

# KONSTRUKCJE CIENKOŚCIENNE

W1

WPROWADZENIE W ZAGADNIENIA Z ZAKRESU LEKKICH KONSTRUKCJI  
METALOWYCH

The background of the slide is a light gray gradient with several realistic water droplets of various sizes scattered across it. The droplets have highlights and shadows, giving them a three-dimensional appearance. The word "Uwaga" is centered in the upper half of the slide in a bold, red, sans-serif font.

## Uwaga

Niniejsza prezentacja stanowi wyłącznie  
materiał dydaktyczny dla studentów  
realizujących moduł kształcenia  
Konstrukcje cienkościennie

# KONSTRUKCJE CIENKOŚCIENNE

W1

WPROWADZENIE W ZAGADNIENIA Z ZAKRESU LEKKICH KONSTRUKCJI METALOWYCH

## Podstawowe informacje o zajęciach

Nazwa zajęć: **Konstrukcje cienkościenne**

Cykl kształcenia: **2020/2021**

Nazwa jednostki prowadzącej studia: **Wydział Budownictwa, Inżynierii środowiska i Architektury**

Nazwa kierunku studiów: **Budownictwo**

Obszar kształcenia: **nauki techniczne**

Profil studiów: **ogólnoakademicki**

Poziom studiów: **drugiego stopnia**

Forma studiów: **niestacjonarne**

Specjalności na kierunku: **Budowa i Utrzymanie Dróg, Budowa i Utrzymanie Mostów, Budownictwo Zrównoważone, Konstrukcje Budowlane Inżynierskie**

Tytuł otrzymywany po ukończeniu studiów: **magister inżynier**

Nazwa jednostki prowadzącej zajęcia: **Katedra Konstrukcji Budowlanych**

Kod zajęć: **12652**

Status zajęć: **wybierany dla specjalności Konstrukcje Budowlane Inżynierskie**

Układ zajęć w planie studiów: **sem: 3 / W10 P15 / 4 ECTS / E**

Język wykładowy: **polski**

Imię i nazwisko koordynatora: **dr inż. prof. PRz Zdzisław Pisarek**

Dane kontaktowe koordynatora: **budynek P, pokój 209, tel. 792681102, pisarzd@prz.edu.pl**

## Pozostałe osoby prowadzące zajęcia

semestr 0: **dr inż. Zbigniew Kielbasa**

# KONSTRUKCJE CIENKOŚCIENNE

W1

WPROWADZENIE W ZAGADNIENIA Z ZAKRESU LEKKICH KONSTRUKCJI METALOWYCH

## Cel kształcenia i wykaz literatury

Główny cel kształcenia: **Celem przedmiotu jest uzyskanie przez studentów wiedzy na temat zasad konstruowania i wymiarowania elementów konstrukcji metalowych z kształtowników giętych na zimno i blach profilowanych.**

Ogólne informacje o zajęciach kształcenia: **Moduł "Konstrukcje cienkościenne" dostarcza wiedzę i umiejętności z zakresu projektowania elementów konstrukcyjnych z kształtowników giętych na zimno, ich nośności krytycznej i nadkrytycznej, oraz współpracy blachy faldowej przy stabilizacji elementów prętowych.**

## Wykaz literatury, wymaganej do zaliczenia zajęć

Literatura wykorzystywana podczas zajęć wykładowych

1. J. Bródka, M. Broniewicz, M. Giżejowski, *Kształtowniki gięte. Poradnik projektanta*, Polskie Wydawnictwo Techniczne., 2006
2. Piechnik S, *Pręty cienkościenne - otwarte.*, Wyd. Politechniki Krakowskiej, Kraków., 2000
3. Red. Silvestre N., *Thin-Walled Structures*, Elsevier Ltd., 2019
4. PN-EN 1993-1-3:2008, *Eurokod 3: Projektowanie konstrukcji stalowych – Część 1-3: Reguły ogólne – Reguły uzupełniające dla konstrukcji z kształtowników i blach profilowanych na zimno.*, PKN., 2008
5. PN-EN 1993-1-5:2008, *Eurokod 3: Projektowanie konstrukcji stalowych – Część 1-5: Blachownice.*, PKN., 2008

Literatura wykorzystywana podczas zajęć ćwiczeniowych/laboratoryjnych/innych

1. J. Bródka, R. Gancarek, K. Miłaczewski, *Blachy faldowe w budownictwie stalowym*, Arkady, Warszawa., 1999
2. ECCS, *European Recommendations for the Application of Metal Sheeting acting as a Diaphragm.*, ECCS-publication No. 88., 1995

Literatura do samodzielnego studiowania

1. ECCS, *European Recommendations on the Stabilization of Steel Structures by Sandwich Panels*, ECCS-publication No. 379., 2014

Literatura uzupełniająca

1. Obrębski J., *Cienkościenne sprężyste pręty proste*, Ofic. Wyd. Politechniki Warszawskiej, Warszawa., 1999
2. Red. Kozłowski A., *Konstrukcje stalowe. Przykłady obliczeń według PN-EN 1993-1*, Ofic. Wyd. Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów., 2010



WYDZIAŁ  
BUDOWNICTWA,  
INŻYNIERII ŚRODOWISKA  
I ARCHITEKTURY  
POLITECHNIKI RZESZOWSKIEJ

# KONSTRUKCJE CIENKOŚCIENNE

W1

WPROWADZENIE W ZAGADNIENIA Z ZAKRESU LEKKICH KONSTRUKCJI METALOWYCH

## Wymagania wstępne w kategorii wiedzy/umiejętności/kompetencji społecznych

Wymagania formalne: **Ugruntowana wiedza z przedmiotów: Wytrzymałość Materiałów, Mechanika Budowli, Teoria sprężystości i plastyczności, Konstrukcje metalowe**

Wymagania wstępne w kategorii Wiedzy: **Znajomość metod obliczania charakterystyk przekroju poprzecznego prętów. Znajomość hipotez wytrzymałościowych.**

Wymagania wstępne w kategorii Umiejętności: **Umiejętność posługiwania się programami komputerowymi, wspomagającymi projektowanie konstrukcji stalowych. Umiejętność zestawiania oddziaływań i sprawdzenia warunków normowych.**

Wymagania wstępne w kategorii Kompetencji społecznych: **Umiejętność pracy samodzielnej oraz w zespole.**

# KONSTRUKCJE CIENKOŚCIENNE

W1

WPROWADZENIE W ZAGADNIENIA Z ZAKRESU LEKKICH KONSTRUKCJI METALOWYCH

## Efekty kształcenia dla zajęć

MEK	Student, który zaliczył zajęcia	Formy zajęć/metody dydaktyczne prowadzące do osiągnięcia danego efektu kształcenia	Sposoby weryfikacji każdego z wymienionych efektów kształcenia	Związki z KEK	Związki z PRK
01.	Ma rozbudowaną wiedzę na temat analizy konstruowania i sprawdzania stanów granicznych budowlanych konstrukcji cienkościennych	wykład	Egzamin	K_W02++ K_W08+ K_W14++	P7S_WG
02.	Potrafi ocenić i dokonać zestawienia obciążeń oraz przeprowadzić analizę i zaprojektować konstrukcję obiektu z elementów cienkościennych	Ćwiczenia projektowe	Projekt,	K_U01+++ K_U05+ K_U06+ K_U18++	P7S_UW
03.	Ma świadomość rozwoju metod obliczenia i konstruowania konstrukcji cienkościennych i potrzebę ciągłego podnoszenia swoich kompetencji w tym zakresie.	Wykład, ćwiczenia projektowe	Projekt, Egzamin	K_K01+ K_K05++	P7S_KO P7S_KR P7S_UO P7S_UU

Uwaga: W zależności od sytuacji epidemicznej, jeżeli nie będzie możliwości weryfikacji osiągniętych efektów uczenia się określonych w programie studiów w sposób stacjonarny w szczególności zaliczenia i egzaminy kończące określone zajęcia będą mogły się odbywać przy użyciu środków komunikacji elektronicznej (w sposób zdalny).

# KONSTRUKCJE CIENKOŚCIENNE

W1

WPROWADZENIE W ZAGADNIENIA Z ZAKRESU LEKKICH KONSTRUKCJI METALOWYCH

## Treści kształcenia dla zajęć

Sem.	TK	Treści kształcenia	Realizowane na	MEK
3	TK01	1) Stalowe konstrukcje z elementów cienkościennych: ogólna charakterystyka, metody konstruowania, technologia wykonania, oddziaływania, analiza globalna i sprawdzanie stanów granicznych, Przegląd rozwiązań. 2) Konstrukcje z blach fałdowych. Przepony ze stalowych blach fałdowych – nośność i podatność. Konstrukcje tarczownicowe. Projektowanie konstrukcji ze współpracującymi tarczami z blach fałdowych.	Wykłady	MEK01 MEK03
3	TK02	Wykonanie projektu konstrukcji hali stalowej z elementów cienkościennych	Projekty	MEK02 MEK03

## Nakład pracy studenta

Forma zajęć	Praca przed zajęciami	Udział w zajęciach	Praca po zajęciach
Wykład (sem. 3)	Przygotowanie do kolokwium: 4.00 godz./sem.	Godziny kontaktowe: 10.00 godz./sem.	Uzupełnienie/studiowanie notatek: 5.00 godz./sem. Studiowanie zalecanej literatury: 15.00 godz./sem.
Projekt/Seminarium (sem. 3)		Godziny kontaktowe: 15.00 godz./sem..	Wykonanie projektu/dokumentacji/raportu: 30.00 godz./sem. Przygotowanie do prezentacji: 5.00 godz./sem.
Konsultacje (sem. 3)	Przygotowanie do konsultacji: 3.00 godz./sem.	Udział w konsultacjach: 2.00 godz./sem.	
Egzamin (sem. 3)	Przygotowanie do egzaminu: 10.00 godz./sem.	Egzamin pisemny: 1.00 godz./sem.	

# KONSTRUKCJE CIENKOŚCIENNE

W1

WPROWADZENIE W ZAGADNIENIA Z ZAKRESU LEKKICH KONSTRUKCJI METALOWYCH

## Sposób wystawiania ocen składowych zajęć i oceny końcowej

Forma zajęć	Sposób wystawiania oceny podsumowującej
Wykład	Egzamin E
Projekt/Seminarium	Wykonanie i obrona projektu P
Ocena końcowa	Ocena końcowa $= (6E + 4P) / 10$

## Przykładowe zadania

Wymagane podczas egzaminu/zaliczenia
Realizowane podczas zajęć ćwiczeniowych/laboratoryjnych/projektowych
Inne

Czy podczas egzaminu/zaliczenia student ma możliwość korzystania z materiałów pomocniczych: **nie**



## Treści zajęć powiazane są z prowadzonymi badaniami naukowymi: tak

### Publikacje naukowe

1. R. Budziński; M. Górski; Z. Kielbasa; A. Kozłowski; Z. Pisarek; K. Sieńkowska; L. Ślęczka; A. Wojnar, *Badania doświadczalne stalowych kształtowników giętych na zimno jako nośnych elementów hal.*, ., 2020
2. Z. Pisarek, *Zagadnienia projektowe podczas przebudowy stadionu miejskiego w Rzeszowie.*, ., 2020
3. Z. Pisarek; K. Sieńkowska; A. Wojnar, *Analiza wpływu przyjętego rozwiązania konstrukcyjnego głównego układu nośnego hali na zużycie stali i walory techniczno - użytkowe.*, ., 2020
4. Z. Pisarek; P. Sudoł, *Experimental Tests of Joints in Scaffolding System*, Springer., 2020
5. Z. Pisarek, *Failure of a steel boiler chimney caused by corrosion of the structural shell plate*, ., 2019
6. Z. Pisarek; E. Szajowska, *Zagadnienia hal z transportem podpartym*, ., 2019
7. Z. Pisarek, *Approximated method for determining moment resistance and stiffness of bolted beam to column joints made with angle web and flange cleats*, ., 2018
8. Z. Pisarek, *Badanie muf sześciokątnych do łączenia ściągów szalunkowych*, ., 2017
9. Z. Pisarek, *Połączenia i łączniki do drewna*, ., 2016
10. Z. Pisarek; E. Szajowska, *Kształtowanie hali o konstrukcji drzewiastej*, ., 2016
11. A. Głuszko; Z. Pisarek, *Kształtowanie układu nośnego hangaru lotniczego*, WYDAWNICTWO ELAMED., 2015
12. Z. Pisarek, *Analytical model end plate bolted joint under bending moment and axial force load*, OFICYNA WYDAWNICZA POLITECHNIKI RZESZOWSKIEJ., 2015
13. Z. Pisarek, *Belki podsuwnicowe*, OFICYNA WYDAWNICZA POLITECHNIKI RZESZOWSKIEJ., 2015
14. Z. Pisarek, *Projektowanie połączeń wg Eurokodów*, WYDAWNICTWO ELAMED., 2015
15. Z. Pisarek, *Stężenia hal i wiat*, OFICYNA WYDAWNICZA POLITECHNIKI RZESZOWSKIEJ., 2015

## WPROWADZENIE DO PROJEKTOWANIA KONSTRUKCJI Z KSZTAŁTOWNIKÓW GIĘTYCH NA ZIMNO

Stosowanie kształtowników stalowych cienkościennych formowanych na zimno dawniej ograniczało się głównie do obiektów, w których najważniejsze było zmniejszenie masy, np. w przemyśle lotniczym, kolejowym i motoryzacyjnym. Proste typy profili giętych na zimno (głównie podobne do kształtowników walcowanych na gorąco), a także profilowane blachy, są również stosowane jako elementy niekonstrukcyjne w budownictwie od około stu lat.

Systematyczne prace badawcze prowadzone w ciągu ostatnich dziesięcioleci, a także ulepszona technologia produkcji, ochrona przed korozją, zwiększona wytrzymałość materiałów i dostępność norm w zakresie projektowania, doprowadziły do szerszego zastosowania kształtowników formowanych na zimno w budownictwie. W wielu krajach konstrukcje stalowe formowane na zimno są najszybciej rozwijającą się gałęzią rynku stali konstrukcyjnych.

## Cechy charakterystyczne lekkich konstrukcji stalowych:

1. Stosowanie kształtowników profilowanych na zimno z cienkich blach o grubości od ok. 1 mm do 6 mm.
2. Stosowanie prętów o przekrojach otwartych i zamkniętych, o zróżnicowanych, nietypowych profilach, ze ściankami o dużych smukłościach.
3. Zastosowanie nietypowych (nie stosowanych w innych rodzajach elementów stalowych) połączeń.
4. Cienkościenne konstrukcje metalowe wymagają odmiennego podejścia na etapach projektowania, wytwarzania i montażu. Warunki ich wytwarzania mają duży wpływ na ich nośność wyniki techniczno - ekonomiczne.

# KONSTRUKCJE CIENKOŚCIENNE

W1

## WPROWADZENIE W ZAGADNIENIA Z ZAKRESU LEKKICH KONSTRUKCJI METALOWYCH



**POLSKA NORMA**

ICS 91.010.30; 91.080.10

**PN-EN 1993-1-1**

czerwiec 2006

Wprowadza  
EN 1993-1-1:2005 + AC:2006, IDT

Zastępuje  
PN-EN 1993-1-1:2005 (U)

**Eurokod 3:  
Projektowanie konstrukcji stalowych  
Część 1-1: Reguły ogólne i reguły dla  
budynków**

Norma Europejska EN 1993-1-1:2005 z włączoną poprawką AC:2006 ma status  
Polskiej Normy

© Copyright by PKN, Warszawa 2006

nr ref. PN-EN 1993-1-1:2006

Hologram  
PKN

Wszelkie prawa autorskie zastrzeżone. Żadna część niniejszej normy nie może być  
zwiększonymi jakiegokolwiek techniką bez pisemnej zgody Prezesa Polskiego Komitetu  
Normalizacyjnego



**POLSKA NORMA**

ICS 91.010.30; 91.080.10

**PN-EN 1993-1-3**

sierpień 2008

Wprowadza  
EN 1993-1-3:2006, IDT

Zastępuje  
PN-EN 1993-1-3:2006

**Eurokod 3  
Projektowanie konstrukcji stalowych  
Część 1-3: Reguły ogólne  
Reguły uzupełniające dla konstrukcji  
z kształtowników i blach profilowanych na zimno**

Norma Europejska EN 1993-1-3:2006 ma status Polskiej Normy

© Copyright by PKN, Warszawa 2006

nr ref. PN-EN 1993-1-3:2008

Hologram  
PKN

Wszelkie prawa autorskie zastrzeżone. Żadna część niniejszej publikacji nie może być  
zwiększonymi jakiegokolwiek techniką bez pisemnej zgody Prezesa Polskiego Komitetu  
Normalizacyjnego



**POLSKA NORMA**

ICS 91.010.30;  
91.080.10

**PN-EN 1993-1-5**

lipiec 2008

Wprowadza  
EN 1993-1-5:2006, IDT

Zastępuje  
PN-EN 1993-1-5:2006

**Eurokod 3  
Projektowanie konstrukcji stalowych  
Część 1-5: Blachownice**

Norma Europejska EN 1993-1-5:2006 ma status Polskiej Normy

© Copyright by PKN, Warszawa 2008

nr ref. PN-EN 1993-1-5:2008

Hologram  
PKN

Wszelkie prawa autorskie zastrzeżone. Żadna część niniejszej publikacji nie może być  
zwiększonymi jakiegokolwiek techniką bez pisemnej zgody Prezesa Polskiego Komitetu  
Normalizacyjnego

## ZALETY I WADY KONSTRUKCJI CIENKOŚCIENNYCH

### Zalety:

- zmniejszenie zużycia stali o 25 do 50%,
- krótszy czas montażu o 30%,
- oszczędność kosztów budowy o 10 do 25%,
- swoboda kształtowania przekrojów poprzecznych,
- korzystne charakterystyki geometryczne,
- estetyczny wygląd.

### Wady:

- wyższa cena materiału w odniesieniu do standardowych profili (w zł/kg),
- wyższy koszt wytwarzania,
- wysoki koszt powłok ochronnych przed korozją (profile otwarte),
- wrażliwość na transport, przeładunek i montaż (elementy są podatne na lokalne uszkodzenia),
- pracochłonne projektowanie (złożone przypadki utraty stateczności).

## ZAKRES STOSOWANIA ELEMENTÓW CIENKOŚCIENNYCH

*Zakres stosowania należy określić biorąc pod uwagę:*

- warunki konstrukcyjne (wytwarzanie, ochrona przed korozją, itp.),
- cechy wytrzymałościowe i warunki statyczne (rozpiętość, obciążenie, itp.),
- wskaźniki ekonomiczne,
- warunki eksploatacyjne,
- odczucia estetyczne.

Można wyróżnić dwie grupy zastosowania elementów cienkościennych:

**Elementy nośne i elementy współpracujące (lub drugorzędne).**

• **konstrukcje samodzielne**

- szkieletowe budynki jedno lub dwukondygnacyjne o małych rozpiętości i wysokości do 6 m w budownictwie mieszkaniowym, rolniczym i tymczasowym,
- konstrukcje hal o rozpiętościach od 9 do 18 m (30 m), wysokościach do 8 m, niedużych obciążeniach ciężarem dachu ( $0,9 \text{ kN/m}^2$ ), suwnicach o udźwigu do 5 t (100 t),
- przekrycia przestrzenne tarczownicze, siatkowe, strukturalne, powłokowe, o rozpiętości 15 - 40 m,

Obiekty przeznaczone jako: np. domy mieszkalne, szkoły, magazyny, hale przemysłowe, wiejskie budynki gospodarcze, budynki komunalne, budynki zaplecza technicznego budowy, szklarnie, wiaty, sale sportowe, przenośne hangary, pawilony wystawowe, budowle tymczasowe, rusztowania, silosy, zbiorniki, itp.

# KONSTRUKCJE CIENKOŚCIENNE

W1

WPROWADZENIE W ZAGADNIENIA Z ZAKRESU LEKKICH KONSTRUKCJI METALOWYCH







WYDZIAŁ  
BUDOWNICTWA,  
INŻYNIERII ŚRODOWISKA  
I ARCHITEKTURY  
POLITECHNIKI RZESZOWSKIEJ

# KONSTRUKCJE CIENKOŚCIENNE

W1

WPROWADZENIE W ZAGADNIENIA Z ZAKRESU LEKKICH KONSTRUKCJI METALOWYCH



# KONSTRUKCJE CIENKOŚCIENNE

W1

WPROWADZENIE W ZAGADNIENIA Z ZAKRESU LEKKICH KONSTRUKCJI METALOWYCH

**WYDZIAŁ  
BUDOWNICTWA,  
INŻYNIERII ŚRODOWISKA  
I ARCHITEKTURY**  
POLITECHNIKI RZESZOWSKIEJ



# KONSTRUKCJE CIENKOŚCIENNE

W1

WPROWADZENIE W ZAGADNIENIA Z ZAKRESU LEKKICH KONSTRUKCJI METALOWYCH

WYDZIAŁ  
BUDOWNICTWA,  
INŻYNIERII ŚRODOWISKA  
I ARCHITEKTURY  
POLITECHNIKI RZESZOWSKIEJ



- **elementy konstrukcji:**

Elementy wydzielone ze zwykłych konstrukcji stalowych

- wiązary dachowe i płatwie w budynkach halowych i pawilonowych,
- świetliki i świetlnie,
- pomosty przemysłowe i jezdnie wiaduktów (płyty ortotropowe, przejścia i dojścia)
- stężenia i ściany ryglowe budynków halowych i szkieletowych.
- elementy przesuwnych deskowań do stropów i ścian.



# KONSTRUKCJE CIENKOŚCIENNE

W1

WPROWADZENIE W ZAGADNIENIA Z ZAKRESU LEKKICH KONSTRUKCJI METALOWYCH

- **elementy konstrukcji mieszanych (zespolonych)**

- zespolenie stali z betonem,
- zespolenie klejem (z tworzywami, drewnem),
- zespolenie elementów gorącowałcowanych z giętymi na zimno.

Obiekty przemysłowe i mieszkalne np. podpory energetyczne, słupy i bramki trakcyjne, pomosty, elementy dźwignic lub sprzętu montażowego, rusztowania, stropy zespolone na blachach itp.



## Detale architektoniczne:

- ościeżnice oraz elementy skrzydeł drzwiowych i okiennych w budynkach,
- bramy przemysłowe, garażowe i ogrodzeniowe,
- szczebliny i szprosy,
- ścianki przestawne i elementy ścian osłonowych,
- wywietrzaki,
- konstrukcje wsporcze obudowy szymbów dźwigowych,
- pomosty i rusztowania,
- regały,
- elementy wykończeniowe itp.



# KONSTRUKCJE CIENKOŚCIENNE

W1

WPROWADZENIE W ZAGADNIENIA Z ZAKRESU LEKKICH KONSTRUKCJI METALOWYCH



## MATERIAŁY

Stal na profilowane na zimno kształtowniki i blachy powinna nadawać się do profilowania na zimno i ewentualnie do cynkowania oraz powinna być w razie potrzeby spawalna.

Nominalne wartości właściwości materiałowych podane w normach przyjmuje się w obliczeniach projektowych jako wartości charakterystyczne.

Norma PN-EN 1993-1-3 obejmuje projektowanie profilowanych na zimno kształtowników i blach, które wykonuje się ze stali gatunków wymienionych w Tabelicy .



# KONSTRUKCJE CIENKOŚCIENNE

W1

## WPROWADZENIE W ZAGADNIENIA Z ZAKRESU LEKKICH KONSTRUKCJI METALOWYCH

### MATERIAŁY

Tablica 3.1 a:  
 Nominalne wartości granicy  
 plastyczności  $f_{yb}$  i wytrzymałości  
 na rozciąganie  $f_u$  materiału  
 wyjściowego

Wyroby stalowe (warunki dostawy)	Normy	Gatunek	$f_{yb}$ N/mm <sup>2</sup>	$f_u$ N/mm <sup>2</sup>
Wyroby walcowane na gorąco z niestopowych stali konstrukcyjnych. Część 2: Techniczne warunki dostawy dla stali niestopowych	EN 10025: Część 2	S 235 S 275 S 355	235 275 355	360 430 510
Wyroby walcowane na gorąco ze stali konstrukcyjnych. Część 3: Techniczne warunki dostawy dla spawalnych drobnoziarnistych stali konstrukcyjnych po normalizowaniu lub walcowaniu normalizacyjnym	EN 10025: Część 3	S 275 N S 355 N S 420 N S 460 N S 275 NL S 355 NL S 420 NL S 460 NL	275 355 420 460 275 355 420 460	370 470 520 550 370 470 520 550
Wyroby walcowane na gorąco ze stali konstrukcyjnych. Część 4: Techniczne warunki dostawy dla spawalnych drobnoziarnistych stali konstrukcyjnych po walcowaniu termomechanicznym	EN 10025: Część 4	S 275 M S 355 M S 420 M S 460 M S 275 ML S 355 ML S 420 ML S 460 ML	275 355 420 460 275 355 420 460	360 450 500 530 360 450 500 530

## KONSTRUKCJE CIENKOŚCIENNE

W1

WPROWADZENIE W ZAGADNIENIA Z ZAKRESU LEKKICH KONSTRUKCJI METALOWYCH

### MATERIAŁY

W przypadku taśm wg EN 10025 o grubości mniejszej niż 3 mm i szerokości pierwotnej nie mniejszej niż 600 mm, wartości charakterystyczne mogą być podane w Załączniku krajowym. Zaleca się przyjmować wartości podane w Tabelicy 3.1a ze współczynnikiem 0,9.

Oznaczenie	$f_{yb}$ [MPa]	$f_u$ [MPa]	$f_u/f_{yb}$	$L_o$ [%]
S235	235	360	1,63	26
S275	275	430	1,66	22
S355	355	510	1,64	22
S275N	275	370	1,34	24
S355N	355	470	1,33	22
S275M	275	360	1,31	24
S355M	355	450	1,27	22
S220GD	220	300	1,36	20
S250GD	250	330	1,32	19

## MATERIAŁY

Tablica 3.1b: Nominalne wartości granicy plastyczności  $f_{yb}$  i wytrzymałości na rozciąganie  $f_u$  materiału wyjściowego

Wyroby stalowe (warunki dostawy)	Normy	Gatunek	$f_{yb}$ N/mm <sup>2</sup>	$f_u$ N/mm <sup>2</sup>
Walcowane na zimno blachy ze stali konstrukcyjnej	ISO 4997	CR 220 CR 250 CR 320	220 250 320	300 330 400
Ocynkowane ogniowo w sposób ciągły blachy ze stali konstrukcyjnej węglowej	EN 10326	S220GD+Z S250GD+Z S280GD+Z S320GD+Z S350GD+Z	220 250 280 320 350	300 330 360 390 420
Walcowane na gorąco wyroby płaskie ze stali o wysokiej granicy plastyczności do obróbki na zimno. Część 2: Warunki dostawy dla wyrobów walcowanych termomechanicznie	EN 10149: Część 2	S 315 MC S 355 MC S 420 MC S 460 MC S 500 MC S 550 MC S 600 MC S 650 MC S 700 MC	315 355 420 460 500 550 600 650 700	390 430 480 520 550 600 650 700 750
	EN 10149: Część 3	S 260 NC S 315 NC S 355 NC S 420 NC	260 315 355 420	370 430 470 530

Walcowane na zimno wyroby płaskie z mikroskopowych stali o podwyższonej granicy plastyczności do profilowania na zimno	EN 10268	H240LA H280LA H320LA H360LA H400LA	240 280 320 360 400	340 370 400 430 460
Powlekane ogniowo w sposób ciągły taśmy i blachy ze stali o podwyższonej granicy plastyczności do profilowania na zimno	EN 10292	H260LAD H300LAD H340LAD H380LAD H420LAD	240 2) 280 2) 320 2) 360 2) 400 2)	340 2) 370 2) 400 2) 430 2) 460 2)
Powlekane ogniowo w sposób ciągły powłoką cynkowo-aluminiową (ZA) taśmy i blachy	EN 10326	S220GD+ZA S250GD+ZA S280GD+ZA S320GD+ZA S350GD+ZA	220 250 280 320 350	300 330 360 390 420
Powlekane ogniowo w sposób ciągły powłoką aluminiowo-cynkową (AZ) taśmy i blachy	EN 10326	S220GD+AZ S250GD+AZ S280GD+AZ S320GD+AZ S350GD+AZ	220 250 280 320 350	300 330 360 390 420
Ocynkowane ogniowo w sposób ciągły taśmy i blachy ze stali miękkiej do profilowania na zimno	EN 10327	DX51D+Z DX52D+Z DX53D+Z	140 1) 140 1) 140 1)	270 1) 270 1) 270 1)

1) W normie nie podano minimalnych wartości granicy plastyczności i wytrzymałości na rozciąganie. Dla wszystkich gatunków stali można przyjmować wartości minimalne – granicy plastyczności (140 N/mm<sup>2</sup>) oraz wytrzymałości na rozciąganie (270 N/mm<sup>2</sup>).

2) Granica plastyczności występująca w oznaczeniu stali odpowiada rozciąganiu w kierunku poprzecznym. Wartości odpowiadające rozciąganiu w kierunku podłużnym podano w tablicy.

## STAL KONSTRUKCYJNA

Nominalne wartości granicy plastyczności  $f_{yb}$  i wytrzymałości na rozciąganie  $f_u$  można przyjmować bezpośrednio z norm wyrobów, przyjmując  $f_y = R_{eh}$  lub  $R_{p0,2}$  oraz  $f_u = R_m$ , z Tablic lub na podstawie badań.

Badania, na których podstawie wyznacza się wartości charakterystyczne, powinny być przeprowadzone zgodnie z EN 10002-1. Próbkę, w liczbie co najmniej 5, powinny być pobrane 1 próbka na zwój i co najmniej jedna próbka na 2000 kg wyrobu z jednego wytopu.

Próbki pobiera się losowo z wybranej partii stali, zgodnie z kierunkiem odpowiadającym długości elementu konstrukcyjnego. Wartości charakterystyczne wyznacza się na podstawie oceny statystycznej zgodnie z EN 1990/ Załącznik D.

Można przyjąć, że właściwości stali przy ściskaniu są takie same jak przy rozciąganiu.

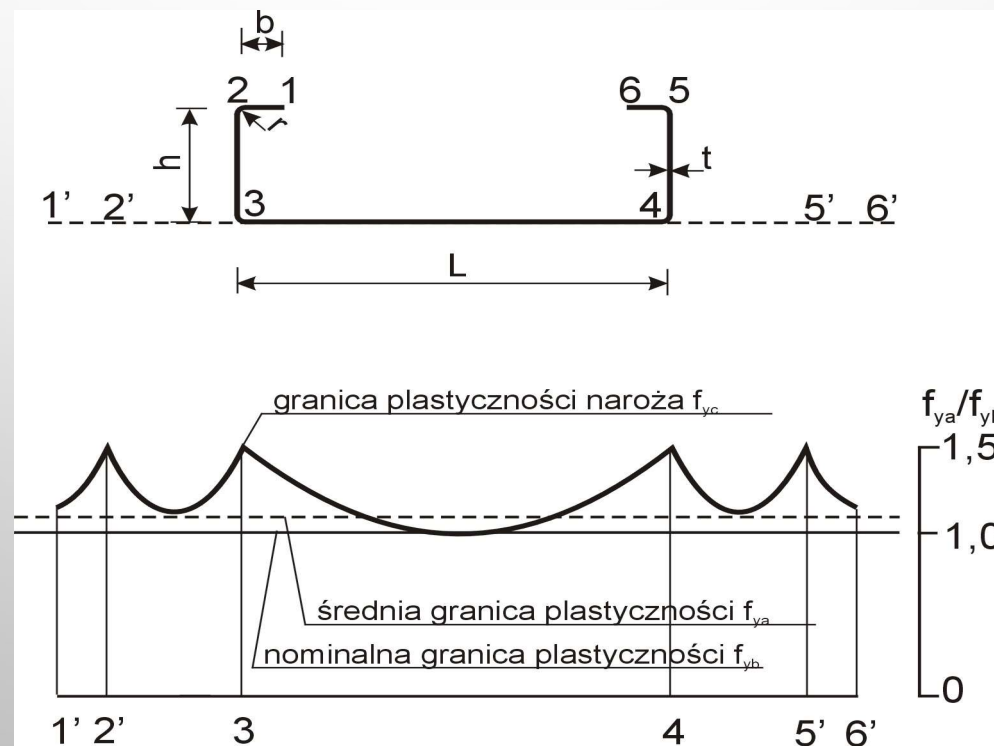
Wymagania ciągliwości – wg EN 1993-1-1/ 3.2.2. (wydłużalność przy zniszczeniu >15%)

Wartości obliczeniowe stałych materiałowych – wg EN 1993-1-1/ 3.2.6.

Właściwości materiałowe w podwyższonych temperaturach – wg EN 1993-1-2.

## WŁAŚCIWOŚCI MATERIAŁOWE KSZTAŁTOWNIKÓW GIĘTYCH NA ZIMNO

Granice plastyczności  $f_y$ , to można przyjmować jako uśrednioną granicę plastyczności  $f_{ya}$ , pod warunkiem, że stosuje się pewne reguły. W pozostałych przypadkach przyjmuje się granicę plastyczności materiału wyjściowego  $f_{yb}$ .



## WŁAŚCIWOŚCI MATERIAŁOWE KSZTAŁTOWNIKÓW GIĘTYCH NA ZIMNO

Uśrednioną granicę plastyczności  $f_{ya}$  kształtownika profilowanego na zimno można wyznaczać na podstawie badań lub alternatywnie obliczeniowo według wzorów:

$$f_{ya} = f_{yb} + (f_u - f_{yb}) \frac{knt^2}{A_g} \quad \text{lecz} \quad f_{ya} \leq \frac{(f_u + f_{yb})}{2}$$

- $A_g$  – pole przekroju brutto;
- $k$  – współczynnik liczbowy zależny od metody profilowania:
  - $k = 7$  przy walcowaniu;
  - $k = 5$  przy innych metodach profilowania;
- $n$  – liczba zagięć prostokątnych w przekroju z promieniem wewnętrznym  $r \leq 5t$  (w przypadku zagięć  $< 90^\circ$  zmniejsza się proporcjonalnie liczbę  $n$ );
- $t$  – obliczeniowa grubość materiału stalowego przed profilowaniem, z wyłączeniem powłok metalicznych i organicznych, patrz 3.2.4.

## WŁAŚCIWOŚCI MATERIAŁOWE KSZTAŁTOWNIKÓW GIĘTYCH NA ZIMNO

Podwyższoną w wyniku profilowania na zimno granicę plastyczności można uwzględnić w:

- elementach osiowo ściskanych, w których efektywne pole przekroju  $A_{\text{eff}}$ , ustalone dla  $f_y = f_{yb}$ ,
- elementach osiowo rozciąganych;
- elementach osiowo ściskanych o przekrojach w pełni efektywnych przy wyboczeniu;
- elementach zginanych z przekrojem o pasach w pełni efektywnych.

W celu wyznaczenia nośności przy zginaniu przekroju o pasach w pełni efektywnych, można podzielić przekrój na  $m$  nominalnie płaskich elementów. Następnie wyznaczyć podwyższoną granicę plastyczności oddzielnie dla każdego elementu  $i$ , oraz sprawdzić warunek:

$$\frac{\sum_{i=1}^m A_{gi} f_{yi}}{\sum_{i=1}^m A_{gi}} \leq f_{ya}$$

## WŁAŚCIWOŚCI MATERIAŁOWE KSZTAŁTOWNIKÓW GIĘTYCH NA ZIMNO

Nie uwzględnia się w obliczeniach podwyższonej wskutek zgniotu granicy plastyczności w przypadku elementów, które po profilowaniu mają być przez co najmniej jedną godzinę poddane obróbce cieplnej w temperaturze wyższej niż 580 °C.

Należy brać pod uwagę fakt, że niektóre procesy obróbki cieplnej (zwłaszcza wyżarzanie) mogą powodować redukcję granicy plastyczności poniżej wartości  $f_{yb}$ , odpowiadającej materiałowi wyjściowemu.

Należy brać pod uwagę kruche pękanie.



## GRUBOŚĆ RDZENIA STALOWEGO I ODCHYLKI GRUBOŚCI

Postanowienia normowe, dotyczące obliczeń projektowych stosuje się do stali o zakresach grubości rdzennych  $t_{cor}$ .

- dla blach i elementów:  $0,45 \text{ mm} \leq t_{cor} \leq 15 \text{ mm}$
- dla połączeń:  $0,45 \text{ mm} \leq t_{cor} \leq 4 \text{ mm}$ , patrz 8.1(2).

Stosowanie innych grubości jest dopuszczalne przy wspomaganie badaniami.

Grubość obliczeniową  $t$  przyjmuje się równą grubości rdzenia  $t_{cor}$ , gdy odchyłka ujemna jest mniejsza od 5%. Grubość blachy po profilowaniu można przyjmować równą grubości materiału wyjściowego, jeżeli wartość pola przekroju przed i po walcowaniu nie różnią się więcej niż 2%.

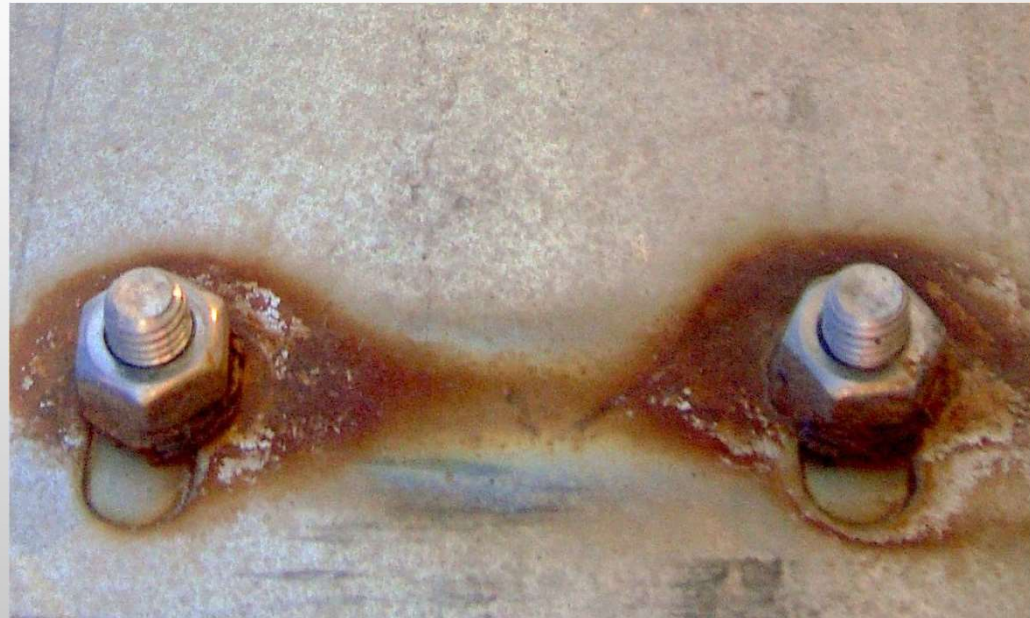
## TRWAŁOŚĆ

### Korozja

proces degradacji niezabezpieczonej struktury metalu w wyniku jego chemicznych reakcji ze składnikami otoczenia lub procesów elektrochemicznych. Zależą również od czynników fizycznych (np. naprężenia w elementach obciążonej konstrukcji, zewnętrzne pole elektryczne, promieniowanie) lub mikrobiologicznych.

#### Czynniki wpływające na korozję:

- podwyższona wilgotność powietrza,
- podwyższona temperatura,
- wilgotny, morski klimat.



## TRWAŁOŚĆ

**Korozja bimetaliczna**, zwana również korozją galwaniczną to korozja wywołana działaniem ogniwa korozyjnego na styku dwóch różnych metali.

**Korozja erozyjna** – proces, w którym jednocześnie występują korozja i erozja

**Korozja lokalna** - występuje miejscowo. Jej odmianami są korozja wżerowa, szczelinowa,

**Korozja międzykrystaliczna** - różnica potencjału pomiędzy granicą ziarna zubożonego w chrom a wtrąceniem, fazą międzymetaliczną lub zanieczyszczeniami się na granicy ziarna.

**Korozja naprężeniowa** (pękanie korozyjne, pękanie sezonowe) – korozja lokalna zachodząca w materiale, w którym występują stałe naprężenia technologiczne lub eksploatacyjne.

**Korozja równomierna** to korozja zachodząca równomiernie na całej powierzchni metalu znajdującego się w środowisku korozyjnym. Jest obserwowana kiedy warstwa pasywna jest niestabilna.

**Korozja szczelinowa** (crevice corrosion) – elektrochemiczna korozja lokalna powstająca w trudno dostępnych miejscach.

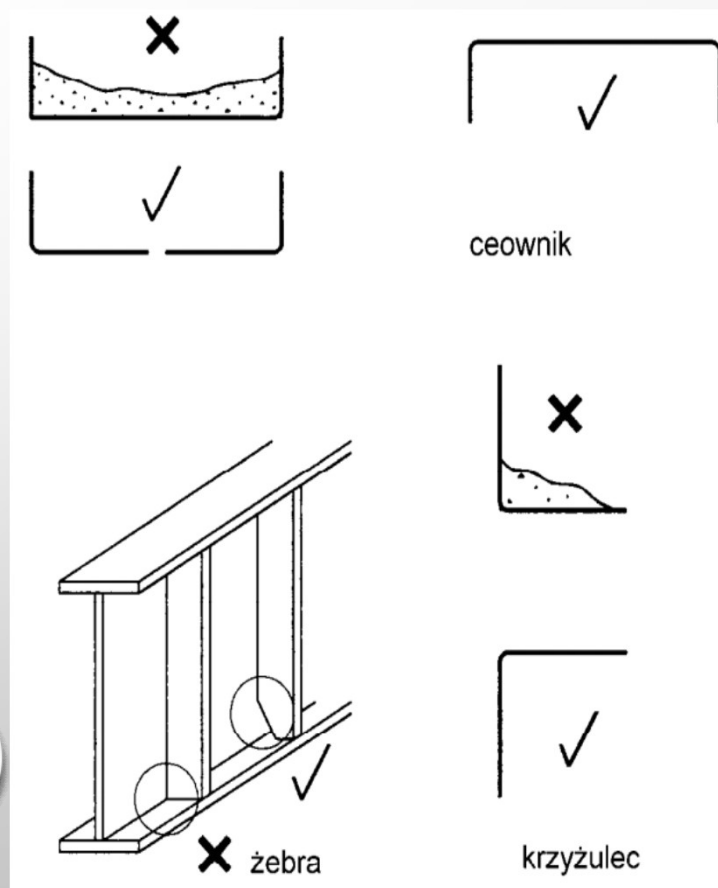
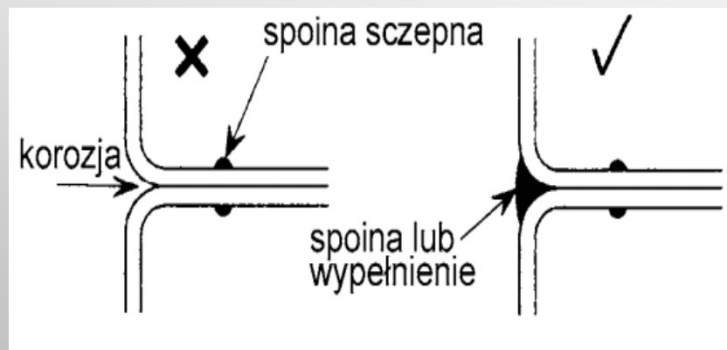
**Korozja wżerowa** (pitting corrosion) - korozja lokalna powodująca tworzenie się wżerów (pits) postępujących od powierzchni w głąb stali.

**Warstwa pasywna** – jest to cienka warstwa tlenków głównie chromu na powierzchni stali

## OCHRONA PRZED KOROZJĄ

Aktywne metody ochrony:

- właściwy wybór materiałów konstrukcyjnych,
- właściwe projektowanie, konstruowanie, wykonawstwo konstrukcji,
- projektowanie metody ochrony przed korozją.



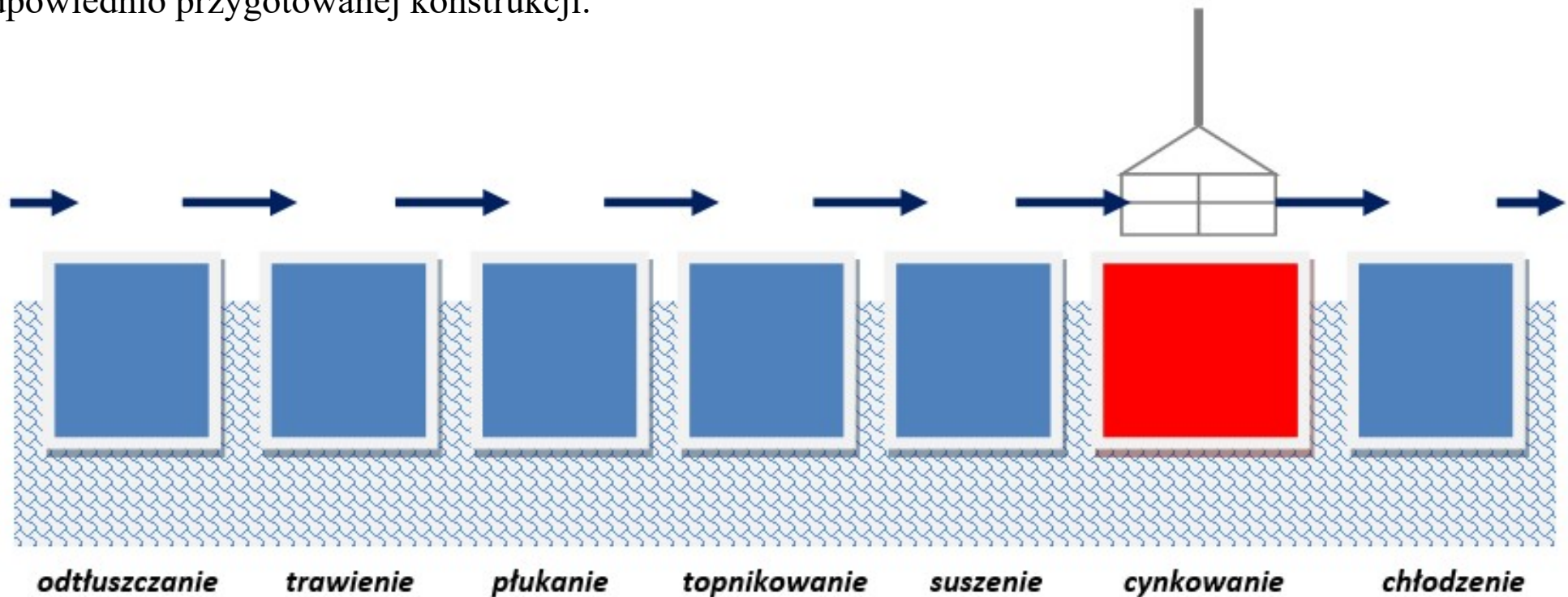
## OCHRONA PRZED KOROZJĄ

**Pasywne metody ochrony odizolowanie materiału od czynnika:**

- powłoki metaliczne - anodowe (cynk, kadm),  
- katodowe (miedź, nikiel, chrom, ołów),
- powłoki niemetaliczne - utlenianie (oksydowanie) warstwy tlenkowe,  
- fosforanowanie (kwas fosforanowy) fosforany metali,  
- chromianowanie (kwas chromowy i siarkowy) powłoki chromianowe,  
- ceramiczne powłoka ze szkliwa,
- pokrycia organiczne (żywice, tworzywa polimerowe, oleje smary, farby nawierzchniowe).

## CYNKOWANIE OGNIOWE

Zanurzenie w kąpeli cynkowej (96,5 - 99% cynku), w temp. ok. 450 C, w określonym czasie, odpowiednio przygotowanej konstrukcji.



## CYNKOWANIE OGNIOWE

### Zalety cynkowania ogniowego

- zwiększony okres ochrony części budowlanych (do 50 lat)
- brak potrzeby konserwacji
- wytrzymałość z wysoką odpornością na tarcie i uderzenia
- optymalne dla pustych przestrzeni i krawędzi
- ochrona katodowa
- przyjazne dla środowiska
- korzystne cenowo

### Wady cynkowania ogniowego

- wymagana obróbka po cynkowaniu (usuwanie zacieków, poprawianie otworów)
- możliwe odkształcenie elementów
- konieczność przygotowania konstrukcji na etapie projektowania (m.in. otwory odpowietrzające i przelewowe)

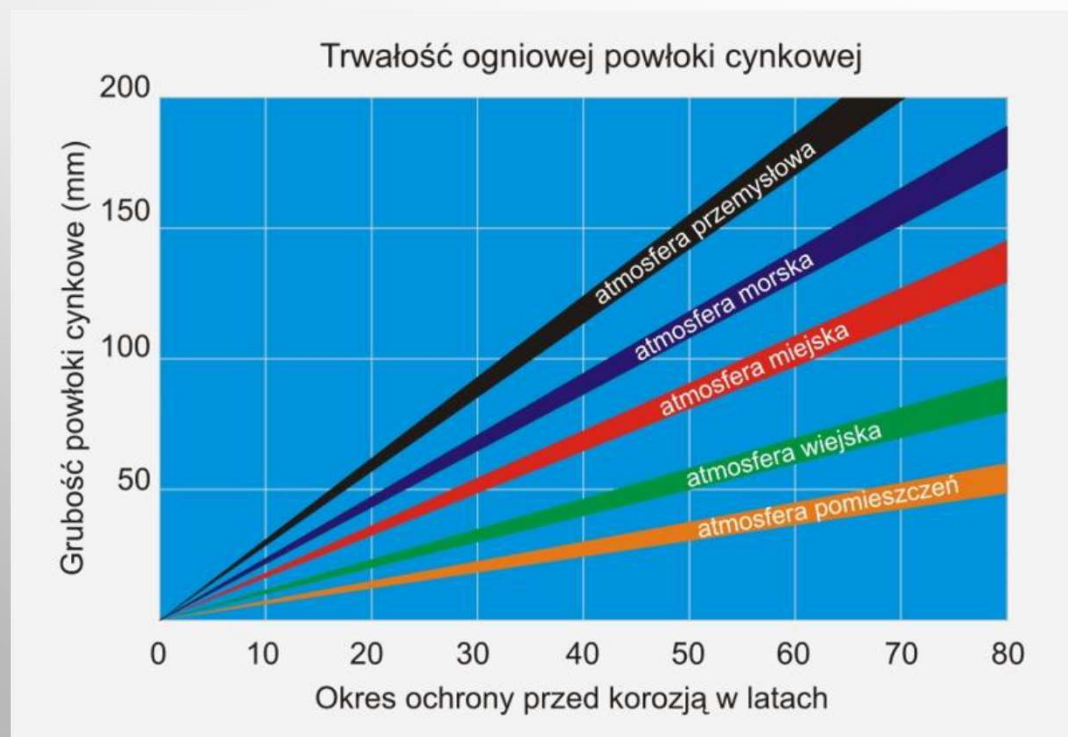
# KONSTRUKCJE CIENKOŚCIENNE

W1

WPROWADZENIE W ZAGADNIENIA Z ZAKRESU LEKKICH KONSTRUKCJI METALOWYCH

## CYNKOWANIE OGNIOWE

Grubość powłoki zależy od grubości rdzenia stalowego, gatunek stali, zwłaszcza zawartość krzemu i fosforu, oraz temperatury i parametrów kąpielii cynkowej.



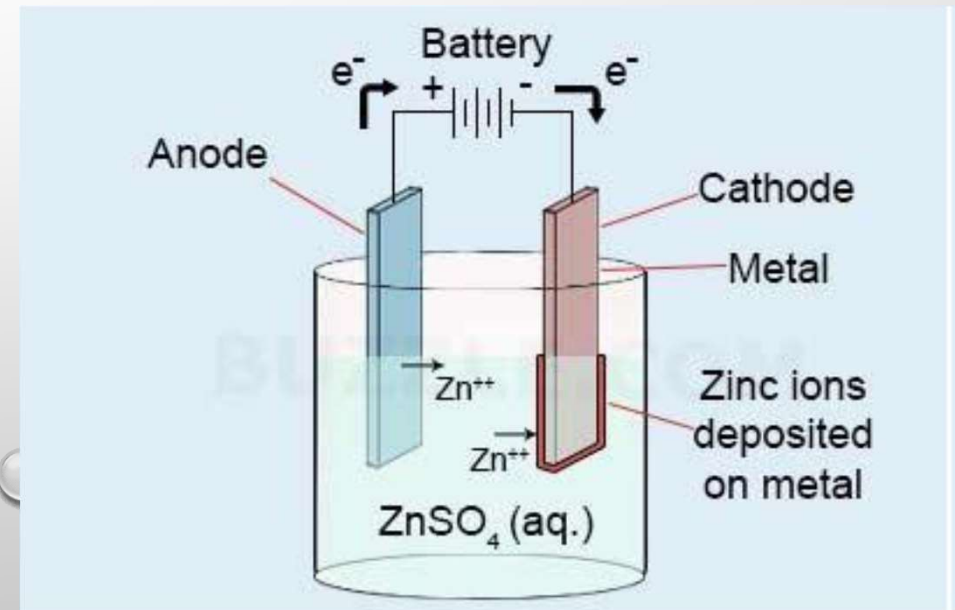


### CYNKOWANIE GALWANICZNE

Elektrolityczna metoda nakładania powłoki. Katodą jest przedmiot powlekany, natomiast anodą płyta metalu powłokowego o zawartości 99,99% cynku.

Właściwości powłok galwanicznych

- grubości od 5 do 40  $\mu\text{m}$ ,
- równomierne, mało porowate,
- zawierają w składzie tylko czysty osadzony metal,
- powłoki o różnych twardościach i żądanej grubości,
- powłoki jedno i wielowarstwowe,
- powłoki dekoracyjne, ochronne i techniczne.



# KONSTRUKCJE CIENKOŚCIENNE

W1

WPROWADZENIE W ZAGADNIENIA Z ZAKRESU LEKKICH KONSTRUKCJI METALOWYCH

 WYDZIAŁ  
BUDOWNICTWA,  
INŻYNIERII ŚRODOWISKA  
I ARCHITEKTURY  
POLITECHNIKI RZESZOWSKIEJ

## CYNKOWANIE GALWANICZNE



## CYNKOWANIE NATRYSKOWE

Metalizacja cynkowanie natryskowe polega na stopieniu przy użyciu źródeł ciepła metalu powłokowego, rozpyleniu i skierowaniu strumienia cząstek na podłoże za pomocą strumienia sprężonego gazu. Źródła ciepła: płomień, łuk elektryczny, plazmowy lub prąd o dużej częstotliwości.

Metale powłokowe w postaci proszków: cynk, aluminium, stopy niklu i chromu.

Właściwości ochronne:

- grubości powłoki 100 - 200  $\mu\text{m}$
- trwałość proporcjonalna do grubości,
- zależą od szczelności i właściwości tlenków metali powłokowych.

Metoda dosyć kosztowna.

# KONSTRUKCJE CIENKOŚCIENNE

W1

WPROWADZENIE W ZAGADNIENIA Z ZAKRESU LEKKICH KONSTRUKCJI METALOWYCH

WYDZIAŁ  
BUDOWNICTWA,  
INŻYNIERII ŚRODOWISKA  
I ARCHITEKTURY  
POLITECHNIKI RZESZOWSKIEJ

## CYNKOWANIE NATRYSKOWE



## INNE SPOSOBY OCHRONY

System duplex - pokrycie ocynkowanej powierzchni zestawem malarskim. Malowanie farbami bogatymi w cynk stosowanie farb z 70% zawartością cynku, powłoki gr. 40 80  $\mu\text{m}$  w jednej warstwie, stosowana jako pierwsza warstwa ochronna:

- mała przyczepność do podłoża,
- krótsza trwałość,
- trudności renowacyjne,
- szkodliwe dla środowiska,
- bogata gama kolorystyczna,
- niski koszt wykonania, wysoki w okresie eksploatacji.

# KONSTRUKCJE CIENKOŚCIENNE

W1

WPROWADZENIE W ZAGADNIENIA Z ZAKRESU LEKKICH KONSTRUKCJI METALOWYCH

WYDZIAŁ  
BUDOWNICTWA,  
INŻYNIERII ŚRODOWISKA  
I ARCHITEKTURY  
POLITECHNIKI RZESZOWSKIEJ

## OCHRONA PRZECIWPÓŻROWA

