SLIPNING AV VERKTYGSSTÅL

UDDEHOLM

© UDDEHOLMS AB
Ingen del av denna publikation får reproduceras eller överföras i kommersiellt syfte utan tillstånd från upphovsrättsinnehavaren.

Uppgifterna i denna trycksak bygger på vårt nuvarande kunnande och är avsedda att ge allmän information om våra produkter och deras användningsområden. De får således inte anses utgöra någon garanti för att de beskrivna produkterna har vissa egenskaper eller är lämpliga för speciella ändamål.

Klassificerat enligt EU-direktiv 1999/45/EC.
För ytterligare information se våra ”Materialsäkerhetsdatablad”.

Utgåva 4, 05.2013
Senast uppdaterade utgåva av denna broschyr är den engelska version som alltid finns publicerad på vår webbplats, www.uddeholm.com

SS-EN ISO 9001
SS-EN ISO 14001

INNEHÅLL

Inledning	4
Slipskivans sammansättning	4
Slipskivans arbetssätt	6
Slipmaskinen	9
Skärvätskan	9
Verktygsstålet	10
Rekommendationer för slipning av Uddeholms verktygsstål	13
Skärhastighet och matning	14
Slipskivans skärpning	15
Slipskiverekommendationer	15–17

Inledning

Beroende på verktygsstålens höga legeringsinnehåll så är dessa oftast mera svårslipade än konventionella konstruktionsstål.

För att erhålla ett bra slipresultat vid slipning av ett verktygsstål krävs att slipskivevalet sker med omsorg. För att kunna välja rätt slipskiva och slipdata fordras förståelse för en slipskivas arbetssätt.

I denna broschyr ska vi ganska ingående behandla en slipskivas uppbyggnad, dess funktion vid slipningen samt de parametrar som styr det färdiga slipresultatet. Broschyren omfattar även slipskiverekommendationer för Uddeholms verktygsstål.

Slipskivans sammansättning

En slipskiva är i princip sammansatt av följande komponenter:

- slipmedel
- bindemedel
- luftporer

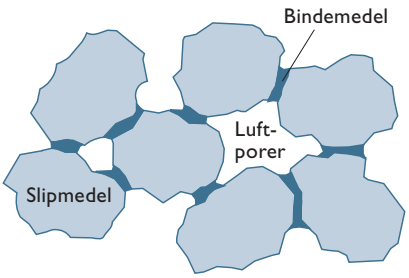


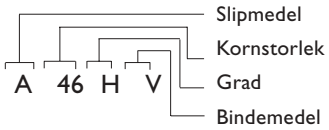
Fig. 1. Fördelningen mellan andel slipmedel, luftporer och bindemedel bestämmer slipskivans egenskaper.

Vissa speciella slipskivor, exempelvis metalliskt bundna diamantskivor, innehåller inga luftporer.

Sammansättningen och variationen av ovanstående komponenter bestämmer slipskivans egenskaper.

Ett märkningssystem, som numera är antaget som internationell standard av ISO, visar slipskivans sammansättning. Beteckningen består av siffror och bokstäver i en bestämd följd avseende slipmedel, kornstorlek, grad och bindemedel.

Exmpel:



SLIPMEDEL

Det är viktigt att slipmedlen uppfyller kraven på:

- hårdhet
- skärpa
- värmebeständighet
- kemisk stabilitet

Idag förekommer följande fyra huvudgrupper av slipmedel, samtliga syntetiska, vilka mer eller mindre uppfyller ovanstående krav.

1. *Aluminiumoxid* beteckning A (SG)
2. *Kiselkarbid* beteckning C
3. *Bornitrid* beteckning B
4. *Diamant* beteckning SD

Slipmedlen har olika användningsområden beroende på deras olika egenskaper vilket delvis förklaras i nedanstående tabell.

SLIPMEDEL	HÅRDHET KNOOP kp/mm²	VÄRME-BESTÄNDIG-HET I LUFT °C
Aluminium-oxid	2100	2000
Kiselkarbid	2500	1200
Bornitrid	4700	1400
Diamant	7000	650

1. Aluminiumoxid är det vanligaste slipmedlet för slipning av järn och stål och finns i flera varianter. Man kan legera den med andra oxider (vanligast titanoxid).

Nedanstående tabell visar hur man genom att legera aluminiumoxiden kan ge den olika egenskaper.

SLIPMEDEL	FÄRG	EGENSKAPER
Normalkorund	Brun, grå	Hårdare ↓ / Segare ↑
Halvädelkorund	Gulbrun	
Ädelkorund röd	Röd	
Ädelkorund vit	Vit	

Tyvärr kan man inte alltid på slipskivans färg bedöma vilken typ av slipmedel det är i skivan, beroende på att vissa slipskivetillverkare färgar slip- och bindemedlet.

På senare tid har en ny typ av aluminiumoxid utvecklats som är finkristallin. Detta innebär att kornen håller skärpan bättre. Slipmedlet kräver dock ett ökat sliptryck. Ett typiskt användningsområde är slipning av verktygsstål i stabila slipmaskiner. Exempel på detta slipmedel är Norton SG (Seeded gel) och Cubitron från 3M.

2. Kiselkarbid är ett slipmedel som främst används vid slipning av gjutjärn och austenitiska rostfria stål, men kan även användas för härdade verktygsstål. Kiselkarbiden finns i två huvudvarianter, den svarta kiselkarbiden samt en något hårdare, grön variant, vilken är sprödare än den svarta kiselkarbiden.

3. Bornitrid framställs på ungefär samma sätt som syntetisk diamant och är ett slipmedel som används framförallt vid slipning av härdade karbidrika verktygsstål och snabbstål. En nackdel med bornitrid är dess höga pris. Jämfört med syntetisk diamant är priset nästan det dubbla.

4. Diamant används, trots sin höga hårdhet, sällan för slipning av järn och stållegeringar beroende på dess låga värmebeständighet. Diamant används främst vid slipning av hårdmetall och keramiska material.

SLIPMEDLETS KORNSTORLEK

Slipmedlets kornstorlek är en viktig faktor vid val av slipskiva. Kornstorleken klassificeras enligt en internationell siktskala i maskor per tum och sträcker sig från 8 (grov) till 1200 (superfin).

Vid slipning av verktygsstål används i huvudsak slipmedel i kornstorlekar från 24 till 100 maskor per tum. Grova kornstorlekar väljs vid grovavverkning, vid slipning av stora arbetsstycken, slipning av mjuka material eller då slipskivans kontaktyta är stor. Fin kornstorlek väljs för att erhålla hög ytfinhet, vid slipning av hårda material, eller då slipskivans kontaktyta är liten.

Ytjämnheten på den slipade detaljen bestäms inte enbart av slipskivans kornstorlek. Skivans skärpning, bindningen av kornen och skivans hårdhet har också stort inflytande på den yta som erhålles efter slipningen.

För diamant- och bornitridskivor anger europeiska slipskivetillverkare kornstorleken som slipkornets diameter i mikrometer, medan amerikanska och japanska tillverkare anger den i maskor per tum.

SLIPSKIVANS GRAD

Med slipskivans grad menas slipskivans hårdhet, d v s hur hårt slipkornen fasthålles av bindemedlet. Slipskivans hårdhet beror alltså inte på det i skivan ingående slipmedlets hårdhet.

Slipskivans grad styrs främst av mängden bindemedel som blandas i skivan. Högre andel bindemedel ger mindre luftporer och därmed en hårdare skiva. Slipskivans grad betecknas med en bokstav, som i alfabetisk ordning visar slipskivans hårdhet:

E = mycket lös sammansättning
Z = mycket hård sammansättning.

De vanligast förekommande sammansättningarna, för verktygsstål, ligger inom hårdhetsområdet G–K. Gradbeteckningen åtföljs ibland av en siffra vilken är beteckningen för kornspridningen i skivan.

SLIPSKIVANS BINDEMEDEL

För att binda kornen i en slipskiva används följande bindemedel.

- Keramiska: beteckning V
- Fenoplast: ” B
- Gummi: ” R
- Metall: ” M

Keramiskt bundna slipskivor är de mest vanliga vid slipning av verktygsstål.

Fenoplast används som bindemedel i slipskivor avsedda för hög periferihastighet, exempelvis vissa bornitridskivor.

Gummibundna skivor används vid höga specifika sliptryck, exempelvis reglerskivor vid centerless-slipning.

Metallbindemedel används för diamant- och vissa bornitridskivor. Dessa skivor tål en mycket hög periferihastighet.

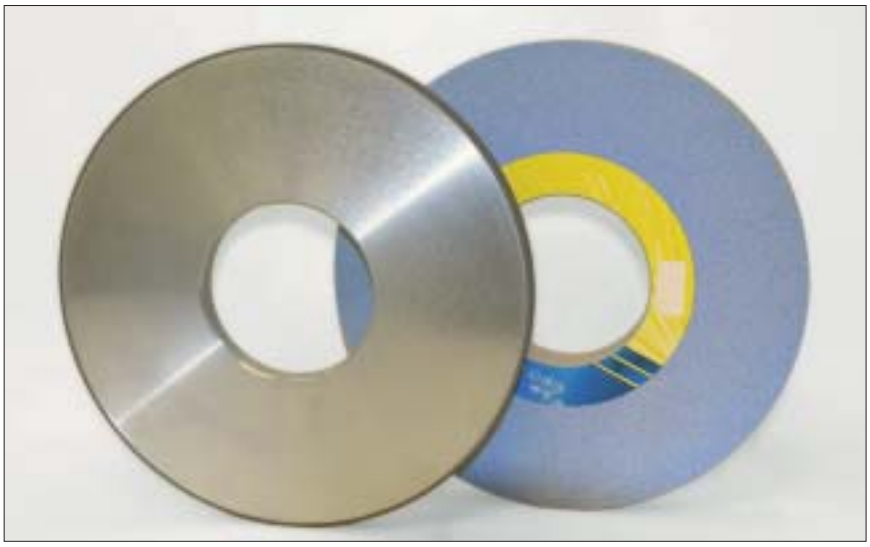


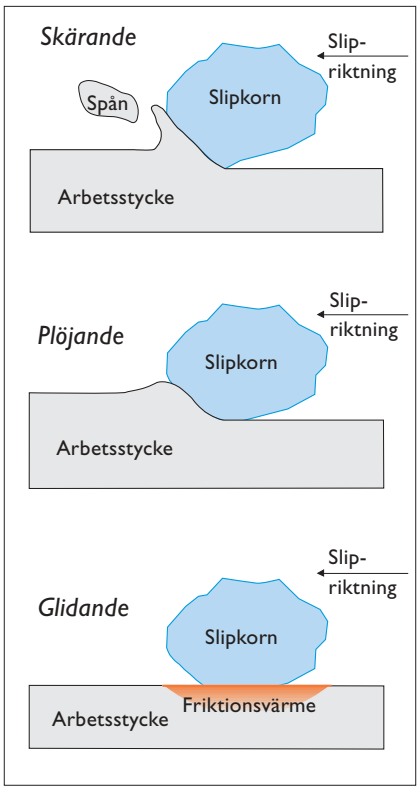
Bild 1. Skillnaden i utförande mellan en bornitridskiva och en konventionell slipskiva. På grund av bornitridens höga pris görs ”slitbanan” som ett tunt skikt på ett nav, vanligtvis av aluminium.

Slipskivans arbetssätt

Slipning är en skärande bearbetning där de skärande eggarna utgörs av slipkornen. Samma principer som för andra spånskärande metoder gäller även för slipning, men vissa omständigheter gör att man måste behandla slipningens teori på ett något annorlunda sätt.

Förhållanden som är speciella för slipning är:

- Slipverktyget har en oregelbunden skärgeometri. Slipkornen ligger oregelbundet placerade, se figur 2.
- Skärgeometrin är föränderlig. I slipverktygets arbetssätt ingår en viss grad av ”självskärpning”, vilket innebär att förbrukade skäreggar splittras eller byts ut.
- Negativa skärvinklar, slipkornens oregelbundna och ”trubbiga” form, gör att både spånvinklar och släppningsvinklar ofta är negativa.
- Mycket stort antal skäreggar.
- Mycket hög skärhastighet. Den vanligaste hastigheten vid precisionsslipning, (35 m/s = 2100 m/min.), ligger högt över vad som är normalt vid annan skärande bearbetning.
- Mycket små spån, d v s mycket små skärdjup per egg.



Figur 2. Olika tillstånd vid slipning (mycket schematiskt). Skärvinklarna är oftast negativa.

SLIPKRAFTER

De slipkrafter som verkar på varje enskilt slipkorn kallas för *specifika krafter*. Ett medelvärde av de specifika krafterna får man genom att dividera totalkraften med antalet skärande korn. Detta antal beror på kontaktytans storlek och slipbanans eggtäthet. De specifika krafterna avgör bl a graden av självskärpning hos slipskivan, d v s dess ”arbetshårdhet”. *Totalkraften* är den totala kraft som uppkommer mellan slipskiva och arbetsstycke.

SLIPSKIVANS FÖRSLITNING

Slipkornen är från början skarpa, men som alla skäreggar nöts de efter hand och blir trubbiga. Vid en viss tidpunkt har slipkornen blivit så trubbiga att de har svårt att tränga ner i materialet. De slutar att avverka och alstrar enbart värme, slipskivan ”bränner”, och kan då orsaka slipsprickor i materialet.

För en korrekt arbetande slipskiva skall emellertid påkänningarna och bindemedelsbryggornas hållfasthet vara så avvägda att slipkornet, när det blivit så trubbigt som man kan tillåta, bryts loss ur sin infästning och nya skarpa korn kan ta vid. Slipskivan *självskärper* sig. Självskärpning sker även genom att slipkorn splittras och nya eggar på så vis bildas.

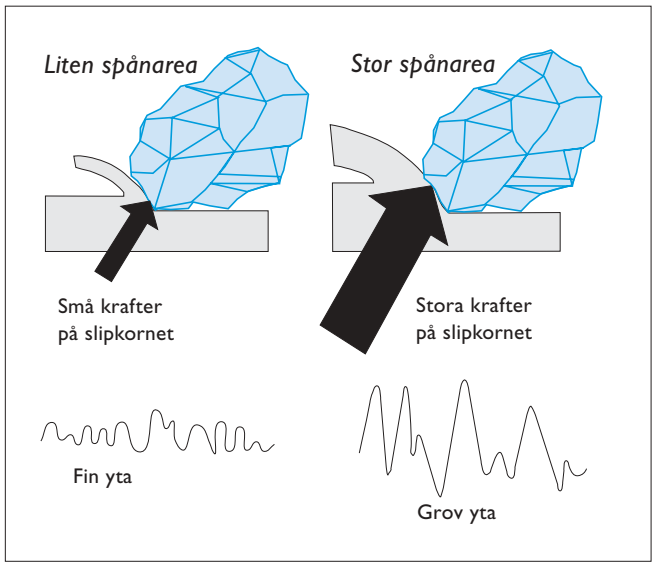
Graden av självskärpning, d v s om slipskivan verkar hård eller lös, påverkas av slipskivans sammansättning (konstruktionshårdhet) samt de förhållanden under vilka skivan arbetar.

MEDELSPÅNTJOCKLEK

Slipspånen är små och oregelbundna. Medelvärdet av de bortslipade spånens tjocklek är dock relativt konstant i varje ögonblick. Detta värde är olika för olika slipoperationer och varierar vid ändringar av slipdata.

I de fall där slipskivan skär grövre spån innebär detta två saker.

1. Belastningen på varje skäregg, d v s de specifika krafterna, blir större. Detta ökar slipskivans självskärpning och får den att verka lösare.
2. Ytan på den slipade detaljen blir grövre. Se figur 3.



Figur 3. Vid grov spåntjocklek blir ytan på den slipade detaljen grövre.

En minskning av medelspåntjockleken har motsatt verkan. Det är alltså viktigt att göra klart för sig hur förändringar i slipdata och andra förhållanden påverkar medelspåntjockleken.

AVVERKNINGSHASTIGHET

Spånavverkningen per tidsenhet kan vid slipning enklast uttryckas i enheten mm^3/s. Den benämns ofta *avverkningshastighet* och beror på matningarna i slipmaskinen, slipskivans sammansättning, slipskivans skärhastighet (periferihastighet) och i vissa fall på arbetsstyckets dimensioner.

Det är ofta mer givande att tala om avverkningshastigheten än om bordhastighet, inmatning etc., och den är ganska lätt att beräkna. Av ekonomiska skäl är man oftast intresserad av att ha så hög avverkningshastighet som möjligt. Om avverkningshastigheten höjs med ett oförändrat antal slipkorn, som delar på arbetet exempelvis genom en ökad inmatning, ökar givetvis spåntjockleken.

SKÄRHASTIGHET

Slipskivans periferihastighet inverkar direkt på hur många skäreggar som utför avverkningsarbetet. Om man t ex dubblar skärhastigheten, så hinner dubbelt så många slipkorn arbeta per tidsenhet. Om man inte ökar matningshastigheten så minskar medelspåntjockleken och därmed skärkrafterna per korn. Skivan självskärpes inte så lätt, d v s skivan verkar hårdare och man erhåller en finare yta men risken att bränna den slipade ytan ökar.

Omvänt kan man öka spåntjockleken, och få en slipskiva att verka lösare, genom att sänka dess hastighet.

Oftast vill man både öka perferihastigheten och matningshastigheten för att öka den totala avverkningshastigheten.

SLIPSKIVANS G-TAL

Med en slipskivas *G-tal,* avses förhållandet bortslipad materialvolym/förbrukad slipskiva. G-talet är ett mått på hur effektivt en slipskiva fungerar i det aktuella arbetsmaterialet.

SLIPSKIVANS KONTAKTYTA

Det är i kontaktytan mellan slipskivan och arbetsstycket som avverkningsarbetet utförs. En stor kontaktyta gör att fler skäreggar deltar i processen och ger därigenom en mindre spåntjocklek och lägre specifika krafter. En minskad kontaktyta ger enligt samma resonemang en större spåntjocklek och därmed större specifika krafter.

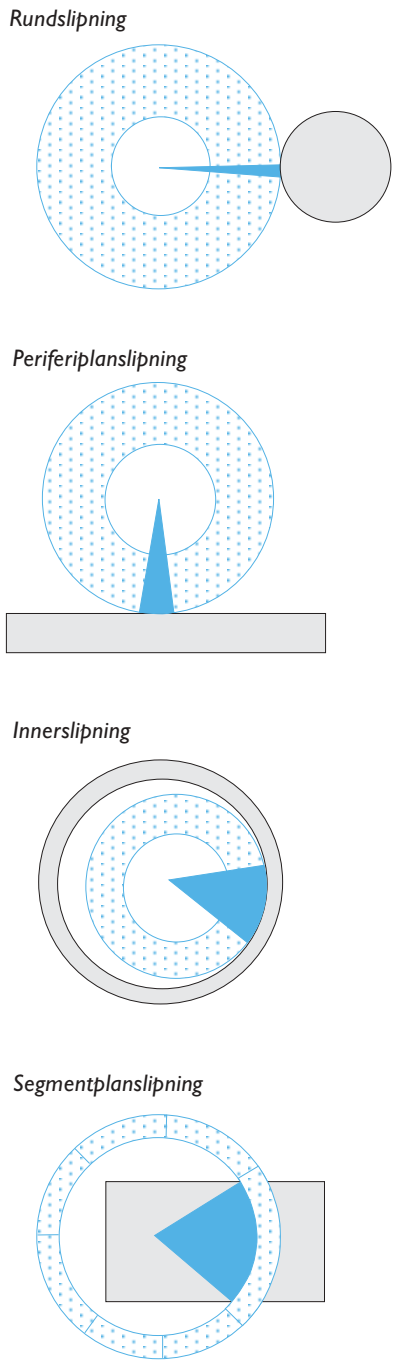
Kontaktytan har i princip formen av en rektangel. Man brukar kalla ytans utsträckning i skärriktningen för *kontaktlängd* eller *kontaktbågen* medan utsträckningen vinkelrätt mot skärriktningen kallas *kontaktbredd.*

Kontaktlängden beror främst på typen av slipoperation. Därutöver inverkar slipskivans diameter, skärdjupen och i samtliga fall, utom vid periferiplanslipning, arbetsstyckets dimensioner. Olikheterna i kontaktlängd är den främsta orsaken till att man måste välja skilda skivsammansättningar för olika slipoperationer.

Om man vid innerslipning av en detalj använder en slipskiva vars diameter är något mindre än det slipade hålet, så får man en mycket stor kontaktlängd. Skärkraften per korn blir då liten.

För att slipskivan skall självskärpa sig måste den ha en lösare sammansättning än en slipskiva avsedd för utvändig rundslipning av motsvarande detalj. Här har man en mindre kontaktlängd och därmed större skärkraft per korn.

Kontaktbredden kan utgöras av slipbanans bredd, men vid t ex planslipning med bordrörelse arbetar bara en viss, föränderlig del av skivbredden. Det är ibland möjligt att minska kontaktbredden, om man så önskar, genom en avskärpning av slipskivan. Därmed minskar kontaktytan och man får enligt ovanstående resonemang en större spåntjocklek, större belastning på slipkornen och en slipskiva som verkar lösare.



Figur 4. Skillnaden i kontaktlängd vid olika slipningsoperationer.

SLIPSKIVANS EGGTÄTHET

Eggtätheten är en faktor som i hög grad påverkar spåntjockleken och därigenom slipförloppet. Ett stort antal skärande eggar per ytenhet gör att avverkningsarbetet delas upp på fler slipkorn och ger därmed en mindre spåntjocklek och lägre specifika krafter.

Slipmedlets kornstorlek påverkar också eggtätheten, vilken är orsaken till den vanliga iakttagelsen att finkorniga slipskivor verkar hårdare.

SLIPSKIVANS SKÄRPNING

Det finns två anledningar till att man skärper slipskivor. Dels vill man ge slipskivan den önskade formen, dels vill man ge den vissa slipegenskaper.

Vid skärpningen frilägger man vassa skäreggar i slipskivan. Man kan få helt skilda slipegenskaper med en och samma slipskiva genom att använda olika skärpverktyg eller olika skärpdata. Därför är skärpningen en mycket viktig parameter för att erhålla ett bra slipresultat.

En fin skärpning gör att det blir tätt mellan de slipande kornspetsarna, medan en grövre skärpning ger slipskivan en öppnare struktur. Med skärpningen har man alltså en möjlighet att få en och samma slipskiva att ge helt skilda slipresultat.

Graden av självskärpning påverkar slipbanans struktur, d v s hur många eggar som arbetar per ytenhet. En slipskiva som arbetar med hög grad av självskärpning får en annan öppnare struktur än en slipskiva som har mindre självskärpning.

Det finns en mängd olika verktyg för skärpning t ex peristat, krossrullar och diamantverktyg. Bornitridskivor skärpes lämpligast med roterande diamantskärpskiva.

Vissa slipskivor t ex fenoplastbundna bornitridskivor måste ”öppnas” efter skärpningen. Vid öppningen frilägges slipkornet och ett spånutrymme skapas. Detta kan utföras med ett mjukt fruktigt aluminiumoxid-bryne som pressas mot slipskivan några sekunder.

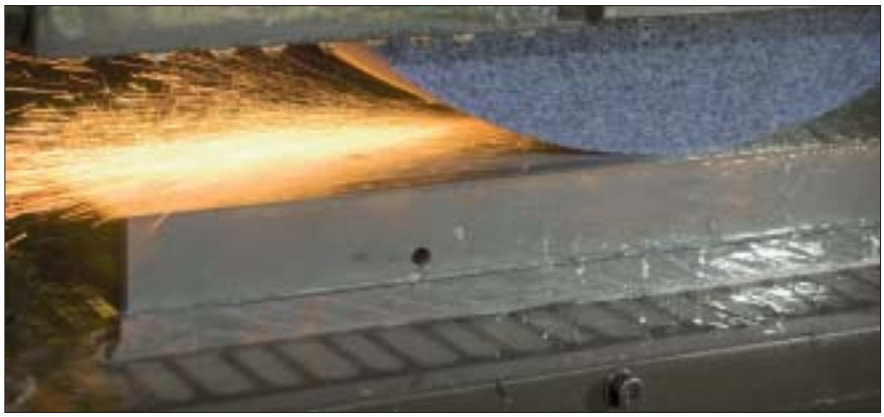


Bild 2. Slipning av ett verktygsstål.

Slipmaskinen

Typen av slipoperation och tillgänglig slipmaskin har stor inverkan på valet av lämplig slipskivesammansättning.

Man bör eftersträva att välja en så stabil slipmaskin som möjligt för att kunna arbeta med höga sliptryck. Slipmaskinens stabilitet och arbetsstyckets inspänning är nämligen avgörande för sliptrycket och begränsar därmed valmöjligheterna. I de fall man har instabila förhållanden bör man välja en lösare slipskivesammansättning eller en mindre kontaktyta mellan slipskiva och arbetsstycke för att få önskad självskärpning av slipskivan.

Slipmaskinens varvtal styr också valet av slipskiva. Moderna bornitridskivor kräver periferihastigheter på 45 m/s för att kunna arbeta med god avverkningsförmåga.

Skärvätskan

Vid slipning, som vid all skärande bearbetning, används skärvätskan framförallt för att:

- kyla skärstället
- ha en smörjande effekt och minska friktionen mellan spånorna, arbetsstycket och slipskivan
- svara för spåntransport bort från skärstället

Det finns i huvudsak tre typer av skärvätskor som kan användas vid slipning:

- *Vattenlösningar,* syntetiska vätskor som består av vatten med syntetiska tillsatser för att öka vätförmåga och förhindra korrosion. Dessa innehåller ingen olja och ger bra kylverkan men sämre smörjverkan.
- *Emulsioner,* som består av vatten med en inblandning av 2–5% olja, vilken är mycket finfördelad. Även tillsatser av svavel eller klorföreningar kan förekomma, (EP-tillsatser).
- *Skäroljor,* som vanligtvis har mineralolja som bas och med tillsatser av EP-typ. Skäroljor ger mycket bra smörjverkan men sämre kylverkan.

Vattenlösningar ger bäst livslängd vid slipning med diamantskivor.

Emulsioner ger bra slipresultat vid de flesta slipoperationer.

Vid profilslipning och djupslipning med finkorniga slipskivor, exempelvis gängslipning, är skärolja lämplig. Skärolja ger även den bästa livslängden för fenoplastbundna bornitridskivor, men av miljöskäl väljs ofta feta emulsioner.

Bild 3. Finslipning av detalj i härdat Uddeholm Mirrax ESR.

Verktygsstålet

Verktygsstålets legeringsinnehåll har stor inverkan på materialets slipbarhet.

Uddeholms program för verktygsstål sträcker sig från låglegerade stål, typ Uddeholm UHB 11 till höglegerade stål, typ Uddeholm Vanadis 10.

Det är sällan problem med slipning av låglegerade verktygsstål. De höglegerade karbidrika stålen däremot kan vålla problem vid slipningen. Dessa kräver ett noggrant val av slipparametrar. Ju högre nötningsbeständighet ett stål har desto svårare är det att slipa. Det som bestämmer materialets nötningsbeständighet, och därmed slipbarheten, är dess grundhårdhet samt de ingående karbidernas storlek, hårdhet och mängd.

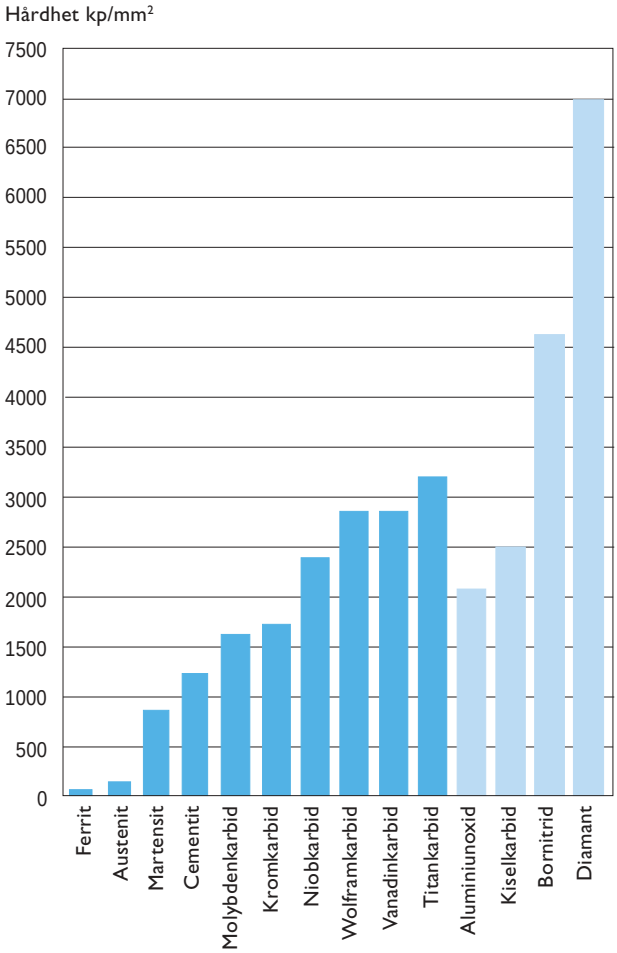
För att göra ett verktygsstål nötningsbeständigt legerar man stålet med karbidbildande legeringselement av vilka de viktigaste är krom och vanadin. För att karbider ska kunna bildas krävs också en hög kolhalt i materialet.

I figur 5 visas hårdheten på ett stål grundmassa, hårdheten på de vanligast förekommande karbiderna i ett verktygsstål samt hårdheten på de slipmedel som idag finns tillgängliga. Som framgår av diagrammet är det bara diamant och bornitrid som är hårdare än alla de karbider som kan förekomma i ett stål. Men som tidigare nämnts är diamant olämpligt för slipning av stål.

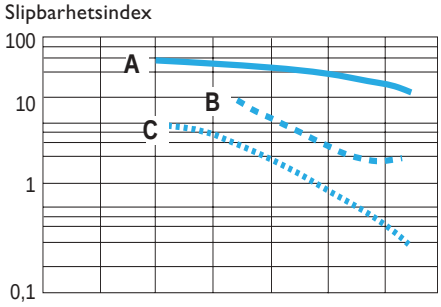
Mängden karbider och storleken på karbiderna i ett stål har en mycket stor inverkan på materialets slipbarhet. Ju fler och större karbider desto sämre slipbarhet. Detta är förklaringen till att ett pulvermetallurgiskt framställt verktygsstål, vars karbider är mindre, har bättre slipbarhet jämfört med ett konventionellt framställt stål förutsatt att legeringshalten är lika i materialen.

I praktiken tar man pulvermetallurgin till hjälp för att höja karbidmängden i ett verktygsstål, d v s dessa är mera höglegerade än konventionella stål, vilket oftast ger en sämre slipbarhet.

Materialhårdhetens inverkan på slipbarheten är även den beroende av mängden karbidbildande legeringsämnen i stålet. Som framgår av figur 6 har hårdheten en större inverkan på slipbarheten hos de högkarbidhaltiga stålen.



Figur 5. Slipmedlets hårdhet jämförd med matrix- och karbidhårdheten i ett stål.



Figur 6. Hårdhetens inverkan på slipbarheten för:
A – ett "låglegerat" verktygsstål av ARNE-typ
B – ett material av SVERKER-typ
C – ett material typ VANADIS 10.

För att erhålla ett bra slipresultat i de höglegerade karbidhaltiga verktygsstålen är det viktigt att välja rätt slipskiva.

Om man studerar ett Vanadis-material så innehåller detta en stor mängd vanadinkarbider. För att kunna skära igenom en vanadinkarbid krävs ett hårdare slipmedel än aluminiumoxid eller kiselkarbid. Därför rekommenderas i första hand bornitridskivor för slipning av detta material. Att man trots allt får en avverkning vid slipning med aluminiumoxid- eller kiselkarbidskivor, i Vanadis-material, beror på att materialet som ligger runt karbiderna slipas bort så att karbiderna lossnar ur grundmassan. Detta sker dock till priset av stor slipskiveförbrukning och risk för ett dåligt slipresultat.

SLIPSPRICKOR OCH SLIPSPÄNNINGAR

Vid felaktiga val av slipskivor och slipparametrar föreligger stor risk för slipsprickor i den slipade detaljen.

Oftast är slipsprickorna inte lika lätta att upptäcka som de i bild 4. Detaljen måste i regel studeras under förstoring eller magnafluxbehandlas för att de ska framträda.

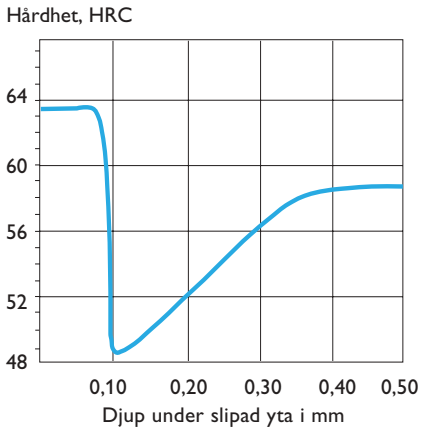
Slipsprickorna uppträder oftast vinkelrätt mot slipriktningen och får oftast till följd att den slipade detaljen måste kasseras. Härdade stål är mera känsliga för slipsprickor än ohärdade. Man ska aldrig slipa ett material som endast härdats. Ett härdat material bör alltid anlöpas innan slipningen.

Uppkomsten av slipsprickor kan förklaras enligt följande:

Vid slipningen omvandlas nästan all förbrukad energi till värme, som alstras dels på grund av ren friktion och dels på grund av materialets deformation. Vid val av rätt slipskiva går större delen av värmen bort till spånorna och en mindre del går in i arbetsstycket. Det är uppvärmningen av arbetsstycket som kan förorsaka slipsprickor, hårda och mjuka fläckar, eller ett helt mjukt ytskikt en s k sliphud.

Vid felaktig slipning i ett härdat verktygsstål kan man få så hög temperatur i den slipade ytan att materialets anlöpningstemperatur överskrids. Resultatet blir en hårdhetssänkning i ytan och en sliphud uppstår. Tillåter man temperaturen att stiga ytterligare kan materialets härdtemperatur uppnås med en omhärdning som följd. I ytskiktet får man en blandning av oanlöpt och anlöpt martensit samt restaustenit enligt bild 5. Mycket kraftiga spänningar uppstår i materialet, vilket ofta leder till slipsprickor.

Hårdhetsprofilen i ytan på ett verktygsstål, vilket slipats så att omhärdning skett, framgår av nedanstående figur.



Figur 7. Hårdhetsfördelningen i ytskiktet på ett felaktigt slipat verktyg.

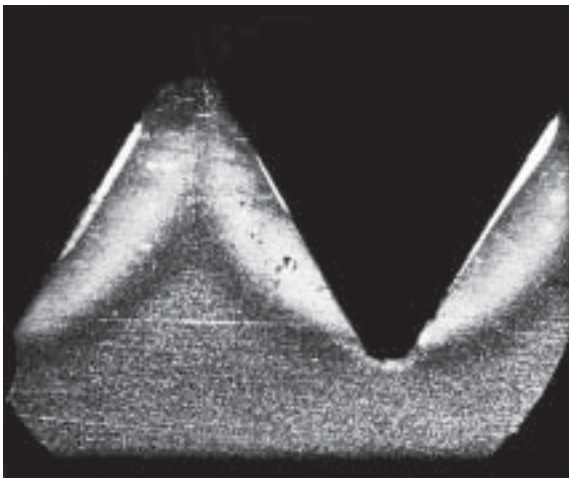


Bild 5. Omhärdat skickt i ett felaktigt slipat verktyg.

Bild 4. Slipsprickor.

Ytan har en hög hårdhet beroende på den oanlöpta martensiten. En bit under ytan uppstår en anlöpt zon där hårdheten är lägre än det slipade materialets grundhårdhet.

En felaktigt utförd slipning, som gett ett ytpåverkat skikt, ger sig ofta tillkänna genom ”bränningsmärken”. Man får en missfärgning av den slipade ytan. För att undvika bränningar och slipsprickor gäller det att hålla nere temperaturen på den slipade detaljen, t ex genom god kylning, och att välja välskärpta slipskivor som skär med vassa skäreggar i materialet i stället för att generera värme genom nötning.

Ett enkelt principexempel på hur en felaktig slipning kan orsaka slipsprickor visas i figur 8.

En härdad stans med ansats ska rundslipas och i samma operation ska ansatsen *b* planslipas. För slipoperationen används, i första *fallet A*, en slipskiva som är skärpt 90°. Slipskivan, vars sammansättning är anpassad för rundslipning, ger ett bra slipresultat på yta *a*, här har vi en liten kontaktyta och god självskärpning. Ansatsen som ska planslipas har en betydligt större kontaktyta med slipskivan, vilket leder till små specifika krafter på slipkornen. Skivan självskärpes inte, man får enbart en nötning på yta *b*, och detta genererar värme som kan leda till slipsprickor.

Ett bättre sätt visas i *fall B*. Här har slipskivan skärpts ur så att kontaktytan vid *b* blivit mindre. Detta ger en bättre självskärpning och en ”kallare” slipning.

Fall C visar hur man på bästa sätt slipar detaljen. Här har slipskivan snedställts så att de båda kontaktytorna är ungefär lika stora.

Ett härdat materials restaustenithalt kan också ha en inverkan på slipresultatet. Höga restaustenithalter ökar risken för sprickbildning vid slipningen.

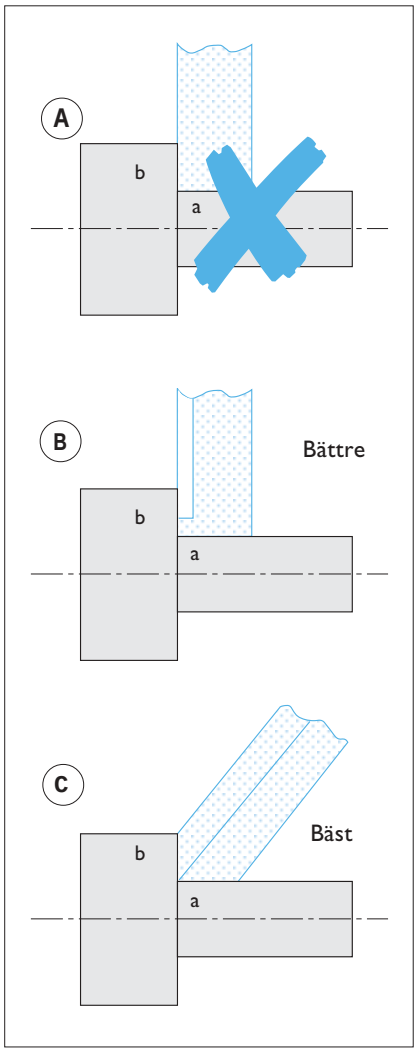
Vid de flesta slipoperationer erhålles kvarstående restspänningar i den slipade ytan. Spänningarna har vanligtvis ett maximum nära ytan, och de kan vid slipning av tunna detaljer orsaka en kvarstående deformation i den slipade detaljen.

Av de tre exemplen, i figur 9, är *Ex. 1* det mest riskfyllda avseende sprickbildning. Man har här dragspänningar i ytan vilka kan, om de uppgår till materialets brottgräns, leda till att materialet spricker.

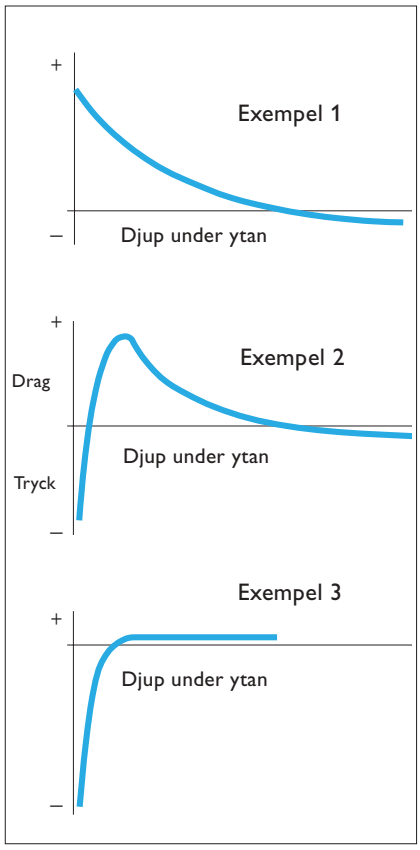
Ex. 2 och *3* är inte lika riskfyllda. Här har man tryckspänningar i ytan, vilket leder till en bättre utmattningshållfasthet på den slipade detaljen.

Det är tyvärr mycket svårt att i produktionen enkelt kontrollera vilken typ av spänningsbild som har bildats i den slipade detaljen, såvida det ej har resulterat i sprickor.

Slipspänningar kan reduceras genom en ”avspänningsanlöpning” efter slipningen. Man bör välja en temperatur som ligger ~15°C under tidigare anlöpningstemperatur för att inte riskera en hårdhetssänkning i materialet. Ett annat sätt att reducera slipspänningar är att trumla alternativt blästra den slipade detaljen.



Figur 8. Felaktig slipning ger ofta upphov till slipsprickor.



Figur 9. Tre typexempel på spänningsfördelningen i en slipad yta.

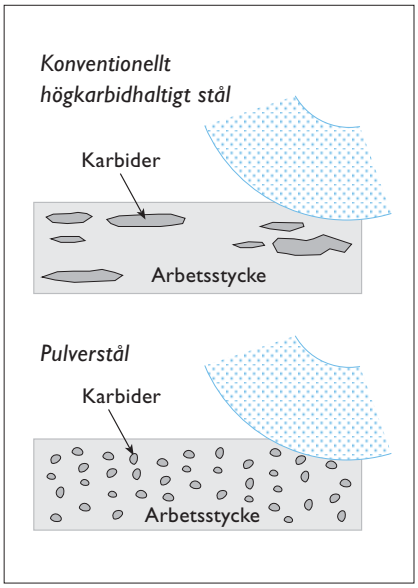
Rekommendationer för slipning av Uddeholms verktygsstål

SLIPNING AV HÖGKARBIDHALTIGA VERKTYGSSTÅL

Högkarbidhaltiga verktygsstål har genom sitt höga karbidinnehåll en utomordentlig slitstyrka, och kräver speciella rekommendationer beträffande slipoperation och val av slipskiva. I de flesta slipoperationer är bornitridskivor det bästa slipskivevalet för dessa stål.

Det finns två typer av karbidrika verktygsstål de konventionellt tillverkade stålen och pulverstålen. Den huvudsakliga skillnaden dem emellan som påverkar slipbarheten är hårdheten, karbidstorleken och mängden karbider, se figur 10 nedan.

- *Pulverstål*, som Uddeholm Elmax, Uddeholms Vanadis-stål och Uddeholm Vancron 40, har trots den höga legeringsnivån, relativt goda slipegenskaper tack vare små karbidstorlekar. De små karbiderna är bra för slipskivans självskärpning.
- *Konventionellt tillverkade stål,* som Uddeholm Rigor, Uddeholm Sleipner och Uddeholm Sverker, ger inte slipskivan lika god självskärpning p g a de större karbidstorlekarna. Slipegenskaperna kompenseras dock av den lägre karbidhårdheten och färre antal karbider.



Figur 10. Karbidstorlek och mängden karabider i högkarbidhaltiga stål (mycket schematiskt).

Figur 11 visar resultat efter planslipningstest av Uddeholm Vanadis 10 med aluminiumoxid, finkristallin aluminiumoxid och bornitridskivor. Som framgår av diagrammet får man en snabbare slipning och ett bättre G-tal med bornitridskivor. Vid användning av bornitrid får man en ”kallare” slipning och risken att ”bränna” ytan minskar.

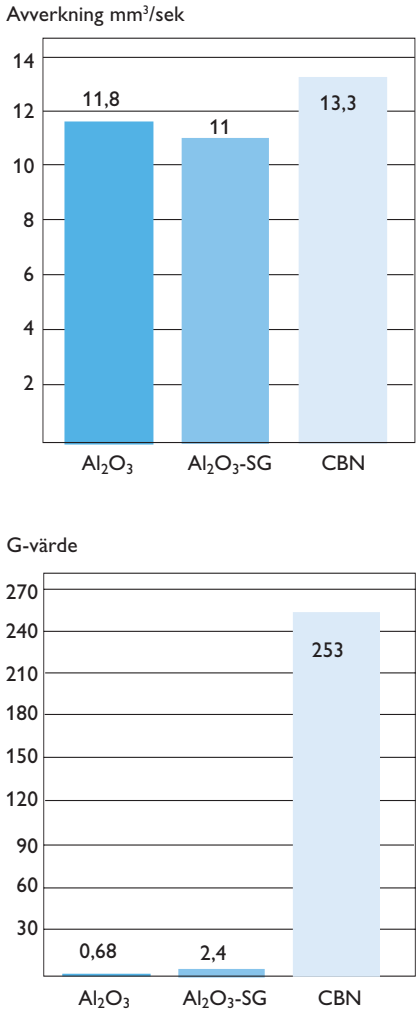
Om en profilslipning ska utföras bör man tänka på att en stor mängd värme genereras. Undersökningar har visat att här är keramiskt bundna bornitridskivor att föredra. Dessa skivor fungerar bra även i övriga slipoperationer under förutsättning att man kan hålla hög periferihastighet på slipskivan.

I de fall man inte kan använda sig av bornitridskivor måste slipskivevalet ske med omsorg. Vita aluminiumoxidskivor eller gröna kiselkarbidskivor rekommenderas. Finkristallina aluminiumoxidskivor, typ Norton SG, ger bra resultat i de fall man har stabila slipförhållanden.

Vid slipning av karbidrika stål bör man alltid välja en något lösare grad på slipskivan för att få god självskärpning.

Vidare bör man beakta följande.

- Slipmaskinen måste vara vibrationsfri, stadig och i god kondition.
- Arbetsstycket måste vara ordentligt fastspänt. Använd stöddockor vid slipning av långa slanka arbetsstycken.
- Vid skärpning av Al_2O_3- och SiC-skivor måste man använda skarpa koniska diamanter. Skärpningen ska vara grov.
- Håll hög periferihastighet på slipskivan.
- Rikligt med kylvätska skall tillföras slipzonen.
- Om slipningen trots allt måste utföras utan kylvätska, välj då en slipskiva som är en enhet lösare än om motsvarande slipning skulle ha utförts med kylning.
- Slipa aldrig ett härdat arbetsstycke före anlöpningen.



Figur 11. Planslipning av Uddeholm Vanadis 10 med olika slipskivor. (Slipskivebredd: Al_2O_3 40 mm, CBN 20 mm.)

SLIPNING AV KONVENTIONELLA VERKTYGSSTÅL

Till denna grupp räknas övriga verktygsstål. Det är sällan problem med slipning av konventionella verktygsstål förutsatt att allmänna sliprekommendationer följs. I dessa stål fungerar vanliga aluminiumoxidskivor bra. Även här kan man med fördel använda bornitridskivor då stålen ska slipas i härdat och anlöpt tillstånd.

SLIPNING AV UTSKILJNINGSHÄRDBARA STÅL

Utskiljningshärdbara stål, som t ex Uddeholm Corrax, uppför sig lite annorlunda än andra verktygsstål vid slipning. Materialet tenderar att lägga igen slipskivan, i synnerhet om slipskivan är hård och har en tät struktur. Igensättning av slipskivan kan orsaka lägre avverkningsförmåga och sämre ytfinhet. För att motverka att slipskivan sätts igen bör följande beaktas:

- slipskivan bör ha en öppen och porös struktur
- använd en något lösare slipskiva än för andra verktygsstål
- skivskärpningen bör göras ofta och grovt
- skärvätskekoncentrationen bör vara hög (≥5%) för att säkerställa god smörjning

Konventionella Al_2O_3-skivor rekommenderas men SiC-skivor kan vara ett bättre alternativ vid liten arbetsmån och höga ytkrav. Skillnaden i slipbarhet är marginell mellan upplösningsbehandlat och åldrat material.

I tabellen med rekommenderade slipskivor är de flesta slipskivor av standardtyp. Om slipning förekommer regelbundet av den här typen av material rekommenderas att välja en slipskiva med en öppnare struktur än för en standardskiva.

Skärhastighet och matning

SLIPSKIVANS PERIFERIHASTIGHET (SKÄRHASTIGHET)

Vid slipning i små slipmaskiner begränsar ofta slipspindelns varvtal skärhastighetsvalet.

En vanlig säkerhetsgräns för keramiskt bundna slipskivor är 35 m/sek. Det finns dock skivor som är godkända för periferihastigheter på 125 m/sek.

En vanlig skärhastighet vid plan- och rundslipning är 20–35 m/sek. Genom att variera slipskivans periferihastighet kan man ändra skivans slipegenskaper. En ökad periferihastighet på slipskivan med bibehållen hastighet på arbetsstycket gör att slipskivan verkar hårdare. En sänkt periferihastighet gör att skivan verkar lösare.

För fenoplastbundna bornitridskivor är en lämplig periferihasighet 30–40 m/sek. För keramiskt bundna bornitridskivor bör skärhastigheten väljas >45 m/sek.

Vid slipning av karbidrika verktygsstål bör slipskivans periferihastighet vara hög. Försök har visat att vid rundslipning av Uddeholm Elmax sjönk slipskivans G-tal från 127 till 28 då periferihastigheten sänktes från 60 m/sek till 30 m/sek. Således har skärhastigheten en stor inverkan på slipekonomin.

ARBETSSTYCKETS HASTIGHET

Arbetsstyckets hastighet bör vid planslipning vara 10–20 m/min. Vid konventionell rundslipning bör hastigheten vara 15–20 m/min. För mindre arbetsstycken väljs en lägre hastighet 5–10 m/min.

Även genom att variera arbetsstyckets hastighet kan man få andra slipegenskaper på slipskivan. En ökad hastighet på arbetsstycket får skivan att verka lösare, en minskad hastighet ger en hårdare skiva.

MATNINGSHASTIGHET

Slipskivans matningshastighet, d v s sidorörelse, är högre vid grovslipning än vid finslipning.

Vid rundslipning väljs matningen till 1/3–1/2 av slipskivans bredd per rotationsvarv på arbetsstycket. För finbearbetning sänks matningen till 1/6–1/3 av slipskivebredden per varv.

Om mycket höga krav på ytjämnhet föreligger kan matningen sänkas till 1/8–1/10 av slipskivebredden.

Vid planslipning med rak skiva väljs en sidomatning av 1/6–1/3 gånger slipskivebredden per arbetsslag. Även här sänks sidomatningen vid höga ytjämnhetskrav.

Observera att då sidomatningen ökas, blir den verksamma kontaktytan mellan slipskiva och arbetsstycke större, vilket medför att man får en slipskiva som verkar hårdare.

SLIPSKIVANS TILLSÄTTNING

Slipskivans inmatning är beroende på slipskivetyp och slipmaskinens alternativt uppspänningens stabilitet.

Riktvärde vid rundslipning med konventionella slipskivor är för:
Grovbearbetning
~0,05 mm/passering.
Finbearbetning
~0,005–0,010 mm/passering.

Vid rundslipning med bornitridskivor får man halvera ovanstående matningsvärden.

Vid planslipning med rak slipskiva är tillsättningsvärdet för konventionella slipskivor för:
Grovbearbetning
~0,025–0,075 mm/passering.
Finbearbetning
~0,005–0,010 mm/passering.

Vid planslipning med bornitridskivor är tillsättningsvärdet för:
Grovbearbetning
~0,010–0,040 mm/passering.
Finbearbetning
~0,005–0,010 mm/passering.

Vid slipning med slipskivor av finkristallin aluminiumoxid, typ Norton SG, bör tillsättningen ökas något jämfört med ovanstående värden för att få ett högre sliptryck och god självskärpning.

Slipskivans skärpning

Vid skärpning bildas en skruvlinje på slipskivans periferi. Den stigning med vilken skärpverktyget matas påverkar slipskivans struktur. Stigningen bestäms av slipskivans varvtal och skärpverktygets hastighet.

Följande tumregel gäller vid skärpning av en rak skivprofil med enstensdiamant och liknande verktyg.

	Grov skärpning	Fin-skärpning
Diamantens tillsättnng (mm)	0,02–0,04	0,01–0,02
Diamantens sidomatning (mm/varv slipskiva)	0,15–0,30	0,05–0,10

Diamant är känsligt för höga temperaturer. Använd därför rikligt med kylvätska vid skärpningen och tillsätt kylningen innan diamanten går i ingrepp. En enstensdiamant bör roteras emellanåt för att bibehålla sin skärpa.

SLIPPROBLEM — ÅTGÄRDER

Tabellen visar de viktigaste åtgärderna vid olika slipproblem.

PROBLEM	ÅTGÄRDER
Vibrationsmärken	Kontrollera slipskivans balansering. Kontrollera att diamanten är skarp. Kontrollera att diamanten är stadigt monterad.
Grov yta	Skärp med mindre sidomatning. Minska arbetsstyckets hastighet. Välj en mindre kornstorlek i slipskivan. Välj en hårdare skivsammansättning.
Bränningar, slipsprickor	Kontrollera att diamanten är skarp. Skärp med större sidomatning. Kontrollera att skärvätskan når skärzonen. Välj en lösare skivsammansättning.
Dålig skivlivslängd	Kontrollera att skärhastigheten är tillräcklig. Minska skärdjup och övriga matningar. Välj en hårdare skivsammansättning.
Slipstänk	Kontrollera skärvätskans rening. Spola ren skyddshuven.

Slipskive-rekommendationer

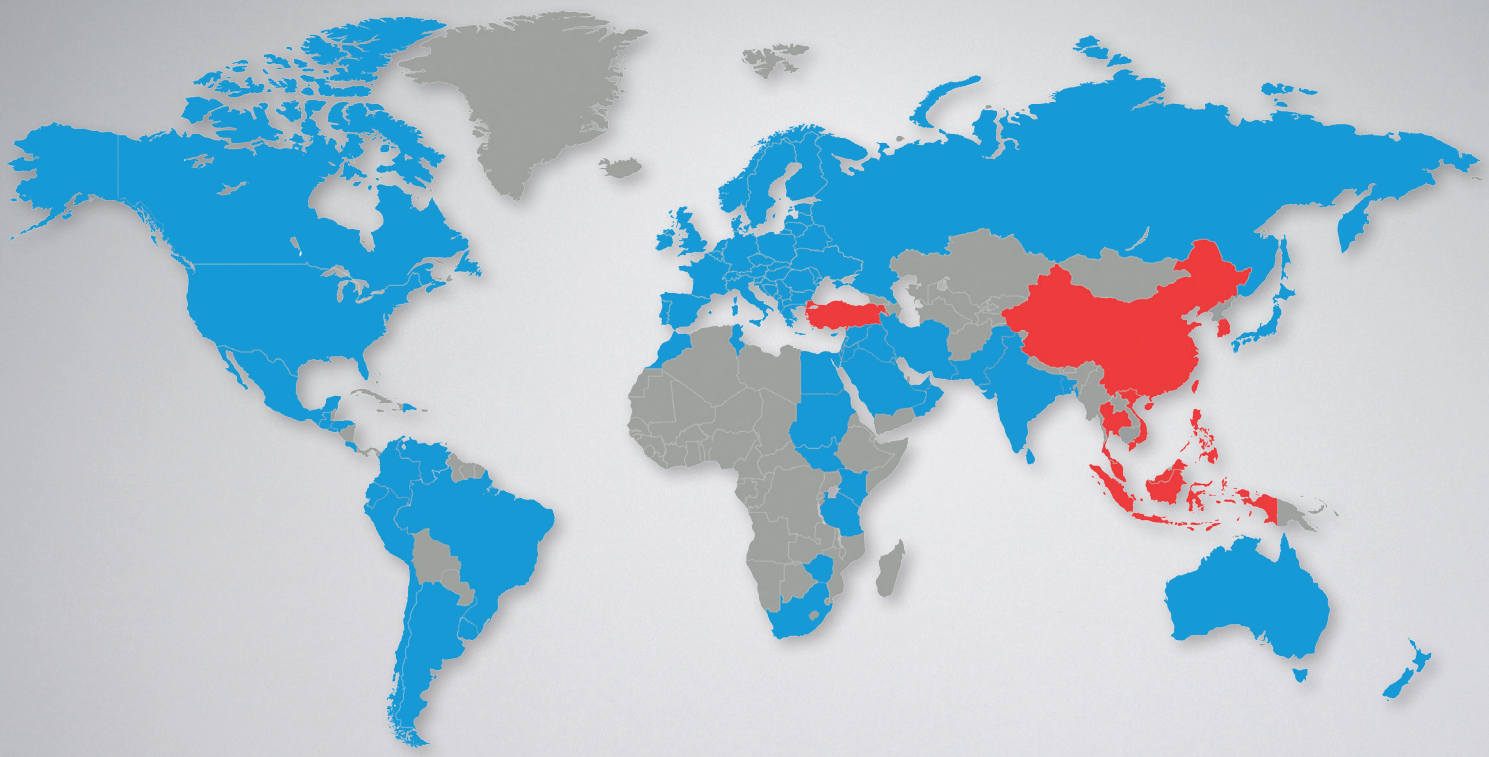
Rekommendationerna i tabellerna, sid 16–17,har gjorts i samråd med slipskivetillverkare och baserar sig på våra egna och andras erfarenheter. Det skall dock poängteras att slipskivevalet är starkt avhängig slipmaskintyp, uppspänningens stabilitet och arbetsstyckets storlek, varför rekommendationerna får ses som startrekommendationer, varifrån man själv får optimera sin process.

Exampel på lämpliga slipskivor

De i tabellen angivna slipskivorna är av fabrikat SlipNaxos[1], Tyrolit[2], Norton[3] och Unicorn[4].
Beteckningarna följer dock i stort sett internationell standard.

UDDEHOLMS STÅLSORT	TILLSTÅND	CENTERLESS	PLANSLIPNING RAK SKIVA	PLANSLIPNING SEGMENT
Konventionella stål: ALVAR ALVAR 14 ARNE CALDIE CALMAX DIEVAR FORMAX HOTVAR MIRRAX ESR ORVAR SUPREME ORVAR 2 MICRODIZED POLMAX QRO 90 SUPREME REGIN 3 STAVAX ESR THG 2000 UHB 11 UNIMAX ORVAR SUPERIOR VIDAR SUPERIOR VIDAR 1 VIDAR 1 ESR	Mjuk- glödgat	[1]33A 60 LVM [2]89A 60 2 K5A V217 [3]SGB 60 MVX [4]51A 601 L5V MRAA	[1]43A 46 HVZ [2]91A 46 I8A V217 [3]3SG 46 G10 VXPM [4]WA 46 HV	[1]43A 24 FVZ [2]88A 36 H8A V2 [3]86A 30 G12 VXPM [4]WA 24 GV
	Härdat	[1]62A 60 LVZ [2]89A 60 2 K5A V217 [3]SGB 60 MVX [4]48A 601 L8V LNAA	[1]48A 46 HVZ [2]97A 46 2 H8A V217 [3]SGB 46 G10 VXPM [4]WA 46 GV	[1]48A 46 FVZP [2]97A 46 1 H10A V2 [3]86A 36 F12 VXPC [4]WA 36 GV
HOLDAX IMPAX SUPREME MIRRAX 40 NIMAX RAMAX HH ROYALLOY	Seghärdat	[1]33A 60 LVM [2]97A 60 1 K5A V217 [3]SGB 60 MVX [4]51A 601 L5V MRAA	[1]43A 46 HVZ [2]89A46 2 I7A V217 [3]SGB 46 G10 VXPM [4]WA 46 HV	[1]43A 24 FVZ [2]88A 36 H8A V2 [3]86A 36 F12 VXPC [4]WA 24 GV
Utskiljnings- *härdbara stål:* CORRAX	Upplösnings- behandlat Åldrat	[1]33A 60 KVM [2]97A 60 2 K5A V227 [3]SGB 60 KVX [4]48A 601 J8V LNAA	[1]43A 46 GVZ [1]15C 46 HVD [2]89A 46 1 H8A V217 [3]3SG 46 G10 VXPM [4]WA 46 GV	[1]43A 36 FVZ [1]15C 36 GVD [2]89A 362 I 10A V237 P20 [3]1TGP 36 F12 VXPC [4]WA 24 GV
Karbidrika stål: ELMAX RIGOR SLEIPNER SVERKER 3 SVERKER 21 VANADIS 4 EXTRA VANADIS 6 VANADIS 10 VANADIS 23 VANADIS 30 VANADIS 60 VANCRON 40	Mjukglödgat	[1]33A 60 LVM [2]97A 60 2 J5A V227 [3]SGB 60 LVX [4]51A 601 L5V MRAA	[1]43A 46 HVZ [2]455A 36 2 K15 V3 P22 [3]3SG 46 G10 VXPM [4]WA 46 HV	[1]43A 36 FVZ [2]454A 46 K13 V3 [3]53A 30 F12 VBEP [4]WA 24 GV
RIGOR SLEIPNER SVERKER 21 VANADIS 23 VANADIS 30 VANCRON 40	Härdat	[1]48A 60 LVZ [1]820A 60 LVQ [2]97A 60 1 K5A V227 [3]SGB 60 LVX [4]48A 601 L8V LNAA [4]43A 601 L8V LNAA	[1]B151 R50 B3 [1]420A 46 G12VQP [2]51B126 C50B Vib-Star [2]455A 36 2 K15 V3 P22 [3]SGB 46 HVX [3]3SG 46G10 VXPM [4]B126 V18 KR237 [4]27A 46 HV	[1]420A 46 FVQP [2]89A 362 I8A V2 [3]3SG 36 HVX [4]WA 36 HV
ELMAX SVERKER 3 VANADIS 4 EXTRA VANADIS 6 VANADIS 10 VANADIS 60	Härdat	[1]48A 60 LVZ [1]820A 60 LVQ [2]97A 60 K5A V217 [3]SGB 60 LVX [4]48A 601 L8V LNAA [4]43A 601 L8V LNAA	[1]B151 R50 B3 [1]420A 46 G12VQP [2]51B126 C50B Vib-Star [2]455A 36 2 K15 V3 P22 [3]C150 QBA [3]SGB 46 HVX [4]B126 V18 KR237 [4]27A 46 HV	[1]420A 46 FVQP [2]454A 46 K13 V3 [3]3SG 46 FVSPF [4]WA 46 FV

UDDEHOLMS STÅLSORT	TILLSTÅND	RUNDSLIPNING	INNERSLIPNING	PROFILSLIPNING
Konventionella stål: ALVAR ALVAR 14 ARNE CALDIE CALMAX DIEVAR FORMAX HOTVAR MIRRAX ESR ORVAR SUPREME ORVAR 2 MICRODIZED POLMAX QRO 90 SUPREME REGIN 3 STAVAX ESR THG 2000 UHB 11 UNIMAX ORVAR SUPERIOR VIDAR SUPERIOR VIDAR 1 VIDAR 1 ESR	Mjuk- glödgat	1)33A 46 KVM 2)89A 60 2 K 5A V217 3)19A 60 KVS 4)48A 46 LV	1)77A 60 K9VZ 2)89A 60 2 K6 V112 3)32A 46 L5 VBE 4)WA 46 JV	1)42A 100 IVZ 2)89A 801 G11A V237 P25 3)32A 100 KVS 4)WA 100 LV
	Härdat	1)48A 60 KVZ 2)92A 60 2 I6 V111 3)SGB 60 KVX 4)WA 60 JV	1)77A 80 K9VZ 2)AH 120 K6 VCOL 3)32A 60K5 VBE 4)WA 60 IV	1)42A 1003 HVZ 2)89A 100 2 H11A V2 3)32A 100 KVS 4)WA 120 JV
HOLDAX IMPAX SUPREME MIRRAX 40 NIMAX RAMAX HH ROYALLOY	Seghärdat	1)33A 46 KVM 2)89A 60 2 K 5A V217 3)19A 60 KVS 4)48A 46 LV	1)77A 60 K9VZ 2)97A 60 2 K6 V112 3)32A 46 L5 VBE 4)WA 46 JV	1)42A 100 IVZ 2)89A 80 1G11A V237 P25 3)32A 100 KVS 4)WA 100 LV
Utskiljnings- *härdbara stål:* CORRAX	Upplösnings- behandlat Åldrat	1)42A 60 JVZ 1)15C 60 IVD 2)89A 60 2 J5A V217 3)SGB 60 JVX	1)42A 60 J9 VZ 1)15C 60 IVD 2)64B91 K11 V333 VV 3)32A 46 K5 VBE 4)77A 461 K7V LNAA	1)42A 100 HVZ 2)89A 80 1G11A V237 P25 3)32A 100 JVS 4)77A 100 J8V LNAA 4)25A 601 J85VP MCNN
Karbidrika stål: ELMAX RIGOR SLEIPNER SVERKER 3 SVERKER 21 VANADIS 4 EXTRA VANADIS 6 VANADIS 10 VANADIS 23 VANADIS 30 VANADIS 60 VANCRON 40	Mjukglödgat	1)62A 60 KVZ 2)454A 80 J11 V3 3)SGB 60 KVX 4)48A 46 LV	1)77A 60 K9 VZ 2)AH 120 K6 VCOL 3)32A 46 L5 VBE 4)WA 46 JV	1)42A 100 IVZ 2)F13A 54 FF22V Strato 3)32A 100 KVS 4)WA 100 LV
RIGOR SLEIPNER SVERKER 21 VANADIS 23 VANADIS 30 VANCRON 40	Härdat	1)B151 R50 B3 1)48A 60 KVZ 2)51B126 C50B Vib-Star 2)454A 80 J11 V3 3)SGB 60 KVX 3)3SGP 70 JVX 4)B126 V18 KR191 4)27A 60 JV	1)B151 R75 B3 1)430A 80 J VQA 2)51B126 C100 B54 2)C202 H5A V18 3)CB150 TBA 3)3SG 60 JVX 4)B126 V24 KR237 4)27A 60 HV	1)B126 R100 B6 1)820A 1003 GVQ 2)B126 C75 B53 2)89A 80 1 G11A V237 P25 3)CB150 TBE 3)5SG 80 KVX 4)B126K V24 KR237 4)27A 100 JV
ELMAX SVERKER 3 VANADIS 4 Extra VANADIS 6 VANADIS 10 VANADIS 60	Härdat	1)B151 R50 B3 1)420A 54 JVQ 2)51B126 C50B Vib-Star 2)454A 80 J11 V3 3)CB150 QBA 3)SGB 60 KVX 3)3SGP 70 JVX 4)B126 V18 KR191	1)B151 R75 B3 1)430A 80 J VQA 2)51B126 C100 B54 2)C202 H54 V18 3)CB150 TBA 3)3SG 60 JVX 4)B126 V24 KR237 4)27A 60 HV 4)27A 60 IV	1)B126 R100 B6 1)820A 1003 GVQ 2)B126 C75 B53 2)F13A 54 FF22V Strato 3)CB150 TBE 3)5SG 80 JVX 4)B126K V24 KR237 4)27A 100 IV



Network of excellence

UDDEHOLMs globala närvaro innebär att du alltid kan vara säker på att få samma höga kvalitet var du än befinner dig. Inom Pacificområdet i Asien representeras vi av ASSAB som är vår exklusiva säljkanal. Tillsammans befäster vi ställningen som världsledande leverantör av verktygsstål.

ASSAB
www.assab.com

UDDEHOLM
www.uddeholm.com

UDDEHOLM 130504.300 / STROKRIK KNAPPEN

UDDEHOLM är världsledande leverantör och tillverkare av verktygsstål. Det är en position vi har nått genom att ständigt bidra till bättre affärer för våra kunder. Genom lång erfarenhet, grundlig forskning och kontinuerlig utveckling av nya produkter är vi väl rustade att lösa alla de problem som kan uppstå. Det är en tuff utmaning, men målsättningen är lika tydlig som alltid – att vara bästa affärspartner och förstahandsleverantör.

Vi finns över hela världen. Det innebär att du alltid kan vara säker på att få samma höga kvalitet var du än befinner dig. Inom Pacificområdet i Asien representeras vi av ASSAB, som är vår exklusiva säljkanal. Tillsammans befäster vi ställningen som världsledande leverantör av verktygsstål. Vår globala närvaro gör det enkelt att vara kund hos oss, och det finns alltid en Uddeholm- eller ASSAB-representant nära till hands för rådgivning och support. Det handlar om förtroende, såväl i långvariga samarbeten som vid utveckling av nya produkter. För oss är förtroende något man lever upp till – varje dag.

Mer information finner du på www.uddeholm.com, www.assab.com eller Uddeholms lokala hemsida.

ASSAB

UDDEHOLM