



## Stale lean duplex: własności i osobiwości spawania

dr inż. Jerzy Niagaj



## Klasyfikacja stali nierdzewnych

- **Austenityczne** - stale chromowo-niklowe lub chromowo-manganowe, cechujące się dużą odpornością korozyjną i zawierające zazwyczaj około 18 % Cr i 9 % Ni (stale typowe to: AISI 304 – EN 1.4301 określana potocznie jako 18-10 lub 18-8 oraz AISI 316 – EN 1.4401 z dodatkiem molibdenu)
- **Ferrytyczne** - stale ferrytyczne zawierają około 12% lub 17% Cr. Stale te pod względem własności wytrzymałościowych są podobne do stali średniostopowych, ale cechują się niższą odpornością korozyjną niż stale austenityczne. Stale te są magnetyczne.
- **Duplex (austenitczno-ferrytyczne)** - przy niedużej zawartości niklu (ok. 4-8 %) ich struktura składa się z około 50 % ferrytu i 50 % austenitu.
- **Martenzytyczne** - stale te, podobnie jak stale ferrytyczne, zawierają 12% lub 17% Cr, ale jednocześnie więcej węgla, co warunkuje ich wyższą wytrzymałość. Stale te są magnetyczne i hartujące się.



## Podstawowe obszary stosowania stali typu duplex

- ✓ konstrukcje przybrzeżno-morskie (offshore)
- ✓ rurociągi, zawory itd.
- ✓ stacje odsalania wody morskiej
- ✓ urządzenia dla przemysłu chemicznego
- ✓ urządzenia dla rafinerii
- ✓ urządzenia dla przemysłu papierniczego
- ✓ zbiorniki magazynowe chemikaliowców



## Gatunki stali duplex wg PN-EN 10088-2:2007

### Podstawowe:

X2CrNiN23-4

X2CrNiMoN22-5-3

### Specjalne:

X2CrNiCuN23-4

X2CrNiMoN29-7-2

X2CrNiMoCuN25-6-3

X2CrNiMoN25-7-4

X2CrNiMoCuWN25-7-4

X2CrNiMoSi18-5-3

INSTYTUT SPAWALNICTWA w Gliwicach

## Umowny podział stali duplex

|                          | Cr | Ni  | Mo  | PREN* | oznaczenie   |
|--------------------------|----|-----|-----|-------|--------------|
| • <b>standard duplex</b> | 22 | 5   | 3   | 35    | (2205)       |
| • <b>super duplex</b>    | 25 | 7   | 4   | 41    | (2507, 2550) |
| • <b>hyper duplex</b>    | 27 | 7-8 | 5   | 48    | (2707)       |
| • <b>lean duplex</b>     | 22 | 1-4 | 5Mn | 25    | (2304, 2201) |

\* PREN - Pitting Resistance Equivalent Number

J. Niagaj, „Stale lean duplex: własności i osobiwości spawania” - PUDS, MTP, Poznań, 09.06.2010

INSTYTUT SPAWALNICTWA w Gliwicach

## Skład chemiczny stali lean duplex

| Nazwa handlowa <sup>1-5)</sup> | UNS              | Nr materiału | PREN                 | Skład chemiczny, [%] |          |          |             |             |             |            | Źródło danych |
|--------------------------------|------------------|--------------|----------------------|----------------------|----------|----------|-------------|-------------|-------------|------------|---------------|
|                                |                  |              |                      | C                    | Si       | Mn       | N           | Cr          | Mo          | Ni         |               |
| <b>austenityczna</b>           |                  |              |                      |                      |          |          |             |             |             |            |               |
| -                              | S31603           | 1.4404       | $\frac{25+30}{26}$   | max 0,030            | ≤ 1,00   | ≤ 2,00   | ≤ 0,11      | 16,5 + 18,5 | 2,00 + 2,50 | 10,0+ 13,0 | EN 10088-2    |
| <b>lean duplex</b>             |                  |              |                      |                      |          |          |             |             |             |            |               |
| -                              | S32304           | 1.4362       | $\frac{23+29}{24}$   | max 0,030            | ≤ 1,00   | ≤ 2,00   | 0,05 + 0,20 | 22,0 + 24,0 | 0,10 + 0,60 | 3,5+5,5    | EN 10088-2    |
| SAF 2304®                      | S32304           | 1.4362       | 24                   | max 0,030            | max 1,00 | max 2,00 | 0,1         | 22,5        | -           | 4,5        | ulotka        |
| ATI 2003™<br>AL 2003™          | S32003           | -            | $\frac{28+30}{29}$   | max 0,030            | max 1,00 | max 2,00 | 0,14 + 0,20 | 19,5 + 22,5 | 1,50 + 2,00 | 3,0+4,0    | ulotka        |
| URANUS® 2202<br>DX2202         | S32202           | 1.4062       | $\frac{26+27}{26,5}$ | 0,02                 | -        | < 2      | 0,2         | 22          | < 0,45      | 2          | ulotka        |
| ATI 2102™                      | S82011           | -            | -                    | max 0,030            | max 1,00 | 2,0+3,0  | 0,15 + 0,27 | 20,5 + 23,5 | 0,10 + 1,00 | 1,0+2,0    | ulotka        |
| NITRONIC® 19D                  | S32001           | -            | 26                   | max 0,030            | max 1,00 | 4,0+6,0  | 0,05 + 0,17 | 19,5 + 21,5 | -           | 1,0+3,0    | ulotka        |
| LDX 2101®                      | S32101           | 1.4162       | 26                   | max 0,040            | max 1,00 | 4,0+6,0  | 0,20 + 0,25 | 21,0 + 22,0 | 0,10 + 0,80 | 1,35+ 1,70 | ulotka        |
| <b>standard duplex</b>         |                  |              |                      |                      |          |          |             |             |             |            |               |
| -                              | S32205<br>S31803 | 1.4462       | $\frac{31+38}{34,5}$ | max 0,030            | ≤ 1,00   | ≤ 2,00   | 0,10 + 0,22 | 21,0 + 23,0 | 2,50 + 3,5  | 4,5+ 6,5   | EN 10088-2    |

1) SAF 2304® - nazwa handlowa Sandvik Intellectual Property AB  
2) URANUS® lub DX2202 - nazwa handlowa Arcelor-Mittal Group (Usinor Industrieel)  
3) ATI 2102™ lub AL 2003™ - nazwa handlowa ATI Properties, Inc. (ATI Allegheny Ludlum Corporation)  
4) NITRONIC® 19D - nazwa handlowa AK Steel Corporation  
5) LDX 2101® - nazwa handlowa Outokumpu Stainless AB

J. Niagaj, „Stale lean duplex: własności i osobiwości spawania” - PUDS, MTP, Poznań, 09.06.2010

INSTYTUT SPAWALNICTWA w Gliwicach

## Właściwości mechaniczne stali lean duplex

| Nazwa handlowa <sup>1-5)</sup> | UNS              | Nr materiału | R <sub>p0.2</sub> MPa | R <sub>m</sub> MPa | A, [%]       | Praca łamania, [J] |        |      | Źródło danych |
|--------------------------------|------------------|--------------|-----------------------|--------------------|--------------|--------------------|--------|------|---------------|
|                                |                  |              |                       |                    |              | + 20               | - 40   | - 50 |               |
| <b>austenityczna</b>           |                  |              |                       |                    |              |                    |        |      |               |
| -                              | S32205<br>S31803 | 1.4404       | min 220               | 520 + 670          | min 45       | min 60             | -      | -    | EN 10028-7    |
| <b>lean duplex</b>             |                  |              |                       |                    |              |                    |        |      |               |
| -                              | S32304           | 1.4362       | min 385               | 630+800            | min 25       | min 60             | min 40 | -    | EN 10028-7    |
| SAF 2304®                      | S32304           | 1.4362       | min 400               | 630+820            | min 25       | min 60             | min 40 | -    | ulotka        |
| ATI 2003™<br>AL 2003™          | S32003           | -            | min 450<br>515        | min 655<br>725     | min 25<br>40 | > 400              | -      | -    | ulotka        |
| URANUS® 2202<br>DX2202         | S32202           | 1.4062       | > 450                 | min 400            | > 30         | > 60               | -      | -    | ulotka        |
| ATI 2102™                      | S82011           | -            | min 450               | min 655            | min 30       | -                  | 54     | -    | ulotka        |
| NITRONIC®<br>19D               | S32001           | -            | 476+538               | 689+993            | 31+40        | -                  | -      | -    | ulotka        |
| LDX 2101®                      | S32101           | 1.4162       | min 450<br>480        | min 650<br>700     | min 30<br>38 | min 60<br>100      | min 40 | -    | ulotka        |
| <b>standard duplex</b>         |                  |              |                       |                    |              |                    |        |      |               |
| -                              | S32205<br>S31803 | 1.4462       | min 445               | 640 + 840          | min 25       | min 60             | min 40 | -    | EN 10028-7    |

W mianowniku podano typowe wartości poszczególnych właściwości mechanicznych.

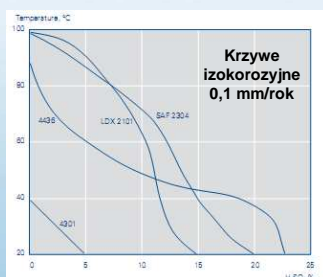
**J. Niagaj, „Stale lean duplex: własności i osobiwości spawania” - PUDS, MTP, Poznań, 09.06.2010**





## Korozja ogólna (równomierna)

Krzywe  
charakteryzujące  
korozję ogólną stali  
lean duplex w  
kwasie siarkowym.



źródło: Corrosion Handbook, Outokumpu  
Stainless Steel Oy, 2004.

Korozja ogólna (równomierna) polega na uszkodzeniu korozyjnym powierzchni stali w wyniku kontaktu ze środowiskiem korozyjnym. Uważa się, że ogólna odporność korozyjna jest zadowalająca wówczas, gdy ubytek masy wynosi mniej niż 0,1 mm/rok. Stale są badane w bardzo dużej ilości środowisk korozyjnych.

J. Niagaj, „Stale lean duplex: własności i osobliwości spawania” - PUDS, MTP, Poznań, 09.06.2010



## Korozja wżerowa (Pitting corrosion)

Korozja wżerowa (*pitting corrosion*) ujawnia się w postaci wżerów zainicjowanych w miejscu uszkodzenia pasywnej warstwy tlenkowej. Ten rodzaj korozji występuje szczególnie w środowisku chlorków i powoduje powstawanie głębokich wżerów w metalu. Chrom, molibden i azot są pierwiastkami, które zwiększają odporność stali na korozję wżerową.

Do oceny wrażliwości stali na korozję wżerową stosuje się wskaźnik **PREN** - **Pitting Resistance Equivalent Number**, obliczany w oparciu o skład chemiczny poszczególnych stali. W przypadku stali typu duplex, wzór ma następujący wygląd:

$$\text{PREN} = \% \text{Cr} + 3,3 (\% \text{Mo}) + 16 (\% \text{N})$$

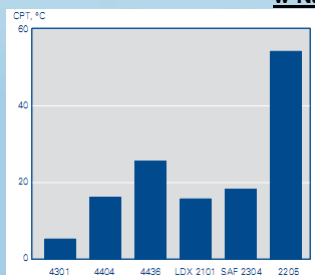
J. Niagaj, „Stale lean duplex: własności i osobliwości spawania” - PUDS, MTP, Poznań, 09.06.2010



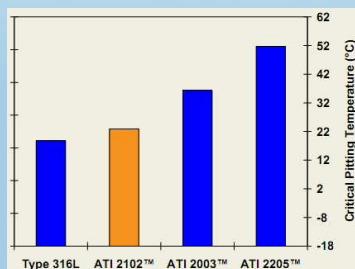
## Odporność na korozję wżerową stali lean duplex

Do badań odporności na korozję wżerową chromowo-niklowych stali nierdzewnych w większości przypadków stosuje procedury ujęte w normach amerykańskich: **ASTM G150** oraz **ASTM G48**.

### Krytyczna temperatura korozji wżerowej (CPT – Critical Pitting Temperatures) w NaCl wg ASTM G150



źródło: Corrosion Handbook, Outokumpu Stainless Steel Oy, 2004.



źródło: ATI 2102™, Technical Data Sheet, ATI Allegheny Ludlum.

J. Niagaj, „Stale lean duplex: własności i osobliwości spawania” - PUDS, MTP, Poznań, 09.06.2010



## Korozja naprężeniowa

Pękanie w wyniku korozji naprężeniowej (**SCC – Stress Corrosion Cracking**) jest spowodowane przez jednoczesną interakcję czynnika korodującego i długotrwałego naprężenia rozciągającego.

Uszkodzenia wynikające z SCC są często nagłe i nieprzewidywalne, mogą nastąpić zarówno po zaledwie kilku godzinach działania niekorzystnych warunków, jak również po miesiącach, a nawet latach prawidłowego działania. Pęknięcia mogą powstawać nawet wówczas, gdy nie występują inne oczywiste znamiona korozji.

Zasadniczo wszystkie rodzaje stopów są podatne na SCC, jeśli są poddawane działaniu czynnika korozyjnego w specyficznym środowisku korozyjnym (przede wszystkim chlorków).

Stale lean duplex, podobnie jak inne stale duplex, wykazują dobrą odporność na SCC w chlorkach.

J. Niagaj, „Stale lean duplex: własności i osobliwości spawania” - PUDS, MTP, Poznań, 09.06.2010



## Korozja międzykrystaliczna

W związku ze strukturą dwufazową oraz niską zawartością węgla, stale typu duplex, w tym lean duplex, cechują się bardzo dobrą odpornością na korozję międzykrystaliczną. Skład stali lean duplex jest tak dobrany, że austenit ponownie tworzy się w strefie wpływu ciepła po spawaniu. Ryzyko niepożądanego wytrącania się węglików i azotków na granicach ziaren jest minimalne.

Badania skłonności na korozję międzykrystaliczną przeprowadza się w oparciu o wymagania ujęte w normie **PN-EN ISO 3651-2:2004** „Oznaczanie odporności na korozję międzykrystaliczną stali odpornych na korozję – Część 2: Stale odporne na korozję ferrytyczne, austenityczne i ferrytyczno-austenityczne (duplex) – Badanie korozyjne w środowisku zawierającym kwas siarkowy (VI)”.

J. Niagaj, „Stale lean duplex: własności i osobliwości spawania” - PUDS, MTP, Poznań, 09.06.2010



## Metody spawania stali lean duplex

- ✓ **MMA**
- ✓ **MIG (MAG)**
- ✓ **TIG**
- ✓ **FCAW**
- ✓ **SAW**

- 
- **PAW**
  - **LBW**

J. Niagaj, „Stale lean duplex: własności i osobliwości spawania” - PUDS, MTP, Poznań, 09.06.2010



## Zawartość ferrytu

Zawartość ferrytu w złączach spawanych powinna mieścić się w zakresie:

**30 ÷ 65 %**

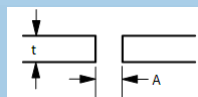
Powyższy warunek może zostać spełniony pod warunkiem zastosowania spoiwa o składzie chemicznym dopasowanym do materiału rodzimego. Spoiwo to mieści zazwyczaj podwyższoną zawartość niklu i azotu.

**Nie zaleca się spawania bez udziału spoiwa!**

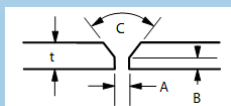


## Ukosowanie brzegów elementów ze stali typu lean duplex

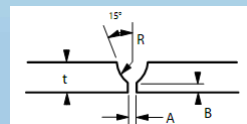
W związku z mniejszą głębokością wtopienia oraz zwiększoną ciągliwością ciekłego metalu, próg na krawędziach ukosowanych brzegów podczas spawania stali typu lean duplex powinien być mniejszy niż podczas spawania stali austenitycznych.



t = max. 3 mm  
A = 1,5÷2,5 mm



t = max. 16 mm  
A = 1,5÷3 mm  
B = 0,5÷1,5 mm  
C = 60÷70 °



t = > 20 mm  
A = 1,5÷3 mm  
B = 1,5÷3 mm  
R = 6,5÷9,5 mm





## Spawanie elektrodą otuloną (MMA)

Proces spawania MMA przebiega z zastosowaniem elektrod głównie o otulinie rutylowo-kwaśnej, która zapewnia stabilne jarzenie się łuku oraz łatwą usuwalność żużla z powierzchni spoin. Spoiny pachwinowe charakteryzują się gładkim i wklęsłym licem.

Proces spawania należy prowadzić z zastosowaniem prądu stałego (DC+) oraz zachowaniem krótkiego łuku, ponieważ zbyt duża odległość pomiędzy czołem elektrody a powierzchnią łączonych elementów może spowodować powstawanie porowatości lub tworzenie się nadmiernej ilości tlenków w materiale spoin. Natężenie prądu należy wybierać w górnych zakresach zalecanych wartości.



## Spawanie elektrodą topliwą w osłonie gazów (MIG/MAG)

Proces spawania MIG/MAG zaleca się prowadzić z zastosowaniem prądu pulsującego DC+. Łuk zwarciovowy może być stosowany podczas spawania blach cienkich oraz w pozycjach przymusowych.

Odpowiednimi gazami osłonowymi są mieszanki argonu z dodatkiem 2 % azotu lub około 30 % helu i 2÷3 % CO<sub>2</sub>. Dodatek helu zwiększa energię łuku, poprawia płynność i daje nieco szerszy ścieg, co umożliwia zwiększenie prędkości spawania. Mieszankę o tym składzie można stosować do spawania grubych blach drutem o niedużej średnicy. Dobre wyniki uzyskuje się także podczas spawania w osłonie argonu z dodatkiem dwutlenku węgla (2÷3 %) lub tlenu (1÷2 %).

Zalecana ilość wprowadzonego ciepła mieści się w zakresie od 0,8 do 1,8 kJ/mm, ale górna granica nie jest krytyczną.

INSTYTUT SPAWALNICTWA w Gliwicach

## Makrostruktura złączy spawanych stali LDX 2101 wykonanych metodą MAG w zależności od ilości wprowadzonego ciepła




**6 mm**




**12 mm**

J. Niagaj, „Stale lean duplex: własności i osobliwości spawania” - PUDS, MTP, Poznań, 09.06.2010

INSTYTUT SPAWALNICTWA w Gliwicach

## Spawanie elektrodą wolframową w osłonie gazów obojętnych (TIG)

Proces spawania TIG zaleca się prowadzić z dodatkiem spoiwa, ale w przypadku stali lean duplex LDX 2101<sup>®</sup> do łączenia blach o grubości do 1,5 mm przygotowanych na I, stosowanie spoiwa nie jest konieczne.

Dodatek azotu (ok. 2 %) do gazu osłonowego oraz gazu formującego grań wywiera korzystny wpływ na wzrost wytrzymałości i odporności na korozję. Zastosowanie mieszanki argonu z helem umożliwia zwiększenie mocy łuku i prędkości spawania. Podobnie, jak w przypadku innych stali typu duplex, prędkość spawania w pełni zautomatyzowanego jest nieco niższa niż dla stali austenitycznych w gatunku AISI 304 (1.4301).

Podczas spawania metodą TIG należy stosować proste cienkie ścięgi oraz dążyć do ograniczenia stopnia wymieszania spoiwa z materiałem podstawowym. Niedostateczna ilość spoiwa lub zbyt niska ilość wprowadzonego ciepła mogą spowodować wzrost zawartości ferrytu oraz zmniejszyć plastyczność złączy.

Ilość wprowadzonego ciepła powinna mieścić się w zakresie od 0,5 do 2,0 kJ/mm.

J. Niagaj, „Stale lean duplex: własności i osobliwości spawania” - PUDS, MTP, Poznań, 09.06.2010



## Spawanie drutem proszkowym (FCAW)

Proces spawania metodą FCAW przeprowadza się w osłonie dwutlenku węgla (100% CO<sub>2</sub>) lub mieszanki Ar + 20% CO<sub>2</sub>, która zapewnia stabilne jarzenie się łuku, doskonałą kontrolę jeziora spawalniczego oraz powstawanie minimalnej ilości rozprysków.

Proces przebiega podobnie jak w przypadku spawania innych stali typu duplex. Zaleca się układanie prostych ściegów z minimalnymi ruchami zakosowymi, ponieważ przy zbyt szerokich ściegach istnieje niebezpieczeństwo pozostawiania żużla na ich brzegach. Należy pamiętać o dokładnym usuwaniu żużla po ułożeniu każdego ściegu, szczególnie podczas spawania wielowarstwowego.



## Spawanie łukiem krytym (SAW)

Spawanie metodą SAW stosuje się głównie do spawania elementów o dużej grubości.

Aby uniknąć nadmiernego stopienia materiału rodzimego, do spawania złączy przygotowanych na: V, U i X zaleca się stosowanie drutu o średnicy 2,4 mm.

Aby uzyskać możliwie jak najwyższą udarność, należy stosować aglomerowany topnik zasadowy o współczynniku zasadowości 1,7.

**W żadnym przypadku nie zaleca się użycie topników kwaśnych przeznaczonych do spawania typowych austenicznych stali nierdzewnych, jak AISI 304 lub 316.**

Ilość wprowadzonego ciepła nie powinna przekraczać 1,5 kJ/mm.



## Typowe własności mechaniczne złączy spawanych stali lean duplex

| Metoda spawania | R <sub>90,2</sub> [N/mm <sup>2</sup> ] | R <sub>m</sub> ' [N/mm <sup>2</sup> ] | Wydłużenie A <sub>5</sub> [%] | Praca łamania [J] w temperaturze, [°C] |      |      |
|-----------------|--|---------------------------------------|-------------------------------|--|------|------|
|                 |  |                                       |                               | + 20                                   | - 20 | - 40 |
| MMA             | 640                                    | 790                                   | 25                            | 50                                     | -    | 30   |
| FCAW            | 530                                    | 740                                   | 25                            | 50                                     | 40   | -    |
| MIG             | 520                                    | 710                                   | 30                            | 150                                    | -    | 120  |
| TIG             | 550                                    | 730                                   | 30                            | 180                                    | -    | 170  |
| SAW             | 570                                    | 750                                   | 30                            | 140                                    | -    | 60   |

J. Niagaj, „Stale lean duplex: własności i osobliwości spawania” - PUDS, MTP, Poznań, 09.06.2010



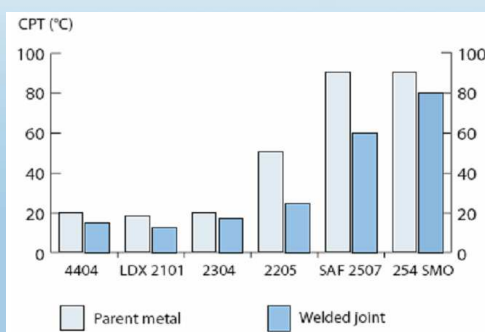
## Wytrzymałość na rozciąganie złączy spawanych stali LDX 2101 w zależności od ilości wprowadzonego ciepła

| Oznaczenie złącza | Metoda spawania | Grubość złącza, [mm] | Wytrzymałość na rozciąganie R <sub>m</sub> ' [MPa] | Miejsce zerwania próbki |
|-------------------|-----------------|----------------------|--|-------------------------|
| D18               | MAG             | 6,0                  | 763,5  | w SWC                   |
| D20               |                 |                      | 758,6  | w SWC                   |
|                   |                 |                      | 724,2  | w spoinie               |
| D26               |                 |                      | 719,5  | w SWC                   |
|                   |                 | 711,3                | w MP   |                         |
| D27               |                 | 710,3                | w MP   |                         |
|                   |                 | 700,6                | w spoinie  |                         |
|                   |                 | 709,0                | w spoinie  |                         |
|                   |                 | 700,8                | w spoinie  |                         |
| D28               |                 | 703,6                | w spoinie  |                         |
| D30N (2205)       | 760,6           | w spoinie            |  |                         |
| D31N (2205)       | 764,5           | w MP                 |  |                         |
|                   | 764,0           | w MP                 |  |                         |
| DT34              | A-TIG           | 6,0                  | 764,2  | w MP                    |
|                   |                 |                      | 713,1  | w spoinie               |
|                   |                 |                      | 714,3  | w spoinie               |

J. Niagaj, „Stale lean duplex: własności i osobliwości spawania” - PUDS, MTP, Poznań, 09.06.2010



## Odporność na korozję wżerową złączy spawanych stali lean duplex



źródło: *How to weld Duplex Stainless Steel*.  
Avesta Welding, 2006.

**Krytyczna temperatura występowania korozji wżerowej (CPT) wg ASTM G 48 dla materiału podstawowego oraz spoin wykonanych metodą TIG.**

J. Niagaj, „Stale lean duplex: własności i osobliwości spawania” - PUDS, MTP, Poznań, 09.06.2010



## PODSUMOWANIE

- Stale typu lean duplex dzięki bardzo niskiej zawartości niklu są w znacznie mniejszym stopniu uzależnione od jego ceny rynkowej, aniżeli stale austenityczne typu AISI 304 lub 316.
- Własności wytrzymałościowe stali lean duplex kształtują się na poziomie własności standardowej stali duplex 2205 przy jednocześnie niższej odporności na korozję wżerową, która jest podobna do odporności stali austenitycznej AISI 316.
- Zalecenia dotyczące spawania stali lean duplex są bardzo podobne do formułowanych dla stali duplex typu 2205.

J. Niagaj, „Stale lean duplex: własności i osobliwości spawania” - PUDS, MTP, Poznań, 09.06.2010



INSTYTUT SPAWALNICTWA w Gliwicach

## Instytut Spawalnictwa oferuje:

Doradztwo techniczne i wszechstronną pomoc przy wdrożeniu, próbach spawania oraz badaniu i kwalifikowaniu technologii spawania stali duplex oraz lean duplex z zastosowaniem metod:

**MMA, MIG/MAG, TIG, PAW, SAW, FCAW**  
i wielu innych.

J. Niagaj, „Stale lean duplex: własności i osobliwości spawania” - PUDS, MTP, Poznań, 09.06.2010



INSTYTUT SPAWALNICTWA  
w Gliwicach

**DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ**

**dr inż. Jerzy Niagaj**

e-mail: [Jerzy.Niagaj@is.gliwice.pl](mailto:Jerzy.Niagaj@is.gliwice.pl)

Tel.: 32-33-58-269

ul. Bł. Czesława 16/18  
44-100 GLIWICE

tel.: 32-231-00-11; fax: 32-33-58-302

[www.is.gliwice.pl](http://www.is.gliwice.pl)