Stal 1.4462 / X2CrNiMoN22-5-3 to austenityczno-ferrytyczna stal nierdzewna typu duplex, chromowo-niklowo-molibdenowa z dodatkiem azotu, znana również pod oznaczeniami Z3CND22-05AZ, CrNiMo22-5-3, S31803 / F51, S32205 / Duplex 2205 / A182 F60, 02Ch22N5M3 / 02X22H5AM3, 318S13 / 318 S 13, SUS 329J3L oraz SAF 2205.

Materiały dostępne w Alfa-Tech 1.4462 / X2CrNiMoN22-5-3 / Duplex 2205 / UNS S32205

Pręty 1.4462 / X2CrNiMoN22-5-3 / Duplex 2205 / UNS S32205 – gorącowalcowane, łuszczone i ciągnione
Płaskowniki 1.4462 / X2CrNiMoN22-5-3 / Duplex 2205 / UNS S32205
Pręty kute 1.4462 / X2CrNiMoN22-5-3 / Duplex 2205 / UNS S32205
Odkuwki 1.4462 / X2CrNiMoN22-5-3 / Duplex 2205 / UNS S32205 – swobodne, kostki i wały kute
Rury 1.4462 / X2CrNiMoN22-5-3 / Duplex 2205 / UNS S32205
Blachy 1.4462 / X2CrNiMoN22-5-3 / Duplex 2205 / UNS S32205 – gorącowalcowane, zimnowalcowane

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

Skład chemiczny stali 1.4462 / X2CrNiMoN22-5-3 / Duplex 2205 i odpowiedników, Z3CND22-05AZ, CrNiMo22-5-3, S31803 / F51, S32205 / A182 F60, 02Ch22N5M3 / 02X22H5AM3, 318S13 / 318 S 13, SUS 329J3L, SAF 2205

Norma	Gatunek / oznaczenie	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	N
EN	**1.4462 / X2CrNiMoN22-5-3**	≤0.03	≤1.0	≤2.0	≤0.030	≤0.02	21.0–23.0	4.5–6.5	2.5–3.5	0.08–0.20
AFNOR	**Z3CND22-05AZ**	≤0.03	≤0.75	≤2.0	≤0.035	≤0.01	21.0–23.0	4.5–6.5	2.5–3.5	0.08–0.20
ISO	**CrNiMo22-5-3**	≤0.03	≤1.0	≤2.0	≤0.030	≤0.02	21.0–23.0	4.5–6.5	2.5–3.5	0.08–0.20
UNS	**S31803 / F51**	≤0.03	≤1.0	≤2.0	≤0.030	≤0.02	21.0–23.0	4.5–6.5	2.5–3.5	0.08–0.20
UNS	**S32205 / Duplex 2205 / A182 F60**	≤0.03	≤1.0	≤2.0	≤0.030	≤0.02	22.0–23.0	4.5–6.5	3.0–3.5	0.14–0.20

Norma	Gatunek / oznaczenie	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	N
GOST	**02Ch22N5M3 / 02X22H5AM3**	≤0.03	≤1.0	≤2.0	≤0.030	≤0.02	21.0–23.0	4.5–6.5	2.5–3.5	0.08–0.20
BS	**318S13 / 318 S 13**	≤0.03	≤1.0	≤2.0	≤0.025	≤0.02	21.0–23.0	4.5–6.5	2.5–3.5	–
JIS	**SUS 329J3L**	≤0.03	≤1.0	≤2.0	≤0.040	≤0.03	21.0–24.0	4.5–6.5	2.5–3.5	0.08–0.20
Avesta Sheffield	**SAF 2205**	≤0.03	≤1.0	≤2.0	≤0.030	≤0.015	22.0	5.0	3.2	0.18

Stal 1.4462 / X2CrNiMoN22-5-3 – Duplex 2205

Stal 1.4462 / X2CrNiMoN22-5-3 to austenityczno-ferrytyczna stal nierdzewna typu duplex, znana również pod oznaczeniami Z3CND22-05AZ, CrNiMo22-5-3, S31803 / F51, S32205 / Duplex 2205 / A182 F60, 02Ch22N5M3 / 02X22H5AM3, 318S13 / 318 S 13, SUS 329J3L oraz SAF 2205.

Specyfikacja i charakterystyka stali 1.4462

Stal 1.4462 jest nierdzewną stalą dwufazową typu **duplex 2205**, której mikrostruktura składa się z ferrytu i austenitu. Połączenie obu faz pozwala uzyskać korzystne połączenie wysokiej wytrzymałości mechanicznej z bardzo dobrą odpornością na różne formy korozji. Gatunek zawiera około 22% chromu (Cr), około 5% niklu (Ni), około 3% molibdenu (Mo) oraz dodatek azotu (N). Chrom i molibden zwiększają odporność na korozję miejscową, natomiast azot stabilizuje fazę austenityczną, podwyższa wytrzymałość oraz dodatkowo zwiększa odporność na korozję wżerową.

Stal 1.4462 dostarczana jest przede wszystkim w stanie przesyconym. Przesycanie prowadzi się zazwyczaj w zakresie około **1020–1100°C**, po czym materiał jest szybko chłodzony. Prawidłowo przeprowadzona obróbka cieplna ma zasadnicze znaczenie dla zachowania właściwej proporcji ferrytu i austenitu oraz ograniczenia powstawania niekorzystnych faz międzymetalicznych.
Gatunek 1.4462 dostępny jest w postaci blach, taśm, prętów, rur, kształtowników, odkuwek oraz elementów kutych i obrabianych mechanicznie.

Odporność korozyjna stali Duplex 2205

Jedną z najważniejszych zalet stali 1.4462 jest bardzo dobra odporność na korozję w

środowiskach zawierających chlorki. W porównaniu z popularnymi stalami austenitycznymi gatunek Duplex 2205 wykazuje znacznie większą odporność na korozję naprężeniową SCC, szczególnie wywołaną działaniem jonów chlorkowych. Podwyższona zawartość chromu, molibdenu i azotu zapewnia również wysoką odporność na korozję wżerową oraz korozję szczelinową. Dla stali 1.4462 wskaźnik PREN osiąga typowo wartości powyżej 30, przy czym jego dokładna wartość zależy od rzeczywistego składu chemicznego konkretnej partii materiału.

Stal wykazuje ponadto dobrą odporność na korozję ogólną, korozję międzykrystaliczną oraz oddziaływanie erozyjno-korozyjne przepływających mediów. Dzięki temu znajduje zastosowanie w instalacjach pracujących z wodą morską, wodami przemysłowymi, solankami oraz wieloma agresywnymi mediami procesowymi.
Odporność korozyjna stali 1.4462 zależy jednak od temperatury, stężenia medium, pH, zawartości chlorków i innych zanieczyszczeń, naprężeń oraz warunków przepływu. Dobór materiału do konkretnego środowiska powinien więc uwzględniać rzeczywiste warunki eksploatacji.

Własności mechaniczne stali 1.4462

Duplex 1.4462 charakteryzuje się znacznie wyższą granicą plastyczności niż popularne stale nierdzewne o strukturze austenitycznej. Dokładne wartości zależą od postaci produktu, jego grubości, sposobu wytwarzania oraz właściwej normy wyrobu.

- **Wytrzymałość na rozciąganie Rm:** około 620–880 MPa
- **Umowna granica plastyczności Rp0,2:** ≥ 450 MPa
- **Wydłużenie A:** zazwyczaj ≥ 25%
- **Twardość:** zazwyczaj do około 270 HB
- **Moduł Younga E:** około 200 GPa w temperaturze pokojowej

Wysoka granica plastyczności stali duplex umożliwia w wielu zastosowaniach konstrukcyjnych projektowanie elementów o mniejszych przekrojach lub grubościach ścianek niż w przypadku klasycznych stali austenitycznych. Każdorazowo musi to jednak wynikać z obliczeń konstrukcyjnych oraz wymagań odpowiedniej normy projektowej.

Właściwości fizyczne stali 1.4462

- **Gęstość:** około 7,8 g/cm³
- **Przewodność cieplna:** około 15 W/(m·K)
- **Ciepło właściwe:** około 500 J/(kg·K)
- **Moduł sprężystości:** około 200 GPa w temperaturze pokojowej

Istotną właściwością Duplex 2205 jest stosunkowo niski współczynnik rozszerzalności cieplnej w porównaniu ze stalami austenitycznymi. Ogranicza to odkształcenia termiczne i naprężenia powstające podczas zmian temperatury, co może być szczególnie korzystne w rurociągach, wymiennikach ciepła, zbiornikach oraz konstrukcjach spawanych.

Własności stali 1.4462 w podwyższonej temperaturze

Wraz ze wzrostem temperatury obniżają się moduł sprężystości oraz granica plastyczności materiału. Orientacyjna wartość modułu Younga wynosi około 194 GPa przy 100°C, 186 GPa przy 200°C oraz 180 GPa przy 300°C.
Stal Duplex 2205 **nie jest gatunkiem przeznaczonym do długotrwałej pracy w wysokich temperaturach**. Długotrwałe oddziaływanie niekorzystnego zakresu temperatur może powodować przemiany strukturalne i powstawanie wydzieleń pogarszających udarność oraz odporność korozyjną. Dopuszczalną temperaturę pracy należy dlatego określać na podstawie normy wyrobu, charakteru obciążenia i rzeczywistych warunków eksploatacji.

Odporność na zużycie i erozję

Dzięki wysokiej wytrzymałości mechanicznej i stosunkowo wysokiej twardości stal 1.4462 może wykazywać lepszą odporność na erozję oraz zużycie erozyjno-korozyjne niż typowe, bardziej miękkie stale austenityczne. Właściwość ta ma znaczenie w pompach, wirnikach, zaworach, rurociągach oraz instalacjach, w których medium przepływa z dużą prędkością lub zawiera cząstki stałe.
Stali 1.4462 nie należy jednak traktować jako typowej stali trudnościeralnej. Jej podstawową zaletą jest połączenie wysokiej wytrzymałości mechanicznej z odpornością na działanie agresywnych środowisk korozyjnych.

Zastosowanie stali 1.4462 / Duplex 2205

Stal 1.4462 znajduje szerokie zastosowanie w przemyśle chemicznym,

petrochemicznym, morskim, stoczniowym, papierniczym, wydobywczym, energetycznym oraz w instalacjach uzdatniania i odsalania wody. Szczególnie dobrze sprawdza się tam, gdzie jednocześnie występują wysokie obciążenia mechaniczne oraz agresywne środowisko korozyjne.
Ze stali 1.4462 wykonuje się między innymi:

- rurociągi i instalacje procesowe,
- zbiorniki i aparaturę ciśnieniową,
- wymienniki ciepła i chłodnice,
- pompy i korpusy pomp,
- wały, tuleje i elementy obrotowe,
- zawory i armaturę przemysłową,
- kołnierze i elementy złączne,
- śruby i elementy konstrukcyjne,
- mieszadła i elementy instalacji procesowych,
- wirniki i wentylatory,
- elementy instalacji offshore,
- rurociągi i urządzenia instalacji odsalania wody,
- elementy urządzeń pracujących z mediami zawierającymi chlorki,
- części maszyn stosowanych w przemyśle celulozowo-papierniczym.

Połączenie odporności korozyjnej z wysoką granicą plastyczności powoduje, że Duplex 2205 jest często stosowany jako alternatywa dla klasycznych stali kwasoodpornych w wymagających instalacjach przemysłowych.

Spawalność stali 1.4462

Stal 1.4462 jest **spawalna**, jednak technologia spawania musi uwzględniać konieczność zachowania odpowiedniej równowagi pomiędzy ferrytem i austenitem w spoinie oraz strefie wpływu ciepła. Nieprawidłowo dobrane parametry spawania mogą doprowadzić do niekorzystnych zmian mikrostruktury, a w konsekwencji do pogorszenia właściwości mechanicznych i odporności korozyjnej złącza.
W praktyce stosuje się odpowiednio dobrane materiały dodatkowe, często o zwiększonej zawartości niklu w stosunku do materiału rodzimego. Kontrola energii liniowej, temperatury międzyściegowej oraz szybkości chłodzenia ma istotne znaczenie dla zachowania właściwej struktury i własności gotowego połączenia.

Obróbka i skrawalność Duplex 2205

Ze względu na wysoką wytrzymałość mechaniczną oraz tendencję do umacniania podczas odkształcenia stal 1.4462 jest trudniejsza w obróbce skrawaniem niż typowe stale austenityczne. Podczas toczenia, frezowania i wiercenia zalecane jest stosowanie sztywnych ustawień obrabiarki, odpowiednich narzędzi skrawających oraz parametrów ograniczających nadmierne nagrzewanie obrabianego materiału. Duplex 2205 może być obrabiany plastycznie zarówno na gorąco, jak i na zimno. Ze względu na wyższą granicę plastyczności wymaga jednak większych sił formowania niż popularne stale nierdzewne o strukturze austenitycznej.

Najważniejsze zalety stali 1.4462 / Duplex 2205

Najważniejszą cechą stali 1.4462 jest połączenie **wysokiej wytrzymałości mechanicznej z bardzo dobrą odpornością korozyjną**. Duplex 2205 wyróżnia się szczególnie odpornością na korozję naprężeniową w środowiskach chlorkowych, dobrą odpornością na korozję wżerową i szczelinową, wysoką granicą plastyczności oraz niższą rozszerzalnością cieplną w porównaniu z klasycznymi stalami austenitycznymi.
Połączenie tych właściwości sprawia, że **1.4462 / X2CrNiMoN22-5-3 / Duplex 2205** należy do podstawowych i szeroko stosowanych gatunków stali duplex wykorzystywanych w aparaturze chemicznej, instalacjach procesowych, konstrukcjach offshore oraz urządzeniach pracujących w kontakcie z wodą i mediami zawierającymi chlorki.

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