



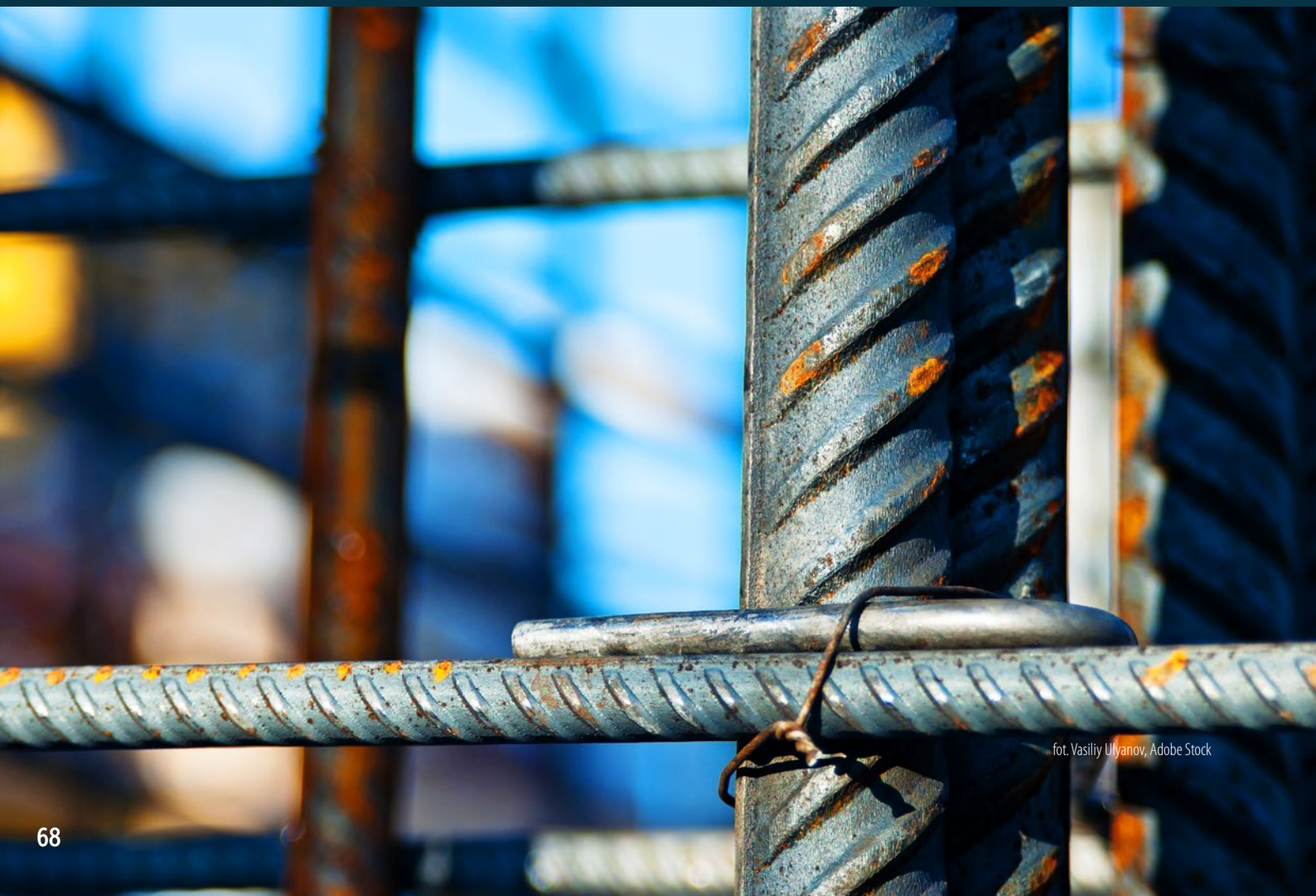
Temat specjalny

# Wyroby i konstrukcje stalowe

tekst: **MARIA SZRUBA**, Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne



Stal jest niezastąpiona w wielu gałęziach gospodarki. W Polsce popyt na stal wyraźnie rośnie – w 2018 r. jej konsumpcja wyniosła rekordowe 15,1 mln t wobec 13,5 mln t w roku 2017. Biorąc pod uwagę skalę wzrostu realizowanych inwestycji infrastrukturalnych, związanych m.in. z budową autostrad i dróg ekspresowych czy przebudową szlaków kolejowych, można oczekiwać zwiększenia zużycia wyrobów stalowych także w 2019 r.



fol. Vasilij Ulyanov, Adobe Stock





fot. Stock

### **Właściwości i obszary zastosowań**

W normie PN-EN 10020:2003 [1] stal zdefiniowano jako materiał zawierający masowo więcej żelaza niż jakiegokolwiek innego pierwiastka, o zawartości węgla w zasadzie mniejszej niż 2% i zawierający inne pierwiastki. Ograniczona liczba stali chromowych może zawierać więcej niż 2% węgla, lecz 2% jest ogólnie przyjętą wartością odróżniającą stal od żeliwa. Zwykle klasyfikuje się stal według składu chemicznego, co wynika z zasady przyjętej w normach dotyczących wyrobów lub warunków ich dostawy – bez względu na sposób wytwarzania, o ile tylko skład chemiczny stali jest zgodny z wymaganiami normy [2].

O szerokim spektrum zastosowania stali w wielu sektorach przemysłu decydują jej cechy techniczne i użytkowe, w tym m.in. wytrzymałość, sprężystość, plastyczność, udurowienie, twardość, ciągliwość i spawalność. Stal stanowi doskonały materiał konstrukcyjny i jest stosowana we wszystkich dziedzinach techniki. Stalą konstrukcyjną określa się głównie stale C-Mn (węglowo-manganowe) o strukturze ferrytyczno-perlitycznej [3]. Cechuje ją bardzo duża i jednocześnie jednakowa wytrzymałość na rozciąganie, ścisnienie i zginanie, a także duża wytrzymałość na ścinanie. Dzięki jednorodnej strukturze sprężystości i izotropowości stal lepiej niż inne materiały odpowiada założeniom, na których oparte są teorie wytrzymałościowe oraz podstawowe metody obliczeń i wymiarowania konstrukcji. Dlatego konstrukcje stalowe wykorzystuje się w budownictwie przemysłowym (hale, magazyny), komunikacyjnym (konstrukcje wsporcze urządzeń i instalacji technologicznych), mieszkaniowym (szkielety budynków wielokondygnacyjnych), rolniczym (silosy, zbiorniki na materiały sypkie), użyteczności publicznej (pawilony handlowo-usługowe, budynki kin, teatrów) oraz konstrukcjach inżynierskich (mosty i kładki dla pieszych) i budownictwie

specjalnym (np. wojskowym). Formy stalowe używane w budowie różnego rodzaju hal, w tym przemysłowych, powalają na przystosowanie konstrukcji do zmian technologii produkcji i odmiennego użytkowania obiektu. Wśród zalet konstrukcji stalowych wymienia się wytrzymałość, trwałość i niezawodność w czasie użytkowania. Dzięki możliwości szybkiego montażu i demontażu w każdych warunkach atmosferycznych konstrukcje stalowe stosowane są do budowy obiektów rozbiornych i przenośnych. Ich atutem jest także bardzo korzystny stosunek ciężaru elementów do ich nośności, wskutek czego transport i montaż są łatwiejsze, a koszty mniejsze. Współcześnie coraz bardziej docenia się także możliwość budowania z konstrukcji stalowych obiektów o skomplikowanych kształtach, bardzo dużych rozpiętościach i wysokościach [4].

*Na początku XIX w. jako nawierzchnię dróg próbowano kłaść bruk żelazny. Jednym z pierwszych mostów w Europie, na którym go zastosowano, był warszawski most Kierbedzia.*





fot. Stock

## Rodzaje i wyroby

Procentowo najczęściej, bo aż 85% światowej produkcji stali, przeznaczona jest na wyroby walcowane, które mają podstawowe znaczenie w konstrukcjach budowlanych. Do tego rodzaju wyrobów należą kształtowniki (dwuteowniki, ceowniki, teowniki, kątowniki), pręty i kable do zbrojenia konstrukcji żelbetonowych, włókna stalowe do betonu, pręty o różnych przekrojach walcowane na gorąco ogólnego zastosowania, rury, płaskie wyroby walcowane oraz gwoździe, wkręty, łączniki do drewna, wkręty samogwintujące do blach, śruby, nity itp. Z rur stalowych oprócz konstrukcji buduje się także rurociągi, m.in. dla przemysłu chemicznego i górnictwa, czy aparaty i urządzenia związane z wymianą ciepła. Z rur stalowych wykonuje się także pale. Stalowe rury wiertnicze są częścią wyposażenia otworów wiertniczych, które wykorzystuje się podczas prac geologicznych i odwiertów eksploatacyjnych przy wydobyciu ropy naftowej, siarki, gazu ziemnego czy wód geotermalnych. Natomiast wyrobami formowanymi na zimno są kształtowniki

zamknięte ze szwem, kształtowniki, rynny dachowe i spustowe, siatki itp. [2].

Jednym z najpowszechniej stosowanych materiałów budowlanych jest stal zbrojeniowa. Ogólne wymagania i definicje dotyczące właściwości spawalnych stali zbrojeniowych przeznaczonych do stosowania w konstrukcjach żelbetonowych i dostarczanych jako gotowy wyrób określono w normie PN-EN 10080:2007 [5]. Wyróżniono w niej wyroby w postaci prętów, kręgów i wyrobów odwiniętych z kręgów, arkuszy siatek zgrzewanych maszynowo metodami produkcji przemysłowej oraz kratownic. Stale zbrojeniowe mają powierzchnię gładką, żebrowaną lub wgniataną. Ogólny podział wyrobów stalowych zaprezentowano tabeli 1.

W 1924 r. w Wielkiej Brytanii opatentowano materiał nazywany stalą nierdzewną, będący stopem złożonym z żelaza, węgla (0,24%) oraz chromu (12,8%) [6]. Najistotniejszym kryterium, które decyduje o zaklasyfikowaniu danej stali jako odpornej na korozję, jest zawartość chromu. Zgodnie z PN-EN 10088-1 [7], udział chromu w stalach odpornych na korozję nie

Tab. 1. Podział wyrobów stalowych

wyroby stalowe					
długie	płaskie			rury	kształtowniki gięte na zimno
	walcowane na gorąco	walcowane na zimno	pokrywane		
walcówka	blachy w kręgach	blachy elektrotechniczne	ocynkowane	ze szwem	zamknięte
pręty					
kształtowniki ciężkie	blachy grube	inne blachy i taśmy	pokrywane powłokami organicznymi	bez szwu	otwarte
kształtowniki lekkie					
szyny i akcesoria kolejowe	blachy cienkie				

powinien być niższy od 10,5%, z kolei udział węgla nie może przekraczać 1,2%. Inne składniki stopowe: nikiel, molibden, tytan, niob, mangan, azot, miedź, krzem, glin i wanad, dodatkowo podwyższają odporność na korozję. Użycie stali nierdzewnej ma wiele walorów praktycznych – jest higieniczna, łatwa w konserwacji i utrzymaniu w czystości. Ponadto architekci doceniają możliwość komponowania stali z innymi materiałami budowlanymi, np. szkłem. Co więcej, z danych Europejskiego Stowarzyszenia Rozwoju Rynku Stali Nierdzewnej Euro Inox wynika, że 60% stali nierdzewnej pochodzi z przetopienia złomu, co czyni ją także materiałem ekologicznym [6].

### Niezawodność konstrukcji stalowych

Niezawodność konstrukcji stalowych zależy od wielu czynników. Należą do nich bez wątpienia procedury techniczne, zarządzanie zorientowane na zapewnienie jakości oraz współodpowiedzialność poszczególnych uczestników procesu inwestycyjnego. Już na etapie projektowania ustala się, stosownie do obiektu budowlanego, projektowy okres użytkowania konstrukcji stalowej. W [8] wyróżniono pięć grup obiektów budowlanych, które powinny być bezawaryjnie użytkowane zgodnie z planowanym przeznaczeniem w określonych przedziałach czasu. Dla konstrukcji tymczasowych jest to do 10 lat, wymiennych części konstrukcji – od 10 do 25 lat, konstrukcji rolniczych i podobnych – od 15 do 30 lat, konstrukcji budynków i innych konstrukcji zwykłych – 50 lat, a obiektów monumentalnych, mostów i innych – powyżej 100 lat. Osiągnięcie na poziomie projektowania bezpiecznego poziomu niezawodności

oznacza spełnienie na tym etapie warunków nośności i stateczności konstrukcji. Kolejnym krokiem jest odpowiednia jakość wykonania konstrukcji. Osiąga się ją przez dotrzymanie wymaganych standardów wytwarzania i montażu, które szczegółowo określają klasy konstrukcji (wykonania), nakładając na wykonawcę dodatkowe wymagania organizacyjne, prawne i techniczne. Niezawodność konstrukcji stalowych zapewnia m.in. ich trwałość. Wykrycie ewentualnych nieprawidłowości – uszkodzeń, ubytków korozyjnych lub pogarszającego się stanu ochrony antykorozyjnej – odbywa się podczas przeprowadzanych okresowo kontroli obiektów budowlanych. Na ich podstawie możliwe jest zastosowanie odpowiednich środków zaradczych, napraw i remontów w celu zapobieżenia ewentualnej awarii lub katastrofie.

Współodpowiedzialność za niezawodność konstrukcji stalowych spoczywa więc na wszystkich uczestnikach procesu budowlanego – inwestorach, projektantach i wykonawcach. Inwestor jako organizator przedsięwzięcia budowlanego jest odpowiedzialny za jakość całego procesu, począwszy od założeń, a skończywszy na zapewnieniu właściwej eksploatacji zrealizowanego obiektu budowlanego. Prawdopodobieństwo realizacji inwestycji bez zakłóceń wzrasta wprost proporcjonalnie do stopnia wnikliwości oraz szczegółowości wstępnych analiz technicznych i ekonomicznych. Inwestor może także podejmować dodatkowe działania konsultacyjno-kontrolne w toku realizacji przedsięwzięcia budowlanego, wpływające na jego ostateczną jakość.

Projektant odpowiada za merytoryczną poprawność projektów, która obejmuje m.in. obliczenia statyczne oraz

 **Stalprodukt S.A.**



**+ klienci**  
**pracownicy**  
**jakość**  
**środowisko**  
**doświadczenie**  
**technologia**

**To co stale jest istotne**





fot. Art Media Factory, Adobe Stock

kompatybilność modelu obliczeniowego z rzeczywistym kształtem konstrukcji, a także poprawne ukształtowanie konstrukcji z uwagi na racjonalność ekonomiczną, technologiczność wytwarzania, odporność na działanie czynników atmosferycznych. Na nim spoczywa odpowiedzialność za prawidłowe wykonanie specyfikacji oraz dokumentacji rysunkowej, właściwą koncepcję montażu, należyty dobór stali oraz powłok antykorozyjnych i przeciwoogniowych. Projektant, by móc jak najlepiej wywiązać się ze swojego zadania, powinien współpracować z architektem koordynującym projekt i inwestorem, a następnie z wykonawcą.

W budowlanych przedsięwzięciach inwestycyjnych pojawia się pojęcie wykonawcy robót budowlanych i producenta materiałów hutniczych, wyrobów stalowych przeznaczonych do wykorzystania (wbudowania) w konstrukcji, systemowych konstrukcji stalowych wykonywanych seryjnie czy elementów konstrukcyjnych wykonywanych według indywidualnego projektu. Na każdym z nich spoczywa inny rodzaj odpowiedzialności, zgodnie ze specyfiką wykonywanych działań [9].

### Dobór gatunku stali

Przy doborze stali pod kątem projektowanego obiektu budowlanego powinno się brać pod uwagę zachowanie tego materiału w określonych warunkach eksploatacyjnych konstrukcji, stopień odporności na kruche pękanie oraz właściwości wytrzymałościowe. Istotnym czynnikiem wyboru gatunku stali jest także jej skład chemiczny, ściśle powiązany z jej właściwościami, oraz stopień odporności na czynniki środowiskowe i związaną z tym możliwość korozji. Ważną kwestią przy wyborze gatunku stali jest też przeznaczenie konstrukcji oraz koszt wykonania i warunki eksploatacji elementów stalowych, a także ich dostępność na rynku. Warto wziąć pod uwagę kryterium ekonomiczne – stal o zaawansowanym składzie chemicznym, wykonywana według indywidualnego projektu, będzie o wiele droższa od tradycyjnej, dostępnej od ręki [10].

### Podsumowanie

Stal jako jeden z niewielu materiałów charakteryzuje się autentycznie zamkniętym cyklem recyklingu – nie podlega

zużyciu. Wykorzystywana wielokrotnie, nie traci ani na jakości, ani na wytrzymałości, co więcej – oba te parametry można zwiększyć w wyniku ponownego przetworzenia stali. Nic więc dziwnego, że z racji na te oraz inne właściwości, stanowiące o jej unikatowości, znajduje tak liczne obszary zastosowań.

Popyt na stal jest obecnie generowany przede wszystkim przez inwestycje w budownictwie (na ten sektor przypada prawie połowa krajowego zużycia stali), drogownictwie, energetyce i na kolei. Duże zapotrzebowanie na stal obserwuje się także w przemyśle konstrukcyjnym i maszynowym, okrętowym oraz w motoryzacji. Potrzeby w zakresie zrównoważonych środowiskowo, ale także coraz śmielszych projektów stanowią bodziec do poszukiwania nowych rozwiązań. W odniesieniu do stali odpowiedzią na te potrzeby rynku jest ciągłe poszerzanie oferty gatunków stali oraz asortymentu wyrobów stalowych.

### Literatura

- [1] PN-EN 10020:2003 *Definicja i klasyfikacja gatunków stali*.
- [2] Szymański E.: *Materiały budowlane*. T. 1. Warszawa 2011.
- [3] Blicharski M.: *Inżynieria materiałowa. Stal*. Warszawa 2004.
- [4] Włodarczyk W.: *Konstrukcje stalowe*. Warszawa 2000.
- [5] PN-EN 10080:2007 *Stal do zbrojenia betonu. Spajalna stal zbrojeniowa. Postanowienia ogólne*.
- [6] Wciślik W., Kossakowski P., Sokołowski P.: *Stainless steel in building structures – advantages and examples of application (Stal nierdzewna w budownictwie – zalety i przykłady zastosowań)*. „Structure & Environment” 2017, t. 9, nr 3, s. 191–198.
- [7] PN-EN 10088-1:2014-12 *Stale odporne na korozję*. Cz. 1. *Wykaz stali odpornych na korozję*.
- [8] PN-EN 1990:2004 *Eurokod. Podstawy projektowania konstrukcji*.
- [9] Urbańska-Galewska E., Kowalski D.: *Dokumentacja projektowa konstrukcji stalowych*. Warszawa 2015.
- [10] *Dobór stali, jaką stal wybrać?* (online). Konstrukcje Stalowe – serwis informacji o konstrukcjach stalowych. Dostępny w Internecie: <http://www.konstrukcjestalowe.info/dobor-stali.php> (dostęp 16 października 2019).

