

Dragprov, en demonstration

Stål

Grundämnet ”järn” är huvudbeståndsdelen i stål. I normalt konstruktionsstål, som är det vi ska arbeta med, är kolhalten högst 0,20-0,25 %. En av anledningarna är att stålet då fortfarande är svetsbart. Verktygsstål har normalt en kolhalt mellan 0,7 och 1,2 %.

Tackjärn som stålet framställs ur har en kolhalt på mellan 3 och 5 % vilket gör det sprött och omöjligt att smidas. Man minskar kolhalten genom olika färskningsprocesser då även en mängd föroreningar tas bort.

Framställning och värmebehandling

Stålet framställs i masugn med temperaturer överstigande 1500 C och genom att utsätta det framställda stålet för olika värmeprocesser kan dess egenskaper ändras.

Genom att värma upp stålet till en temperatur som är över rekristallisationsgränsen i 15-20 minuter och sedan låta det svalna i luft fås ett stål med finkornstruktur och som har större säkerhet mot sprödbrott.

Om ett material med hög hårdhet önskas, hettas det upp till en omvandlingstemperatur som varierar beroende på kolhalten (900-750 C för kolhalt mellan 0.15 och 0.9 %) för att sedan snabbt kylas ner i vatten eller olja. Denna process kallas för härdning. Efter denna process kan spänningar uppstå i materialet men genom att anlöpa eller seghärda stålet i en temperatur upp till 700 C tas dessa bort.

Andra spänningar, egenspanningar, som kan uppkomma genom ojämn uppvärmning eller svetsning minimeras med avspänningsglödning till 500-600 C.

Vid höga drifttemperaturer minskar stålets egenskaper drastiskt, vid 500 C har brottgränsen halverats vilket gör att en stålbyggnad havererar relativt snabbt vid brand, redan efter någon minut.

Föroreningar och Legeringsämnen

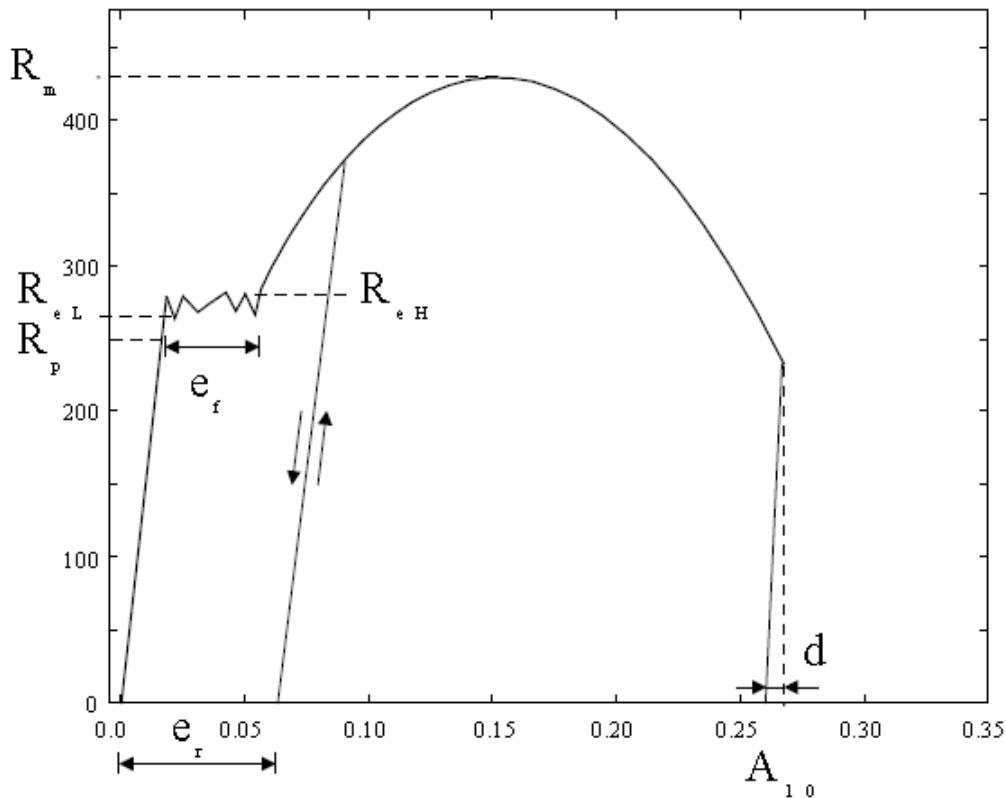
Svavel och fosfor betraktas som stålets föroreningar. Svavel ökar risken för sönderfall vid svetsning och fosfor gör stålet sprött. Kisel betraktas allmänt som ett desoxidationsmedel, dvs. binder syre vid framställningen.

Mangan bestämmer tillsammans med kolhalten svetsbarheten hos stålet, men där mangan ökar stålets seghet ökar kolet materialets hårdhet. Generellt så ger en ökad närvaro av mangan och kol högre hållfasthet, men lägre svetsbarhet.

Egenskaper

Stål klassificeras i materialtabeller i olika termer som densitet, tvärkontraktionstal, och elasticitetsmodul. Man intresserar sig ofta för stålets spännings och töjningssamband som tidigt bestämdes av pionjären Hooke (1635-1703) i Hookes lag,(1) (Se sista sidan) ”Ut Tensio Sic Vis” som han uttryckte det på latin, ”Såsom töjningen så kraften”. Med dessa ord beskriver man faktiskt ett materials elastiska egenskaper.

Vid dragning motsvarar det linjära området upp till R_p , proportionalitetsgränsen, se figur 1.



Figur 1

Mjukt stål

Ett materials spännings-töjningskurva innehåller en mängd information.

Spänning uttrycks som(2) och töjning enligt (3). Typiskt för ett mjukt stål med låg kolhalt är sträckgränsen, som är den spänning där materialet börjar flyta, materialet genomgår en plastisk deformation.

Man delar normalt upp sträckgränsen i övre, R_{eH} , och undre sträckgräns, R_{eL} , se Figur 1.

Belastningshastigheten är avgörande för den övre sträckgränsen varför den undre sträckgränsen, som är mer representativ, är normgivande i Sverige. Under dess flytningen sker kan flyttöjning, f , registreras som även den är något beroende av töjningshastigheten. Om stålet belastas ytterligare uppnår det så småningom brottgränsen som är den största belastning som provkroppen kan uppta. Man skiljer på sann brottspänning, R_m (4) och teknisk brottspänning, f_{st} (5). Brott uppstår vid brotttöjningen. För cirkulär cylindriska provstavar med diametern d används enligt praxis mätlängder $L=5d$ och $L=10d$. Motsvarande brotttöjning eller brottförlängning betecknas då A_5 respektive A_{10} . Brott uppstår om materialets inre krafter ej förmår att upprätthålla jämvikt i ett snitt.

Efter det att brottspänningen uppnås minskar tvärsnittsarean så kraftigt att för fortsatt töjning kan lasten minska och en deformation har således inletts som ej avstannar före brott. A_0 är ursprunglig tvärsnittsarea och A_B är brottarea. Kvoten mellan areaändring och ursprungsarea benämns brottkontraktion, Z (6).

Kallbearbetat stål

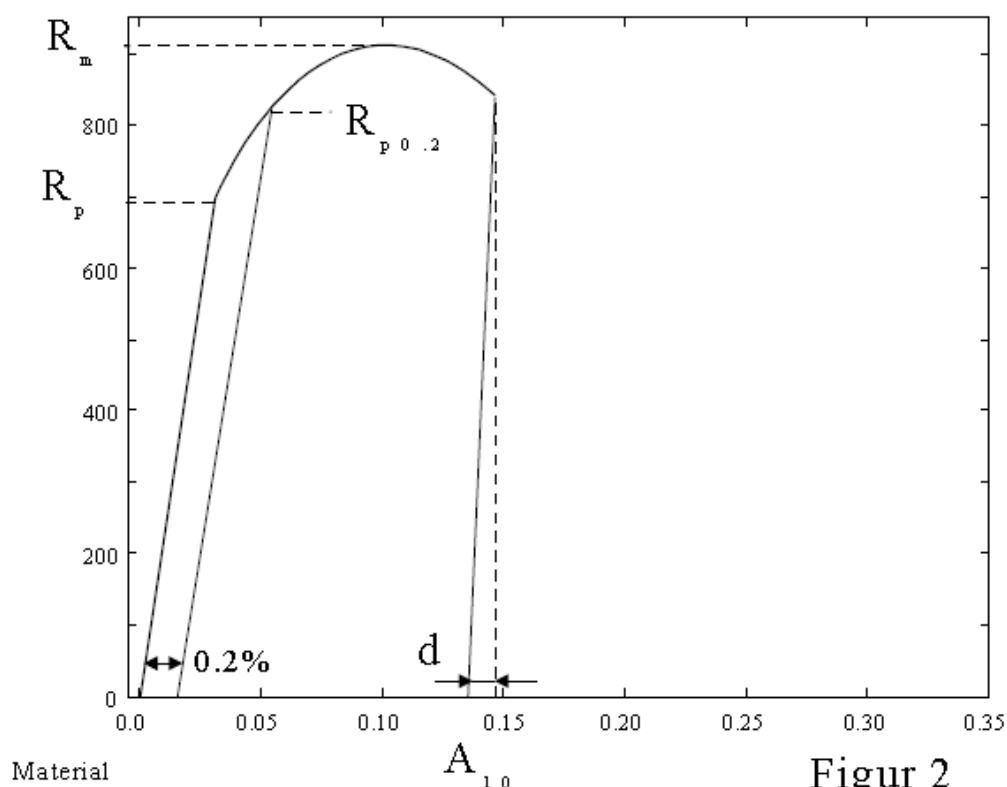
Strax invid proportionalitetsgränsen ligger elasticitetsgränsen. Överskrids denna spänning genomgår materialet en plastisk deformation och vid avlastning kommer materialet ej att helt återgå till sin tidigare längd.

Återgången har emellertid nästan helt elastiskt utseende trots en kvarvarande resttöjning.

Vid pålagd spänning följer spännings-deformationskurvan sin tidigare bana, stålet kommer ihåg sin historia och följer den kurva som skulle ha uppstått om ingen plasticering ägt rum. Ett material kan kallbearbetas genom att belasta det så att flyttöjningen överskrids och sedan avlasta stålet.

Materialet som nu har skapats har andra egenskaper och saknar enligt tidigare resonemang helt sträckgräns och flytområde, men man brukar ändå karaktärisera en sträckgräns, resttöjningsgräns som normalt motsvarar en töjning på 0.2 % (7).

Resttöjningsspänningen brukar benämnas R , se figur 2. Fördelen med kallbearbetning är att både sträckgränsen och brottgränsen höjs, men brotttöjningen minskar vilket gör att stålet kan betraktas som sprött.



Brottets karaktär beror på ett antal materialparametrar som yttre omständigheter. Som yttre omständigheter räknas belastningstyp som bestämmer spänningstillståndet och belastningshastigheten.

Vid dragprov har man en relativt låg töjningshastighet, < 100 MPa/sek vilket inte har någon större inverkan på resultatet. Vid högre hastigheter påverkas sträckgränsen i hög grad, vilken ökar, men brottgränsen är ungefär densamma. Andra faktorer är materialets tillverkning och efterbearbetning och förekomsten av sprickor. Parametrar anges i tabellverk normalt som karakteristisk hållfasthet och måste

räknas om till dimensionerande hållfasthet med hjälp av ett antal säkerhetsfaktorer som beror på användningsområde. Två provkroppar enligt figur 3 skall dras till brott.

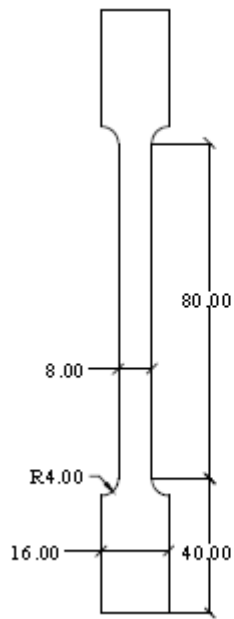
Källor och formler

Källa: Kompendium i Stålbyggnad V2 av Germund Johansson, Göteborg 1990

Kompendium i byggnadsmaterial, P-88:1 av Ralejs Tepfers, Göteborg 1988

Formelsamling i Hållfasthetslära, KTH, Stockholm 1990

Figur 3



$$s = E e \quad (1)$$

$$s = \frac{F(e)}{A(e)} \quad (2)$$

$$e = \frac{L - L_0}{L_0} \quad (3)$$

$$R_m = \frac{F}{A_B} \quad (4)$$

$$f_u = \frac{F_m}{A_0} \quad (5)$$

$$Z = \frac{A_0 - A_B}{A_0} \quad (6)$$

$$0.2\% = \frac{DL}{L} \quad (7)$$