

Presentazione di supporto per i
docenti di Architettura e Ingegneria
civile

Capitolo 04

Cosa sono gli acciai inossidabili?

Video



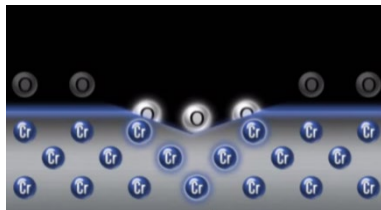
L'acciaio inossidabile compie 100 anni

<https://youtu.be/E-GcuxtWcnc>



Legato per un valore che dura nel tempo

<https://youtu.be/wzgE9WITqwx>

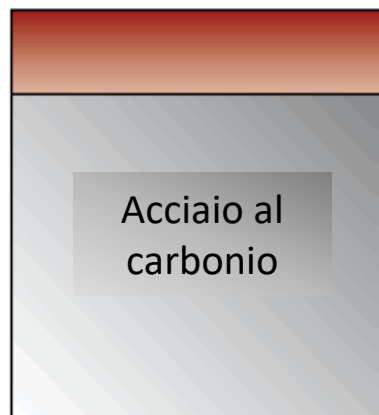


Autoriparante, per un valore che dura nel tempo

<https://youtu.be/LdrK365xiJM>

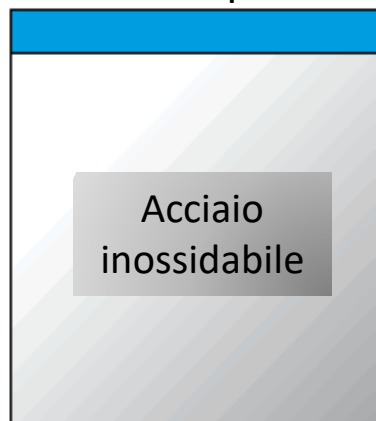
Gli acciai inossidabili sono leghe a base di ferro contenenti almeno il 10,5% di cromo

Ossido superficiale (ruggine) > 20µm di spessore



< 10,5 % cromo

Pellicola passiva superficiale ~ 2nm di spessore

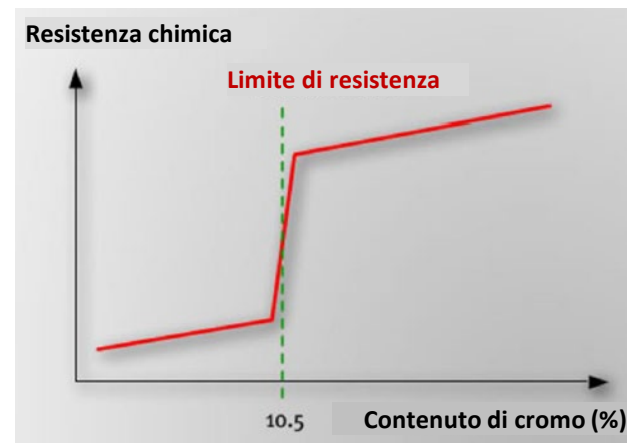


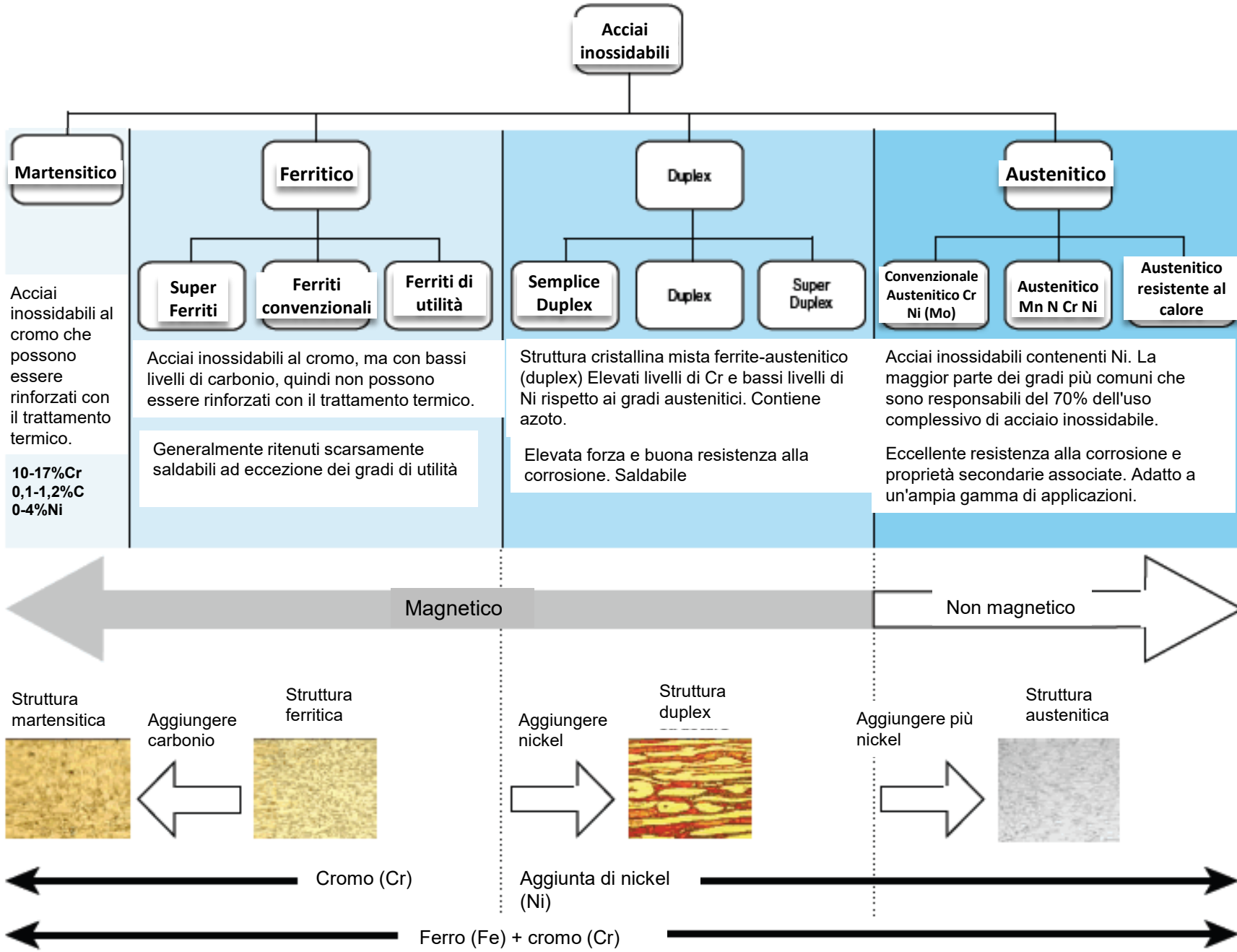
> 10,5 % cromo

➔ **la resistenza alla corrosione**

La pellicola passiva si forma in pochi minuti

L'aumento del contenuto di Cr intensifica l'efficacia della pellicola passiva... ma ci sono altri fattori importanti che influenzano la resistenza alla corrosione (vedere capitolo 5)





Gradi Cr-Ni (austenitici)⁴

Sottogruppi:

▪ Cr-Ni	Normalmente EN 1.4301/AISI 304	Cr: 18	Ni: 9	Fe: equilibrio
▪ Cr-Ni-Mo	Normalmente EN 1.4401/AISI 316	Cr: 18	Ni 10 Mo: 2.5	Fe: equilibrio

Proprietà comuni:

- ottima resistenza alla corrosione, direttamente proporzionale al contenuto in lega
- ... ma possono essere soggetti a rottura da tensocorrosione (stress-corrosion cracking, SCC) in ambiente con cloro (ad es. piscine)
- Elevata duttilità e resistenza all'urto a qualsiasi temperatura (comprese quelle molto basse)
- La resistenza può essere incrementata con la lavorazione a freddo (ma non con il trattamento a caldo)
- Ottima resistenza al fuoco
- Ottime proprietà di sagomatura a caldo e a freddo (duttilità, allungamento)
- Facile da saldare (TIG, MIG)

I più conosciuti e i più utilizzati ancora oggi

Codice colore:

▪ Resistenza alla corrosione

▪ Caratteristiche meccaniche

▪ Fabbricazione

Gradi Cr-Mn (austenitici con manganese)⁵

Grado tipico:

- | | | | | | | |
|--------------|-----------------------------------|--------|-------|-------|--------|----------------|
| ▪ Cr-Mn-Ni-N | Normalmente EN
1.4372/AISI 201 | Cr: 17 | Mn: 7 | Ni: 4 | N:0.15 | Fe: equilibrio |
|--------------|-----------------------------------|--------|-------|-------|--------|----------------|

Proprietà comuni:

- minore resistenza alla corrosione
- ... ma di gran lunga più soggetto a SCC e a pitting (puntinatura), in particolare con bassi livelli di Ni e Cr
- Resistenza maggiore
- Scarse proprietà di sagomatura a freddo a causa dell'elevato indurimento da lavorazione
- Scarsa lavorabilità alla macchina
- Più difficili da saldare
- Costano meno degli austenitici Cr-Ni ... ma più dei ferritici Cr

Utilizzati
prevalentemente
in India e Cina

Codice
colore:

▪ Resistenza alla
corrosione

▪ Caratteristiche
meccaniche

▪ Fabbricazione

Gradi Cr (ferritici)⁶

Sottogruppi:

▪ Cr	Normalmente EN 1.4016/AISI 430	Cr: 17	Fe: equilibrio
▪ Cr-Mo	Normalmente EN1.4521/AISI 444	Cr: 18 Mo: 2 Ti+Ni: 0.4	Fe: equilibrio

Proprietà comuni:

- insensibili alla rottura da tensocorrosione
- Buona duttilità (minore, comunque, rispetto ai gradi austenitici)
- Non adatti per l'uso a temperature molto basse
- La resistenza può essere alquanto incrementata con la lavorazione a freddo (ma non con il trattamento a caldo)
- Ottime proprietà di sagomatura a caldo: (meno ritorno elastico, minore usura degli utensili ma il minore allungamento richiede un processo di imbutitura profondamente diverso rispetto agli austenitici)
- I gradi stabilizzati (ossia con Nb e/o Ti) sono facili da saldare (TIG, MIG)

Offrono un ottimo rapporto costo/prestazioni per molte applicazioni e sono sempre più utilizzati

Codice colore:

▪ Resistenza alla corrosione

▪ Caratteristiche meccaniche

▪ Fabbricazione

Gradi Cr (martensitici)⁷

Sottogruppi:

▪ C-Cr	Normalmente EN1.4021/AISI 420	Cr: 13	C:0.2	Fe: equilibrio
▪ C-Cr-Ni	Normalmente EN1.4057/AISI431	Cr: 16	Ni: 2 C: 0.2	Fe: equilibrio
▪ Indurenti per precipitazione	Normalmente EN1.4542/AISI630	Cr: 17	Ni: 4 Cu:4	Fe: equilibrio

Proprietà comuni:

- Discreta-buona resistenza alla corrosione, direttamente proporzionale al contenuto in lega
- Resistenza elevata ottenuta col trattamento a caldo (non con la lavorazione a freddo). Allungamento limitato.
- Non adatti per l'uso a temperature molto basse
- Non adatti per la sagomatura, spesso processati con la lavorazione meccanica
- Possono essere saldati (TIG, MIG), ma di solito richiedono un trattamento a caldo post-saldatura

Sono utilizzati come acciai per costruzioni meccaniche con resistenza alla corrosione

Codice colore:

▪ Resistenza alla corrosione

▪ Caratteristiche meccaniche

▪ Fabbricazione

Duplex (austenitici-ferritici)⁸

Sottogruppi:

▪ Cr-Ni	Normalmente EN1.4362	Cr: 23 Ni: 4	Fe: equilibrio
▪ Cr-Ni-Mo	Normalmente EN1.4462	Cr: 22 Ni: 5 Mo: 3	Fe: equilibrio

Proprietà comuni:

- eccellente resistenza alla corrosione, direttamente proporzionale al contenuto in lega
- Insensibili alla rottura da tensocorrosione
- Elevata resistenza, buona duttilità
- La resistenza può essere incrementata con la lavorazione a freddo (ma non con il trattamento a caldo)
- Ottime proprietà di sagomatura a caldo e a freddo (duttilità, allungamento)
- Saldabili (TIG, MIG)

Offrono la miglior
combinazione di
proprietà meccaniche
e di resistenza alla
corrosione

Codice
colore:

▪ Resistenza alla
corrosione

▪ Caratteristiche
meccaniche

▪ Fabbricazione

Proprietà fisiche^{9, 10}

Materiali	Modulo di elasticità Gpa	Coefficiente di dilatazione termica 10^{-6}K^{-1}	Conducibilità termica $\text{W m}^{-1} \text{K}^{-1}$	Ferromagnetismo	Densità Kg/dm^3
Austenitici Cr-Ni	210	18	15	No	7.8
Austenitici Cr-Mn	210	17	15	No	7.8
Ferritici Cr	220	11	23	Sì	7.7
Cr-Ni (Mo)-N duplex	210	14	15	Intermedio	7.8
Martensitici Cr-C	215	11	30	Sì	7.7
Acciaio al carbonio	210	12	18	Sì	7.8
Rame	135	17	380	No	8.3
Alluminio	70	22	230	No	2.7
Vetro	65	9	1,7	No	2.5
Calcestruzzo	48	10	1	No	2.5

Norme sugli acciai inossidabili

Principali norme mondiali:

ISO



EN



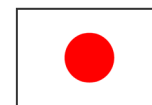
ASTM/AISI



UNS



JIS



Note:

La maggior parte dei paesi fa riferimento alle norme sopra indicate, che sono ampiamente accettate.

Molti dei gradi sono simili in tutte le norme sopra indicate.

Elenco delle norme americane: rif. 11

Elenco delle norme europee: rif. 12

Sono disponibili le tabelle di corrispondenza: rif. 13 - 15

Principali gradi in architettura, edilizia e costruzione: EN 10088-4 (per lamiere/nastri)^{16, 17}

Grado	ASTM UNS	C Wt%	Cr Wt%	Ni Wt%	Mo Wt%	Altro Wt%	Uso tipico ^{3,4}
4003	S40977	0,02	11,5	0,5	-	-	ambienti interni riscaldati e non riscaldati
4016	430	0,04	16,5	-	-	-	rivestimenti decorativi per interni
4509	S43932	0,02	18	-	-	Nb Ti	Copertura interna del tetto e prodotti per acqua piovana - spesso rivestiti con stagno per patina
4510	439	0,02	17	-	-	Ti	
4521	444	0,02	17,8	-	2,1	Ti	mercato nazionale delle tubazioni
4301	304	0,04	18,1	8,1	-	-	Costruzione di interni ed esterni in atmosfere industriali normali lontane dalla costa
4307	304L	0,02	18,1	8,1	-	-	
4306	304L	0,02	18,2	10,1	-	-	
4401	316	0,04	17,2	10,1	2,1	-	Applicazioni umide in modo permanente, località in atmosfera costiera, ambienti industriali inquinati o vicino alle strade dove i sali antighiaccio possono costituire un problema
4404	316L	0,02	17,2	10,1	2,1	-	
4571	316Ti	0,04	16,8	10,9	2,1	Ti	
4529	N08926	0,01	20,5	24,8	6,5	N, Cu	gallerie stradali e piscine coperte
4547		0,01	20,0	18,0	6,1	N, Cu	
	S31254						

Principali gradi in architettura, edilizia e costruzione: EN 10088-5(per barre/fili/profilati)¹⁸

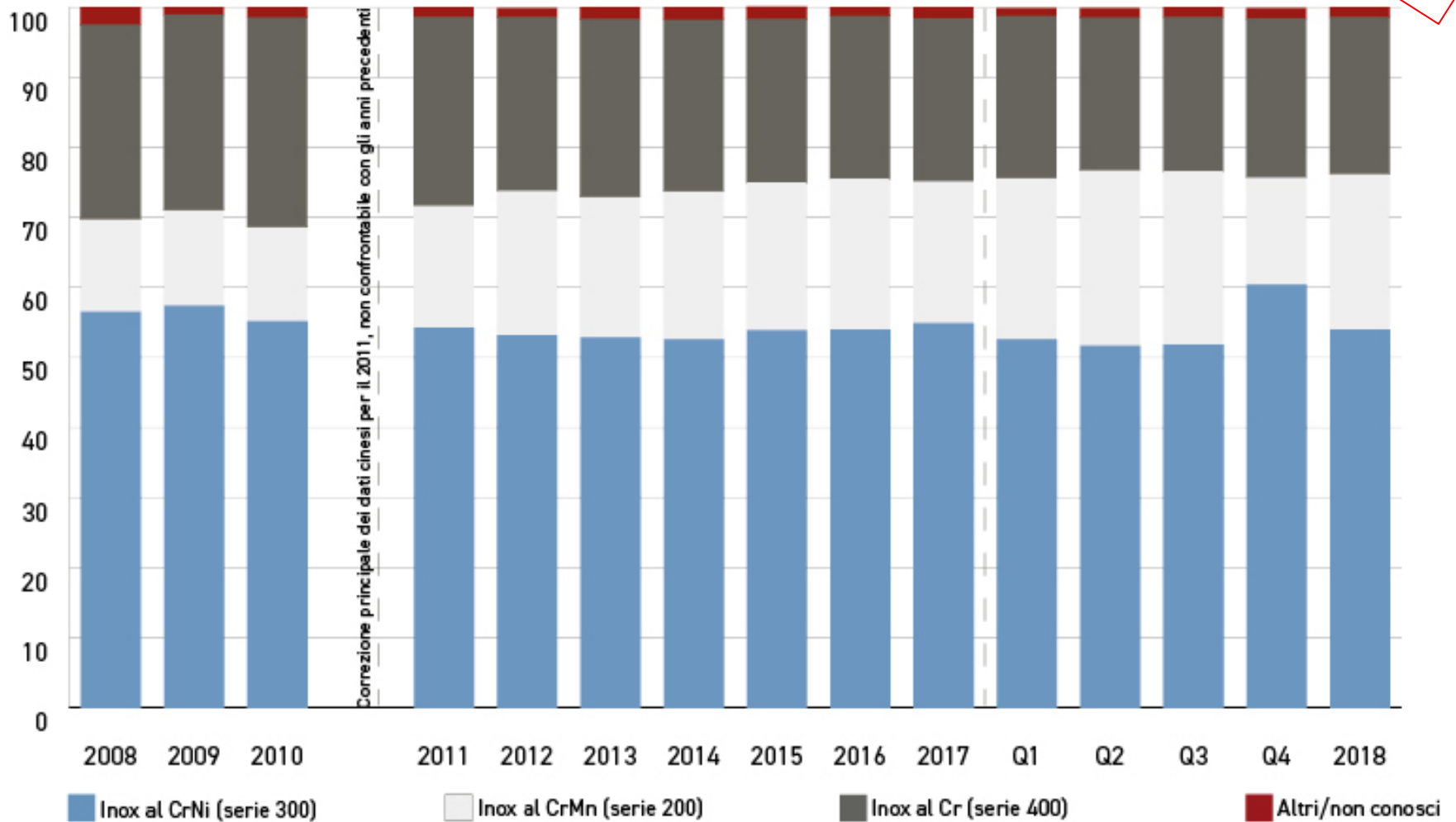
Grado	ASTM UNS	C Wt%	Cr Wt%	Ni Wt%	Mo Wt%	Altro Wt%	Uso tipico ⁶
4003	S40977	0,02	11,5	0,5	-	-	
4016	430	0,04	16,5	-	-	-	Ganci per tegole
4542	630	0,04	16,0	4,0		Cu,Nb	Barre di ancoraggio
4301	304	0,04	18,1	8,1	-	-	Armatura Dispositivi di fissaggio A2
4307	304L	0,02	18,1	8,1	-	-	
4311	304N	0,02	18,1	8,6	-	N	
4567	304Cu	0,02	17,1	8,6	-	Cu	
4401	316	0,05	16,6	10,1	2,1	-	Costruzione di interni ed esterni in atmosfere industriali normali lontane dalla costa, Armatura
4404	316L	0,02	16,6	10,1	2,1	-	
4429	« 316LN »	0,02	16,6	11,1	2,6	N	
4529	« 926 »	0,01	20,5	24,8	6,5	N, Cu	Gallerie stradali e piscine coperte
4547	S31254	0,01	20,0	18,0	6,1	N, Cu	
4362	S32304	0,02	22,5	3,6	0,3	N, Cu	Armatura e componenti meccanici
4462	S32205	0,02	21,5	4,6	2,8	N	Armatura e componenti meccanici

Dettaglio della produzione di acciaio inossidabile nel mondo per famiglia



Dettaglio della produzione mondiale per famiglia¹⁹

AGGIORNATO
AL 2019 !

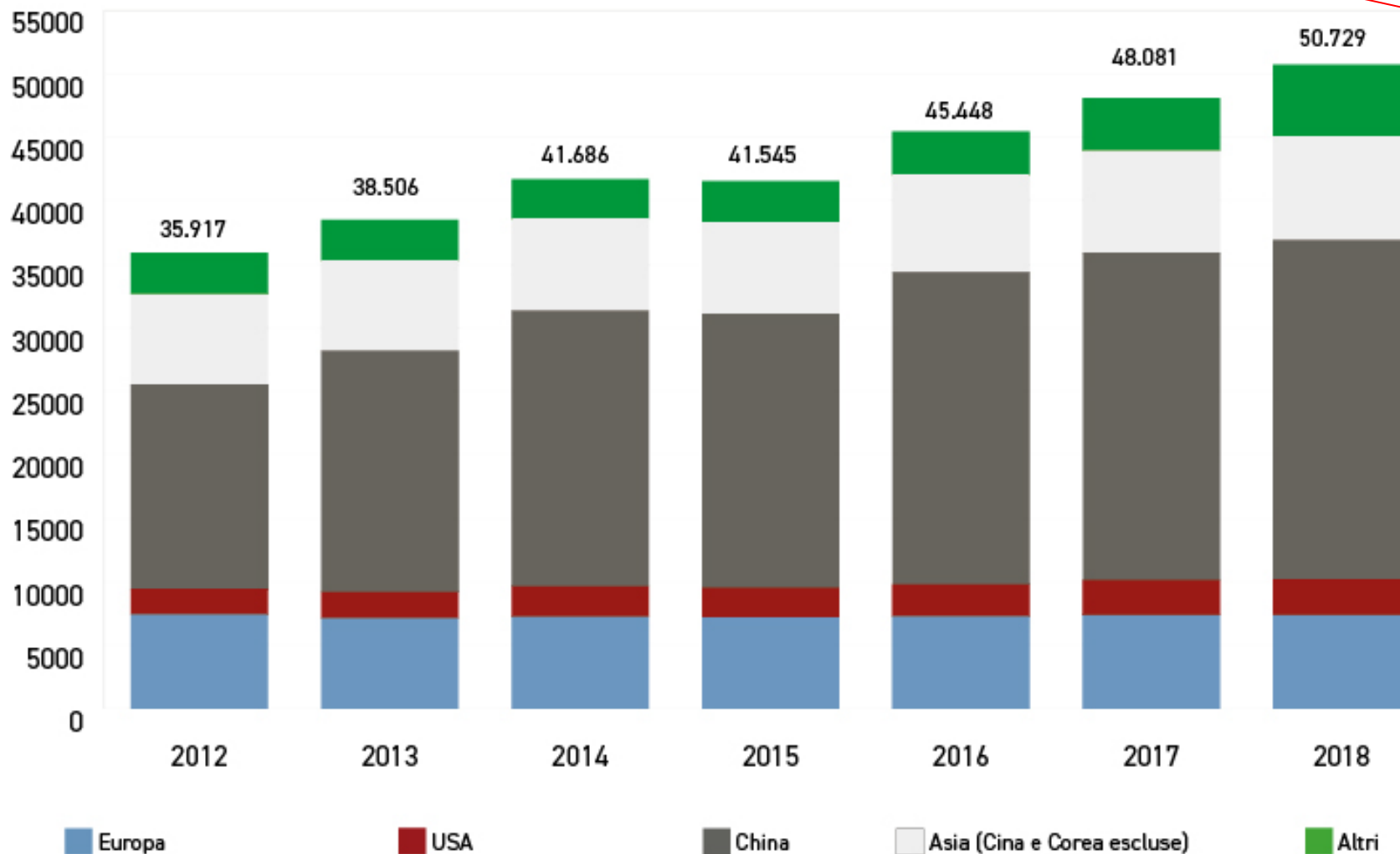


I prezzi elevati Ni favoriscono la sostituzione dei gradi popolari CrNi con i gradi Cr-Mn o Cr
I gradi duplex sono marginali oggi, ci si aspetta una crescita in futuro

Produzione di acciaio inossidabile da acciaieria (slebi/lingotti) per regione in migliaia di tonnellate.

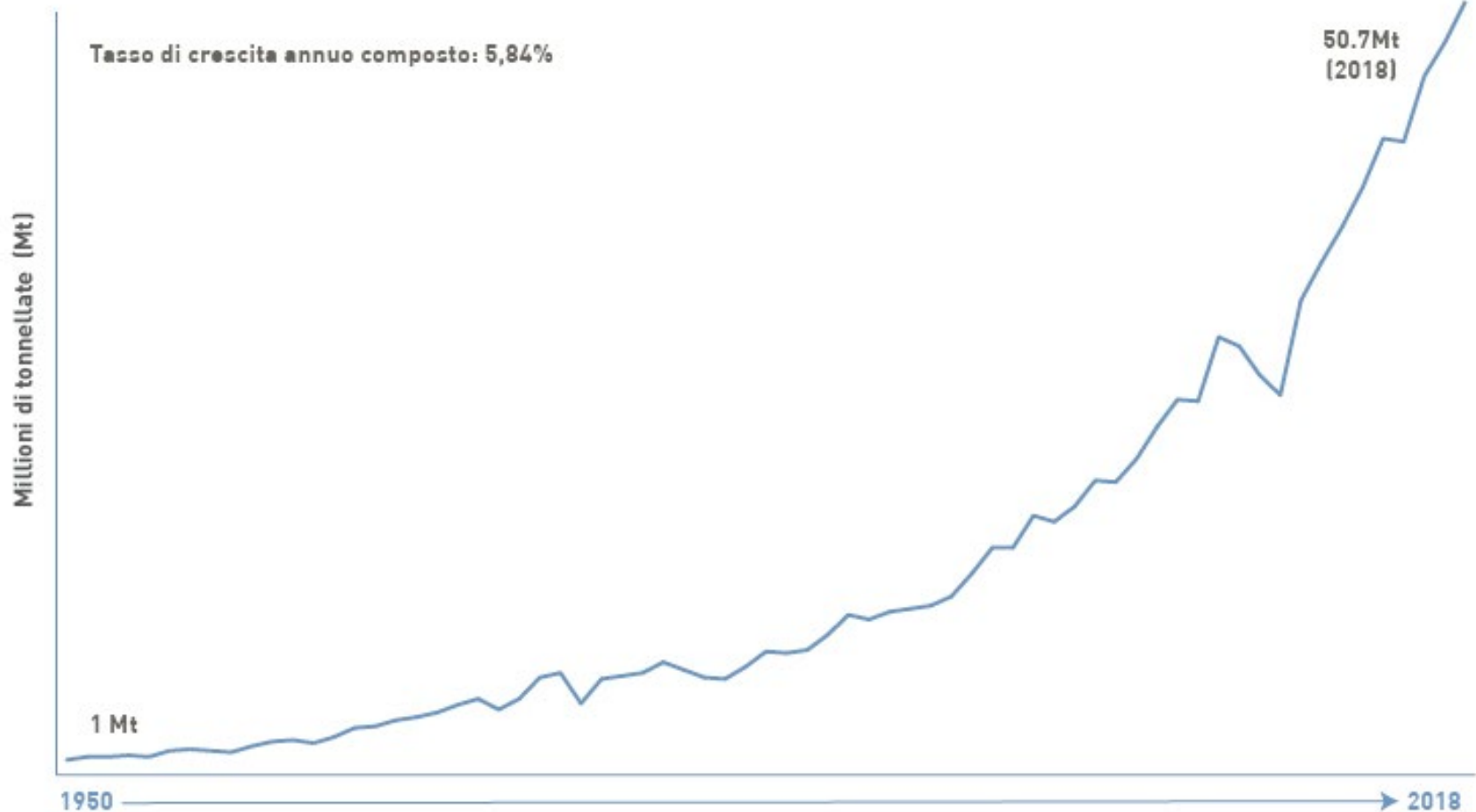
Produzione di acciaio inossidabile da acciaieria (slebi/lingotti) per regione in migliaia di tonnellate.
Altri: Brasile, Russia, Sudafrica, Corea del Sud, Indonesia

**UPDATED
2019 !**

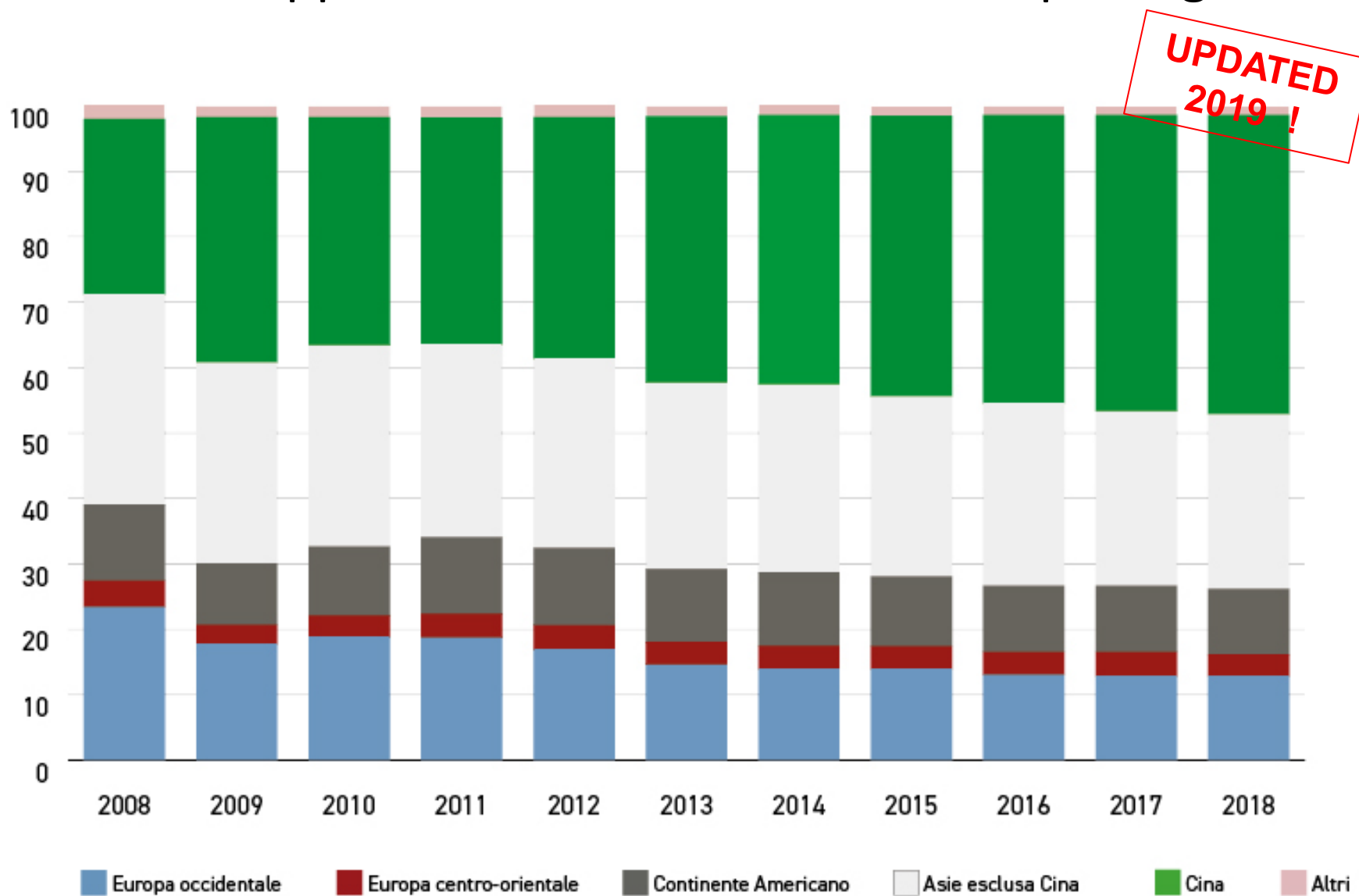


Tasso di crescita annuo composto della produzione di acciaio inossidabile da acciaieria (Milioni di tonnellate)

**UPDATED
2019 !**



Consumo apparente di acciaio inossidabile per regione



Riferimenti (1/2)

1. <http://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/TheStainlessSteelFamily.pdf>
2. D. Peckner Handbook of Stainless Steels Hardcover – June, 1977 ISBN-13: 978-0070491472 ISBN-10: 007049147X
3. http://www.imoa.info/download_files/stainless-steel/Austenitics.pdf
4. New « 200 series steels »: An opportunity or a threat to the image of stainless steel?
https://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/ISSFNew200seriessteelsAnopportunityorathreat_EN.pdf
5. The ferritic solution: http://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/ISSF_The_Ferritic_Solution_English.pdf
6. <http://www.outokumpu.com/en/stainless-steel/about-stainless-steel/stainless-steel-types/pages/default.aspx>
7. Martensitic stainless steels https://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/ISSF_Martensitic_Stainless_Steels.pdf
8. Duplex stainless steels: <https://www.imoa.info/molybdenum-uses/molybdenum-grade-stainless-steels/architecture/structural-duplex-stainless.php?d=1>
9. https://www.nickelinstitute.org/~Media/Files/TechnicalLiterature/CapabilitiesandLimitationsofArchitecturalMetalsandMetalsforCorrosionResistancel_14057a_.pdf
10. https://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/Euro_Inox/Tables_TechnicalProperties_EN.pdf
11. http://www.imoa.info/download_files/stainless-steel/2014-8-Specification-and-Guideline-list.pdf
12. <http://www.bssa.org.uk/topics.php?article=370&featured=1>
13. <https://www.worldstainless.org/about-stainless/what-is-stainless-steel/standards/>

Riferimenti (2/2)

14. Chemical composition of stainless steel flat products for general purposes to EN 10088-2: <http://www.bssa.org.uk/topics.php?article=44>
15. Chemical composition of stainless steel long products for general purposes to EN 10088-3: <http://www.bssa.org.uk/topics.php?article=46>
16. EN 10088-4:2009 Stainless steels. Technical delivery conditions for sheet/plate and strip of corrosion resisting steels for construction purposes www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/Euro_Inox/EN10088-4_EN.pdf
17. Stainless steel flat products for building – the grades in EN 10088-4 explained: https://www.worldstainless.org/files/issf/non-image-files/PDF/Euro_Inox/EN10088-4_EN.pdf
18. EN 10088-5: 2009 Stainless steels. Technical delivery conditions for bars, rods, wire, sections and bright products of corrosion resisting steels for construction purposes.
19. ISSF publication « Stainless Steel in Figures »: https://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/ISSF_Stainless_Steel_in_Figures_2019_English_public_version.pdf

Grazie!