

Presentazione di supporto per i
docenti di Architettura e Ingegneria
civile

Capitolo 03

Perché gli acciai inossidabili?

Introduzione

Principali materiali utilizzati in
architettura, edilizia e costruzione

Utilizzo relativo dei principali materiali per l'edilizia oggi

**AGGIORNATO
AL 2014 !**

| Materiali | Prod. mondiale 2014 * | Densità media | Note |
|---|--------------------------|------------------|--|
| Terra battuta, <i>pisé</i> | nd | | Si utilizzava principalmente per le case tradizionali in Africa. Oggetto di rinnovato interesse per le sue proprietà ambientali |
| Mattoni ² La produzione tradizionale è molto inquinante e nociva per la salute | 4050 | 2,0 | Anno non specificato Di cui l'87% in Asia |
| Cemento ³ | 4300 | 2,4** | (per ottenere il valore del calcestruzzo moltiplicare per 3-4) **Densità del calcestruzzo |
| Acciaio ^{4a} | 1670 | 7,8 | (Produzione di acciaio grezzo) 14% destinato alle infrastrutture - la metà come armatura ¹⁰ 42% finisce negli edifici ¹² |
| Ghisa e acciaio ^{4b} | 85 | 7,8 | Dati del 2013 Di cui 48 ghisa grigia, 25 ferro dolce, 1 ferro malleabile, 11 acciaio |
| Legno ⁵ La deforestazione continua a guadagnare terreno | 823 | 0,55 | Legno segato+pannelli a base di legno Escludendo il legno per la carta (circa 400) Escludendo il legno per la combustione (circa 1024) |
| Polimeri artificiali ⁶ | 260 | 1,1 | Alcuni polimeri naturali: cellulosa, gomma, seta, chitina |
| Vetro artificiale ⁷ | 65 | 2,6 | Solo vetro piatto Altri mercati principali: vetro per il settore automobilistico e per l'energia solare |
| Alluminio ⁸ | 53 | 2,7 | (Produzione di alluminio primario) Il 24% è destinato alla costruzione ¹⁰ |
| Acciaio inossidabile ⁹ | 42 | 7,8 | Il 17% è destinato alla costruzione ¹¹ |

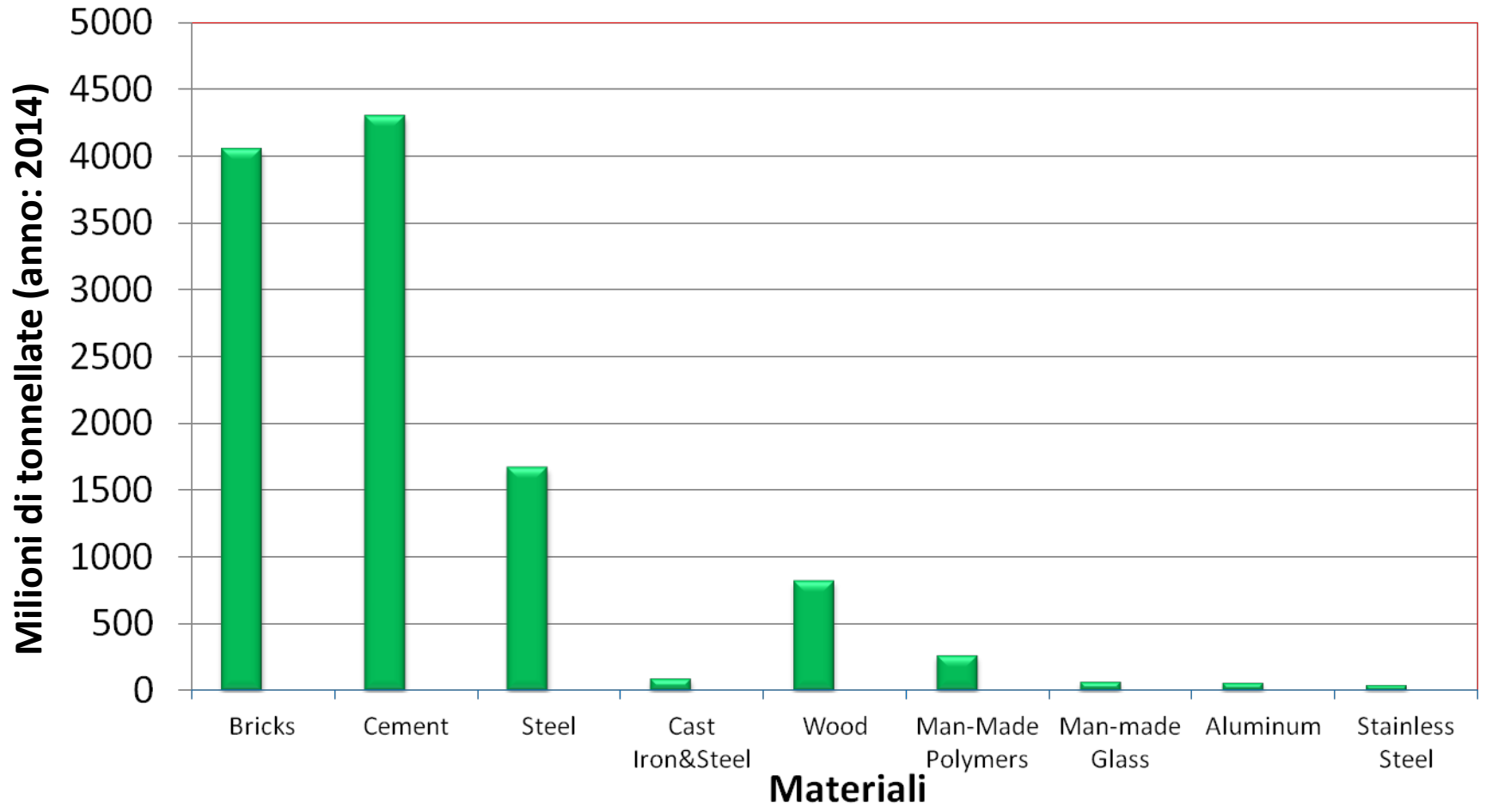
nd: non disponibile

* in milioni di tonnellate metriche

Utilizzo relativo dei principali materiali per l'edilizia oggi:

AGGIORNATO AL 2015 !

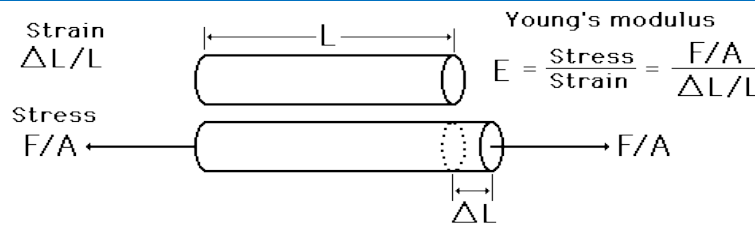
istogramma



Modulo di Young (E) dei vari materiali¹² (rigidità)

| Materiale | Modulo di Young (E) (GPa) |
|---------------------|---------------------------|
| Acciai | ~210 |
| Acciai inossidabili | ~210 |
| Leghe di rame | ~130 |
| Leghe di titanio | ~100 |
| Leghe di alluminio | ~70 |
| Calcestruzzo | ~40 |
| Legno | ~10 |
| Plastiche | ~4 |

Gli acciai inossidabili sono rigidi come l'acciaio



Rapporto resistenza/peso¹³ dei metalli architettonici

Gli acciai inossidabili offrono un rapporto resistenza/peso paragonabile a quello degli acciai e delle leghe di Al

| Materiale | Resistenza (YS)/peso specifico | Snervamento, sollecitazione, Mpa | Resistenza alla rottura per trazione, Mpa | Peso specifico (Kg/dm ³) | Allungamento min., % |
|---|--------------------------------|----------------------------------|---|--------------------------------------|----------------------|
| Acciaio inossidabile 304 o 316, ricotto | 26 | 205 | 515 | 7,8 | 35 |
| Acciaio inossidabile 304 o 316, incrudito CP 350 | 45 | 350 | - | 7,8 | - |
| Acciaio inossidabile 304 o 316, incrudito CP 500 | 62 | 480 | - | 7,8 | - |
| Duplex 2205 | 64 | 500 | 700/950 | 7,8 | 20 |
| Acciaio inossidabile, invecchiato | 103 | 800 | 950/1150 | 7,8 | 10 |
| Foglio commerciale in acciaio C, laminato a caldo | 30 | 234 | 317 | 7,8 | 35 |
| Acciaio strutturale (lamiera e barra) | 32 | 250 | 400/550 | 7,8 | 23 |
| Acciaio HSLA | 49 | 380 | 460 | 7,8 | 25 |
| Acciaio per costruzioni meccaniche 4140 Q&T | 96 | 750 | 930/1080 | 7,8 | 12 |
| Lega di alluminio 3003- H14 | 37 | 145 | 150 | 3,9 | 40 |
| Lega di alluminio 3105- H14 | 38 | 150 | 170 | 3,9 | 5 |
| Lega di alluminio 5005- H16 | 44 | 170 | 180 | 3,9 | 5 |
| Lega di alluminio 6061- T6 | 71 | 275 | 310 | 3,9 | 12 |
| Lega di alluminio 6063- T5 | 37 | 145 | 185 | 3,9 | 12 |
| Rame | 23 | 195 | 250 | 8,3 | 30 |

Panoramica semplificata di diversi materiali¹⁴

| | | Acciai inossidabili | | | Rame | Alluminio | Acciaio al carbonio | Plastiche |
|------------|----------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------|-----------|---------------------|--------------|
| Proprietà | | EN 1.4521 AISI 444 | EN 1.4301 AISI 304 | EN 1.4401 AISI 316 | | | | |
| Fisiche | Densità | - | - | - | -- | + | - | +++ |
| | Dilatazione lineare | ++ | 0 | 0 | 0 | - | + | -- |
| | Conducibilità elettrica | -- | - | - | +++ | ++ | 0 | --- |
| | Ferromagnetismo | Sì | NO | NO | NO | NO | Sì | NO |
| Meccaniche | Rigidità (mod. di Young) | +++ | +++ | +++ | + | - | +++ | --- |
| | Trazione | + | ++ | ++ | 0 | - | + / ++ | -- |
| | Allungamento | + | +++ | +++ | +++ | ++ | 0 | -- / ++ + |
| Altre | Fabbricazione | ++ | ++ | ++ | + | 0 | ++ | - |
| | Alte temperature | ++ | ++ | +++ | 0 | - | + | --- |
| | Basse temperature | - | +++ | +++ | + | 0 | - | - |
| | Resistenza alla corrosione | +++ | +++ | ++++ | ++ | + | -- | + |

Simboli **+** Vantaggio **-** Difetto (rispetto ad altri materiali)

L'acciaio inossidabile resta un
materiale «giovane»

Nel corso della storia sono comparsi nuovi materiali

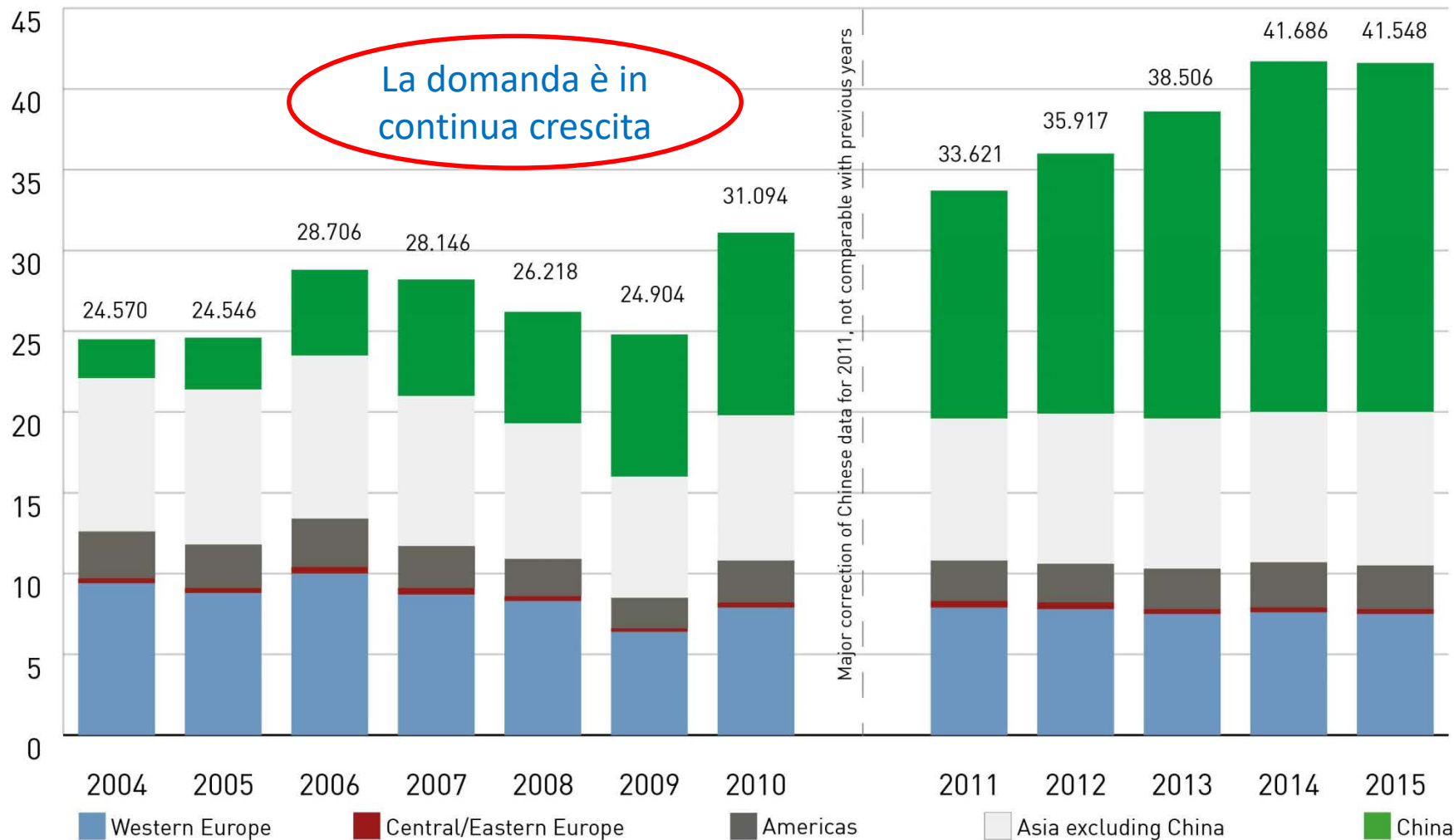
L'acciaio inossidabile è il più recente*

| Materiali | Periodo | |
|------------------------------------|-------------------------------|---|
| Terra battuta, <i>pisé</i> | | Si utilizza dall'alba dell'umanità! |
| Legno ¹⁵ | | Si utilizza dall'alba dell'umanità! |
| Mattoni ¹⁵ | 7500 a.C. 4500 a.C. | Mattoni in cotto/ceramica |
| Acciaio ¹⁵ | 4000 a.C. 1858 | Laboratori di fabbri Processo Bessemer |
| Vetro artificiale ¹⁵ | 3500 a.C. 100 a.C. 1950 | Prima produzione del vetro Vetro bianco Processo Pilkington (vetro float) |
| Alluminio ¹⁵ | 1825 1886 | Oersted scopre l'alluminio Processo Hall-Heroult |
| Cemento armato ¹⁵ | 1850 1885 | Ma il cemento è più antico Processo Rotary Kiln |
| Polimeri artificiali ¹⁵ | 1846 1907 1939 | Celluloide Bachelite Nylon |
| Acciaio inossidabile ² | 1912-1913 1954 1955 | Prime leghe Processo AOD Laminazione di strisce a caldo |

* Esistono materiali più moderni, ovviamente, ma non sono utilizzati in quantità significative

Produzione mondiale di acciaio inossidabile per aree¹

AGGIORNATO
AL 2016 !



Perché l'acciaio inossidabile?

Per una serie di proprietà straordinarie

1. **Resistenza alla corrosione** (vedere capitolo 3)
 - In tutti gli ambienti: dai tropici ai poli, dal mare al deserto, inquinato o no...
 - Autopassivante, diversamente dai rivestimenti
2. **Dura per sempre** con poca o zero manutenzione
3. **Ampia gamma di proprietà meccaniche** garantite da diverse famiglie di acciai inossidabili (austenitici Cr-Ni – austenitici Cr-Mn – ferritici Cr – duplex – martensitici Cr C) e ora integrati nei principali regolamenti edilizi. A ciò si aggiunge un'eccellente resistenza al fuoco (vedere capitoli 4 e 5)
4. **Qualità estetiche**: ampia selezione di finiture superficiali disponibili a colori (vedere capitolo 6). A ciò si aggiunge la resistenza ai danni nelle aree pubbliche
5. **Facilità di fabbricazione/unione** (vedere capitolo 7)
6. **Eccellente sostenibilità** (vedere capitolo 9)
 - permette una lunga durata in servizio con poca o zero manutenzione,
 - 100% riciclabile (e più dell'85% riciclato) a fine vita in acciaio inossidabile senza perdita delle proprietà
7. **Sicuro e igienico**: inerte, senza contaminazione, facile da pulire e disinfettare
8. **Proprietà specifiche**: magnetico/non magnetico,

Che cosa limita l'utilizzo di acciai inossidabili: il prezzo

Gli acciai inossidabili sono costosi: Vero? O falso?

Risposta: **Sì** e **No**

Sì:

Se il costo iniziale del materiale è l'unica cosa importante (di solito a causa di fondi limitati...)

Ma poi una cattiva scelta può rivelarsi molto costosa:

- L'acciaio inossidabile costituisce di solito una piccola parte del progetto
- Interventi di riparazione e manutenzione intempestivi possono aggiungere costi diretti e indiretti enormi

No:

se

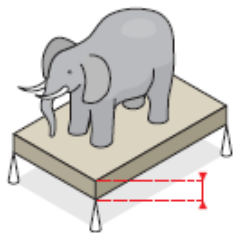
- viene tenuto conto del costo del ciclo di vita (il costo «reale»), ossia se nel calcolo sono inclusi manutenzione, durata in servizio e problemi di riciclaggio*
- il design è ottimizzato: fogli sottili, profilati in forme complesse possono produrre strutture forti, rigide che impiegano poco materiale.

*Nel miglior interesse del proprietario è sempre preferibile fare scelte basate sull'analisi del costo del ciclo di vita

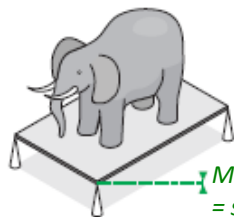
L'acciaio inossidabile (e altri metalli) usano poco materiale¹⁶

FARE DI PIÙ CON MENO

Grazie alla loro forza elevata, i metalli possono sostenere carichi elevati con meno materiale o essere utilizzati per rinforzare altri materiali.



materiale non metallico

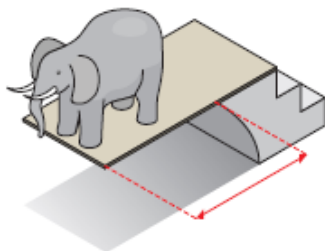


Meno materiale
= spessore
ridotto

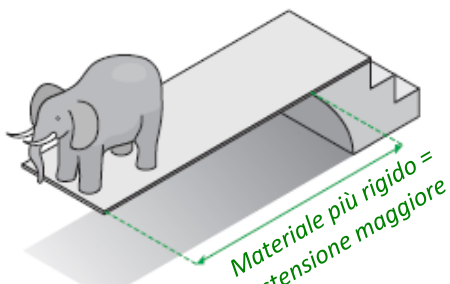
metallo

LIBERTÀ PER I DESIGNER

Grazie alla loro elevata rigidità, i metalli possono coprire grandi distanze, permettendo una maggiore libertà di progettazione.



materiale non metallico



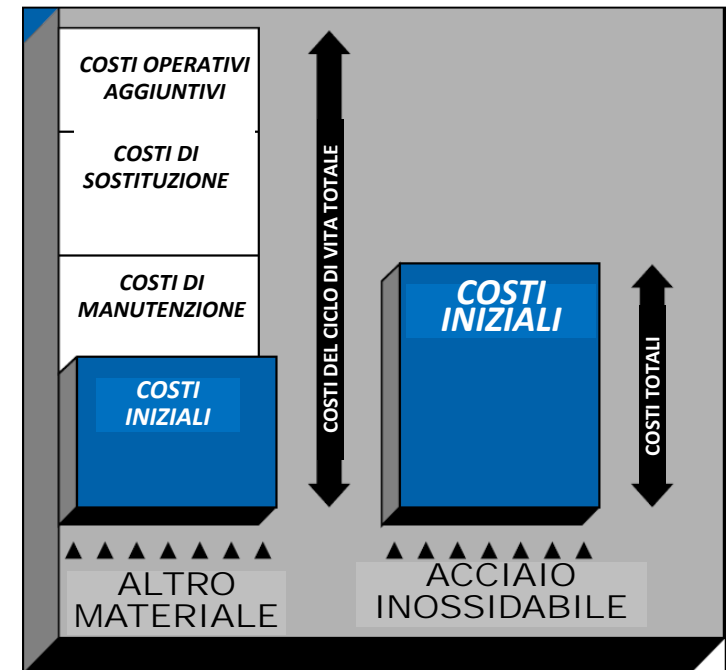
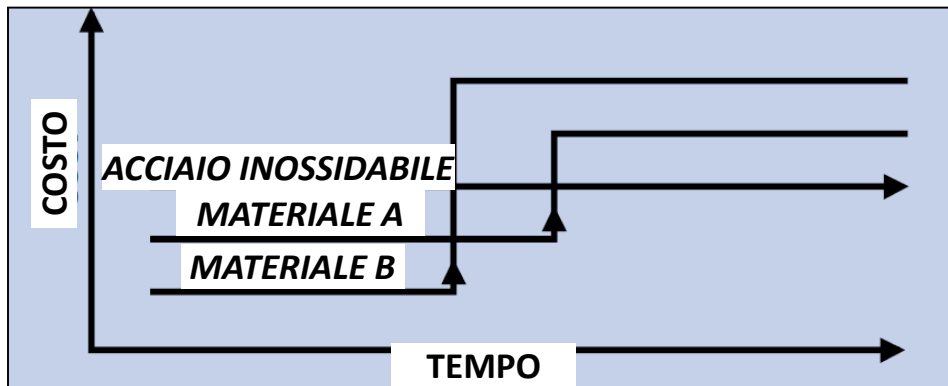
Materiale più rigido =
estensione maggiore

metallo

Normalmente si utilizzano fogli di acciaio inossidabile con spessori sottili: 0,4mm e 0,6mm.
Peso: solo 3,12Kg e 4,68Kg rispettivamente per m² !


Perché l'acciaio inossidabile non è costoso nel costo del ciclo di vita è un fattore di cui si tiene conto

Il costo delle strutture realizzate con altri materiali aumenta sostanzialmente nel tempo, mentre il costo delle strutture in acciaio inossidabile si mantiene normalmente costante.



Il costo della corrosione supera i 137 miliardi di dollari soltanto negli USA ¹⁷

Confronto sul costo del ciclo di vita di 2 vecchie strutture^{18,19}

| Strutture | Data di completamento | Materiale | Altezza | Manutenzione |
|--|--|---|---------|---|
|  | 1889  | Ferro battuto | 324m | Ogni 7 anni. Ogni intervento di verniciatura dura circa un anno e mezzo (15 mesi). 50-60 tonnellate di vernice, 25 imbianchini, 1500 pennelli, 5000 dischi per carteggiatura e 1500 set di abiti da lavoro. |
| Chrysler Building (tetto e ingresso) – New York  | 1930 (tetto 1929)  | Acciaio inossidabile austenitico (grado: 302) | 319m | Due volte nel 1951, 1961, 1995. La soluzione per la pulitura del 1961 non è nota. Nel 1995 è stato utilizzato un detergente delicato, sgrassante e abrasivo. |

* La Torre Eiffel fu costruita prima dell'invenzione dell'acciaio inossidabile...doveva essere una struttura temporanea, ma il pubblico se ne innamorò!

Esempio:

confronto tra la manutenzione di 2 ponti molto
conosciuti^{20, 21}

- Golden Gate Bridge a San Francisco
- Stonecutter's Bridge a Hong Kong

Nelle 2 slide successive

Il Golden Gate bridge (1937), San Francisco

<- Manutenzione



“un gruppo robusto di **13 operai siderurgici** e **3 addetti alla sfornatrice** insieme a **28 imbianchini**, **5 pittori** e **un capo pittore di ponti** hanno combattuto contro vento, aria di mare e nebbia, spesso sospesi in alto sopra al cancello per riparare l'acciaio corrosivo. Gli operai siderurgici sostituiscono l'acciaio corrosivo e i rivetti con bulloni in acciaio ad alta resistenza, creano piccoli prodotti da usare sul ponte e assistono i verniciatori. Gli operai siderurgici rimuovono anche le lamiere e le barre per permettere ai verniciatori di accedere negli spazi interni delle colonne e delle corde che costituiscono il ponte. I verniciatori preparano tutte le superfici del ponte e riverniciano tutte le aree corrose". ²⁰

Stonecutter's bridge (2009), Hong Kong

<- Manutenzione



Dettagli del progetto: ponte strallato con 3 corsie doppie, lungo 1,596m e luce libera di 1,018m. Resistente ai tifoni.

Materiale: piastre di acciaio inossidabile EN1.4462 (duplex) con sollecitazione da snervamento pari a 450MPa utilizzata per le torri sopra +175m alla cima (+295m) e per le torri al cielo.

Perché l'acciaio inossidabile al posto dell'acciaio C: progettato per una vita di 120 anni in un ambiente marino caldo e inquinato. Progettato per zero manutenzione. ²¹

Riferimenti principali

1. <http://worldstainless.org/>
2. (a) <http://www.hablakilns.com/pages/industry/brick-market> (b) [http://wiki.answers.com/Q/What is the weight of a red clay brick in Kilograms](http://wiki.answers.com/Q/What_is_the_weight_of_a_red_clay_brick_in_Kilograms) (c) <http://www.hablakilns.com/industry.htm> (d) <http://www.unep.org/ccac/Initiatives/ImprovedBrickProduction/tabid/794080/Default.aspx>
3. <http://www.cembureau.eu/about-cement/key-facts-figures>
4. (a) <http://www.worldsteel.org/statistics/statistics-archive.html> (b) <http://www.globalcastingmagazine.com/wp-content/uploads/2015/01/48th-Census.pdf>
5. (a) http://faostat3.fao.org/download/F/*/E (b) <http://observatoire.franceboisforet.com/wp-content/uploads/2014/06/a-i4793f.pdf>
6. <http://www.plasticseurope.org/plastics-industry/market-and-economics.aspx>
7. <http://www.glassforeurope.com/en/industry/global-market-structure.php>
8. <http://www.world-aluminium.org/statistics/primary-aluminium-production/>
9. [http://worldstainless.org/statistics/crude steel production](http://worldstainless.org/statistics/crude_steel_production)
10. <http://www.withbotheyesopen.com/>
11. <http://www.ssina.com/overview/markets.html>
12. <http://www-mdp.eng.cam.ac.uk/web/library/enginfo/cueddatabooks/materials.pdf>
13. [http://www.nickelinstitute.org/~Media/Files/TechnicalLiterature/CapabilitiesandLimitationsofArchitecturalMetalsandMetalsforCorrosionResistanceI_14057a .pdf](http://www.nickelinstitute.org/~Media/Files/TechnicalLiterature/CapabilitiesandLimitationsofArchitecturalMetalsandMetalsforCorrosionResistanceI_14057a_.pdf)
14. Fonte: <http://www.aperam.com/>
15. [Wikipedia](#)
16. <http://www.nickelinstitute.org/en/MediaCentre/Publications/MetalsforBuildings.aspx>

Riferimenti principali (continua)

17. <http://www.nace.org/Publications/Cost-of-Corrosion-Study/>
18. a) <http://www.tour-eiffel.net/> b) <http://corrosion-doctors.org/Landmarks/Eiffel.htm>
19. c) http://en.wikipedia.org/wiki/Chrysler_Building d) http://www.nickelinstitute.org/~Media/Files/TechnicalLiterature/TimelessStainlessArchitecture_11023.pdf
20. <http://goldengatebridge.org/research/facts.php#IronworkersPainters>
21. <http://www.nickelinstitute.org/~media/Files/NickelUseInSociety/Architecture/Construction%20Case%20Studies/CS-1%20Stonecutters%20Bridge%20HK%20low%20res.ashx>

Grazie