

Nordiska Svetsmötet i Stockholm 3-5 september 2003

Stål – ett tidlöst material i ständig utveckling Jan-Olof Sperle, SSAB Tunnbrå AB

Järn och stål har under lång tid varit det utan jämförelse mest använda konstruktionsmaterialet. Sett i ett historiskt perspektiv har det ju dessutom fått en hel tidsålder, järnåldern, uppkallat efter sig - men det var först efter kriget som stålet volymmässigt börjar växa. Globalt har stålproduktionen trendmässigt ökat med 2-4 % per år under senaste 10 åren. En förskjutning av stålkonsumtionen har skett från Västeuropa till framför allt Asien, där t.ex. Kina ökade sin stålkonsumtion med hela 21 % från 2001 till 2002 och % 2002 till 2003.

Även om volymtillväxten i Västeuropa är måttlig sker en underliggande mixförändring mot allt mer förädlade produkter. Den klaraste trenden är den kraftiga tillväxten av höghållfasta stål med 8-15 % per år. En annan trend är att tunnare varmvalsad plåt ersätter kallvalsad plåt och att varmförzinkad plåt används i större utsträckning också med varmvalsad bandplåt som bas. Efterfrågan på elektrolytförzinkad plåt förväntas minska på områden där det kan ersättas med varmförzinkad plåt. Färgbelagd plåt bedöms fortsatt växa med 5-10 % per år med Östeuropa som största tillväxtmarknad.

De Nordiska stålföretagen har successivt skaffat sig starka nischpositioner och är idag världsledande exportföretag. SSAB har en tydlig fokusering på höghållfasta och kylda stål, produkter som idag utgör ca 40 % av SSABs leveranser räknat i volym. Specialiseringen gör att nordisk stålindustri blir alltmer teknik- och kunskapsintensiv och står väl rustade att möta marknadens krav och leverera ett ökat kundvärde.

Stålet som material

Det sägs ofta att framtidens material är aluminium, magnesium, plastkompositer, kolfiber, keramer mm. Stålet är dock svårslaget när det gäller kombinationen styrka, styvhet och ekonomi. Därför kommer stålet under lång tid att vara det material som utan jämförelse har störst ekonomisk betydelse. Det är ofta nyckeltalet prestanda/(vikt x kostnad) d.v.s. vad man är beredd att betala t.ex. för att minska vikt som avgör vilket material som väljs. Möjligheten att utnyttja tillverkningsindustrins infrastruktur och befintlig kunskap beträffande användning av olika material påverkar också valet.

Nya stålprodukter utvecklas hela tiden

Till skillnad mot vad många tror sker en betydande utveckling av nya stålprodukter. Man kan notera att ¼ av de stål som finns i dagens bilar inte fanns för 10 år sedan. Det handlar t.ex. om utveckling av starka stål med extra höga hållfastheter, 5-10 gånger starkare än konventionella stål, i kombination med bra formbarhet, svetsbarhet och slitstyrka. Det handlar också om nya höghållfasta rosttröga stål och stål med nya korrosionsskyddande metall- och färgbeläggningar.

Kallvalsad och förzinkad höghållfast tunnbrå finns idag med hållfastheter upp till 1400 MPa brottgräns. Det handlar då i huvudsak om DP-stål (DP = Dual-Phase) eller nyare typer av kontinuerligt glödgade martensitiska stål. Det är tvåfasstrukturen, bestående av avvägda mängder ferrit och martensit, som gör DP-stålen både starka och formbara samtidigt.

En viktig faktor i produktutvecklingen är integrationen av stål- och processutveckling. Avancerad processtyrning av valsnings- och kylningsförlopp ger de moderna höghållfasta stålen höga prestanda och jämna egenskaper.

Inom området kyllda stål har under senare år slitstålet HARDOX 600 utvecklats. Detta stål har en livslängd som är upp till 8 gånger längre än ett ordinärt stål. Konstruktionsstålet WELDOX 1100 har lanserats för användning i de mest belastade delarna av en konstruktion. Stålet möjliggör viktreduktioner på upp till 75 %. Baserat på djup kunskap om kyllda stål har också ett nytt verktygsstål, TOOLOX, utvecklats. Det har betydligt bättre bearbetningsegenskaper än konventionella verktygsmaterial.

ULSAB-projektet katalysator för tillväxt av modern höghållfast tunnplåt

Drivkrafterna för den starka tillväxten av höghållfasta stål och slitstål är att dessa stål ger stora möjligheter till minskad vikt, ökade prestanda och nyttiglast i fordon. De ger också ökad säkerhet och livslängd samt minskad miljöbelastning, ofta till förbättrad totalekonomi.

Eftersom fordonssegmentet är mycket viktigt för stålindustrin både när det gäller tekniskt utveckling och affärer startade 1994 världens ledande stålföretag ett antal projekt inom ramen för ULSAB (Ultra Light Steel Autobody). I mars 1998 presenterades prototypkarosser som kunde göras 25 % lättare utan att göra avkall på prestanda, säkerhet eller ekonomi. En framgångsfaktor i utvecklingsarbetet var att kombinera höghållfasta stål med ny tillverkningsteknik, som skraddarsydda ämnen, hydroformning av rör och lasersvetsning.

1999 startade ULSAB-konsortiet projektet ULSAB-AVC med målet att visa stålets fördelar i ett helt bilkoncept. De tekniska målen var satta så att de skärpta miljö- och säkerhetskrav som förväntas gälla 2004 skulle klaras samtidigt med låg vikt, låg bränsleförbrukning och god ekonomi.

Det handlar då bl.a. om att klara krockprov i högre hastigheter än idag och en ökning av energiupptagningsförmågan med ca 30 %. I projektet klarades detta och en ytterligare viktsreduktion på 20 %. Ett exempel på hur detta kan nås är att använda avancerade höghållfasta stål i de främre sidobalkarna och utforma dessa med sexkantigt tvärsnitt för maximal energiupptagning. Detta är ett bra exempel på att de största fördelarna med avancerade höghållfasta stål nås när konstruktions- och tillverkningsteknik anpassas till det aktuella stålets hållfasthet.

Graden av utvecklingssamarbete avgör

Parallellt med utvecklingen av material med allt bättre prestanda sker också en kraftig applikationsutveckling. Med det menar vi inte bara att utveckla nya användningsområden utan också metoder och kunskaper inom t.ex. formning, fogning, konstruktionsteknik, simulering m.m. så att de moderna höghållfasta stålen kan utnyttjas på ett optimalt sätt. Att anpassa konstruktions- och tillverkningsteknik till de höghållfasta stålen är av avgörande betydelse för att lyckas.

En nära samverkan mellan människor med konstruktions-, produktions- och materialkompetens är då en avgörande framgångsfaktor. Det gäller också att inse de möjligheter till enklare tillverkning som kan nås när moderna olegerade stål kan ersätta legerade stål och därmed förenkla och förbilliga tillverkningsprocessen.

För att ge bra förutsättningar för ett utvecklingssamarbete med kunder har SSAB sedan länge utvecklat olika stöd i form av handböcker och beräkningsprogram. Handböckerna "Konstruera med EHS och AR", "Plåthandboken" och "Formningshandboken" är välkända vid det här laget. I höst utökar SSAB Tunnplåt familjen med "Fogningshandboken". Erfarenheterna från praktiska slitagetillämpningar har samlats i en speciell slitagehandbok för HARDOX och i programmet WearCalcTM.

Hur skall vi göra för att lyckas?

Det handlar bl. a. om att anpassa konstruktionen för att hantera frågor kring styvhet, buckling, lastinföringar och utmattning i svetsförband. Viktigt är då att skapa en konstruktion med så rakt och ostört kraftflöde som möjligt och att sträva efter skivverkan istället plattverkan speciellt vid lastinföringar. För att anpassa konstruktionen till de högre arbetsspänningar som fås i höghållfasta stål kan den kritiska bucklingsspänningen behöva ökas t.ex. genom att införa extra förstärkningsveck i större plåtfält. I utmattningsbelastade svetsade konstruktioner är det viktigt att undvika lokala störningar i kraftflödet och undvika spänningskoncentrationer. Förbättring av lokal svetsgeometri kan då ske genom slipning eller TIG-behandling av "svetstån".

Det kan också bli aktuellt att anpassa konstruktionen ur formningssynpunkt och kompensera verktygen för ökad återfjädring. Moderna verktyg för formningssimulering ger då god hjälp.

Att svetsa höghållfasta stål skiljer normalt inte från svetsning av ordinära stål. Vid svetsning av stålen med de högsta hållfastheterna ($Re > 850-900$ MPa) kan "svetsfönstret" bli något mindre viket kräver större kontroll av svetsparametrarna. De frågeställningar som i första hand kan bli aktuella är:

- Risken för kallsprickor (vätesprickor)
- Förhöjd arbetstemperatur
- Tillsatsmaterialens hållfasthetsmatchning
- Sträckenerginivå
- Mjuka zoner
- Partiellt fogytebrott i punktsvetsar

Förhöjd arbetstemperatur, till mellan 100-150 grader beroende på tjocklek, rekommenderas för tillsatsmaterial med sträckgränser över 900 MPa i grövre tjocklekar. Förutom för vissa högt belastade stumsvetsar rekommenderas undermatchade svetsgods. Det betyder lättillgängligare tillsatsmaterial och kostnadseffektivare svetsning, mindre behov av förhöjd arbetstemperatur, ökad seghet i svetsgodset samt reducerad egenspanningsnivå och därmed mindre risk för vätesprickor. För HARDOX rekommenderas alltid undermatchande svetsgods med sträckgräns under 500 MPa för att reducera egenspanningsnivån.

Det är viktigt att balansera sträckenerginivån för att få optimala svetsförband. Riskmatrisen kan exemplifieras som nedan:

Sträckenergi	Plåttjocklek	Felrisk
För låg	Liten	Bindfel
För låg	Stor	Vätesprickor
För hög	Liten	Mjuka zoner
För hög	Stor	Dålig seghet

Risken för partiella fogytebrott vid punktsvetsning kan öka om tunnplåt med brottgränser över 1000 MPa svetsas mot plåt med samma eller högre hållfasthet. Ökad elektrodkraft och längre svetsstider minskar då risken.

Följ alltid ståltillverkarnas rekommendationer när det gäller svetsdata!

Exempel på framgångsrikt utvecklingssamarbete

Många intressanta applikationer finns där moderna höghållfasta stål givet fördelar och olika företag ökad konkurrenskraft. Några av de exempel som redovisas nedan är finalbidrag till Swedish Steel Prize, en pristävling där innovativa konstruktions- och tillverkningslösningar i höghållfasta stål premieras.

Bromma Conquip AB har t.ex. utvecklat hamnbaserade lyftok för containers. Användning av extra höghållfasta stål har varit av avgörande betydelse för att göra företaget till en världsledande tillverkare. Viktsminskningar på upp till 40 % har nåtts.

ExTe Fabriks AB tillverkar sidostolpar till järnvägsvagnar där konstruktion och tillverkningsteknik anpassats det ultrahöghållfasta stålets speciella egenskaper. I det här fallet används 1,5 mm tjockt ultra höghållfast stål med 1400 MPa brottgräns. Stolpar i 1,5 mm stålplåt alltså håller ett helt timmerlass på plats!

En ny och annorlunda rörprodukt för off-shore och petrokemisk industri har utvecklats av Ameron International. Det är ett tunnväggigt gastätt glasfiberförstärkt epoxirör ”armerat” med band (100 x 0,5 mm) i ultra höghållfasta stålband, Docol 1400. Detta ger 70 % lättare rör med tio gånger längre livslängd än konventionella rör.

Volvo Articulated Haulers har på ett kreativt sätt utnyttjat kallformningsstålens kombination av hög hållfasthet, formbarhet och jämnhet i egenskaper i en ny dumperhytt. Tillsammans med en högproduktiv svetsmetod (robotsvetsning med ”Twin-arc”) har man skapat en rationell tillverkningsprocess samtidigt som hytten klarar högt ställda säkerhetskrav. Laserskurna kallformade detaljer används istället för rör. Man har gått ifrån en ramkonstruktion till en självbärande kaross.

Jindo Corporation, världens ledande tillverkare av containrar, har i samarbete med SSAB Tunnbräns utvecklat en 54-fots container, för inrikes landtransporter i Nordamerika, i de rosttröga extra och ultra höghållfasta stålen Domex 700 W och Docol 700 W. Vikten har sänkts till samma nivå som för motsvarande containrar i aluminium samtidigt som produktionskostnaderna sänkts med 40 % och underhållskostnaderna med 70 %.

Finnveden AB och Volvo CC har konstruerat en lätt och stark ram till mellansätet i Volvo XC 90. Genom att använda ultra höghållfast Docol 1200 i kombination med härdat borstål och Docol 600 DP i krockboxarna har målvikten på 20 kg kunnat underskidas med 20 % samtidigt som de tuffa lastkraven på 60 kN klaras. Ramen automatsvetsas i en specialbyggd fixtur.

Ett exempel på hur kallvalsat ultra höghållfast plåt Docol 1400 kan användas som fjädermaterial har det Kanadensiska företaget Schuckra visat i ett svankstöd till stolar. En radikal omkonstruktion och pressning av svankstödet i ett stycke ökade produktiviteten 20 gånger och förbilligade produkten avsevärt.

Utvecklingen av de ultra höghållfasta stålen WELDOX 900 och WELDOX 1100 och utvecklingssamarbete tillsammans med den tyska krantillverkaren Liebherr har inneburit en enorm utveckling av lastkapaciteten för mobilkranar som ökat med en faktor 10 de senaste 25 åren. Det är intressant att notera den utveckling som skett när det gäller anpassning av tvärsnittssektionen hos kranarmen, för att möjliggöra fullt utnyttjande av de ultra höghållfasta stålen utan att sektionen bucklar.

En lite speciellt exempel är användning av ultra höghållfast stål till temporära broar som t.ex. används i katastoflägen. Användning av WELDOX 1100 ger här lätta konstruktioner med samma vikt/lastkapacitet relation som aluminium. En intressant del är lanserbalken till bron också den tillverkad i WELDOX 1100 med speciellt utformat tvärsnitt. Stålets höga styrka och elasticitetsmodul kommer här verkligen till sin rätt.

Användning av HARDOX 450, som har en sträckgräns på 1400 MPa kombinerad med god seghet och böckbarhet, möjliggör tillverkning av lätta och slitstarka dumperflak. Genom att arbeta med förstyvande böckning i utformning av konstruktionen kan den lastbärande funktionen och slitstyrkefunktionen integreras och en betydande viktsminskning nås.

Sammanfattning

- Svensk stålindustri har ledande nischpositioner
- Stålet utvecklas kontinuerligt
- Extra höghållfasta och ultra höghållfasta stål öppnar helt nya möjligheter
- Anpassa konstruktions- och tillverkningsteknik till de höghållfasta stålen
- Stålindustrin går från Jernverk till Hjärnverk
- Utvecklingssamarbete med kunder är en viktig framgångsfaktor