

Prezentacja dla wykładowców architektury i budownictwa

Rozdział 04

Co to jest stal nierdzewna?

Źródła wideo



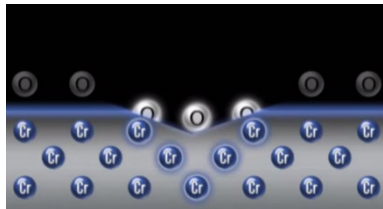
100 lat stali nierdzewnej

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



Stopowane dla uzyskania trwałej wartości

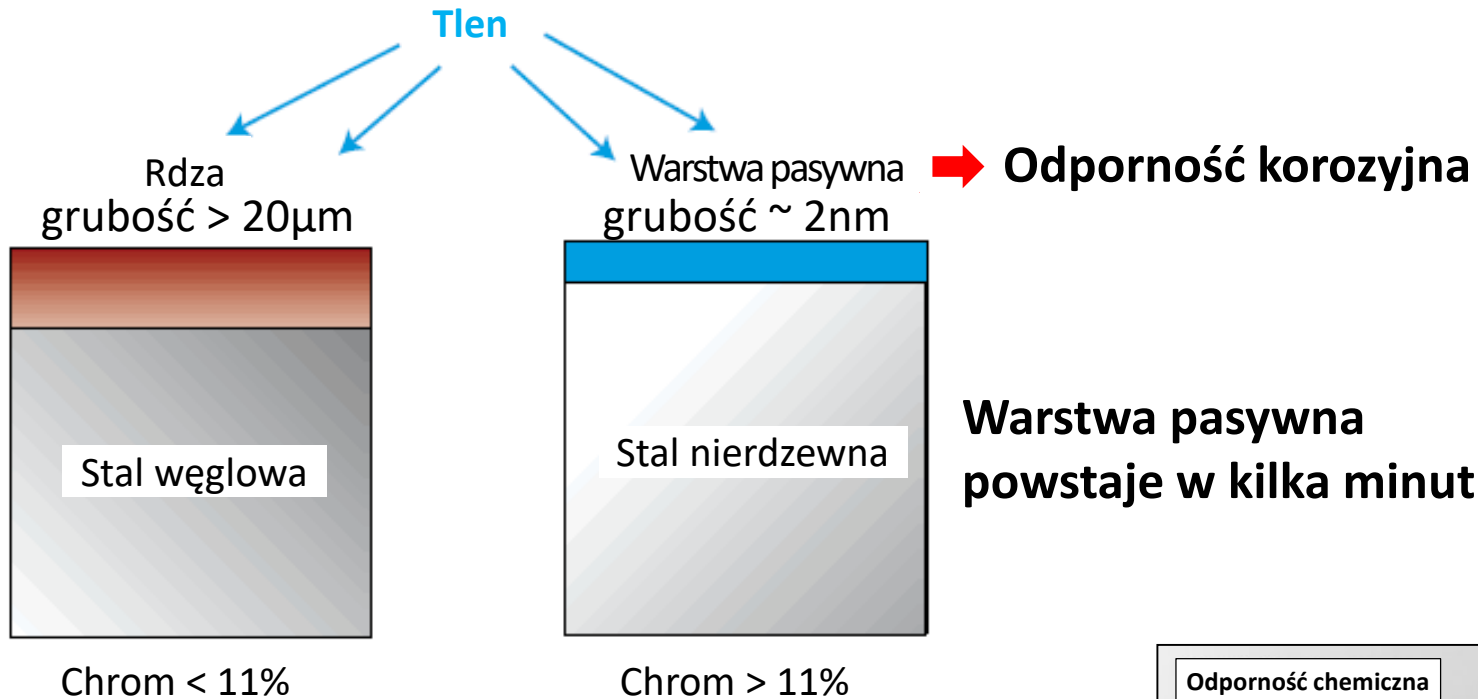
<https://youtu.be/pAy3wh3yPbg>



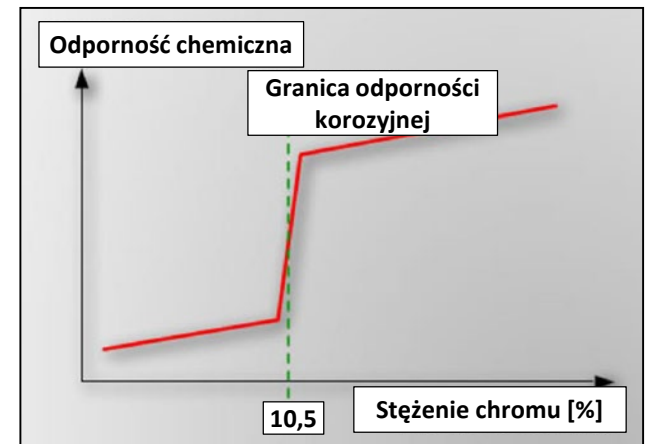
Mechanizm samonaprawczy utrzymujący trwałą wartość

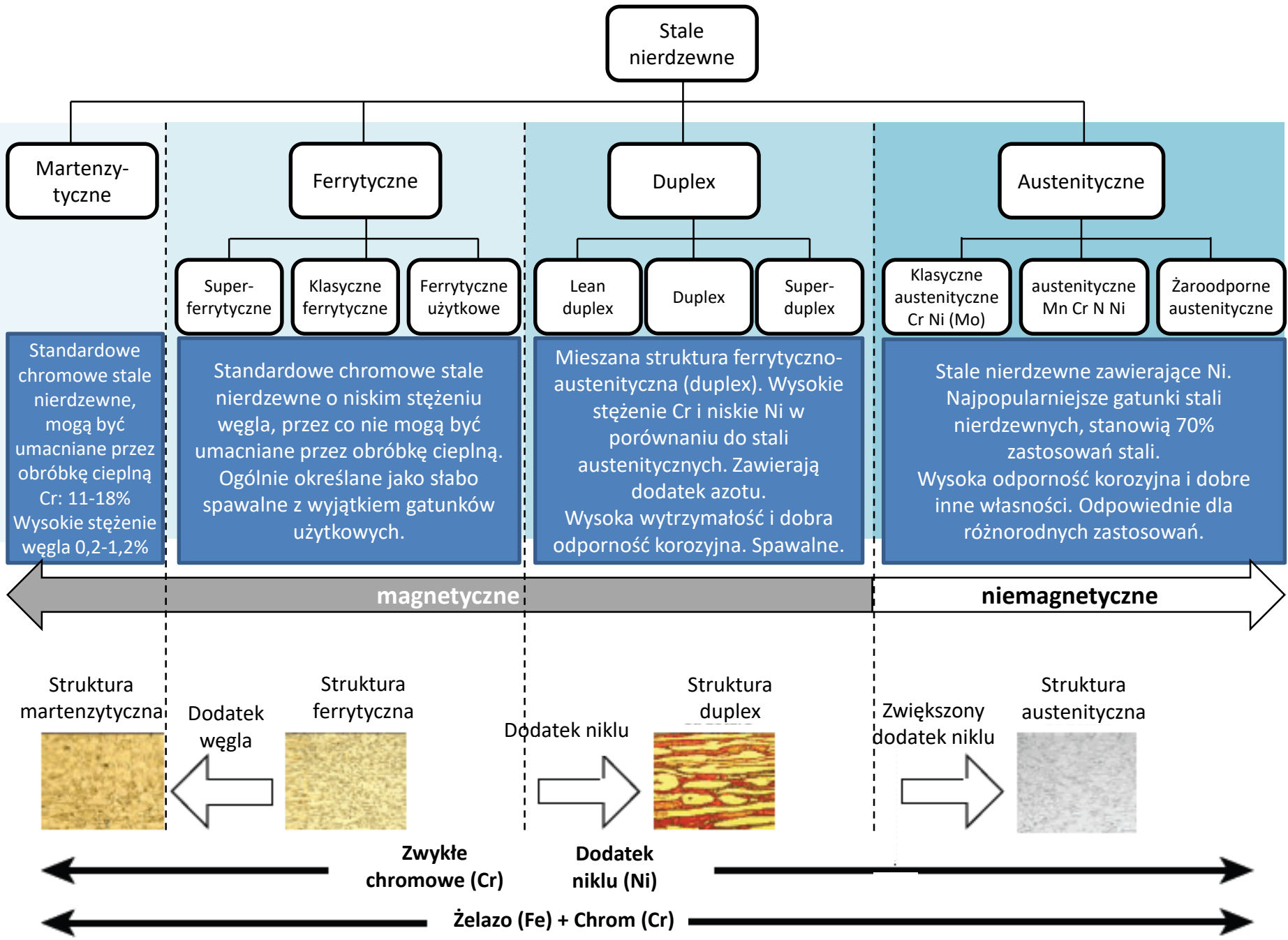
https://youtu.be/_Qelo36huGA

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 właściwości:

- Niższa odporność korozyjna
- I dużo wyższa podatność na korozję naprężeniową (SCC) i wżerową, szczególnie przy niskich stężeniach Ni i Cr
- Wyższa wytrzymałość
- Słabe właściwości 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 ▪ Właściwości 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 korozyjną 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 $10^{-6} \text{ } ^\circ\text{K}^{-1}$ | Przewodność cieplna $\text{W m}^{-1} \text{ } ^\circ\text{K}^{-1}$ | 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



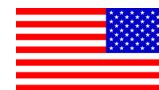
EN



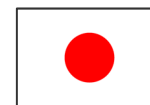
ASTM/AISI



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 | |

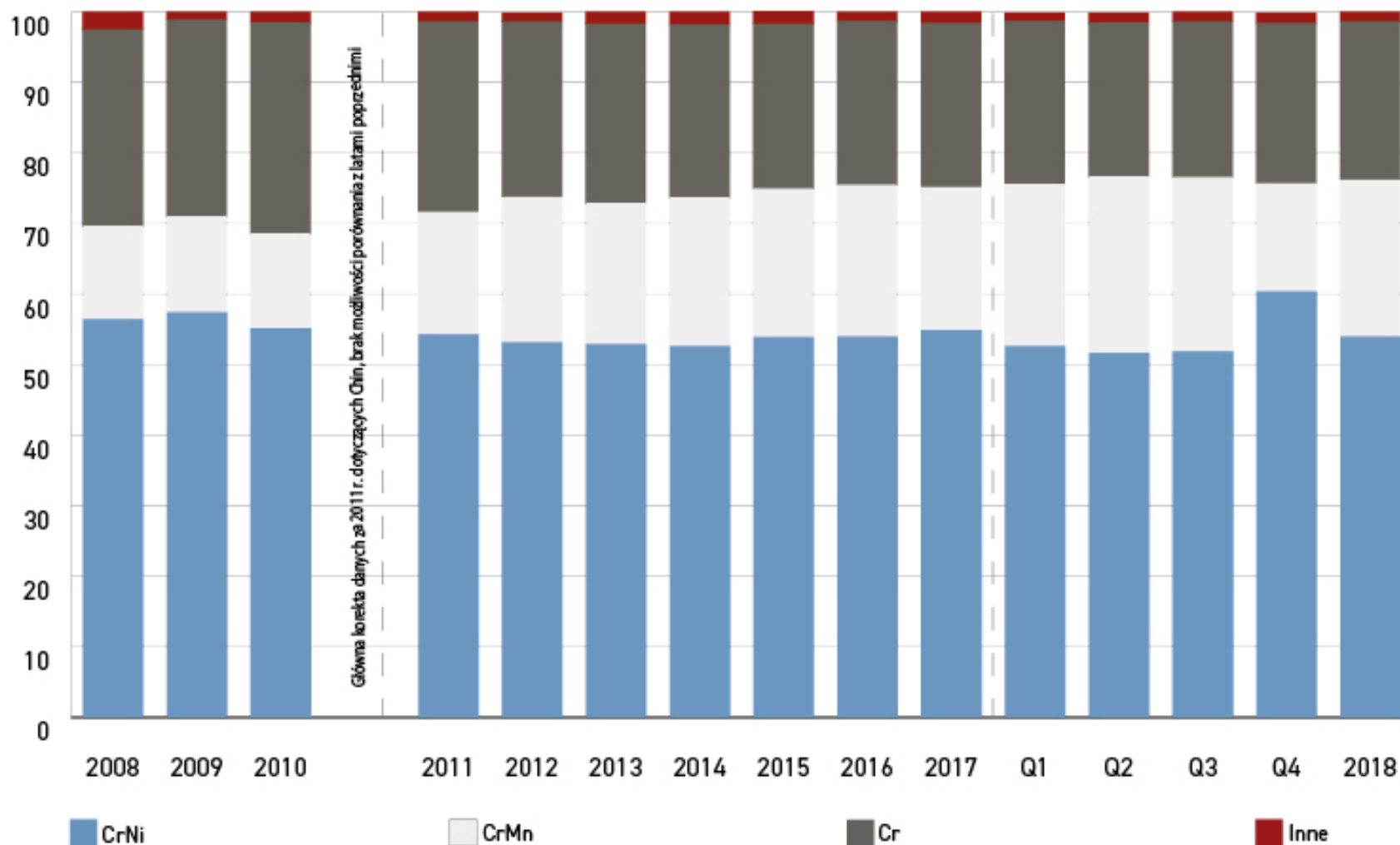
Główne gatunki stosowane w architekturze, budownictwie i konstrukcjach (ABC): EN 10088-5 (pręty, druty, kształtowniki)¹⁸

| 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

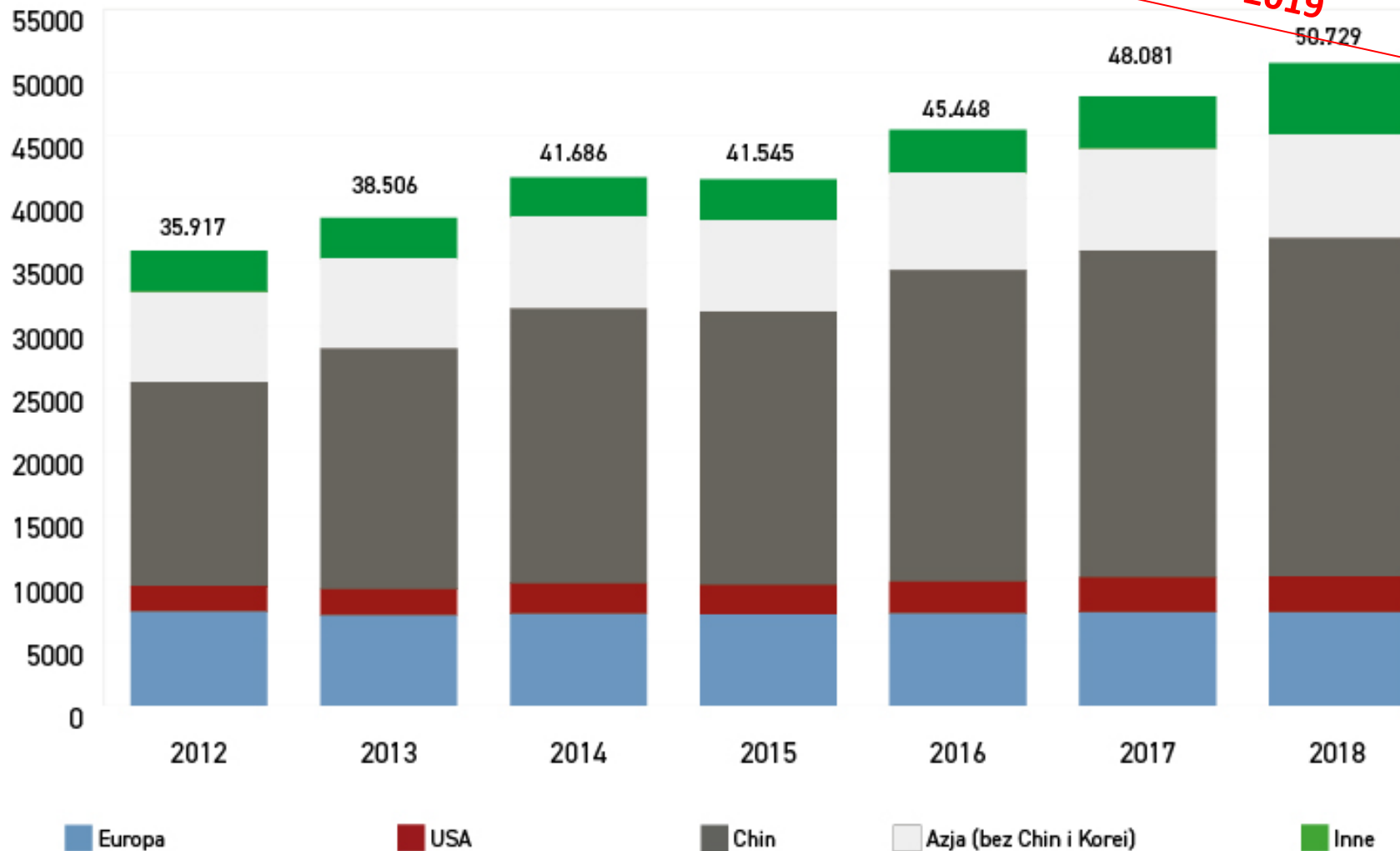


Wysokie ceny Ni sprzyjają zastępowaniu popularnych gatunków Cr-Ni przez gatunki Cr-Mn lub gatunki Cr. Udział w rynku gatunków duplex jest obecnie marginalny, ale przewiduje się, że będzie on wzrastać w przyszłości.

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

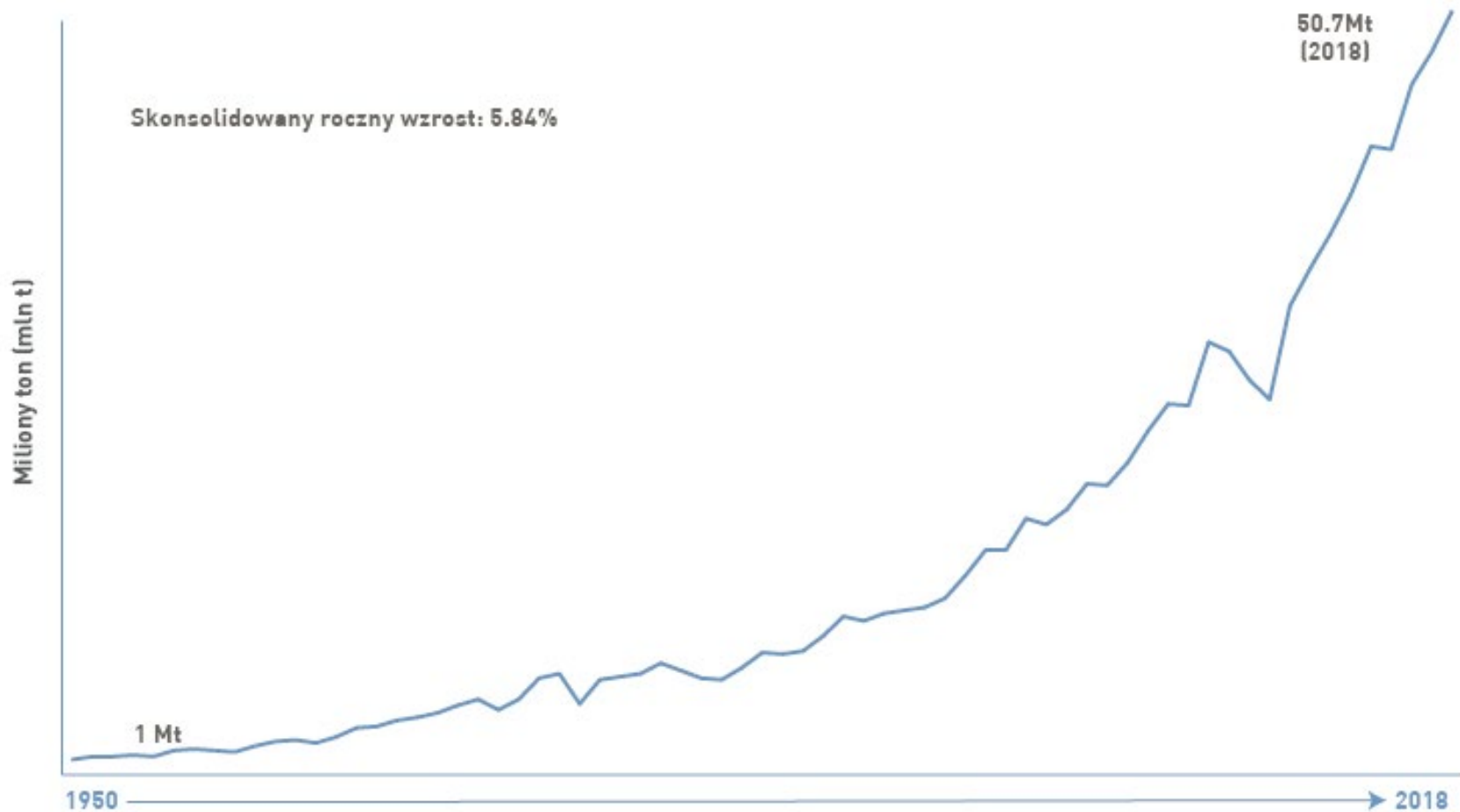
Produkcja stali nierdzewnych (slaby/równowartość w sztabkach) w podziale na region w tys. ton.

**UAKTUALNIONE
2019**



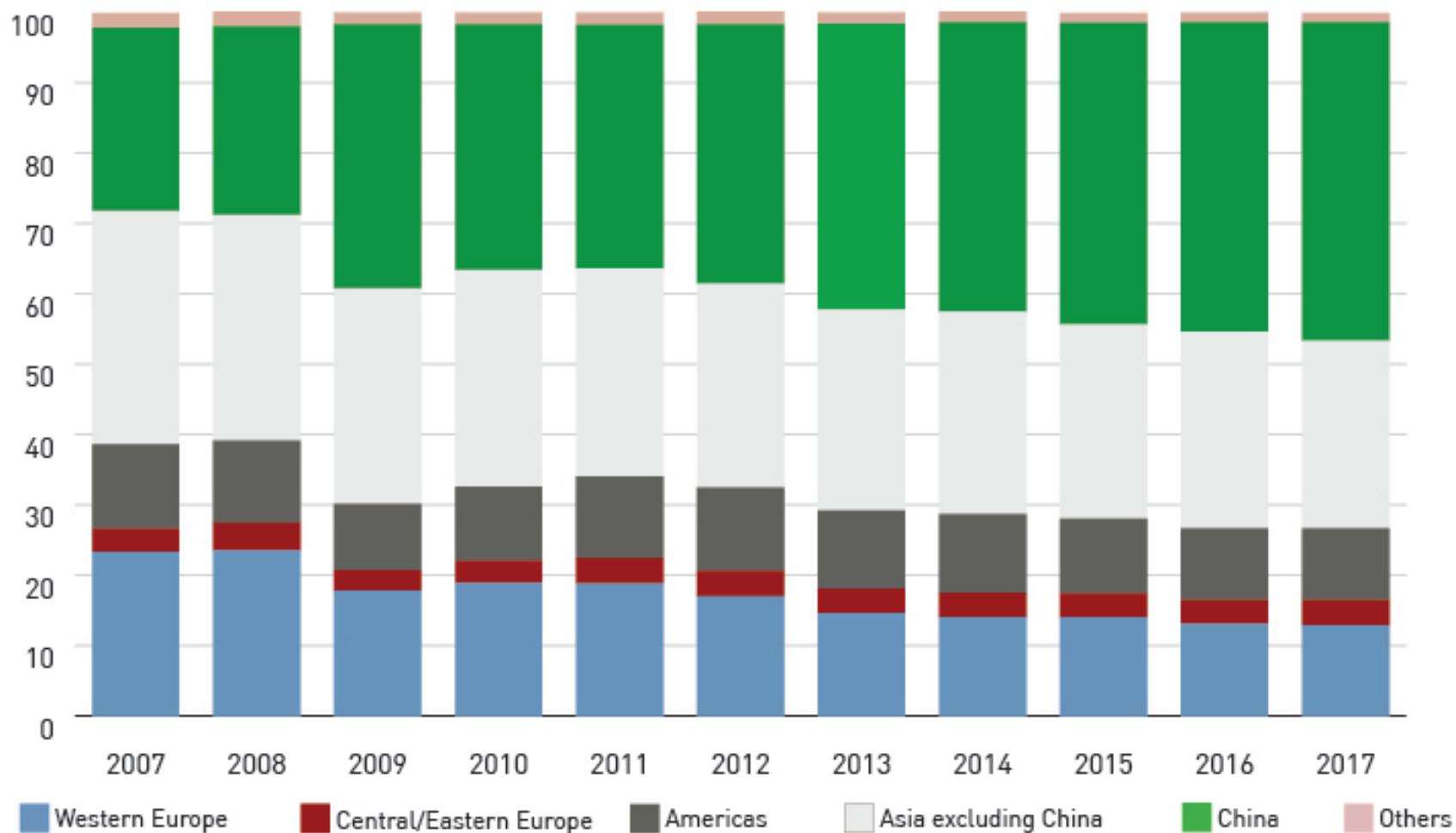
World stainless meltshop production (slab/ingot equivalent)

**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!