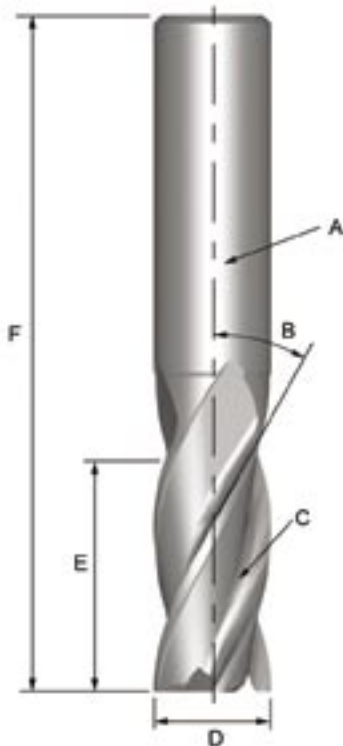
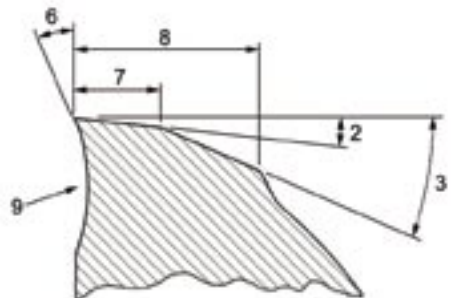
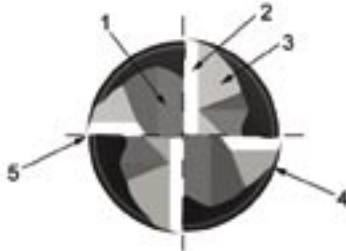


Fräsning

NOMENKLATUR



- A Skaft
- B Spiralvinkel
- C Spår
- D Ytterdiameter
- E Skärkantlängd
- F Totallängd



- 1 Uppklyvning
- 2 Primär släppningsvinkel
- 3 Sekundär släppningsvinkel
- 4 Frigång
- 5 Skäregg

- 6 Spånvinkel
- 7 Bredd på primärsläppning
- 8 Bredd på sekundärsläppning
- 9 Spånsida

ATT TÄNKA PÅ VID FRÄSNING

Fräsning är en process där man skapar en bearbetad yta genom att fräsa bort ett förutbestämt stort ingrepp från arbetsstycket genom att ett fräsverktyg roterar med en bestämd hastighet och rör sig fram med en relativt låg hastighet.

En karakteristisk egenskap med fräsning är att varje skäregg skär bort en liten del material och genererar en spåna.

TYP AV FRÄSVERKTYG

De tre grundläggande fräsoperationerna visas nedan: (A) valsfräsning, (B) planfräsning och (C) pinnfräsning.



Vid valsfräsning är verktygets rotationsaxel parallell med den bearbetade ytan. Fräsen har ett antal skärkanter längs periferin.

Valsfräsar kan ha raka eller spiralslipade skäreppor som genererar ett plant eller snedställt skärförlopp.

Vid planfräsning är fräsen monterad på en spindel vars roterande axel är vinkelrät mot den bearbetade ytan. Den frästa ytan skapas av skäreppor placerade på fräsens periferi och ändytan.

Vid pinnfräsning är fräsens roterande axel vinkelrät positionerad mot arbetsstycket. Fräsen kan lutas för att bearbeta lutande plan. Pinnfräsen har vanligtvis skäreppor både på ändytan och periferin.

Fräsning

VALS OCH PLANFRÄSAR

Hålfräsar	Skivfräsar	Vinkeländfräsar	
Har skäreppor på periferin och skäreppor på ändytan. Har även ett kilspår genom centrumhålet för att säkra fräsen på spindeln.	Har skäreppor på båda sidorna samt på periferin. Skärepporna sitter växelvis, så att varje skärepp bearbetar en viss sida. Denna design gör det möjligt att bearbeta stora och djupa ingrepp.	På vinkeländfräsar ligger skärepporna på en kon istället för på en cylinder. Fräsen kan vara enkel eller dubbelsidig.	

PINNFRÄSAR

Pinnfräs	Radiepinfräsar	Pinnfräs med hörnradie	Mikrofräsar
Pinnfräs som är vinkelrät med ände och periferi.	Änden på denna frästyp är sfärisk.	Denna pinnfrästyp har en radie i övergången mellan ändskär och periferiskär.	Pinnfräsar med diameter under 1 mm.

VAL AV PINNFRÄS OCH FRÄSPARAMETRAR

Före genomförande av ett fräsjobb måste några beslut fattas:

- Välj mest lämpliga fräs för applikationen
- Rätt skärhastighet och tandmatning för att få bäst balans mellan snabb avverkning och livslängd.

Val av mest lämpliga fräs:



- identifiera vilken typ av fräsoperation som skall utföras:-
 1. typ av pinnfräs
 2. typ av ändskär
- Kontrollera i vilken kondition verktyget är.
- Välj den verktygsdimension som ger minst utböjning och böjpfästning:-
 1. högsta styvhet
 2. största möjliga fräsdiameter
 3. undvik onödigt utstick på verktyg från verktygshållaren.
- Välj antal spår
 1. många spår – minskat spånutrymme – ökad stabilitet – ger högre matningshastighet
 2. få spår – ökat spånutrymme – minskad stabilitet – förbättrad spånevakuumering.

Val av rätt skärhastighet och matning kan endast göras när följande faktorer är kända:

- Material att bearbeta
- Material i verktyg
- Tillgänglig spindeleffekt
- Ytfinhetskrav

PINNFRÄSENS EGENSKAPER – ÄNDSKÄR

Typ av ändskär kan delas in i :

Ändskär till centrum	Ändskär som ej går till centrum
	
<p>Medger borrar och rampning.</p> <p>Normalt två eggar till centrum när fräsen har jämnt antal skär, (2-4-6, osv.). Endast ett skär till centrum när fräsen har ojämnt antal skär, (3-5, osv).</p>	<p>Används endast för sidbearbetning och öppna spår.</p> <p>Medger omslipning mellan dubbar.</p>

Fräsning

PINNFRÄSENS EGENSKAPER - VÄLJ ANTAL SKÄR

Antal skär väljs efter:

- Arbetsmaterial
- Storlek på arbetsstycke
- Förutsättningarna för fräsning

	2 Skär	3 Skär	4 Skär (eller flerskäriga)	
Böj Styvhet	Låg	←————→		Hög
Spån utrymme	Stort	←————→		Litet
	<ul style="list-style-type: none"> • Stort spånutrymme. • Enkel spånevakuering. • Bra för spårfräsning • Bra för grovbearbetning. • Låg styvhet pga. liten kärndiameter. • Dålig ytfinitet 	<ul style="list-style-type: none"> • Spånutrymme nästan lika stort som på 2-skärigt verktyg. • Större kärndiameter – högre styvhet än 2 skär. • Förbättrad ytfinitet. 	<ul style="list-style-type: none"> • Bästa styvhet. • Stor kärndiameter-litet spånutrymme. • Ger bästa ytfinitet. • Rekommenderad för sidbearbetning och grund spårfräsning. 	

PINNFRÄSENS EGENSKAPER – SPIRALVINKEL



En ökning av antalet spår gör att belastningen på den enskilda skärebben blir jämnare över tiden, vilket ger en förbättrad ytfinitet. En hög spiralvinkel ger en ökning av den axiella kraften, (FV). En hög axiell kraft kan ge:

- Belastningsproblem på spindellagring
- Fräsrörelser längs spindelaxeln. För att undvika detta kan en weldonhållare eller en kraftchuck användas.







PINNFRÄSENS EGENSKAPER – TYP AV FRÄS



DIN 1836 definierar följande fräsprofiler:

	Fräs för stålmaterial, låg till höghållfasta.
	Fräs för mjuka material.

DIN 1836 definierar också följande spändelar typer:

	Spändelare med rund topp Lämplig för grovbearbetning av stål och icke-järn legeringar med brotthållfasthet till och med 800 N/mm ² .
	Spändelare med fin rund topp Lämplig för hårda stål och icke-järn legeringar med brotthållfasthet över 800 N/mm ² .
	Gles spändelare med plan topp Lämplig för grovbearbetning av lättmetaller och för medelgrov bearbetning av stål och icke-järn legeringar.
	Spändelare med plan topp Används för samma applikationer som NR. Ger dock en bättre ytfinitet och är därför placerad mellan grov- och finbearbetning, kallad medelgrov bearbetning.

Dormer har introducerat två typer av grovfräsar med **asymmetrisk spändelare**:

	Asymmetrisk spändelare med fin rund topp. Spändelarens asymmetriska form reducerar vibrationer och förlänger livslängden.
	Asymmetrisk spändelare med rund topp. Spändelarens asymmetriska form reducerar vibrationer och förlänger livslängden.

TYP AV PINNFRÄSOPERATIONER

Det finns många olika operationer som går under begreppet "pinnfräsning".

För varje operation finns en optimal fräs. Tre parametrar påverkar valet av fräs:

- Fräsriktningar som skall användas
- Avverkningshastighet
- Applikation

Fräsning

FRÄSRIKTNINGAR

Vi kan dela upp frässortimentet beroende på antalet möjliga fräsriktning relativt arbetsstyckets yta. Det finns tre olika varianter:

3 riktningar	2 riktningar	1 riktning

Notera att den axiella riktningen bara är möjlig när fräsen har ändskär till centrum.

AVVERKNINGSHASTIGHET Q

Avverkningshastigheten Q kan beräknas som mängden bearbetat material delat med bearbetningstiden. Mängden bearbetat material är arbetsstyckets ursprungliga mängd minus den mängd som återstår efter bearbetning. Bearbetningstiden är den tid det tar för verktyget att röra sig över hela arbetsstyckets längd. Denna parameter påverkar starkt ytans utseende efter bearbetning.

$$Q = \frac{a_p * a_e * v_f}{1000}$$

Q = Avverkningshastighet (cm³/min) a_e = radiellt skärdjup (mm)

a_p = axiellt skärdjup (mm) v_f = matningshastighet mm/min

APPLIKATIONER

Avverkningshastigheten Q kan beräknas som mängden bearbetat material delat med bearbetningstiden. Mängden bearbetat material är arbetsstyckets ursprungliga mängd minus den mängd som återstår efter bearbetning. Bearbetningstiden är den tid det tar för verktyget att röra sig över hela arbetsstyckets längd. Denna parameter påverkar starkt ytans utseende efter bearbetning.

Sidbearbetning	Planfräsning	Spårfräsning	Borring	Rampning
Radiella ingreppet bör vara mindre än 0,25 gånger fräsdiametern.	Radiella ingreppet får ej överstiga 0,9 gånger diametern. Axiella ingreppet mindre än 0,1 gånger diametern.	Bearbetning av spår för kilspår. Radiella ingreppet lika som fräsens diameter.	Det är möjligt att borra med en pinnfräs om verktyget har ändskär till centrum. Reducera matningen motsvarande antal skär, 2skär 1/2 matning, 3skär 1/3 osv.	Kombinerad axiell och radiell rörelse in i arbetsstycket.

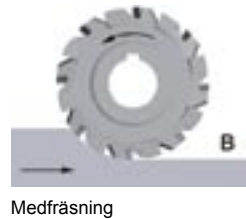
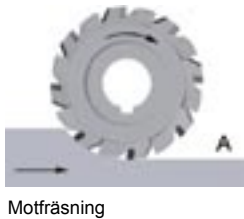


P9 Spårfräsning

Det är viktigt att understryka möjligheten att tillverka ett spår med P9 tolerans (Se tabell på sidan 20 under sektionen Allmän Information). Dorners fräsar som kan producera till denna tolerans har en P9 ikon.

FRÄSNING – MOTFRÄSNING RESPEKTIVE MEDFRÄSNING

Fräsning kan utföras antingen genom motfräsning eller medfräsning



MOTFRÄSNING

Vid motfräsning bildas den största spåntjockleken vid slutet av skärets ingrepp. Matningsriktningen är motriktad mot verktygets rotationsriktning.

Fördelar:

- Skäreppens ingrepp är inte en funktion av arbetsstyckets ytegenskaper.
- Föroreningar och/eller gjutskal på arbetsstyckets yta påverkar ej verktygslivslängden.
- Skärförloppet är mjukt så länge verktygets egg är vassa.

Nackdelar:

- Verktyget har en tendens att glida på ytan .
- Arbetsstycket har en tendens att dras uppåt, därför är korrekt fastspänning viktigt.
- Snabbare fäsförslitning än vid medfräsning.
- Spånorna faller in framför verktyget vilket kan leda till svårigheter med spånevakuering.
- Högre effektförbrukning på grund av ökad friktion, då ingreppet går från noll till full spåntjocklek.
- Ytfinheten försämras, då spånorna transporteras uppåt över ytan.

Fräsning

MEDFRÄSNING

Vid medfräsning startar ingreppet med den största spåntjockleken. Matningsriktningen och verktygets rotationsriktning är åt samma håll.

Fördelar:

- Den nedåtriktade skärkrafts komponenten trycker arbetsstycket nedåt, vilket kan vara positivt vid slanka detaljer.
- Bra spånavgång – spånorna lämnas bakom verktyget.
- Mindre förslitning – ökad livslängd med upp till 50 % mot motfräsning.
- Förbättrad ytfinhet – mindre risk för spånklämmning.
- Lägre effektförbrukning – fräsar med högre spånvinkel kan användas.

Nackdelar:

- Pga. den relativt höga belastningen vid skäreggens start av ingreppet måste uppspänningen vara stabil. Glapp i maskinen måste elimineras.
- Medfräsning är inte att rekommendera när arbetsstyckets yta är förorenad eller har gjutskal. Gjutskal är hårda och abrasiva vilket skapar kraftig förslitning och kort livslängd.

RADIEPINNFRÄSAR

En radiepinnfräs, även kallad sfärisk pinnfräs, har en sfärisk skäregg på fräsens ändyta. Radiepinnfräsar används framförallt vid bearbetning av formverktyg, pressverktyg och arbetsstycken med komplicerade former inom fordonsindustrin, flygindustrin och försvarsindustrin.

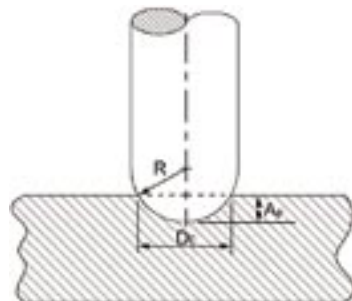
Den effektiva diametern används vid beräkning av varvtal för radiepinnfräsar. Den effektiva diametern är definierad som den diametern på verktyget vid det maximala skärdjupet. Effektiv diameter påverkas framförallt av två parametrar: verktygsradie och skärdjup.

$$D_E = 2 * \sqrt{R^2 - (R - A_p)^2}$$

D_E = Effektiv diameter

R = Verktygsradie

A_p = Axiellt skärdjup



Effektiv diameter ersätter verktygsdiameter vid beräkning av skärhastighet V_c för radijepinnfräsar. Formel enligt nedan:

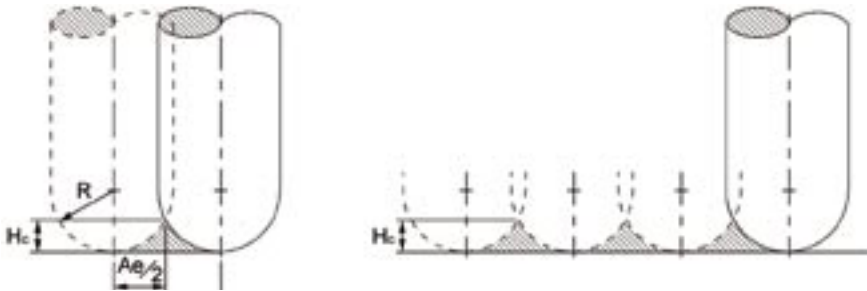
$$V_c = \frac{\pi * D_E * n}{1000}$$

V_c = Skärhastighet (m/min)

D_E = Effektiv diameter (mm)

n = Varvtal (rpm)

När en radijepinnfräs används för att bearbeta en yta fram och tillbaka bildas en ås mellan varje övergång. Höjden på denna ås kallas profilhöjd.



Profilhöjden beräknas med följande formel:

$$H_c = R - \sqrt{R^2 - \left(\frac{Ae}{2}\right)^2}$$

eller

$$Ae = 2 \sqrt{R^2 - (R - H_c)^2}$$

H_c = Profilhöjd

R = Verktygets radie

Ae = Radiella steget mellan två passeringar

Förhållandet mellan H_c och R_A (ytfinhet) kan approximeras i följande tabell:

H_c (μm)	0,2	0,4	0,7	1,25	2,2	4	8	12,5	25	32	50	63	100
R_A (μm)	0,03	0,05	0,1	0,2	0,4	0,8	1,6	3,2	6,3	8	12,5	16	25

R_A är ungefär 25 % av H_c

Fräsning

RADIEPINNFRÄSNING AV HÄRDAT STÅL

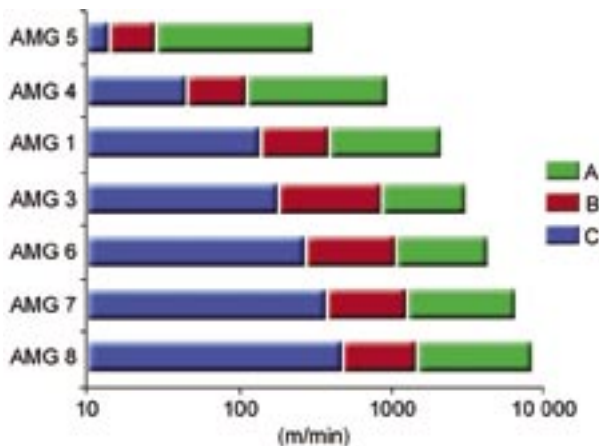
Följande riktlinjer kan användas för axiella djup vid bearbetning av härdat stål.

Hårdhet (HRC)	Axiellt djup = A_p
$30 \leq 40$	$0,10 \times D$
$40 \leq 50$	$0,05 \times D$
$50 \leq 60$	$0,04 \times D$

HÖGHASTIGHETSBEARBETNING

Höghastighetsbearbetning, High Speed Machining (HSM), kan definieras på många olika sätt. Med avseende på skärhastighet kan HSM definieras som skärhastigheter avsevärt högre än vad som normalt används för ett specifikt material.

A = HSM område, B = Övergångsområde, C = Normalt område



DEFINITION AV HSM

Vid en bestämd skärhastighet (5-10 gånger högre än vid konventionell bearbetning), börjar temperaturen vid spånavskiljning att sänkas.

FÖRDELAR MED HSM

- | | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Ökat maskinutnyttjande • Förbättrad detaljkvalitet • Reducerad bearbetningstid • Minskat manuellt efterarbete (slipning, gradning) • Sänkta kostnader • Låg verktygstemperatur • Minimal förslitning vid hög hastighet • Färre verktyg behöver användas | <ul style="list-style-type: none"> • Låga skärkrafter • Lägre effektförbrukning • Mindre utböjning av verktyg • Ökad noggrannhet och ytfinitet • Möjlighet att bearbeta tunna detaljer • Reducerad processtid |
|--|---|

STRATEGIER VID FRÄSNING

MATNINGSKORRIGERING VID INVÄNDIGA OCH UTVÄNDIGA RADIER

Invändig radie	Utvändig radie
$v_{f\,prog} = v_f * \frac{R2 - R}{R2}$	$v_{f\,prog} = v_f * \frac{R2 + R}{R2}$
<p>A = Arbetsstyckets bearbetade kontur B = Fräscentrums förflyttning R = Fräsens radie R1 = Fräsens förflyttningsradie R2 = Arbetsstyckets slutliga radie</p>	

Viktigt: Vissa maskiner har en automatisk korrektion, M-funktion.

RAMPNING

Rekommendationer för maximal rampvinkel (α) för hårdmetall-pinnfräsar.

Antal skäreggar på pinnfräsen	2	3	≥ 4
För stål och gjutjärn	≤ 15	≤ 10	≤ 5
För aluminium, koppar och plast	≤ 30	≤ 20	≤ 10
För härdat stål	≤ 4	≤ 3	≤ 2



Fräsning

SPIRALINTERPOLERING

Rekommendationer för spiralinterpolering i olika material.

Material	Rekommenderat a_p
Stål	$< 0,10 \times D$
Aluminium	$< 0,20 \times D$
Härdat stål	$< 0,05 \times D$

$$D_{b_{max}} = 2 * (D - R)$$

$D_{b_{max}}$ = Maximal håldiameter

D = Fräsens diameter

R = Hörnradie på fräsen

Använd maximal håldiameter (nära $D_{b_{max}}$) för att erhålla bra spånavgång.

BORRNING MED PINNFRÄS

Vid denna operation måste den rekommenderade matningen delas med antalet skär på fräsen. Observera att det inte är lämpligt att borra med en fräs som har mer än fyra skär.

$$V_f \text{ borring} = V_f / z$$



PROBLEMLÖSNING

Problem	Orsak	Åtgärd
Brott	För stort ingrepp	Dela upp i flera passeringar
	För hög matning	Minska matning per tand
	För lång spårlängd eller totallängd	Minska överhäng alternativt använd kortare fräs
Förslitning	Arbetsmaterial för hårt	Se Dormer katalog eller Product Selector för att finna en fräs med rätt material och beläggning
	Olämplig skärhastighet och/eller matning	Se Dormer katalog eller Product Selector för korrekta skärdata
	Dålig spånavgång	Rikta om kylningen
	Motfräsning	Medfräsning
	Felaktig spiralvinkel på fräsen	Se Dormer katalog eller Product Selector för att finna rätt fräs
Urfällning	För hög matning	Reducera matning
	Vibrationer	Sänk varvtalet
	För låg skärhastighet	Höj varvtalet
	Motfräsning	Medfräsning
	Verktogsstabilitet	Minska överhäng alternativt använd kortare fräs
	Arbetsstyckets stabilitet	Förbättra uppspänningen
Kort livslängd	Tufft arbetsmaterial	Se Dormer katalog eller Product Selector för att finna rätt fräs
	Felaktig spånvinkel och/eller släppningsvinkel	Ändra till korrekt design
	Friktion mellan verktyg och arbetsmaterial	Använd belagt verktyg
Dålig ytfinitet	För hög matning	Reducera matning per tand
	För låg skärhastighet	Öka varvtalet
	Spånstockning	Minska ingreppet
	Verktogs förslitning	Byt eller slipa om verktyg
	Lösegg	Använd verktyg med högre spiralvinkel
	Påsvetsningar	Öka flödet av kylmedel
Felaktigheter på arbetsstyckets yta	Utböjning	Minska överhäng alternativt använd kortare fräs
	För få skåregger på verktyget	Använd verktyg med fler skåregger
	Osymmetrisk / sliten verktygshållare	Reparera eller byt verktygshållare
	Dålig verktygshållar-stabilitet	Byt ut mot kortare / stabilare verktygshållare
	Dålig stabilitet i spindel	Använd maskin med stabilare spindel
Vibrationer	För hög matning och skärhastighet	Se Dormer katalog eller Product Selector för korrekta skärdata
	För lång spårlängd eller totallängd	Korta utstick alternativt använd kortare fräs
	För stort ingrepp	Minska skärdjup
	För dålig stabilitet i hållare och maskin	Byt till stabilare hållare
	Arbetsstyckets stabilitet	Förbättra uppspänningen