Stal 1.4418, X4CrNiMo16-5-1 stal nierdzewna odporna na korozję, PN-EN 10088-1:2007 stal S165M, SS 2387, Z6CND16-05-01, X17H5M3

Materiały dostępne w Alfa-Tech 1.4418 / X4CrNiMo1651 / S165M

Pręty 1.4418 / X4CrNiMo1651 / S165M – gorącowalcowane, łuszczone i ciągnione
Płaskowniki 1.4418 / X4CrNiMo1651 / S165M
Pręty kute 1.4418 / X4CrNiMo1651 / S165M
Odkuwki 1.4418 / X4CrNiMo1651 / S165M – swobodne, kostki i wały kute

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

Porównanie składu chemicznego stali 1.4418 (X4CrNiMo16-5-1) z odpowiednikami stal S165M, X17H5M3, SS 2387, Z6CND16-05-01

Gatunek stali	Norma	Skład chemiczny (%)									
		C	Mn	Si	P	S	Cu	Cr	Ni	Mo	inne
X4CrNiMo16-5-1 1.4418	PN/EN	max 0,06	max 1,50	max 0,70	max 0,040	max 0,015	–	15,00 17,00	4,00 6,00	0,80 1,50	N min 0,020
08H17N5M3 08Ch17N5M3 08KH17N5M3 08X17H5M3 H17N5M3 Ch17N5M3 KH17N5M3 X17H5M3 EI925	GOST	0,06 0,10	max 0,80	max 0,80	max 0,035	max 0,020	max 0,30	16,00 17,50	4,50 5,50	3,00 3,50	V max 0,20 W max 0,20 po uzgodnieniu dopuszcza się zawartość Ti max 0,05
S165M S 165 M	SS	max 0,05	max 1,50	max 1,00	max 0,040	max 0,030		15,00 17,00	4,00 6,00	0,80 1,50	–
X4CrNiMo16-5-1	ISO	max 0,06	max 1,50	max 0,70	max 0,040	max 0,015	–	15,00 17,00	4,00 6,00	0,80 1,50	N max 0,020
Z 6 CND 16-05-01 Z6CND16-05-01 Z6CND160501	AFNOR	max 0,06	max 1,00	max 0,75	max 0,040	max 0,015	–	15,00 17,00	3,50 5,50	0,80 1,25	–

SS 2387	*SS*	*max 0,05*	*max 1,50*	*max 1,00*	*max 0,045*	*max 0,030*	*–*	*15,00 17,00*	*4,00 6,00*	*0,80 1,50*	*–*

Stal nierdzewna 1.4418 / X4CrNiMo16-5-1 / S165M – Charakterystyka, Właściwości i Zastosowanie

Charakterystyka ogólna

Stal nierdzewna 1.4418 (X4CrNiMo16-5-1, S165M, SS 2387) to wysokowytrzymały gatunek martenzytyczny o ulepszonej odporności na korozję. Zawartość ok. 16% chromu, 5% niklu i 1% molibdenu zapewnia dobrą pasywację powierzchni oraz odporność na środowiska wodne i atmosferyczne. Niska zawartość węgla (ok. 0,04%) pozwala na hartowanie bez ryzyka nadmiernej kruchości oraz ułatwia spawanie i obróbkę cieplną.

W stanie ulepszonym cieplnie stal ta charakteryzuje się wysoką granicą plastyczności, dobrą udarnością i stabilnością wymiarową. Dzięki temu 1.4418 jest chętnie stosowana jako materiał konstrukcyjny do elementów maszyn, które pracują pod obciążeniem w środowiskach korozyjnych lub w warunkach wysokiej wilgotności.

Struktura i właściwości metalurgiczne

W stanie dostawy +QT stal 1.4418 / X4CrNiMo16-5-1 / S165M posiada mikrostrukturę drobnoziarnistą martenzytyczno-ferrytyczną z niewielkim udziałem austenitu szczątkowego. Takie połączenie zapewnia wysoką wytrzymałość i dobrą odporność na pękanie, przy jednoczesnej plastyczności i odporności na uderzenia. Obecność molibdenu zwiększa odporność na korozję wżerową i szczelinową, a nikiel stabilizuje strukturę i poprawia udarność, zwłaszcza w niskich temperaturach.

Stal ta nie wykazuje tendencji do tworzenia faz międzymetalicznych przy typowych parametrach eksploatacji, co zwiększa jej niezawodność w długotrwałej pracy.

Zastosowanie stali 1.4418 / X4CrNiMo16-5-1 / S165M

- Wały, tuleje, wirniki i elementy pomp w przemyśle morskim oraz offshore.
- Części sprężarek, wirówek i zaworów hydraulicznych.

- Elementy przekładni, trzpienie, korpusy maszyn, tuleje prowadzące.
- Komponenty konstrukcyjne w energetyce, petrochemii i przemyśle papierniczym.
- Śruby, osie i wałki w urządzeniach transportowych i statkach.
- Wersje precyzyjnie obrabiane – jako baza pod elementy narzędziowe i uchwyty.

Odporność korozyjna

1.4418 ma wyraźnie lepszą odporność na korozję od klasycznych stali martenzytycznych typu 1.4057 (AISI 431) dzięki wyższej zawartości niklu i molibdenu. Dobrze znosi kontakt z wodą morską, wodą przemysłową, roztworami soli i umiarkowanie kwaśnymi mediami. Występuje odporność na korozję międzykrystaliczną przy zachowaniu struktury po odpuszczaniu w zalecanym zakresie (550–620°C). Nie zaleca się stosowania tej stali w mocno utleniających środowiskach kwasowych (HNO_3, H_2SO_4).

W warunkach pracy w atmosferze morskiej i przy podwyższonej wilgotności wskazane jest polerowanie lub pasywacja powierzchni. Gatunek ten wykazuje dobrą odporność na pękanie korozyjne naprężeniowe w porównaniu do 17-4PH (1.4542).

Własności mechaniczne (typowe wartości)

Parametr	Jednostka	Wartość
Wytrzymałość na rozciąganie Rm	MPa	760–960
Granica plastyczności $Rp_{0,2}$	MPa	≥550
Wydłużenie A	%	≥14
Udarność KV (20°C)	J	≥60–70
Twardość (HB)	–	260–300
Moduł sprężystości E	GPa	200

Własności fizyczne 1.4418, X4CrNiMo1651, S165M, SS2387, X17H5M3

- Gęstość: 7,70 g/cm³
- Pojemność cieplna (20°C): 430 J/kg·K

- Przewodność cieplna (20°C): 15 W/m·K
- Opór właściwy: 0,70 μΩ·m
- Współczynnik rozszerzalności cieplnej: 10,3–11,6 $\times 10^{-6}$/K (100–400°C)

Własności w podwyższonych temperaturach

Temperatura [°C]	$\alpha_{20°C}$ [10^{-6}/K]	E [GPa]
100	10,3	195
200	10,8	185
300	11,2	175
400	11,6	170

Obróbka cieplna i plastyczna

- **Kucie:** 1150–900°C, powolne chłodzenie w piecu w celu uniknięcia pęknięć.
- **Walcowanie:** 1150–900°C, bez przegrzewania, z chłodzeniem kontrolowanym.
- **Hartowanie:** 950–1050°C, chłodzenie w oleju lub powietrzu; unikać chłodzenia w wodzie.
- **Odpuszczanie:** 550–620°C – w tym zakresie uzyskuje się optymalne połączenie wytrzymałości i udarności.
- **Wyżarzanie odprężające:** 600–650°C po obróbce plastycznej, chłodzenie powolne z piecem.

Po hartowaniu zaleca się natychmiastowe odpuszczanie, aby uniknąć pękania i zredukować naprężenia wewnętrzne. Podwójne odpuszczanie może być stosowane dla zwiększenia stabilności strukturalnej.

Typowe stany dostawy

- **+A** – wyżarzanie w 600–650°C, chłodzenie powietrzem lub z piecem (struktura ferrytyczno-martenzytyczna).
- **+QT760** – hartowanie 950–1050°C + chłodzenie w oleju, twardość średnia, dobra plastyczność.
- **+QT840** – hartowanie 900–1000°C + odpuszczanie 570–650°C, zrównoważone własności mechaniczne.
- **+QT900** – hartowanie 950–1050°C + odpuszczanie 550–620°C, najwyższa wytrzymałość i twardość.

Obróbka mechaniczna i spawalność

Stal 1.4418 / X4CrNiMo16-5-1 / S165M jest dobrze obrabialna w stanie +QT760 i +QT840. W stanie surowym po hartowaniu zaleca się jedynie szlifowanie lub toczenie wstępne. Do obróbki najlepiej stosować narzędzia z węglików spiekanych z chłodzeniem emulsją wodno-olejową. Spawalność określa się jako dobrą pod warunkiem zastosowania podgrzewania wstępnego (150–200°C) i późniejszego odpuszczania. Materiał nie wymaga spawania z użyciem wysokostopowych drutów niklowych; dopuszcza się zastosowanie dodatków typu 1.4429 lub 1.4462 w zależności od wymagań.

Po spawaniu zaleca się pełne odpuszczenie w celu przywrócenia własności mechanicznych i korozyjnych w strefie wpływu ciepła.

Porównanie z innymi gatunkami

Gatunek	Typ	Odporność na korozję	Udarność	Uwagi
1.4057 / AISI 431	Martenzytyczna	Średnia	Średnia	Tańsza, ale mniej odporna na korozję.
1.4542 / 17-4PH	Utwardzana wydzieleniowo	Dobra	Średnia	Wyższa twardość, gorsza udarność.
1.4418 / S165M	Martenzytyczna ulepszona	Dobra–bardzo dobra	Wysoka	Lepsza odporność i spawalność.

Zakres dostaw 1.4418 / X4CrNiMo16-5-1 / S165M

Stal 1.4418 dostępna jest w postaci:

- prętów walcowanych i kutych,
- odkuwek swobodnie kutych,
- wałków, płaskowników i bloków,
- materiałów przygotowanych do dalszej obróbki mechanicznej lub cieplnej.

Materiał spełnia wymagania norm **EN 10088-3**, **ISO 683-13** oraz **DNV RP-0034** (dla przemysłu morskiego).

Zobacz także inne stale nierdzewne

2H13 – stal nierdzewna chromowa x20cr13, 1.4021, AISI 420
4H13 – stal nierdzewna chromowa 4h13, x46cr13, 1.4034
H17 – stal nierdzewna wysokochromowa X6Cr17, 1.4016, AISI 430
2H17N2 – stal nierdzewna chromowo-niklowa 1.4057, 1.4044
3H17M – stal chromowo-molibdenowa X39CrMo17-1, 1.4122
H18 – stal wysokochromowa 1.4112, 1.4125, AISI 440C

Stale nierdzewne według PN – EN, DIN, ASTM, AISI, GB/T, AFNOR, ISO i inne, nie posiadające odpowiednika według starszych norm PN
1.4418 – chromowo niklowo molibdenowa X4CrNiMo16-5-1, S165M
1.4313 – chromowo niklowo molibdenowa X3CrNiMo13-4
1.4542 – chromowo niklowo miedziowa X5CrNiCuNb16-4, 17-4 PH

Zobacz opisy pozostałych stali specjalnych wysokostopowych

stal wysokostopowa do pracy przy podwyższonych temperaturach
stal nierdzewna
stal żaroodporna i żarowytrzymała
stal kwasoodporna

Najczęściej zadawane pytania (FAQ) o stali nierdzewnej 1.4418 / X4CrNiMo16-5-1 / S165M

Co to jest stal nierdzewna 1.4418?

Stal 1.4418 (X4CrNiMo16-5-1, S165M, SS 2387) to martenzytyczna stal nierdzewna o podwyższonej wytrzymałości i dobrej odporności na korozję. Dzięki połączeniu chromu, niklu i molibdenu łączy właściwości konstrukcyjne z odpornością korozyjną typową dla stali nierdzewnych.

Jakie są główne właściwości stali 1.4418?

W stanie ulepszonym cieplnie stal 1.4418 osiąga wytrzymałość na rozciąganie 760–960 MPa i granicę plastyczności powyżej 550 MPa. Charakteryzuje się również wysoką udarnością (60–70 J) oraz dobrą odpornością na korozję w środowisku wodnym i atmosferycznym.

Do jakich zastosowań stosuje się stal 1.4418?

Gatunek 1.4418 używany jest do produkcji wałów, wirników, tulei, korpusów pomp, elementów przekładni, zaworów i części maszyn pracujących w środowisku morskim, petrochemicznym i energetycznym. Sprawdza się w aplikacjach, gdzie wymagana jest jednocześnie wytrzymałość i odporność na korozję.

Czy stal 1.4418 jest spawalna?

Tak, stal 1.4418 jest spawalna pod warunkiem zachowania właściwych procedur. Zaleca się podgrzewanie do 150–200°C przed spawaniem i kontrolowane chłodzenie po procesie. Po zakończeniu spawania wskazane jest odpuszczanie w celu przywrócenia własności mechanicznych i korozyjnych.

Czym różni się stal 1.4418 od gatunków 1.4057 i 1.4542?

W porównaniu do 1.4057 (AISI 431), stal 1.4418 ma wyższą odporność na korozję i lepszą udarność. W porównaniu do 1.4542 (17-4PH), jest bardziej ciągliwa i mniej podatna na pękanie naprężeniowe, choć nieco niżej twarda. Stanowi kompromis między wytrzymałością a odpornością korozyjną.

Jakie są zalecane parametry obróbki cieplnej dla stali 1.4418?

Hartowanie prowadzi się w temperaturze 950–1050°C z chłodzeniem w oleju lub powietrzu, a odpuszczanie w zakresie 550–620°C. Dla uzyskania najlepszej kombinacji twardości i ciągliwości stosuje się podwójne odpuszczanie. Wyżarzanie odprężające wykonuje się w 600–650°C.

Jak zachowuje się stal 1.4418 w podwyższonych temperaturach?

W temperaturze 400°C moduł sprężystości spada do ok. 170 GPa, a współczynnik rozszerzalności liniowej rośnie do $11{,}6\times10^{-6}$/K. Stal utrzymuje dobrą stabilność strukturalną i odporność na utlenianie do około 450°C, dlatego może być stosowana w elementach narażonych na cykliczne zmiany temperatury.