Työkaluteräksen kriittiset ominaisuudet

Työkalun suorituskyvyn kannalta

- käyttökohteeseen soveltuva kovuus
- hyvä kulumiskestävyys
- hyvä sitkeys estämään työkalun ennenaikainen rikkoutuminen

Hyvä kulumiskestävyys yhdistetään usein heikkoon sitkeyteen ja päinvastoin. Monissa kohteissa vaaditaan kuitenkin samanaikaisesti sekä hyvää kulumiskestävyyttä että sitkeyttä.

Uddeholm Vanadis 6 on pulverimetallurgisesti valmistettu kylmätyöteräs, jossa yhdistyvät sekä erinomainen kulumiskestävyys että sitkeys.

Työkalun valmistuksen kannalta

- työstettävyys
- lämpökäsiteltävyys
- mitanpitävyys lämpökäsittelyssä
- pintakäsiteltävyys

Kun työkalu valmistetaan runsasseosteisesta työkaluteräksestä, työstö ja lämpökäsittely ovat haasteellisempia kuin matalaseosteisilla teräksillä. Myös kustannukset saattavat nousta.

Erittäin tarkoin tasapainotetun seostuksen ja pulverimetallurgisen valmistusprosessin vuoksi Uddeholm Vanadis 6 teräksen lämpökäsittelyprosessi on sama kuin tavanomaisilla kylmätyöteräksillä. Jäännösausteniitin vähentämiseksi ja abrasiivisen kulumiskestävyyden lisäämiseksi suositellaan päästöä korkeassa lämpötilassa. Uddeholm Vanadis 6 teräksen suurena etuna on tavanomaisesti valmistettuja kylmätyöteräksiä ja kylmätyöhön käytettäviä pikateräksiä huomattavasti parempi mitanpitävyys lämpökäsittelyssä. Tämän ansiosta Uddeholm Vanadis 6 teräs soveltuu erinomaisesti pinnoitettavaksi CVD:llä tai PVD:llä.

Käyttökohteet

Uddeholm Vanadis 6 soveltuu pitkien sarjojen työkaluihin, jotka altistuvat sekakulumiselle (abrasiivinen - adhesiivinen) tai pelkästään abrasiiviselle kulumiselle ja/tai, kun vauriomekanismeina ovat lohkeaminen/halkeaminen ja/tai plastinen muodonmuutos.

Esimerkkejä:

- kovien materiaalien meisto ja hienomeisto
- muovaussovellukset, joissa vaaditaan suurta puristuslujuutta
- pulveripuristus
- pinnoitettavat työkalut
- muovimuotit ja työkalut, joilta vaaditaan hyvää abrasiivista kulumiskestävyyttä
- terät

Yleistä

Uddeholm Vanadis 6 on kromi/molybdeeni/vanadiini - seosteinen pulveriteräs, jolle on tunnusomaista:

- erittäin hyvä abrasiivinen ja adhesiivinen kulumiskestävyys
- suuri puristuslujuus
- hyvä sitkeys
- erittäin hyvä mitanpitävyys lämpökäsittelyssä ja käytössä
- hyvä läpikarkenevuus
- hyvä päästönkestävyys
- erittäin korkea puhtausaste

Ohjeanalyysi %	C	Si	Mn	Cr	Mo	V
	2,1	1,0	0,4	6,8	1,5	5,4
Toimitustila	pehmeäksihehkutettu n. 255 HB					
Värikoodi	vihreä/tummanvihreä					

Ominaisuudet

Fysikaaliset ominaisuudet

Karkaistu ja päästetty 60 HRC kovuuteen

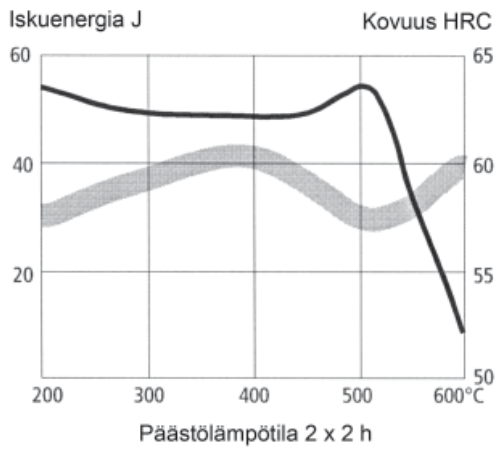
Lämpötila	20 °C	200 °C	400 °C
Tiheys kg/m^3	7 610	-	-
Kimmomoduuli N/mm^2	225 000	210 000	190 000
Lämpö-laajenemiskerroin per °C, 20 °C >	-	11,2 x 10^{-6}	12,0 x 10^{-6}
Lämmönjohtavuus W/m °C	-	22	25
Ominaislämpö J/kg °C	460	-	-

Iskusitkeys

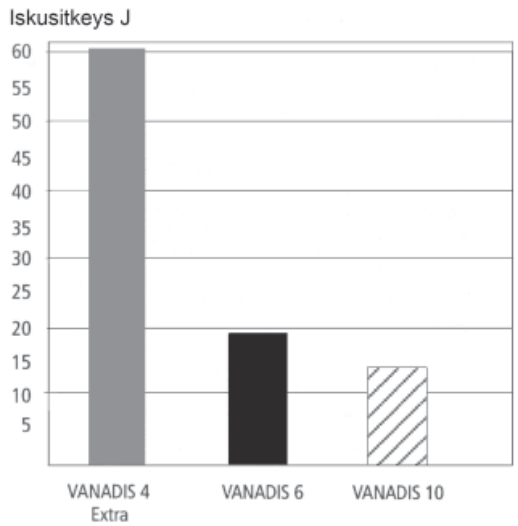
Ohjeellinen iskusitkeys huoneenlämpötilassa eri päästölämpötiloilla

Koesauvan mitat: 7 x 10 x 55 mm, loveamaton

Karkaisu 1050 °C:ssa, sammutus ilmaan, päästö 2 x 2 h.



Uddeholm Vanadis 4 Extran, Vanadis 6:n ja Vanadis 10:n ohjeellinen iskusitkeys huoneenlämpötilassa



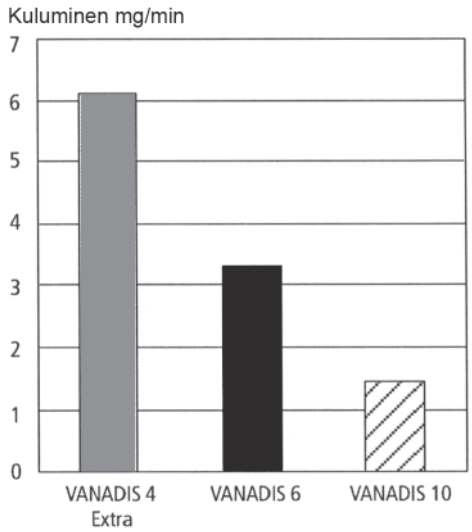
Puristuslujuus

Kovuus HRC	Puristuslujuus $R_{C0,2}$ MPa
60	2290
62	2530
64	2760

Päästetty 525 °C:ssa, 2 x 2 h

Kulumiskestävyys

Pin-on-disc -koe. Kiekon materiaali SiO_2. Kaikkien terästen kovuus 62 HRC, päästö korkeassa lämpötilassa. Alhainen arvo kuvaa hyvää kulumiskestävyyttä.



Lämpökäsittely

Pehmeäksihehkutus

Suojaa teräs hiilenkadolta ja läpikuumenna 900 °C:seen. Jäähdytä tämän jälkeen uunissa 10 °C/h 750 °C:seen ja sen jälkeen vapaasti ilmassa.

Jännitystenpoistohehkutus

Läpikuumenna työkalu rouhintatyöstön jälkeen 650 °C:seen, pitoaika 2 h. Jäähdytä hitaasti 500 °C:seen ja sen jälkeen vapaasti ilmassa.

Karkaisu

Esikuumennuslämpötila: tavallisesti kaksivaiheinen; 600–650 °C ja 900–950 °C

Austenitointilämpötila: 1000–1100 °C, yleensä 1050 °C

Pitoaika: 30 min alle 1100 °C:ssa, 15 min yli 1100 °C:ssa

Suojaa työkalu hiilenkadolta ja hapettumiselta karkaisun aikana.

Sammutusaineet

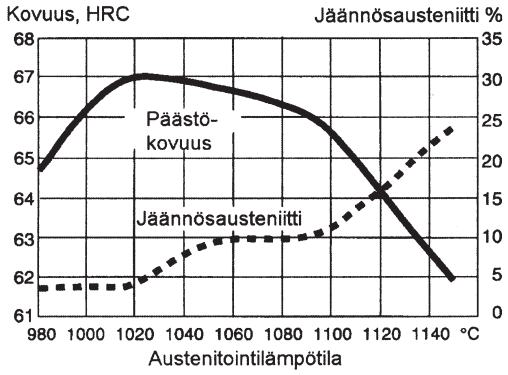
- paineilma
- alipaine (sammutuskaasu riittävällä ylipaineella) mieluiten vähintään 4 - 5 bar
- kuumakylpykarkaisu tai leijupatja 500–550 °C
- kuumakylpykarkaisu tai leijupatja 200–350 °C

Huom. 1: Päästä työkalu heti kun lämpötila on laskenut 50–75 °C:seen.

Huom. 2: Parhaat ominaisuudet saavutetaan, kun jäähdytys tapahtuu mahdollisimman nopeasti, kuitenkin niin, ettei synny liikaa muodonmuutoksia.

Huom. 3: Paksuseinämäiset (> 50 mm) työkalut on sammutettava riittävällä kaasunpaineella ja nopeudella. Sammutus seisovassa ilmassa heikentää kovuutta.

Kovuus ja jäännösausteniitti austenitointi-lämpötilan funktiona.



Päästö

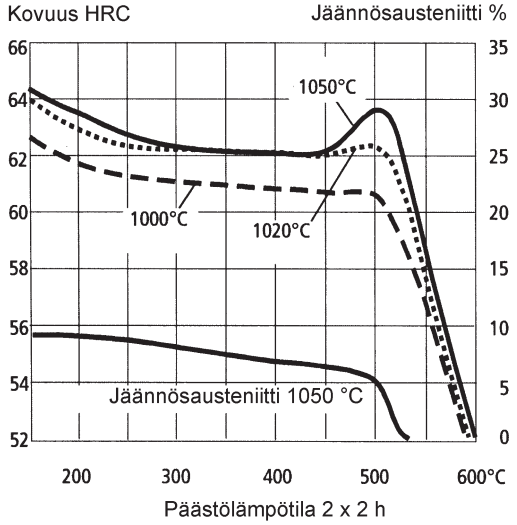
Valitse päästölämpötila päästökäyrästöstä halutun kovuuden mukaan. Päästä vähintään kaksi kertaa ja jäähdytä päästöjen välillä huoneenlämpötilaan.

Alhaisin päästö-lämpötila on 180 °C. Sitä tulisi käyttää ainoastaan pienille ja geometrialtaan yksinkertaisille työkaluille.

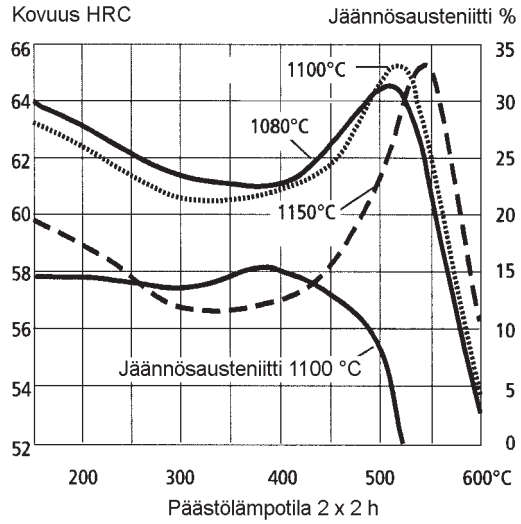
Suurempien ja monimutkaisempien työkalujen päästölämpötilan on oltava vähintään 250 °C. Kun päästö suoritetaan korkeassa lämpötilassa, tulisi valita sekundäärisen karkenemisen maksimiarvon oikealla puolella oleva päästölämpötila.

Kun karkaisulämpötila on 1100 °C tai sitä korkeampi, Uddeholm Vanadis 6 SuperClean³on päästettävä kolme kertaa (pitoaika 1 h) vähintään 525 °C:ssa, jotta jäännösausteniitin määrää saadaan pienennettyä. Muutoin pitoaika on vähintään 2 h.

Päästökäyrä



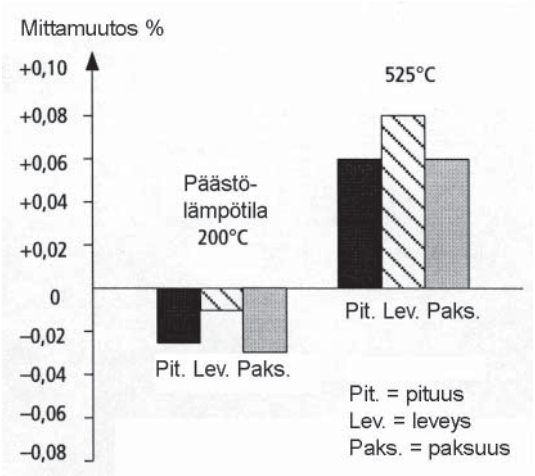
Päästökäyrä



Mittamuutokset

Mittamuutokset on mitattu sen jälkeen, kun koekappale on austenitoitu 1050 °C:ssa/30 min ja jäähdytetty kaasun avulla kylmässä alipaineuunissa.

Koekappaleen mitat: 65 x 65 x 65 mm



Pakkaskarkaisu

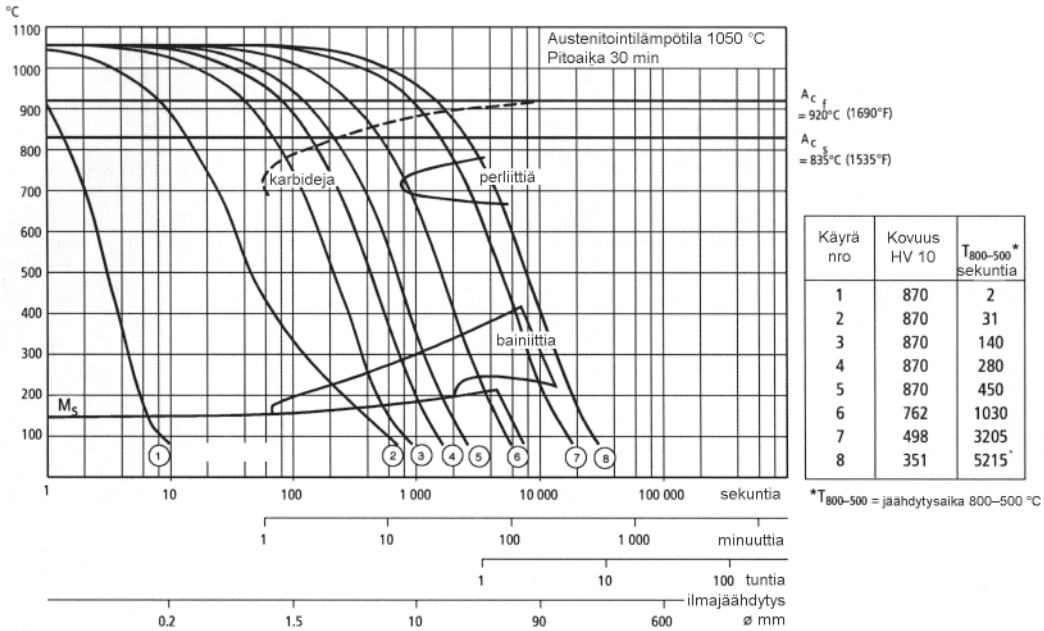
Osat, joilta vaaditaan mahdollisimman hyvää mitanpitävyyttä, voidaan pakkaskarkaista seuraavasti:

Kappale pakkaskarkaistaan välittömästi sammutuksen jälkeen –70...–80 °C:seen (pitoaika 1–3 h), minkä jälkeen suoritetaan päästö. Jos päästö suoritetaan korkeassa lämpötilassa, päästölämpötilaa on laskettava 25 °C halutun kovuuden saavuttamiseksi. Pakkarkarkaisu nostaa kovuutta n. 1 HRC. Kappaleessa tulisi välttää monimutkaisia muotoja halkemisriskin vuoksi.

Jos vaaditaan erittäin hyvää mitanpitävyyttä, suositellaan pakkaskarkaisua nestemäisessä typessä sammutuksen ja jokaisen päästön jälkeen.

CCT-piiros

Austenitointilämpötila 1050 °C, pitoaika 30 min

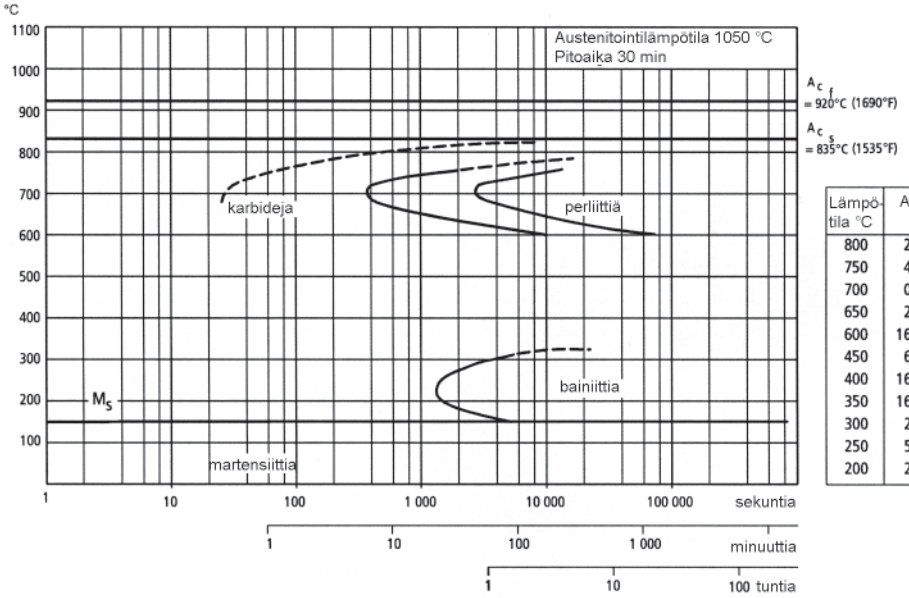


Käyrä nro	Kovuus HV 10	$T_{800-500}$* sekuntia
1	870	2
2	870	31
3	870	140
4	870	280
5	870	450
6	762	1030
7	498	3205
8	351	5215*

*$T_{800-500}$ = jäähdytysaika 800–500 °C

TTT-piirros

Austenitointilämpötila 1050 °C, pitoaika 30 min



Lämpötila °C	Aika h	Kovuus HV 10
800	2,25	824
750	4,08	306
700	0,48	394
650	2,17	464
600	16,56	882
450	6,41	882
400	16,35	920
350	16,35	870
300	2,15	857
250	5,42	642
200	2,13	870

Pintakäsittely

Tiettyihin sovelluksiin kylmätyökalut pinnoitetaan kitkan pienentämiseksi ja kulumiskestävyyden parantamiseksi. Yleisimmin käytetyt pinnoitusmenetelmät ovat typetys ja pinnoitus kulutustakestävällä kerroksella, esim. PVD ja CVD.

Uddeholm Vanadis 6 SuperClean³on erinomainen perusaine erityyppisille pinnoitteille suuren kovuuden, sitkeyden ja hyvän mitanpitävyyden vuoksi.

Typetys ja hiilitypetys

Typetyksellä ja hiilitypetyksellä saadaan aikaan kova, kulutustakestävä pinta ja samalla taipumus kiinnitarttumiseen vähenee.

Pintakovuus typetyksen jälkeen on n. 1250 $HV_{0,2kg}$. Typetyskerroksen paksuutta määrättäessä tiettyyn käyttökohteeseen on otettava huomioon teräksen korkea seostusaste.

PVD

PVD (Physical Vapour Deposition) on menetelmä, jolla saadaan aikaan kulutustakestävä pinnoite 200–500 °C:ssa.

CVD

CVD (Chemical Vapour Deposition) on menetelmä, jolla saadaan kulutustakestävä pinnoite n. 1000 °C:ssa. Pinnoitetut työkalut tulisi karkaista ja päästää alipaine-uunissa pintakäsittelyn jälkeen.

Lastuamisohjeet

Alla olevat lastuamisarvosuositukset ovat ohjeellisia ja ne on sopeutettava kulloinkin vallitseviin olosuhteisiin.

Sorvaus

Lastuamis-parametrit	Sorvaus kovametallilla		Sorvaus pika-teräksellä Hieno-sorvaus
	Karkea-sorvaus	Hieno-sorvaus	
Lastuamisnopeus V_c m/min	70–100	100–120	8–10
Syöttö f mm/kierros	0,2–0,4	0,05–0,2	0,05–0,3
Lastuamissyvyys a_p mm	2–4	0,5–2	0,5–3
Työstöryhmä ISO	K20*	K15*	-

**Käytä kulutusta kestävää Al_2O_3 pinnoitettua kovametalliterää*

Jyrsintä

TASO- JA KULMAJYRSINTÄ

Lastuamis-parametrit	Jyrsintä kovametallilla	
	Karkeajyrsintä	Hienojyrsintä
Lastuamisnopeus V_c m/min	40–70	70–100
Syöttö f_z mm/hammas	0,2–0,4	0,1–0,2
Lastuamissyvyys a_p mm	2–4	1–2
Työstöryhmä ISO	K20*	K15*

**Käytä kulutusta kestävää Al_2O_3 pinnoitettua kovametalliterää*

TAPPIJYRSINTÄ

Lastuamis-parametrit	Jyrsintyyppi		
	Täyskova-metalli	Kovametalli-kääntöterä	Pikateräs
Lastuamisnopeus V_c m/min	35–45	70–90	5–8[1)]
Syöttö f_z mm/hammas	0,01–0,2[2)]	0,06–0,2[2)]	0,01–0,3[2)]
Työstöryhmä ISO	-	K15[3)]	-

1) Pinnoitetulle pikateräsjyrsimelle V_c= 12–16 m/min
2) Riippuen radiaalisesta lastuamissyvyydestä ja jyrsimen halkaisijasta
3) Käytä kulutusta kestävää Al_2O_3 pinnoitettua kovametalliterää

Poraus

PIKATERÄSKIERUKKAPORAT

Poran halkaisija mm	Lastuamisnopeus V_c m/min	Syöttö f mm/r
–5	8–10*	0,05–0,15
5–10	8–10*	0,15–0,20
10–15	8–10*	0,20–0,25
15–20	8–10*	0,25–0,35

**Pinnoitetulle pikateräsporalle V_c = 14–16 m/min*

KOVAMETALLIPORAT

Lastuamis-parametrit	Poratyyppi		
	Kääntöterä	Kovametalli-pora	Juotettu kovametalli-pora[1)]
Lastuamis-nopeus V_c m/min	90–120	50–70	25–35
Syöttö f mm/kierros	0,05–0,25[2)]	0,10–0,25[2)]	0,15–0,25[2)]

1) Porat, joissa on sisäpuoliset jäähdytyskanavat ja juotetut kovametalliterät
2) Riippuen poran halkaisijasta

Hionta

Alla olevassa taulukossa on esitetty yleisluonteisia hiomalaikkasuosituksia. Lisätietoja löytyy Uddeholmin julkaisusta “Työkaluterästen hionta”.

Hiontamenetelmä	Pehmeäksi-hehkutettu teräs	Karkaistu teräs
Tasohionta suoralla laikalla	A 46 HV	B151 R50 B3[1)] A 46 GV
Segmenttihionta	A 36 GV	A 46 GV
Pyöröhionta	A 60 KV	B151 R50 B3[1)] A60 JV
Sisäpuolinen hionta	A 60 JV	B151 R75 B3[1)] A60 IV
Muotohionta	A 100 IV	B126 R100 B6[1)] A 100 JV

1) Käytä mieluiten CBN-laikkoja

Kipinätyöstö

Kipinätyöstettäessä karkaistua ja päästettyä materiaalia, työstö on aina lopetettava hienokipinätyöstöllä eli käyttämällä alhaista jännitettä ja suurta taajuutta.

Kun kipinätyöstettävät kappaleet ovat suuria tai niissä on monimutkaisia muotoja, Vanadis 6 päästetään korkeassa lämpötilassa (>500 °C).

Kipinätyöstetty pinta tulisi hioa/kiillottaa ja päästää edellistä päästölämpötilaa 25 °C alhaisemmassa lämpötilassa.

Uddeholmin kylmätyöterästen vertailu

Materiaalien ominaisuudet ja vauriomekanismien kestävyys

Teräslaji	Kovuus/ Plastinen muodon-muutos	Työstettä-vyys	Hiotta-vuus	Mitan-pitävyys	Kulumiskestävyys		Väsymismurtuminen	
					Abrasiivi-nen	Adhesiivi-nen	Sitkeys/ lohkeilun-kestävyys	Sitkeys/ halkeilun-kestävyys
Tavanomainen työkaluteräs								
ARNE								
CALMAX								
CALDIE (ESR)								
RIGOR								
SLEIPNER								
SVERKER 21								
SVERKER 3								
Jauhemetallurginen työkaluteräs								
VANADIS 4 E								
VANADIS 6								
VANADIS 10								
VANCRON 40								
Jauhemetallurginen pikateräs								
VANADIS 23								
VANADIS 30								
VANADIS 60								
Tavanomainen pikateräs								
AISI M2								