

Blachy walcowane na gorąco, w arkuszach i kręgach

Stale konstrukcyjne

Stale konstrukcyjne o zwiększonej odporności
na warunki atmosferyczne EN10025-5 oraz COR-TEN®

Antykorozyjne właściwości stali o zwiększonej odporności na warunki atmosferyczne są w wielu zastosowaniach lepsze niż innych stali konstrukcyjnych. Ich wzmocniona odporność wynika z warstwy tlenków, tzn. patyny. Zastosowanie niepowlekanej stali o zwiększonej odporności na warunki atmosferyczne w konstrukcjach stalowych pozwala oszczędzić koszty obróbki powierzchniowej. Elegancka, brązowa powierzchnia pokryta patyną to także wyróżniający walor architektoniczny. Powierzchnię taką można uzyskać przy pomocy metody Rust Brown, która rozszerza zakres zastosowań stali o zwiększonej odporności na warunki atmosferyczne na konstrukcje wewnętrzne. Z kolei użycie tej stali w konstrukcjach mających styczność z gazami kominowymi przedłuża okres użytkowania kominów i przewodów.

Zastosowanie

- kominy
- mosty
- mosty rurowe
- fasady
- kontenery
- zbiorniki

Ruukki jest ekspertem w dziedzinie metali, na którym zawsze możesz polegać, kiedy potrzebujesz zastosować materiały, komponenty, systemy lub kompletne rozwiązania oparte na metalach. Ciągłe rozwijamy nasze działania i ofertę wyrobów, aby być bliżej Twoich potrzeb.

- **Oznaczenie gatunków stali**

Ruukki sprzedaje stale o zwiększonej odporności na warunki atmosferyczne pod znakami handlowymi COR-TEN® A i COR-TEN® B, należącymi do United States Steel Corporation, w gatunkach odpowiadających normie EN 10025-5:2004, tabela 1. Odporność tych stali na warunki atmosferyczne wynika głównie z obecności pierwiastków stopowych: miedzi, chromu i niklu. Dodatkowo do gatunków COR-TEN® A i S355J0WP dodaje się fosfor.

- **Zastosowanie różnych gatunków stali**

Jeśli na etapie projektowania weźmie się pod uwagę całkowite koszty cyklu życia konstrukcji, w wielu sytuacjach pojawia się solidne uzasadnienie ekonomiczne zastosowania stali odpornej na warunki atmosferyczne. Stale z dodatkiem fosforu są najbardziej odpowiednie do zastosowań w środowisku gazów kominowych, ale nie można ich wykorzystywać do budowy konstrukcji nośnych. W przypadku nośnych lub ciężkich konstrukcji zaleca się gatunki stali COR-TEN® B oraz S355J0W. W środowiskach o niskiej temperaturze zaleca się stosowanie stali o gwarantowanej udarności, np. COR-TEN® B-D lub S355J2W.

- **Formy produktu**

Blachy lub produkty prefabrykowane. Zakres prefabrykacji obejmuje gięcie, cięcie profilowe, cięcie precyzyjne oraz fazowanie. Arkusze cięte z kręgów, taśmy i kręgi.

- **Stan w momencie dostawy**

Blachy: walcowane na gorąco, normalizowane w procesie walcowania lub piecowo.
Produkty z linii taśm: po walcowaniu kontrolowanym lub obróbce termomechanicznej.

- **Właściwości mechaniczne**

Właściwości mechaniczne przedstawiono w tabeli 2. Jeśli uzgodniono oddzielnie, stal COR-TEN® B może być dostarczana z gwarantowaną udarnością wzdłużną przy temperaturze -20°C – wówczas przyjmuje oznaczenie COR-TEN® B-D.

- **Skład chemiczny**

Skład chemiczny stali COR-TEN® przedstawiono w tabeli 3. Skład chemiczny stali o zwiększonej odporności na warunki atmosferyczne jest zgodny z normą EN 10025-5.

- **Wymiary**

Zakresy grubości blach oraz arkuszy ciętych z kręgów przedstawiono zgodnie z gatunkami stali w tabeli 2. Inne wymiary stali określone są w ogólnym procesie produkcji stali o granicy plastyczności 355 MPa.

- **Tolerancje wymiarów i kształtów**

Blachy: EN 10029 Klasa A
Produkty z linii taśm: EN 10051

- **Jakość powierzchni**

Blachy: EN 10163-2 Klasa A3

- **Testowanie materiałów**

Jedna partia kontrolna stali COR-TEN® składa się z maksymalnie 40 ton blach lub kręgów pochodzących z tego samego wytopu. Dla każdej partii kontrolnej przeprowadzana jest jedna seria testów, która obejmuje próbę rozciągania na próbkach poprzecznych oraz, w razie konieczności, próbę udarności Charpy'ego (V) na próbkach wzdłużnych. Pobieranie próbek i testowanie stali odpowiadających normie EN 10025-5:2004 odbywa się zgodnie z wymaganiami określonymi w tej normie.

- **Dokumenty kontroli**

Dokumenty kontroli należy określić w momencie składania zamówienia. Typy europejskich dokumentów kontrolnych zdefiniowane są w normie EN 10204:2004.

- **Zalety patyny w zależności od warunków użytkowania**

Dzięki warstwie patyny stale o zwiększonej odporności na warunki atmosferyczne mogą być wykorzystywane w konstrukcjach zewnętrznych bez konieczności poddania ich osobnej obróbce powierzchni. W najlepszym wypadku stal tego rodzaju pozwala wyeliminować koszty jakiegokolwiek obróbki powierzchniowej i późniejszych napraw. Przewaga kosztowa nad konstrukcjami malowanymi jest najlepiej widoczna tam, gdzie warunki zewnętrzne wymuszają regularność w malowaniu elementów stalowych. Metoda Rust Brown rozszerza architektoniczne możliwości użycia odpornej na warunki atmosferyczne stali na konstrukcje wewnętrzne. Zaleca się, by wszelkie oznakowania podczas budowy wykonywać przy pomocy kredy lub środków rozpuszczalnych w wodzie.

Konstrukcje na wolnym powietrzu i patyna

Odporność na warunki atmosferyczne wynika z warstwy tlenków, tzn. patyny, która tworzy się na powierzchni stali i dzięki obecności pierwiastków stopowych jest gęsta i prawie nie przepuszcza tlenu. W normalnych warunkach atmosferycznych, kiedy powierzchnia w cyklu zmiennym jest raz mokra, a raz sucha, proces tworzenia się patyny trwa 18-36 miesięcy. Z początku powłoka ma kolor czerwono-brązowy, ale z czasem nabiera ciemniejszego zabarwienia. W atmosferze przemysłowej patyna tworzy się szybciej i jest ciemniejsza niż w środowisku wiejskim. W środowisku morskim tworzenie się patyny może przebiegać wolniej ze względu na obecność chloru. W przypadku konstrukcji użytkowanych na wolnym

powietrzu należy wziąć pod uwagę postęp korozji, dodając do nominalnej grubości naddatek na korozję, tabela 4.

W celu zapewnienia jednolitości koloru patyny należy usunąć z powierzchni stali wszelkie zanieczyszczenia. Zanieczyszczenia organiczne, takie jak olej czy smary ochronne należy zmyć. Obecne na powierzchni tlenki lub rdzę można usunąć metodą śrutowania lub wytrawiania. Przyspieszy to jednocześnie proces tworzenia się patyny. Proces ten można też zainicjować, zwilżając i susząc powierzchnię stali lub stosując odpowiednie roztwory kwasów.

Konstrukcje wewnętrzne

Patyna tworząca się na elementach konstrukcyjnych, które nie są poddane bezpośredniemu działaniu warunków atmosferycznych, nie będzie tak jednolita, jak na elementach, które są przemiennie mokre i suche. Na częściach, które narażone są na silne miejscowe zmiany temperatur, mogą pojawić się drobne różnice koloru. Przykładem może być okładzina ściany pod okapem. Z myślą o konstrukcjach wewnętrznych opracowano metodę Rust Brown. Metoda ta jest prosta do zastosowania. Przed obróbką Rust Brown należy oczyścić stalowe powierzchnie, na które następnie nanoszona jest i przytwierdzana lakierem warstwa patyny. Dodatkowych informacji udziela nasz Dział Obsługi Klienta.

Powierzchnie zanurzone w wodzie

Powierzchnie stalowe, które są stale mokre, nie wytwarzają ochronnej warstwy patyny. Może to dotyczyć, np. powierzchni konstrukcji, które mają kontakt z ziemią lub są zanurzone w wodzie. W takich przypadkach zaleca się malowanie powierzchni stali o zwiększonej odporności na warunki atmosferyczne.

Kontakt z gazami spalinowymi i użytkowanie w wysokich temperaturach

Stale odporne na warunki atmosferyczne są bardzo (nawet bardziej niż stale nierdzewne) odporne na korozję będącą wynikiem kontaktu z zawierającymi siarkę gazami spalinowymi. Najlepiej sprawdzają się w konstrukcjach, które są użytkowane głównie w temperaturach wyższych od punktu rosy kwasu siarkowego, ale co jakiś czas ulegają ochłodzeniu do temperatur niższych od tego punktu. Dotyczy to wielu konstrukcji przeznaczonych do transportu gazów spalinowych, które ulegają ochłodzeniu w okresach przestojów. Oczekiwany okres ekonomicznej użyteczności stali odpornych na warunki atmosferyczne ulega wydłużeniu, jeśli stal na przemian wilgotnieje i schnie. W przypadku ciągłego użytkowania tego materiału w temperaturach niższych od punktu rosy, na powierzchni stali gromadzi się nadmierna ilość

kwasu, co może mieć negatywny wpływ na odporność na korozję. Specjalny skład stali, a w szczególności zawartość chromu, zwiększa ponadto jej odporność na tworzenie się zgorzeliny w wysokich temperaturach, nawet do 600 – 650°C. Jednak używając stale odporne na warunki atmosferyczne w temperaturach przekraczających 425°C trzeba wziąć pod uwagę wymagania dotyczące żaroodporności, a w przypadku stali zawierających fosfor również możliwość wzrostu kruchości materiału pod wpływem temperatury.

Konstrukcje malowane

Powierzchnia stali odpornej na warunki atmosferyczne może być malowana z wykorzystaniem takich samych metod, jak w przypadku zwykłej stali. Dzięki specjalnemu składowi chemicznemu stali powłoka farby może mieć dwukrotnie większą trwałość niż powłoka nałożona na zwykłą stal. Jeżeli stal tego typu ma być przez cały czas wystawiona na działanie wody, zaleca się jej pomalowanie. Zaletą stosowania stali poddanej działaniu wilgotnego środowiska jest to, że w przypadku lokalnych ubytków farby, ogniska rdzy rozprzestrzeniają się znacznie wolniej niż w przypadku zwykłej stali.

● Równoważnik węgla

Wartości równoważnika węgla dla gatunków stali COR-TEN® przedstawiono w tabeli 5. Wartości równoważnika węgla dla gatunków zgodnych z normą EN 10025-5 odpowiadają wymaganiom tej normy.

● Spawanie

Stale odporne na warunki atmosferyczne mogą być spawane w warunkach warsztatowych wszystkimi powszechnie stosowanymi metodami. Zaleca się stosowanie procedur i materiałów spawalniczych o niskiej zawartości wodoru. Przed spawaniem należy usunąć warstwę patyny, odsłaniając czystą stal w strefie o szerokości ok. 10 – 20 mm od miejsca spawania. Równie ważne jest usunięcie z powierzchni stali wilgoci, smarów, oleju i innych zanieczyszczeń.

Temperatura robocza przy spawaniu

Wartości równoważnika węgla są w przypadku stali odpornej na warunki atmosferyczne nieco wyższe niż w przypadku stali konstrukcyjnej S355, co odpowiednio zwiększa potrzebę wstępnego podgrzewania materiału. W praktyce ta różnica odnosi się jedynie do stali COR-TEN® A i stali jej odpowiadających, ponieważ dzięki mniejszej grubości materiału stale zawierające fosfor nie wymagają zwiększonej temperatury roboczej. Zaleca się, aby podczas spawania blach o grubości przekraczającej 15 mm temperatura robocza była zwiększona do poziomu 100–200°C. W przypadku spawania wielowarstwowego, temperatura pomiędzy poszczegól-

gólnymi warstwami nie może przekroczyć 200°C, aby wytrzymałość materiału w strefie wpływu ciepła nie uległa zmniejszeniu.

Dobór materiałów spawalniczych

- Odporność spoiny na warunki atmosferyczne można zapewnić wybierając materiały odpowiadające zawartością pierwiastków stopowych materiałowi podstawowemu.
- Właściwości mechaniczne spoiny muszą być przynajmniej takie same jak właściwości materiału podstawowego. Należy unikać niepotrzebnego, nadmiernego zwiększania wytrzymałości spoiny, ponieważ wraz ze wzrostem wytrzymałości rośnie również naprężenie szczątkowe.
- Udarność spoiny musi spełniać określone warunki, zazwyczaj takie same jak materiał podstawowy.
- Jeżeli istnieje możliwość odpowiedniego zmieszania się spoina z materiałem podstawowym, zapewniającego wystarczającą odporność na warunki atmosferyczne, można stosować zwykłe, niestopowe materiały spawalnicze. Taka możliwość istnieje w przypadku spawania jednowarstwowego blach o grubości mniejszej niż 4 mm (spoiny doczołowe) lub w przypadku spawania pachwinowego z projektowaną grubością spoiny do 4 mm.
- Ogólnie rzecz biorąc, różnica w kolorze pomiędzy niestopowymi materiałami spawalniczymi a materiałem podstawowym jest niewielka.
- W przypadku spawania wielowarstwowego grubych blach przynajmniej ostatnia warstwa powinna być wykonana materiałami spawalniczymi starzejącymi się w warunkach atmosferycznych, jeżeli spoina również ma być odporna na warunki atmosferyczne.
- Ściegi graniowe należy wykonywać materiałami spawalniczymi o odpowiedniej odkształcalności.
- Materiały spawalnicze o niskiej zawartości wodoru muszą być stosowane, przechowywane i suszone zgodnie ze wskazówkami producenta.

● **Formowanie**

Stale odporne na warunki atmosferyczne mogą być formowane na zimno w taki sam sposób, jak stale konstrukcyjne S355. Najmniejsze dopuszczalne promienie gięcia w wywijaniu kołnierza są przedstawione w tabeli 6.

Sukces w formowaniu jest uzależniony od stosowania odpowiednich technik przez producenta wyrobów stalowych. Zużyte narzędzia, niedostateczne smarowanie, defekty powierzchni blach oraz grat po cięciu mogą obniżyć jakość formowania. Śrutowanie również może mieć niekorzystny wpływ na wynik formowania. Blachy przechowywane na zewnątrz, w niskich temperaturach, muszą być przed formowaniem przeniesione do warsztatu i zostać ogrzane. Plastyczność stali odpornych na warunki atmosferyczne odpowiada normie EN 10025-5:2004.

● **Obróbka cieplna**

W przypadku większości zastosowań stali odpornych na warunki atmosferyczne dodatkowa obróbka cieplna po spawaniu nie jest konieczna. Jeżeli jednak klient lub odpowiednie władze wymagają tego, zaleca się odprężanie lub normalizowanie przeprowadzane zgodnie z wytycznymi zawartymi w tabeli 7.

● **Cięcie**

Stale odporne na warunki atmosferyczne mogą być cięte termicznie i mechanicznie niemal w taki sam sposób jak stale konstrukcyjne S355. W przypadku cięcia płomieniowego wskazówką mogą być zalecenia dotyczące temperatury roboczej spawania. Ze względu na niewielką grubość blachy, stal COR-TEN® A i odpowiadające jej gatunki nie wymagają zwiększania temperatury roboczej podczas cięcia termicznego. Zmniejszenie szybkości spawania i zwiększenie temperatury mają podobny wpływ na proces cięcia: zmniejsza się tempo stygnięcia w punkcie cięcia oraz ryzyko pęknięcia termicznego. Podczas pracy ze stalą odporną na korozję atmosferyczną należy pamiętać, że blachy przeniesione z zimnego, zewnętrznego składowiska muszą przed rozpoczęciem cięcia mechanicznego ogrzać się do odpowiedniej temperatury.

● **Dodatkowe informacje**

Dodatkowe informacje znaleźć można w następujących kartach produktowych: Blachy grube, program produkcji; Produkty cięte z kręgów, program produkcji; Tolerancje wymiarów i kształtów; Spawanie; Materiały spawalnicze; Cięcie termiczne i prostowanie płomieniowe; Krawędziowanie; Cięcie mechaniczne; Obróbka mechaniczna.

Gatunki stali i ich podobieństwo w zakresie odporności na warunki atmosferyczne

Tabela 1

COR-TEN®	EN 10025-5:2004
COR-TEN® A	S355J0WP
COR-TEN® B	S355J0W oraz S355J2W

Szczegółowych porównań należy zawsze dokonywać z oryginalnymi normami i zestawieniami danych.

Granica plastyczności jest gwarantowana jako R_{eL} dla stali COR-TEN®, jako R dla stali COR-TEN® oraz jako R_{eH} dla stali o zwiększonej odporności na warunki atmosferyczne odpowiadających normie EN 10025-5:2004.

Próba udarnościowa Charpy'ego jest przeprowadzana na stali standardowej odpowiadającej gatunkowi COR-TEN® B.

Własności mechaniczne i zakresy grubości

Tabela 2

COR-TEN®

	Grubość mm		Granica plastyczności R_{eL} N/mm ² Minimum	Wytrzymałość na rozciąganie R_m N/mm ² Minimum	Wydłużenie A_{50} % Minimum
	Produkty z linii taśm	Blachy			
COR-TEN® A	2 – 12	6 – 12	345	485	20
COR-TEN® B	2 – 13	6 – 40	345	485	19

EN 10025-5:2004

	Granica plastyczności R_{eH} N/mm ² Minimum		Wytrzymałość na rozciąganie R_m N/mm ² Minimum		Wydłużenie A_{80} % Minimum			A_5 Minimum
	Grubość mm		Grubość mm		Grubość mm			Grubość mm
	2 – 16	(16) – 40	2 – (3)	3 – 40	2	(2) – 2,5	(2,5) – (3)	3 – 40
S355J0WP	355	–	510 – 680	470 – 630	14	15	16	20
S355J0W S355J2W	355	345	510 – 680	470 – 630	14	15	16	20

Zakresy grubości dla blach grubych i arkuszy ciętych z kręgów produkowanych ze stali o zwiększonej odporności na warunki atmosferyczne zgodnie z normą EN 10025-5 są takie same jak odpowiadających im w przybliżeniu gatunków COR-TEN®.

Skład chemiczny

Tabela 3

	Zawartość, % (analiza wytopowa)									
	C	Si	Mn	P	S	Al	V	Cu	Cr	Ni
	Maksimum				Maksimum					
COR-TEN® A	0,12	0,25 – 0,75	0,20 – 0,50	0,07 – 0,15	0,030	0,015 – 0,06	–	0,25 – 0,55	0,50 – 1,25	0,65
COR-TEN® B	0,19	0,30 – 0,65	0,80 – 1,25	0,035 max.	0,030	0,020 – 0,06	0,02 – 0,10	0,25 – 0,40	0,40 – 0,65	0,40

Przykładowy naddatek na korozję dla surowej stali COR-TEN® B

Tabela 4

Rodzaj atmosfery	Naddatek na korozję, który należy dodać po jednej stronie blachy do grubości nominalnej na każde 10 lat okresu użytkowania.	
	Pierwsze dziesięciolecie mm	Każde następne dziesięciolecie mm
Wiejska	0,10	0,05
Miejska ¹⁾	0,20	0,05
Przemysłowa ²⁾	0,20	0,10

¹⁾ Gdzie główną substancją zanieczyszczającą powietrze jest dwutlenek siarki, SO₂.

²⁾ Oprócz SO₂ w powietrzu znajduje się też chlor. Również dla lokalizacji w bezpośrednim sąsiedztwie wody morskiej.

Równoważnik węgla (CEV)

Tabela 5

	Grubość mm	CEV, typowy	Produkt
COR-TEN® A	2 – 12	0,35	Produkty z linii taśm
COR-TEN® A	6 – 12	0,39	Blachy
COR-TEN® B	2 – 13	0,38	Produkty z linii taśm
COR-TEN® B	6 – 20	0,48	Blachy
COR-TEN® B	(20) – 40	0,50	Blachy

$$CEV = C + Mn/6 + (Cr + Mo + V)/5 + (Ni + Cu)/15$$

Plastyczność

Tabela 6

	Grubość mm											
	(2) – 3	(3) – 4	(4) – 5	(5) – 6	(6) – 7	(7) – 8	(8) – 10	(10) – 12	(12) – 14	(14) – 16	(16) – 18	18 – 20
Najmniejszy dopuszczalny wewnętrzny promień gięcia mm												
COR-TEN® A	6	8	10	12	21	24	30	36	42	–	–	–
COR-TEN® B	6	8	10	12	21	24	30	36	42	48	54	60

Wartości odnoszą się do wszystkich kierunków formowania.

Obróbka cieplna

Tabela 7

Obróbka cieplna	Temperatura °C	Czas obróbki
		Sposób chłodzenia
Odprężanie	550 – 600 (docelowo 580)	2 minuty / milimetr grubości, minimum 30 minut. Powolne stygnięcie w piecu.
Normalizowanie	860 – 940 (docelowo 910)	1 minuta / milimetr grubości, minimum 15 minut. Swobodne stygnięcie na wolnym powietrzu, poza piecem.

- Notatki

- **Nasz Dział Obsługi Klienta chętnie odpowie na wszelkie pytania**

Sprzedaż, pomoc techniczna

tel. +48 46 85 81 700

Ruukki Polska Sp. z o.o., ul. Jaktorowska 13, 96-300 Żyrardów

www.ruukki.com/pl

W związku z prowadzonymi pracami badawczymi i rozwojem proponowanego systemu, Ruukki Polska Sp. z o.o. zastrzega sobie prawo do zmian lub poprawek treści zawartej w powyższym opracowaniu bez wcześniejszego uprzedzenia. Niniejsze opracowanie nie stanowi oferty w rozumieniu prawnym.

Copyright © 2010 Rautaruukki Corporation. Wszelkie prawa zastrzeżone. Ruukki, More With Metals są markami Rautaruukki Corporation. Rautaruukki jest zarejestrowaną nazwą Rautaruukki Corporation. COR-TEN® jest zarejestrowanym znakiem handlowym United States Steel Corporation.