

# Innehåll

Förord .....	5
Sammanfattning .....	6
Summary .....	6
<b>1 Att välja stålsort .....</b>	<b>7</b>
1.1 Allmänt .....	7
1.2 Stålsorter .....	7
1.3 Nya Europastandarder .....	9
1.4 Svetsbarhet och andra tillverkningssegenskaper .....	12
1.5 Varmformning .....	12
1.6 Val av stålsort .....	13
<b>2 Hybridbalkar .....</b>	<b>15</b>
2.1 Allmänt .....	15
2.2 Beräkningsmodell .....	16
2.3 Beteckningar .....	17
2.4 Gränsvärden för tvärsnittsdelars slankhet .....	18
2.5 Dimensionering i brottgränstillstånd .....	18
2.51 Böjmomentkapacitet .....	18
2.52 Approximativ formel .....	24
2.53 Tvärkraftskapacitet .....	24
2.54 Tvärkraft och böjande moment - interaktionsformler .....	25
2.55 Utmattning .....	25
2.6 Dimensionering i bruksgränstillstånd .....	25
2.61 Beräkning av deformationer .....	25
<b>3 Reduktionsfaktor för böjknäckning .....</b>	<b>27</b>
3.1 Allmänt .....	27
3.2 Beräkningsmetod .....	27
3.3 Konsekvensanalys .....	35
3.3.1 Jämförelse av bärförmågan .....	35
3.3.2 Jämförelse av vikten .....	37
3.3.3 Kostnadsjämförelse .....	39
3.4 Övrigt .....	40

<b>4</b>	<b>Fackverk av höghållfast kallformningsstål .....</b>	<b>41</b>
4.1	Tillverkning.....	41
4.2	Bärförmåga.....	42
4.3	Viktjämförelse.....	43
<b>5</b>	<b>Övriga konstruktionselement.....</b>	<b>45</b>
5.1	Master.....	45
5.2	Cisterner.....	47
5.3	Rörliga broar.....	48
5.4	Takbalkar.....	50
5.5	Hängare, dragstag.....	50
5.6	Pålar.....	51
5.7	Fackverkstakstolar.....	55
5.8	Fackverksbroar.....	56
	Litteratur .....	57

## Bilaga

### Övningsexempel

1	Momentkapacitet för I-tvärsnitt i klass 1.....	59
2	Momentkapacitet för I-tvärsnitt i klass 2.....	60
3	Momentkapacitet för I-tvärsnitt i klass 3.....	63
4	Tvärkraftskapacitet för I-tvärsnitt i klass 1, 2 och 3 .....	66
5	Tvärkraft och böjande moment, bärförmåga för I-tvärsnitt i klass 1, 2 och 3.....	67
6	Bärförmåga vid böjande moment för hattbalk, positivt moment.....	69
7	Bärförmåga vid böjande moment för hattbalk, negativt moment.....	73
8	Tvärkraftskapacitet för hattbalk.....	77

# Förord

Denna publikation behandlar höghållfasta stålsorter för användning i byggnadskonstruktioner.

Följande personer är författare till respektive del av publikationen:

- avsnitt 1: tekn lic Johan Hedin, SSAB Oxelösund AB
- avsnitt 2–4 samt bilaga: civ ing Elisabeth Ahlenius, Stålbyggnadsinstitutet
- avsnitt 5: tekn dr Peter Collin, Stålbyggnadsinstitutet

Professor Bernt Johansson har varit vetenskapligt ansvarig för projektet.

Värdefulla synpunkter på publikationens innehåll har lämnats av en stödkommitte bestående av:

- professor Torsten Höglund, KTH
- professor Bernt Johansson, LuTH
- tekn dr Anders Samuelsson, SSAB Oxelösund AB

SSAB Oxelösund AB har bidragit ekonomiskt till publikationens utarbetande.

# Sammanfattning

Denna publikation beskriver höghållfasta stålsorter och deras användning i byggnadskonstruktioner. Med höghållfast stål menas här stål med sträckgränser mellan 420 och 690 MPa.

Avsnitt 1 behandlar de senaste årens materialutveckling. Den har resulterat i många nya stålsorter vilket öppnar möjligheter för tillverkning av nya produkter och därmed också nya användningsområden. Samtidigt med detta genomförs ett mycket omfattande internationellt standardiseringsarbete vilket resulterar i bl a ändrade beteckningar på stål. I avsnitt 1 ges vägledning för dessa nya standarder.

Avsnitt 2 innehåller beskrivning av en beräkningsmodell för dimensionering av hybrida stålbjälkar, dvs bjälkar där flänsar och liv har olika hållfastheter. Beräkningsmodellen omfattar dimensionering i brott- och bruksgränstillstånd.

Avsnitt 3 innehåller förslag till en ny dimensioneringsmetod för att bestämma tryckkraftskapaciteten hos pelare av höghållfast stål. Metoden tar bättre hänsyn till stålets sträckgräns vid beräkning av bärförmågan för böjknäckning.

I avsnitt 4 redovisas viktbesparingar på fackverk av höghållfast stål som exempel på ett möjligt nytt användningsområde.

I avsnitt 5 redovisas exempel på övriga konstruktionselement där det kan vara fördelaktigt att använda stål med hög hållfasthet.

Bilaga innehåller exempel på dimensionering av hybridbjälkar.

## Summary

This publication describes the high strength steels and their use in the buildings structures.

Chapter 1 gives a description of methods of production and new European Standards.

Chapter 2 describes design methods for hybrid girders in the ultimate limit states and serviceability limit states.

Chapter 3 contains a draft of a new design method for buckling resistance of members.

Chapter 4 describes the possibility of reducing the weight of the a truss girder in high strength steel.

Chapter 5 describes other structures where high strength steels can be used advantageous.

Appendix contains worked examples illustrating calculation of the design moment resistance and shear buckling resistance of hybrid girders.

# 1 Att välja stålsort

## 1.1 Allmänt

Genom att utnyttja material med högre hållfasthet kan man minska kostnader för material, tillverkning, transporter, montage m m. Högre hållfasthet kan t ex utnyttjas för att välja tunnare materialtjocklekar vilket i sin tur leder till ett väsentligt mindre antal svetssträngar per fog.

Det är inte svårt att tillverka stål med hög hållfasthet. Däremot krävs förfinad teknologi för att göra höghållfasta konstruktionsstål svetsbara och bockbara. Genom de senaste 20 årens stålutveckling har vi idag tillgång till höghållfasta stål med mycket goda bearbetningsegenskaper. På marknaden finns idag höghållfasta, låglegerade och rena stål med mycket goda svetsnings-, bocknings- och övriga bearbetningsegenskaper. I detta avsnitt ges en orientering om höghållfasta stål. För vidare information hänvisas till ståltillverkarna och deras informationsmaterial.

## 1.2 Stålsorter

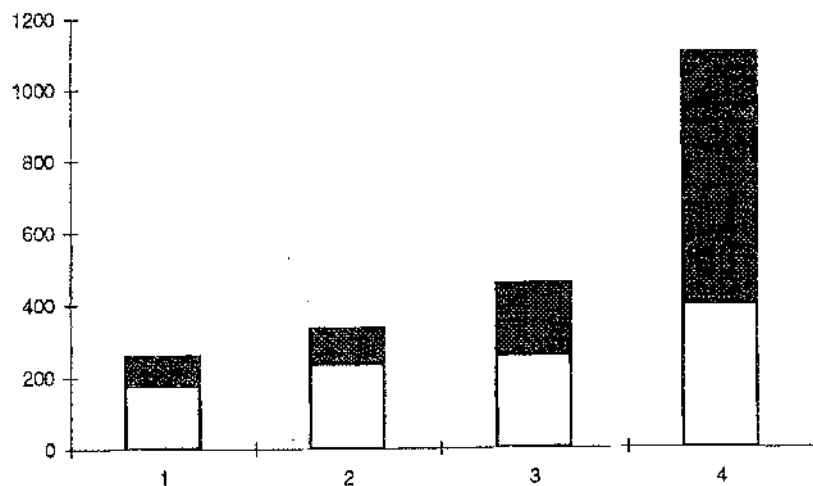
Ett ståls egenskaper bestäms av dess kemiska sammansättning, metallografiska uppbyggnad, tillverkningsätt samt termisk och mekanisk behandling.

Bland de höghållfasta konstruktionsstålen var de seghärdade konstruktionsstålen först att utvecklas. Seghärddade ståls egenskaper erhålls i huvudsak genom uppvärmning till 900°C och en kraftig avkylning till rumstemperatur, dvs stålen får en martensitisk hårdstruktur. Maximal sträckgräns är därmed fastlagd. Därefter anlöps plåten, dvs värms upp till 400–600°C och får svalna i lufttemperatur. Anlöpningen medför att segheten ökar då en mycket finkornig struktur erhålls. Samtidigt sjunker sträckgränsen till en förutbestämd nivå.

Seghärddade plåtar är egentligen inget nytt. Pansarplåt har framställts på detta sätt sedan årtionden tillbaka. Äldre seghärddade stål hade höga kol- och legeringshalter och var mycket svåra att svetsa. Det var först i början på femtiotalet som det första svetsbara seghärddade konstruktionsstålet lanserades, det s k T1-stålet.

Nya forskningsresultat visade att ytterst små mängder bor (B) ökade hårdbarheten avsevärt. Man kunde därför sänka kol- och legeringshalterna och med hjälp av legeringar med bor tillverka stål med betydligt bättre svetsbarhet.

I mitten av sextiotalet kom det stora genombrottet då en kontinuerlig hårdprocess utvecklades, s k rullhårdverk. Dessa har produktionstekniska fördelar gentemot tidigare använda statiska hårdverk.



1 - kolstål  
2 - kolmanganstål  
3 - mikrolegerade stål  
4 - seghärdade stål

Figur 1.1. Ungefärliga sträckgränser i MPa för olika typer av svetsbara konstruktionsstål.

Seghärdade konstruktionsstål utvecklades först i sträckgränsintervallet 500–700 MPa. Idag tillverkas seghärdade konstruktionsstål med sträckgräns upp till 1100 MPa.

I intervallet mellan de klassiska svetsbara finkornsstålen med sträckgräns upp mot 355 MPa och de seghärdade stålen fanns länge inga bra alternativ. De seghärdade stålen var för dyra samtidigt som man inte genom ett ökat legeringsinnehåll kunde höja hållfastheten för de konventionella stålen. Svetsbarheten blev då för dålig. Under 1980-talet investerade svensk stålindustri i anläggningar för termomekaniskt valsad grovplåt. Teknisk valsning är en valsningsprocess där den slutliga deformationen utförs inom ett bestämt temperaturområde vilket medför ett materialtillstånd med vissa egenskaper som inte kan uppnås eller återskapas med enbart värmebehandling. Dessa anläggningar ger möjlighet att tillverka grovplåt i sträckgränsintervallet 355–500 MPa, till konkurrenskraftigt pris och med mycket goda svets- och andra bearbetningsegenskaper.

Egenskaperna hos termomekaniskt valsade konstruktionsstål erhålls dels genom en mager analys, dvs låga halter av legeringselement, vilket ger en mycket god svetsbarhet och dels genom valsning. Valsningen är i detta fall nyckeln till att andelen legeringselement kan hållas nere. Genom en styrd valsning i vissa temperaturintervall erhålls önskad hållfasthet och en mycket god seghet.

För högre sträckgränser och tjockare plåt kan man efter slutvalsning behöva kyla plåten för att nå rätt sträckgräns, s k accelererad kylning. Kylningen ändrar strukturen i materialet men det härdar ej, dvs termomekaniskt valsat stål är ej besläktat med seghärdat stål