Stal 1.4162 – nierdzewna stal Duplex o strukturze austenityczno-ferrytycznej, chromowo-manganowo-niklowa z dodatkiem molibdenu, miedzi i azotu, PN-EN 10088-1 X2CrMnNiN21-5-1, UNS S32101, LDX 2101®, ASTM A182 F69.

Materiały dostępne w Alfa-Tech 1.4162 / X2CrMnNiN21-5-1 / UNS S32101 / LDX 2101®

Pręty 1.4162 / X2CrMnNiN21-5-1 / UNS S32101 / LDX 2101® – gorącowalcowane, łuszczone i ciągnione
Płaskowniki 1.4162 / X2CrMnNiN21-5-1 / UNS S32101 / LDX 2101®
Pręty kute 1.4162 / X2CrMnNiN21-5-1 / UNS S32101 / LDX 2101®
Odkuwki 1.4162 / X2CrMnNiN21-5-1 / UNS S32101 / LDX 2101® – swobodne, kostki i wały kute
Rury 1.4162 / X2CrMnNiN21-5-1 / UNS S32101 / LDX 2101®
Blachy 1.4162 / X2CrMnNiN21-5-1 / UNS S32101 / LDX 2101® – gorącowalcowane, zimnowalcowane

Telefon: +48 63 2610519
kontakt@alfa-tech.com.pl

Porównanie składu chemicznego stali duplex 1.4162 / X2CrMnNiN21-5-1 i pokrewnych gatunków UNS S32101, LDX 2101®, ASTM A182 F69

Gatunek stali	Norma	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	Cu	Inne
1.4162 / X2CrMnNiN21-5-1	**EN**	max 0.04	4.0–6.0	max 1.0	max 0.040	max 0.015	21.0–22.0	1.35–1.90	0.10–0.80	0.10–0.80	N: 0.20–0.25
UNS S32101	**UNS**	max 0.04	4.0–6.0	max 1.0	max 0.040	max 0.030	19.5–22.0	1.00–3.00	0.10–0.80	0.10–1.00	N: 0.15–0.25
A182 F69	**ASTM**	max 0.04	4.0–6.0	max 1.0	max 0.040	max 0.030	21.0–22.0	1.35–1.70	0.10–0.80	0.10–0.80	N: 0.20–0.25
LDX 2101®	**Outokumpu**	max 0.03	4.0–6.0	max 1.0	max 0.040	max 0.030	21.0–22.0	1.35–1.70	0.10–0.80	0.10–0.80	N: ok. 0.22

Stal 1.4162 – X2CrMnNiN21-5-1, UNS S32101, LDX 2101®

Stal 1.4162 – charakterystyka gatunku i odpowiedników

Stal **1.4162 – nierdzewna stal Duplex o strukturze austenityczno-ferrytycznej, chromowo-manganowo-niklowa z dodatkiem molibdenu, miedzi i azotu, PN-EN 10088 X2CrMnNiN21-5-1, UNS S32101, LDX 2101®**. Gatunek 1.4162 należy do grupy stali określanych jako **Lean Duplex**, czyli ekonomicznie stopowych stali Duplex o zmniejszonej zawartości kosztownych pierwiastków stopowych, przede wszystkim niklu i molibdenu. Obniżenie zawartości niklu kompensowane jest m.in. zwiększoną zawartością manganu i azotu, które umożliwiają uzyskanie właściwej dwufazowej mikrostruktury oraz wysokich właściwości mechanicznych.
Typowy skład LDX 2101® zawiera około **21,5% chromu, 5% manganu, 1,5% niklu, 0,3% molibdenu i 0,22% azotu**. Dzięki takiemu składowi stal 1.4162 łączy wysoką wytrzymałość mechaniczną z dobrą odpornością na korozję przy znacznie mniejszej zawartości niklu niż klasyczne stale austenityczne.
Dwufazowa mikrostruktura ferrytu i austenitu zapewnia materiałowi wysoką granicę plastyczności, dobrą odporność zmęczeniową oraz znacznie większą odporność na korozję naprężeniową w środowiskach zawierających chlorki niż w przypadku typowych stali austenitycznych.

Odporność korozyjna stali 1.4162

Stal **1.4162 / UNS S32101 / LDX 2101®** charakteryzuje się dobrą odpornością na korozję ogólną, korozję lokalną oraz korozję naprężeniową. Wysoka zawartość chromu i azotu zapewnia stabilność warstwy pasywnej, natomiast struktura Duplex zwiększa odporność materiału na pękanie korozyjne naprężeniowe.
Odporność na korozję ogólną stali 1.4162 jest w wielu środowiskach porównywalna ze stalą austenityczną **1.4307 / 304L**, natomiast odporność na korozję wżerową jest zwiększona dzięki wysokiej zawartości chromu i azotu.
Szczególnie istotną zaletą stali 1.4162 jest odporność na **korozję naprężeniową SCC**. Dwufazowa struktura austenityczno-ferrytyczna zapewnia pod tym względem

wyraźną przewagę nad klasycznymi stalami austenitycznymi, takimi jak 304L i 316L.
W bardziej agresywnych środowiskach chlorkowych, zwłaszcza przy podwyższonej temperaturze, stal 1.4162 nie zastępuje jednak bardziej stopowych gatunków Duplex, takich jak **1.4462 / Duplex 2205**, ani stali Super Duplex.

PREN stali 1.4162

Odporność na **korozję wżerową** można orientacyjnie porównywać za pomocą **wskaźnika PREN**:
PREN = %Cr + 3,3 × %Mo + 16 × %N
Dla typowego składu chemicznego stali **1.4162 / LDX 2101® wartość PREN wynosi około 26**.
Dla porównania typowa stal 304L osiąga PREN około 18, stal 316L około 24, natomiast bardziej stopowa stal Duplex 1.4462 / 2205 około 35.
Wysoka wartość PREN stali 1.4162 pomimo niewielkiej zawartości molibdenu wynika przede wszystkim z zawartości około 21,5% chromu oraz wysokiej zawartości azotu.
Uwaga: PREN jest wskaźnikiem porównawczym i nie stanowi bezpośredniej gwarancji odporności materiału w konkretnym środowisku. Rzeczywista odporność na korozję zależy również od temperatury, pH, stężenia chlorków, jakości powierzchni, warunków przepływu i konstrukcji elementu.

Stal 1.4162 – właściwości mechaniczne

Jedną z najważniejszych cech stali 1.4162 jest wysoka wytrzymałość mechaniczna. Granica plastyczności jest ponad dwukrotnie wyższa niż w przypadku wielu standardowych stali austenitycznych, co pozwala w odpowiednio zaprojektowanych konstrukcjach zmniejszyć grubość elementów i masę konstrukcji.

Granica plastyczności $R_{p0,2}$ ≥ 450 MPa

Wytrzymałość na rozciąganie Rm ≥ 650 MPa

Wydłużenie A5 ≥ 30 %

Podane wartości mają charakter orientacyjny. Wymagane właściwości mechaniczne

zależą od postaci wyrobu, jego grubości, stanu dostawy oraz właściwej normy produktowej.

Właściwości fizyczne stali 1.4162

Wartość	Wskaźnik
Gęstość	ok. 7,9 g/cm³

Moduł okrągły 25 Cyrkulacji Ekonomicznej

Cokolwiek 5 bar/kg (Kwe

Przewodniki ślusarskie (kolna

Rezystory wnętrza 5 Ohm/km/ty

Ze względu na obecność ferrytu stal 1.4162 wykazuje właściwości magnetyczne. Współczynnik rozszerzalności cieplnej stali Duplex jest ponadto niższy niż w przypadku typowych nierdzewnych stali austenitycznych, co może być korzystne w konstrukcjach narażonych na zmiany temperatury.

Spawalność stali 1.4162

Stal **1.4162 / LDX 2101®** charakteryzuje się dobrą spawalnością i może być spawana większością standardowych metod stosowanych do stali nierdzewnych Duplex.
Do stosowanych metod należą m.in.:

- **TIG (141)**,
- **MIG/MAG**,
- **MMA (111)**,
- **SAW (121)** w odpowiednio dobranych zastosowaniach.

W przypadku spawania z materiałem dodatkowym stosuje się spoiwa zapewniające odpowiedni udział austenitu w spoinie. Dla stali 1.4162 stosowane są m.in. materiały dodatkowe typu **23 7 NL** oraz **22 9 3 NL**.

Najważniejsze zalecenia przy spawaniu stali 1.4162

- należy dokładnie oczyścić powierzchnie przed spawaniem,
- należy unikać zanieczyszczenia powierzchni cząstkami stali węglowej,
- należy kontrolować ilość ciepła wprowadzanego podczas spawania,
- należy kontrolować temperaturę międzyściegową,
- należy stosować odpowiednio dobrane spoiwo i gaz osłonowy,
- należy dążyć do zachowania właściwej równowagi pomiędzy ferrytem i austenitem w spoinie oraz strefie wpływu ciepła,
- po spawaniu należy usunąć zgorzelinę i przebarwienia cieplne z powierzchni narażonych na działanie środowiska korozyjnego.

Prawidłowa technologia spawania jest szczególnie istotna w stalach Duplex, ponieważ niewłaściwy cykl cieplny może zmienić proporcje faz ferrytu i austenitu oraz pogorszyć odporność korozyjną i właściwości mechaniczne złącza.

Obróbka cieplna stali 1.4162

Stal 1.4162 dostarczana jest zasadniczo w stanie przesyconym, zapewniającym właściwą dwufazową strukturę austenityczno-ferrytyczną.
Po obróbce w zakresie temperatur przesycania materiał powinien być odpowiednio szybko chłodzony, aby uzyskać właściwą mikrostrukturę i ograniczyć możliwość powstawania niepożądanych wydzieleń.
Stal 1.4162 nie jest stalą przeznaczoną do klasycznego hartowania i odpuszczania. Wzrost jej wytrzymałości może być natomiast uzyskiwany poprzez obróbkę plastyczną na zimno.
Należy unikać niepotrzebnego długotrwałego przetrzymywania materiału w zakresach temperatur mogących powodować niekorzystne zmiany mikrostruktury stali Duplex.

Obróbka mechaniczna i plastyczna stali 1.4162

Stal 1.4162 może być poddawana obróbce plastycznej na zimno i gorąco. Ze względu na wysoką granicę plastyczności podczas gięcia, tłoczenia i innych operacji formowania wymagane są większe siły niż w przypadku typowych stali austenitycznych.
Gatunek charakteryzuje się jednocześnie dobrą skrawalnością jak na stal Duplex. Podczas obróbki skrawaniem zalecane są:

- sztywne mocowanie przedmiotu i narzędzia,
- stosowanie ostrych narzędzi o odpowiedniej geometrii,
- dobór parametrów ograniczający nadmierne nagrzewanie materiału,
- utrzymywanie odpowiedniego posuwu,
- stosowanie skutecznego chłodzenia i smarowania.

Wysoka wytrzymałość stali 1.4162 może umożliwiać zmniejszenie przekrojów elementów w porównaniu z konstrukcjami wykonanymi ze standardowych stali austenitycznych, pod warunkiem uwzględnienia tego rozwiązania w obliczeniach konstrukcyjnych.

Zastosowanie stali 1.4162 / X2CrMnNiN21-5-1 /

UNS S32101 / LDX 2101®

Stal **1.4162 / UNS S32101 / LDX 2101®** stosowana jest w konstrukcjach wymagających połączenia wysokiej wytrzymałości mechanicznej, dobrej odporności korozyjnej oraz ograniczonej zawartości kosztownych dodatków stopowych. Typowe zastosowania obejmują:

- zbiorniki magazynowe i procesowe,
- zbiorniki i instalacje przemysłowe,
- przemysł celulozowo-papierniczy,
- elementy maszyn papierniczych,
- instalacje wodne i systemy uzdatniania wody,
- instalacje i urządzenia do gospodarki ściekowej,
- konstrukcje mostowe i hydrotechniczne,
- elementy śluz i zapór,
- zbrojenie konstrukcji betonowych,
- kołnierze i zawory,
- zbiorniki ciśnieniowe i elementy aparatury procesowej,
- wymienniki ciepła,
- elementy konstrukcyjne w przemyśle chemicznym,
- wybrane zastosowania w przemyśle naftowym i gazowym.

Stal 1.4162 jest szczególnie interesująca w konstrukcjach, w których wysoka granica plastyczności umożliwia ograniczenie grubości i masy elementów w stosunku do konstrukcji wykonanych z typowych stali austenitycznych.

Stal 1.4162 – formy dostawy

Stal **1.4162 / X2CrMnNiN21-5-1 / UNS S32101 / LDX 2101®** może być dostarczana w różnych postaciach wyrobów hutniczych, w zależności od producenta i wymaganej normy produktowej, m.in. jako:

- **blachy gorącowalcowane i zimnowalcowane**,
- **taśmy i kręgi**,
- **pręty**,
- **rury spawane i bezszwowe**,
- kształtki rurowe,
- profile i elementy konstrukcyjne,

- odkuwki i półwyroby,
- formatki oraz elementy cięte na wymiar.

Stal **1.4162 / X2CrMnNiN21-5-1 / UNS S32101 / LDX 2101®** jest ekonomicznie stopowym gatunkiem Duplex łączącym wysoką wytrzymałość mechaniczną z dobrą odpornością na korozję ogólną, lokalną oraz naprężeniową. Niska zawartość niklu i molibdenu przy wysokiej zawartości chromu, manganu i azotu pozwala uzyskać korzystne właściwości użytkowe przy ograniczeniu udziału kosztownych pierwiastków stopowych.
W bardziej agresywnych środowiskach chlorkowych lub w zastosowaniach wymagających większej odporności na korozję wżerową i szczelinową należy rozważyć bardziej stopowe stale Duplex, takie jak **1.4462 / Duplex 2205**, lub stale Super Duplex.

Stale duplex
1.4362 – stal duplex chromowo-niklowa z dodatkiem molibdenu, miedzi i azotu X2CrNiN23-4, UNS S32304, Duplex 2304
1.4162 – stal duplex chromowo-manganowo-niklowa z dodatkiem Mo i Cu X2CrMnNiN21-5-1, UNS S32101, LDX 2101®, A182 F69.
1.4460 – stal duplex chromowo-niklowo-molibdenowa z dodatkiem azotu X3CrNiMoN27-5-2, AISI 329, UNS S32900, SS 2324.
1.4462 – stal duplex chromowo-niklowo-molibdenowa z dodatkiem azotu X2CrNiMoN22-5-3, UNS S31803, S32205, Duplex 2205
Super Duplex
1.4410 – stal super duplex chromowo-niklowo-molibdenowa z dodatkiem azotu X2CrNiMoN25-7-4 – UNS S32750 – Super Duplex 2507
1.4501 – stal super duplex chromowo-niklowo-molibdenowa z dodatkiem Cu, W i N X2CrNiMoCuWN25-7-4 – UNS S32760
1.4507 – stal super duplex chromowo-niklowo-molibdenowa z dodatkiem Cu i N X2CrNiMoCuN25-6-3 – UNS S32550 – F61 / Alloy 255

Zobacz tez pozostałe stale odporne na korozję

Stale nierdzewne

→ Stale nierdzewne – opis grupy

Stale nierdzewne martenzytyczne

- 2H13 – X20Cr13 / 1.4021 / AISI 420
- 4H13 – X46Cr13 / 1.4034 / AISI 420C
- 2H17N2 – X17CrNi16-2 / 1.4057 / AISI 431
- 3H17M – X39CrMo17-1 / 1.4122
- H18 – 1.4112 / 1.4125 / AISI 440C
- 1.4418 – X4CrNiMo16-5-1 / S165M
- 1.4313 – X3CrNiMo13-4

Stale nierdzewne ferrytyczne

- H17 – X6Cr17 / 1.4016 / AISI 430

Stale nierdzewne austenityczne i kwasoodporne

→ Stale nierdzewne kwasoodporne – opis grupy

- H18N10MT – X6CrNiMoTi17-12-2 / 1.4571 / AISI 316Ti
- H18N12Nb – X6CrNiNb18-10 / 1.4550 / AISI 347
- H17N13M2T – X6CrNiMoTi17-12-2 / 1.4571 / AISI 316Ti
- 00H17N14M2 – 1.4404 / AISI 316L
- 1H18N9 – X10CrNi18-8 / 1.4310 / AISI 302
- 1H18N9T – X6CrNiTi18-10 / 1.4541 / AISI 321
- 0H18N9 – X5CrNi18-10 / 1.4301 / AISI 304
- 0H23N28M3TCu – X1NiCrMoCu25-20-5 / 1.4539 / AISI 904L
- 1.4567 – X3CrNiCu18-9-4 / AISI 304Cu
- 1.4529 – X1NiCrMoCuN25-20-7 / AISI 926 / UNS N08926

Stale nierdzewne utwardzane wydzieleniowo (PH)

- 1.4542 – X5CrNiCuNb16-4 / 17-4 PH / AISI 630

Stale nierdzewne austenityczno-ferrytyczne (Duplex)

→ Stale Duplex i Super Duplex – opis grupy

> **Lean Duplex**
>
> - 1.4162 – X2CrMnNiN21-5-1 / UNS S32101 / LDX 2101®

- 1.4362 – X2CrNiN23-4 / UNS S32304 / Duplex 2304

Duplex

- 1.4460 – X3CrNiMoN27-5-2 / AISI 329 / UNS S32900
- 1.4462 – X2CrNiMoN22-5-3 / UNS S31803 / S32205 / Duplex 2205

Super Duplex

- 1.4410 – X2CrNiMoN25-7-4 / UNS S32750 / Super Duplex 2507
- 1.4501 – X2CrNiMoCuWN25-7-4 / UNS S32760 / Super Duplex
- 1.4507 – X2CrNiMoCuN25-6-3 / UNS S32550 / Alloy 255

Stale żaroodporne i żarowytrzymałe

→ Stale żaroodporne i żarowytrzymałe – opis grupy

- H5M – 12CrMo19-5 / 1.7362
- H6S2 – X10CrAl7 / 1.4713
- H13JS – X10CrAl13 / 1.4724
- H18JS – X10CrAl18 / 1.4742
- H24JS – X10CrAl24 / 1.4762
- H25T – X8CrTi25 / 1.4746
- H20N12S2 – X15CrNiSi20-12 / 1.4828
- H23N13 – X12CrNi23-13 / 1.4833
- H23N18 – X12CrNi25-21 / 1.4845
- H25N20S2 – X15CrNiSi25-20 / 1.4841
- H16N36S2 – X12NiCrSi35-15 / 1.4864
- 1.4835 – 253 MA / X9CrNiSiNCe21-11-2
- 1.4876 – X10NiCrAlTi32-21 / Alloy 800

Stale kotłowe wysokostopowe do pracy przy

podwyższonych temperaturach

> **→ Stale kotłowe wysokostopowe – opis grupy**
>
> - 15H11MF – 15Х11МФ
> - 15H12WMF – 15Х12ВНМФ
> - 20H12M1F – X20CrMoV12-1 / 1.4922
> - 23H12MNF – X22CrMoV12-1 / 1.4923