



“L'acciaio inox per componenti strutturali dei veicoli per il trasporto terrestre: linee guida per lo sviluppo futuro”

Sviluppo di acciai inossidabili austenitici ad alto azoto

Ing. A. Bruno – ThyssenKrupp AST

CSM - Castel Romano

2 Ottobre 2008





Agenda:

- Introduzione agli acciai inossidabili strutturali
- Approccio teorico
- Risultati
- Applicazioni
- Conclusioni





- Introduzione agli acciai inossidabili strutturali

➤ *Accanto ad alcune delle tipiche caratteristiche degli inox come:*

Resistenza a corrosione

Resistenza alle alte temperature

Riciclabilità e ciclo di vita (LCC)

Qualità estetiche



Gli inox strutturali garantiscono uguali o superiori proprietà meccaniche rispetto agli acciai strutturali al C (e.g. TRIP/RA, DP)





- Introduzione agli acciai inossidabili strutturali

In particolare gli acciai inossidabili austenitici a basso Ni e alti N-Mn, con tenore di cromo tra 16-18 %, sono d'estremo interesse in virtù di:

- *elevate proprietà meccaniche e duttilità*
- *migliorata resistenza a corrosione*
- *ridotta tendenza alla sensibilizzazione a bordo grano*
- *costo stabile e moderato associato al basso tenore di nickel*





- Approccio teorico

Modello per la predizione delle proprietà meccaniche

$$R_{p0.2} = 36.7 + 533.7 \cdot N + 35.5 \cdot Si + 17.1 \cdot Mo + 11.2 \cdot Cr + 3.2 \cdot Mn - 3.3 \cdot Cu - 3.7 \cdot Ni$$

Acerinox

$$R_{p0.2} = 15.4 \cdot (4.4 + 27.2 \cdot C + 56.8 \cdot N + 1.3 \cdot Si + 0.24 \cdot Cr + 0.46 / (d))$$

Pickering

$$R_{p0.2} = 325.1 + 356.8 \cdot N + 3.26 \cdot Mn$$

Experimental

Composizione chimica indicativa

C (%)	Cr (%)	Ni (%)	Mn (%)	N (%)	Cu (%)	Si (%)
0.02 ÷ 0.10	15 ÷ 18	3.5 ÷ 4.5	up to 12	0.2 ÷ 0.4	up to 2	0.15 ÷ 0.60





• Approccio teorico

Porosità dell'azoto

nucleazione delle bolle: modello micro segregazionale

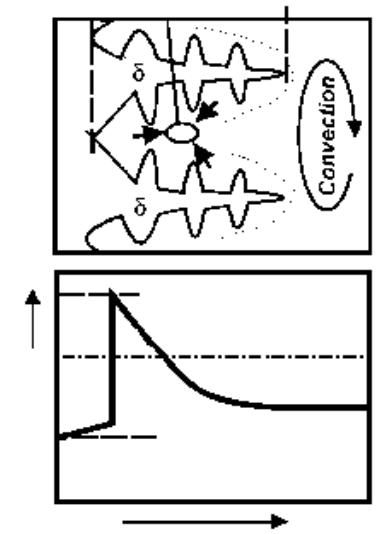
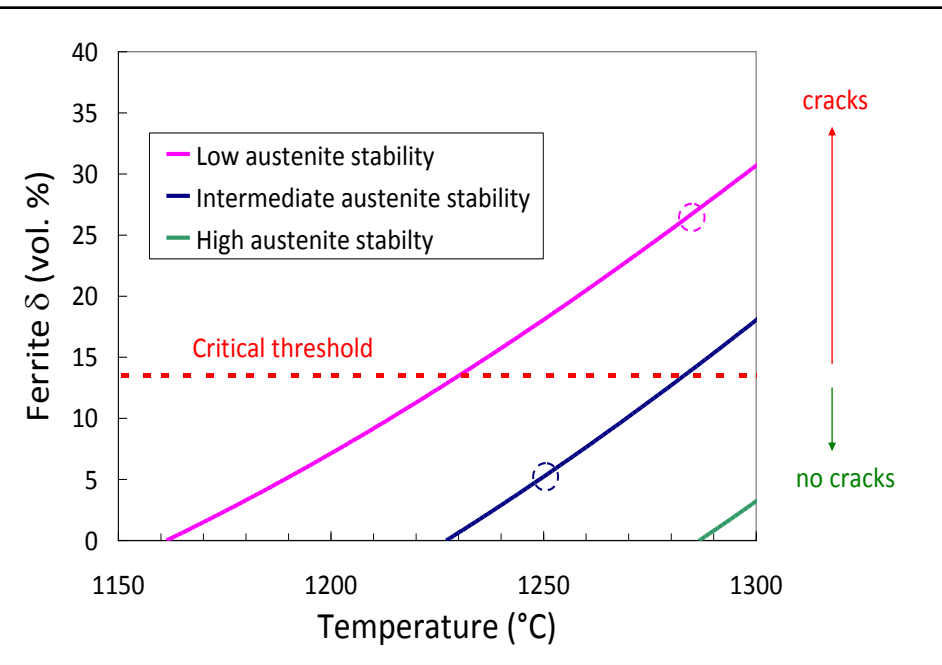


Diagramma di fase e percorso di solidificazione



Stabilità dell'austenite e analisi termodinamica

ferrite - δ a temperatura ambiente

$$N_{ieq} = Ni + Co + 0.1Mn - 0.01(Mn)^2 + 18N + 30C$$

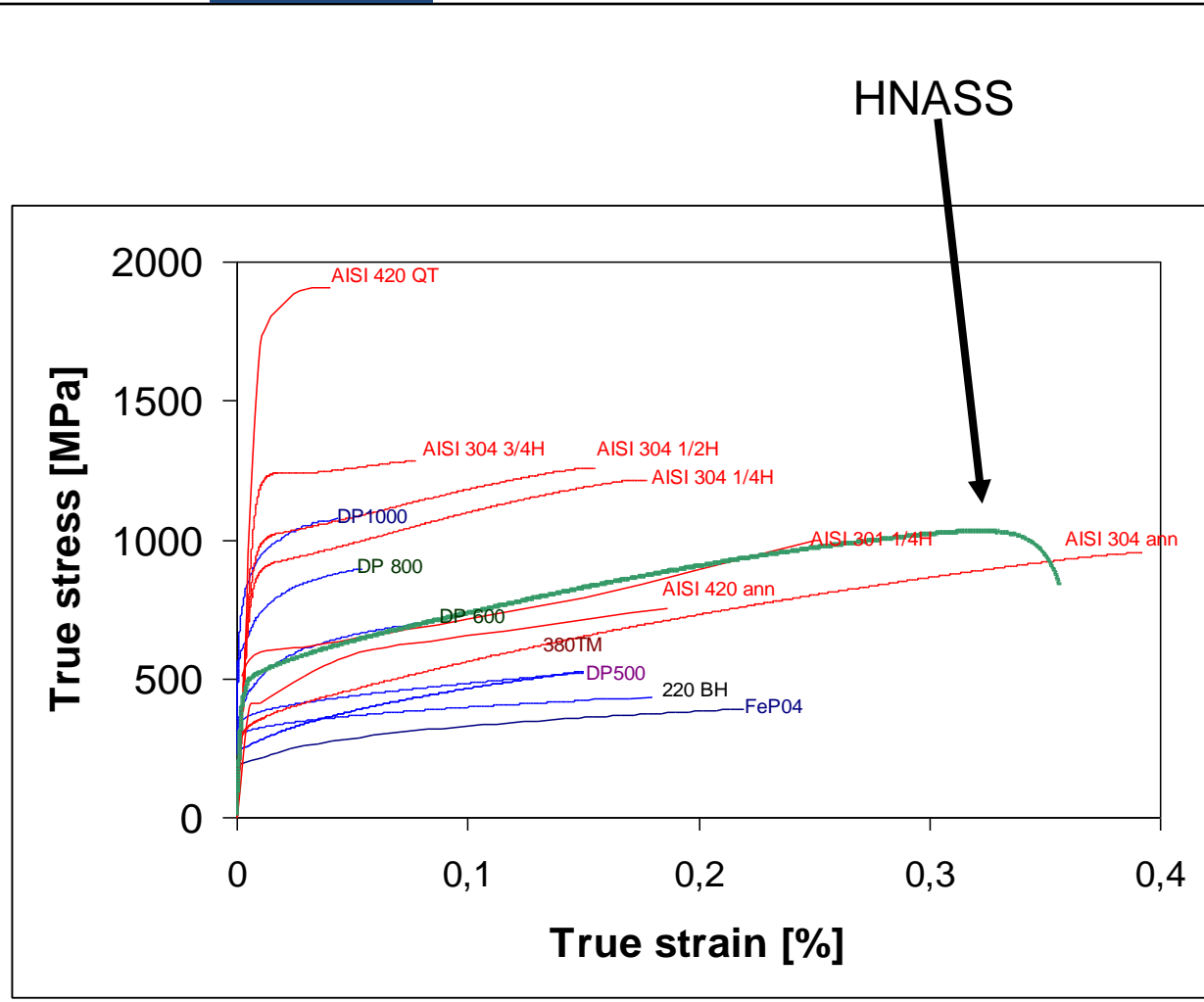
$$C_{req} = Cr + 1.5Mo + 1.5W + 0.5Si + 2.3V + 1.75Nb$$

Modello di HULL





• Risultati

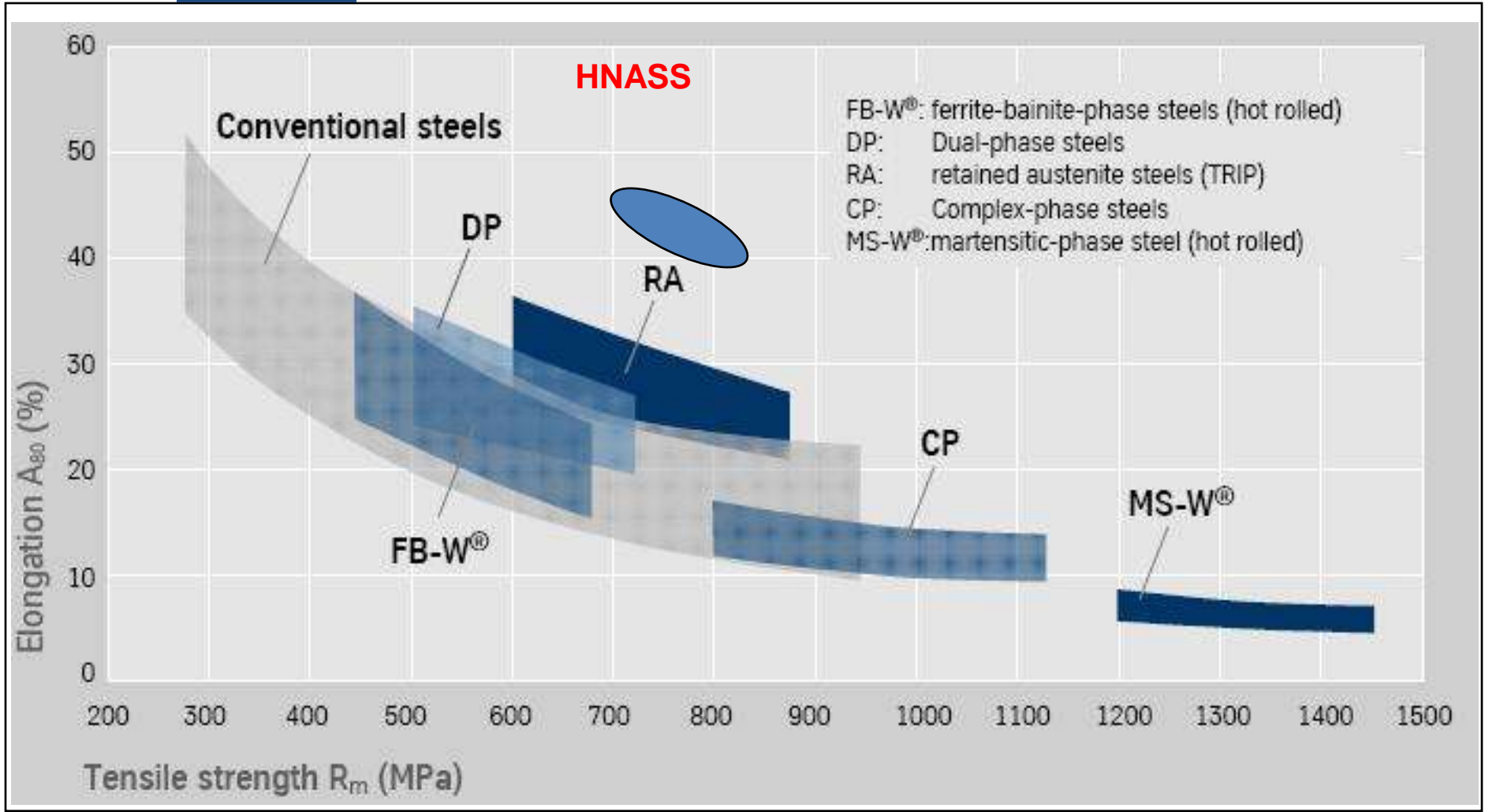


	HNASS	304
A [%]	40-50	50-60
Rm [MPa]	700-800	600-670
Rp02 [MPa]	400-450	260-300
HRB	80-85	75-85



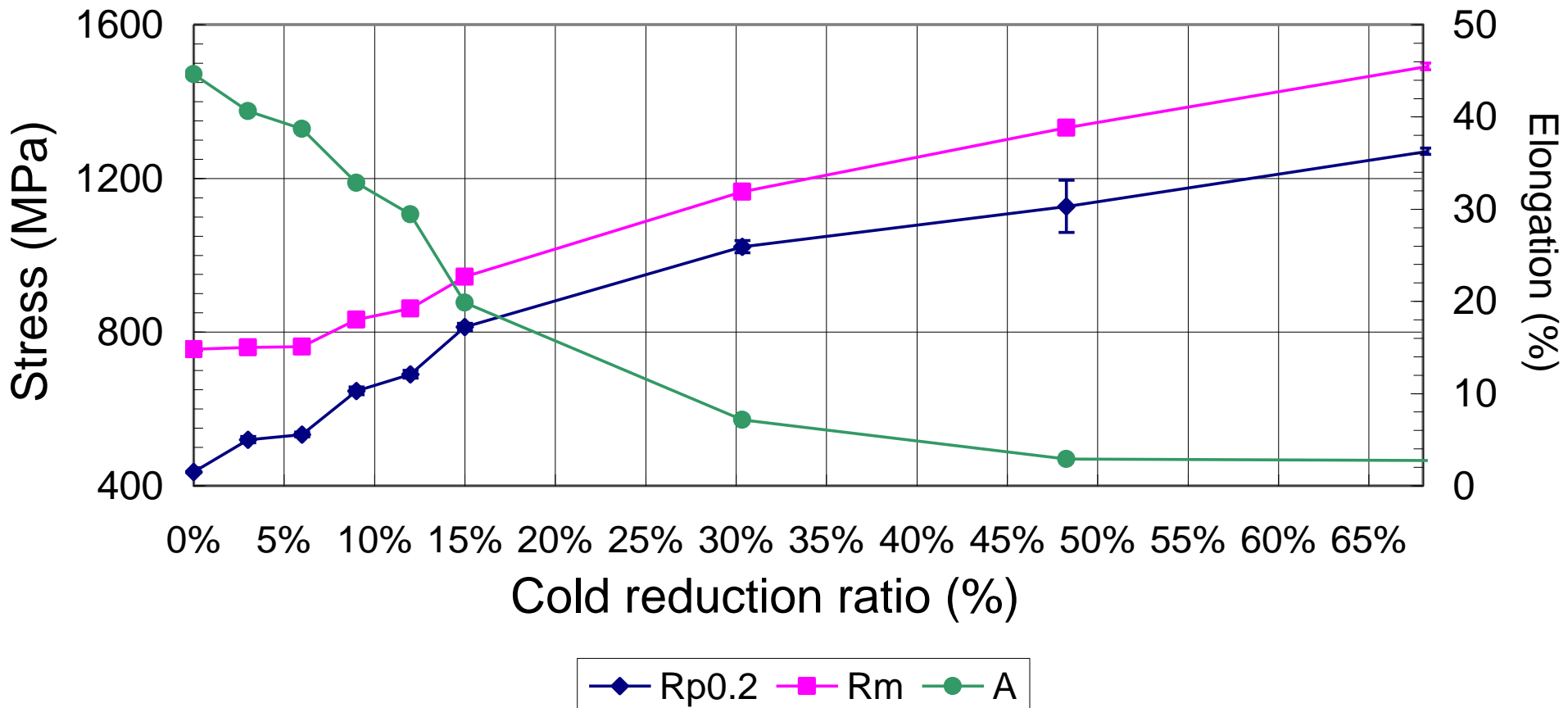


• Risultati





• Risultati

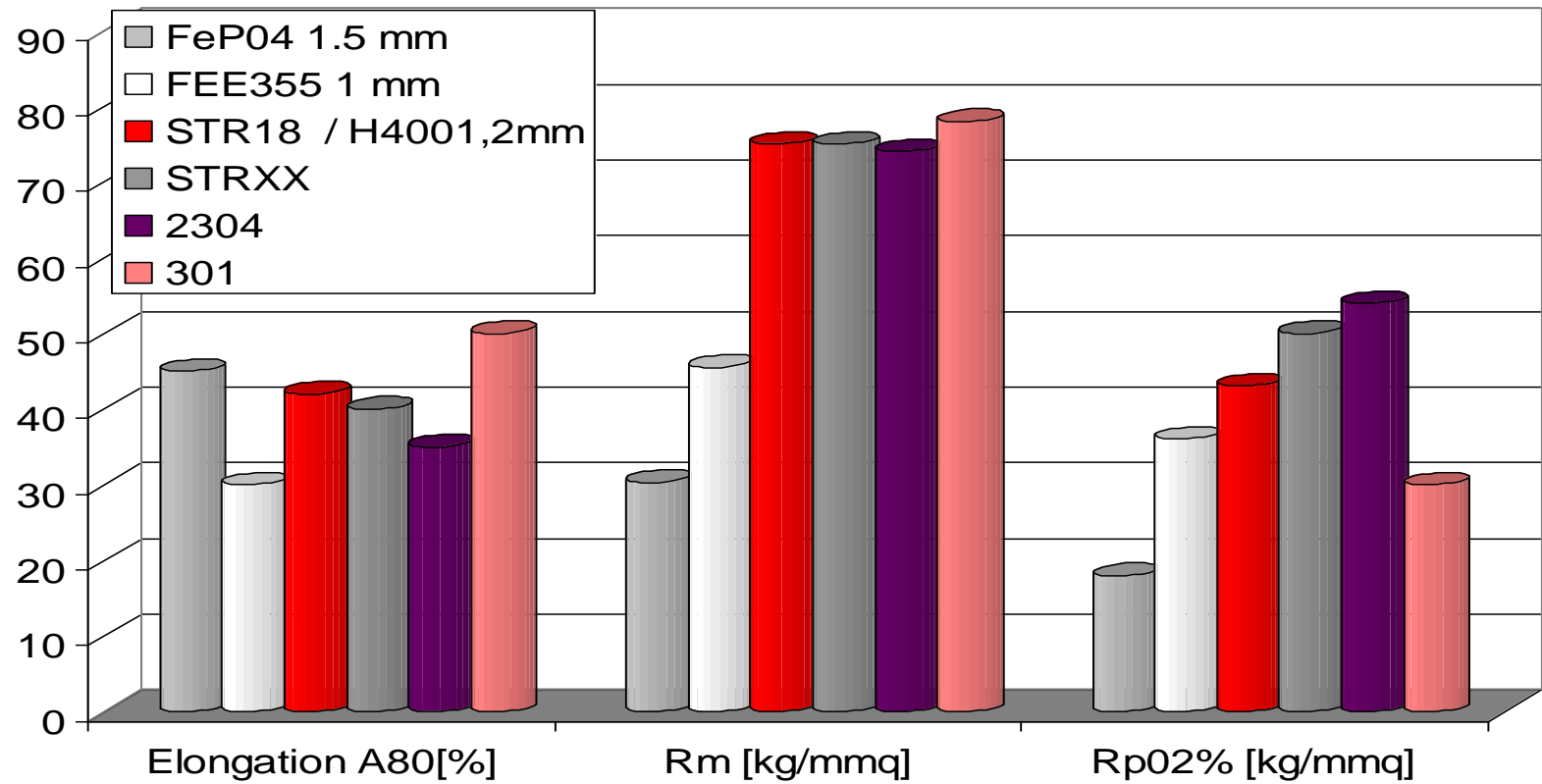


Curve d'incrudimento





• Risultati



Confronto con acciai strutturali al carbonio

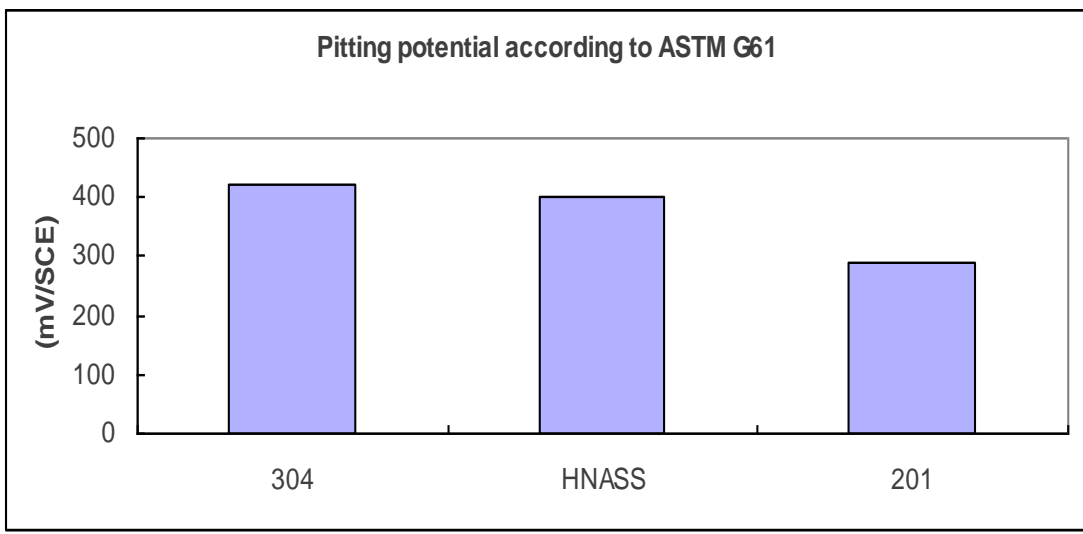




• Risultati

Pitting Corrosion resistance

$$PREN = Cr + 3.3Mo + 16N$$



HNASS prima e dopo un anno d'esposizione



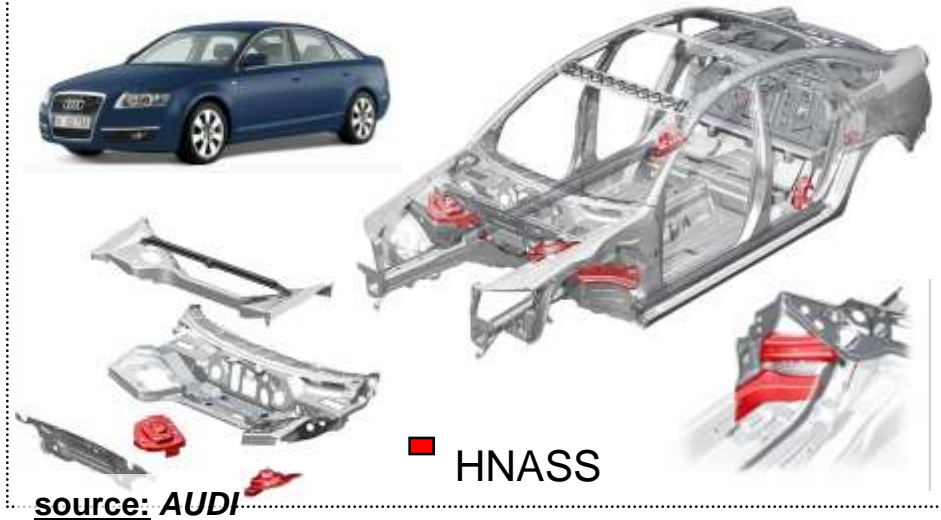


• Applicazioni

**Front Subframe Audi
A8 of HNAS**



AUDI A6 with components made of HNAS



Supplier: Benteler Automotive





- Applicazioni

Porsche Carrera GT with crash components of HNASS

Energy absorbing
Crash components
in the front area



Energy absorbing
Crash components
in the back area

Material	Duplex Stainless Steel (1)	STR18 Structural Austenitic Stainless Steel					6061 Aluminium Alloy		Carbon High Strength Steel (HSLA)
		Annealed	CR 6 (2)	CR 9 (3)	CR 12 (4)	CR 15 (5)	T4 (6)	T6 (7)	
Density (g/cm^3)	7,80	7,90	7,90	7,90	7,90	7,90	2,70	2,70	7,83
Density relative to steel	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,35	0,35	1,00
Strength $R_{p0.2}$ (N/mm^2)	640	450	533	647	690	813	145	275	410
Tensile Strength R_m (N/mm^2)	850	750	762	833	861	944	240	310	480
Specific Strength $R_p /$ (N/mm^2 $/g/cm^3$)	82,1	57,0	67,5	81,9	87,3	102,9	53,7	101,9	52,4
Strength relative to HSLA Steel	1,57	1,09	1,29	1,56	1,67	1,97	1,03	1,95	1,00
Elongation (%)	35,00	45,00	39,00	33,00	29,4	20	15,00	8,00	22,00
Elongation with respect to HSS	1,59	2,05	1,77	1,50	1,34	0,91	0,68	0,36	1,00
Young's Modulus E (kN/mm^2)	200	200	200	200	200	200	70	70	200
Specific Stiffness $E /$	26	25	25	25	25	25	26	26	26

1: in the solution annealed condition

2: in the cold worked condition with a 6% cold reduction ratio

3: in the cold worked condition with a 9% cold reduction ratio

4: in the cold worked condition with a 12% cold reduction ratio

5: in the cold worked condition with a 15% cold reduction ratio

6: the T4 temper is solution heat treated at 503° C and then water quenched

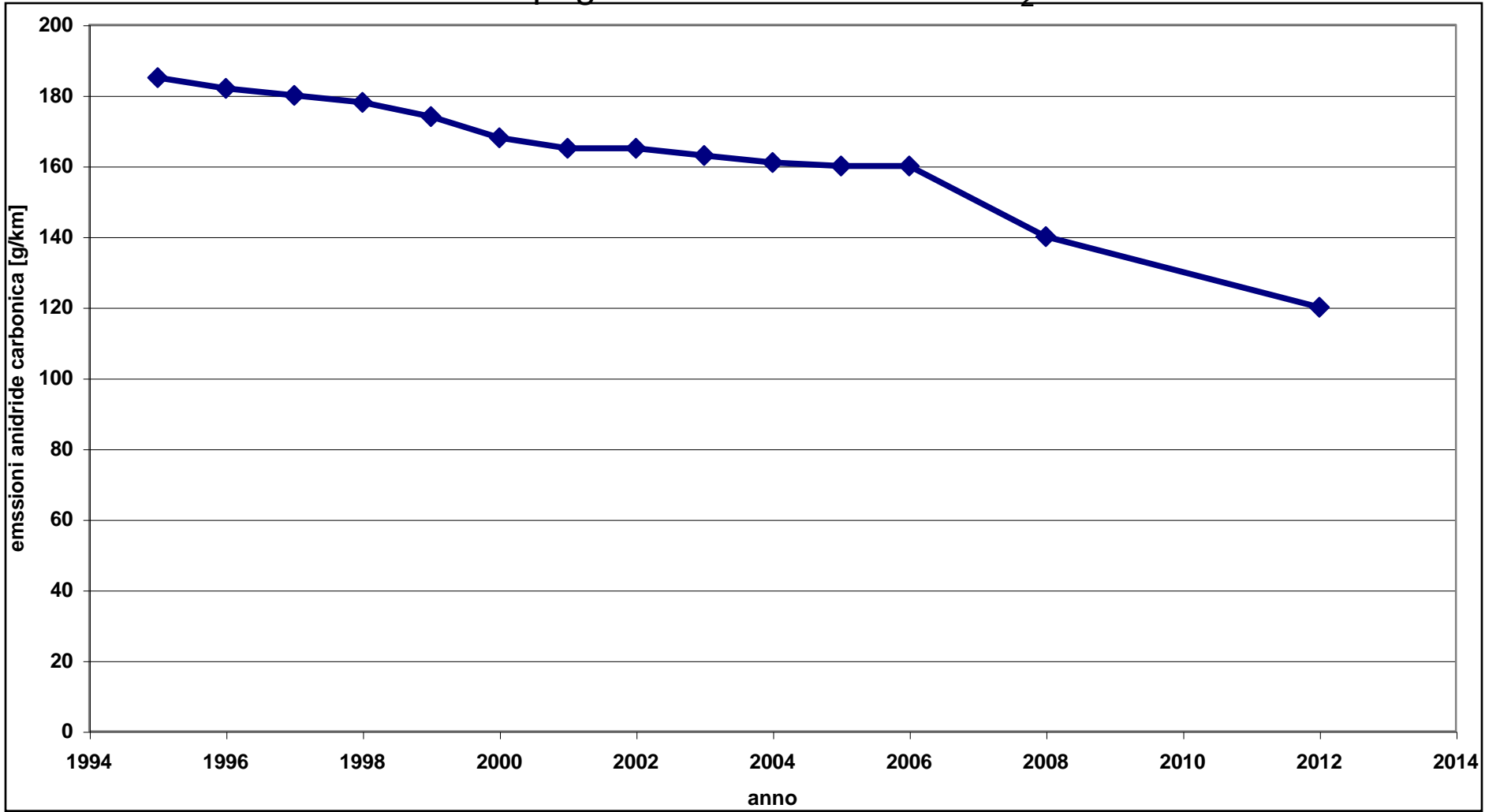
7: the T6 temper is precipitation heat treated at 160° C for 18 hours, or is heated at 180° C for 8 hours and then air cooled

- Non confondere materiali leggeri con strutture leggere!!!





Impegni ACEA su emissioni CO₂



• Conclusioni

- *Acciai innovativi del tipo HNASS sviluppati e industrializzati (brevetto)*
- *Industrializzazione sulla base di modelli microstrutturali teorici*
- *Ottenute proprietà meccaniche in linea o superiori con acciai strutturali*
- *Resistenza a corrosione comparabile col grado austenitico 304 e superiore ai convenzionali inox al Mn in virtù dell'elevato tenore di azoto*
- *Effettuata campagna estensiva di caratterizzazioni per applicazioni severe nei campi del trasporto, costruzioni civili*
- *Co-design di componenti in corso con principali gruppi del settore*
- *Penetrazione del mercato legata ancora all'alta gamma*



GRAZIE PER L'ATTENZIONE!!

andrea.bruno@thyssenkrupp.com

