

Program seminarium:

10.00-10.10 *Otwarcie seminarium*

Andrzej Ciepela

10.10-10.50 Stale Duplex - grupa wysoko wytrzymałych gatunków stali nierdzewnych

Mikael Willför

10.50-11.30 LDX 2101 i 2304 - wysoko opłacalne stale Duplex, jako alternatywa dla austenitycznych gatunków stali nierdzewnych

Fredrik Sjöholm

11.30-11.55 Osobliwości spawania ferrytycznych stali nierdzewnych oraz stali typu Duplex

Jerzy Niagaj

11.55-12.35 20 lat badań stali nierdzewnej na elementy konstrukcyjne: Aktualny stan rozwoju międzynarodowych prac badawczych, praktyczne zastosowania, obecne możliwości i nadchodzące wyzwania

Bassam Burgan

12.35-13.00 *Przerwa kawowa*

13.00-13.40 Pręty zbrojeniowe ze stali nierdzewnej w konstrukcjach **Juan José Fernández Fernández**

13.40-14.20 Promocja stali nierdzewnej we Włoszech – nowe obszary **Fausto Capelli**

14.20-15.00 Dlaczego gatunek stali 3CR12 jest tak wyjątkowy? Stal CS200 z 4% dodatkiem niklu - alternatywny wybór

John Nigel Tarboton

15.00-15.40 Zastosowania dla materiałów serii AL 201HP™

Olga Galitskaya, Mario Ruiz

Od 15.40 *Panel dyskusyjny*

PARTNERZY:



PATRONI MEDIALNI:





***Stal Duplex –
Grupa wysoko wytrzymałych gatunków
stali nierdzewnych***

www.outokumpu.com

Spis treści

Wprowadzenie

Skład chemiczny, własności korozyjne oraz własności mechaniczne

Efektywność ekonomiczna i Koszt Cyklu Życia

Aspekty wytwarzania

Wnioski

Stal nierdzewna – Wiele możliwości

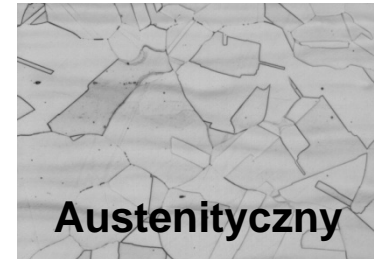
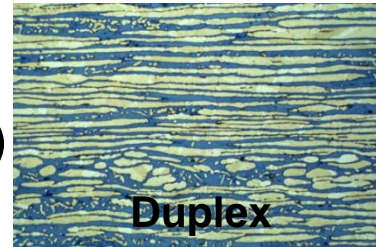
	Steel designations		Otolumpu steel names	Typical chemical composition, %						National steel designations superseded by EN				Otolumpu Stainless products	Welding consumables
	EN	ASTM		C	N	Cr	Ni	Mo	Other	BS/UK	DN/Germany	NF/France	SS/Sweden		
Austenitic	1.4016	430	4016	0.04	-	19.5	-	-	-	430S17	1.4016	Z8 C17	2320	P N B R	308LMVR or 302L
	1.4020	416	4020	0.10	0.04	12	-	-	-	416S21	1.4020	Z10 C13	2302	P B R	739 S
	1.4005	416	4005	0.10	0.04	13	-	-	S	416S21	1.4005	Z11 CF13	2360	B R	739 S
	1.4021	420	4021	0.20	-	13	-	-	-	420S29	1.4021	Z20 C13	2303	H N B R	739 S
	1.4028	420	4028	0.30	-	12.5	-	-	-	420S45	1.4028	Z33 C13	2304	N R	739 S
1.4418	-	246 SV	246 SV	0.03	-	16	5	1	-	-	1.4418	Z6 CND 16/05-01	2387	P B	246 SV
Duplex	1.4162	S32101	S32101*	0.03	0.22	21.5	1.5	0.3	8W	-	-	-	-	P H C R	2101 or 2205
	1.4362	S32304	SAF 2304®	0.02	0.10	23	4.8	0.3	-	-	1.4362	Z3 CN 23-04 A2	2327	P H C R	2205 or 2304
	1.4462	S32205*	2205	0.02	0.17	22	5.7	3.1	-	316S13	1.4462	Z3 CND 22-05 A2	2377	P H C N B R	2205
Austenitic	1.4310	301	4310	0.10	-	17	7	-	-	301S21	1.4310	Z11 CN 18-08	2321	H C N B R	308LMVR
	1.4318	301LN	4318	0.02	0.14	17.7	6.5	-	-	-	-	Z3 CN 18-07 A2	-	H C	308LMVR
	1.4372	201	4372	0.05	0.15	17	5	-	6.5Mn	-	-	Z12 CMN 17-07 A2	-	H C N R	307 or 308L
	1.4301	304	4301	0.04	-	18.1	8.3	-	-	304S31	1.4301	Z7 CN 18-00	2333	P H C N B R	308LMVR
	1.4307	304L	4307	0.02	-	18.1	8.3	-	-	304S11	1.4307	Z3 CN 18-10	2352	P H C N B R	308LMVR
	1.4311	304LN	4311	0.02	0.14	18.5	10.5	-	-	304S61	1.4311	Z3 CN 18-10 A2	2371	P H C N B R	308LMVR
	1.4541	321	4541	0.04	-	17.3	9.1	-	Ti	321S31	1.4541	Z6 CNT 18-10	2337	P H C N B R	308LMVR
	1.4550	347	4550	0.05	0.04	17.5	9.5	-	Nb	347S31	1.4550	Z6 CND 18-10	2338	P R	347MVB
	1.4305	303	4305	0.05	-	17.3	8.2	-	S	303S31	1.4305	Z6 CNF 18-00	2346	P B R	308LMVR
	1.4303	305	4303	0.04	-	17.7	12.5	-	-	305S19	1.4303	Z1 CN 18-12	-	P H C N B R	308LMVR
	1.4306	304L	4306	0.02	-	18.2	10.1	-	-	304S11	1.4306	Z3 CN 18-10	2352	P H C N B R	308LMVR
	1.4567	S30430	4567	0.01	-	17.7	9.7	-	3Cu	304S17	1.4567	Z3 CNU 18-00 FF	-	B R	308LMVR
	1.4401	316	4401	0.04	-	17.2	10.2	2.1	-	316S31	1.4401	Z7 CND 17-11-02	2347	P H C N B R	316L/SKR
	1.4404	316L	4404	0.02	-	17.2	10.1	2.1	-	316S11	1.4404	Z3 CND 17-11-02	2348	P H C N B R	316L/SKR
	1.4436	316	4436	0.04	-	16.9	10.7	2.6	-	316S33	1.4436	Z7 CND 18-12-03	2343	P H C N B R	316L/SKR
	1.4432	316L	4432	0.02	-	16.9	10.7	2.6	-	316S13	1.4435	Z3 CND 18-14-03	2353	P H C N B R	316L/SKR
	1.4406	316LN	4406	0.02	0.14	17.2	10.3	2.1	-	316S61	1.4406	Z3 CND 17-11 A2	-	P H C N B R	316L/SKR
	1.4429	S31693	4429	0.02	0.14	17.3	12.5	2.6	-	316S63	1.4429	Z3 CND 17-12 A2	2375	P C R	316L/SKR
	1.4571	316Ti	4571	0.04	-	16.8	10.9	2.1	Ti	320S31	1.4571	Z6 CNDT 17-12	2350	P H C N B R	316L/SKR
	1.4435	316L	4435	0.02	-	17.3	12.6	2.6	-	316S13	1.4435	Z3 CND 18-14-03	2353	P H C N B R	316L/SKR
1.4438	317L	4438	0.02	-	18.2	13.7	3.1	-	317S12	1.4438	Z3 CND 19-15-04	2367	P H C N B R	317L/SNR	
1.4439	317LMN	4439	0.02	0.14	17.8	12.7	4.1	-	-	1.4439	Z3 CND 18-14-05 A2	-	P H C	SLR-AP	
1.4539	904L	904L	0.01	-	20	25	4.3	1.5Cu	904S13	1.4539	Z2 NCDU 25-20	2562	P H C N B R	904L or P12	
1.4547	S31254	254 SMC®	0.01	0.20	20	18	6.1	Cu	-	-	-	-	P H C N B R	P12 or P16	
1.4565	S34595	4565	0.02	0.45	24	17	4.5	6.5Mn	-	1.4565	-	-	P	P16	
Austenitic	1.4048	304H	4048	0.05	-	18.1	8.3	-	-	304S51	1.4048	Z6 CN 18-00	2333	P H C B R	308/308H
	1.4878	321	4878	0.05	-	17.3	9.1	-	Ti	321S51	1.4878	Z6 CNT 18-10	2337	P H C N B R	347MVB
	1.4818	S30415	153MA™	0.05	0.15	18.5	9.5	-	1.3S, C ₆	-	-	-	2372	P C N B R	253 MA
	1.4833	309S	4833	0.06	-	22.3	12.6	-	-	309S16	1.4833	Z15 CN 24-13	-	P H C N B R	309
	1.4828	-	4828	0.04	-	20	12	-	2S	-	1.4828	Z17 CNG 20-12	-	P H C N B R	253 MA
	1.4835	S30815	253MA®	0.03	0.17	21	11	-	1.6S, C ₆	-	-	-	2368	P H C N B R	253 MA
	1.4845	310S	4845	0.05	-	25	20	-	-	310S16	1.4845	Z8 CN 25-20	2361	P H C N B R	310
	1.4854	S35315	353MA®	0.05	0.17	25	35	-	1.3S, C ₆	-	-	-	-	P	353 MA

* also available as S31603

Co decyduje o własnościach gatunku stali?

- Struktura – Własności podstawowe

- Pierwiastki stopowe
- (Obróbka cieplna)
- (Odkształcenie plast. na zimno)



- Pozycja w grupie

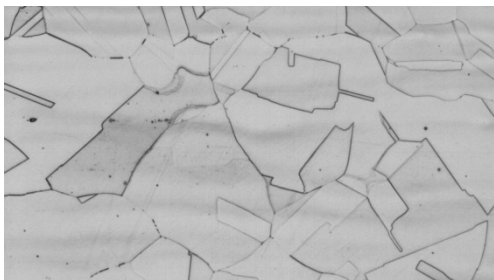
- Pierwiastki stopowe



- Inne czynniki wpływające

- Wykończenie powierzchni
- Odkształcenie plast. na zimno

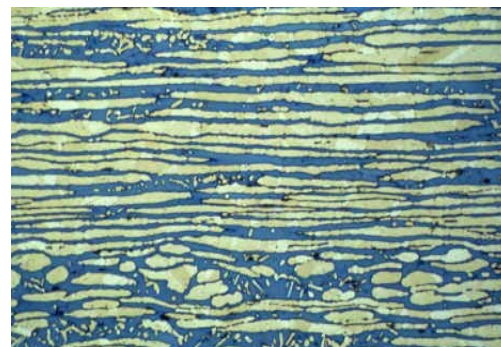
Idea stali duplex – Najlepsze z dwóch światów



Austenityczna stal nierdzewna



Ferrytyczna stal nierdzewna



Austenityczno-Ferrytyczna stal nierdzewna

Stale Duplex – Długa historia

23. Grudnia 1930

Woda morską

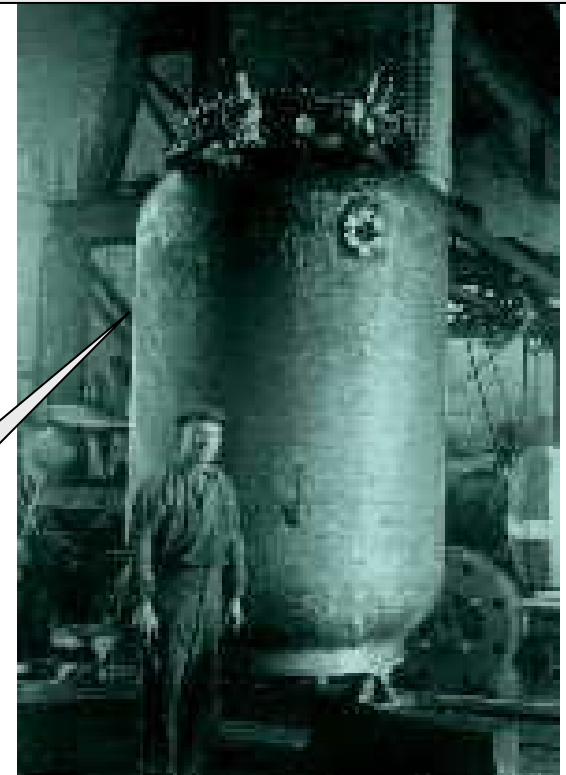
Zbiornik reaktora – Sierpień 1933

TESTA JERNVÄRKS AKTIEBOLAG
den 23 / 12 1930 Havsvalten K.05/01

Tid: 10 dygn. Temp: 50° C

Kval.	topp. gr. på m ² i tim.
832	0,0053
453 E	0,0076
453 S	0,0056
393 S	0,0109
254	0,0107

453 S (~ASTM 329)



Konwertor AOD – Przełom w nowoczesnych gatunkach stali Duplex

- Proces konwertorowy AOD (Argon-Oxygen-Decarburisation) – Późne lata 60', początek 70'
- Pierwszy nowoczesny gatunek stali Duplex – 2205 – Połowa lat 70'
- Gatunki niskostopowe stali Duplex – Lean Duplex – 2304 oraz LDX 2101
- Gatunki wysokostopowe stali Duplex – Super Duplex – 2507



Konwertor AOD



Stale Duplex obecnie – Znakomite i szeroko stosowane materiały inżynierskie

Mosty i Konstrukcje budowlane



Zbiorniki magazynowe



Chemikaliowce



Zbiorniki ciśnieniowe



Aparatura procesowa



Spis treści

Wprowadzenie

Skład chemiczny, własności korozyjne oraz własności mechaniczne

Efektywność ekonomiczna i Koszt Cyklu Życia

Aspekty wytwarzania

Wnioski

Stale Duplex – Składy chemiczne

	Steel designations		Outokumpu steel names	Typical chemical composition, %						National steel designations superseded by EN				Outokumpu Stainless products	Welding consumables
	EN	ASTM		C	N	Cr	Ni	Mo	Others	BS/UK	DIN/Germany	NF/France	SS/Sweden		
Fertile	1.4016	430	4016	0.04	-	16,5	-	-	-	430S17	1.4016	28 C17	2320	P N B R	308LMVR or 309L
	1.4006	410	4006	0.15	0.04	12	-	-	-	410S21	1.4006	Z10 C13	2302	P B R	730 S
	1.4005	416	4005	0.10	0.04	13	-	-	S	416S21	1.4005	Z11 CF13	2380	B R	730 S
	1.4021	420	4021	0.20	-	13	-	-	-	420S29	1.4021	Z20 C13	2303	H N B R	730 S
	1.4028	420	4028	0.30	-	12,5	-	-	-	420S45	1.4028	Z33 C13	2304	N R	730 S
	1.4418	-	248 SV	0.03	-	16	5	1	-	-	1.4418	Z6 CND 16/5-01	2387	P B	248 SV
Duplex	1.4162	S32101	LDX 2101*	0.03	0.22	21,5	1,5	0,3	5Mn	-	-	-	-	P H C R	2101 or 2205
	1.4362	S32304	SAF 2304*	0.02	0.10	23	4,8	0,3	-	-	1.4362	Z3 CN 23-04 As	2327	P H C R	2205 or 2304
	1.4462	S32205*	2205	0.02	0.17	22	5,7	3,1	-	316S13	1.4462	Z3 CND 22-05 As	2377	P H C N B R	2205
	1.4410	S32750	SAF 2507*	0.02	0.27	25	7	4	-	-	-	Z3 CND 25-05 As	2328	P C	2507P100
Austenitic	1.4310	301	4310	0.10	-	17	7	-	-	301S21	1.4310	Z11 CN 18-08	2331	H C N B R	308LMVR
	1.4318	301LN	4318	0.02	0.14	17,7	6,5	-	-	-	-	Z3 CN 18-07 As	-	H C	308LMVR

EN	ASTM	Outokumpu	Typowy Skład Chemiczny, %					
			Cr	Ni	Mo	C	N	Inne
1.4162	S32101	LDX2101	21,5	1,5	0,3	0,03	0,22	5Mn
1.4362	S32304	2304	23	4,8	0,3	0,02	0,10	
1.4462	S32205	2205	22	5,7	3,1	0,02	0,17	
1.4410	S32750	SAF2507	25	7	4	0,02	0,27	

HE	1.4845	310S	4845	0.05	-	25	20	-	-	310S16	1.4845	Z8 CN 25-20	2361	P H C N B R	310
	1.4854	S35315	353MA*	0.05	0.17	25	35	-	1.3S, Cu	-	-	-	-	P	353 MA

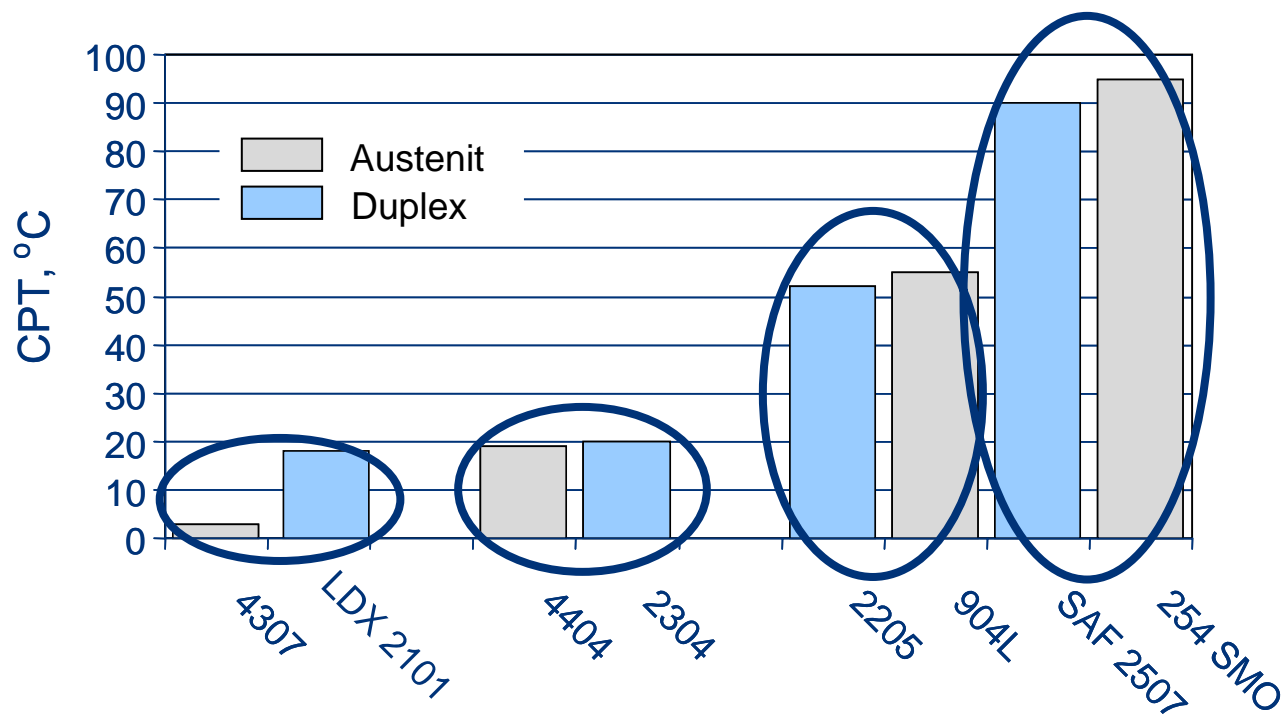
* also available as S31603

Stale Duplex oraz niektóre pozostałe gatunki

EN	ASTM	Outo- kumpu	Typowy Skład Chemiczny, %					Inne
			Cr	Ni	Mo	C	N	
1.4162	S32101	LDX2101	21,5	1,5	0,3	0,03	0,22	5Mn
1.4307	304L	4307	18.1	8.3	-	0.02	-	
1.4362	S32304	2304	23	4,8	0,3	0,02	0,10	
1.4404	316L	4404	17,2	10,1	2,1	0,02	-	
1.4462	S32205	2205	22	5,7	3,1	0,02	0,17	
1.4539	904L	904L	20	25	4,3	0,01	-	1,5Cu
1.4410	S32750	SAF2507	25	7	4	0,02	0,27	
1.4547	S31254	254SMO	20	18	6,1	0,01	0,20	Cu

Odporność korozyjna – krytyczna temperatura powstawania wżerów CPT

Próby laboratoryjne – stosowane jedynie w celu porównania



Krytyczna temperatura powstawania wżerów zgodnie z ASTM G 150 (1M NaCl)

Własności mechaniczne

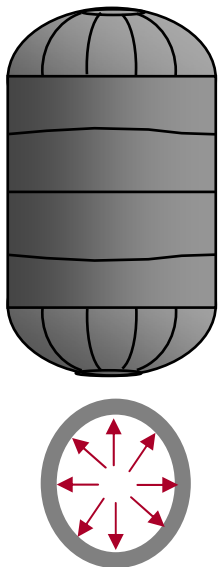
EN	ASTM	Outokumpu	Minimalne wartości zgodnie z EN 10088, Taśmy i zwoje walcowanie na zimno**		
			R _{p0,2} (MPa)	R _m (MPa)	A ₅ (%)
1.4162*	S32101*	LDX2101*	530	700	30
1.4307	304L	4307	220	520	45
1.4362	S32304	2304	450	650	20
1.4404	316L	4404	240	530	40
1.4462	S32205	2205	500	700	20
1.4539	904L	904L	240	530	35
1.4410	S32750	SAF2507	550	750	20
1.4547	S31254	254SMO	320	650	35

* Gatunek LDX 2101 nie został jeszcze uwzględniony w normie EN 10088, własności mechaniczne według ASTM A240.

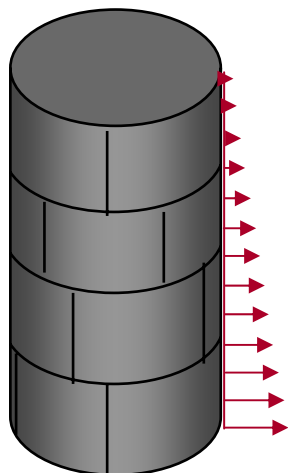
** Wartości projektowe mogą różnić się w zależności od różnych postaci produktów. Odpowiednie wartości dostępne są w stosownych specyfikacjach

Rodzaj obciążenia oraz potencjalne oszczędności stali Duplex

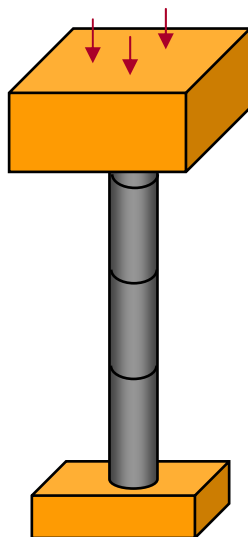
Rozciąganie
'Zbiornik ciśnieniowy'



Gięcie blach grubych
'Zbiornik magazynowy'



Wyboczenie
'Kolumna'



Potencjalne oszczędności

1. Rozciąganie

- Potencjalne oszczędności do ~50%

2. Gięcie blach grubych

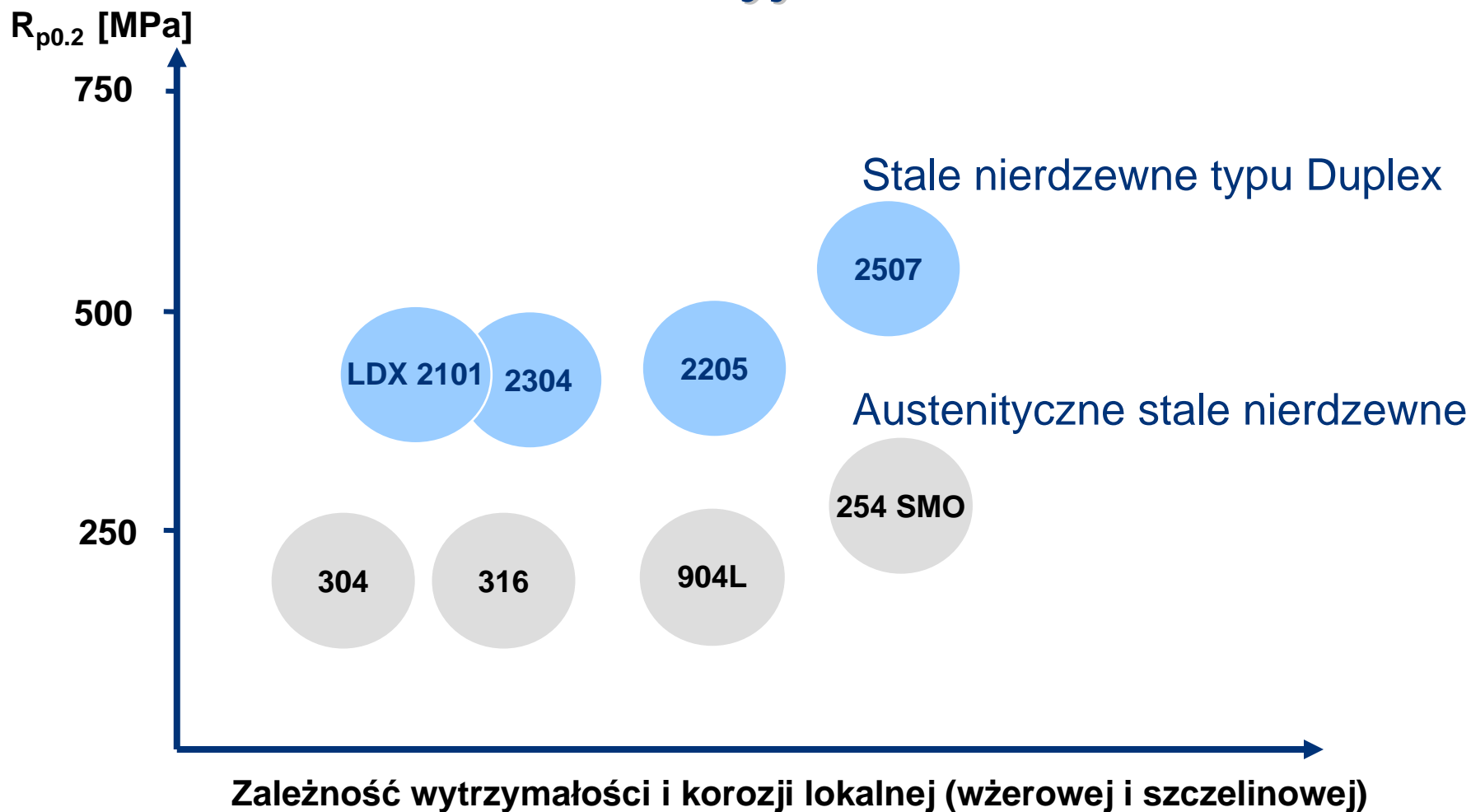
- Potencjalne oszczędności do ~30%

3. Wyboczenie

- Potencjalne oszczędności do ~15%

**Uwaga! Ilustracje przedstawiają oddziaływanie wytrzymałości.
Rzeczywiste oszczędności zależą od obiektu
oraz zastosowanych przepisów projektowych.**

Wytrzymałość mechaniczna oraz „odporność korozyjna”



Zbiorniki magazynowe

Melasa LDX 2101



Zbiorniki na wino LDX 2101 i 2304



Silos na mąkę LDX 2101



Kadź do ługowania
cynku - SAF 2507



Biopaliwa –
2304 + LDX 2101



Zbiorniki ciśnieniowe

Odsalanie



Reaktor nadtlenkowy – LDX 2101



Komora fermentacyjna o działaniu ciągłym

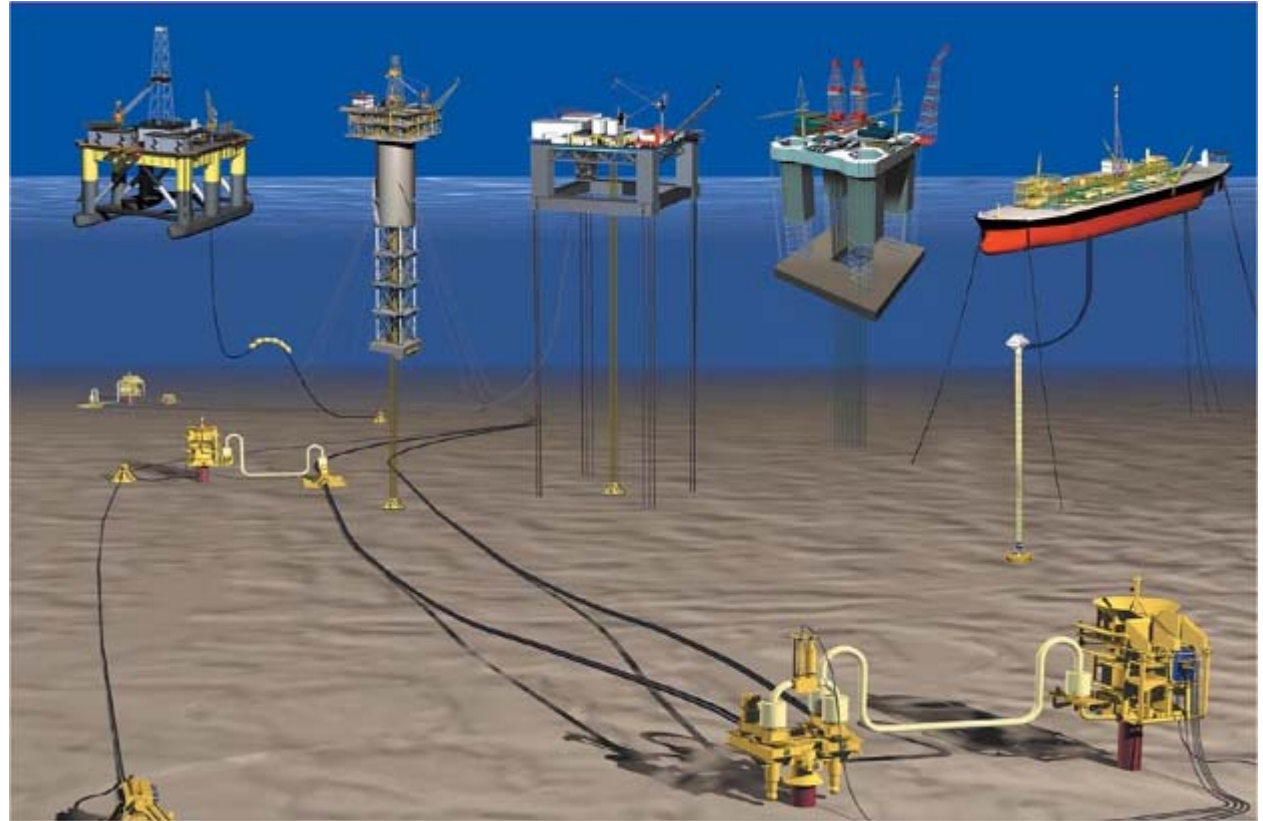


Zbiornik wyrównawczy – LDX 2101

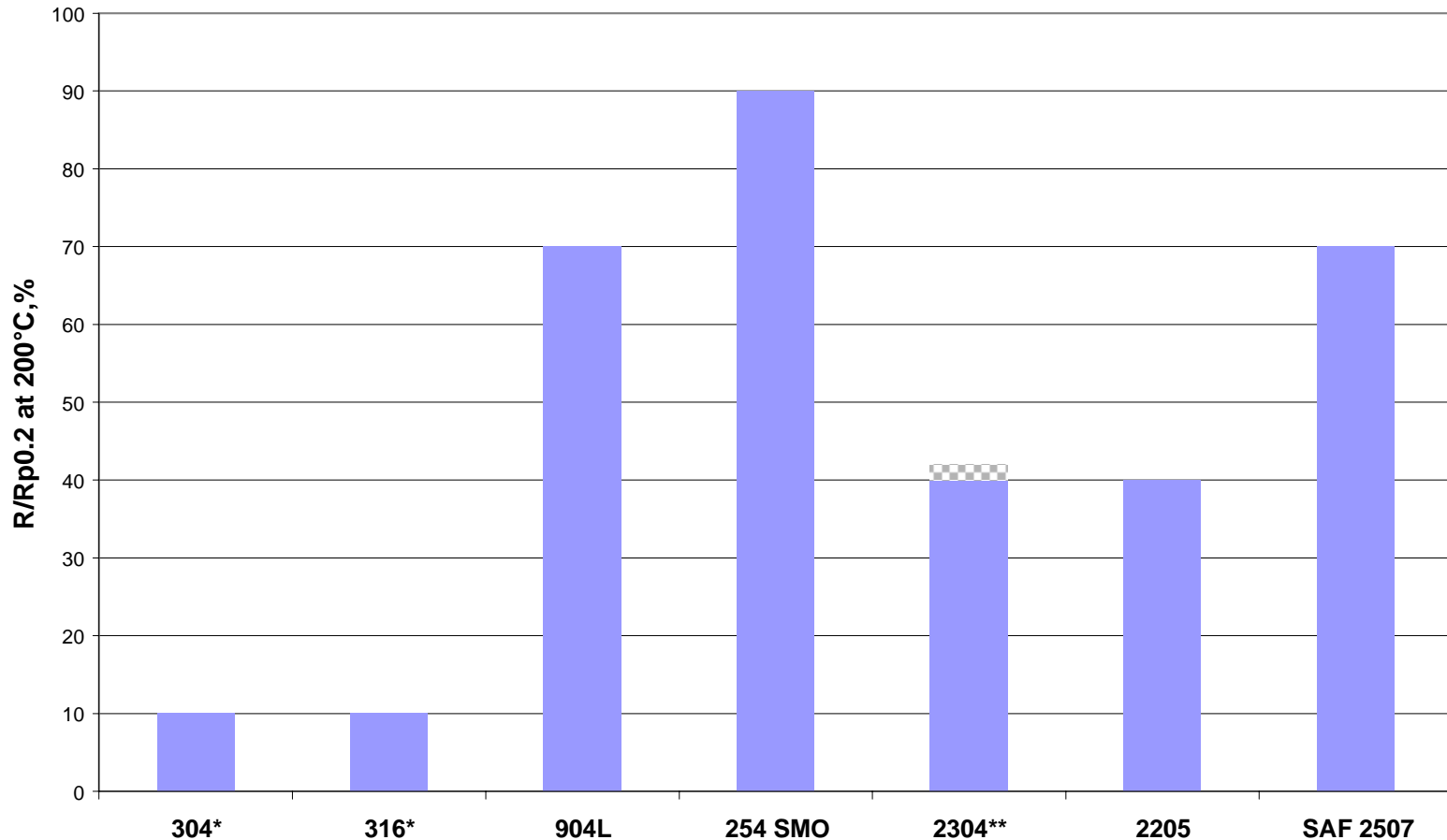


Rury i przewody elastyczne

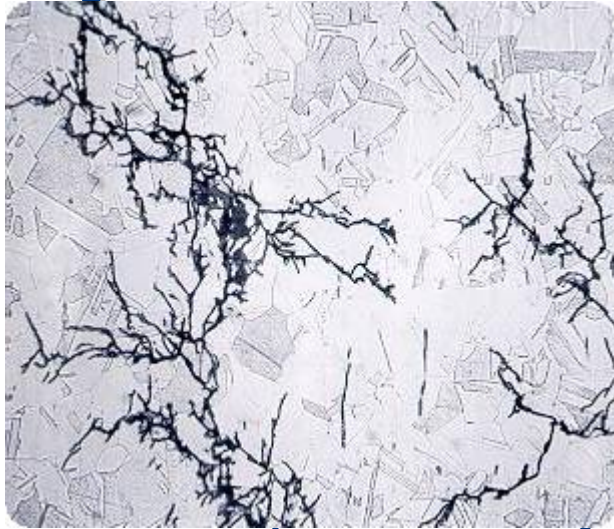
- Obecnie wszyscy producenci rur i przewodów elastycznych stosują stale nierdzewne Duplex
 - LDX 2101
 - 2304
 - 2205
 - SAF 2507



Pękanie wywołane korozją naprężeniową – Badanie Procesu Parowania Kropli



Pękanie wywołane korozją naprężeniową – trzy możliwości?



Pękanie korozyjne indukowane chlorkiem w standardowych austenitycznych stalach nierdzewnych - 4307, 4404

~~Ni~~

Ferrytyczne stale nierdzewne

- Dobrze, ale
- nie wystarczająco odporne na korozję wżerową i szczelinową

-Ni

Stale nierdzewne Duplex

+Ni

904L
254 SMO
4565

Austenityczne stale nierdzewne z wysoką zawartością Ni i Mo

LDX 2101
2304
2205
SAF 2507

Gatunki Duplex rozwiązują problemy pęknięcia wywołanego korozją naprężeniową



**Zbiornik gorącej wody
oraz podgrzewacz - wykonane z
2304 dla browaru w Austrii**

**Domowe urządzenia
grzewcze –
Typowe zastosowanie
gatunków Duplex**



Spis treści

Wprowadzenie

Skład chemiczny, własności korozyjne oraz własności mechaniczne

Efektywność ekonomiczna i Koszt Cyklu Życia

Aspekty wytwarzania

Wnioski

Komory odparowywania - Odsalanie

MSF



LT-MED



DualDuplex™ - Stal 2205 połączona ze stalą 2304 lub LDX 2101

↑
Stale nierdzewne typu duplex - 2205

↑
Austenityczne stale nierdzewne – np. 316L/1.4404

↑
Stal węglowa platerowana stalą nierdzewną

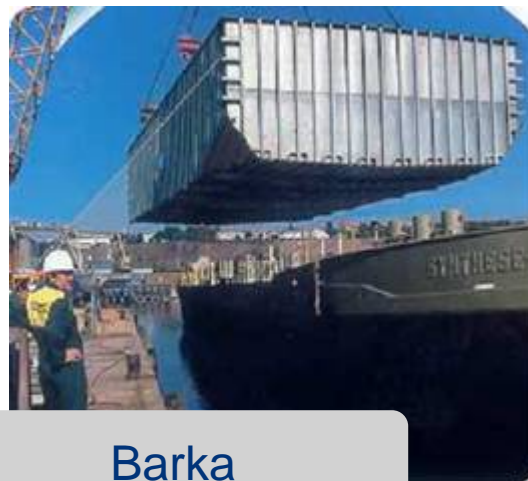
↑
Stal węglowa z okładziną ze stali nierdzewnej

↑
Stal węglowa

Mosty oraz Konstrukcje budowlane wykonane ze stali Duplex Pomyśl o Kosztach Cyklu Życia!



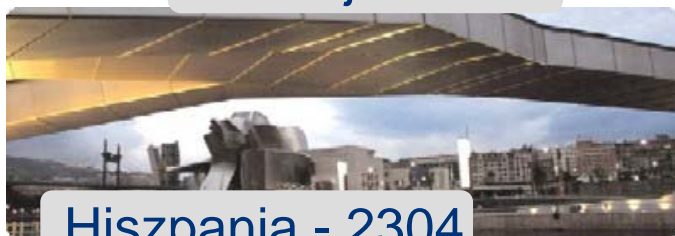
Szwecja - 2205



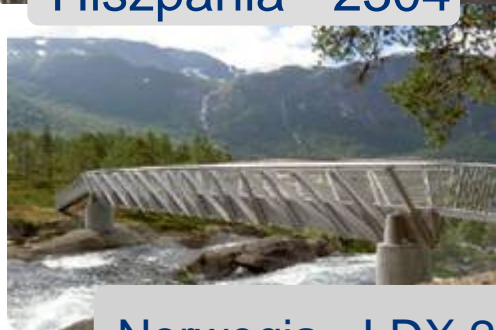
Barka



Okratowanie



Hiszpania - 2304



Norwegia - LDX 2101



Śluza



Elementy konstrukcyjne

Spis treści

Wprowadzenie

Skład chemiczny, własności korozyjne oraz własności mechaniczne

Efektywność ekonomiczna i Koszt Cyklu Życia

Aspekty wytwarzania

Wnioski

Kształtowanie stali Duplex /1

- Stale duplex są odpowiednie do większości operacji kształtowania stosowanych w procesie wytwarzania stali nierdzewnych
- Formowanie na zimno
 - Wysoka umowna granica plastyczności – Wyższe siły robocze oraz sprężynowanie w porównaniu ze stalami austenitycznymi
 - Dobra podatność na kształtowanie technologiczne
 - Ciągliwość mniejsza niż dla stali austenitycznych, lecz większa w porównaniu ze stalami ferrytycznymi
 - Gięcie; charakterystyczne minimalne współczynniki gięcia (promień/grubość materiału, wartości R/t):
 - stale Duplex: 2.5
 - stale Austenityczne: 1-2
 - stale Ferrytyczne: 3

Kształtowanie stali Duplex /2

- Formowanie na gorąco
 - Niska wytrzymałość w wysokiej temperaturze – Elementy wymagają podparcia podczas procesu
 - Prawidłowo, przeprowadzany jest następnie proces wyżarzania rozpuszczającego

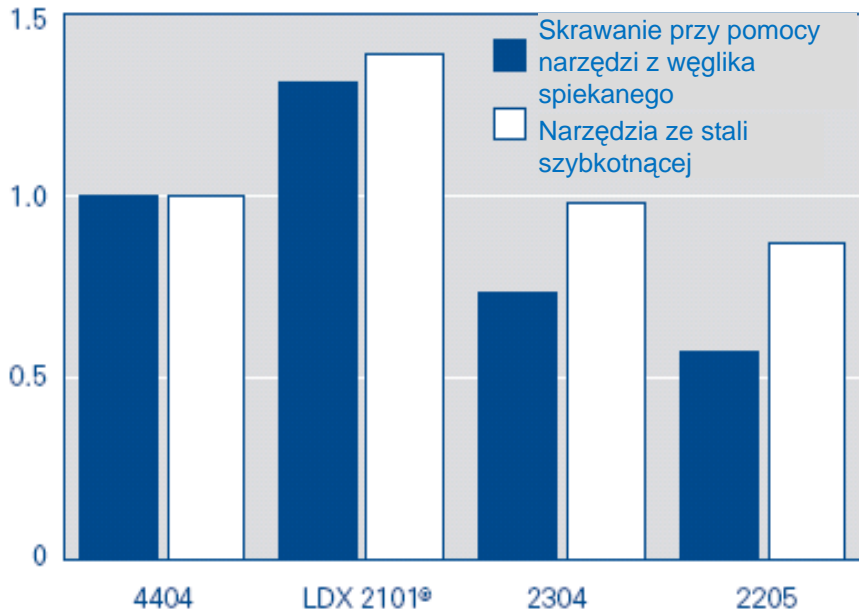
Charakterystyczne temperatury, °C

	LDX 2101®	2304	2205	SAF 2507®
Formowanie na gorąco	1100-900	1100-900	1150-950	1200-1025
Wyżarzanie rozpuszczające	1020-1080	950-1050	1020-1100	1040-1120
Wyżarzanie odprężające	1020-1080	950-1050	1020-1100	1040-1120

Obróbka skrawaniem stali Duplex

- Z uwagi na większą twardość, stale Duplex wymagają zwykle w większej mierze skrawania niż konwencjonalne austenityczne stale nierdzewne, takie jak 1.4404/316L.
- LDX 2101 charakteryzuje się doskonałą skrawalnością!

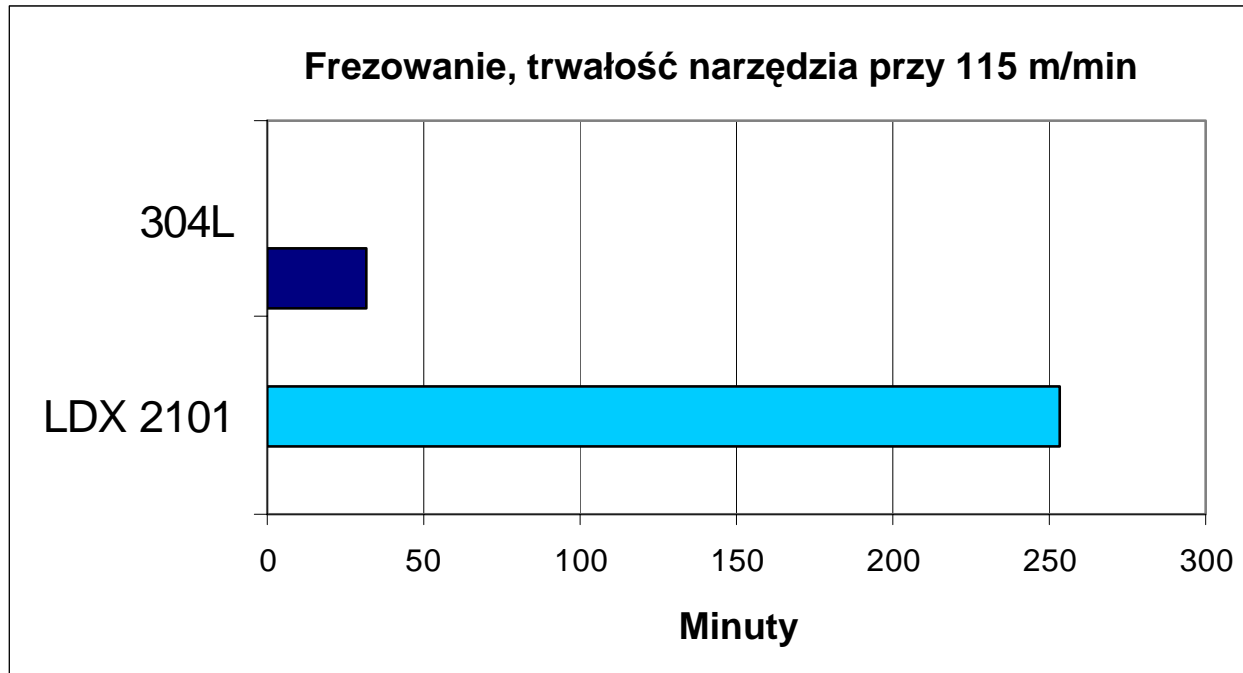
Wskaźnik skrawalności



Wskaźnik skrawalności:

- W odniesieniu do 1.4404 (wskaźnik = 1,0)
- Wzrasta wraz z polepszeniem skrawalności
- Wykres sporządzony na podstawie danych testowych pochodzących z kilku różnych operacji obróbki skrawaniem
- Nie opisuje względnej wydajności narzędzi wykonanych ze stali szybko tnącej oraz narzędzi z węglików

LDX 2101[®], Skrawalność



Narzędzie: Węglik spiekany pokrywany, SANDVIK Coromant R245-12-T3-ML 1025

Spawanie stali nierdzewnych Duplex

- Gatunki duplex charakteryzują się dobrą spawalnością oraz możliwością zastosowania najczęściej stosowanych metod spawania
- Zwiększony kąt spoiny (+10°), mniejsza powierzchnia styku
- Zredukowana prędkość spawania przy zastosowaniu spawania automatycznego GTAW (+H₂ lub He)
- Zastosowanie spoiw typu duplex (w większości przypadków)
- Unikanie zbyt grubych ściągów w celu uniknięcia porowatości
- Zastosowanie azotu w procesie GTAW
- GMAW impulsowo oraz atmosferze ochronnej Ar+He+CO₂
- Ferryt 20-75%, brak większego wpływu na korozję lub własności mechaniczne
- Temperatura warstwy pośredniej <150°C (<100°C dla 2507)
- Zastosowanie odpowiedniej energii liniowej

Wnioski – Grupa stali Duplex

Stale Duplex – LDX 2101, 2304, 2205 i SAF 2507 - oferują:

- **Zrównoważone własności** – Świetne połączenie wytrzymałości mechanicznej oraz odporności korozyjnej
- **Obszar zastosowań** – Gatunki stali Duplex mogą być stosowane w większości środowisk, od średnio do silnie agresywnych
- **Uniwersalność** – Mogą być użyte w wielu zastosowaniach, w których obecnie stosowane są stale nierdzewne o niższej wytrzymałości lub materiały o niższej odporności korozyjnej
- **Opłacalność** – Ogromny potencjał oszczędności wagi i kosztów, na początku oraz podczas okresu użytkowania wyrobu
- **Udowodnioną przydatność** – Gatunki stali Duplex są z powodzeniem wykorzystywane w różnorodnych zastosowaniach oraz gałęziach przemysłu

A black and white photograph of an industrial facility, likely a refinery or chemical plant. The image shows several large, cylindrical storage tanks or distillation columns, some with ladders and walkways. The background is bright, suggesting an outdoor setting. The text is overlaid on the image.

***Stale Duplex
dodają
wytrzymałość
do
odporności
korozyjnej!***