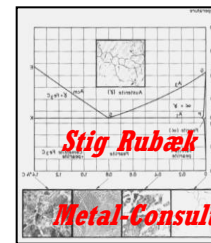


FMV – Vindmølle – Komponenter



SCRE – Testcenter / Østerild

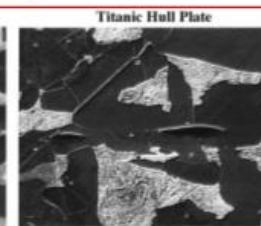
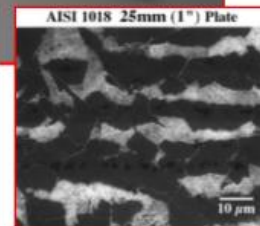
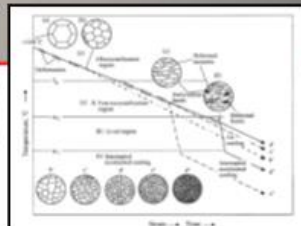
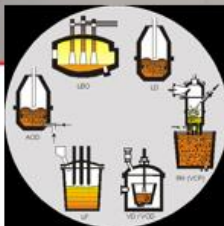
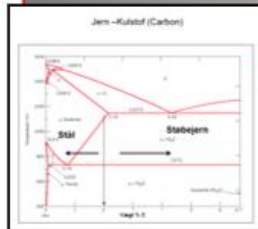
31. Maj 2023

Højstyrkestål som Konstruktionsmateriale

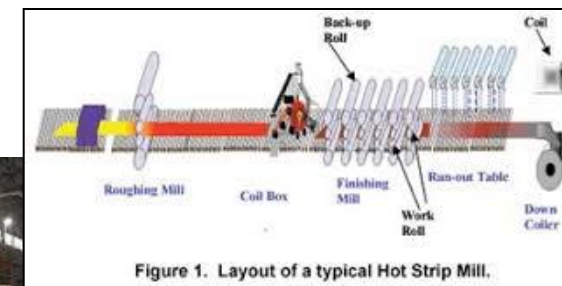
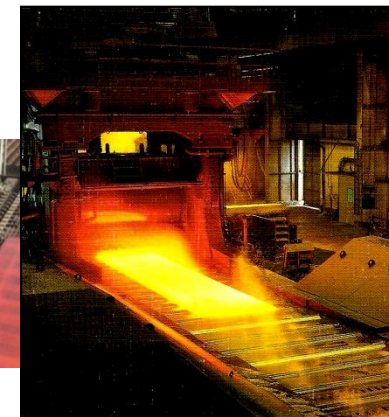
Mikrostruktur => Egenskaber



"Digitalisering"



Kvarto-valseværk - Grovplader -



Bredbånd-Valseværk - Tyndplader -



(S1100Q/S1300Q)

S960QL

S690QL

S460M/ML

S355N/NL

S235JR+AR

Konstruktionstål :

Stålplade / Coils
leveret fra værk med
"indbyggede" egenskaber
og som direkte kan indgå i
et produkt uden nogen
form for efterbehandling
som fx en varmebehandling

FMV – Vindmølle – Komponenter

SGRE testcenter / Østerild

Onsdag den 31. Maj 2023

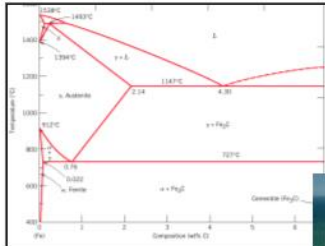
Mit først "møde" med HT-stål (St 52-3 j.f. DIN 17100) i 1973



Burmeister & Wain
Skibsværft

Kockumskranen, 146 meter høj bockkran (portalkran) for fartysbyggen, opført åren 1973–1974 i Malmø. Den var fram till 2002 ett landmärke på Kockums dåvarande varvsområde och i Malmø.

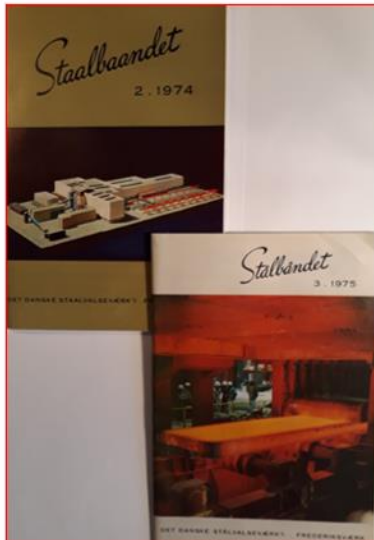
Kranen är världens största bockkran. Den har en lyftkapacitet på 1 500 ton och ett lyft på 1 560 ton, och en hel förskeppsektion, gjordes som provbelastning av kranen. Spårvidden är 175 meter och spårlängden var i Malmø 710 meter.



1969 – 1974:
DTH/DTU



1986– 2020.
Standarder (DS/CEN)
-Udvikling
-Oversættelse
-Konsulent



1974 - 1989 :
Det Danske Stålvalseværk
(DDS)



1989 - 2007 (08) :
IHK- Ballerup

2006 – 2016 :
SDU -Odense

(2001) - 2007- 2022 ? :
Metal- Consult

DS/EN ISO 4885:2017



Højstyrkestål ?

(S1100Q/S1300Q)

S960Q/QL

S690QL

S460M/ML

S355N/NL

S235JR+AR

UHS (Ultra High Strength Steel)

Yield Stress (N/mm² / MPa)

1000 – 1300 ++

EHS (Extra High Strength Steel)

Yield Stress (N/mm² / MPa)

600 - 960

HS (High Strength)

Yield Stress (N/mm² / MPa)

300 - 500

MS (Mild Steel)

Yield Stress (N/mm² / MPa)

200 - 300

DMS – Dansk Metallurgisk Selskab 1977

www.d-m-s.dk



Skibsstål;
før, nu og i fremtiden

af

Steen D. Jensen
&
Zibrandt Greisen

Dansk Metallurgisk Selskab
Vintermødet 1997

	Slagprøve v. +20 °C	Slagprøve v. 0 °C	Slagprøve v. -20 °C	Slagprøve v. -40 °C	Slagprøve v. -60 °C	Charpy- verdi (J)
Normalstyrkestål $R_{el} > 235 \text{ N/mm}^2$	A	B	D	E		27
Højstyrkestål 32-stål $R_{el} > 315 \text{ N/mm}^2$		A32	D32	E32	F32	31
Højstyrkestål 36-stål $R_{el} > 355 \text{ N/mm}^2$		A36	D36	E36	F36	34
Højstyrkestål 40-stål $R_{el} > 390 \text{ N/mm}^2$		A40	D40	E40	F40	41

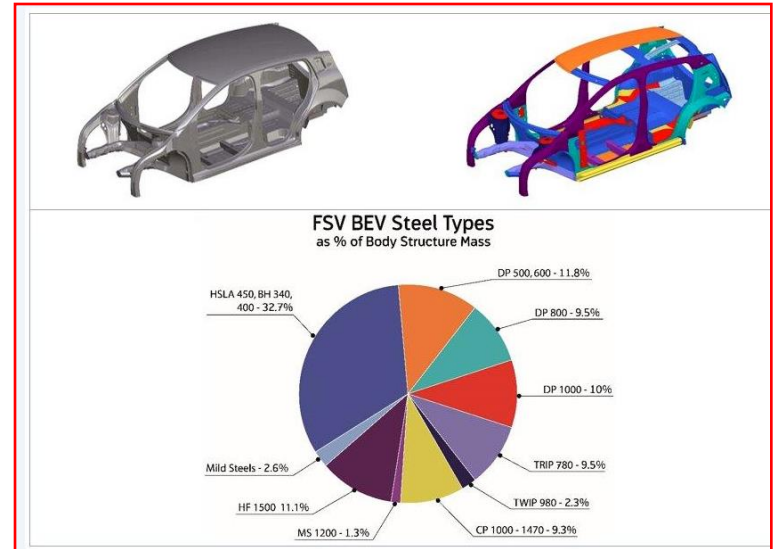
340 -
690 MPa

Nogle enkelte klassifikationsselskaber opererer også med begrebet "ekstra højstyrkestål", dette indbefatter stål med flydespændingskrav fra 420 N/mm^2 op til 690 N/mm^2 , hvor de stærkeste kun må leveres i hærdet og anløbet stand. Højstyrkestålene er såkaldte HSLA-stål, (high-strength-low-alloy steel). Disses flydespænding er baseret på en udskillelleshærdning fra niobium, vanadin og titan. Graderingen af skibsstålene efter sejhed stammer, som beskrevet, fra de alvorlige havarier, der opstod i de tidlige helsvejste konstruktioner, der var baseret på stål, der havde fungeret godt til nittede konstruktioner. De undersøgelser, der blev sat igang, har

Højstyrkestål: Specifikt til Automobilindustrien



1989-nu



AHSS (Advanced High Strength Steel)

Yield Stress (N/mm² / MPa)

> 550 - ?????

MS (Mild Steel)

Yield Strength (N/mm² / MPa)

200 - 300

HS (High Strength)

Yield Strength (N/mm² / MP)

300- 500

AHSS familien indkludere **Dual Phase (DP)**, **Complex-Phase (CP)**, **Ferritic-Bainitic (FB)**, **Martensitic (MS)**, **Transformation-Induced Plasticity (TRIP)**, **Hot-Formed (HF)**, og **Twinning-Induced Plasticity (TWIP)** + ?????

UHS (Ultra High Strength Steel)

Tensile Strength (N/mm² /MPa)

> 780

GigaPascal Steel

Tensile Strength (N/mm² / MPa)

> 1000 - ??

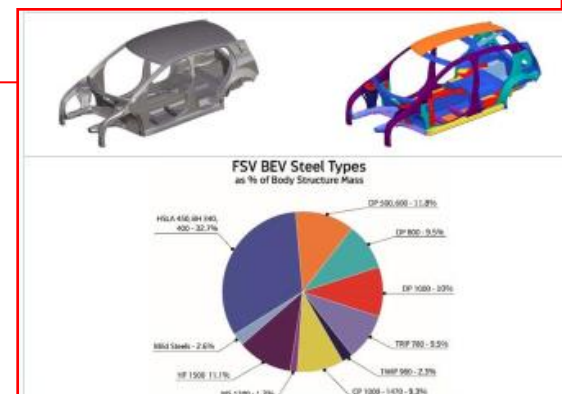
Standarder i "Højstyrkestål som Konstruktionsmateriale" :

Kvarto-plader / Coils :

- DS/EN 10025 -3 : *(ovn)Normaliserede & Normaliserede valset* svejselige finkornskonstruktionsstål (N)
- DS/EN 10025 -4 : *Termomekanisk valsede* svejselige finkornskonstruktionsstål (M/TM/ TMCP)
- DS/EN 10025 -6 : *Flade produkter af højstyrkestål i sejhærdet tilstand*
- DS/EN 10149 - 2 : (Termomekanisk)*Varmvalsede flade produkter af højstyrkestål til koldformning*

Varm- og Koldvalsede Coils :

- DS/EN 10338 : *Varm- og koldvalsede ikke-belagte produkter af flerfasestål (multiphase steels) til koldformning*





Dansk standard

DS/EN 10025-3:2019

2019-09-05

Varmvalsede produkter af konstruktionsstål – Del 3: Tekniske leveringsbetingelser for (ovn)normaliserede/valsede normaliserede svejselige finkornskonstruktionsstål

Hot rolled products of structural steels – Part 3: Technical
delivery conditions for normalized/normalized
rolled weldable fine grain structural steels

Tabel 4 — Mekaniske egenskaber – Trækprøvningsegenskaber ved rumtemperatur

Betegnelse		Mindste flydespænding R_{eH} ^a								Trækstyrke R_m ^a			Mindste brudforlængelse i % ^a					
		MPa								MPa			%					
		Nominel tykkelse								Nominel tykkelse			$L_0 = 5,65 \sqrt{S_0}$					
		mm								mm			Nominel tykkelse					
Stålnavn	Stålnum- mer	≤ 16	>16	>40	> 63	> 80	> 100	> 150	> 200	≤ 100	> 100	> 200	≤ 16	>16	>40	> 63	> 80	> 200
		≤ 40	≤ 63	≤ 80	≤ 100	≤ 150	≤ 200	≤ 250	≤ 200	≤ 250	≤ 40	≤ 63	≤ 80	≤ 200	≤ 250			
S275N	1.0490	275	265	255	245	235	225	215	205	370 til 510	350 til 480	350 til 480	24	24	24	23	23	23
S275NL	1.0491																	
S355N	1.0545	355	345	335	325	315	295	285	275	470 til 630	450 til 600	450 til 600	22	22	22	21	21	21
S355NL	1.0546																	
S420N	1.8902	420	400	390	370	360	340	330	320	520 til 680	500 til 650	500 til 650	19	19	19	18	18	18
S420NL	1.8912																	
S460N	1.8901	460	440	430	410	400	380	370	370	540 til 720	530 til 710	510 til 690	17	17	17	17	17	16
S460NL	1.8903																	

^a For plader, bånd og bredfladstål med bredder ≥ 600 mm er retningen på tværs (t) af valseretningen. For alle andre produkter er værdierne for retningen parallelt (l) med valseretningen.

Tabel 1 — Chargeanalysens kemiske sammensætning

Betegnelse		C %	Si %	Mn %	P %	S %	Nb %	V %	Altotal- %	Ti %	Cr %	Ni %	Mo %	Cu %	N %
		maks.	maks.		maks. a	maks. a b	maks.	maks.	min. c	maks.	maks.	maks.	maks.	maks.	maks.
Stålnavn	Stålnummer														
S275N	1.0490	0,18	0,40	0,50 til 1,50	0,030	0,025	0,05	0,05	0,02	0,05	0,30	0,30	0,10	0,55	0,015
S275NL	1.0491	0,16			0,025	0,020									
S355N	1.0545	0,20	0,50	0,90 til 1,65	0,030	0,025	0,05	0,12	0,02	0,05	0,30	0,50	0,10	0,55	0,015
S355NL	1.0546	0,18			0,025	0,020									
S420N	1.8902	0,20	0,60	1,00 til 1,70	0,030	0,025	0,05	0,20	0,02	0,05	0,30				
S420NL	1.8912				0,025	0,020									
S460N ^d	1.8901 ^d	0,20	0,60	1,00 til 1,70	0,030	0,025	0,05	0,20	0,02	0,05	0,30				
S460NL ^d	1.8903 ^d				0,025	0,020									

^a For lange produkter kan P- og S-indholdet være 0,005 % højere.

^b For nogle anvendelser, fx for jernbaner, kan et maksimalt S-indhold på 0,010 % aftales ved indgåelse af købsaftalen, se [option 32](#), [pkt. 1](#).

^c Hvis indholdet af andre nitrogenbindende elementer er tilstrækkeligt, gælder minimumindholdet af totalt aluminium ikke.

^d $V + Nb + Ti \leq 0,22$ % og $Mo + Cr \leq 0,30$ %.

Tabel 3 — Maksimalt CEV baseret på chargeanalysen

Betegnelse		Maks. CEV i % for nominel produkttykkelse i mm		
Stålnavn	Stålnummer	≤ 63	> 63 ≤ 100	> 100 ≤ 250
S275N ^a	1.0490 ^a	0,40	0,40	0,42
S275NL ^a	1.0491 ^a			
S355N ^a	1.0545 ^a	0,43	0,45	0,45
S355NL ^a	1.0546 ^a			
S420N	1.8902	0,48	0,50	0,52
S420NL	1.8912			
S460N	1.8901	0,53	0,54	0,55
S460NL	1.8903			

^a Maks. CEV øges for [option 5](#) ([pkt. 13](#)), se [7.2.4](#).

DS/EN 10025-3:2019
EN 10025-3:2019(DA)

© Danish Standards Foundation

Tabel 5 — Mekaniske egenskaber – Slagsejhedsenergi KV₂ på langsgående prøveemner ^a

Betegnelse		Minimumværdier for slagsejhed KV ₂ i J ved prøvningstemperaturer, i °C						
Stålnavn	Stålnummer	+20	0	-10	-20	-30	-40	-50
S275N	1.0490	55	47	43	40 ^b	–	–	–
S355N	1.0545							
S420N	1.8902							
S460N	1.8901							
S275NL	1.0491	63	55	51	47	40	31	27
S355NL	1.0546							
S420NL	1.8912							
S460NL	1.8903							

Ved mindre prøveestykker skal minimumværdierne reduceres med en værdi, der er direkte proportional med reduktionen af prøveemnets tværsnitsareal.

^a Undtagelser som følge af begrænsninger i produktstørrelsen, [9.2.3.3](#).

^b Denne værdi svarer til 27 J ved -30 °C (se [EN 1993-1-10](#)).

Tabel 6 — Mekaniske egenskaber – Slagsejhedsenergi KV₂ på langsgående prøveemner ^a
(se [option 30](#))

Betegnelse		Minimumværdier for slagsejhed KV ₂ i J ved prøvningstemperaturer, i °C						
Stålnavn	Stålnummer	+20	0	-10	-20	-30	-40	-50
S275N	1.0490	31	27	24	20	–	–	–
S355N	1.0545							
S420N	1.8902							
S460N	1.8901							
S275NL	1.0491	40	34	30	27	23	20	16
S355NL	1.0546							
S420NL	1.8912							
S460NL	1.8903							

Ved mindre prøveestykker skal minimumværdierne reduceres med en værdi, der er direkte proportional med reduktionen af prøveemnets tværsnitsareal.

^a Undtagelser som følge af begrænsninger i produktstørrelsen, se [9.2.3.3](#).

WWII: Liberty skibene

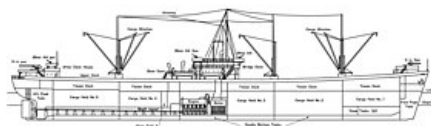
Helsvejst konstruktion

Class overview

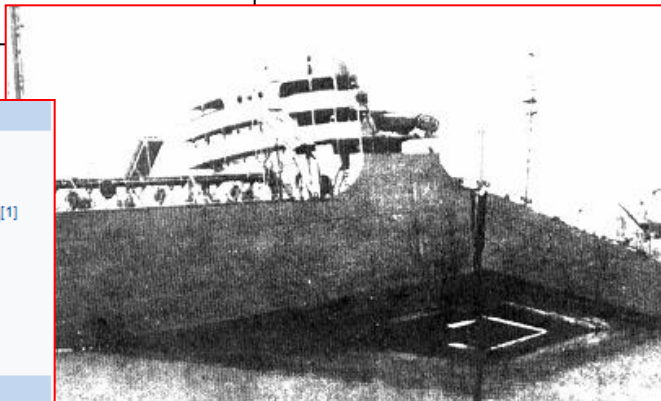
Name	Liberty ship
Builders	18 shipyards in the United States
Cost	US\$2 million (\$37 million in 2021) ^[1]
Planned	2,751
Completed	2,710
Active	2 (Traveling museum ships)
Preserved	4

General characteristics

Class and type	Cargo ship
Displacement	14,245 long tons (14,474 t) ^[2]
Length	441 ft 6 in (134.57 m)
Beam	56 ft 10.75 in (17.3 m)
Draft	27 ft 9.25 in (8.5 m)
Propulsion	Two oil-fired boilers triple-expansion steam engine single screw, 2,500 hp (1,900 kW)
Speed	11–11.5 knots (20.4–21.3 km/h; 12.7–13.2 mph)
Range	20,000 nmi (37,000 km; 23,000 mi)
Capacity	10,856 t (10,685 long tons) deadweight (DWT) ^[2]
Complement	38–62 USMM 21–40 USNAG ^[3]
Armament	Stern-mounted 4-in (102 mm) deck gun for use against surfaced submarines, variety of anti-aircraft guns



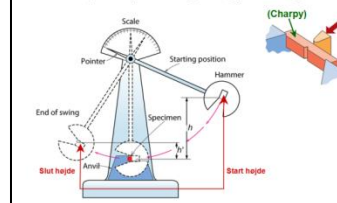
Profile plan of a Liberty ship



SS John W. Brown on the Great Lakes in 2000. John W. Brown is one of only two surviving World War II Liberty Ships.



Sejhedsprøvning/Slagprøvning



Omslags-Temperaturen

• Ductile-to-Brittle Transition Temperature (DBTT)...



Pre-WWII: **RMS Titanic**

Højstyrkestål anno 1912

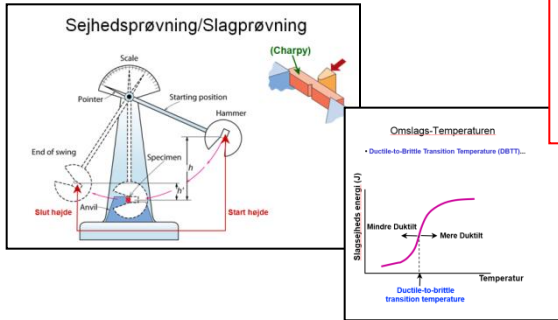
St.37/St42 ≈ Gr.A

Nitted konstruktion

Charpy- slagprøvning (Ca. 1900 / Temp : +20 °C)

Jernbaneskiner

The **Charpy impact test**, also known as the **Charpy V-notch test**, is a standardized high strain-rate **test** which determines the amount of energy absorbed by a material during fracture. ... The **test** was developed around 1900 by S.B. Russell (1898, American) and Georges Charpy (1901, French).



Constance Tipper specialized in the investigation of metal strength and its effect on engineering problems. Her research with G.I Taylor on distortion of aluminium crystals under tension received the 1923 Royal Society Bakerian Medal, although Tipper was prevented from attending the celebratory dinner due to being a woman.^[9] *This research later inspired Taylor's explanation of **plastic deformation by dislocations**.*

During World War II she investigated the causes of **brittle fracture in Liberty Ships**. These ships were built in the US between 1941 and 1945 and were the **first all-welded prefabricated cargo ships**. Tipper established that the fractures were not caused by welding but were due to the properties of the steel itself. *She demonstrated that there is a critical temperature below which the fracture mode in steel changes from ductile to brittle.* Because ships in the North Atlantic were subjected to low temperatures, they were susceptible to **brittle failure**. While these fatigue cracks would not propagate beyond the edges of riveted steel plates, they were able to spread across the welded joints in the Liberty ships.^[6] She developed what is now known as the "Tipper Test" to help ensure that the metal used in ship construction was sufficiently sound.^[9] She was the first person to use a **scanning electron microscope (SEM)** to examine metallic fracture faces. She used a scanning electron microscope built by Charles Oatley and his team the second SEM ever built.^[1]

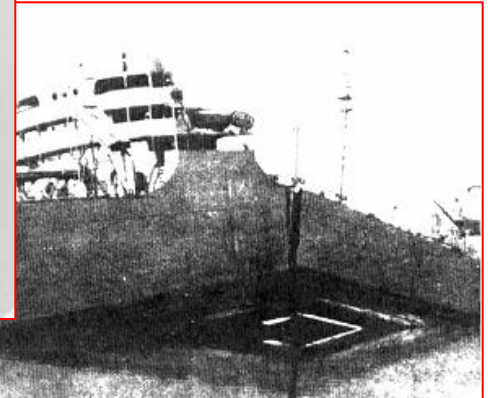
WWII: Liberty skibene (1941 - 45)

Første Helsvejste skibe

Constance Tipper

Født: 16. februar 1894

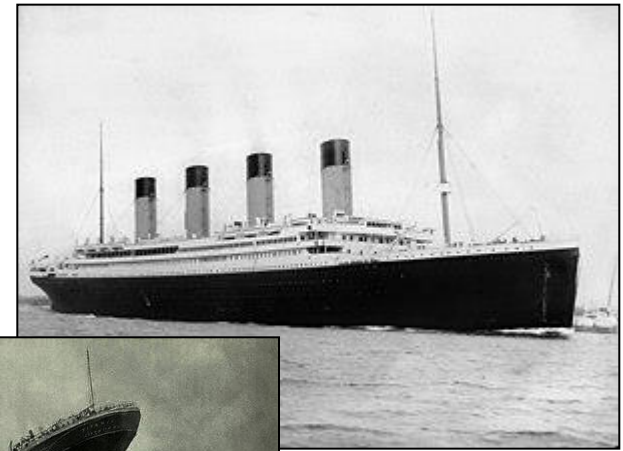
Død: 14. december 1995



Pre-WWII: RMS Titanic
Højstyrkestål anno 1912 : Nettet konstruktion

RMS Titanic var rederiet White Star Lines stolthed og det andet skib i Olympic-klassen. Det var tidens største dampdrevne skib. **Titanic forliste natten mellem 14. og 15. april 1912.**

Længde : 269 m
Bredde : 28,0
Passagerer : 2.453
Navn : RMS Titanic
Besætning: 885



Genfundet på ca. 3700 m dybde i 1985.

RMS Titanic : Blood & Steel (2012)

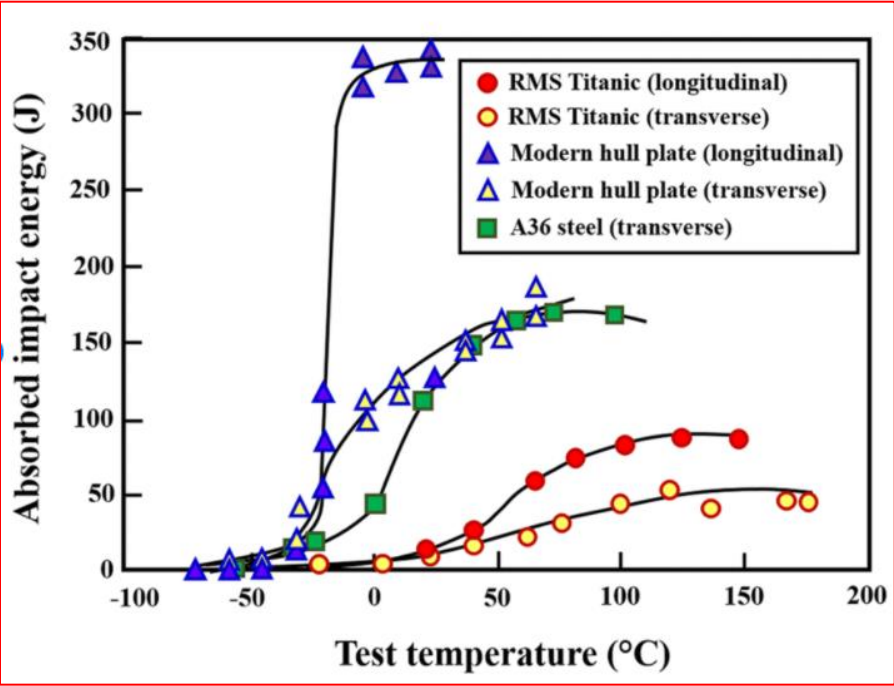


Harland & Wolffs / Lord Pierre



Titanic forliste natten mellem 14. og 15. april 1912. Genfundet på ca. 3700 m dybde i 1985.

Nedenstående resultater fra 1991



Chemical Composition of the Hull Steel from the *RMS Titanic*

Element	1991 [2] (CANMET)	1996 [5] (U.Mo, Rolla)	1996 [6] (Beth. Steel)	AISI 1018 [8] (ASM)
Carbon	0.20%	0.21 %	0.21%	0.18-0.23%
Sulfur	0.065%	0.069%	0.061%	0.05% max
Manganese	0.52%	0.47 %	-	0.60-1.0%
Phosphorous	0.01%	0.045%	-	0.04% max
Silicon	0.025%	0.017%	-	-
Copper	0.026%	0.024%	-	-
Nitrogen	0.004%	0.0035%	-	0.0026%
Oxygen	-	0.013%	-	-
Rare Earths	-	-	-	-
Mn/S Ratio	8.0:1	6.8:1	-	12:1 - 20:1
Mn/C Ratio	2.5:1	2:1	-	3:1 - 7:1

All measurements in volume percent, with unknown uncertainties.

Table 1

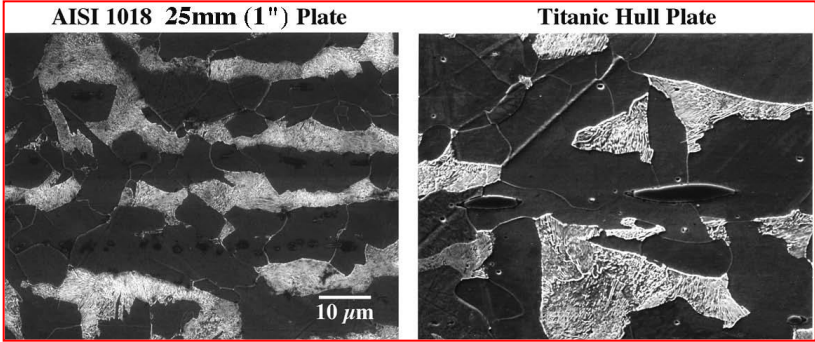
Tensile Tests Results

Plate recovered in:	1996 [7]	1991 [2]
Yield Stress	38 ksi (262 MPa)	41 ksi (280 MPa)
Ultimate Tensile Stress	62.5 ksi (430 MPa)	62.6 ksi (432 MPa)
% Elongation (50 mm gage length)	29%	30.9%

Ductile-brittle transition temperature, the author obtains a transition temperature of -15°C for the modern A36 steel, while the

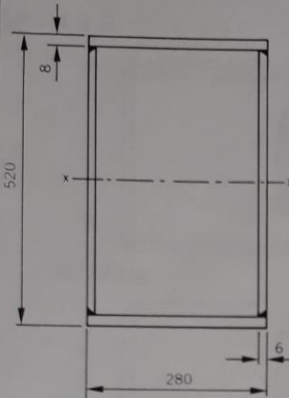
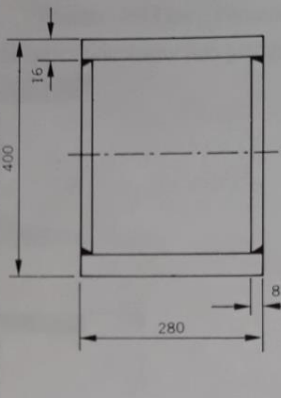
Titanic specimens yielded transition temperatures of +40°C for specimens in the longitudinal direction and +70°C for the transverse direction.

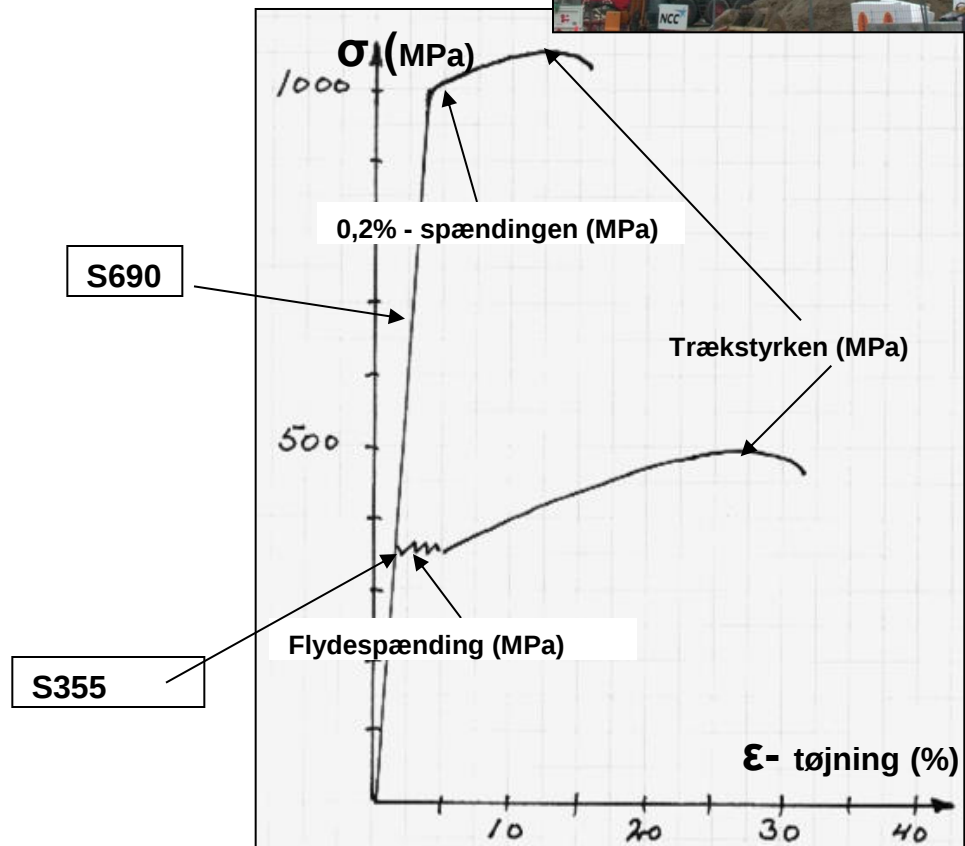
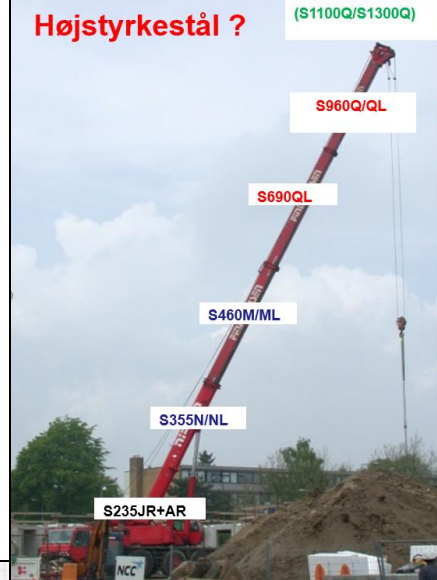
The transition temperatures for the *Titanic* steel are much above the water temperature of -2°C at the time of the ship-iceberg collision



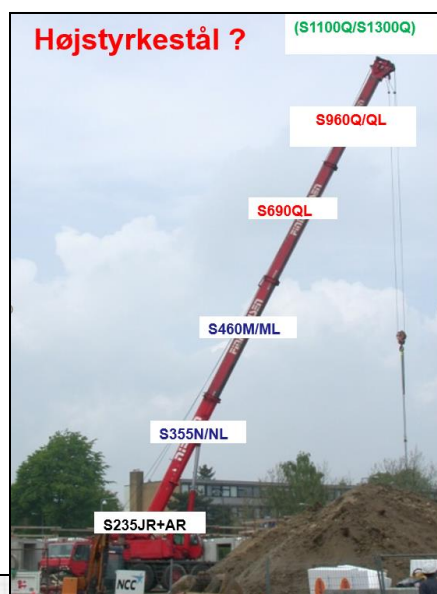
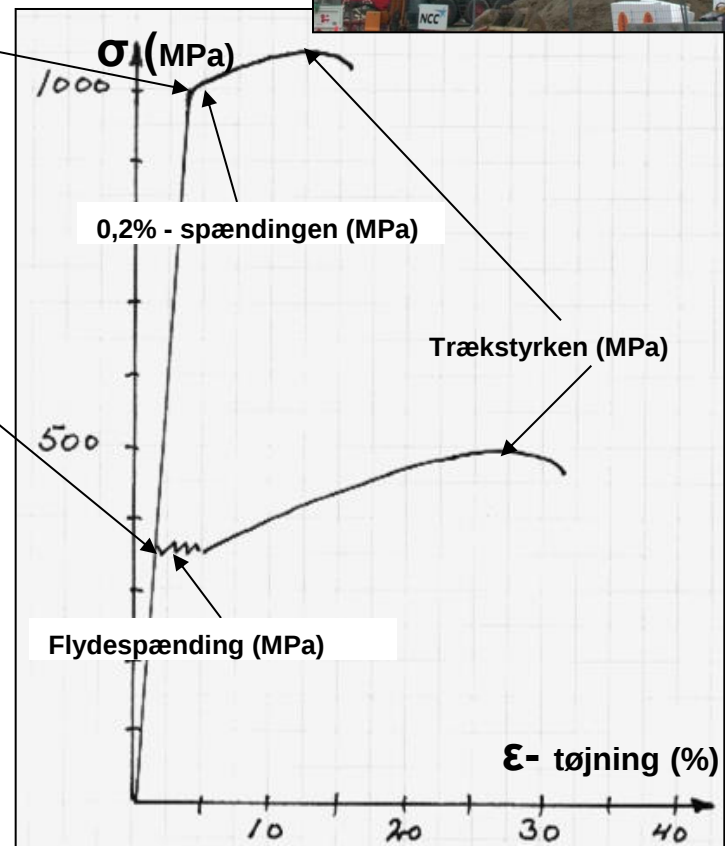
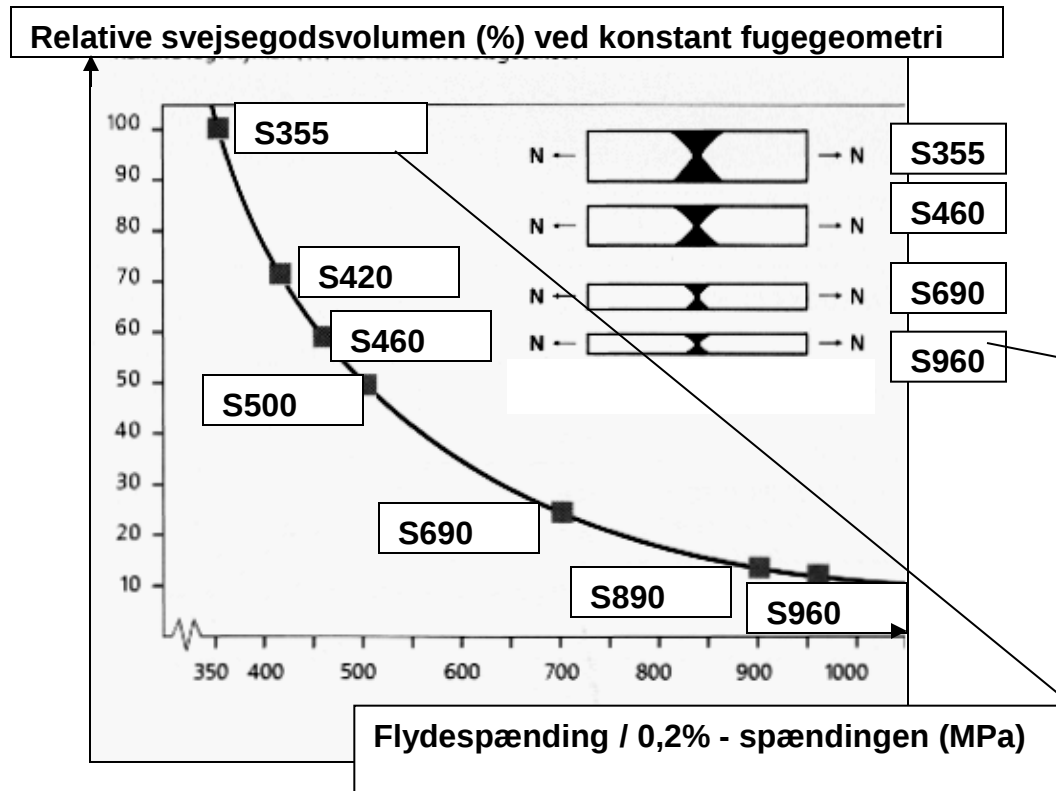
ASTM number = 6-7 ASTM number = 4-5

Hvorfor Højstyrkestål ?

S 690/700 -stål	S 355 -stål
$\sigma_s = 700 \text{ N/mm}^2$	$\sigma_s = 350 \text{ N/mm}^2$
	
Balkdata:	
$I_x = 422 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$	$I_x = 397 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$
$W_x = 16.2 \cdot 10^5 \text{ mm}^3$	$W_x = 19.8 \cdot 10^5 \text{ mm}^3$
$A = 10528 \text{ mm}^2$	$A = 14848 \text{ mm}^2$
S690 - bjælken er :	
$\frac{422}{397} = 1.06$	dvs 6 % styvare
$\frac{10528}{14848} = 0.70$	dvs 30 % lettere
$\frac{1.5 \cdot 700 \cdot 16.5 \cdot 10^5}{1.5 \cdot 350 \cdot 19.5 \cdot 10^5} = 1.66$ dvs 66 % større bøjmoment	
* $S_f = 1.5$ for både stælen.	



Hvorfor Højstyrkestål ?



Recirkulering

Bæredygtighed

Livscyklus

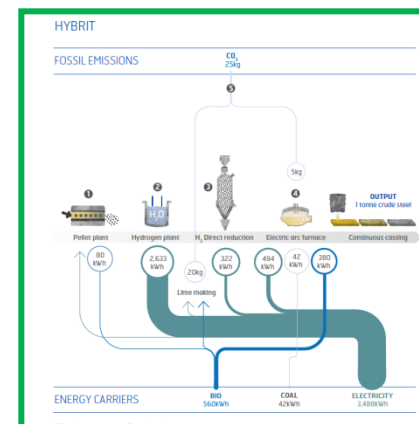
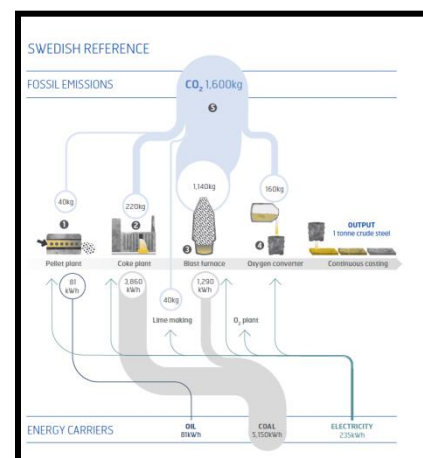
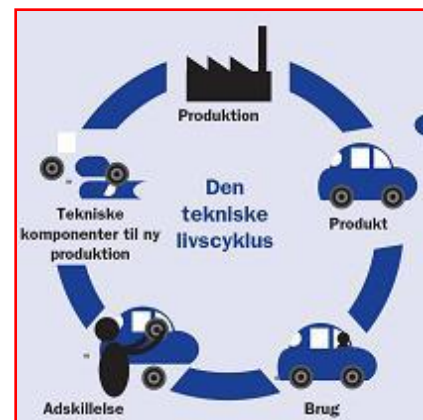
S960Q (S1100Q/S1300Q)

S690Q

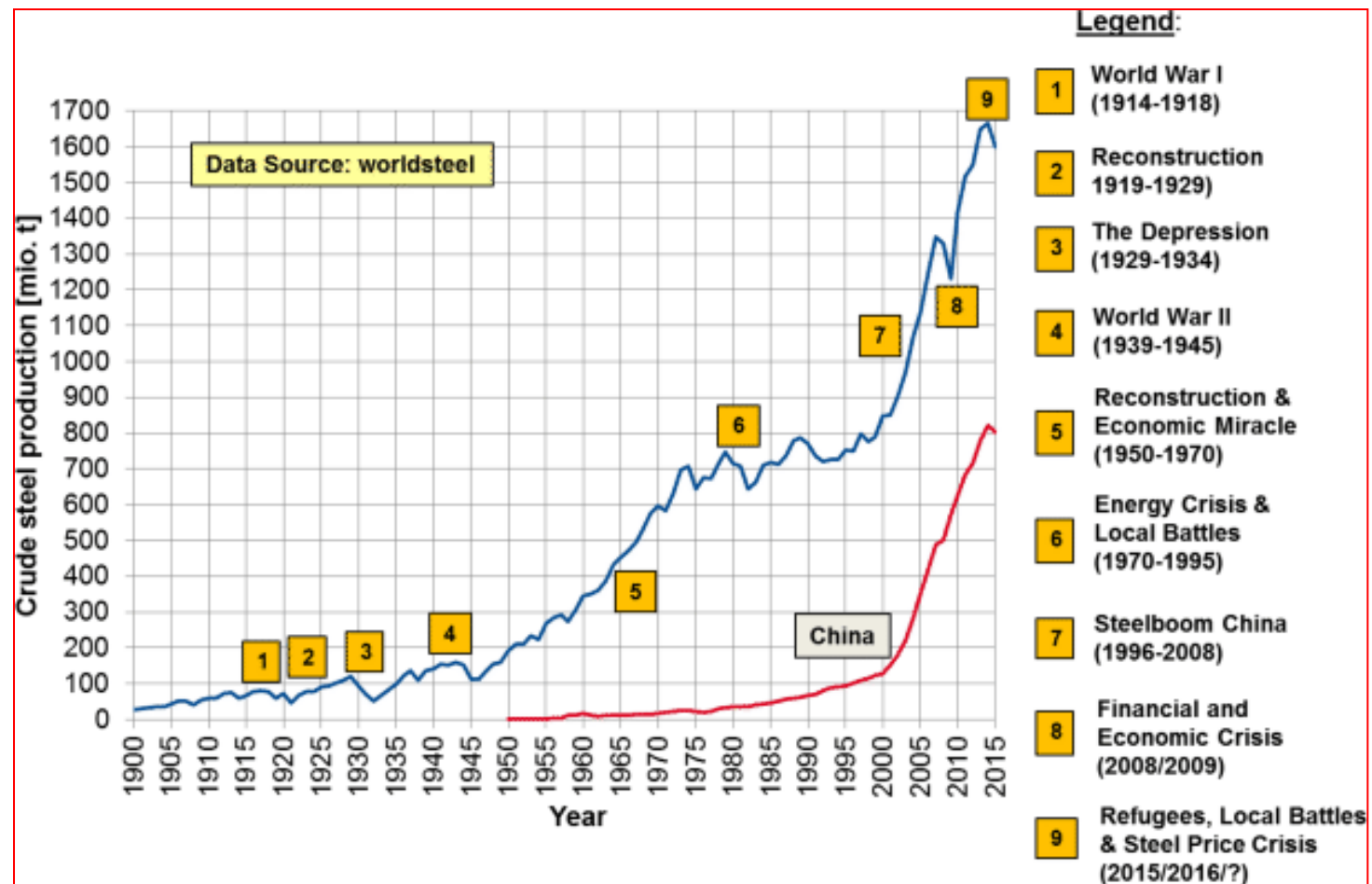
S460M/ML

S355N/NL

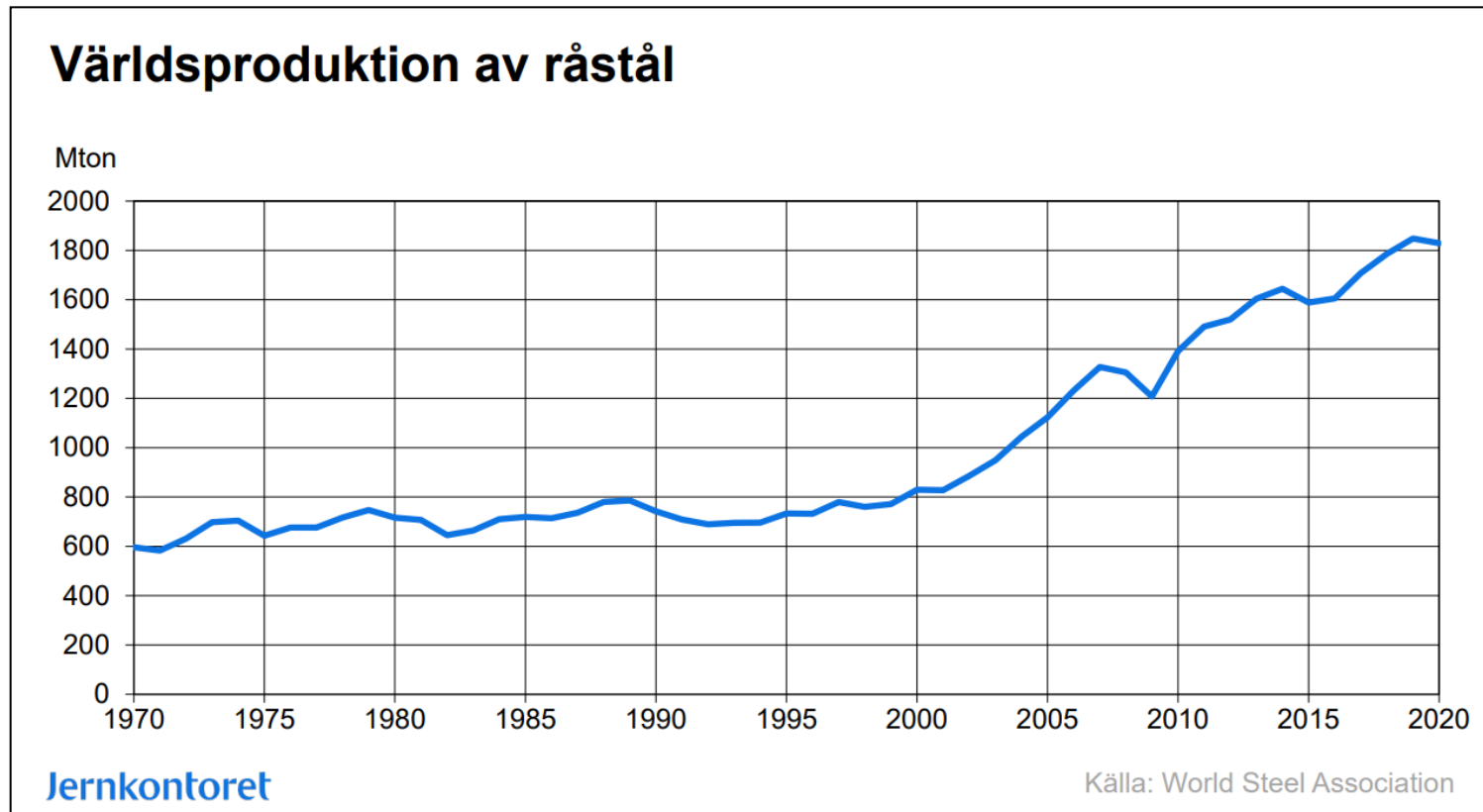
S235JR+AR



Stål – Produktion : 1900 - 2015



Stål – Produktion : 1970 - 2020



Stål – Produktion for 2020 :

Ca. 1864 Mill. Tons eller 1,864 Giga Tons

VALG AF MATERIALER

DANSK METALLURGISK SELSKABS VINTERMØDE DEN 13-14 JANUAR 1969.

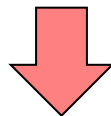
DANSK METALLURGISK SELSKAB
VINTERMØDE
1969

Nr. 11.

MATERIALEVALG OG KONSTRUKTIONSTÅL

Civilingeniør, Laboratoriefchef E. Caprani Vinkel
Det Danske Stålvalseværk
Frederiksværk

Kedelplade H 1 (1.0345) og H 2 (1.0425) j.f. DIN 17155

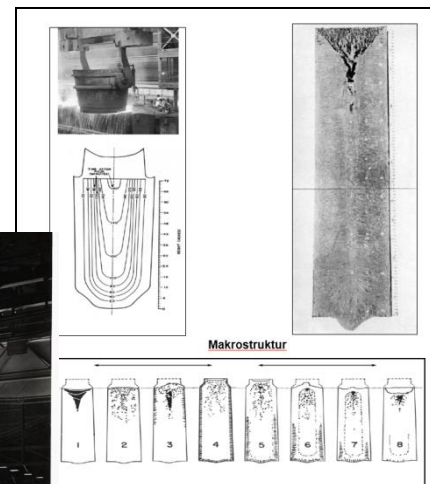
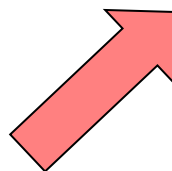


P235GH (1.0345) og P 265GH(1.0425) j.f. DS EN 10028-2

Der er dem der siger, at kedelplade ikke er hvad det var i gamle dage.

Det er faktisk rigtigt --- kedelplade og for den sags skyld alle vore almindelige konstruktionsmaterialer er i dag meget bedre end de var i de gode gamle dage!

De sidste 20 år har oplevet en udvikling på de "almindelige" ståls område som er helt fantastisk, selvom meget af hvad der er sket er gået upåagtet hen for den almindelige forbruger af St 37 og St 42.



Stål- udvikling :

Jagten på brugbare egenskaber

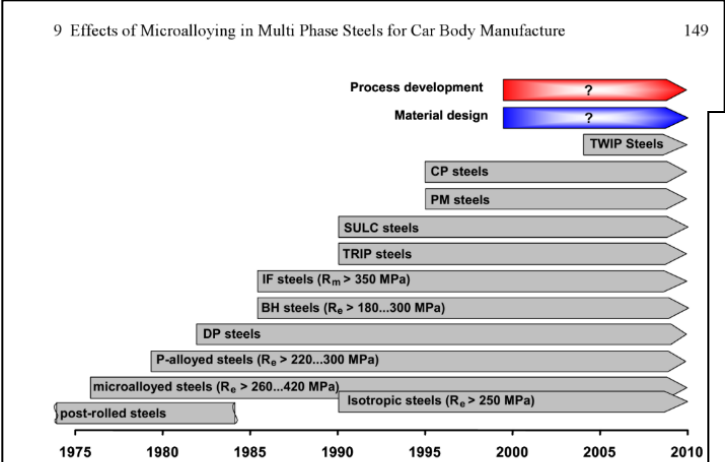
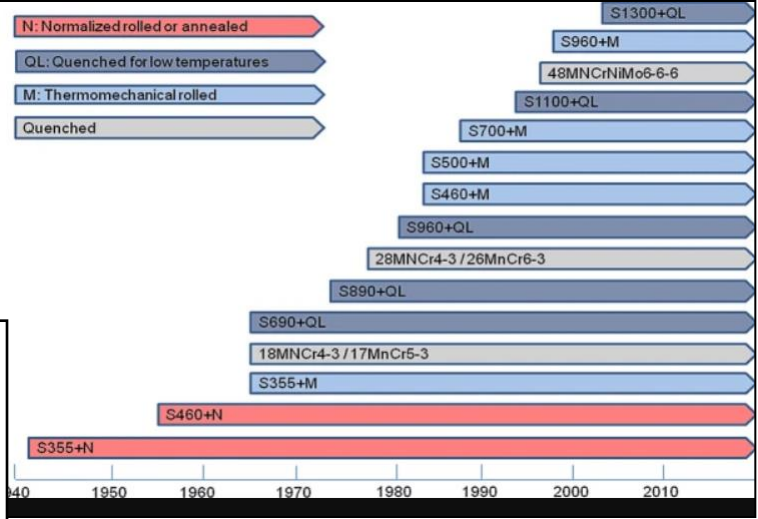
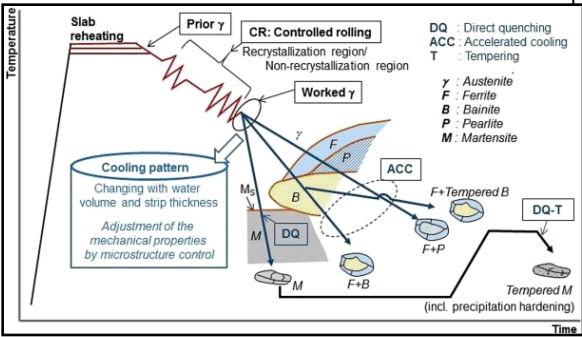


Fig. 9.3 Chronological development of high strength steels.

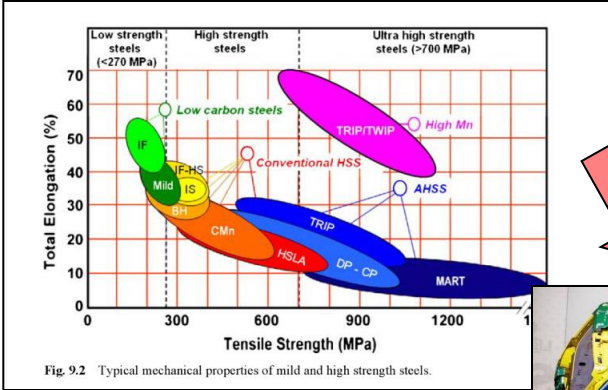


Fig. 9.2 Typical mechanical properties of mild and high strength steels.



The history of high strength steels for car body applications is given in Fig. 9.3 which indicates the approximate first appearance of a new steel grade industrially processed on the European market. The development of HSS started prior to 1980. Dual phase steels development was the first among AHSS but the usage was limited up to the 1995 when the ULSAB consortium investigated the chances of their application in modern car body design. HMS are still under development.



ArcelorMittal

Maizières Research SA



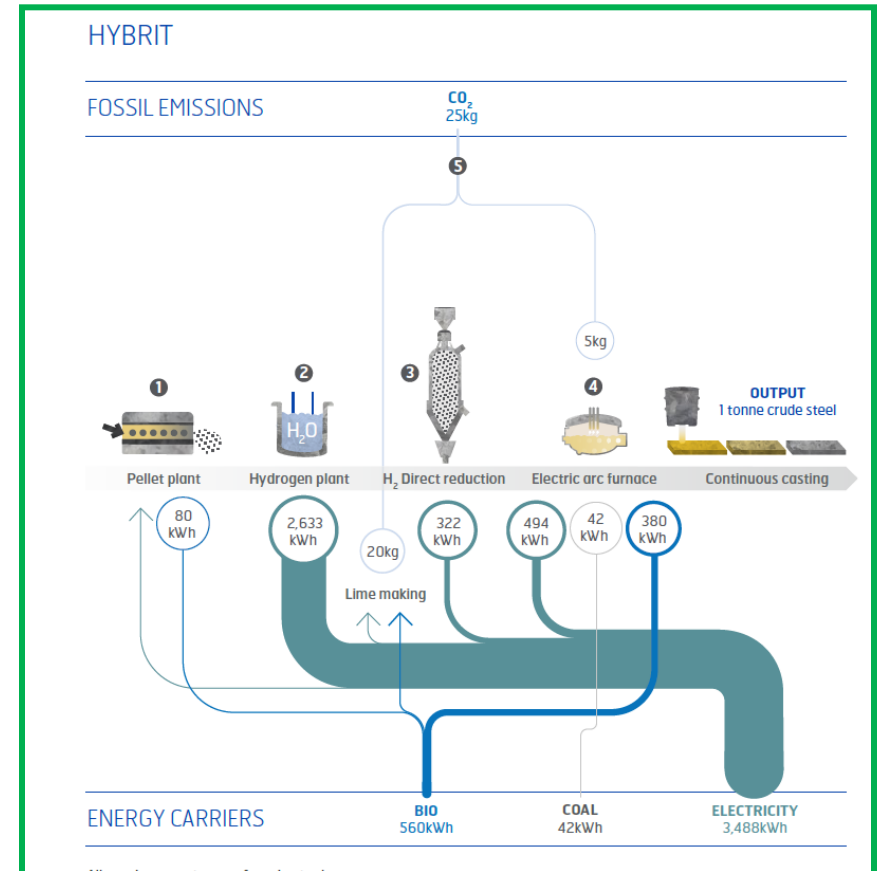
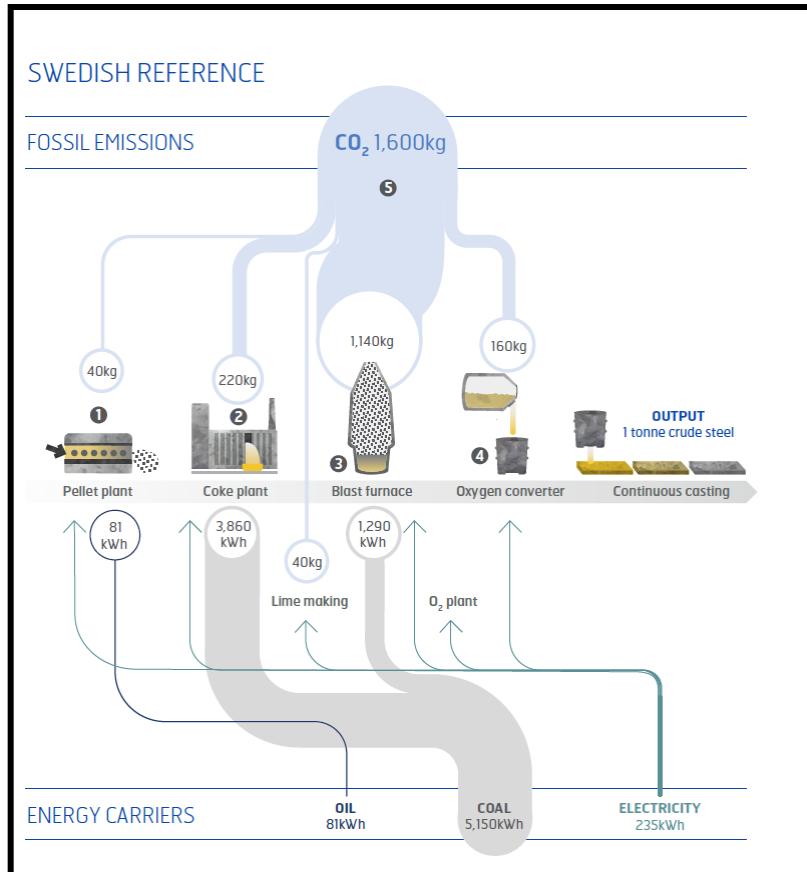
T+: -900.474 ms

File: 1essai.cine Img#: -1892 Cam: Phantom v.84 AcqRes: 640 x 432 Rate: 2100 Exp: 470 μ s EDR: 130 μ s Durat: 0.064 s

Description: MIRO4 couleur

Objectif 50 mm 2.8 - 16 m/s - NFW060-2

"Sort Stål" → "Grønt Stål" dvs. CO₂ Neutral stålproduktion ?

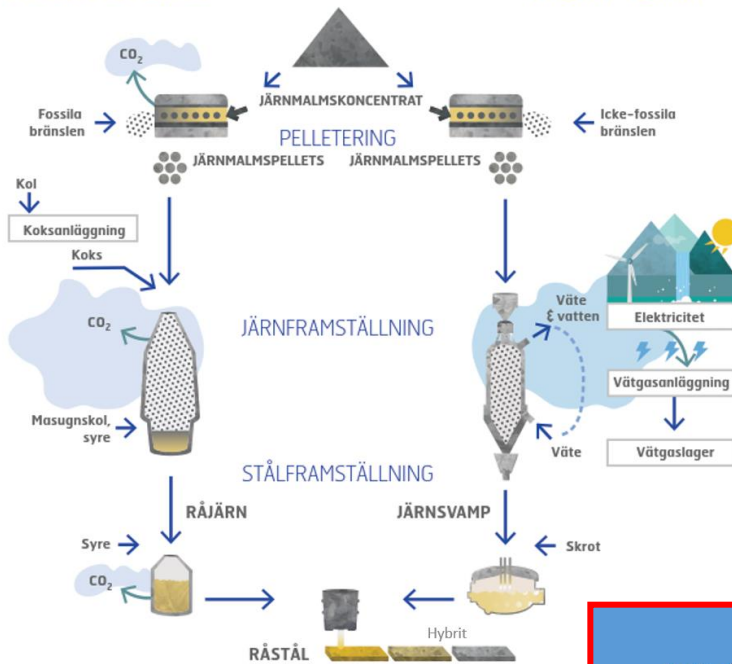


HYBRIT :
(Hydrogen Breakthrough Ironmaking Technology)

Højoen vs. HYBRIT

MASUGNSTEKNIK

HYBRIT-TEKNIK



Hydrogen

=



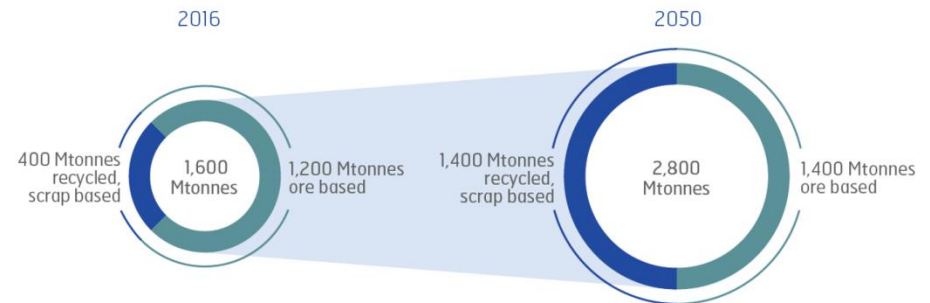
+



Water

Världen behöver mer stål

Steel demand – today and forecast 2050



Traditional versus HYBRIT technology

BLAST FURNACE

HYBRIT – a joint venture with Vattenfall and LKAB

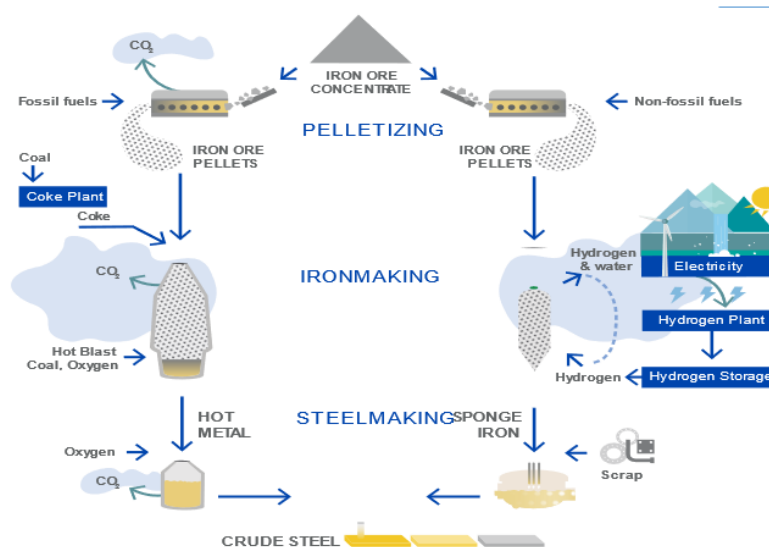
PRODUCTION INTENSITY PER TONNE OF CRUDE STEEL

BLAST FURNACE

HYBRIT

PRODUCTION INTENSITY PER TONNE OF CRUDE STEEL

Global average	SSAB
2,000 kg CO ₂	1,600 kg CO ₂
	81 kWh Oil
	5,510 kWh Coal
	235 kWh Electricity

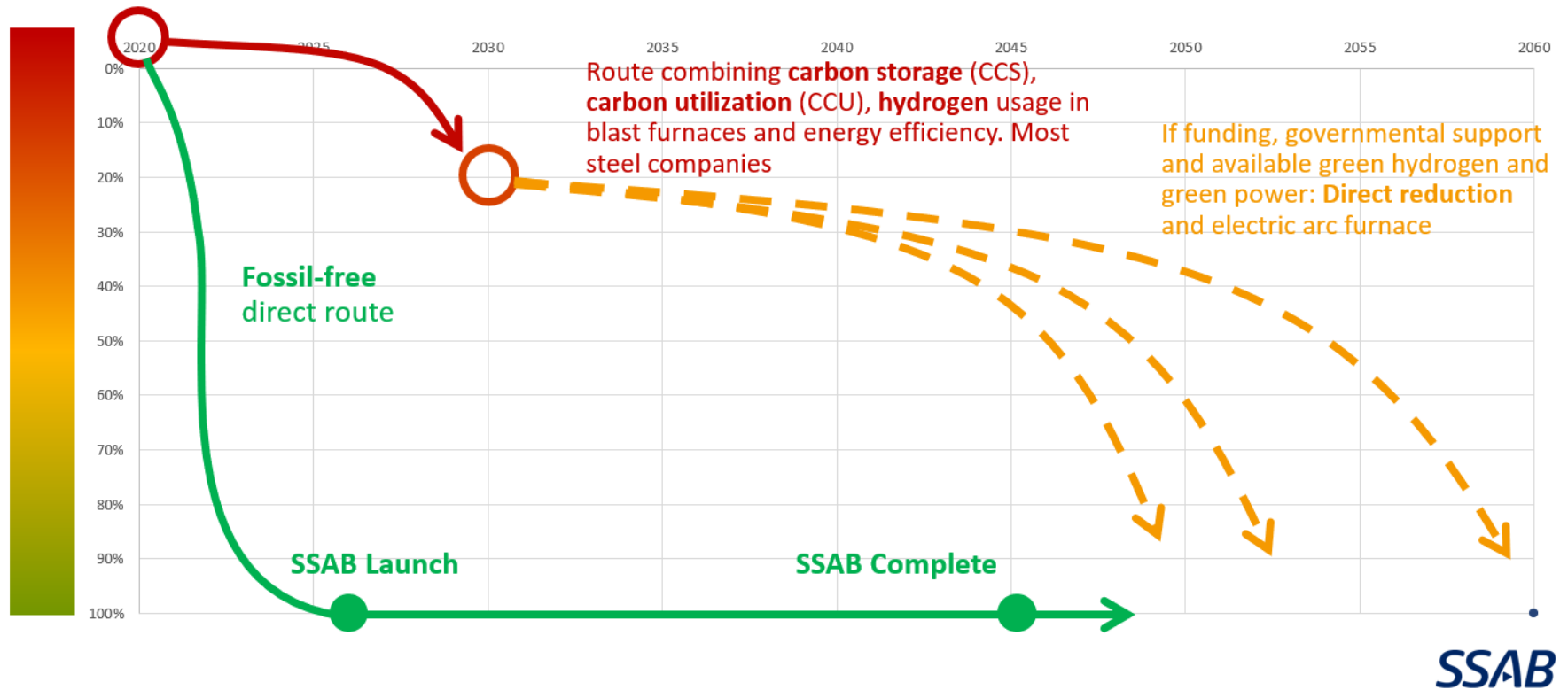


HYBRIT	
25 kg CO ₂	
42 kWh Graphite	
560 kWh Bio	
3,488 kWh Electricity	

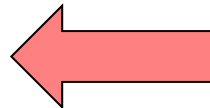
SSAB

PUBLIC

CO₂ reduction commitments



2030



2045

ThyssenKrupp : tkH₂Steel

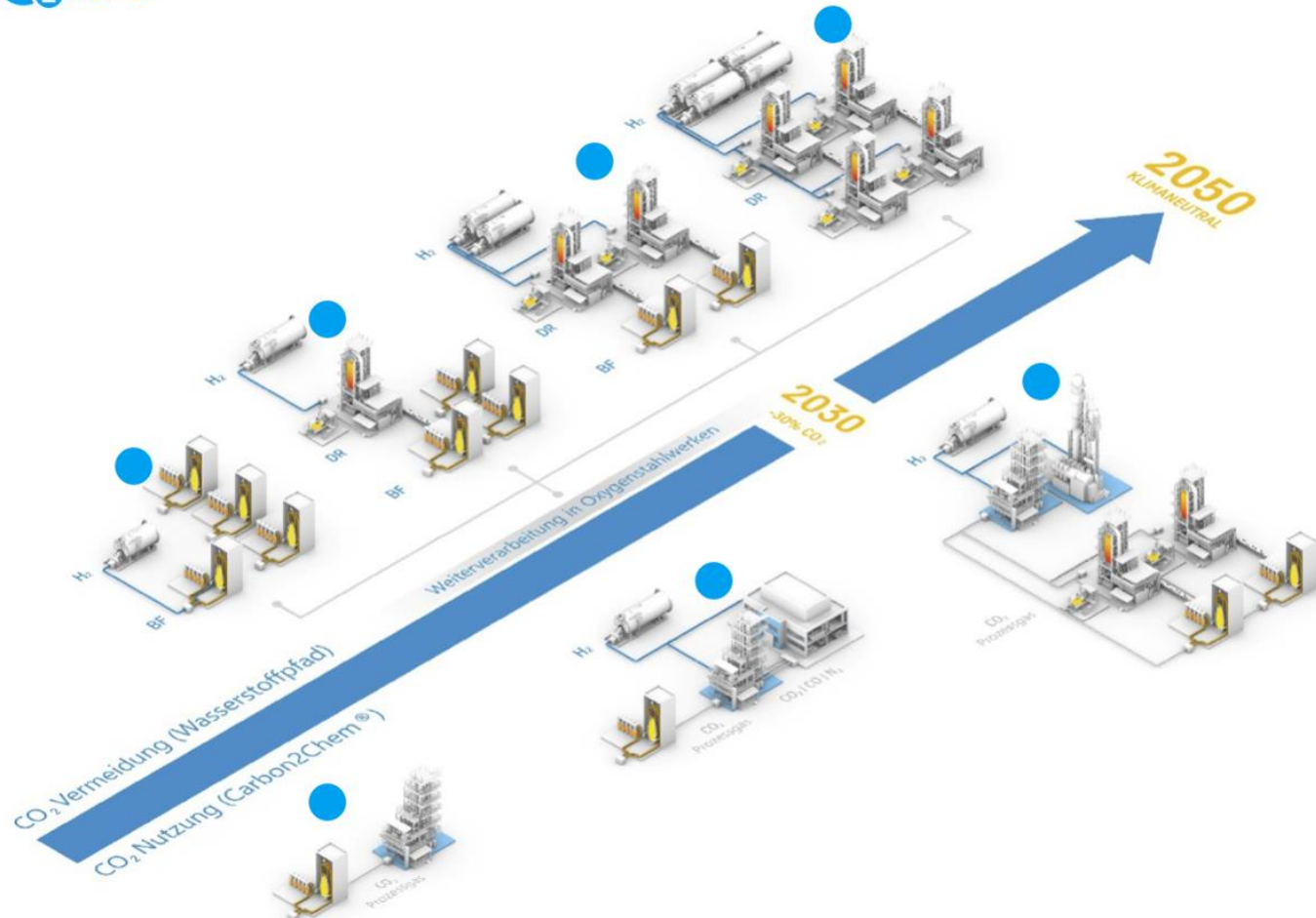
News

tkH₂Steel®: hydrogen path

Carbon2Chem

Political framework

tkH₂Steel



Vigtige samspil

Design

Driftsbetingelser
Funktion
Omkostninger

Vindmølle

Materialer

Egenskaber
Tilgængelighed
Omkostninger

Proces

Valg af udstyr
Influens på egenskaber
Omkostninger

Materialevalg / - Egenskaber



Her udklædt af 3.000 metaller, der er den typiske for Siemens Wind Power

Mekaniske egenskaber

Som det skal
være



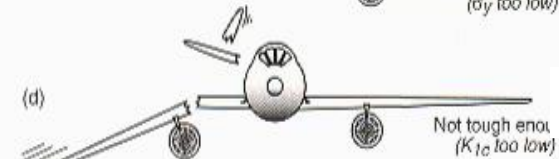
Ikke stiv nok



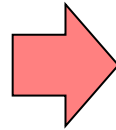
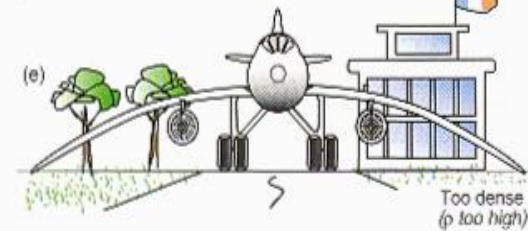
Ikke stærk nok



Ikke sejt nok



For tung



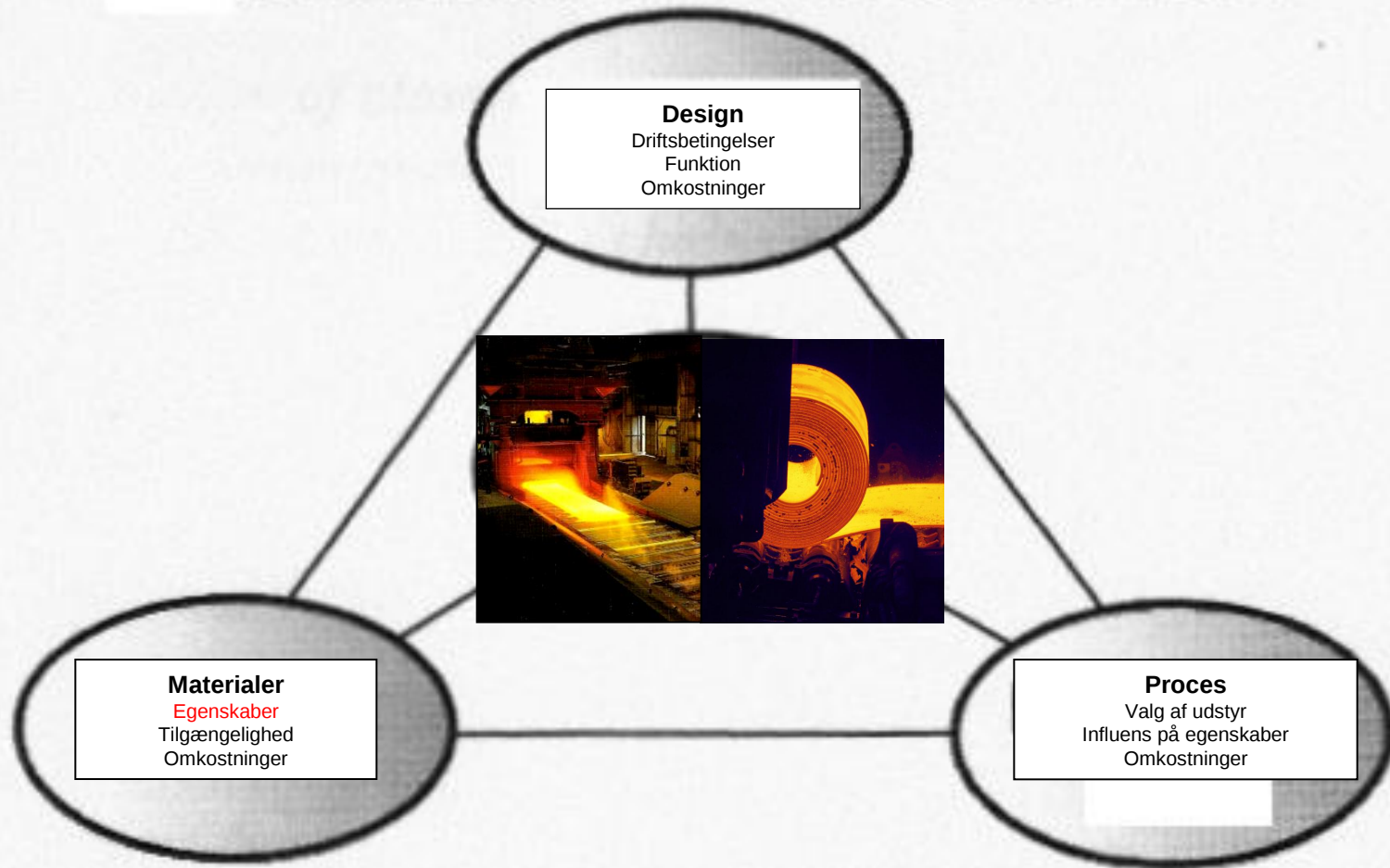
Design- Begrænsende materialeegenskaber

Klasse	Egenskaber
Mekaniske	Stivhed: Elasticitets modulet Styrke: Flydespænding/trækstyrke Sejhed: Slagsejhed / brudforlængelse Brudsejhed Udmattelse
Korrosion	Korrosion

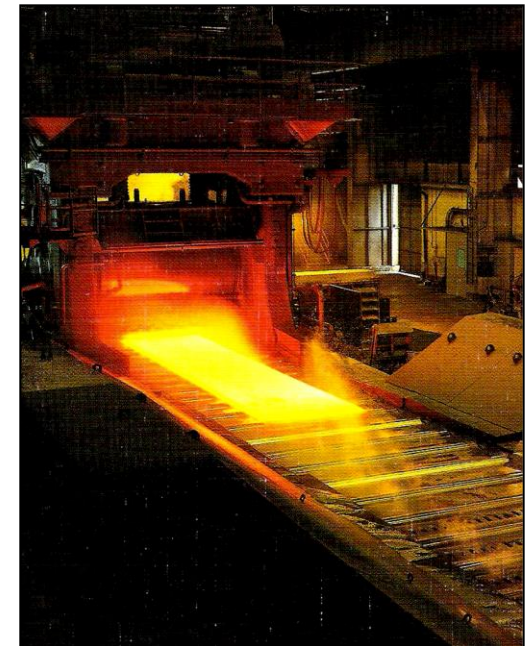
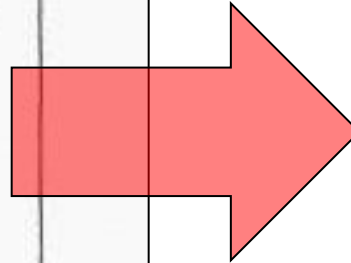


Egenskaber

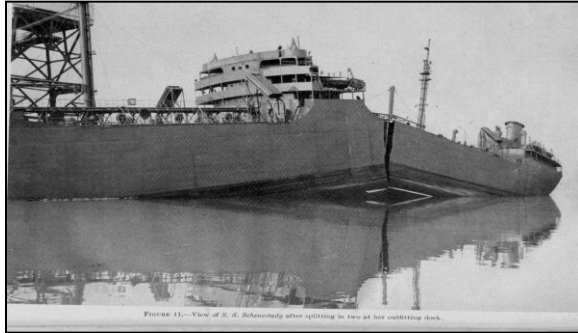
Vigtige samspil



Klasse	Egenskab
Generel	Pris Densitet (massefylde)
Mekanisk	Elasticitetmodul (stivhed) Styrke (fx elasticetsgrænse) Sejhed Brudsejhed Dæmpningskapacitet Udmattelsesstyrke
Termisk	Termisk ledningsevne Specifik varmekapacitet Smeltepunkt Glastemperatur Termisk udvidelseskoefficient Krybemodstand
Slid	Slid-konstant
Korrosion/ Oxidation	Korrosionshastighed

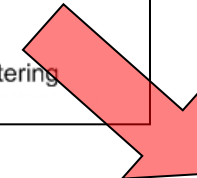
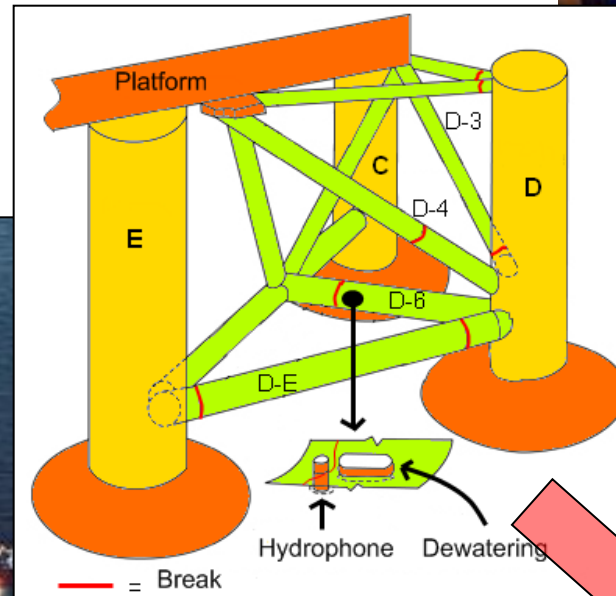
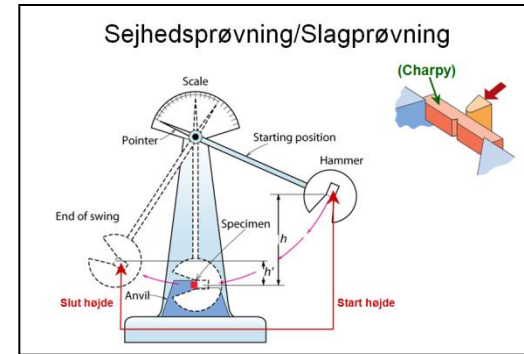
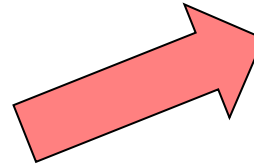


Hvorfra har vi lært noget?



Liberty-Skibene (1939 – 1945)

Alexander L. Kielland (1980)



Opdaterede Materiale- og Design specifikationer



Højstyrkestål vs. Design



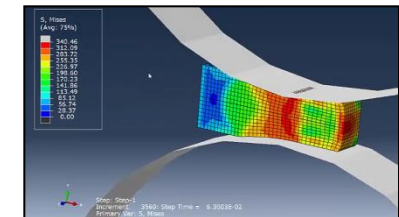
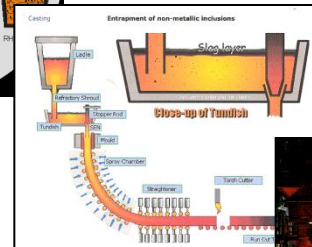
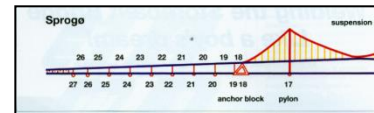
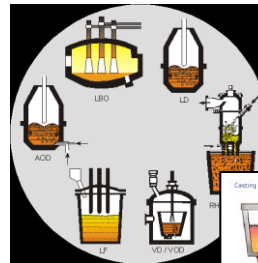
Digitalisering !!!!!



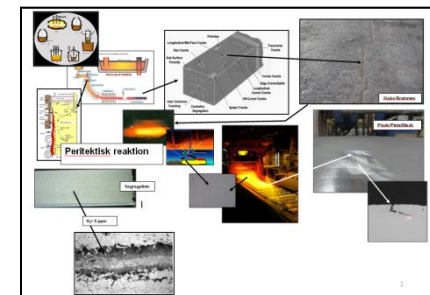
En central fråga inom ämnet ekonomisk historia är teknikens betydelse för ekonomisk utveckling. För att en ny teknik ska kunna möjliggöra effektivare produktion räcker det inte med teoretisk kunskap. Det måste också finnas praktiska möjligheter att utveckla tekniken. Det är också väl känt att det tar tid för ny teknik att slå igenom och att det till en början är svårt att se på vilka områden den kan få störst betydelse.

Inom stålindustrin, exemplifierad med SSAB, kom datoriseringen inledningsvis att få störst betydelse för planering av produktionen.

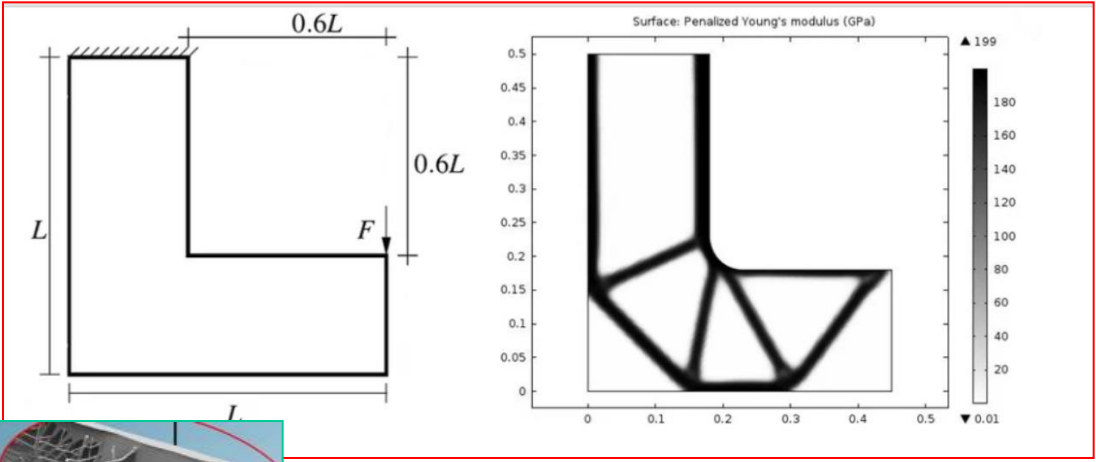
Logistik i meningen planering av produktionsflödet har alltid varit nödvändigt i processindustrier men datortekniken gav möjligheter att styra produktionsflödet på ett mer effektivt sätt.



- **Processerna i stålindustrin hade styrts manuellt och med analog teknik.**
- **Processtyrning med hjälp av datorer gav möjligheter att övervaka processen och bestämma sammansättningen av stålet på ett betydligt mer exakt sätt än tidigare.**
- **Det gav möjlighet att framställa långt fler stålsorter, vilket i sin tur betydde möjligheter att skräddarsy stål för specifika kunder.**
- **Detta möjliggjorde en omställning från massproduktion till flexibel specialisering vars logistiska utmaningar inte hade varit möjliga att lösa utan datorteknikens hjälp.**



Topologioptimering :
Design + Stålgvalg : ???



Topologi optimering

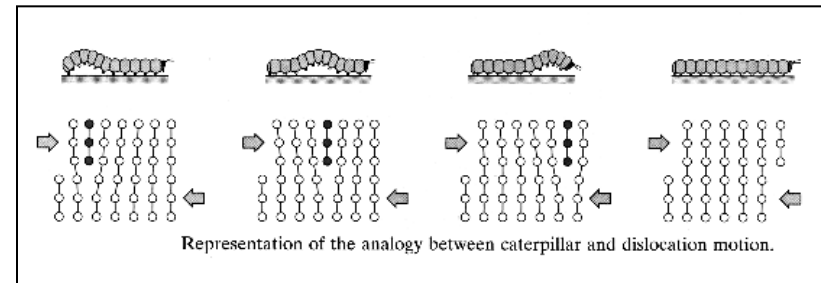
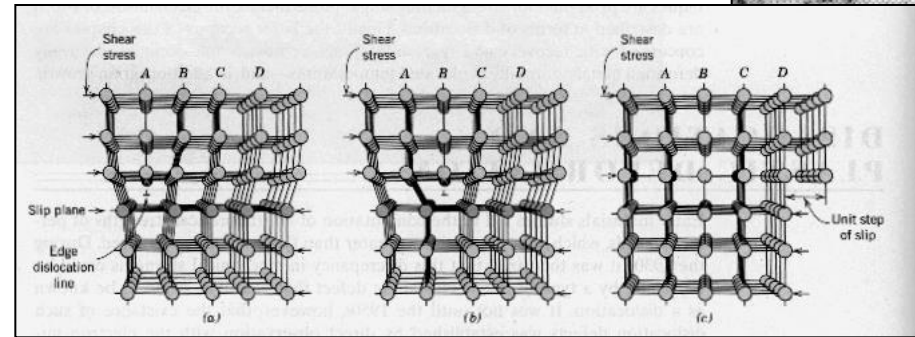
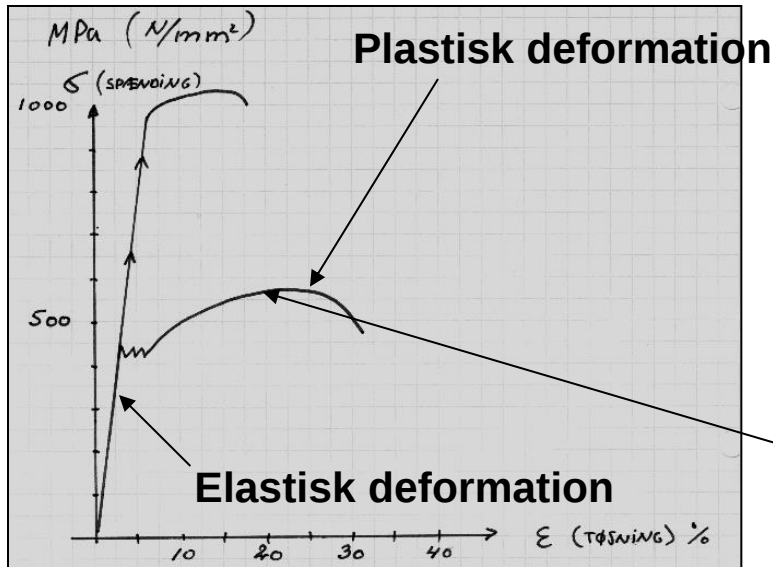
Intelligent materialefordeling bliver brugt i mange industrier til at maksimere produkters ydeevne og minimere produkternes pris.

NY FORSKNING KAN
GØRE BROER MERE
KLIMAVENLIGE

Den tyrkiske Osman Gazi hængesbro ses i baggrunden og resultatet af topologioptimeringen øverst til højre. Det organiske udseende og yderst komplekse resultat af optimeringen er efterfølgende fortolket, hvilket har ført til et nyt og mere simpelt design. (Markeret med rødt). Sammenlignet med det konventionelle design, (markeret med blåt), resulterer det nye design i vægtbesparelser på over 28 procent for topdrageren. De hvide pile indikerer designprocessens forløb.

Styrkeøgning

Dislokation



Dislokationbarrierer/-bremser → udvidelse af det elastiske område → Styrkeøgning:

Opløsnings Hærdning :Fremmedatomer (fx Mn)	$\sigma_{0,2} = \sigma_0 + K_{OH} \sqrt{C}$	C = legeringselement
Hærdning ved kornforfining (fx normalisering)	$\sigma_{0,2} = \sigma_0 + K_{KF} * 1/\sqrt{d}$	d = kornstørrelse
Dislokationsforøgelse (deformationshærdning)	$\sigma_{0,2} = \sigma_0 + K_{DH} * \sqrt{N}$	N = Antal dislokationer eller deformationsgrad
Fremmede faser (modnings-/ udskillelshærdning)	$\sigma_{0,2} = \sigma_0 + K_{UH} * 1/a$	a = afstand mellem fremmede faser

Forholdet imellem flydespænding / 0,2% spændingen ($\sigma_{0,2}$) og kornstørrelse er matematisk beskrevet i **Hall – Petch -ligningen**:

hvor σ_y er flyde - / 0,2 - spændingen, σ_0 er en materialekonstant for startspændingen for dislocations bevægelsen (eller gitterets modstand dislokationsbevægelse, k_y er styrkekoeficienten (en konstant specifik for hvert materiale) og d er den gennemsnitlige kornstørrelse / diameter diameter.

Schmelzenanalyse / Ladle analysis (Cn-Cm)

Schmelzen-Nr. Heat No. (RST)	C %	Si %	Mn %	P %	S %	N %	Al %	V %	Nb %	Ti %
	≤ 0,17	0,15 - 0,25	≤ 1,40	≤ 0,040	≤ 0,040	≤ 0,012	≤ 0,300	≤ 0,10	≤ 0,06	≤ 0,05
31913	0,09	0,20	0,55	0,010	0,022	0,010	0,010	0,001	0,00	0,001
Schmelzen-Nr. Heat No. (RST)	Cu %	Cr %	Ni %	Mo %	EV1 1) %					
	≤ 0,55	≤ 0,30	≤ 0,30	≤ 0,08	≤ 0,25					
31913	0,37	0,08	0,13	0,03	0,24					

1) EV: C-Mn-Si-Mo-Ni-Vs-Cr-Nb-Vs-Cu/1s

Stahlherstellung: Elektroverfahren
Steel making: Electric process
(Cn)

Styrkeøgning : Fremmedatomer

S235 JR+AR

Mangan (Mn) = 0,55 %

Schmelzenanalyse / Ladle analysis (Cn-Cm)

Schmelzen-Nr. Heat No. (RST)	C %	Si %	Mn %	P %	S %	N %	Al %	V %	Nb %	Ti %
	≤ 0,21	0,15 - 0,25	≤ 1,50	≤ 0,040	≤ 0,040	≤ 0,012	≤ 0,300	≤ 0,10	≤ 0,06	≤ 0,05
30897	0,08	0,24	0,91	0,013	0,007	0,010	0,028	0,001	0,001	0,001
30898	0,07	0,23	0,93	0,015	0,011	0,010	0,025	0,001	0,001	0,001
30902	0,09	0,23	1,05	0,019	0,025	0,010	0,022	0,004	0,001	0,001
Schmelzen-Nr. Heat No. (RST)	Cu %	Cr %	Ni %	Mo %	EV1 1) %					
	≤ 0,55	≤ 0,30	≤ 0,30	≤ 0,08	≤ 0,40					
30897	0,39	0,07	0,15	0,03	0,29					
30898	0,35	0,07	0,14	0,03	0,28					
30902	0,35	0,12	0,14	0,02	0,33					

1) EV: C-Mn-Si-Mo-Ni-Vs-Cr-Nb-Vs-Cu/1s

Stahlherstellung: Elektroverfahren
Steel making: Electric process
(Cn)

S275 JR +AR

Mangan (Mn) = 0,91-1,05 %

Schmelzenanalyse / Ladle analysis (Cn-Cm)

Schmelzen-Nr. Heat No. (RST)	C %	Si %	Mn %	P %	S %	N %	Al %	V %	Nb %	Ti %
	≤ 0,20	0,15 - 0,25	≤ 1,60	≤ 0,030	≤ 0,030		≤ 0,300	≤ 0,10	≤ 0,06	≤ 0,05
32975	0,08	0,21	1,39	0,012	0,004	0,010	0,010	0,04	0,001	0,001
32981	0,09	0,22	1,47	0,015	0,004	0,010	0,009	0,05	0,001	0,001
Schmelzen-Nr. Heat No. (RST)	Cu %	Cr %	Ni %	Mo %	EV1 1) %					
	≤ 0,55	≤ 0,30	≤ 0,30	≤ 0,08	≤ 0,45					
32975	0,27	0,09	0,13	0,03	0,37					
32981	0,23	0,06	0,10	0,02	0,38					

1) EV: C-Mn-Si-Mo-Ni-Vs-Cr-Nb-Vs-Cu/1s

Stahlherstellung: Elektroverfahren
Steel making: Electric process
(Cn)

S355 J2 +AR

Mangan (Mn) = 1,39-1,47 %