samme egenskabs- og prisspekter som metaller og jern/stål. I dag er det muligt at levere plastmaterialer med en vedvarende temperaturbestandighed på

425 °C og en korttids temperaturbestandighed på 540 °C.

I takt med at antallet af materialemuligheder er steget, er kompleksiteten i materialevalg også steget, ligesom valg af de rette bearbejdningsparametre også er blevet mere komplekse.

Formålet med denne bog er dels at vise, at bearbejdning af plast ikke er en simpel og entydig proces, men en proces, hvor man nøje skal vurdere materialets egenskaber, for mest optimalt at kunne vælge de optimale værktøjer og bearbejdningsparametre. Vink Plast står naturligvis til rådighed når det gælder det korrekte materialevalg, ligesom vi også gerne uddyber indholdet i denne bog.

Bogens retningslinjer er en hjælp til de maskinoperatører, som ikke har den store erfaring med de maskin- og værktøjsparametre, som bør anvendes, når man ønsker de optimale slutresultater. De er udelukkende ment som retningslinjer, og repræsenterer ikke nødvendigvis de optimale parametre for alle bearbejdede dele.

I bogen findes quickguide til problemløsning af typiske fejl. Denne skulle gerne være en hjælp til løsning af problemer med overfladerne eller ved u hensigtsmæssige materialereaktioner i forbindelse med spåntagningsprocessen.



## Spåntagende bearbejdning

### Maskiner og værktøjer

Plastmaterialer bearbejdes med gode resultater på almindelige metal- og træbearbejdningsmaskiner. Der stilles ikke så store krav til maskinernes stivhed og kraft, fordi skærekrafterne er små i forhold til bearbejdning i stål og metaller.

Derimod skal hastighederne kunne sættes højt, da det giver den bedste bearbejdningskvalitet.

High Speed Stål (HSS) værktøjer fungerer glimrende ved bearbejdning af de fleste plasttyper.

Ved store produktionsserier/lange bearbejdningstider vil hård metal, keramiske eller polykrystallinske diamant værktøjer (PCD) være at foretrække. Det giver en bedre overfladekvalitet samt en højere standtid.

Ved bearbejdning af glas- eller carbonforstærkede materialer er det vigtigt at anvende wolframcarbide, keramiske eller polykrystallinske diamant værktøjer for at undgå hyppige værktøjsskift.

#### Fordele ved plast:

- Lav vægt
- God kemikalieresistens
- Korrosionsbestandigt
- Termisk isolerende
- Støj- og vibrationsdæmpende
- Elektrisk isolerende/ledende
- Glimrende styrke/vægt forhold
- Kan leveres såvel indfarvet som transparent
- Kan leveres i modificerede kvaliteter – f.eks. selvsmørende

#### Begrænsninger ved plast:

- Høj termisk udvidelseskoefficient – op til 10 gange højere end for metaller
- Dårligere mekaniske egenskaber
- Større elasticitet
- Lavere blødgørings- og smeltetemperaturer
- Dårlig varmeledningsevne

På grund af disse forskelligheder kan det være en fordel at lave forsøg med fiksturer, værktøjer, materialer, vinkler, hastigheder og tilspændinger for at opnå de optimale slutresultater.

#### Op-/fastspænding

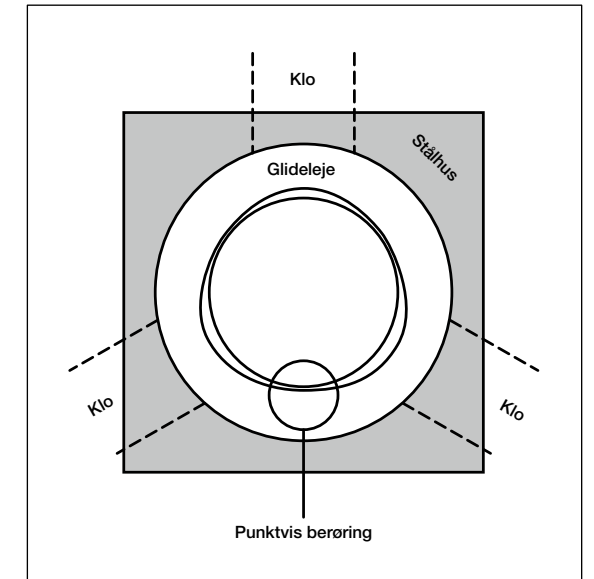
Sammenlignet med stål og metaller er plast blødt og temperaturfølsomt.

For at sikre et godt resultat af den spåntagende bearbejdningsproces, kræver det en mindre spændkraft til fastholdelse af emnet. Det er vigtigt at tage højde for det, for at undgå trekantede huller.

Et glideleje skal ikke kun være cirkulært indvendigt. Godstykkelsen skal være ensartet hele vejen rundt. I modsat fald er der risiko for at lejet, efter det er pres-

set i lejehuset, får punktvis berøring med akslen (se figuren). Det kan medføre et u hensigtsmæssigt slid og i værste fald en overbelastning af glidefladen.

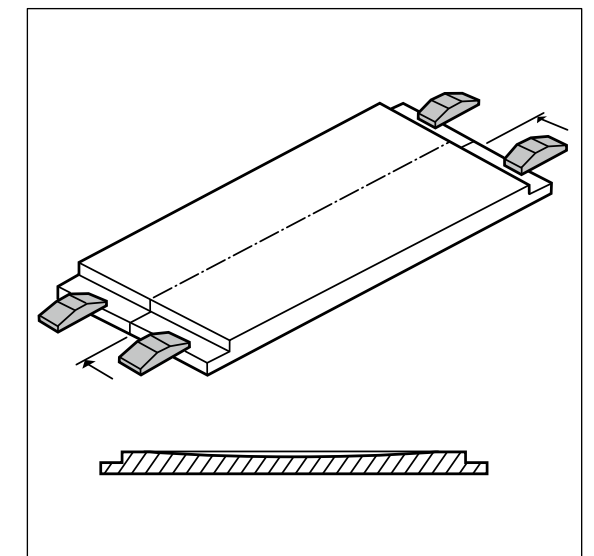
En måde at løse problemet på, er at montere det udborede emne på en afdrejedorn. Den kan med fordel laves af en PVC rundstang, da friktionen er stor mellem PVC og de fleste tekniske plasttyper.



Plast er en dårlig varmeleder. Derfor er det af stor betydning, at der køles effektivt ved bearbejdning. Kølemåder beskrives senere.

Hvis man f.eks. skal fræse en PE HD plade, skal man være opmærksom på, at en temperaturændring på 30 °C vil give en forlængelse på 6 mm/m.

Det er vigtigt at lave opspændingen med omtanke. Hvis man f.eks. skal fræse en plade på oversiden (se figuren), vil en temperaturstigning som følge af fræsningen bevirke en længdeudvidelse.



## Spåntagende bearbejdning

Opspændingen og udvidelsen vil få pladen til at stå i en bue. Derved vil der blive fræst mere materiale i den opbuede del end beregnet. Resultatet ses nederst i figuren.

### Husk:

- Skarpe værktøjer
- Effektiv køling
- Fornuftig opspænding
- Gør så meget af bearbejdningen færdig i samme opspænding som muligt
- Sørg for at opspændingsplanet er helt plant og fri for grater

### Tolerancer

Plast er mere elastisk end stål og metaller. De fleste plastmaterialer tåler en blivende deformation på 0,7 % eller mere. Til sammenligning accepteres der for stål maksimalt 0,2 %.

Derudover har plast en større udvidelseskoefficient end stål og metaller, hvilket der naturligvis også skal tages højde for i tolerancepåsætningen af bearbejdede plastemner.

Derfor er bearbejdningstolerancerne på plast generelt større end dem man normalt kan anvende ved stål- og metaldele.

På grund af en stor variation i udvidelseskoefficient og hårdhed, er der relativt store variationer i, hvor snævre tolerancer der kan arbejdes med fra materiale til materiale.

Generelt gælder, at High Performance materialerne kan klare de snævrere tolerancer. Under de rette forudsætninger helt ned til +/- 0,03 mm.

Vi anbefaler at tolerancesætte efter ISO 2768 middel.

### Udvidelseskoefficienter:

Materiale	Udvidelseskoefficient (m/m x K)
PA 6	90 x 10 <sup>-6</sup>
POM C	110 x 10 <sup>-6</sup>
PET	70 x 10 <sup>-6</sup>
PE	180 x 10 <sup>-6</sup>
PP	160 x 10 <sup>-6</sup>
PVDF	130 x 10 <sup>-6</sup>
PTFE	122 x 10 <sup>-6</sup>
PC	70 x 10 <sup>-6</sup>
PVC	80 x 10 <sup>-6</sup>
PS	80 x 10 <sup>-6</sup>
ABS	75 x 10 <sup>-6</sup>
PMMA	78 x 10 <sup>-6</sup>
PEEK	50 x 10 <sup>-6</sup>
PPS	50 x 10 <sup>-6</sup>
PES	55 x 10 <sup>-6</sup>
ECTFE	180 x 10 <sup>-6</sup>

### Materialespændinger

Hovedparten af de plasthalvfabrikata der anvendes ved spåntagende bearbejdning er fremstillet ved ekstrudering.

- Råvaren er i granulatform
- Råvaren smeltes
- Råvaren transporteres gennem et værktøj ved hjælp af en snekke
- Materialet køles ned
- Materialet afkortes

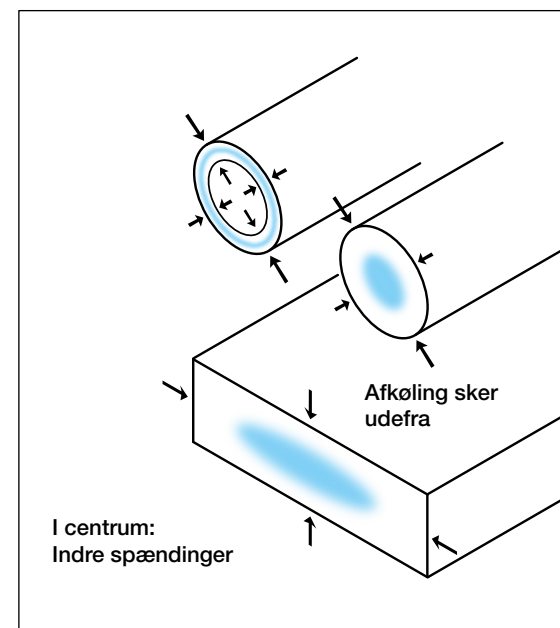
Ekstruderingsprocessen med den efterfølgende køling betyder følgende:

- Materialet afkøles langsomt fra overflade til centrum
- Plast er en dårlig varmeleder, hvilket betyder at afkølingshastigheden varierer
- Når overfladen er hærdet, er materialet i centrum stadig smeltet
- Den hurtigere afkøling af materialets yderste lag medfører, at materialet i centrum ikke kan krympe
- Dermed har man indre spændinger i materialet
- Vores materialer er afspændt hos producenten

Erfaringen har vist os, at det er meget få bearbejdede emner der har behov for en afspænding efter bearbejdning

Bearbejdningsspændinger er oftest forårsaget af:

- Sløvt værktøj
- Værktøj med forkert geometri
- Varmedudvikling p.g.a. forkerte hastigheder og tilspændinger
- Kraftig ensidig bearbejdning
- Manglende køling



## Spåntagende bearbejdning

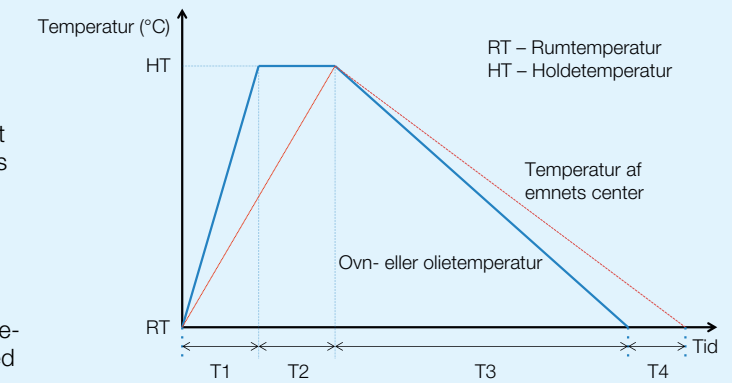
### Anbefalet procedure for spændingsudløsning

T1 = Opvarmingshastighed

T2 = Holdetemperatur i den tid det tager, inden temperaturen i emnets centrum er lig med omgivelsernes temperatur

T3 = Afkølingshastighed

T4 = Den tid det tager inden temperaturen i emnets centrum er lig med omgivelsernes temperatur



### Anbefalinger

I betragtning af plastmaterialernes dårlige varmeledningsevne og lave blødgørings- og smeltetemperaturer, er det vigtigt at minimere varmedudviklingen. Dette for at undgå deformationer, spændinger, farveændringer og smeltning af materialet. Derfor anbefales følgende:

- Værktøjer skal altid holdes skarpe og glatte
- Tilspændingen skal være så høj som muligt
- Værktøjerne skal have en tilstrækkelig frigang, så

det kun er den skærende del der kommer i kontakt med materialet

- Man skal sikre en god fjernelse af spåner
- Ved bearbejdning hvor der er en stor varmedudvikling – f.eks. boring – skal man have en god køling

### Køling

Bortset fra boring og gevindskæring er køling ikke nødvendigvis et krav for effektiv bearbejdning i plast. Dog gælder, at man skal holde bearbejdningsfladerne

Plasttype	Beskyttelsesmedie	Holde-temperatur T2 (°C)	Opvarmingshastighed T1 (°C/time)	Afkølingshastighed T3 (°C/time)	Tid ved T2 og T4
PA	Silikonolie eller parafinolie	140-160	10-20	4-6	6-8 min./mm afhængig af godstykkelse
POM	Silikonolie eller parafinolie	150	10-20	4-6	6-8 min./mm afhængig af godstykkelse
PET	Silikonolie eller parafinolie	150-160	10-20	4-6	6-8 min./mm afhængig af godstykkelse
PE	Silikonolie eller parafinolie	100	10-20	4-6	6-8 min./mm afhængig af godstykkelse
PP	Silikonolie eller parafinolie	130	10-20	4-6	6-8 min./mm afhængig af godstykkelse
PVDF	Luft	165	10	10	1 time for s<10 mm + 1 time for følgende 10 mm
PC	Luft	120-130	10-20	4-6	6-8 min./mm afhængig af godstykkelse
PVC, PS, ABS	Luft	70	10	10	1 time for s<2 mm 3 timer for s>2 mm
PMMA	Luft	90	10	12-18	0,32 x s
PEI, PES, PPS	Luft	190	10-20	4-6	6-8 min./mm afhængig af godstykkelse
PEEK	Luft	220-250	10-20	4-6	6-8 min./mm afhængig af godstykkelse
PPO	Glycerin	110	10	10	1 time for hver 3 mm
PI	Vakuums oven	500	60-90	Ovnen slukkes – emnerne tages ud ved ovntemp. = 70 °C	2 timer for s<25 mm 3 timer for s>25mm
PSU	Glycerin	166	Tykkere emner holdes i 90 grader vand i 5 min. For neddykning	Tykkere emner holdes i 90 gr. Vand i 5 min. Efter neddykning	1 min./mm



kolde for at opnå den optimale overfladefinish og overholde tolerancerne.

Vi anbefaler køling som kan ske på følgende vis:

- Køling ved hjælp af trykluft
- Køling med vandopløselige emulsioner
- Spånsugning

Ved bearbejdning af amorfe plasttyper bør man undgå emulsioner, da de kan medføre spændingsrevner i det bearbejdede emne.

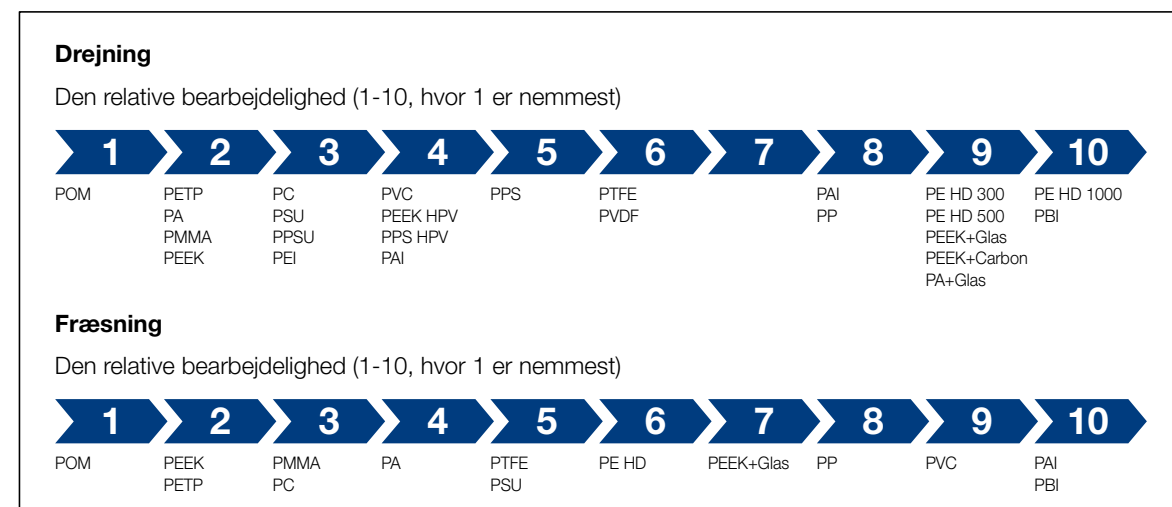
**Savning**

- Rundsav er ideelle til rette snit. Snitfladen bliver pæn, især hvis savklingen kun lige går gennem materialet.
- Båndsave er velegnede til rør og tykke plader og i det hele taget, hvor snittet ikke skal være efter helt

lige linjer. Snitfladen bliver ru og kræver efterbehandling

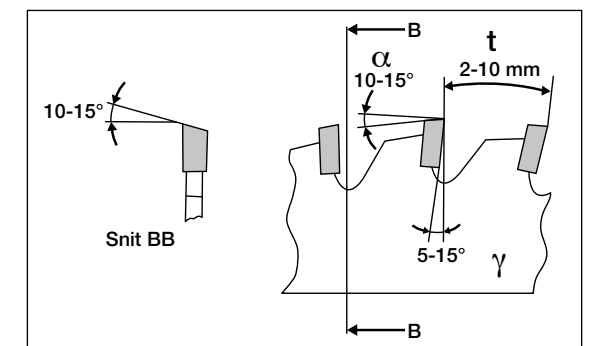
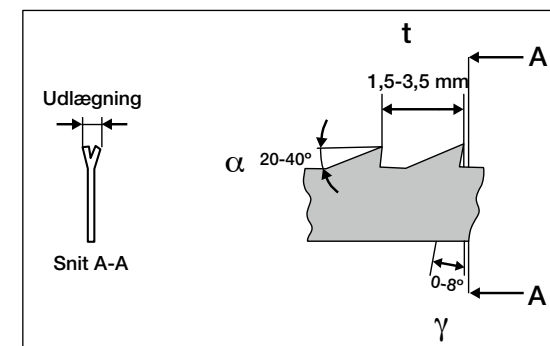
- Afkortesave er velegnet til rundstænger, emnerør og rør. Snitfladen bliver pæn.
- Elektriske stiksav er velegnede til udsavning af huller og kurvede konturer. Der findes standardklinger til plast.
- Ved seje materialer som PE, PP og PA vil der dannes grater/spåner ved savesporet. Disse fjernes let med en skraber eller ziehklinge.
- Generelt bør man sørge for udlægning af tænderne for at undgå, at materialet klemmer omkring savklingen/-bladet.
- Savklingerne må ikke benyttes i andre materialer end plast, når et godt resultat skal opnås.
- Det er vigtigt at have en god understøtning og fastspænding af pladerne på arbejdsbordet, så man undgår at vibrationer og dermed grove snit og i værste fald revner opstår.

Vink Plast har en lang række erfare og dygtige maskinoperatører. Vi har bedt dem vurdere den relative bearbejdelse af plastmaterialer. Resultatet findes i nedenstående figur. Resultatet er kun retningsgivende og kan variere fra operatør til operatør.



**Båndsav:**

Plasttype	Frigangsvinkel $\alpha$ (°)	Spånvinkel $\gamma$ (°)	Skærehastighed V (m/min)	Deling T (mm)
PA	25-40	0-8	50-500	3-12
POM	25-40	0-8	50-500	3-12
PETP	25-40	0-8	50-400	3-8
PEEK	25-40	0-8	50-400	3-8
PPS	15-30	0-4	500	2-5
PE	20-30	2-5	500	3-8
PP	20-30	2-5	500	3-8
PVDF	25-40	0-8	50-500	3-12
PTFE	20-30	5-8	300	2-5
PC	25-40	0-8	50-400	3-8
PVC	30-40	0-5	1200	3
PMMA	30-40	0-5	1200	3
PSU	25-40	0-8	50-400	3-8
ABS	15-30	0-5	300	2-8



**Rundsav:**

Plasttype	Frigangsvinkel $\alpha$ (°)	Spånvinkel $\gamma$ (°)	Skærehastighed V (m/min)	Deling T (mm)
PA	10-15	0-15	1000-3000	8-45
POM	10-15	0-15	1000-3000	8-45
PETP	10-15	0-15	1000-3000	8-25
PEEK	10-15	0-15	1000-3000	8-25
PPS	20-30	6-10	2000	2-5
PE	20-30	6-10	2000	3-8
PP	20-30	6-10	2000	3-8
PVDF	10-15	0-15	1000-3000	8-45
ECTFE	10-15	0-15	1000-3000	8-45
PC	10-15	0-15	1000-3000	8-25
PVC	5-10	0	3000-4000	3-5
PMMA	5-10	0	1500-2000	3-5
PSU	10-15	0-15	1000-3000	8-25
ABS	5-10	0-5	1000	2-5

**Drejning**

Den energi, som tilføres under bearbejdning omsættes til varme. Ved bearbejdning i plast er dette uheldigt, da de fleste plasttyper ikke tåler så høje temperaturer og samtidig har en dårlig varmeledningsevne. Derfor skal varmen ledes væk fra arbejdsstedet.

Betingelserne for optimal drejning er:

- Høj skærehastighed
- Lille spåntværsnit
- Skarpt værktøj
- Effektiv køling
- Fornuftig opspænding
- Lang og tynd spån



## Spåntagende bearbejdning

Desuden skal man undgå:

- Vibrationer
- Gratedannelser
- Skarpe overgange
- Ved opspænding af plastemnet opnår man den sikreste opspænding med en pneumatisk eller hydraulisk spændeanordning (kompenserer automatisk for den sætning der kan opstå i materialet)
- En tang er bedre end en treklo – spændetrykket fordeles over hele diameteren og spåner pakker sig ikke i samme grad
- Ved manuel fastspænding og længere bearbejdningstider, bør fastspændingen kontrolleres med mellemrum
- Der kan være problemer med at få alle stænger til at passe i samme tang p.g.a. relativt store tolerancer på diameteren. Løsning: Centerless slibning
- Der anvendes lavere spændekræfter ved plast end ved metaller på grund af lavere skærekraft

Ved beregning af skærehastighed anvendes følgende formel:

$$V = \frac{\pi \times D \times n}{1000} \text{ m/min.}$$

V = skærehastighed (m/min.)

$\pi = 3,14$

D = Emnets diameter (mm)

n = Omdrejningstal pr. min.

Ved omregning fås:

$$N = \frac{(V \times 1000)}{\pi \times D} \text{ omdr./min.}$$

Tilnærmethet kan regnes med følgende, idet den konstante størrelse er omregnet til 320.

$$V = \frac{D \times N}{320} \text{ eller } n = \frac{V}{D} \times 320$$

Overfladeruheden er ofte specificeret på tegningen. Udformningen af det skærende værktøjs næseradius

og tilspændingen er nogle af de faktorer, der er bestemmende for ruheden. Den maksimale ruhedsværdi  $R_{max}$  kan bestemmes ved:

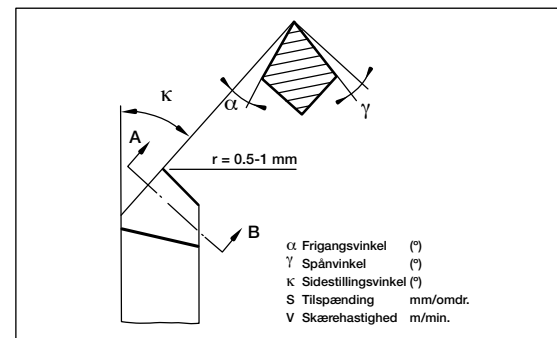
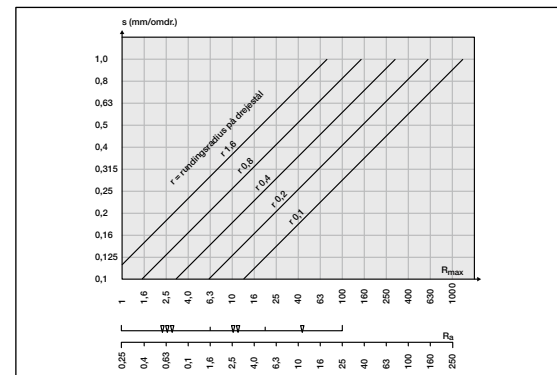
$$R_{max} = \frac{S^2}{8 \times r}$$

r = næseradius

S = tilspænding (mm/omdr.)

Diagrammet kan benyttes til bestemmelse af de variable parametre.

Først aflæses overfladekrav ud fra tegning, dernæst bestemmes tilspændingen s (mm/omdr.). Ved brug af disse data kan man i diagrammet aflæse den nødvendige næseradius.



## Drejning:

Plasttype	Frigangsvinkel $\alpha$ (°)	Spånvinkel $\gamma$ (°)	Sidelingsvinkel K (°)	Skærehastighed V (m/min)	Deling T (mm)
PA	5-15	0-10	0-45	200-500	0,05-0,5
POM	5-15	0-10	0-45	200-500	0,05-0,5
PETP	5-15	0-10	0-45	200-400	0,05-0,3
PEEK	5-15	5-10	0-45	200-400	0,05-0,3
PPS	5-10	0-10	45-60	150-400	0,2-0,3
PE	6-10	0-5	45-60	250-500	0,1-0,5
PP	6-10	0-5	45-60	250-500	0,1-0,5
PVDF	5-10	5-10	10	200-500	0,05-0,5
PTFE	10	5-8	10	150-500	0,1-0,3
PC	5-15	0-10	0-45	200-400	0,05-0,4
PVC	8-10	0-5	50-60	200-750	3-5
PMMA	5-10	0-4	15	200-300	0,1-0,2
PSU	5-15	0-10	0-45	200-400	0,05-0,4
PUR	12	25	45-60	100-150	0,1-0,3

## Spåntagende bearbejdning

### Boring:

Plasttype	Spånvinkel $\gamma$ (°)	Spidsningsvinkel $\psi$ (°)	Frigangsvinkel $\alpha$ (°)	Skærehastighed V (m/min)	Tilspænding S (mm/omdr.)
PA	3-5	90-120	10-15	50-100	0,1-0,3
POM	3-5	90-120	5-10	50-100	0,1-0,3
PETP	3-5	90-120	5-10	50-80	0,1-0,3
PEEK	3-5	90-120	5-10	50-80	0,1-0,3
PPS	10-20	60-90	8-15	50-100	0,1-0,4
PE	10-20	60-90	5-15	50-150	0,1-0,3
PP	10-20	60-90	5-15	50-150	0,1-0,3
PVDF	3-5	90-120	10-15	50-100	0,1-0,3
PTFE	5-20	130	10-16	150-200	0,1-0,3
PC	3-5	90-120	5-10	50-100	0,1-0,3
PVC	3-5	60-100	5-10	30-120	0,1-0,5
PMMA	0-4	60-90	3-8	20-60	0,1-0,5
PSU	3-5	90-120	5-10	50-80	0,1-0,3
PUR	10-30	60-90	8-12	50-200	0,2-0,3

Boreprocessen kendetegnes ved to bevægelser:

- Den roterende hovedbevægelse
- Tilspændingsbevægelsen

Boringen inkluderer også:

- Sænkning til aftrappede huller
- Rivning af cylindriske huller med finere pasning

Boringen er en skrubbearbejdningsmetode og fremstillingstolerancen er sjældent finere end DS 2768-middel.

Kvaliteten er stærkt afhængig af boretts slibning og af den maskine og opspænding der benyttes. Tværskæret kræver særlig opmærksomhed, idet hastigheden nærmer sig nul mod skærets centrum. Tværskæret udfører derfor ikke en skæring, men en slidende og knusende bearbejdning. Dette giver varmeudvikling samt spændinger i emnet.

Ved plast er det meget uheldigt, hvorfor tværskæret gøres så lille som muligt. Ved boring af store huller er det nødvendigt at forbore.

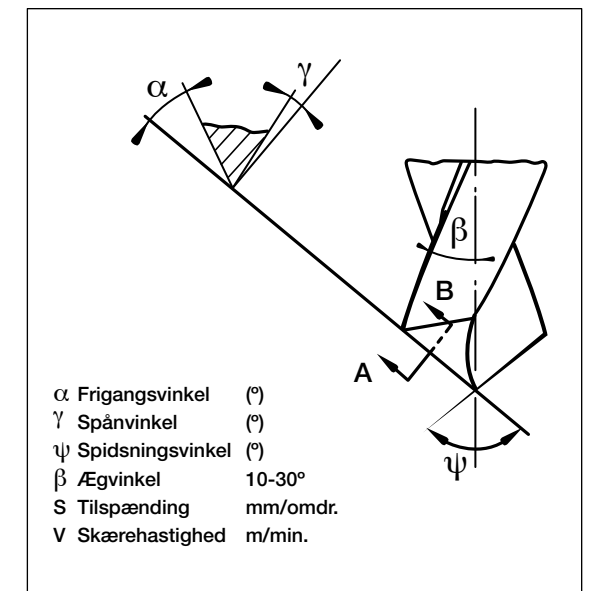
Hovedskærets kvalitet er af største betydning, derfor gælder, at man aldrig må bruge bor, der har arbejdet i andre materialer.

Under boreprocessen kan det være nødvendigt at udspåne.

Et messingbor er velegnet på grund af den lille spiralvinkel, som lettere lader spånerne forsvinde fra hullet.

Ved boring i plast, skal man være opmærksom på følgende:

- Undgå unødige varmeudvikling
- Brug skarpe bor, som kun bruges i plast
- Udspån så spåner ikke brænder fast i hullet
- Køl med vand eller kølemiddel – afhængig af plasttype



- Slå aldrig kørneprik i sprøde materialer
- I nogle delkrystallinske materialer – f.eks. PA og PE – bliver hullet lidt mindre end boret

Boretts skærehastighed regnes ved dets periferi:

$$V = \frac{\pi \times d \times n}{1000} \text{ m/min.}$$

n = omdrejningstal pr. min.

d = borediameter

Heraf kan omdrejningstallet n bestemmes, når hastigheden V vælges, og d er kendt fra tegning eller skitse.

$$n = \frac{V \times 1000}{\pi \times d} \text{ omdr./min.}$$

Ved efterbearbejdning af et hul med rival til en finere pasning anvendes en almindelig rival.

## Spåntagende bearbejdning

Hullet har en tendens til at blive lidt mindre end rivalens tolerance angiver. Det skyldes, at rivalen ikke udelukkende skræber, men også presser hullet.

### Gevindskæring

Gevindskæring skal anvendes med omtanke ved de kærvfølsomme plasttyper.

Ubelagte maskintappe bør foretrækkes.

Ved materialer der klemmer omkring tappen, kan der med fordel anvendes tappe, hvor hver anden tand er fjernet på den cylindriske del af tappen. Det nedsætter friktionen og gør smøringen mere effektiv. Ulemper ved den type tap er, at den kræver tvangsstyring.

Ved gevindskæring skal nedenstående regler følges:

- Forboring skal være 0,1 mm større end ved metal.
- Tappene skal være skarpe og må kun benyttes til plast
- Anvend ikke skæreolie uden at kontrollere, om plastmaterialet er resistent overfor det
- Ved returkøring af tappen, skal udvises særlig forsigtighed da gevindet ellers rives af.

Gevindbøsninger til ipresning og iskruning er velegnede til de blødere materialer:

- De fordeler spændingerne over en større overflade
- De giver mulighed for overførsel af større kræfter
- Der er ikke så stor risiko for at ødelægge gevind ved af- og påskrining

### Gevindfræsning

Ved gevindfræsning fremstilles gevind ved hjælp af et roterende værktøj hvor der udføres cirkelslag med en helical bevægelse. Herved skaber værktøjets sideværts bevægelse gevindstigningen i en bevægelse.

Gevindfræsning kræver maskiner, der er i stand til at udføre bevægelser i X-, Y- og Z-retningerne samtidig.

Gevindfræsning kan med fordel anvendes når:

- Der bearbejdes asymmetriske/ikke-roterende komponenter
- Der bearbejdes materialer der giver spånbrudnings- og spånafgangsproblemer
- Der bearbejdes seje materialer, der frembringer høje skærekrafter
- Der bearbejdes op mod et hjørne eller tæt på bunden af et bundhul
- Der bearbejdes tyndvæggede emner
- Man ikke ønsker at risikere, at gevindtappen knækker i dyre emner – gevindfræsere kan altid fjernes fuldstændigt fra emnet

### Fræsning

De standardværktøjer, der egner sig bedst til fræsning i plast, er aluminiumfræsere eller fræsere til træbearbejdning.

Værktøjer kan med hensyn til form og anvendelses-

område opdeles i et stort antal typer, f.eks.:

- Valsefræsere
- Endeplansfræsere
- Savfræsere
- Skivefræsere
- Fræser eller knivhoved

Værktøjsmaterialet i fræsere er sædvanligvis HSS-stål eller hårdmetal. HSS-stålet er let at formslibe, hvorfor et stort antal fræseværktøjer og især værktøjer med små dimensioner er fremstillet i dette materiale.

Et-skærs fræsere eller borehoved med stål slebet som angivet under drejning, er det ideelle og bør anvendes, hvor færrest mulige spændinger skal tilstræbes.

To-skærs fræsere er meget anvendt ved lukkede spor og noter, idet man i modsætning til fir-skærs fræsere undgår en pakning af materialet.

Endeplansfræsere anvendes især ved større flader og arbejde, der kræver en solid fræser på en kort enddorn.

Krydsfortandet skivefræsere anvendes til dybe spor, navnlig i bløde materialer som plast.

Betingelserne for rationel fræsning er:

- Høj skærehastighed
- Skarpt værktøj
- Effektiv køling
- Fornuftig opspænding

Det er vigtigt at undgå:

- Gratdannelse
- Skarpe overgange

Det kan give problemer at opspænde emner på fræseplanet. Bløde materialer, der skal fræses til tynde emner, giver problemer med placering af spændeelementerne.

Sørg for at spænde så tæt ved bearbejdningsstedet som muligt, og undgå, at emnet kan krumme under bearbejdningen.

Kontroller løbende, at emnet ikke har løsnet sig.

Vakuumpfan er en god løsning. Det giver mulighed for at fræse hele yderkonturen i én opspænding. Det tillader også, at emnet kan udvide sig i længderetningen, hvis der sker en temperaturstigning.

### Tilspænding pr. tand ved fræsning:

Skærende værktøj	HSS stål	Hårdmetal
Valsefræser	0,25 mm	0,30 mm
Endeplansfræser	0,18 mm	0,18 mm
Savfræser	0,08 mm	0,10 mm
Skivefræser	0,20 mm	0,23 mm
Profilfræser	0,10 mm	0,13 mm
Fræser- eller knivhoved	0,32 mm	0,38 mm

### Fræsning:

Plasttype	Frigangsvinkel $\alpha$ (°)	Spånvinkel $\gamma$ (°)	Skærehastighed V (m/min)
PA	5-15	0-15	200-500
POM	5-15	0-15	200-400
PETP	5-15	0-15	150-300
PEEK	5-15	0-15	150-300
PPS	10-20	5-15	200
PE	10-20	5-15	250-500
PP	10-20	5-15	250-500
PVDF	5-15	0-15	200-500
PTFE	5-15	5-15	250-500
PC	5-15	0-15	200-400
PVC	5-10	0-15	1000
PMMA	2-10	2-10	2000
PSU	5-15	0-15	200-400
ABS	5-10	0-10	300-500

Ved fræsning i plast skal skærehastigheden være høj. Formlen, som anvendes ved drejning, kan også anvendes her:

$$V = \frac{D \times N}{320} \text{ eller } n = \frac{V}{D} \times 320$$

V = skærehastighed (m/min.)

D = fræsediameter

N = omdrejningstal pr. min.

Ved fræsning anvendes tilspænding pr. tand. Tilspændingen beregnes på følgende måde:

$$S_t = \frac{S_b}{t \times n}$$

$S_b$  = bordtilspænding (mm/min.)

t = antal tænder på fræsere

n = omdrejninger pr. min.

Tilspænding pr. tand ved fræsning i plast ( $S_t$ ): (retningsgivende)

Ved fræsning får den bearbejdede flade en vis ruhed, som er dannet af forskellige parametre:

- Værktøjets opspænding
- Stivhed
- Størrelse
- Tilspænding pr. tand
- Fræsetandens geometriske form

For endfræsning, valsefræsning og høvling med tykkelseshøv og kutter beregnes  $R_{max}$  værdien som følgende:

$$R_{max} = \frac{S_t^2}{4D} = \frac{S_n^2}{4D \times t^2} = \frac{S_n^2}{8 \times r \times t^2}$$

$S_t$  = tilspænding pr. tand (mm) =

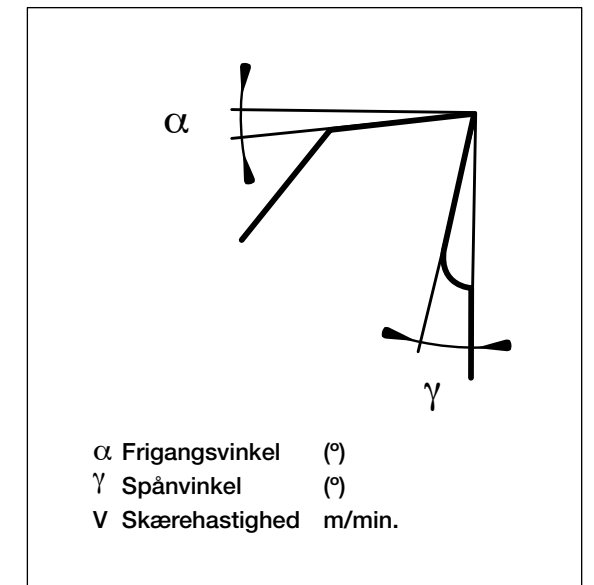
$S_n$  = tilspænding pr. omdr. (mm)

D = værktøjets diameter (mm)

T = antal skær/fræserens tandantal

R = skærræggens næseradius (mm)

## Spåntagende bearbejdning



$\alpha$  Frigangsvinkel (°)  
 $\gamma$  Spånvinkel (°)  
 V Skærehastighed m/min.

### Klipning:

- De fleste plastmaterialer kan klippes på en pladesaks, automatisk eller manuelt
- Selv en lille håndpladesaks kan være velegnet til pladetykkelser op til 2 mm
- Nedkølede plastmaterialer bliver stive og sprøde. Plader der klippes bør have en temperatur på min. 20 °C
- Skærespalten skal ligge på 0,01 – 0,02 mm
- Sprøde materialer som PS og PMMA, kan kun klippes hvis de er opvarmet til over 50 °C
- Det samme gælder for andre materialer når pladetykkelsen er over 3 mm
- Husk at tage højde for den termiske udvidelseskoefficient

### Stansning:

- Ved stansning med faconstål eller todelte værktøjer, skal materialerne opvarmes til ca. 30 °C. Dette kan i visse tilfælde med fordel gøres ved at montere en varmluftpistol på stansmaskinen
- Stansværktøjet må ikke føres for hurtigt ned i materialet. Værktøjet kan med fordel fremstilles skrånstillet ca. 5 ° i forhold til vandret, således at der ikke sker en afsnitning på én gang
- Ved nogle plasttyper må materialetemperaturen og/eller stempeltemperaturen øges til 100 – 150 °C
- Snitspalten skal ved 3 – 4 mm tykke plader være ca. 0,01 mm
- Udstansning af emner i plast følger samme retningslinjer som klipping
- Ved stansning af opvarmede materialer skal man huske at indkalkulere udvidelseskoefficienten, når emnestørrelsen beregnes

### Filing/skrabning:

- Til filing af plast anvendes enkelthugget fil med størst mulig grovhed
- Trykket på filen skal være let
- En krydsfil er uhensigtsmæssig, ide den meget hurtigt sættes til og herefter er vanskelig at rengøre

- Filen må ikke anvendes til metal – kun til plast
- Et trækkende snit midt for de skråtstillede skær er fordelagtigt
- I mange tilfælde er skrabning bedre end filning, idet overfladen efter skrabning fremtræder glattere og uden kærv
- Der kan anvendes flere typer skrabere – trekant-skrabere, parketskrabere (med udskiftelige klinger), ziehklinger eller specialfremstillede skrabere lavet af gamle high speed savklinger
- De sidstnævnte slibes til passkrabere til hjørner, kanter o.l.
- Ved skrabning skal man være forsigtig og passe på, at skraberen ikke smutter ud i det færdigbearbejdede materiale. Da vil der kunne opstå ridser, der kan give kærvvirkninger

### Slibning:

- Dybtgående ujævnheder kan ikke fjernes ved slibning
- Mindre ujævnheder, hvor der kun skal fjernes lidt materiale for at opnå den ønskede overflade, kan med fordel behandles med slibning
- Især hvor der til sidst ønskes en overfladepolering, er slibning ofte nødvendig
- Slibning med slibebånd eller båndpudser er velegnet
- Rundslibning kan ikke anbefales
- Med slibebåndet kan der opnås bedre afkøling af slibefladeren
- Båndhastigheden bør ligge i området 20-30 m/s
- Trykket mod båndet skal være meget lille
- Kornstørrelsen på båndet bør være ca. 400 – 500
- Håndslibning skal udføres med et lille tryk, i modsat fald vil slibepapiret hurtigt sætte sig
- Ved anvendelse af forskellige kornstørrelser på slibepapiret, kan den ønskede overfladeruhed opnås

### Laser- og vandstråleskæring:

- De fleste plastmaterialer kan skæres i facon med begge skæremetoder
- Skæremetoderne kan med fordel anvendes til kurvede former og skiltebogstaver
- Hvis der kræves stor målnøjagtighed, kan det være nødvendigt med en efterbearbejdning, da der sker en lille udbøjning af skærestrålen – afhængig af pladetykkelse og materiale

- Ved vandstråleskæring kan man f.eks. i PE skære pladetykkelser på op til 100 mm
- Ved laserskæring skal man regne med mindre pladetykkelser
- Der sker en løbende udvikling indenfor begge teknologier, så man bør altid kontakte sin leverandør for oplysning af præcise muligheder
- PVC afgiver klorbrinte når der laserskæres i det. Klorbrinte danner sammen med luftens vand saltsyre. Det kan give korrosion på metaller tæt på skærestedet
- PC har en tendens til at blive misfarvet gul ved laserskæring
- Laserskæring giver derimod PMMA en kant der er meget fin og glat – som poleret
- Plastmaterialer reagerer meget forskelligt på de to skæreteknologier. Derfor skal man altid foretage en grundig undersøgelse af mulighederne inden man vælger teknologi. Et alternativ til laser- og vandstråleskæring er ofte planfræsning

### Polering:

- Næsten alle plastmaterialer kan poleres op til en vis glans – fra satin (silkemat) til højglans
- Resultatet af polering afhænger af overfladens forbehandling og operatørens omhu
- Overfladen skal behandles med slibepapir af forskellig finhedsgrad, hvis den har været bearbejdet eller savet
- Derefter kan polerpasta af en eller to finhedsgrader påføres og behandles med polerskive
- Overfladehastigheden af polerskiven kan være 25 – 30 m/s
- Polerskiven bevæges over overfladen i cirkulære bevægelser for at undgå lokal overophedning
- Der findes særlige typer polerpasta til plast, men normalt kan almindelige polermidler tilbehandling af autolak anvendes
- Man kan polere maskinelt, hvor der anvendes diamantværktøjer
- Ved maskinel polering anvendes en industridiamant ved skrubbearbejdningen og en naturdiamant ved sletbearbejdningen
- Der kan opnås meget flotte resultater ved maskinel polering
- PMMA kan poleres ved fræsning ved anvendelse af naturdiamantværktøjer



### Problemer og løsninger

#### Boring:

Problem	Typiske årsager	
Koniske huller	1. Ukorrekt slebet bor 2. Utilstrækkelig frigang	3. For kraftig tilspænding
Brændt eller smeltet overflade	1. Forkert type bor 2. Ukorrekt slebet bor	3. For let tilspænding
"Chips" i overfladen	1. For kraftig tilspænding 2. For stor frigang	3. For stor spånvinkel
Vibrationer	1. For stor frigang 2. For let tilspænding	3. For stor spånvinkel
Tilspændingsmærker eller spirallinjer på indvendige diameter	1. For kraftig tilspænding 2. Bor ikke centreret	3. Bor spids ikke centreret
For store huller	1. Tværskæret er ikke centreret 2. Borets styrekant er for tyk 3. Utilstrækkelig frigang	4. For kraftig tilspænding 5. For stor spidsningsvinkel
For små huller	1. Sløvt bor 2. For stor frigang	3. Spidsningsvinkel for lille
Huller er ikke koncentriske	1. For kraftig tilspænding 2. For langsom spindelhastighed 3. Boret stikker for dybt i næste emne 4. Stikstålet efterlader en afstikkertap, som afbøjer boret	5. Borets styrekant er for tyk 6. Borehastigheden er for stor i starten 7. Boret er ikke centreret ved fastspændingen 8. Boret er ikke slebet korrekt
Grater ved afstik	1. Sløvt stikstål 2. Boret gennem-borer ikke emnet helt	
Hurtig sløvning af bor	1. Borets tilspænding er for lille 2. Spindelhastigheden er for stor	3. Utilstrækkelig smøring fra kølemiddel

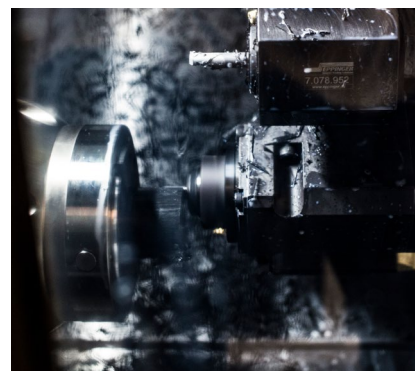
#### Savning:

Problem	Typiske årsager	
Smeltet overflade	1. Sløvt værktøj 2. Utilstrækkelig frigangsvinkel	3. Utilstrækkelig køling
Grov overflade	1. For kraftig tilspænding 2. Værktøj ukorrekt slebet	3. Skære kant ikke slebet
Spiral mærker	1. Savklingen er ikke fri fra materialet ved returløb 2. Spåner sidder fast på savklingens tænder	
Konkave eller konvekse overflader	1. For stor frigang 2. For let tilspænding	3. For stor spånvinkel
Knaster eller grater på skæreflader	1. For kraftig tilspænding 2. Bor ikke centreret	3. Bor spids ikke centreret
Grater på udvendig diameter	1. Sløvt værktøj 2. Ingen skrå kant foran skærediameteren	

#### Drejning og fræsning:

Problem	Typiske årsager	
Smeltet overflade	1. Sløvt værktøj 2. Utilstrækkelig frigangsvinkel	3. For let tilspænding 4. For høj spindelhastighed
Grov overflade	1. For kraftig tilspænding 2. Ukorrekt frigangsvinkel	3. Skarp spids på værktøjet (let radius kræves) 4. Værktøjet er ikke centreret (monteret i centrum)
Grater på de fræste kanter	1. Ingen skrå kanter ved skarpe hjørner 2. Sløvt værktøj 3. Utilstrækkelig frigangsvinkel	4. Ingen indgangsvinkel på værktøjet (værktøjet skal fjernes gradvist fra materialet, ikke i et ryk)
Revner eller "chips" i hjørnerne	1. For stor positiv hældning på værktøjet 2. Værktøjet er ikke ført let ind i materialet (det slår for hårdt på materialet) 3. Sløvt værktøj	4. Værktøjet er monteret under centrum 5. Skarp spids på værktøjet (let radius kræves)
Vibrationer	1. For stor næseradius på værktøjet 2. Værktøjet ikke monteret fast nok	3. Materiale ikke understøttet/monteret godt nok 4. Skærebredden er for stor (anvend to snit)





Alle informationer i dette hæfte er givet ud fra vor bedste viden og uden ansvar for Vink Plast. Tekniske oplysninger bygger i vid udstrækning på informationer fra forskellige råvareleverandører.

Kopiering og gengivelse af indhold eller uddrag i anden sammenhæng kun efter forudgående aftale. Vink Plast ApS, februar 2018.

## Vink Plast ApS

Kristrup Engvej 9  
DK-8960 Randers SØ  
Tlf. 89 11 01 00  
Fax 89 11 02 94  
email: [info@vink.dk](mailto:info@vink.dk)

[www.vink.dk](http://www.vink.dk)

