

Prezentacja dla wykładowców architektury i budownictwa

Rozdział 01

Sztuka

**Lokalizacja:**

Falkirk, Szkocja

Materiał:

Stal konstrukcyjna z
okładziną ze stali
nierdzewnej typu 316L
(S31603)

Wymiary:

30 metrów wysokości

Waga:

300 ton każdy

Rok budowy:

2013

Andy Scott: The Kelpies ^{1,2} *(w folklorze szkockim wodne duchy przybierające postać konia)*

Andy Scott: "Punktem wyjścia dla artystycznego opracowania tej konstrukcji była koncepcja mitycznych wodnych koni. Zacerpnąłem ten pomysł i przenieśliśmy go w kierunku bardziej współczesnej reprezentacji koni, przechodząc od wszelkich odniesień mitologicznych w kierunku społeczno-historycznym. Pomnik ma na celu uczczenie roli konia w przemyśle i rolnictwie."

**Lokalizacja:**

Bruksela, Belgia

Materiał:Polerowana stal
nierdzewna 1.4404
(316L)**Wymiary:**Wysokość całości 102
metry, a każda kula ma
średnicę 18 m**Waga:**

2400 ton

Rok budowy:

1958

Projekt: A. Waterkeyn, Architekci: A. i J. Polak: Atomium ^{3, 4}

Budynek Atomium powstał z okazji odbywającej się w 1958 r. w Brukseli Wystawy Światowej. Tworzy go dziewięć połączonych ze sobą kół. Cała konstrukcja przypomina, powiększony 165 miliardów razy, model kryształu żelaza. Budowla przeszła gruntowną renowację, która trwała od 2004 do 2006 r. Objęła ona m.in. wymianę zmatowiałych okładzin aluminiowych, które zastąpiono elementami wykonanymi ze stali nierdzewnej. CNN określiło Atomium jako najbardziej niezwykły budynek w Europie. Stanowi on jedną z największych atrakcji Brukseli.

**Lokalizacja:**

St. Louis, MO, USA

Materiał:

Okładzina ze stali
nierdzewnej AISI 304

Wymiary:

192 m wysokości

Waga:

4164 tony

Rok budowy:

1965

Projekt: E. Saarinen, Inżynier: H. Bandel: Gateway Arch (Łuk Wjazdowy) ^{5,6}

Zaprojektowany jako "ogólnodostępny pomnik dla uczczenia ludzi, którzy sprawili, że stała się możliwa ekspansja terytorialna USA na zachód...". Pomnik Gateway Arch w St Louis, MO, USA, ma 192 metry wysokości. Ten najwyższy na świecie łuk stał się symbolem St Louis. Waży 4164 tony, z których 803 tony to okładzina ze stali nierdzewnej AISI 304.

**Lokalizacja:**

Chicago, USA

Materiał:Polerowane na lustro
blachy ze stali
nierdzewnej 316**Wymiary:**

10 m x 20 m x 13 m

Waga:

110 ton

Rok budowy:

2004

Sir Anish Kapoor: Cloud Gate ^{7,8}

Cloud Gate to pierwsza publiczna zewnętrzna praca brytyjskiego artysty Anish Kapoor zainstalowana w Stanach Zjednoczonych. Eliptyczna rzeźba o wadze 110 ton jest pokryta nieprzerwaną serią polerowanych płyt ze stali nierdzewnej, w których odbija się słynna panorama Chicago oraz chmury powyżej niej. Łuk o wysokości 13 metrów tworzy "bramę" do wklęsłej komory pod rzeźbą, zapraszając zwiedzających do dotykania jej lustrzanej powierzchni i oglądania własnego odbicia z różnych perspektyw. Zainspirowana ciekłą rtęcią, sama rzeźba jest jedną z największych tego typu na świecie.

**Lokalizacja:**

Normandia, Francja

Materiał:Stal nierdzewna 2205
i 316L**Wymiary:**

9 m wysokości

Waga:**Rok budowy:**

2004

Anilore Banon: Les Braves *(z fr. odważni)*⁹⁻¹¹

Pomnik ten stoi na plaży znanej jako Omaha Beach w miejscowości St. Laurent-sur-Mer w Normandii we Francji i upamiętnia żołnierzy, którzy polegli na plażach Normandii w dniu inwazji D-Day 6 czerwca 1944 r. Pomnik został odsłonięty 5 czerwca 2004 roku – w 60-tą rocznicę lądowania wojsk w Normandii.

**Lokalizacja:**

Muzeum Sztuki,
Toledo, OH, USA

Materiał:

Malowana stal
nierdzewna

Wymiary:

377 x 235 x 245 cm
każdy

Waga:**Rok budowy:**

2010

Jaume Plensa: Mirror I i II 12, 13

Główny koncept tego dzieła to dialog. Dwie figury są zwrócone ku sobie jakby w niekończącej się cichej rozmowie. Tytuł *Mirror* (z ang. *lustro*) wynika z wzajemnej interakcji figur, usytuowanych jak odbicia swoich myśli i marzeń. Między figurami jest dość dużo miejsca dla zwiedzających, którzy mogą „wejść” w trwającą konwersację. Figury są stworzone z liter ośmiu alfabetów – arabskiego, chińskiego, greckiego, hindi, hebrajskiego, japońskiego, łaciny i rosyjskiego. Autor rozpatruje dialog i interakcję jako kluczowe dla nauczania się i, co ważniejsze, zrozumienia innych ludzi i kultur.

**Lokalizacja:**

Muzeum
Guggenheima, Bilbao,
Hiszpania

Materiał:

Brąz, marmur i stal
nierdzewna

Wymiary:

9 m x 10 m x 12 m

Waga:**Rok budowy:**

1999

Louise Bourgeois: Maman (z fr. *mamusia*)¹⁴

Tytuł pracy ma na celu dynamiczne zwiększenie sprzeczności uwidocznionych w samym sercu rzeźby. Dlaczego pająk? "Ponieważ moją najlepszą przyjaciółką była moja matka, a była rozważna, mądra, cierpliwa, kojąca, rozsądna, delikatna, subtelna, niezastąpiona, zgrabna i tak pożyteczna jak pająk. Potrafiła również bronić siebie oraz mnie, odmawiając odpowiedzi na "głupie", dociekliwe, żenujące osobiste pytania."

**Lokalizacja:**

Helsinki, Finlandia

Materiał:600 rur ze stali
nierdzewnej
EN 1.4404 (316L)**Wymiary:**8.5 m wysokości,
10.5 m długości
i 6.5 m głębokości**Waga:**

24 tony

Rok budowy:

1967

Eila Hiltunen: Sibelius Monument ¹⁵

Pomnik „The Sibelius Monument” w Helsinkach w Finlandii jest dedykowany fińskiemu kompozytorowi Jean Sibelius. Waga pomnika to ok. 24 tony, a rzeźba została wykonana z ponad 600 rur ze stali nierdzewnej, spawanych razem do kształtu fali, które formą przypominają rury organów.

**Lokalizacja:**

Oslo, Norwegia

Materiał:Stal nierdzewna i
szklane panele**Wymiary:**

12 m x 17 m x 16 m

Waga:**Rok budowy:**

2010

Monica Bonvicini: Hun Ligger (Ona jest) ¹⁶

Instalacja stała w pobliżu budynku opery w Oslo, pływająca na wodach fiordu. Instalacja umieszczona jest na betonowej platformie 12 metrów nad powierzchnią wody. Rzeźba obraca się zgodnie z kierunkiem fal oraz wiatru. W ten sposób zapewnia różnorodne doznania wzrokowe, dzięki światłu odbijającemu się w wodzie i jej przezroczystej powierzchni.

**Lokalizacja:**

Jerozolima

Materiał:Polerowana stal
nierdzewna**Wymiary:**5 m wysokości i 5 m
średnicy**Waga:****Rok budowy:**

2010

Sir Anish Kapoor: Turning the world upside down ¹⁷

Konstrukcja ze stali nierdzewnej ma 5 m wysokości i 5 m średnicy, a jej powierzchnia odbija cały widok miasta Jerozolima na niebie, co podkreśla duchową wagę Jerozolimy jako boskiego miasta .

**Lokalizacja:**

Reykjavík, Islandia

Materiał:

Stal nierdzewna

Wymiary:

9 m x 18 m x 7 m

Waga:**Rok budowy:**

1990

Jon Gunnar Arnason: Sun Voyager ¹⁸

„Sun Voyager to statek, który jest odą do słońca. Z natury rzeczy sam w sobie zapewnia przyrzeczenie nieodkrytych terytoriów, marzenie nadziei, postępu i wolności”. Rzeźba znajduje się w Saebraut, nad morzem w centrum Reykjaviku w Islandii.



Lokalizacja:
Ogrody Trentham, UK

Materiał:
Drut ze stali
nierdzewnej

Wymiary:

Waga:

Rok budowy:

Robin Wight: Fantasywire ¹⁹

Robin Wight, rzeźbiarz z Wielkiej Brytanii, stworzył dramatyczne sceny, w których wróżki trzymają mleczkę rozwiewaną przez wiatr, pozornie zawieszoną w powietrzu. Całość rzeźby wykonana jest z gęsto utkanych drutów ze stali nierdzewnej. Artysta obecnie wystawia także kilka innych rzeźb w ogrodach Trentham. <http://www.fantasywire.co.uk/>

**Lokalizacja:**

Pałac Wersalski,
Francja

Materiał:

Stal nierdzewna

Wymiary:

3 m x 1.5 m x 4 m

Waga:**Rok budowy:**

2009

Joana Vasconcelos: Marylin (2009) ²¹

Marilyn ma formę eleganckiej pary obuwia na wysokim obcasie, których powiększona forma została wykonana z zastosowaniem garnków i ich pokrywek. Mało prawdopodobne, lecz stanowcze połączenie garnków z wysokimi obcasami, dwóch paradygmatycznych symboli kobiecości – w wymiarze prywatnym i publicznym, nakłania do przyjrzenia się kobiecości w świetle realiów współczesnego świata. Wykorzystanie garnków - symbolu, z którym każdy kojarzy tradycyjną sferę domową kobiety do stworzenia ogromnych rozmiarów obuwia na wysokim obcasie, które są symbolem piękna i elegancji wymaganym przez konwencje społeczne, zaprzecza niemożliwość dychotomicznego związku kobiecej sfery domowej i społecznej. Prezentowany obiekt jawi się jako hymn pochwalny kobiecej dwoistości, której pełna realizacja możliwa jest jedynie poprzez obalenie norm społecznych.

**Lokalizacja:**

Tuxtla Gutierrez, Meksyk

Materiał:

Pokrywana stal nierdzewna

Wymiary:

48 m (62 m z podstawą)

Waga:

2000 ton

Rok budowy:

2007

Architekt: Jaime Latapi Lopez: Cristo de Chiapas ²⁰

"Cristo de Chiapas" to imponujący krzyż ze stali nierdzewnej pokrytej powłoką w złotym kolorze, która świeci dzięki odbijaniu światła słonecznego, podkreślając figurę Chrystusa.

**Lokalizacja:**

Nowy Jork, USA

Materiał:

Wysokochromowa stal
nierdzewna z
przeźroczystą kolorową
powłoką

Wymiary:

357 x 218 x 121 cm

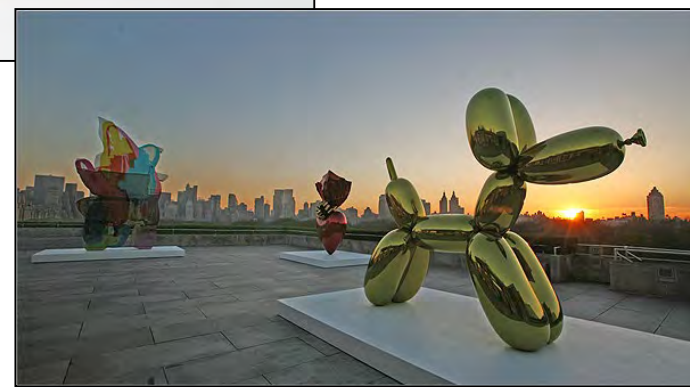
Waga:**Rok budowy:**

1 z 5 unikatowych
wersji 1994–2007

Jeff Koons: Sacred Heart Red/Gold ... ²²

“....zgrzyźliwie komentuje dewaluację emocjonalnych i religijnych odczuć pod wpływem komercjalizacji.”

(NY Times)





Lokalizacja:

Materiał:

Stal nierdzewna 316L

Wymiary:

71 cm x 41 cm x 41 cm

Waga:

Rok budowy:

Gil Bruvel: Dichotomy²³

Zainspirowana zawilnością pełni życia we wszystkich światach na raz, „Dichotomy” rozpatruje i wystawia dwoistą naturę istnienia. Rzeźba składająca się ze "wstążek energii", które starają się uchwycić proces angażowania wszystkich poziomów bycia w pełni człowiekiem, odzwierciedla naturalną siłę i majestatyczny spokój, nieodłączne w integracji różnych poziomów istnienia. W rezultacie rzeźba tworzy spokojną medytacyjną przestrzeń, w pełni obejmującą dwoistość egzystencji: anima i animus, mężczyzna i kobieta, umysł świadomy i nieświadomy, jawa i sen.



Lokalizacja: Charlotte, NC, USA

Materiał: Stal nierdzewna

Wymiary: Wysokość 8 m

Waga: Zużyto 14 ton stali nierdzewnej

Rok budowy: 2011

David Černý: Metamorphosis ²⁴

Konstrukcja składa się z siedmiu oddzielnych warstw, które obracają się w sposób przerywany, tnąc kształty rzeźby. Autorskie oprogramowanie steruje silnikami umieszczonymi w konstrukcji, które tworzą choreografię sekwencji obrotu. Każdy silnik jest wyposażony w przełącznik sprzężenia zwrotnego tak, że komputer wie, gdzie każda część rzeźby znajduje się w danej chwili, co pozwala na ruch w losowej sekwencji. Ruch ten jest sterowany przez Internet przez samego Davida i stanowi kontynuację jego pracy, która zawiera elementy inżynierii materiałowej i komputeryzacji jako integralnej części całego projektu. Podgląd na żywo rzeźby w ruchu można oglądać online w www.metalmorphosis.tv



Lokalizacja:
W połowie drogi między Oslo a Trondheim w Norwegii.

Materiał:
Polerowana stal nierdzewna 316

Wymiary:
Wysokość: 10,3 m
Długość: 11,5 m
Waga:

Data powstania:
2015

**NOWOŚĆ
2018!**

Linda Bakke: Wielki łoś (The Big Elk) ²⁵

Rzeźba wielkiego łosia została zaprojektowana przez norweską artystkę Lindę Bakke. Instalacja stanęła w rejonie Bjøråa w gminie Stor-Elvdal mniej więcej w połowie drogi między Oslo a Trondheim w Norwegii. Konstrukcja, która sama w sobie tworzy piękny punkt widokowy, ma też za zadanie przyciągnięcie uwagi kierowców oraz zachęcenie ich do tego, aby się zatrzymali i odpoczęli. Ma to zwiększyć bezpieczeństwo na drodze. Rzeźba wielkiego łosia, która zwraca wagę na ten gatunek zwierząt, stała się regionalnym symbolem

Budowa rzeźby pochłonęła 2 mln NOK (207 tys. euro), które pochodziły z funduszu Sparebanken Hedmark.

<http://lindabakke.webs.com/sculptureskulptur.htm>



Lokalizacja: Paryż,
Plac Augusty
Holmes
Materiał:
Stal nierdzewna,
szkło i plastik
Wymiary:
Waga:
Data powstania:
2008

**NOWOŚĆ
2018!**

Chen Zhen: La danse de la fontaine émergente ²⁶

Zaprojektowana przez francusko-chińskiego artystę fontanna przypomina smoka wijącego się wokół placu, raz wynurzając się, raz zanurzając pod powierzchnią. Przezroczysta skóra smoka pozwala zobaczyć płynącą wewnątrz niego wodę. Fontanna podzielona jest na trzy części. Pierwsza z nich przypomina umiejscowioną na ścianie płaskorzeźbę, z której wydobywa się smok, aby za chwilę zanurzyć się pod ziemią. Kolejne dwie części są przezroczyste i przypominają wyginającego się w łuk smoka, który pojawia się i znika pod powierzchnią. Wewnątrz konstrukcji płynie woda, która w nocy jest dodatkowo podświetlana. Budowę fontanny zleciły władze Paryża w 1999 r. Została ona uruchomiona 6 lutego 2008 r. Mimo że twórca konstrukcji zmarł w 2000 r., to zostawił po sobie szkice pozwalające na dokończenie projektu. Zadania tego podjęła się Xu Min, żona oraz współpracowniczka artysty. Całe przedsięwzięcie pochłonęło 1,2 mln euro i zostało sfinansowane z budżetu Paryża oraz francuskiego Ministerstwa Kultury. Źródła: Wikipedia oraz <https://www.parisladouce.com/2013/03/paris-la-danse-de-la-fontaine-emergente.html>

Prezentacja dla wykładowców architektury i budownictwa

Rozdział 02

Zastosowania

Spis treści

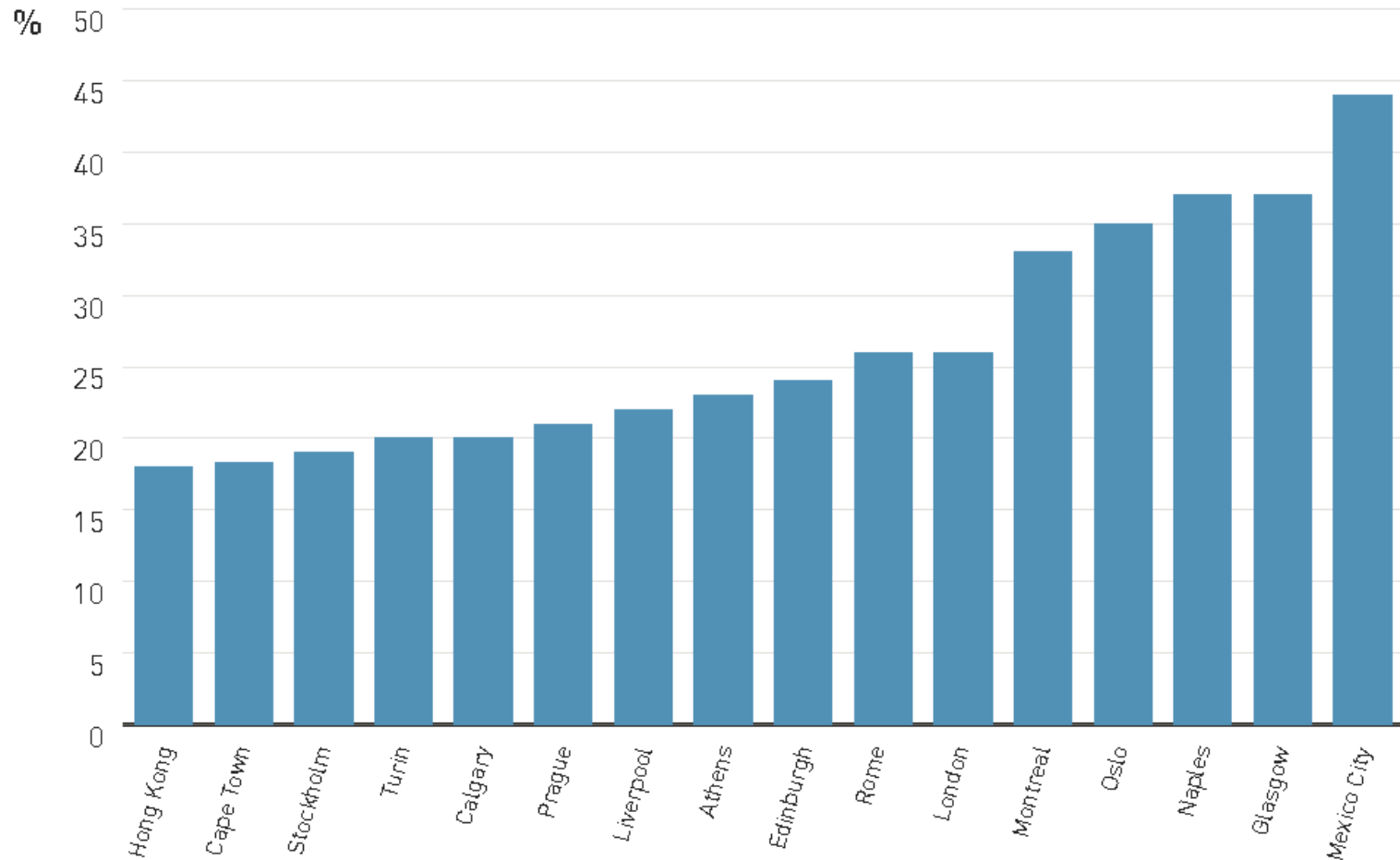
1. Dystrybucja wody
2. Mosty
3. Infrastruktura przybrzeżna

1. Dystrybucja wody

Dlaczego stale nierdzewne są wykorzystywane?

- Niski wskaźnik wycieku: stale nierdzewne, w przeciwieństwie do innych stali, są odporne na korozję zewnętrzną, która może prowadzić do pęknięcia i uszkodzenia rurociągów.
- Odpowiednio zaprojektowane sieci dystrybucyjne wykonane ze stali nierdzewnych mogą być bezpiecznie wykorzystywane na terenach, w których występują trzęsienia ziemi.
- Higiena: stale nierdzewne w żaden sposób nie wpływają na jakość wody pitnej
- Wydłużona żywotność: elementy ze stali nierdzewnych, dzięki swojej odporności korozyjnej, mogą być wykorzystywane nawet przez 100 lat. Zachowują wspomnianą odporność niemal w każdym rodzaju gleby i nie wymagają stosowania powłok czy innych elektrochemicznych sposobów ochronnych
- Materiały odnawialne: w przeciwieństwie do rur betonowych czy wykonanych z innych niemetalicznych materiałów, te zbudowane ze stali nierdzewnych podlegają łatwemu recyklingowi, a zawarte w nich stopy mają dużą wartość
- Stale nierdzewne są wykorzystywane do budowy oraz renowacji dużych zbiorników wodnych

Wskaźnik wycieku wody w wybranych metropoliach (2014) ⁸

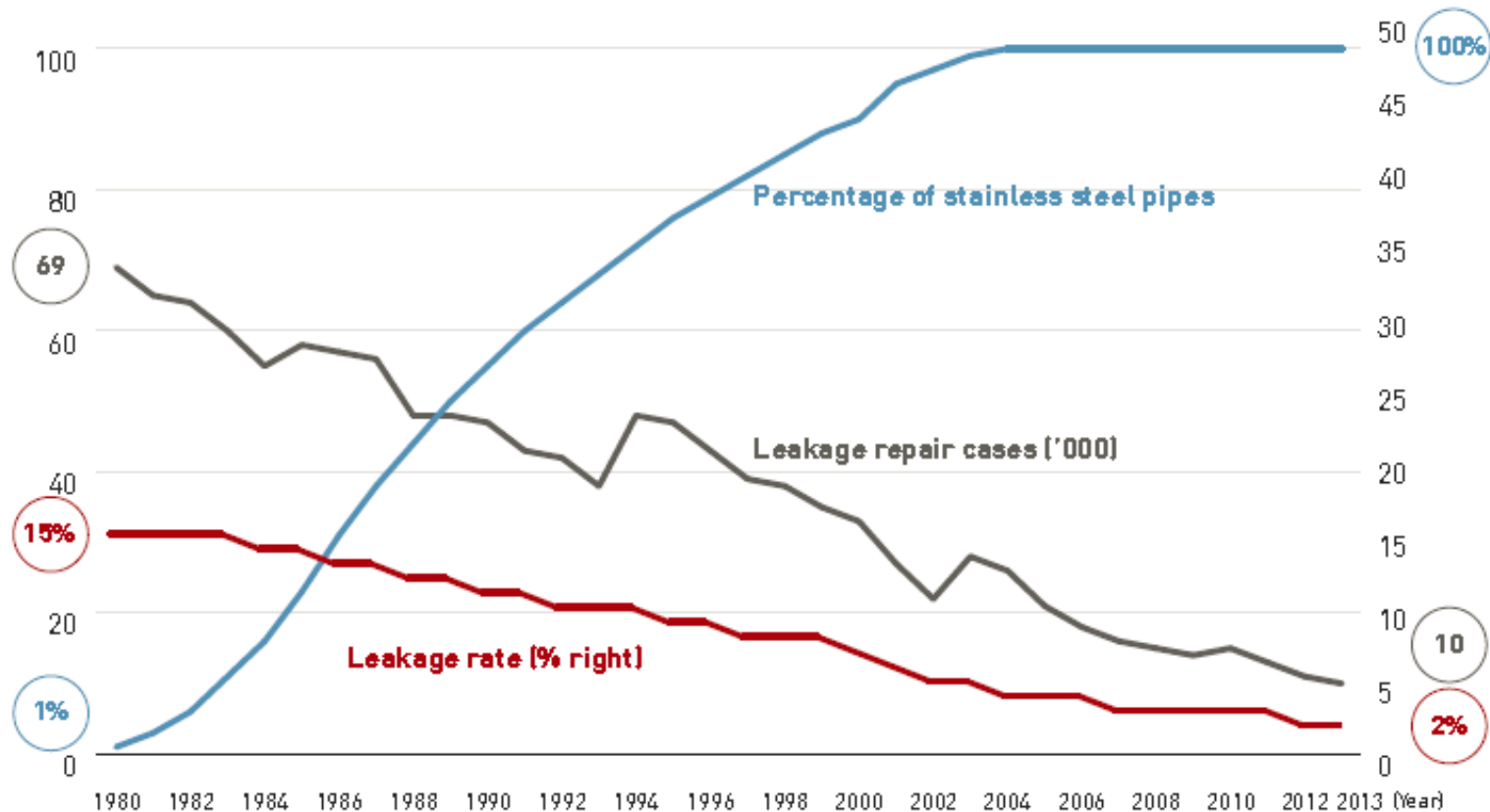


Leakage rate in major cities

Source: OECD (Water Governance in Cities, 2014)

Redukcja wycieków vs wykorzystanie rur ze stali nierdzewnych w Tokio

Reduction of leakage

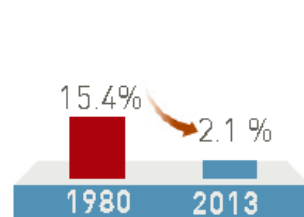


Redukcja wycieku wody dzięki wymianie starych rur na rury ze stali nierdzewnych

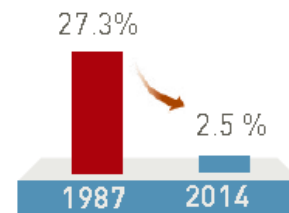
Results of the projects in Tokyo, Seoul and Taipei



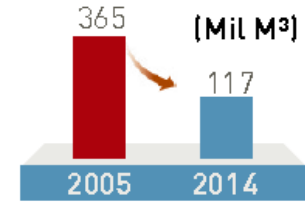
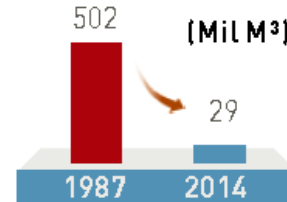
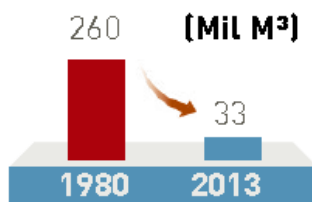
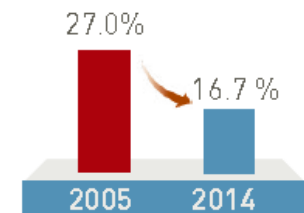
Tokyo

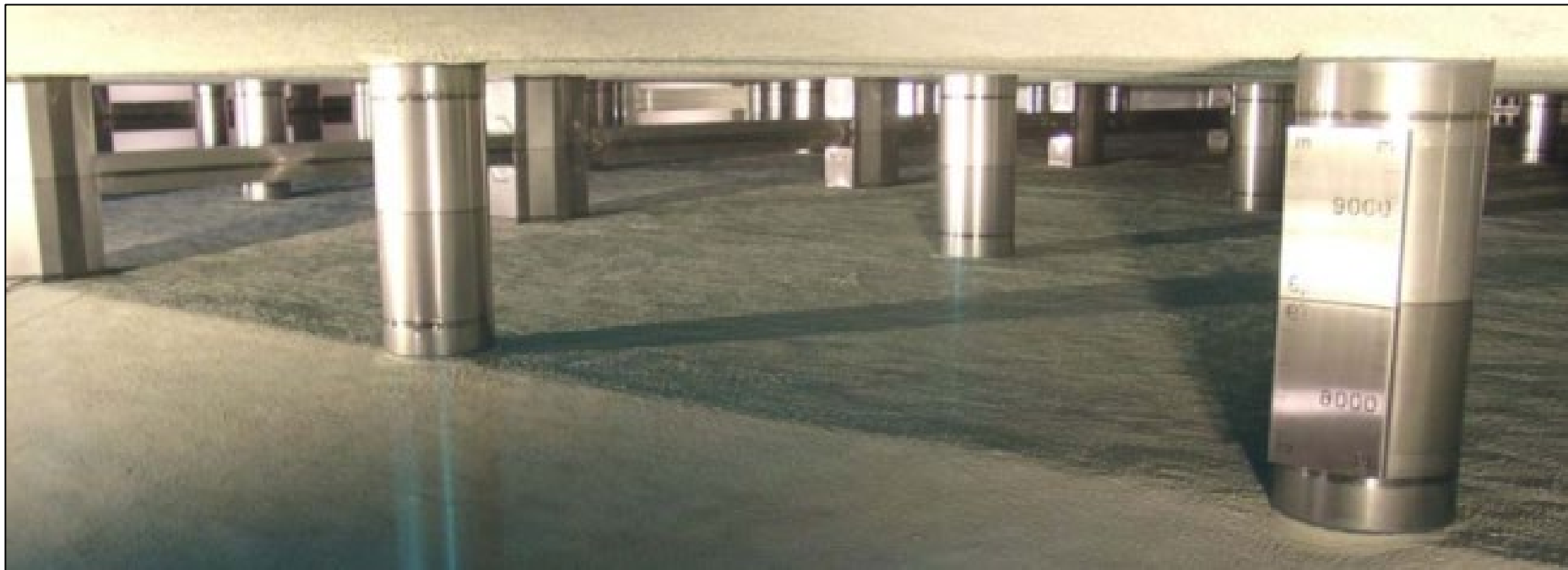


Seoul



Taipei







Zbiornik wodny przed renowacją, Gangneung-City, Korea ⁹

Korozyja oraz pogorszenie stanu konstrukcji betonowej są widoczne na zdjęciu. Mogą one doprowadzić do wycieku wody.

Powłoka epoksydowa została odrzucona z uwagi na słabą wytrzymałość.

Modernizację z wykorzystaniem okładzin ze stali nierdzewnych wybrano, aby zwiększyć odporność na korozję oraz trwałość, a także ograniczyć możliwość rozwoju bakterii.



PRZED

To samo po zastosowaniu okładzin ze stali nierdzewnych

Wykorzystane są gatunki stali Duplex STS329LD i STS329J3L.

Panele są zespawane i zakotwiczone w betonie.



PO

Dystrybucja wody – źródła

1. <http://www.nickelinstitute.org/en/NickelUseInSociety/MaterialsSelectionAndUse/Water/Distribution.aspx>
2. http://www.imoa.info/download_files/stainless-steel/Stainless_Steel_Pipe.pdf
3. <http://www.worldstainless.org/news/show/246>
4. <http://worldstainless.org/news/show/2140>
5. Source: POSCO, Korea (<http://www.posco.com>)
6. http://www.worldstainless.org/Files/ISSF/non-image-files/PDF/ISSF_Stainless_Steel_in_Drinking_Water_Supply.pdf
7. http://worldstainless.org/applications_protection_environment_and_human_health/water
8. http://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/Euro_Inox/CorrResist_SoilsConcrete_EN.pdf
9. https://www.nickelinstitute.org/~Media/Files/TechnicalLiterature/FieldCorrosionResistanceTestOnStStPipingForBuildingService_12012_.pdf
10. http://worldstainless.org/applications_protection_environment_and_human_health/water -

NOWOŚĆ

2. Mosty

Nowość!

Stan techniczny wielu mostów jest bardzo zły

NOWOŚĆ

- Duża część z nich została wybudowana po II Wojnie Światowej
- Ich przewidywany okres trwałości wynosił 60 lat
- Natężenie ruchu ulicznego stało się większe niż przewidywano
- Oszczędności związane z naprawami i utrzymaniem mostów w odpowiednim stanie stały się powszechną praktyką

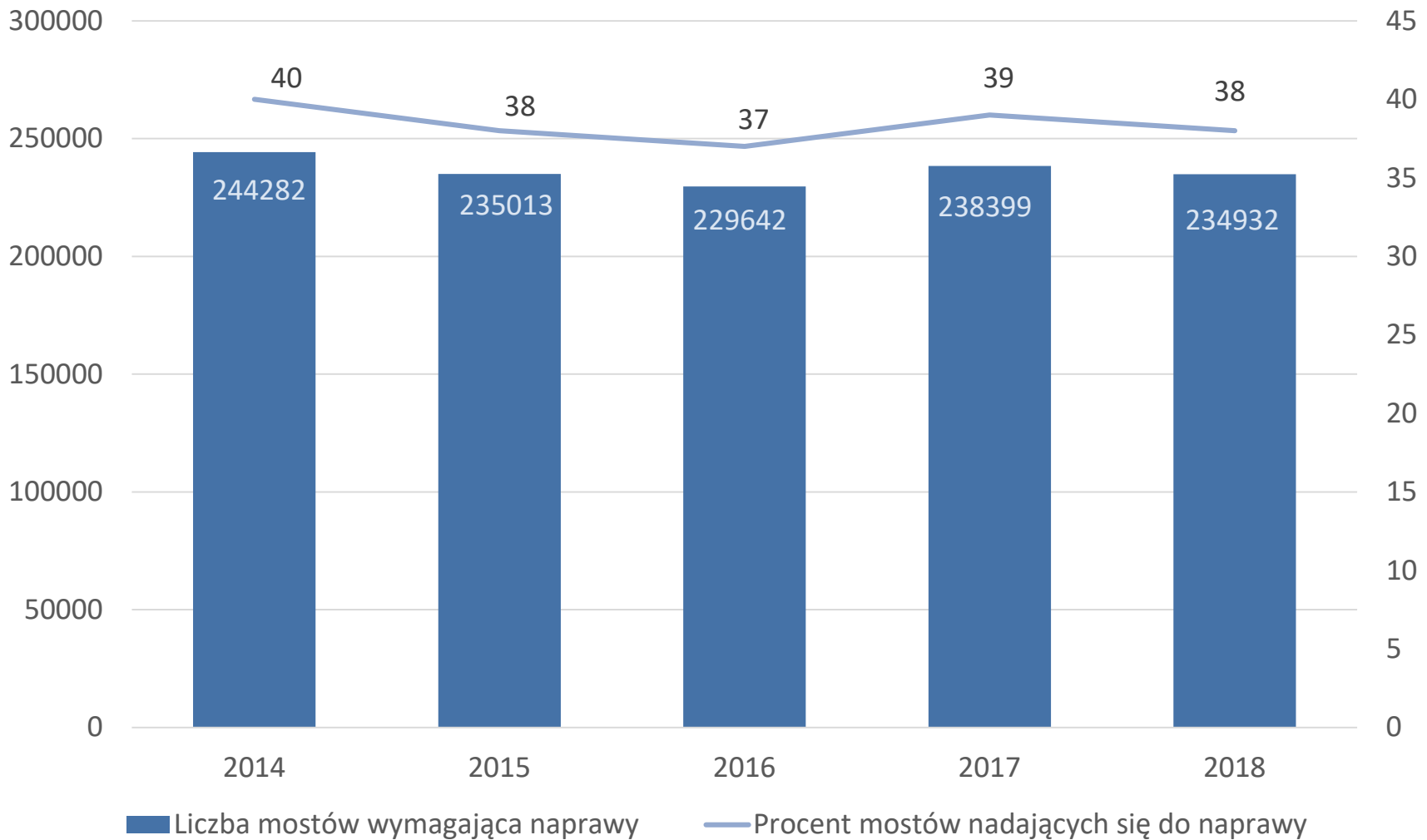


Sytuacja w krajach Unii Europejskiej

- Brakuje raportu, który w pełni opisywałby problem
- Sytuacja jest różna w poszczególnych krajach
- Niemcy: 12,5 proc. tamtejszych mostów drogowych jest w dobrym stanie, podczas gdy 12,4 proc. w złym
- Francja: według jednego z dostępnych raportów 1/3 mostów znajduje się w złym stanie
- itd.

Sytuacja w USA

Znaczna część mostów wymaga wymiany lub odbudowy



NOWOŚĆ

Zastosowanie stali nierdzewnych do budowy mostów

Wybrane przykłady

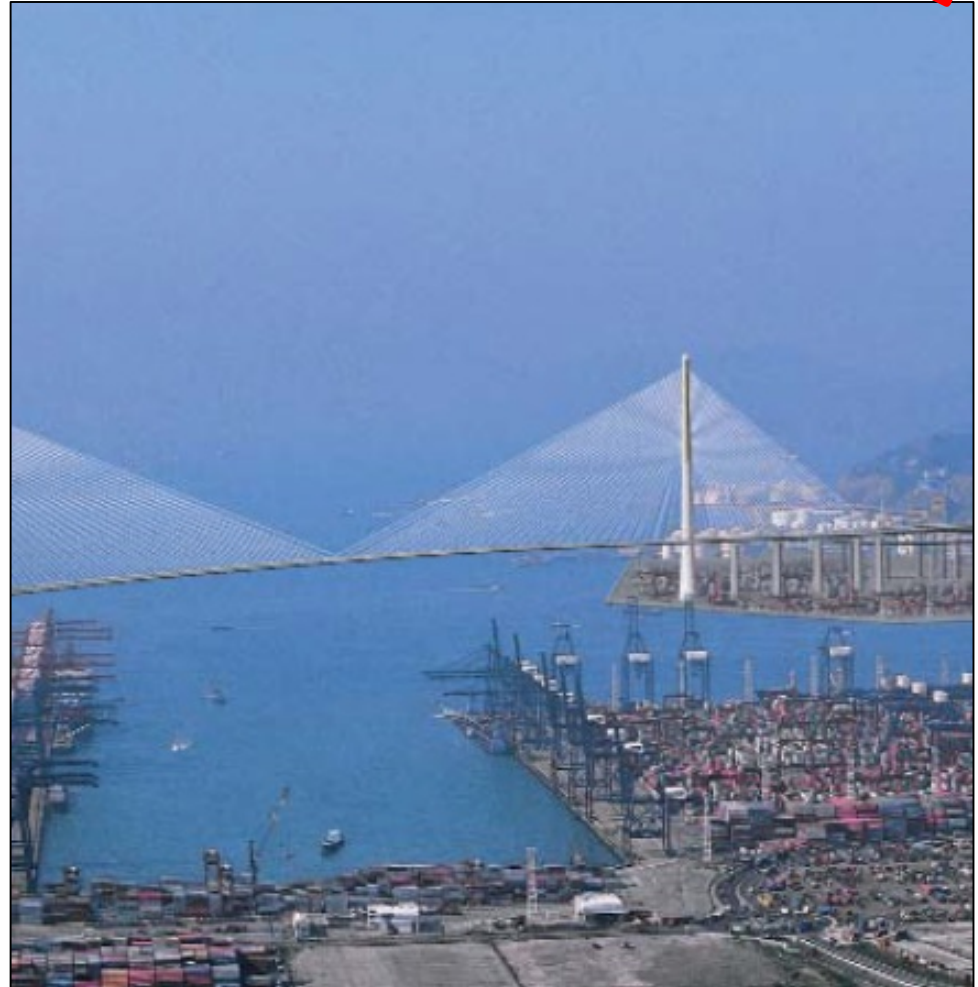
NOWOŚĆ

Stonecutter's, Hongkong

Ta imponująca konstrukcja, zlokalizowana w niezwykle zatłoczonej przestrzeni miejskiej, została skonstruowana tak, aby wytrzymać tropikalne warunki pogodowe, zanieczyszczenia, oddziaływanie wody morskiej, silne wiatry, tajfuny, duże obciążenia i zagrożenia sejsmiczne.

Konstrukcja powstała w 2009 r., jako pierwszy most wantowy, w którym wykorzystano cięgna o długości powyżej 1 km. Jej trwałość obliczono na 120 lat.

Do budowy mostu użyto elementów ze stali duplex UNS S32205 (EN1.4462). Zostały one wykorzystane zarówno jako osłony betonowych pylonów, jak i w miejscach kotwienia cięgien, a także jako pręty zatopione w fundamentach pylonów.

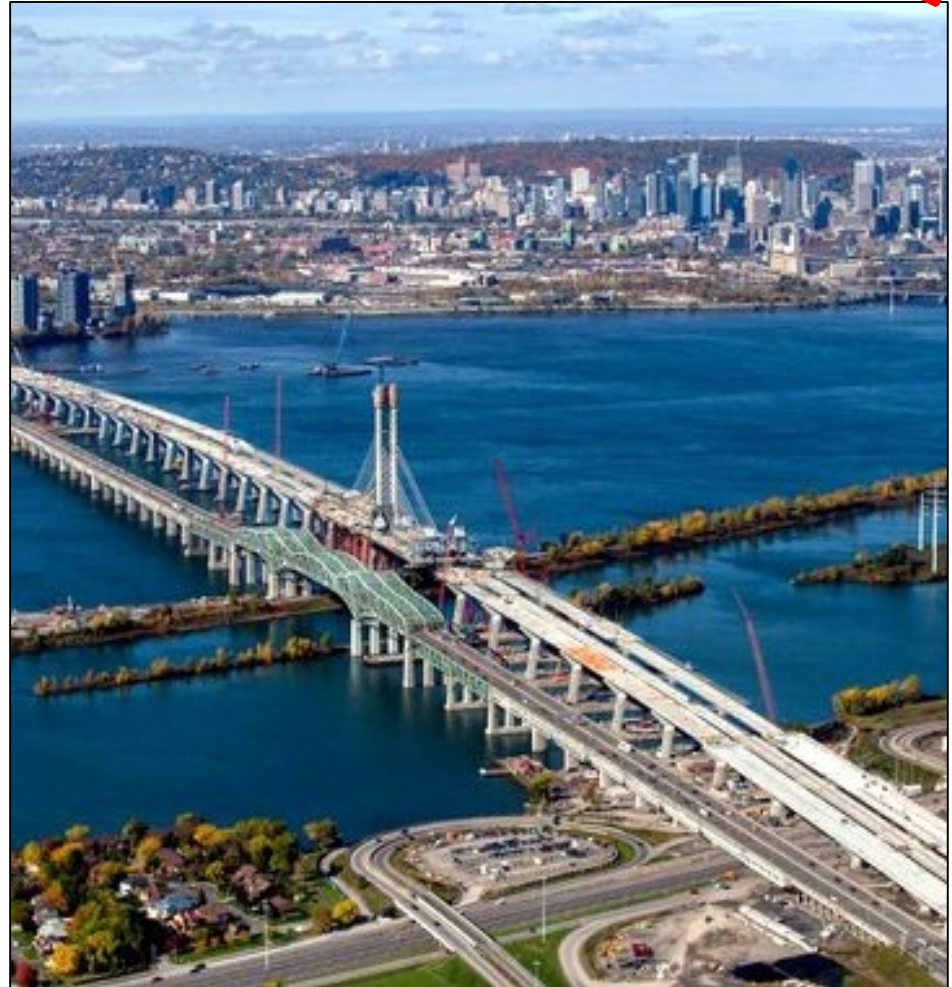


NOWOŚĆ

Champlain, Montreal

Ten nowo wybudowany most (2019 r.) zastąpił starą skorodowaną konstrukcję. Most musi sprostać surowym warunkom pogodowym i wahaniom temperatury od -25°C do 30°C . Przepustowość mostu o długości 3,4 km, który rozpościera się nad rzeką St. Lawrence, obliczono na 50 mln samochodów rocznie. Konstrukcja mieści 4-pasmową autostradę, tory kolejowe, ścieżkę rowerową oraz punkty obserwacyjne dla turystów.

Do budowy mostu użyto 15 tys. ton stali nierdzewnych typu S32305 (EN1.4362). Zostały one wykorzystane w najbardziej wrażliwych elementach konstrukcji. Inwestycja pochłonęła ok. 4,2 mld dol. kanadyjskich. Dodatkowo zburzenie starego mostu wyceniono na 400 mln dol. kanadyjskich.





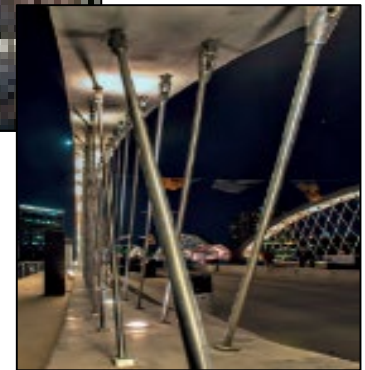
NOWOŚĆ

Hongkong, Zhuhai, Macau

Przeprawa ta to 50-km trasa składająca się z trzech mostów wantowych, podwodnego tunelu o długości 6,7 km oraz trzech sztucznych wysp. Konstrukcja była budowana przez ponad 9 lat i została uruchomiona w 2018 r. Okres jej wytrzymałości przewidziano na 100 lat. Koszt inwestycji sięgnął 20 mld dol.

Do budowy przeprawy użyto 10 tys. ton stali nierdzewnych typu duplex. Zostały one wykorzystane w najbardziej wrażliwych elementach konstrukcji

NOWOŚĆ



Fort Worth, Teksas

Jest to pierwszy na świecie most łukowy wykonany z prefabrykatów (12 elementów). Jego budowa została ukończona w 2013 r. Innowacyjnym rozwiązaniem zastosowanym w konstrukcji było wykorzystanie jako elementów nośnych prętów łączących podstawę oraz sklepienie elementów łukowych. Dzięki temu konstrukcja stała się stabilna oraz wytrzymała. Pręty te zostały wykonane ze stali duplex gatunku S32205 (EN1.4462).



NOWOŚĆ

Cala Galdana, Minorka

Ten wykonany ze stali nierdzewnej most został oddany do użytku w 2005 r. Zastąpi on tradycyjną konstrukcję żelbetową.

Jako materiał do budowy mostu wybrano stale duplex S32205 (EN1.4462). Gwarantują one bowiem wysokie właściwości mechaniczne przy zachowaniu wysokiej odporności korozyjnej.

NOWOŚĆ

Helix, Singapur

Ta unikalna konstrukcja o długości 280 m składa się z dwóch nachodzących na siebie spiral. Zostały one wykonane z rur oraz blach ze stali duplex S32205 (EN1.4462). Gatunek ten wybrano ze względu na jego dużą wytrzymałość i odporność na korozję wymaganą z uwagi na trudne, tropikalne warunki klimatyczne oraz środowisko morskie.

Wykonanie kładki ze stali nierdzewnych zamiast z tradycyjnych stali czarnych w całym cyklu życia konstrukcji będzie bardziej opłacalne. Nie bez znaczenia przy wyborze materiału były też walory estetyczne możliwe do uzyskania dzięki odpowiedniemu wykończeniu powierzchni stali nierdzewnej.





NOWOŚĆ

Lyon, Francja

Konstrukcja zlokalizowana nieopodal muzeum Musée des Confluences, w dzielnicy, która przeszła gruntowną rewitalizację, służy jako kładka dla pieszych. Została wykonana ze stali duplex. Ta elegancka i estetyczna budowla nie wymaga niemal żadnych nakładów związanych z jej utrzymaniem.



NOWOŚĆ

Trumpf, Niemcy

To przejście dla pieszych położone nad niezwykle ruchliwą Gerlinger Strasse łączy biura w budynkach siedziby firmy TRUMPF zlokalizowanych w niemieckim Ditzingen. Konstrukcję zbudowano z cienkich, ale wytrzymałych i odpornych na korozję elementów ze stali duplex S32205 (EN1.4462). Co ciekawe zostały one wykonane za pomocą urządzeń firmy TRUMPF. Kładka, dzięki swojemu oryginalnemu kształtowi, rzuca się w oczy.



NOWOŚĆ

Most San Diego, Kalifornia

Ten wiszący most o długości 168 m stanowi niezwykle piękną konstrukcję. Wygięta kładka podtrzymywana jest za pomocą lin przymocowanych do pochylonego pylonu. Całość zaprojektowana jest w prosty i estetyczny sposób. Części konstrukcyjne mostu, poręcze, kable oraz złącza zostały wykonane ze stali nierdzewnych gatunku S31803 oraz 317L. Przewidywana wytrzymałość konstrukcji to 100 lat, biorąc pod uwagę, że jest ona zlokalizowana w środowisku morskim.

NOWOŚĆ



Progreso Pier, Meksyk

Po lewej stronie zdjęcia widoczna jest konstrukcja pirsu zbudowana w 1970 r. z wykorzystaniem tradycyjnych stali węglowych. Konstrukcja została wyraźnie zniszczona z uwagi na korozję wywołaną przez środowisko morskie.

Po prawej stronie widać natomiast sąsiedni pirs powstały w latach 1937 – 1941 z wykorzystaniem stali nierdzewnych z gatunku 304. Znajduje się on w niema nienaruszonym stanie.

Źródła informacji na temat stanu technicznego mostów

NOWOŚĆ

1. <https://www.theguardian.com/world/2018/aug/16/bridges-across-europe-are-in-a-dangerous-state-warn-experts>
2. <https://ec.europa.eu/jrc/en/news/keeping-european-bridges-safe>
3. <https://www.thelocal.de/20180815/bridge-collapse-cannot-be-ruled-out-in-germany-says-expert>
4. https://www.bast.de/BASt_2017/DE/Ingenieurbau/Statistik/statistik-node.html
5. https://www.lemonde.fr/securite-routiere/article/2018/08/15/un-pont-sur-trois-a-besoin-de-reparations-sur-les-routes-nationales-francaises-selon-un-rapport_5342799_1655513.html
6. <https://edition.cnn.com/2019/04/02/us/deficient-bridge-report-2019-trnd/index.html>
7. <https://artbabridgereport.org/>
8. <https://www.infrastructurereportcard.org/cat-item/bridges/>

Źródła informacji na temat mostów, do budowy których wykorzystano stale nierdzewne

NOWOŚĆ

1. Publikacja internetowa IMOA „Stainless steel in Vehicular, rail and pedestrian Bridges” (Marzec 2018) <https://www.imoa.info/stainless-solutions/archive/37/Vehicular-rail-and-pedestrian-bridges.php>
2. C Houska „More on duplex stainless steel and bridges”, Specyfikacja projektowa (Maj 2015) <https://www.constructionspecifier.com/duplex-bridges/>
3. Raport UE: „Application of duplex stainless steel for welded bridge construction in an aggressive environment”, (Marzec 2009), ISBN 978-92-79-09948-9 <https://publications.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/ec2748d4-3269-43cd-9a34-3a0e1fba4e23/language-en/format-PDF/source-79161265>
4. Publikacja Euro Inox „Pedestrian bridges in stainless steel” ISBN 2 87997 084 9 <https://www.bssa.org.uk/cms/File/Euro%20Inox%20Publications/Pedestrian%20Bridges.pdf>
5. Publikacja Euro Inox, „Sustainable Duplex Sainless Steel bridges”, N. Baddoo and A. Kosmač www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/Sustainable Duplex Stainless Steel Bridges.pdf
6. „San Diego’s new harbor bridge sails onto the skyline”, MolyReview, (Czerwiec 2012) <https://www.imoa.info/molybdenum-uses/molybdenum-grade-stainless-steels/architecture/pedestrian-bridges.php>

Źródła informacji na temat mostów, do budowy których wykorzystano stale nierdzewne



7. „Stonecuttes bridge –Detailed design”, K F. Hansen, L. Lauge and S. Kite (Styczeń 2004) DOI: 10.2749/222137804796291719
https://www.researchgate.net/publication/233611421_Stonecutters_Bridge_-_Detailed_Design/link/59ce24d3aca272b0ec1a4b34/download
8. Publikacja Steel Construction Institute, „Stonecutters bridge Towers” (2010)
https://www.worldstainless.org/files/issf/non-image-files/PDF/Structural/Stonecutters_Bridge_Towers.pdf
9. „Use of duplex stainless steel plate for durable bridge construction”, G. Gedge (Styczeń 2007) DOI: 10.2749/222137807796119771
https://www.researchgate.net/publication/233632633_Use_of_Duplex_Stainless_Steel_Plate_for_Durable_Bridge_Construction
10. „Champlain bridge”, Montreal Nickel Institute magazine, Vol. 34, N°2, (2019)
<https://www.nickelinstitute.org/nickel-magazine/nickel-magazine-vol34-no2-2019/?lang=English&p=6>
11. „Champlain bridge”, Montreal Stainless Steel World online, 05 January 2016
<http://www.stainless-steel-world.net/news/58262/nas-to-supply-stainless-steel-bar.html>
12. Publikacja ISSF Publication „Stainless steel in Infrastructure”
https://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/ISSF_Stainless_Steel_in_Infrastructure_English.pdf

Źródła informacji na temat mostów, do budowy których wykorzystano stale nierdzewne

NOWOŚĆ

13. Most Hongkong – Makau
https://en.wikipedia.org/wiki/Hong_Kong%E2%80%93Zhuhai%E2%80%93Macau_Bridge
14. Publikacja IMO A „Innovative bridge at Ft Worth, Texas”, Moly-Review 1/2018
<https://www.imoa.info/molybdenum-media-centre/downloads/>
15. Publikacja Steel Construction Institute „Cala Galdana Bridge” (2010)
<https://www.worldstainless.org/applications/architecture-building-and-construction-applications/structural-applications/>
16. Mosty kolejowe w Indiach
<https://www.apnews.com/pamban-to-become-indias-first-railway-bridge-to-use-stainless-steel-structurals/>
17. Publikacja Steel Construction Institute „Helix Pedestrian Bridge” (2011)
<https://www.worldstainless.org/applications/architecture-building-and-construction-applications/structural-applications/>
18. Publikacja ISSF „Stainless steel as an architectural material”
http://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/ISSF_Stainless_Steel_as_an_Architectural_Material.pdf
19. Trumpf bridge
<https://www.outokumpu.com/en/choose-stainless/2018/case-pedestrian-bridge-at-trumpf-headquarters>
20. Publikacja IMO A „San Diego’s new harbor bridge sails onto the skyline” MolyReview, (Czerwiec 2012) <https://www.imoa.info/molybdenum-uses/molybdenum-grade-stainless-steels/architecture/pedestrian-bridges.php>

NOWOŚĆ

3. Infrastruktura przybrzeżna

37 proc. ludzi na świecie żyje
w odległości nie większej niż 100 km
od wybrzeża

Wpływ zmian klimatu na środowisko przybrzeżne

NOWOŚĆ

Wybrane konsekwencje:

- Poziom oceanów zwiększa się o ok. 3 mm na rok. To proces nieodwracalny. Niektóre lądy już są lub niebawem będą zalane.
- Coraz częściej występują ekstremalne zjawiska pogodowe (huragany klasy 5, super tajfuny...), które niszczą środowisko przybrzeżne
- Następują znaczące, w większości destrukcyjne, zmiany środowiska przybrzeżnego
- Zagrożone jest normalne funkcjonowanie człowieka, a zachodzące zmiany niosą ze sobą duże koszty

Powódź (Południowo-Zachodnia Francja)

NOWOŚĆ



Zniszczone wybrzeże (lokalizacja nieznana)

NOWOŚĆ



Możliwości ochrony wybrzeża

NOWOŚĆ

- Polityka powodziowa (np. ruchome konstrukcje, lądowa ochrona przeciwpowodziowa, systemy ostrzegania powodziowego)
- Przystosowanie (np. zmiana lokalizacji zbiorników wodnych, zarządzanie wydymami, zagospodarowanie wody deszczowej)
- Ochrona (obejmuje szeroki zakres technologii służących do ochrony wybrzeża, jak np. uzupełnianie piasku na plaży, budowa opasek brzegowych, wałów, czy falochronów)

Źródło: www.unfccc.int/resource/docs/tp/tp0199.pdf

<https://www.unenvironment.org/explore-topics/oceans-seas/what-we-do/working-regional-seas/coastal-zone-management>

NOWOŚĆ

Wybrane systemy ochronne,
do budowy których wykorzystano
stale nierdzewne

Opaska brzegowa, Cromer, Wielka Brytania

Cromer to piękny, pochodzący jeszcze z czasów wiktoriańskich nadmorski kurort położony w North Norfolk. Miejscowe władze zdecydowały się na budowę betonowych opasek brzegowych oraz drewnianych falochronów, aby chronić swoje wybrzeże przed działaniem wody. Po opłakanym w skutkach sztormie z 2013 r. zdecydowano się nie tylko na przeprowadzenie kosztownych napraw, ale też budowę umocnień gwarantujących bezpieczeństwo w perspektywie najbliższych 100 lat. Do budowy odpowiedniej infrastruktury wykorzystano ponad 300 ton prętów ze stali duplex S32304 (EN1.4362).



NOWOŚĆ

Falochron, Bayonne, Francja

NOWOŚĆ

Falochron wybudowany w 1960 r. chroni przed sztormami wejście do portu Bayonne. Jest on na tyle szeroki i wytrzymały, aby mógł się po nim poruszać dużych rozmiarów dźwig. Za pomocą dźwigu wymieniane są 40-tonowe bloki betonowe, których zadaniem jest rozpraszanie energii fal. Z biegiem czasu na falochronie pojawiły się pęknięcia. Do renowacji konstrukcji wykorzystano pręty z wysokowytrzymałej stali duplex S32205 (EN1.4462) o minimalnej granicy plastyczności 750 Mpa). Pozwoliło to na znaczące zmniejszenie wagi konstrukcji, w której zatopiono ok. 130 ton prętów.



Środki zaradcze w Japonii

NOWOŚĆ

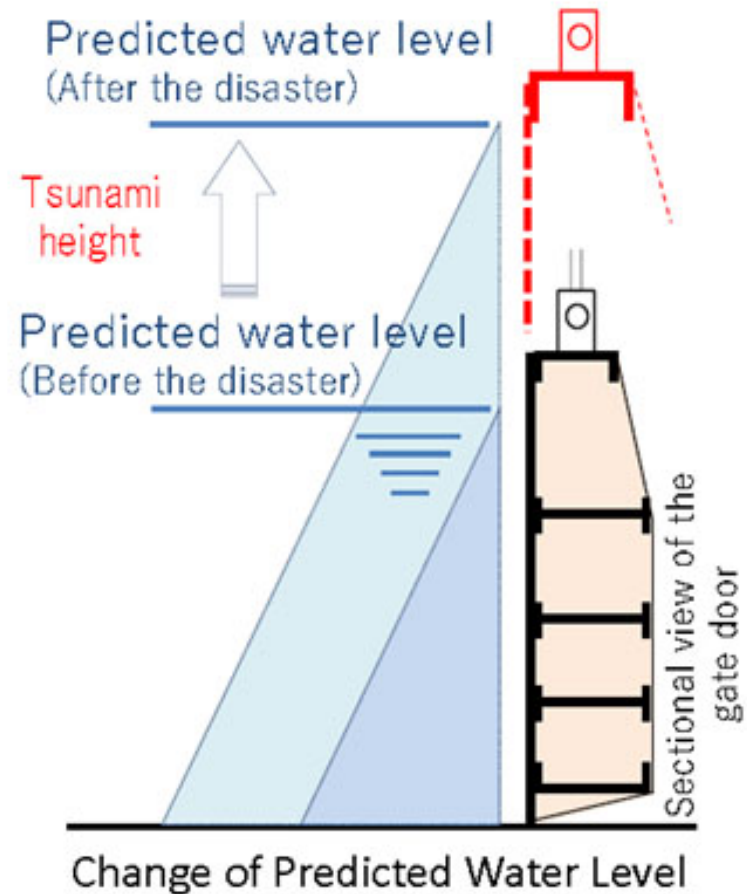
Wkład w minimalizację skutków katastrof oraz zwiększenie wytrzymałości infrastruktury

Liczba ofiar spowodowana wielkim trzęsieniem ziemi we Wschodniej Japonii w 2011 r. sięgnęła 16 tys. Ponad 90 proc. z nich zginęło w wyniku ogromnego tsunami.

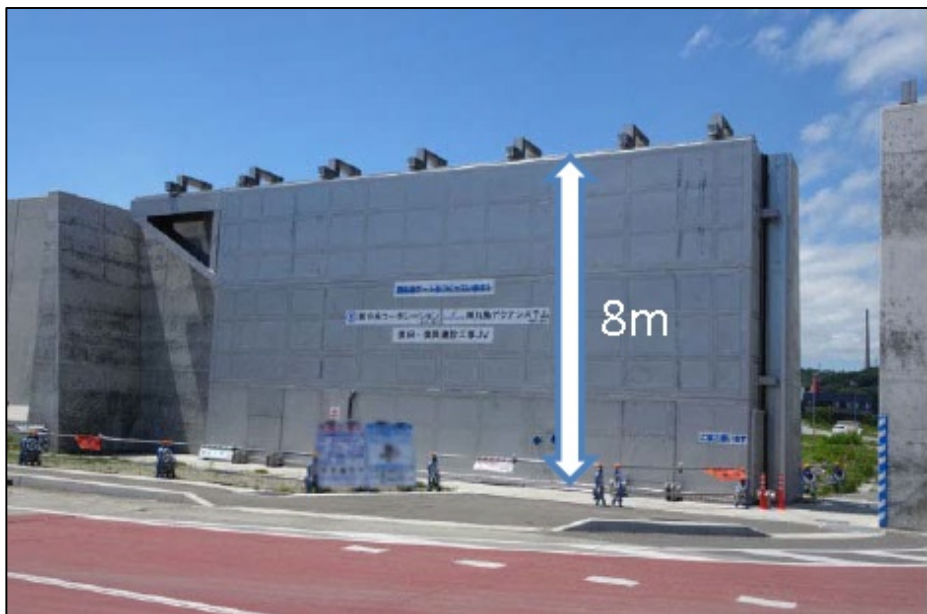
Po tych doświadczeniach rząd w Tokio zdecydował się na zmianę specyfikacji dotyczącej wysokości śluz z 5 do 8 m. Zmiana ta spowodowała, że nowe śluzy musiały być wytrzymałe na zwiększone ciśnienie wody.

Odpowiednie rozwiązanie zaproponowali inżynierowie NIPPON STEEL Stainless Steel Corporation. Było to zastosowanie niskostopowych stali duplex (ASDSS). Dzięki temu zredukowano wagę, poprawiono wytrzymałość oraz uproszczono design konstrukcji.

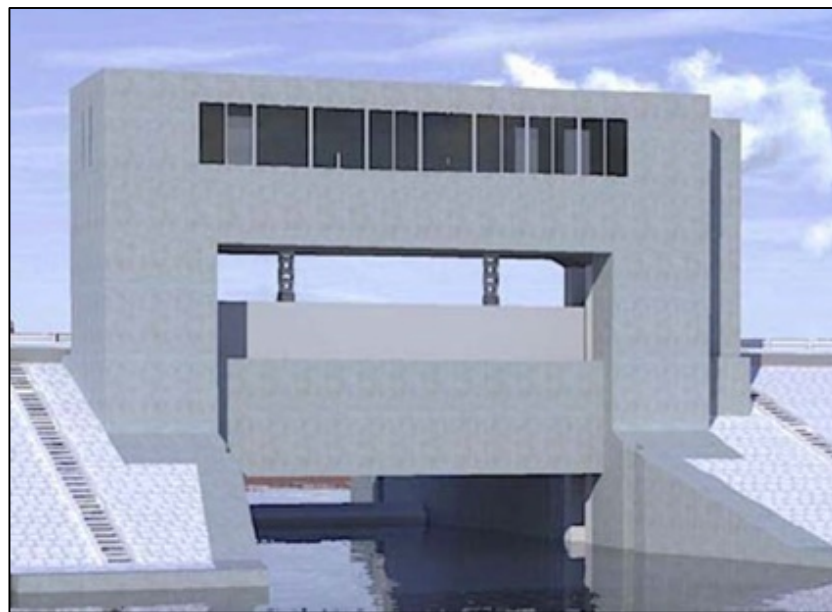
Źródło: NIPPON STEEL Stainless Steel Corporation



Przykłady śluz wodnych w Japonii

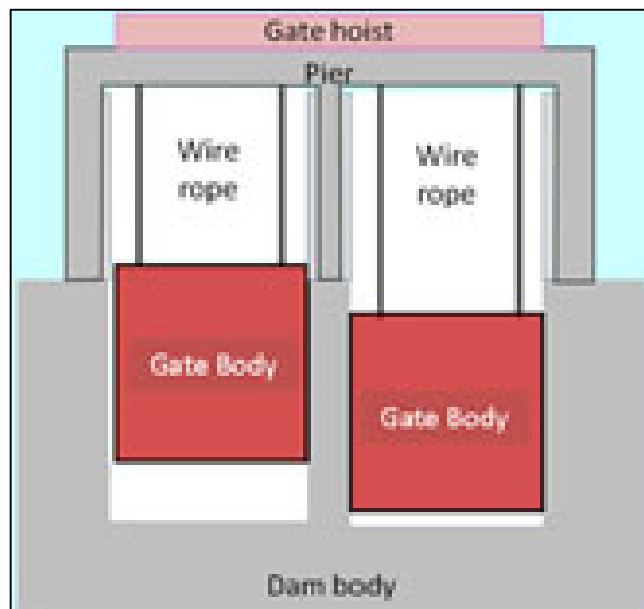


Śluza przesuwana
wysokość: 8,2 m; szerokość: 15 m



Śluza wodna
wysokość: 6,2 m; szerokość: 15 m

Obniżenie wagi konstrukcji śluzy wodnej dzięki zastosowaniu stali lean duplex



Redukcja wagi o 25 proc.

Tama z opuszczaną śluzą 7 m x 7,8 m =
54,6 mkw.

Gatunki	Stal węglowa (SM490)	Zwykła stal nierdzewna (304)	ASDSS (NSSC2120)
Łączna waga jednej śluzy	16,1 t	14,7 t	12,1 t

Źródło: Electric power civil engineering (2016.9)

Wybrane znaczące projekty w Japonii

Stal ASDSS wykorzystano do budowy ponad 50 tam i śluz wodnych w Japonii, przede wszystkim w projektach związanych z odbudową infrastruktury zniszczonej w trakcie trzęsienia ziemi.

NOWOŚĆ



Kanogawa Dam (SUS821L1)



Kotonoura Gate (SUS316LN)
Hikata Gate (SUS323L)



Kosode Gate (SUS821L1)



Koishihama Gate (SUS821L1)



neo Rise (SUS821L1)



Futase Dam (SUS821L1)



Tsukihama Gate (SUS323L)



- : DAM
- : Water Gate

Śluza Kamihirai, Japonia

NOWOŚĆ



Widok śluzy w trakcie budowy

NOWOŚĆ

Góra Saint Michel, Francja



Góra Saint Michel, Francja

NOWOŚĆ

- Góra Saint Michel jest jednym z najczęściej odwiedzanych przez turystów miejsc we Francji. Ta malutka wyspa, na terenie której znajduje się klasztor, jest położona w zatoce.
- Aby powstrzymać napływ wody podczas przyptywów wybudowano śluzy. Wykorzystano do tego 36 ton stali duplex S32205 (EN 1.4462). Materiał ten został wybrany z uwagi na wysoką odporność korozyjną połączoną z wytrzymałością na ścieranie.

Rozbudowa Monako w głąb morza

Położone u wybrzeża Morza Śródziemnego Księstwo Monako stara się powiększyć swoje niewielkie terytorium (2 km kw.) rozbudowując je w głąb morza. Kosztem 2 mld euro realizowany jest projekt budowy nowej części miejskiej o powierzchni 600 tys. mkw.

Z technicznego punktu widzenia znaczącymi wyzwaniami są: zbudowanie tymczasowej tamy, która z kolei pozwoliłaby na budowę zapory chroniącej całą inwestycję; stworzenie betonowego muru, który przetrwałby co najmniej 100 lat i chronił nową przestrzeń mieszkalną wypełnioną wielopiętrowymi budynkami.

Do budowy wspomnianego muru wykorzystanych zostanie ponad 4 tys. ton prętów ze stali duplex S32304 (EN1.4362). Dzięki temu konstrukcja będzie odporna na korozję spowodowaną oddziaływaniem wody morskiej.



Źródła

NOWOŚĆ

1. <https://www.ipcc.ch/>
2. www.unfccc.int/resource/docs/tp/tp0199.pdf
3. <https://www.novethic.fr/actualite/environnement/biodiversite/isr-rse/le-changement-climatique-grignote-nos-cotes-et-menace-plus-d-un-million-de-francais-147571.html>
4. <https://www.cerema.fr/fr/actualites/adapter-documents-conception-entretien-exploitation>
5. <https://www.cerema.fr/fr/evenements/territoires-littoraux-transition-face-au-changement>
6. <https://www.unenvironment.org/explore-topics/oceans-seas/what-we-do/working-regional-seas/coastal-zone-management>
7. Opaska brzegowa w Cromer, Wielka Brytania
<http://www.stainlesssteelrebar.org/applications/coastal-protection-at-cromer-uk/>
8. Falochron w Bayonne <http://stainlesssteelrebar.org/applications/bayonne-breakwater/>
9. <https://www.constructioncayola.com/batiment/article/2008/11/20/23050/l-inox-pour-resister-atlantique>
10. Śluzy antypowodziowe chroniące przed tsunami, Japonia (prezentacja NSSC)

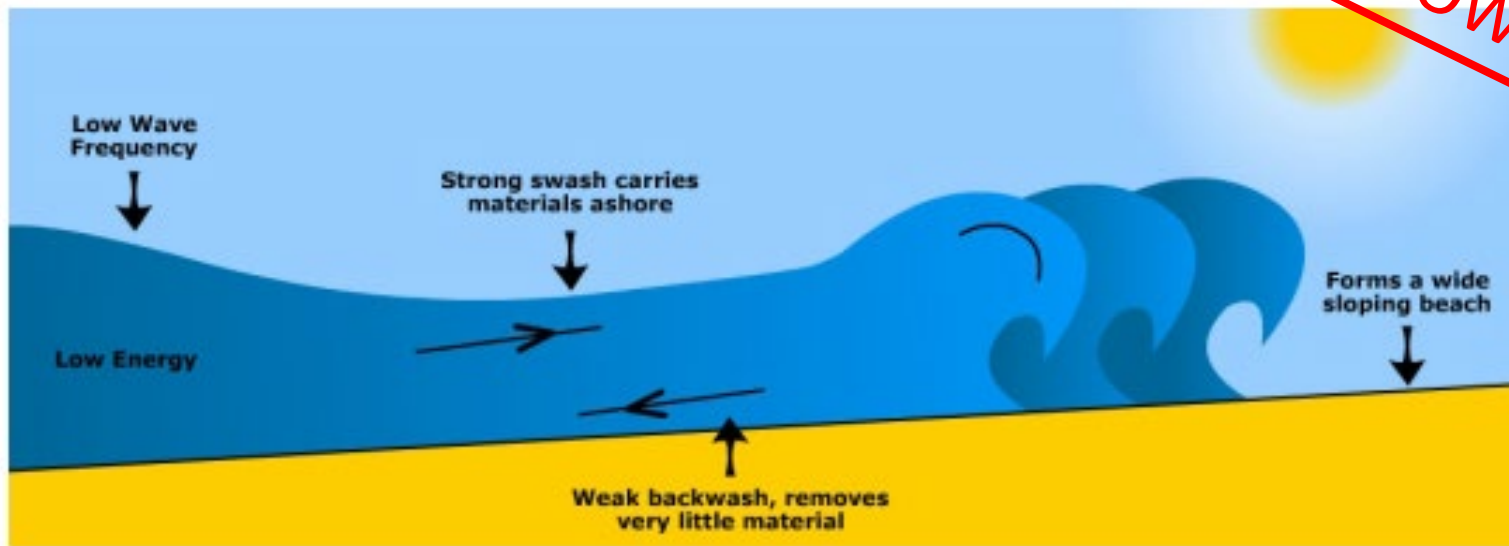
Źródła

NOWOŚĆ

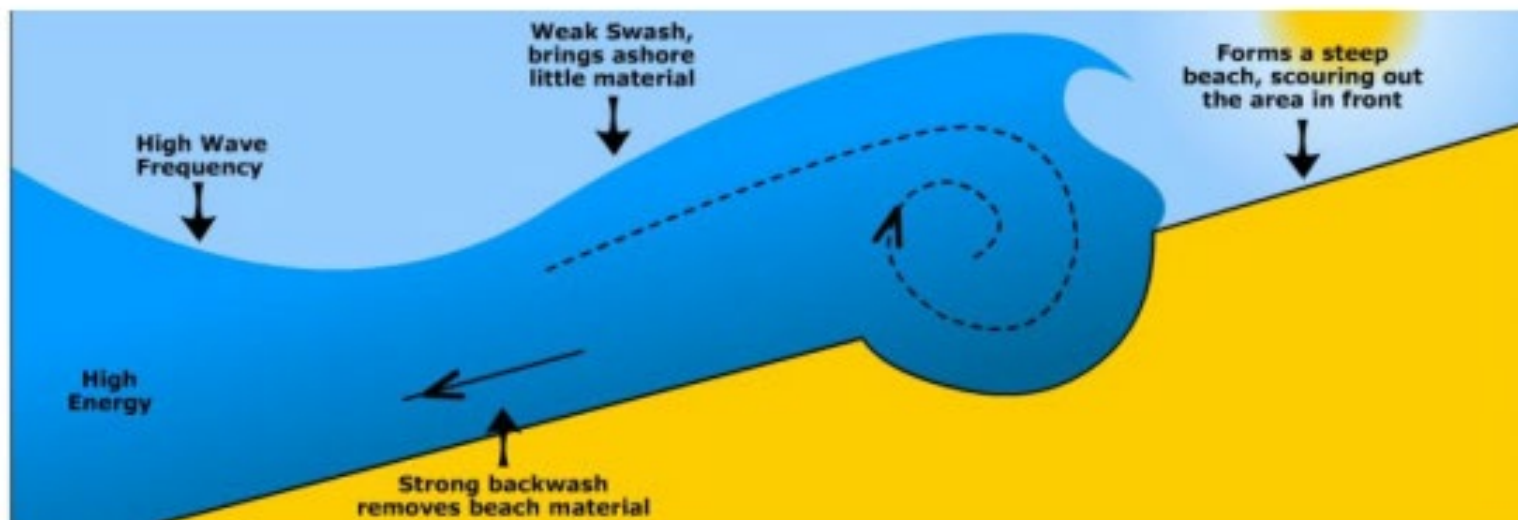
11. Śluzy, Góra St Michel, Francja
<https://www.nickelinstitute.org/en/NickelMagazine/MagazineHome/AllArchives/2015/Volume30-3/InUseMontStMichel.aspx?selected=year>
<https://europe.arcelormittal.com/europeprojectgallery/fo/montsaintmichel>
12. Śluza antypowodziowa, Tammeroski
<http://www.pratiwisteel.com/news/view/20110708090600/Outokumpu-Duplex-Stainless-Steel-For-Sluice-And-Flood-Gates-Structures-In-Finland.html> <https://www.pontek.fi/in-english>
13. Monako
<https://www.cedinox.es/opencms901/export/sites/cedinox/.galleries/publicaciones-tecnicas/Extension-en-mer-de-Monaco.pdf>
14. Śluza antypowodziowa Gårda Dämme, Göteborg
<https://www.outokumpu.com/en/choose-stainless/2016/floodgates-to-fight-rising-sea-levels>
15. <https://coastal-environments.weebly.com/landforms-and-processes.html>

Oddziaływanie fal na linię brzegu

NOWOŚĆ



Constructive Waves



Destructive Waves

Dziękuję za uwagę



Lokalizacja:
 Barcelona, Hiszpania
Materiał: stal
 nierdzewna
Wymiary: 38 m
 wysokości, 58 m
 długości
Waga: dane
 niedostępne
Data powstania: 1992

**NOWOŚĆ
 2018!**

Frank Gehry: Złota rybka (The golden fish)²⁷

El Peix d'Or to rzeźba w kształcie płynącej z otwartymi ustami ryby. Została ona wykonana z materiału przypominającego plecioną siatkę. Jej łuski w kolorze miedzianym (barwiona stal nierdzewna) mienią się w promieniach śródziemnomorskiego słońca. Dzięki temu konstrukcja zmienia wygląd w zależności od pory dnia i warunków atmosferycznych, co podkreśla organiczną formę też potężnej instalacji.

Rzeźba Złotej rybki (El Peix d'Or w języku katalońskim) została zbudowana z okazji odbywających się w 1992 r. w Barcelonie Letnich Igrzysk Olimpijskich. Zlokalizowana w porcie konstrukcja służy za kopułę łączącą luksusowy Hotel Arts z nabrzeżem. Ta imponująca instalacja jest jednym z ulubionych przez turystów i mieszkańców Barcelony miejsc w tej okolicy. <http://www.barcelonaturisme.com/wv3/en/page/1232/peix-fish-frank-gehry.html>



Lokalizacja: Szanghaj, Chiny

Materiał: stal nierdzewna

Wymiary: 8 m wysokości, 12 m długości

Waga: dane niedostępne

Data powstania: 2015

**NOWOŚĆ
2018!**

Zhan Wang + Atelier Deshaus: Kwitnący pawilon (Blossom Pavilion)²⁸

Punktem wyjścia do realizacji przedsięwzięcia były rzeźby wykonane przez artystę Zhan Wang – Rockery Series – nad którymi pracował on od 1995 r. Nowe znaczenie nadał im Atelier Desghaus, który postanowił stworzyć pawilon przypominający skalny ogród. Sześć smukłych, uformowanych na kształt skał, kolumn wspiera stalowy dach, na górze którego rozkwitają kwiaty i inne rośliny. Odbijające światło kolumny sprawiają wrażenie, jakby zostały ustawione w przypadkowych miejscach. Ma to podkreślać charakter instalacji – skalnego ogrodu.

<https://www.archdaily.com/792211/blossom-pavilion-atelier-deshaus/5799b693e58ece81bd00004a-blossom-pavilion-atelier-deshaus-photo>



Materiał: stal nierdzewna
Wymiary: naturalnych wymiarów
Waga: dane niedostępne
Data powstania: -

**NOWOŚĆ
2018!**

Martin Debenham: Syrena 3 (mermaid 3)²⁹

Współczesny brytyjski artysta Martin Debenham za pomocą drutu ze stali nierdzewnej tworzy rzeźby inspirowane światem natury oraz fantazji. Wykorzystywany przez niego materiał jest niezwykle plastyczny, co daje artyście niemal nieskończony potencjał twórczy.

Prace tworzone przez Martina Debenhama wydają się, jakby były trójwymiarowymi rysunkami. Tymczasem większość z tych metalowych arcydzieł jest wykorzystywana w przestrzeni publicznej na wolnym powietrzu. Wystawione w naturalnym otoczeniu, błyszczące w promieniach słonecznych, nabierają mitycznego znaczenia. Przykładem jest wykonana ze stalowych prętów rzeźba syreny siedzącej na kamieniu przy stawie. Postać sprawia wrażenie, jakby zastanawiała się nad skokiem do wody. Pręty, z których jest wykonana rzeźba układają się w kształt kobiety, która zamiast nóg ma długi syreni ogon. <https://mymodernmet.com/wire-sculptures-martin-debenham/>



Lokalizacja:

Materiał:

Polerowana i barwiona
stal nierdzewna

Wymiary:

3 panele: 1 m x 1 m każdy

Waga:

Rob budowy:

2011

Robert Gahr: Surge³⁰

Rzeźba ścienna



Lokalizacja:

Materiał:

Wymiary:

2.1 m wysokości

Waga:

Rok budowy:

Ralfonso Karo: #1 Kinetic Wind Sculpture ³¹

25 elementów w kształcie diamentu wykonano ze stali nierdzewnej. Elementy balansują i poruszają się niezależnie pod wpływem wiatru. Kliknij [tutaj](#), wideo (4':51'')



Lokalizacja:
Korea
Południowa
Materiał:
malowana stal
nierdzewna
Wymiary:
273x160x95cm
Waga:
Rok budowy:
2017

**NOWOŚĆ
2019**

Sun Hyuk Kim: utracona pamięć ^{32, 33}

Zainspirowany naturalną plątaniną korzeni koreański artysta tworzy rzeźby przypominające ludzkie postacie. Z każdej z nich wyrasta, bądź pojedyncza gałąź, bądź małe drzewo, sprawiając wrażenie, że mamy do czynienia z ludzko-botanicznymi hybrydami. Duże, wykonane ze stali nierdzewnej rzeźby ukazują fragmenty twarzy, bezgłowe ciała oraz przykucnięte postaci, jakby przygniecione nadmiernym ciężarem, który niosą na swoich barkach.

Minimalistyczne rzeźby autorstwa Sun Hyuk Kim pozwalają odbiorcom odnaleźć w nich samych siebie. Ukazują one ludzką kruchość, nawiązując do doświadczeń związanych z nie zawsze komfortową sytuacją, w której musimy na nowo odnaleźć się w naszym życiu. Z drugiej jednak strony uzmysławiają fakt, iż ludzkie doświadczenie może być bardzo rozległe i podlegające ciągłemu rozwojowi – zupełnie, jak rosnące drzewo.

Takich przykładów jest o wiele więcej

<http://www.worldstainless.org/applications/art>

Jeżeli znasz inne znaczące dzieła sztuki prosimy o kontakt!



Źródła (1/3)

UAKTUALNIONE
2019!

1. <http://www.andyscottsculptor.com/>
2. http://en.wikipedia.org/wiki/The_Kelpies
3. <http://atomium.be/>
4. <http://en.wikipedia.org/wiki/Atomium>
5. <http://www.gatewayarch.com/>
6. http://en.wikipedia.org/wiki/Gateway_Arch
7. http://www.cityofchicago.org/city/en/depts/dca/supp_info/millennium_park_artarchitecture.html
8. http://en.wikipedia.org/wiki/Cloud_Gate
9. <http://saintluciasculpturepark.com/portfolio/anilore-banon/>
10. <http://www.war-memorial.net/The-Braves---Les-Braves-1.292>
11. <https://www.youtube.com/watch?v=yHkOQWPZhyM>
12. <https://jaumeplensa.com/works-and-projects/public-space/mirror-2012>
13. <https://www.theguardian.com/artanddesign/2011/mar/30/jaume-plensa-show-at-yorkshire-sculpture-park>
14. <https://www.theguardian.com/arts/gallery/2007/oct/03/spider>
15. <http://www.eilahiltunen.net/monument.html>

Źródła (2/3)



16. <http://monicabonvicini.net/work/she-lies/>
17. <http://anishkapoor.com/111/turning-the-world-upside-down>
18. <https://www.gpsmycity.com/attractions/sun-voyager-28054.html>
19. <http://twistedgifter.com/2014/07/wire-fairy-sculptures-by-robin-wight/>
20. <http://megaconstrucciones.net/?construccion=cristo-chiapas>
21. http://joanavasconcelos.com/det_en.aspx?f=2393&o=933
22. <http://www.jeffkoons.com/artwork/celebration/sacred-heart>
23. <http://www.bruvel.com/exhibitions/houston-art-fair-2015>
24. <http://twistedgifter.com/2011/10/metalmorphosis-sculpture-david-cerny/>
25. <https://www.dailyscandinavian.com/the-worlds-biggest-elk-statue-in-norway/>
26. <https://www.parisladouce.com/2013/03/paris-la-danse-de-la-fontaine-emergente.html>
27. <http://www.barcelonaturisme.com/wv3/en/page/1232/peix-fish-frank-gehry.html>
28. <https://www.archdaily.com/792211/blossom-pavilion-atelier-deshaus/5799b693e58ece81bd00004a-blossom-pavilion-atelier-deshaus-photo>

Źródła (3/3)



29. <https://mymodernmet.com/wire-sculptures-martin-debenham/>
30. [http://www.gahr-metalart.com/artworks/metal wall art.htm](http://www.gahr-metalart.com/artworks/metal_wall_art.htm)
31. <http://www.ralfonso.com>
32. <https://mymodernmet.com/sun-hyuk-kim-stainless-steel-sculptures/>
33. <https://www.sunhyuk.com/sculpture>

Prezentacja dla wykładowców architektury i budownictwa

Rozdział 02 **Zastosowania**

Spis treści

1. [Elewacje](#)
2. [Zielone ściany](#)
3. [Dachy](#)
4. [Wystrój wnętrz](#)
5. [Instalacje wodociągowe](#)
6. [Ruchome schody i windy](#)
7. [Lotniska](#)
8. [Mała architektura miejska](#)
9. [Renowacja](#)
10. [Stadiony](#)
11. [Baseny pływackie](#)

1. Elewacje



Od lewej, zgodnie z ruchem wskazówek zegara:

1. Elewacja centrum handlowego w Westfield Doncaster, Wiktoria, Australia⁴
2. Siatka przeciwsłoneczna ze stali nierdzewnej na elewacji budynku szkoły niedaleko Waszyngtonu, DC, USA. Ogranicza promieniowanie słoneczne, oszczędza energię, zapewnia dobrą widoczność⁶
3. Daszek ze stali nierdzewnej nad wejściem, Arizona, USA. Ogranicza promieniowanie słoneczne i jednocześnie pozwala na swobodny przepływ powietrza⁶
4. Centrum badań medycznych Lou Ruvo zaprojektowane przez Franka Gehry'ego, Las Vegas, USA⁵

Elewacja ze stali nierdzewnej w 285 metrowym apartamentowcu,
Nowy Jork, USA. Zaprojektowana przez Franka Gehry'ego⁷



Odblaskowe wkładki ze stali nierdzewnej w betonowej ścianie budynku
archiwum, Bure-Saudron (51), Francja⁸





Muzeum Sztuki F.R. Weismana, Minneapolis, USA (1993)

Architekt: Frank Gehry⁹

Gehry: "Zawsze czułem, że w architekturze najważniejszy jest materiał. Kiedy przyglądałem się pracom moich przyjaciół artystów – odpowiedni materiał był czymś, co wydawało się właściwe, prawdziwe, dopuszczalne i nie wymyślone." Dla Muzeum Weismana, Gehry wybrał stal nierdzewną... jest błyszcząca, refleksyjna, ale także posiada niezwykle trwałą powierzchnię, która nadaje budynkowi niepowtarzalną tożsamość.



Centrum Sztuk Scenicznych Kauffmana, Kansas City, USA (2011) Architekt: Moshe Safdie; Engineering: Arup¹⁰

Północna elewacja budynku, której okna wychodzą na centrum Kansas City, składa się z szeregu łukowych ścian, które wznoszą się nad ziemią jak fala. Okładzina elewacji wykonana jest ze stali nierdzewnej. Od grzbietu budynku, szklany dach opada do wysokości kilku pięter i kończy się kaskadą szklanej ściany o wysokości 65 stóp i szerokości 330 stóp, dzięki czemu z głównego hallu Brandmeyera rozpościera się panoramiczny widok na Kansas. Spektakularna szklana fasada i dach są zakotwiczone przez 27 stalowych lin sprężających przypominających instrument strunowy.



Centrum Sztuki Len Lye, New Plymouth, Nowa Zelandia
Architekt: A. Patterson¹¹

Elewacja o wysokości 14 m i wadze 32 ton wykonana z polerowanej na lustro stali nierdzewnej gatunku 316



Centrala Linii Metra w Delhi, Indie **Architekt: Raj Rewal & Associates¹²**

Architekt Raj Rewal & Associates zaprojektował okładzinę elewacji ze stali nierdzewnej dla budynku w New Delhi. Zastosowano w niej rurową kratownicę oraz panele ze stali nierdzewnej rozmieszczone między oszkleniem z hartowanego szła.



Budynek Ciepłowni, Turyn, Włochy

Architekt: JP Buffi¹³

Budynek ciepłowni został pokryty przez zakrzywione, ażurowe ekrany ze stali nierdzewnej, które mają powierzchnię barwioną na kolor miedziany i są tak umiejscowione, aby zapewnić widok na obiekt znajdujący się wewnątrz konstrukcji.



Capital Gate Tower (2010), Abu Dhabi RMJM, Architects¹⁴⁻¹⁶

Charakterystyczny „plus” ze stali nierdzewnej splota z 19 piętra budynku Capital Gate i jest to zarówno element dekoracyjny, jak i funkcjonalny zapewniający osłonę przeciwsłoneczną, która eliminuje ponad 30 procent ciepła słonecznego. „Plus” zakręca wokół budynku w kierunku południowym, aby jak najdłużej chronić wieżę od bezpośredniego oddziaływania światła słonecznego.

„Plus” wykonany jest z 580 paneli z siatki ze stali nierdzewnej o łącznej powierzchni $\sim 5000 \text{ m}^2$.



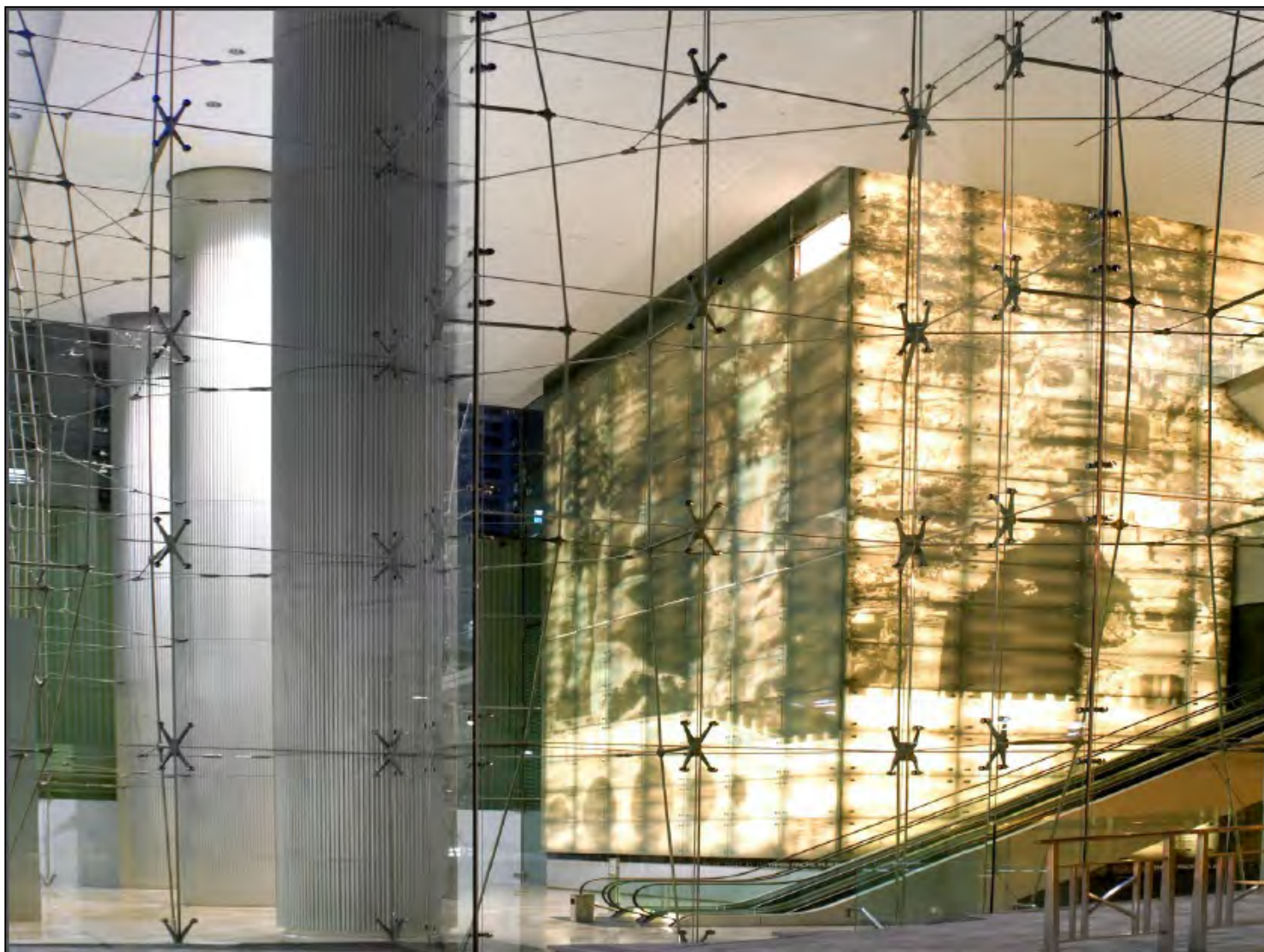
Szklana elewacja¹⁷

Kratownica z cięgien ze stali nierdzewnej połączonych w węzłach podtrzymuje szklaną elewację, maksymalizując otwartą rozświetloną przestrzeń także w narożnikach konstrukcji.

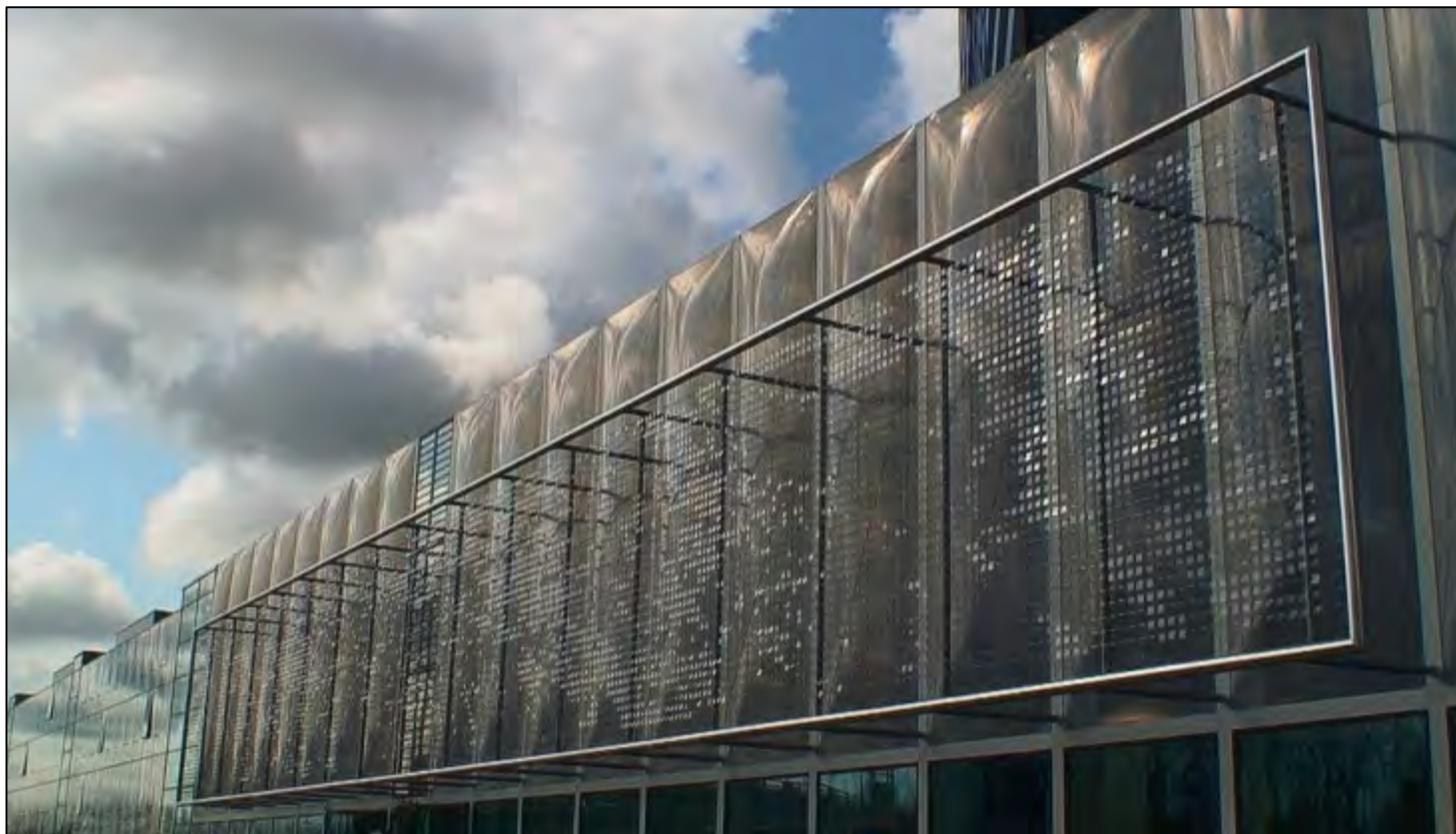


Szklana elewacja, Paryż ¹⁸

Szklana elewacja wspierana jest przez lekką, wysokowytrzymałą konstrukcję ze stali nierdzewnej. Stalowa sfera w tle to «Geode», z unikalną okładziną ze stali nierdzewnej. Tworzy ona kino z 360° ekranem i stanowi część «Cité des Sciences et de l'Industrie»



Szklana elewacja, Paryż¹⁸



Ażurowa elewacja biurowca, Utrecht, Holandia²⁰

Architekci: Cepezed

Elewacja o powierzchni 3000 m², wykonana jest z siatki ze stali nierdzewnej i ozdobiona przezroczystymi dyskami z tworzywa sztucznego. Wiatr wywołuje wibrację siatki, a dyski zaczynają się poruszać, co powoduje szmer i efekty świetlne.



Energooszczędny budynek, Nantes, Francja ²¹

Architekci: FORMA 6 & B. Dacher

Skomplikowane wycinane laserowo kształty elewacji ze stali nierdzewnej nadają budynkowi wyjątkowy wygląd.



Akademickie Centrum McGowan, Washington, DC, USA

Osłona przeciwsłoneczna z siatki⁶

Akademickie Centrum McGowan to budynek z salami lekcyjnymi lokalnej szkoły wyższej. Projekt zakładał zintegrowanie atrium z zewnętrzną przewiewną elewacją w centralnej części budynku, która jest skierowana na wschód.

Osłona przeciwsłoneczna z siatki ze stali nierdzewnej zmniejsza nasłonecznienie w ciągu dnia i ilość powietrza niezbędnego do schłodzenia przestrzeni wewnętrznej w miesiącach letnich. Typowe metalowe osłony przeciwsłoneczne nie mogły być użyte do tego zastosowania, ponieważ w tym przypadku kluczową kwestią była widoczność przez osłonę. Nie oferowały one wystarczająco dużo otwartej przestrzeni.

Rehab of Château de Rentilly, Francja²¹⁻²³



Po lewej: przed
Po prawej: po

Współczesny budynek w pobliżu zamku na terenie parku. Elewacja budynku została pokryta płytami ze stali nierdzewnej z wykończeniem lustrzanym.

Xavier Veilhan, architekt:
*«... budynek był cieniem tego czym był kiedyś...
Chciałem ścian, które będą odbijać obraz otaczającego parku... »*





Szpital St Gyu, Londyn²⁴
Architekt: T. Heartherwick

Elewacja pod nazwą „kombinezon” to unikatowa fasada zaprojektowana, aby otoczyć budynek kotłowni zasilającej szpital St Guy. Składa się z 108 pofalowanych płytek splecionych z tkaniny ze stali nierdzewnej. Wraz z podświetleniem w nocy, stanowi wyróżniający się element budynku, witający personel i gości przybywających do szpitala w ciemności.



American Airlines Arena, Miami, USA

Ekran Mediamesh® został wykonany z siatki ze stali nierdzewnej o powierzchni ok. 1 tys. mkw., w którą wpleciono profile LED. Ekran jest tak skonstruowany, że nie zasłania widoku gościom będącym wewnątrz obiektu, jednocześnie wyświetlając cyfrowy obraz widoczny z zewnątrz budynku.

Wysoka na trzy kondygnacje instalacja (ok. 12 m wysokości i 24 m szerokości) jest cztery razy większa niż przeciętny billboard.

American Airlines Arena co roku gości ponad 1,3 mln widzów biorących udział w koncertach czy też przeróżnych wydarzeniach sportowych.

Elewacje – źródła (1/2):

1. [https://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/Euro Inox/Facades PL.pdf](https://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/Euro%20Inox/Facades%20PL.pdf)
2. [https://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/Euro Inox/Innovative facades PL.pdf](https://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/Euro%20Inox/Innovative%20facades%20PL.pdf)
3. <http://www.archiexpo.com/architecture-design-manufacturer/stainless-steel-facade-cladding-2964.html> Więcej przykładów można znaleźć tu!
4. <http://www.steelcolor.com.au/westfield-doncaster/>
5. <http://wikimapia.org/7695594/Cleveland-Clinic-Lou-Ruvo-Center-for-Brain-Health#/photo/3116187>
6. <http://cambridgearchitectural.com/>
7. <https://newyorkbygehry.com/>
8. <http://archinect.com/firms/project/39353/edf-archives-center/9174600>
9. [http://greatbuildings.com/buildings/Weisman Art Museum.html](http://greatbuildings.com/buildings/Weisman%20Art%20Museum.html)
10. <http://www.arcspace.com/features/moshe-safdie-/kauffman-center-for-the-performing-arts/>
11. <http://pattersons.com/civic/len-lye-contemporary-art-museum/>
12. http://www.stainlessindia.org/UploadPdf/SI_Mar08.pdf
13. <http://www.archilovers.com/projects/30432/centrale-termica-teleriscaldamento-iride-energia.html>
14. <http://www.skyscrapercenter.com/building/capital-gate-tower/3172>

Elewacje – źródła (2/2):

15. <http://www.dailymail.co.uk/travel/article-1284591/Abu-Dhabi-Capital-Gate-skyscraper-leans-times-Tower-Pisa.html>
16. <http://www.e-architect.co.uk/dubai/capital-gate-abu-dhabi>
17. <http://hda-paris.com/>
18. <https://www.parisinfo.com/musee-monument-paris/71198/La-Geode>
19. http://issuu.com/hda_paris/docs/hda_2011_references_web_issu
20. <http://5osa.tistory.com/entry/Cepezed-and-Ned-Kahn-Studios-Vertical-Canal-fa%C3%A7ade-Utrecht-Netherlands>
21. <http://www.reseaux-artistes.fr/dossiers/beatrice-dacher/architecture-sully-2006-2010>
22. <http://www.marneetgondaire.fr/les-albums-photos/album-photos-490/le-chateau-de-rentilly-renaissance-en-2013-230.html?cHash=d2d475c49fe75ee015495efb35c04460>
23. <http://www.marneetgondaire.fr/le-parc/les-espaces-1705.html>
24. <http://www.dezeen.com/2007/08/20/boiler-suit-by-thomas-heatherwick>
25. http://www.gkdmediamesh.com/blog/the_role_of_metallic_mesh_in_transforming_stadium_architecture.html

2. Zielone ściany

Zielone ściany

Zielone elewacje stanowią coraz bardziej popularny element architektury, zapewniają ogromne korzyści dla budynku od zwykłego udogodnienia dla mieszkańców, przez regulację ciepła, do poprawy jakości powietrza.

Zastosowanie lin, prętów i siatek ze stali nierdzewnej do modelowania wzrostu roślin pnących na elewacji budynku stanowi alternatywę dla tradycyjnego obsadzania roślin w zielonych ścianach.

Doposażenie istniejących konstrukcji w zieloną elewację również nie następuje problemów.



Zielona elewacja¹

Budynek mieszczący transformatory elektryczne, Barcelona.

Liny i elementy złączne ze stali nierdzewnej podtrzymują roślinność.



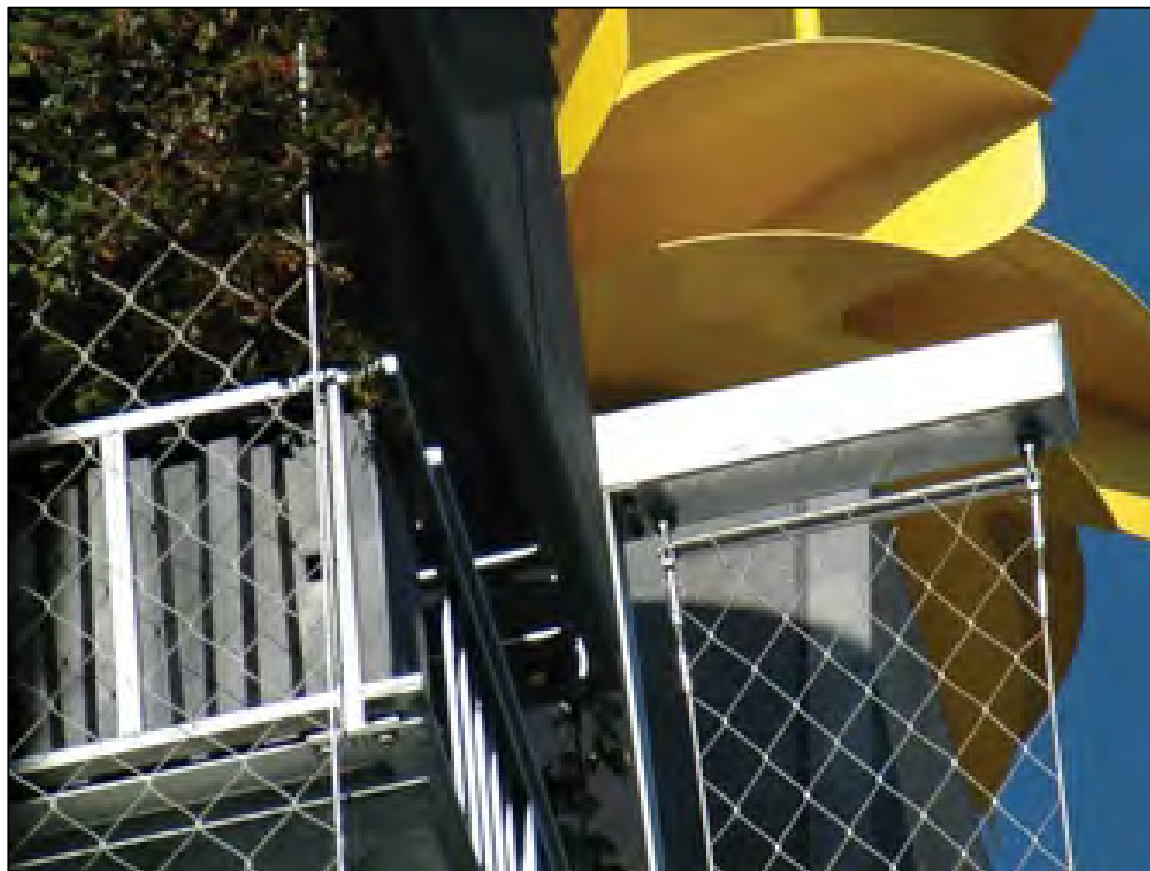
Pionowe ogrody dla budynków mieszkalnych² (korzystne cenowo na całym świecie!)



Zalety:

- Polepszona izolacja
- Tłumienie hałasu
- Chłodniejszy mikroklimat
- Zwiększona różnorodność biologiczna
- Lepsza jakość powietrza (filtracja zanieczyszczeń)
- Estetyka
- Dobre samopoczucie
- Pozytywne oddziaływanie społeczne i ekonomiczne

Liny i kotwy wykonane ze stali nierdzewnej.



Pionowe ogrody dla budynków mieszkalnych²

Zalety przywracania matki natury do wciąż rosnącego nienaturalnego środowiska są tak widoczne, że Australijski Rząd powołał Radę Budownictwa Ekologicznego (Green Building Council of Australia), aby wspierała zrównoważony rozwój budownictwa.



Pionowe ogrody

Budynek Rady Miejskiej w Melbourne:
System okratowania wraz z dodatkowymi elementami ze stali nierdzewnej zapewnia podstawową konstrukcję dla rozwoju roślin oraz przekształca powierzchnie trudno utrzymujące ciepło w żywe ogrody pionowe.

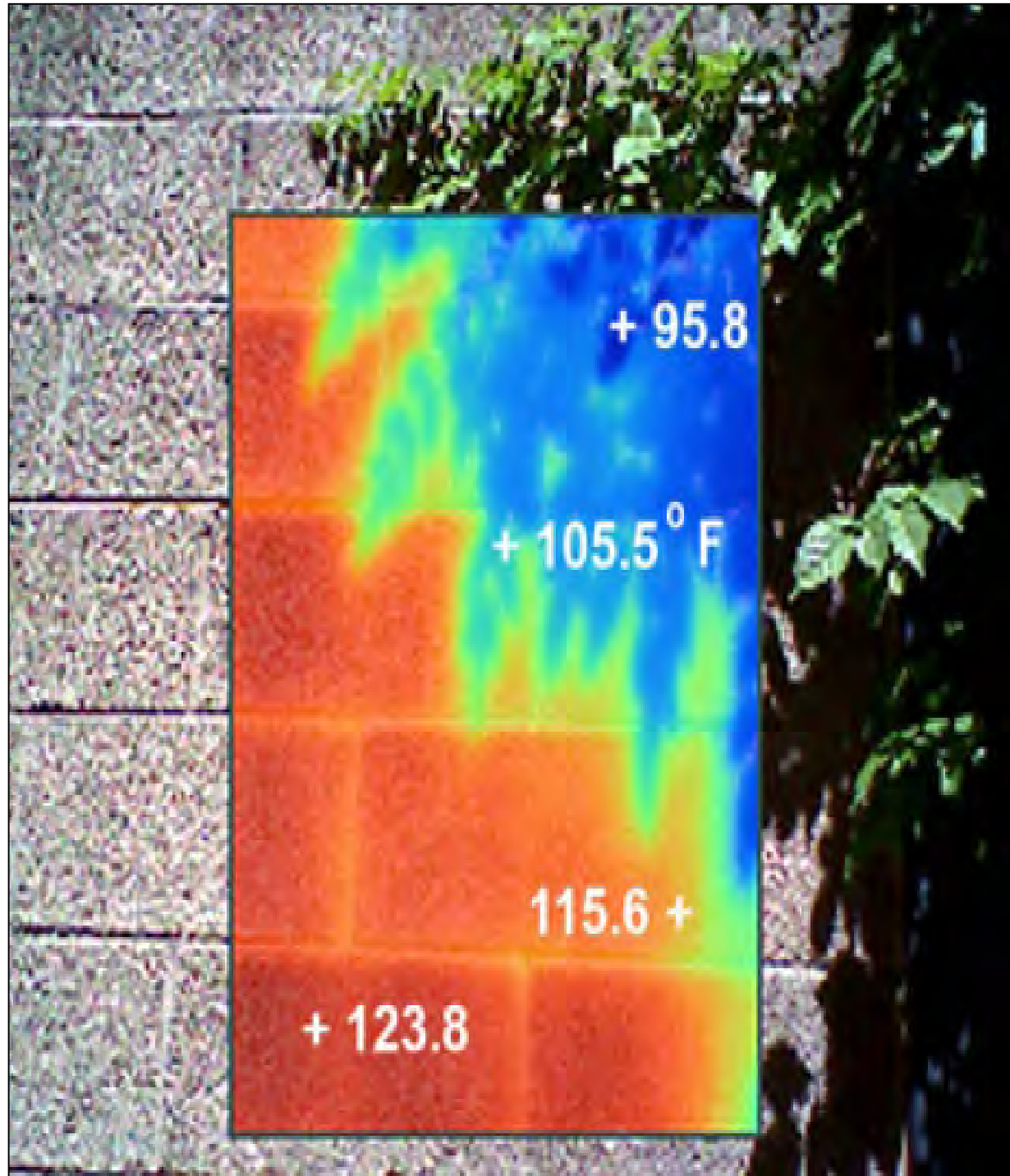




Zielona ściana⁴

Zdjęcie w podczerwieni przedstawiające rozkład temperatury na powierzchni budynku, Tempe, AZ.

! °F, poz. literatury 4.





Kotwy i liny


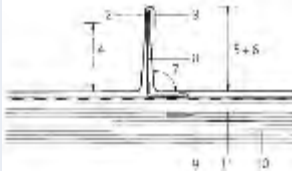
Systemy ze stali nierdzewnych są łatwe w montażu

Zielone ściany – źródła

1. [https://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/Euro Inox/VertGardens PL.pdf](https://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/Euro%20Inox/VertGardens%20PL.pdf)
2. <http://www.ronstantensilearch.com/melbourne-city-council-chambers-northern-green-facade/>
3. <http://www.jakob.co.uk/information/image-galleries/greenwall-systems-gallery/large-scale-greenwall-systems.html>
4. [http://drum.lib.umd.edu/bitstream/1903/11291/1/Price u md 0117N 11876.pdf](http://drum.lib.umd.edu/bitstream/1903/11291/1/Price_u md_0117N_11876.pdf)
5. <http://www.architectureartdesigns.com/30-incredible-green-walls/>

3. Dachy

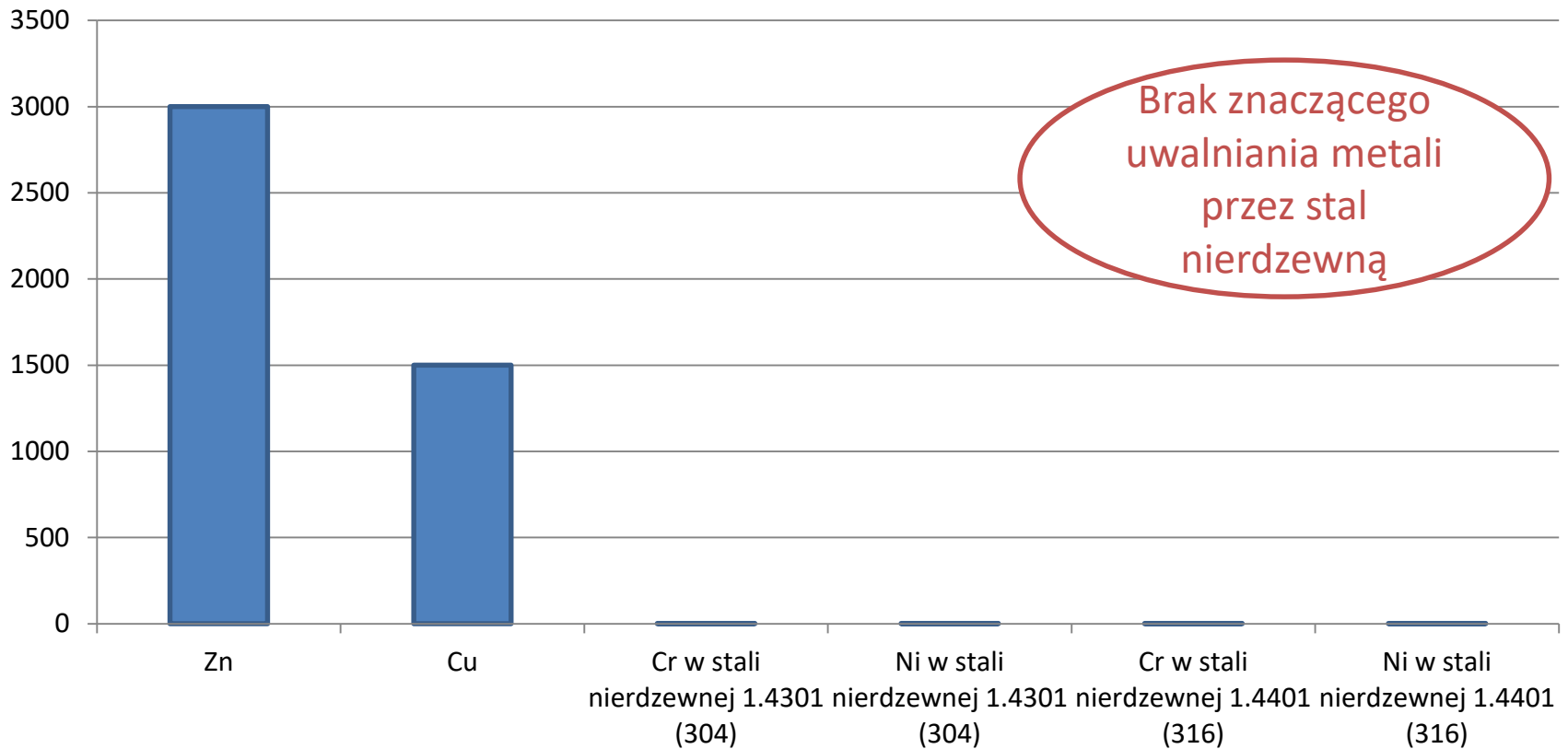
Typowe cechy dachów ze stali nierdzewnej¹⁻⁴

	Pochyłe (>3%)	Płaski
Materiał	Stale ferrytyczne 1.4509, 1.4510	Stale austenityczne 1.4301, 1.4401
Łączenie	Mechaniczne	Spawanie (dla wodoszczelności)
		 <ol style="list-style-type: none"> 1 Stainless steel strip 2 Continuous seam weld 3 Folded top of standing joint 4 Height to seamweld about 16 mm 5 Height of joint before folding about 30 mm 6 Height of joint after folding about 20 mm 7 Angle of about 92° 8 Sliding cleat 9 Stainless fastener 10 Acoustic/protective membrane 11 Supporting structure
Wykończenie powierzchni	Matowe lub powlekane metalami - metalem terne (Sn)*	Matowe lub 2B (gdy występuje warstwa wierzchnia)
Grubość	0,5 mm; 0,4 mm dla systemów rynnowych Pozwalają zmniejszyć wagę konstrukcji	
Oczekiwany okres eksploatacji	Do końca okresu eksploatacji budynku	
Inne		Odpowiednie dla zielonych dachów Podczas renowacji mogą być montowane bezpośrednio na dachach bitumicznych

* W niektórych obszarach zastosowanie Cu i Zn jest ograniczone, gdyż są one uznane za eko-toksyczne i uwalniające metale do wody deszczowej

Nowy problem, metale uwalniane w wyniku opadów deszczu⁵

Głównie w północnej Europie... wynika z wymagań w zakresie jakości wody, dostępności i ponownego wykorzystania surowców



Biblioteka parlamentu w Delhi⁶⁻⁷

Architekt: Raj Rewal Associates



1. Po lewej: Widok ogólny z budynkiem parlamentu w tle.

2. Po prawej: Widok centralnej kopuły

Biblioteka o powierzchni $\sim 55,000 \text{ m}^2$ posiada ograniczoną wysokość, aby nie zasłaniać budynku parlamentu. Centralna kopuła składa się z siatki wykonanej z elementów rurowych oraz lin ze stali nierdzewnej zbiegających się w kluczowych węzłach zadaszania, napinając całą konstrukcję. Druga kopuła wykonana z rur ze stali nierdzewnej, znana jako kopuła dla VIP-ów ma średnicę 16 m oraz wysokość 2,5 m.

Od góry po lewej, zgodnie z ruchem wskazówek zegara¹:

1. Dach ze stali nierdzewnej kościoła, Leicester, UK

2. Stołówka szkolna, Oyonnax, France

3. Centrum Nauki Universum, Bremen, Niemcy





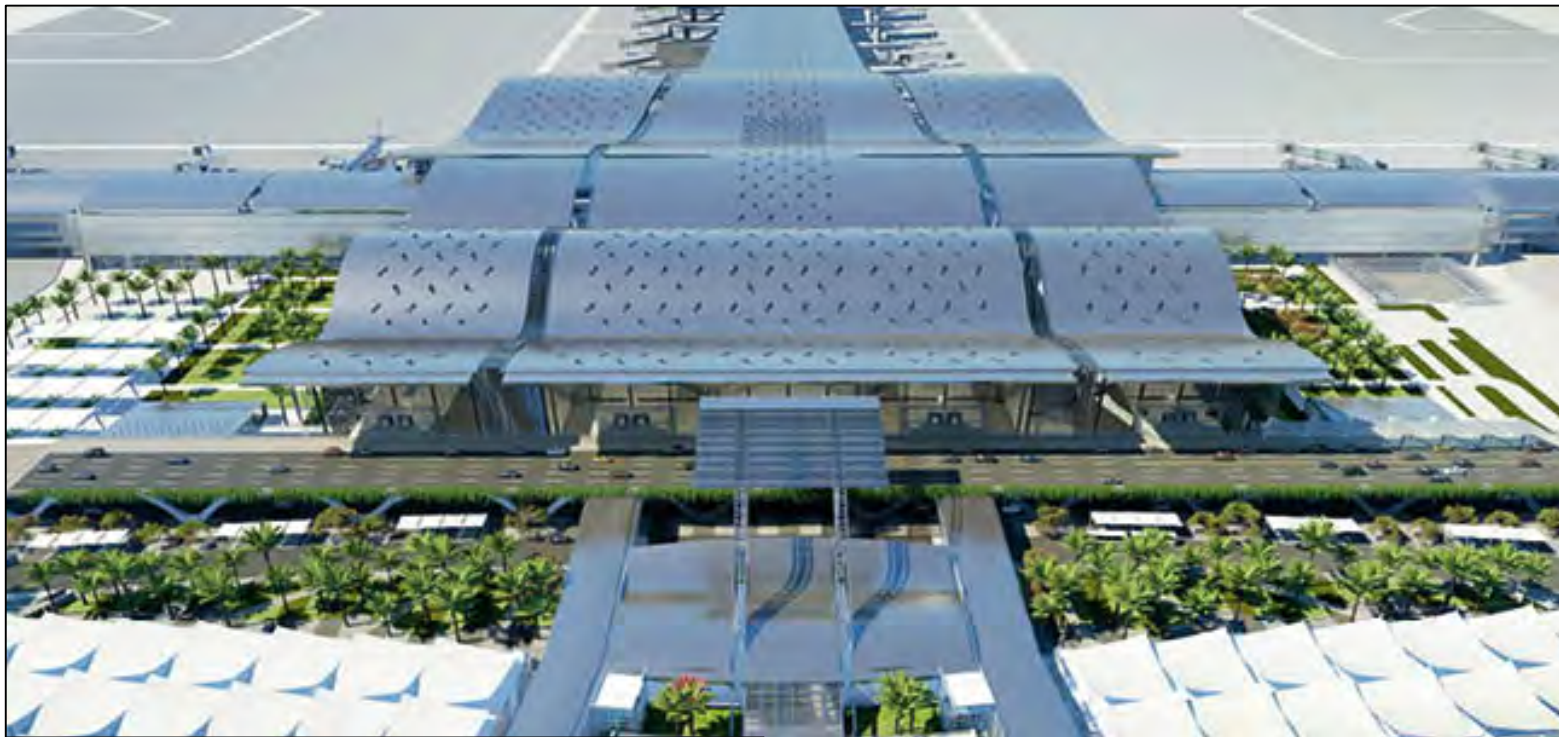
Pawilon ZEA na wystawie Expo w Shanghai⁸

Architekci: Foster & Partners

Konstrukcja w kształcie wydmy jest pokryta siatką płaskich trójkątnych paneli ze stali nierdzewnej. Została zaprojektowana w sposób umożliwiający jej demontaż.

Lotnisko w New Doha, Katar⁹⁻¹⁰

Architekci: HOK



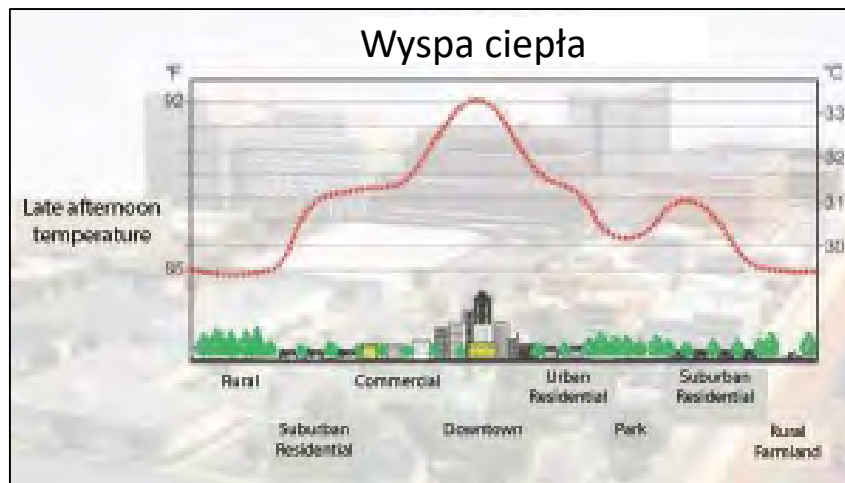
Falasty dach lotniska uznaje się za największy dach ze stali nierdzewnej na świecie (195000 m²).

Charakteryzuje się bezkierunkowym, nisko połyskującym i jednolicie teksturowanym wykończeniem powierzchni stali nierdzewnej.

Do budowy konstrukcji zastosowano gatunek stali typu lean duplex.

Nie jest wymagana konserwacja.

Zielone dachy^{1-4, 11-12}



Zalety

- Łagodzenie występujących wysp ciepła
- Redukcja pyłów
- Wspieranie różnorodności biologicznej
- Zapewnienie izolacji
- Zmniejszenie zagrożenia powodziowego
- Ograniczenie hałasu
- Pochłanianie CO₂
- Estetyczność
- Polepszenie samopoczucia psychicznego
- Pozytywne oddziaływanie społeczne i ekonomiczne

Wady

- Wymagana mocna konstrukcja
- Wymagana odpowiednia wiedza specjalistyczna
- Mogą wymagać nawadniania w lecie
- Wymagana konserwacja
- Zwiększenie kosztów inwestycji

Dach o wysokim współczynniku odbicia światła słonecznego

Kampus Austin Hall Uniwersytetu Stanowego Sam Houston w Huntsville, Teksas, USA (1851)

mało oślepiające*, wysoce odblaskowe wykończenie stali nierdzewnej^{11,13}

Dachy o wysokim współczynniku odbicia (Albedo) łagodzą wyspy ciepła w miastach.

Odbijanie promieni słonecznych jest obecnie zawarte w standardzie LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*)

Współczynnik SRI opatentowanego wykończenia powierzchni > 100



Produkt	Wzrost temperatury w °C (°F)	Współczynnik odbicia promieniowania słonecznego SRI
Stal nierdzewna	27 (48 F)	39-60
Galwanizowana stal,	30 (55 F)	46
Aluminium	27 (48 F)	56
Każdy metal, biała powłoka	9 (16 F)	107
Dachówka gliniana, czerwona	32 (58 F)	36
Dachówka betonowa, czerwona	39 (71 F)	17
Dachówka betonowa, biała	12 (21 F)	90
Asfalt, rodzaj biały	36 (64 F)	26
Asfalt, rodzaj czarny	46 (82 F)	1
Drewniany gont, brązowy	37 (67 F)	22
Drewniany gont, biały	6 (10 F)	106

* Powierzchnia musi zapewniać rozproszenie odbitego światła (tzn. unikać efektu lustra). Wysoce polerowane powierzchnie nie nadają się do ww. zastosowania.



Budynek Badań Medycznych i Biologicznych Uniwersytetu w Arizonie ¹⁵

Zadaszenie typu baldachim

Siatka o powierzchni otwartej 43% maksymalizuje blokowanie słońca i jednocześnie zapewnia przepływ powietrza między panelami.

Dachy – źródła

1. https://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/Euro_Inox/Roofing_PL.pdf
2. http://ssina.com/download_a_file/roofing.pdf
3. <https://youtu.be/ZQledV2QFRY>
4. <http://www.bssa.org.uk/cms/File/The%20Growing%20Market%20for%20Stainless%20Steel%20Roofing.pdf>
5. O. Wallinder and C. Leygraf ASTM Special Technical Publication N°1421, « Outdoor Atmospheric Corrosion » pp 185-199
6. https://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/Structural/Parliament_Library_Building_Domes.pdf
7. http://www.architectureweek.com/2003/1022/design_1-3.html
8. <http://www.fosterandpartners.com/projects/uae-pavilion-shanghai-expo-2010/>
9. <http://www.hok.com/design/service/engineering/hamad-international-airport/>
10. <https://www.rigidized.com/exteriorscmt.php>
11. a) <http://www.stainlessindia.org/UploadPdf/Dec%202011%20wshop%20Part-I.pdf>
b) <http://www.wbdg.org/resources/cool-metal-roofing>
12. http://www.constructalia.com/repository/transfer/en/01921518ENLACE_PDF.pdf
13. <http://www.rigidized.com/saveenergy.php>
14. <http://www.stainlessindia.org/UploadPdf/Dec%202011%20wshop%20Part-I.pdf>
15. www.cambridgearchitectural.com/

4. Wystrój wnętrz

Od góry po lewej, zgodnie z ruchem wskazówek zegara

1. Schody z drewna i stali nierdzewnej (nieokreślone miejsce)
2. Zakrzywiony sufit podwieszany (Uniwersytet Stanowy w Luizjanie)
3. Restauracja w Finlandii z przezroczystą kurtyną do dzielenia powierzchni użytkowych
4. Klamka drzwiowa





Bank Centralny Francji, Paryż, Francja⁴
Architekci: Moati -Rivière

Stal nierdzewna EN 1.4301 (AISI 304) z wykończeniem lustrzanym



Stacja metra L5 El Carmel, Barcelona, Hiszpania⁵

Panele ścienne z plecionej tkaniny ze stali nierdzewnej.



Klasztor w Batalha, Portugalia⁶

Kurtyny z tkanej siatki ze stali nierdzewnej

Powierzchnia otwarta 36%

Waga 0,25 kg/m²

Średnica drutu 0,05 mm.

Wielkość splotu 0,13 x 0,13 mm.



Domowe kurtyny/ balustrady bezpieczeństwa⁷

Stal nierdzewna

Powierzchnia otwarta 44%

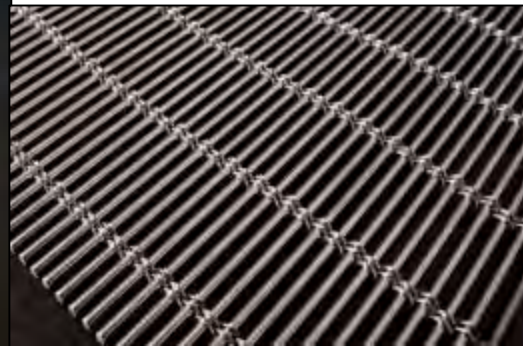
Waga 5,2 kg/m²

Średnica linek 4 x 0,75 mm.

Średnica prętów 1,5 mm.

Wielkość splotu linek 26,4 mm.

Wielkość splotu drutu 3 mm.





Planowana ekspozycja w muzeum sztuki współczesnej, Shenzhen, Chiny⁸ (w trakcie budowy)
Architekt: CoopHimmelblau

Wystrój wnętrz – źródła

1. http://www.seoic.com/cable_railing.htm
2. <http://cambridgearchitectural.com/projects/louisiana-state-university-lsu-student-union-theater>
3. <http://www.twentinox.com/projects/item/36/Transparent+stainless+steel+curtain+panels>
4. <http://www.uginox.com/fr/node/180>
5. źródło: <http://www.cedinox.es>
6. <http://www.archilovers.com/projects/58425/mosteiro-da-batalha.html>
7. http://www.theinoxincolor.com/portfolio_category/decorative-mesh-projects/
8. <http://www.coop-himmelblau.at/architecture/projects/museum-of-contemporary-art-planning-exhibition>

5. Instalacje wodociągowe



Od góry po lewej, zgodnie z ruchem wskazówek zegara:

1. Instalacja sanitarna
2. Rury mocowane przez złączki zaciskane typu press-fitting
3. Bateria kuchenna
4. Deszczownica prysznicowa ze światłem



Instalacja rurowa ze stali nierdzewnej

Instalacje wodociągowe – źródła

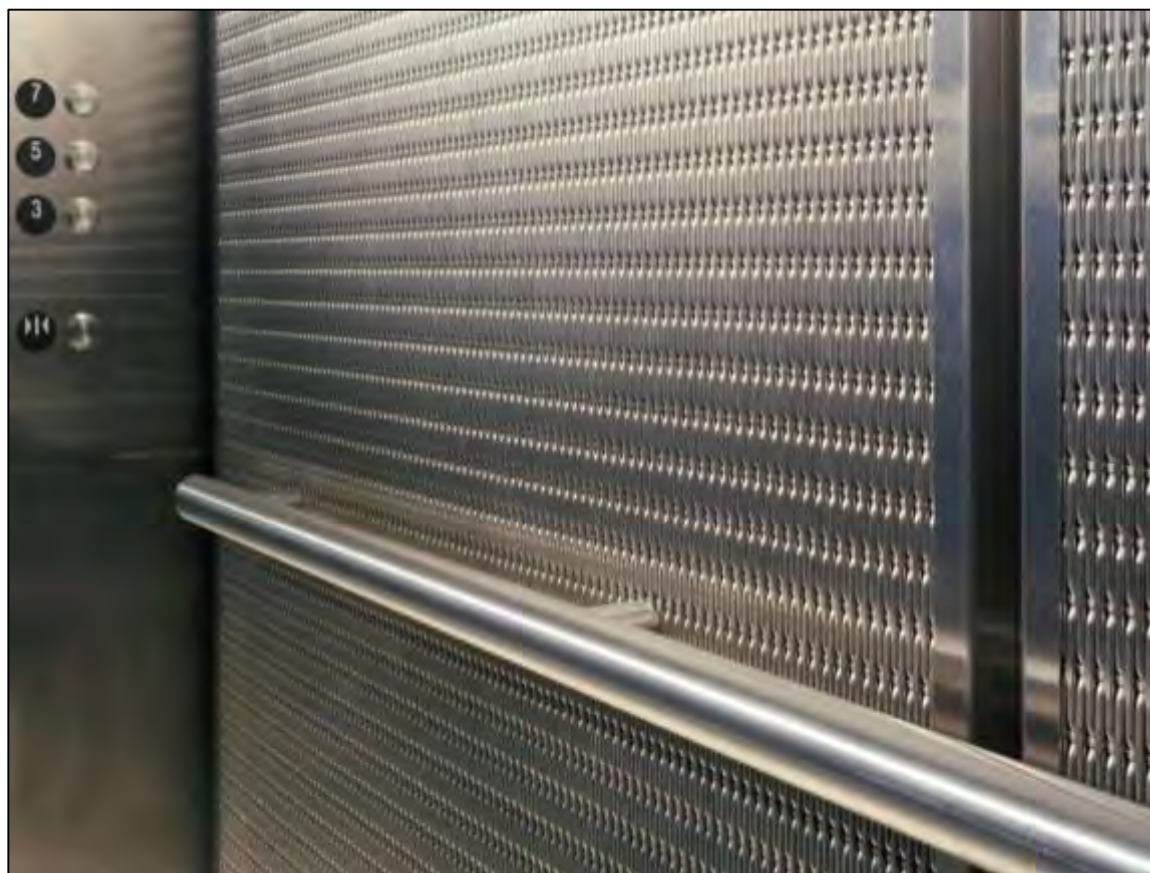
1. [https://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/Euro Inox/PressFittingSystems EN.pdf](https://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/Euro%20Inox/PressFittingSystems%20EN.pdf)
2. [http://www.nickelinstitute.org/~media/Files/TechnicalLiterature/StainlessSteelPlumbing-color-EN 11019 .ashx](http://www.nickelinstitute.org/~media/Files/TechnicalLiterature/StainlessSteelPlumbing-color-EN%2011019.ashx)
3. https://nickelinstitute.org/library/?opt_perpage=20&opt_layout=grid&searchTerm=pipes%20for%20buildings&page=1
4. <http://www.bssa.org.uk/cms/File/BSSA%20PLUMBING%20P.1-4.pdf>
5. [https://www.grohe.de/de de/badezimmer.html](https://www.grohe.de/de_de/badezimmer.html)

6. Ruchome schody i windy

Od góry po lewej, zgodnie z ruchem wskazówek zegara:

1. Winda (nieokreślone miejsce)
2. Ruchome schody (Metro w Pradze)
3. Ruchomy chodnik (Metro w Brukseli)





Winda z okładziną z siatki nierdzewnej³

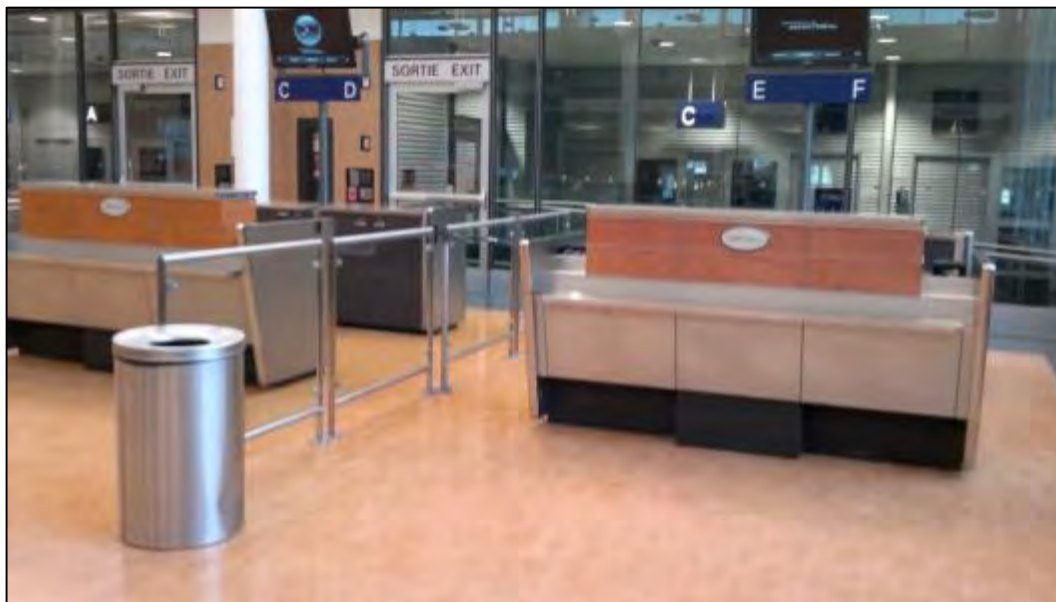


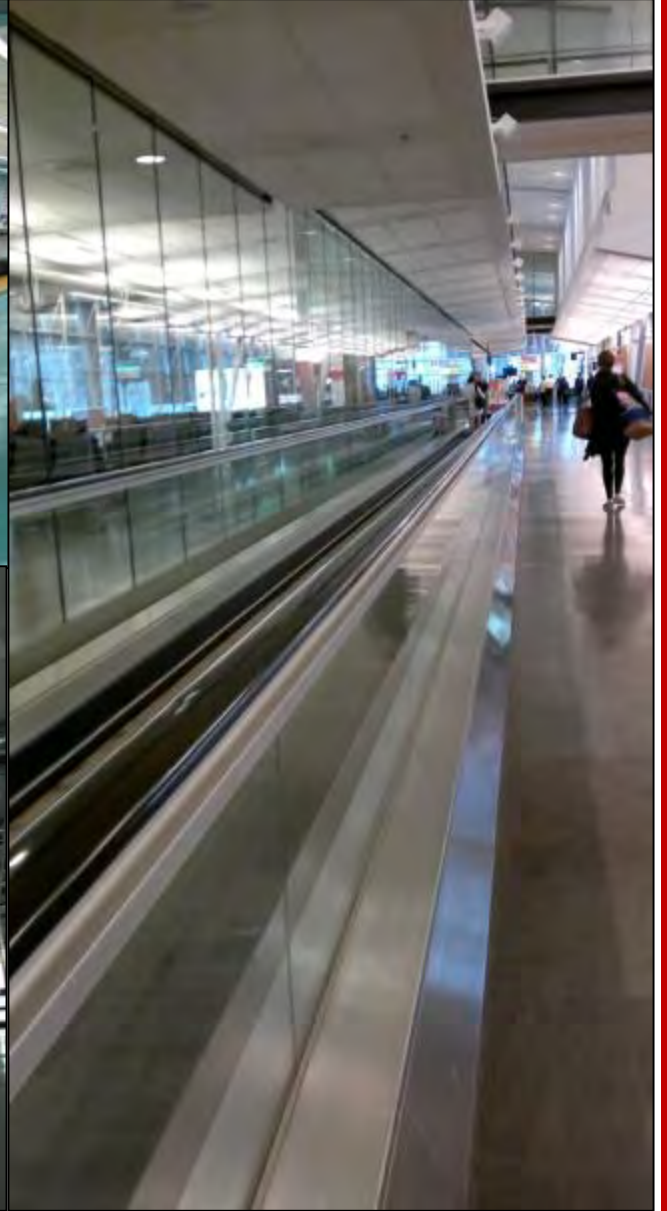
Wejście do stacji metra w Kraaiennest, Amsterdam, Holandia⁴

Ruchome schody i windy – źródła

1. <https://www.forms-surfaces.com/elevator-ceilings>
2. http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Metro_bruelles_la_ufband.jpg
3. <http://cambridgearchitectural.com/projects/ft-lauderdale-hollywood-international-airport-rental-car-center>
4. <http://www.metalocus.es/content/en/blog/kraaiennest-metro-station-completed-amsterdam-maccreanor-lavington>

7. Lotniska





Lotniska – źródło

Stale nierdzewne wykorzystywane są wszędzie tam, gdzie wymagany jest materiał, który zachowa swój estetyczny wygląd mimo intensywnego użycia:

- dachy,
- obiekty architektury miejskiej,
- lady,
- dozowniki wody,
- przegrody (np. do zabudowy toalet),
- wyposażenie systemów wentylacyjnych,
- poręcze i balustrady,
- windy, ruchome schody i chodniki,
- wózki,
- systemy zamocowań,
- etc...

8. Mała architektura miejska



Od góry po lewej, zgodnie z ruchem wskazówek zegara:

1. Ogrodzenie przy szkole w Budang, Korea. Gatunki: STS439/STS304, wykończenie: 2B/HL/polerowanie
2. Balustrada w Gijon, Hiszpania. Gatunek: 316L, wykończenie: polerowanie
3. Balustrada, Indie
4. Podziemny terminal promowy South Ferry na dolnym Manhattanie, tytuł konstrukcji: "See it split, see it change", projekt Doug i Mike Starn



Od góry po lewej, zgodnie z ruchem wskazówek zegara:

1. ławka w Paulinia (SP), Brazylia. Gatunek: 304 STS304, wykończenie: satynowe
2. ławka w kształcie motyla w San Luis Potosi, Meksyk
3. ławka z tkaną siatką, Francja
4. Słup oświetleniowy, Seul, Korea . Gatunek: STS439/STS304/STS304N1, wykończenie: 2B/BA/polerowanie



Od góry po lewej, zgodnie z ruchem wskazówek zegara:

1. Przystanek autobusowy, Istambuł, Turcja. Gatunek: AISI 304 i AISI 316, wykończenie: 2B/BA/szczotkowanie/polerowanie Scotch Brite
2. Stojak na rowery, Albenga, Włochy. Gatunek: EN 1.4301 (AISI 304)
3. Rzeźba, «Invisible City», Wellington, Nowa Zelandia
4. Rzeźba Joan Vasconcelos zatytułowana «Marylin» wykonana z garnków ze stali nierdzewnej



Mała architektura miejska – źródła

1. <https://www.worldstainless.org/applications/architecture-building-and-construction-applications/street-furniture/>
2. http://norcor.free.fr/piazza_superbe_inox.jpg
3. <http://listraveltips.com/wellington-street-art-stainless-steel-braille-sculpture/>

9. Renowacja



Od góry po lewej, zgodnie z ruchem wskazówek zegara:

1. Wykonany ze stali nierdzewnej pawilon wejściowy do krypty kościoła St. Martin-in-the-Field, Londyn
2. Piramida ze szkła i stali nierdzewnej przed Luwrem, Paryż



Amfiteatr Arena di Verona (Włochy)

Wielki rzymski zabytek datowany na pierwszą połowę 1-ego wieku n.e. uważany jest za jeden z ważniejszych amfiteatrów. Niedawne prace remontowe polegały na zbudowaniu nowego pokrycia dla środkowego wgłębienia w amfiteatrze, gdzie znajdują się miejsca dla orkiestry, podziemne pomieszczenia oraz podziemne tunele ściekowe. Nowa płyta pokrycia swoje funkcje konstrukcyjne uzyskała przez system prętów ściskanych i naprężanych ciągnien. System naprężanych ciągnien składający się z prętów ze stali nierdzewnej gwarantuje bezpieczeństwo konstrukcji, wysoką jakość oraz jej trwałość.



Rzymski teatr, Frejus, Francja

Renowacja rzymskiego teatru z zastosowaniem perforowanych paneli ze stali nierdzewnej EN 1.4571 o grubości 3 mm



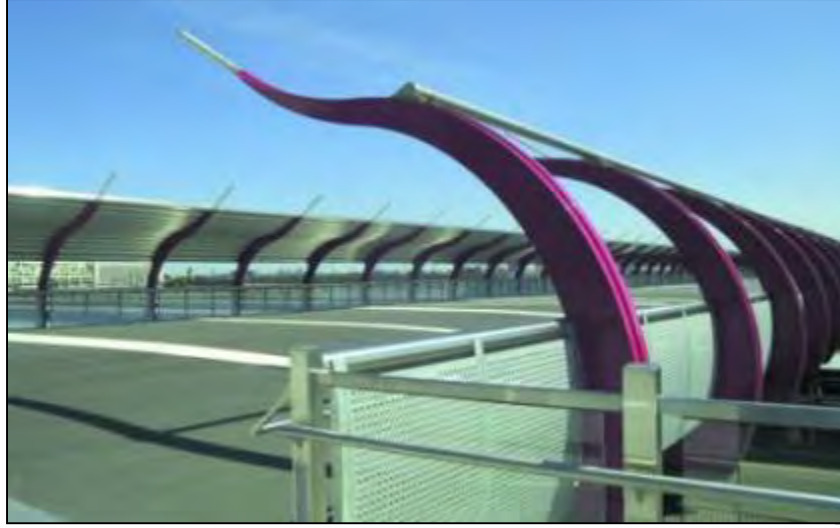
Renowacja – źródło

1. [https://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/Euro Inox/New meets Old PL.pdf](https://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/Euro%20Inox/New%20meets%20Old%20PL.pdf)

10. Stadiony

Od góry po lewej, zgodnie z ruchem wskazówek zegara¹⁻³:

1. Balustrada schodów przy wejściu dla VIP-ów, Wembley, UK;
2. Kofowrót w przejściu;
3. Szafka;
4. Daszek i balustrady ze stali nierdzewnej na kładce dla pieszych między Bourke St. a stadionem Melbourne's Colonial, Australia





Stadion Yamuna, Delhi, Indie ⁴

Architekci: Peddle Thorb

Z okazji Igrzysk w 2010 r. powstał wielofunkcyjny stadion w New Delhi. Dzięki lśniącej elewacji wykonanej z siatki ze stali nierdzewnej, stadion symbolizuje sport jako środek nowoczesnej i zrównoważonej ludzkiej interakcji. Okładzina ze stali nierdzewnej o powierzchni otwartej 53 procent chroni widzów przed ostrym subtropikalnym klimatem i zapewnia skuteczną ochronę przed słońcem.



Stadion Castelão, Fortaleza, Brazylia^{5,6}

Architekt: Vigliecca & Associados

Elewacja w całości została wykonana z cięto-ciągnionych arkuszy ze stali nierdzewnej. Dodatkowo w zewnętrznej części konstrukcji stal nierdzewną zastosowano na balustrady, poręcze w obszarze dla VIP-ów, na elementy wyposażenia toalet i bramy stadionu. „Wybraliśmy stal nierdzewną ze względu na trwałość jaką zapewnia, niezbędną dla obszarów takich, jak elewacje, które wymagają materiału odpornego na korozję oraz ze względu na jej szlachetny wygląd, wymagany w branży hotelarskiej”, mówi architekt Ronald Fiedler, odpowiedzialny za projekt.



Stadion Allianz Park Palmeiras, Sao Paulo, Brazylia⁷

Architekt: Edo Rocha Arquitetura

Jeden z najpiękniejszych stadionów na świecie. Stal nierdzewna jest intensywnie wykorzystana w elementach elewacji. Zastosowane arkusze stali nierdzewnej mają powierzchnię perforowaną, aby ułatwić cyrkulację powietrza.



Stadion w Lille, multimedialna elewacja, Francja⁸

Architekci: Valode Pistre and Ferret

Multimedialna elewacja z siatki ze stali nierdzewnej.

Na nierdzewnej siatce zamontowany jest wszechstronny system LED dużej mocy, który pozwala indywidualnie programować efekty świetlne, od prostych grafik do treści wideo.

Stadiony – źródła

1. http://www.cmf.co.uk/products/products.asp?id=92&product_id=4
2. <http://www.assda.asn.au/blog/223-stainless-welcome-for-sports-fans>
3. <http://www.controlledaccess.com/>
4. <https://gkd-india.com/metalfabrics/yamuna-sports-stadium>
5. <http://www.vigliecca.com.br/en/projects/castelao-arena#gallery;%20>
6. <http://www.copa2014.gov.br/en/noticia/see-details-castelaos-architecture-project>
7. <http://edorocha.com.br/portfolio/allianz-parque/>
8. <https://www.osram.com/ls/projects/grand-stade-lille/index.jsp>

11. Baseny pływakie

Od góry po lewej, zgodnie z ruchem wskazówek zegara:

1. Olimpijskich rozmiarów basen wyłożony stalą nierdzewną, Vichy, Francja
2. Niestandardowe spa na dachu
3. Barierki ze stali nierdzewnej





Zjeżdżalnie wodne ze stali nierdzewnych

Wykonana w kształcie pojedynczego opływowego łuku, którego podstawa służy za schody prowadzące na górę zjeżdżalni. Jej dalsza, odpowiednio wygięta część tworzy idealną płaszczyznę do zjeżdżania.

Aby stworzyć kontrast architekci wykorzystali wewnątrz materiał polerowany na lustro, a na zewnątrz – szczotkowany.

– Polerowana stal nierdzewna nie nagrzewa się zbyt, nawet w bardzo nasłonecznionych miejscach – tłumaczy brytyjski architekt. – Materiał ten odbija promienie słoneczne oraz energię cieplną i nie utlenia się, jak inne metale.

Baseny pływakie – źródła

1. <http://www.imoa.info/molybdenum-uses/molybdenum-grade-stainless-steels/architecture/french-pool-liner-article.php>
2. http://www.constructalia.com/repository/transfer/fr/02163065ENLACE_PDF.pdf
3. <http://www.homeportfolio.com/catalog/Product.jhtml?prodId=235005>
4. <http://www.awt-eisleben.de/en/swimming-pools-136.html>
5. <http://dsmstainlessproducts.blogspot.com/2018/06/shrieks-and-giggles-are-what-we-aim-for.html?m=1>

Dziękuję za uwagę

Prezentacja dla wykładowców architektury i budownictwa

Rozdział 03

Dlaczego stale nierdzewne?

Wprowadzenie

Podstawowe materiały stosowane
w architekturze, budownictwie i konstrukcjach

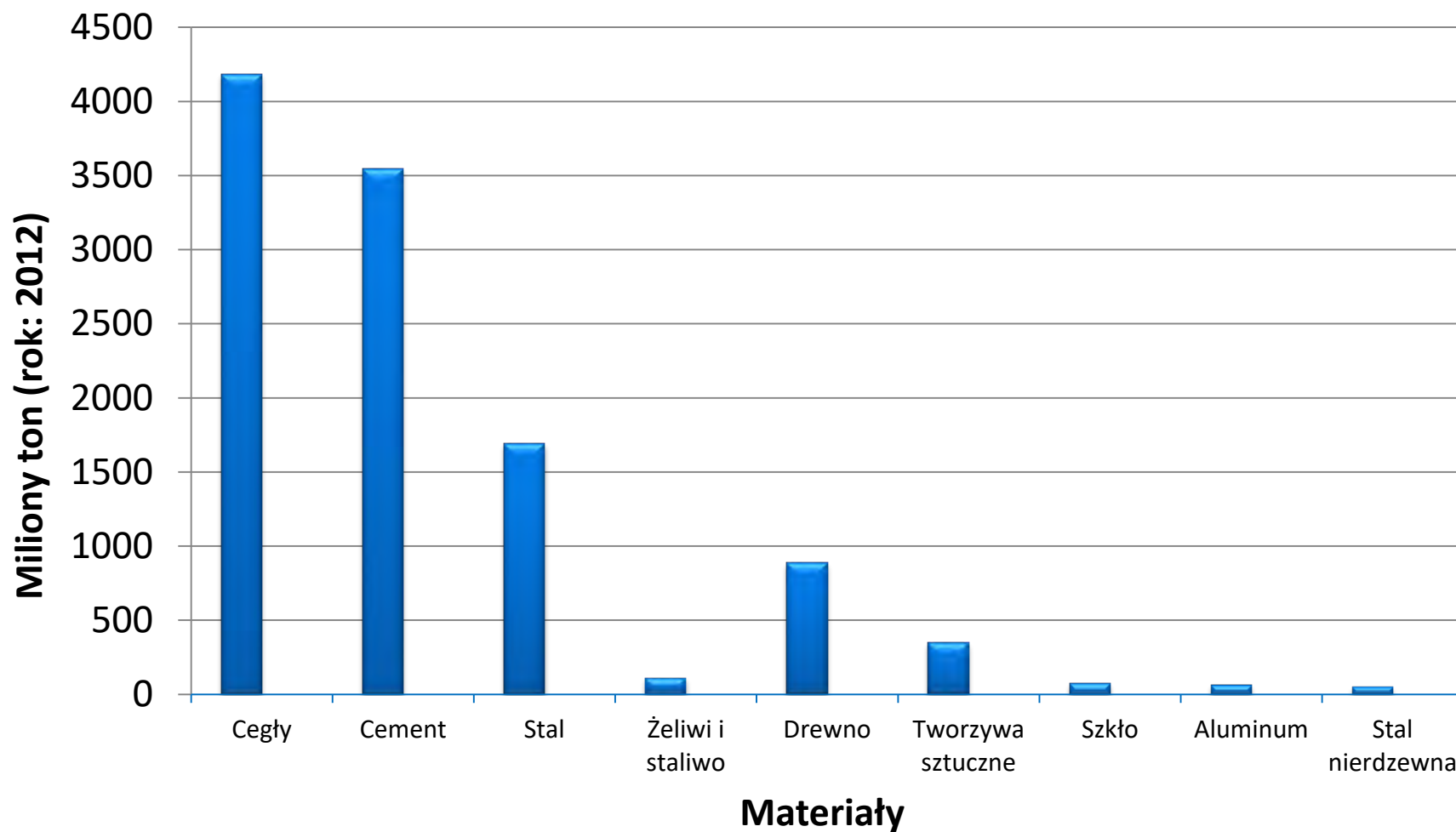
Zużycie głównych materiałów budowlanych

Materiały	Światowa produkcja 2016*	Średnia gęstość	Uwagi
Ziemia ubita	bd.		Był używany głównie w tradycyjnych afrykańskich domach. Niektóre odnowione wzbudzają zainteresowanie z uwagi na ich właściwości środowiskowe
Cegły ²	4185	2,0	Prawdopodobny rok: 2017 Z czego 87% w Azji
Cement ³	3545	2,4**	(dla wielkości produkcji betonu pomnożyć 3-4 razy) ** gęstość cementu (Dane za 2018 r.)
Stal ^{4a}	1690	7,8	Produkcja stali surowej w 2018 r. 14% znajduje zastosowanie w infrastrukturze – połowa jako pręty 42% znajduje zastosowanie w budownictwie kubaturowym ¹²
Żeliwo i staliwo ^{4b}	110	7,8	Dane za 2017 r.
Drewno ⁵	887	0,5	Wyłącznie panele drewniane (dane za 2016 r.) Z wyłączeniem papierówki (ok. 656) Z wyłączeniem drewna energetycznego (1860) oraz innych produktów pochodzących z drewna
Tworzywa sztuczne ⁶	348	1,1	Niektóre naturalne polimery: celuloza, kauczuk, jedwab, chityna Dane za 2017 r.
Szkło ⁷	75	2,6	Wyłącznie szkło płaskie (80% całego rynku szkła). Pozostałe znaczące rynki: motoryzacja, energetyka słoneczna
Aluminium ⁸	64	2,7	(Produkcja aluminium pierwotnego w 2018 r.) 24% znajduje zastosowanie w budownictwie ¹⁰
Stal nierdzewna ⁹	51	7,8	Dane za 2018 r. 17% znajduje zastosowanie w budownictwie ¹¹

bd.: brak danych

* w milionach ton

Zużycie głównych materiałów budowlanych – wykres



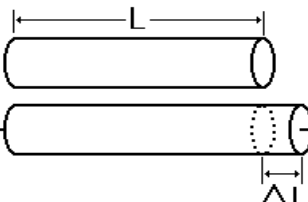
Moduł Younga (E) różnych materiałów¹² (sztywność)

Materiał	Moduł Younga E (GPa)
Stale (czarne)	~210
Stale nierdzewne	~210
Stopy miedzi	~130
Stopy tytanu	~100
Stopy aluminium	~70
Beton	~40
Drewno	~10
Tworzywa sztuczne	~4

Stal nierdzewna
jest tak sztywna
jak stal czarna

odkształcenie $\Delta L/L$

naprężenie F/A



Moduł Younga

$$E = \frac{\text{odkształcenie}}{\text{naprężenie}} = \frac{F/A}{\Delta L/L}$$

Wskaźnik wytrzymałości do wagi¹³ materiałów metalowych stosowanych w architekturze

Stale nierdzewne zapewniają
wskaźnik wytrzymałości do
wagi porównywalny do stali
i stopów aluminium

Materiał	Granica plastyczności (R _{p0,2})/gęstość	Granica plastyczności, MPa	Wytrzymałość na rozciąganie, MPa	Gęstość (Kg/dm ³)	Wydłużenie, min., %
Stal nierdzewna 304 lub 316, stan przesycony	26	205	515	7,8	35
Stal nierdzewna 304 lub 316, stan umocniony CP 350	45	350	-	7,8	-
Stal nierdzewna 304 lub 316, stan umocniony CP 500	62	480	-	7,8	-
Stal nierdzewna duplex 2205	64	500	700/950	7,8	20
Stal nierdzewna 630, stan po umacnianiu wydzieleniowym	103	800	950/1150	7,8	10
Stal węglowa, walcowana na gorąco	30	234	317	7,8	35
Stal konstrukcyjna (blachy i pręty)	32	250	400/550	7,8	23
Stal typu HSLA	49	380	460	7,8	25
Stal 4140, stal po hartowaniu i odpuszczaniu	96	750	930/1080	7,8	12
Stop aluminium 3003- H14	37	145	150	2,7	40
Stop aluminium 3105- H14	38	150	170	2,7	5
Stop aluminium 5005- H16	44	170	180	2,7	5
Stop aluminium 6061- T6	71	275	310	2,7	12
Stop aluminium 6063- T5	37	145	185	2,7	12
Miedź	23	195	250	8,3	30

Uprozczone porównanie różnych materiałów inżynierskich¹⁴

		Stale nierdzewne			Miedź	Aluminium	Stal węglowa	Tworzywa sztuczne
Własności		EN 1.4521 AISI 444	EN 1.4301 AISI 304	EN 1.4401 AISI 316				
Fizyczne	Gęstość	-	-	-	--	+	-	++
	Rozszerzalność liniowa	++	0	0	0	-	+	--
	Przewodność elektryczna	--	-	-	+++	++	0	---
	Ferromagnetyczność	TAK	NIE	NIE	NIE	NIE	TAK	NIE
Mechaniczne	Sztywność (moduł Younga)	+++	+++	+++	+	-	+++	---
	Wytrzymałość	+	++	++	0	-	+ / ++	--
	Wydłużenie	+	+++	+++	+++	++	0	-- / ++ +
Inne	Podatność na przetwarzanie	++	++	++	+	0	++	-
	Odporność na wysoką temperaturę	++	++	+++	0	-	+	---
	Odporność na niską temperaturę	-	+++	+++	+	0	-	-
	Odporność korozyjna	+++	+++	++++	++	+	--	+

Legenda: + Zaleta - Wada (względem innych materiałów)

Stal nierdzewna wciąż pozostaje
« młodym » materiałem

Na przestrzeni wieków pojawiły się nowe materiały

Stal nierdzewna jest jednym z najnowszych*

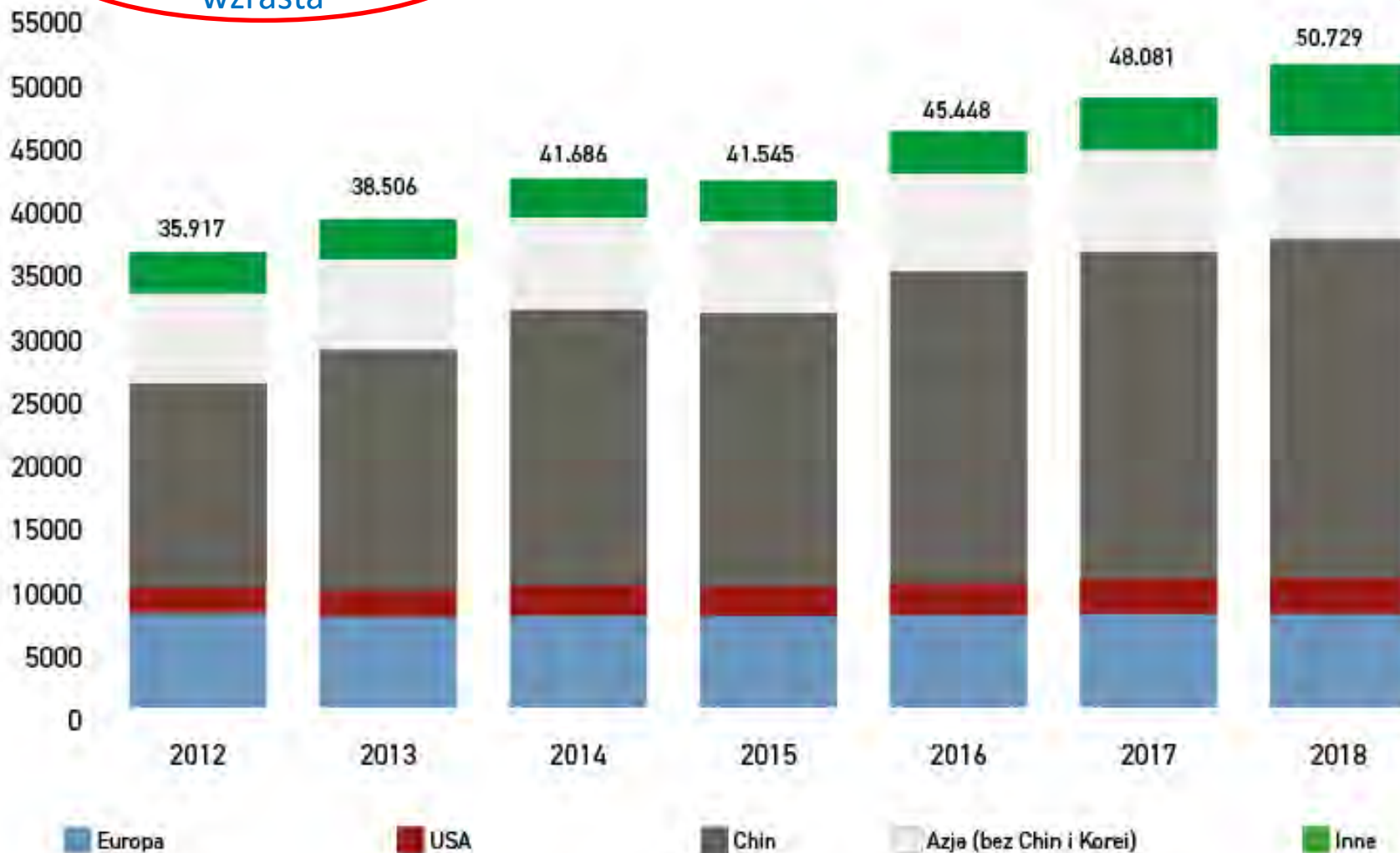
Materiały	Zakres czasowy	
Ziemia ubita		Stosowana od początków ludzkości!
Drewno ¹⁵		Stosowane od początków ludzkości!
Cegły ¹⁵	7500 BC 4500 BC	Wypalane cegły/`ceramika
Stal ¹⁵	4000 BC 1858	Powstają kuźnie Proces Bessemera
Szkło ¹⁵	3500 BC 100 BC 1950	Pierwsze wytwarzanie szkła Bezbarwne szkło Proces Pilkingtona (płaskie szkło)
Aluminium ¹⁵	1825 1886	Oersted odkrywa aluminium Proces Halla-Héroutla
Beton zbrojony ¹⁵	1850 1885	Sam cement jest o wiele starszy Proces w piecu obrotowym
Tworzywa sztuczne ¹⁵	1846 1907 1939	Celuloid Bakelit Nylon
Stal nierdzewna ²	1912-1913 1954 1955	Wczesne stopy stali Proces AOD Taśmy walcowane na gorąco

* Istnieje oczywiście wiele nowszych materiałów, ale stosowanych w mniejszym ilościach

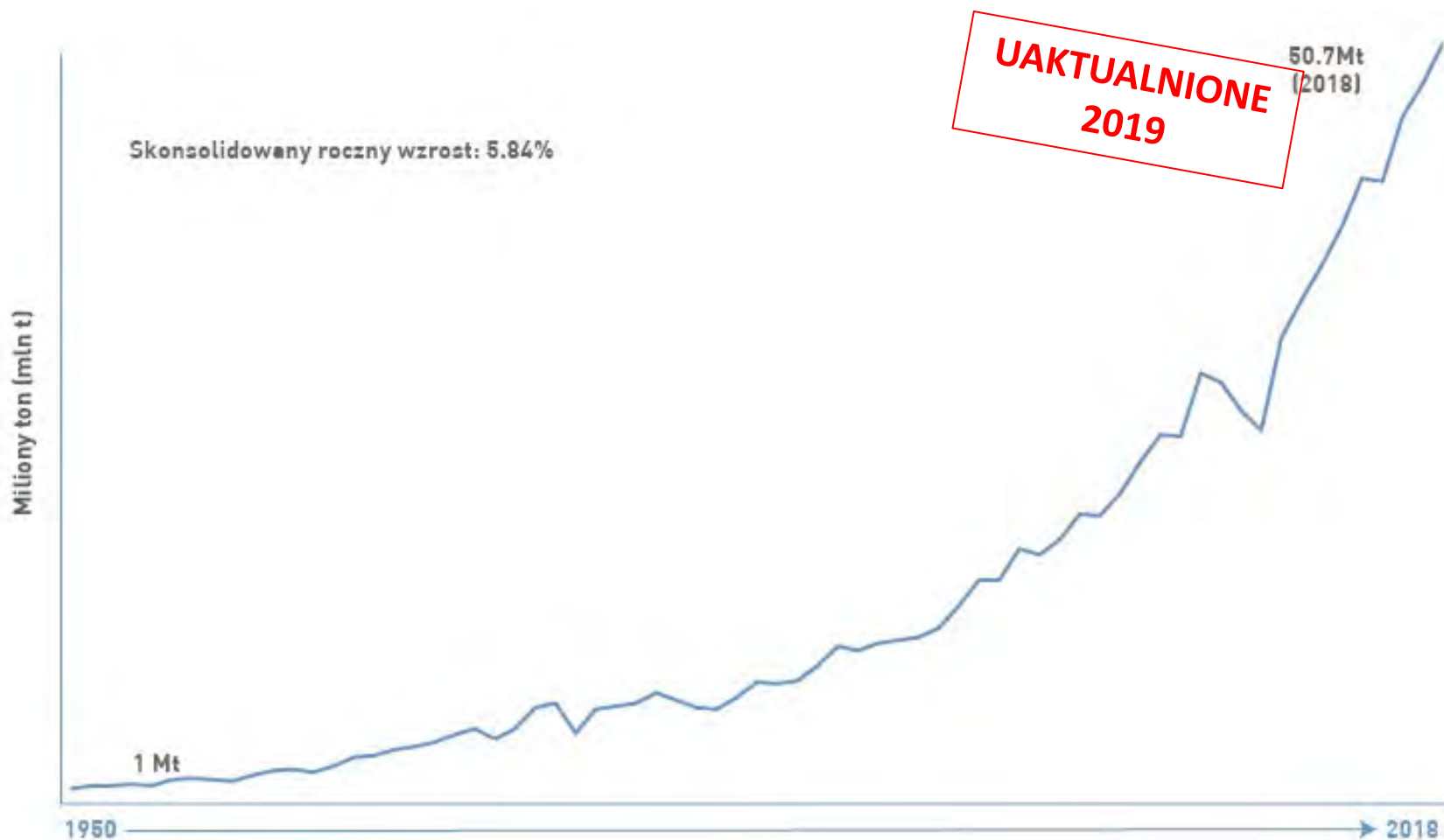
Produkcja stali nierdzewnej w rozbiciu na regiony świata²

Zapotrzebowanie na stal wciąż wzrasta

UAKTUALNIONE
2019



Skonsolidowany roczny wzrost światowej produkcji stali nierdzewnych (mln ton) ²²



Dlaczego stal nierdzewna?

Ze względu na wyjątkowy zestaw własności

- 1. Odporność korozyjna** (porównaj rozdział 5)
 - we wszystkich środowiskach: od tropikalnego do polarnego, morskiego lub pustynnego, zanieczyszczonego lub nie...
 - Samoczynnie naprawiają się, w przeciwieństwo do powłok
- 2. Wieczna trwałość** przy niewielkiej lub całkowitym braku konserwacji
- 3. Szeroki zakres własności mechanicznych** w zależności od wybranej grupy stali nierdzewnych (Cr-Ni austenitycznych, Cr-Mn austenitycznych, Cr ferrytycznych, Duplex, Cr-C martenzytycznych), obecnie uwzględnianych przez główne przepisy budowlane. Dodatkowo bardzo dobra odporność ogniowa (porównaj rozdział 4 i 6)
- 4. Estetyczność**: Szeroki zakres dostępnych wykończeń powierzchni i kolorów (porównaj rozdział 8). Dodatkowo odporność na niszczenie w obszarach publicznych
- 5. Łatwe przetwarzanie/łączenie** (porównaj rozdział 9)
- 6. Przyjazność dla środowiska naturalnego**: (porównaj rozdział 11)
 - umożliwiają długie użytkowanie bez lub z niewielką konserwacją,
 - w 100% nadają się do recyklingu (i ponad 85% podlega recyklingowi) po zakończeniu cyklu życia, przetwarzane są w stale nierdzewne bez straty dla własności materiału
- 7. Bezpieczeństwo i higieniczność**: obojętne chemicznie, łatwe w czyszczeniu i dezynfekcji
- 8. Szczególne własności**: magnetyczne/niemagnetyczne,

Jakie są ograniczenia w stosowaniu stali nierdzewnej. Cena

Stale nierdzewne są drogie. Czy to prawda?

Odpowiedź: **Tak** i **Nie**

Tak: jeżeli początkowe koszty materiału mają znaczenie (głównie z powodu ograniczonych funduszy), ale niewłaściwy dobór materiału może być kosztowny:

- stale nierdzewne zwykle stanowią niewielką część danego projektu
- przedwczesne naprawy i konserwacja mogą wygenerować ogromne koszty pośrednie

Nie:

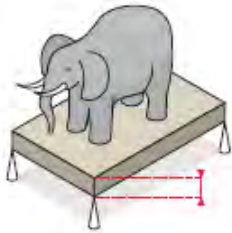
- jeżeli rozpatrzy się całkowite koszty cyklu życia («realne» koszty), np. do kosztów budynku wliczy się koszty konserwacji i koszty recyklingu materiałów*,
- projekt jest zoptymalizowany: cienkie blachy, profilowane w złożone kształty mogą dać wytrzymałe, sztywne konstrukcje zużywające mniej materiału.

* w najlepszym interesie właściciela jest zawsze dokonanie wyboru w oparciu o analizę kosztów LCC

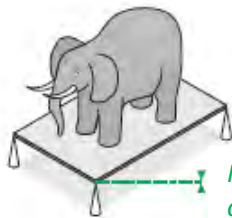
Stal nierdzewna (i inne metale) zużywają mniej materiału¹⁶

ZROBIĆ WIĘCEJ ZA MNIEJ

Z powodu wysokiej wytrzymałości, metale mogą przenosić duże obciążenia przy mniejszej ilości materiału lub być wzmocnieniem dla innych materiałów.



materiał niemetalowy

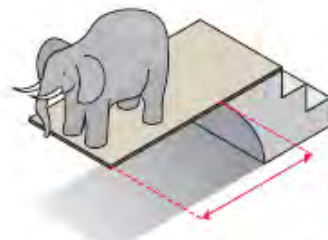


metal

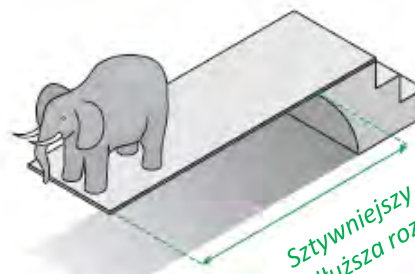
Mniej materiału = ograniczona grubość

WOLNOŚĆ DLA PROJEKTANTÓW

Dzięki sztywności, metale mogą mieć większą rozpiętość dając większą swobodę projektantom.



materiał niemetalowy



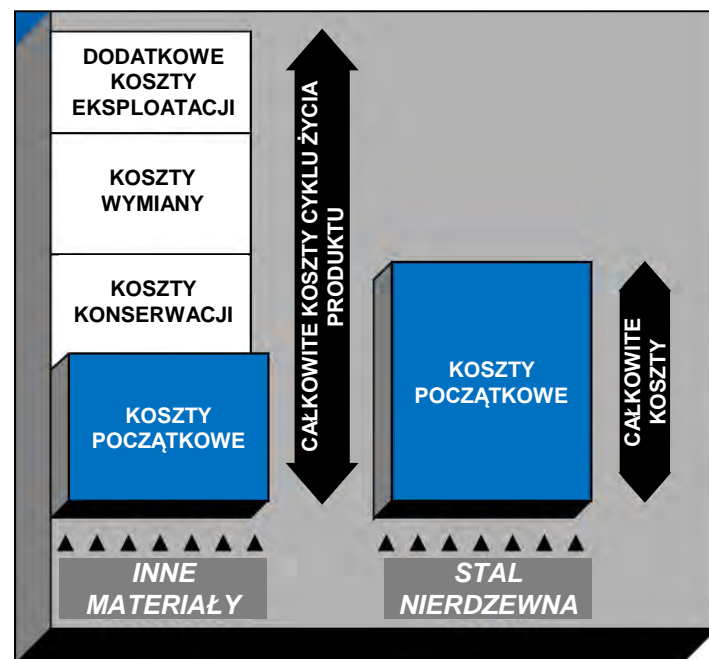
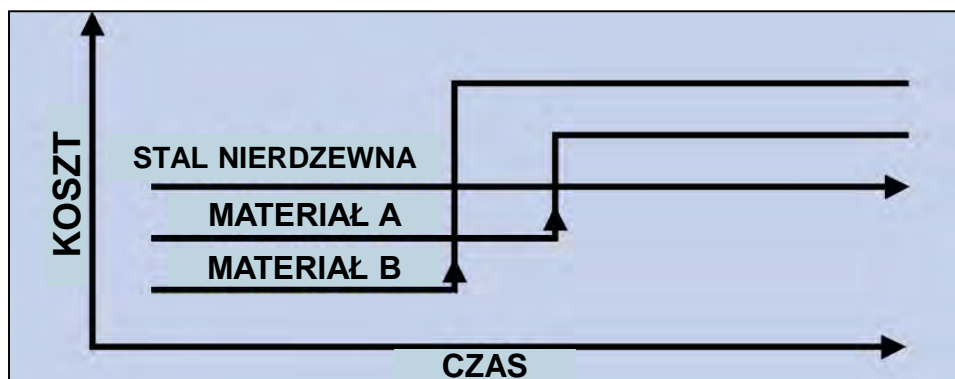
metal

Sztywniejszy materiał = dłuższa rozpiętość

Porównanie powszechnie stosowanych blach: cienkiej 0,4 mm i grubej 0,6 mm ze stali nierdzewnej.
Waga: odpowiednio tylko 3,12 kg i 4,68 kg na m²!





Dlaczego stal nierdzewna nie jest droga, jeżeli uwzględnisię całkowite koszty cyklu życia produktu

Koszty konstrukcji wytworzonej z innych materiałów znacząco wzrastają z upływem czasu, podczas gdy koszty konstrukcji ze stali nierdzewnych pozostają stałe.



Koszty korozji tylko w USA przekraczają 276 Miliardów \$ ¹⁷

Porównanie kosztów cyklu życia dla dwóch starych konstrukcji^{18,19}

Konstrukcja	Rok budowy	Materiał	Wysokość	Konserwacja
Wieża Eiffla – Paryż *  	1889	Kute żelazo	324 m	Co 7 lat. Każdy cykl malowania trwa około 15 miesięcy. Maluje 25 osób, zużywa się od 50 do 60 ton farby, 1500 pędzli, 5000 tarcz szlifierskich i 1500 zestawów odzieży ochronnej.
Budynek Chryslera (dach i wejście) – Nowy Jork  	1930 (dach 1929)	Austenity- czna stal nierdzewna (gatunek: 302)	319 m	Dwukrotnie w 1951, 1961. Skład mieszaniny użytej do czyszczenia w 1961 jest nieznany. W 1995 do czyszczenia zastosowano obróbkę ścierną, odtłuszczenie i łagodny środek czyszczący.

* Wieżę Eiffla wybudowano przed tym jak wymyślono stale nierdzewne.... i miała być konstrukcją tymczasową, ale mieszkańcy ją pokochali!

Przykład

Porównanie konserwacji dwóch dobrze znanych mostów^{20,21}

- Golden Gate Bridge w San Francisco
- Stonecutter's Bridge w Hong Kongu

Na kolejnych dwóch slajdach

Most Golden Gate (1937), San Francisco

<- Konserwacja



“Grupa **13 ślusarzy** i **3 mistrzów ślusarskich** wraz z **28 malarzami**, **5 pomocnikami malarzy** oraz **kierownikiem zespołu malarzy** walczą z wiatrem, morskim powietrzem oraz mgłą, często zawieszeni wysoko nad mostem, aby naprawić korodującą stal. Ślusarze wymieniają skorodowane fragmenty stali i nity na wysokowytrzymałe śruby oraz wytwarzają małe półfabrykaty do naprawy mostu, a także asystują malarzy w pracach na wysokości. Ślusarze usuwają także fragmenty belek i płyt stalowych mostu, aby zapewnić malarzom dostęp do wewnętrznych części kolumn i pomostów konstrukcji. Malarze przygotowują wszystkie powierzchnie mostu i przemalowują wszystkie skorodowane obszary.”²⁰

Most Stonecutters (2009), Hong Kong

<- Konserwacja



Szczegóły projektu: 1596 m długości, 3 pasmowy most podwieszany o długości przęsła 1018 m.
Materiał: Stal nierdzewna EN1.4462 (Duplex), blachy o umownej granicy plastyczności 450 MPa zastosowane do budowy pylonów wznoszących się od wysokości +175 m do wierzchołka (+295 m) oraz ich poszycia zewnętrznego.

Dlaczego stal nierdzewna zamiast stali węglowej: zaprojektowany na 120 lat do pracy w gorącym i zanieczyszczonym środowisku wody morskiej. Zaprojektowany jako niewymagający konserwacji. ²¹

Ważniejsze źródła

1. <https://worldstainless.org/>
2. (a) <http://www.hablakilns.com/the-brick-industry/the-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)
3. CEM bureau <https://cembureau.eu/cement-101/key-facts-figures/>
4. (a) <https://www.worldsteel.org/> (b) www.globalcastingmagazine.com
5. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/FO>
6. <https://www.plasticseurope.org/en/resources/market-data>
7. (a) <http://www.glassforeurope.com/en/industry/global-market-structure.php> (b)
<https://www.statista.com/statistics/609964/flat-glass-market-key-info-globally-projection/>
8. <http://www.world-aluminium.org/statistics/primary-aluminium-production/>
9. <https://www.worldstainless.org/statistics/stainless-steel-meltshop-production/>
10. <http://www.withbotheyesopen.com/>
11. <http://www.ssina.com/overview/markets.html>
12. <http://www.mdpcam.ac.uk/web/library/enginfo/cueddatabooks/materials.pdf>
13. http://www.nickelinstitute.org/~/_Media/Files/TechnicalLiterature/CapabilitiesandLimitationsofArchitecturalMetalsandMetalsforCorrosionResistancel_14057a_.pdf
14. <http://www.aperam.com/>
15. [Wikipedia](#)
16. <https://european-aluminium.eu/media/1310/en-metals-for-buildings-essential-fully-recyclable.pdf>

Ważniejsze źródła (cd.)

17. US Federal Highway administration reports FHWA-RD-01-156 and 157 www.corrosioncost.com
18. a) <https://www.tou Eiffel.paris/en> b) <http://corrosion-doctors.org/Landmarks/Eiffel.htm>
19. a) http://en.wikipedia.org/wiki/Chrysler_Building b)
[https://www.nickelinstitute.org/library/?opt_perpage=20&opt_layout=grid&searchTerm=11023
&page=1](https://www.nickelinstitute.org/library/?opt_perpage=20&opt_layout=grid&searchTerm=11023&page=1)
20. <http://goldengatebridge.org/research/facts.php#IronworkersPainters>
21. https://www.worldstainless.org/files/issf/non-image-files/PDF/Structural/Stonecutters_Bridge_Towers.pdf
22. https://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/ISSF_Stainless_Steel_in_Figures_2019_English_public_version.pdf

Dziękuję za uwagę

Prezentacja dla wykładowców architektury i budownictwa

Rozdział 04

Co to jest stal nierdzewna?

Źródła wideo



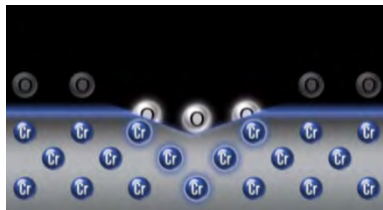
100 lat stali nierdzewnej

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



Stopowane dla uzyskania trwałej wartości

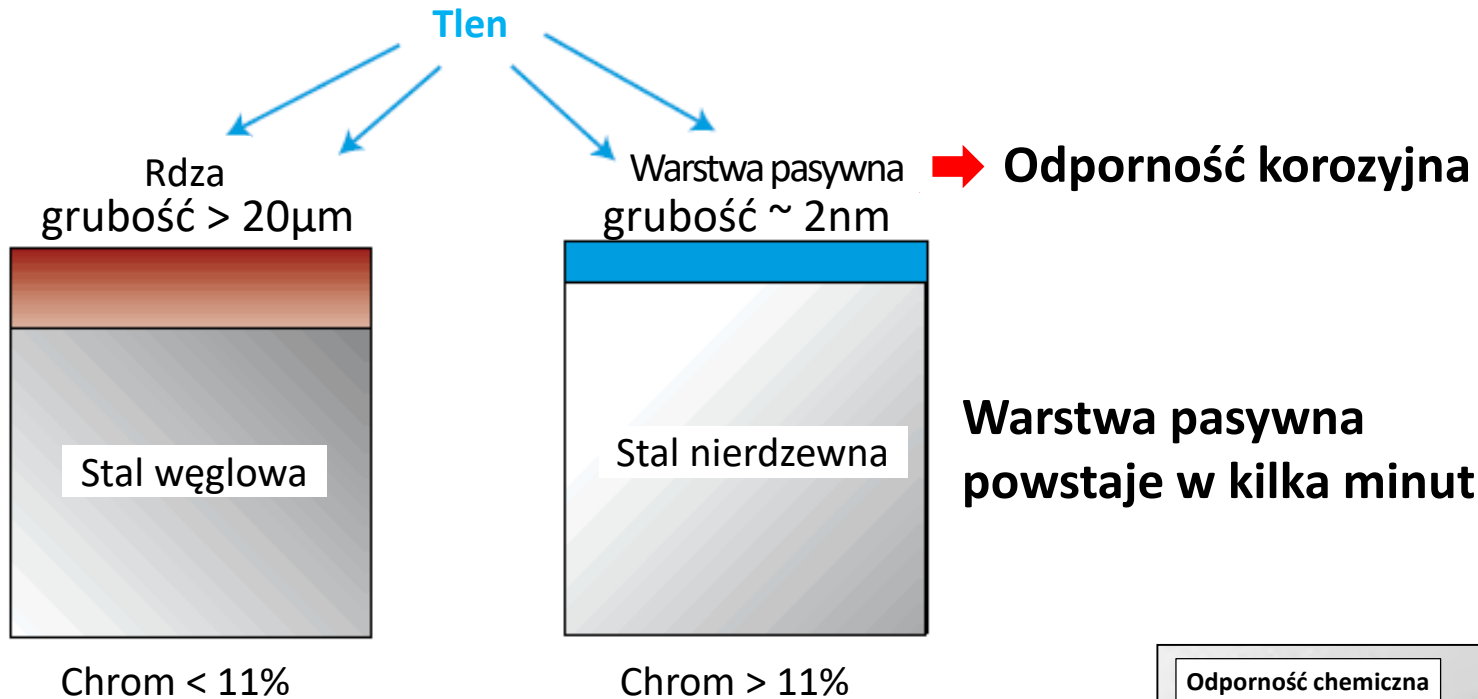
<https://youtu.be/pAy3wh3yPbg>



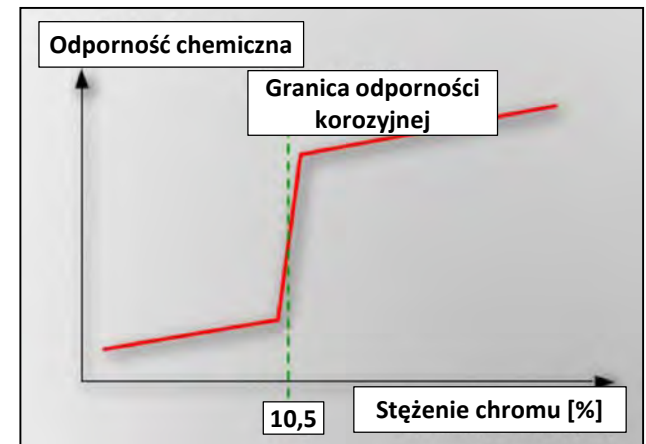
Mechanizm samonaprawczy utrzymujący trwałą wartość

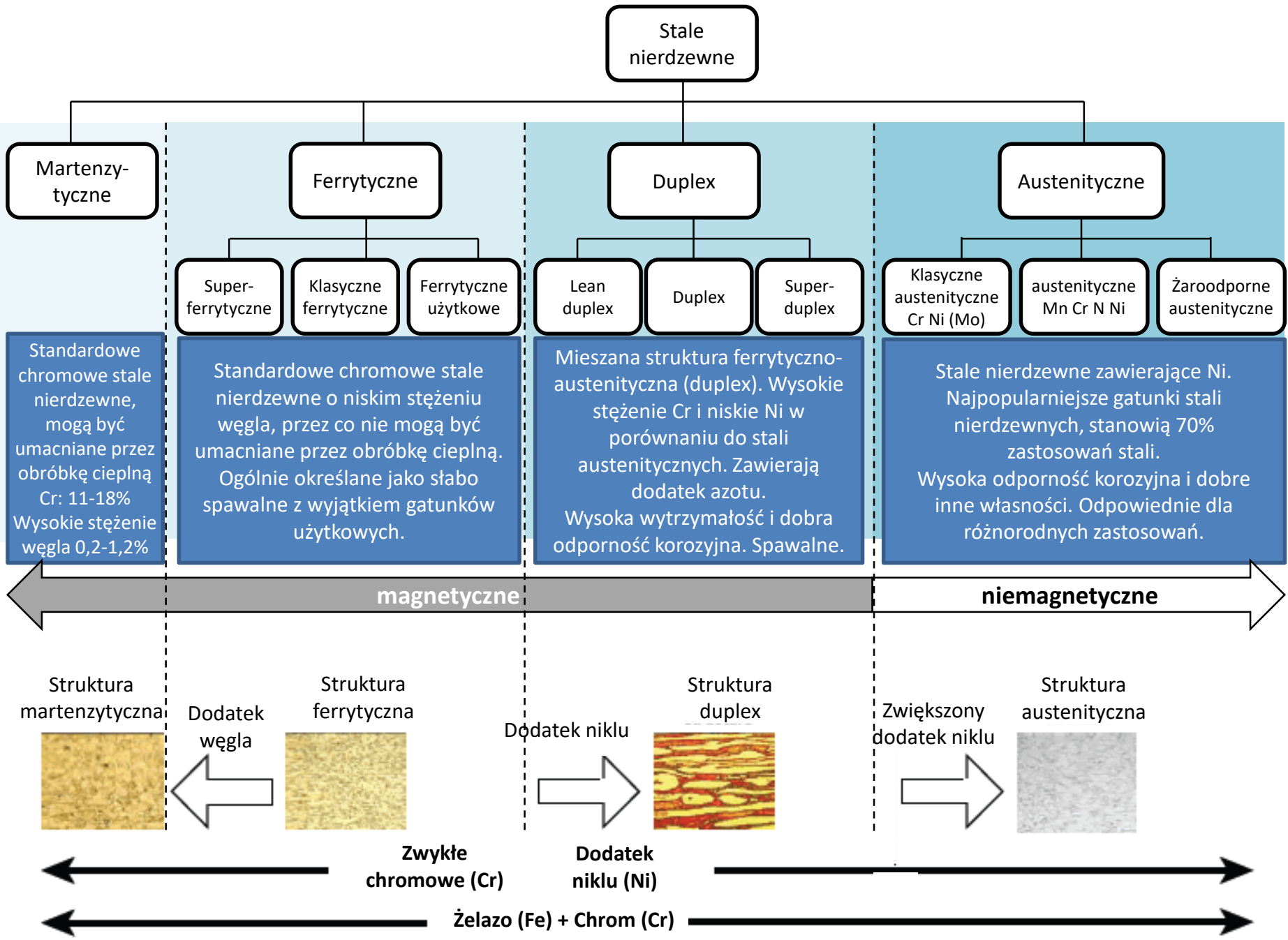
<https://youtu.be/Qelo36huGA>

Stale nierdzewne to stopy żelaza zawierające co najmniej 10,5% chromu



Wzrost stężenia Cr zwiększa trwałość warstwy pasywnej. Należy jednak pamiętać, że istnieją także inne ważne czynniki wpływające na odporność korozyjną stali (Rozdział 5).





Gatunki Cr-Ni (Austenityczne)⁴

Podgrupy:

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

Typowe własności:

- Bardzo dobra odporność na korozję wzrastająca ze stężeniem pierwiastków stopowych
- Ale możliwa podatność na korozję naprężeniową (SCC) w gorących środowiskach chlorków (np. baseny pływackie)
- Wysoka plastyczność i uderność we wszystkich temperaturach (także bardzo niskich)
- Możliwość zwiększenia wytrzymałości przez obróbkę plastyczną na zimno (lecz nie przez obróbkę cieplną)
- Bardzo dobra odporność pożarowa
- Dobre własności podczas kształtowania na zimno i na gorąco (plastyczność, wydłużenie)
- Łatwa spawalność (TIG, MIG)

Najlepiej znane i
wciąż najczęściej
stosowane

Kod kolorów:

▪ Odporność
korozyjna

▪ Własności
mechaniczne

▪ Podatność
na przetwarzanie

Gatunki Cr-Mn (Austenityczne z dodatkiem manganu)⁵

Typowy gatunek:

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

Typowe własności:

- Niższa odporność korozyjna
- I dużo wyższa podatność na korozję naprężeniową (SCC) i wżerową, szczególnie przy niskich stężeniach Ni i Cr
- Wyższa wytrzymałość
- Słabe własności podczas kształtowania na zimno z powodu wysokiego umocnienia przez zgniot
- Słaba podatność na obróbkę skrawaniem
- Większa trudność w spawaniu
- Cena niższa od stali austenitycznych Cr-Ni, ale wyższa od ferrytycznych Cr

Stosowane
głównie w Chinach
i Indiach

Kod kolorów: ▪ Odporność korozyjna ▪ Własności mechaniczne ▪ Podatność na przetwarzanie

Gatunki Cr (Ferrytyczne)⁶

Podgrupy:

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

Typowe własności:

- Brak podatności na korozję naprężeniową (SCC)
- Dobra plastyczność (niższa niż gatunków austenitycznych)
- Nie nadają się do użytku w bardzo niskich temperaturach
- Możliwość pewnego zwiększenia wytrzymałości przez obróbkę plastyczną na zimno (ale nie przez obróbkę cieplną)
- Bardzo dobre własności podczas kształtowania na zimno: niskie sprężynowanie, niskie zużycie narzędzi, natomiast niższe wydłużenie stali, które wymaga innego procesu tłoczenia w porównaniu do stali austenitycznych
- Łatwa spawalność (TIG, MIG) gatunków stabilizowanych (np. z Nb i/lub Ti)

Zapewniają
optymalne
własności/koszt dla
wielu zastosowań i
są powszechnie
stosowane

Kod kolorów:

▪ Odporność
korozyjna

▪ Własności
mechaniczne

▪ Podatność
na przetwarzanie

Gatunki Cr (Martenzytyczne)⁷

Podgrupy:

▪ C-Cr	Typowo EN1.4021/AISI 420	Cr: 13	C:0.2	Fe: reszta
▪ C-Cr-Ni	Typowo EN1.4057/AISI431	Cr: 16	Ni: 2 C: 0.2	Fe: reszta
▪ Umacniane wydzieleniowo	Typowo EN1.4542/AISI630	Cr: 17	Ni: 4 Cu:4	Fe: reszta

Typowe własności:

- **Odporność korozyjna od dostatecznej do dobrej, wzrasta wraz ze stężeniem pierwiastków stopowych**
- **Wysoka wytrzymałość** uzyskiwana przez obróbkę cieplną (nie przez obróbkę plastyczną na zimno). Ograniczone wydłużenie
- **Nieodpowiedniość do użytku w bardzo niskich temperaturach**
- **Brak przydatności do kształtowania przez obróbkę plastyczną, możliwość obróbki skrawaniem**
- **Spawalność (TIG, MIG), zwykle wymaga obróbki cieplnej po spawaniu**

Stosowane jako
stałe konstrukcyjne
o podwyższonej
odporności
korozyjnej

Kod kolorów:

▪ **Odporność
korozyjna**

▪ **Własności
mechaniczne**

▪ **Podatność
na przetwarzanie**

Duplex (Austenityczno-ferrytyczne)⁸

Podgrupy:

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

Typowe właściwości:

Bardzo wysoka odporność korozyjna, wzrastająca ze stężeniem pierwiastków stopowych

- **Brak podatności na korozję naprężeniową (SCC)**
- **Wysoka wytrzymałość, dobra ciągliwość**
- **Możliwość zwiększenia wytrzymałości przez obróbkę plastyczną na zimno (ale nie przez obróbkę cieplną)**
- **Dobre własności podczas kształtowania na zimno i na gorąco (plastyczność, wydłużenie)**
- **Spawalność (TIG, MIG)**

Zapewniają najlepsze połączenie wysokiej odporności korozyjnej i własności mechanicznych

Kod kolorów:

▪ **Odporność korozyjna**

▪ **Własności mechaniczne**

▪ **Podatność na przetwarzanie**

Własności fizyczne^{9, 10}

Materiał	Moduł Younga MPa	Współczynnik rozszerzalności cieplnej 10^{-6}K^{-1}	Przewodność cieplna $\text{W m}^{-1} \text{K}^{-1}$	Ferromagne- tyczność	Gęstość Kg/dm^3
Austenityczne Cr-Ni	210	18	15	Nie	7.8
Austenityczne Cr- Mn	210	17	15	Nie	7.8
Ferrytyczne Cr	220	11	23	Tak	7.7
Duplex Cr-Ni (Mo)-N	210	14	15	Pośrednia	7.8
Martenzytyczne Cr-C	215	11	30	Tak	7.7
Stal węglowa	210	12	18	Tak	7.8
Miedź	135	17	380	Nie	8.3
Aluminium	70	22	230	Nie	2.7
Szkło	65	9	1,7	Nie	2.5
Beton	48	10	1	Nie	2.5

Normy dla stali nierdzewnych

Główne organizacje normalizacyjne:

ISO



EN



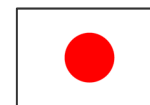
ASTM/AISI



UNS



JIS



Uwagi:

Większość krajów opiera się na normach wymienionych organizacji i są one powszechnie akceptowane. W powyższych normach występuje wiele gatunków o bardzo zbliżonych własnościach i składzie chemicznym.

Spis norm amerykańskich: lit. 11

Spis norm europejskich: lit. 12

Tablice z odpowiednikami w poszczególnych normach dostępne w: lit. 13 - 15

Główne gatunki stosowane

w architekturze, budownictwie i konstrukcjach (ABC): EN 10088-4 (blachy grube i cienkie, taśmy)^{16,17}

Gatunek	ASTM UNS	C Wt%	Cr Wt%	Ni Wt%	Mo Wt%	Inne Wt%	Typowe zastosowania ^{3,4}
4003	S40977	0,02	11,5	0,5	-	-	Ogrzewane i nieogrzewane wnętrza
4016	430	0,04	16,5	-	-	-	Dekoracyjne okładziny wewnętrzne
4509	S43932	0,02	18	-	-	Nb Ti	Pokrycia dachowe i systemy rynnowe - często pokrywane cyną dla efektu patyny
4510	439	0,02	17	-	-	Ti	
4521	444	0,02	17,8	-	2,1	Ti	Domowe instalacje wodociągowe
4301	304	0,04	18,1	8,1	-	-	Elementy zewnętrzne i wewnętrzne budynków w zwykłych atmosferach przemysłowych z dala od wybrzeży morskich
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	-	Elementy stale zwilżane przez wodę, lokalizacje z atmosferą przybrzeżną, zanieczyszczone atmosfery przemysłowe lub lokalizacje w sąsiedztwie dróg, gdzie stosowana jest sól drogowa
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	Tunele drogowe i wnętrza basenów pływackich
4547	S31254	0,01	20,0	18,0	6,1	N, Cu	

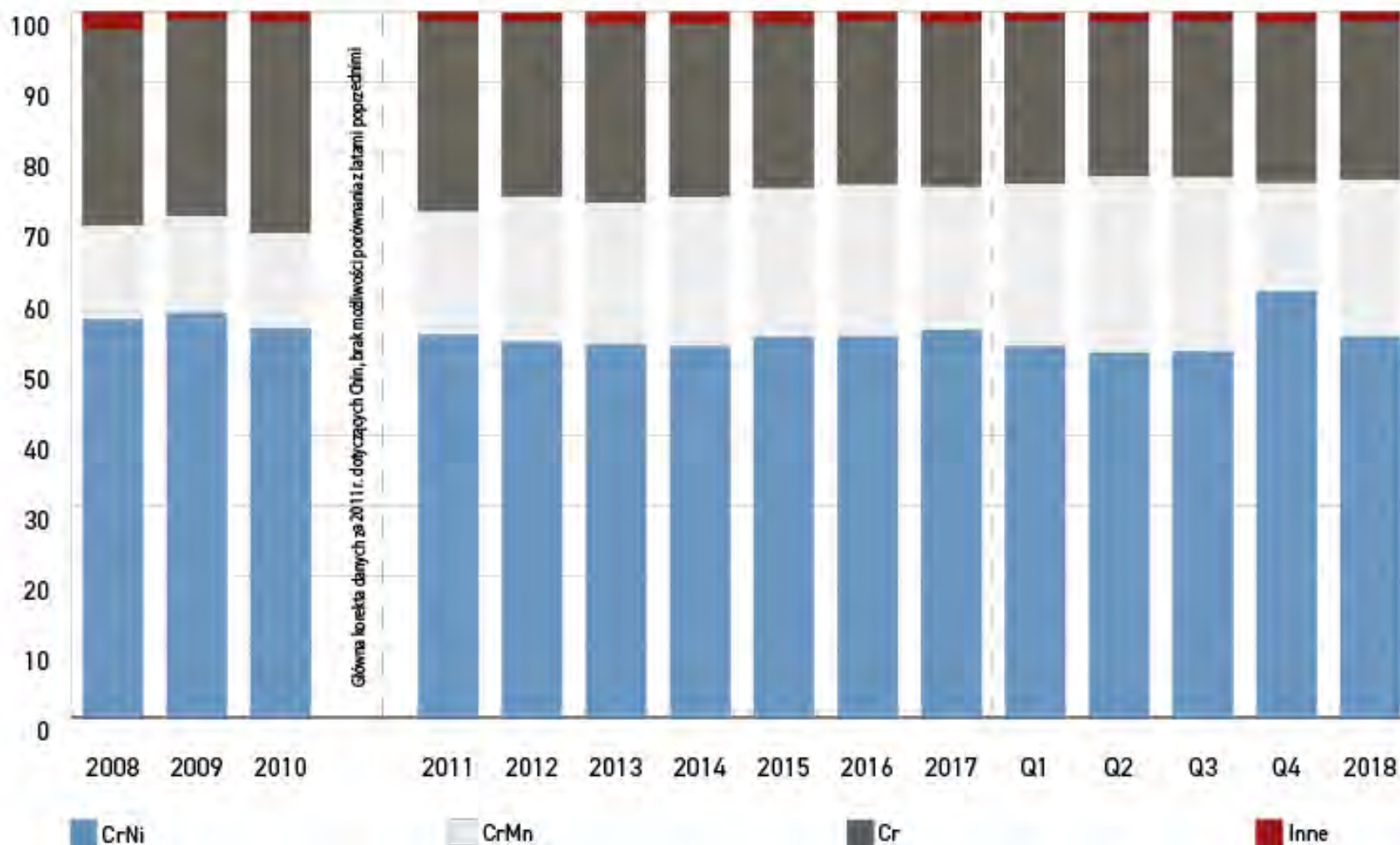
Główne gatunki stosowane w architekturze, budownictwie i konstrukcjach (ABC): EN 10088-5 (pręty, druty, kształtowniki)¹⁸

Gatunek	ASTM UNS	C Wt%	Cr Wt%	Ni Wt%	Mo Wt%	Inne Wt%	Typowe zastosowania ⁶
4003	S40977	0,02	11,5	0,5	-	-	
4016	430	0,04	16,5	-	-	-	Haki płytek dachowych
4542	630	0,04	16,0	4,0		Cu, Nb	Cięgna
4301	304	0,04	18,1	8,1	-	-	Pręty zbrojeniowe Elementy złączne 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	-	Elementy zewnętrzne i wewnętrzne budynków w zwykłych atmosferach przemysłowych z dala od wybrzeży morskich, pręty zbrojeniowe
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	Tunele drogowe i kryte baseny pływackie
4547	S31254	0,01	20,0	18,0	6,1	N, Cu	
4362	S32304	0,02	22,5	3,6	0,3	N, Cu	Pręty zbrojeniowe i elementy mechaniczne
4462	S32205	0,02	21,5	4,6	2,8	N	Pręty zbrojeniowe i elementy mechaniczne

Podział światowej produkcji stali nierdzewnej w zależności od grupy stali



Podział światowej produkcji stali nierdzewnej w zależności od grupy stali¹⁹



Wysokie ceny Ni sprzyjają zastępowaniu popularnych gatunków Cr-Ni przez gatunki Cr-Mn lub gatunki Cr. Udział w rynku gatunków duplex jest obecnie marginalny, ale przewiduje się, że będzie on wzrastać w przyszłości.

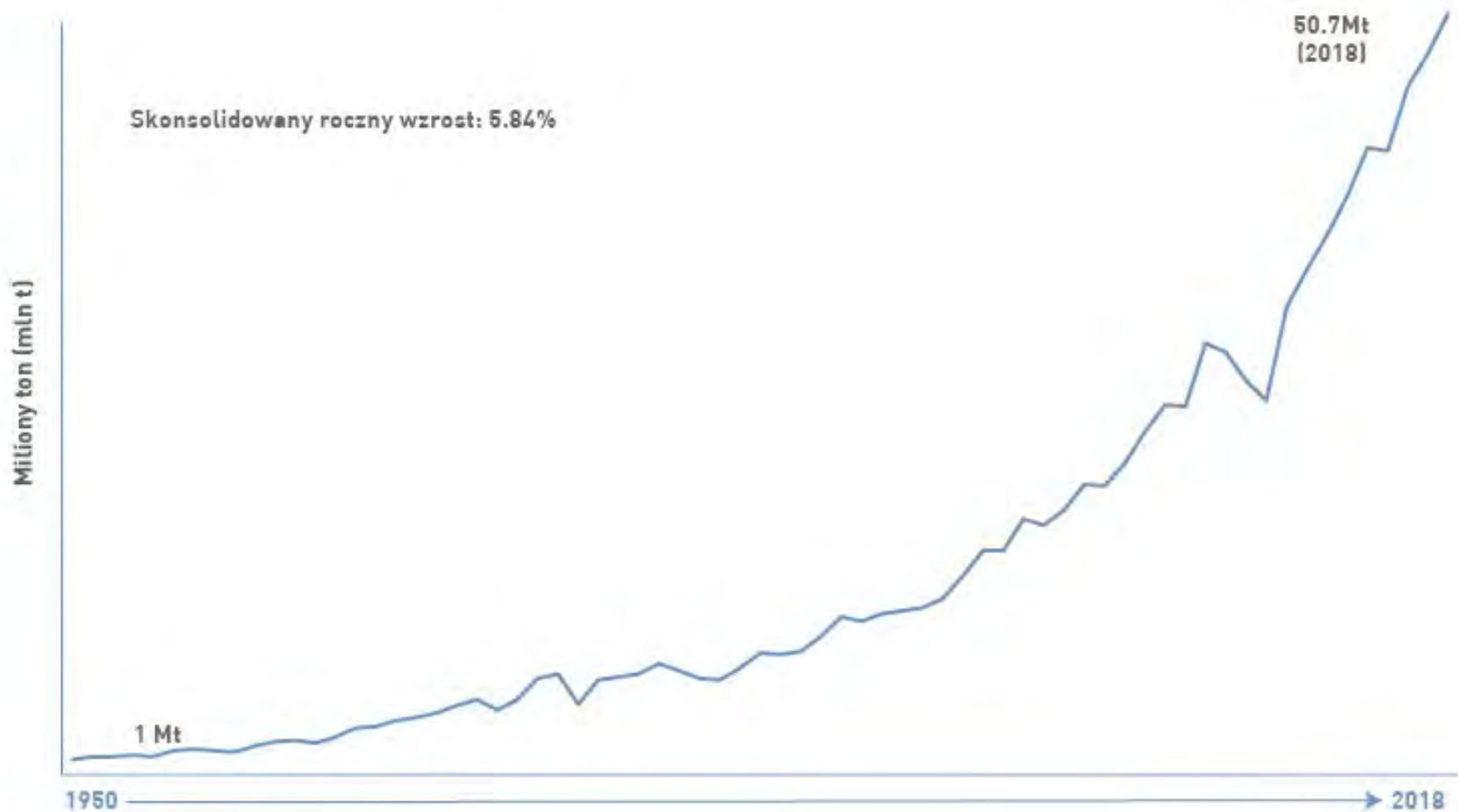
Produkcja stali nierdzewnych (slaby/równowartość w sztabkach) w podziale na region w tys. ton.

Produkcja stali nierdzewnych (slaby/równowartość w sztabkach) w podziale na region w tys. ton.



World stainless meltshop production (slab/ingot equivalent)

**UAKTUALNIONE
2019**



Zużycie stali nierdzewnych w podziale na regiony

UAKTUALNIONE
2018



Źródła (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/>

Źródła (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

Dziękuję za uwagę!

Prezentacja dla wykładowców architektury i budownictwa

Rozdział 04

Co to jest stal nierdzewna?

Źródła wideo



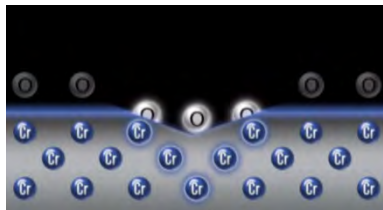
100 lat stali nierdzewnej

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



Stopowane dla uzyskania trwałej wartości

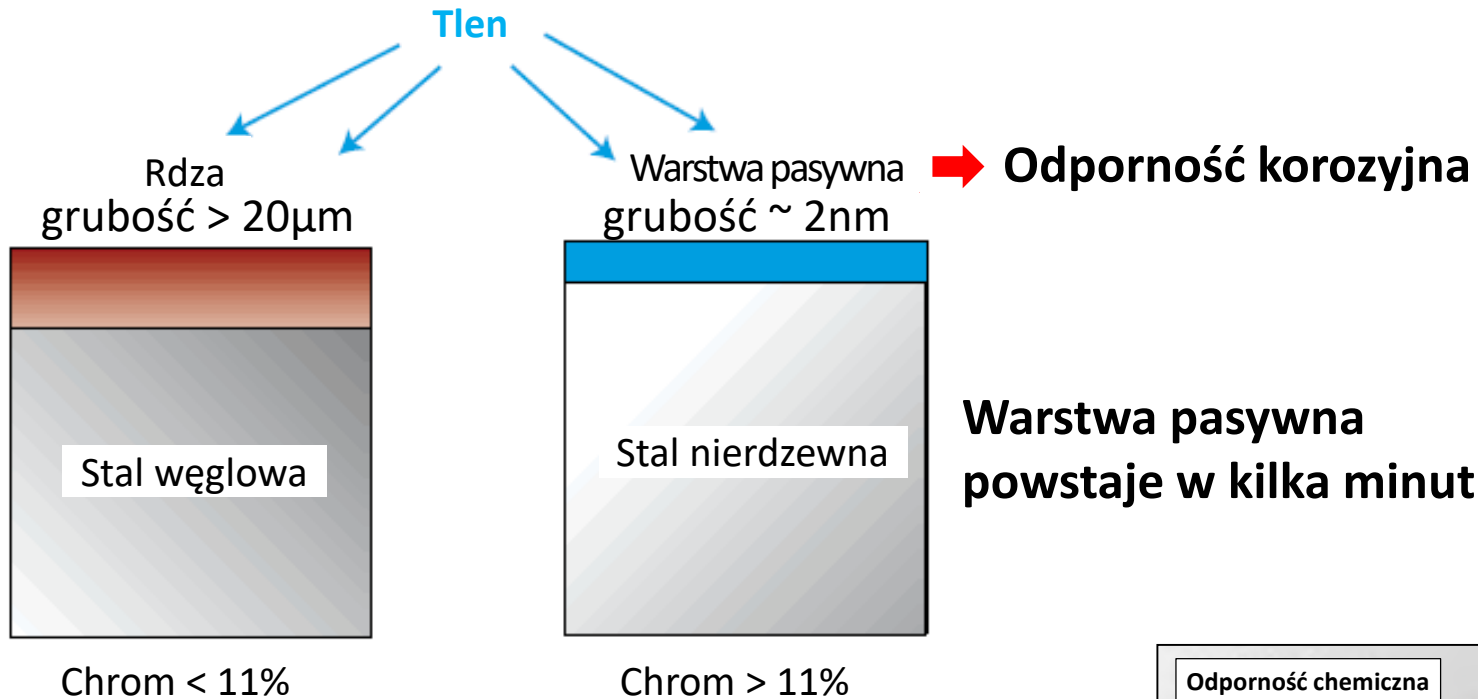
<https://youtu.be/pAy3wh3yPbg>



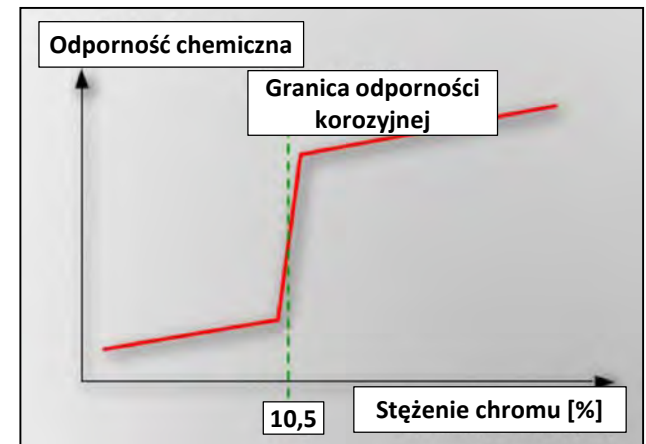
Mechanizm samonaprawczy utrzymujący trwałą wartość

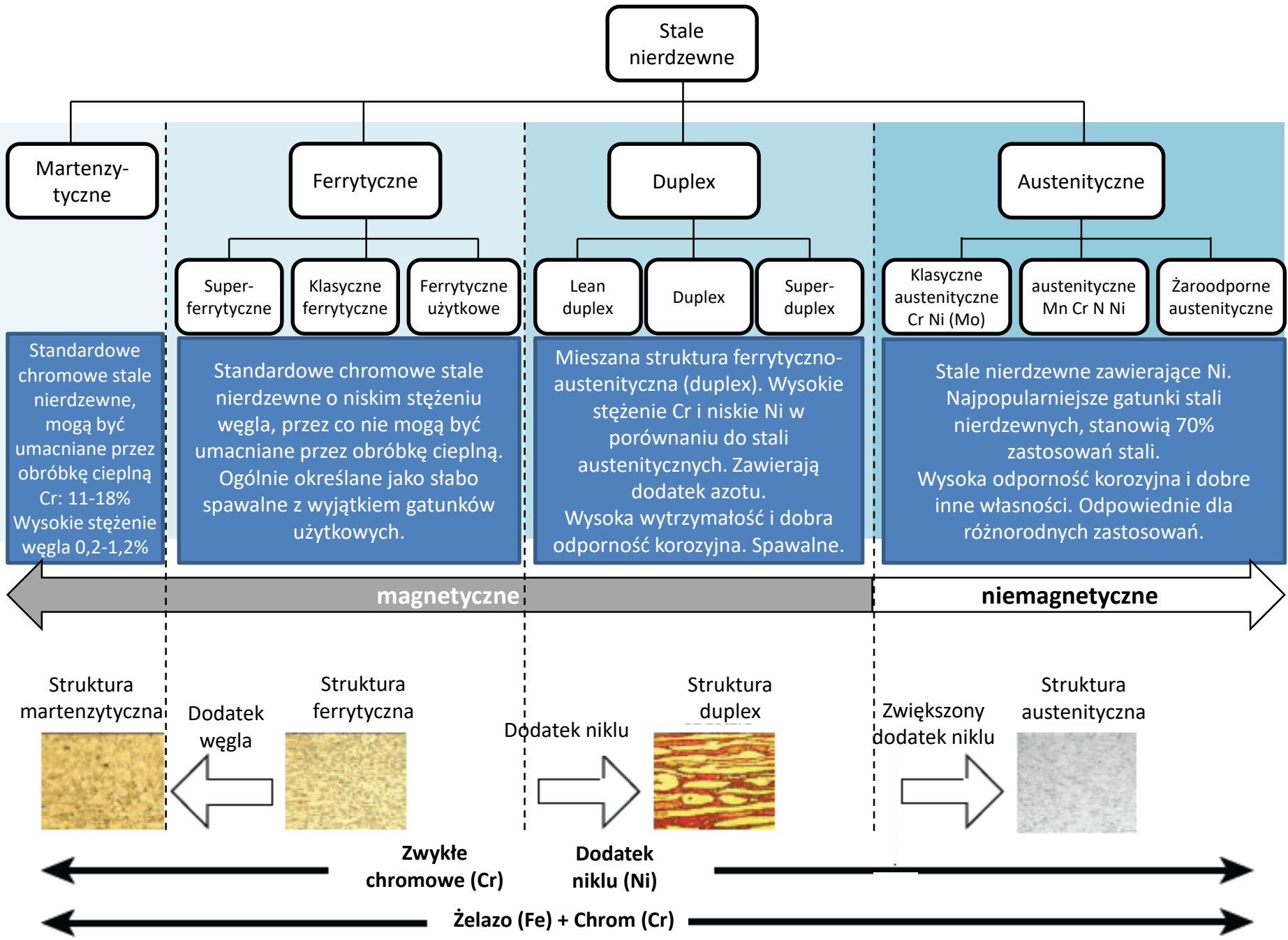
<https://youtu.be/Qelo36huGA>

Stale nierdzewne to stopy żelaza zawierające co najmniej 10,5% chromu



Wzrost stężenia Cr zwiększa trwałość warstwy pasywnej. Należy jednak pamiętać, że istnieją także inne ważne czynniki wpływające na odporność korozyjną stali (Rozdział 5).





Gatunki Cr-Ni (Austenityczne)⁴

Podgrupy:

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

Typowe własności:

- Bardzo dobra odporność na korozję wzrastająca ze stężeniem pierwiastków stopowych
- Ale możliwa podatność na korozję naprężeniową (SCC) w gorących środowiskach chlorków (np. baseny pływackie)
- Wysoka plastyczność i uderność we wszystkich temperaturach (także bardzo niskich)
- Możliwość zwiększenia wytrzymałości przez obróbkę plastyczną na zimno (lecz nie przez obróbkę cieplną)
- Bardzo dobra odporność pożarowa
- Dobre własności podczas kształtowania na zimno i na gorąco (plastyczność, wydłużenie)
- Łatwa spawalność (TIG, MIG)

Najlepiej znane i
wciąż najczęściej
stosowane

Kod kolorów:

▪ Odporność
korozyjna

▪ Własności
mechaniczne

▪ Podatność
na przetwarzanie

Gatunki Cr-Mn (Austenityczne z dodatkiem manganu)⁵

Typowy gatunek:

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

Typowe własności:

- Niższa odporność korozyjna
- I dużo wyższa podatność na korozję naprężeniową (SCC) i wżerową, szczególnie przy niskich stężeniach Ni i Cr
- Wyższa wytrzymałość
- Słabe własności podczas kształtowania na zimno z powodu wysokiego umocnienia przez zgniot
- Słaba podatność na obróbkę skrawaniem
- Większa trudność w spawaniu
- Cena niższa od stali austenitycznych Cr-Ni, ale wyższa od ferrytycznych Cr

Stosowane
głównie w Chinach
i Indiach

Kod kolorów: ▪ Odporność korozyjna ▪ Własności mechaniczne ▪ Podatność na przetwarzanie

Gatunki Cr (Ferrytyczne)⁶

Podgrupy:

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

Typowe własności:

- Brak podatności na korozję naprężeniową (SCC)
- Dobra plastyczność (niższa niż gatunków austenitycznych)
- Nie nadają się do użytku w bardzo niskich temperaturach
- Możliwość pewnego zwiększenia wytrzymałości przez obróbkę plastyczną na zimno (ale nie przez obróbkę cieplną)
- Bardzo dobre własności podczas kształtowania na zimno: niskie sprężynowanie, niskie zużycie narzędzi, natomiast niższe wydłużenie stali, które wymaga innego procesu tłoczenia w porównaniu do stali austenitycznych
- Łatwa spawalność (TIG, MIG) gatunków stabilizowanych (np. z Nb i/lub Ti)

Zapewniają
optymalne
własności/koszt dla
wielu zastosowań i
są powszechnie
stosowane

Kod kolorów:

▪ Odporność
korozyjna

▪ Własności
mechaniczne

▪ Podatność
na przetwarzanie

Gatunki Cr (Martenzytyczne)⁷

Podgrupy:

▪ C-Cr	Typowo EN1.4021/AISI 420	Cr: 13	C:0.2	Fe: reszta
▪ C-Cr-Ni	Typowo EN1.4057/AISI431	Cr: 16	Ni: 2 C: 0.2	Fe: reszta
▪ Umacniane wydzieleniowo	Typowo EN1.4542/AISI630	Cr: 17	Ni: 4 Cu:4	Fe: reszta

Typowe własności:

- **Odporność korozyjna od dostatecznej do dobrej, wzrasta wraz ze stężeniem pierwiastków stopowych**
- **Wysoka wytrzymałość** uzyskiwana przez obróbkę cieplną (nie przez obróbkę plastyczną na zimno). Ograniczone wydłużenie
- **Nieodpowiedniość do użytku w bardzo niskich temperaturach**
- **Brak przydatności do kształtowania przez obróbkę plastyczną, możliwość obróbki skrawaniem**
- **Spawalność (TIG, MIG), zwykle wymaga obróbki cieplnej po spawaniu**

Kod kolorów:

▪ **Odporność korozyjna**

▪ **Własności mechaniczne**

▪ **Podatność na przetwarzanie**

Stosowane jako
stałe konstrukcyjne
o podwyższonej
odporności
korozyjnej

Duplex (Austenityczno-ferrytyczne)⁸

Podgrupy:

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

Typowe właściwości:

Bardzo wysoka odporność korozyjna, wzrastająca ze stężeniem pierwiastków stopowych

- Brak podatności na korozję naprężeniową (SCC)
- Wysoka wytrzymałość, dobra ciągliwość
- Możliwość zwiększenia wytrzymałości przez obróbkę plastyczną na zimno (ale nie przez obróbkę cieplną)
- Dobre własności podczas kształtowania na zimno i na gorąco (plastyczność, wydłużenie)
- Spawalność (TIG, MIG)

Zapewniają najlepsze połączenie wysokiej odporności korozyjnej i własności mechanicznych

Kod kolorów:

▪ Odporność korozyjna

▪ Własności mechaniczne

▪ Podatność na przetwarzanie

Własności fizyczne^{9, 10}

Materiał	Moduł Younga MPa	Współczynnik rozszerzalności cieplnej 10^{-6}K^{-1}	Przewodność cieplna $\text{W m}^{-1} \text{K}^{-1}$	Ferromagne- tyczność	Gęstość Kg/dm^3
Austenityczne Cr-Ni	210	18	15	Nie	7.8
Austenityczne Cr- Mn	210	17	15	Nie	7.8
Ferrytyczne Cr	220	11	23	Tak	7.7
Duplex Cr-Ni (Mo)-N	210	14	15	Pośrednia	7.8
Martenzytyczne Cr-C	215	11	30	Tak	7.7
Stal węglowa	210	12	18	Tak	7.8
Miedź	135	17	380	Nie	8.3
Aluminium	70	22	230	Nie	2.7
Szkło	65	9	1,7	Nie	2.5
Beton	48	10	1	Nie	2.5

Normy dla stali nierdzewnych

Główne organizacje normalizacyjne:

ISO



EN



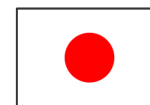
ASTM/AISI



UNS



JIS



Uwagi:

Większość krajów opiera się na normach wymienionych organizacji i są one powszechnie akceptowane. W powyższych normach występuje wiele gatunków o bardzo zbliżonych własnościach i składzie chemicznym.

Spis norm amerykańskich: lit. 11

Spis norm europejskich: lit. 12

Tablice z odpowiednikami w poszczególnych normach dostępne w: lit. 13 - 15

Główne gatunki stosowane

w architekturze, budownictwie i konstrukcjach (ABC): EN 10088-4 (blachy grube i cienkie, taśmy)^{16,17}

Gatunek	ASTM UNS	C Wt%	Cr Wt%	Ni Wt%	Mo Wt%	Inne Wt%	Typowe zastosowania ^{3,4}
4003	S40977	0,02	11,5	0,5	-	-	Ogrzewane i nieogrzewane wnętrza
4016	430	0,04	16,5	-	-	-	Dekoracyjne okładziny wewnętrzne
4509	S43932	0,02	18	-	-	Nb Ti	Pokrycia dachowe i systemy rynnowe - często pokrywane cyną dla efektu patyny
4510	439	0,02	17	-	-	Ti	
4521	444	0,02	17,8	-	2,1	Ti	Domowe instalacje wodociągowe
4301	304	0,04	18,1	8,1	-	-	Elementy zewnętrzne i wewnętrzne budynków w zwykłych atmosferach przemysłowych z dala od wybrzeży morskich
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	-	Elementy stale zwilżane przez wodę, lokalizacje z atmosferą przybrzeżną, zanieczyszczone atmosfery przemysłowe lub lokalizacje w sąsiedztwie dróg, gdzie stosowana jest sól drogowa
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	Tunele drogowe i wnętrza basenów pływackich
4547	S31254	0,01	20,0	18,0	6,1	N, Cu	

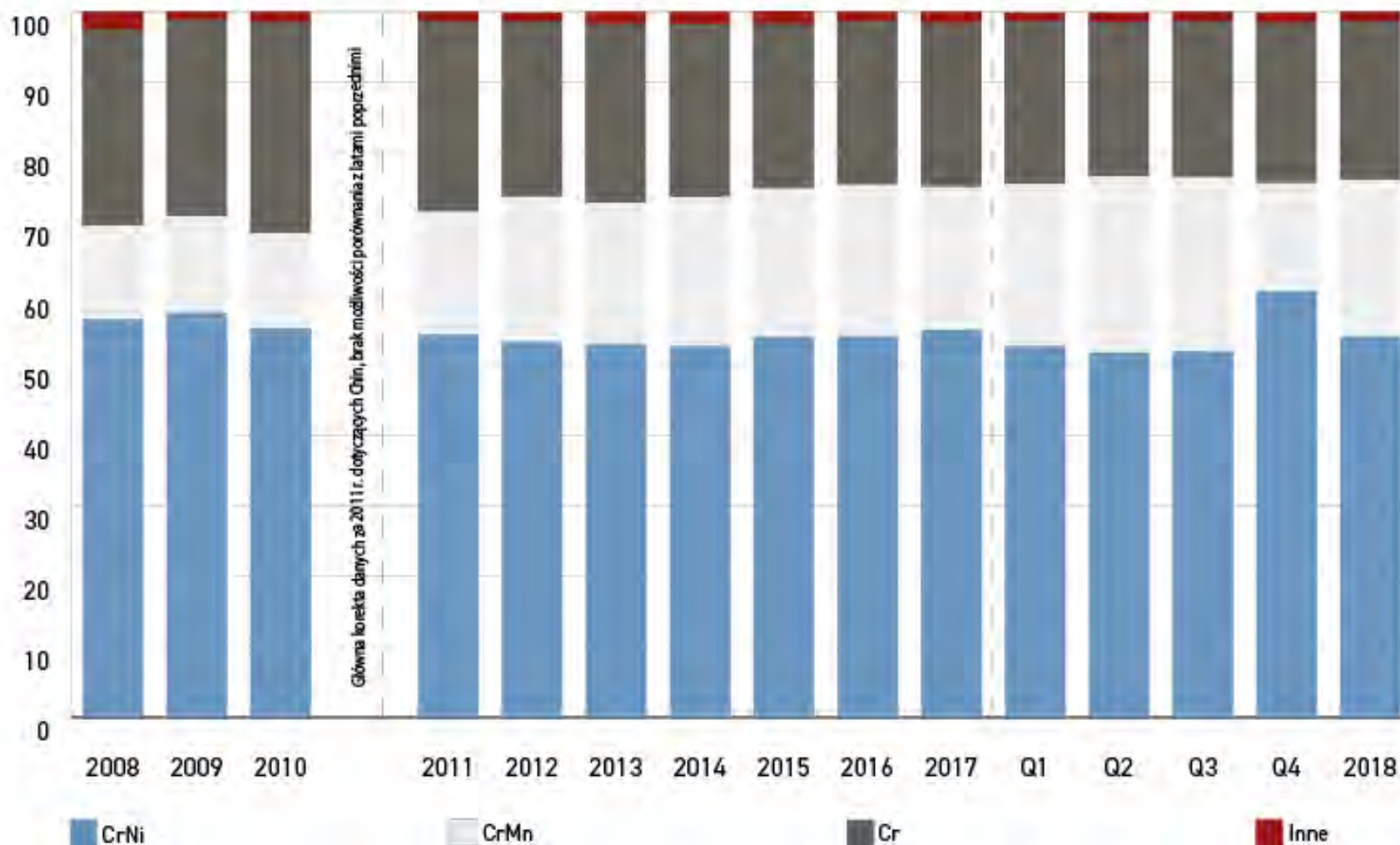
Główne gatunki stosowane w architekturze, budownictwie i konstrukcjach (ABC): EN 10088-5 (pręty, druty, kształtowniki)¹⁸

Gatunek	ASTM UNS	C Wt%	Cr Wt%	Ni Wt%	Mo Wt%	Inne Wt%	Typowe zastosowania ⁶
4003	S40977	0,02	11,5	0,5	-	-	
4016	430	0,04	16,5	-	-	-	Haki płytek dachowych
4542	630	0,04	16,0	4,0		Cu, Nb	Cięgna
4301	304	0,04	18,1	8,1	-	-	Pręty zbrojeniowe Elementy złączne 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	-	Elementy zewnętrzne i wewnętrzne budynków w zwykłych atmosferach przemysłowych z dala od wybrzeży morskich, pręty zbrojeniowe
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	Tunele drogowe i kryte baseny pływackie
4547	S31254	0,01	20,0	18,0	6,1	N, Cu	
4362	S32304	0,02	22,5	3,6	0,3	N, Cu	Pręty zbrojeniowe i elementy mechaniczne
4462	S32205	0,02	21,5	4,6	2,8	N	Pręty zbrojeniowe i elementy mechaniczne

Podział światowej produkcji stali nierdzewnej w zależności od grupy stali



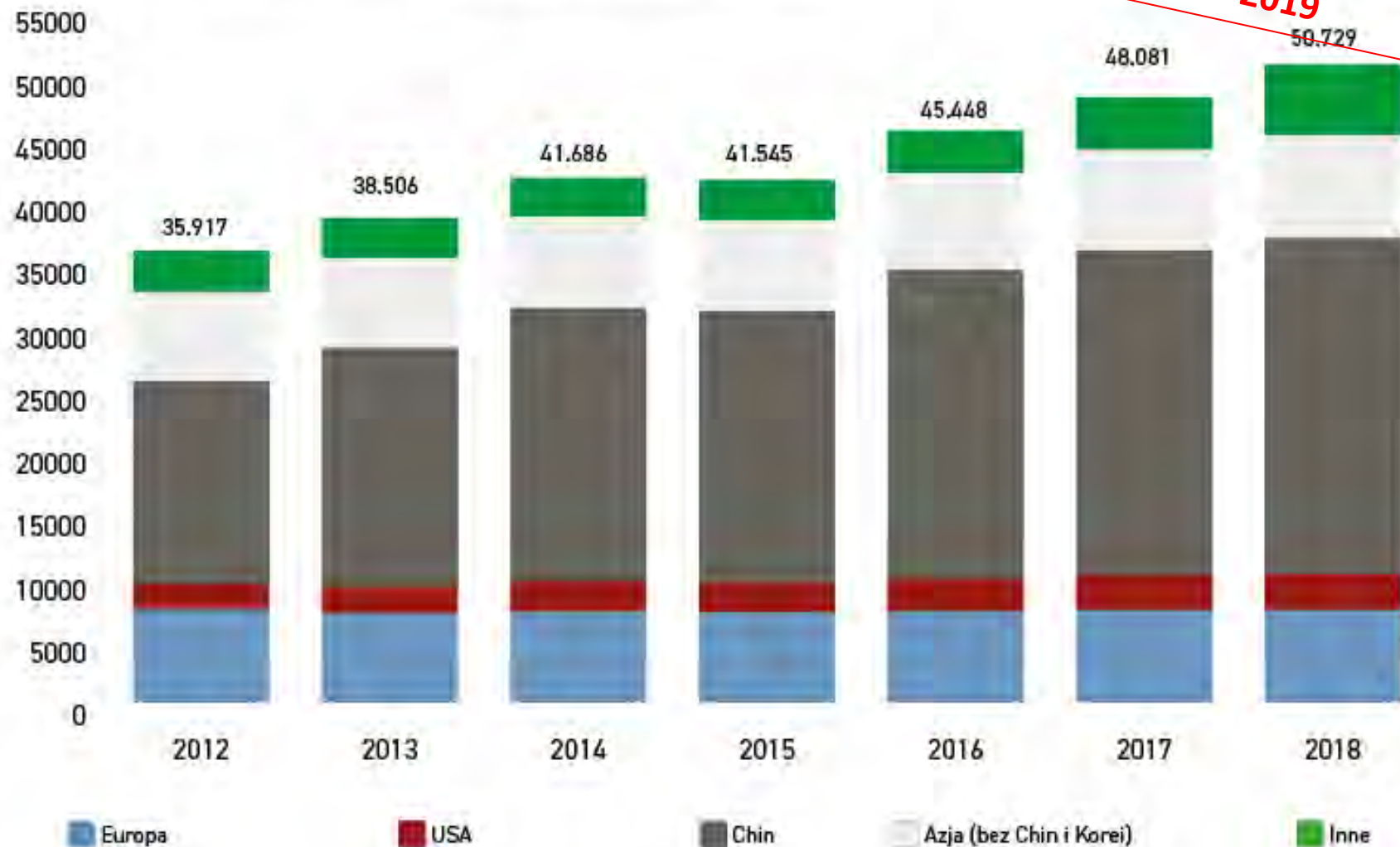
Podział światowej produkcji stali nierdzewnej w zależności od grupy stali¹⁹



Wysokie ceny Ni sprzyjają zastępowaniu popularnych gatunków Cr-Ni przez gatunki Cr-Mn lub gatunki Cr. Udział w rynku gatunków duplex jest obecnie marginalny, ale przewiduje się, że będzie on wzrastać w przyszłości.

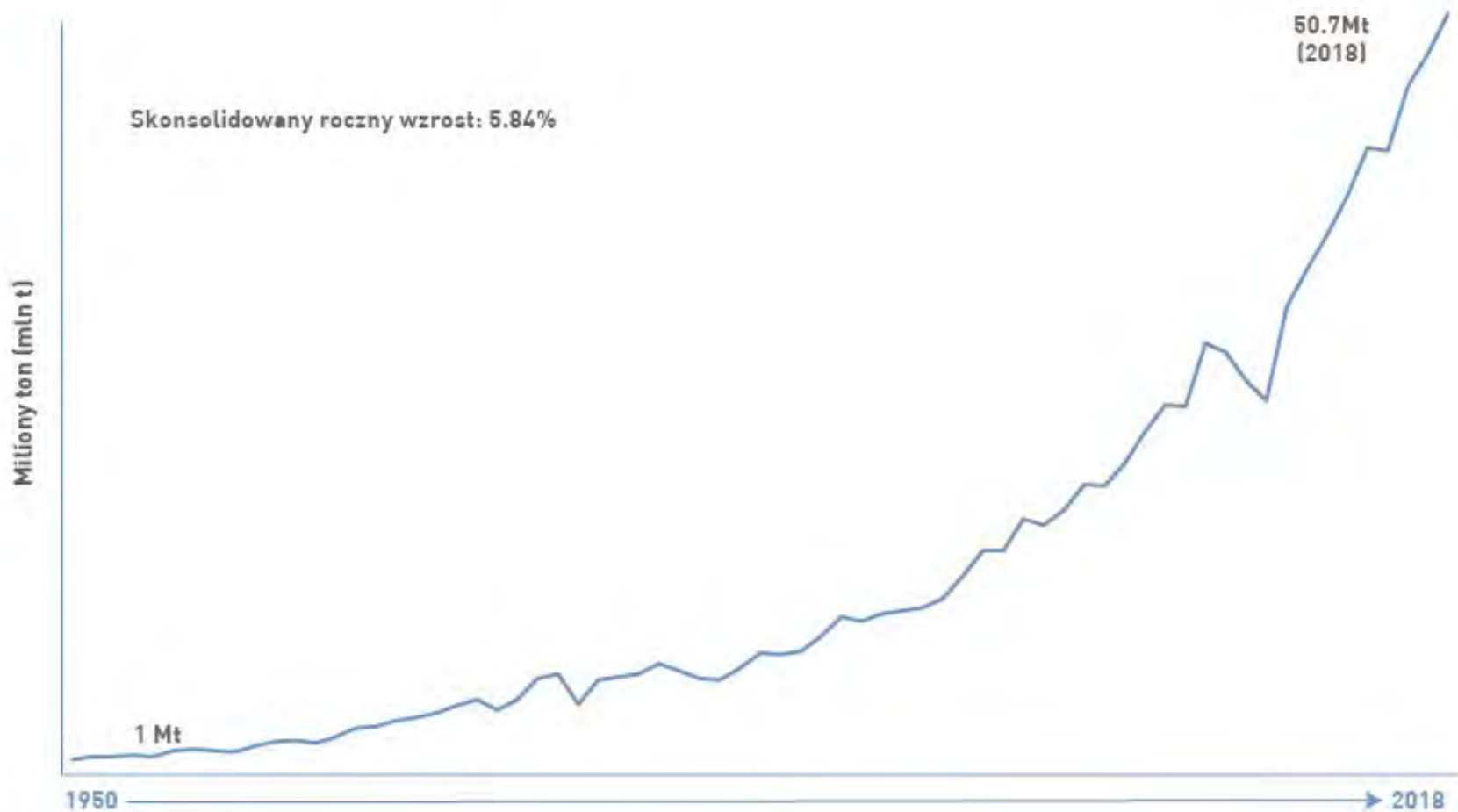
Produkcja stali nierdzewnych (slaby/równowartość w sztabkach) w podziale na region w tys. ton.

Produkcja stali nierdzewnych (slaby/równowartość w sztabkach) w podziale na region w tys. ton.



World stainless meltshop production (slab/ingot equivalent)

**UAKTUALNIONE
2019**



Zużycie stali nierdzewnych w podziale na regiony

UAKTUALNIONE
2018



Źródła (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/>

Źródła (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

Dziękuję za uwagę!

Prezentacja dla wykładowców
architektury i budownictwa

Rozdział 05:
Odporność korozyjna
stali nierdzewnych

Spis treści

1. Większość materiałów z czasem ulega zniszczeniu
2. Dlaczego stale nierdzewne opierają się korozji
3. Typy korozji stali nierdzewnych
4. Jak dobrać stal nierdzewną o odpowiedniej odporności korozyjnej
 - Zastosowania konstrukcyjne
 - Inne zastosowania
5. Źródła

1. Większość materiałów
z czasem ulega zniszczeniu

Większość materiałów z czasem ulega zniszczeniu

Materiał	Drewno	Stal	Beton
			
Typ zniszczenia	Grzyby Owady Słońce + deszcz	Rdza	Pękanie/ Kruszenie się
Działania łagodzące skutki	Chemikalia Farby/lakiery	Galwanizacja Malowanie	Odporne na korozję pręty zbrojeniowe

Większość materiałów z czasem ulega zniszczeniu

Materiał	Kamień	Szkło	Polimery
			
Typ zniszczenia	Zużycie Uszkodzenia spowodowane zanieczyszczeniem	Pękanie	Kruchość pod wpływem światła UV
Działania łagodzące skutki	Zwykle niepodjęmowane	Szkło hartowane	Ulepszone typy materiałów polimerowych

Większość materiałów z czasem ulega zniszczeniu

Materiał	Aluminium*	Miedź	Stal nierdzewna
			
Typ zniszczenia	Korozja wżerowa, możliwa korozja galwaniczna	Z czasem powstaje zielona patyna	Brak niszczenia
Działania łagodzące skutki	Korozji galwanicznej można zapobiec	Brak	Nie wymagane

* Na powierzchni aluminium powstaje cienka warstwa ochronnych tlenków – tak jak na stali nierdzewnej, lecz o dużo niższej odporności korozyjnej

Korozja betonu

(zjawiska korozyjne nie ograniczają się jedynie do powierzchni zewnętrznej!)

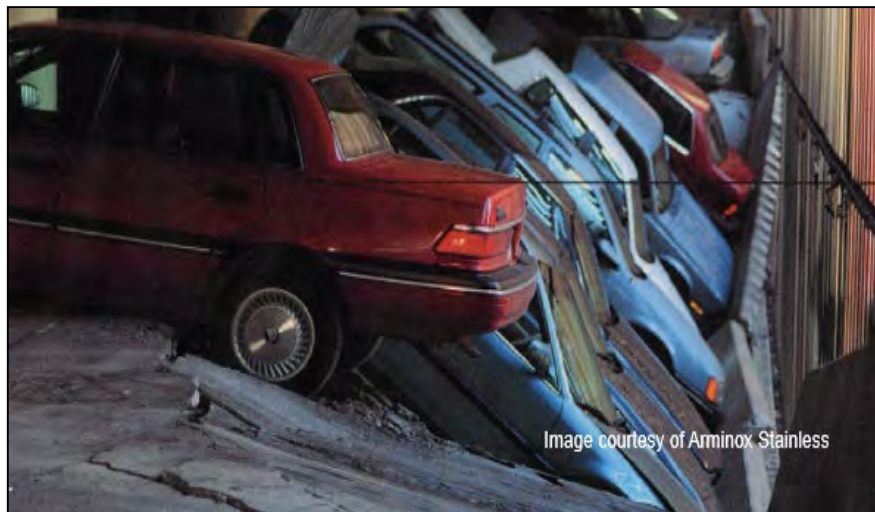


Image courtesy of Arminox Stainless



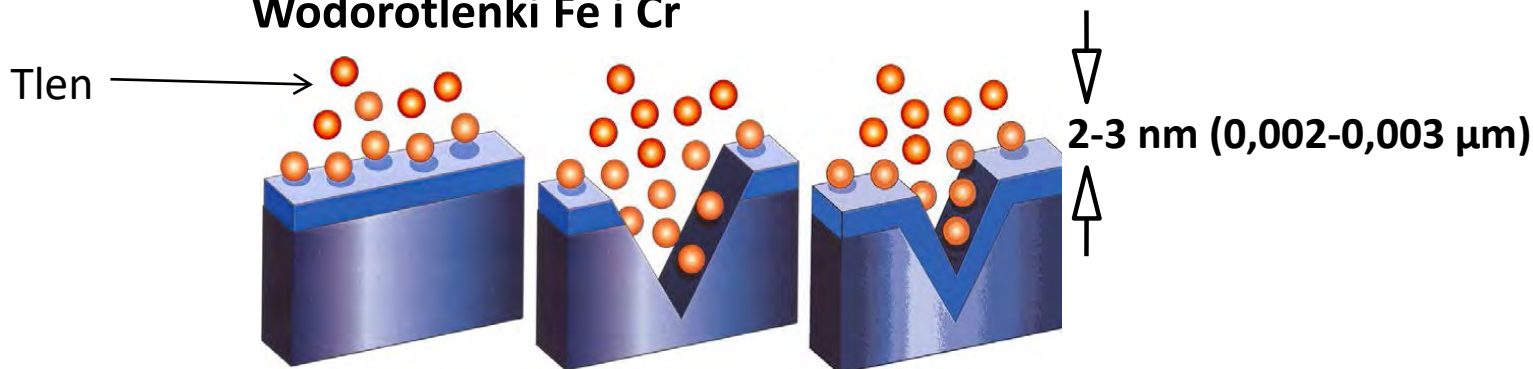
Stal nierdzewna wewnątrz betonu zapewnia zarówno wytrzymałość, jak i odporność korozyjną, umożliwiając długotrwałe użytkowanie bez konieczności konserwacji konstrukcji.

- Korozja niezabezpieczonej stali węglowej zachodzi nawet wewnątrz konstrukcji ze zbrojonego betonu pod wpływem chlorków obecnych w środowisku (morskim/stosowania soli drogowej), które przenikają przez beton.
- Produkty korozji (rdza) posiadają większą objętość od metalu, a powstające naprężenia wewnętrzne powodują kruszenie się otuliny betonowej.
- Działania łagodzące skutki korozji prętów zbrojeniowych w betonie to konieczność.
- Stosuje się różne techniki: grubsza pokrywa betonowa, ochrona katodowa, membrany, powłoki epoksydowe... i stale nierdzewne zamiast stali węglowych.

2. Dlaczego stale nierdzewne opierają się korozji

Warstwa pasywna w porównaniu do powłok malarskich

WARSTWA PASYWNA:
Wodorotlenki Fe i Cr



Warstwa zewnętrzna
Podkład
Obróbka wstępna (warstwa przygotowawcza)

WIELOWARSTWOWA POWŁOKA MALARSKA

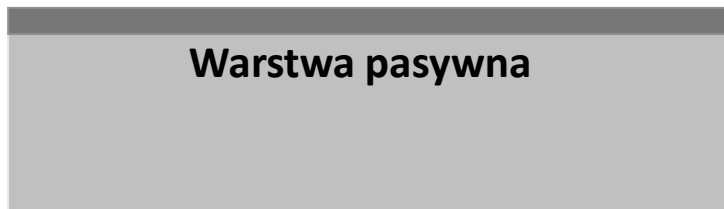


Typowo 20-200 μm

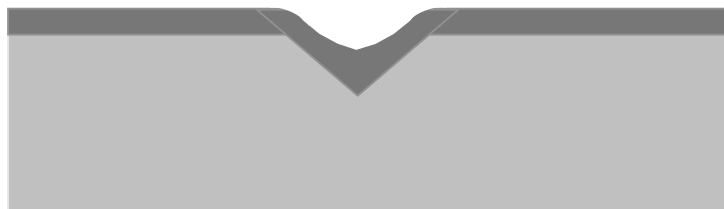
Może się zdziierać
Brak mechanizmu samo naprawy

Zniszczenie warstwy ochronnej

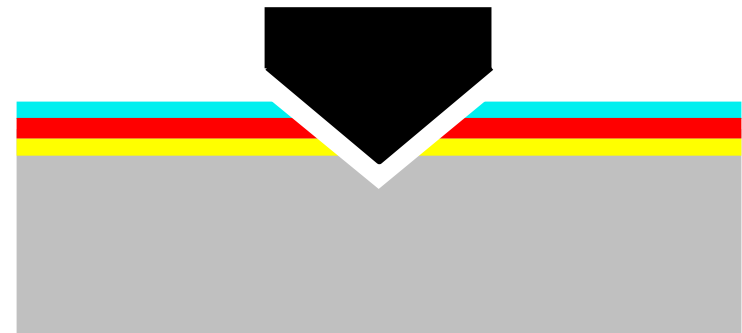
Stal nierdzewna



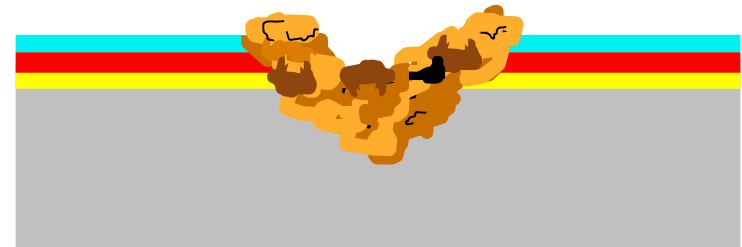
Samoczynna naprawa



Stal węglowa



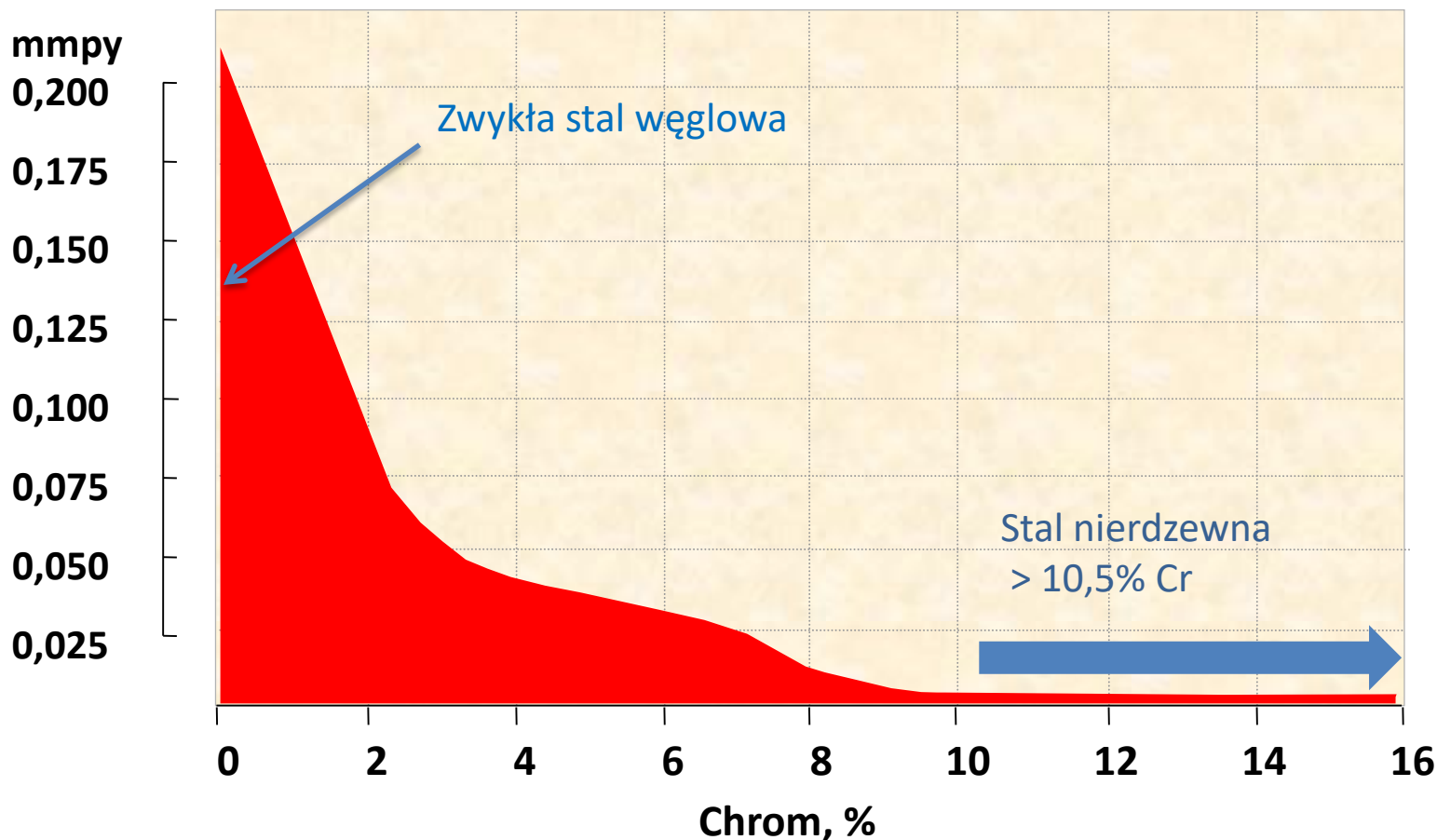
Produkty korozji



3. Typy korozji stali nierdzewnych

Wpływ zawartości chromu na odporność na korozję atmosferyczną (korozję równomierną)

Szybkość korozji



Gdy wybór gatunku stali nierdzewnej nie został wykonany prawidłowo, może wystąpić korozja

...żaden materiał nie jest idealny!

Myśleć o tym jak o wyborze właściwego pojazdu do planowanego użytku

Typy korozji stali nierdzewnych

- a) Równomierna (ogólna)
- b) Wżerowa
- c) Szczelinowa
- d) Galwaniczna
- e) Międzykrystaliczna
- f) Naprężeniowa (korozyjne pękanie naprężeniowe)

a) co to jest korozja równomierna?

- Gdy warstwa pasywna ulegnie zniszczeniu pod wpływem środowiska korozyjnego cała powierzchnia ulega korozji równomiernie, co pozwala wyznaczyć szybkość ubytku metalu – szybkość korozji wyrażoną w $\mu\text{m}/\text{rok}$.
- Jest typowa dla niezabezpieczonych stali węglowych.
- Nie występuje w stalach nierdzewnych stosowanych w budownictwie, ponieważ warunki korozyjne nigdy nie są na tyle agresywne, aby ją wywołać (zachodzi typowo w środowiskach kwasów).



b) co to jest korozja wżerowa^{1,2,3,7}?

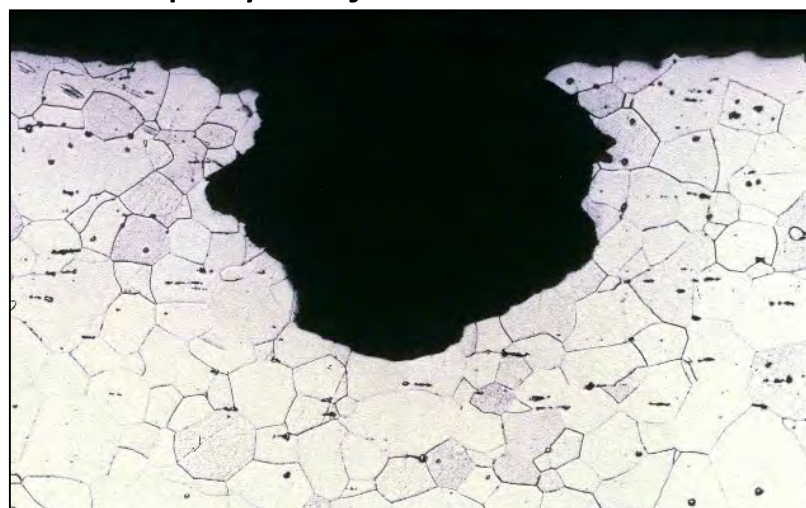
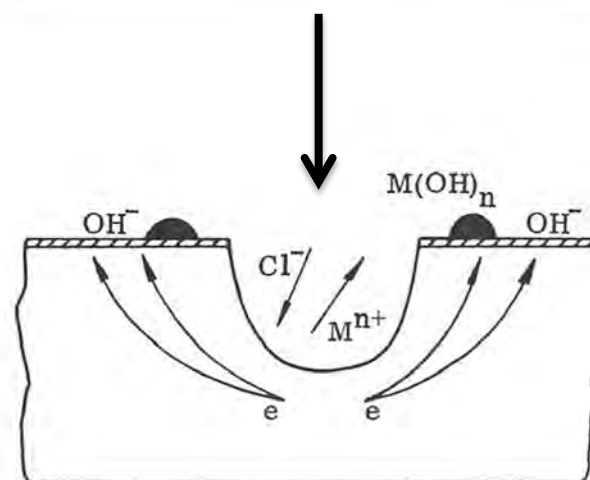
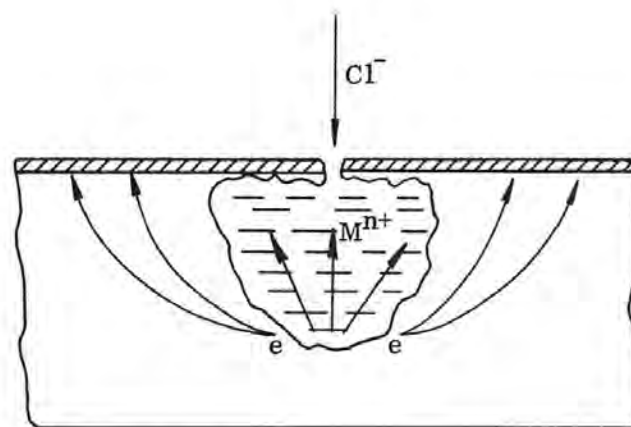
Korozja wżerowa (pitting) jest formą korozji lokalnej, która prowadzi do powstania na powierzchni materiału drobnych dziurek – wżerów.

Na rysunku przedstawiono korozję wżerową stali nierdzewnej typu 1.4310 wynikającą z niedostatecznej odporności korozyjnej gatunku na bardzo agresywne środowisko zawierające chlorki.



Mechanizm korozji wżerowej

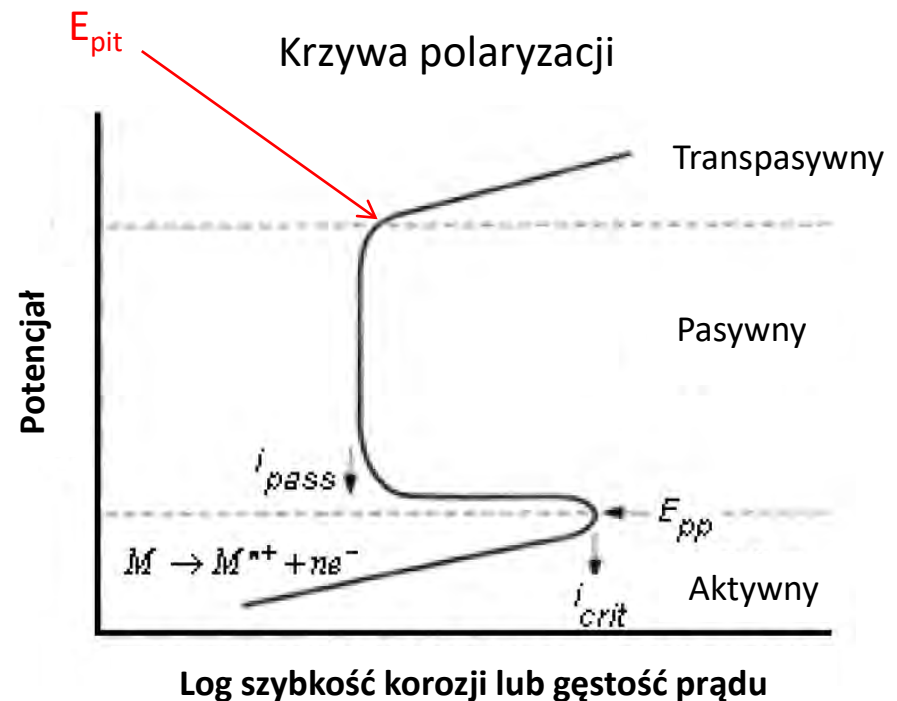
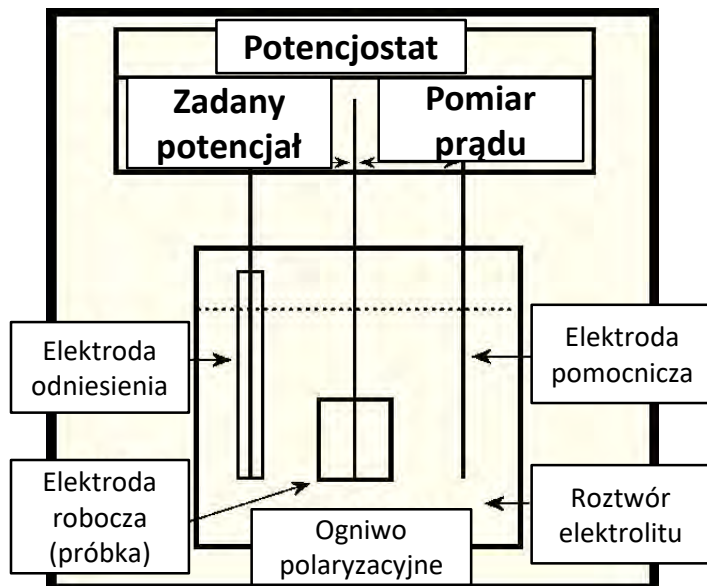
1. Zapoczątkowanie procesu korozji następuje w bardzo małych nieregularnościach powierzchni lub w obszarze wtrąceń niemetalicznych
2. Rozprzestrzenianie się korozji następuje w wyniku reakcji elektrochemicznych wewnątrz wżerów, gdzie nie dochodzi do repasywacji stali



Korozję wżerową można symulować w badaniach elektrochemicznych⁴

- W trakcie korozji następuje rozpuszczanie metalu, to znaczy zachodzi proces elektrochemiczny związany z:
 - reakcjami elektrochemicznymi na powierzchni metalu oraz
 - przepływem prądu elektrycznego między korodującym metalem (anoda) i katodowym elementem.
- Proces korozji może być symulowany w ogniwie elektrochemicznym – układ służący do badań procesów korozyjnych.

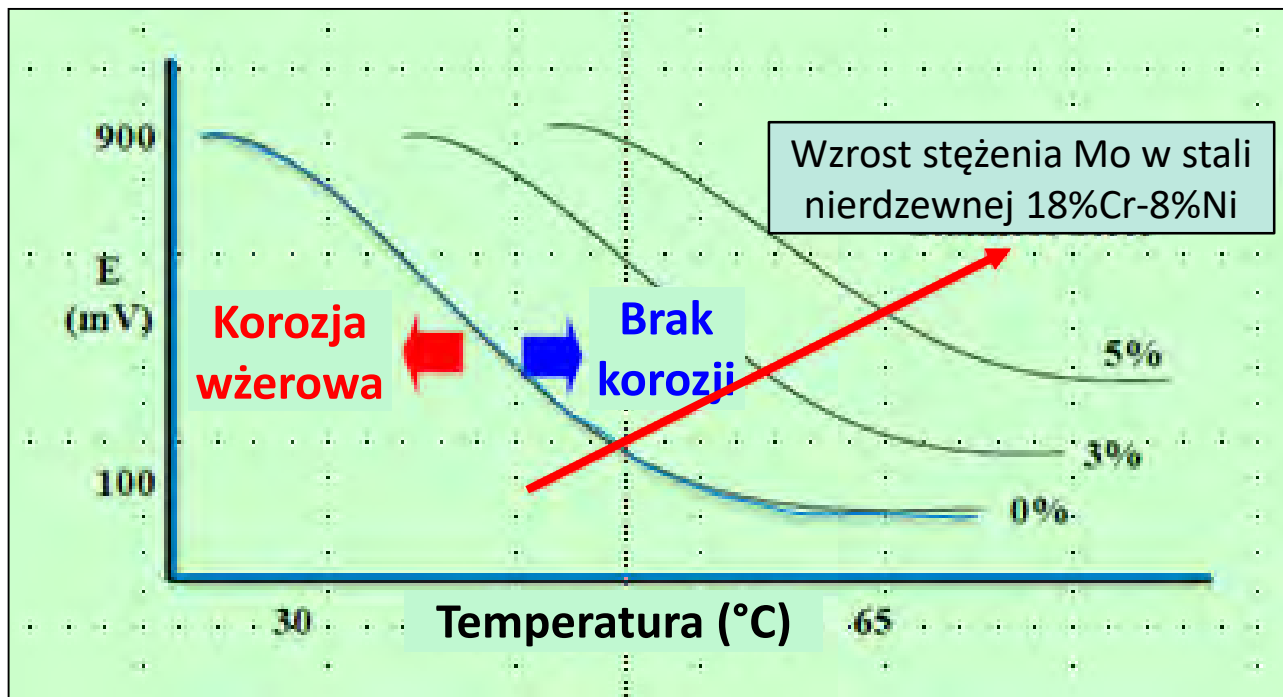
Ogniwo elektrochemiczne



Główne czynniki wpływające na korozję wżerową¹

(generalnie jako kryterium korozji wżerowej stosuje się potencjał korozyjny E_{pit})

1. Temperatura



Wzrost temperatury drastycznie obniża odporność na korozję wżerową

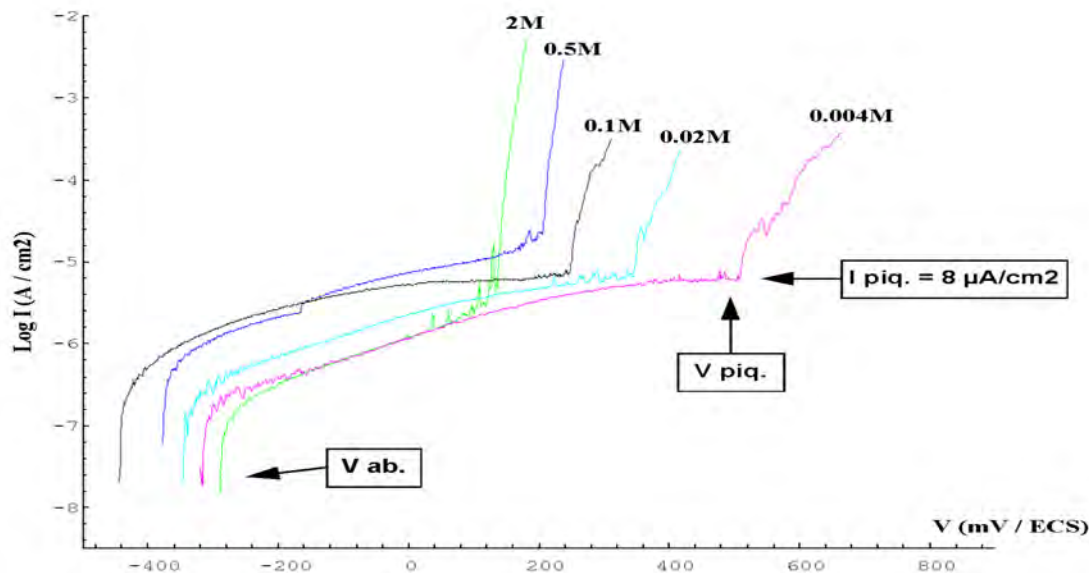
Główne czynniki wpływające na korozję wżerową⁵

(generalnie jako kryterium korozji wżerowej stosuje się potencjał korozyjny E_{pit})

2. Stężenie chlorków

Odporność na korozję wżerową zmniejsza się ze wzrostem stężenia Cl^- (logarytmu stężenia chlorków Cl^-)

$$E_{pit} = A \log [Cl^-] + B$$

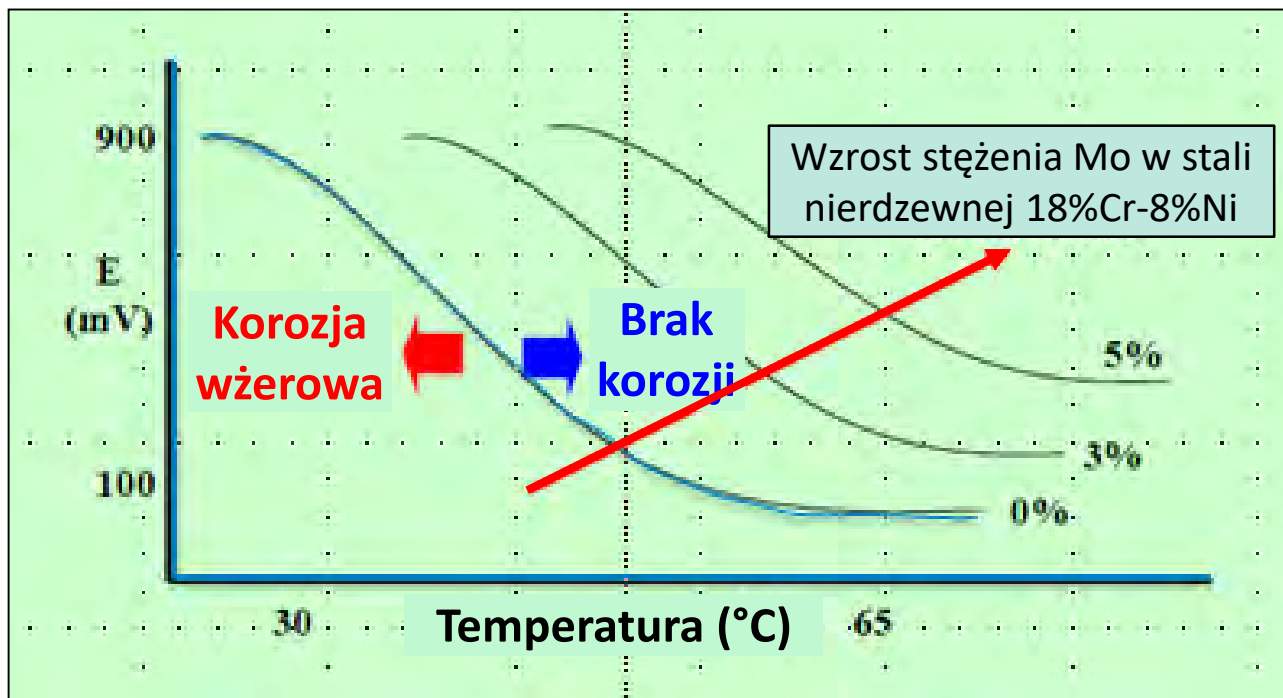


Główne czynniki wpływające na korozję wżerową¹

(generalnie jako kryterium korozji wżerowej stosuje się potencjał korozyjny E_{pit})

3. Analiza stali nierdzewnych

Odporność na korozję wżerową wzrasta ze stężeniem niektórych pierwiastków stopowych: N, Mo, Cr



Oddziaływanie pierwiastków stopowych opisuje wskaźnik odporności na korozję wżerową PREN (Pitting Resistance Equivalent Number)

Wskaźnik odporności na korozję wżerową PREN⁶

- Obliczając PREN możliwe jest porównanie gatunków stali nierdzewnych pod względem odporności na korozję wżerową. Wyższy numer oznacza wyższą odporność korozyjną.
- Nie można stosować tylko samego wskaźnika PREN do określenia, czy dany gatunek będzie nadawać się do danego zastosowania.

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

Cr = stężenie chromu

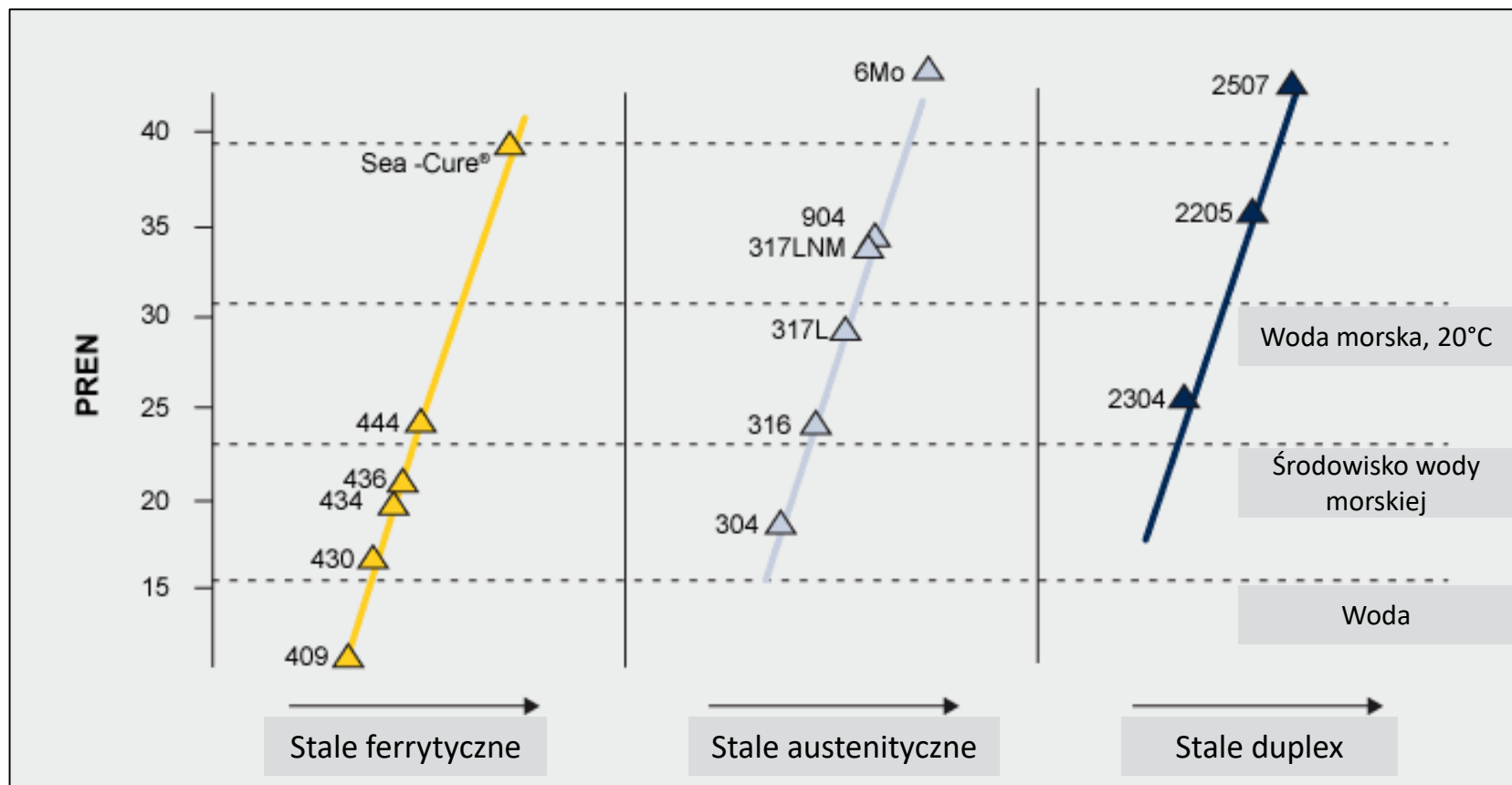
Mo = stężenie molibdenu

N = stężenie azotu

Wskaźnik PREN nie uwzględnia Ni. Odporność stali nierdzewnej na korozję wżerową nie zależy od zawartości Ni. Zobacz następnny slajd.

Gatunek stali	PREN
1.4003	10,5 - 12,5
1.4016	16,0 - 18,0
1.4301	17,5 - 20,8
1.4311	19,4 - 23,0
1.4401/4	23,1 - 28,5
1.4406	25,0 - 30,3
1.4439	31,6 - 38,5
1.4539	32,2 - 39,9
1.4547	42,2 - 47,6
1.4529	41,2 - 48,1
1.4362	23,1 - 29,2
1.4462	30,8 - 38,1
1.4410	➤ 40
1.4501	➤ 40

Wskaźnik PREN niektórych popularnych gatunków stali ⁹



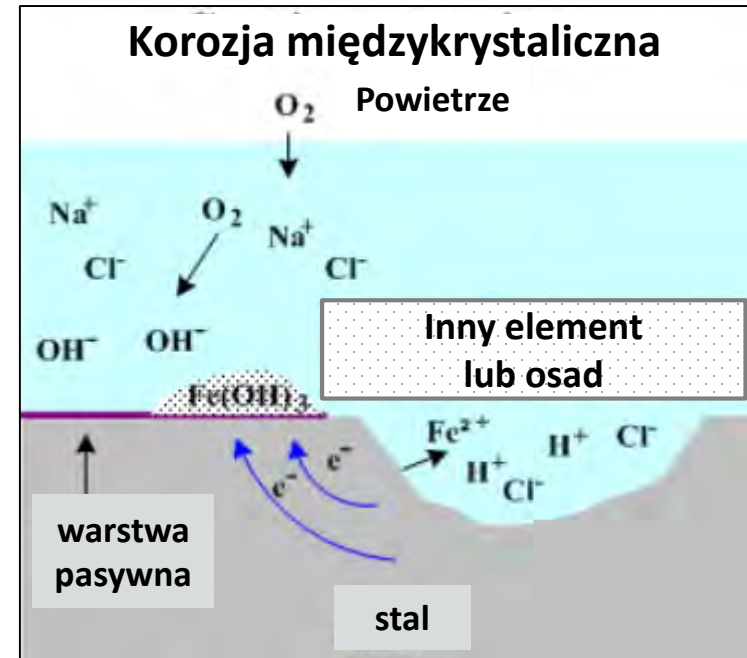
Uwaga: porównaj załącznik z oznaczeniami gatunków wg EN

c) Co to jest korozja szczelinowa¹?

Korozja szczelinowa to korozja zachodząca w zamkniętych obszarach o utrudnionym dostępie medium roboczego. Takie obszary ogólnie nazywa się szczelinami. Przykładami szczelin są luki i powierzchnie styku między elementami, pod podkładkami i uszczelkami, wewnątrz pęknięć i rys, obszary wypełnione osadami oraz przestrzenie pod takimi osadami.

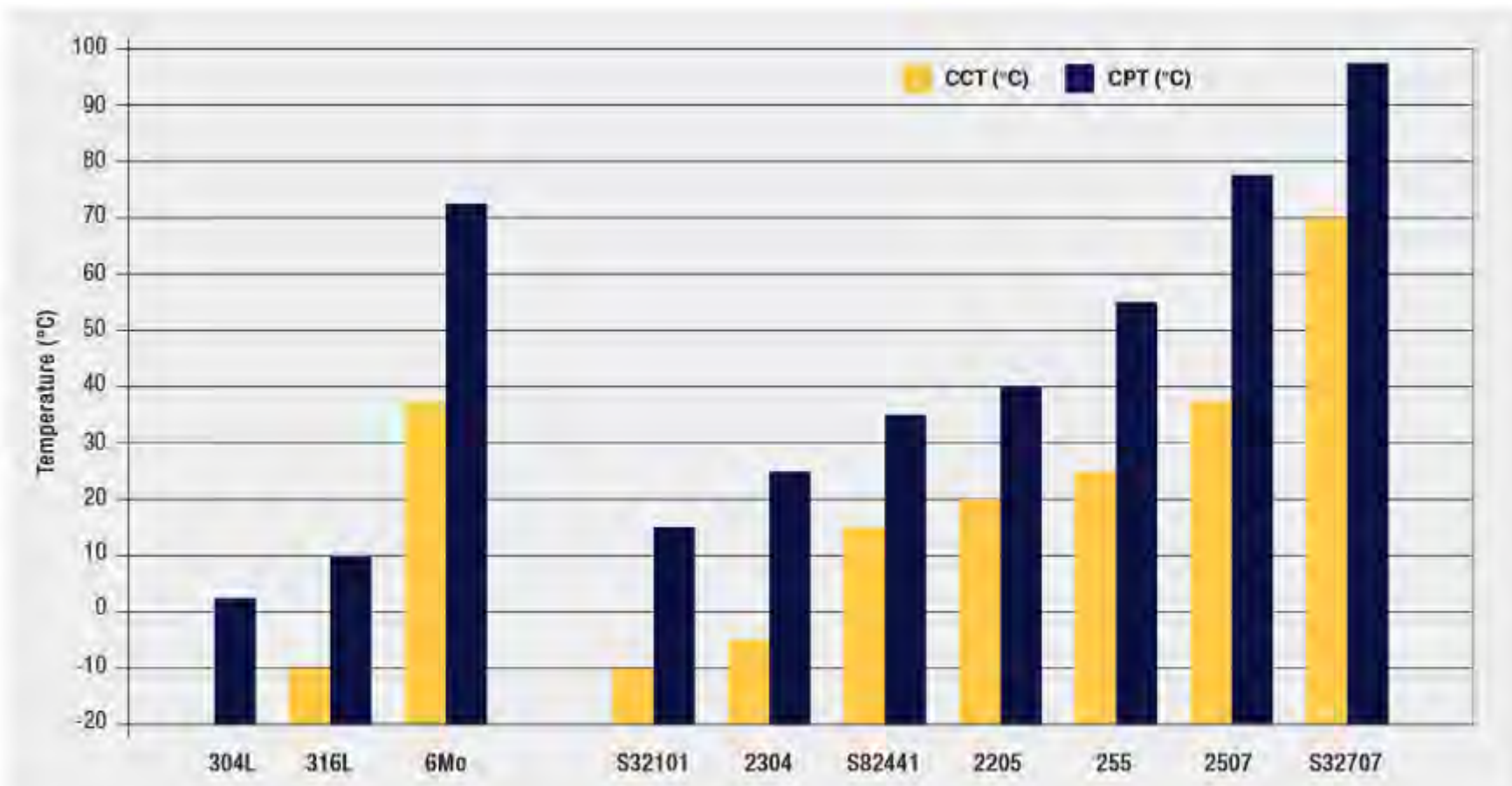
Mechanizm korozji szczelinowej

- Początkowo brak różnicy między szczeliną a pozostałą powierzchnią.
- Sytuacja zmienia się, gdy obszar szczeliny zostaje zubożony w tlen.
- Dochodzi wtedy do reakcji elektrochemicznych wewnątrz szczeliny, co powoduje wzrost stężenia chlorków Cl^- i lokalne obniżenie pH do wartości, która uniemożliwia proces pasywacji.
- Następnie metal w szczelinie ulega korozji równomiernej.



Temperatura krytyczna korozji wżerowej (CPT) i Temperatura krytyczna korozji szczelinowej (CCT) wybranych gatunków austenitycznych i duplex⁸

Uwaga: Wyższa temperatura oznacza lepszą odporność korozyjną



Rysunek 9. Temperatura krytyczna korozji wżerowej i szczelinowej niespawanych austenitycznych stali nierdzewnych (po lewej) i stali duplex (po prawej) w stanie po przesycaniu (określona w 6% chlorku żelaza zgodnie z ASTM G48).

Uwaga: porównaj załącznik z oznaczeniami gatunków wg EN

Jak zapobiegać korozji szczelinowej

1. Optymalizacja projektu:
 - a) Stosować połączenia spawane,
 - b) Projektować zbiorniki gwarantujące pełne odprowadzenie cieczy.
2. Czyścić, aby usunąć osady (zawsze kiedy jest to możliwe).
3. Dobrać stal nierdzewną o odpowiedniej odporności korozyjnej (więcej w 4 części tego rozdziału).

d) Co to jest korozja galwaniczna¹ (znana także jako korozja bimetaliczna)?



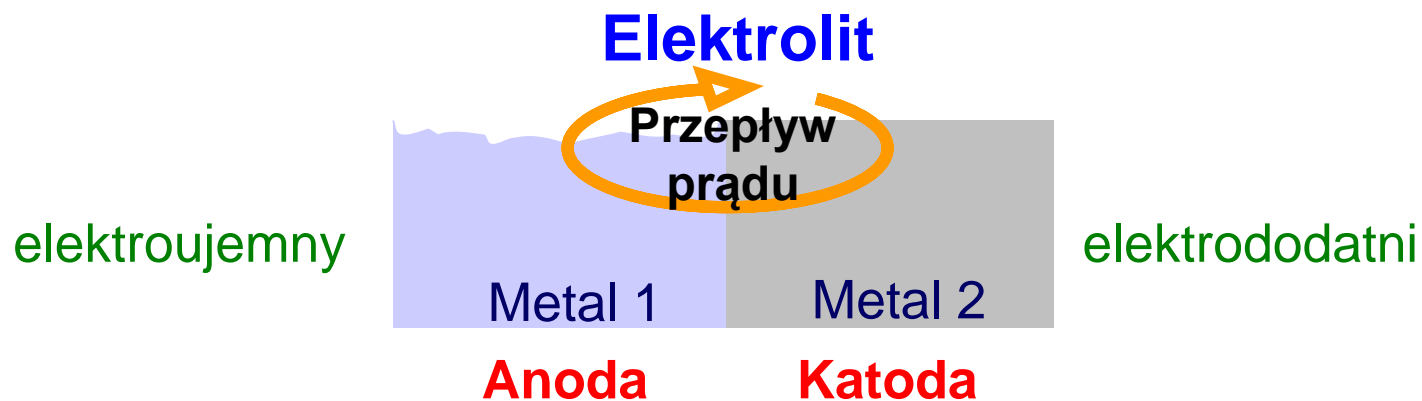
Korozja, która może zachodzić na styku dwóch metali charakteryzujących się dużą różnicą potencjałów galwanicznych.

Metal bardziej anodowy ulega korozji.

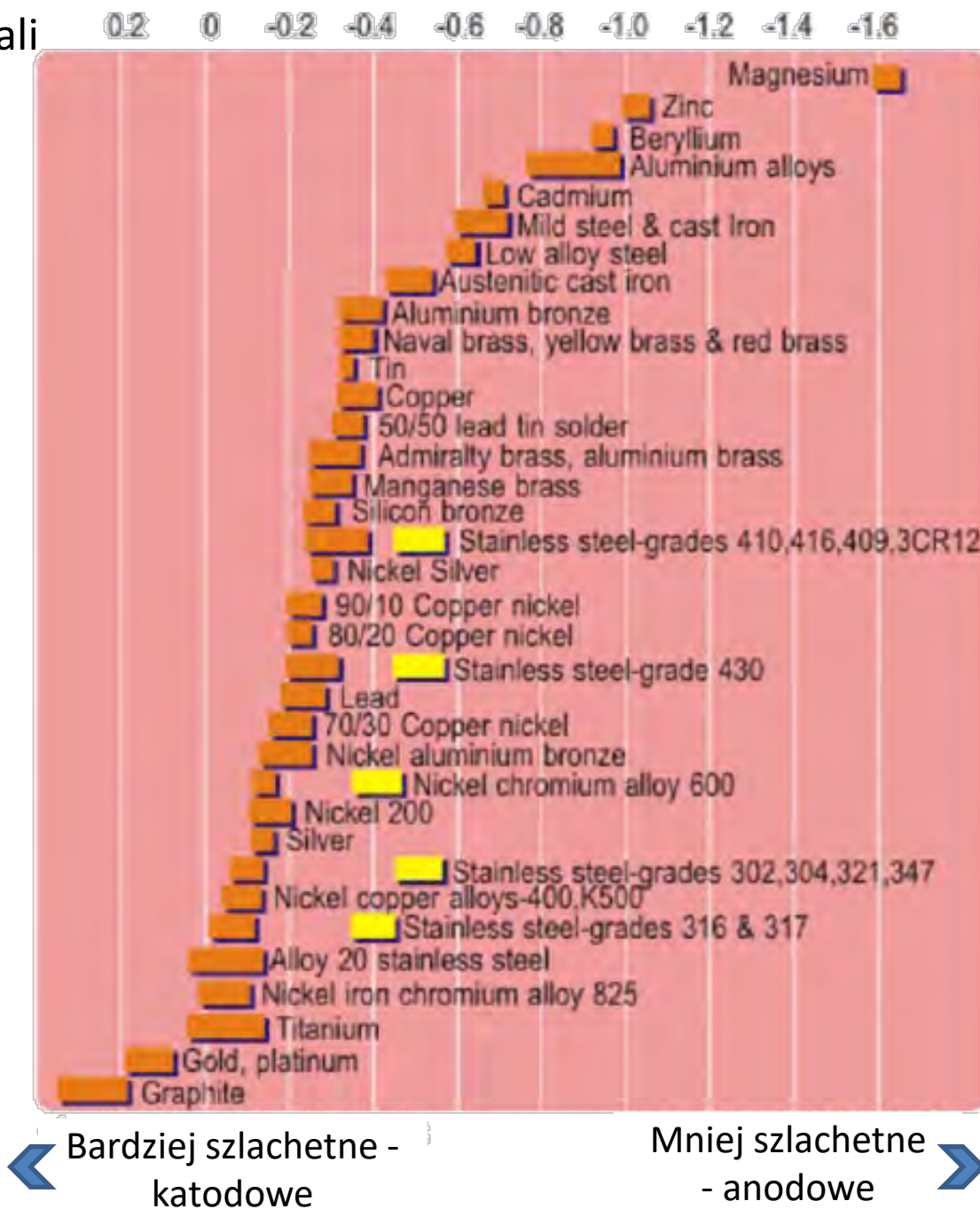
Przykład na zdjęciu po lewej: Zbiornik i płyta ze stali nierdzewnej zostały połączone przy użyciu śrub ze stali czarnej – doszło do korozji galwanicznej śrub ze stali czarnej w obecności wilgoci (=elektrolit).

Mechanizm korozji galwanicznej

- Każdy z metali wykazuje charakterystyczny potencjał elektrochemiczny, gdy zostanie zanurzony w elektrolicie (mierzony względem elektrody odniesienia)
- W sytuacji, gdy dwa metale stykają się z przewodzącym prąd elektryczny elektrolitem (wystarczy wilgoć) oraz, gdy
- dwa metale wykazują dużą różnicę potencjałów,
- prąd elektryczny będzie płynął od bardziej elektroujemnego (anoda) do bardziej elektrododatniego (katoda)
- Jeżeli powierzchnia anody jest mniejsza, będzie następowało rozpuszczanie metalu



Szereg napięciowy metali w płynącej wodzie morskiej.



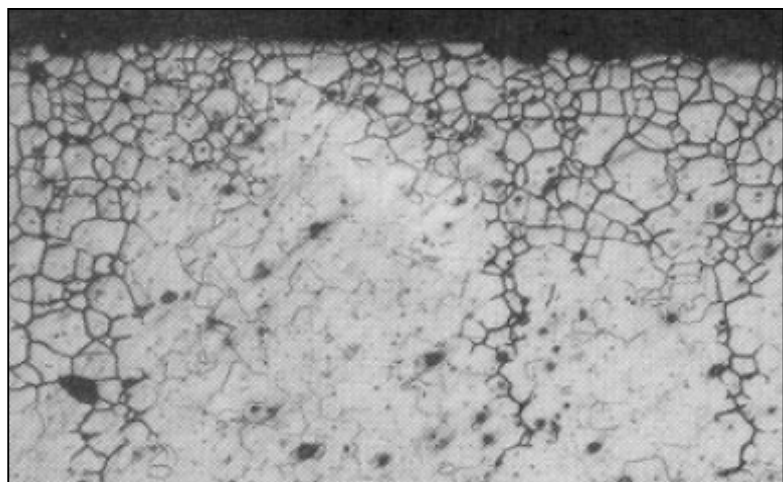
Podstawowe zasady jak zapobiegać korozji galwanicznej

- Unikać łączenia ze sobą różnych materiałów metalowych
- Gdy występuje kontakt między różnymi metalami, materiał mniej szlachetny (anoda) powinien mieć większą powierzchnię niż materiał bardziej szlachetny (katoda), przykłady:
 - można stosować nierdzewne elementy złączne do łączenia aluminium (ale nigdy nie stosować aluminiowych elementów złącznych do łączenia stali nierdzewnej),
 - tak samo podczas łączenia stali nierdzewnych ze stalą węglową.

W betonie (o wysokim pH) zanieczyszczonym przez chlorki, pręty zbrojeniowe ze stali nierdzewnej NIE ZWIĘKSZAJĄ ZNACZĄCO szybkości korozji prętów zbrojeniowych ze stali węglowej przez połączenie galwaniczne tych materiałów. www.stainlesssteelrebar.org

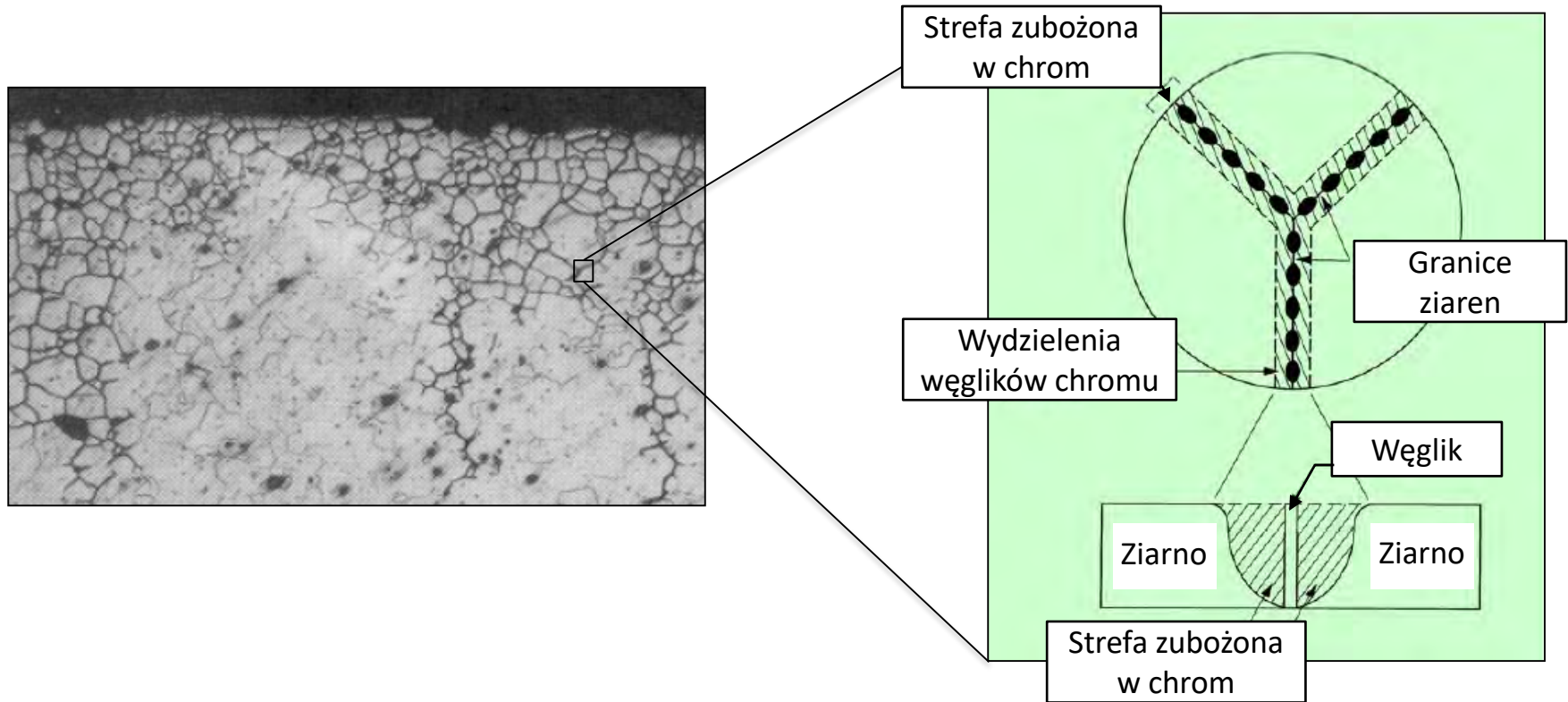
e) Co to jest korozja międzykrystaliczna¹?

Korozja międzykrystaliczna jest wynikiem wydzielenia się na granicach ziaren węglików chromu typu $(Fe,Cr)_{23}C_6$, co powoduje w tych miejscach obniżenie stężenia chromu i pogorszenie stabilności warstwy pasywnej.



Na zdjęciach próbka ze stali nierdzewnej polerowana i następnie wytrawiana w silnym kwasie. Sieć czarnych linii odpowiada silnemu wytrawieniu próbki na granicach ziaren, które wykazują dużo niższą odporność korozyjną niż same ziarna.

Schemat wydzielenia węglików chromu i zubożenia granic ziaren w Cr



Kiedy występuje korozja międzykrystaliczna?

- Prawidłowo obrabiane stale nierdzewne nie są podatne na korozję międzykrystaliczną
- Korozja może wystąpić w strefie wpływu ciepła SWC spoin (z każdej strony ściegu spoiny), gdy:
 - stężenie węgla w stali jest wysokie,
 - stal nie jest stabilizowana przez dodatki Ti, Nb, Zr*, które wiążą węgiel w osnowie, przez co nie jest on dostępny do tworzenia węglików na granicach ziaren

*Z tego względu gatunki z dodatkiem pierwiastków stopowych: Ti i/lub Nb i/lub Zr, są nazywane gatunkami „stabilizowanymi”



Korozja spoiny

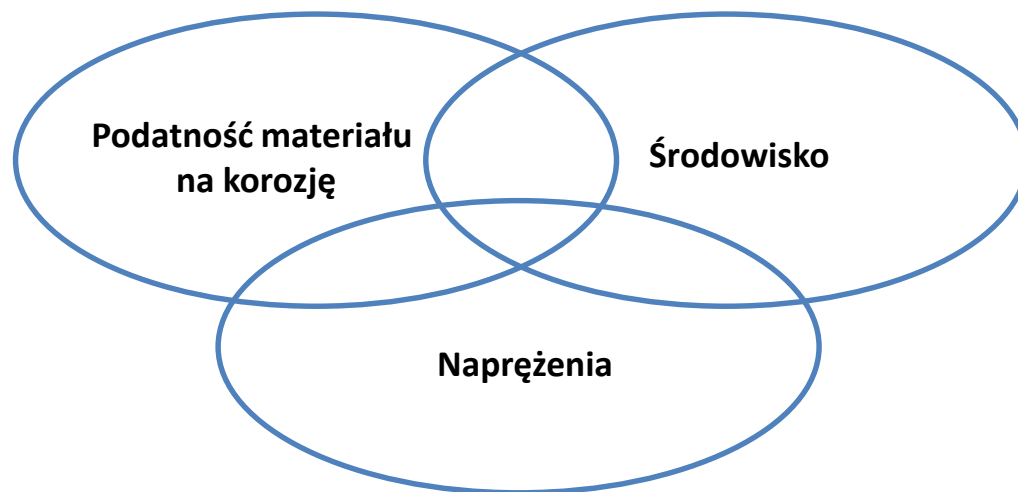
[Aby znaleźć więcej informacji dotyczących spawania oraz innych metod łączenia, prosimy przejść do Modułu 09](#)

Zapobieganie korozji międzykrystalicznej

- Stosować gatunki niskowęglowe, stężenie węgla poniżej 0,03% dla stali austenitycznych
- Stosować gatunki stabilizowane stali ferrytycznych i austenitycznych
- Dla stali austenitycznych można wykonać obróbkę cieplną: przesycanie (w 1050°C wszystkie węgliki zostają rozpuszczone) z kolejnym szybkim chłodzeniem. Zwykle niewykonalna dla elementów architektonicznych.

f) Co to jest korozja naprężeniowa¹ (SCC)?

- Nagłe pękanie i zniszczenie elementu bez wstępnego odkształcenia.
- Korozja może wystąpić, gdy:
 - element jest naprężony (przez przyłożenie obciążenia lub przez naprężenia szczątkowe),
 - środowisko jest agresywne korozyjnie (wysokie stężenie chlorków, temperatura powyżej 50°C),
 - stal nierdzewna jest niewystarczająco odporna na korozję naprężeniową.

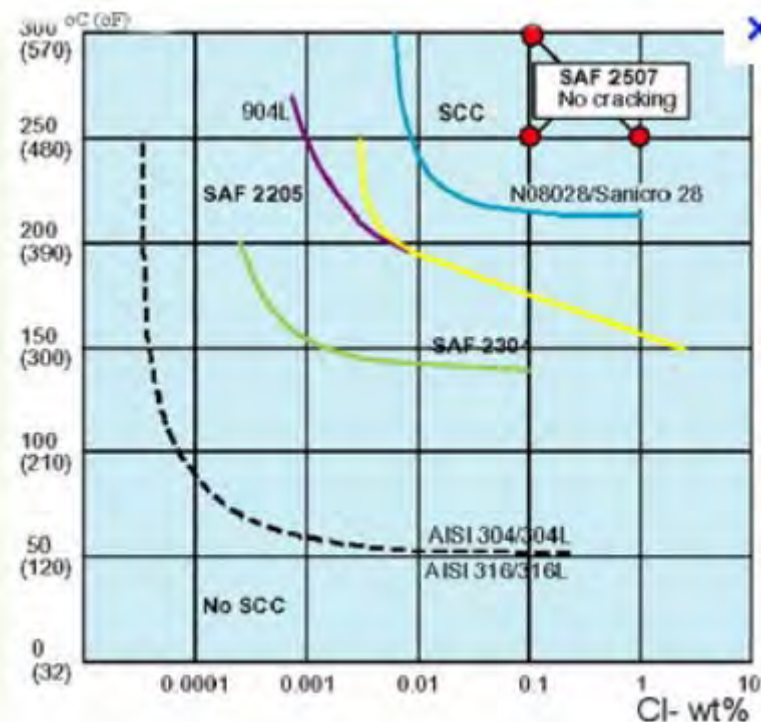


**Stale ferrytyczne i duplex (ferrytyczno-austenityczne)
są odporne na korozję naprężeniową**

Mechanizm korozji naprężeniowej

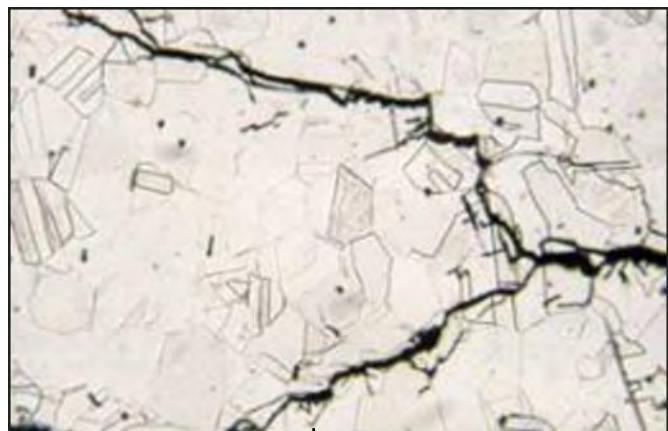
Połączone oddziaływanie warunków środowiskowych (chlorki/wysoka temperatura) oraz naprężeń – zarówno przyłożonych jak i szczątkowych powoduje następującą sekwencję zjawisk:

1. wystąpienie korozji wżerowej,
2. pękanie rozpoczyna się, od miejsc inicjacji wżerów,
3. pękanie rozprzestrzenia się w materiale w sposób transkrystaliczny lub międzykrystaliczny,
4. występuje zniszczenie.



Uwaga: porównaj załącznik z oznaczeniami gatunków wg EN

Zapobieganie korozji naprężeniowej – dwie metody



Korozja naprężeniowa wywołana chlorkami w standardowych austenitycznych stalach nierdzewnych typu 1.4301/304 lub 1.4401/316

+Ni
+Mo

1.4539
1.4547

+Cr

Wybrać stale typu duplex, które wykazują większą stabilność cenową (niskie stężenie niklu)

1.4462
1.4410
1.4501

Wybrać austenityczne stale nierdzewne o wysokim stężeniu Ni i Mo (wyższa odporność korozyjna)

Stale ferrytyczne oraz stale typu duplex są odporne na korozję naprężeniową (ferryty, w przeciwieństwie do austenitów, nie są czułe na tego typu korozję).

Aby uzyskać więcej informacji na temat tych gatunków, prosimy przejść do Modułu 04

4. Jak dobrać stal nierdzewną o odpowiedniej odporności korozyjnej

Dwa różne przypadki:

1. Zastosowania konstrukcyjne ^{10a}
2. Inne zastosowania zewnętrzne ^{10b}

4 – 1 Zastosowania konstrukcyjne

- Normy Eurokod 1-4 podają procedurę doboru właściwego gatunku stali nierdzewnej dla środowiska pracy elementów konstrukcyjnych. (Należy pamiętać, że w chwili obecnej, czyli listopad 2014, opisane zmiany nie zostały jeszcze wprowadzone do normy EN 1993-1-4).

- Procedurę przedstawiono na kolejnych slajdach.

Znajduje ona zastosowanie dla:

- elementów nośnych,
- zastosowań zewnętrznych,
- środowisk eksploatacji bez częstego obmywania wodą morską,
- dla pH między 4 a 10,
- braku ekspozycji na strumień mediów występujących w procesach chemicznych.

Jak działa procedura

1. Środowisko jest oceniane za pomocą współczynnika odporności korozyjnej (CRF) złożonego z 3 składowych ($CRF = F1 + F2 + F3$), gdzie
 - a) F1 określa ryzyko wystawienia na oddziaływanie chlorków pochodzących ze słonej wody lub soli drogowej,
 - b) F2 określa ryzyko wystawienia na oddziaływanie dwutlenku siarki,
 - c) F3 określa wymogi okresowego czyszczenia lub naturalnego zmywania przez deszcz
2. Gatunki stali nierdzewnych podzielono na klasy odporności korozyjnej (CRC) od I do V
3. Tablica klasyfikacji gatunków i środowisk korozyjnych wskazuje dla danego współczynnika CRF odpowiednią klasę odporności korozyjnej CRC gatunku

Na kolejnych 4 slajdach przedstawiono tablice określania składowych współczynnika CRF oraz dopasowania współczynnika CRF środowiska i klasy odporności korozyjnej CRC gatunku

F₁ Ryzyko wystawienia na oddziaływanie chlorków (pochodzących ze słonej wody lub soli drogowej)

Uwaga: M to odległość od morza a S to odległość od dróg, gdzie stosuje się sól drogową

1	Środowisko wewnętrzne budynków - kontrolowane	
0	Niskie ryzyko oddziaływania	M > 10 km lub S > 0,1 km
-3	Średnie ryzyko oddziaływania	1 km < M ≤ 10 km lub 0,01 km < S ≤ 0,1 km
-7	Wysokie ryzyko oddziaływania	0,25 km < M ≤ 1 km lub S ≤ 0,01 km
-10	Bardzo wysokie ryzyko oddziaływania Tunele drogowe, gdzie stosuje się sól drogową lub gdzie pojazdy mogą przewozić sól drogową	
-10	Bardzo wysokie ryzyko oddziaływania Wybrzeża Morza Północnego Niemiec Wszystkie obszary nadbrzeżne morza Bałtyckiego	M ≤ 0,25 km
-15	Bardzo wysokie ryzyko oddziaływania Linia wybrzeża Atlantyku Portugalii, Hiszpanii, Francji, Wybrzeża Wielkiej Brytanii, Francji, Belgii, Holandii, południowej Szwecji Wszystkie inne obszary nadbrzeżne Wielkiej Brytanii, Norwegii, Dani i Irlandii Wybrzeża śródziemnomorskie	M ≤ 0,25 km

F₂ Ryzyko wystawienia na oddziaływanie dwutlenku siarki

Uwaga: Warunki europejskich środowisk przybrzeżnych zwykle wykazują niską zawartość dwutlenku siarki. Dla środowisk wewnątrz lądu zawartość dwutlenku siarki może być zarówno niska jak i średnia. Obszary o wysokiej zawartości dwutlenku siarki są zwykle związane z obszarami silnie uprzemysłowionymi lub specyficznym środowiskiem – np. tunele drogowe. Stężenie dwutlenku siarki może być wyznaczone zgodnie z metodą podaną w normie ISO 9225.

0	Niskie ryzyko oddziaływania	Średnie stężenie <10 µg/m ³
-5	Średnie ryzyko oddziaływania	Średnie stężenie 10 – 90 µg/m ³
-10	Wysokie ryzyko oddziaływania	Średnie stężenie 90 – 250 µg/m ³

F₃ Wymogi okresowego czyszczenia lub naturalnego zmywania przez deszcz

(jeżeli F₁ + F₂ = 0, to F₃ = 0)

0	Całkowicie wystawione na zmywanie przez deszcz
-2	Sprecyzowane wymogi okresowego czyszczenia
-7	Brak zmywania przez deszcz lub brak wymogów okresowego czyszczenia







Tablica doboru stali

Tablica A.2: Określenie klasy odporności korozyjnej CRC	
Współczynnik odporności korozyjnej środowiska (CRF)	Klasa odporności korozyjnej gatunku (CRC)
CRF = 1	I
$0 \geq \text{CRF} > -7$	II
$-7 \geq \text{CRF} > -15$	III
$-15 \geq \text{CRF} \geq -20$	IV
CRF < -20	V

Klasy odporności korozyjnej stali nierdzewnych

Tablica A.3: Gatunki w każdej klasie odporności korozyjnej CRC

	Klasy odporności korozyjnej CRC			
I	II	III	IV	V
1.4003	1.4301	1.4401	1.4439	1.4565
1.4016	1.4307	1.4404	1.4539	1.4529
1.4512	1.4311	1.4435	1.4462	1.4547
	1.4541	1.4571		1.4410
	1.4318	1.4429		1.4501
	1.4306	1.4432		1.4507
	1.4567	1.4578		
	1.4482	1.4662		
		1.4362		
		1.4062		
		1.4162		

	Ferrytyczne		Standardowe austenityczne		Austenityczne molibdenowe
	Lean duplex		Superaustenityczne		Duplex/superduplex

Uwaga: Porównaj załącznik z oznaczeniami gatunków wg EN
Nie ma zastosowania dla basenów pływackich

4 – 2 Inne zastosowania

- Zwykle nie stosuje się żadnych szczegółowych regulacji
- Dobór gatunku musi być adekwatny do oczekiwanej odporności korozyjnej
- Jak to zrobić:
 - Zapytać eksperta
 - Poprosić o pomoc organizację promującą użycie stali nierdzewnych (w Polsce: Stowarzyszenie Stal Nierdzewna)
 - Poszukać udanego przypadku zastosowania stali w podobnym środowisku (zwykle dostępne informacje)

Wskazówki do doboru gatunku dla architektów¹⁰

Uwaga: NIE MAJĄ zastosowania, gdy

- Wygląd zewnętrzny nie ma znaczenia
- Wytrzymałość konstrukcji jest głównym problemem (wtedy korzystać z pkt. 4 – 1)

Jak działa procedura

- Wyznacza się punktację oceniając kryteria
- W zależności od końcowej liczby punktów otrzymuje się zalecane gatunki stali nierdzewnych

Kryteria oceniane podczas procedury doboru (na kolejnych slajdach):

- i. Zanieczyszczenie środowiska
- ii. Oddziaływanie warunków morskich i soli drogowej
- iii. Lokalny charakter klimatu
- iv. Charakterystyka projektu
- v. Harmonogram konserwacji

i. Zanieczyszczenie środowiska

Punkty	
	Wiejskie
0	Brak lub bardzo niskie zanieczyszczenia
	Zanieczyszczenia miejskie (lekki przemysł, spaliny samochodowe)
0	Niskie
2	Umiarkowane
3	Wysokie *
	Zanieczyszczenia przemysłowe (agresywne gazy, tlenki żelaza, chemikalia itd.)
3	Niskie i umiarkowane
4	Wysokie *

* Miejsca o wysokiej korozyjności, skonsultować z ekspertem ds. korozji.

ii. A) Oddziaływanie warunków morskich

Punkty	
	Oddziaływanie stref przybrzeżnych lub morskich
1	Niskie (>1,6 - 16km (1-10 mil) od słonej wody) **
3	Umiarkowane (30m- 1,6km (100 stóp do 1 mili) od słonej wody)
4	Wysokie (<30m (100 stóp) od słonej wody)
5	Morskie (mgła solna lub sporadyczne spryskiwanie) *
8	Surowe morskie (ciągłe spryskiwanie) *
10	Surowe morskie (ciągłe zanurzenie) *

* Miejsca o wysokiej korozyjności, skonsultować z ekspertem ds. korozji

** Zakres ten pokazuje, jak daleko migrują chlorki od dużych zbiorników słonowodnych. Niektóre miejsca tego typu są narażone na występowanie chlorków, a w innych ich brak.

ii. B) Oddziaływanie soli drogowej

Punkty	
	Oddziaływanie soli drogowej (odległość od drogi lub gruntu)
0	Brak soli w próbce pobranej z terenu - brak wpływu
0	Ruch drogowy zbyt niski, aby powodować unoszenie soli z podłoża lub zbyt słaby wiatr, aby przenosić chlorki, na chodnikach nie stosuje się soli
1	Bardzo niskie (≥ 10 m do 1 km (33 do 3280 stóp) lub 3 do 60 piętra) **
2	Niskie (< 10 do 500 m (33 do 1600 stóp) lub 2 do 34 piętra) **
3	Umiarkowane (< 3 do 100 m (10 do 328 stóp) lub 1 do 22 piętra) **
4	Wysokie (< 2 do 50 m (6.5 do 164 stóp) lub 1 do 3 piętra) * **
* Miejsca o wysokiej korozyjności, skonsultować z ekspertem ds. korozji	
** Zakres ten pokazuje, jak daleko migrują chlorki od małych wiejskich i dużych bardzo zatłoczonych dróg. Powierzchniowe stężenie chlorków.	

Uwaga: jeżeli równocześnie występuje oddziaływanie warunków przybrzeżnych i obecność soli drogowej, skonsultować się z ekspertem ds. korozji

iii. Lokalny charakter klimatu

Punkty	
-1	Umiarkowany lub zimny klimat, regularne obfite opady
-1	Ciepły lub zimny klimat o typowej wilgotności poniżej 50%
0	Umiarkowany lub zimny klimat, sporadyczne silne opady deszczu
0	Tropikalny lub podzwrotnikowy, wilgotny, regularne lub sezonowe silne opady deszczu
1	Umiarkowany klimat, rzadkie deszcze, wilgotność ponad 50%
1	Regularne bardzo lekkie deszcze lub częste mgły
2	Ciepły, wilgotność ponad 50%, bardzo słabe lub brak opadów deszczu ***

*** Jeżeli jednocześnie występuje sól lub zanieczyszczenia należy skonsultować z ekspertem ds. korozji

iv. Charakterystyka projektu

Punkty	
0	Powierzchnie swobodnie wystawione na łatwe zmywanie przez deszcz
0	Powierzchnie pionowe z pionowym kierunkiem lub bez wykończenia
-2	Powierzchnie wytrawione, elektropolerowane lub o chropowatości $R_a \leq 0,3 \text{ mm}$ ($12 \mu\text{in}$)
-1	Chropowatość wykończenia powierzchni $R_a 0,3 \mu\text{m}$ ($12 \mu\text{in}$) $< X \leq R_a 0,5 \mu\text{m}$ ($20 \mu\text{in}$)
1	Chropowatość wykończenia powierzchni $R_a 0,5 \mu\text{m}$ ($20 \mu\text{in}$) $< X \leq R_a 1 \mu\text{m}$ ($40 \mu\text{in}$)
2	Chropowatość wykończenia powierzchni $R_a 1 \mu\text{m}$ ($40 \mu\text{in}$)
1	Miejsca osłonięte lub otwarte szczeliny ***
1	Powierzchnie poziome
1	Powierzchnie poziome z kierunkowym wykończeniem

*** Jeżeli jednocześnie występuje sól lub zanieczyszczenia należy skonsultować z ekspertem ds. korozji

Tabela ta pokazuje, że odporność na korozję zależy również od wykończenia powierzchni. Aby uzyskać więcej informacji na temat dostępnych metod wykańczania powierzchni, prosimy przejść do Modułu 08

v. Harmonogram konserwacji

Punkty	
0	Brak czyszczenia
-1	Mycie przynajmniej w sposób naturalny
-2	Czyszczenie cztery lub więcej razy w roku
-3	Czyszczenie przynajmniej co miesiąc

System punktacji doboru stali nierdzewnej

Suma punktów	Zalecane gatunki stali nierdzewnych
0 do 2	Gatunek typu 304/304L jest zwykle najbardziej opłacalny
3	Gatunek typu 316/316L lub 444 jest zwykle najbardziej opłacalny
4	Zalecany gatunek 317L lub o wyższej odporności korozyjnej
≥ 5	Wymagane gatunki o wyższej odporności korozyjnej takie jak: 4462, 317LMN, 904L, superduplex, superferrytyczne lub superaustenityczne z 6% Mo.

Uwaga: Porównaj załącznik z oznaczeniami gatunków wg EN

Dobór odpowiednich gatunków stali nierdzewnych pozwala na zachowanie niskiego kosztu życia produktu. Wpływa też na zdecydowane ograniczenie kosztów związanych z utrzymaniem i modernizacją danej konstrukcji. Więcej informacji na ten temat można znaleźć w Module 11.

Wnioski

- Prawidłowy dobór odpowiedniego gatunku stali nierdzewnej dla danej aplikacji i środowiska wymaga szczególnej uwagi.
- Gdy to nastąpi, stal nierdzewna zapewni nieograniczony czas użytkowania bez konserwacji.

[W Module 2 znaleźć można opis wielu przykładów zastosowania stali nierdzewnych w różnych miejscach na świecie.](#)

5. Źródła

1. Korozja. Kurs zaawansowany. Proszę zwrócić uwagę na rozdział 7 (Korozja galwaniczna), 8 (Korozja międzykrystaliczna), 11 (Korozja szczelinowa) 12 (Korozja wżerowa) 14 (Korozja naprężeniowa) and 15 (Korozja naprężeniowa stali nierdzewnych)
Źródło oryginalne: <http://corrosion.kaist.ac.kr> Dostępne pod tym linkiem:
http://www.worldstainless.org/Files/issf/Education_references/Zrefs_on_corrosion.zip
2. Podstawowe wiadomości na temat korozji <http://corrosion-doctors.org/Corrosion-History/Course.htm#Scope>
3. Korozja. Kurs online http://www.corrosionclinic.com/corrosion_online_lectures/ME303L10.HTM#top
4. Informacje na temat testów elektrochemicznych <http://mee-inc.com/esca.html>
5. Ugitech: private communication
6. Strona BSSA (British Stainless Steel Association) „Obliczanie wskaźnika odporności na korozję wżerową (PREN)”
<http://www.bssa.org.uk/topics.php?article=111>
7. O korozji wżerowej
8. https://kb.osu.edu/dspace/bitstream/handle/1811/45442/FrankelG_JournalElectrochemicalSociety_1998_v145n6_p2186-2198.pdf?sequence=1
9. [http://www.imoa.info/download_files/stainless-steel/Duplex Stainless Steel 3rd Edition.pdf](http://www.imoa.info/download_files/stainless-steel/Duplex%20Stainless%20Steel%203rd%20Edition.pdf)
10. <http://www.imoa.info/molybdenum-uses/molybdenum-grade-stainless-steels/steel-grades.php>
11. [http://www.imoa.info/download_files/stainless-steel/IMOA_Houska-Selecting Stainless Steel for Optimum Performance.pdf](http://www.imoa.info/download_files/stainless-steel/IMOA_Houska-Selecting_Stainless_Steel_for_Optimum_Performance.pdf)
12. http://en.wikipedia.org/wiki/Galvanic_corrosion
13. <http://www.bssa.org.uk/topics.php?article=668>
14. http://www.stainless-steel-world.net/pdf/SSW_0812_duplex.pdf
15. <http://www.outokumpu.com/en/stainless-steel/grades/duplex/Pages/default.aspx>
16. [http://www.aperam.com/uploads/stainlesseurope/TechnicalPublications/Duplex Maastricht EN-22p-7064Ko.pdf](http://www.aperam.com/uploads/stainlesseurope/TechnicalPublications/Duplex_Maastricht_EN-22p-7064Ko.pdf)
17. <http://www.bssa.org.uk/topics.php?article=606>
18. a) 通用不锈钢板材EN 10088-2的化学组成: <http://www.bssa.org.uk/topics.php?article=44> b) 通用不锈钢长材EN 10088-3的化学成分: <http://www.bssa.org.uk/topics.php?article=46>

Załącznik: Oznaczenia¹⁷

Oznaczenie EN		Alternatywne oznaczenia			
Znak stali	Numer stali	AISI	UNS	Inne US	Ogólne/ handlowe
Ferrytyczne stale nierdzewne – gatunki standardowe					
X2CrNi12	1.4003		S40977		3CR12
X2CrTi12	1.4512	409	S40900		
X6CrNiTi12	1.4516				
X6Cr13	1.4000	410S	S41008		
X6CrAl13	1.4002	405	S40500		
X6Cr17	1.4016	430	S43000		
X3CrTi17	1.4510	439	S43035		
X3CrNb17	1.4511	430N			
X6CrMo17-1	1.4113	434	S43400		
X2CrMoTi18-2	1.4521	444	S44400		
Martensytyczne stale nierdzewne – gatunki standardowe					
X12Cr13	1.4006	410	S41000		
X20Cr13	1.4021	420	S42000		
X30Cr13	1.4028	420	S42000		
X3CrNiMo13-4	1.4313		S41500	F6NM	
X4CrNiMo16-5-1	1.4418				248 SV
Martensytyczne i umacniane wydzieleniowo – gatunki specjalne					
X5CrNiCuNb16-4	1.4542		S17400		17-4 PH

Oznaczenie EN		Alternatywne oznaczenia			
Znak stali	Numer stali	AISI	UNS	Inne US	Ogólne/ handlowe
Austenityczne stale nierdzewne – gatunki standardowe					
X10CrNi18-8	1.4310	301	S30100		
X2CrNi18-9	1.4307	304L	S30403		
X2CrNi19-11	1.4306	304L	S30403		
X2CrNiN18-10	1.4311	304LN	S30453		
X5CrNi18-10	1.4301	304	S30400		
X6CrNiTi18-10	1.4541	321	S32100		
X4CrNi18-12	1.4303	305	S30500		
X2CrNiMo17-12-2	1.4404	316L	S31603		
X2CrNiMoN17-11-2	1.4406	316LN	S31653		
X5CrNiMo17-12-2	1.4401	316	S31600		
X6CrNiMoTi17-12-2	1.4571	316Ti	S31635		
X2CrNiMo17-12-3	1.4432	316L	S31603		
X2CrNiMo18-14-3	1.4435	316L	S31603		
X2CrNiMoN17-13-5	1.4439	317L			
X1NiCrMoCu25-20-5	1.4539		N08904		904L
Austenityczno-ferrytyczne stale nierdzewne – gatunki standardowe					
X2CrNiN22-2	1.4062		S32202		DX 2202
X2CrMnNiMoN21-5-3	1.4482		S32001		
X2CrMnNiN21-5-1	1.4162		S32101		2101 LDX
X2CrNiN23-4	1.4362		S32304		2304
X2CrNiMoN12-5-3	1.4462		S31803/ S32205	F51	2205

Uwaga: Tablica ma formę uproszczoną. Dla innych gatunków porównaj literatura 17.

Dziękuję za uwagę

Prezentacja dla wykładowców
architektury i budownictwa

Rozdział 06

Własności mechaniczne

Uwaga:

Rozdział ten poświęcony jest zastosowaniom innym niż konstrukcyjne (zastosowania konstrukcyjne opisano w rozdziale 7)

Zastosowania inne niż konstrukcyjne
zwykle nie wymagają wysokiej wytrzymałości.
Wybór materiału determinuje zoptymalizowany zestaw
właściwości

Wytrzymałość

Podatność na
skrawanie

Wykończenie
powierzchni

Odpowiednia
odporność
korozyjna

Podatność na
kształtowanie

Koszt

Spawalność

Własności mechaniczne:

1. Umowna granica plastyczności $R_{p0,2}$ (MPa)
2. Wytrzymałość na rozciąganie R_m (MPa)
3. Wydłużenie (%)
4. Moduł Younga (MPa)
5. Udarność
6. Odporność ogniowa
7. Wytrzymałość na pełzanie
8. Wytrzymałość zmęczeniowa
9. Własności w temperaturze kriogenicznej
10. Własności w wysokiej temperaturze

W architekturze i budownictwie najbardziej istotne są własności 1-6

Normy

Własności mechaniczne stali nierdzewnych są dobrze znane, a ich wartości minimalne gwarantowane przez międzynarodowe normy.

- Główne normy:
 - ISO
 - ASTM/AISI
 - EN
 - JS
 - inne
- Stosowane dla wszystkich gatunków i produktów:
 - blach cienkich,
 - blach grubych,
 - prętów,
 - rur,
 - odkuwek,
 - odlewów,
 - elementów złącznych,
 - drutów,
 - materiałów spawalniczych,
 - itd...

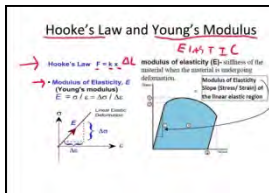
Własności mechaniczne: podstawowe informacje

Statyczna próba rozciągania i próba udarności:

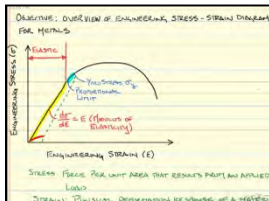
Proszę obejrzeć materiały wideo!



<http://www.youtube.com/watch?v=67fSwljYJ-E>



<http://www.youtube.com/watch?v=b6UIsANNlO>



<http://www.youtube.com/watch?v=t9eB0PKYAt8>



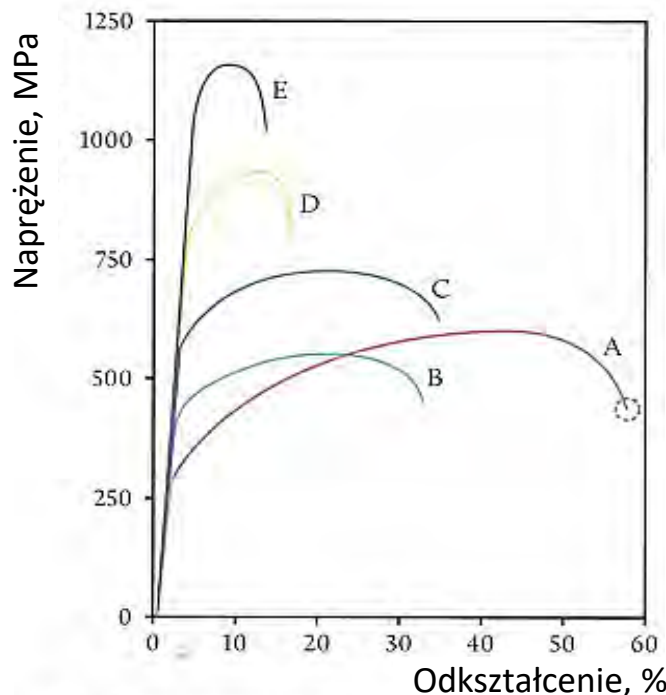
<http://www.youtube.com/watch?v=tpGhqQvftAo>

Więcej informacji nt. własności mechanicznych i zależności naprężenie-odkształcenie można znaleźć na stronie: http://www.engineeringarchives.com/les_mom_truестresstruestrainengstressengstrain.html

a także innych podstronach tej witryny internetowej.
poz. lit. 1,2.

Typowa krzywa rozciągania (naprężenie-odkształcenie) stali nierdzewnych

Porównanie wyników statycznej próby rozciągania różnych typów stali nierdzewnych



A: Austenityczne, np. 1.4301, 1.4307, 1.4404,

B: Ferrytyczne, np. 1.4016, 1.4509, 1.4521,

C: Ferrytyczno-austenityczne (duplex), np. 1.4462,

D: Umacniane wydzieleniowo, np. 1.4542

E: Martenzytyczne, np. 1.4057, 1.4109, 1.4034.

Stale nierdzewne prezentują szeroki zakres dostępnych własności

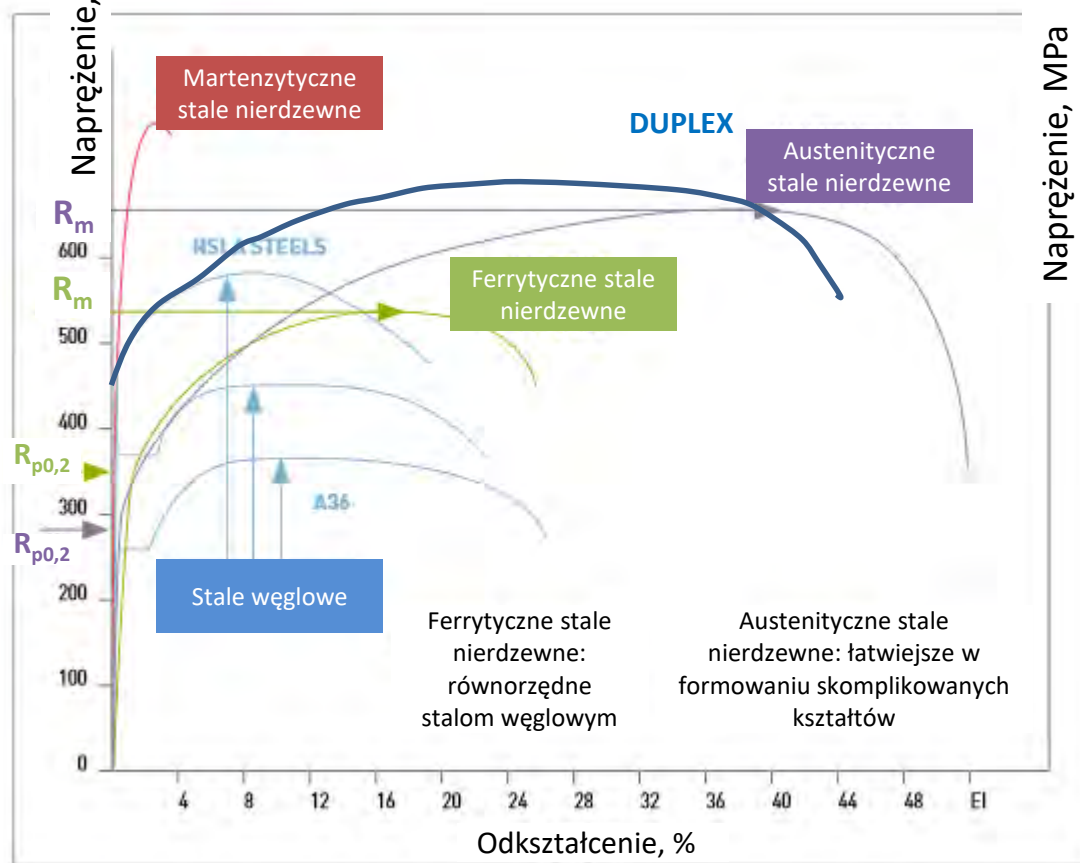
od

- dużej wytrzymałości i małego wydłużenia

do

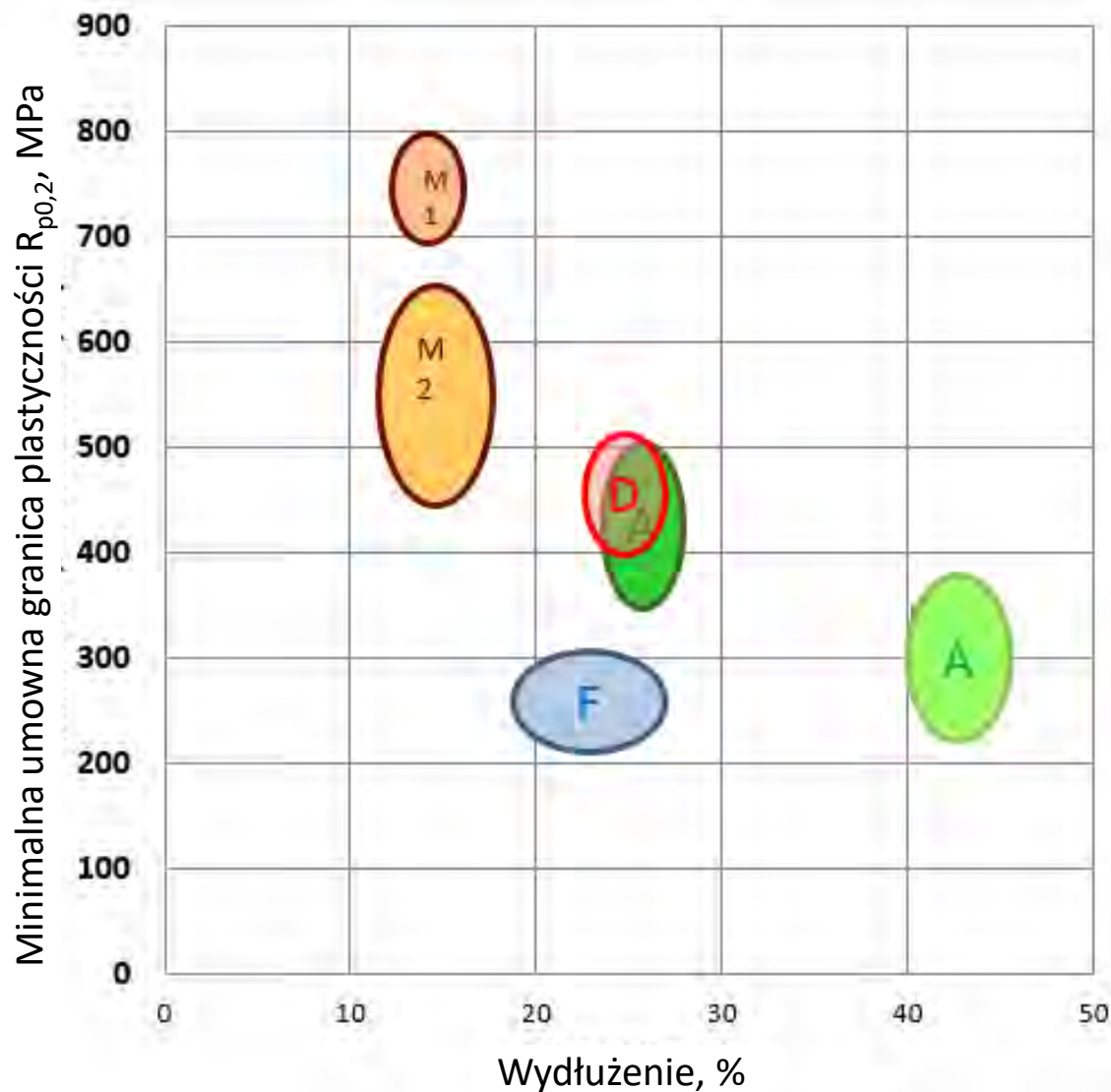
- małej wytrzymałości i bardzo dużego wydłużenia

Porównanie stali nierdzewnych i stali węglowych



Stale nierdzewne pod względem poziomu wytrzymałości pokrywają się ze stalą węglową

Właściwości mechaniczne stali nierdzewnych³⁻⁷



M: Martenzytyczne*

M1 gatunki C-Cr-Ni

M2 gatunki C-Cr

D: Duplex**

F: Ferrytyczne**

A: Austenityczne**

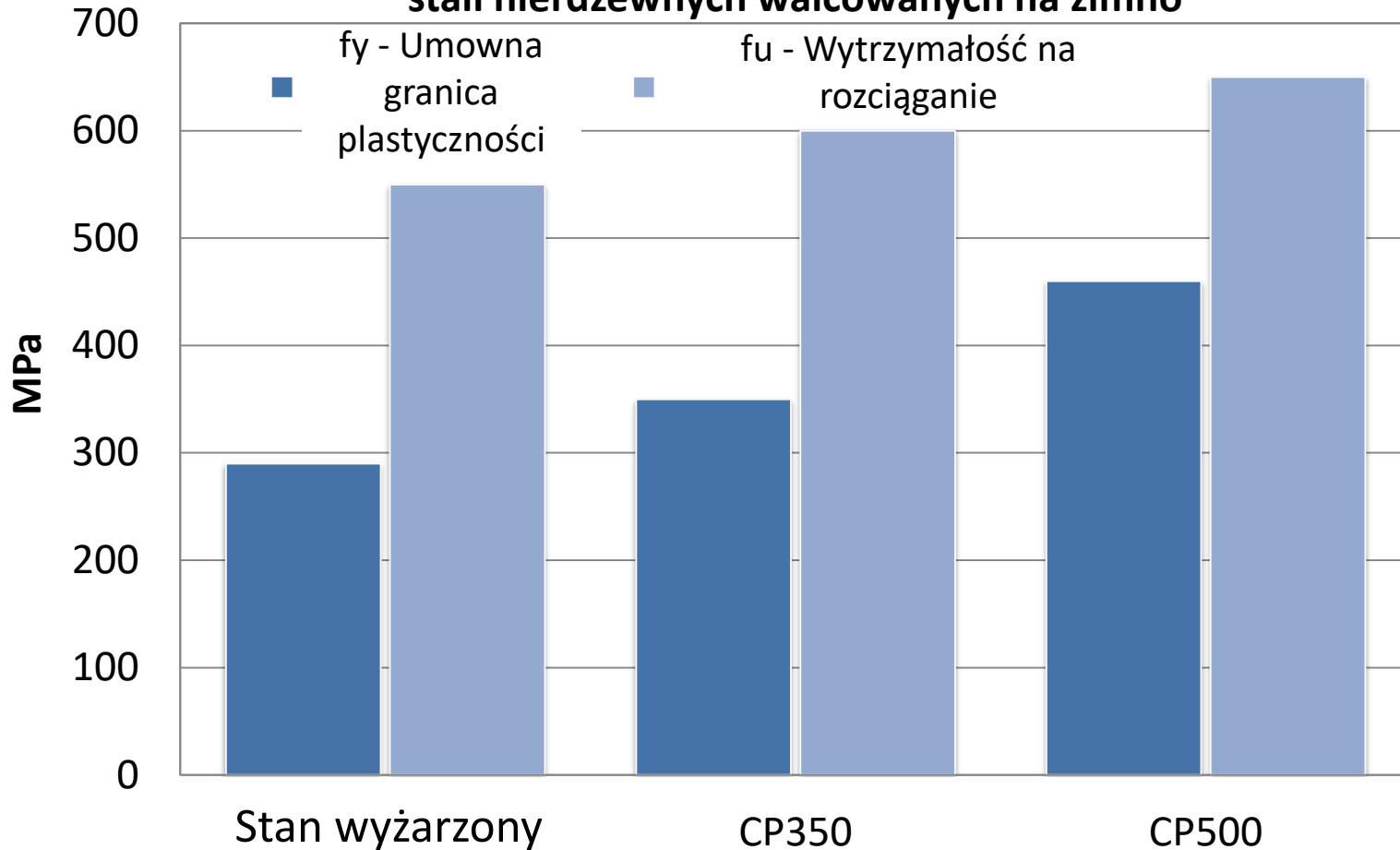
A: Austenityczne***

* EN 10088-3,
(po obróbce cieplnej)

** EN 10088-2
(ferrytyczne wyżarzone,
austenityczne przesycone)

*** EN 10088-2
(umacniane przez zgniot)

Minimalna wytrzymałość (MPa) austenitycznych stali nierdzewnych walcowanych na zimno

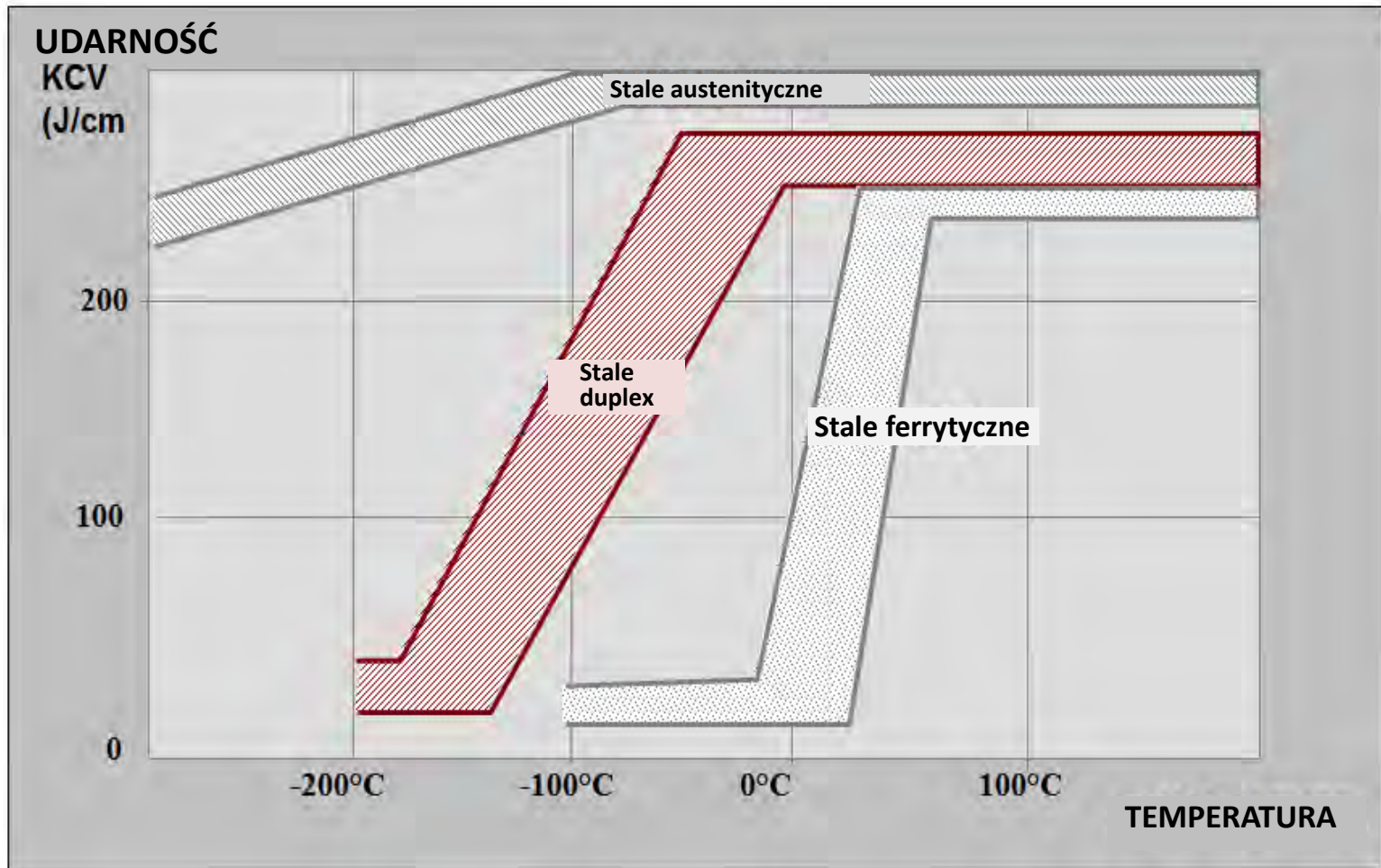


Wzrost wytrzymałości na rozciąganie w wyniku obróbki plastycznej na zimno ⁷

Gatunki stali nierdzewnych walcowane na zimno do wysokiej wytrzymałości zapewniają bardzo duży potencjał w różnych zastosowaniach.

Dla zastosowań konstrukcyjnych porównaj rozdział 7.

Wiele danych eksperymentalnych dostępnych jest w literaturze 8.



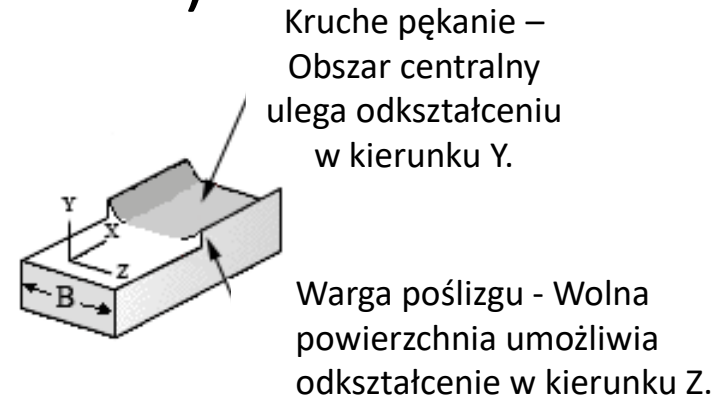
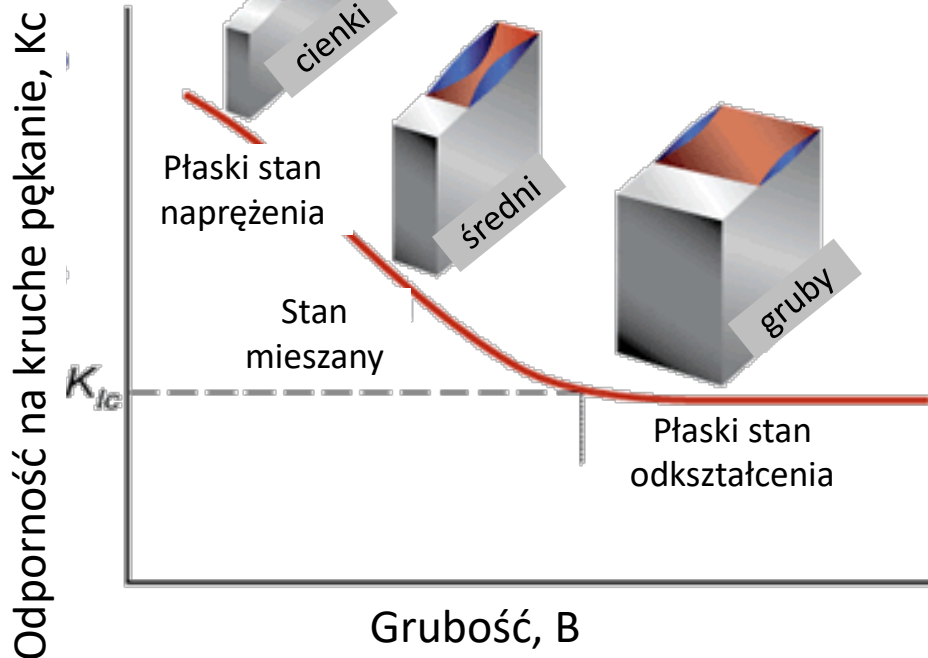
Udarność stali nierdzewnych (określona metodą Charpy'ego) ⁸

Uwaga: Podane krzywe obowiązują dla produktów grubych (prętów lub blach grubych).
Produkty cienkie wykazują wyższą udarność.

Z tego względu gatunki ferrytyczne mogą być stosowane do celów budowlanych w postaci arkuszy blach, ale nie blach grubych lub prętów.

Mechanika pękania

Wpływ grubości na odporność na kruche pękanie (poz. lit. 9, Rysunek 5)



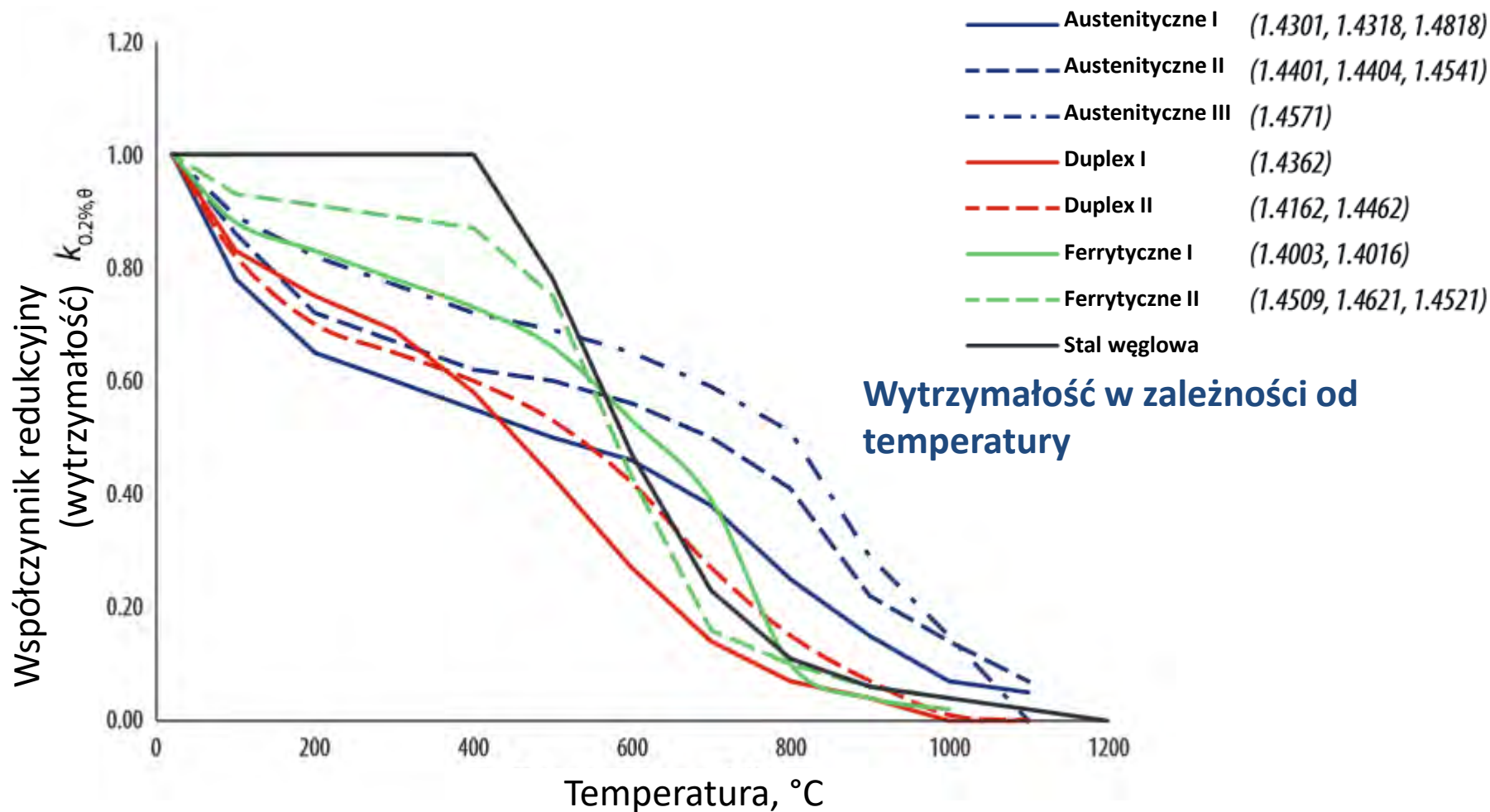
Cienki przekrój
Dominuje przetóm ciągliwy z powodu dwuosiowego stanu naprężeń.

~
Wargi poślizgu zajmują większą część grubości.

Gruby przekrój
Dominuje przetóm kruchy z powodu trójosiowego stanu naprężeń.

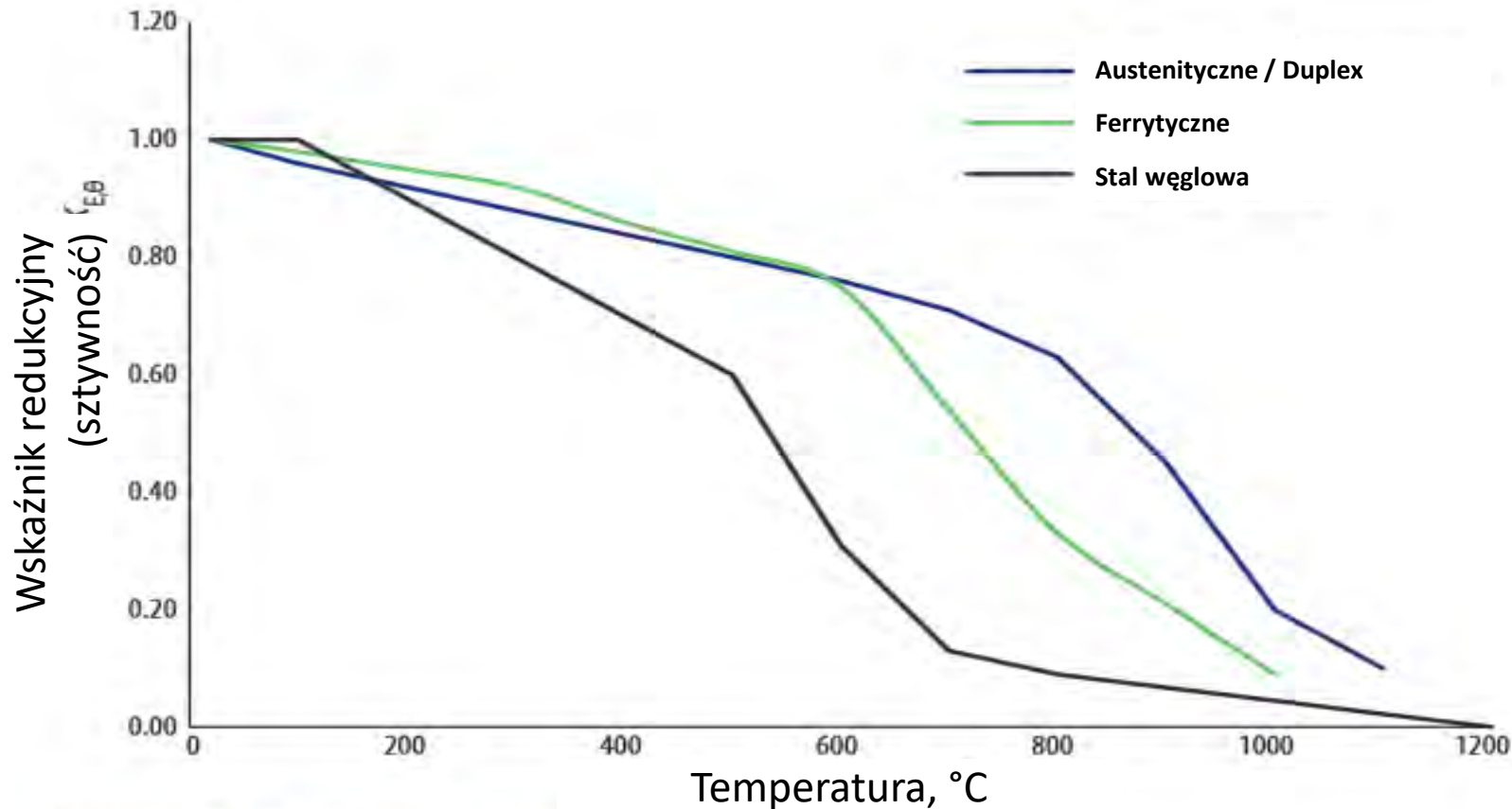
~
Wargi poślizgu zajmują niewielką część grubości.

Odporność ogniowa⁹⁻¹⁰



Stale nierdzewne zdecydowanie lepiej zachowują wytrzymałość w temperaturze powyżej 500°C niż stale węglowe.

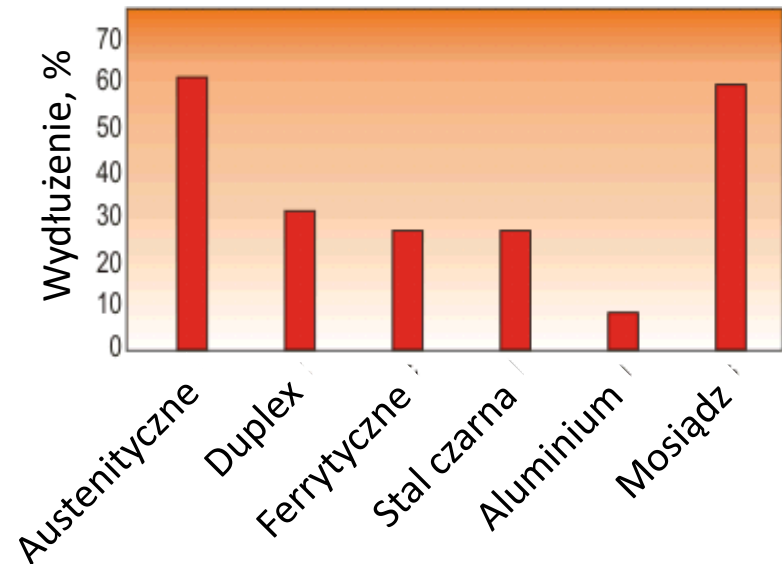
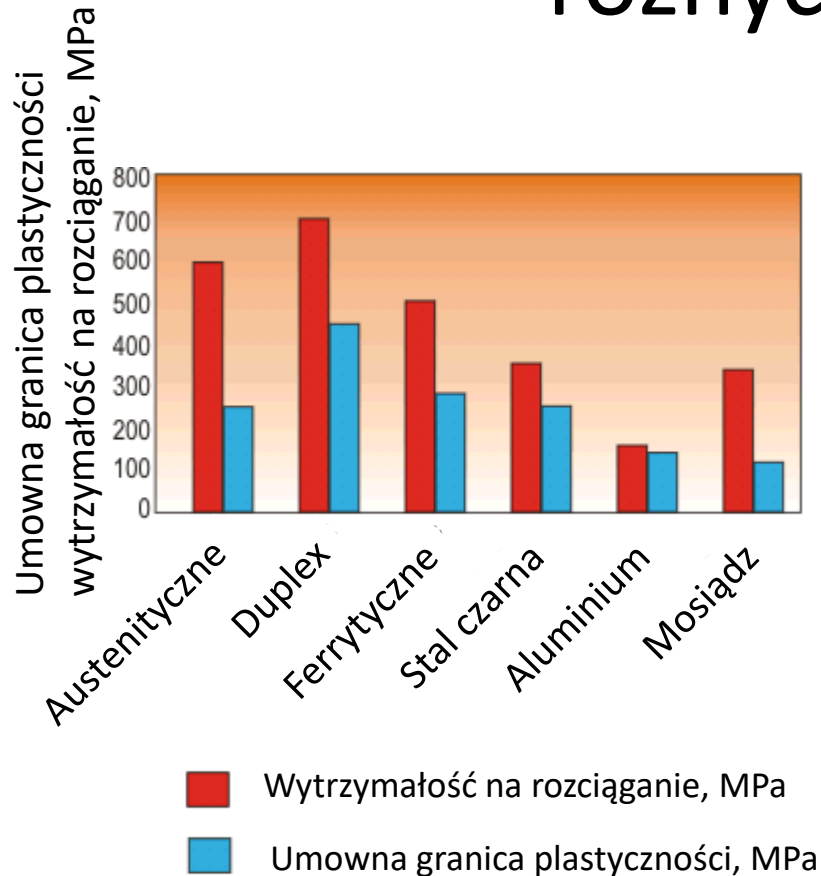
Odporność ogniowa⁹⁻¹⁰



Sztywność w zależności od temperatury

Stale nierdzewne zdecydowanie lepiej zachowują sztywność w temperaturze powyżej 300°C niż stale węglowe.

Porównanie własności mechanicznych różnych stopów



Stale nierdzewne wykazują wyższe własności wytrzymałościowe niż stale węglowe, aluminium i mosiądz. Gatunki duplex wykazują bardzo korzystny stosunek wytrzymałości do plastyczności.

Źródła

1. http://www.engineeringtoolbox.com/young-modulus-d_417.html
2. https://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/ISSF_Martensitic_Stainless_Steels.pdf
3. http://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/ISSF_The_Ferritic_Solution_English.pdf
4. http://www.imoa.info/download_files/stainless-steel/Duplex_Stainless_Steel_3rd_Edition.pdf
5. https://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/Euro_Inox/Tables_TechnicalProperties_EN.pdf
6. <http://www.steel-stainless.org/designmanual>
7. <http://bookshop.europa.eu/en/structural-design-of-cold-worked-austenitic-stainless-steel-pbKINA21975/?CatalogCategoryID=w2wKABst3XAAAAEjfJEY4e5L>
8. Source of the graph: Ugitech (<http://www.ugitech.com/>)
9. <http://www.steel-stainless.org/media/1187/safss-01-04.pdf>
10. Source: « Stainless steels in Fire » European Union report EUR 23745 EN, 2009 (<http://bookshop.europa.eu/en/stainless-steel-in-fire-pbKINA23745/?CatalogCategoryID=w2wKABst3XAAAAEjfJEY4e5L>)
11. <https://www.imoa.info/molybdenum-uses/molybdenum-grade-stainless-steels/duplex-stainless-steel.php>
12. <http://www.bssa.org.uk/topics.php?article=111>

Dziękuję za uwagę

Prezentacja dla wykładowców
architektury i budownictwa

Rozdział 07A:

**Zastosowania konstrukcyjne
prętów zbrojeniowych ze stali
nierdzewnej**

stainlesssteelrebar.org

Niewłaściwy dobór materiału
może prowadzić do poważnych
problemów





Korozja wężła autostradowego Turcota w Montrealu^{1,2}

- Kluczowy węzeł autostradowy między Decarie (północ-południe) i Ville Marie (wschód-zachód) wybudowany w 1966.
- Ponad 300 000 samochodów dziennie.
- Zbudowany z żelbetonu, obecnie intensywnie skorodowany przez sól drogową.

Będzie musiał być wymieniony

- Pomimo stałego nadzoru i napraw, część elementów będzie musiała być usunięta lub częściowo zastąpiona.
 - ✓ Szacowany koszt do tej pory to 3 miliardy CAN \$.
 - ✓ Ponadto należy wydać 254 miliony CAN \$ w celu zapewnienia bezpieczeństwa, aż do jego wymiany w 2018 roku.
- Czas życia konstrukcji będzie przewidziany tylko na 50 lat!

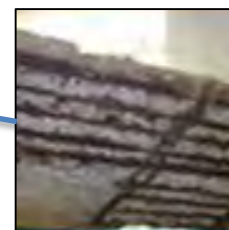
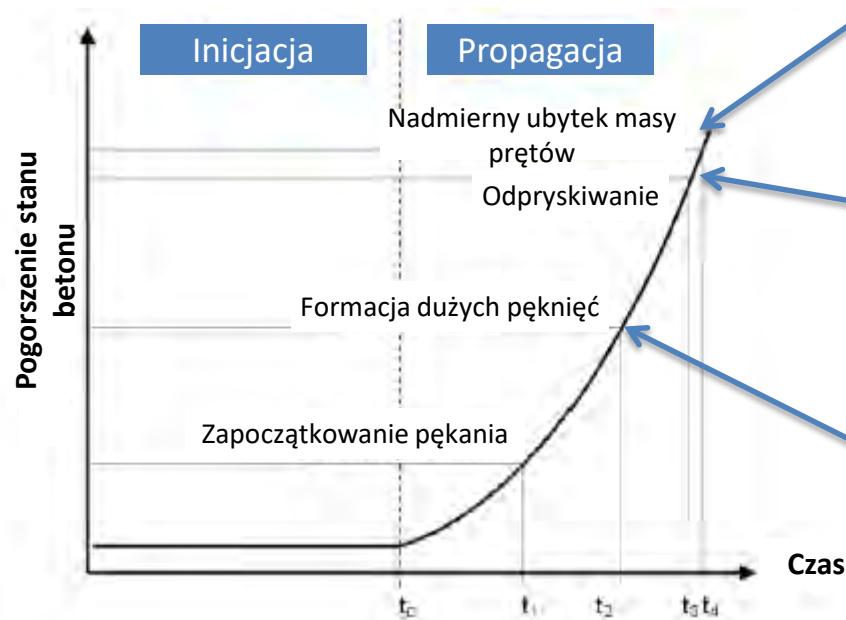


Jak beton zbrojony może zostać
zniszczony przez korozję

Dyfuzja korozyjnych jonów (zwykle chlorków) do betonu:

Etapy³:

1. Gdy jony korozyjne dotrą do prętów zbrojeniowych ze stali czarnej (t_0), rozpoczyna się korozja
2. Produkty korozji, które zajmują większą objętość niż stal wywierają nacisk w kierunku zewnętrznym
3. Następuje pękanie betonu (t_1), co stwarza łatwy dostęp do dalszego wnikania chlorków
4. Otulina betonowa pęka (odpryskuje) (t_3), co odsłania pręty zbrojenia
5. Jeżeli niekontrolowana korozja trwa do momentu, gdy pręty zbrojenia nie mogą już przenosić występujących naprężeń rozciągających dochodzi do zawalenia się konstrukcji (t_4)



Pęknięcia w betonie przyspieszają korozję

Beton często wykazuje pęknięcia, przez które do stali szybko docierają jony korozyjne.

W tabeli podano niektóre przyczyny powstawania pęknięć (lit. 4).

Należy pamiętać, że pęknięcia nie powstają natychmiast oraz występują w ukrytych przestrzeniach, gdzie nie mogą być naprawione.

Typ pęknięcia	Postać pęknięć	Główna przyczyna	Czas do wystąpienia
Plastyczne osiadanie	Powyżej i wzdłuż stalowego zbrojenia	Osiadanie wokół prętów zbrojeniowych; nadmiar wody w mieszance	10 minut do trzech godzin
Skurcz plastyczny	Ukośnie i losowo	Nadmierne początkowe parowanie	30 minut do sześciu godzin
Rozszerzanie i kurczenie pod wpływem ciepła	Poprzecznie (np. w poprzek nawierzchni)	Nadmierne wydzielanie ciepła lub gradient temperatury	Jeden dzień do dwóch lub trzech tygodni
Skurcz podczas wysychania	Poprzecznie lub wzorzyście	Nadmiar wody w mieszance; niewłaściwe umiejscowienie połączeń; połączenia zbyt rozstawione	Od tygodnia do miesięcy
Zamrażanie i rozmrażanie	Równoległe do powierzchni betonu	Nieodpowiednie napowietrzenie; nietrwale gruboziarniste kruszywo	Po jednej lub kilku zimach
Korozja zbrojenia	Powyżej zbrojenia	Niedostateczna pokrywa betonowa; wnikanie wilgoci lub chlorków	Ponad dwa lata
Reakcja zasadowego kruszywa	Wzorzyście; równoległe do połączeń lub krawędzi	Reaktywne kruszywo oraz wilgoć	Typowo po pięciu latach, ale może wystąpić o wiele szybciej pod wpływem wysoce reaktywnego kruszywa
Atak siarczanów	Wzorzyście	Zewnętrzne lub wewnętrzne siarczany promujące tworzenie ettringitu	Od roku do pięciu lat

Obecnie ważniejsze obiekty
inżynierii lądowej muszą trwać
ponad 100 lat

Most Haynes Inlet Slough, Oregon, USA 2004^{7,8}

Niezwykły most z przęsłami łukowo-przegubowymi, gdzie konstrukcja pomostu wzmocniana jest 400 tonami prętów zbrojeniowych ze stali nierdzewnej.

Oczekuje się, że 230 metrowa konstrukcja nad Haynes Inlet Slough będzie trwać 120 lat bez konieczności konserwacji.

Pomimo, że koszt stali nierdzewnej jest dużo wyższy niż średni koszt stali czarnej to koszty cyklu życia mostu zostaną znacznie zmniejszone przez użycie stali nierdzewnej.





Most Hong Kong- Zhuhai- Macau⁹

(budowę rozpoczęto w 2009 a ma być zakończona w 2018)

Prestiżowe przedsięwzięcie budowy mostu między Hong Kong-Zhuhai-Makau jest jednym z największych na świecie projektów mostów. Wymagany czas eksploatacji bez konserwacji wynosi 120 lat. Z tego względu do zbrojenia konstrukcji w jej krytycznych obszarach, głównie strefach ciągłego spryskiwania przez wodę, zastosowano pręty zbrojeniowe ze stali nierdzewnej. Ostatecznie do budowy mostu zostanie użytych 15 tysięcy ton stali nierdzewnej.



Most Broadmeadow, Dublin, Irlandia (2003)¹⁰

Nowa konstrukcja zbudowana na ujściu rzeki przy użyciu 105 ton zbrojenia ze stali nierdzewnej w kolumnach i barierach.



Widok z lotu ptaka

Pęknięcia na pomoście i ścianach wymagały naprawy



Naprawa wału morskiego Bayonne, Francja

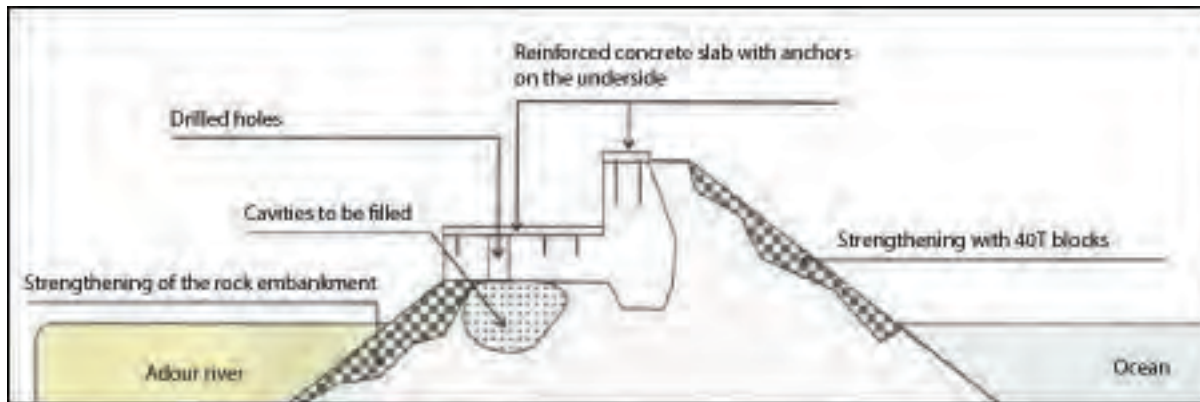
Wał morski wybudowano w 1960 r. w celu ochrony wejścia do portu.

Konstrukcja od strony oceanu jest wyższa i zabezpieczona przez 40 tonowe bloki, które muszą być wymienione z powodu zniszczenia przez sztorm.

Konstrukcja od strony rzeki jest szeroka na 7 m i umożliwia ciężkim dźwigom przenoszenie bloków.



Przekrój przez konstrukcję falochronu



Naprawa wału morskiego Bayonne, Francja

Pomost i falochron zostały wzmocnione przez stal nierdzewną typu lean duplex (EN 1.4362)¹¹

Falochron w trakcie naprawy



Początek 2014, sztorm w zatoce





Most: Stonecutters Bridge w Hong Kongu^{12,13}

Drugi na świecie pod względem długości most podwieszany z głównym przęsłem długości 1018 m. Kolumny mostu mają wysokość 298 m i są zbrojone prętami ze stali nierdzewnej o masie 1600 ton w obszarze przęsła oraz nierdzewnym zbrojeniem o masie 2800 ton w podstawie mostu.



Mast Belt Parkway, Brooklyn, USA (2004)¹⁴

Konstrukcja mostu i bariery ochronne zostały wzmocnione zbrojeniem ze stali nierdzewnej typu duplex 2205 dla zapewnienia długoterminowej (100 lat) trwałości i odporności korozyjnej na oddziaływanie środowiska morskiego i soli drogowej.

Kiedy należy brać pod uwagę zastosowanie prętów zbrojeniowych ze stali nierdzewnej¹⁵⁻²⁰:

W środowisku korozyjnym:

- Woda morską, zwłaszcza w gorącym klimacie
 - Mosty
 - Mola
 - Doki
 - Kotwy słupów oświetleniowych, balustrady,....
 - Falochrony
 -
- Sól drogowa
 - Mosty
 - Wiadukty drogowe i węzły drogowe
 - Parkingi kryte
- Zbiorniki uzdatniania wody ściekowej
- Instalacje odsalania wody
- Konstrukcje o bardzo długim okresie eksploatacji
 - Naprawa konstrukcji zabytkowych
 - Miejsca składowania odpadów jądrowych
- W nieznanym środowiskach, w których
 - niemożliwa jest okresowa inspekcja
 - naprawy są praktycznie niemożliwe lub bardzo kosztowne

Porównanie prętów zbrojeniowych ze stali nierdzewnej z innymi rozwiązaniami ¹⁵⁻²⁰

	Zalety	Wady
Powłoki epoksydowe	Niskie koszty początkowe	<ul style="list-style-type: none"> Brak możliwości gięcia bez powstawania pęknięć Podczas instalacji wymagana ostrożna obsługa, aby nie uszkodzić
Galwanizacja	Niskie koszty początkowe	<ul style="list-style-type: none"> Brak możliwości gięcia bez powstawania pęknięć Powłoki Zn korodują szybciej niż żelazo, gdy cynk skoroduje nie są już efektywne
Polimery wzmacniane włóknami	Niskie koszty początkowe	<ul style="list-style-type: none"> Brak możliwości gięcia bez powstawania pęknięć Brak odporności na wysoką temperaturę i słaba uderzalność w zimnym klimacie Niższa sztywność niż stali Nie nadają się do recyklingu
STAL NIERDZEWNA	Koszty cyklu życia produktu: <ul style="list-style-type: none"> Projektowanie tak jak dla stali czarnych Zbrojenia mieszane ze stali węglowej i nierdzewnej dobrze współpracują Łatwa instalacja, niewrażliwe na słabą jakość wykonania Brak konserwacji Czas użytkowania bez ograniczeń Umożliwia zastosowanie cieńszej warstwy betonu Lepsza odporność pożarowa W 100% nadają się do recyklingu 	<ul style="list-style-type: none"> Wyższe koszty początkowe, ale nie więcej jak kilka %, jeżeli <ul style="list-style-type: none"> ✓ stale nierdzewne są zastosowane w obszarach krytycznych lub, ✓ zastosuje się gatunki typu lean duplex

Porównanie prętów zbrojeniowych ze stali nierdzewnej z innymi rozwiązaniami ¹⁵⁻²⁰

	Zalety	Wady
Ochrona katodowa	Niskie koszty początkowe? Często stosowana w celu naprawczym	<ul style="list-style-type: none">Wymaga starannego projektowania dla zapewnienia ogólnej ochronyWymaga starannego montażu dla zachowania odpowiednich styków elektrycznychWymaga stałego źródła prądu (musi być monitorowana i konserwowana) lub anody poświęceniowej - wymaga kontroli i wymiany
Membrany / uszczelnienia	Niskie koszty początkowe?	<ul style="list-style-type: none">Wymagają starannego montażu (pęcherze powietrza)Nie mogą być instalowane przy każdej pogodzieZ czasem użytkowania tracą własnościOgraniczone zastosowanie do powierzchni poziomych

Źródła

1. <http://www.lapresse.ca/actualites/montreal/201111/25/01-4471833-echangeur-turcot-254-millions-pour-lentretien-avant-la-demolition.php>
2. <http://www.ledevoir.com/politique/quebec/336978/echangeur-turcot-quebec-confirme-le-mauvais-etat-des-structures>
3. https://www.worldstainless.org/Files/issf/Education_references/Ref07_The_use_of_predictive_models_in_specifying_selective_use_of_stainless_steel_reinforcement.pdf
4. <https://www.holcim.com.au/products-and-services/tools-faqs-and-resources/do-it-yourself-diy/cracks-in-concrete> visual inspection of concrete
5. <https://www.nickelinstitute.org/policy/nickel-life-cycle-management/life-cycle-assessments/> (Progreso Pier)
6. https://www.worldstainless.org/Files/issf/Education_references/Ref08_Special-issue-stainless-steel-rebar-Acom.pdf
7. <https://www.roadsbridges.com/willing-bend-0> (Oregon)
8. <http://structurae.net/structures/data/index.cfm?id=s0011506> (Oregon)
9. <http://www.aeonline.ae/major-hong-kong-stainless-steel-rebar-contract-signed-by-arminox-middle-east-42317/news.html> (HK Macau)
10. <http://www.engineersireland.ie/EngineersIreland/media/SiteMedia/groups/Divisions/civil/Broadmeadow-Estuary-Bridge-Integration-of-Design-and-Construction.pdf?ext=.pdf> (Broadmeadow)
11. Courtesy Ugitech SA
12. http://www.arup.com/Projects/Stonecutters_Bridge.aspx (stonecutters'bridge)
13. https://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/Structural/Stonecutters_Bridge_Towers.pdf (stonecutters'bridge)
14. http://www.cif.org/noms/2008/24_-_Ocean_Parkway_Belt_Bridge.pdf (belt parkway bridge)
15. Béton Armé d'inox: Le Choix de la durée (in French) <https://www.infociments.fr/ponts-et-passerelles/les-armatures-inox-la-solution-pour-des-ouvrages-durables>
16. Armaduras de Acero Inoxidable (in Spanish) <http://www.cedinox.es/opencms901/export/sites/cedinox/.galleries/publicaciones-tecnicas/59armadurasaceroinoxidable.pdf>
17. www.ukcares.com/downloads/guides/PART7.pdf
18. https://www.worldstainless.org/Files/issf/Education_references/Ref19_Case_study_of_progreso_pier.pdf
19. <http://www.sintef.no/upload/Byggforsk/Publikasjoner/Prrapp%20405.pdf> (general)
20. http://americanarminox.com/Purdue_University_Report_-_Stainless_Steel_Life_Cycle_Costing.pdf (advantages of using ss rebar)
21. <http://www.stainlesssteelrebar.org>

Odniesienia dotyczące połączeń galwanicznych

NEW!

1. L. Bertolini, M. Gastaldi, T. Pastore, M. P. Pedferri and P. Pedferri, "Effects of Galvanic Coupling between Carbon Steel and Stainless Steel Reinforcement in Concrete", International Conference on Corrosion and Rehabilitation of Reinforced Concrete Structures, 1998, Orlando, Florida.
2. A. Knudsen, EM. Jensen, O. Klinghoffer and T. Skovsgaard, "Cost-Effective Enhancement of Durability of Concrete Structures by Intelligent use of Stainless Steel Reinforcement", International Conference on Corrosion and Rehabilitation of Reinforced Concrete Structures, 1998, Orlando, Florida.
3. L. Bertolini, M. Gastaldi, T. Pastore and M. P. Pedferri, "Effect of Chemical Composition on Corrosion Behaviour of Stainless Steel in Chloride Contamination and Carbonated Concrete", Properties and Performances, Proceedings of 3rd European Congress Stainless Steel '99, 1999, Vol .3, Chia Laguna, AIM
4. O. Klinghoffer, T. Frolund, B. Kofoed, A. Knudsen, EM. Jensen and T. Skovsgaard, "Practical and Economic Aspects of Application of Austenitic Stainless Steel, AISI 316, as Reinforcement in Concrete", Corrosion of Reinforcement in Concrete: Corrosion Mechanisms and Corrosion Protection, 2000, Mietz, J., Polder, R. and Elsener, B., Eds, London
5. Knudsen and T. Skovsgaard, "Stainless Steel Reinforcement", Concrete Engineering, 2001, Vol. 5 (3), p. 59.
6. L. Bertolini and P. Pedferri, "Laboratory and Field Experience on the Use of Stainless Steel to Improve Durability of Reinforced Concrete", Corrosion Review, 2002, Vol. 20, p. 129
7. [S. Qian](#), [D. Qu](#) & [G. Coates](#) Galvanic Coupling Between Carbon Steel and Stainless Steel Reinforcements [Canadian Metallurgical Quarterly](#) Volume 45, 2006 - [Issue 4](#) Pages 475-483 Published online: 18 Jul 2013
8. J.T. Pérez-Quiroz, J. Teran, M.J. Herrera, M. Martinez, J. Genesca : "Assessment of stainless steel reinforcement for concrete structures rehabilitation" J. of Constructional Steel research (2008) doi:10.1016/j.jcsr.2008.07.024
9. Juliana Lopes Cardoso / Adriana de Araujo / Mayara Stecanella Pacheco / Jose Luis Serra Ribeiro / Zehbour Panossian "stainless-steel-rebar-for-marine-environment-a-study-of-galvanic-corrosion-with-carbon-steel-rebar-used-in-the-same-concrete-structure" (2018) <https://store.nace.org/stainless-steel-rebar-for-marine-environment-a-study-of-galvanic-corrosion-with-carbon-steel-rebar-used-in-the-same-concrete-structure> Product Number: 51318-11312-SG
10. <http://stainlesssteelrebar.org/>

Prezentacja dla wykładowców
architektury i budownictwa

Rozdział 07B

**Zastosowania konstrukcyjne
wyrobów płaskich ze stali
nierdzewnych**

Konstrukcyjne stale nierdzewne

Projektowanie ze stali nierdzewnych

Barbara Rossi, Maarten Fortan
Civil engineering department, KU
Leuven, Belgia

Na bazie prezentacji przygotowanej przez Nancy Baddoo
Steel Construction Institute, Ascot, UK



Plan prezentacji

- Przykłady zastosowań konstrukcyjnych
- Charakterystyka własności mechanicznych
- Projektowanie zgodne z Eurokodem 3
- Metody alternatywne
- Ugięcia
- Informacje dodatkowe
- Źródła danych dla inżynierów



Część 1

Przykłady zastosowań
konstrukcyjnych



Stacja w Sint Pieters, Gendawa (BE)

Architekt: Wefirna

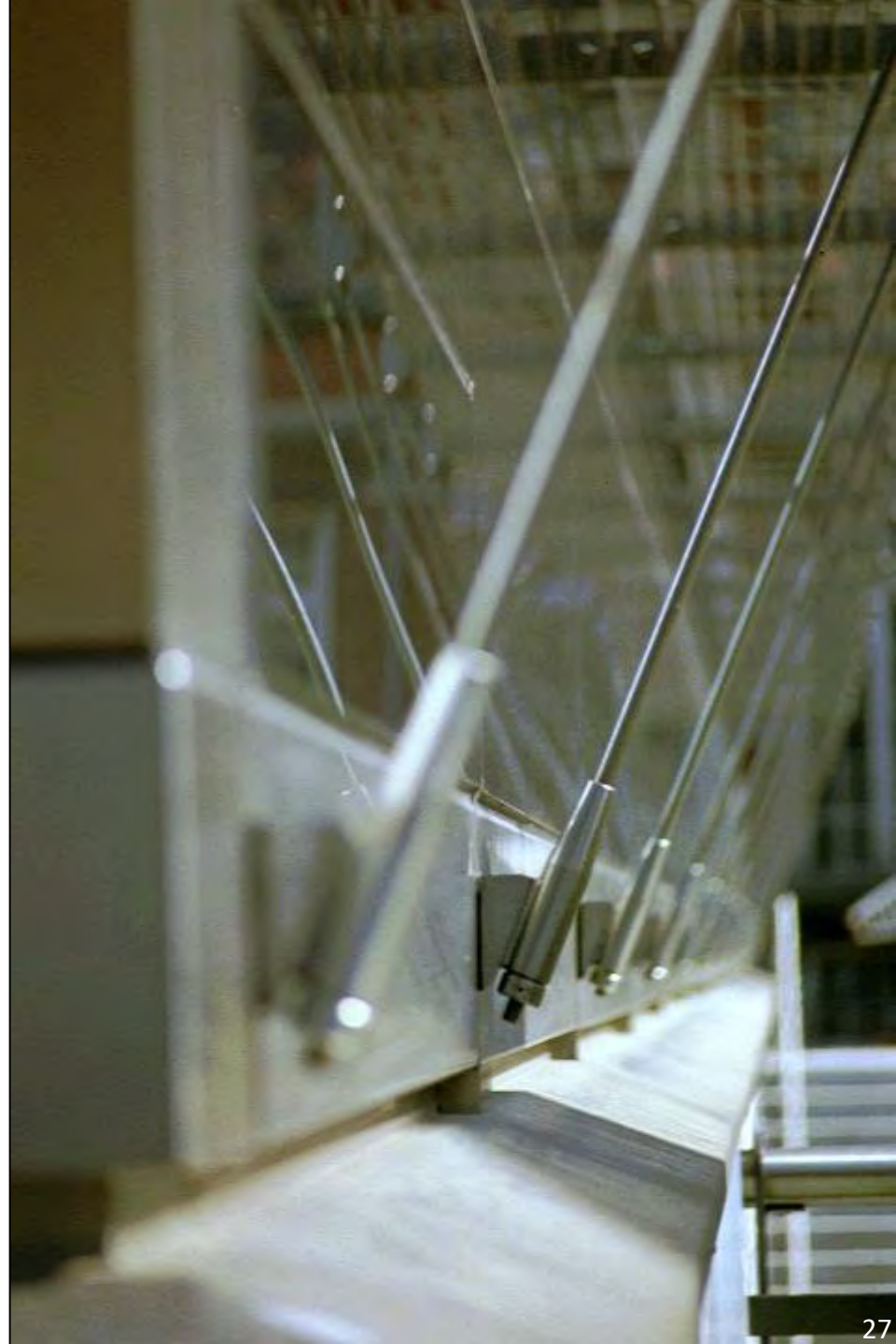
Biuro projektów: THV Van Laere-Braekel Aero



Szkoła
wojskowa w
Brukseli

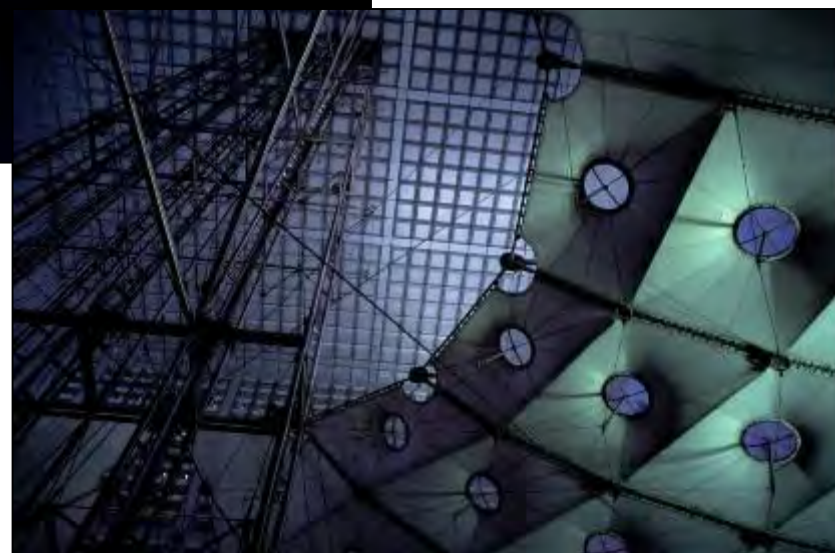
Architekci:
AR.TE

Biuro
projektów:
Tractebel
Development





Wielki Łuk Braterstwa, Paryż
Architekt: Johan Otto von
Spreckelsen
Biuro projektów: Paul Andreu





Willa ze stali nierdzewnej (FIN)

La Lentille de Saint-Lazare, Paryż, (F)

Architekci: Arte
Charpentiers &
Associés

Biuro projektów:
Mitsu Edwards



Stacja w Porto (P)



Siedziba Torno Internazionale S.P.A.

Mediolan, (IT), EN 1.4404

Architekci : Dante O. BENINI & Partners Architects



Zdjęcie: Toni Nicolino / Nicola Giacomini

Konstrukcja ze
stali nierdzewnej
w elektrowni
atomowej



Zdjęcie: Stainless Structurals LLC

Elementy podporowe
ze stali nierdzewnej w
elewacji budynku ,
Tampa, (USA)



Zdjęcie: TriPyramid Structures, Inc.

Belki ze stali nierdzewnej (dwuteowniki), Zakłady oczyszczania wody z Tamizy, (UK)



Zdjęcie: Interserve

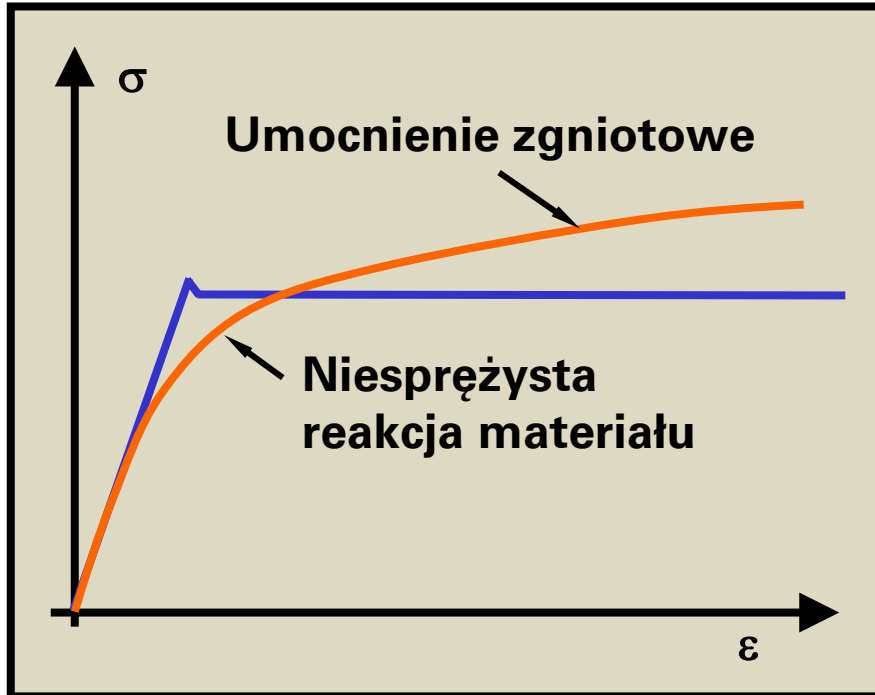


Część 2

Charakterystyka własności
mechanicznych

Charakterystyka naprężenie-odkształcenie: Stal czarna w porównaniu do nierdzewnej

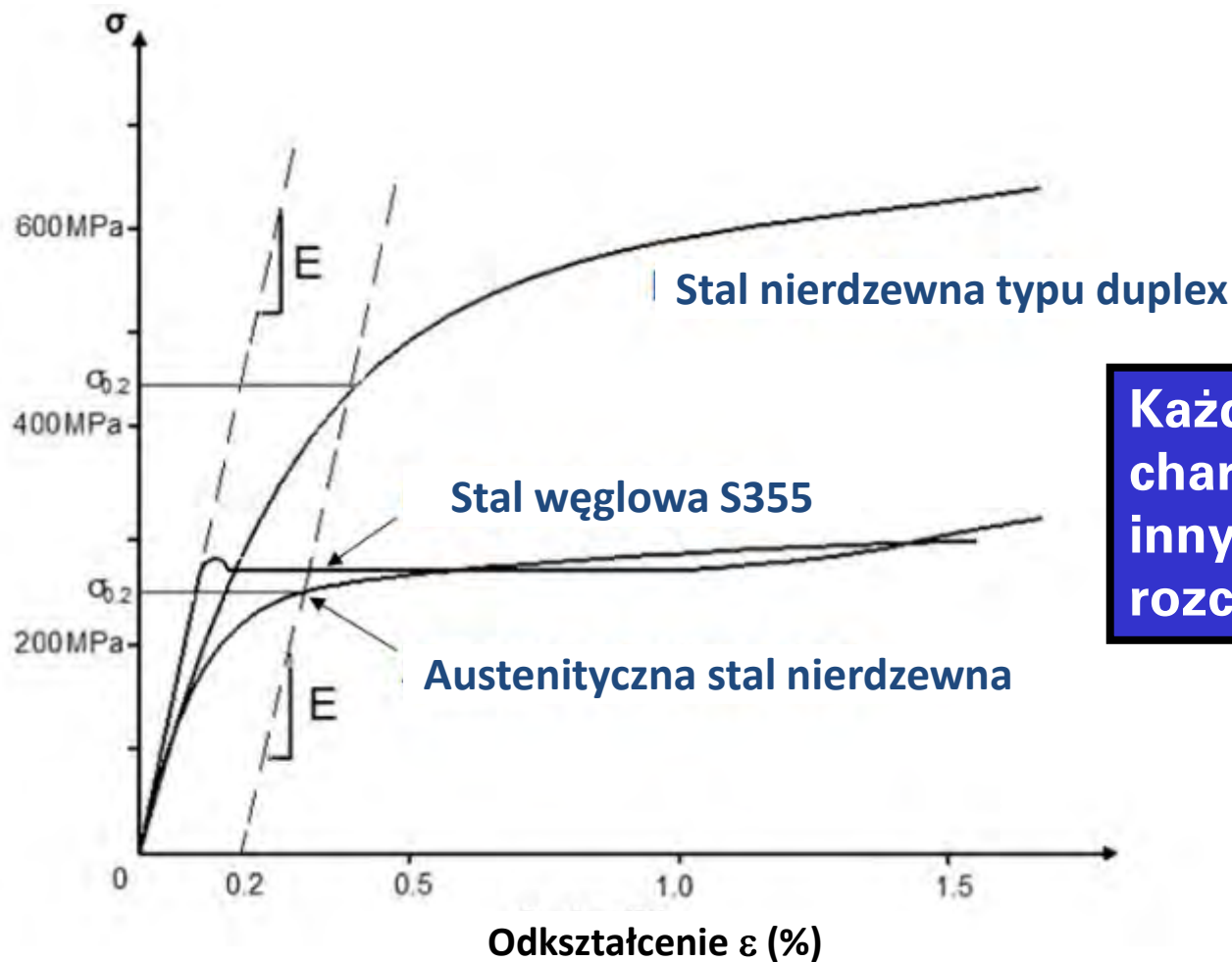
Kluczowa różnica między stalą węglową a nierdzewną zawiera się w charakterystyce krzywej naprężenie-odkształcenie.



Wyraźnie określona granica plastyczności, występuje plastyczne płynięcie stali - „półka plastyczna”

Odkształcenie plastyczne pojawia się stopniowo, występuje wysoki stopień umocnienia zgniotem.

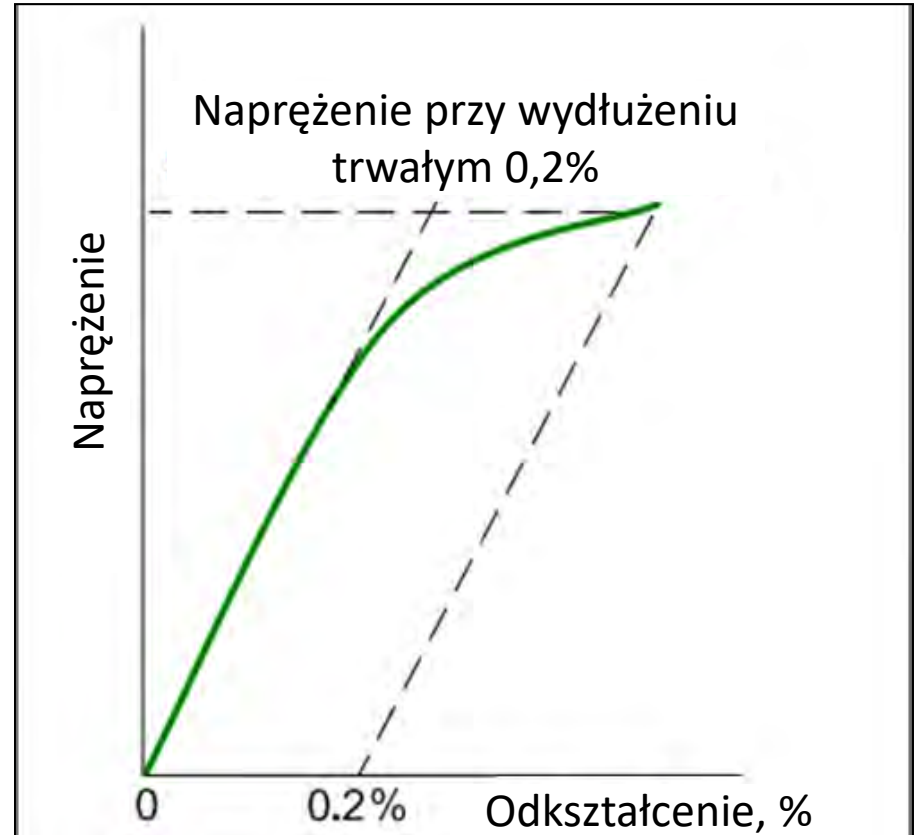
Charakterystyka naprężenie-odkształcenie – zakres małego odkształcenia



Każda grupa stali charakteryzuje się innym wykresem rozciągania.

Co to jest granica plastyczności?

f_y = naprężenie przy
wydłużeniu trwałym
równym 0,2% ($R_{p0,2}$)



Wytrzymałość obliczeniowa stali nierdzewnych

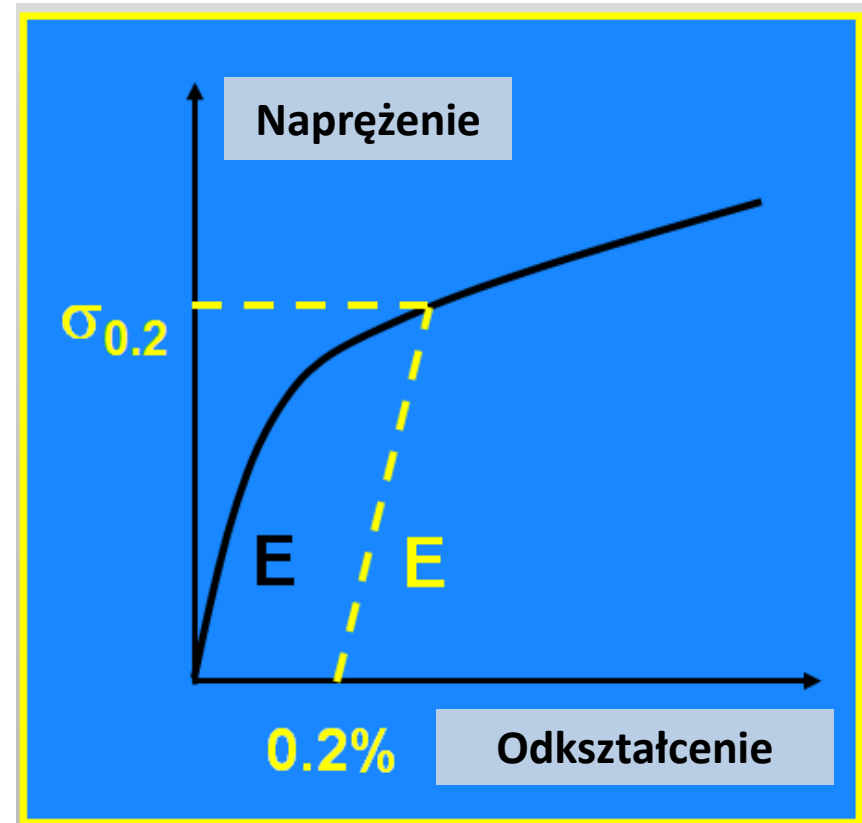
Minimalna wartość umownej granicy plastyczności przy wydłużeniu trwałym 0,2% podawana w normach EN 10088-4 i 5

Stale

austenityczne: $f_y = 220-350$ MPa

duplex: $f_y = 400-480$ MPa

Moduł Younga, $E=200\ 000$ MPa
do $220\ 000$ MPa



Wytrzymałość obliczeniowa stali nierdzewnych

Gatunek	Umowna granica plastyczności (N/mm ²) Rp0.2%	Wytrzymałość na rozciąganie Rm (N/mm ²)	Moduł Younga (N/mm ²)	Wydłużenie do zerwania (%)
1.4301 (304)	210	520	200000	45
1.4401 (316)	220	520	200000	40



Umocnienie zgniotem

(umocnienie w wyniku obróbki plastycznej na zimno)

- Zwiększona wytrzymałość przez odkształcenie plastyczne
- Spowodowane obróbką plastyczną na zimno, zarówno podczas operacji kształtowania stali w trakcie produkcji (w hucie) lub kolejnych etapów przetwarzania

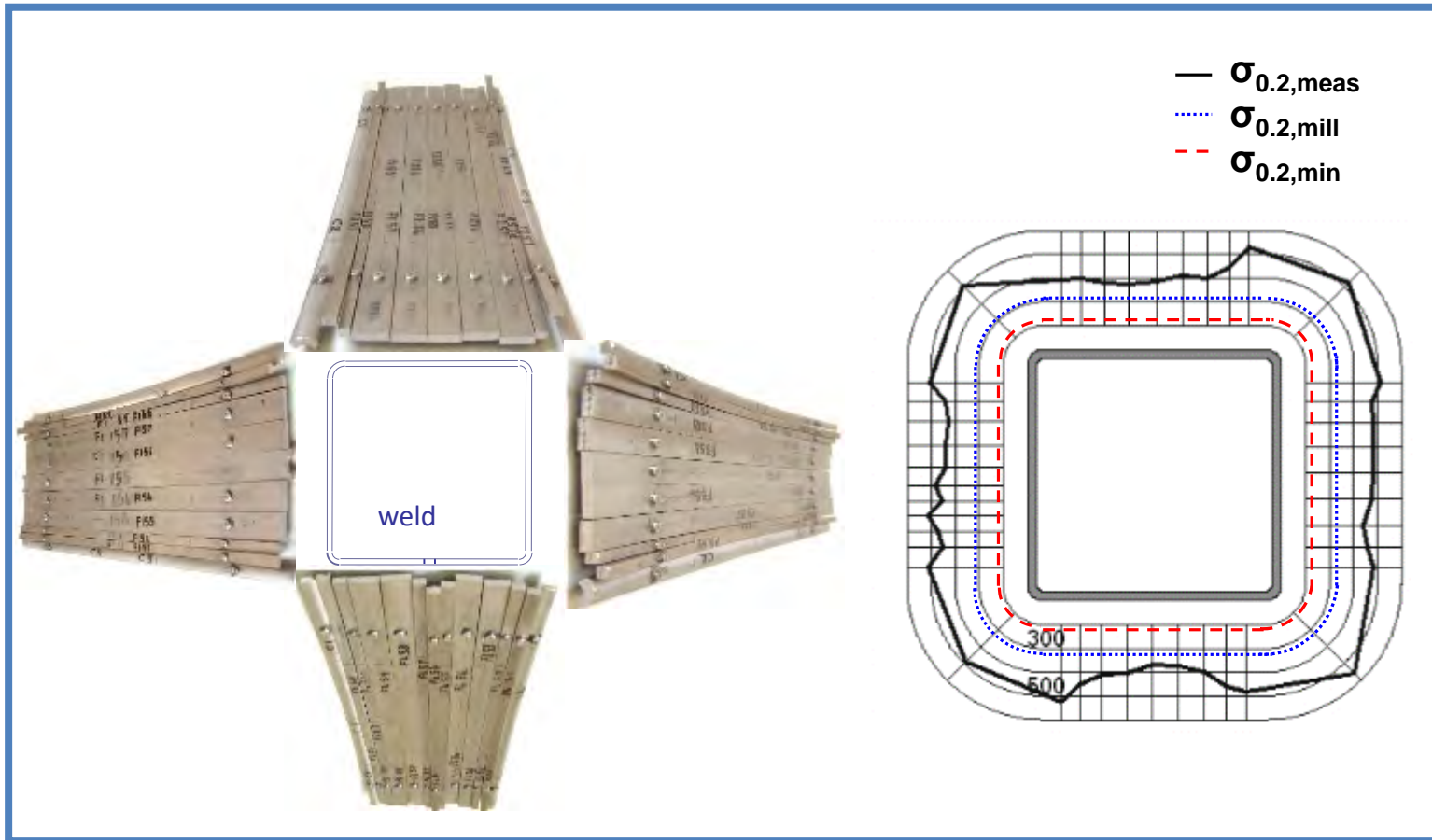
Podczas wytwarzania kształtowników zamkniętych o przekroju prostokątnym, w narożnikach kształtowanego na zimno profilu, umowna granica plastyczności $R_{p0,2}$ wzrasta o ok. 50%



Umocnienie zgniotem

(umocnienie w wyniku obróbki plastycznej na zimno)

- Zwiększenie wytrzymałości podczas kształtowania

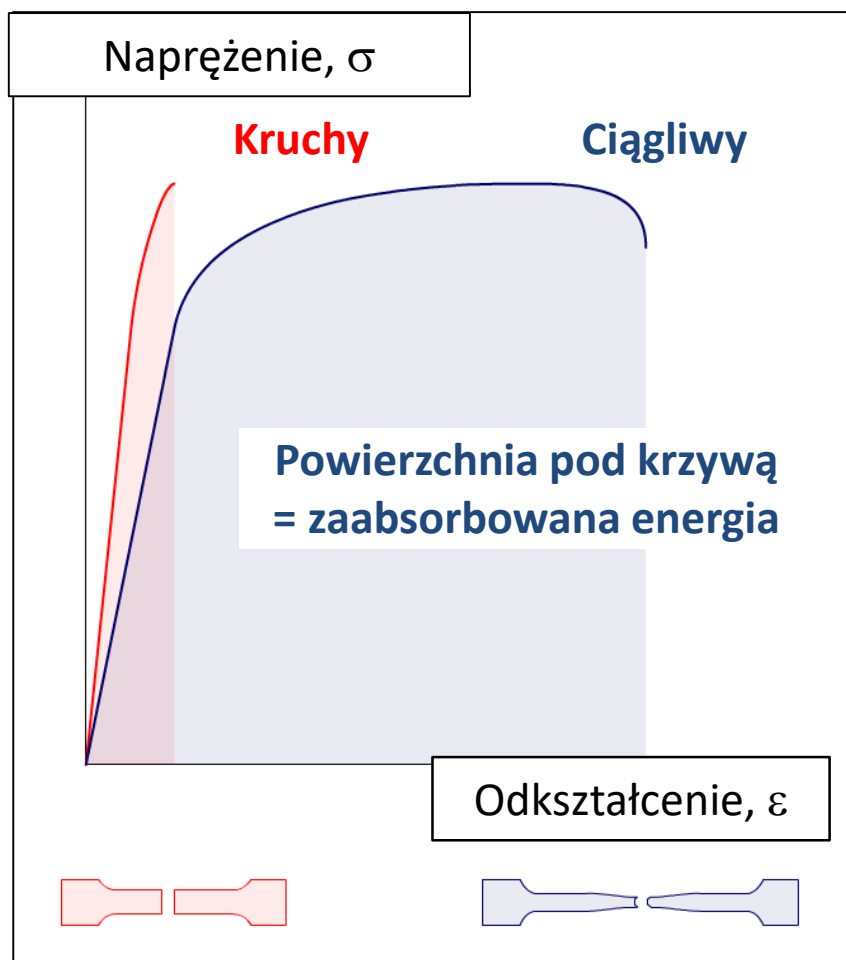




Umocnienie zgniotem – nie zawsze przydatne

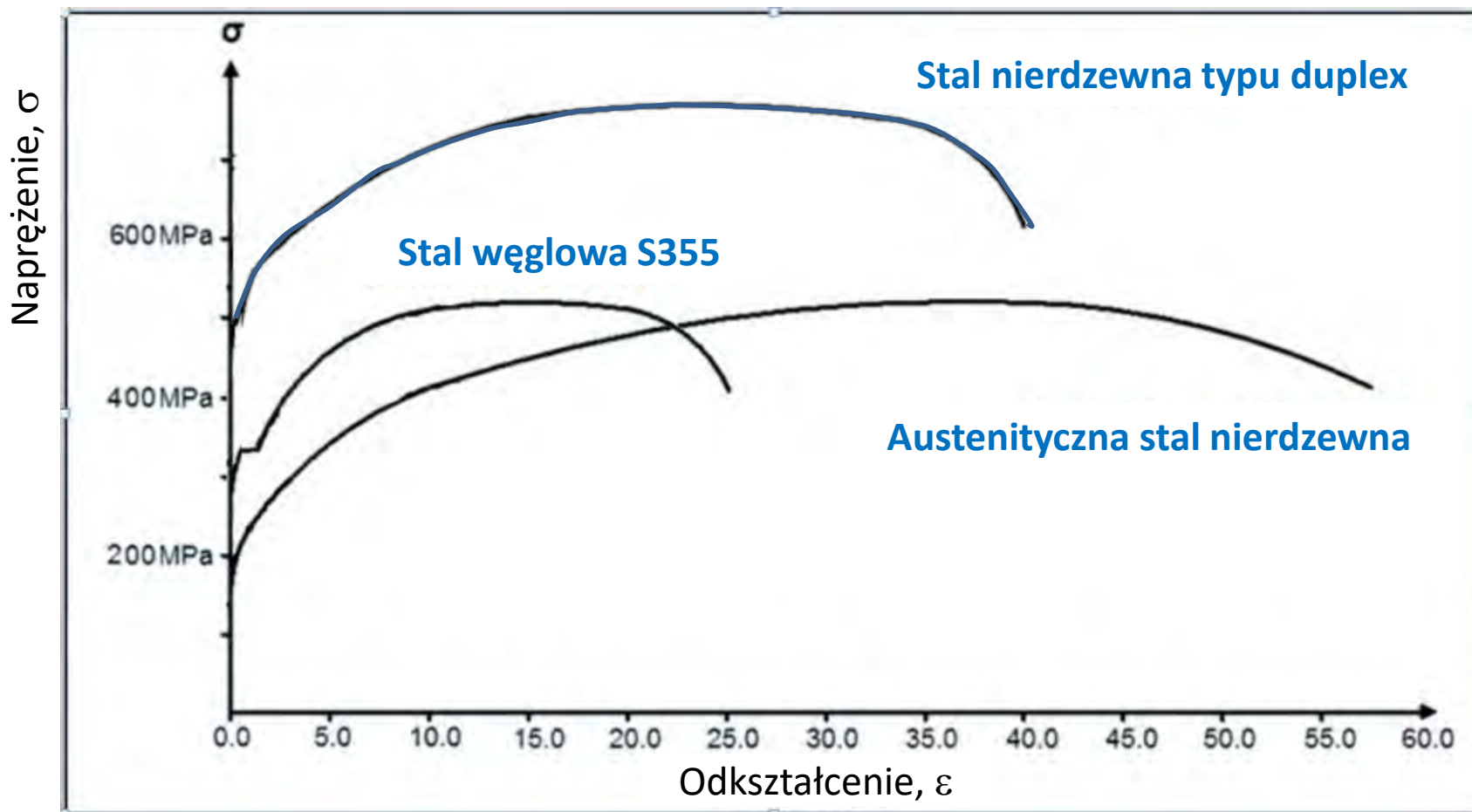
- Sprzęt do przetwarzania jest cięższy i o większej mocy
- Wymagane są większe siły
- Ograniczona plastyczność (jakkolwiek początkowa plastyczność jest wysoka zwłaszcza stali austenitycznych)
- Mogą powstać niepożądane naprężenia szczątkowe

Plastyczność i udarność



- **Plastyczność** – zdolność do rozciągania bez naruszenia spójności (rozerwania)
- **Udarność** – zdolność do absorpcji energii i plastycznego odkształcenia bez pęknięcia

Charakterystyka naprężenie-odkształcenie – zakres dużego odkształcenia



Konstrukcje odporne na uderzenie/wybuch



Pachotek
bezpieczeństwa



Odporne na wybuch ściany o przekroju trapezowym są stosowane do nadwodnych części konstrukcji platform wiertniczych



Charakterystyka naprężenie- odkształcenie

Nieliniowa zależność.....prowadzi do:

- różnych maksymalnie dopuszczalnych stosunków szerokości do grubości przekrojów dla lokalnej utraty stateczności,
- różnych zjawisk niestateczności elementów pod wpływem ściskania i zginania,
- większego ugięcia



Wpływ na stateczność

- **Niska smukłość**

słupy uzyskują/przekraczają naprężenia krytyczne,
⇒ **korzyść** płynąca z występującego umocnienia
zgniotem

stale nierdzewne wykazują własności przynajmniej
tak dobre jak stale czarne

- **Wysoka smukłość**

niska wytrzymałość osiowa, niskie naprężenia,
a w zakresie liniowym stale nierdzewne zachowują
się podobnie do stali węglowych, zapewniając
jednakowe naprężenia geometryczne i szczątkowe

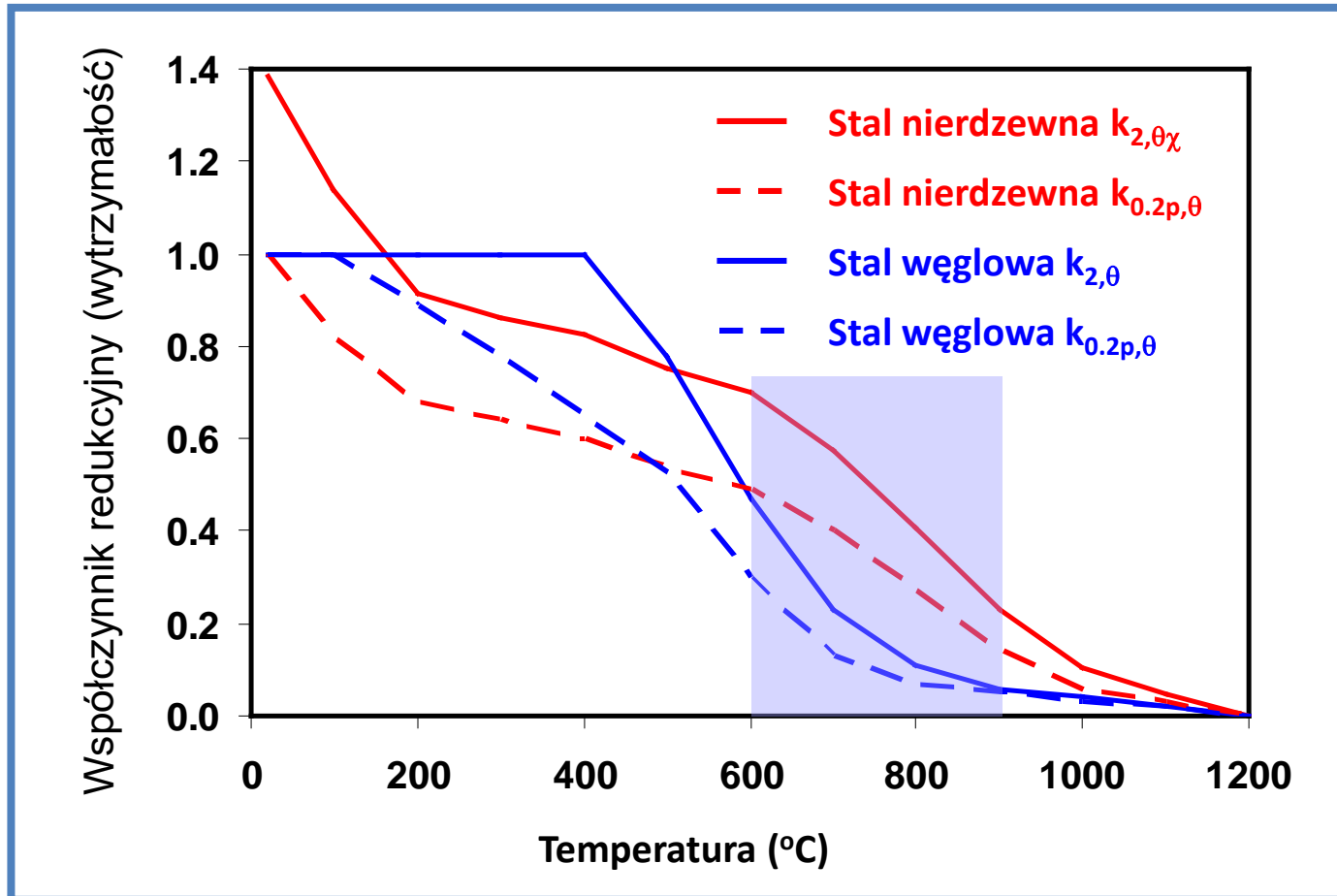
Wpływ na stateczność

- **Pośrednia smukłość**

średnie naprężenia w słupie mieszczą się między granicą proporcjonalności a odkształceniem trwałym 0,2%,

słup ze stali nierdzewnej jest słabszy niż słup ze stali czarnej

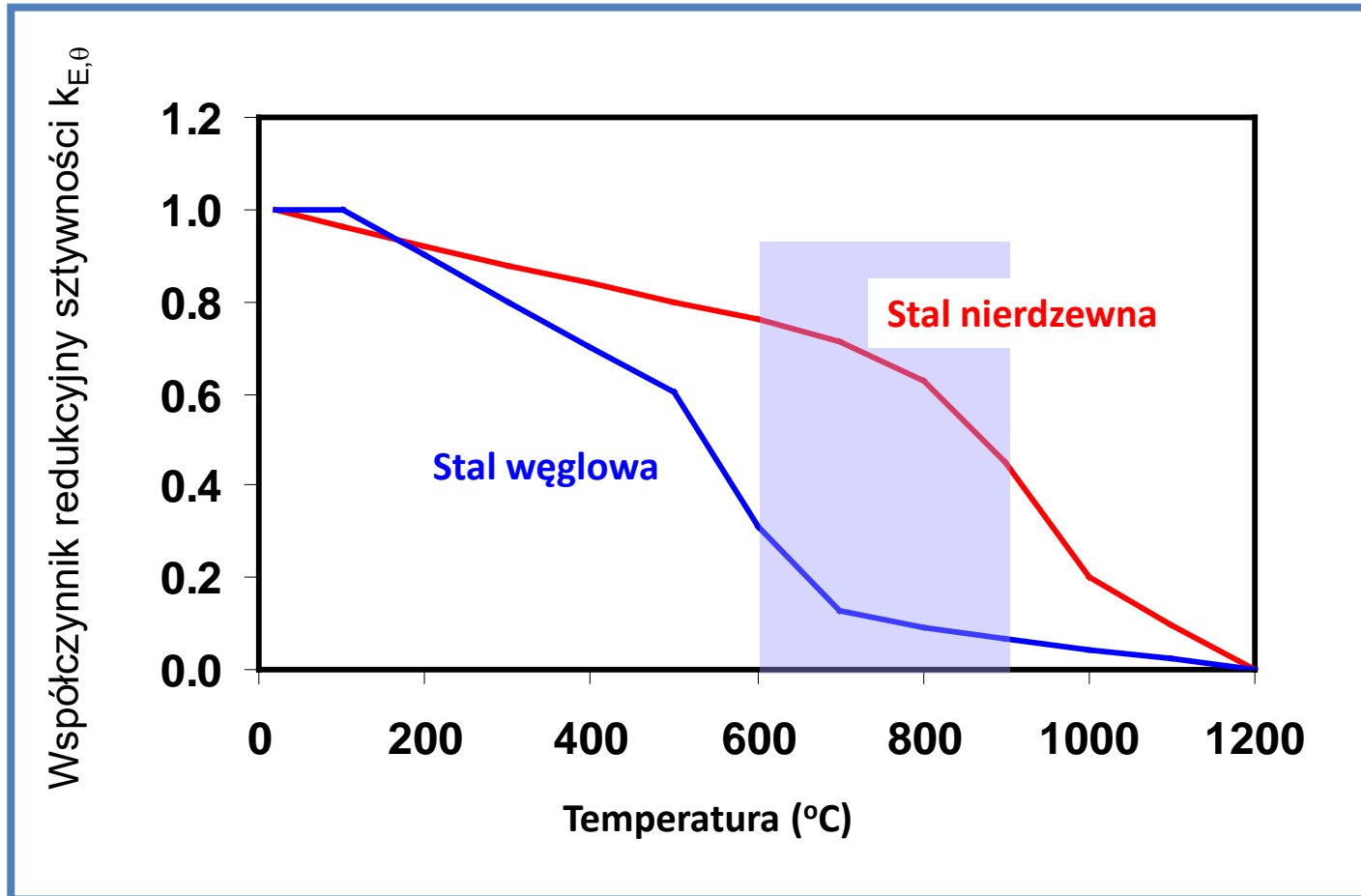
Własności w wysokiej temperaturze



$k_{0.2p,\theta}$ = współczynnik redukcji wytrzymałości przy $R_{p0,2\%}$

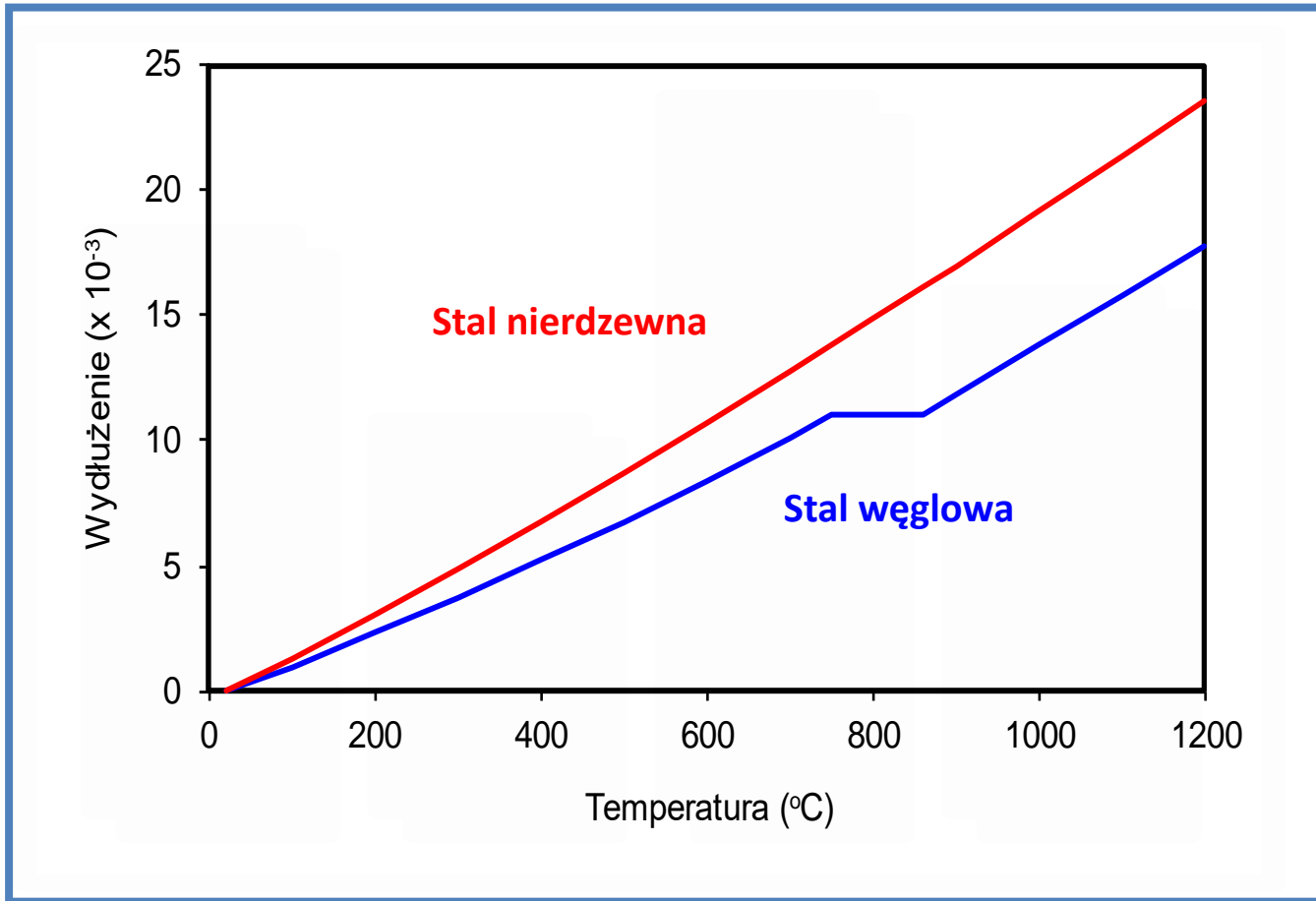
$k_{2,\theta}$ = współczynnik redukcji wytrzymałości przy odkształceniu trwałym 2%

Własności w wysokiej temperaturze



Współczynnik redukcyjny sztywności

Własności w wysokiej temperaturze



Rozszerzalność cieplna

Część 3

Projektowanie zgodne z Eurokodem 3



Projektowanie elementów ze stali nierdzewnej

- Postępować zgodnie z podstawowymi zasadami dla stali czarnych
- Stosować te same zasady jak dla stali czarnych dla elementów naprężonych i belek utwierdzonych
- Pewne różnice w klasyfikacji przekrojów, lokalnej niestateczności i krzywych wyboczenia, zwichrzenia elementów są stosowane z powodu:
 - nieliniowej krzywej naprężenie-odkształcenie
 - występującego umocnienia zgniotem
 - różnych poziomów naprężeń szczątkowych



Międzynarodowe normy projektowe

Jakie normy projektowe są dostępne dla konstrukcji ze stali nierdzewnych?



Klub jachtowy na wyspie Hamilton, Australia

EN 1990

Bezpieczeństwo konstrukcji, użytkowość i trwałość

EN 1991

Oddziaływania na konstrukcje

EN 1992

EN 1993

EN 1994

EN 1995

EN 1996

EN 1999

Projektowanie i szczególne wymagania

EN 1997

Projektowanie geotechniczne

EN 1998

Projektowanie sejsmiczne

Powiązania między Eurokodami

Eurokody są zintegrowanym zestawem przepisów projektowania konstrukcji opisującym wszystkie powszechne materiały konstrukcyjne



Eurokod 3: Część 1 (EN 1993-1)

EN 1993-1-1 Reguły ogólne i reguły dotyczące budynków.

EN 1993-1-2 Obliczanie konstrukcji z uwagi na warunki pożarowe.

EN 1993-1-3 Reguły uzupełniające dla konstrukcji z kształtowników i blach profilowanych na zimno.

EN 1993-1-4 Reguły uzupełniające dla konstrukcji ze stali nierdzewnych.

EN 1993-1-5 Blachownice.

EN 1993-1-6 Wytrzymałość i stateczność konstrukcji powłokowych.

EN 1993-1-7 Konstrukcje płytowe.

EN 1993-1-8 Projektowanie węzłów.

EN 1993-1-9 Zmęczenie.

EN 1993-1-10 Dobór stali ze względu na odporność na kruche pękanie i ciągliwość międzywarstwową.

EN 1993-1-11 Konstrukcje ciągnowe.

EN 1993-1-12 Reguły dodatkowe rozszerzające zakres stosowania EN 1993 o gatunki stali wysokiej wytrzymałości do S 700 włącznie.

Eurokod 3: Projektowanie konstrukcji stalowych, Część 1.4 Reguły uzupełniające dla stali nierdzewnych

BRITISH STANDARD

BS EN
1993-1-4:2006

Eurocode 3 — Design of steel structures —

**Part 1-4: General rules —
Supplementary rules for stainless steels**

Projektowanie konstrukcji stalowych.
Reguły uzupełniające dla konstrukcji ze
stali nierdzewnych (2006)

- Zmieniają i uzupełniają w razie potrzeby reguły stosowane dla stali węglowych podawane w innych częściach Eurokodu 3
- Stosowane dla budynków, mostów, zbiorników itd.

The European Standard EN 1993-1-4:2006 has the status of a
British Standard

ICS 91.040.01; 91.080.10

BSi
British Standards

NO COPYING WITHOUT BSI PERMISSION EXCEPT AS PERMITTED BY COPYRIGHT LAW



Eurokod 3: Projektowanie konstrukcji stalowych, Część 1.4 Reguły uzupełniające dla stali nierdzewnych

Typy elementów

- Walcowane na gorąco i spawane
- Walcowane na zimno
- Pręty

Gatunki

	EC3-1-4	Kolejna aktualizacja
Ferrytyczne	3	3
Austenityczne	16	16
Duplex	2	6

Zakres

- Elementy i połączenia
- Warunki pożarowe (*przez odniesienie do EN 1993-1-2*)
- Zmęczenie (*przez odniesienie do EN 1993-1-9*)



Inne normy projektowe

- **Japonia** – dwie normy: jedna dla elementów ze stali nierdzewnych walcowanych na zimno, druga dla elementów spawanych
- **Południowa Afryka, Australia, Nowa Zelandia** – normy dla walcowanych na zimno elementów ze stali nierdzewnych
- **Chiny** – norma w trakcie opracowania
- **USA** – specyfikacja ASCE dla walcowanych na zimno elementów i AISC Design Guide dla walcowanych na gorąco i spawanych konstrukcji ze stali nierdzewnych

Eurokod 3: Projektowanie konstrukcji stalowych, Część 1.4 Reguły uzupełniające dla stali nierdzewnych

Następne slajdy przedstawiają podsumowanie zasad projektowych dla stali nierdzewnych podanych w EN 1993-1-4 i główne różnice w stosunku do stali czarnych.



Słupy odporne na wybuch w zadaszeniu przed wejściem,
Seven World Trade Centre, Nowy Jork



Klasyfikacja przekrojów i lokalna utrata stateczności w EN 1993-1-4

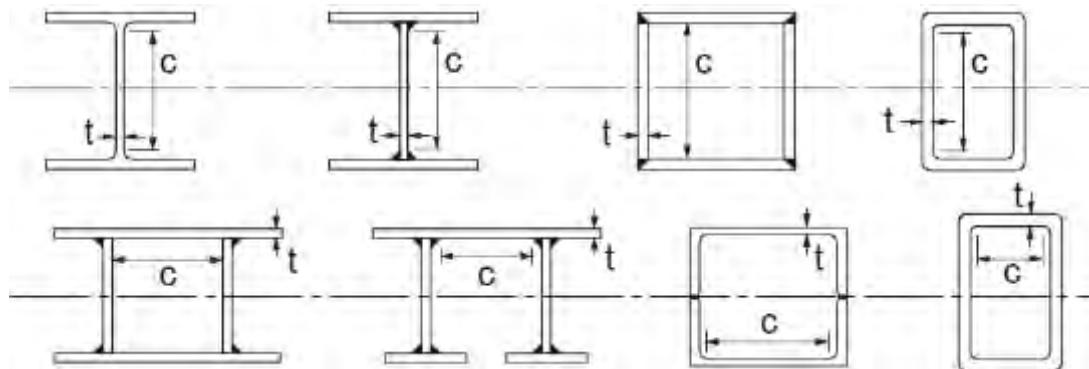
- Niższe niż dla stali czarnych maksymalne stosunki szerokości do grubości przekrojów
- Nieznacznie inna zależność do obliczenia szerokości współpracującej przekrojów

Pomimo to.....

Kolejna wersja EN 1993-1-4 będzie zawierać mniej konserwatywne maksymalne stosunki wymiarowe przekrojów i zależności na szerokości współpracujące przekrojów.

Klasyfikacja przekrojów i lokalna utrata stateczności w EN 1993-1-4

■ Wewnętrzne części ściskane

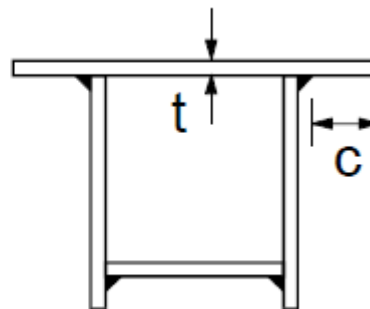
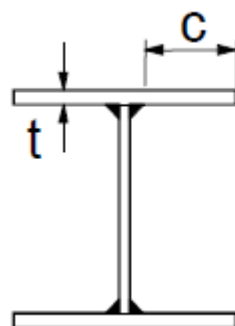


$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y} \frac{E}{210000}}$$

Klasa	EC3-1-1: Stal węglowa		EC3-1-4: Stal nierdzewna		EC3-1-4: Kolejna aktualizacja	
	Część zginana	Część ściskana	Część zginana	Część ściskana	Część zginana	Część ściskana
1	$c/t \leq 72\varepsilon$	$c/t \leq 33\varepsilon$	$c/t \leq 56\varepsilon$	$c/t \leq 25,7\varepsilon$	$c/t \leq 72\varepsilon$	$c/t \leq 33\varepsilon$
2	$c/t \leq 83\varepsilon$	$c/t \leq 38\varepsilon$	$c/t \leq 58,2\varepsilon$	$c/t \leq 26,7\varepsilon$	$c/t \leq 76\varepsilon$	$c/t \leq 35\varepsilon$
3	$c/t \leq 124\varepsilon$	$c/t \leq 42\varepsilon$	$c/t \leq 74,8\varepsilon$	$c/t \leq 30,7\varepsilon$	$c/t \leq 90\varepsilon$	$c/t \leq 37\varepsilon$

Klasyfikacja przekrojów i lokalna utrata stateczności w EN 1993-1-4

■ Zewnętrzne części ściskane



$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y} \frac{E}{210000}}$$

	EC3-1-1: Stal węglowa	EC3-1-4: Stal nierdzewna		EC3-1-4: Kolejna aktualizacja
Class	Część ściskana	Spawane	Profilowane na zimno	Część ściskana
1	$c/t \leq 9\varepsilon$	$c/t \leq 9\varepsilon$	$c/t \leq 10\varepsilon$	$c/t \leq 9\varepsilon$
2	$c/t \leq 10\varepsilon$	$c/t \leq 9,4\varepsilon$	$c/t \leq 10,4\varepsilon$	$c/t \leq 10\varepsilon$
3	$c/t \leq 14\varepsilon$	$c/t \leq 11\varepsilon$	$c/t \leq 11,9\varepsilon$	$c/t \leq 14\varepsilon$

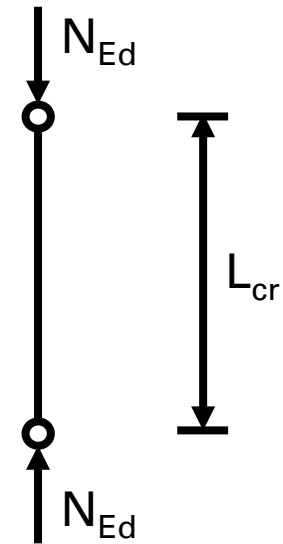
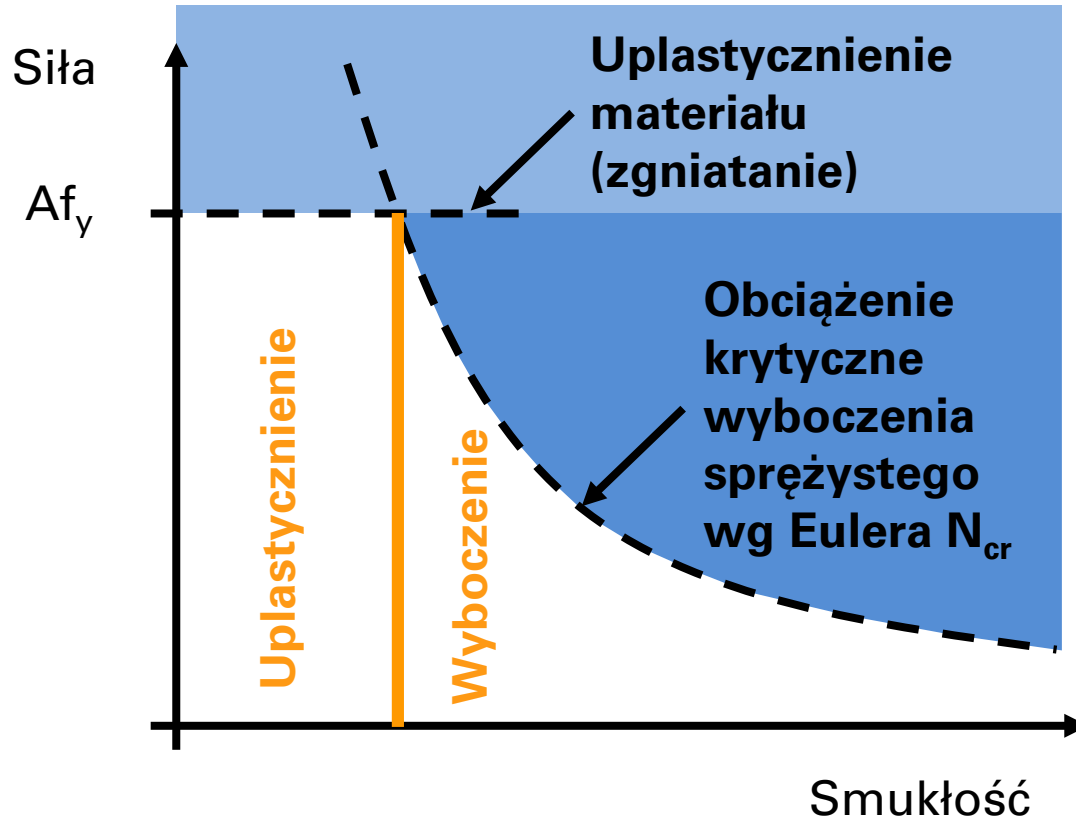


Projektowanie elementów naprężonych, słupów i belek

- Generalnie stosować te same zasady jak dla stali węglowych
- Stosować inne krzywe dla wyboczenia słupów i belek niestężonych (zwichrzenie)
- Upewnić się, że przyjęto właściwą wartość f_y dla danego gatunku (wartości minimalne podane w normach EN 10088-4 i -5)

“Idealne” zachowanie się słupa

Dwie granice: uplastycznienie i wyboczenie:



Wyboczenie słupa

(elementy ściskane o stałym przekroju)

Odporność na wyboczenie elementu ściskanego

$N_{b,Rd}$:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A f_y}{\gamma_{M1}}$$

W przypadku przekrojów klasy 1, 2 i 3

Współczynnik niestateczności

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A_{eff} f_y}{\gamma_{M1}}$$

W przypadku klasy 4

Wyboczenie słupa

(elementy ściskane o stałym przekroju)

Smukłość względna: $\bar{\lambda}$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A f_y}{N_{cr}}}$$

w przypadku przekrojów klasy 1, 2 i 3

$$= \sqrt{\frac{A_{eff} f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}$

w przypadku przekrojów klasy 4

N_{cr} siła krytyczna odpowiadająca postaci wyboczenia sprężystego, wyznaczona na podstawie cech geometrycznych przekroju brutto

Wyboczenie słupa

(elementy ściskane o stałym przekroju)

Współczynnik niestateczności: χ

$$\chi = \frac{1}{\phi + (\phi^2 - \bar{\lambda}^2)^{0,5}} \leq 1$$

$$\phi = 0,5 (1 + \alpha(\bar{\lambda} - \lambda_0) + \bar{\lambda}^2)$$

Parametr imperfekcji

Długość „półki plastycznej”

Wyboczenie giętkne kolumny

- Wybór krzywej wyboczenia zależy od kształtu przekroju, sposobu wytwarzania i osi bezwładności

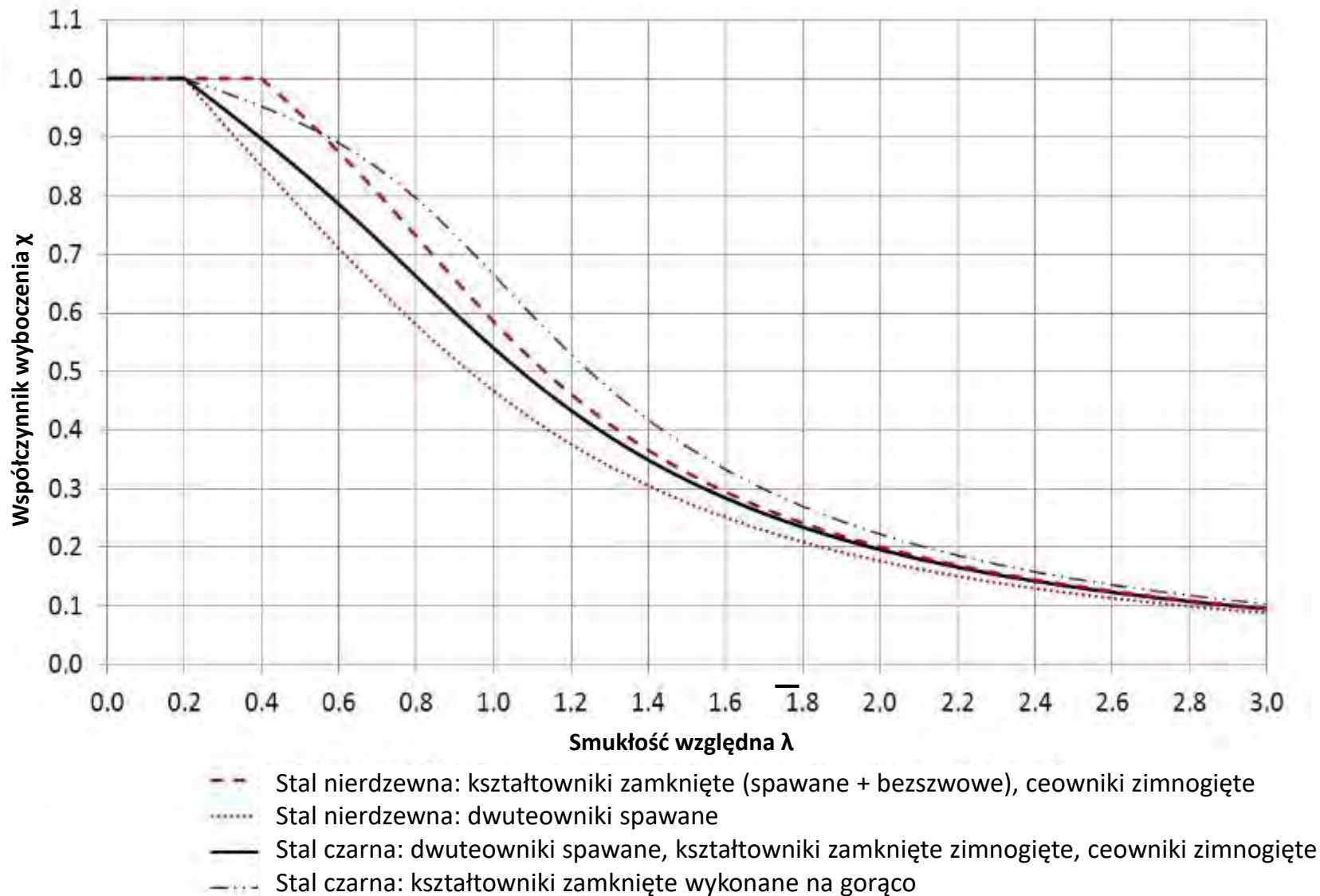
Tablica 5.3: Wartości α i $\bar{\lambda}_0$ dla krzywych wyboczenia giętkiego, skrętnego i giętko-skrętnego

Postać wyboczenia	Rodzaj elementu	α	$\bar{\lambda}_0$
Giętkie	Kształtowniki otwarte profilowane na zimno	0,49	0,40
	Kształtowniki rurowe (spawane i bez szwu)	0,49	0,40
	Kształtowniki otwarte spawane [wyboczenie względem osi większej bezwładności N_2]	0,49	0,20
	Kształtowniki otwarte spawane [wyboczenie względem osi mniejszej bezwładności N_2]	0,76	0,20
Skrętne i giętko-skrętne	Wszystkie	0,34	0,20

Źródło: EN 1993-1-4



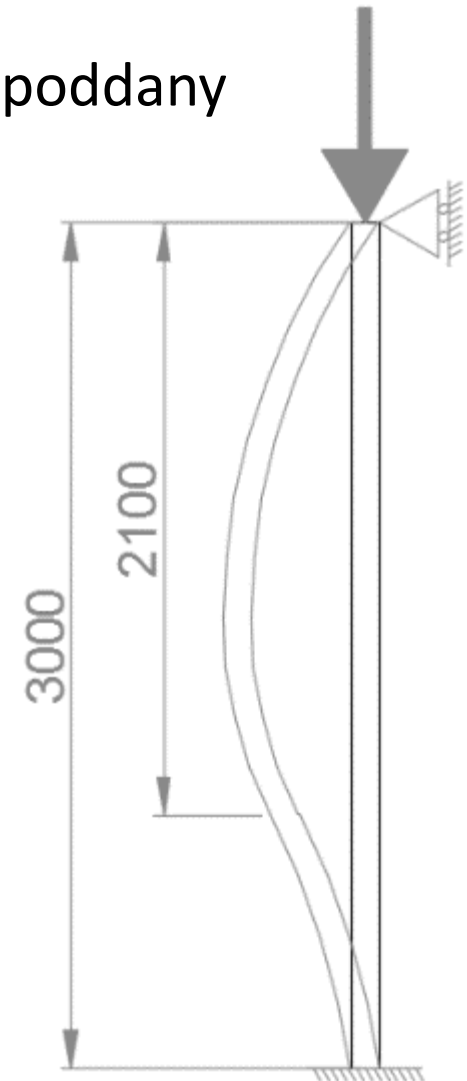
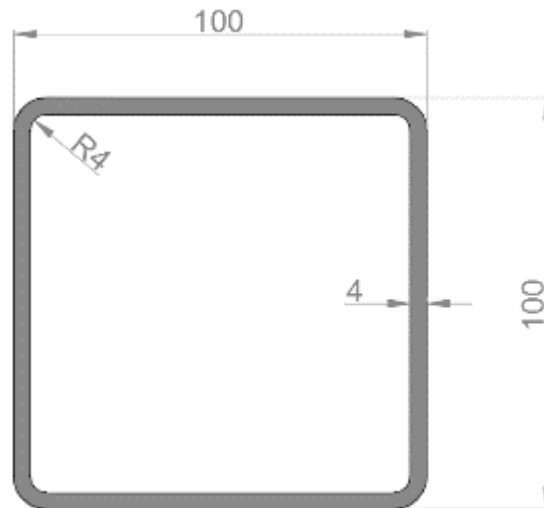
Krzywe wyboczenia giętnego w Eurokod 3



Eurokod 3 Wyboczenie giętkie – przykład

- Profilowany na zimno przekrój kwadratowy poddany osiowemu ścisnaniu

	Stal węglowa	Austenityczna stal nierdzewna
Materiał	S235	EN 1.4301
f_y [N/mm ²]	235	230
E [N/mm ²]	210000	200000



Eurokod 3 Wyboczenie giętkie – przykład

EC 3-1-1: stal czarna S235

- Klasyfikacja

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 1$$

- wszystkie części wewnętrzne

$$c/t = 21 < 33 = 33\varepsilon$$

klasa 1

Przekrój = klasa 1

EC 3-1-4: Austenityczna nierdzewna

- Klasyfikacja

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y} \frac{E}{210000}} = 0,99$$

- wszystkie części wewnętrzne

$$c/t = 21 < 25,35 = 25,7\varepsilon$$

klasa 1

Przekrój = klasa 1

Eurokod 3 Wyboczenie giętkie – przykład

	EC 3-1-1: stal węglowa S355	EC 3-1-4: Stal nierdzewna duplex
A [mm ²]	1495	1495
f_y [N/mm ²]	235	230
γ_{M0} [-]	1	1,1
$N_{c,Rd}$ [kN]	351	313
L_{cr} [mm]	2100	2100
λ_1 [-]	93,9	92,6
$\bar{\lambda}$ [-]	0,575	0,583
α [-]	0,49	0,49
$\bar{\lambda}_0$ [-]	0,2	0,4
ϕ [-]	0,76	0,71
χ [-]	0,80	0,89
γ_{M1} [-]	1	1,1
$N_{b,Rd}$ [kN]	281	277

Eurokod 3 Wyboczenie giętkie – przykład

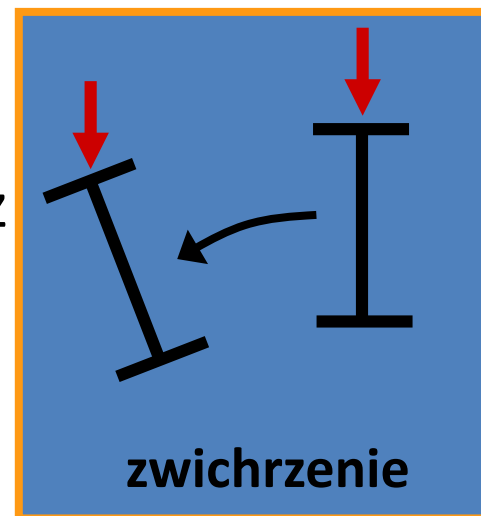
■ Porównanie

	EC 3-1-1: stal czarna S235	EC 3-1-4: Austenityczna stal nierdzewna
f_y [N/mm ²]	235	230
γ_{M0} [-]	1,0	1,1
γ_{M1} [-]	1,0	1,1
$M_{c,Rd}$ przekroju	351	313
Odporność na zwichrzenie $M_{b,Rd}$	281	277

- W podanym przykładzie, stal węglowa i nierdzewna wykazują zbliżoną nośność na wyboczenie giętkie.

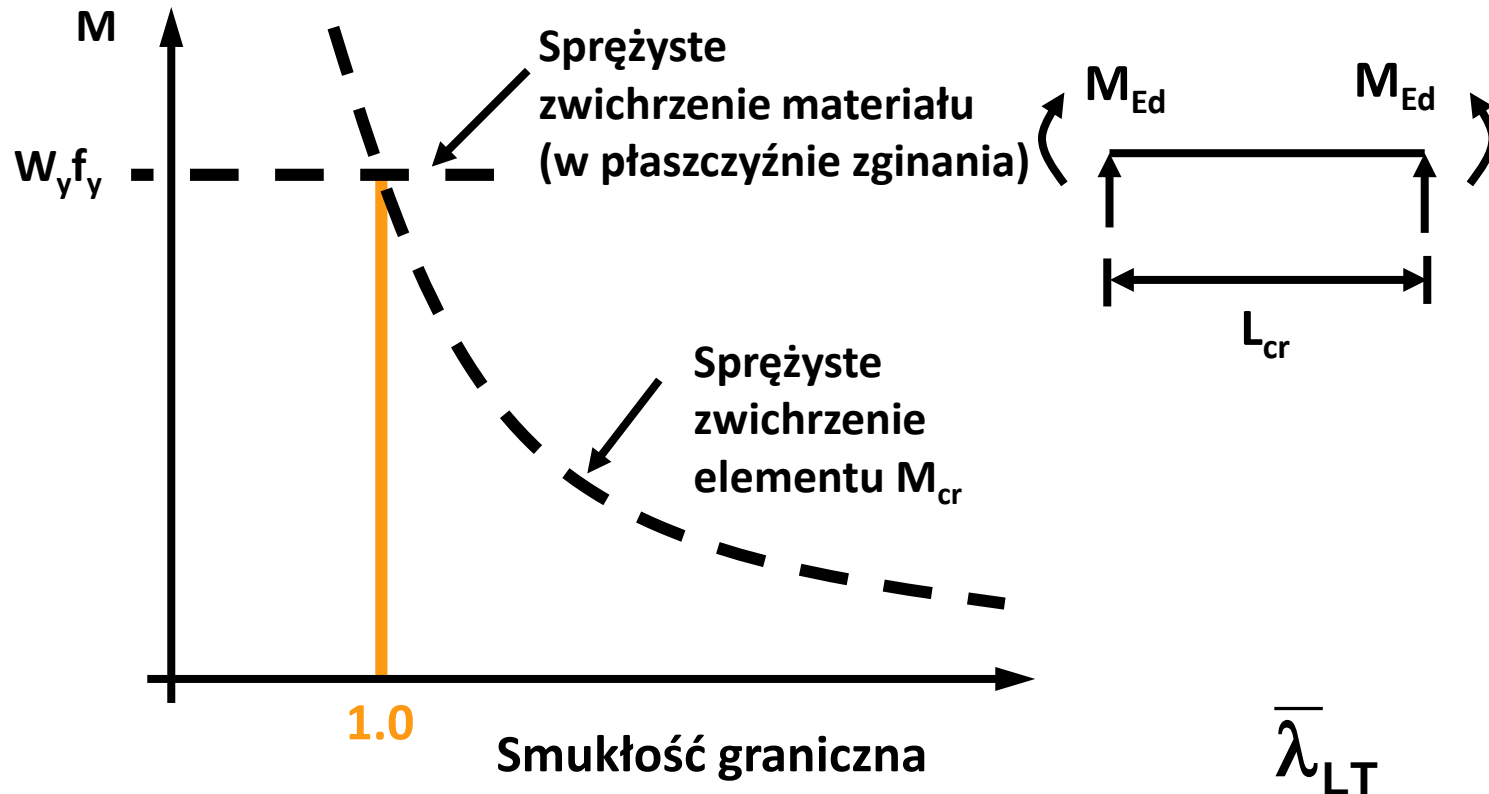
Odporność na zwichrzenie

- Możliwość zwichrzenia może być zdyskontowana w następujących przypadkach:
 - gdy zginanie odbywa się tylko wzdłuż osi słabszej bezwładności
 - dla kształtowników zamkniętych o przekroju okrągłym i kwadratowym oraz prętów o przekroju okrągłym i kwadratowym
 - dla belek bocznie utwierdzonych na całej długości za pomocą właściwych sposobów
 - gdy parametr smukłości granicznej $\bar{\lambda}_{LT}$ jest niższy od 0,4



Odporność na zwichrzenie

- Założenie podczas projektowania dla odporności na zwierzchnie jest analogiczne jak dla wybozczenia kolumny.



Odporność na zwichrzenie

- Odporność na zwichrzenie $M_{b,Rd}$ niestężonych belek (lub odcinków belek) oblicza się następująco:

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} W_y \frac{f_y}{\gamma_{M1}}$$

Współczynnik niestateczności dla zwichrzenia

Odporność na zwichrzenie

- Krzywa zwichrzenia przedstawia zależność:

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}} \quad \text{but } \chi_{LT} \leq 1.0$$

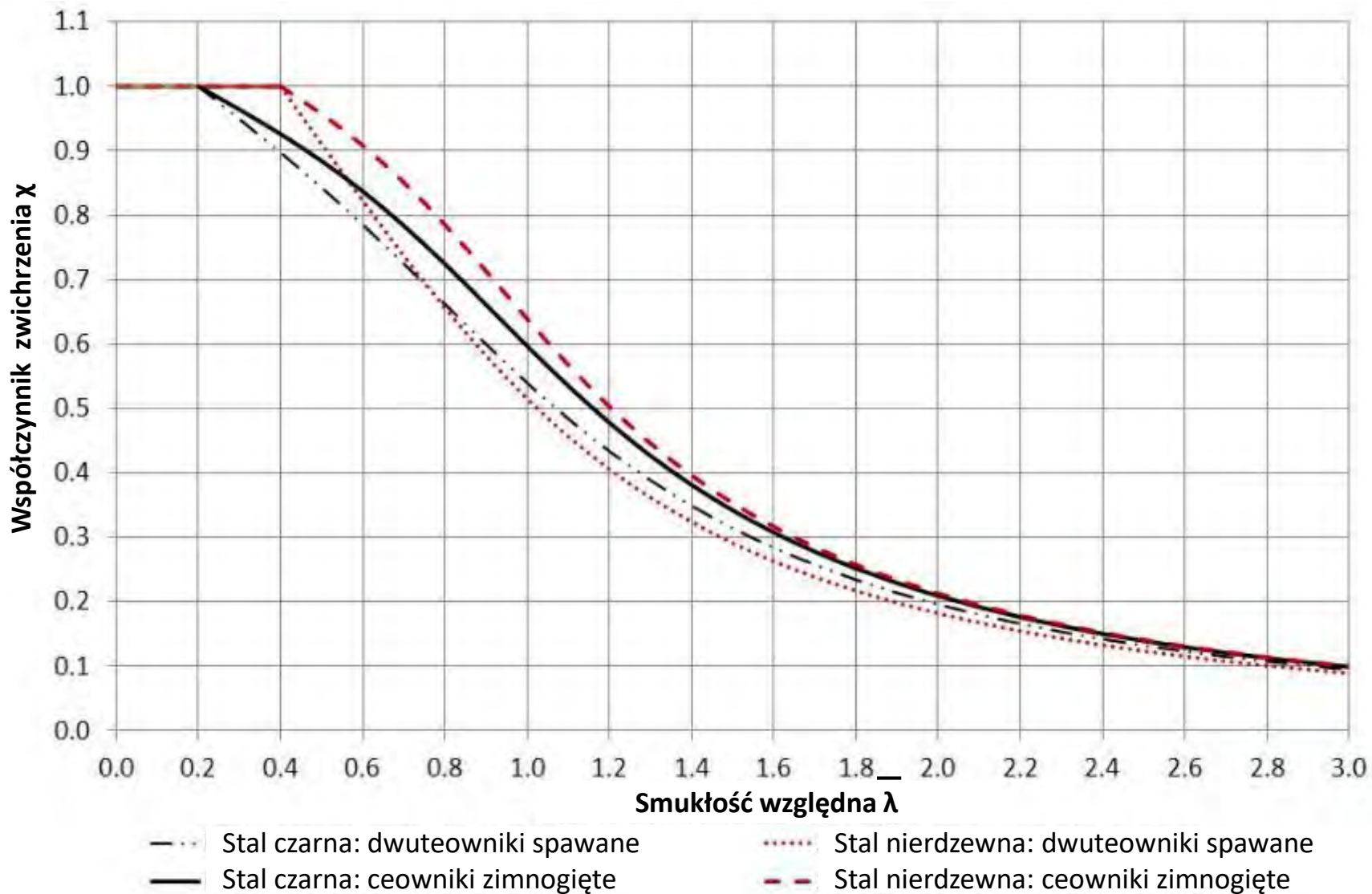
$$\Phi_{LT} = 0.5 \left[1 + \alpha_{LT} (\bar{\lambda}_{LT} - 0.4) + \bar{\lambda}_{LT}^2 \right]$$

Długość „półki
plastycznej”

Parametr imperfekcji



Krzywe zwichrzenia w Eurokode 3



Smukłość względna

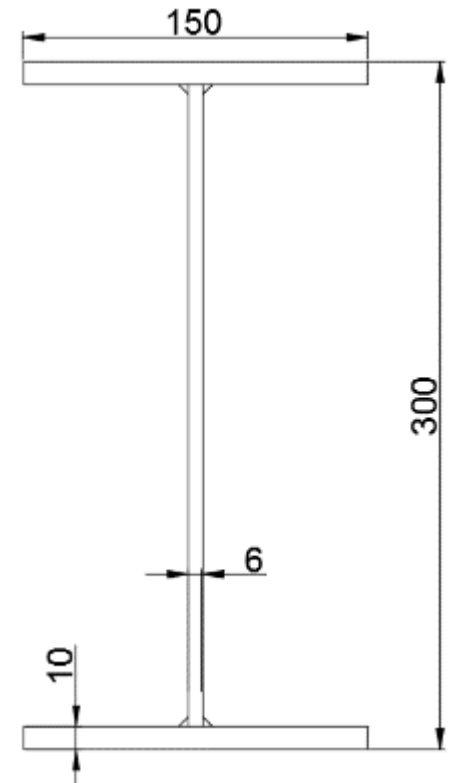
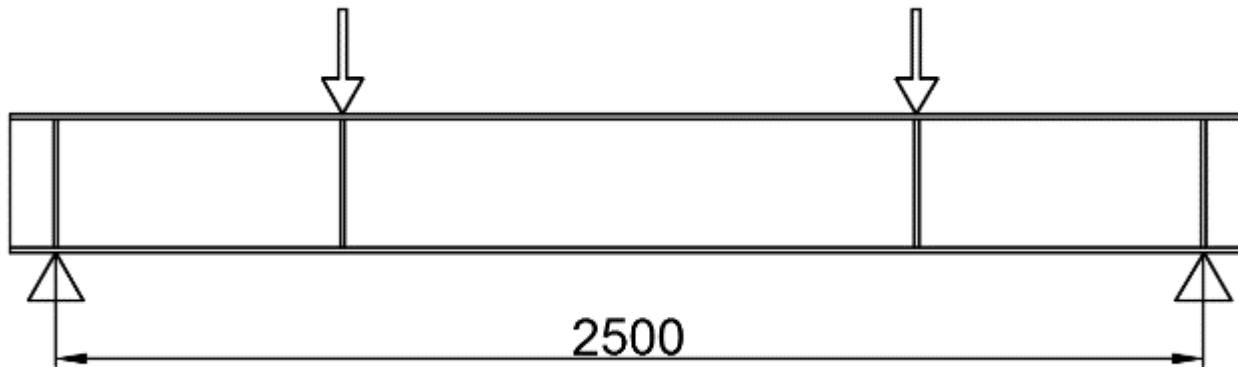
- Smukłość przy zwichrzeniu :

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_y f_y}{M_{cr}}}$$

- Krzywe zwichrzenia jak dla ściskania (z wyjątkiem krzywej a_0)
- W_y zależy od klasyfikacji przekroju
- M_{cr} moment krytyczny przy zwichrzeniu sprężystym

Eurokod 3 Smukłość przy zwichrzeniu – przykład

- Dwuteownik poddany zginaniu



	Stal węglowa	Stal nierdzewna duplex
Material	S355	EN 1.4162
f_y [N/mm ²]	355	450
E [N/mm ²]	210000	200000

Eurokod 3 Smukłość przy zwichrzeniu – przykład

EC 3-1-1: S355

■ Klasyfikacja

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 0,81$$

– Stopka

$$c/t = 6,78 < 7,3 = 9\varepsilon$$

klasa 1

– Środek

$$c/t = 45,3 < 58,3 = 72\varepsilon$$

klasa 1

Przekrój = klasa 1

EC 3-1-4: Duplex

■ Klasyfikacja

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y} \frac{E}{210000}} = 0,71$$

– Stopka

$$c/t = 6,78 < 7,76 = 11\varepsilon$$

klasa 3

– Środek

$$c/t = 45,3 < 58,3 = 72\varepsilon$$

klasa 3

Przekrój = klasa 3

Eurokod 3 Smukłość przy zwichrzeniu – przykład

EC 3-1-1: S355

- nośność

- Klasa 1

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{pl} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 196 \text{ kNm}$$

EC 3-1-4: Duplex

- nośność

- Klasa 3

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{el} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 202 \text{ kNm}$$

Aktualizacja EC 3-1-4:

- Klasyfikacja: bliższa stali węglowej

- Przekrój = klasa 2

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{pl} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 226 \text{ kNm}$$

Eurokod 3 Smukłość przy zwichrzeniu – przykład

Sprężysty moment krytyczny:

$$M_{cr} = C_1 \frac{\pi^2 EI_z}{(k_z L)^2} \left\{ \sqrt{\left[\left(\frac{k_z}{k_\omega} \right)^2 \frac{I_\omega}{I_z} + \frac{(k_z L)^2 GI_T}{\pi^2 EI_z} + (C_2 z_g)^2 \right]} - C_2 z_g \right\}$$

	EC 3-1-1: S355	EC 3-1-4: duplex
C_1 [-]	1,04	1,04
C_2 [-]	0,42	0,42
k_z [-]	1	1
k_ω [-]	1	1
z_g [mm]	160	160
I_z [mm ⁴]	$5,6 \cdot 10^6$	$5,6 \cdot 10^6$
I_T [mm ⁴]	$1,2 \cdot 10^5$	$1,2 \cdot 10^5$
I_ω [mm ⁶]	$1,2 \cdot 10^{11}$	$1,2 \cdot 10^{11}$
E [MPa]	210000	200000
G [MPa]	81000	77000
M_{cr} [kNm]	215	205

Eurokod 3 Smukłość przy zwichrzeniu - przykład

Odporność na zwichrzenie

	EC 3-1-1: stal czarna S355	EC 3-1-4: stal nierdzewna duplex	EC 3-1-4: Aktualizacja
W_y [mm ³]	5,5.10⁵	4,9.10⁵	5,5.10⁵
f_y [N/mm ²]	355	450	450
M_{cr} [kNm]	215	205	205
$\bar{\lambda}_{LT}$ [-]	0,96	1,04	1,10
α_{LT} [-]	0,49	0,76	0,76
$\bar{\lambda}_{LT,0}$ [-]	0,2	0,4	0,4
ϕ_{LT} [-]	1,14	1,29	1,37
χ_{LT} [-]	0,57	0,49	0,46
γ_{M1} [-]	1,0	1,1	1,1
$M_{b,Rd}$ [kNm]	111	99	103

Eurokod 3 Smukłość przy zwichrzeniu – przykład

■ Porównanie

	EC 3-1-1: stal czarna S355	EC 3-1-4: stal nierdzewna duplex	EC 3-1-4: przyszła aktualizacja
f_y [N/mm ²]	355	450	450
γ_{M0} [-]	1,0	1,1	1,1
γ_{M1} [-]	1,0	1,1	1,1
$M_{c,Rd}$ przekroju	196	202	226
Nośność na zwichrzenie $M_{b,Rd}$	110	98	102

- W podanym przykładzie stal czarna i nierdzewna wykazują zbliżoną odporność na zwichrzenie.
- Jakkolwiek: Ostatnie badania i publikacje naukowe wskazują, że podane wartości powinny być bardziej dostosowane do warunków rzeczywistych
 ⇒ są zbyt konserwatywne.

Część 4

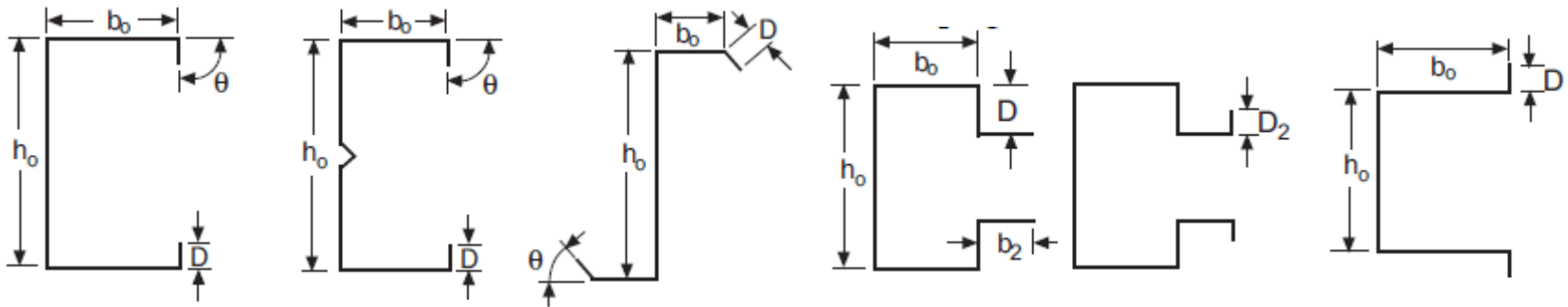
Metody alternatywne

Metody alternatywne

- Metoda (DSM) Direct strength method
 - Część przepisów amerykańskich
 - Dla profili cienkościennych
- Metoda (CSM) Continuous strength method
 - Uwzględnia pozytywne oddziaływania umocnienia zgniotowego
- Metoda elementów skończonych

Metoda DSM (Direct strength method)

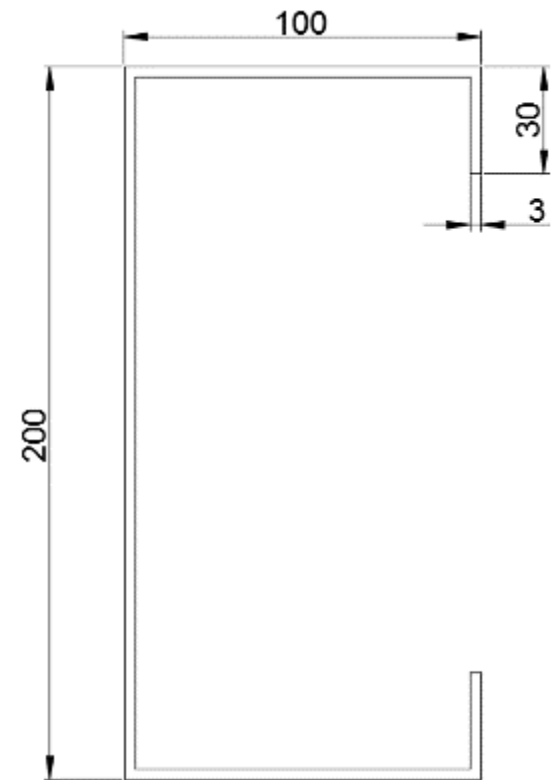
- AISI Załącznik 1
- Bardzo prosta i oczywista metoda
- Stosowana dla przekrojów cienkościennych



- Wymaga „analizy wyboczenia sprężystego”
 - Metoda teoretyczna opisana w literaturze
 - Metoda pasm skończonych (na przykład CUFSM)
- Więcej informacji na: <http://www.ce.jhu.edu/bschafer/>

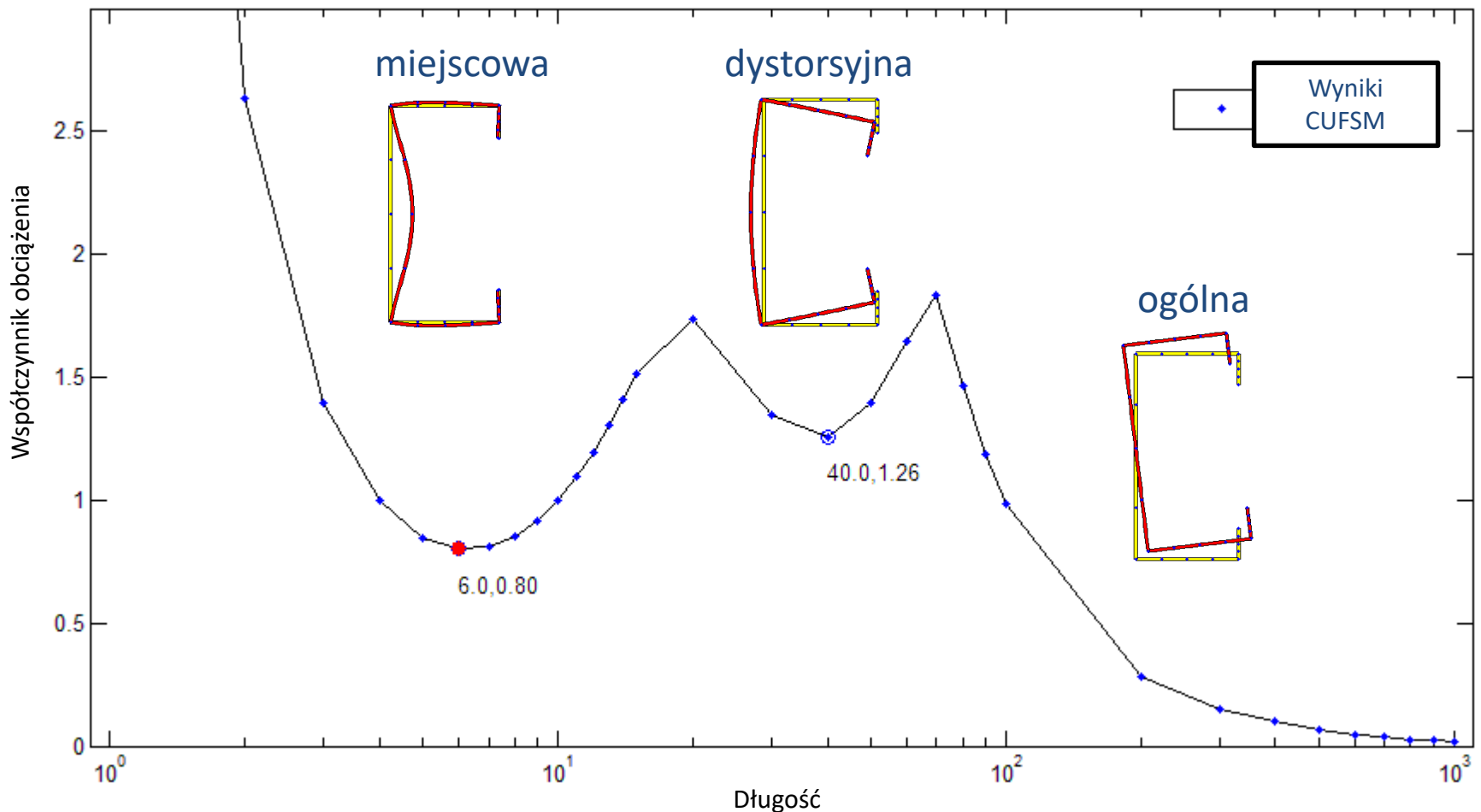
Metoda DSM (Direct strength method) – przykład

- Ceownik półzamknięty poddany ścisnaniu
- Ferrytyczna stal nierdzewna
 - Wysokość kolumny:
 - EN 1.4003
 - $f_y = 280 \text{ N/mm}^2$
 - $f_u = 450 \text{ N/mm}^2$
 - $E = 220000 \text{ N/mm}^2$



Metoda DSM (Direct strength method) – przykład

- Pierwszy krok: określenie wyboczenia sprężystego – postaci niestateczności



Metoda DSM (Direct strength method) – przykład

- Wyniki analizy = obciążenie wyboczenia sprężystego
 - W przykładzie współczynnik obciążenia dla wyboczenia sprężystego wynosi:
 - miejscowo: 0,80
 - dystorsyjnie: 1,26
 - ogólnie: 0,28
- Drugi krok: obliczenie wytrzymałości nominalnej dla
 - Wyboczenia miejscowego \Rightarrow jedno równanie
 - Wyboczenia dystorsyjnego \Rightarrow jedno równanie
 - Wyboczenia ogólnego \Rightarrow jedno równanie

Metoda DSM (Direct strength method) – przykład

- Nominalna wytrzymałość wyboczenia ogólnego P_{ne}

- $\lambda_c = \sqrt{P_y/P_{cre}} = 1,88$

- $P_y = Af_y = 376 \text{ kN}$

- $P_{cre} = 0,28 * 376 = 107 \text{ kN}$

For $\lambda_c \leq 1,5$ $P_{ne} = (0,658^{\lambda_c^2})P_y$

For $\lambda_c > 1,5$ $P_{ne} = \left(\frac{0,877}{\lambda_c^2}\right)P_y$

- $P_{ne} = 93,81 \text{ kN}$

Metoda DSM (Direct strength method) – przykład

- Nominalna wytrzymałość wyboczenia miejscowego P_{nl}

$$- \lambda_l = \sqrt{P_{ne}/P_{crl}} = 0,56$$

$$- P_{crl} = 0,80 * 376 = 302 \text{ kN}$$

$$\text{For } \lambda_l \leq 0,776$$

$$P_{nl} = P_{ne}$$

$$\text{For } \lambda_l > 0,776$$

$$P_{nl} = \left[1 - 0,15 \left(\frac{P_{crl}}{P_{ne}} \right)^{0,4} \right] \left(\frac{P_{crl}}{P_{ne}} \right)^{0,4} P_{ne}$$

- $P_{nl} = 93,81 \text{ kN}$

Metoda DSM (Direct strength method)

– przykład

- Nominalna wytrzymałość wyboczenia dystorsyjnego P_{nd}

- $\lambda_d = \sqrt{P_y / P_{crd}} = 0,89$

- $P_{crd} = 1,26 * 376 = 473 \text{ kN}$

For $\lambda_d \leq 0,561$

$$P_{nd} = P_y$$

For $\lambda_d > 0,561$

$$P_{nd} = \left[1 - 0,25 \left(\frac{P_{crd}}{P_y} \right)^{0,6} \right] \left(\frac{P_{crd}}{P_y} \right)^{0,6} P_y$$

- $P_{nd} = 344,56 \text{ kN}$

Metoda DSM (Direct strength method) – przykład

- Trzeci krok : wytrzymałość osiowa stanowi „jedynie” minimum wytrzymałości nominalnej
 - Miejscowej: $P_{nl} = 93,81 \text{ kN}$
 - Dystorsyjnej: $P_{nd} = 344,56 \text{ kN}$
 - Ogólnej: $P_{ne} = 93,81 \text{ kN}$

$$\Rightarrow P_n = 93,81 \text{ kN}$$

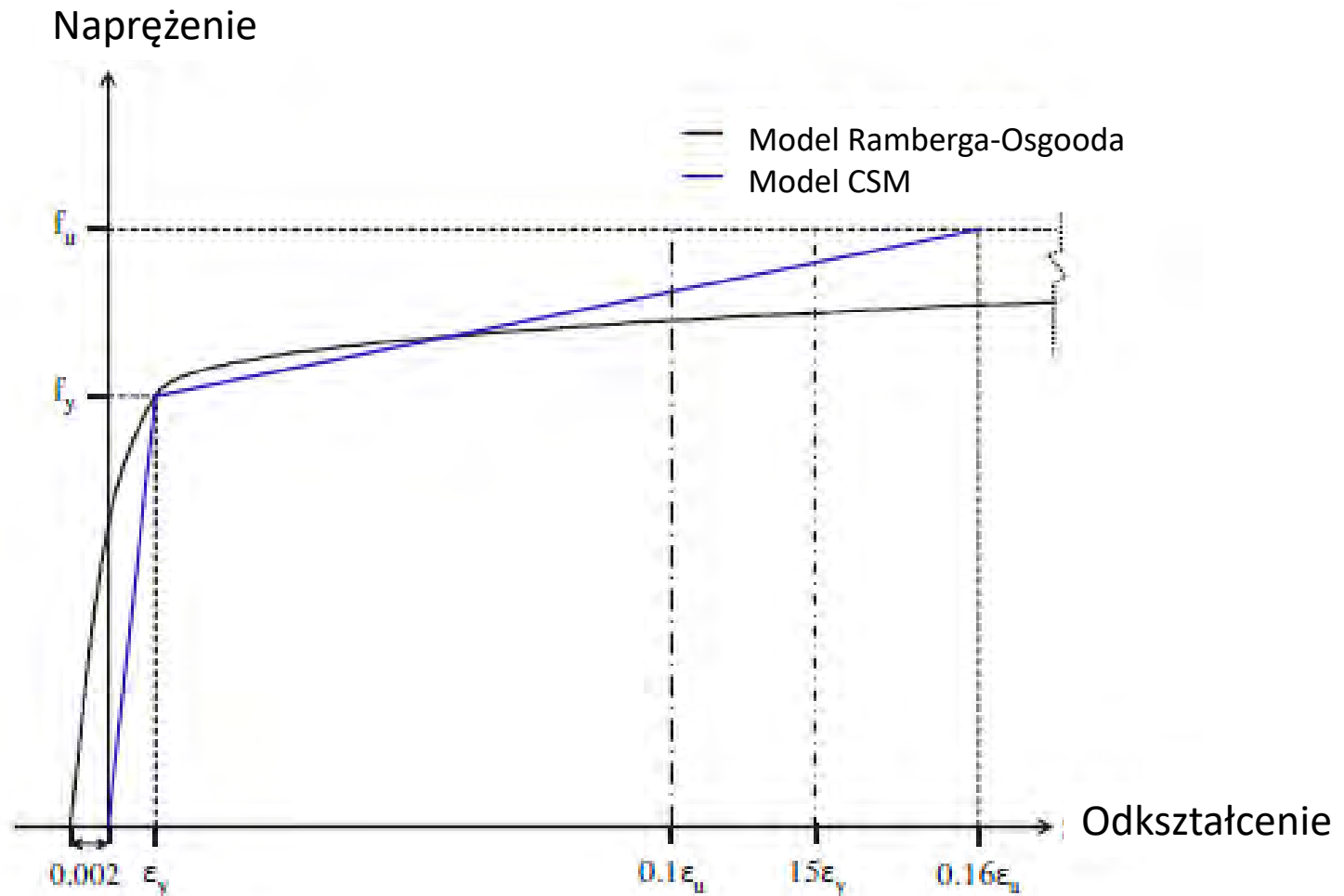
Metoda CSM (Continuous strength method)

- Charakterystyka materiałowa stali nierdzewnej:
 - Nieliniowy model materiałowy
 - Umocnienie zgniotem
 - Konwencjonalne metody projektowania nie są w stanie wykorzystać pełnego potencjału charakterystyki przekrojów

Metoda *Continuous strength method (CSM)* stosuje model materiałowy uwzględniający umocnienie zgniotem

Metoda CSM (Continuous strength method)

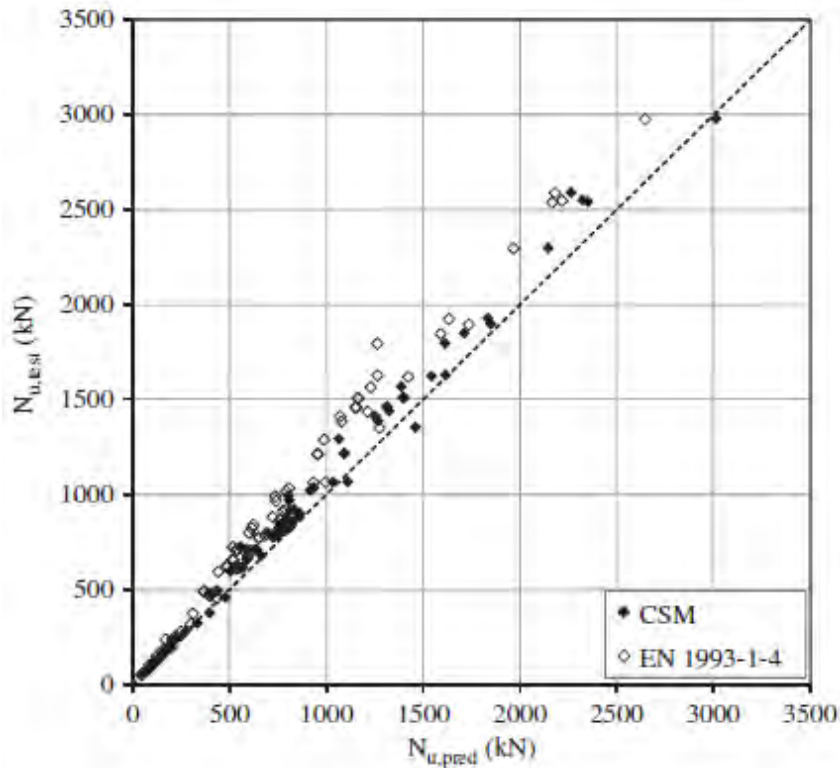
- Model materiałowy rozpatrywany w metodzie CSM



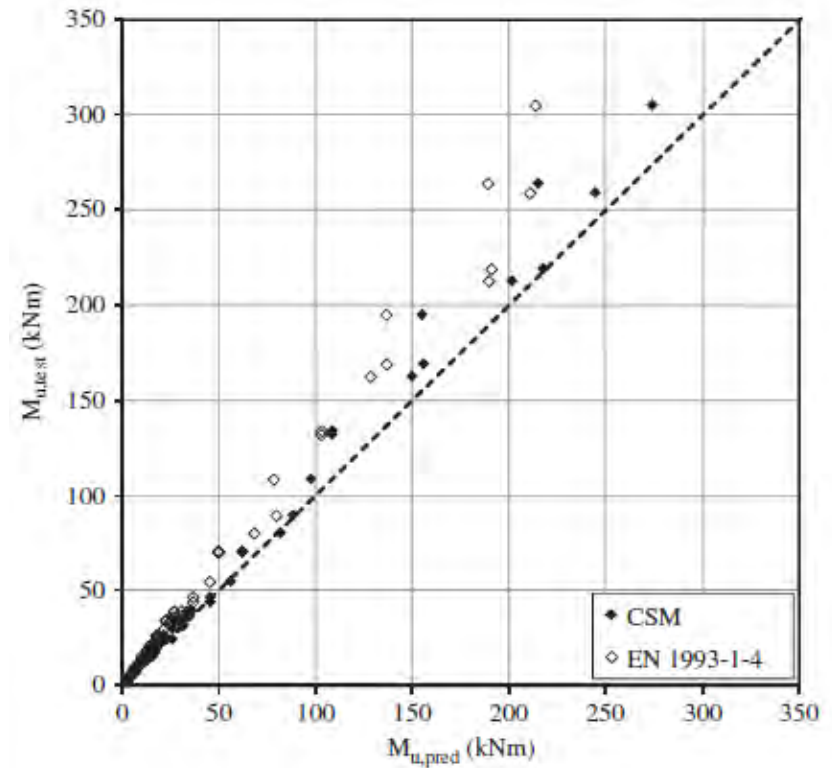
Metoda CSM (Continuous strength method)

Porównanie metod EC3 i CSM – obliczenia i wyniki badań:

Ściskanie



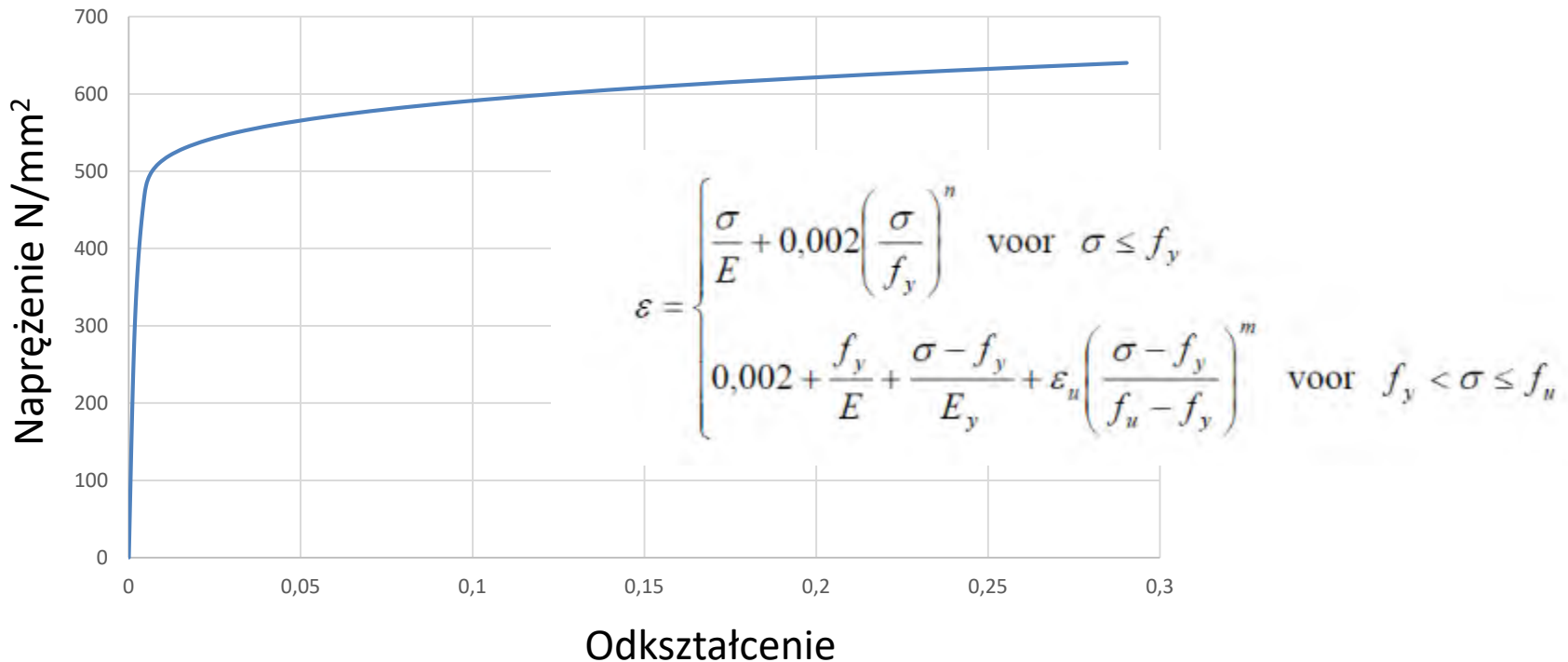
Zginanie



Metoda CSM bardziej dokładnie oddaje zachowania przekroju

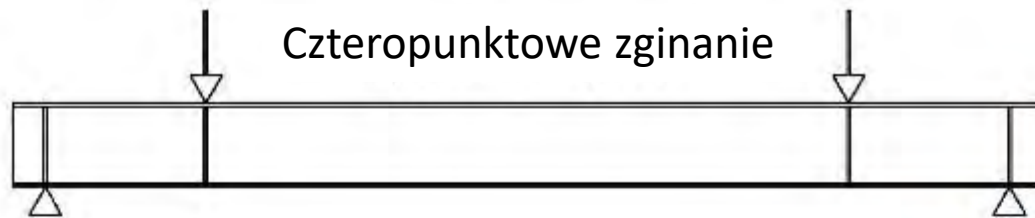
Metoda elementów skończonych

- Charakterystyczną krzywą naprężenie-odkształcenie materiału można dokładnie modelować (np. zgodnie z modelem materiałowym Ramberga-Osgooda lub z zastosowaniem wyników badań wyznaczonych dla próbek wytrzymałościowych)

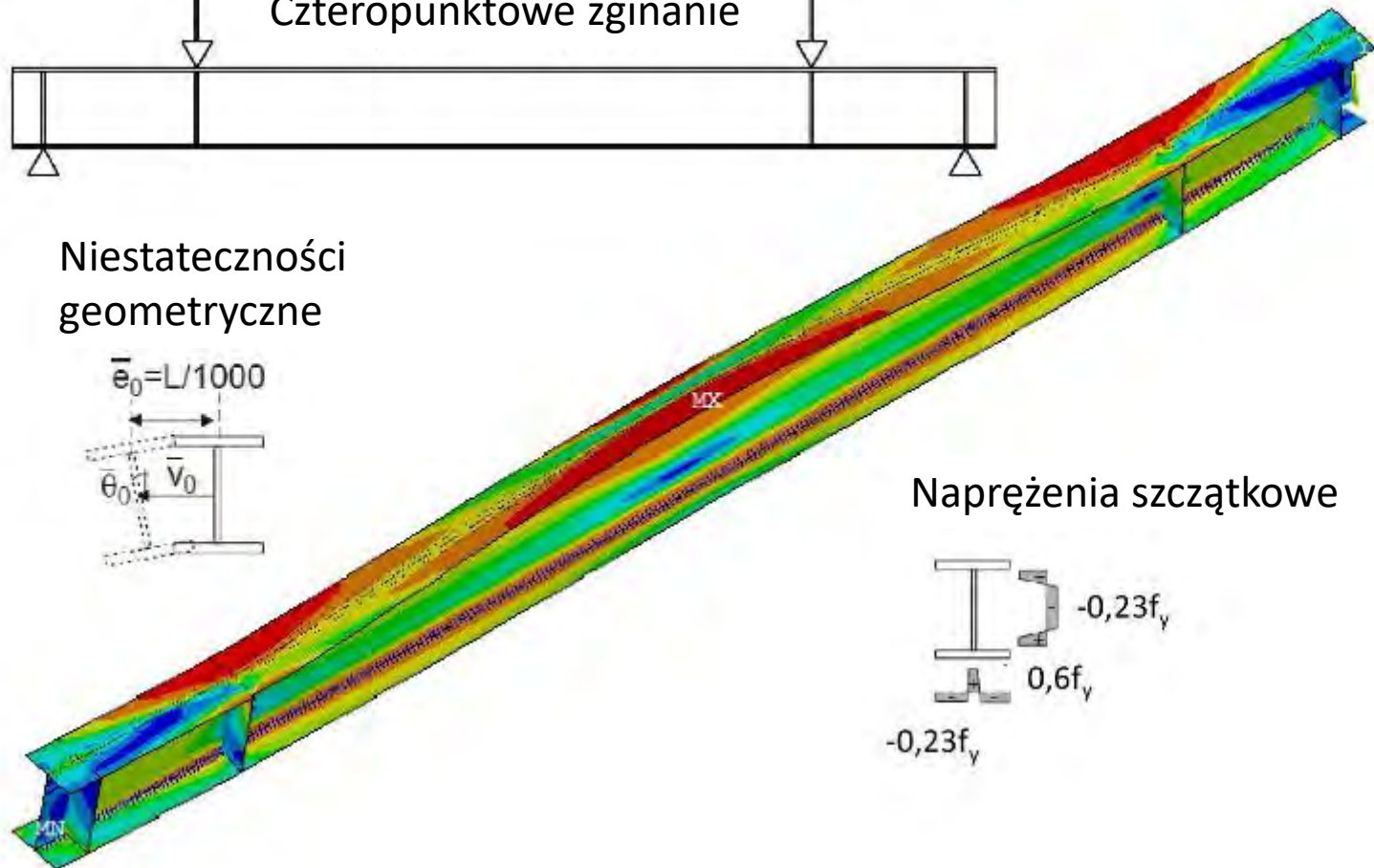
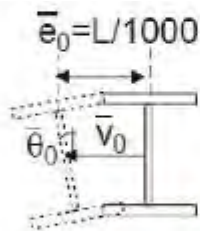


Metoda elementów skończonych

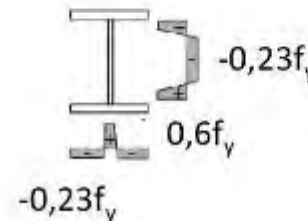
- Dwuteownik poddany zginaniu ulega zwichrzeniu: można modelować wszystkie występujące zjawiska niestateczności



Niestateczności geometryczne

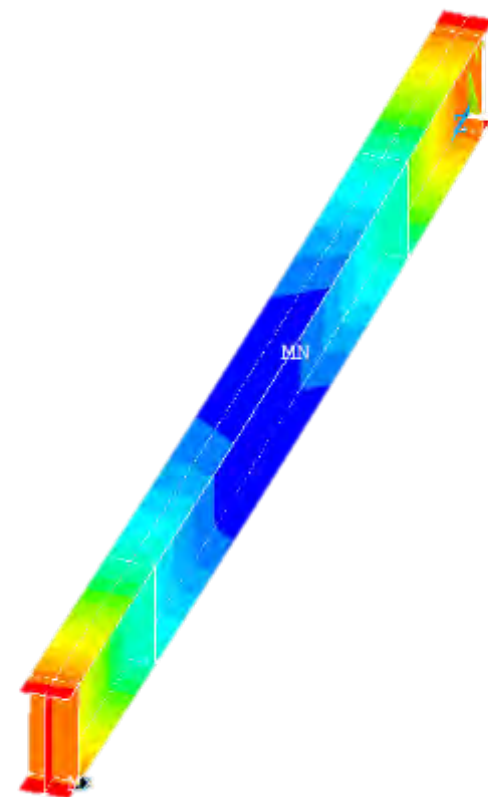
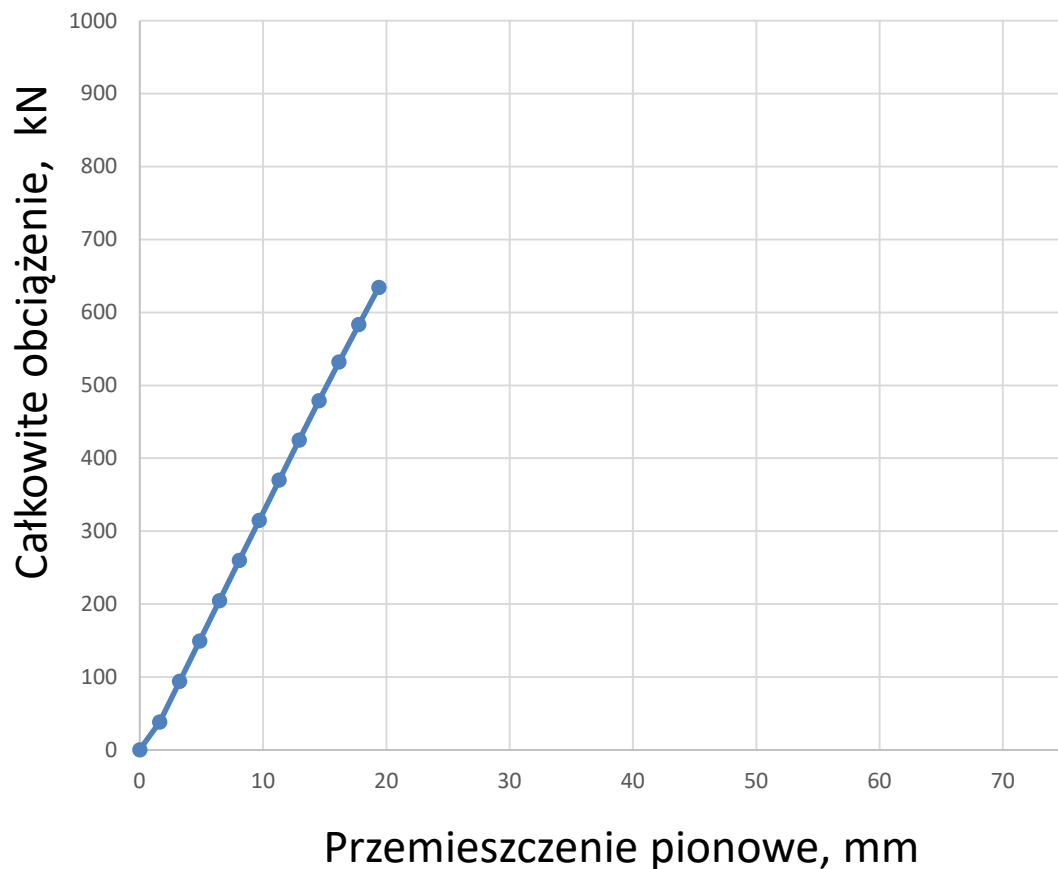


Naprężenia szczytkowe



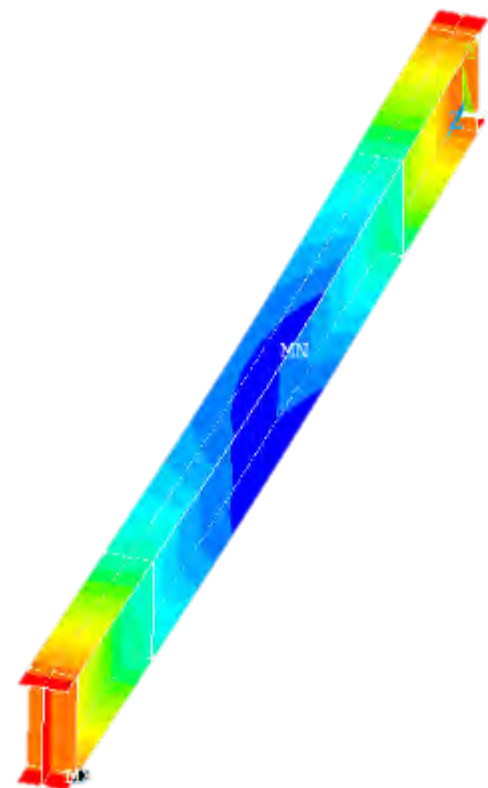
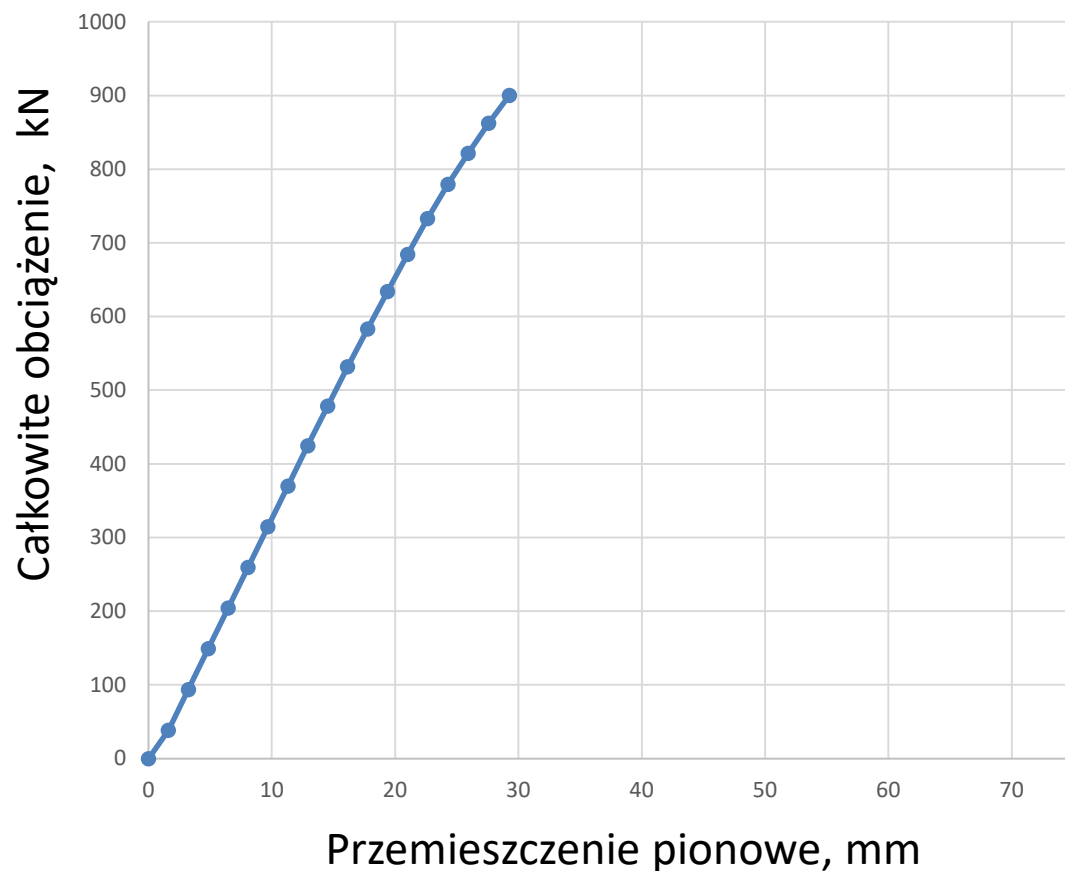
Metoda elementów skończonych

- Można obliczyć krzywą obciążenie-ugięcie
 - Zachowanie sprężyste i pierwsze uplastycznienie



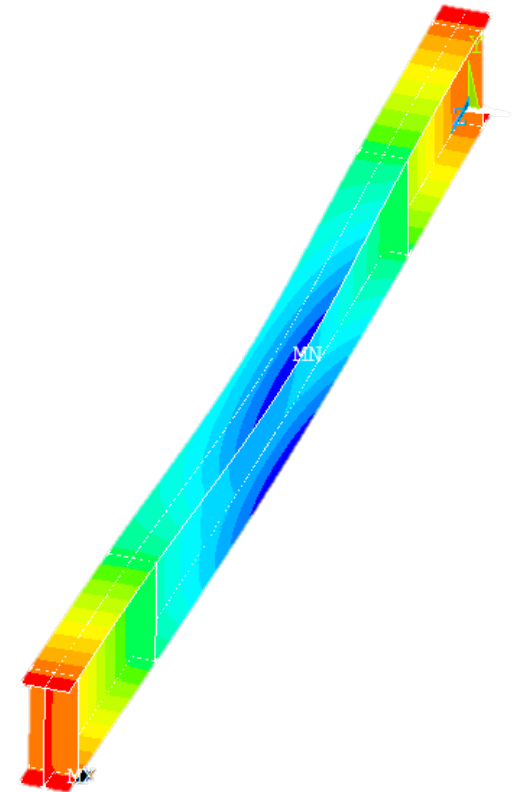
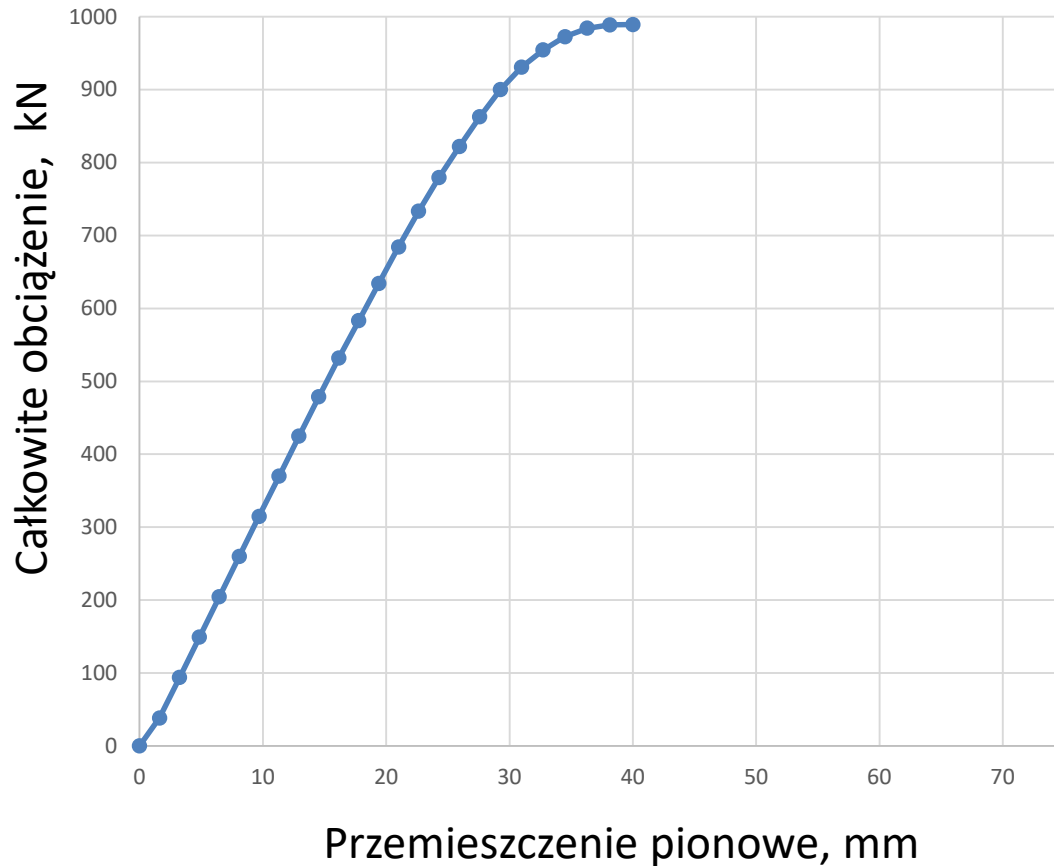
Metoda elementów skończonych

- Wyniki: zjawisko niestateczności \Rightarrow zwichrzenie



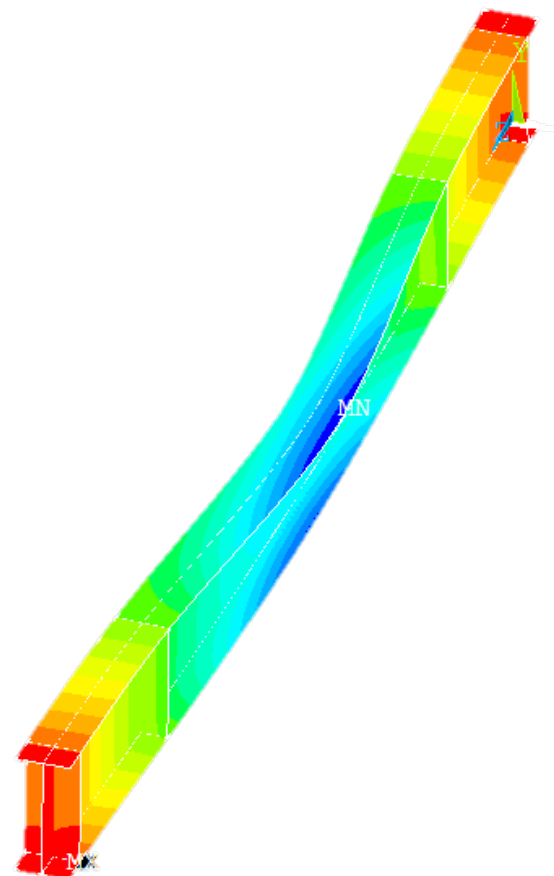
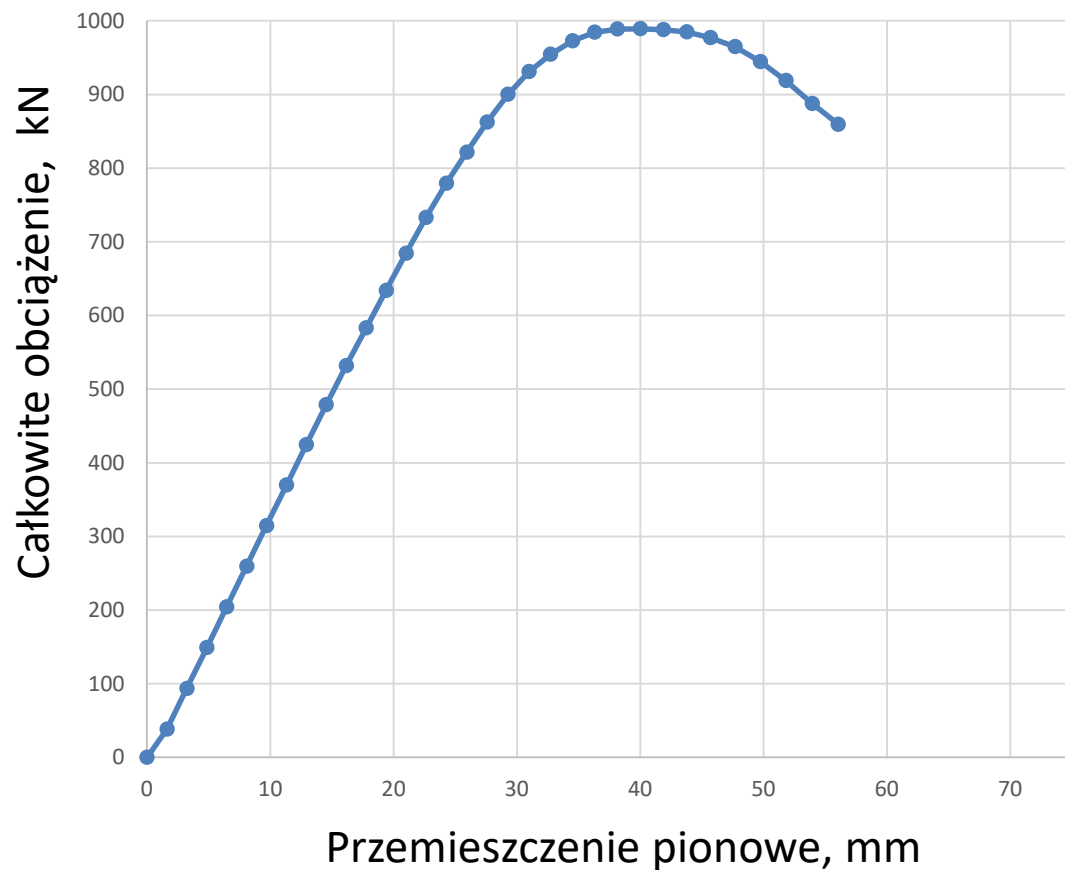
Metoda elementów skończonych

- Wyniki: zjawisko niestateczności \Rightarrow zwichrzenie



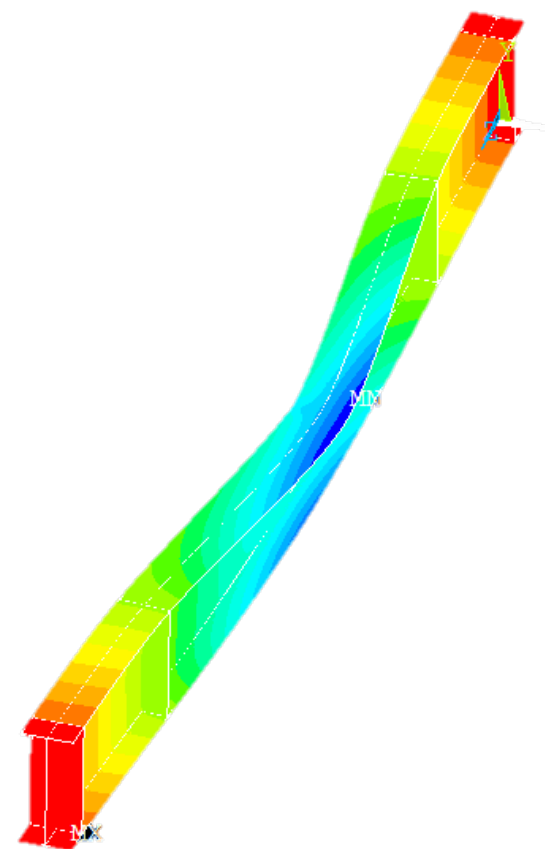
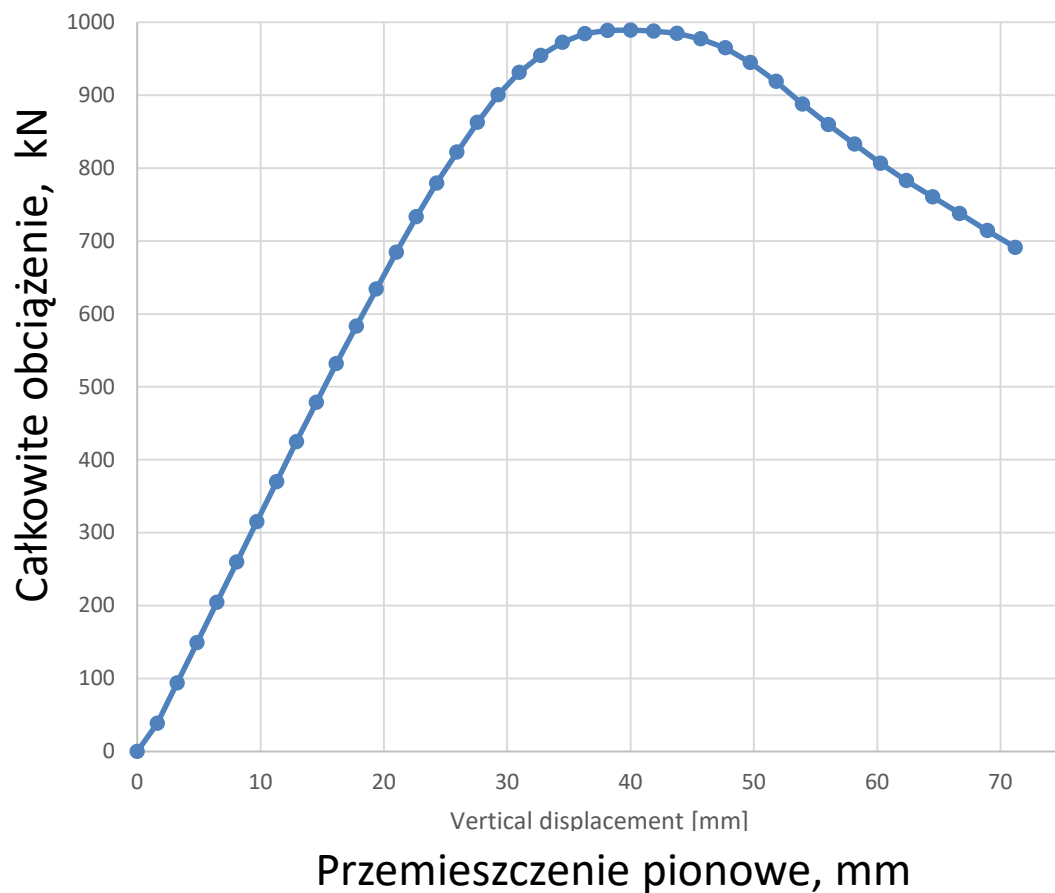
Metoda elementów skończonych

- Wyniki: zachowanie po zwichrzeniu



Metoda elementów skończonych

- Wyniki: zachowanie po zwichrzeniu



Część 5

Ugięcia



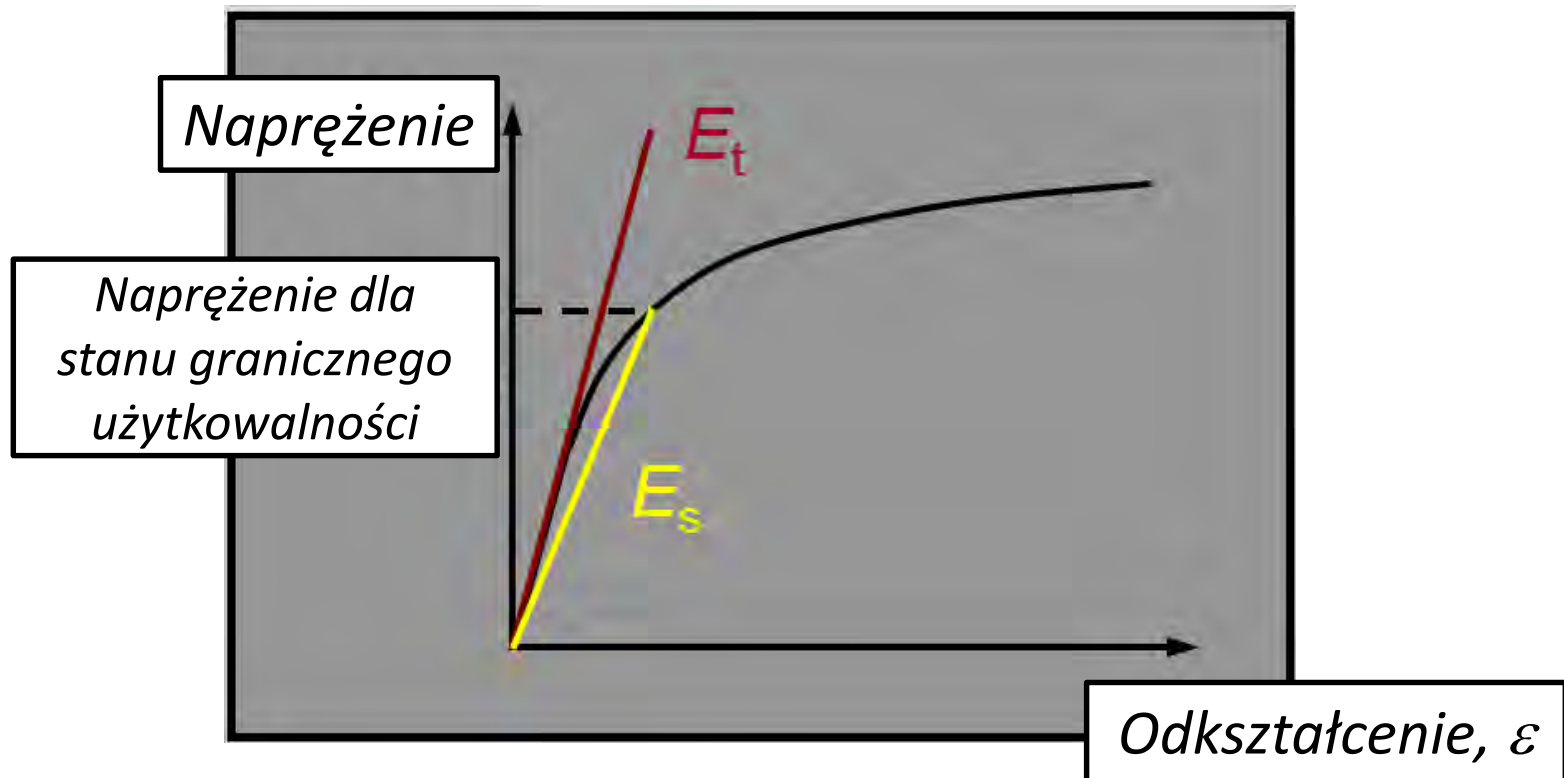
Ugięcia

- Nieliniowa charakterystyka krzywej naprężenie-odkształcenie oznacza, że sztywność stali nierdzewnej ↓ gdy naprężenia ↑
- Ugięcia są niewiele większe w stalach nierdzewnych w porównaniu do stali węglowych
- Określając stany graniczne użytkowości dla naprężeń w elementach, stosować sieczny moduł sprężystości



Ugięcia

Sieczny moduł sprężystości E_s dla naprężeń w elemencie przy wyznaczaniu stanów granicznych użytkowalności





Ugięcia

Sieczny moduł sprężystości E_S wyznaczony zgodnie z modelem Ramberga-Osgooda:

$$E_S = \frac{E}{1 + 0,002 \frac{E}{f} \left(\frac{f}{f_y} \right)^n}$$

f - naprężenia w stanie użytkowalności

n - (wykładnik) – stała materiałowa

Ugięcia w belce z austenitycznej stali nierdzewnej

Poziom naprężenia f / f_y	Sieczny moduł sprężystości, E_s N/mm ²	% ugięcia ↑
0,25	200 000	0
0,5	192 000	4
0,7	158 000	27

f = naprężenia w stanie użytkowości

Część 6

Informacje dodatkowe



Oddziaływanie obciążeń sejsmicznych

- Wysoka plastyczność (austenityczne stale nierdzewne) + wytrzymanie większej liczby cykli obciążenia
→ większa histereza rozpraszania energii pod wpływem obciążeń cyklicznych
- Silne umocnienie zgniotem
→ wzmacnia powstawanie dużych i odkształcalnych stref plastycznych
- Większy wpływ szybkości odkształcania –
→ wyższa wytrzymałość przy dużej szybkości odkształcania

Projektowanie połączeń śrubowych

- Wytrzymałość i odporność korozyjna śrub i łączonego materiału powinny być zbliżone
- Do łączenia elementów ze stali nierdzewnej należy stosować śruby ze stali nierdzewnej, co zapobiega korozji galwanicznej (bimetalicznej)
- Śruby ze stali nierdzewnej można również stosować do łączenia elementów ze stali galwanizowanej i aluminium

Projektowanie połączeń śrubowych

- Dla stali nierdzewnych można generalnie zastosować zasady obowiązujące dla śrub ze stali czarnych w zakresie otworów przejściowych (przy rozciąganiu, ścinaniu)
- Ze względu na konieczność ograniczenia odkształcenia wynikającego z wysokiej plastyczności stali nierdzewnych stosuje się specjalne wymagania dla obliczeń wytrzymałości na docisk

$$f_{u,\text{red}} = 0,5f_y + 0,6f_u \leq f_u$$



Śruby sprężone

Przydatne w konstrukcjach mostów, wież, masztów itd., gdy:

- połączenie podlega wibracjom,
 - należy wyeliminować spoślizg między elementami,
 - występujące siły często zmieniają wartości od dodatnich do ujemnych
-
- Brak zasad projektowych dla śrub sprężonych ze stali nierdzewnej
 - Zawsze należy wykonać stosowne badania



Projektowanie połączeń spawanych

- Dla stali nierdzewnych można stosować zasady projektowe obowiązujące dla stali czarnych
- Należy stosować odpowiednie dla gatunku stali nierdzewnej materiały dodatkowe
- Stale nierdzewne można spawać ze stalami węglowymi, ale wymagane jest odpowiednie przygotowanie połączenia

Wytrzymałość zmęczeniowa

- Wytrzymałość zmęczeniowa połączeń spawanych jest zależna od geometrii spoiny
- Pod tym względem stale nierdzewne austenityczne i duplex są co najmniej tak dobre jak stal węglowa
- Należy stosować zasady obowiązujące dla stali czarnych

Część 7

Zasoby dla inżynierów



Zasoby dla inżynierów

- Centrum informacji online
- Studia przypadków
- Wytyczne projektowe
- Przykłady projektowe
- Oprogramowanie

100
YEARS
OF
STAINLESS
STEEL

A CENTURY OF INNOVATION

From small beginnings a hundred years ago, stainless steel has grown to be an integral part of our lives. Utilised primarily for its corrosion resistance, stainless steel is also found in applications where strength, innovation and aesthetics are important.

[VIEW WEBSITE](#)

ONLINE INFORMATION
CENTRE FOR STAINLESS
STEEL IN CONSTRUCTION

[VIEW WEBSITE](#)

DESIGN MANUAL FOR
STRUCTURAL STAINLESS
STEEL

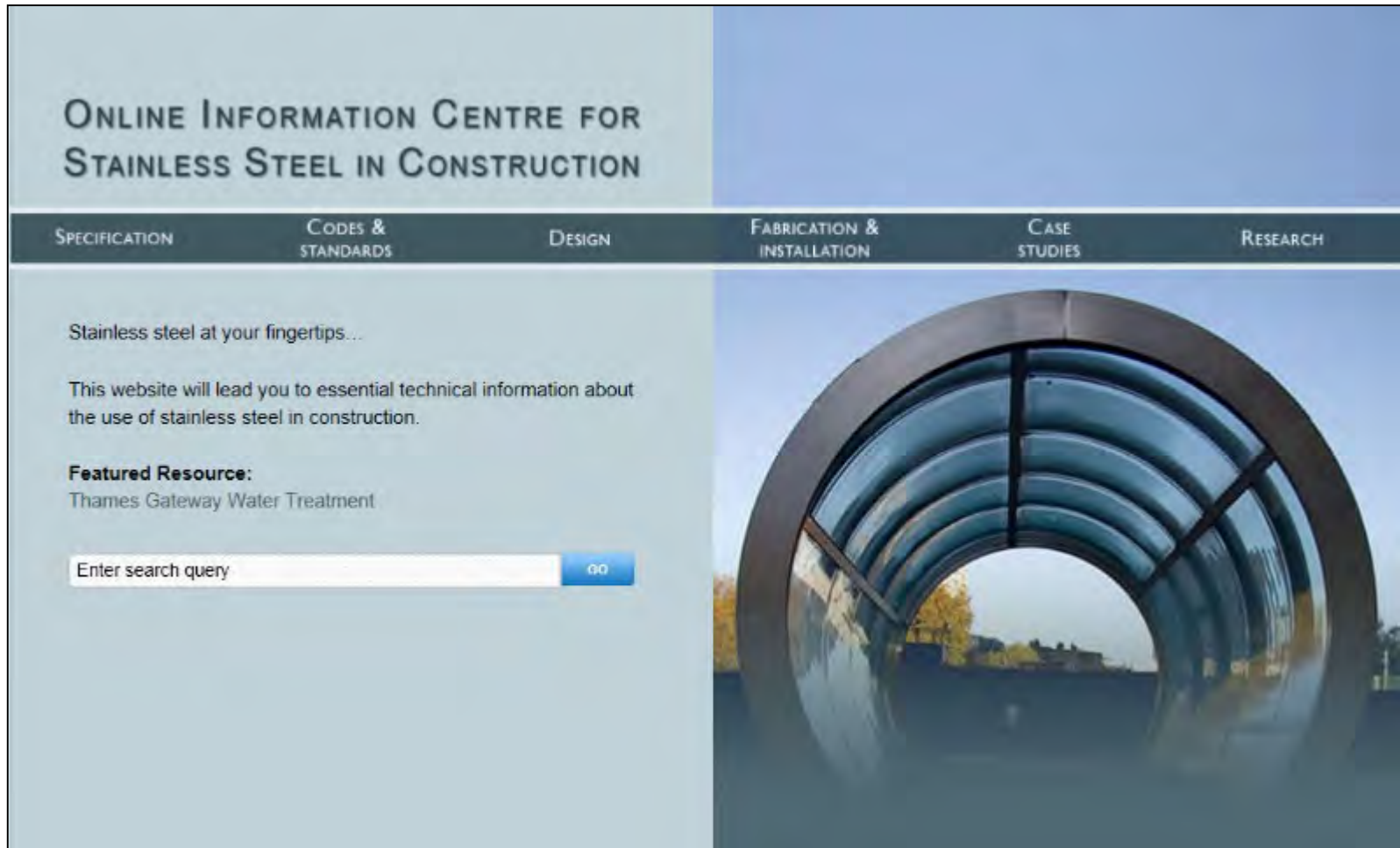
[VIEW PUBLICATION](#)

STRUCTURAL STAINLESS
STEEL CASE STUDIES

[VIEW CASE STUDIES](#)

Stainless in Construction Information Centre

www.stainlessconstruction.com



ONLINE INFORMATION CENTRE FOR
STAINLESS STEEL IN CONSTRUCTION


SPECIFICATION CODES & STANDARDS DESIGN FABRICATION & INSTALLATION CASE STUDIES RESEARCH

Stainless steel at your fingertips...

This website will lead you to essential technical information about the use of stainless steel in construction.

Featured Resource:
Thames Gateway Water Treatment

Enter search query



12 studiów przypadków różnych konstrukcji

www.steel-stainless.org/CaseStudies

SCI
Steel Knowledge

Structural Stainless Steel Case Study 01

Stonecutters Bridge Towers

Stonecutters Bridge, Hong Kong, is a cable stayed structure with a total length of 1596 m and a main span of 1018 m. The bridge crosses the Rambler Channel and is the main entrance to the busy Kwai Chung Container Port. It is visible from many parts of Hong Kong Island and Kowloon. The most striking features of the bridge are the twin tapered mono towers at each end supporting the 50 m wide deck. These tapered towers rise to 295 m above sea level; the lower sections are reinforced concrete while the upper 115 m are composite sections with an outer stainless steel skin and a reinforced concrete core.

Material Selection



Figure 1: General view of Stonecutters Bridge

The design life of the bridge is 120 years. A highly durable material was required for the upper sections of the bridge towers because of the harsh marine and industrial environment. Autoclaved, cast-in-situ concrete maintenance on the towers will be extremely difficult, due to the live traffic beneath. Stainless steel was chosen for the skin of the composite section of the upper tower because of its durability and also its attractive appearance. Carbon steel would have required protective coatings that would have needed reapplying after an estimated 20-30 years.



Figure 2: Mono tower and stay cables

Extensive stainless-steel-clad austenitic steel grades were initially considered but discounted because of their relatively low design strength (220 N/mm²) and concerns regarding corrosion performance, given the roughness of the casted surface finish. Higher alloyed austenitic with better corrosion resistance, e.g. 1.4439 (N08904) and 1.4439 (S31726), were not considered in detail as they would not have met the requirements for cost, availability and strength. Duplex Steel 1.4462 (S32205) was chosen as it has high strength (482 N/mm²) with good corrosion resistance and tolerance of surface finish.

Structural Stainless Steel Case Study 01 Page 1



Wytyczne do projektowania zgodnie z Eurokodami



www.steel-stainless.org/designmanual

- Wytyczne
- Objasnienia
- Przyklady projektowe

Oprogramowanie do projektowania dostępne online:

www.steel-stainless.org/software



Podsumowanie

- Zachowanie konstrukcji:
podobne do konstrukcji ze stali czarnych z pewnymi różnicami wynikającymi z nieliniowej zależności krzywej naprężenie-odkształcenie
- Opracowano szczególne reguły projektowe
- Źródła informacji (wytyczne projektowe, studia przypadków, przykłady praktyczne, oprogramowanie) są łatwo dostępne!

Źródła

- EN 1993-1-1. Eurocode 3: Design of steel structures – Part1-1: General rules and rules for buildings. 2005
- EN 1993-1-4. Eurocode 3: Design of steel structures – Part1-4: Supplementary rules for stainless steel. 2006
- EN 1993-1-4. Eurocode 3: Design of steel structures – Part1-4: Supplementary rules for stainless steel. Modifications 2015
- AISI Standard. North American specification Appendix 1: Design of Cold-Formed Steel Structural Members Using the Direct Strength Method. 2007
- B.W. Schafer. Review: The Direct Strength Method of cold-formed steel member design. Journal of Constructional Steel Research 64 (2008) 766-778
- S.Afshan, L. Gardner. The continuous strength method for structural stainless steel design. Thin-Walled Structures 68 (2013) 42-49



Dziękuję za uwagę

Prezentacja dla wykładowców architektury i budownictwa

Rozdział 08

Wykończenia powierzchni stali nierdzewnej

Spis treści

1. Wykończenia stali nierdzewnych
2. Wykończenia trójwymiarowe
3. Tkaniny druciane
4. Źródła

1 - Wykończenia stali nierdzewnych^{1,2}

- Wykończenia walcownicze
- Wykończenia mechanicznie szlifowane i szczotkowane
- Wykończenia wzorzyste
- Wykończenie śrutowane
- Wykończenia elektropolerowane
- Wykończenia barwione
- Wykończenia barwione elektrolitycznie
- Wykończenie wzorzyste barwione elektrolitycznie
- Powłoki organiczne
- Specjalne wykończenia dekoracyjne

Dostępnych jest
wiele wykończeń
powierzchni

Wykończenie walcownicze

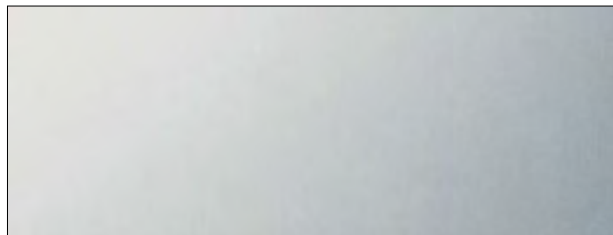
– wyroby walcowane na zimno ^{3,4}

Norma EN 10088-2 w tablicy 6 specyfikuje dostępne wykończenia walcowane na zimno. Dla wybranych podano typowy zakres chropowatości powierzchni Ra.

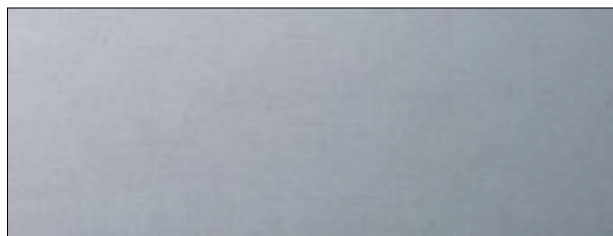
Symbol	Proces technologiczny wytwarzania	Uwagi	Typowe (Ra) μm
2B	walcowanie na zimno, obróbka cieplna, wytrawianie, walcowanie wygładzające	Najbardziej popularne wykończenie zimnowalcowane. Nieodbłaskowe, gładkie, dobrze zachowuje płaskość. Dostępność w danej grubości produktów uzależniona od możliwości technicznych walcowania wygładzającego producenta.	0,1-0,5
2C	walcowanie na zimno, obróbka cieplna, bez usuwania zgorzeliny	Gładkie ze zgorzeliną po obróbce cieplnej, odpowiednie dla elementów przeznaczonych do obróbki skrawaniem lub elementów, z których w późniejszej przeróbce usunięta zostanie zgorzelina lub elementów do zastosowań żaroodpornych.	-
2D	walcowanie na zimno, obróbka cieplna, wytrawianie	Dostępne dla produktów o mniejszej grubości. Wykończenie nie tak gładkie jak 2B, lecz odpowiednie dla większości zastosowań.	0,4-1,0
2E	walcowanie na zimno, obróbka cieplna, mechaniczne usuwanie zgorzeliny	Szorstkie i matowe. Zwykle stosowane dla stali ze zgorzeliną bardzo odporną na działanie roztworów trawiących.	-
2H	utwardzanie przez odkształcanie (umacnianie przez zgniot)	Przeróbka plastyczna na zimno austenitycznych stali nierdzewnych zwiększa własności wytrzymałościowe stali. Powierzchnia gładsza niż 2B.	-
2R	walcowanie na zimno, wyżarzanie jasne (wyżarzanie bez nalotu)	Powierzchnia lustrzana, bardzo gładka. Często dostarczana z folią ochronną do dalszego tłoczenia. Wytwarzane produkty po tłoczeniu zwykle nie wymagają innych etapów obróbki powierzchni.	0,05-0,1
2Q	walcowanie na zimno, hartowanie i odpuszczanie, bez zgorzeliny	Dostępne tylko dla gatunków martenzytycznych np. typu (420). Brak zgorzeliny zapewnia się przez obróbkę cieplną ochronnej lub usuwanie zgorzeliny po obróbce	

Najbardziej popularne wykończenia powierzchni

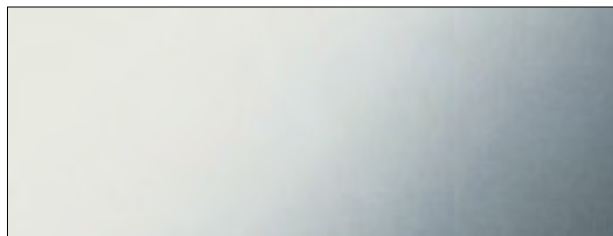
Najbardziej popularne walcownicze wykończenia powierzchni



2B Powierzchnia wytwarzana tak samo jak 2D, lecz ostatnie lekkie walcowanie przy zastosowaniu wysoko wypolerowanych walców nadaje jej gładki, odblaskowy, szary połysk. Jest to obecnie najczęściej stosowany rodzaj wykończenia powierzchni i stanowi materiał wyjściowy dla wykończenia polerowanego i szczotkowanego.



2D Powierzchnia ta jest trochę bardziej obrobiona niż powierzchnia 1D, a uzyskuje się ją przez walcowanie na zimno, obróbkę cieplną i wytrawianie. Matowa powierzchnia o niskim współczynniku odbicia nadaje się do zastosowań przemysłowych i inżynierskich oraz dla zastosowań architektonicznych o mniejszych wymaganiach estetycznych.



2R Poprzez wyżarzanie jasne w środowisku beztlenowym i kolejne walcowanie przy pomocy polerowanych walców uzyskuje się wykończenie o wysokim współczynniku odbicia, które odbija wyraźne obrazy. Ta supergładka powierzchnia jest mniej podatna na gromadzenie unoszących się w powietrzu zanieczyszczeń lub wilgoci niż jakakolwiek inna powierzchnia walcownicza i jest łatwa w czyszczeniu.

Wykończenia specjalne ^{1,3}

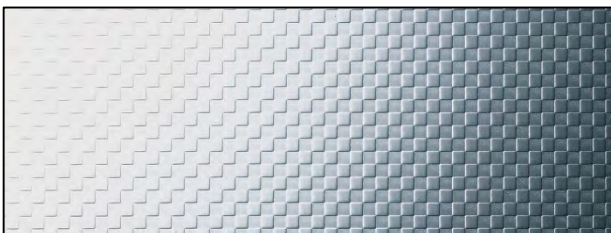
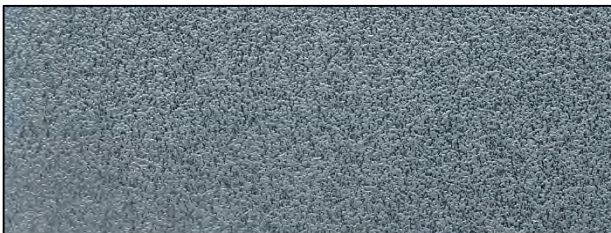
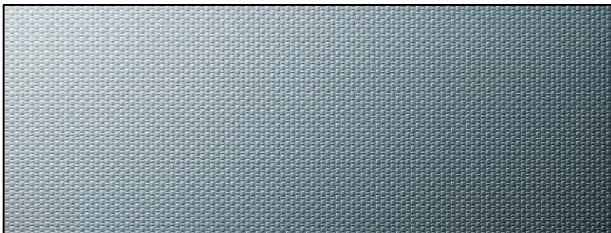
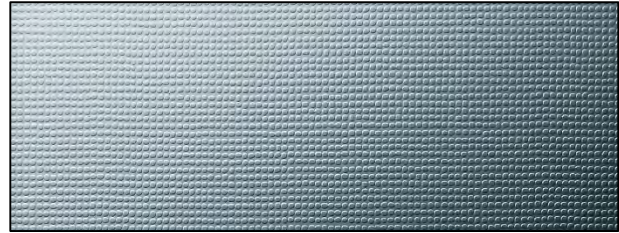
Norma EN 10088-2 w tabelicy 6 specyfikuje dostępne wykończenia specjalne powierzchni. Dla wybranych podano typowy zakres chropowatości powierzchni Ra.

Symbol	Proces technologiczny wykańczania	Uwagi	Typowe (Ra) μm
1G or 2G	Szlifowanie	Może bazować na wykończeniu walcowniczym zarówno typu 1 lub 2. Jednokierunkowa tekstura powierzchni, nieodblaskowa.	-
1J or 2J	Szczotkowanie lub polerowanie na matowo	Może bazować na wykończeniu walcowniczym zarówno typu 1 lub 2. Gładsza niż typu G, jednokierunkowa tekstura powierzchni, nieodblaskowa.	0,2-1,0
1K or 2K	Polerowanie satynowe	Może bazować na wykończeniu walcowniczym zarówno typu 1 lub 2. Najbardziej gładkie spośród specjalnych nieodblaskowych wykończeń powierzchni o odporności korozyjnej odpowiedniej dla większości zastosowań zewnętrznych.	< 0,5
1P or 2P	Polerowanie lustrzane	Może bazować na wykończeniu walcowniczym zarówno typu 1 lub 2. Polerowane mechanicznie odblaskowe wykończenie powierzchni, może być polerowane na lustro.	< 0,1
2F	Walcowanie na zimno, obróbka cieplna, walcowanie wykańczające na szorstkich walcach	Jednorodne nieodblaskowe wykończenie matowe, może bazować zarówno na wykończeniu walcowniczym typu 2B lub 2R.	-
1M or 2M	Wykończenie z powierzchnią wzorzystą	Może bazować na wykończeniu walcowniczym zarówno typu 1 lub 2. Wzór jednostronny. Blachy żeberkowe na podesty (na wykończeniu walcowniczym typu 1) oraz drobne wykończenie wzorzyste (na wykończeniu walcowniczym typu 2) .	-
2W	Fałdowanie	Kształtowane na rolkach profilowych (np. o kształcie trapezowym, sinusoidalnym).	-
2L	Barwienie	Stosowane na płaskich (wykończeniach typu 2R, 2P lub 2K) lub wzorzystych (2M) wykończeniach blach, dostępne w szerokim zakresie kolorystycznym.	-
1S or 2S	Powlekanie powierzchni	Może bazować na wykończeniu walcowniczym zarówno typu 1 lub 2. Zwykle powlekane jednostronnie metalem, takim jak cyna, aluminium lub tytan.	-

Dostępny jest
bardzo szeroki wybór
specjalnych wykończeń
powierzchni

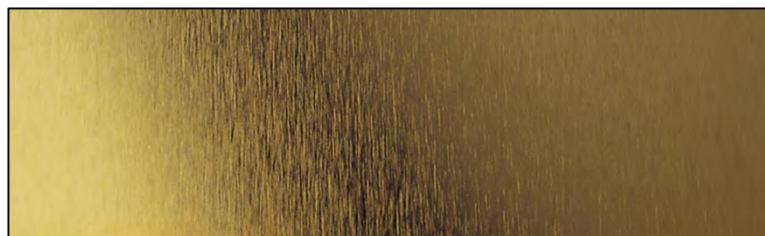
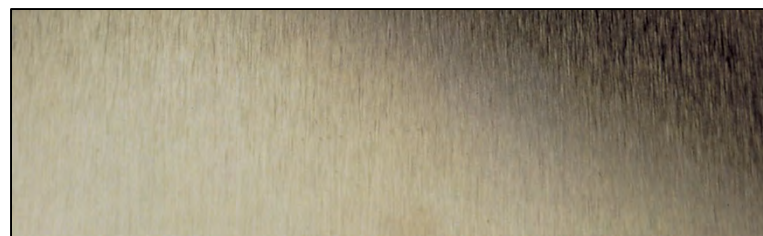
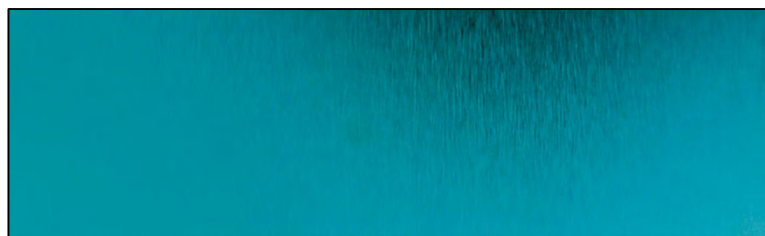
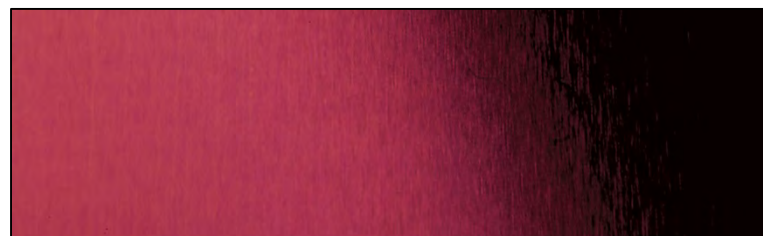
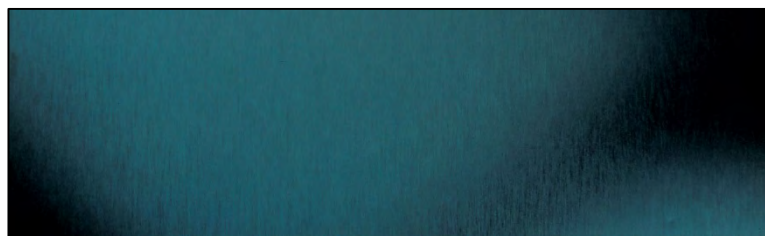
Wykończenia wzorzyste^{4,5,7}

Poniższe przykłady przedstawiają jednostronne wykończenia wzorzyste blach klasyfikowane jako 2M. Tego typu wykończenia dostępne są w wielu wzorach



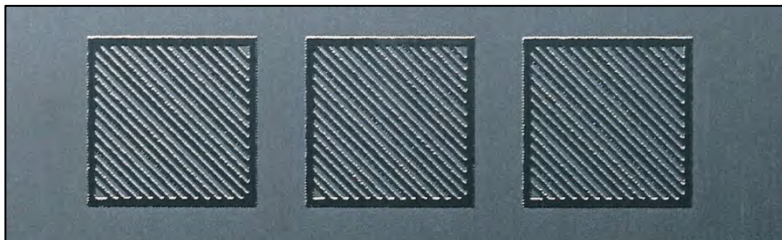
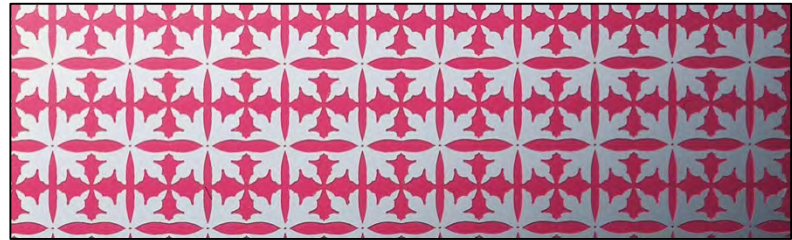
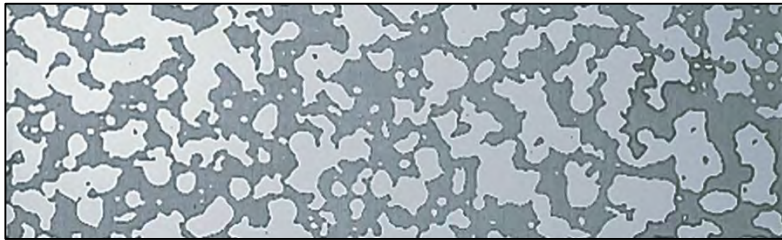
Wykończenia barwione 4,5,7

Poniżej przedstawiono jedynie wybrane przykłady kolorystyczne powierzchni, jakie można uzyskać przez barwienie elektrolityczne stali nierdzewnej



Wytrawianie wzorów 4,5,7

W celu przeniesienia na powierzchnię stali nierdzewnej różnych wzorów opracowano procesy sitodruku i nanoszenia masek fotolitograficznych, które przez wytrawiane w kwasie odwzorowują naniesiony na powierzchnię wzór. Wytrawianie w kwasie usuwa z powierzchni cienką warstwę metalu. Powierzchnia wytrawiona jest matowa, a wygląd powierzchni jest bardziej surowy, co dobrze kontrastuje z niewytrawioną powierzchnią polerowaną na lustro lub satynową. Barwienie elektrolityczne powierzchni może być zastosowane przed lub po procesie wytrawiania.



Wykończenia firmowe^{4,5}

Dostępnych jest wiele specyficznych wykończeń firmowych oraz wykończeń personalizowanych wytwarzanych przez specjalistycznych producentów. Poniżej kilka przykładów takich wykończeń.



Elektropolowanie ⁶



Zapewnia jasną i odblaskową powierzchnię o następujących właściwościach:

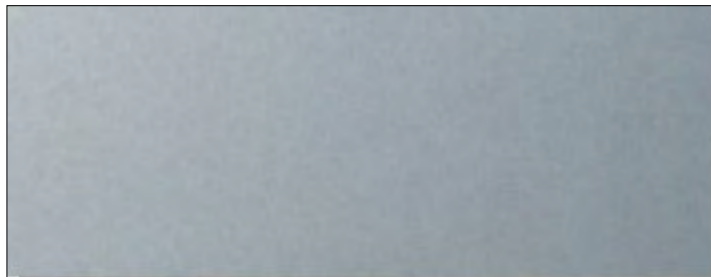
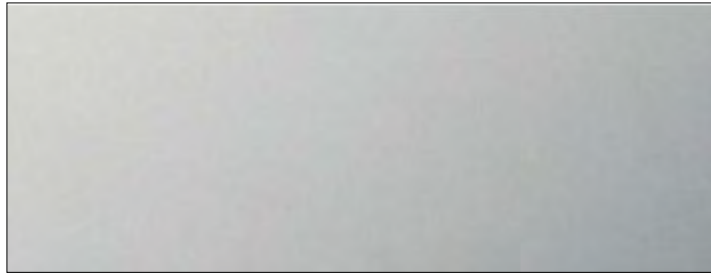
- optymalna odporność korozyjna dla każdego gatunku,
- łatwiejsza dezynfekcja i czyszczenie,
- łatwiejsze usuwanie graffiti z powierzchni,

ale pomimo tego

- nieregularności powierzchni są bardziej widoczne,
- podobnie jak zarysowania i uszkodzenia mechaniczne powierzchni.

Śrutowanie ⁸

(kuleczkowanie, szkiełkowanie)



Wygląd powierzchni zależy od zastosowanego materiału ściernego, np. szklanych kulek (na górze), kruszonego szkła (na dole).

Architekci każdego dnia stosują pełną gamę wykończeń powierzchni dostępnych dla stali nierdzewnych⁷

W rozdziale 02 przedstawiono więcej przykładów budynków, dla których wykończenie powierzchni ma zasadnicze znaczenie estetyczne

2 – Wykończenia trójwymiarowe⁹

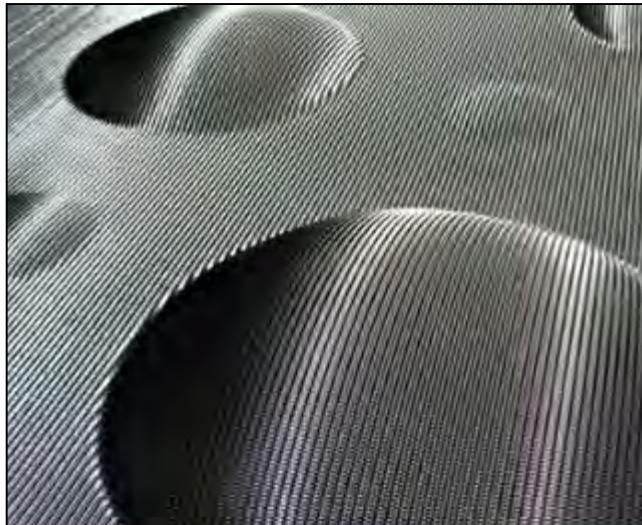
tzn. głębszy trójwymiarowy efekt niż wzory
uzyskane przez wytłaczanie, wykrawanie, cięcie,
profilowanie,

zwykle wykonywany z zastosowaniem
maszyn sterowanych komputerowo

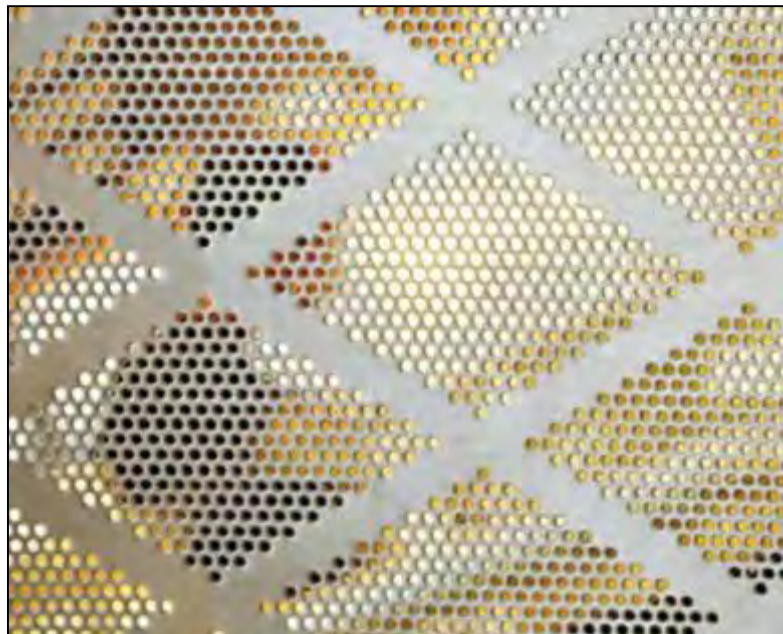
Wzory wytłaczane⁹



Kształty nieregularne⁹ (hydroformowanie)



Blachy perforowane⁹



Półprzeźroczyste panele szklane z perforowaną blachą ¹⁰

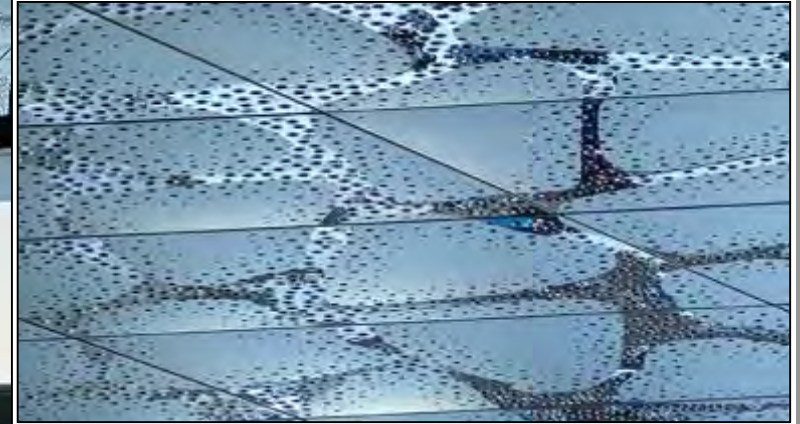


Siatki cięto-ciągnione



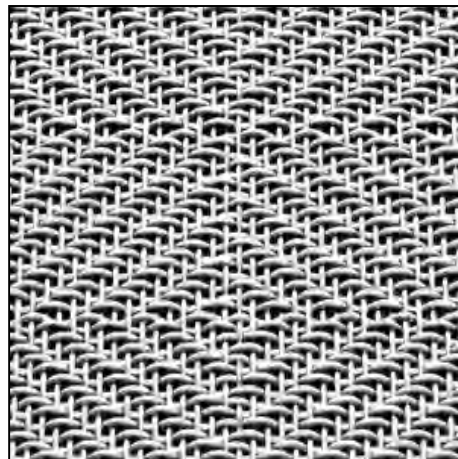
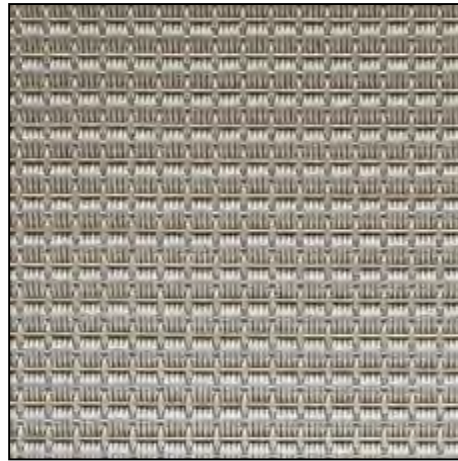
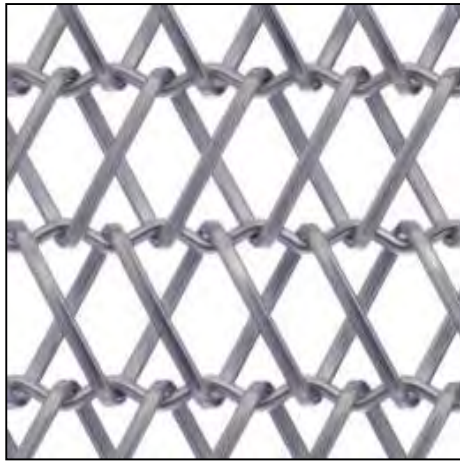
Łączenie różnych technik ¹¹

Budynek Waterfront w Sztokholmie: Sufit wykonany z perforowanej i barwionej stali nierdziennej przedstawia obraz topniejącego lodu – zdjęcie po prawej



3 – Tkaniny druciane

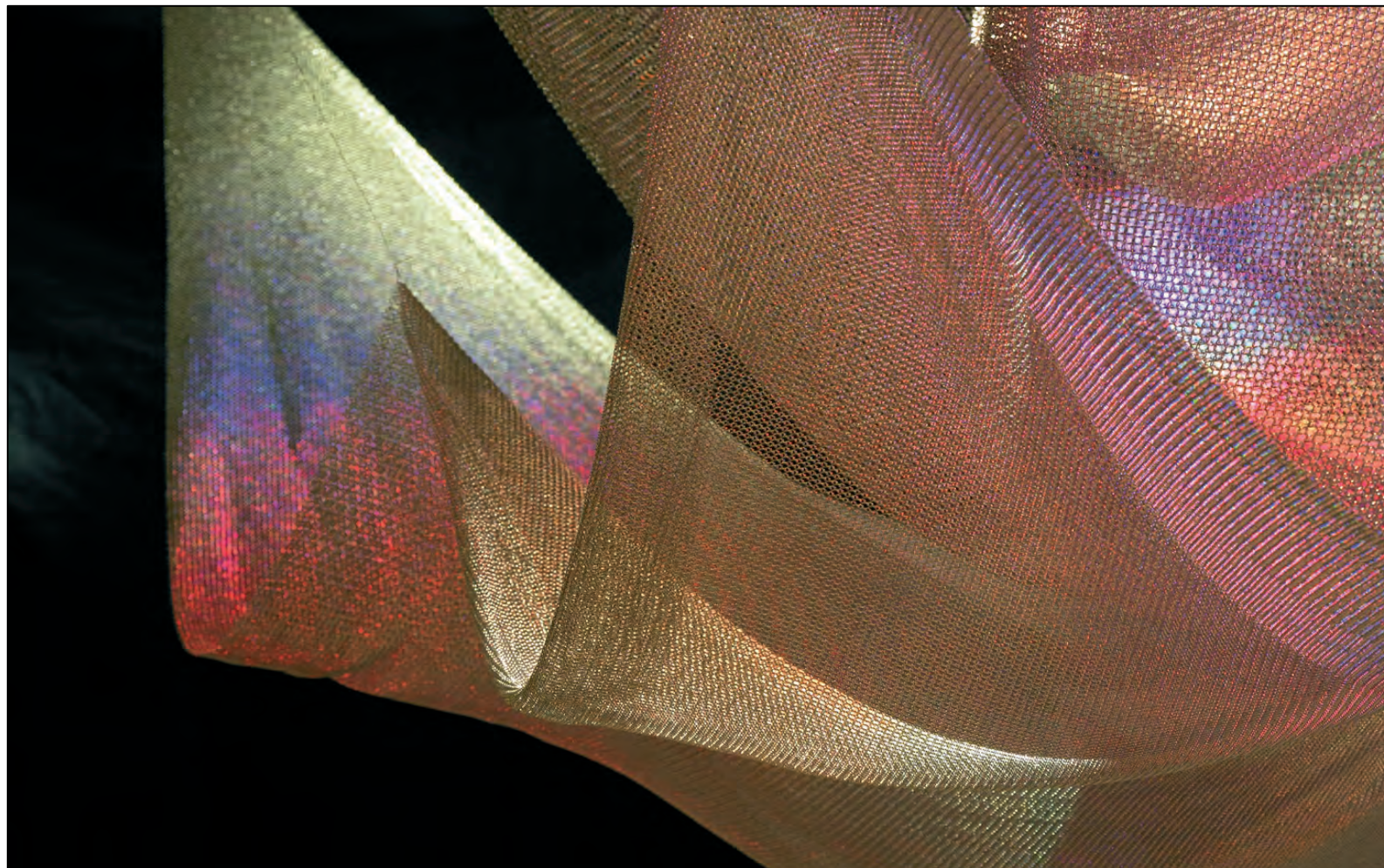
Klasyczne 12-14



Tkaniny ze stali nierdzewnej są dostępne w szerokiej gamie kształtów i wzorów o wybranej:

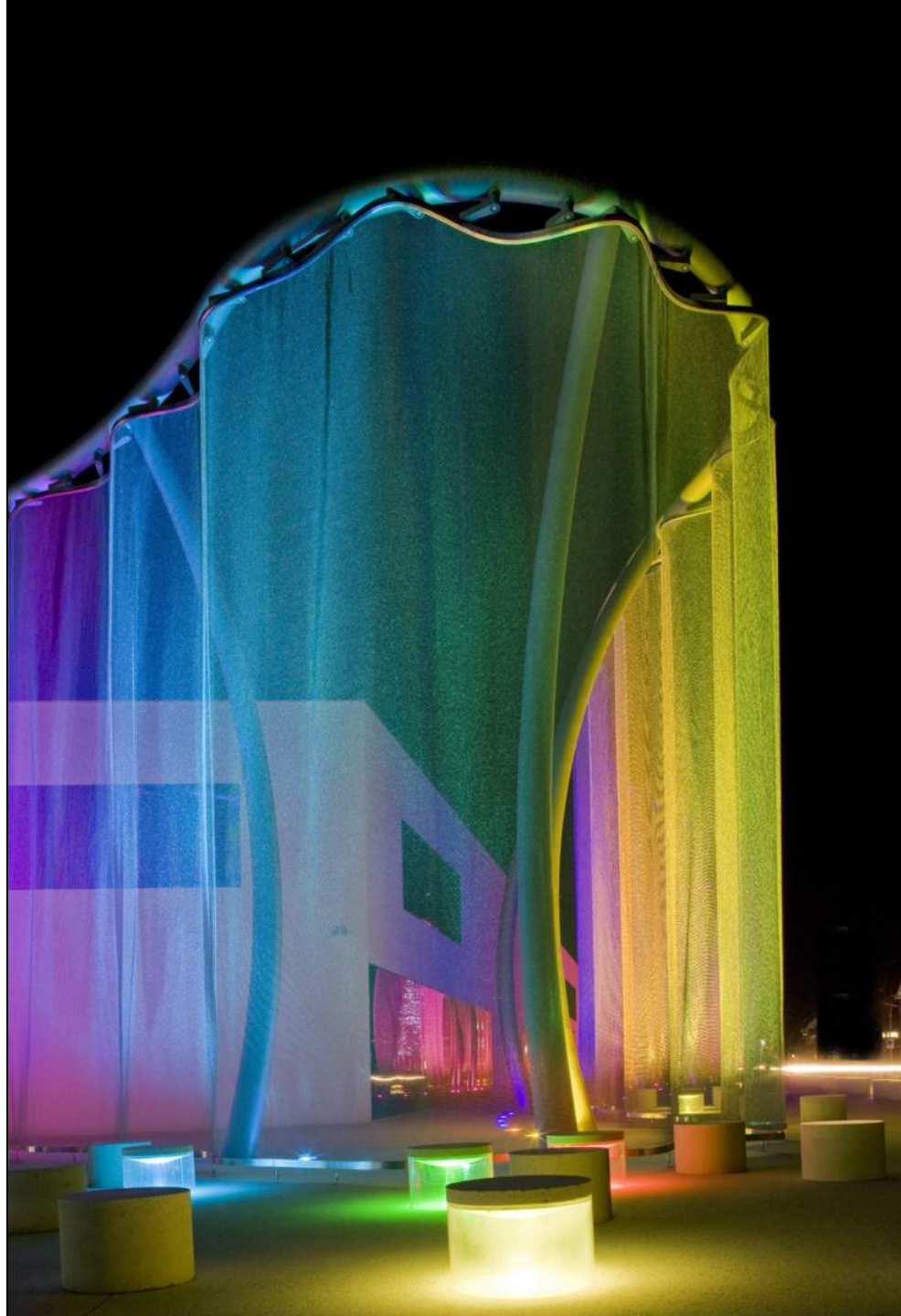
- sztywności,
- przestrzeni otwartej,
- skłonności do rozpraszania światła,
- przepuszczalności akustycznej,
- kolorze,
- Itd.....

Przykład dekoracji za pomocą tkaniny ze stali nierdzewnej

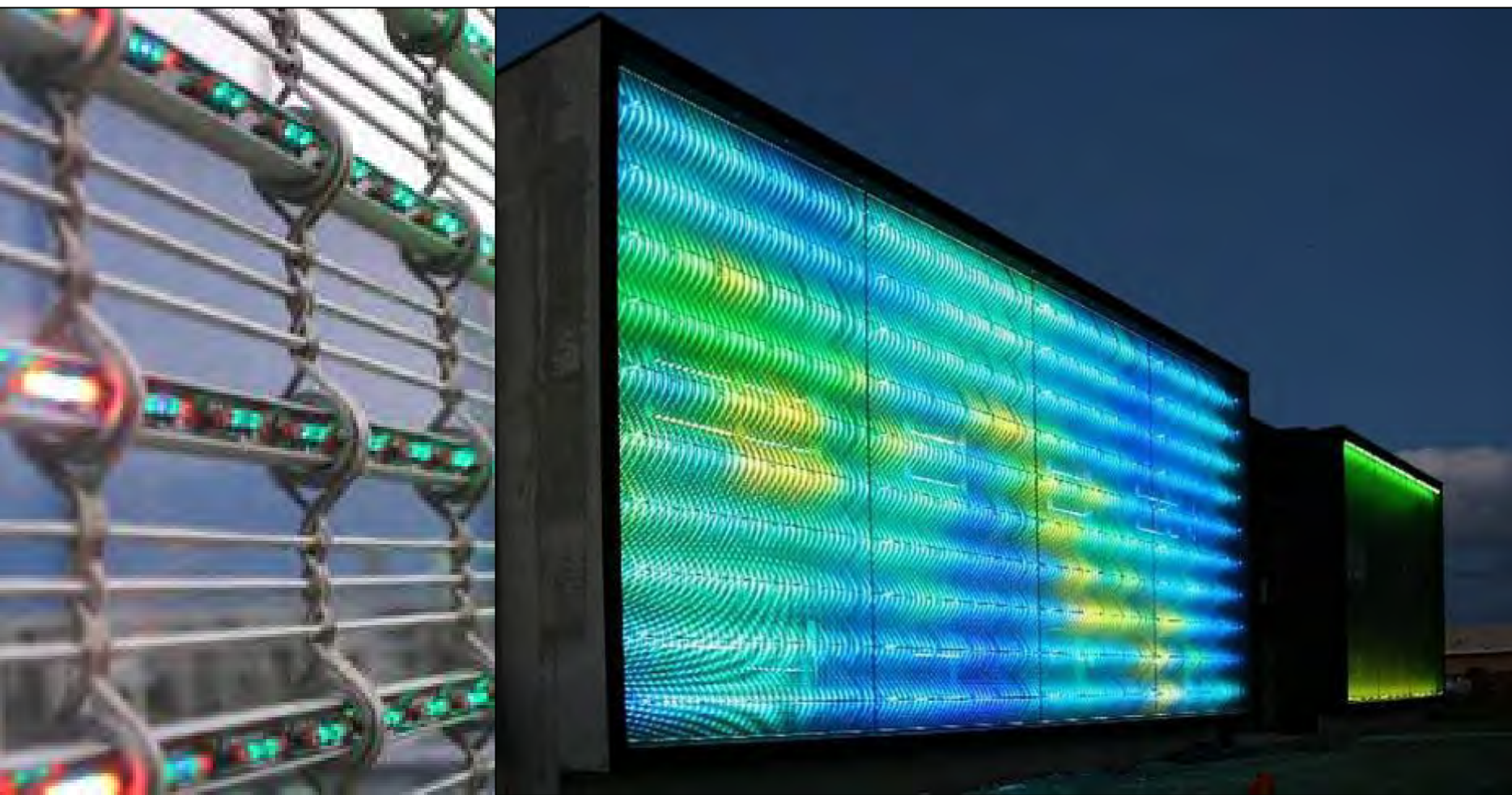


Tkaniny ze stali nierdzewnej (siatki druciane)

Siatki ze stali nierdzewnej są często stosowane w celach dekoracyjnych. Umożliwiają dodatkowe podświetlenie konstrukcji (światłami LED), tak jak na zdjęciu obok (Centrala firmy Swarovski).



Tkanina ze stali nierdzewowej z oświetleniem LED ¹³



4 – Literatura i inne źródła

1. https://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/Euro_Inox/Finishes02_PL.pdf
2. http://www.ssina.com/download_a_file/special_finishes.pdf
3. <http://www.bssa.org.uk/topics.php?article=47>
4. www.uginox.com/sites/default/files/public/Triptyque%20Lusignan_web.pdf
5. <http://www.poligrat.de/home/>
6. https://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/Euro_Inox/Electropolishing_PL.pdf
7. <http://www.legrand-sgm.fr/>
8. https://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/Euro_Inox/3D_Finishes_PL.pdf
9. <https://cambridgearchitectural.com/projects/ft-lauderdale-hollywood-international-airport-rental-car-center>
10. <https://www.exyd.com/waterfront-building.html>
11. <http://cambridgearchitectural.com>
12. <https://gkd.de/architekturgewebe/>
13. <http://www.diedrahtweber-architektur.com/de/anwendungen-architekturgewebe/medienfassade/>
14. https://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/Euro_Inox/RoughnessMeasurement_EN.pdf

Dziękuję za uwagę

Prezentacja dla wykładowców
architektury i budownictwa

Rozdział 09

Łączenie i przetwarzanie stali nierdzewnych

Plan prezentacji

1. Łączenie
2. Przetwarzanie

1 - łączenie

Wszystkie stosowane techniki łączenia!

Proces (poz. Lit.)	Wideo	Charakterystyka
Spawanie (1-5) (powszechnie stosowane)	Spawanie MIG Spawanie TIG Robot spawalniczy	Wysoka wytrzymałość połączeń Brak możliwości demontażu
Złącza śrubowe (powszechnie stosowane)	Przykład	Łatwy montaż na placu budowy Możliwość łączenia różnych materiałów (drewno, szkło, ...) Możliwy demontaż na późniejszym etapie
Lutowanie lutem miękkim/twardym	Lutowanie	Wodoszczelność (stosowane głównie w pokryciach dachowych)
Mechaniczne zaciskanie Fałdowanie inne ...	Mechaniczne zaciskanie	Trwałe połączenia rur Wodoszczelność (stosowane głównie w pokryciach dachowych)
Klejenie (nie często stosowane, ale jego popularność wzrasta)		Zachowana integralność wykończenia powierzchni

Spawanie łukowe

Zalety spawania łukowego

- Własności złącza równe stali w stanie wyżarzonym
- Zapewnia najsilniejsze połączenie
- Może być wykonane w czasie montażu lub w trakcie produkcji
- Łączy materiały cienkie i grube o dowolnym kształcie
- Możliwość łączenia tych samych lub różnoimiennych metali (zwykle ze stalą czarną przy właściwie dobranym materiale dodatkowym do spawania)
- Odporne na zmęczenie przy obciążeniach cyklicznych
- Taka sama odporność korozyjna i żaroodporność jak stali w stanie wyżarzonym

Ograniczenia spawania łukowego

- Nie jest możliwe dla wszystkich gatunków
- Wymaga kwalifikowanych operatorów i procedur
- Może powodować odkształcenia wywołane przez ciepło spawania
- Po spawaniu wymaga dodatkowych operacji obróbki dla dobrego wyglądu wykończenia powierzchni (np. piaskowanie)
- Spadek własności plastycznych w przypadku materiałów przerabianych plastycznie na zimno

Spawanie łukowe

[Wideo: polerowanie połączenia spawanego](#)



Połączenia mechaniczne

Zalety połączeń mechanicznych

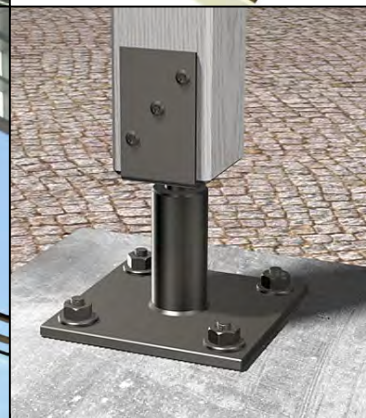
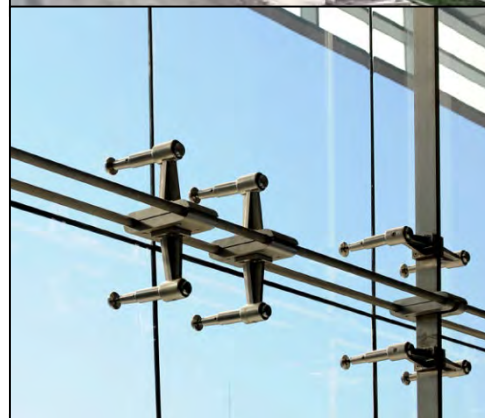
- Mogą być demontowane
- Idealne do montażu na placu budowy
- Szybkie
- Nie wymagają kwalifikowanych wykonawców

Ograniczenia połączeń mechanicznych

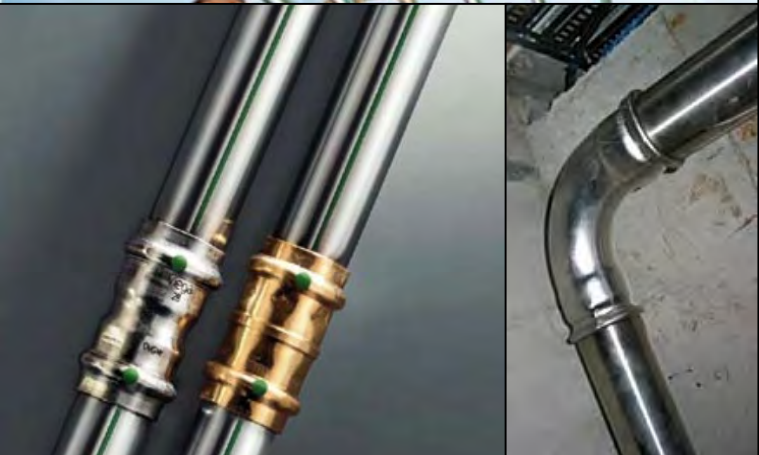
- Nie tak silne jak połączenia spawane
- Mogą powodować korozję szczelinową (porównać rozdział o odporności korozyjnej)

Wybór odpowiedniego zamocowania

Niemiecki Instytut Technologii Budowlanych* wydał rekomendacje dotyczące wyboru zamocowań w zależności od środowiska, w jakim są wykorzystywane. Proszę zapoznać się z Odniesieniem 4, Tabela 1a (klasy ekspozycji) oraz Tabela 8 (gatunki stali nierdzewnych w podziale na klasy)



* Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt)



Mechaniczne
zaciskanie
- press fitting
(proces stosowany tylko dla rur)



Zalety mechanicznego zaciskania

- Idealnie szczelne dla cieczy i gazów
- Szybkie
- Brak płomienia
- Idealnie czyste powierzchnie
- Nie wymagają wykwalifikowanych wykonawców

Ograniczenia mechanicznego zaciskania

- Nie mogą być demontowane
- Wymagają tulei zaciskowych dla każdej średnicy rury

Klejenie

Zalety klejenia

- Połączenie jest prawie niewidoczne, co polepsza wygląd produktu
- Zapewnia równomierny rozkład naprężeń i większą powierzchnię nośną
- Łączy materiały cienkie i grube o dowolnym kształcie
- Możliwość łączenia tych samych lub różnoimiennych metali
- Zmniejsza lub eliminuje korozję (galwaniczną) między różnoimiennymi metalami
- Odporne na zmęczenie i obciążenia cykliczne
- Połączenia mają gładkie kontury
- Szczelne złącza w różnych środowiskach
- Izoluje przed przenikaniem ciepła i przewodzeniem prądu elektrycznego
- Brak odkształceń powodowanych przez ciepło
- Tłumi drgania i pochłania wstrząsy
- Korzystny stosunek wytrzymałości do wagi
- Często szybsze i tańsze od połączeń mechanicznych

Ograniczenia klejenia

- Brak możliwości wizualnej kontroli klejonego obszaru
- Wymaga starannego przygotowania powierzchni, często z zastosowaniem korozyjnych chemikaliów
- Może wymagać długiego czasu utwardzania, zwłaszcza gdy nie stosuje się utwardzania w wysokiej temperaturze
- Może wymagać uchwytów, pras, pieców i autoklaw, zwykle niepotrzebnych w innych metodach łączenia
- Złącza nie powinny być eksploatowane w temperaturze powyżej ok 180°C
- Dla większości klejów wymaga dokładnej kontroli procesu, w tym głównie zanieczyszczeń
- Własności zależne od otoczenia, w którym będzie eksploatowane

Zastosowania klejenia



Klejenie elementów poręczy dla zastosowań wewnętrznych i zewnętrznych



Mocowanie elementów balustrad (Delo-Duopox AD895)

- Wypełnia szczeliny, nadaje się do klejenia małych i dużych szczelin
- Dobra odporność chemiczna i odporność na starzenie
- Do zastosowań wewnętrznych i zewnętrznych
- Efektywność: Elastyczny system modułowy konstrukcji poręczy. Eliminacja dodatkowych etapów obróbki wymaganych w spawaniu – szlifowanie, polerowanie.

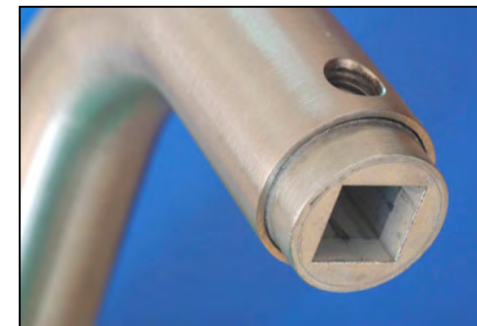


W 6-piętrowym biurowcu w Hanowerze (Niemcy) panele ze stali nierdzewnej (gatunku 1.4404) są przymocowane do ścian zewnętrznych z zastosowaniem klejenia bez konieczności dodatkowych połączeń mechanicznych.

Tablica 1. Dobór klejów do klejenia konstrukcyjnego

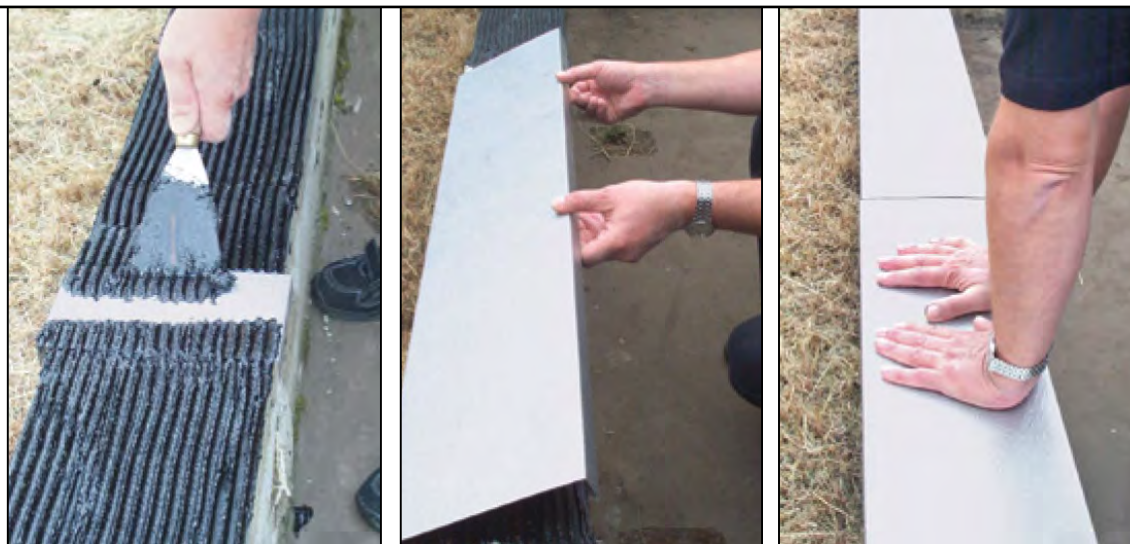
	Ze stalą nierdzewną	Typ klejów półkonstrukcyjnych				
		Silikonowy	Polimerowy modyfikowany silanami	Poliuretanowy	Akrylowy	Epoksydowy
Stal nierdzewna	Tak	●	●	●	○	●
Stal węglowa	Tak	●	●	○	○	●
Stal węglowa/ malowana	Tak	●	●	X	○	○
Stal węglowa/ galwanizowana	Tak	●	●	X	○	○
Aluminium	Tak	●	●	○	○	●
Drewno	Tak	●	●	○	○	●
Szkoło/ceramika	Tak	●	●	X	○	●
Tworzywo PCV	Tak	●	●	X	X	X
Tworzywo PA	Tak	○	●	X	○	
Tworzywo PP/PE	Nie	X	X	X	X	X

● - bardzo zalecane, ○ - zalecane, X - niezalecane



Klejenie jest stosowane podczas montażu klamek

Zdjęcie: Hoppe, Stadallendorf (D)



Klejenie jest praktyczną metodą łączenia w zastosowaniach budowlanych, gdy stal nierdzewna ma być łączona z murem lub naturalnym kamieniem.

Zdjęcia: Enkolit, Sulz (A)

Źródła

1. http://www.worldstainless.org/Files/issf/animations/WeldedFabrication/start_1.html
2. <http://www.wikihow.com/Weld-Stainless-Steel>
3. http://www.nickelinstitute.org/~Media/Files/TechnicalLiterature/WeldingofStainlessSteelandotherJoiningMethods_9002_.pdf
4. <http://www.edelstahl-rostfrei.de/page.asp?pageID=1590>
5. http://www.improve.it/metro/file.php?file=/1/Papers/Metallurgy_of_Welding_Processes/Joinoint_properties.pdf
6. https://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/Euro_Inox/Adhesive_bonding_EN.pdf
7. <http://shura.shu.ac.uk/3115/>
8. https://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/ISSF_Stainless_Steel_for_Designers.pdf
9. http://www.delo.de/fileadmin/upload/dokumente/en/broschueren/Structural_Bonding.pdf
10. <https://www.ellsworth.com/globalassets/literature-library/manufacturer/ellsworth-adhesives/ellsworth-adhesives-white-paper-structural-bonding.pdf>
11. <http://www.sciencedirect.com/science/book/9781845694357>

2 - Przetwarzanie

Dostępne obszerne opracowania, sprawdź źródła.

Pozycja 1 to szkolenie na temat przetwarzania stali nierdzewnych.

Rozdział 1 przedstawia liczne aplikacje w architekturze, budownictwie i konstrukcjach. Obecnie standardowo wytwarza się wszystkie kształty wyrobów oraz wykończenia powierzchni.

Materiały wideo nt. przetwarzania

- Wytop i walcowanie stali nierdzewnej <https://www.youtube.com/watch?v=5zwgl-pQ6kE>
- Cięcie i gięcie https://www.youtube.com/watch?v=VMu7_W0QE3Y
- Cięcie strumieniem wody <http://www.sastainless.com/videos/index.html>
- Tłoczenie https://www.youtube.com/watch?v=n-ht_5Ysurc
- Maszyna do gięcia drutu <https://www.youtube.com/watch?v=kDoSDiiZx6U>
- Maszyna do formowania sprężyn <https://www.youtube.com/watch?v=SwY-RT4DBxY>
- Profilowanie rolkowe https://www.youtube.com/watch?v=44XD5mZoM_0
- Obróbka skrawaniem <https://www.youtube.com/watch?v=LDxNDWObTyg>

Więcej materiałów wideo dostępnych w sieci

Źródła - przetwarzanie

1. <http://www.issftraining.org/>
2. http://www.imoa.info/download_files/stainless-steel/Austenitics.pdf
3. http://www.imoa.info/download_files/stainless-steel/Duplex Stainless Steel 3rd Edition.pdf
4. <http://www.worldstainless.org/news/show/34>

Dziękuję za uwagę

Prezentacja dla wykładowców
architektury i budownictwa

Rozdział 10

Forma i dostępność

Dlaczego «forma i dostępność» ?

- Czas dostawy i jej koszt są kluczową kwestią dla architektów i inżynierów budownictwa.
- Pomimo, że wszystkie wyroby ze stali nierdzewnej rozpoczynają się od produkcji w hucie, to
 - istnieje wiele metod przetwarzania dla wyrobów ze stali nierdzewnych,
 - a dystrybutorzy stali i handlowcy świadczą dodatkowe pakiety usług (kolejnego przetwórstwa),
- więc czas dostawy i jej koszt może się znacznie różnić.

Wiadomości wstępne

Jak wytwarza się stal nierdzewną

- [Video](#): Produkcja stali – walcowanie na gorąco blachy w kręgach
- [Video](#): Zwoje gorącowalcowane
- [Video](#): Walcowanie na zimno blachy w kręgach
- [Video](#): Produkcja stali i walcowanie na gorąco prętów
- [Video](#): Produkcja walcówki
- [Video](#): Produkcja walcówki

Łańcuch dostaw stali nierdzewnych

UPROSZCZONY



Wyroby

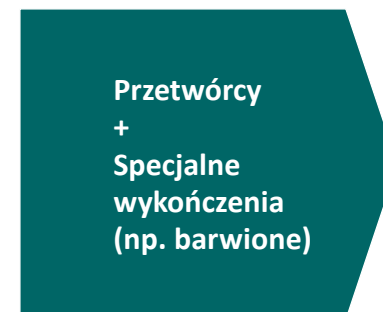
Blachy w kręgach, Blachy
cienkie, Blachy grube
Pręty, Drut
Pręty zbrojeniowe

Usługi

Minimalna waga 1 kęsisko
Produkty na zamówienie
Czas realizacji 2 – 3
tygodnie
Najniższa cena/Kg

Specjalne wymagania:
Cięcie na wymiar
Cięcie na określony kształt
Polerowanie...

Małe zamówienia
Dostępne z magazynu
Krótki czas dostawy (1-3 dni)
Cena powiększona o wartość usługi



Wyroby

Elementy złączne
Rury
Zawory
Złączki

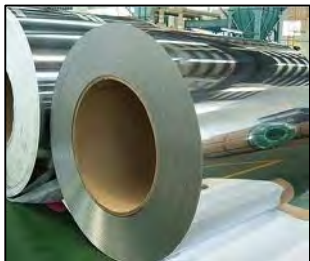
Usługi

Dostępne z magazynu
Krótki czas dostawy (1-3 dni)
Cena powiększona o wartość
usługi

Wyroby płaskie

Hutnicze

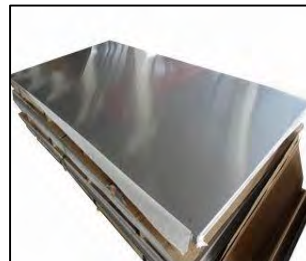
Zimnowalcowana blacha cienka w kręgach



Zimnowalcowana taśma



Zimnowalcowana szlifowana blacha w arkuszach



Specjalne

Wycinane laserowo kształty



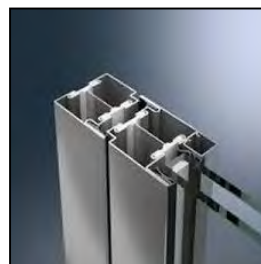
Blachy grube



Dwuteowniki wytwarzane z blach



Profile drzwiowe i okienne



Zaciski



Rury standardowe



Rury kształtowe



Złączki rurowe



Systemy balustradowe



Wyroby długie

Hutnicze

Pręty



Pręty zbrojeniowe



Walcówka



Cięgna



Liny



Siatki



Pręty gwintowane



Kotwy do betonu



Elementy złączne

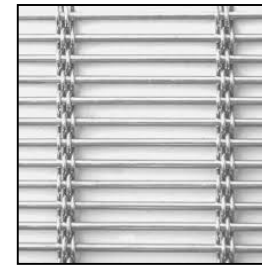


Specjalne

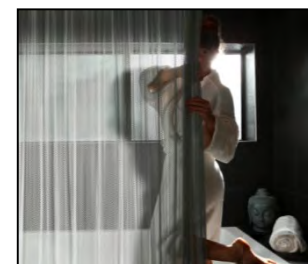
Klamki



Siatki przeciwśoneczne



Siatkowe zasłony prysznicowe



Prognozy na przyszłość

Konieczność łagodzenia zmian klimatycznych i zrównoważona gospodarka doprowadzą do większych zmian w nadchodzących latach.

Może się pojawić nowa oferta wyrobów:

- Nowe „regenerowane” wyroby. Stal nierdzewna z istniejących budynków/obiektów może być zdemontowana i ponownie przetworzona i kolejno wprowadzona do użytku bez utraty właściwości.
- Bardziej wytrzymałe i cieńsze wyroby, będące w stanie zaoferować taką samą trwałość eksploatacji przy użyciu mniejszej ilości materiału. Rozwój gatunków typu lean duplex i kształtowanych na zimno stali austenitycznych ma już miejsce.

Źródła

Główni producenci stali nierdzewnych

<https://www.worldstainless.org/about-issf/issf-members/>

Dziękuję za uwagę

Prezentacja dla wykładowców
architektury i budownictwa

Rozdział 11

Zrównoważony rozwój stali nierdzewnych

Definicje

- **Emisja gazów cieplarnianych (GHG):** tona CO₂ / tona stali ⁽¹⁾
- **Współczynnik ocieplenia globalnego (GWP) brak jednostki:** Wskaźnik określający zdolność różnych gazów cieplarnianych (GHG) do magazynowania ciepła w atmosferze w porównaniu do oddziaływania dwutlenku węgla (CO₂)⁽⁷⁾. Dla przykładu, współczynnik GWP metanu wynosi 28 w okresie 100 lat. Przykładowo wskaźnik GWP dla metanu wynosi 21. Głównym gazem cieplarnianym emitowanym w hutnictwie jest CO₂.
- **Zużycie Energii Pierwotnej (GJ/T) GWP zwane także Intensywnością Energetyczną:** Zużycie energii niezbędnej do wyprodukowania 1 tony materiału (np. stali). ⁽¹⁾
- **Całkowite zapotrzebowanie na energię (GER):** Całkowita ilość energii wymagana dla produktu. ⁽⁸⁾
- **Wydajność materiałowa:** Mierzy ilość materiału, która nie została przeznaczona do utylizacji, składowania lub spalania w stosunku do wielkości produkcji stali surowej. ⁽¹⁾

Definicje

- **Inwentaryzacja cyklu życia (LCI):** Uporządkowana, kompleksowa i znormalizowana międzynarodowo metoda. Wylicza całość emisji oraz zużycie zasobów związanych z cyklem życia produktu, a także wynikające z tego skutki dla środowiska i zdrowia oraz kwestie wyczerpywania zasobów. ⁽³⁾
- **Koszt cyklu życia (LCC):** Narzędzie do łącznej oceny kosztów cyklu życia produktu, w tym kosztów nabycia, eksploatacji, konserwacji i utylizacji. ⁽⁴⁾
- **Ocena cyklu życia (LCA)** Narzędzie wspomagające określenie i ocenę obciążeń środowiskowych oraz zbadanie wpływu wytwarzania produktów i działań z nim związanych od wydobycia surowców do końca okresu eksploatacji produktu i utylizacji odpadów. Narzędzie to jest coraz częściej stosowane przez przemysł, władze i organizacje ekologiczne do pomocy w podejmowaniu decyzji dotyczących strategii środowiskowych i doboru materiałów.

Definicje

Wskaźniki bezpieczeństwa:

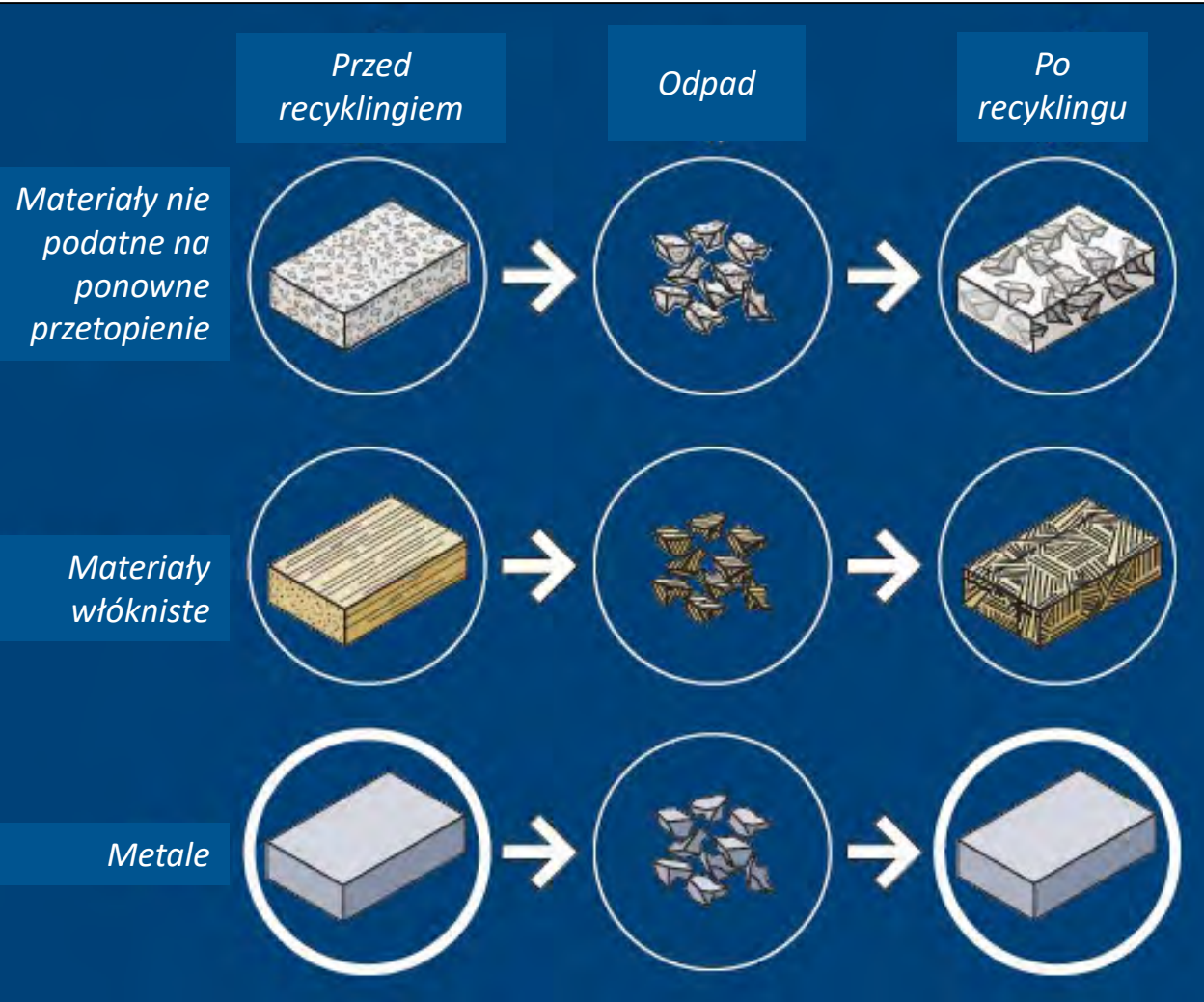
- **Wskaźnik częstotliwości wypadków:** Wskaźnik częstotliwości wypadków powodujących przerwy w pracy to liczba wypadków na 1 000 000 godzin pracy. ⁽¹⁾

Wskaźniki recyklingu:

- **Wskaźnik recyklingu:** Ilość materiału, która na koniec eksploatacji zostaje zebrana i wprowadzona ponownie do cyklu recyklingu (w przeciwieństwie do metalu, który pozostaje składowany). ⁽⁵⁾
- **Zawartość materiałów przeznaczonych do recyklingu:** Stosunek masy materiałów pochodzących z recyklingu po użytkowaniu i przed użytkowaniem w danym produkcie. ⁽⁶⁾
- **Ilość odpadów stałych (SWB):** Odpady górnicze, odpady przeróbcze, żużel i popioły z elektrowni.

Uwagi na temat wskaźników:

Wskaźniki recyklingu nie uwzględniają «downcyclingu».



Metale mogą być poddane recyklingowi, bez utraty jakości. Ponieważ wiązania metalowe zostaną przywrócone po ponownym stopieniu, metale wciąż odzyskują swoje pierwotne właściwości użytkowe, nawet po wielu pętlach recyklingu. To pozwala na ich wielokrotne wykorzystanie do tego samego zastosowania. Natomiast charakterystyka właściwości użytkowych większości materiałów niemetalowych pogarsza się po recyklingu . (45)



Zrównoważony rozwój

“Zrównoważony rozwój obejmuje cały cykl wytwarzania produktu, od pozyskiwania surowców, przez planowanie, projektowanie, budowę i użytkowanie, do końcowej rozbiórki i zarządzania odpadami” (Rossi, B. 2012) ⁹

Zrównoważony rozwój w kontekście stali nierdzewnych:

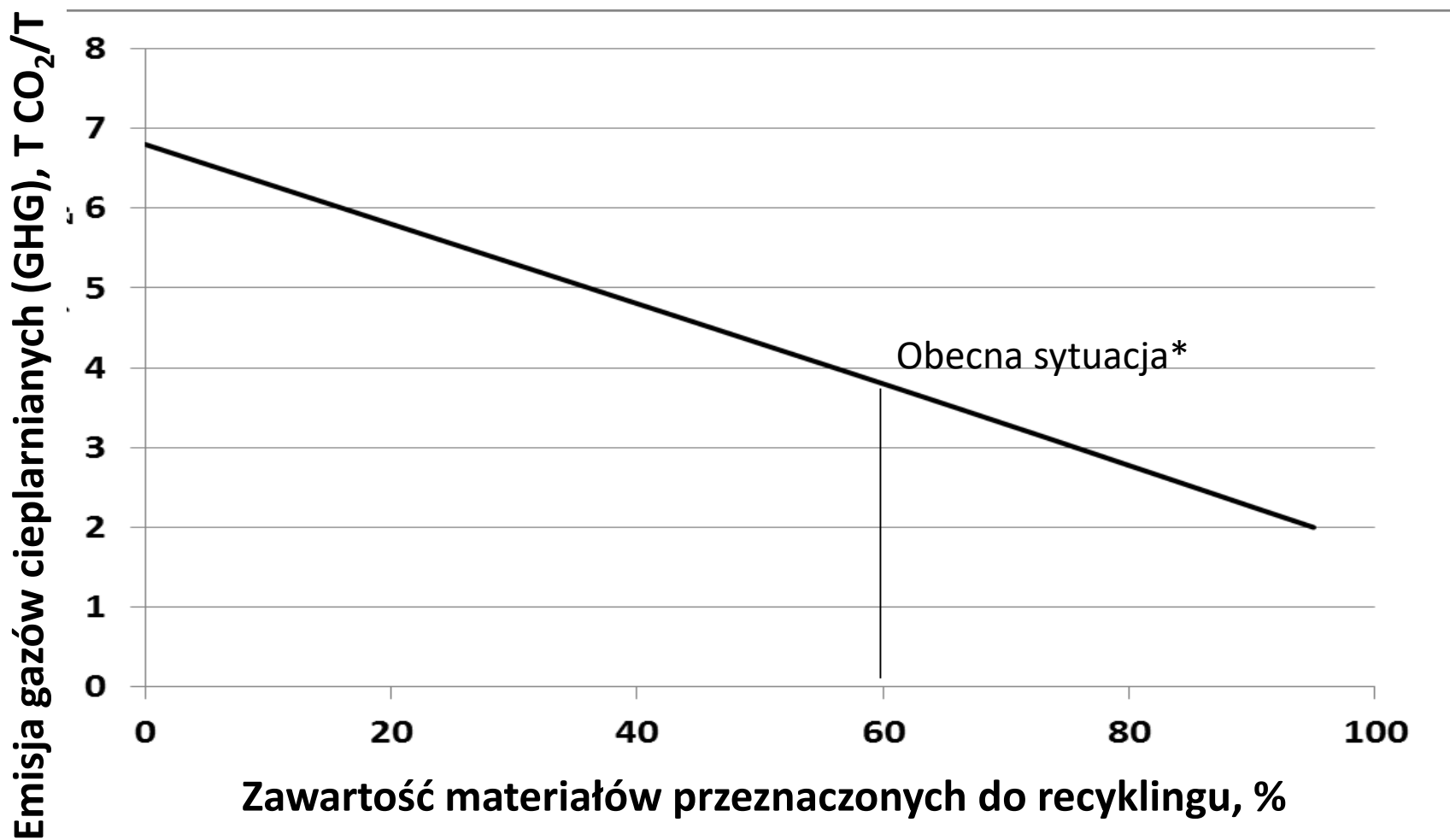
1. Aspekty środowiskowe
2. Aspekty społeczne
3. Aspekty gospodarcze

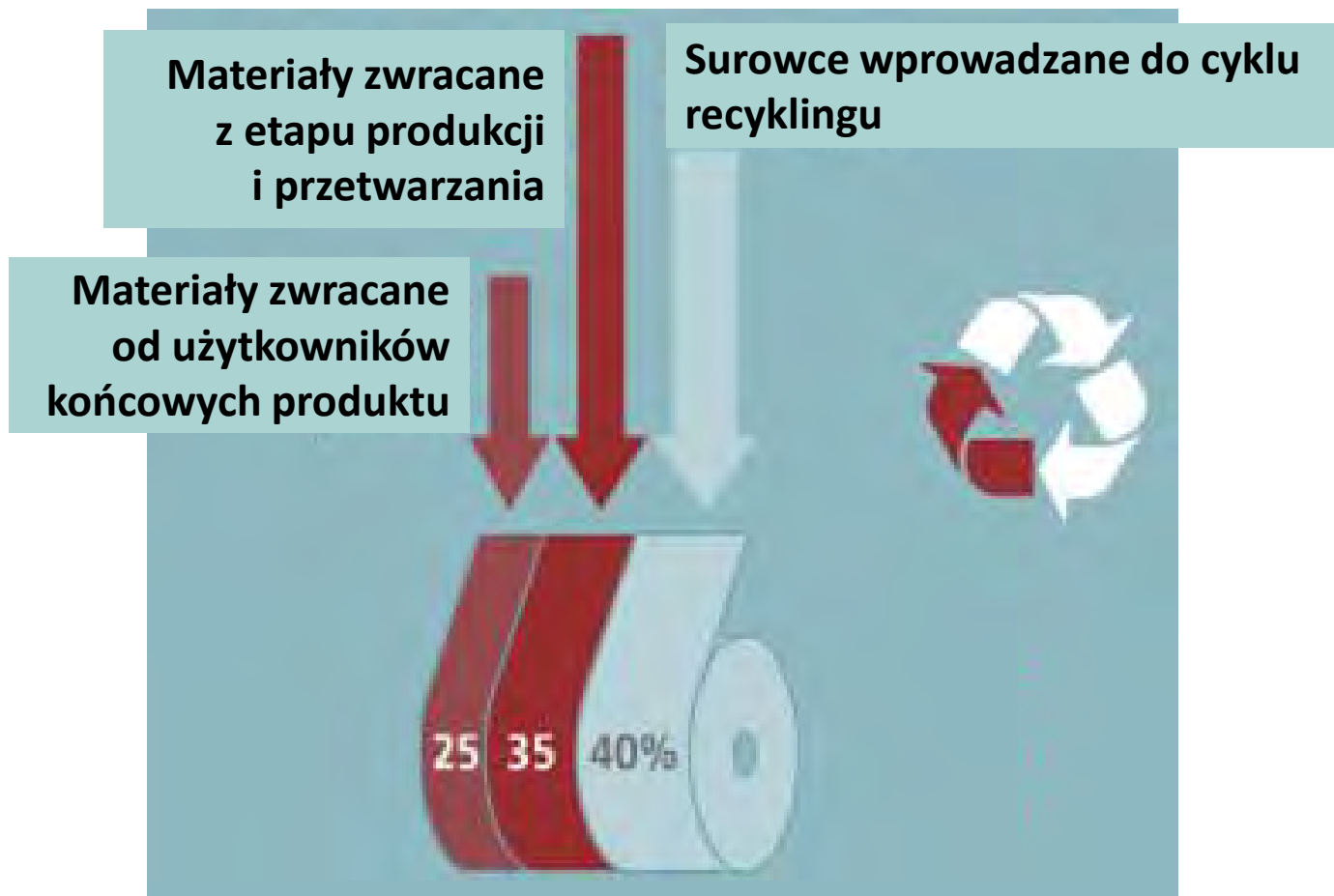
1. Aspekty środowiskowe

Produkcja ⇒ Użytkowanie ⇒ Recycling



Emisja gazów cieplarnianych (GHG) a zawartość materiałów przeznaczonych do recyklingu ^{11, 12, 13, 14}

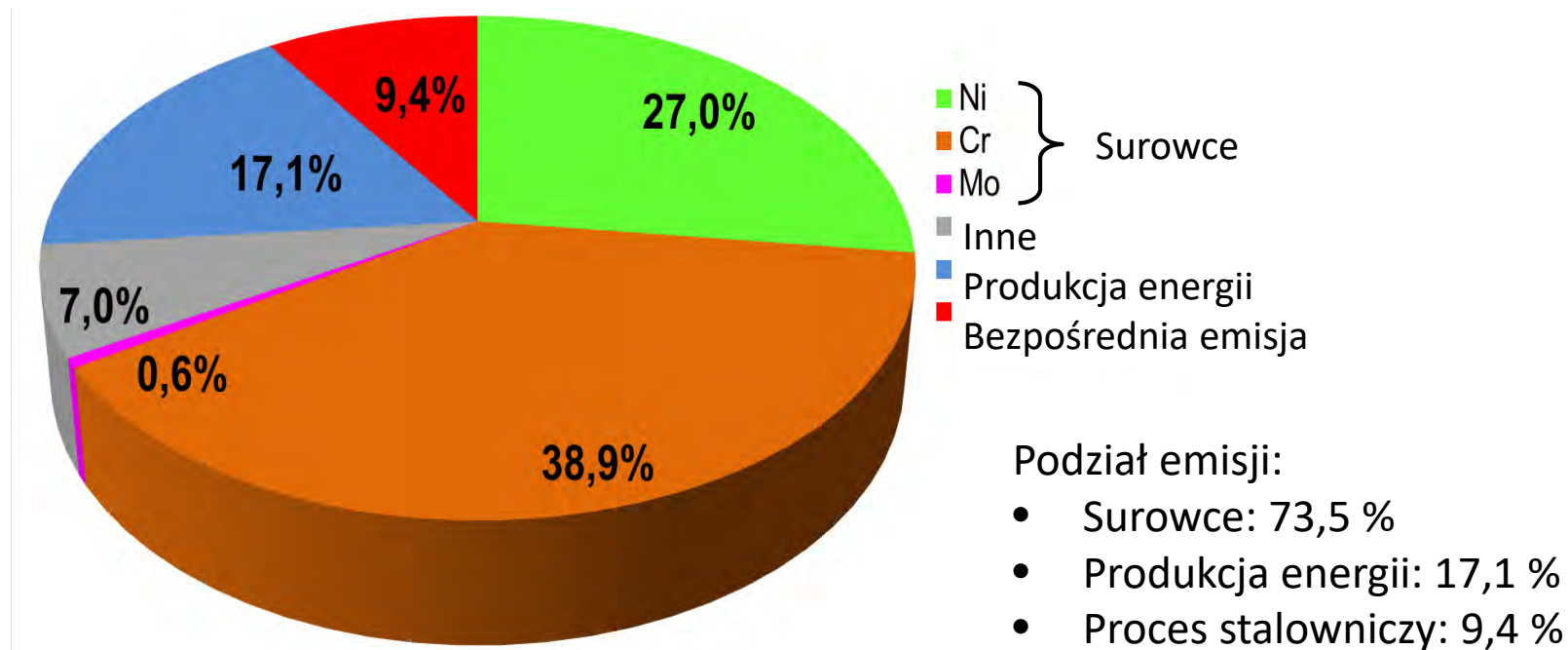




Zawartość materiałów pochodzących z recyklingu w stalach nierdzewnych

Emisja gazów cieplarnianych (GHG) dla stali nierdzewnych ⁽¹⁵⁾

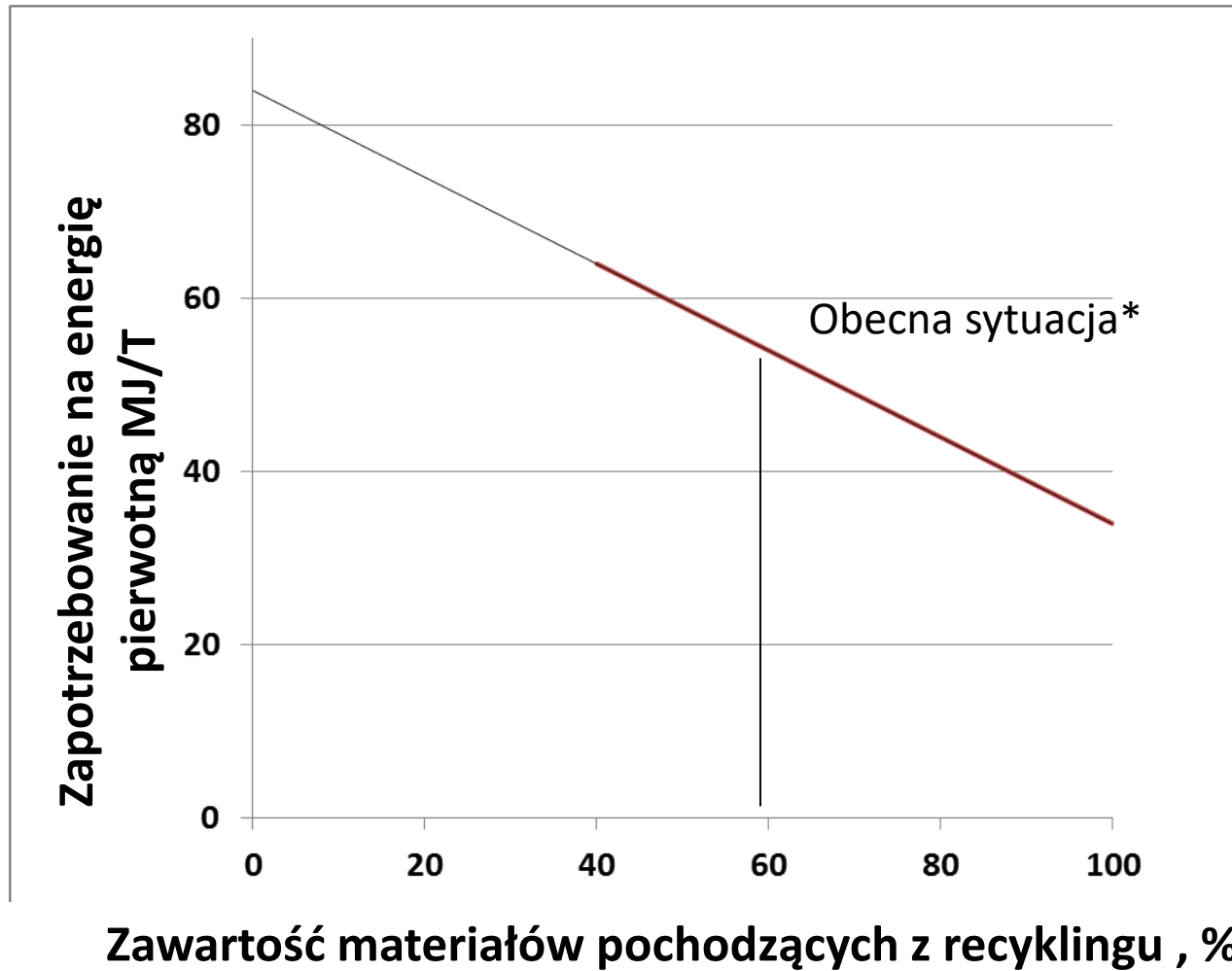
3,81 tony CO₂/ tonę stali nierdzewnej ⁽¹⁶⁾



Uwaga: Wykres nie uwzględnia niklu wytwarzanego z rud (Nickel Pig Iron), dla którego uważa się, że wartość niklu jest 3 razy wyższa. Chiny są obecnie jedynym krajem pozyskującym nikiel przez wydobycie rud metali – produkcja surówki hutniczej (NPI).

(17)

Zapotrzebowanie na energię pierwotną ¹⁸



* Zawartość materiałów pochodzących z recyklingu jest ograniczona przez dostępność złomu

Oddziaływanie na środowisko przy wytwarzaniu metali “od kotłyski aż po grób” ¹⁹

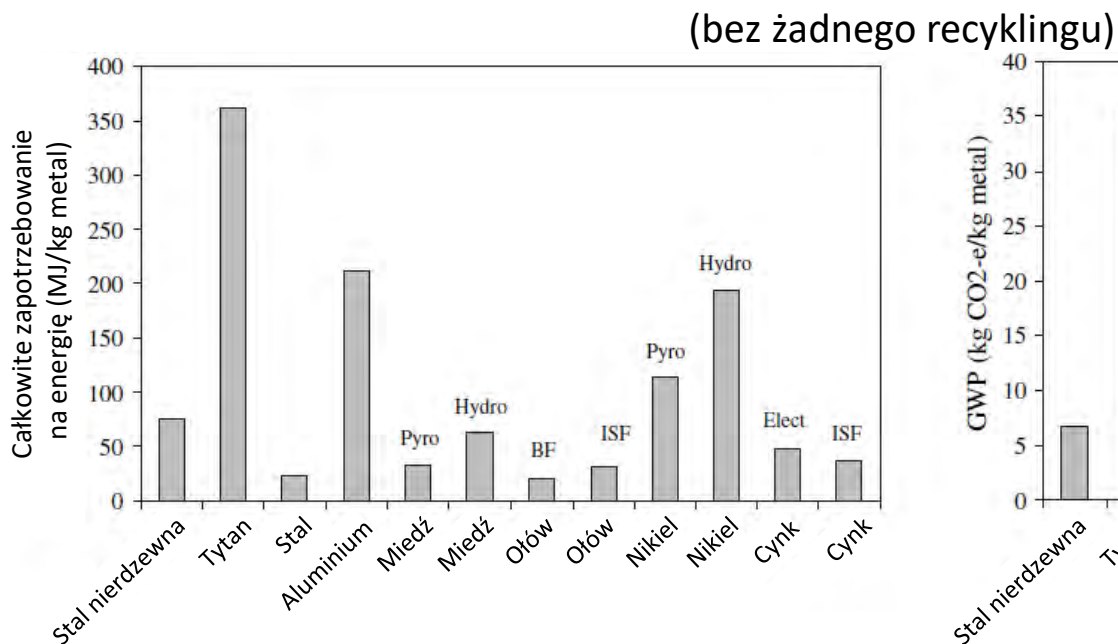
Metal	Proces	GER (MJ/kg)	GWP (kg CO _{2e} /kg)	AP (kg SO _{2e} /kg)	SWB (kg/kg)
Stal nierdzewna	Elektryczny piec łukowy i odwęglanie argonowo- tlenowe (AOD)	75	6,8	0,051	6,4
Stal	Zintegrowany proces (wielki piec i zasadowy konwertor tlenowy)	23	2,3	0,020	2,4
Aluminium	Proces rafinacji Bayera , Wytapianie metodą Halla-Heroult	361	35,7	0,230	16,9
Miedź	Wytapianie/proces konwertorowy i elektrorafinacja	33	3,3	0,040	64
	Ługowanie zwałów rudy i elektrorafinacji SX/EW	64	6,2	-	125

GER: Całkowite zapotrzebowanie na energię
Potencjał AP: Potencjał zakwaszenia

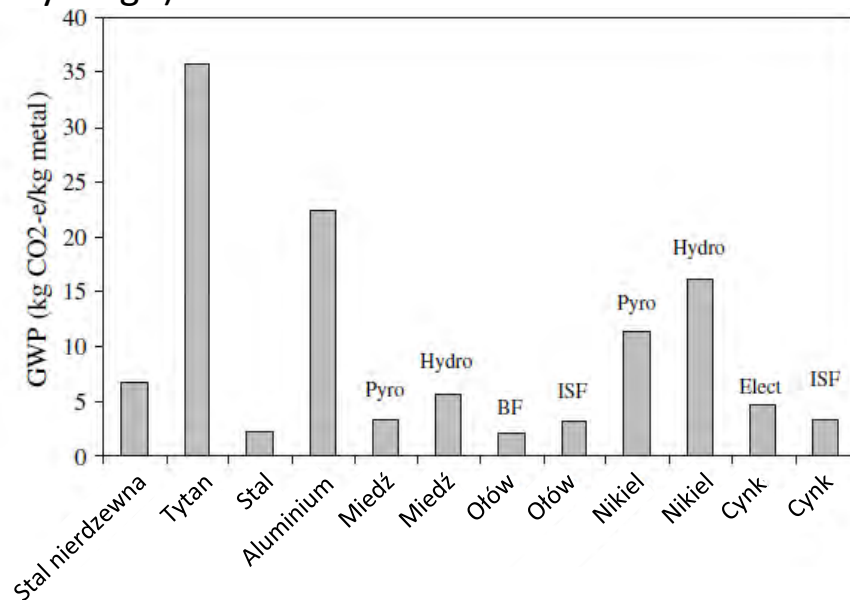
GWP: Współczynnik ocieplenia globalnego
SWB: Ilość odpadów stałych

Oddziaływanie na środowisko przy wytwarzaniu metali “od kołyski aż po grób” ²⁰

Całkowite zapotrzebowanie na energię przy wytwarzaniu różnych metali



Współczynnik ocieplenia globalnego GWP przy wytwarzaniu różnych metali



Materiały są stosowane w tej samej ilości dla podobnych funkcji lub usług ²¹

Przykład:

Orientacyjny potencjał oddziaływania na środowisko dla 3 różnych wykończeń powierzchni ścian.

Materiał	PED (MJ/m ²)	GWP (Kg CO ₂ -eq. /m ²)	Koniec okresu życia
Wysokociśnieniowy laminat dekoracyjny, np. Trespa®	759,3	23,9	50% ponowne użycie + 50% składowanie odpadów
Tynk strukturalny	144,2	12,7	Brak recyklingu
Stal nierdzewna 0,5mm	140,5	7,2	Recykling zasobów = 95%
Stal nierdzewna 0,8 mm	191,7	11,3	Recykling zasobów = 95%

PED: Zapotrzebowanie na energię pierwotną

GWP: Współczynnik ocieplenia globalnego

Wydajność materiałowa



Ograniczenie:

ilości surowców potrzebnych do produkcji stali nierdzewnej (40%), co za tym idzie zmniejszenie emisji CO₂.

Ponowne użycie:

Trwałość stali nierdzewnej sprawia, że ich ponowne użycie jest bardzo ważne.

Przykłady: butelki, kubki, miseczki, rurki..





Przykład: ponowne użycie ²²

Panele ścienne ze stali nierdzewnej stały się brudne i porysowane po około 50 latach użytkowania. Podczas remontu holu, 50-letnie panele ze stali nierdzewnej zostały zdjęte, oczyszczone, na nowo wykończone i użyte ponownie.

Wydajność materiałowa



Recykling:

Stal nierdzewna w 100% nadaje się do ponownego użycia, cały zebrany złom (82%) jest ponownie wykorzystywany.

Produkcja bezodpadowa stali nierdzewnych ⇒ zużel i pyły są głównymi produktami ubocznymi procesu stalowniczego. Na przykład: zużel może być ponownie wykorzystany w produkcji asfaltu do budowy dróg.

Stale nierdzewne po zakończeniu użytkowania produktów w znacznym stopniu trafiają do ponownego użycia ^{23, 24, 25}

Główny sektor zastosowań	Zastosowanie wykończonych stali nierdzewnych w produkcji	Średni okres życia (w latach)	Składowanie odpadków	Zebrane do recyklingu	
				Całość	Stal nierdzewna
Budownictwo	16%	50	8%	92%	95%
Transport	21%	14	13%	87%	85%
Maszyny przemysłowe	31%	25	8%	92%	95%
Urządzenia domowe	6%	15	18%	82%	95%
Elektronika	6%	-	40%	60%	95%
Wyroby metalowe	20%	15	40%	60%	80%
Całość	100%	22	18%	82%	90%

Zbieranie złomu i jego sortowanie polepsza się dzięki rozwojowi stosowanych procesów oraz rentgenowskiej analizie fluorescencyjnej materiałów na bieżąco (on-line)
Projekt architektoniczny może mieć duży wpływ na stopień recyklingu

LEED* i dane LCI dla stali nierdzewnych

- U.S. Green Building Council wydało “*Leadership in Energy and Environmental Design” wersja 4 (LEED v4) w 2013
 - Nowa wersja zawiera zmiany korzystne dla stali nierdzewnych:
 - Większy nacisk na żywotność
 - Zaostrzone wymagania dotyczące emisji VOC ** (problem dla niektórych materiałów, takich jak tworzywa sztuczne)
- U.S. General Services Administration (zarządza amerykańskimi budynkami rządowymi i własnościami) niedawno zatwierdziła stosowanie LEED
 - Stanowe i lokalne urzędy coraz częściej wymagają LEED lub podobnego certyfikatu dla nowych budynków lub wykonywanych modyfikacji

** VOC: Lotne związki organiczne: dla stali nierdzewnej bardzo mała emisja w trakcie przetwarzania i produkcji (brak dostępnych danych) i żadnego podczas użytkowania



Proekologiczny budynek wykorzystujący stale nierdzewne - The David L. Lawrence Convention Center, Pittsburgh (2003) ²⁶

Pokrycie dachowe ze stali nierdzewnej:

- Stal nierdzewna S30400,
- Wymiary: 280 × 96 m,
- Pokrywa powierzchnię 23 000 m², grubość blachy 0,6 mm o wadze ok. 136 ton.

Proekologiczny budynek z użyciem stali nierdzewnych: złoty poziom certyfikacji LEED

Złoty poziom certyfikacji **LEED** (Leadership in Energy and Environment Design) uwzględnia:

- rekultywację obszarów przemysłowych w centrum,
- dostosowanie do alternatywnego transportu,
- zmniejszone zużycie wody,
- wydajną charakterystykę energetyczną,
- zastosowanie materiałów nie emitujących toksyn lub emitujących ich niewielkie ilości,
- innowacyjny projekt.



Proekologiczne budownictwo lądowe i wodne z użyciem stali nierdzewnych Molo w Progreso ²⁷

W Progreso, Meksyk, wybudowano molo w 1970 roku. Środowisko morskie spowodowało korozję stalowych prętów zbrojeniowych, w efekcie czego molo uległo zniszczeniu.



Proekologiczne budownictwo lądowe i wodne z użyciem stali nierdzewnych **Molo w Progreso**

Kolejne molo zbudowano w sąsiedztwie w latach 1937 – 1941 z zastosowaniem zbrojenia ze stali nierdzewnej.



Proekologiczne budownictwo lądowe i wodne z użyciem stali nierdzewnych **Molo w Progreso**

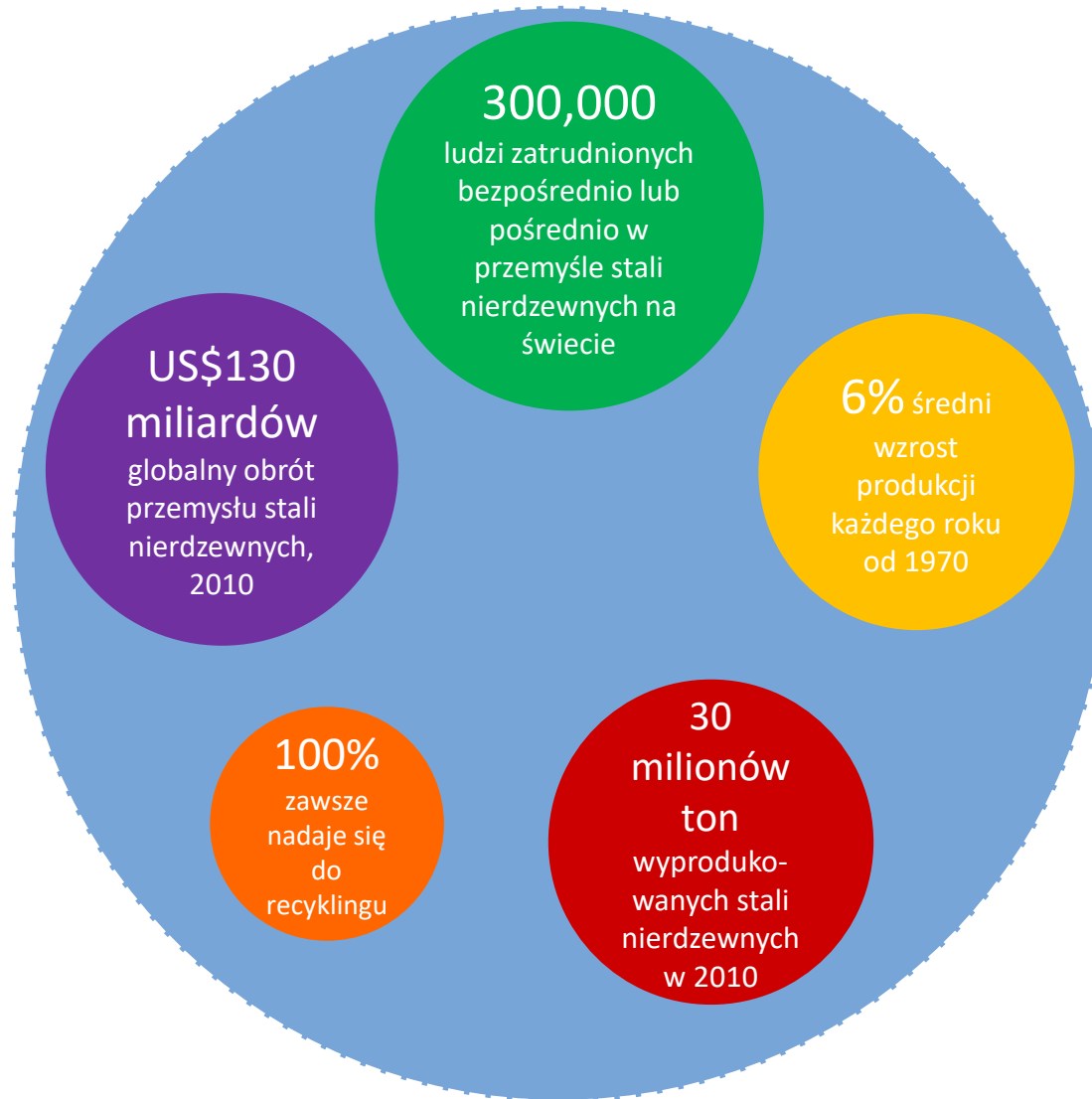
Od tego czasu nie wymaga ono konserwacji i wciąż pozostaje w idealnym stanie.

2. Aspekty społeczne

Zrównoważony materiał nie szkodzi ludziom, którzy go produkują ani ludziom w trakcie jego użytkowania, recyklingu i utylizacji.

- Stal nierdzewna nie jest szkodliwa zarówno podczas jej wytwarzania jak i użytkowania. Z tego powodu jest podstawowym materiałem dla zastosowań medycznych, w przemyśle spożywczym, przetwórstwie, sprzęcie domowym oraz meblach dla gastronomii.
- Bezpieczne, bezwypadkowe i zdrowe miejsce pracy osób zatrudnionych jest priorytetem dla przemysłu stali nierdzewnych.
- Stal nierdzewna polepsza także jakość życia umożliwiając postęp techniczny. Na przykład instalacje, które dostarczają czystą wodę pitną, żywność i leki nie byłyby tak higieniczne i efektywne, gdyby nie były wykonane ze stali nierdzewnych.

3. Aspekty gospodarcze



Koszt cyklu życia (LCC) ³⁰

- LCC analizuje koszty aktywów w całym ich cyklu życia, przy spełnieniu wymogów (ISO 15686-5).
- LCC jest sumą wszystkich kosztów związanych z produktem poniesionych w cyklu jego życia:

koncepcja ⇒ budowa ⇒ użytkowanie ⇒ koniec życia produktu



Source: Methodology of life cycle costing, European commission

Analiza kosztu życia produktu (LCC)

Analiza LCC to matematyczna procedura wspomagająca decyzje inwestycyjne i/lub porównywanie różnych opcji inwestycji.

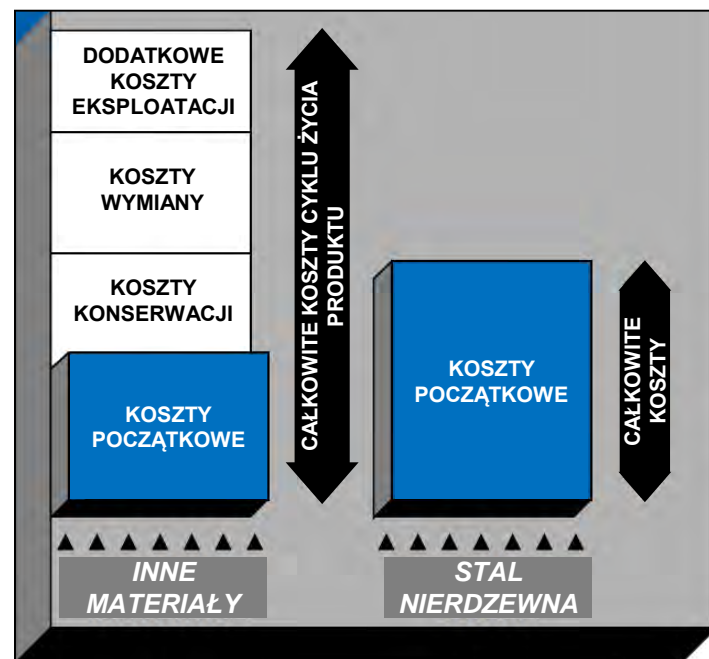
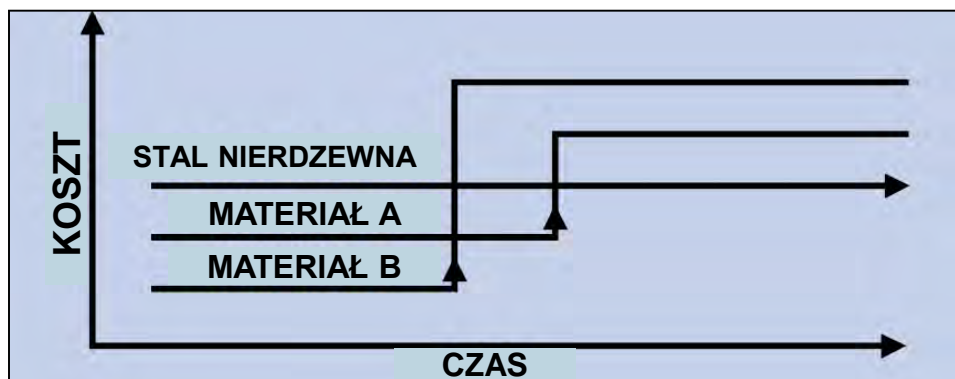
Wszystkie koszty przy obecnej wartości przed dodaniem:

<i>Całkowity koszt cyklu życia (LCC)</i>	<i>Koszty zakupu materiałów wejściowych (AC)</i>	<i>Koszty instalacji materiałów wejściowych i wytwarzania (IC)</i>	<i>Koszty eksploatacji i konserwacji (OC)</i>	<i>Koszty strat w produkcji w czasie przestoju (LP)</i>	<i>Koszty wymiany materiałów (RC)</i>
LCC	AC	IC	$+ \sum_{n=1}^N \frac{OC}{(1+i)^n}$	$+ \sum_{n=1}^N \frac{LP}{(1+i)^n}$	$+ \sum_{n=1}^N \frac{RC}{(1+i)^n}$

gdzie, N = zakładany czas życia, i = realna stopa procentowa, n = rok danego wydarzenia

Stal nierdzewna nie jest droga, jeżeli uwzględnisz łączne koszty cyklu życia produktu³¹

Koszty innych materiałów znacząco wzrastają z upływem czasu, podczas gdy koszty stali nierdzewnych pozostają stałe.

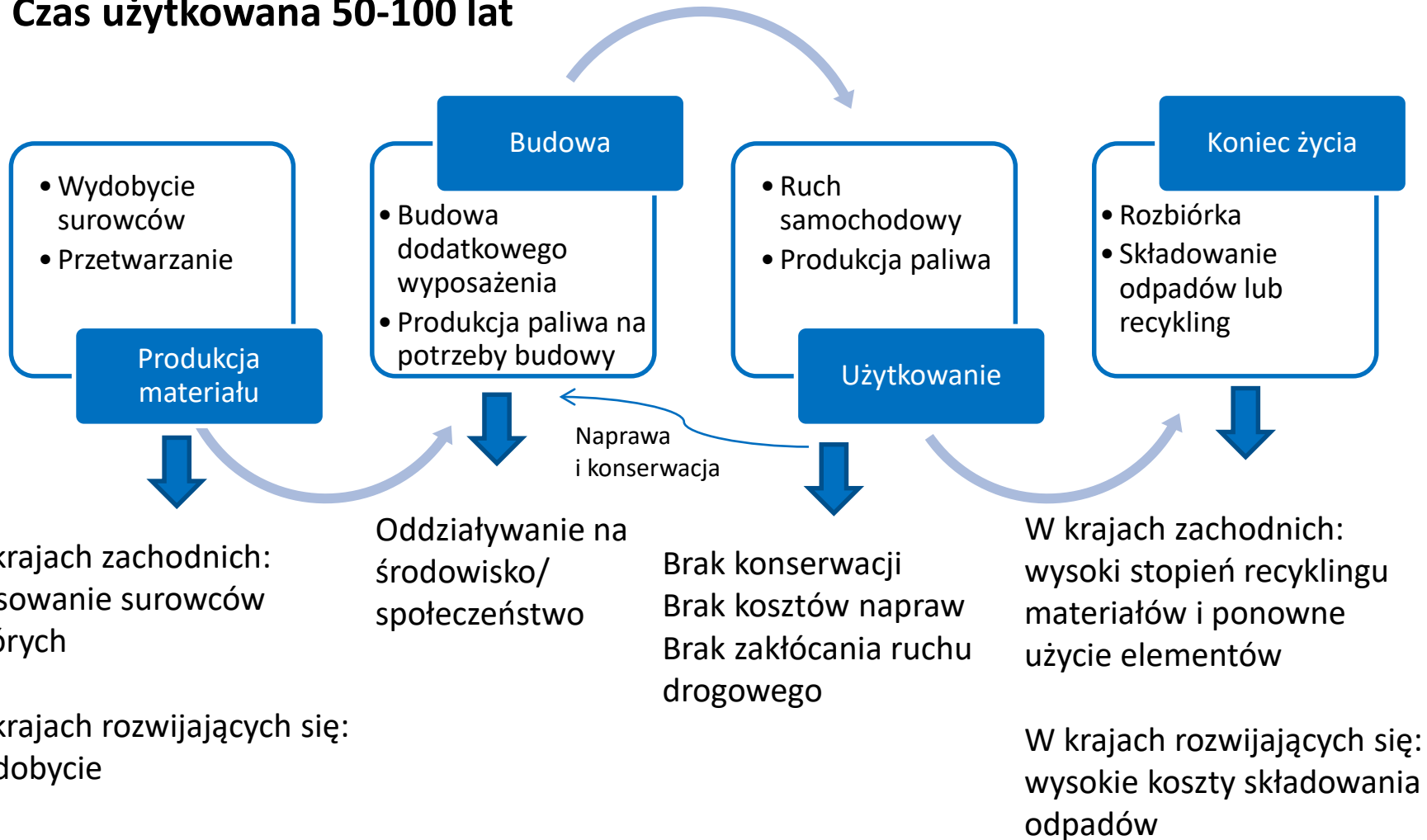


„Koszty korozji metali w USA wynoszą rocznie ponad 300 miliardów \$. Szacuje się, że około jednej trzeciej tych kosztów (100 miliardów \$) można uniknąć przez zastosowanie lepszych technologii. Poczynając od projektu, przez dobór odpornych na korozję materiałów takich jak stal nierdzewna, po zastosowanie metody analizy kosztu cyklu życia (LCC) w celu oszacowania początkowych i przyszłych kosztów włączając konserwację.”

Przykład analizy LCC: Mosty

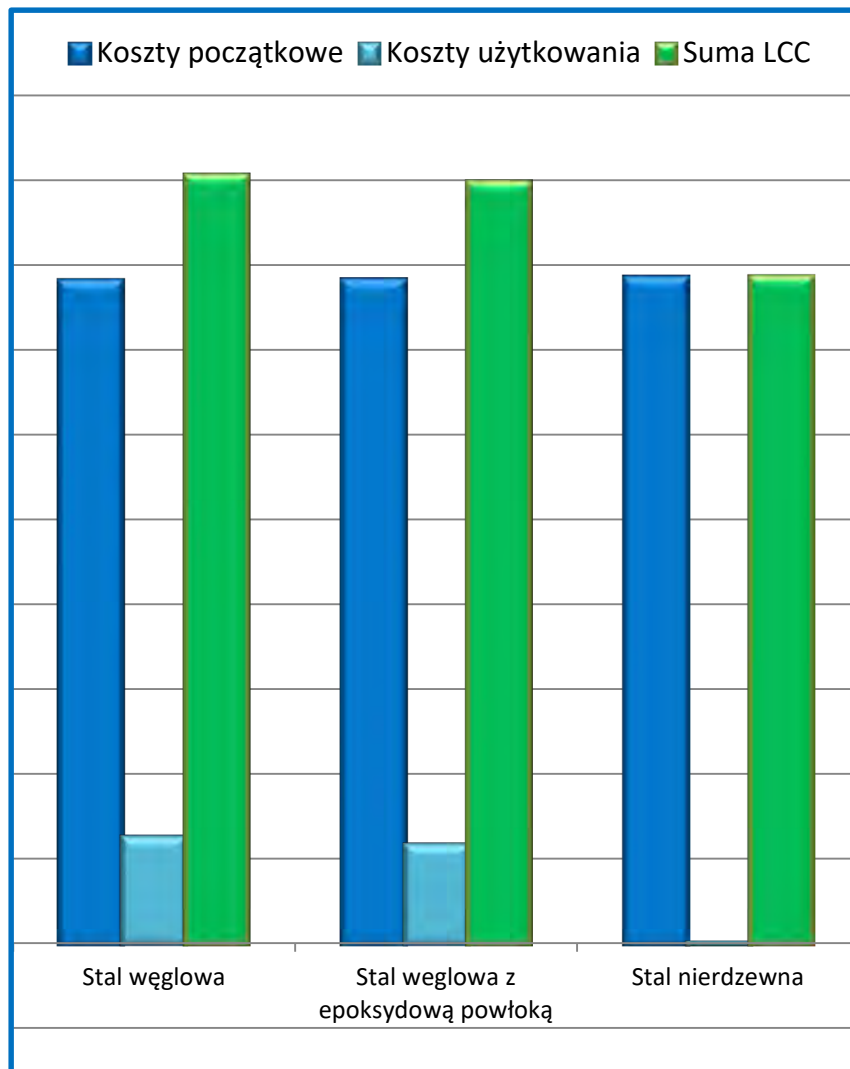
Przykład mostu ze stali nierdzewnej i fazy jego eksploatacji oraz wpływ na środowisko w różnych lokalizacjach na świecie

Czas użytkowana 50-100 lat



Przykład analizy LCC: Mosty

Podsumowanie kosztu cyklu życia mostu autostradowego na rzece ³²



Opis	Stal węglowa	Stal węglowa z epoksydową powłoką malarską	Stal nierdzewna
Koszt metalu	8,197	31,420	88,646
Koszty wytwarzania	0	0	0
Inne koszty instalacji	15,611,354	15,611,345	15,611,354
Koszty początkowe	15,619,551	15,642,774	15,700,000
Konserwacja	0	0	0
Wymiana	256,239	76,872	-141
Straty produkcji	2,218,524	2,218,524	0
Związane z materiałem	0	0	0
Koszty użytkowania	2,247,763	2,295,396	-141
Suma LCC	18,094,314	17,937,170	15,699,859

Przykład analizy LCC: Pokrycie dachowe

Analiza kosztu życia dla dachu ^{33, 34, 35}



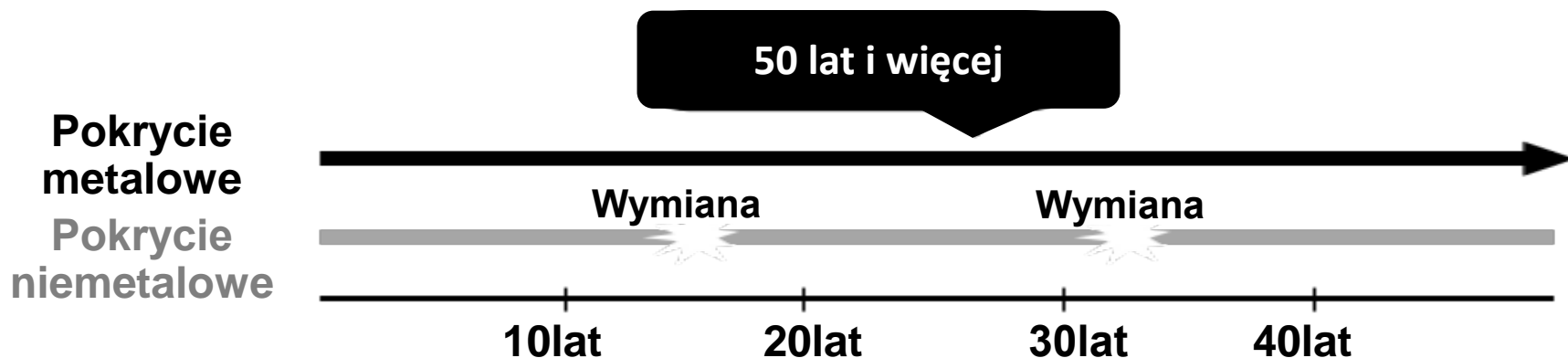
Konwencjonalny system pokrycia dachowego, ~30 lat



Metalowe pokrycie dachowe, 40-50 lat

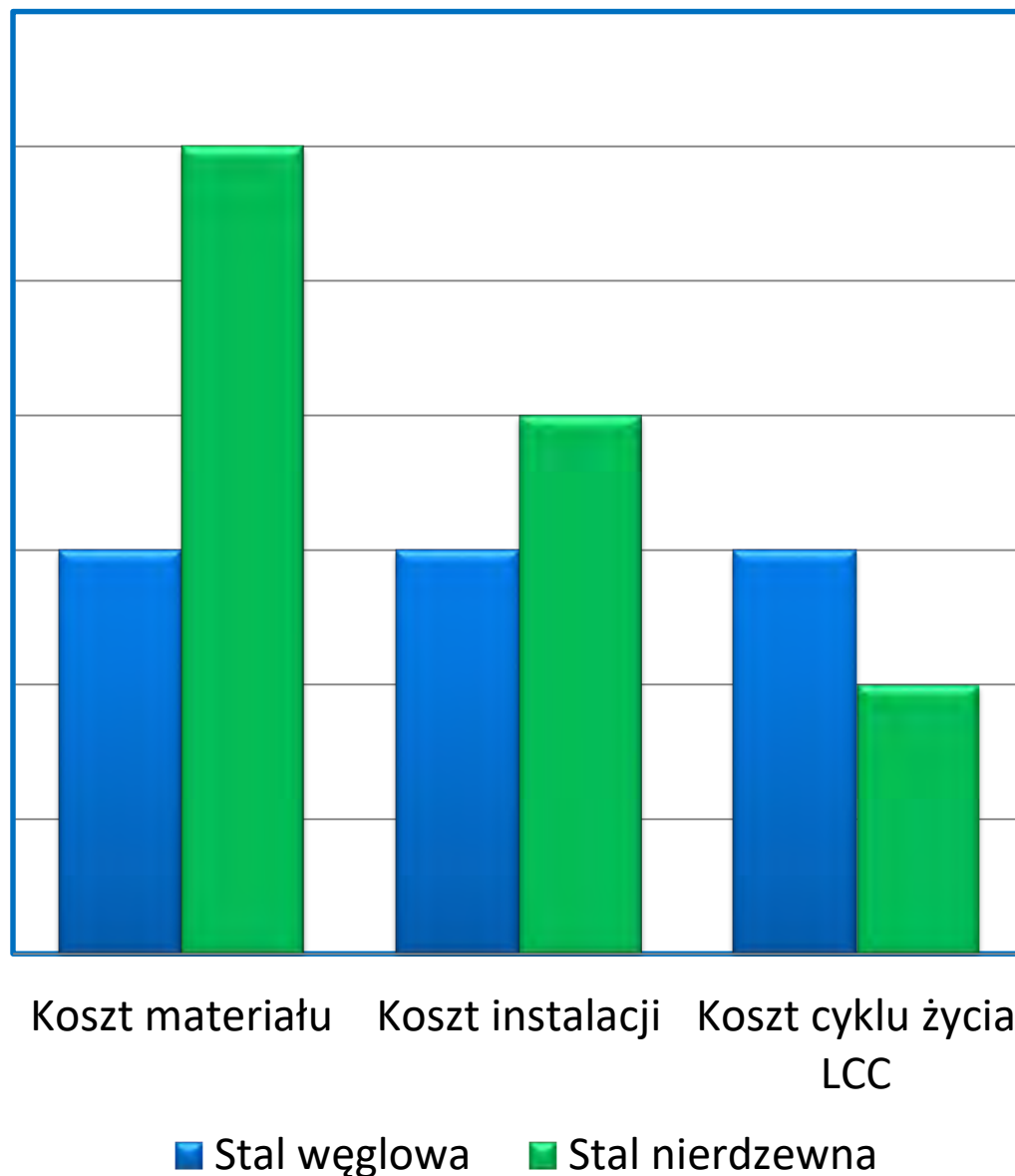


Pokrycie dachowe ze stali nierdzewnej, ponad 50 lat



Przykład analizy LCC: Pokrycie dachowe

Porównanie kosztów dla 0,6 mm ocynkowanej stali węglowej i 0,4 mm stali nierdzewnej 1.4401. Ze względu na właściwości mechaniczne stali nierdzewnej można zmniejszyć grubość materiału do 0,5 lub 0,4 mm, zapewniając mniejszy ciężar konstrukcji (3,2 kg/m² dla 0,7 mm ocynkowanej stali węglowej). Oczekiwany czas eksploatacji dachu z powlekanej (ocynkowanej) stali węglowej wynosi 15-20 lat, natomiast żywotność dachu ze stali nierdzewnej jest na ogół taka jak samego budynku.



Ponadczasowa architektura ze stali nierdzewnych ⁴³



Savoy hotel, Londyn, 1929



Empire State building, Nowy Jork, 1931



Chrysler Building, Nowy Jork, 1930



Gateway Arch Jefferson National expansion Memorial, St. Louis, 1965

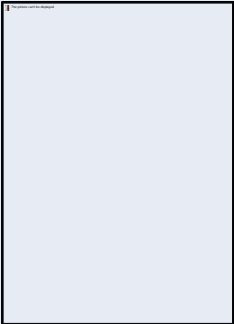

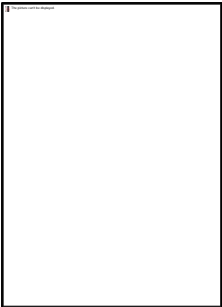



Helix Bridge, Singapur, 2011



Cloud Gate "Jelly Bean", Chicago, 2008

Porównanie kosztów cyklu życia ^{36, 37, 38, 39, 40}

Konstrukcja	Rok budowy	Materiał	Wysokość	Konserwacja
Wieża Eiffla – Paryż 	1889 	Kute żelazo	324 m	Co 7 lat. Każdy cykl malowania trwa około 15 miesięcy. Maluje 25 osób, zużywa się od 50 do 60 ton farby, 1500 pędzli, 5000 tarcz szlifierskich i 1500 zestawów odzieży ochronnej.
Budynek Chryslera (dach i wejście) – Nowy Jork 	1930 (dach 1929) 	Austenity- czna stal nierdzewna (gatunek: 302)	319 m	Dwukrotnie w 1951, 1961. Skład mieszaniny użytej do czyszczenia w 1961 jest nieznany. W 1995 do czyszczenia zastosowano obróbkę ścierną, odtłuszczenie i łagodny środek czyszczący.

Co sprawia, że stal nierdzewna jest “Zielona”?

Ocena wpływu stali nierdzewnych na środowisko ⁴¹

Jaka jest zawartość materiałów przeznaczonych do recyklingu?	60%
Czy w 100% nadaje się do recyklingu?	Tak
Czy zapewnia długotrwałą eksploatację?	Tak (ograniczona konserwacja i częstotliwość usuwania odpadów)
Czy zawiera materiały z recyklingu?	Tak (zarówno odpady konsumenckie i odpady przemysłowe)
Czy odpady budowlane są kierowane na składowiska odpadów?	Tak (wysoka wartość złomu i potencjał ponownego wykorzystania produktów)
Czy podczas remontów może być uratowana i ponownie użyta?	Tak
Czy jest to materiał o niskiej emisji?	Tak (brak dodatkowych powłok = zero emisji)
Czy może pomóc poprawić jakość powietrza wewnątrz?	Tak (brak lotnych związków organicznych, cechy bakteriobójcze, odporność korozyjna kanałów wentylacyjnych)
Czy pomagają unikać stosowania materiałów toksycznych?	Tak (długotrwała ochrona przed termitami, minimalne uwalnianie metali przez materiały powierzchni dachowych)
Czy może oszczędzać energię?	Tak (osłony przeciwsłoneczne, pokrycia dachowe)
Czy może pomóc wytwarzać czystą energię?	Tak (panele słoneczne, skrubery w elektrowniach)
Czy może oszczędzać wodę?	Tak (odporne na korozję i trzęsienia ziemi instalacje i zbiorniki wodociągowe)
Czy odblaskowe panele dodają naturalnego światła?	Tak
Czy może przedłużyć życie innych materiałów?	Tak (kotwy do kamienia i muru, elementy złączne do drewna i metali)

WNIOSKI

- Zrównoważony rozwój to potężne i ważne wyzwanie dla przyszłości sektora stali nierdzewnej. Do tej pory podjęto starania mające na celu ograniczenie emisji dwutlenku węgla przez zwiększenie recyklingu i doskonalenie procesów produkcji.
- Stal nierdzewna wykazuje zestaw własności, które należy brać pod uwagę podczas podejmowania decyzji na etapie projektowania:
 - własności mechaniczne,
 - odporność korozyjna,
 - odporność pożarowa,
 - możliwość ponownego użycia,
 - długowieczność,
 - niski koszt konserwacji,
 - neutralność i higieniczność,
 - estetyczność,
 - neutralność dla wody deszczowej.

Literatura i inne źródła

1. <https://www.worldsteel.org/en/dam/jcr:a5cd469c-89cb-4d57-9ad8-13a0d86d65f0/Sustainability+indicator+definitions+and+relevance.pdf>
2. <http://ghginstitute.org/2010/06/28/what-is-a-global-warming-potential/>
3. <http://eplca.jrc.ec.europa.eu/uploads/ILCD-Handbook-General-guide-for-LCA-DETAILED-GUIDANCE-12March2010-ISBN-fin-v1.0-EN.pdf>
4. <https://www.gsa.gov/portal/content/101197>
5. Recycled content is defined in accordance with the ISO Standard 14021 -Environmental labels and declarations - Self declared environmental claims (Type II environmental labeling).
6. <http://www.greenspec.co.uk/building-design/recycled-content/>
7. <http://www.fao.org/docrep/u2246e/u2246e02.htm>
8. B. Rossi. Stainless steel in structures: Fourth International Structural Stainless Steel Experts Seminar. Ascot, UK. 6-7 December 2012.
9. Source: Yale University/ISSF Stainless Steel Project, 2013
10. B. Rossi. ArcelorMittal International Scientific Network in Steel Construction Sustainability Workshop and Third Plenary Meeting, Bruxelles, 2010.
11. B. Rossi. Stainless steel in structures: Fourth International Structural Stainless Steel Experts Seminar. Ascot, UK. 6-7 December 2012.
13. T.E. Norgate, S. Jahanshahi, W.J. Rankin. Assessing the environmental impact of metal production processes. Journal of Cleaner Production 15 (2007), 838-848.
14. <http://www.worldstainless.org/Files/issf/Animations/Recycling/flash.html>

Literatura i inne źródła

15. ISSF [https://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/ISSF Stainless Steel and CO2.pdf](https://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/ISSF_Stainless_Steel_and_CO2.pdf). Data from European and Japanese ISSF members
16. Based on 2013 data, including 60% scrap content (and therefore 40% new materials) and energy contribution to GHG
17. Data provided by ISSF, estimates calculated by SCM. Includes 60% recycled content
18. ISSF www.worldstainless.org. Data from European and Japanese ISSF members
19. T.E. Norgate, S. Jahanshahi, W.J. Rankin. Assessing the environmental impact of metal production processes. Journal of Cleaner Production 15 (2007), 838-848.
20. T.E. Norgate, S. Jahanshahi, W.J. Rankin. Assessing the environmental impact of metal production processes. Journal of Cleaner Production 15 (2007), 838-848.
21. B. Rossi. Stainless steel in structures: Fourth International Structural Stainless Steel Experts Seminar. Ascot, UK. 6-7 December 2012.
22. C. Houska. Sustainable Stainless Steel Architectural.
23. <http://www.worldstainless.org/Files/issf/Animations/Recycling/flash.html>
24. <https://www.drkarenslee.com/comparing-reusable-bottles-stainless-steel-glass-plastic/>
25. Yale University/ISSF Stainless Steel Project, 2013
26. The Greening of a Convention Centre. Nickel, Volume 23, Number 3, June 2008, 6-9.
27. <https://www.nickelinstitute.org/Sustainability/LifeCycleManagement/LifeCycleAssessments/LCAProgresopier.aspx>
28. International Stainless Steel Forum www.worldstainless.org
29. World Steel Association
30. A. Dusart, H. El-Deeb, N. Jaouhari, D. Ka, L.Ruf . Final Report ISSF Workshop. Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne, 2011.

Literatura i inne źródła

31. http://www.ssina.com/download_a_file/lifecycle.pdf
32. <https://www.nickelinstitute.org/nickel-magazine/nickel-magazine-vol-31-no1-2016/>
33. www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/Euro_Inox/RoofingTech_EN.pdf
34. <http://www.ametalsystems.com/RoofLifecycleCostComparison.aspx>
35. <http://www.metalroofing.com/v2/content/guide/costs/life-cycle-costs.cfm>
36. <https://www.tou Eiffel.paris/en>
37. https://en.wikipedia.org/wiki/Eiffel_Tower
38. <http://corrosion-doctors.org/Landmarks/Eiffel.htm>
39. http://en.wikipedia.org/wiki/Chrysler_Building#
40. Nickel Development Institute. Timeless Stainless Architecture. Reference Book Series No 11 023, 2001
41. C. Houska. Sustainable Stainless Steel Architectural. Construction Canada, September 2008, 58-72.
42. Nickel Development Institute. Timeless Stainless Architecture. Reference Book Series No 11 023, 2001
43. G. Gedge. Structural uses of stainless steel — buildings and civil engineering. Journal of Constructional Steel Research 64 (2008), 1194–1198.
44. <http://www.metalsforbuildings.eu/>
45. <http://www.circle-economy.com/circular-economy/>
46. <http://www.irishenvironment.com/iepedia/circular-economy/>

Dziękuję za uwagę

Załącznik

Recykling innych materiałów

Jest to złożony problem
Przedstawiono w celu porównania z
innymi materiałami.
Wskazano źródła informacji.

Więcej o recyklingu: cement i beton

<http://www.wbcdcement.org/pdf/CSI-RecyclingConcrete-FullReport.pdf>

- Maksymalnie 20% kruszonego cementu może być ponownie użyte w nowym betonie.
 - tylko jako kruszywo, a nie jako cement
 - wytworzony w ten sposób beton jest produktem gorszej jakości, nie nadaje się do wszystkich zastosowań
- Wydaje się, że większość betonu po rozbiórce trafia na podłoże drogowe i na składowiska (nie są dostępne szczegółowe dane)
- Kruszenie starego betonu i jego transport są głównymi operacjami recyklingu, porównywalne ze zbieraniem kruszywa lokalnie.
- Generalnie recykling powoduje za każdym razem downcycling.
- Ponowne wykorzystanie bloków betonowych po rozbiórce jest obecnie marginalne, ale może zapewnić najkrótszą drogę do ponownego wykorzystania bez downcyclingu. Nie jest to łatwe do wykonania!

Więcej o recyklingu: tworzywa sztuczne

<http://www-g.eng.cam.ac.uk/impee/?section=topics&topic=RecyclePlastics&page=materials>

- **Odpady produkcyjne** (wytwarzane na etapie produkcji) nadają się niemal w 100% do recyklingu
- **Recycling zużytych tworzyw sztucznych** to duży problem:
 - Zbiórka jest długotrwała, kosztowna
 - Sortowanie pomieszanych odpadów z tworzyw sztucznych jest trudne – zanieczyszczenie jest nieuchronne.
 - Usuwanie etykiet, nadruku odbywa się ze 100% skutecznością
 - Zanieczyszczenie każdego typu wykluczają ponowne wykorzystanie w zastosowaniach „hi-tech”
 - => tworzywa sztuczne z recyklingu (z wyłączeniem zbiórki domowej) są ponownie wykorzystywane w zastosowaniach o niższej jakości (downcycling): PET: tanie dywaniki, wełna; PE i PP: płyty, ławki parkowe
 - => i/lub zostaną ostatecznie spalone lub, co gorsze składowane lub co jeszcze gorsze będą pływać z oceanach.

Więcej o recyklingu: drewno (z sektora ABC*)

- Najlepszym rozwiązaniem pod względem recyklingu jest oczywiście ponowne użycie. Wydaje się, że wiele wysiłku poświęca się zbieraniu, odnawianiu i ponownemu przetworzeniu drewna i innych produktów z drewna. Ile jest ponownie wykorzystywanych nie jest do końca jasne.
- Nieobrobione drewno znalazło coraz większą liczbę nowych zastosowań: produkty lądowe i ogrodnicze, podściółka dla zwierząt, podłoża na zawody jeździeckie ...
- Obrobiona tarcica i drewno (obróbka chemiczna zapobiega gniciu, grzybom, owadom i uszkodzeniom przez promieniowanie UV) zawiera szkodliwe substancje chemiczne, które silnie ograniczają ich ponowne użycie. Największe z ostatnich zastosowań to produkcja płyt wiórowych, ale to co dzieje się z tych płyt na ich końca życia pozostaje niejasne.
- Należy podkreślić, że na naszej planecie postępuje globalne wylesianie, co zmniejsza nieograniczone źródła nowego drewna, zwłaszcza w krajach północnych, w których trzeba wieku aby drzewa urosły do pełnego rozmiaru.

https://www.dtsc.ca.gov/HazardousWaste/upload/TWW_Final.pdf

<https://woodrecyclers.org/about-waste-wood/wood-recycling-information/>

http://en.wikipedia.org/wiki/Wood_preservation

<http://www.wasteminz.org.nz/wp-content/uploads/Scott-Rhodes.pdf>

<http://www.brighthub.com/environment/green-living/articles/106146.aspx>

*ABC: architektura, budownictwo, konstrukcje