SANDVIK Coromant

Sorvaus-käsikirja

Yleissorvaus – Katkaisu ja uransorvaus – Kierresorvaus

Omat olosuhteet

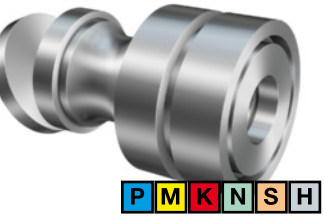
Ennen koneistuksen aloittamista on käytävä läpi työn perusteet.

Työkappale

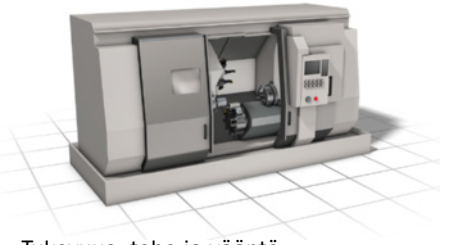
- Työvaihe
- Kappaleen malli (esim. iso, hoikka)
- Kierreprofiili
- Sarjan pituus
- Laatuvaatimukset

Materiaali

- Lastuttavuus (helposti vai vaikeasti lastuttava)
- Pinta (esim. koneistettu, taottu)
- Kovuus



Kone



- Tukevuus, teho ja vääntö
- Työkappaleen kiinnitys
- Tavanomainen vai korkea lastuamisnesteen paine
- Käytetäänkö lastuamisnestettä vai ei

Sisällysluettelo

1 Yleissorvaus **2**

Wiper-terät 6

Terägeometria ja -laatu 7

Paranna tuottavuutta 9

Käytännön vinkkejä 11

2 Katkaisu ja uransorvaus **16**

Katkaisu – käytännön vinkkejä 18

Ulkopuolinen uransorvaus – käytännön vinkkejä 22

Sisäpuolinen uransorvaus – käytännön vinkkejä 26

Aksiaalipisto – käytännön vinkkejä 28

3 Kierresorvaus **30**

Sisäänsyöttö ja terämallit 33

Terägeometria ja -laatu 35

Sivupäästökulma 36

Käytännön vinkkejä 38

4 Erikoiskovat teräaineet **39**

Käytännön vinkkejä 40

5 Lisätietoja **42**

Voitto tuottavuuskisassa 42

Pikavaihtotyökalut 44

CoroTurn® SL 45

CoroTurn® HP 46

Silent Tools™ 48

Yleissorvaus

Ensisijainen työkalujärjestelmä

	Ulkopuolinen	Sisäpuolinen
Pituus- ja tasosorvaus		
Viimeistely	T-Max® P & HP*	CoroTurn® 107 & HP*
Rouhinta	T-Max® P RC*	T-Max® P & HP*
Muotosorvaus		
Viimeistely	CoroTurn® TR	CoroTurn® 107 & HP*
Rouhinta	T-Max® P RC*	T-Max® P & HP*
Hoikat/ohutseinäiset työkappaleet		
Viimeistely	CoroTurn® 107 & HP*	
Rouhinta	T-Max® P RC*	

*HP = Korkeapaineinen lastuamisnesteen syöttö
*RC = RC-malli

Geometria ja laatu

Ensisijainen valinta T-Max P® ja CoroTurn 107®

ISO P (teräs)

Koneistus

Rouhinta

Viimeistely

	Hyvät ○	Kohtalaiset ◑	Vaikeat ●
	-PR GC4315	-PR GC4325	-PR GC4235
	-PM GC4315	-PM GC4325	-PM GC4235
	-PF GC4315	-PF GC4315	-PF GC4325

Olosuhteet

ISO M (ruostumaton teräs)

Koneistus

Rouhinta

Viimeistely

	Hyvät ○	Kohtalaiset ◑	Vaikeat ●
	-MR GC2025	-MR GC2025	-MR GC2025
	-MM GC2015	-MM GC2025	-MM GC2035
	-MF GC2015	-MF GC2015	-MF GC2025

Olosuhteet

ISO K (valurauta)

Koneistus

(G) = Harmaa, (N) = Pallografiittivalurauta

Rouhinta

Viimeistely

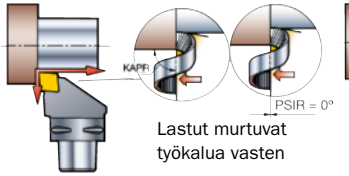
	Hyvät ○	Kohtalaiset ◑	Vaikeat ●
	-KR GC3205 (G) GC3210 (N)	-KR GC3215	-KR GC3215
	-KM GC3205 (G) GC3210 (N)	-KM GC3215	-KM GC3215
	-KF GC3205 (G) GC3210 (N)	-KF GC3215	-KF GC3215

Olosuhteet

Asetuskulma KAPR

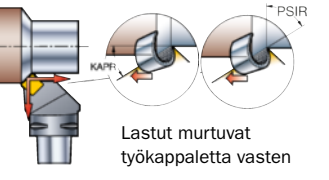
Asetuskulma on teräpalan ja työkappaleen välinen kulma syöttösuuntaan kohti mitattuna

Iso kulma:



- Työstövoimat suuntautuvat kohti pakkaa, kun asetuskulma (KAPR) on lähellä 90° astetta (PSIR 0°)
- Vähemmän värinäaltis
- Korkeammat lastuamisvoimat sisäänmenossa ja ulostullessa

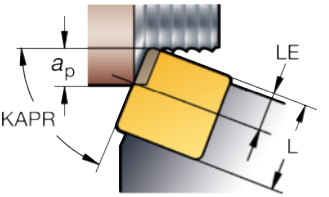
Pieni kulma:

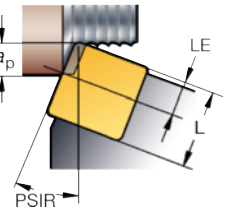


- Lastuamisvoimat sekä aksiaalisia että radiaalisia
- Värinäalttiimpi
- Vähentää terän lovikulumista
- Vähentää leikkaavan särmän kuormitusta sisään/ulos menossa

Teräkoko

- Määritä isoin lastuamissyvyys, a_p
- Määrittää yhdessä asetuskulman KAPR kanssa lastun pituuden LE





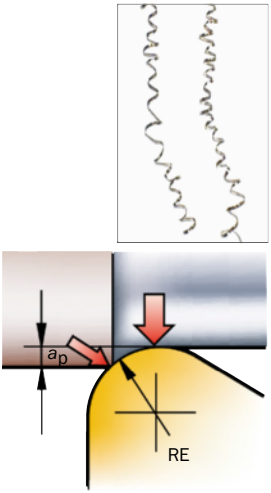
Esimerkki – tavoitteena a_p 5,0 mm (0,197 tuumaa):

KAPR (PSIR)	LE mm (tuumaa)	Terä:
75° (15°)	5.2 (0.205)	SNMG 1204/SNMG 43
45° (45°)	7.1 (0.280)	SNMG 1506/SNMG 54 (vähemmän altis terärikoille)

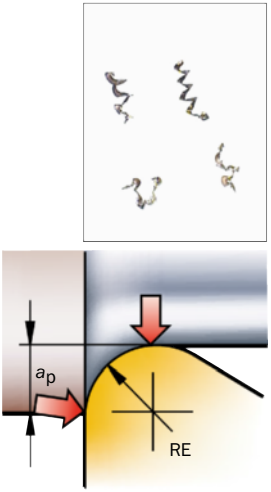
Nirkonsäde

- Valitse mahdollisimman iso nirkonsäde, RE, jotta teräsärmä on mahdollisimman vahva
- Iso nirkonsäde, RE, sallii isomman syötön ja antaa paremman särmälujuuden
- Jos työ on värinäaltis, valitse pienempi nirkonsäde, RE

	Nirkonsäde, RE, mm (tuumaa):				
	0,4 (1/64)	0,8 (1/32)	1,2 (3/64)	1,6 (1/16)	2,4 (3/32)
Maks. syöttö, f_n					
mm/kierr.	0,25–0,35	0,4–0,7	0,5–1,0	0,7–1,3	1,0–1,8
tuumaa/kierr.	0,009–0,014	0,016–0,028	0,020–0,039	0,028–0,051	0,039–0,071



a_p < RE



a_p = 2/3 x RE

Lastuamissyvyyden, a_p, tulisi olla värinöiden ja epäedullisen lastunmurron välttämiseksi vähintään 2/3 nirkonsäteestä.

Huom: lisätietoa osassa Lisää tuottavuutta.

Wiper-terät

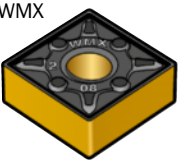
Wiper-terillä voidaan sorvata isoilla syötöillä tinkimättä hyvästä pinnankarheudesta tai lastunmurrosta.

Käytä mahdollisuuksien mukaan aina ensisijaisesti wiper-terää:

- pituus- ja tasosorvaukseen
- kun työkappale ja sen kiinnitys on tukeva
- kun työkappaleen muodot ovat yhtenäiset.

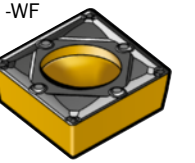
Huom. Wiper-teriä ei suositella värinäalttiuden takia sisäsorvaukseen pitkillä vapaapituuksilla.

-WMX

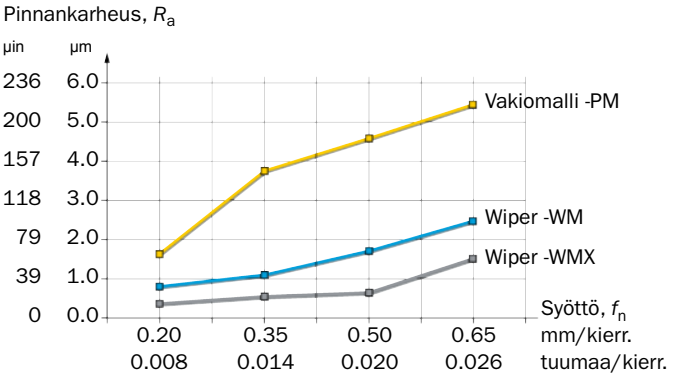


WMX on negatiivisten wiper-terien ensisijainen vaihtoehto.

-WF



WF on positiivisten wiper-terien ensisijainen vaihtoehto.



Wiper TECHNOLOGY

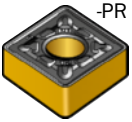
Kaksinkertainen syöttö wiperilla antaa yhtä hyvän pinnankarheuden kuin tavanomainen geometria normaalilla syötöllä.
Sama syöttö wiperilla antaa tuplasti paremman pinnankarheuden kuin tavanomainen geometria.

Geometria

Jokaisella terällä on oma käyttöalueensa, jolla lastunhallinta on optimaalista:

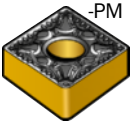
Rouhinta

Isot lastuamissyvyydet ja syötöt. Parasta särmälujuutta vaativat työt.



Puolikarkea koneistus

Välialueen työt kevyeen rouhintaan saakka. Lastuamissyvyys ja syöttö vaihtelevat laajasti.



Viimeistely

Pienet lastuamissyvyydet ja syötöt. Pieniä lastuamisvoimia vaativat työt.

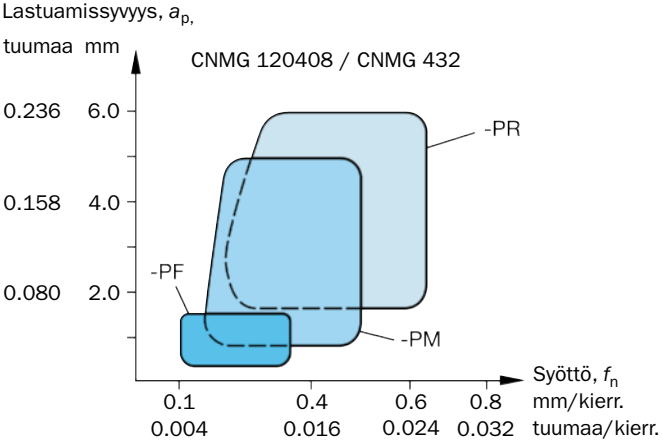
Alla olevasta kaaviosta näkyy terämallin CNMG 120408 käyttöalue, jolla syötön ja lastuamissyvyyden tuloksena on hyväksyttävä lastunmurto.

Lastunmurtoesimerkki kaavion ja lastuamisarvojen perusteella:

Geometria: -PM

a_p: 3,0 mm (0,118 tuumaa)

f_n: 0,3 mm/kierr. (0,012 tuumaa/kierr.)

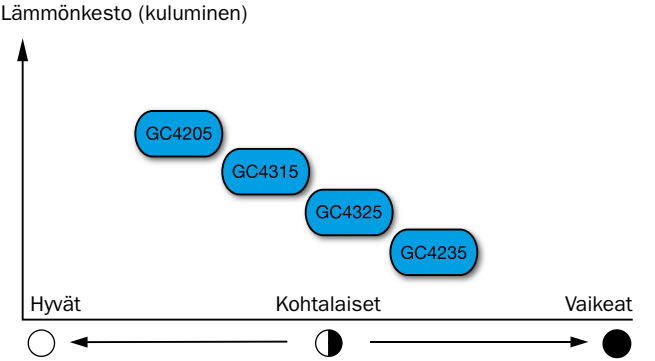


- Ensisijainen geometria on -PM.
- Valitse -PR-geometria, jos f_n/a_p on iso tai lastuaminen hakkaavaa.
- Valitse -PF-geometria, jos f_n/a_p on pieni.

Terälaatu

Terälaatu valitaan ensisijassa seuraavilla perusteilla:

- Työkappale (materiaali ja muoto, esim. kestääkö lastuaminen pitkään vai ei)
- Työvaihe (esim. rouhinta, puolikarkea koneistus tai viimeistely)
- Kone (tukevuus, esim. hyvä, kohtalainen tai heikko)



Esimerkki

- Teräskappale, MC P2.3.Z.AN (CMC 02.12)
- Puolikarkea koneistus f_n 0,2–0,4 mm/kierr. (0,008–0,016 tuumaa/kierr.), lastuamissyvyys a_p 2 mm (0,079 tuumaa)
- Hyvä tukevuus (kiinnitys, kappaleen koko)

Ensisijainen valinta: terälaadulla GC4325 koneistus on varmaa.

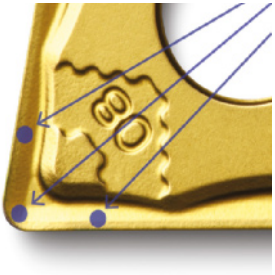
Käytä laatua GC4315, jos tarvitaan parempi lämmönkesto pitkäkestoisen lastuamisen tai isomman lastuamisnopeuden takia.

Paranna tuottavuutta

Korkeapaineinen/tarkka nesteensyöttö (HP)

Lastunhallinta ja terän kestoikä:

- Parempi suorituskyky paineella 10 bar (145 psi)
- Vielä selvemmin paineella 70 bar (1015 psi)
- Korkeapaineelle kehitetty terägeometria lisää kestoikää



Prosessivarmuus

Korkeapainen työkalupidin (HP) parantaa lastunhallintaa ja ennakoitavampaa kulumiskäyttäytymistä. Vaikutuksen voi todeta vaihtamalla tavanomaisen pitimen CoroTurn® HP -pitimeen muuttamatta
lastuamisarvoja.

HP antaa myös mahdollisuuden nostaa lastuamisnopeutta.

Lisää varmuutta ja tuottavuutta hankalasti lastuttavan ruostumattoman teräksen koneistukseen:

- korkea nestepaine, 70 bar (1015 psi) – parempi suorituskyky jo paineella 35 bar (507 psi)
- käytä CoroTurn® HP -työkalua ja -MMC-terägeometriaa.

Lisää terän kestoikää

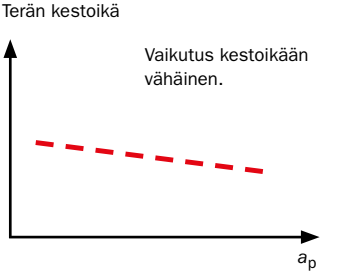
Paras kestoikä:

1. Maksimaalinen a_p (vähemmän työstöjä)
2. Maksimaalinen f_n (lyhyempi koneistusaika)
3. Maltillinen v_c (vähemmän lämpöä)

Lastuamissyvyys a_p

Liian pieni:
- Huono lastunhallinta
- Värinä
- Liiallinen kuumeneminen
- Epätaloudellista

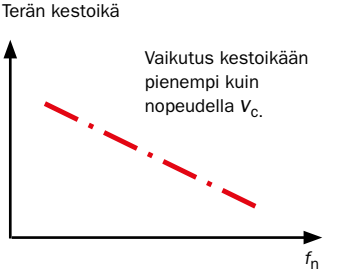
Liian suuri:
- Suuri tehontarve
- Terärikot
- Suuret lastuamisvoimat



Syöttö f_n

Liian pieni:
- Lastu ei katkea
- Nopea viistekuluminen
- Irtosärmä
- Epätaloudellista

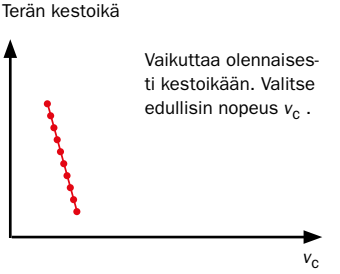
Liian suuri:
- Huono lastunhallinta
- Huono pinnankarheus
- Kuoppakuluminen/plast. muodonmuutokset
- Suuri tehontarve
- Lastujen hitsautuminen
- Lastuhakkauma



Lastuamisnopeus v_c

Liian pieni:
- Irtosärmä
- Särmän tylsyminen
- Epätaloudellista
- Huono pinnankarheus

Liian suuri:
- Nopea viistekuluminen
- Huono pinnankarheus
- Nopea kuoppakuluminen
- Plastinen muodonmuutos



Käytännön vinkkejä

Värinäalttiit työkappaleet

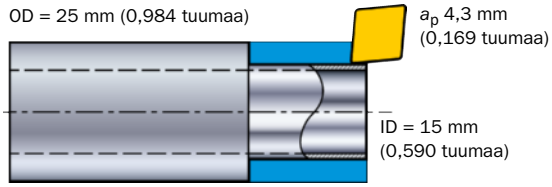
Yksi ylimeno (esim. putki)

On suositeltavaa tehdä koneistus yhdellä ylimenolla, jolloin lastuamisvoimat suuntautuvat istukkaan/karaan.

Esimerkki:

- ulkohalkaisija (OD) 25 mm (0,984 tuumaa)
- sisähalkaisija (ID) 15 mm (0,590 tuumaa)
- lastuamissyvyys, a_p, 4,3 mm (0,169 tuumaa).

Putken seinämävahvuudeksi tulee tällöin 0,7 mm (0,028 tuumaa).

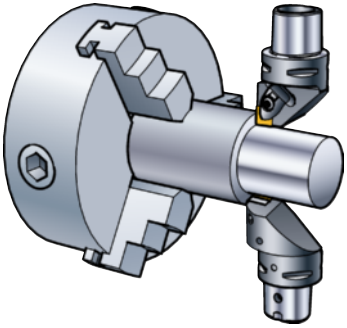


Pitämällä asetuskulma lähellä 90°:tta (asetuslisäkulma 0°) lastuamisvoimat saadaan suunnattua aksiaalisuuntaan, jolloin kappaletta taivuttava voima on mahdollisimman pieni.

Kaksi ylimenoa

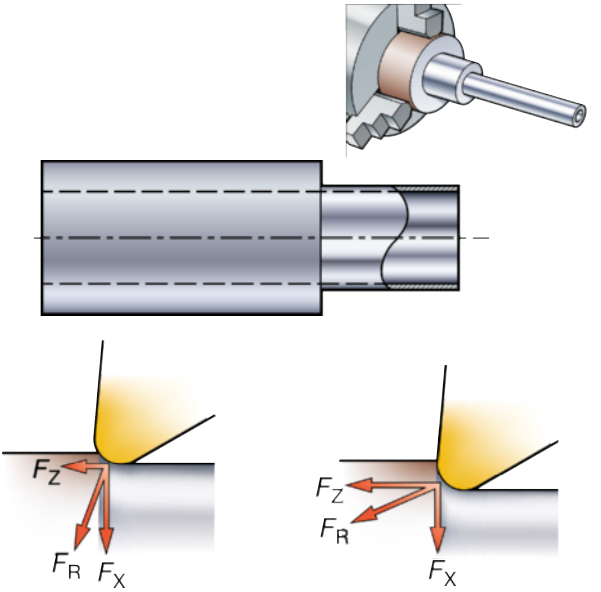
Sovittamalla yhteen ylä- ja alarevolverin liike voidaan eliminoida radiaalivoimat:

- vältetään värinä ja työkappaleen taipuminen.



Hoikat/ohutseinäiset työkappaleet

- Asetuskulma lähellä 90°:tta (asetuskulma 0°)
- Lastuamissyvyys, a_p, suurempi kuin nirkonsäde, RE
- Terävä särmä ja pieni nirkonsäde, RE
- Harkitse cermet- tai PVD-terälaatua, esim. CT5015 tai GC1125



Asetuskulma (asetuslisäkulma):

- Pienikin muutos (arvosta 91/–1° arvoon 95/–5°) vaikuttaa lastuamisvoimien suuntiin.

Lastuamissyvyys, a_p, on isompi kuin nirkonsäde, RE:

- Iso a_p kasvattaa aksiaalivoimaa, F_z, ja pienentää radiaalivoimaa, F_x, jolloin tuloksena on värinää.

Terävä särmä ja pieni nirkonsäde, RE:

- Pienet lastuamisvoimat.

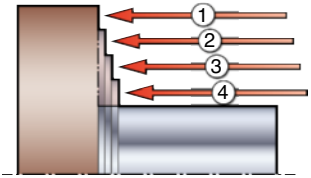
Cermet- tai PVD-laatu:

- Näillä saadaan hyvä kulumiskestävyys ja terävä särmä, jotka ovat edullisia tällaisissa töissä.

Olakkeen sorvaus

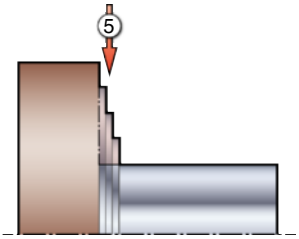
Vaiheet 1–4:

- Olaketta kasvatetaan lastutukosten välttämiseksi vaiheittain (1–4), syötön verran kerrallaan.



Vaihe 5:

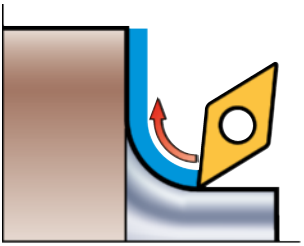
- Lopuksi olakkeen seinämä koneistetaan yhdellä pistolla ulkohalkaisijalta sisähalkaisijalle.



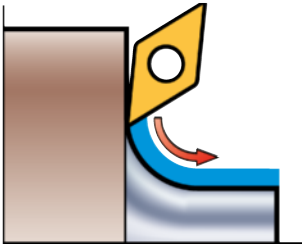
Tällä tavoin:

- teräsärmä pysyy ehjänä
- lastuaminen on edullista varsinkin CVD-pinnoitetuille terille ja voi vähentää oleellisesti säröilyä!

Myös nurkkapyöristysten sorvauksessa voi tulla ongelmia lastujen kiertymisestä työkalun ympärille, jos siirrytään sisähalkaisijalta ulkohalkaisijalle olakkeen seinämää pitkin.



Ongelman voi ratkaista muuttamalla työstön suuntaa, jolloin lastuvirran suunta vaihtuu.



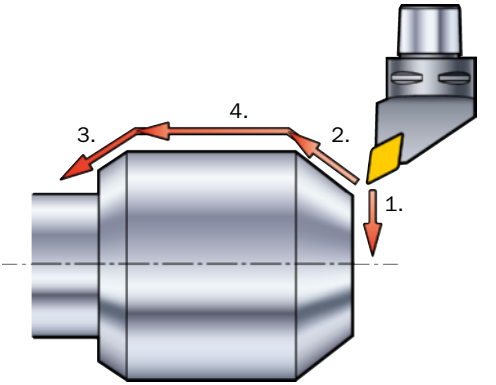
Tasosorvaus

Huomioon otettavaa:

- Aloita mahdollisuuksien mukaan tasosorvauksella (1) ja viisteityksellä (2).

Työkappaleen muodon niin pakottaessa:

- Aloita viisteityksellä (3).



Koneistus tulisi aloittaa tasosorvauksella, jotta saadaan nollapiste seuraavalle vaiheelle.

Irtosärmänmuodostus on usein ongelmallista terän irrotessa kappaleesta. Koneistamalla kulmat juohevasti (viistäen tai pyöristäen) voidaan välttää jäysteenmuodostus.

Viisteliikkeellä terä voidaan syöttää kappaleeseen teräsärmää säästäen (sekä taso- että lieriösorvauksessa).

Hakkaava lastuaminen

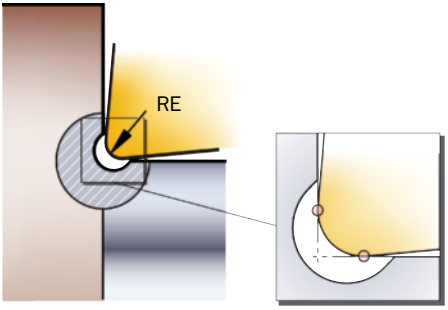
- Särmään saadaan sitkeyttä käyttämällä PVD-pinnoitettua laatua, esim. GC1125.
- Jos koneistettava materiaali on erittäin kuluttavaa (abrasiivista), käytä ohuelti CVD-pinnoitettua laatua, esim. GC1515.
- Murtumien kestokykyä voidaan parantaa käyttämällä vahvaa lastunmurtajaa, esim. -QM tai -PR.
- Hakkaavaan koneistukseen ei lämpösäröilyn välttämiseksi suositella lastuamisnesteen käyttöä.

Pääteura hiontaa varten

Käytä sekä pituus- että tasosorvaukseen mahdollisimman isoa nirkonsädettä, RE. Älä ylitä hiontaleveyttä.

- Luja särmä
- Hyvä pinnankarheus
- Mahdollisuus isoon syöttöön

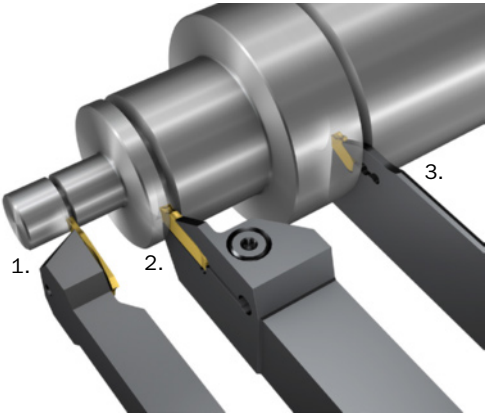
Pääteura tehdään viimeisenä jäysteen poistamiseksi.



Katkaisu ja uransorvaus

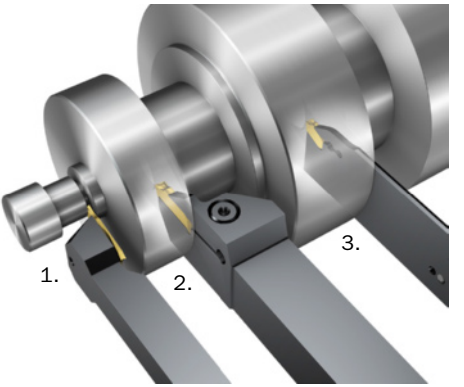
Ensisijainen järjestelmä

Katkaisu



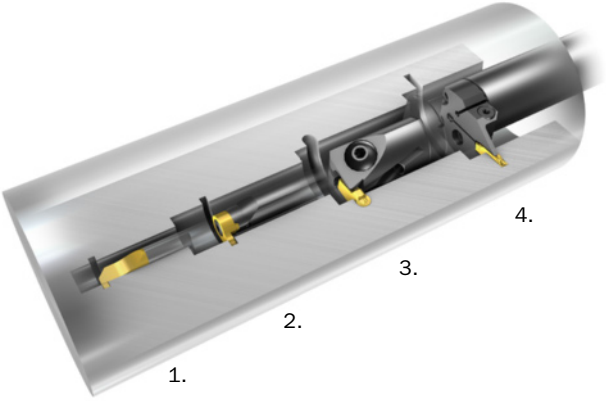
1. CoroCut® 3 DCX Ø ≤12 mm (0,5 tuumaa)
2. CoroCut® 2 DCX Ø12–38 mm (0,5–1,5 tuumaa)
3. CoroCut® QD DCX Ø38–160 mm (1,5–6,3 tuumaa)

Ulkopuolinen uransorvaus



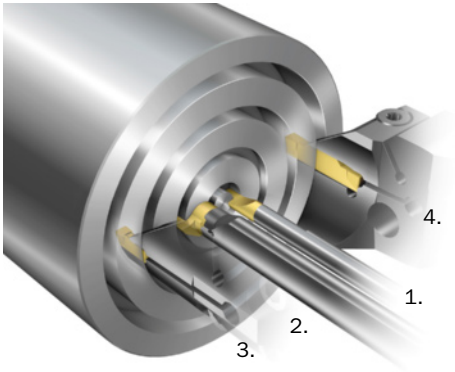
1. CoroCut® 3 CDX 1,5–6 mm (0,06–0,24 tuumaa)
2. CoroCut® 2 CDX 13–28 mm (0,5–1,1 tuumaa)
3. CoroCut® QD CDX 15–80 mm (0,6–3,15 tuumaa)

Sisäpuolinen urasorvaus



1. CoroTurn® XS DMIN Ø4,2 mm (0,165 tuumaa)
2. CoroCut® MB DMIN Ø10 mm (0,394 tuumaa)
3. T-Max Q-Cut® DMIN Ø12 mm (0,472 tuumaa)
4. CoroCut® 2 DMIN Ø26 mm (1,024 tuumaa)

Aksiaalipisto



1. CoroTurn® XS DAXIN Ø1–8 mm (0,04–0,315 tuumaa)
2. CoroCut® MB DAXIN Ø8 mm (0,31 tuumaa)
3. T-Max Q-Cut® DAXIN Ø16 mm (0,63 tuumaa)
4. CoroCut® 2 DAXIN Ø34 mm (1,34 tuumaa)

Vinkkejä katkaisusorvaukseen

Minimoi vapaapituus, OH

Pitkä OH:

- Käytä kevytleikkuista geometriaa, esim. -CM.

OH alle 1,5 x H:

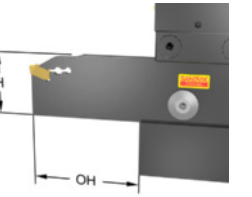
- Käytä geometrian suositussyöttöä.

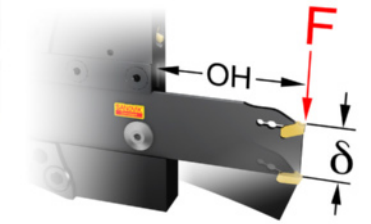
OH yli 1,5 x H:

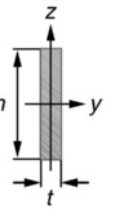
- Pienennä syöttö geometrian suositusvälin alarajalle.

Vapaapituuden lyhentäminen pienentää taipumaa eksponentiaalisesti:

$$\delta = \frac{4 \times F \times OH^3}{t \times h^3}$$



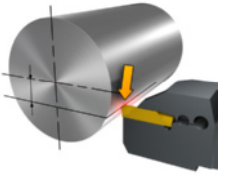




Keskiökorkeus

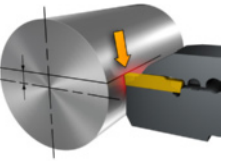
- Keskiökorkeus ±0,1 mm (±0,004 tuumaa)
- Aseta teräsärmä pitkillä vapaapituuksilla taipuman kompensoimiseksi 0,1 mm (0,004 tuumaa) keskiön yläpuolelle.

Terä keskiön alapuolella:



- Keskiöön jää isompi tappi
- Terärikkoja (epäsuotuisat lastuamisvoimat)

Terä keskiön yläpuolella:



- Terärikkoja (työntyy keskiön läpi)
- Nopeaa viistekulumista (pieni päästö)

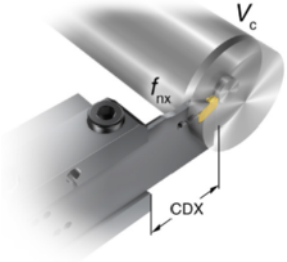
Pienennä aina syöttöä ennen keskiötä

Katkaisusorvauksessa terärikot sattuvat yleensä kappaleen keskiössä. Pienennä aina syöttöä –75 % 2 mm (0,08 tuumaa) ennen keskiötä:

- Syötön pienentäminen pienentää voimia ja pidentää terän kestoikää.
- Suuri syöttö kehällä parantaa tuottavuutta ja terän kestoikää.
- Syötön pienennys pidentää olennaisesti terän kestoikää.

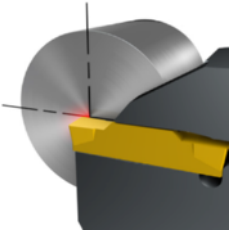
Nopeuden laskukaava:

$$v_c = \frac{\pi \times D_m \times n}{1000}$$

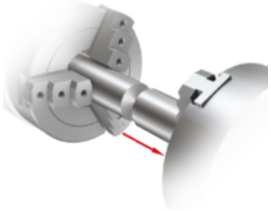


Keskeytä aina syöttö ennen keskiötä.

- Keskeytä syöttö 0,5 mm (0,02 tuumaa) ennen keskiötä.
- Keskipakoisvoima katkaisee kappaleen.

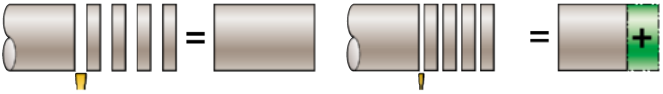


Pisto keskiön läpi aiheuttaa terärikkoja.



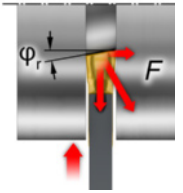
Kappaletta voidaan vetää apukaralla.
Jätä vetämällä katkaistavaksi ø 1 mm:n tappi (0,04 tuumaa).

Kapeampi terä säästää raaka-ainetta.



Tapinmuodostuksen eliminointi

- Kärkikulmallinen terä vähentää tapin- ja jäysteenmuodostusta toisella sivulla.
- Käytä kärkikulmallista terää vain pienillä vapaapituuksilla.
- Kärkikulma lyhentää terän kestoikää ja lisää taipumaa.
- Käytä pitkillä vapaapituuksilla neutraaleja teriä.

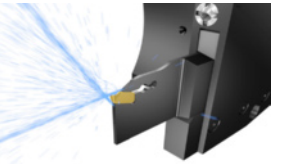


	Kärkikulma	Neutraali
Tukevuus ja terän kestoikä	huono	hyvä
Radiaaliset lastuamisvoimat	pienet	suuret
Aksiaaliset lastuamisvoimat	suuret	pienet
Tappi/jäyste	pieni	iso
Värinäalttius	suuri	pieni
Pinnankarheus ja suoruus	huono	hyvä
Lastuvirta	huono	hyvä

Tarkka lastuamisnesteensyöttö (HP)

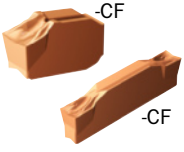
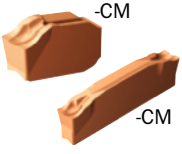
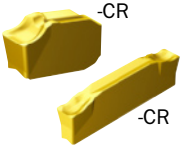
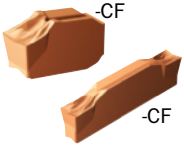
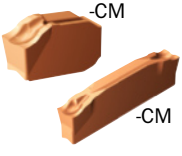
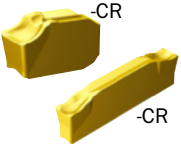
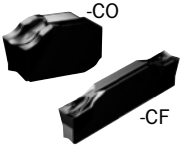
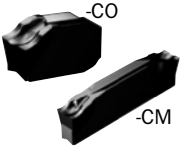
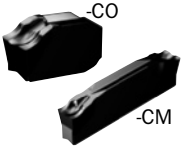
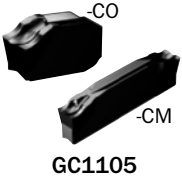
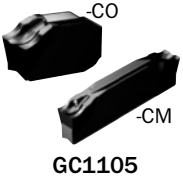
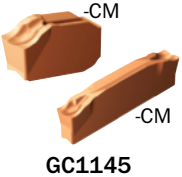
- Neste saavuttaa teräsärmän myös syvissä urissa
- HP-työkalut ovat ensisijainen valinta katkaisuun ja uransorvaukseen
- Parantaa lastunhallintaa ja pinnankarheutta
- Sisäpuolinen nesteensyöttö alentaa työkalun lämpötilaa
- Suurin hyöty pitkäkestoisessa lastuamisessa ja huonosti lämpöä johtavilla materiaaleilla (superseokset, ruostumaton teräs)
- Tehokas lastuamisnesteen syöttö sallii sitkeämmät terälaadut samalla tai pidemmällä kestoiällä
- HP sallii 30–50 % isommat lastuamisnopeudet
- Sulje nesteensyöttö koneen saavuttaessa suurimman karanopeutensa, jotta vältetään irtosärmänmuodostus

Tarkka lastuamisnesteen syöttö tehostaa lastuamista myös pie-nillä paineilla, mutta parhaiten 20 baarista (290 psi) ylöspäin.

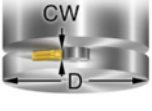


Terägeometria ja -laatu

Ensisijainen valinta katkaisusorvaukseen

ISO	Putket – hyvät olosuhteet	Tangot – hyvät olosuhteet (apukara)	Tangot – vaikeat olosuhteet
P Teräs	 **GC1125**	 **GC1125**	 **GC1135/2135**
M Ruostumaton teräs	 **GC1125**	 **GC1125**	 **GC1135/2135**
N Ei-rauta-aineet	 **GC1105**	 **GC1105**	 **GC1105**
S Kuumalujat super-seokset	 **GC1105**	 **GC1105**	 **GC1145**

Valitse taulukosta terän leveys, CW, työkappaleen halkaisijan, D, mukaan:



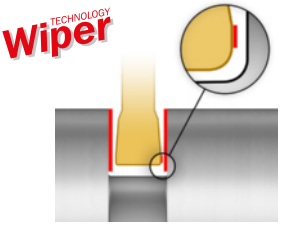
D mm (tuumaa)	CW mm
–10 (–0.4)	1.0
10–25 (0.4–1.0)	1.5
25–40 (1.0–1.6)	2.0
40–50 (1.6–2.0)	2.5
50–65 (2.0–2.6)	3.0

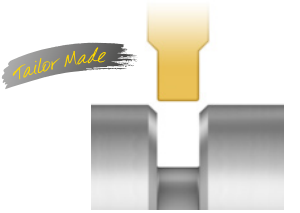
Säästä raaka-ainetta kapeammalla terällä!

Vinkkejä ulkopuoliseen uransorvaukseen

Uransorvaus yhdellä pistolla

- Wiper-terillä saadaan hyvä pinnankarheus, esim. -TF
- Laaja valikoima nirkonsäteitä ja leveyksiä tarkoilla toleransseilla: CoroCut 2 -GF
- Tailor Made -mittatilausterillä erikoisprofiileja ja -viisteitä pitkiin sarjoihin.

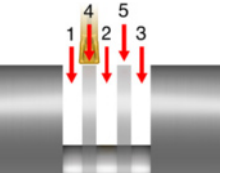




Leveiden urien rouhinta

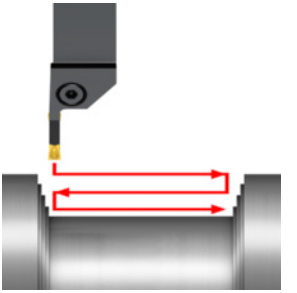
Usealla pistolla

- Syvät ja leveät urat (syvyys suurempi kuin leveys)
- Viimeisiin pistoihin (4 ja 5) jätettävien laippojen oltava terää kapeampia (CW – 2 x nirkonsäde)
- Lisää syöttöä 30–50 % laippoja lastuttaessa
- Ensisijainen geometria: -GM



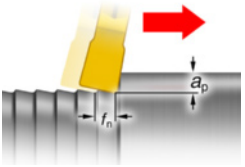
Yhdellä pistolla

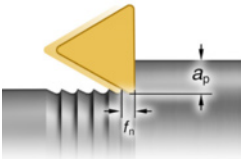
- Leveät ja matalat urat (leveys suurempi kuin syvyys)
- Älä syötä olaketta vasten
- Ensisijaiset geometriat: -TF ja -TM

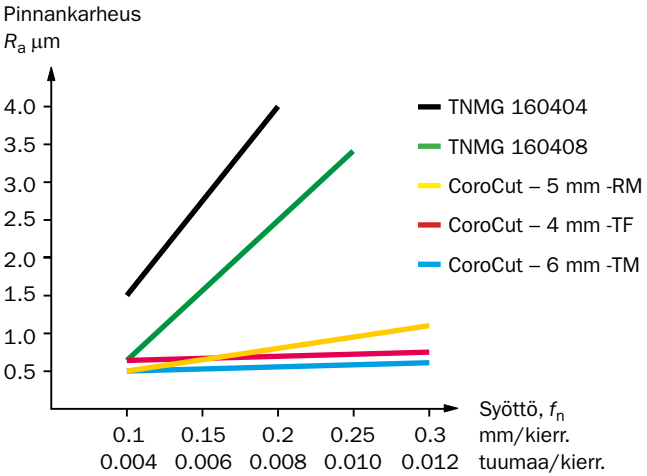


Tavanomainen sorvaus katkaisu- ja uraterällä

- Pituussorvauksessa lastuamissyvyyden a_p oltava isompi kuin nirkonsäde
- Wiper-efekti – f_n/a_p oltava riittävän suuri, jotta terä ja varsi taipuvat hieman
- Liian pieni f_n/a_p aiheuttaa terän hankautumista, värinää ja huonon pinnankarheuden
- Maks. a_p 75 % terän leveydestä





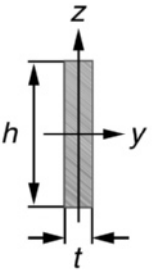


Kaaviosta näkyy CoroCut-terillä saatava pinnankarheus verrattuna TNMG-teriin nirkonsäteillä 04 ja 08.

Uran sorvaaminen

Sivusuunnassa syötettävän varren ja terän pitää taipua. Toisaalta liiallinen taipuma voi aiheuttaa värinää ja terärikkoja.

- Paksumpi katkaisulehti taipuu vähemmän.
- Lyhyt vapaapituus vähentää taipumaa.
- Vältä sorvausta pitkillä ja/tai ohuilla työkaluilla.



Lyhyt vapaapituus vähentää sivutaipumaa:

$$\delta = \frac{4 \times F \times OH^3}{t^3 \times h}$$

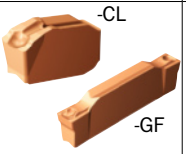
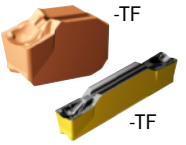
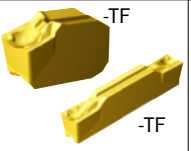
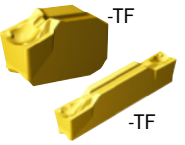
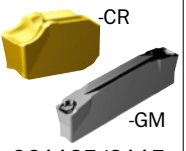
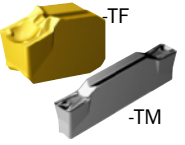
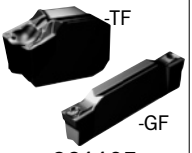
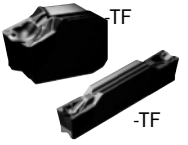
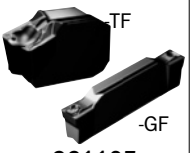
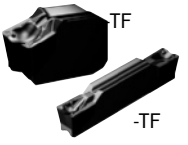
Uran viimeistely

Käytä taipumien välttämiseksi nirkonsädettä suurempaa lastuamissyvyyttä.

- Vaihtoehto 1: Käytä yleissorvausgeometriaa, esim. -TF.
- Vaihtoehto 2: käytä muotosorvausgeometriaa, esim. -RM, jos uran nurkkapyöristyksessä on iso säde.
- Suositeltu aksiaalinen ja radiaalinen lastuamissyvyys: 0,5–1,0 mm (0,02–0,04 tuumaa).

Terägeometria ja -laatu

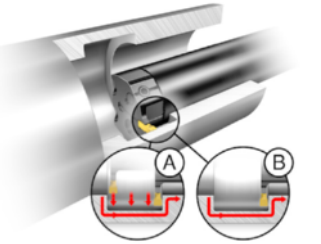
Ensisijainen valinta uransorvaukseen

ISO	Uransorvaus	Leveän uran sorvaus
P Teräs	 GC1125	 GC1125/4225
M Ruostumaton teräs	 GC1135/2135	 GC1135/2135
K Valurauta	 GC1135/3115	 GC1135/3115
N Ei-rauta-aineet	 GC1105	 GC1105
S Kuumalujat superseokset	 GC1105	 GC1105
H Karkaistu teräs	CB7015	CB7015

Ulkopuolisessa uransorvauksessa ensisijainen valinta on tarkka lastuamisnesteensyöttö.

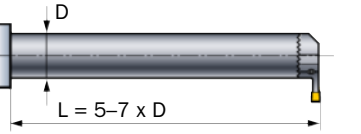
Vinkkejä sisäpuoliseen uransorvaukseen

Lastunpoisto

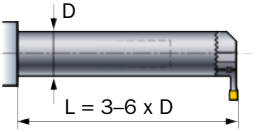


- Sorvaa reiän pohjalta ulospäin, jotta lastut poistuvat reiästä
- Voimakas lastuamisnestevirta tehostaa lastunhallintaa ja -poistoa
- Pieni puomi tehostaa lastunpoistoa, mutta on vähemmän tukeva
- Yhdellä pistolla (B) saadaan paras lastunhallinta ja tukevuus
- Käytä kevytleikkuisia geometrioita, esim. -GF tai -TF
- Lastuamisvoimia voi pienentää käyttämällä kapeampaa terää ja pienempää nirkonsädettä

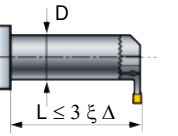
Jos vapaapituus on 5–7 x D, käytä värinävaimennettua kovametallivahvisteista puomia.



Jos vapaapituus on 3–6 x D, käytä värinävaimennettua tai kovametallipuomia.

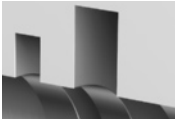
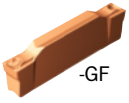
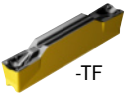
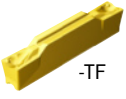
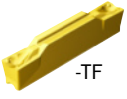
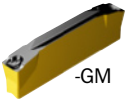
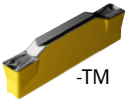
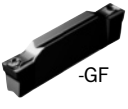
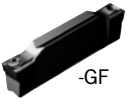


Jos vapaapituus on alle 3 x D, käytä teräspuomia.



Terägeometria ja -laatu

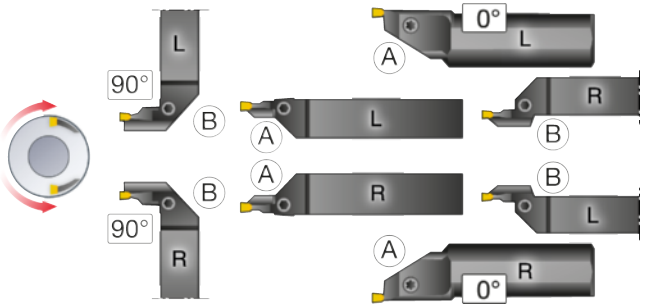
Ensisijainen valinta sisäpuoliseen uransorvaukseen

ISO	 Uransorvaus	Leveän uran sorvaus
P Teräs	 -GF **GC1125**	 -TF **GC4225**
M Ruostumaton teräs	 -TF **GC2135**	 -TF **GC2135**
K Valurauta	 -GM **GC4225**	 -TM **GC4225**
N Ei-rauta-aineet	 -GF **GC1105**	-TF **GC1105**
S Kuumalujat superseok-set	 -GF **GC1105**	-TF **GC1105**
H Karkaistu teräs	-S **CB7015**	-S **CB7015**

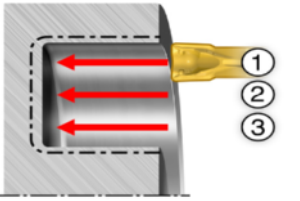
Vinkkejä aksiaalipistoon

Työkalun valinta

Työkalujen kaari on suunniteltu tietyille urahalkaisijoille.



Aloita ulkokehältä, etene keskiötä kohti.

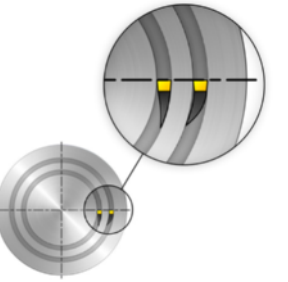


Ensimmäisen piston jälkeen uraa voidaan leventää limittäisillä pistoilla (tai sorvaamalla sivuttain), kunhan ensimmäinen pisto on työkalun halkaisija-alueella.

Valitse isoin halkaisijalle sopiva työkalu.

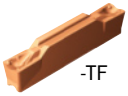
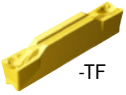
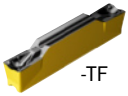
Mitä isompi työkalu, sitä pienempi kaari ja parempi tukevuus.

- Iso halkaisija parantaa lastunhallintaa ja tukevuutta. Jos ura on leveä, lastunhallintaa voi parantaa sorvaamalla sivuttain.
- Valitse työkalun lastuamissyvyys aina mahdollisimman pieneksi.

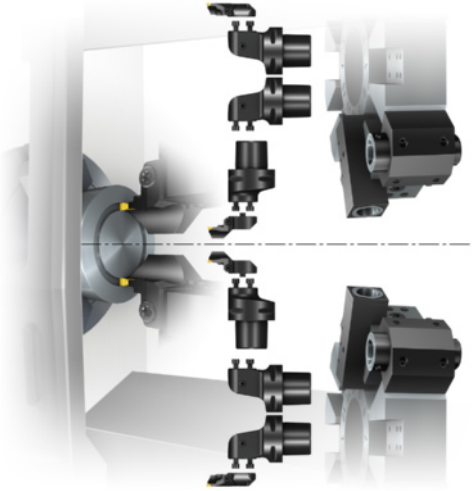


Terägeometria ja -laatu

Ensisijainen valinta aksiaalipistoon

ISO	Aksiaalipisto
P Teräs	 -TF **GC1125**
M Ruostumaton teräs	 -TF **GC2135**
K Valurauta	 -TF **GC4225**

ISO	Aksiaalipisto
N Ei-rauta-aineet	-TF **H13A**
S Kuumalujat superseok-set	-TF **GC1105**
H Karkaistu teräs	-S **CB7015**

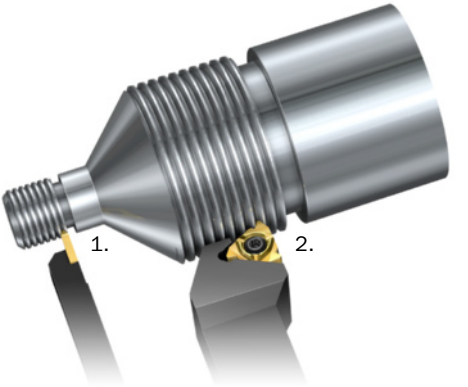


Kokoa oma moduulityökalu osoitteessa **www.tool-builder.com**

Kierresorvaus

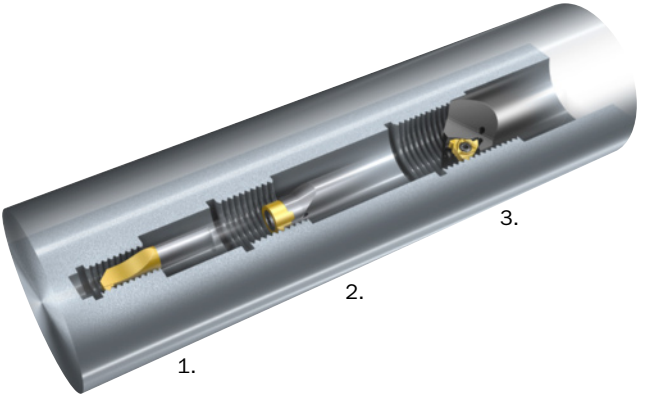
Ulkosorvausjärjestelmät

1. CoroCut® XS
   Nousu 0,2–2 mm
2. CoroThread® 266
   Nousu 0,5–8 mm, 32–3 t.p.i



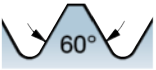
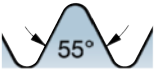
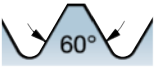
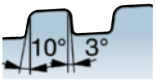
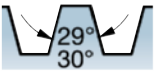
Sisäsorvausjärjestelmät

1. CoroTurn® XS
   Nousu 0,5–3 mm, 32–16 t.p.i.
   DMIN Ø4 mm (0,157 tuumaa)
2. CoroCut® MB
   Nousu 0,5–3 mm, 32–8 t.p.i.
   DMIN Ø10 mm (0,393 tuumaa)
3. CoroThread® 266
   Nousu 0,5–8 mm, 32–3 t.p.i.
   DMIN Ø12 mm (0,472 tuumaa)



Kierremuodot

Sandvik Coromantin vakiovalikoima

Käyttöalue	Kierremuoto	Kierretyyppi
Liitokset Yleiskäyttö		Metrinen ISO, American UN
Putkikierteet	 	Whitworth, brittiläinen standardikierre (BSPT), amerikkalaiset standardikierteet (NPT, NPTF)
Elintarvike- ja palontorjunta-ala		DIN 405 -pyörökierre
Ilmailuteollisuus		MJ, UNJ
Öljy ja kaasu		Pyöreä API, API Buttress, VAM
Liikeruuvit Yleiskäyttö		Trapetsikierre, ACME, Stub ACME

CoroThread® 266

- Ensisijainen työkalujärjestelmä kierresorvaukseen
- Teräsijan ohjauskisko eliminoi lastuamisvoimien vaihteluiden aiheuttamat terän liikkeet.
- CoroThread® 266 tuottaa tukevan teränlukituksen ansiosta tarkat, toistettavat kierreprofiilit.

Syöttösuunta

Kierre voidaan sorvata monella eri tavalla. Kara voi pyöriä myötä- tai vastapäivään, ja työkalua voidaan syöttää istukkaa kohti tai siitä poispäin. Pidin voidaan asettaa tavanomaisesti tai ylösalaisin, jolloin lastunpoisto on tehokkaampaa.

- Tavallisimmat ratkaisut on merkitty kuvassa vihreällä.

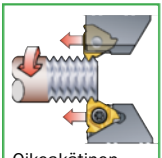
Sorvaus istukasta poispäin (vetosorvaus)

Oikeakätisten työkalujen käyttäminen vasenkätisiin kierteisiin (ja päinvastoin) säästää kustannuksia, koska erilaisten työkalujen tarve vähenee.

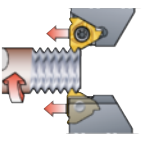
- Punaisella merkityissä ratkaisuissa on käytettävä negatiivista aluspalaa.

Ulkokierteet

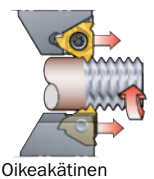
Oikeakätiset kierteet | Vasenkätiset kierteet



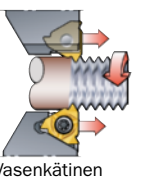
Oikeakätinen työkalu/terä



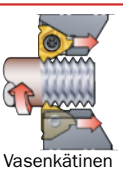
Vasenkätinen työkalu/terä



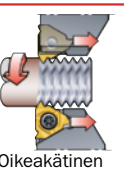
Oikeakätinen työkalu/terä



Vasenkätinen työkalu/terä



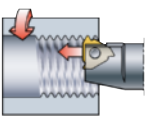
Vasenkätinen työkalu/terä



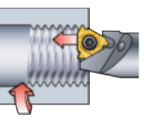
Oikeakätinen työkalu/terä

Sisäkierteet

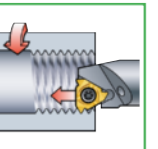
Oikeakätiset kierteet | Vasenkätiset kierteet



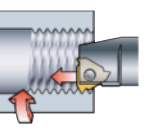
Oikeakätinen työkalu/terä



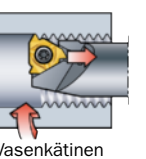
Vasenkätinen työkalu/terä



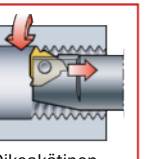
Oikeakätinen työkalu/terä



Vasenkätinen työkalu/terä

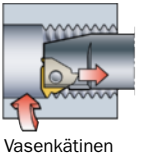


Vasenkätinen työkalu/terä

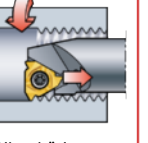


Oikeakätinen työkalu/terä

Käytettävä negatiivista aluspalaa.



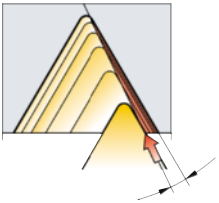
Vasenkätinen työkalu/terä



Oikeakätinen työkalu/terä

Syöttömenetelmät

Muunnettu sivuttaissyöttö

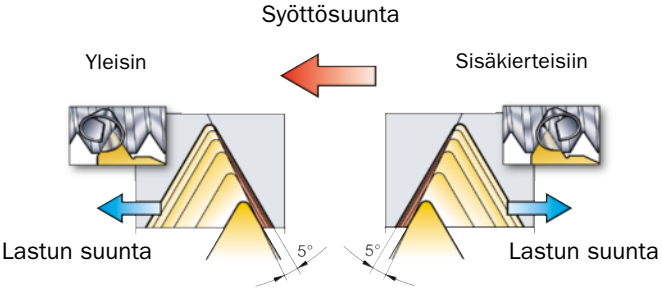


Muunnettu sivuttaissyöttö on ensisijainen menetelmä, jolla saadaan pisin terän kestoikä ja paras lastunhallinta. Useimmissa CNC-koneissa on valmis työkierto kierresorvaukseen.
Esimerkkejä:

- G92, G76, G71, G33 ja G32
- Tangentiaalista syöttöä käytettäessä soveltuu työkierto G76, X48.0, Z-30.0, **B57** (sisäänsyöttökulma), D05 jne.

- Terä lastuaa vain toisella sivullaan, joten lastunhallinta on erittäin hyvä
- Kierre voidaan koneistaa vähemmillä lastuilla, joten terä kuumenee vähemmän
- Käytä 1–5°:n sisäänsyöttökulmaa

Vastakkainen sivuttaissyöttö



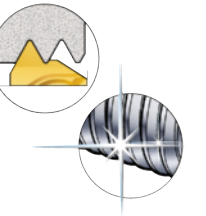
- Terä voi lastuta molemmilla kyljillä – lastut voidaan ohjata kumpaan suuntaan tahansa riippuen käytetystä kyljestä
- Parempi lastunhallinta
- Ehkäisee häiriöitä ja suunnittelemattomia seisokkeja

Usein käytetään myös säteittäistä ja portaittaista syöttöä.

Terämalli

Täysprofiiliterä

Ensisijainen



Edut:

- Terä lastuaa koko kierreprofiilin
- Lastuaa myös kierteen pohjan ja harjan
- Ei tarvita jäysteenpoistoa
- Käytä 0,05–0,07 mm:n työvaraa (0,002–0,003 tuumaa)

Haitat:

- Kullekin nousulle tarvitaan eri terä

V-profiiliterä

Monipuolinen

Edut:

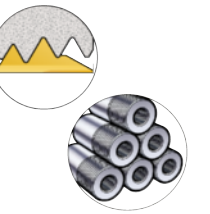
- Monipuolisuus, samalla terällä voi lastuta useita eri nousuja
- Työkalujen määrä mahdollisimman pieni

Haitat:

- Ulko-/sisähalkaisija on sorvattava oikeaan mittaan ennen kierresorvausta
- Jäysteenmuodostus
- Eri nousuja varten tarvittava pieni nirkonsäde lyhentää kestoikää

Monikärkinen terä

Tuottava



Edut:

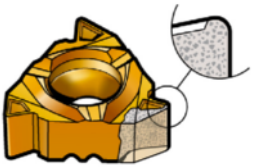
- Muistuttaa täysprofiiliterää, kaksi kärkeä tuplaa tuottavuuden jne.
- Erittäin tuottava
- Kestoikä kaksinkertainen

Haitat:

- Suuremmat lastuamisvoimat vaativat hyvää tukevuutta
- Jos halutaan täysi kierre, viimeisen kierteen taakse on jäätävä riittävästi tilaa koko terää varten

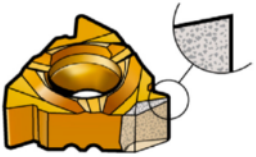
Geometria

Geometria A



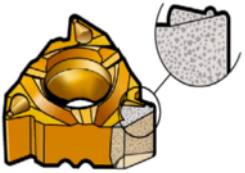
- Pyöristetty teräsärmä antaa varman ja johdonmukaisen kestoiän
- Täysprofiili ja V-profiili
- Hyvä lastunhallinta ja särmälujuus

Geometria F



- Terävä särmä
- Lastuaa siististi myös tahmeita tai työstökarkenevia aineita
- Pienet lastuamisvoimat ja hyvä pinnankarheus
- Vähän irtosärmänmuodostusta

Geometria C

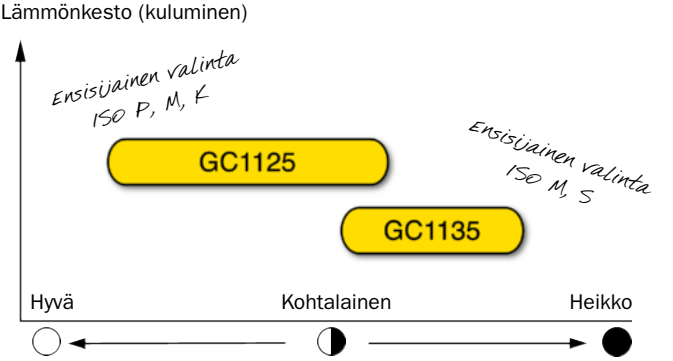


- Lastunmurtaja
- Optimoitu niukkahiilisten ja -seosteisten terästen koneistukseen
- Maksimaalinen lastunhallinta ja minimaalinen valvonnan tarve
- Erittäin varmaa kierresorvausta, etenkin sisäkierteet
- Suuret lastuamisvoimat
- Soveltuu ainoastaan muunnettuun sivuttaissyöttöön (1°)

Terälaatu

Terälaatu valitaan ensisijassa seuraavilla perusteilla:

- lastuttava aine
- Kone (tukevuus, esim. hyvä, kohtalainen vai heikko).



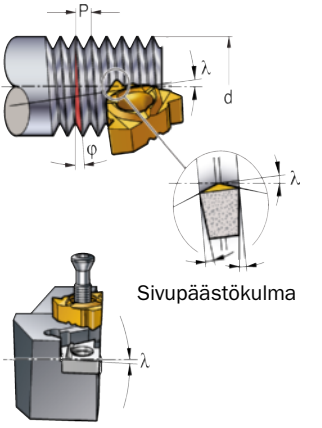
Käytä laatua GC1125, jos tarvitaan parempi lämmönkesto isomman lastuamisnopeuden tai pitkäkestoisen lastuamisen takia.

Maksimoi koneistuksen varmuus laadulla GC1135.

H13A ja CB7015 ryhmien ISO N ja -H materiaaleille.

Sivupäästökulma

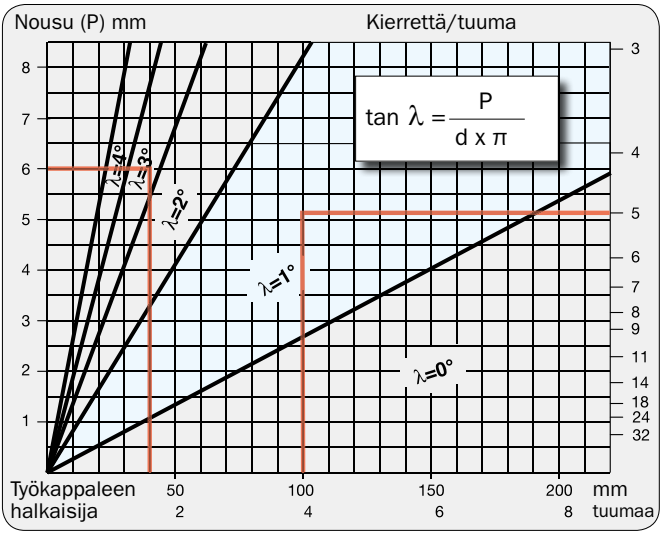
- Kierteen nousukulman, φ, määräävät halkaisija (d) ja nousu (P)
- Terän sivupäästökulmaa säädetään vaihtamalla aluspala
- Viettokulman merkintä on lambda, λ. Yleisin viettokulma on 1°, mikä on myös pitimen vakioaluspalan viettokulma.



Sivupäästökulma

Aluspala

- Aluspala valitaan kierteen nousun ja työkappaleen halkaisijan mukaan
- Saatavissa viettokulmat –2°–4° (1°:n portain)
- Aluspalan viettokulman on oltava negatiivinen, kun sorvataan vasenkätisiä kierteitä oikeakätisillä työkaluilla ja päinvastoin (vetosorvaus).



Esimerkki:

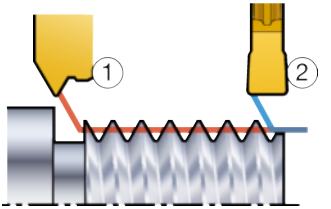
- Nousu 6 mm ja työkappale Ø40 mm > tarvitaan 3°:n aluspala
- Nousu 5 kierrettä/tuuma ja työkappale Ø4 tuumaa > tarvitaan 1°:n aluspala

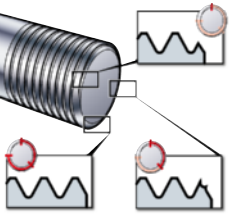
Käytännön vinkkejä

Jäysteenpoisto kierteestä

Jäystettä muodostuu yleensä kierteen alkuun ennen kuin terä lastuaa täyden profiilin.

- Koneista kierre normaaliin tapaan (1).
- Jäysteenpoisto (2) tehdään tavallisella sorvaustyökalulla. Käytä työkiertoa ensimmäiseen 2/3-kierrokseen
- Jäysteenpoistoterän oikea paikoitus on tärkeää.



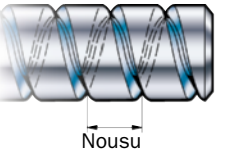


Monipäiset kierteet

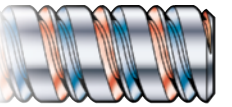
Kaksi- ja useampipäiset kierteet vaativat vastaavan määrän alkuja. Tällaisen kierteen nousu on kaksinkertainen yksipäiseen kierteeseen verrattuna.

On tärkeää käyttää oikeanlaista aluspalaa.

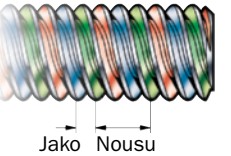
Ensimmäinen kierreura

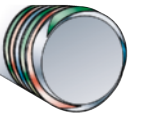


Toinen kierreura



Kolmas kierreura





Kolmipäinen kierre

Erikoiskovat teräaineet

Kovasorvaus CBN-terillä

Kovasorvaus on erittäin väljästi määriteltynä karkaistujen terästen sorvausta 55 HRC:n kovuudesta ylöspäin. Kyseeseen tulee hyvin monen tyyppisiä teräksiä (hiiliteräkset, seosteräkset, työkaluteräkset, laakeriteräkset ym.). Kovasorvaus on yleensä viimeistely- tai väliviimeistelyvaihe, jolta vaaditaan hyvää mittatarkkuutta ja pinnankarheutta.

Kuutioboorinitriditerät (CBN) kestävät korkeita kuumuuksia ja isoja voimia menettämättä teräsärmäänsä. Tämän ansiosta CBN-terillä saadaan pitkä ja johdonmukainen kestoikä ja erittäin hyvä pinnankarheus.

Sandvik Coromantin tarjonta sisältää kattavan valikoiman omia CBN-tuotteita karkaistujen terästen viimeistelysorvaukseen, uransorvaukseen ja kierresorvaukseen.

Ensisijainen valinta Teräsärmän malli	CB7015	CB7025	CB7525
Laadun valinta			
Lastuamisnopeus	■■■■■	■■■■□	■■□□□
Sitkeysvaatimus	■■□□□	■■■□□	■■■■■
Negatiivinen terä	S01030 S0330	S01030 S0330	T01020 T0320
Positiivinen terä	S01020 S0320	S01020 S0320	T01020 T0320

Miksi kovasorvaus?

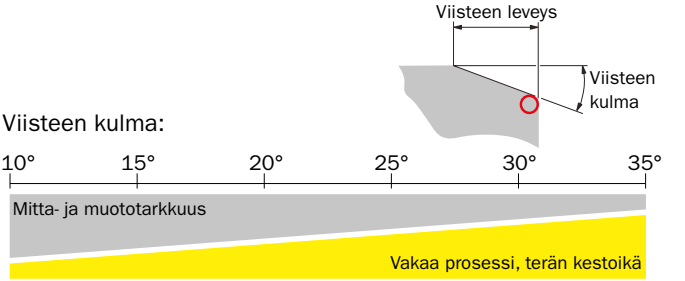
- Hyvä laatu
- Lyhyempi kappalekohtainen valmistusaika
- Monipuolinen prosessi
- Pienempi koneinvestointi
- Kuluttaa vähemmän energiaa
- Mahdollisuus eliminoida lastuamisneste
- Lastut helpommin käsiteltäviä
- Lastut voidaan kierrättää

Käytännön vinkkejä

Viisteen koko

Leveä viiste jakaa lastuamisvoimat laajemmalle alueelle ja parantaa siten teräsärmän tukevuutta, mikä sallii isomman syötön. Käytä isoa viistettä, kun tärkeimpiä vaatimuksia ovat tukevuus ja johdonmukainen terän kestoikä.

Jos päävaatimuksia ovat pinnankarheus ja mittatarkkuus, parempi tulos saadaan pienellä viisteellä. Tällöin lastuamisvoimat ja lämpötila laskevat ja värinä vähenee.



Teräsärmä

Käytä niin suurta nirkonsädettä kuin työ sallii:

- Pieni nirkonsäde, esim. 0,2 tai 0,4 mm (1/128, 1/64 tuumaa) tehostaa lastunmurtoa.
- Isolla nirkonsäteellä saadaan parempi pinnankarheus ja särmälujuus ja siten pidempi kestoikä.

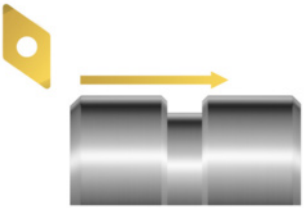
Wiper-terillä prosessia voidaan parantaa kahdella tavalla:

- Voidaan parantaa pinnankarheutta samoilla lastuamisarvoilla.
- Voidaan suurentaa syöttöä samalla pinnankarheudella.

Xcel-terät sallivat isomman syötön, 0,3–0,5 mm/kierr. (0,012–0,020 tuumaa/kierr.) huonontamatta pinnankarheutta.

Kappaleen koneistus pehmeänä

- Vältä jäysteitä
- Pysy toleranssien lähellä
- Tee viiste ja säteet pehmeänä



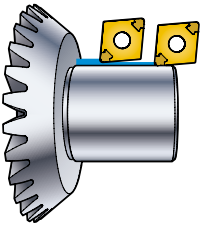
Huolehdi tukevuudesta

- Käytä leveitä kiinnitysleukoja (ei karkaistuja)
- Käytä Coromant Capto® -kiinnitystä
- Teränpitimien on oltava moitteettomassa kunnossa

Kahden vaiheen strategia

Kaksivaiheinen koneistus kannattaa yleensä, kun

- koneen tukevuus on heikko
- kappaleen muoto on epäsäännöllinen
- vaaditaan erittäin tarkkoja lopputoleransseja tai pinnankarheutta.



Lastuamisnesteen käyttö

Kovasorvauksen tärkeimpiä etuja on mahdollisuus koneistaa ilman lastuamisnestettä. Joskus nesteen käyttö kuitenkin on välttämätöntä, esimerkiksi seuraavissa tilanteissa:

- lastunmurron helpottamiseksi
- työkappaleen lämpötilan hallitsemiseksi
- jos työkappale on erittäin suuri (lämmönsiirto).

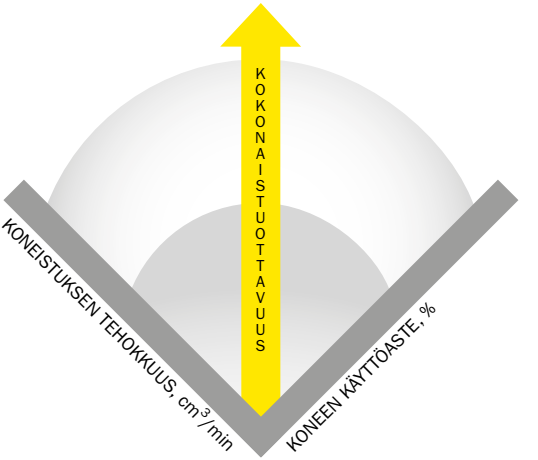
Jos nestettä käytetään, nestevirran on pysyttävä koko työn ajan tasaisena.

Lisätietoja

Voitto tuottavuuskisassa

Konepajan tuottavuus muistuttaa sikäli autourheilua, että voittoon tarvitaan paitsi nopeutta, myös mahdollisimman vähän ja mahdollisimman lyhyitä varikkokäyntejä. Näiden haasteiden ymmärtäminen ja tuottavuutta parantavat ratkaisut ovat Sandvik Coromantin ydinosaamista.

Kokonaistuottavuutta voidaan parantaa tehostamalla koneistusta tai parantamalla koneen käyttöastetta. Tai joskus molemmilla tavoilla.



Tehokas koneistus – on nopeudesta kiinni!

Koneistuksen tehokkuus riippuu ennen muuta lastuamisnopeudesta ja lastuvirrasta. Toisaalta liiallinen nopeus voi pilata tuottavuuden, jos seurauksena on liikaa seisokkeja.

Hyvä tuottavuus vaatii suorituskykyistä terälaatua, nopeita menetelmiä ja värinöiden ehkäisyä.

Isoille nopeuksille: GC4325, GC4315 ja Silent Tools™.

Koneen käyttöaste – lisää koneaikaa!

Suunnittelemattomien seisokkien välttäminen parantaa roimasti tuottavuutta. Manuaalinen työkalunvaihto vie aikaa ja saattaa olla hankalaa, varsinkin jos kone on ahdas tai työkalun paikoitusta on hankala uusia tarkasti. Työkalun vaihto ja paikoitus vie pahimmillaan jopa 10 minuuttia.

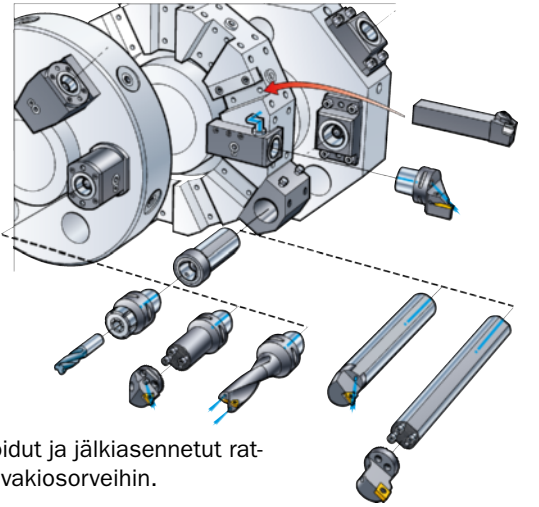
Paras varikkotiimi: Coromant Capto® - ja QS™-pikavaihtopitimet.

Suunnittelemattomat tuotantokatkokset ovat todellisia aikavarkaita. Aivan kuten rengasrikko pilaa F1-kuljettajan kisan, lastuongelmat ja terärikot voivat heikentää tuntuvasti konepajan tulosta.

Aja varman päälle: GC4325, GC4315, CoroTurn® HP ja Silent Tools™.

Pikavaihtotyökalut

Pikavaihtomalliset kiinnitysyksiköt optimoivat koneen käyttöasteen lyhentämällä olennaisesti sekä työkalujen asetus- että vaihtoaikoja.



Integroidut ja jälkiasennetut ratkaisut vakiosorveihin.

Suoraan koneen karaan integroitu Coromant Capto® -kiinnitys parantaa koneen tukevuutta ja monikäyttöisyyttä. Koko koneistamossa voidaan käyttää samaa monipuolista ja olennaiseen pelkistettyä optimaalisen tukevien työkalujen valikoimaa.

Modulaarisuus vähentää kalliiden ja pitkiä toimitusaikoja vaativien erikoistyökalujen tarvetta:

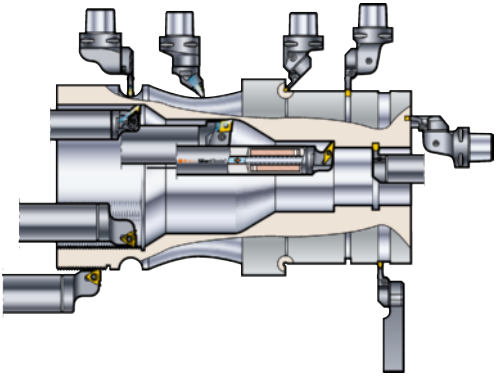
- saatavissa kuutena kokona: C3–C10, halkaisijat 32, 40, 50, 63, 80 ja 100 mm.

Korkeille paineille soveltuvat lastuamisnestekanavat työkalun läpi koneelta teräsärmään:

- Coromant Capto® HP -kiinnitysyksiköillä jopa 400 baarin (5802 psi) nestepaine.

CoroTurn® SL

CoroTurn® SL on yleiskäyttöinen modulaarinen järjestelmä, johon kuuluvista sorvauspuomeista, Coromant Capto® -liitäntäkappaleista ja vaihdettavista teräpäistä voi rakentaa sopivan työkalun eri koneistustarpeisiin.

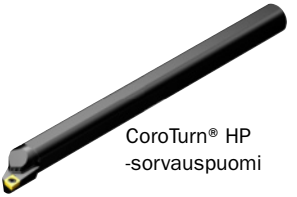


- Yleissorvaukseen, katkaisuun ja uransorvaukseen sekä kierresorvaukseen
- Liitäntäkappaleen ja teräpään välinen tukeva hammastettu kiinnityspinta vastaa värinän ja taipuman suhteen kiinteää työkalua
- CoroTurn® HP -teräpäät
- Kiinteät teräksiset liitäntäkappaleet sekä värinävaimennetut Silent Tools™- ja kovametallimallit
- Pikavaihto-ominaisuus Coromant Capto® -kiinnityksellä
- SL-teräpäistä ja CoroTurn® SL -liitäntäkappaleista voidaan koota laaja valikoima erilaisia työkaluyhdistelmiä
- Kokoa omasi: **www.tool-builder.com.**

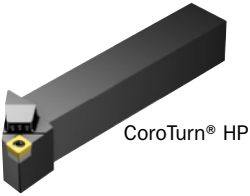
CoroTurn® HP

CoroTurn HP on valikoima työkalunpitimiä tarkalla nestesuihkulla.

Pitimissä on kiinteät nestesuuttimet, joiden etuna on tehokkaampi lastunhallinta, parempi prosessivarmuus ja tuottavuus sekä pitkä terän kestoikä.



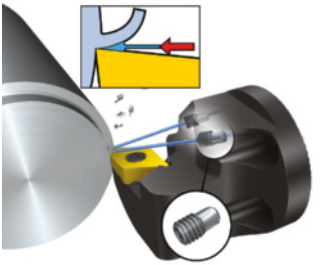
CoroTurn® HP -sorvauspuomi



CoroTurn® HP -varsi

- Sisäsorvauspuomit
- Varret viimeistelyyn ja puolikarkeaan koneistukseen
- Pikavaihto-ominaisuus Coromant Capto® -kiinnityksellä
- Pidempi kestoikä T-Max® P- ja CoroTurn® 107 -terillä.

- Tarkat integroidut lastuamisnestesuuttimet
- Lastuamisnesteen paine: 5–275 bar (75–3990 psi)
- Suuttimia: 1–3

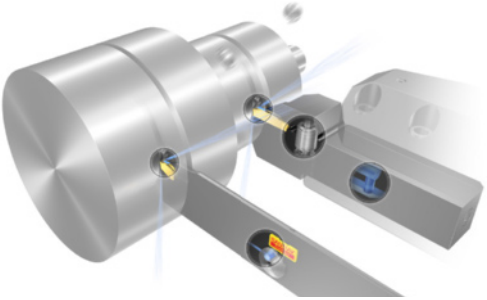


Tarkasti teräsärmään suunnatut lastuamisnestesuuttimet

Mutkaton nesteliitäntä katkaisuun ja uransorvaukseen

CoroCut QD ja CoroCut 1-2, katkaisulehdet ja varsityökalut on saatavana "plug and play" nesteentuontiliitännällä.

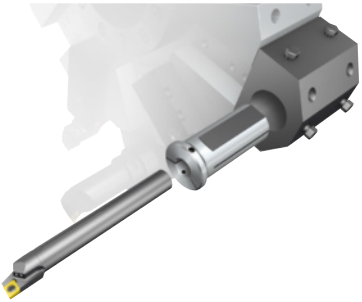
- tarkka ylä- ja alapuolinen nestesuihku, parempi lastunhallinta ja pinnankarheus ja pidempi terien kestoikä
- ei erillisiä letkuja tai putkia
- liitäntäkappaleet useimpiin konemalleihin.



EasyFix™

EasyFix-holkit lyhentävät lieriövartisten sorvauspuomien asetusaikoja. Holkissa oleva jousitettu paikoituskuula takaa varmasti oikean keskiönkorkeuden.

- Voidaan käyttää työkaluissa valmiiksi olevia nestekanavia.
- Metallitiivisteillä saadaan hyvä toimivuus myös korkeilla nestepaineilla.
- Kaikki lieriövartiset puomit sopivat EasyFix-holkkeihin.



Silent Tools™

Silent Tools -liitäntäkappaleiden sisällä oleva vaimennusmekanismi minimoi työkalun värinän ja varmistaa hyvän tuottavuuden ja tarkat toleranssit pitkilläkin vapaapituuksilla.

Liitäntäkappaleeseen voidaan kiinnittää erilaisia CoroTurn® SL -teräpäitä.

Suurin suositeltu vapaapituus:

Puomimalli	Yleissorvaus	Uransorvaus	Kierresorvaus
Teräs	4 x DMM	3 x DMM	3 x DMM
Kovametalli	6 x DMM	6 x DMM	6 x DMM
Värinävaimennettu teräs	10 x DMM	5 x DMM*	5 x DMM*
Värinävaimennettu kovametalli	14 x DMM	7 x DMM	7 x DMM

*570-4C-puomit

Jos vapaapituus on korkeintaan 10 x DMM, tyydyttäviin tuloksiin päästään yleensä värinävaimennetulla teräspuomilla.

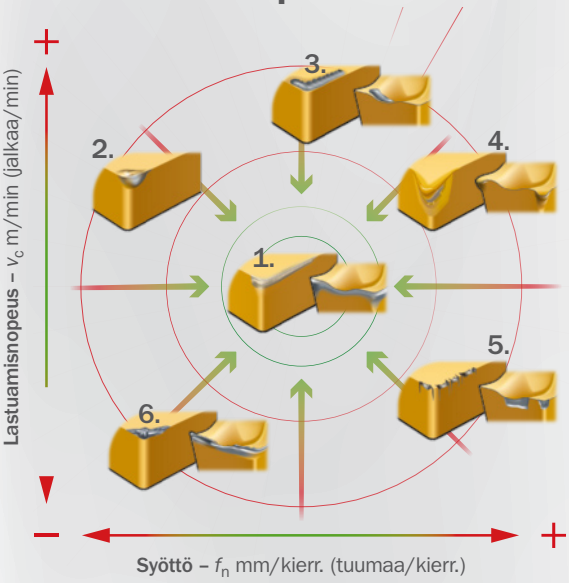
Jos vapaapituus on yli 10 x DMM, tarvitaan kovametallivahvisteista vaimennettua puomia, jotta työkalun radiaalitaipuma ja värinä pysyvät riittävän alhaisina.

Sisäsorvaus on erittäin värinäaltis koneistusmenetelmä. Maksimoi tukevuus ja tarkkuus minimoimalla aina työkalun vapaapituus ja valitsemalla mahdollisimman iso työkalu.

Kun sisäsorvaukseen käytetään vaimennettua teräspuomia, ensisijainen valinta on malli 570-3C.

Uran- ja kierresorvaukseen, missä radiaalivoimat ovat yleissorvausta suuremmat, suositellaan puomimallia 570-4C.

Kulumisen optimointi

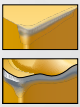


1.	**Viistekuluminen** (abrasiivista)	Ennakoitavan kestoiän kannalta paras
2.	**Plastinen muodonmuutos** (päästöpinta)	
3.	**Kuoppakuluminen**	
4.	**Plastinen muodonmuutos** (särmä)	
5.	**Murtumat**	
6.	**Irtosärmä**	

Tietoa kulumistavoista kääntöpuolella ▶

Kulumismuodot

1. Nopea viistekuluminen



Syy

- Liian suuri lastuamisnopeus
- Riittämätön kulumiskestävyys
- Liian sitkeä laatu
- Lastuamisnesteen syöttö riittämätön

Ratkaisu

- Pienennä lastuamisnopeutta
- Valitse kulumiskestävämpi laatu
- Paranna lastuamisnesteen syöttöä

2. Plastinen muodonmuutos (päästöpinta)

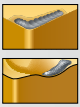
Syy

- Liian korkea lämpötila
- Lastuamisnesteen syöttö riittämätön

Ratkaisu

- Pienennä lastuamisnopeutta (tai syöttöä)
- Valitse kulumiskestävämpi laatu
- Paranna lastuamisnesteen syöttöä

3. Kuoppakuluminen



Syy

- Liian iso lastuamisnopeus ja/tai syöttö
- Liian sitkeä laatu

Ratkaisu

- Pienennä lastuamisnopeutta tai syöttöä
- Valitse positiivinen geometria
- Valitse kulumiskestävämpi laatu

4. Plastinen muodonmuutos (särmä)

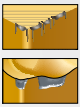
Syy

- Liian korkea lämpötila
- Lastuamisnesteen syöttö riittämätön

Ratkaisu

- Pienennä syöttöä (tai lastuamisnopeutta)
- Valitse kulumiskestävämpi laatu
- Paranna lastuamisnesteen syöttöä

5. Murtumat



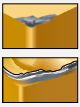
Syy

- Tukevuus huono
- Liian kova laatu
- Liian heikko terägeometria

Ratkaisu

- Valitse sitkeämpi laatu
- Valitse suuremmalle syötölle soveltuva geometria
- Pienennä vapaapituutta
- Tarkista keskiön korkeus

6. Irtosärmä



Syy

- Liian alhainen lämpötila
- Lastuttava aine adhesiivista

Ratkaisu

- Lisää lastuamisnopeutta tai syöttöä
- Valitse terävämpi särmägeometria