Alloy 625 / Inconel® 625 / 2.4856 / UNS N06625 / Haynes® 625 – stop niklu NiCr22Mo9Nb

Alloy 625 (UNS N06625, 2.4856, PN-EN 10095:2002 NiCr22Mo9Nb, Inconel® 625, Nicrofer B6020, NA21, Haynes® 625, Sanicro 60, NCF625) jest wysokostopowym materiałem na osnowie niklu, zawierającym około 21–22% chromu, 9% molibdenu oraz 3,5–4% niobu z tantalem.

Materiały dostępne w Alfa-Tech – Alloy 625 / Inconel 625 / 2.4856 / UNS N06625

Pręty Alloy 625 / Inconel 625 / 2.4856 / NiCr22Mo9Nb – okrągłe / sześciokątne, gorącowalcowane / łuszczone / ciągnionePłaskowniki Alloy 625 / Inconel 625 / 2.4856 / UNS N06625Pręty kute Alloy 625 / Inconel 625 / 2.4856 / UNS N06625 / NiCr22Mo9NbOdkuwki Alloy 625 / Inconel 625 / 2.4856 / UNS N06625 – swobodne, kostki i wały kuteRury Alloy 625 / Inconel 625 / 2.4856 / UNS N06625 – gorącowalcowane / zimnociągnioneBlachy Alloy 625 / Inconel 625 / 2.4856 / UNS N06625 – gorącowalcowane / zimnowalcowane+48 63 2610519kontakt@alfa-tech.com.pl

Skład chemiczny Alloy 625 – porównanie norm i oznaczeń UNS N06625, 2.4856, NiCr22Mo9Nb, Nicrofer B6020, NA21, Haynes 625, Sanicro 60, NCF625

Skład chemiczny %											
Gatunek stali	**Norma**	C	Mn	Si	P	S	Cu	Cr	Ni	Mo	Inne
Alloy 625 / N06625 / Inconel 625	ASTM, UNS	max 0,1	max 0,5	max 0,5	max 0,015	max 0,015	max 0,5	20,0-23,0	Reszta	8,0-10,0	Nb+Ta 3,15-4,15
2.4856 / NiCr22Mo9Nb	EN 10095:1999	0,03-0,10	max 0,5	max 0,5	max 0,02	max 0,015	max 0,5	20,0-23,0	min 58,0	8,0-10,0	Nb+Ta 3,15-4,15,

NiCr22Mo9Nb	ISO 12153:2022	max 0,1	max 0,5	max 0,5	max 0,02	max 0,015	max 0,5	20,0-23,0	min 58,0	8,0-10,0	Nb+Ta 3,15-4,15, Ta 0,63-0,83, ET max 0,5
Nicrofer B6020	ThyssenKrupp	max 0,1	max 0,5	max 0,5	max 0,02	max 0,015	max 0,5	20,0-23,0	min 58,0	8,0-10,0	Nb+Ta 3,15-4,15, Ni:Ni+Co, ET max 0,5
NA21	BS 3075	max 0,1	max 0,5	max 0,5	max 0,02	max 0,015	max 0,5	20,0-23,0	min 58,0	8,0-10,0	Nb+Ta 3,15-4,15, Ni:Ni+Co, ET max 0,5
Haynes 625	Haynes	max 0,1	max 0,5	max 0,5	–	–	max 0,5	21,0	Reszta	9,00	Mo 9,0, Nb 3,7, Nb:Nb+Ta
NCF625	KS	max 0,1	max 0,5	max 0,5	max 0,015	max 0,015	max 0,5	20,0-23,0	min 58,0	8,0-10,0	Nb+Ta 3,15-4,15
Sanicro 60	SS	max 0,1	max 0,5	max 0,5	max 0,015	max 0,015	max 0,5	20,0-23,0	min 58,0	8,0-10,0	Mo 8,0-10,0, Nb+Ta 3,15-4,15
NS111 / 0Cr20Ni32Ti	GB/T	max 0,10	max 1,50	max 1,00	max 0,030	max 0,015	max 0,75	19,0-23,0	30,0-35,0		Ti 0,15-0,60, Al 0,15-0,60, Fe reszta

- **ASTM (American Society for Testing and Materials)** – Amerykańska norma określająca specyfikacje dotyczące właściwości mechanicznych, składu chemicznego oraz metod testowania materiałów, w tym stali i stopów.
- **UNS (Unified Numbering System)** – Jednolity system numeracji metali i stopów używany głównie w Ameryce Północnej. Przypisuje unikalne kody do poszczególnych materiałów, np. N06625 dla stopu Inconel 625.
- **EN 10095:1999** – Europejska norma określająca warunki techniczne dostawy stali żaroodpornych, obejmująca skład chemiczny, właściwości mechaniczne i zastosowania w środowiskach wysokotemperaturowych.
- **ISO 12153:2022** – Międzynarodowa norma ISO określająca skład chemiczny i właściwości mechaniczne dla stopów niklu odpornych na wysokie temperatury i korozję, w tym stopów do zastosowań w przemyśle chemicznym i energetycznym.
- **ThyssenKrupp** – Oznaczenie firmowe stosowane przez koncern ThyssenKrupp dla materiałów metalowych, w tym stali nierdzewnych i stopów niklu, dostosowanych do specyficznych norm jakościowych tej firmy.
- **BS 3075 (British Standard)** – Brytyjska norma dotycząca stopów niklu i materiałów odpornych na wysoką temperaturę, określająca skład chemiczny i wymagania jakościowe.
- **Haynes** – Producent specjalistycznych stopów niklu, kobaltu i żaroodpornych, stosowanych w przemyśle lotniczym, energetyce i chemii.
- **KS (Korean Standard)** – Koreańska norma określająca specyfikacje stali i stopów metali w zakresie składu chemicznego, właściwości mechanicznych oraz procedur testowania.
- **SS (Sandvik Steel)** – Oznaczenie stali wysokostopowych i materiałów odpornych na korozję oferowanych przez firmę Sandvik, często wykorzystywanych w przemyśle chemicznym i energetycznym.
- **GOST (Государственный стандарт)** – Rosyjska norma państwowa określająca właściwości materiałów, w tym stali nierdzewnych i stopów niklu, używanych w przemyśle maszynowym, chemicznym i energetycznym.
- **GB/T (Guobiao Standards)** – Chińska norma krajowa regulująca skład chemiczny, właściwości mechaniczne i procedury testowania dla stali nierdzewnych oraz stopów żaroodpornych.

W tabeli składu chemicznego występują kolejno: C, Mn, Si, P, S, Cu, Cr, Ni, Mo i kolumna „Inne”. Oznaczenie Nb może obejmować niob i tantal (Nb+Ta), zależnie od specyfikacji.

Wpływ pierwiastków stopowych na właściwości Alloy 625

Nikiel (Ni) jest podstawowym składnikiem stopu. Tworzy stabilną osnowę austenityczną o strukturze regularnej ściennie centrowanej (FCC). Zapewnia wysoką ciągliwość, odporność na wiele środowisk korozyjnych oraz dobre właściwości w temperaturach kriogenicznych.Chrom (Cr) odpowiada przede wszystkim za

powstawanie ochronnej warstwy tlenkowej na powierzchni materiału. Zwiększa odporność na utlenianie wysokotemperaturowe i korozję w wielu środowiskach utleniających.Molibden (Mo) istotnie podnosi odporność na korozję wżerową oraz korozję szczelinową . Wpływa również na umocnienie roztworowe stopu i zachowanie jego właściwości wytrzymałościowych.Niob (Nb) zwiększa wytrzymałość materiału przez umocnienie roztworowe. Oddziałuje także na przemiany mikrostrukturalne i zachowanie stopu podczas długotrwałej ekspozycji cieplnej. W warunkach sprzyjających wydzielaniu faz bogatych w niob może dochodzić do zmian twardości i plastyczności.

Oznaczenia, odpowiedniki i nazwy handlowe Alloy 625

W obrocie spotyka się oznaczenia normowe, nazwy handlowe i oznaczenia historyczne. Nie wszystkie stanowią dosłowne odpowiedniki normowe; przed zakupem należy porównać wymagania specyfikacji i stan dostawy.

Alloy 625 – oznaczenia i nazwy handlowe		
System oznaczania / producent	**Gatunek, numer materiału lub nazwa handlowa**	**Znaczenie oznaczenia**
Nazwa ogólna	Alloy 625, Nickel Alloy 625	Określenie ogólne używane niezależnie od nazwy handlowej.
UNS	N06625	Numer UNS identyfikujący skład stopu w systemie amerykańskim.
EN – numer materiału	2.4856	Europejski numer materiałowy stosowany w dokumentacji EN/DIN.
EN – oznaczenie chemiczne	NiCr22Mo9Nb	Symboliczny zapis głównych pierwiastków stopowych.
Special Metals	Inconel® alloy 625	INCONEL to zastrzeżona marka handlowa, nie odrębna norma materiałowa.
VDM Metals	VDM® Alloy 625, Nicrofer 6020 hMo	Oznaczenia producenta mogą mieć własne warunki dostawy i stany materiału.
BS 3075	NA21	Historyczne brytyjskie oznaczenie stopu.

AFNOR	NC22DNb	Francuskie oznaczenie spotykane w dokumentacji.
ISO – oznaczenie spotykane w dokumentacji	NC22DNb	Przy sprawdzaniu odpowiedników należy porównać specyfikację wyrobu.
Jak interpretować tabelę: Oznaczenia UNS i EN opisują identyfikację stopu, natomiast Inconel® i Nicrofer są nazwami handlowymi. Zgodność oznaczenia nie oznacza jeszcze zgodności postaci wyrobu, stanu dostawy ani wymagań odbiorczych.		

Nazwy handlowe i normowe służą identyfikacji stopu, lecz same w sobie nie gwarantują identycznych właściwości wszystkich wyrobów.Inconel® 625 jest oznaczeniem handlowym Special Metals. Przykładem innego oznaczenia jest VDM® Alloy 625 (Nicrofer 6020 hMo). Nazwę handlową należy odróżnić od oznaczenia składu i normy wyrobu.

Właściwości fizyczne Alloy 625 / 2.4856

Alloy 625 charakteryzuje się stosunkowo dużą gęstością, niewielką przewodnością cieplną w porównaniu ze stalami niestopowymi, wysoką rezystywnością elektryczną oraz korzystną stabilnością właściwości w szerokim zakresie temperatur.

Alloy 625 – podstawowe właściwości fizyczne		
Właściwość fizyczna i oznaczenie	**Wartość typowa / orientacyjna**	**Znaczenie i warunki interpretacji parametru**
Gęstość	8,44–8,47 g/cm³	Masa objętościowa; stosowana przy obliczaniu masy prętów, blach i elementów. Do szacowania masy półwyrobów należy dodatkowo uwzględnić ich rzeczywiste wymiary i tolerancje.
Temperatura solidus	ok. 1290°C	Przybliżona temperatura początku topnienia; nie oznacza temperatury dopuszczalnej pracy.
Temperatura likwidus	ok. 1350°C	Przybliżona temperatura całkowitego stopienia stopu, zależna od składu.
Moduł sprężystości wzdłużnej E	ok. 207–209 GPa	Parametr określający sztywność sprężystą w temperaturze pokojowej.

Przewodność cieplna w temperaturze pokojowej	ok. 9,8 W/(m·K)	Wartość dla temperatury pokojowej; istotna w obliczeniach wymiany ciepła. Nie należy porównywać tej wielkości z przewodnością całego elementu bez uwzględnienia jego geometrii.
Ciepło właściwe w temperaturze pokojowej	ok. 410 J/(kg·K)	Ilość energii potrzebna do ogrzania jednostki masy stopu o jeden kelwin. Przy obliczaniu czasu nagrzewania warto uwzględniać zmianę ciepła właściwego wraz z temperaturą.
Rezystywność elektryczna	ok. 1,29 µΩ·m	Oporność właściwa materiału na przepływ prądu elektrycznego.
Średni współczynnik rozszerzalności liniowej (ok. 21–538°C)	ok. 14,0 × 10^{-6}/K	Średnia wartość dla wskazanego przedziału temperatur, nie wartość w jednym punkcie.
Właściwości magnetyczne	Praktycznie niemagnetyczny w stanie wyżarzonym	Cecha stanu materiału i warunków pomiaru; nie powinna zastępować specyfikacji magnetycznej.
Jak interpretować tabelę: Podane wielkości są orientacyjne i opisują różne zjawiska fizyczne. Gęstość służy do obliczania masy, przewodność cieplna i ciepło właściwe do analizy nagrzewania, a współczynnik rozszerzalności do wyznaczania zmian wymiarów przy zmianie temperatury.		

Wartości dotyczą określonych stanów stopu i nie są automatycznie gwarantowanymi wymaganiami odbiorczymi.Dane fizyczne są wartościami orientacyjnymi z kart producentów Special Metals i VDM Metals. Niewielkie różnice wynikają między innymi ze składu konkretnej odmiany, stanu dostawy oraz warunków pomiaru.

Przewodność cieplna i rozszerzalność Alloy 625

Dane orientacyjne dla Alloy 625 w poszczególnych zakresach temperatur. Wartości współczynnika rozszerzalności stanowią średnią w podanym przedziale; przewodność cieplna rośnie wraz ze wzrostem temperatury.

Średni współczynnik rozszerzalności cieplnej

Alloy 625 – średnia rozszerzalność liniowa		
Zakres temperatur badania [°C]	**Średni współczynnik rozszerzalności α [µm/(m·K)]**	**Znaczenie w projektowaniu**

24-540°C	14,0 µm/(m*K)	Przyrost wymiaru przy nagrzewaniu od temperatury odniesienia do 540°C. Współczynnik jest uśredniony na tym przedziale; nie jest współczynnikiem lokalnym przy 540°C.
24-870°C	15,8 µm/(m*K)	Średnia z szerszego zakresu do 870°C; przy analizie dylatacji istotny jest cały zakres temperatur. Szerszy zakres obejmuje większą zmianę temperatury i może dawać inny wynik przy obliczaniu dylatacji.
Jak interpretować tabelę: Współczynnik α jest wartością średnią od temperatury odniesienia do temperatury końcowej, a nie wartością chwilową. Przy wyznaczaniu wydłużenia elementu należy uwzględnić cały zakres temperatur jego pracy.		

Podano wartości średnie po przedziale temperatur. Nie należy interpretować ich jako chwilowego współczynnika α w temperaturze końcowej.

Przewodność cieplna w zależności od temperatury

Alloy 625 – przewodność cieplna a temperatura		
Temperatura materiału	**Przewodność cieplna λ [W/(m·K)]**	**Znaczenie dla transportu ciepła**
W temperaturze pokojowej	9,8 W/(m*K)	Punkt odniesienia dla porównań materiałowych. Wartość stanowi punkt odniesienia dla temperatury około 20°C; nie należy jej stosować bez korekty do pracy w piecu.
540°C	17,5 W/(m*K)	W wyższej temperaturze ciepło przepływa przez stop sprawniej niż w temperaturze pokojowej. Wartość odpowiada warunkom wysokotemperaturowym, lecz ocena przepływu ciepła wymaga jeszcze geometrii i warunków brzegowych.
870°C	22,8 W/(m*K)	Dane przydatne do projektowania wymienników ciepła i osłon termicznych. Parametr materiałowy jest wyższy niż w temperaturze pokojowej, ale nie określa samodzielnie szybkości nagrzewania urządzenia.

Jak interpretować tabelę: Przewodność cieplna stopu wzrasta wraz z temperaturą. Podane wartości odnoszą się do samego materiału, a nie do współczynnika przenikania ciepła przez całą przegrodę lub wymiennik.

Wartości przewodności cieplnej są orientacyjne; nie należy ich mylić ze współczynnikiem przenikania ciepła całego urządzenia.

Właściwości mechaniczne Alloy 625 – Rm, Rp0,2, wydłużenie i twardość

Właściwości mechaniczne Alloy 625 zależą od postaci wyrobu, stanu obróbki cieplnej, wielkości przekroju oraz temperatury badania.Materiał może być dostarczany w stanie wyżarzonym lub przesyconym. W stanie wyżarzonym często uzyskuje wyższą wytrzymałość w temperaturze pokojowej, natomiast odpowiednio przeprowadzona obróbka rozpuszczająca pozwala uzyskać strukturę korzystną dla wielu zastosowań wysokotemperaturowych.

Właściwości mechaniczne w temperaturze pokojowej

Przykładowe minimalne właściwości dla różnych postaci wyrobów według zestawienia VDM Metals / VdTÜV 499:

Minimalne właściwości mechaniczne Alloy 625 – temperatura pokojowa				
Postać wyrobu i ograniczenie wymiarowe	**Granica plastyczności Rp0,2 min. [MPa]**	**Wytrzymałość na rozciąganie Rm min. [MPa]**	**Wydłużenie względne A min. [%]**	**Objaśnienie dla odbioru materiału**
Taśmy i blachy do 7 mm	400	830	30	Dane odnoszą się do stosunkowo cienkich wyrobów. Wymagane minimum Rm wynosi w tym zestawieniu 830 MPa.
Blachy do 50 mm	380	760	35	Grubszy wyrób ma inny zestaw minimalnych parametrów niż cienkie taśmy i blachy.
Odkuwki poniżej 160 mm	380	760	30	Wymagania odnoszą się do odkuwek z określonego przedziału wymiarowego.

Odkuwki od 160 mm	330	730	35	Większy przekrój odkuwki wiąże się w tym zestawieniu z niższym wymaganym minimum Rp0,2 i Rm.
Jak interpretować tabelę: Dla porównanych stanów i wymiarów wymagane minima Rm, Rp0,2 i A różnią się. Wybierając półwyrób, trzeba odnosić wartości do konkretnej normy, zakresu wymiarów i stanu obróbki, a nie traktować jednej liczby jako obowiązującej dla całego Alloy 625.				

Wartości z przytoczonego zestawienia VDM/VdTÜV dotyczą określonych postaci i warunków. Nie należy traktować ich jako minimów uniwersalnych dla wszystkich norm i stanów dostawy.Rm – wytrzymałość na rozciąganie; Rp0,2 – umowna granica plastyczności przy odkształceniu trwałym 0,2%; A – wydłużenie względne po zerwaniu.Wartości zależą od normy, stanu materiału i wymiarów. Przy odbiorze dostawy podstawą oceny powinny być wymagania właściwej specyfikacji oraz wyniki przedstawione w świadectwie odbioru.

Twardość Alloy 625

Twardość stopu Alloy 625 zależy od stanu dostawy i historii odkształcenia plastycznego. Według zestawień Special Metals dla określonych prętów i blach można spotkać wartości około 145–220 HB w stanie wyżarzonym oraz około 116–194 HB po przesycaniu.W wyniku obróbki plastycznej na zimno materiał ulega umocnieniu zgniotowemu, co zwiększa twardość i wytrzymałość, ale jednocześnie może ograniczać plastyczność.Nie należy przyjmować pojedynczej wartości twardości jako obowiązującej dla wszystkich wyrobów ze stopu N06625.

Wytrzymałość Alloy 625 w podwyższonych temperaturach

Alloy 625 może pracować w warunkach wysokiej temperatury, jednak jego właściwości mechaniczne zmieniają się wraz z jej wzrostem. Szczególnie ważne są wytrzymałość na rozciąganie, granica plastyczności, odporność na pełzanie oraz wytrzymałość czasowa .Poniższe zestawienie przedstawia dane według VDM Metals / VdTÜV 499. Wartości powyżej 500°C mają charakter typowy, a nie minimalny gwarantowany.

Alloy 625 – właściwości mechaniczne w podwyższonej temperaturze			
Temperatura badania materiału [°C]	**Granica plastyczności Rp0,2 [MPa]**	**Wytrzymałość na rozciąganie Rm [MPa]**	**Interpretacja dla konstruktora**

20	330	730	Wartości referencyjne w temperaturze otoczenia.
400	260	540	Rozgrzewanie zmienia właściwości materiału względem stanu w 20°C.
600	255	640	Granica plastyczności i Rm nie muszą zmniejszać się w takim samym tempie.
700	240	610	Wartości mechaniczne nadal nie stanowią dopuszczalnych naprężeń projektowych.
800	215	450	W długotrwałej pracy należy dodatkowo uwzględnić pełzanie i czas obciążenia.
900	190	250	Wysoka temperatura znacznie ogranicza nośność w porównaniu z temperaturą pokojową.
Jak interpretować tabelę: Porównywane dane pokazują wpływ temperatury na chwilową granicę plastyczności i wytrzymałość na rozciąganie. Wzrost temperatury nie daje prostego, liniowego spadku każdego parametru; przy długim czasie pracy należy dodatkowo analizować pełzanie.			

Wartości podano za przytoczonym zestawieniem VDM/VdTÜV; dane dla podwyższonych temperatur nie są uniwersalnymi minimami gwarantowanymi.Wartości nie są dopuszczalnymi naprężeniami projektowymi. Dobór elementów pracujących pod obciążeniem w wysokich temperaturach wymaga uwzględnienia odpowiedniego kodu konstrukcyjnego oraz warunków rzeczywistej eksploatacji.

Odporność na pełzanie i wytrzymałość czasowa Alloy 625

Pełzanie jest procesem stopniowego odkształcenia materiału pod wpływem długotrwałego obciążenia, szczególnie istotnym w wysokiej temperaturze.W przypadku stopu Alloy 625 należy rozróżnić chwilowe właściwości wytrzymałościowe od parametrów określających jego zachowanie podczas wieloletniej pracy.Dla stopu VDM Alloy 625 Grade 2 producent podaje przykładowe wartości wytrzymałości na zerwanie pełzaniowe w zależności od temperatury i czasu badania.

Alloy 625 Grade 2 – wytrzymałość na zerwanie podczas pełzania

Temperatura długotrwałego obciążenia [°C]	Naprężenie dla 10 000 h [MPa]	Naprężenie dla 100 000 h [MPa]	Jak odczytywać wyniki
650	275	190	Porównanie dla dwóch czasów obciążenia przy 650°C.
700	170	110	Wydłużenie czasu z 10 000 do 100 000 godzin obniża poziom naprężenia.
800	57	34	W temperaturze 800°C odporność na zerwanie przy pełzaniu jest znacznie niższa.
900	14	6	W 900°C nawet niewielkie naprężenia wymagają oceny według właściwego kodu.
Jak interpretować tabelę: W kolumnach podano naprężenia odpowiadające zerwaniu po określonym czasie w danej temperaturze dla opisywanego stanu Alloy 625 Grade 2. Nie są to dopuszczalne naprężenia projektowe ani gwarancja trwałości konkretnego elementu.			

To parametry wytrzymałości czasowej na zerwanie, a nie wartości dopuszczalnych naprężeń konstrukcyjnych.Są to orientacyjne wartości wytrzymałości czasowej na zerwanie przy pełzaniu, a nie dopuszczalne naprężenia konstrukcyjne. Dane dotyczą określonego stanu materiału i nie powinny być automatycznie przenoszone na inne odmiany oraz postacie wyrobów.

Udarność i zachowanie Alloy 625 w temperaturach kriogenicznych

Stop Alloy 625 zachowuje wysoką ciągliwość w bardzo niskich temperaturach, co wynika między innymi ze stabilności struktury austenitycznej.W karcie VDM Metals podano dla określonego wyrobu średnią udarność Charpy’ego z karbem V około 100 J w temperaturze pokojowej.W publikacjach Special Metals występują również wyniki badań próbek o odmiennej geometrii, w tym próbek typu Charpy keyhole, badanych w temperaturach kriogenicznych.Wyników badań uzyskanych dla różnych rodzajów karbu nie należy utożsamiać. W szczególności wartości z próbki keyhole nie są bezpośrednio równoważne wynikom KV2 dla standardowej próbki z karbem V.

Odporność na korozję Alloy 625 / Inconel 625

Jedną z najważniejszych właściwości stopu Alloy 625 jest wysoka odporność na korozję w wielu agresywnych środowiskach. Połączenie niklu, chromu i molibdenu zapewnia odporność na korozję ogólną i miejscową, a także wysoką odporność na chlorkowe pękanie korozyjne naprężeniowe.Zakres odporności zależy jednak od temperatury, stężenia substancji chemicznych, napowietrzenia, zanieczyszczeń oraz czasu ekspozycji.

Odporność na wodę morską i chlorki

Alloy 625 charakteryzuje się bardzo dobrą odpornością na wodę morską i liczne środowiska zawierające chlorki. Dzięki temu jest wykorzystywany w instalacjach offshore, urządzeniach morskich, rurociągach, elementach pomp oraz aparaturze pracującej w kontakcie z zasolonymi mediami.Wysoka zawartość molibdenu znacząco zwiększa odporność na korozję miejscową, natomiast nikiel sprzyja odporności na chlorkowe pękanie korozyjne naprężeniowe.Nie oznacza to jednak całkowitej odporności na korozję w każdych warunkach. Szczeliny konstrukcyjne, osady, stagnacja medium oraz podwyższona temperatura mogą zwiększać ryzyko lokalnego uszkodzenia powierzchni.Więcej informacji na ten temat przedstawiono w artykuleKorozja w środowiskach chlorkowych – odporność stali nierdzewnych i stopów niklu .

Odporność na korozję wżerową i szczelinową – CPT, CCT i PREN

Odporność materiałów na korozję miejscową można porównywać między innymi na podstawie krytycznej temperatury korozji wżerowej CPT oraz krytycznej temperatury korozji szczelinowej CCT.Według danych VDM Metals dla Alloy 625 Grade 1, w określonym badaniu w 10-procentowym roztworze $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ uzyskano:

- CPT – około 75°C
- CCT – około 55°C
- PREN – około 51 według wzoru przyjętego w zestawieniu VDM

Wyniki te dotyczą konkretnego testu i nie stanowią dopuszczalnych temperatur eksploatacji. Wartości CPT i CCT otrzymywane innymi metodami, na przykład według poszczególnych procedur ASTM G48, mogą się różnić.Szczegółowe omówienie metod i porównań materiałowych znajduje się w artykułachCPT –

krytyczna temperatura korozji wżerowej ,CCT – krytyczna temperatura korozji szczelinowej orazPREN – wskaźnik odporności na korozję wżerową .

Odporność na kwas solny HCl

Stop Alloy 625 może wykazywać dobrą odporność na kwas solny w określonych warunkach, lecz nie należy traktować go jako materiału uniwersalnie odpornego na wszystkie roztwory HCl.Szybkość korozji zależy przede wszystkim od stężenia kwasu, temperatury, obecności tlenu oraz innych składników środowiska.W niektórych gorących roztworach kwasu solnego szybkość korozji może osiągać wartości przekraczające 1 mm/rok. Są to wielkości wymagające szczegółowej oceny przy projektowaniu aparatury chemicznej.W szczególnie agresywnych środowiskach kwasu solnego korzystniejsze mogą okazać się wybrane wysoko molibdenowe stopy niklu, takie jak Alloy C-276, zależnie od warunków pracy.

Odporność na kwas siarkowy H2SO4

Alloy 625 wykazuje korzystną odporność na wiele roztworów kwasu siarkowego, jednak wrażliwość na temperaturę i stężenie jest bardzo istotna.W gorących, silnie stężonych roztworach H2 SO4 szybkość korozji może znacząco wzrosnąć.Dobór stopu do instalacji kwasu siarkowego powinien uwzględniać również obecność zanieczyszczeń, potencjał utleniający środowiska i możliwość okresowych zmian parametrów procesu.

Odporność na kwas fosforowy H3PO4

Alloy 625 jest stosowany w aparaturze przemysłu chemicznego, w tym w wybranych instalacjach związanych z wytwarzaniem i przetwarzaniem kwasu fosforowego.Stop charakteryzuje się dobrą odpornością w wielu warunkach, jednak w przypadku kwasu fosforowego o dużym stężeniu i podwyższonej temperaturze konieczne jest uwzględnienie szybkości korozji oraz wpływu zanieczyszczeń procesowych.

Odporność na kwas azotowy HNO3

Obecność chromu zapewnia odporność na wiele środowisk utleniających, w tym określone roztwory kwasu azotowego.Nie oznacza to jednak bezwarunkowej odporności na bardzo gorący lub wysoko stężony kwas azotowy. W takich zastosowaniach należy porównać Alloy 625 z materiałami zaprojektowanymi specjalnie do silnie utleniających środowisk.

Odporność na kwasy organiczne i środowiska alkaliczne

Alloy 625 wykazuje dobrą odporność na wiele kwasów organicznych, w tym kwas octowy i mrówkowy, a także na liczne roztwory alkaliczne.Materiał jest wykorzystywany w aparaturze procesowej, zbiornikach i instalacjach, w których konieczna jest odporność na kilka różnych czynników chemicznych.Ocena trwałości wymaga znajomości rzeczywistego składu medium i parametrów pracy. Nawet niewielka zawartość agresywnych zanieczyszczeń może istotnie zmienić zachowanie materiału.

Odporność na utlenianie i korozję wysokotemperaturową

Alloy 625 jest wykorzystywany nie tylko jako materiał odporny na korozję mokrą, ale również w urządzeniach pracujących w podwyższonej temperaturze.Chrom sprzyja tworzeniu warstwy ochronnej ograniczającej utlenianie powierzchni, natomiast nikiel oraz dodatki stopowe wpływają na właściwości mechaniczne w wysokiej temperaturze.Stop może być stosowany w układach wydechowych, rekuperatorach, kompensatorach, elementach instalacji energetycznych i konstrukcjach narażonych na gorące gazy.

Odporność na atmosfery nawęglające

Alloy 625 wykazuje odporność na niektóre atmosfery nawęglające, jednak jej poziom zależy od temperatury, aktywności węgla i składu gazów.Przy długotrwałej ekspozycji możliwe są zmiany mikrostrukturalne, wydzielanie węglików oraz pogorszenie wybranych właściwości materiału.

Odporność na atmosfery azotujące i chlorujące

Stop wykazuje dobrą odporność na niektóre środowiska gazowe zawierające związki azotu i chloru. W instalacjach przemysłowych znaczenie mają jednak temperatura, skład atmosfery, ciśnienie cząstkowe poszczególnych składników i czas pracy.W agresywnych atmosferach chlorujących o wysokiej temperaturze konieczna jest szczegółowa weryfikacja odporności. Nie należy zakładać, że wysoka odporność Alloy 625 na chlorki w roztworach wodnych oznacza identyczną odporność w gorących gazach zawierających chlor.

Maksymalna temperatura pracy Alloy 625

W materiałach producentów podawane są zastosowania stopu Alloy 625 w temperaturach sięgających około 980–1000°C, w zależności od stanu materiału i charakteru zastosowania.Nie oznacza to jednak, że każdy wyrób ze stopu 625 może bezpiecznie pracować w tej temperaturze.Dla elementów obciążonych mechanicznie temperaturę dopuszczalną ograniczają między innymi pełzanie, wytrzymałość czasowa oraz wymagania odpowiednich norm projektowych.W warunkach wysokotemperaturowych bardzo ważny jest również stan obróbki cieplnej, ponieważ materiał przeznaczony do pracy w środowiskach mokrych nie zawsze będzie optymalny do długotrwałego obciążenia w wysokiej temperaturze.

Obróbka cieplna Alloy 625 – wyżarzanie i przesycanie

Obróbka cieplna stopu Alloy 625 służy przede wszystkim uzyskaniu odpowiedniej mikrostruktury, właściwości mechanicznych i odporności korozyjnej.W dokumentacji VDM Metals wyróżnia się dwa podstawowe stany materiału: Grade 1 oraz Grade 2.

Obróbka cieplna Alloy 625 – dobór stanu materiału		
Proces i stan materiału	**Temperatura obróbki [°C]**	**Typowe przeznaczenie i znaczenie technologiczne**
Wyżarzanie zmiękczające – Grade 1	950–1050°C	Stan przeznaczony przede wszystkim do wielu zastosowań korozyjnych w środowiskach mokrych Stosowane między innymi przy doborze materiału do środowisk korozyjnych w fazie ciekłej; stan wymaga weryfikacji względem specyfikacji wyrobu.
Przesycanie / wyżarzanie rozpuszczające – Grade 2	1080–1160°C	Stan wykorzystywany między innymi do zastosowań wysokotemperaturowych i wymagających odporności na pełzanie Stan rozważany w zastosowaniach wysokotemperaturowych, zwłaszcza przy ocenie zachowania materiału przy długotrwałym obciążeniu.
Jak interpretować tabelę: Wyżarzanie Grade 1 i przesycanie Grade 2 prowadzą do odmiennych stanów strukturalnych. Temperaturę, czas i sposób chłodzenia dobiera się do postaci wyrobu oraz warunków przyszłej pracy, a nie wyłącznie na podstawie nazwy stopu.		

Podane przedziały są orientacyjne. Czas wygrzewania i chłodzenie należy dobrać do wymiaru, stanu

wyjściowego i wymagań specyfikacji.Dobór temperatury, czasu wygrzewania i szybkości chłodzenia zależy od grubości elementu, postaci wyrobu oraz wymaganej struktury.Po odpowiednim wyżarzaniu lub przesycaniu stosuje się chłodzenie dostosowane do wymagań technologicznych, zwykle z dążeniem do uniknięcia niekorzystnych wydzieleń podczas przechodzenia przez krytyczne zakresy temperatur.

Czy Alloy 625 można utwardzać wydzieleniowo?

Alloy 625 jest przede wszystkim stopem umacnianym roztworowo, dlatego nie stosuje się dla niego typowego cyklu starzenia charakterystycznego dla stopów Alloy 718 lub Alloy 725.Długotrwałe wygrzewanie w określonych zakresach temperatur może jednak powodować powstawanie wydzieleń, między innymi faz bogatych w niob. Zjawiska te mogą zwiększać twardość i wytrzymałość, ale także ograniczać plastyczność i zmieniać odporność korozyjną.Z tego powodu nie należy utożsamiać przypadkowego utwardzenia podczas ekspozycji cieplnej z kontrolowanym procesem technologicznym zapewniającym określone właściwości.

Obróbka plastyczna i kucie Alloy 625

Stop Alloy 625 może być poddawany obróbce plastycznej na gorąco i na zimno. Ze względu na wysoką wytrzymałość i skłonność do umacniania zgniotowego wymaga jednak odpowiedniego doboru parametrów technologicznych.

Kucie na gorąco

Kucie Alloy 625 prowadzi się w zakresie temperatur określonym przez technologię producenta półwyrobu. Wysoka temperatura początkowa umożliwia uzyskanie odpowiedniej plastyczności, natomiast zbyt niska temperatura końcowa może zwiększyć opór odkształcenia i ryzyko niejednorodności strukturalnej.Według zaleceń producentów górne temperatury obróbki na gorąco znajdują się w pobliżu 1150–1175°C, ale dokładny zakres należy dostosować do procesu, przekroju i wymaganego stanu końcowego.Podczas kucia należy unikać przegrzewania materiału, nadmiernego wychłodzenia oraz nierównomiernych odkształceń.

Obróbka plastyczna na zimno

Alloy 625 wykazuje znaczną skłonność do umacniania zgniotowego. Podczas

walcowania, gięcia, tłoczenia i innych procesów obróbki na zimno rośnie jego wytrzymałość oraz twardość.Duże odkształcenia mogą wymagać wyżarzania międzyoperacyjnego, aby przywrócić odpowiednią plastyczność przed kolejnymi etapami kształtowania.

Spawanie Alloy 625 / Inconel 625

Alloy 625 jest stopem o dobrej spawalności. Może być spawany wieloma metodami stosowanymi do stopów niklu, w tym TIG, MIG oraz metodami z użyciem elektrod otulonych.Materiał jest również powszechnie wykorzystywany do napawania warstw odpornych na korozję na podłożach wykonanych z innych stali i stopów.

Materiały dodatkowe do spawania Alloy 625

Alloy 625 – materiały dodatkowe do spawania		
Materiał dodatkowy	**Norma / oznaczenie**	**Charakter zastosowania**
ERNiCrMo-3	AWS A5.14	Druty i pręty spawalnicze TIG/MIG Materiał dodatkowy w postaci drutu lub pręta, np. do TIG/MIG; dobór zależy od procedury WPS.
ENiCrMo-3	AWS A5.11	Elektrody otulone Elektroda otulona, używana w odpowiednim procesie spawania łukowego; dobór na podstawie wymaganych właściwości złącza.
VDM FM 625	Materiał dodatkowy producenta	Spawanie i napawanie stopów Ni-Cr-Mo
Jak interpretować tabelę: Oznaczenie materiału dodatkowego trzeba zestawić z metodą spawania, doborem metali łączonych i środowiskiem pracy połączenia. Ta sama rodzina chemiczna nie oznacza identycznej postaci produktu: elektroda otulona i drut są stosowane w innych procesach.		

Dobór spoiwa zależy od metody spawania, materiałów łączonych i środowiska pracy połączenia.Podczas spawania szczególne znaczenie mają czystość powierzchni, właściwa osłona gazowa, dobór parametrów oraz ograniczanie zanieczyszczeń mogących pogorszyć odporność korozyjną spoiny.W typowych zastosowaniach wyżarzonego Alloy 625 podgrzewanie wstępne i obróbka cieplna po spawaniu nie są zasadniczo wymagane. Ostateczne wymagania zależą jednak od konstrukcji, grubości materiału, procesu spawania i właściwych przepisów.

Obróbka skrawaniem Alloy 625

Alloy 625 jest materiałem trudniejszym w obróbce skrawaniem niż wiele standardowych stali nierdzewnych.Wynika to przede wszystkim z dużej wytrzymałości, małej przewodności cieplnej i silnej skłonności do umacniania zgniotowego.Podczas toczenia, frezowania i wiercenia zaleca się stosowanie odpowiednio dobranych narzędzi, stabilnego mocowania przedmiotu oraz skutecznego chłodzenia.Należy unikać długotrwałego tarcia narzędzia po powierzchni bez efektywnego skrawania, ponieważ prowadzi to do dodatkowego umocnienia warstwy wierzchniej i przyspieszonego zużycia ostrza.

Polerowanie, powłoki i napawanie Alloy 625

Stop Alloy 625 można obrabiać mechanicznie i elektrochemicznie w celu uzyskania wymaganej jakości powierzchni. W wybranych instalacjach stosuje się również napawanie stopem 625 elementów stalowych, aby połączyć wytrzymałość podłoża z odpornością korozyjną warstwy wierzchniej. Przed doborem technologii powłoki należy uwzględnić wymagania dotyczące przyczepności, szczelności, środowiska pracy i procedury odbioru.

Normy materiałowe i specyfikacje Alloy 625 / UNS N06625

Stop Alloy 625 jest objęty licznymi normami określającymi skład chemiczny, właściwości mechaniczne oraz wymagania dla poszczególnych postaci wyrobów.

Alloy 625 – zestawienie przykładowych norm wyrobowych		
Norma materiałowa / wyrobowa	**Postać lub rodzaj wyrobu**	**Dodatkowe wyjaśnienie zakresu**
EN 10095	Stale i stopy niklu żaroodporne	Wymagania dla określonych materiałów żaroodpornych; wydanie należy potwierdzić.
ASTM B446 / ASME SB446	Pręty i półwyroby prętowe	Pręty o określonych warunkach dostawy i własnościach.
ASTM B443 / ASME SB443	Blachy, płyty i taśmy	Blachy oraz taśmy z odpowiednimi wymaganiami odbiorczymi.

ASTM B444 / ASME SB444	Rury bezszwowe	Rury bezszwowe zgodne z zakresem specyfikacji.
ASTM B704	Rury spawane typu tubing	Wyroby rurowe spawane typu tubing.
ASTM B705	Rury spawane typu pipe	Wyroby rurowe spawane typu pipe.
ASTM B564 / ASME SB564	Odkuwki	Odkuwki oraz warunki ich dostawy.
ASTM B366 / ASME SB366	Łączniki i kształtki rurowe	Kształtki przeznaczone do instalacji rurowych.
AMS 5666	Wybrane wyroby dla przemysłu lotniczego	Norma lotnicza dotycząca określonych postaci i stanów.
AMS 5599	Wybrane blachy i taśmy dla przemysłu lotniczego	Norma lotnicza dotycząca określonych blach lub taśm.
Jak interpretować tabelę: Normy ASTM, ASME i AMS regulują konkretne postacie wyrobów oraz wymagania odbiorcze. Sam numer UNS N06625 określa rodzinę składu stopu i nie zastępuje wskazania właściwej normy wyrobu w zamówieniu.		

Oznaczenia ASTM, ASME i AMS są specyfikacjami wyrobów, a nie odrębnymi gatunkami stopu.W zastosowaniach związanych z przemysłem naftowym i gazowym mogą obowiązywać również wymagania ISO 15156 / NACE MR0175 dotyczące materiałów eksploatowanych w środowiskach zawierających siarkowodór.Sama zgodność składu chemicznego z UNS N06625 nie oznacza automatycznie zgodności ze wszystkimi wymaganiami dotyczącymi zastosowań w środowiskach H2 S.Więcej informacji o europejskiej specyfikacji materiałowej znajduje się w artykulePN-EN 10095 – stale i stopy niklu żaroodporne .

Zastosowanie Alloy 625 w przemyśle

Ze względu na połączenie odporności korozyjnej, wytrzymałości mechanicznej i dobrej spawalności Alloy 625 znajduje zastosowanie w wielu wymagających gałęziach przemysłu.

Przemysł chemiczny i petrochemiczny

- reaktory i aparatura chemiczna
- zbiorniki i przewody procesowe
- wymienniki ciepła
- instalacje kwasów i agresywnych mediów

- armatura i elementy instalacji technologicznych
- kolumny absorpcyjne oraz urządzenia oczyszczania gazów

Przemysł morski i offshore

- rurociągi wody morskiej
- elementy instalacji wydobywczych
- części pomp i armatury
- elementy połączeń i konstrukcji narażonych na chlorki
- urządzenia pracujące w wodzie morskiej i środowiskach zasolonych

Energetyka i instalacje wysokotemperaturowe

- rekuperatory i wymienniki ciepła
- kompensatory wysokotemperaturowe
- przewody gorących gazów
- elementy instalacji oczyszczania spalin
- napoiny ochronne elementów energetycznych
- elementy urządzeń narażonych na utlenianie i korozję wysokotemperaturową

Lotnictwo i przemysł kosmiczny

- elementy układów wydechowych silników
- przewody i osłony wysokotemperaturowe
- kompensatory i elementy cienkościenne
- części narażone na cykliczne zmiany temperatury
- wybrane elementy silników i instalacji pomocniczych

Alloy 625 a inne stopy niklu – porównanie

Alloy 625 bywa porównywany z innymi stopami niklu, jednak różnice w składzie chemicznym i sposobie umacniania powodują, że poszczególne materiały są przeznaczone do różnych warunków pracy.

Porównanie Alloy 625 z innymi stopami niklu		
Stop niklu	**Główne cechy materiałowe i sposób umacniania**	**Kiedy rozważa się ten gatunek**

Alloy 625	Wysoka odporność na korozję i dobra wytrzymałość; umacnianie roztworowe	Gdy potrzebne jest połączenie odporności chemicznej i wytrzymałości.
Alloy 718	Bardzo wysoka wytrzymałość uzyskiwana przez utwardzanie wydzieleniowe	Gdy priorytetem jest bardzo wysoka wytrzymałość po starzeniu.
Alloy 725	Stop utwardzany wydzieleniowo, łączący wysoką wytrzymałość z odpornością korozyjną	Gdy wymagane są wysoka wytrzymałość i odporność korozyjna.
Alloy 825	Stop niklowo-żelazowo-chromowy przeznaczony głównie do określonych zastosowań korozyjnych	W wielu środowiskach procesowych, przy innych wymaganiach mechanicznych.
Alloy C-276	Wysoka odporność na liczne silnie agresywne środowiska chemiczne, w tym wybrane kwasy redukujące	Przy wybranych bardzo agresywnych mediach, m.in. kwasach redukujących.
Alloy C-22	Bardzo wysoka odporność na korozję w wielu środowiskach utleniających i mieszanych	Przy wymagającej korozji chemicznej, także w środowiskach utleniających.
Jak interpretować tabelę: Zestawienie służy do wstępnego wyboru rodzaju stopu niklu. Nie oznacza zamienności materiałów; decyzja zależy od środowiska korozyjnego, temperatury, wymagań wytrzymałościowych i dostępnego stanu materiału.		

Tabela służy orientacyjnemu porównaniu rodzin stopów. Nie zastępuje oceny korozji i parametrów mechanicznych dla konkretnego zastosowania.Dobór pomiędzy poszczególnymi stopami powinien uwzględniać temperaturę, rodzaj środowiska korozyjnego, wymagania mechaniczne, czas pracy oraz dostępność odpowiedniej postaci materiału.

Formy dostawy Alloy 625 / 2.4856 / N06625

Alloy 625 występuje w wielu postaciach hutniczych przeznaczonych do dalszej obróbki mechanicznej, plastycznej oraz do produkcji gotowych elementów konstrukcyjnych.Typowe formy materiału obejmują:

- pręty okrągłe i płaskowniki
- blachy i płyty
- taśmy i folie
- rury bezszwowe i spawane

- odkuwki swobodnie kute i matrycowe
- pierścienie i tuleje kute
- druty i półwyroby do dalszej obróbki
- elementy wykonywane według dokumentacji technicznej

Dostępność poszczególnych form, wymiarów i stanów materiału zależy od możliwości producentów i warunków zamówienia.

Najczęściej zadawane pytania – Alloy 625 / Inconel 625

Czy Alloy 625 i Inconel 625 to ten sam materiał?

Tak. Nazwa Alloy 625 odnosi się do stopu niklu UNS N06625 / 2.4856. Inconel® 625 jest nazwą handlową stosowaną przez Special Metals.

Czy Alloy 625 jest stalą nierdzewną?

Nie. Alloy 625 jest stopem na osnowie niklu, a nie żelaza. Mimo wysokiej odporności na korozję nie należy klasyfikować go jako stali nierdzewnej.

Jaką twardość ma Alloy 625?

W zależności od postaci i stanu obróbki cieplnej twardość może wynosić orientacyjnie około 116–220 HB. Dokładną wartość należy odnosić do konkretnej specyfikacji i świadectwa odbioru.

Czy Alloy 625 można spawać?

Tak. Stop charakteryzuje się dobrą spawalnością. Do jego spawania stosuje się między innymi materiały dodatkowe ERNiCrMo-3 i ENiCrMo-3.

Czy Alloy 625 nadaje się do pracy w wodzie morskiej?

Tak. Jest często stosowany w instalacjach morskich i offshore. Wysoka odporność na chlorki nie wyklucza jednak ryzyka korozji szczelinowej w szczególnie agresywnych warunkach.

Do jakiej temperatury może pracować Alloy 625?

W wybranych zastosowaniach wysokotemperaturowych producenci wskazują możliwość stosowania stopu w temperaturach dochodzących do około 980–1000°C. Dopuszczalna temperatura konkretnego elementu zależy od czasu pracy, naprężeń, środowiska oraz wymagań projektowych.

Czy Alloy 625 można hartować i odpuszczać?

Nie stosuje się klasycznego hartowania i odpuszczania w sposób charakterystyczny dla stali ulepszanych cieplnie. Podstawowymi procesami obróbki cieplnej są wyżarzanie i przesycanie, a właściwości materiału mogą być także zmieniane przez odkształcenie plastyczne.

Czym różni się Alloy 625 od Alloy 718?

Alloy 625 jest stopem umacnianym przede wszystkim roztworowo i cenionym za odporność korozyjną. Alloy 718 jest nadstopem utwardzanym wydzieleniowo, stosowanym szczególnie tam, gdzie wymagana jest bardzo wysoka wytrzymałość mechaniczna.

Stopy niklu

Inconel® – superstopy niklu i chromu

- Inconel® 22 / Alloy C-22 – UNS N06022, W.Nr. 2.4602
- Inconel® 230 / Alloy 230 – UNS N06230 / W.Nr. 2.4733
- Inconel® 600 / Alloy 600 – UNS N06600, W.Nr. 2.4816
- Inconel® 601 / Alloy 601 – UNS N06601, W.Nr 2.4851
- Inconel® 617 / Alloy 617 – UNS N06617, W.Nr. 2.4663
- Inconel® 625 / Alloy 625 – UNS N06625, W.Nr. 2.4856
- Inconel® 718 / Alloy 718 – UNS N07718, W.Nr. 2.4668
- Inconel® C-276 / Alloy C-276 – UNS N10276, W.Nr. 2.4819
- Inconel® HX / Alloy X – UNS N06002, W.Nr. 2.4665

Incoloy® – stopy niklu, żelaza i chromu

- Incoloy® 800, Incoloy® 800 H/HT Alloy 800, Alloy 800H/HT -UNS N08800, W.Nr

1.4876,
- Incoloy® 825 / Alloy 825 – UNS N08825, W.Nr.2.4858
- Incoloy® 020 / Alloy 20 – UNS N08020, W.Nr. 2.4660

Nimonic® – superstopy wysokotemperaturowe

Hastelloy® / Haynes® – stopy niklu odporne na korozję i wysokie temperatury

- Hastelloy® C-22 / Alloy C-22 – UNS N06022, 2.4602, NiCr21Mo14W
- Hastelloy® X / Alloy X – UNS N06002, W.Nr. 2.4665
- Haynes® 230 / Alloy 230 – UNS N06230, W.Nr. 2.4733, NiCr22W14Mo
- Haynes® 617 / Alloy 617 – UNS N06617, W.Nr. 2.4663, NiCr23Co12Mo
- Haynes® 625 / Alloy 625 – UNS N06625, W.Nr. 2.4856, NiCr22Mo9Nb
- Haynes® 718 / Alloy 718 – UNS N07718, W.Nr. 2.4668, NiCr19Fe19Nb5Mo3

Udimet® / Waspaloy® – superstopy do ekstremalnych obciążeń

Monel® i czysty nikiel

- Nickel 200 / Nickel 201 / Alloy 200 / Alloy 201 – UNS N02200, UNS N02201 W.Nr. 2.4066, 2.4068
- Monel® Alloy 400 / Alloy 400 – UNS N04400, W.Nr. 2.4360
- Monel® Alloy K-500 / Alloy K-500 – UNS N05500 / NiCu30Al / W.Nr. 2.4375

Stopy specjalne – Invar®, Kovar®, Permalloy