



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

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® – gorącowałcowane, 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® – gorącowałcowane, zimnowałcowane](#)

Telefon: [+48 63 2610519](tel:+48632610519)

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](#):

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

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

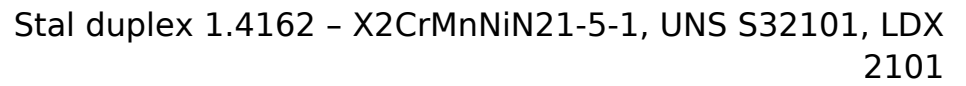
Jedną z najważniejszych cech stali 1.4162 jest wysoka wytrzymałość mechaniczna. Granica plastyczności jest ponad dwukrotnie wyższa niż w przypadku wielu standardowych stali austenitycznych, co pozwala w odpowiednio zaprojektowanych konstrukcjach zmniejszyć grubość elementów i masę konstrukcji.

Właściwości mechaniczne



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

G
r
a
n
i
c
a
p
l
a
4
5
M
e
a
n
o
ś
c
i
R
p
'
2



Podane wartości mają charakter orientacyjny. Wymagane właściwości mechaniczne



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

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

Właściwości fizyczne stali 1.4162

W
a
r
t
o
w
o
s
c
i
f
i
z
y
c
z
n
e
s
t
a
l
i
1
.
4
1
6
2
O
k
r
e
s
t
o
w
a
n
o
s
c
i
f
i
z
y
c
z
n
e
s
t
a
l
i
1
.
4
1
6
2



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

M
o
d
u
ł
o
k
r
e
z
u
ł
t
y
C
o
n
s
t
r
u
k
c
j
e
C
o
n
s
t
r
u
k
c
j
e



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

P
r
z
e
k
o
d
o
w
ś
ć
m
i
k
p
l
n
a
R
e
z
y
s
t
y
w
n
o
ś
ć
Q
e
m
n
k
t
m
y
c
z
n
a



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 przesykania materiał powinien być odpowiednio szybko chłodzony, aby uzyskać właściwą mikrostrukturę i ograniczyć możliwość powstawania niepożądanych wydziieleń.

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 też 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®](#)



Stal 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



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

podwyższonych temperaturach

→ Stale kotłowe wysokostopowe – opis grupy

- [15H11MF – 15X11MΦ](#)
- [15H12WMF – 15X12BHMΦ](#)
- [20H12M1F – X20CrMoV12-1 / 1.4922](#)
- [23H12MNF – X22CrMoV12-1 / 1.4923](#)