

# MATERIALKUNSKAP



## Vad är material?

De flesta produkter som används i dagens samhälle – bilar, cyklar, hushållsmaskiner eller elektronikutrustning- består av *en* eller *flera* delar som fogats samman, dvs. satts ihop, genom exempelvis limning, svetsning, skruvning eller nitning. Varje detalj (del) är tillverkad av ett eller flera material, så kallade *konstruktionsmaterial*. Dessa material har valts för att produkten ska bli så bra som möjligt med tanke på *funktion* (vad den ska användas till) och *ekonomi* (kostnad för tillverkning, personal och så vidare).

Ett felaktigt val av material kan leda till att materialet överbelastas och går sönder. Den som ska rita, beräkna, formge (bestämma hur produkten ska se ut) eller tillverka en produkt måste därför känna till alla materialens olika egenskaper. Med egenskap menas exempelvis *hårdhet*, *sprödhet*, om materialet är *segt*, klarar materialet *värme* eller *vibrationer* och så vidare.

Det finns många material att välja mellan. Därför är det viktigt att välja konstruktionsmaterial som uppfyller *alla de krav* som man själv, konsumenterna (de som köper produkten) eller myndigheterna ställer.

Materialen i en produkt bör vara:

- Starka
- Lätta
- Lämpliga att bearbeta (svarva, fräsa, borra, kapa)
- Lämpliga att sammanfoga (svetsa, limma, skruva, nita)
- Lämpliga att ytbehandla (lacka, slipa, polera)
- Billiga att använda (lågt inköpspris, låg bearbetningskostnad)
- Lätta att återanvända vid skrotning

Som du förstår så finns inte alla de här bra egenskaperna samlade i ett enstaka material, utan man får välja den bästa möjliga kombinationen av olika material. Man får sätta *rätt material på rätt plats*.



En bil är ett typiskt exempel på en produkt som består av många material, exempelvis aluminium, gummi, plast, stål, tunnplåt med många fler. Alla delar i en bil är också noggrant utvalda med tanke på *funktion* och *hållbarhet*.

Som exempel kan man ta Volvos bilmodell 850. Den kom på 1990-talet och till den *konstruerade* (gjorde) man en ny motor. Målet var att göra den så stark, effektiv och bränslesnål som möjligt. *Bränslesnål* betyder att det inte går åt så mycket bensin. Varje detalj (del) har konstruerats för att uppfylla krav på bland annat livslängd och styrka. Man ville ha en kompakt motor med så låg vikt som möjligt.

Det gäller alltså att *använda rätt material på rätt plats*. Det gör att man ofta blandar olika sorters material med varandra.

## Jordens resurser

Det är viktigt att produkter tillverkas utifrån ett kretsloppstänk. De ska vara tillverkade av råvaror som är naturliga i vår omgivning, som det finns rika tillgångar på och som kan *utvinnas* (ungefär "tas fram") med minsta möjliga påverkan på vår miljö. Materialen ska framställas med låg energiåtgång och produkterna tillverkas och användas med låg belastning på miljön och dessutom kunna återanvändas (återvinnas).

Metaller finns överallt i vår omgivning. De finns i berget, i vattnet och i luften. De finns naturligt och de finns som föroreningar. Giftiga metaller (vissa *tungmetaller*) som släpps ut i miljön hamnar förr eller senare i marken och vattnet. Där kan de skada olika känsliga biologiska förlopp.

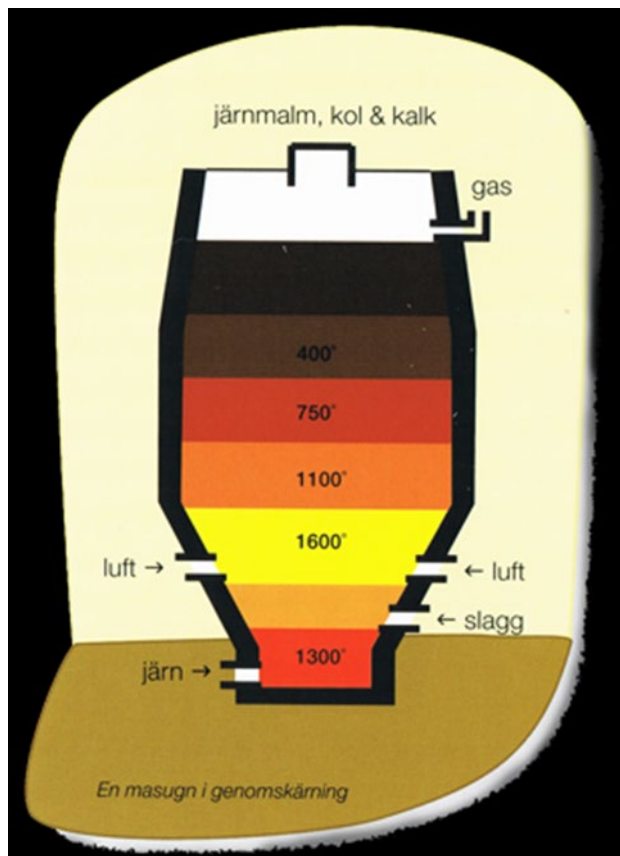
## Från malm till metall

De vanligaste materialen i naturen är mineralerna. Ett mineral är en kemisk förening av flera grundämnen, oftast av metall och syre. Det finns *många olika slags metaller* som ni kommer läsa om längre fram. Ett *grundämne* är något som finns naturligt och inte är en blandning av olika saker. Mineraler som innehåller *utvinningsbara* metaller kallas *malmer*. *Utvinningsbar* innebär att man kan *få ut* nytt material.

Metaller förekommer aldrig rena i naturen utan är blandat med värdelöst gråberg som måste tas bort.

De viktigaste malmerna i Sverige är svartmalm och blodstensmalm som ger *järn*. Andra malmer är kopparkis och blyglans. Utomlands bryts bauxit som ger *aluminium*.

Järnmalm bryts i gruvor eller öppna dagbrott och krossas till mindre bitar. Gråjärnet avskiljs genom anrikning (namn på metoden man använder för att få fram järnmalmen). I ett järnverk befrias malmen från syre i en så kallad masugn så att endast järn, så kallat råstål, finns kvar. Slutligen sänks kolhalten i råstålet och föroreningar tas bort.



(På bilden ser ni en masugn i genomskärning.)

Stål har i hög grad bidragit till samhällsutvecklingen genom att göra det möjligt att bygga broar, fartyg och bilar samt tillverka maskiner och verktyg. Andra material har ibland ersatt stålet, men stålet har hela tiden utvecklats och fått förbättrade egenskaper. Det råder alltid konkurrens mellan olika materialslag.

## Energi

Den största delen av den energi som förbrukas i världen går åt till utvinning och förädling av material. Vårt behov av energi täcks av olika energikällor. Sol, vind, vatten, olja, kol, naturgas och kärnkraft är energikällor som kan utnyttjas. I Sverige baseras energiförbrukningen främst på vattenkraft och kärnkraft. Många vill också försöka bygga ut vindkraften.

## Återvinning

På grund av energifrågan är återvinning av material därför en viktig process så att vi inte förbrukar våra resurser i onödan. Allt man tar från naturen brukar kallas resurser i detta sammanhang. De flesta material och då speciellt metaller går att återvinna, alltså att använda igen.

Det går åt mycket energi för att framställa aluminium ur bauxit, om man räknar per kilo. Om man däremot smälter om aluminiumskrot, från t.ex. återsamlade burkar och förbrukade bilmotorer, går det endast åt 5 % av den energi som användes vid nyframställning.

Plast kan återvinnas men metoderna kostar mycket och används än så länge i begränsad omfattning. En del plastprodukter, t.ex. PET-flaskor för läsk, används igen efter rengöring.

## Några kemiska begrepp

### Olika materialtillstånd

Allt som omger oss: luft, vatten, berg, jord, metaller, kallas *materia*. Alla ämnen i material- grundämnen och kemiska föreningar- kan finnas i olika *tillstånd* (former). Det kan vara *fast*, *flytande* eller *gasformigt*.

Som exempel kan man ta vatten: is smälter till vatten vid 0°, vatten kokar vid 100° och bildar ånga (gasform).

Detta gäller även metaller fast de kräver mycket högre temperaturer för att bli flytande och mycket lägre temperaturer för att "frysa". Metaller är ett *levande material*, som till exempel trä, det är därför man säger att materialet "rör sig", det är aldrig i en helt fast form. Eftersom man *ändrar* materialets form även vid relativt låga temperaturer, som vi ex. svarvning och fräsning, eller vid något högre temperaturer, som vid svetsning, är det viktigt att känna till detta faktum.

### Metall- ickemetall

Grundämnen kan delas in i metaller och icke-metaller.

Metaller kallas de grundämnen som

- leder elektricitet bra
- är glansiga och reflekterar ljus bra

Alla metaller är *fasta* vid rumstemperatur, utom kvicksilver som är flytande. (Ungefär 80 grundämnen är metaller, medan de övriga är icke-metaller.)

Eftersom icke-metallerna har dålig lednings- och reflektionsförmåga kan de användas som elektriska isolatorer (de leder alltså el dåligt).

Några grundämnen, t.ex. arsenik, antimon och germanium har egenskaper mitt emellan och kallas halvmetaller eller *halvledare*. Detta är viktigt främst för personer som jobbar med el.

## Legeringar

Metaller som vi använder dagligen, s.k. bruksmetaller, består sällan av endast en metall utan är en blandning av en metall och ett eller flera andra grundämnen. En sådan blandning kallas *legering*, och vi ser det ofta i verkstäder då alla verktyg av *hårdmetall* är olika typer av legeringar.

Stål, t.ex., är en legering mellan metallen järn och icke-metallen kol. Mässing är en blandning av metallerna koppar och zink.

Även andra legeringsämnen förekommer i stål, t.ex. kisel, mangan och krom. Kisel och mangan ger stålet bättre hållfasthet, medan minst 12% krom gör stålet *rostfritt*. Legeringar har andra egenskaper än den rena metallen. Detta går vi in på djupare längre fram.

## Materialegenskaper

För att kunna välja ett material och använda det på ett riktigt sätt måste man känna till dess egenskaper. Felaktig användning kan leda till materialbrott, för tidig nedslitning eller förkortad livslängd.

För en nybliven yrkesmänniska är detta inte nödvändigt att kunna utantill, det finns en arbetsledare eller lärare som tar fram rätt material, men det är däremot viktigt att veta *var* och *hur* man hittar informationen vid behov.

### Viktiga egenskaper hos material

Fysikaliska	Mekaniska	Bearbetning	Övriga
densitet	draghållfasthet	formbarhet	korrosionsmotstånd
smältpunkt	-sträckgräns	skärbarhet	slitstyrka (nötning)
värmeutvidgning	-brottgräns	härdbarhet	ytbehandlingsbar
värmeledningsförmåga	-brottförlängning	svetsbarhet	värmebeständighet
elektrisk ledningsförmåga	hårdhet	lödbarhet	brännbarhet
magnetism	slagseghet	gjutbarhet	hälsopåverkan
	utmattningshållfasthet		miljöpåverkan

## Densitet

En bit aluminium väger mindre än en exakt lika stor bit stål. Det beror på att aluminium har lägre *densitet* än stål, alltså stål har en större täthet (det finns mer material i) än aluminium.

För att få reda på ett materials densitet tar man föremålets *vikt* dividerad med dess *volym*-  $\frac{vikt}{volym} = X \text{ kg/ dm}^3$ .

Bland metallerna brukar man skilja på *lätmetall* som har en densitet på mindre än 4,5 kg/ dm<sup>3</sup> och *tungmetaller* som har en densitet från 6,7 kg/ dm<sup>3</sup>. Exempel på lätmetaller är aluminium, titan och magnesium medan järn, bly, zink, silver och guld är tungmetaller.

Plaster har en densitet som är ungefär lika stor som lätmetallernas.

## Smältpunkt

Den temperatur då ett material smälter kallas *smältpunkt*. Rena metaller har en hög smältpunkt, t.ex. aluminium 658°C, järn 1538°C och koppar 1083°C, medan legeringar (materialblandningar) smälter vid lägre temperaturer. Oftast har legeringarna ett smältintervall vilket innebär att de börjar smälta vid en temperatur och har smält färdigt vid en högre temperatur.

Plaster har en mycket lägre smältpunkt än metaller vilket man måste ta hänsyn till vid tillverkning.

## Värmeutvidgning

Det här är väldigt viktigt för alla som jobbar med metaller inom tillverkningsindustrin att ha någon förståelse för. När man upphettar en metall så ökar den i *volym*, den sväller. Detta kallas *värmeutvidgning*. Behöver man räkna på detta så är formeln:

$$\Delta l = \alpha \cdot (T_1 - T_0) \cdot l_0$$

där  $\alpha$  är metallens längdutvidgningskoefficient,  $T$  är temperatur och  $l_0$  är ursprunglig längd.

Denna formel och många andra formler ni behöver kan ni hitta i

Verkstadsboken så ni har dem alltid tillgängliga om ni behöver dem.

Att det är viktigt för alla att känna till om värmeutvidgning beror på att vid bearbetning (ex. svarvning, svetsning) så blir materialet varmt. Då man svetsar är det mer uppenbart, men det kan även bli en värmeförändring när man svarvar och fräser och den förändringen kan göra att man får fel *mått* när man kontrollmäter sin bit.

### Värmeledning

De flesta metaller leder värme bra. Bäst värmeledningsförmåga har koppar som därför används i värmeväxlare och kylare. Plaster är dåliga ledare av värme, de är i stället goda *isolatorer*. Med det menas att plaster är bra på att *hålla inne* alt. *hindra* värme (och el) från att *sprida sig*.

### Elektrisk ledning

Metaller kan oftast användas för strömöverföring. Koppar är återigen ett mycket bra ledningsmaterial och används därför i elkablar. Även aluminium är en bra ledare och används i kraftledningslinor. Plaster är oftast dåliga ledare för elektricitet och används därför som isolatorer.

### Korrosionsmotstånd

Ett materials förmåga att motstå miljön kallas *korrosionsmotstånd*. Genom inverkan av till exempel syror, alkalier (en typ av kemisk förening), havsvatten, surt regn (förorenat regn) och solljus påverkas materialet och vill falla sönder. Ju längre materialet motstår detta, desto bättre är dess korrosionsmotstånd. När stål *rostar* är ett exempel på korrosion.

### Slitstyrka

När två materialytor kommer i kontakt med varandra utsätts de för *nötning*, till exempel när grus ligger på ett lastbilsflak. Om materialytan inte förändras och nöts bort så har materialet *god slitstyrka*.

## Materialprovning

Med hjälp av olika materialprovningssmetoder (sätt att prova) kan man bestämma ett materials *hållfasthet*, det vill säga hur starkt det är. Materialprovning kan användas inför val av material eller vid kontroll av färdiga produkter.

Här beskrivs några metoder för metallprovning. Metoderna kan också användas för att prova andra material såsom keramer, plaster, gummi och trä.



## Förstörande provningsmetoder

### Dragprovning

Provet ger noggranna uppgifter om materials hållfasthet. De vanligaste uppgifterna man får fram ur dragprovet är *sträckgräns*, *brottgräns* och *brottförlängning*. Provningen utförs enligt Europastandarden SS-EN 10 002.

### Viktiga hållfasthetsbegrepp

Benämning	Förklaring
<b>Sträckgräns</b>	Den belastning som materialet tål utan att få kvarstående formförändring (en annan form). Efter belastningen återgår provbiten till sin ursprungliga form.
<b>Brottgräns</b>	Den högsta belastning som materialet tål utan att brista (gå sönder).
<b>Brottförlängning</b>	Förlängningen i materialet vid brott.

För att göra detta tydligare kan ni tänka er ett tuggummi ni tuggar på:

Om man drar i tuggummit lite så dras det isär men "går tillbaka" till en hel klump om man slutar dra – **sträckgräns**

Om man drar för mycket så går tuggummit isär i två delar – **brottgräns**

Om tuggummit har dragits isär så har det också en helt annan form, det är som en massa långa trådar – **brottförlängning**

**Det här är väldigt viktigt att tänka på när ni drar åt en skruv.** Drar man för hårt så blir det nämligen exakt likadant med skruven som med tuggummit vilket inte är bra. Alla skruvar har en viss gräns för hur hårt man får dra dem, detta behöver man ta reda på innan man drar åt skruven.

## Exempel på vad som händer med en skruv om man drar för hårt:



Ett dragprov görs i en dragprovningmaskin. En provstav spänns fast i maskinen och utsätts för en dragkraft, som kontinuerligt ökas tills staven brister. Kraftens storlek vid brott avläser man på en visare.

Under belastningen förlängs provstaven. Denna förlängning (töjning) registreras av dragprovningmaskinen som ritar ett diagram. Ur diagrammet bestäms *sträck- och brottgräns*.

*Brottförlängningen* är skillnaden mellan mätlängden efter brott och den ursprungliga mätlängden.

Formler för detta finns om man behöver dem i Verkstadshandboken.

## Slagprovning

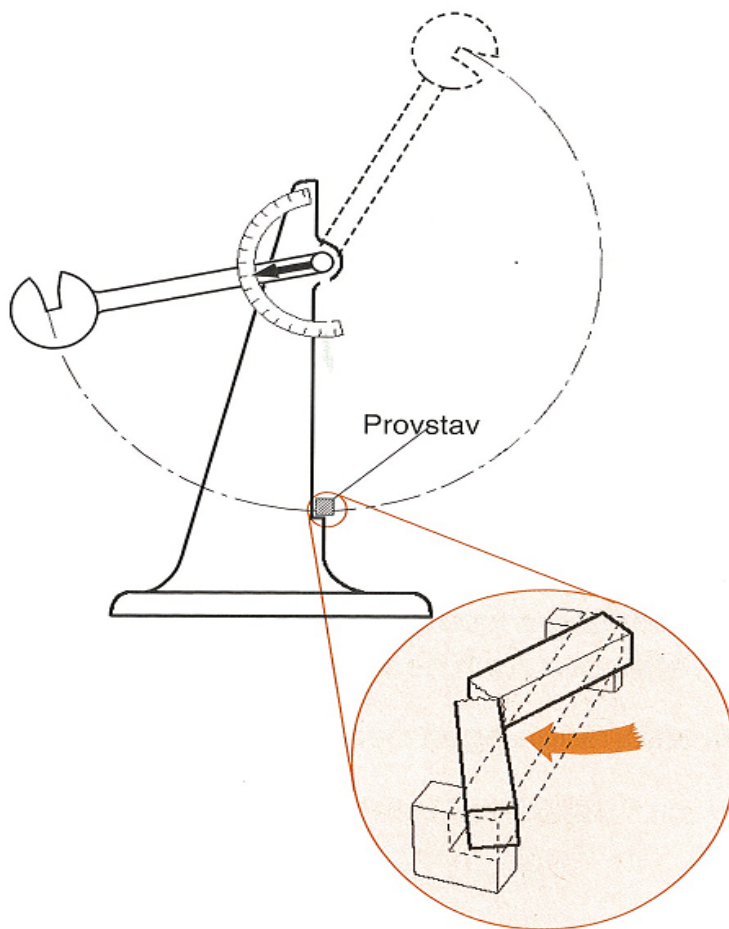
Ett materials förmåga att motstå slag utan att brista kallas *slagseghet*. Med slagprovning mäter man slagsegheten, alltså materialets förmåga att stå emot slag. Provningen utförs enligt Europastandarden SS-EN 10 045.

Många stål, speciellt allmänna konstruktionsstål, har hög slagseghet vid rumstemperatur men får lätt *sprödbrott* vid låga temperaturer. De blir alltså mindre tåliga om det blir kallt.

Vid slagprovning använder man provstavar som har ett spår mitt i, spåret har olika form beroende på vilken typ av material man provar.

Provstaven placeras i en *pendelhejare*. En hammare upphängd i en pendel faller ned från ett bestämt läge och träffar provstaven mitt i. Staven går sönder och pendeln fortsätter upp på andra sidan.

Det arbete som krävs för att slå av provstaven är ett mått på slagsegheten. Ju högra pendeln fortsätter på andra sidan staven, desto sprödare är materialet.



### *Pendelhejare*

#### **Utmattningsprovning**

Om en roterande (snurrande) axel utsätts för växlande tryck- och dragbelastning under längre tid kan den brista fast belastningen inte är speciellt hög.

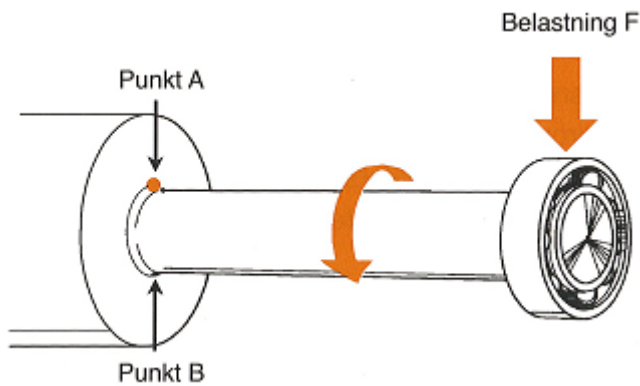
Ett materials brottgräns är den högsta spänning som materialet tål vid en enda belastning. Brott kan dock inträffa vid spänningar under brottgränsen om belastningen upprepas ett antal gånger. Detta kallas *utmattning*.

Utmattningsgränsen är den högsta belastning som ett material tål utan att brista vid ett mycket stort antal belastningsväxlingar.

Det finns flera olika utmattningsprov. Vanligast och billigast är provet med en roterande axel som utsätts för böjning.

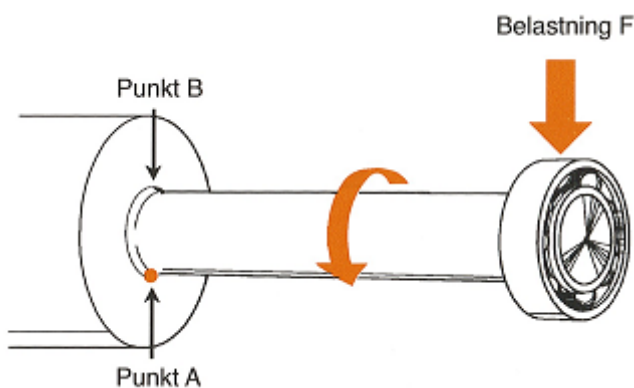
En provstav spänns fast i en speciell provningsmaskin med ena änden i en chuck och den andra i ett kullager. Provstaven får rotera och utsätts på detta sätt för upprepade belastningsväxlingar. Efter ett visst antal varv brister provstaven. Man sätter in en ny provstav och ger den en något lägre belastning, sedan får den rotera tills den brister.

Proven upprepas tills man har en belastning som inte leder till brott hur länge man än kör. Denna belastning motsvarar materialets *utmattningsgräns*. Av praktiska skäl kan man inte köra provet hur länge som helst. Har man kommit fram till att en provstav håller vid 10 miljoner varv, så håller den för ännu fler varv.



*Utmattningsprov med roterande axel*

*Punkt A utsätts för dragspänningar och punkt B för tryckspänningar*



*Ett halvt varv senare*

*Punkt B utsätts nu för dragspänningar och punkt A för tryckspänningar. Denna växling mellan drag- och tryckspänningar kallas för växlande belastning.*

## Mikroskopering

För kontroll av materialets struktur kan man använda ett *ljusmikroskop*. Förstoringen i mikroskopet är flera tusen gånger. Genom undersökningen kan man avgöra om materialet är normalt eller om det har framställts eller behandlats på ett felaktigt sätt.

Först snittas detaljen, sedan slipar och polerar man provytan. Därefter etsas ytan med en frätande vätska. Materialets kornstorlek, utskiljningar, mikrosprickor mm studeras i mikroskopet.

## Hårdhetsprovning

Ett materials *hårdhet* är dess förmåga att motstå intryck av ett annat hårdare föremål. Intrycket blir stort på ett mjukt material, ex. mässing och aluminium, medan ett hårt material får ett litet intryck. Exempel på hårda material är härdat stål och Hardox. Hårdhetstalet avläses direkt på provapparaten eller i en omvandlingstabell. De vanligaste hårdhetsprovningssmetoderna är Brinell-, Rockwell- och Vickersprovning. **Mer information om detta finns vid behov i Verkstadshandboken.**

## Oförstörande provningsmetoder

När man vill undersöka om det finns fel inne i materialet, t.ex. blåsor, sprickor, slagginneslutningar eller porer i gjutgods och svetsar, använder man *oförstörande provning*.

### Radiografi

Från ett röntgenrör sänds *röntgenstrålar* mot provföremålet. Under föremålet placeras en fotografisk film, som svärts av strålningen som tränger igenom. Om det finns sprickor eller andra fel i materialet passerar strålarna lättare genom dessa och svärtningen på filmen ökar. Provningen utförs enligt Europastandarden SS-EN 444.

### Ultraljudsprovning

Ultraljud är svängningar med hög frekvens (över 20000 Hz). Från en sändare, som placeras på provstycket, skickas en ultraljudsvåg ut. I ett felfritt material går vågen rakt fram och reflekteras i materialets bortre ände. När vågen träffar en spricka eller annat fel reflekteras den och går tillbaka. Den reflekterande vågen omvandlas till en elektrisk signal och fångas upp i ett oscilloskop på vars bildskärm man avläser hur långt ner i godset felet finns. Provningen utförs enligt Europastandarden SS-EN 583.



*Ett exempel på oscilloskop*

## **Magnetpulverprovning**

Magnetpulverprovning används för att upptäcka ytfel hos magnetiska material, ex. kolstål. Provningen utförs enligt Europastandarden SS-EN ISO 9934.

Provstycket magnetiseras (görs magnetiskt) i en strömförande slinga och järnpulver strös över. Sprickor i ytan stör magnetfältet och drar till sig järnpulvret. Sprickorna syns som mörka ränder på ytan.

## **Provning med penetrant**

Provet läggs i en färgad vätska, som tränger in i eventuella sprickor. Provet tas upp, rengörs och får torka, därefter sprutas ett vitt pulver över ytan. Om det finns sprickor i materialet så färgas det vita pulvret av den färgade vätskan som blivit kvar i sprickan. Endast ytliga sprickor kan undersökas med denna metod. Provningen utförs enligt Europastandarden SS-EN 571.

# **Materialstandard**

## **Standardisering**

Standardisering innebär att man skapar regler för att finna lösningar på återkommande, gemensamma tekniska och ekonomiska problem. Standardiseringen har som mål att:

- underlätta kontakter mellan olika företag genom att definiera (tydliggöra) begrepp och termer.
- säkerställa utbytbart genom att bestämma mått, dimensioner, storlekar och gränssnitt.
- begränsa varianter (olika sorter) av mått, dimensioner, storlekar och utföranden.
- öka modulskapandets.
- skapa normer, funktioner, kvalitet och säkerhet för varor, processer, system och tjänster.
- skapa entydiga (går inte att missförstå) provningsmetoder.

Standardisering är ett verktyg för att bl.a. underlätta tekniskt samarbete och tekniköverföring.

Det finns standarder på flera nivåer:

- |                           |               |
|---------------------------|---------------|
| • internationell standard | ISO           |
| • europeisk standard      | EN            |
| • nationell standard      | SS, DIN, NS   |
| • företagsstandard        | Scania, Volvo |

## Ämnesområden för standardisering

Det finns standarder för allt från muttrar till dykutrustning, ledningssystem på företag, sjukhusutrustning och brandskyddsutrustning. En mängd exempel kan räknas upp där standardiseringen förbättrar vår värld. Vi får större säkerhet, minskar risken för olyckor, minskar kostnader mm.

Det är viktigt att alla som utvecklar en ny produkt talar samma språk, det vill säga att den som köper ett material verkligen får det den beställt och att den som konstruerar en produkt vet att materialet har avsedd hållfasthet samt att produkten uppfyller ställda krav.

Genom att ge materialen bestämda *beteckningar* och *nummer* i en standard så undviks missförstånd.

Det finns många olika ämnesområden som har en standard, men vi behandlar främst *material och svets*.

## Material och svets

Material och svets innefattar standard för tillverkning, sammanfogning, kontroll och provning av produkter med vidsträckt användning inom industrin och inom byggnadssektorn. Materialstandarder och standarder för svetsning används allmänt inom hela Europa, och det börjar även bli allt vanligare med *internationella standarder*. De (standarderna) förenklar materialval och utformning av tillverkningsspecifikationer. Standardiserade material kan köpas i Europa och färre ej standardiserade material sänker kostnaderna för tillverkning och lagerhållning. Tillsammans garanterar standarderna för svetsning, provning och material att den färdiga industriprodukten tillverkats enligt uppställda krav.

## Standardiseringsorgan

### Svensk Standard

Svensk metallstandard utarbetas och fastställs som Svensk Standard (SS) eller (SS-EN) av SIS, *Swedish Standards Institute*. SIS ansvarar för den svenska bevakningen av arbetet inom den europeiska standardiseringsorganisationen CEN och inom den internationella standardiseringsorganisationen ISO.

### Europeisk standard

Standardiseringen i Europa, som har som mål att ta bort alla handelshinder, utförs av CEN i Bryssel. CEN består av de nationella standardiseringsorganen inom EU- och EFTA- länderna. Inom CEN finns nära 400 tekniska kommittéer. Dess standardisering har under de senaste åren fått en mycket stor betydelse för Sverige genom den nya Europastandarden, EN, som utarbetats för bl.a. metalliskt material.

Godkänns en europastandard i CEN *måste* medlemsländerna införa den som standard. I Sverige får en europastandard beteckningen SS-EN.

### **Icke standardiserat material**

För att ett material ska tas upp som svensk standard måste det finnas ett allmänt intresse kring materialet. Det finns idag ett stort antal legeringar som *inte* standardiserats, utan säljs med företagsanknutna namn. Användningen av sådana material möter inga problem. Svårigheter kan dock uppstå när man ska jämföra två leverantörers material.

### **Beteckningssystem för metaller**

Den nya europeiska materialstandarden har olika utseende för olika metaller. Någon samordning mellan metallerna har ej gjorts. Därför finns det ingen likhet mellan beteckningssystemen för aluminium, gjutjärn, koppar, magnesium, stål och zink.

#### **Stålstandard enligt EN**

Stålbeteckningarna enligt EN 10 027 är indelade i två huvudgrupper, *grupp 1*, som bygger på stålets användningsområden och hållfasthet, samt *grupp 2* som bygger på stålets kemiska sammansättning.

#### **Grupp 1 (stålnamn)**

Beteckningen består av en bokstav, som visar ståltyp, samt tre siffror som anger stålets övre sträckgräns ( $R_A$  i enheten MPa (N/mm<sup>2</sup>)). Därefter följer en eller flera bokstäver och siffror som anger ytterligare egenskaper såsom slagseghet, framställningssätt, värmebehandling och ytbeläggning. Beteckningarna används på allmänna konstruktionsstål, tryckkärlsstål, rörledningsstål och maskinstål.

#### **Stål SS-EN 10022-S235JRG2**

är exempel (inget man behöver lära sig utantill) på en beteckning för ett europeiskt konstruktionsstål. Låt oss titta på vad den betyder.

Stål anger materialgrupp.

SS-EN 10022 anger att stålet följer Europaanorm 10022 och att normen antagits som Svensk Standard.

S anger att det är ett allmänt konstruktionsstål. Andra bokstäver kan förekomma för andra stålsorter, se tabellen Ståltyper.

235 anger minivärdet på stålets övre sträckgräns ( $R_{eH}$ ).



JR anger slagseghetskrav för stålet, här vid 20°C. Andra temperaturnivåer visas i tabellen *Slagseghetskrav*.

J anger ett slagseghetskrav på 27 J. Ibland är kravet 40 J, vilket i stället för J markeras med bokstaven K. Även bokstaven Q kan förekomma för seghärdat och anlöpt material.

G2 anger tilläggskrav, enligt tabell Tilläggskrav. All denna information kan man även hitta i Verkstadshandboken om man behöver veta detta.

**Vad kan man utläsa av ett standardblad (återigen inget man behöver lära sig utantill men man ska kunna utläsa ur tabell om man behöver)**

- materialbeteckning, SS-nummer
- kemisk sammansättning
- hållfasthetsvärden
- dimensionsområde
- leveransformer och -kontroll
- fysikaliska egenskaper, tekniska data
- bearbetningsrekommendationer
- svetsning
- värmebehandling
- korrosionsegenskaper
- kolekvivalent för svetsning

## Ståltyper

Kod	Ståltyp	Exempel
S	Allmänna konstruktionsstål	S355JR
P	Tryckkärlsstål	P265NH
L	Rörledningsstål	L360NA
E	Maskinstål	E295
G	Gjutstål	G P240G h

## Slagseghetskrav

Kod	Temp (°C)
JR	20
JO	0
J2	−20
J3	−30
J4	−40
J5	−50
J6	−60

## Tilläggskrav

Kod	Krav
E	Anlöp
C	Material för kallformning
G1	Otätat
G2	Tätat/ halvtätat
G3	För plåt: Normaliserat eller temperaturkontrollerat valsat För profiler: Valfritt leveranstillstånd om annat inte är avtalat
G4	Valfritt leveranstillstånd för producenten, om annat inte är avtalat
H	Termomekaniskt behandlat
N	Normaliserat
O	Offshoreapplikation
Q	Seghärdat
S	Skeppsapplikation
W	Väderbeständigt

## Grupp 2 (stålnummer)

Beteckningarna som grundas på stålets sammansättning har olika utseende beroende på ståltyp. Följande fyra beteckningssätt används:

<b>Ståltyp</b>	<i>Olegerat stål</i> manganhalt under 1%	<i>Olegerat stål</i> manganhalt minst 1%	<i>Legerade stål</i> minst ett legeringsämne överstiger 5%	<i>Snabbstål</i>
		<i>Legerat stål</i> Inget legeringsämne överstiger 5%		
		<i>Automatstål</i>		
<b>Exempel</b>	<b>C35E</b>	<b>28Mn6</b>	<b>X5CrNi8-10</b>	<b>HS2-9-1-8</b>
<b>Betydelse</b>	Olegerat stål (C) kolhalt 0,35% (35) maximerad svavelhalt	Kolhalt 0,28% (28) manganlegerat (Mn). Siffran sex (6) anger manganhalten gångar fyra	Minst ett legeringsämne över 5% (X) kolhalt 0,05% (5), legerat med krom (Cr) och nickel (Ni) Kromhalt 18% (18) och nickelhalt 10% (10)	Snabbstål (HS), wolframhalt 2% (2), molybdenhalt 9% (9), vanadinhalt 1% (1) och kobolthalt 8% (8)

## Rostfria stål

De rostfria stålen har i Europastandarden beteckningen 1.4xxx, där x representerar en siffra. Beteckningen följer den gamla tyska DIN-normen, varför systemet är känt sedan tidigare.

Exempel är:

1.4000      f.d SS 2301  
1.4301      f.d SS 2333

## Jämförelse mellan EN-beteckningar och indragna (det vill säga de används inte längre) SS-beteckningar för några stål

EN-beteckning	SS-nr
S235JRG2	1312
S275JR	1412
S275J2G4	1414-00
E295	1550-00
C35E	1572
E335	1650-00
E360	1655-00
C45E	1672
C50E	1674
25CrMo4	2225
42CrMo4	2245
41CrS4	2245
34CrNiMo6	2541
1.4301	2333
1.4436	2343

### Färgmärkning av material

















Färgmärkning av material sker enl. materialtillverkarnas egna val, de flesta tillverkare brukar försöka märka något så när likadant

Att materialet är färgmärkt underlättar för operatörer att välja material med rätt kvalitet, så att man inte råkar ta ett automatstål och försöker svetsa samman det med ett konstruktionsstål. Det operatören måste tänka på är att inte kapa bort färgmärkningen, om så sker måste man märka på med ny färg enl. det system man följer.

Här nedan kommer ett utdrag från en materialleverantör, i verkstadshandboken finns det en tabell som visar hur olika leverantörer märker material.






## VÅR FÄRGMÄRKNING AV STÅLSORTER

### KONSTRUKTIONSTÅL OCH AUTOMATSTÅL

Stålsort	Jämförelse	Färgbenämning	
34CrNiMo6 Q+T	~ 2541	Vinröd	
25CrMo4 Q+T	~ 2225	Olivgrön	
42CrMo4 Q+T	~ 2244	Orangebrun	
16NiCrS4+A	~ 2511	Gråblå	
S355J0	~ 2132	Orange	
S355J2	~ 2134	Svart	
2142 IM	~ 2142M	Gulgrön	
C45 E	~ 1672	Grön	
2142 Super M	~ Hydax 15	Rosé	
S235JRG2+C	~ 1312-06	Gul	
20MnV6	~ 2142	Gulgrön	
EN14APb	~ 2172Pb	Cremitvit	
11SMnPb30+C	~ 1914	Orange	
36SMnPb14+C	~ 1957	Blå	
EN-GJL-250	~ 0125	Signalvitt	
EN-GJS-500-7	~ 0727	Röd	

### VERKTYGSTÅL

För mer information, se Verktystålsguiden

Stålsort	Jämförelse	Färgbenämning	
Stena 2363	SS 2260	Röd/grön	
Stena 2379	SS 2310	Vit/gul	
Stena OH255	OH255	Blå/brun	
Stena 2344	SS 2242	Orange	
Stena 2367	WST 1.2367	Grön/blå	
Stena 2714 seghärdat	WST 1.2714	Svart/gul	
Toolox 33	Toolox 33	Svart/röd	
Toolox 44	Toolox 44	Vit/röd	
C45	C45	Grön	
S355	S355	Svart	
M2	E M2	Kopparbrun/blå	
2005	ASP 2005	Pastellgrön	
2012	ASP 2012	Svart/vit	
2023	ASP 2023	Signalviolet	
2030	ASP 2030	Mossgrön	
2053	ASP 2053	Silvergrå	
2060	ASP 2060	Guld	

4

## Metalliska material

### Stål

Stål är material som till största delen består av *järn* och som har *kol* som det vanligaste och viktigaste legeringsämnet. Kolhalten i stål är oftast *lägre än 2%*.

Ibland används ordet järn när man egentligen menar stål, t.ex. i uttrycken armeringsjärn och handelsjärn.

Stålen kan framställas antingen som olegerade eller legerade.

Här nedan ser ni de vanligaste legeringsämnena i stål med kort förklaring till vad de gör för strukturen. Dessa ämnen återkommer under hela texten.

Ämne	Inverkan på stålet
<b>Kol (c)</b>	Med stigandekolhalt höjs hårdhet och hållfasthet, medan seghet och svetsbarhet minskas.
<b>Kisel (Si)</b>	Höjer hållfastheten och förbättrar hårdbarheten.
<b>Mangan (Mn)</b>	Höjer hållfasthet och motstånd mot slitage. Förbättrar hårdbarheten.
<b>Krom Cr)</b>	Höjer hårdhet, hållfasthet och seghet. Förbättrar hårdbarheten. Halter över 12% ger gott korrosionsmotstånd, s.k. <i>rostfrihet</i> .
<b>Nickel (Ni)</b>	Höjer hållfasthet och seghet. Förbättrar hårdbarhet och korrosionsmotstånd.
<b>Molybden (Mo)</b>	Höjer hållfastheten. Förbättrar hårdbarhet och korrosionsmotstånd.
<b>Wolfram (W)</b>	Förbättrar hårdbarheten. Bildar med kol hård wolframkarbid som höjer slitstyrkan.
<b>Kobolt (Co)</b>	Höjer hållfasthet och seghet. Förbättrar korrosionsmotståndet.
<b>Vanadin (V)</b>	Höjer hållfasthet och seghet. Ger fin materialstruktur.

*Olegerat stål*, som även kallas *kolstål*, vanligen 0,1-1,3% kol. Kolstålen får enligt europastandard även innehålla kisel och mangan. I kolstål finns också fosfor och svavel. Dessa ämnen gör stålet sprött (det blir känsligare och kan gå sönder lättare) och får därför bara finnas i mycket låga halter.

*Legerat stål* innehåller förutom högst 2,0% kol, även tillsatser av ett eller flera legeringsämnen. Exempel på sådana legeringsämnen är kisel, mangan, krom, nickel, molybden, wolfram, kobolt och vanadin. Man skiljer på stål med låga legeringshalter, *läglegerade stål*, och stål med höga legeringshalter, *höglegerade stål*. I gruppen höglegerade stål ingår bland annat de rostfria stålen, som är legerade med höga halter av krom.

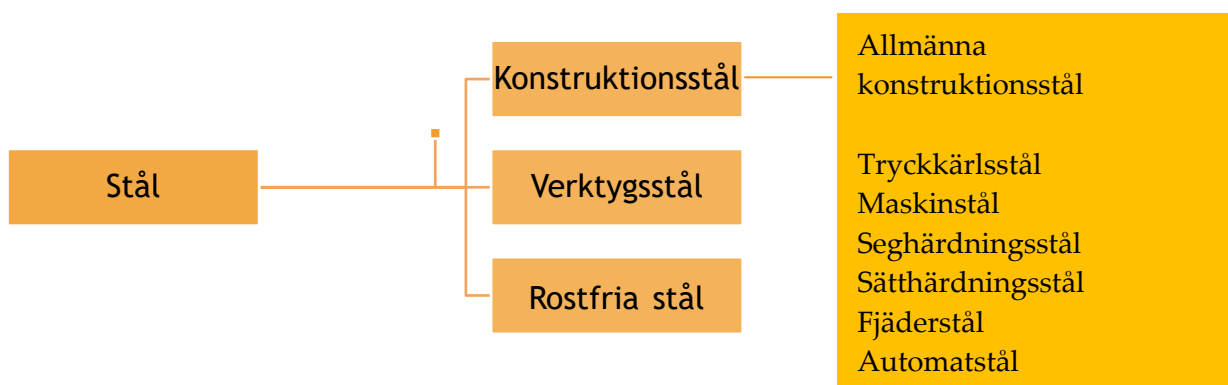
Genom att variera de olika legeringsämnen och dess halter kan man få stål med mycket olika egenskaper. Exempel på egenskaper som påverkas är:

- hållfasthet
- formbarhet
- svetsbarhet
- nötningsmotstånd
- hårdbarhet
- korrosionsmotstånd

Stålets egenskaper kan också påverkas av *värmebehandling*.

Man utgår från användningsområde, dvs. vad stålet ska ha för funktion, när man delar in dem i tre grupper:

*Konstruktionsstål, verktygsstål och rostfria stål.*



*Konstruktionsstål* är det gemensamma namnet på flera olika ståltypen. Kolhalten är låg, i regel mellan 0,1 och 0,6%. En del stål avsedda för svetsning innehåller endast 0,02% kol för att vara *svetsbara*, medan några fjäderstål har mer än 0,6% kol. Stålen tillverkas antingen olegerade eller låglegerade. De används till bärande konstruktioner (ex. broar), tryckkärl, fartygsskrov och maskindetaljer. De levereras varmvalsade, kallbearbetade och ibland värmebehandlade. Mer om det senare. Intressanta egenskaper är god hållfasthet, slagseghet och svetsbarhet. Konstruktionsstålen delas in i mindre grupper efter användningsområde.

*Verktygsstålen* används för tillverkning av verktyg, t.ex. svarvstål, borrar, knivar och mättnolkar, eller till maskindelar. Önskvärda egenskaper är god slitstyrka, eggskärpa, hårdhet och seghet. Stålen levereras vanligen i mjukt tillstånd för att efter bearbetning, t.ex. svarvning och fräsning, hårdas till hårt sluttillstånd. Kolhalten är 0,6-1,2%.

De *rostfria stålen* används i stället för kolstål när man vill undvika korrosionsangrepp. Stålen innehåller minst 12% krom samt nickel och molybden som legeringsämnen.

### **Allmänna konstruktionsstål**

De allmänna konstruktionsstålen har en relativt låg kolhalt (max 0,2%), är ganska sega och har god svetsbarhet. Stålen förekommer både med låg och hög hållfasthet och levereras i många olika tillstånd. Användningsområden är bärande konstruktioner i hus, broar, kranar, transportfordon, master, tankar och stolpar.

Hållfastheten kan ökas genom olika legeringsämne eller genom värmebehandling. De allmänna konstruktionsstålen tillverkas som:

- kolstål
- kolmanganstål
- mikrolegerade finkornsstål
- seghärdade stål
- borstål

Stål med låg kolhalt har låg hållfasthet och är mjuka. Genom att öka kolhalten hos kolstålen kan man öka hållfastheten, men inte ur mycket som helst eftersom seghet och svetsbarhet försämras. Stål med mer än 0,2% kol är inte lämpliga för svetsning.

För att ytterligare förbättra hållfastheten kan man öka manganhalten (kolmanganstål) och även tillsätta mycket små mängder aluminium och titan (finkornstål) och/ eller niob och vanadin (mikrolegerade stål). De starkaste stålen får man genom värmebehandling (seghärtningsstål och borstål).

### **Varmvalsade bandstål**

*Kallformningsstål* har högre hållfasthet i tunna dimensioner än traditionella stål och är dessutom lämpliga för böckning och pressning. Tjockleken varierar mellan 1,8 och 16 mm. Stålen har låg kolhalt, max 0,12%, och är legerade med mangan, max 2,1%. Små tillsatser av finkornbildande ämnen höjer hållfastheten ytterligare. Exempel på användning är bärande balkar i bilar, transportfordon och kranar.

Borlegerade stål, *borstål*, är avsedda för seghärdning. Efter härdningen ökar hårdheten och materialet erhåller därmed en god slitstyrka. Borstål har hög hållfasthet i seghärdat tillstånd. Kolhalten ligger mellan 0,2% och 0,3%. Tillsatser på 0,003% bor förbättrar hårdbarheten och höjer hållfastheten. Stålen kan böckas och svetsas med gott resultat.



Användningsområden är produkter där god slitstyrka är nödvändig t.ex. jordbruksmaskiner, transportkedjor, knivar, sågklingor och spadar. Borstålen levereras i varmvalsat, ohärdat tillstånd.

### **Varmvalsad tunnplåt**

Varmvalsad grovplåt tillverkas i tjocklekar mellan 4 och 155 mm. Plåten går lätt att forma och används för svetsade konstruktioner t.ex. fartygsskrov och kemiska behållare. De flesta plåtkvaliteterna behåller slagsegheten ner till -60°.

### **Kallvalsad tunnplåt**

Kallvalsad tunnplåt är mycket lämplig för pressning och bockning. Kallvalsningen ger en tunn plåt med snäva tjocklekstoleranser och goda formningsegenskaper samt fina ytor, lämpliga för ytbehandling. Bilarosser, kylskåp och tvättmaskiner är exempel på produkter som tillverkas av kallvalsad tunnplåt.

De kallvalsade stålen indelas i grupperna:

- mjuka stål
- höghållfasta stål
- extra höghållfasta stål
- ultrahöghållfasta stål

De *ultrahöghållfasta stålen* får sin hållfasthet genom kontinuerlig glödgning vid 750-850° följt av härdning i vatten. Därefter anlöps stålen vid 200-400° varvid de får hög seghet och god formbarhet (vi går igenom vad detta innebär djupare lite längre fram). Strukturen blir då en blandning av en mjuk fas och en hård fas, varför stålen kallas *tvåfasstål*. Stålen används bl.a. inom bilindustrin i säkerhetsdetaljer.

### **Höghållfasta kallvalsade tunna band**

Ett finkornbehandlat och kallvalsat stål för ändamål som kräver mycket hög hållfasthet och hårdhet i kombination med acceptabel bockbarhet och god svetsbarhet framställs i Sverige. Materialen har god utmattningshållfasthet, högt motstånd mot slag och stötar samt hög energiupptagningsförmåga. Det tillverkas i tjockleksområdet 1,2-3,3 mm.

Stålet kan användas för komponenter där materialet ska ha hög hårdhet och hållfasthet eller vara nötningsbeständigt. Exempel är brickor och klämmor, där hög återfjädring fordras i fordonsdetaljer, bärande konstruktioner, spadar, lättviktscontainrar, stegar och rör, Materialet kan rullformas till profiler för dörrar och beslag, containrar samt rörprofiler.

### **Metallbelagd plåt**

För produkter som riskerar att rosta kan metallbelagd stålplåt användas. Plåten kan bockas och pressas utan att ytskyddet förstörs. Utgångsmaterialet är varm- eller kallvalsad plåt. Beläggningen kan vara ren zink eller aluminium legerat med zink (Aluzink). Skikten kan målas efteråt. Användningsexempel är höljen (det yttre lagret) till disk- och tvättmaskiner, bildetaljer, takbeklädnader och ljuddämpare.

### **Tryckkärlsstål**

Tryckkärlsstål används till behållare utsatta för högt eller lågt inre tryck, ex. gasflaskor, tryckluftsbehållare, ångpannor och vakuumkärl samt i ledningar för ånga och hetvatten.

Stålen har relativt låg kolhalt, max 0,2%, och hög seghet. De kan användas upp till 700° och ner till -50° utan att förlora hållfasthet eller seghet. Tryckkärlsstålen kan svetsas. De finns som olegerade, låglegerade och rostfria. Vid haverier på tryckkärl är risken för allvarliga olyckor stor. Arbetarskyddsstyrelsen har därför utarbetat regler för svetsning och provning av tryckkärl.

### **Maskinstål**

Maskinstålen är lätta att bearbeta och forma. De är därför lämpliga för tillverkning av detaljer som måste svarvas, fräsas eller smidas. Stålen är inte lämpliga att svetsa eftersom kolhalten är för hög. De är inte heller avsedda att härdas.

Kolhalten hos maskinstålen ligger mellan 0,25 och 0,60%. De används för tillverkning av t.ex. axlar, skruvar, muttrar och lastkrokar.

### **Seghärdningsstål**

Seghärdningsstålen används till svetsade plåtkonstruktioner och till detaljer som måste vara mycket starka och slitstarka, t.ex. vev- och excenteraxlar, vevstakar, kolvstänger, verktygshållare och kugghjul. Stålen tillverkas som varmvalsad grovplåt i färdighärdat tillstånd eller som stång för maskindetaljer i mjukglödgat tillstånd. Maskindetaljer bearbetas först och seghärdas sedan.

Stål för seghärdning innehåller normalt 0,25 till 0,45% kol. De är ofta legerade med krom, nickel och molybden, vilket ökar härdningsförmågan. Ju högre legeringshalt, desto grövre dimension kan härdas till fullt härddjup. Härdningen sker vanligen i olja med anlöpning vid 550-675° C.

### **Sätthärdningsstål**

Sätthärdningsstålen används till maskindetaljer med krav på en hård och slitstark yta samt en seg kärna med motståndskraft mot slag och vibrationer. De har låg kolhalt, vanligen ca 0,2% och är legerade med ca 1% mangan, krom, nickel och molybden.

Stålen används i sätthärdat tillstånd, dvs. efter höjning av kolhalten i ytskiktet härdas materialet så att man får en hård yta och en seg, ganska mjuk kärna (återigen, mer info om värmebehandlingar kommer längre fram). Man får då ytspänningar som höjer utmattningshållfastheten. Exempel på sätthärdade produkter är kugghjul, verktygsfästen, vevtappar, kamaxlar, delningsskivor och kannbultar.

### **Fjäderstål**

Fjäderstålen innehåller legeringsämnen krom, vanadin och molybden vilket ger mycket höga hållfastheter. De används förutom till många olika typer av fjädrar också till pianotråd.

### **Automatstål**

Automatstålen har låg kolhalt och är legerade med svavel och bly, vilket ger korta spån, fin yta och tillåter höga skärhastigheter vid skärande bearbetning. De används till detaljer som masstillverkas i CNC-maskiner, ex. skruvar, muttrar, nipplar, brickor och axlar.

### **Verktygsstål**

Verktygsstål är det gemensamma namnet på stålsorter som normalt används i verktyg. Kolhalten ligger mellan 0,6 och 1,2% och är högre än hos konstruktionsstål. De levereras glödgade och härdas innan de används. Verktygsstålen är legerade med krom, molybden, wolfram och vanadin. De har god slitstyrka, eggskärpa, hårdhet och seghet.

Stålen används till borrar, fräsar, svarvstål, mejslar, filar och gängtappar. De används också till fixturer och hållare för press- och stansverktyg samt till gjutformar.

I gruppen verktygsstål ingår också *snabbstålen*. De (verktygsstålen) innehåller höga legeringshalter av krom, wolfram, kobolt och vanadin. De har god slitstyrka och god hållfasthet vid förhöjd temperatur. Användningsområden är framför allt verktyg för skärande bearbetning.

### **Rostfria stål**

Konstruktionsstål och verktygsstål har nackdelen att de rostar i fuktig miljö och vid påverkan av kemikalier. Om man ökar kromhalten i stålet till över 12% får man stål som inte rostar, s.k. *rostfria stål*. Även nickel används som legeringsämne.

Rostfria stål används främst när man vill ha högt motstånd mot korrosion. Exempel på produkter är diskbänkar, detaljer till tvättmaskiner, bryggerikärl, delar till ång- och vattenturbiner, rör, bestick, saxar och knivar. De rostfria stålen delas in i tre olika kategorier beroende på materialstrukturen. Denna struktur får man genom att blanda olika mängder järn och kol, samt med förändrade temperaturer. Det krävs en temperaturförändring på flera hundra grader för att ändra denna struktur.

## Gjutstål

Stål som används till gjutning av färdiga formprodukter kallas *gjutstål*. De har en kolhalt på 0,18-0,50% och relativt höga halter av kisel och mangan. Dessa legeringsämnen gör att stålet lättare flyter ut och fyller gjutformen, därmed minskar risken för *porer* (små hål inneslutna i materialet) vid gjutning. Även legerade stålqualitéer, t.ex. vissa seghärdningsstål och rostfria stål, används som gjutstål.



*Här hålls flytande metall ner i en gjutform*

På grund av gjutstålens höga smältpunkt och stora krympning är de svårare att gjuta än gjutjärn. Svetsbarhet, korrosionsegenskaper och skärbarhet hos produkter av gjutstål är ungefär desamma som för smitt stål av motsvarande kvalité. Hållfasthet och seghet är något sämre än för motsvarande smideskvaliteter. Undantag utgör en form av rostfritt stål som har god seghet även när det är i gjuten form.

Gjutstålen används till produkter med höga krav på hållfasthet, seghet och svetsbarhet, bl.a. ankare, grävskopständer, ventilhus, turbinhjul, bakaxelkåpor till bilar och skyddskåpor.

## Stålens egenskaper

För att kunna använda och behandla ett stål på rätt sätt måste man känna till dess egenskaper. Nedan beskrivs några av dessa.

### Densitet

Densitet är, som nämnts tidigare, ett mått på materialets *täthet*. Densiteten hos järn är 7,8 kg/ dm<sup>3</sup>. Stålens densitet, som vid låg kolhalt är lika med järnets, påverkas av tillsatta legeringsämnen. Tungmetaller med högre densitet än järn, som wolfram, vanadin, krom och nickel höjer densiteten.

### Formbarhet

Stål formas ofta genom smidning, böckning eller pressning vid tillverkning av en produkt. Det är då viktigt att materialet har lämpliga egenskaper så att det inte

spricker. Rätt *bearbetningstemperatur* och *bockningsradie* är viktiga faktorer att känna till.

### **Korrosionsmotstånd**

Den vanligaste korrosionsformen hos stål är *rost*, dvs. järn som lösts ur stålet och bildat rödaktiga partiklar. Vid fortsatt korrosion faller stålet sönder.

Korrosionsmotståndet för olegerade och låglegerade stål är i allmänhet mycket dålig i fuktig luft. Rost förhindras genom skyddsmålning. Genom att legera stålet med minst 12% krom förbättras korrosionsmotståndet så att rostbildning aldrig inträffar.

### **Skärbarhet**

Ett materials *skärbarhet*, dvs. *lämpligheten för skärande bearbetning*, kan anges i en skala från 0 till 10. En hög siffra anger att materialet är lämpligt för svarvning, borrar och fräsning. Om siffran är låg är materialet olämpligt för skärande bearbetning.

Bäst resultat vid skärande bearbetning får man med *automatstål*, som har höga värden på skärbarhetsskalan. Automatstålen är i regel kolstål eller rostfria stål med tillsatser av svavel, fosfor eller bly. Dessa tillsatser ger korta svarvspån.

Även andra stål än automatstål är lämpliga för skärande bearbetning, men de har ofta sämre skärbarhet. Genom mjukglödning förbättras skärbarheten. Många rostfria stål är svåra att bearbeta, man får långa spån och en taggig yta.

Skärbarheten beror inte bara på arbetsstyckets stålsort utan även på skärverktygets material och utformning samt på *skärdata* som varvtal, matning och kylvätska. Hårdmetall eller snabbstål används i skärverktygen.

### **Svetsbarhet**

Ett material som går att svetsa utan att det bildas sprickor kallas för *svetsbart*. Svetsbarheten beror i första hand på kolhalten i materialet, höga kolhalter ger stor risk för sprickor. Även legeringsämnen och deras halter påverkar resultatet.

Svetsbarheten beror även på svetsmetod, detaljens temperatur, konstruktionens utformning och materialtjocklek. Vanliga svetsmetoder för stål är metallbågs svetsning (MMA), TIG-svetsning och MIG/MAG-svetsning.

Svetsbarheten för allmänna konstruktionsstål, tryckkärilstål och seghärdningsstål är beroende av materialets kolhalt samt halterna av mangan, krom, molybden, vanadin, nickel och koppar. Störst inverkan har kol och minst inverkan har nickel och koppar. Om halterna är alltför höga måste materialet förvärmas till några hundra grader

innan svetsningen. Svetsbarheten kan uttryckas med hjälp av en *kolekvivalent*, ett tal som tar hänsyn till halterna av ingående legeringsämnen.

### **Slitstyrka**

Hög kolhalt i kombination med tillsatser av krom och wolfram ger stålet god slitstyrka och motstånd mot nötning. Detta beror på att hårda karbider bildas i stålet. (Karbid= en kemisk förening mellan kol och något annat grundämne)

### **Seghet**

Bra seghet, dvs. förmågan att tåla hög töjning, får stålen genom olika legeringstillsatser samt genom anlöpning efter härdning. Seg material kan bockas och böjas i hög grad utan att brista.

### **Värmebehandling av stål**

Vid stålframställning och vid bearbetning av en stålprodukt genom t.ex. formning, svetsning eller skärande bearbetning förändras stålets inre struktur på ett sätt som man ibland inte önskar. Då behövs värmebehandling för att återställa strukturen och återge stålet önskvärda egenskaper. Värmebehandling behövs också då ett mjukt stål har bearbetats och man önskar ett hårt och starkt sluttillstånd.

Man delar in värmebehandlingen i två grupper:

*Härdning* och *glödgning*

<b>Härdning</b>	<b>Glödgning</b>
gör stålet hårt	gör stålet mjukt och
ökar hållfastheten	spänningsfritt
ökar segheten	ökar formbarheten
förbättrar slitstyrkan	ger finkornig struktur
	förbättrar skärbarheten

### **Härdning**

Härdning är en värmebehandlingsmetod som medför att stålets hårdhet ökar väsentligt. Härdning utförs för att höja hållfastheten eller öka slitstyrkan. Genom härdning kan i många fall ståldetaljer tillverkas i små dimensioner och därmed bli lätta, men ändå vara starka.

Härdning utförs på följande sätt:

Först värms stålet upp till en lämplig temperatur, *härdningstemperatur* (olika beroende på typ av stål man arbetar med). Stålstycket hålls vid denna temperatur så länge att strukturen helt omvandlas till något som kallas austenit. Därefter kyls stålet hastigt genom att doppas i ett lämpligt kylmedel, ex. vatten eller olja. Den struktur som uppstår då är mycket hård och kallas martensit. Härdningen följs av ytterligare värmebehandling, *anlöpning*, som gör stålet segt igen. Härdning av höglegerade stål utförs på samma sätt som härdning av kolstål, men de kyls ner i gas.

Faktorer som påverkar härdningsresultatet är:

- kolhalt
- legeringsämnen
- uppvärmningstid och hålltid
- kylmedel
- kylningshastighet

Vid uppvärmning i ugn till härdningstemperaturen är det viktigt att skydda stålet så att kolhalten inte minskar i materialytan. Därför utförs uppvärmningen oftast under vakuum eller i skyddsgas.

Kolhalten i stålet har stor betydelse för härdningsresultatet. Rent järn eller kolstål med låg kolhalt kan ej härdas. Det är först vid kolhalter över ca 0,3% som man får en hårdhetsökning av praktisk betydelse, anledningen till detta är att martensitbildningen blir så liten att den inte märks. Ju högre kolhalt desto högre hårdhet, vid 0,7-0,8% kol är hårdheten som störst.

Även kylningshastigheten påverkar resultatet. Snabb kylning ger oftast ökad martensitmängd, vilket gör materialet hårdare. Långsam kylning ger en liten mängd martensit vilket gör att materialet inte uppnår full hårdhet.

Stålstyckets inre del, kärnan, kyls inte lika snabbt som ytan vilket gör att kärnan därför inte blir lika hård. När man talar om *härddjup* menar man det skikt som härdates räknat från ytan sett. För kolstål är härddjupet litet medan de legerade stålen kan härdas ända in i centrum vilket kallas *genomhärdning*. För att uppnå genomhärdning måste både detaljens yta och kärna kylas med tillräckligt hög hastighet.

Legeringsämnen i stål såsom mangan, krom, nickel och molybden påverkar både härdningstemperaturen och härddjupet. Legerade stål kan kylas långsammare än kolstål, det gör att härddjupet blir större och då minskar risken för sprickbildning. Kolstål kyla i vatten (emulsion eller saltvatten) eller olja, medan legerade stål kyla i luft, skyddsgas eller olja. Mycket låga halter av bor förbättrar hårdheten.

För framställning av hårdugnarnas skyddsgas används luft, kväve (nitrogen), metanol och propan. Dessa gaser förbränns innan de lämnar ugnen, utom kvävgas och vattenånga vilka är *ofarliga för miljön*.

### **Anlöpning**

Efter härdningen är stålet hårt och sprött, det kan alltså spricka lätt vid ex. slag, och kan i regel inte användas. För att minska sprödheten (=öka segheten) samt ta bort inre spänningar i materialet värms stålet upp till mellan 150- 650°. Denna värmning kallas *anlöpning*. Därefter sker en långsam avsvälning i luft till rumstemperatur. En del av martensiten omvandlas då och återgår till perlit.

Vid anlöpning kommer segheten att öka och hårdheten att minska. Ju högre anlöpningstemperatur desto segare och mjukare blir stålet.

### **Seghärdning**

Seghärdning utförs för att göra stålet segare och för att höja hållfasthet och seghet. Kolstål med kolhalter upp till 0.60% kan seghärdas om dimensionerna är klena. För grövre dimensioner används seghärdning på legerade stål. Seghärdning utförs på samma sätt som vanlig härdning, man kyler dock oftast i olja.

### **Etapphärdning**

Metoden används för att minska risken för formförändringar och sprickbildningar, vilka lätt kan uppstå vid vanlig härdning. Etapphärdningen utförs vanligtvis på kolstål med höga kolhalter samt på legerade stål.

Stålet värms upp på vanligt sätt men kylningen utförs i ett varmt salt- eller oljebad. Därefter får stålet svalna ner i luft till rumstemperatur varefter det anlöps på vanligt sätt.

### **Ythärdning**

*Sätthärdning* används på stål med mycket låg kolhalt när man önskar en hård yta och en seg kärna. För att härdeffekten ska bli märkbar på ett stål med så låg kolhalt måste kolhalten höjas i ytskiktet. Detta kallas *uppkolning* och sker vid hög temperatur.

Efter uppkolningen härdas detaljen. Härdningen kan göras antingen direkt efter uppkolningen eller efter det att stycket svalnat till rumstemperatur. Det härdade stålet anlöps sedan på vanligt sätt.



Exempel på användningsområden är detaljer med slitytor såsom kugghjul, kamaxlar och snäckhjul.



*Snäckhjul*

*Karbonitrering* är en variant av sätthärdning som används när detaljerna är tillverkade av låglegerade stålsorter. Genom tillsats av ammoniak i ugnsatmosfären ökar hårdbarheten i det uppkolade ytskiktet så att stål som normalt skulle vattenhärddas kan härddas i olja för att uppnå hög ythårdhet.

Den mjukare kylningen i olja minskar formförändringen på samma sätt som vid sätthärdning. Efter uppkolning och härdning erhålls en hög ythårdhet och en relativt seg kärnstruktur.

Exempel på användningsområden:

Detaljer i inte alltför grova dimensioner med slitytor t.ex. axlar, hydrauliska ventiler, plåtprodukter.

*Gasnitriding* används på legerade stål, vanligtvis seghärdningsstål, när man vill ha en yta som är motståndskraftig mot nötning och korrosion och ett material med förbättrad utmattningshållfasthet. Vid nitriding värms stålet i en ugn med kvävgas och ligger där i flera dygn. Gasen avger kväveatomer som bildar hårda nitrider (en kemisk förening mellan kväve och andra grundämnen) med legeringsämnena i stålets yta. Detta ger ett mycket tunt och hårt ytskikt.

*Nitrokarburering* är en form av nitriding där man använder gaser som avger både kol och kväve. Stålet värms i ugn och hålls där i upp till tre timmar. Ugnen innehåller gaserna kväve, ammoniak och koldioxid. Kväve och kol i gaserna tränger in i stålytan och bildar hårda partiklar. Metoden kan användas på alla stålsorter, och den har de senaste åren ökat i betydelse genom att den kan ersätta både sätthärdning och nitriding.

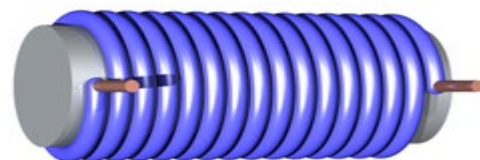
Använda stålsorter är olegerade konstruktionsstål, sätthärdningsstål och seghärdningsstål. För många komponenter i fordons-, hydraulik-, -konstruktions-, - och gruvindustrin är metoden ett alternativ till både hårdkrom och saltbadsnitriding med efterföljande oxidering.

*Plasmanitrering* är en ythärdningsmetod lämplig för ståldetaljer med krav på låg friktion, ökad slitstyrka, ökad utmattningshållfasthet och förbättrad korrosionshårdighet.

Alla ståltypen som idag gasnitreras kan plasmanitreras. Metoden lämpar sig också för höglegerade stålsorter, t.ex. verktygsstål och rostfria stål. Hårdhet och härddjup efter plasmanitrering varierar med stålets sammansättning.

*Flamhärdning* används när man lokalt vill härda begränsade (en viss del) områden på ett stålstycke, som kan vara t.ex. ett obehandlat eller seghärdat stål, utan att påverka kärnhårdheten. Uppvärmning till härdtemperatur görs med gaslåga, och materialet kyls med vattendusch direkt bakom gaslågan. Därefter görs anlöpning vid behov.

*Induktionshärdning* utförs också lokalt fast uppvärmningen görs med elektriska spolar (induktorer) som ligger runt stålstycket. Man får då induktionsströmmar i materialet, vilka leder till att materialet värms upp. Inträngningsdjupet är beroende av uppvärmningstid (matningshastighet) och den elektriska frekvensen. Materialet kyls med vattendusch eller emulsion.



*Induktor*

Vid induktions- och flamhärdning värms stålet mycket snabbt till härdningstemperatur. Temperaturområdet är beroende av materialsorten. Oftast används en något högre temperatur än vid härdning i ugn. Uppvärmningstiderna är normalt mycket korta och i många fall sker härdningen gradvis.

Användningsområden är lokal härdning av t.ex. lagerbanan på en vevaxel, tänderna på sågblad, kugghjul, axeltappar eller glidskenor.

## **Glödgning**

Glödgning används för att göra stålet mjukt eller för att återställa den inre strukturen efter bearbetning eller felaktig värmebehandling. Följande metoder är vanliga:

- normalisering

- mjukglödning
- avspänningsglödning

### **Normalisering**

Vid svetsning och slipning blir stål oftast grovkornigt. Normalisering utförs för att göra strukturen finkornig igen, på så sätt förbättras hållfastheten och segheten hos stålet. Metoden används mest på olegerade och låglegerade stål.

Det utförs på olika sätt gällande upphettning och avsvälning beroende på vilken struktur man vill ha på materialet.

### **Mjukglödning**

Kolstål med högre kolhalt och många legerade stål som får luftsvälva efter varmbearbetning, t.ex. smidning eller varmvalsning, blir oftast för hårda för att kunna bearbetas med skärande verktyg. Genom mjukglödning minskas hårdheten i stålet.

Temperatur som används vid mjukglödning beror på kolhalten i materialet.

### **Avspänningsglödning**

Inre spänningar i materialet uppstår alltid vid skärande och plastisk (formande) bearbetning samt vid svetsning och alltför snabb kylning vid värmebehandling. Spänningarna kan orsaka formförändringar vid t.ex. fräsning eller ge sprickor vid härdning. För att ta bort dessa spänningar utförs avspänningsglödning.

Metoden ger inte någon strukturomvandling och påverkar därför inte på något större sätt utgångsmaterialets hårdhet.

### **Gjutjärn**

Gjutjärn är legeringar av järn och kol med mer än 2% kol, vanligtvis mellan 2,5-4%.

Det används för gjutning av stora eller små detaljer i sandform eller kokill.

Till gruppen gjutjärn hör gråjärn, segjärn, aducerjärn och vitjärn.

Gjutning har många fördelar framför andra tillverkningsmetoder. Man kan framställa helt färdiga produkter eller halvfabrikat, vilka sedan kan bearbetas genom fräsning och svarvning. Genom gjuteriteknikens utveckling och bättre gjutjärnskvaliteter har gjutningens konkurrensförmåga ökat kraftigt.



*Smält gjutjärn hålls med i en sandform*

### **Gråjärn**

Större delen av allt gjutgods som tillverkas i Sverige utgörs av olegerat gråjärn. Användningsområdena är många och varierar med de olika kvaliteterna. Man skiljer på olegerade och legerade gråjärn, kolhalten är hög 2,9-3,8%.

De olegerade gråjärnen innehåller låga halter av kisel, mangan, fosfor och svavel. Legerat gråjärn innehåller nickel, krom och molybden. Hållfastheten hos gråjärn är relativt hög, medan segheten är låg. Gråjärn har god dämpningsförmåga mot vibrationer och buller samt gott motstånd mot nötning.

Det går lätt att svarva, fräsa och borra i gråjärn, materialet ger korta spån. Med stigande hållfasthet minskar skärbarheten. Den kan även bli nedsatt om gjutjärnet har utsatts för felaktig avkylning vid gjutningen. Då blir gjutgodset hårt och sprött i vissa delar.

Korrosionsmotståndet är ganska bra hos gjutet gråjärn och är bättre än för olegerat eller låglegerat stål.

### **Segjärn**

Segjärn får man genom att tillsätta små mängder magnesium vid gjutningen. Kolhalten i segjärn är hög.

Segjärn har bättre hållfasthet och seghet än gråjärn. Det beror på strukturen i materialet som inte verkar som startpunkter för brott på samma utsträckning som

strukturen i gråjärn. Genom mjukglödning får man ytterligare en höjning av segheten. Hållfasthet och seghet är jämförbara med gjutstålens.

Skärbarheten för gråjärn är mycket bättre än för olegerat stål, men något sämre än för gråjärn och aducerjärn.

Reparation av segjärn kan utföras med metallbågsvetsning, TIG eller MAG. Efter svetsningen bör svetsgodset avspänningsglödgas.

Ur korrosionssynpunkt är segjärn bättre än olegerat stål och jämförbart med, eller i vissa fall bättre än, gråjärn.

Segjärn används i allt större utsträckning tack vare sina goda egenskaper. Inom många områden har gjutna segjärnsdetaljer ersatt smidda eller svetsade ståldetaljer. Även andra produkter som man tidigare tillverkade av gråjärn görs numera av segjärn, och dessutom med tunnare gods. Men det är framförallt gjutgods som har ersatts med segjärn. Liksom gråjärn har segjärn ett brett användningsområde.

### **Aducerjärn**

Vid framställning av aducergods utgår man från vitjärn, som gjuts på vanligt sätt. Efter gjutningen värms godset till ca. 900° och hålls vid den temperaturen under några dagar. Temperaturen sänks därefter hastigt till 740° och sedan långsamt till 710°. Denna värmebehandling kallas för *aducering*.

Aducerjärnet är mjukt och relativt segt. Skärbarheten är bättre än för de flesta andra gjutjärn. Den goda skärbarheten beror på att alla hårda beståndsdelar försvunnit vid aduceringen och strukturen verkar spånbrutande samt i viss mån smörjande.

Materialet kan svetsas. Det finns dock en viss risk för att det återbildas vitjärn i och omkring svetsen. Reparationssvetsning av små skönhetsfel hos godset utförs med metallbågsvetsning, TIG eller MAG.

Aducerjärnets korrosionsmotstånd är något bättre än hos olegerat stål och gråjärn.

### **Vitjärn**

Vitjärn är mycket hårt och sprött och har en vit brottyta. Slitstyrkan är god och kan förbättras ytterligare genom tillsats av krom och nickel.

Vitjärn är svåra att bearbeta med skärande verktyg, verktygen slits fort ut. Vitjärn går heller inte att svetsa.

## Pulvermetaller

En pulvermetall är en metallegering som framställts på ett annat sätt än vanliga metallegeringar. Man utgår från metallpulver som blandas, pressas och värmebehandlas till slutlig form. Värmebehandlingen kallas *sintring*.

Pulvermetallerna delas in i två grupper:

- sintermetaller
- hårdmetaller (vilka vi kommer gå djupare in på då de är så vanligt förekommande inom all form av skärande bearbetning)

Framställning av pulvermetaller går till så att först blandas metallpulvren, därefter formas blandningen i ett verktyg och pressas sedan under hårt tryck till önskad täthet. För hårdhet och slitstyrka sintras detaljen.

Kort kan sägas om *sinterstål*, den vanligaste sintermetallen, att det används vid masstillverkning av t.ex. bildetaljer.

## Hårdmetall

Hårdmetall, **HM**, är ett hårt och slitstarkt material som består av så kallade metallkarbider, vanligen wolfram och titan som binds samman med kobolt eller nickel.

Hårdmetall mycket liten mängd porer, mindre än 0,02% av materialets volym. Materialen används mest till *skärverktyg* och *skärplattor* för *svarvning*, *fräsning* och *borrning*.

Andra användningsområden för hårdmetall är bergborrar, dragskivor, däckdubbar och slitskydd. Verktyg av hårdmetall håller längre och gör att man kan bearbeta hårdare och snabbare än man kan med verktyg av snabbstål.

Man skiljer på tre grupper av hårdmetall för skärande bearbetning:

P-, M- och K-gruppen (detta är kopplat till *vad* man ska bearbeta för material)

Mer om detta finns att läsa i [Verkstadshandboken](#) vid behov.

Utvecklingen av belagda hårdmetallsorter har medfört att dessa ofta har ett mycket brett användningsområde och täcker flera grupper. Ofta kan samma sort rekommenderas för alla grupper- P, K och M.

Andra sorter är gjorda för ett speciella arbetsoperationer med ett användningsområde mycket smalare än ovan. Val av hårdmetallsort bör därför i såna fall ske i samråd med verktygsleverantören.

## Snabbstål

Snabbstål, även kallat snabbsvarvstål och **HSS** (High speed steel), är stål med mycket goda skäregenskaper vid svarvning eller fräsning i höga hastigheter då stor

friktingsvärme utvecklas. Snabbstål behåller nämligen sin hårdhet upp till 600 °C utan att dess egenskaper minskar nämnvärt. Denna speciella egenskap får man genom en hög halt av legeringsämnen som volfram, krom, molybden och vanadin som alla binds kemiskt till kolet och bildar karbider, samt kobolt som gör stålet mer elastiskt och värmebeständigt. Snabbstål lämpar sig bra till bearbetande verktyg, exempelvis svarvstål, fräsar, borrar, gängtappar, gängsnitt och brotschar.

Att tänka på när man använder verktyg av snabbstål är att *kylning* av *verktyget* är viktigt, det är alltså inte alltid i första hand spånavgången man använder kylvatten för när man jobbar med HSS- verktyg. Om man inte kyler verktyget finns risk för att man förstör hårdheten i verktyget och gör det oanvändbart (skrot), detta på grund av för hög värmeutveckling.

Alltså, hårdmetall och snabbstål är material i våra skärande verktyg, inte egna materialsorter.