

Bearbetbarhet

Bearbetbarhet - Intro

Viktig att känna till samverkan mellan materialet i arbetsstycket, verktygets geometri och skärverktygets material/sort.

- Det finns 6 st olika ISO-standardiserade materialhuvudgrupper med unika egenskaper.
 - **ISO P Stål** - Innehåller troligtvis största variationen av olika komponenttyper
 - **ISO M Rostfritt stål** - Applikation till stor del inom olje/gas industrin + rör-, fläns- och bearbetningsindustrin samt läkemedelsindustrin.
 - **ISO K Gjutjärn** - Domineras av bildelar, maskintillverkare och stålframställning
 - **ISO N Aluminium** - Flygindustrin och tillverkare av AI-hjul till bilindustrin.
 - **ISO S Varmhållfasta superlegeringar** - svårbearbetade material som används inom flygindustrin, gasturbin- och kraftgeneratorindustrin.
 - **ISO H Härdade material** - olika industrier som bilindustrin och deras underleverantörer liksom hos maskintillverkare och form av verktygsframställning.

Utformningen av skäreggen och skärgeometrin har avgörande betydelse för spånbildning och livslängden vid skärande bearbetning. Följande faktorer måste identifieras för att fastställa ett materials bearbetbarhet.

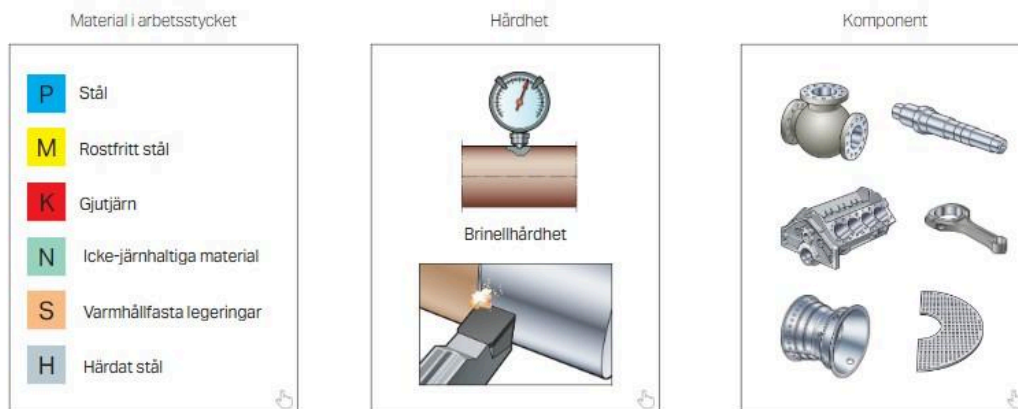
- Metallurgisk/mekanisk klassificering av material i arbetsstycket.
- Vilken mikro/makro-geometri skäreggen ska ha.
- Skärverktygets material (sort) t.ex. Belagd hårdmetall, keramisk, kubisk bornitrid eller PCD osv.

Bearbetbarhet - Arbetsmaterial - Egenskaper för spånavgång

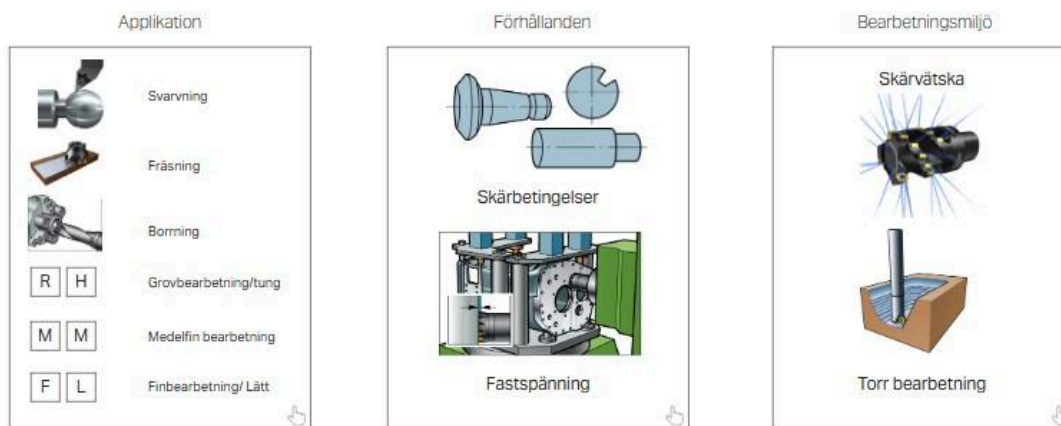
- **ISO P Stål** - I allmänhet långspånande och har ett kontinuerligt, förhållandevis jämnt spånbildning flöde. Variationerna brukar bero på kolhalt, låg kolhalt = segt, kletande material och högt kolhalt = sprött material. Skärkraften/effektbehovet varierar nästan inte alls.
- **ISO M Rostfritt** - Ger en lamellär, oregelbunden spånbildning där skärkrafterna är högre än vanligt stål. Det finns många olika sorter av rostfritt stål så spånbrytningen varierar beroende på legering egenskaperna och värmebehandlingen, från att vara enkel till närmast omöjlig.
- **ISO K Gjutjärn** - Spånbildningen varierar från pulveraktigt till långa spånor. Effektbehovet är i regel litet. Det är stor skillnad mellan grått gjutjärn (ofta nästintill pulver) och segjärn, vars spånbrytning ofta ligger närmare stålets.
- **ISO N Aluminium** - Låg effekt krävs per mm³ men pga. den höga spånavverkning hastigheten är det ändå bra att räkna ut vilken max effekt som krävs.
- **ISO S Varmhållfasta superlegeringar** - Spannet är stort, men normalt sett är det fråga om höga skärkrafter.
- **ISO H Härdad stål** - Ofta bildas en lång, rödglödande spåna. Den höga temperaturen bidrar till att sänka kc1-värdet och är viktig för att underlätta applikationen.



Bearbetbarhet - Parametrar som påverkar processen



- **Material** - Varje iso-materialgrupp har sina egna unika egenskaper
- **Hårdhet** - Det finns ett förhållande mellan hårdheten på materialet och verktygets livslängd/förslitning, ju högre hårdhet desto snabbare förstörs det.
- **Komponent** - Arbetsstycket och dess material, konfiguration samt bearbetningsmetod påverkar valet av verktyg.



- **Applikation** - 3 huvudsakliga applikations typer som alla kräver olika verktyg, skär och sorter. Finbearbetning/ grovbearbetning påverkar också belastningen på skäreggen.
- **Förhållanden** - Det är viktigt att man är uppmärksam och förstår påverkan som olika konfigurationer/fastspännings villkor har.
- **Bearbetning Miljö** - Om man torrkör eller använder skärvätska så har det betydelse.

Bearbetbarhet - Arbetsmaterial MC-koder

Material klassificeras med hjälp av **MC-koder (Material class)** som vi redan demonstrerat en liten del av faktiskt på första sidan, dessa koder var **P,M,K,N,S,H** eller de börjar så i alla fall. MC- koder är uppbyggda för att kunna ge information om olika egenskaper hos materialet i arbetsstycket, detta görs genom en kombination av siffror och bokstäver.



Efter att man läst första biten av koden (P,M,K,N,S,H) som berättar **huvud**-materialgruppen så visar nästa bit material-**undergruppen** sedan visar nästa steg tillverkningsprocessen och sist vilken behandling materialet haft.

			ISO	MC	Material	ISO	MC	Material
K	K1	Aducerbart gjutjärn	M	P5	Ferritiskt/Martensitiskt Rostfritt stål	N	N1	Aluminiumbaserade legeringar
	K2	Grått gjutjärn		M1	Austenitiskt rostfritt stål		N2	Magnesiumbaserade legeringar
	K3	Segjärn, nodulärt gjutjärn		M2	Superaustenitiskt, Ni ≥ 20 %		N3	Kopparbaserade legeringar
	K4	Kompaktgråttjärn		M3	Duplex (austenitiskt/ferritiskt)		N4	Zinkbaserade legeringar
	K5	Bainithärdat formbart segjärn						
P	P1	Olegerat stål	H	H1	Stål (45–65 HRC)	S	S1	Järnbaserade legeringar
	P2	Låglegerat stål (< 5 % legeringsämnen)		H2	Kokillhärdat gjutjärn		S2	Nickelbaserade legeringar
	P3	Höglegerat stål (> 6 % legeringselement)		H3	Stelliter		S3	Koboltbaserade legeringar
	P4	Sintrade stål		H4	Ferro-TiC		S4	Titanbaserade legeringar
							S5	Wolfram-baserade legeringar
							S6	Molybdenbaserade legeringar

Bearbetbarhet - Skärverktyg

Det är kombinationen av materialet och skärgeometrin som ger vändskäret dess egenskaper.

Obelagd hårdmetall (HW) - Primärt innehållande volframkarbid (WCI)

- Används i medelsvåra/svåra applikationer i P,K,Al och S vid svarvning/fräsning och borrar.
- Bra kombo av slitstyrka/seghet.
- Ger skarpa skäreppar.
- Bra eggsäkerhet men begränsad slitstyrka vid högre hastigheter.
- Representerar en liten del av det totala sortprogrammet.
- **Belagd hårdmetall (HC)**
- Allmän användning i alla typer av komponenter/material för svarvning/fräsning och borrar.
- Extremt bra kombo av slitstyrka/seghet inom en mängd olika applikationer.
- Består av ett stort utbud av sorter med hårda till sega substrat, normalt med gradientsintring och olika beläggningar av CVD (Kemisk ångbeläggning) och PVD (Physical vapor deposition – fysikalisk ångbeläggning)
- Uppvisar mycket bra förslitning egenskaper med lång skärlivslängd.
- Dominerar skär programmet och det växer.

Cermet (HT,HC)

- Används vid medelfin/finbearbetning där det krävs snäva toleranser och bra ytjämnhet.
- Kemiskt stabilt med ett hårt och slitstarkt substrat.
- Består av titan baserad (TiC, Titankarbid,TiCN,Titannitrid) hårdmetall med kobolt som bindemedel, Cermet är en kombo av keramik/metall.

-
- PVD-beläggning ökar skär livslängden och motståndskraften mot förslitning. Har "självvässande" egenskaper och begränsad seghet.
 - Relativt låg andel av det totala skär programmet.

Keramer (CA,CN,CC)

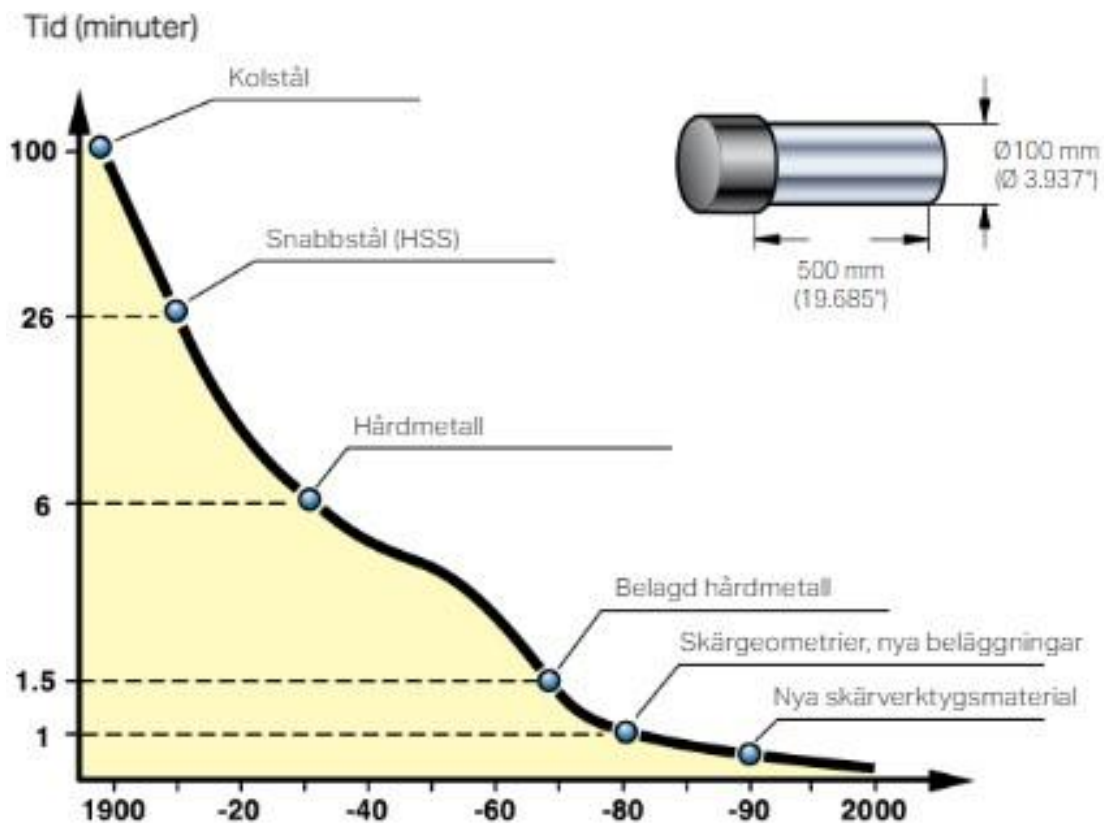
- CA= Oxidkeramer som främst innehåller Al_2O_3 .
- CN= Nitrid Keramer som främst innehåller Si_3N_4 .
- CC= Belagda keramer.
- Beroende på typ av keramik så används sorterna mest i P,K,H och S.
- Keramiska sorter är normalt motståndskraftiga mot förslitning och har god varmhårdhet. Brett applikationsområde.
- Keramer anses vara sköra och behöver stabila förhållanden, Segheten kan förbättras genom tillsatser i blandningen och fiberförstärkning.
- Relativt låg andel av den totala försäljningen men ökad användning i flygindustrin och området med härdat stål/gjutjärn.

Kubisk bornitrid (BN) - Superhård bearbetningsmaterial

- Bornitrid är sällsynt i naturen men förekommer i mineral i Tibet. Den typen har dock ännu ingen kommersiell betydelse, utan bornitrid produceras av **borsyra** eller **bortrioxid**. Bornitriden som bildas kallas amorf (a-BN) som sedan kristalliseras genom **anlöpning** till **grafit**-struktur som i sin tur utsätts för högt temperatur/tryck för att få diamantstruktur (β -BN eller c-BN)
- För finsvarvning i härdat stål, grovbearbetning av grått gjutjärn vid hög skärhastighet, grovsvavning av rullar i vitt/kokillhärdat gjutjärn.
- Applikationer som kräver extrem slitstyrka/seghet.
- CBN= Bornitrid med keramiskt/titannitrid bindemedel.
- Står emot höga skär temperaturer vid höga skärhastigheter.
- Speciellt tillämpningsområde med skär för små volymer, trenden går mot att större volymer av hårda material ska bearbetas.

Polykristallin diamant (DP,HC) - Superhård bearbetningsmaterial

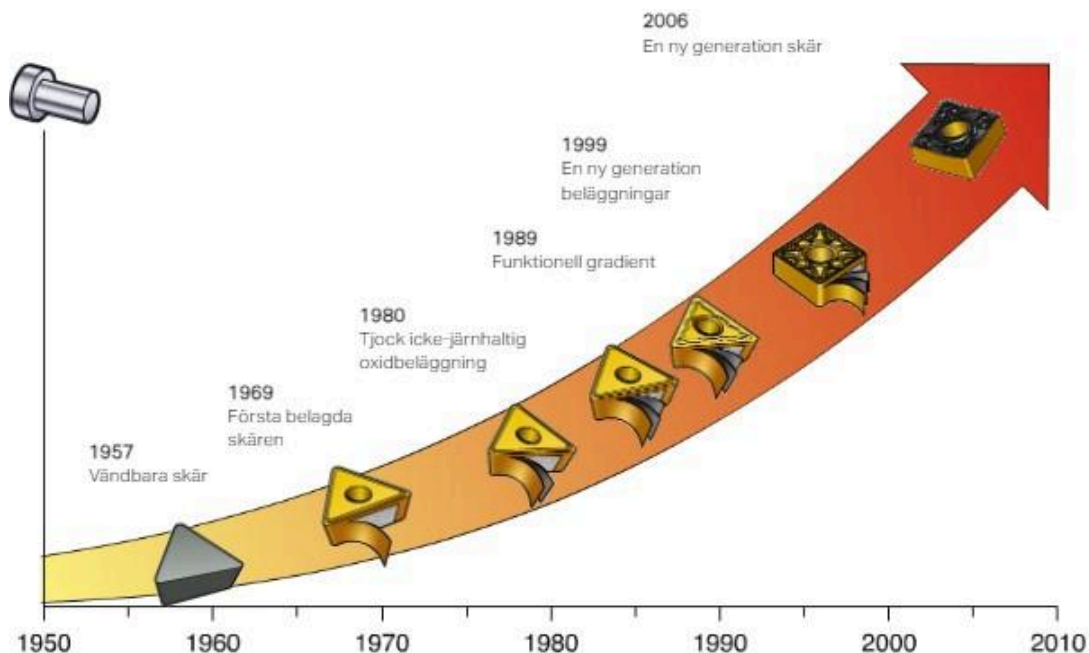
- För svarvning av normalt AI vid låga °C och av mycket nötande hyper eutektiskt AI. Används i icke-metaller/icke järnhaltiga material.
- Extremt slitstarka sorter, känsliga för urflisning.
- Lödda hörn polykristallin diamant (PCD-SPETS) på ett skär eller tunn diamantbelagd film på ett substrat. **Skärverktyget är obelagd hårdmetall belagd med polykristallin eller ett tunt diamantbelagd film.**
- Lång verktygslivslängd, löses upp lätt i järn och sönderdelas vid höga °C.
- Relativt låg andel och begränsade specialapplikationer.



Bearbetbarhet - Hårdmetall

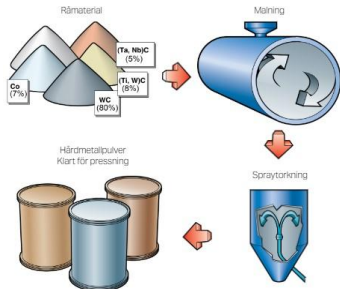
Hårdmetall är ett pulvermetallurgiskt material som består av hårda partiklar av volframkarbid (WC), Titan (Ti), Tantal (Ta), Niobkarbid (Nb) och ett bindemedel som är så gott som alltid Kobolt(Co) men kan också vara nickel (Ni).

- Sorten står för hårdheten/segheten hos skäret och bestäms av blandningen av de ingredienser som utgör substratet.
- Olika beläggningar av HM utvecklades på 1960-talet. Beläggningar ger bättre slitstyrka vilket leder till längre livslängd/möjlighet att använda högre skärdata. Dagens moderna sorter är belagda med olika lager av HM, nitrid och oxid.
- För ökad seghet krävs större kornstorlek på (volframkarbid) och/eller högre halt av bindemedel(Kobolt), för ökad slitstyrka krävs mindre kornstorlek och/eller lägre halt av bindemedel.
- Faktorer som påverkar skärets egenskaper är beläggningsprocess, material hos beläggning, beläggningens tjocklek, efterbearbetning och ytans morfologi.
- Tjockare beläggningar = högre slitstyrka. Hårdare substrat = högre motståndskraft mot deformation.



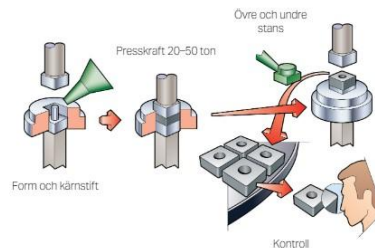
Bearbetbarhet - Hårdmetall tillverkning/beläggningar

1. Pulvertillverkning



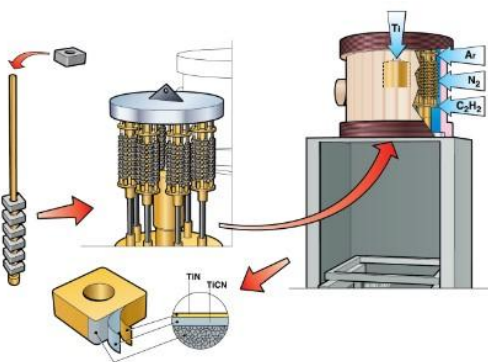
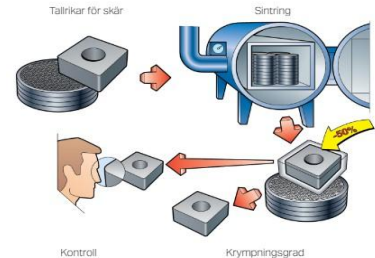
2.

Pressning av pulver till kompakt material



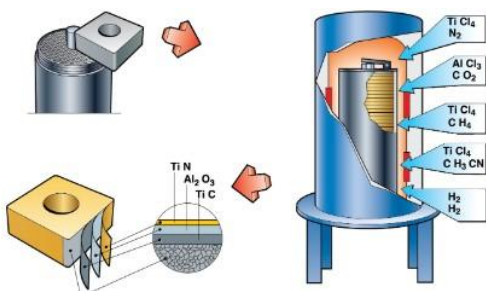
3.

Sintring av de pressade skären



PVD - Metall Källor placeras på kammarens väggar, vanligaste källan är titan. Källorna hettas upp till temp där metallen joniseras och genom att använda gas som bärare kan jonerna gå från källan till skären. När allt svalnat kondenseras jonerna på skären och bildar en beläggning.

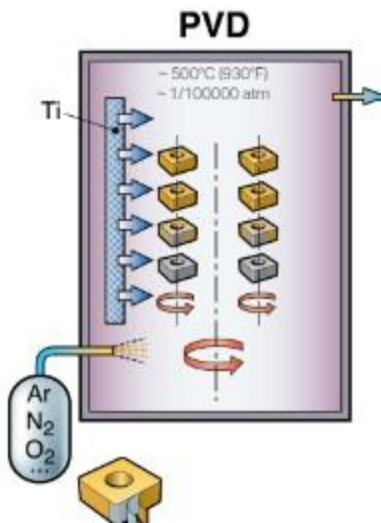
PVD:s fördelar är att det kan användas på lödda spetsar, solida HM-verktyg, att PVD-beläggningar kan behålla en vass skäregg samtidigt som PVD ger bra egg segnet.



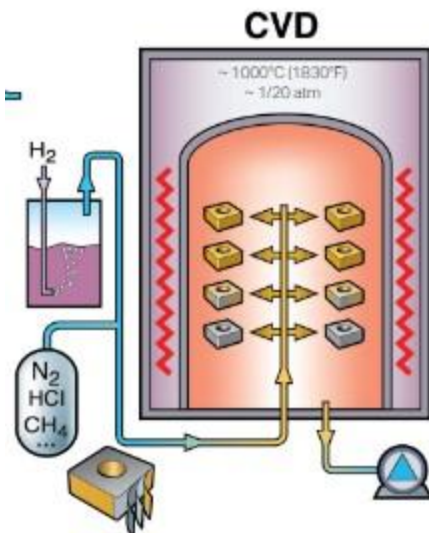
CVD - Skären läggs i ugn där gaser sprutas in. Processen sker vid cirka 900°C och tar ungefär 30h.

Fördelar inkl. möjlighet för jämna/tjocka beläggningar, mycket bra slitstyrka, möjlighet att tillverka oxidbeläggningar.

Bearbetbarhet - Hårdmetall tillverkning/beläggningar



- Metall>blir till "ånga">kondenserar på skärytan.
- PVD bildas vid mycket lägre °C än CVD, ca 500°C.
- Beläggningens tjocklek är 2-6 mikrometer.
- Vassare skäreggar.
- Segare



- Gaser sprayas i ugn över en viss period.
- °C i reaktorn är 800-1000°C beroende på beläggning.
- Tjockare beläggningar kräver mer tid för processen.
- Tjocklek varierar mellan 4-20 mikrometer.
- CVD ger mer motståndskraft mot förslitning.
- Värmebeständig.

Bearbetbarhet - Verktygsförslitning/underhåll

Olika förlitningsmekanismer som påverkar skären

- **Mekanisk** - Mekanisk belastning på skärebben orsakar brott.
- **Termisk** - Temperaturvariationer orsakar sprickor och värme genererar plastisk deformation i skärebben.
- **Kemisk** - En kemisk reaktion mellan hårdmetallen/arbetsmaterialet orsakar förlitning.
- **Nötande** - SiC-inneslutningarna i gjutjärn kan slita på skärebben.
- **Vidhäftande** - Om materialet är kletande bildas lösa lager/eggjar.

Några av de vanligaste förlitnings typerna



Fasförlitning uppstår på skärets flank yta (det fördragna slit mönstret).

Orsak - Friktion under bearbetning, förlitning börjar på egglinjen och löper gradvis nedåt.

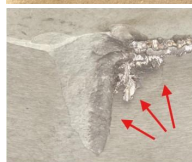
Åtgärd - Minska skärhastighet samt öka matningen så ökar livslängden.



Flagning uppstår vanligen vid bearbetning av kletande material.

Orsak - Vidhäftande belastning kan uppstå pga dragspänningar -> beläggnings lossnar.

Åtgärd - Öka skärhastighet och välj ett skär med tunnare beläggning för att minska flagning.



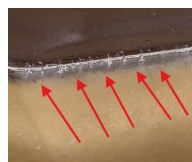
Strålförlitning kännetecknas av stora loka skador vid maximalt skärdjup, kan också uppstå på sekundära skäreggjar. **Orsak** - Kemisk förlitning som i bilden, vidhäftning eller värme. I det senare fallet är deformationshärdning/gradbildning viktiga faktorer för strålbildning.

Åtgärd - I deformationshärdande material, välj en mindre ställvinkel och/eller variera skärdjupet.



Gropförlitning - **Orsak** - Uppstår när spånan kommer i kontakt med skärets spånyta.

Åtgärd - Sänk skärhastighet och välj ett skär med rätt geometri och slitstarkare beläggning.



(Värme) **sprickor** är små öppningar där nya gränssytor har uppstått när materialet har gått sönder. Vissa uppstår bara i beläggnings, andra går ända ner i substratet. Kamsprickor är i stort sett vinkelräta mot egglinjen och är oftast värmesprickor. **Orsak** - Snabba °C förändringar. **Åtgärd** - Använda en segare skärsort och rikligt med vätska/ingen alls.

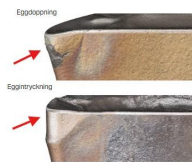


Brott innebär bara att en stor del av skäret går av/sönder.

Orsak - För stor belastning, kan vara att förlitningen gått för långt så att skärkrafterna ökat. Det kan också inträffa i förtid om fel skärdata används eller om infästningen inte är stabil.

Åtgärd - Identifiera/förebygg den ursprungliga typen av förlitning genom att välja rätt skärdata och kontrollera att infästningen är stabil.

Bearbetbarhet - Verktygsförslitning/underhåll



Plast deformation (termisk) är en förändring av skäreppens form efter att det utsatts för inåtgående deformation (eggtryckning) eller nedåtgående deformation (eggdöppning). **Orsak** - Höga skärkrafter/temperaturer som orsakar påfrestningar som överstiger verktygsmaterialets sträckgräns/temperatur.

Åtgärd - Använd sorter med högre varmhållfasthet, beläggningar förbättrar motståndskraften.



Urfilisning (mekanisk) är en mindre skada på egglinjen, till skillnad från strålförslitning så går det fortfarande att använda skäret vid urflisning. **Orsak** - Finns flera förslitnings typer som kan orsaka detta men de vanligaste är termomekaniska/vidhäftande.

Åtgärd - Finns flera åtgärder man kan ta för att minimera risken men vilken åtgärd beror på vilken/vilka förslitnings typer som ligger bakom urflisningen.



Löseggsbildning (vidhäftande) betyder att material samlas mot spånytan.

Orsak - Vid materialuppbyggnad längst upp på skäreppen separeras skäreppen från materialet, resultatet blir ökade skärkrafter som leder till fel eller att delar av beläggningen eller i värsta fall lager av substrat lossnar. **Åtgärd** - ökad skärhastighet kan förebygga detta. I mjukare/kletande material hjälper vassare egg.

Kortfattad checklista för underhåll

- Kontrollera verktygsförslitningen och om underläggsplattorna är skadade.
- Se till att skärläget är rent.
- Kontrollera att skäret är korrekt placerat.
- Kontrollera att du använder rätt nycklar/mejslar.
- Skärskruvarna ska vara korrekt åtdragna.
- Smörj skruvarna innan verktyget monteras.
- Se till att kontaktytorna är rena och oskadade på verktyg/hållare/maskinspindlar.
- Kontrollera att svarvbommarna är ordentligt fastspända och hållarens ände är oskadd.
- Säkra stabilitet.

