

Ochrona i renowacja obiektów metalowych

Kowalczyk Weronika

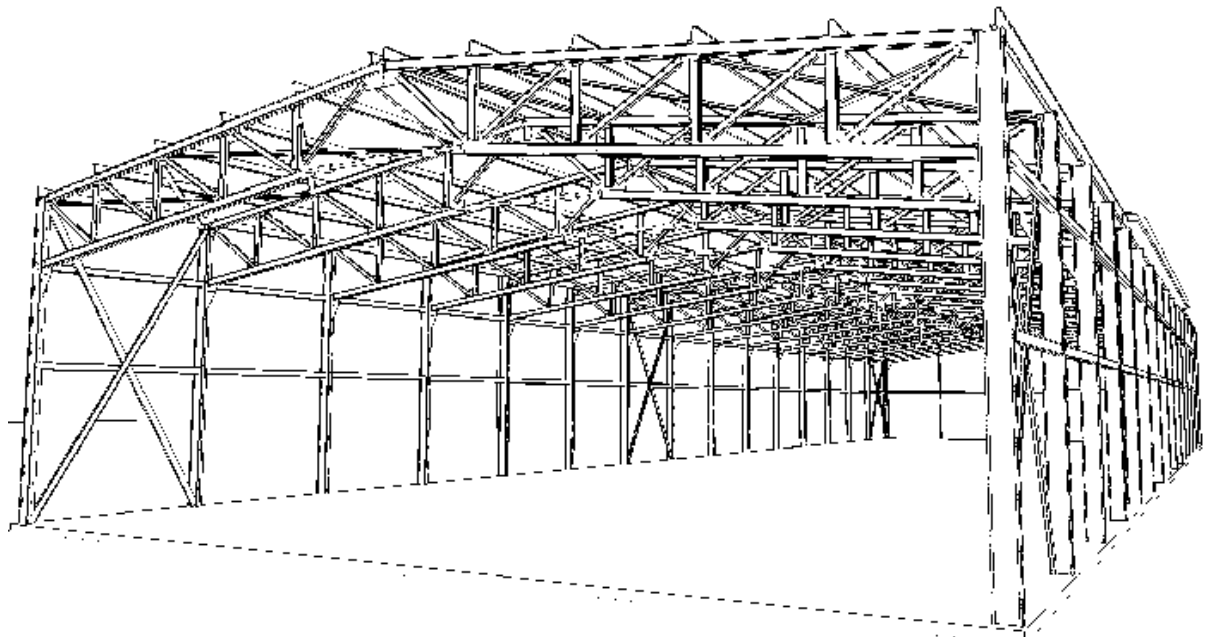
1. Wprowadzenie

Konstrukcja metalowa jest to obiekt budowlany, w którym głównymi ustrojami nośnymi przekazującymi obciążenia na fundament lub konstrukcję wsporczą są proste wyroby lub ich zespoły ze stali lub aluminium.

1.1. Rodzaje konstrukcji metalowych stosowanych w budownictwie:

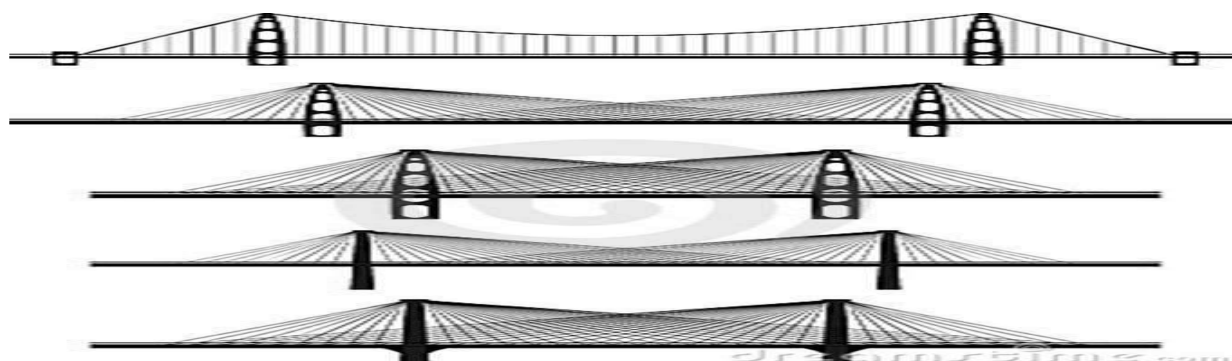
Konstrukcje prętowe - konstrukcją nośną jest szkielet prętowy uformowany jako ustrój kratownicowy, ramowy lub łukowy. Występują:

- w budynkach przemysłowych parterowych (halach), jako jedno lub wielonawowe ramy pełnościennie, kratowe lub mieszane,
- w budynkach użyteczności publicznej, magazynach, halach wystawowych i dworcowych, hangarach, salach kinowych, jako układy kratownicowe ram o dużych rozpiętościach,
- w budynkach wysokich, jako ramy wielokondygnacyjne i wielotraktowe, mosty drogowe i kolejowe, kładki dla pieszych, jako ustroje belkowe, kratownicowe lub łukowe estakady, maszty i wieże, słupy elektryczne, jako ustroje kratownicowe.



Most kratownicowy i hala jako przykłady konstrukcji prętowej

Konstrukcje prętowo – ciągnowe, w których znajdują zastosowanie ciągnia w postaci drutów, lin i łańcuchów; występują głównie w przykryciach o dużych rozpiętościach i mostach.



Mosty wiszące jako przykład konstrukcji prętowo – ciągnowej

Konstrukcje powierzchniowe - zasadniczą konstrukcją nośną są ustroje złożone z płyt i powłok. Występują w zbiornikach na ciecze i gazy, kominach, silosach, zasobnikach i rurociągach

Zalety konstrukcji metalowych:

- lekkość konstrukcji (duża wytrzymałość w stosunku do ciężaru)
- niezawodność pracy (wysoka jednorodność, trwałość)
- możliwość pełnego uprzemysłowienia
- tani transport i montaż
- krótki cykl budowy obiektu
- możliwość odzyskania zużytego materiału
- łatwa przebudowa lub wzmocnienie

Wady konstrukcji metalowych:

- wrażliwość na korozję
- słaba odporność na wysokie temperatury

1.2. Metale wykorzystywane w budownictwie.

Do produkcji konstrukcji metalowych używa się głównie stali i aluminium. Oprócz nich, przeważnie jako elementy ozdobne używa się cynk, miedź, mosiądz, brąz, żaluzja, spiż, żeliwo.

Stal jest to stop żelaza z węglem i innymi pierwiastkami, otrzymywany w procesach stalowniczych, obrabiany plastycznie. Maksymalna zawartość węgla w stali wynosi 2%.

W budownictwie stosuje się stale o zawartości węgla od 0,2% do 0,7%, przy czym w stalach na konstrukcje, ilość węgla nie przekracza 0,3%.

Jeśli chodzi o stal, to można wymienić długą listę cech stali, które mają wpływ na to, w jakim zakresie może ona być wykorzystana. Oczywiście poprzez różnego rodzaju domieszki, możliwa jest zmiana właściwości stali w pewnym zakresie, dzięki czemu zyskuje się produkt o właściwościach najbardziej zbliżonych do oczekiwanych.

Stal byłaby bezkonkurencyjnym materiałem wykorzystywanym w budownictwie, jednak ze względu na jej ciężar rywalizuje z nią aluminium.

Stopy **aluminium** charakteryzują się bardzo dobrymi parametrami i dlatego są tak powszechnie stosowane. Ciężar produktu wykonanego z aluminium stanowi zaledwie 33% takiego samego produktu wykonanego ze stali, co powoduje że elementy z aluminium często stosuje się jako warstwę nawierzchni dla konstrukcji stalowych lub zastępuje się nią stal. Dodatkowo aluminium jest również bardzo odporne na korozję. Jednak własności wytrzymałościowe czystego aluminium są stosunkowo niskie, dlatego stosuje się stopy, które po odpowiedniej obróbce cieplnej mają bardzo dobry współczynnik wytrzymałości w stosunku do ciężaru, znacznie lepszy niż stal, dlatego też aluminium jest właśnie tak powszechnie stosowane w budownictwie. Jednak pomimo tego nie może ona być stosowana zawsze, ponieważ konstrukcje o dużych rozpiętościach i obciążeniach muszą być wykonane głównie ze stali (liny nośne mostów wiszących), gdyż żaden inny materiał - jak dotąd, jedynie stal - odznacza się odpowiednimi cechami wytrzymałości i sprężystości.

2. Ochrona

Konstrukcje metalowe, zwłaszcza stalowe, są niszczone przede wszystkim przez korozję atmosferyczną, zachodzącą pod wpływem tlenu i agresywnych zanieczyszczeń atmosfery (związki siarki, chlorki, pyły), zawsze w obecności wody lub wilgoci skroplonej na powierzchni metalu. Czynniki inicjujące lub wpływające na szybkość korozji mogą mieć charakter fizyczny (np. naprężenia wskutek obciążeń i odkształceń, promieniowanie) lub biologiczny (np. działanie bakterii i grzybów).

Zapobieganie korozji polega na stosowaniu odpowiednich środków ochrony, zaostreniu wymagań dotyczących warunków użytkowania, konserwacji i remontów. na racjonalnym doborze właściwych materiałów konstrukcyjnych i połączeń oraz na poprawnym ukształtowaniu konstrukcji, dzięki czemu powinno być możliwe łatwe wykonanie powłok ochronnych.

2.1. Odpowiednie stopy metali

Przeciwdziałanie korozji ma znaczenie jedynie w odniesieniu do stali, gdyż aluminium jest bardzo odporne na korozję. Tak więc ochronę konstrukcji powinno mieć się na uwadze już na etapie projektowania, poprzez zastosowanie stopów o zwiększonej odporności na korozję atmosferyczną, właściwych w danej sytuacji.

Dlatego do budowy konstrukcji narażonych na działanie warunków atmosferycznych takich jak mosty, maszty, wagony kolejowe itp. używa się **stal konstrukcyjną niskostopową**. Jest to stal o niskiej zawartości węgla (maksymalnie do 0,22%) posiadająca dodatki stopowe w ograniczonych ilościach. Charakteryzują się większą wytrzymałością od stali konstrukcyjnych wyższej jakości oraz większą odpornością na korozję. Jednak używane są tylko tam, gdzie zastosowanie ich jest uzasadnione ekonomicznie. Odporność na korozję takich materiałów konstrukcyjnych jak stale stopowe czy stopy tytanu oraz aluminium związana jest z obecnością cienkiej, nanometrowej warstewki tlenkowej, która tworzy się w sposób naturalny na metalu. Warstewka tlenkowa znacząco zmniejsza szybkość korozji metalu, na którym powstała. Pozwala to projektować elementy aparatury i armatury przemysłu chemicznego bez dodatkowych systemów zabezpieczeń przeciwkorozyjnych. W przypadku stali stopowych powstanie warstewki pasywnej, wiąże się z odpowiednią zawartością w stali chromu.

W przeciwnym razie stosowana jest stal konstrukcyjna ogólnego przeznaczenia (niestopowa). Używana jest wszędzie tam, gdzie jej charakterystyki są wystarczające dla spełnienia funkcji. Stale konstrukcyjne ogólnego przeznaczenia są stalami najniższego gatunku i zawierają znaczne ilości zanieczyszczeń, głównie siarki, krzemu i fosforu. Przy jej produkcji stosuje się niski reżim technologiczny, co wpływa na szeroki rozrzut zawartości węgla. Stali tych nie poddaje się obróbce cieplnej i są najczęściej uspokojone, chyba że brak uspokojenia jest wymagany.

Korozja stali spowodowana jest w znacznej mierze przez następujące wpływy:

- atmosferyczne (wilgoć, promieniowanie UV)

- chemiczne (kwas, sole)

- mechaniczne (tarcie, uderzenie)

- termiczne

Skutkiem procesów korozyjnych jest niszczenie metalu, które obserwuje się przede wszystkim na powierzchniach w postaci nagromadzenia się stałych produktów reakcji takich jak np. tlenki, rdza, zgorzelina.

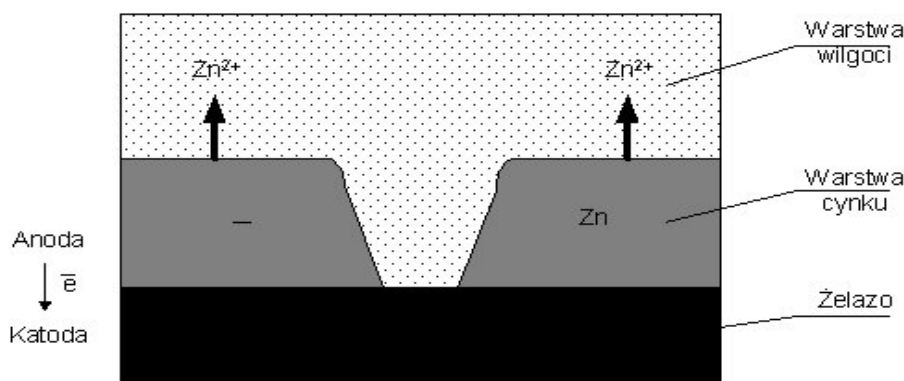
2.2. Powłoki ochronne

Najczęstszą przyczyną niszczenia konstrukcji metalowych jest **korozja**. Jest to procesy stopniowego niszczenia materiałów, zachodzące między ich powierzchnią i otaczającym środowiskiem. Jest nieuchronnym procesem powrotu metali-pierwiastków do stanu, w jakim występują w rudach, gdzie są w stanie równowagi termodynamicznej. Z tego punktu widzenia ochrona metali przed korozją polega na zmniejszeniu szybkości tego procesu (kontrola kinetyczna). Ochrony nie trzeba stosować tylko w odniesieniu do metali szlachetnych, które w środowisku występują w stanie niezwiązany, niestety ze względu na koszt nie stosuje się ich do wytwarzania konstrukcji metalowych.

Istnieje wiele metod ochrony przed korozją: ochrona strukturalna, materiałowa, elektrochemiczna, inhibitorowa, powłokowa. W ochronie konstrukcji stalowych najbardziej znaczący udział ma ochrona powłokowa. Nowoczesne systemy antykorozyjne muszą charakteryzować się wysoką trwałością, spełnieniem wymagań ekologicznych, obniżeniem społecznych kosztów tych prac.

Metodą zmniejszania strat spowodowanych korozją jest stosowanie odpornych na działanie środowiska powłok ochronnych. Ochrona przed korozją metali następuje poprzez nałożenie na jej powierzchnie warstwy materiału nieorganicznego (metalowy i niemetalowy) lub organicznego (farby, lakiery, tworzywa sztuczne, smoła i smary).

Powłoki anodowe są wykonane z metali o bardziej ujemnym potencjale elektrochemicznym (mniej szlachetnych) niż metal chroniony. Pokrywanie metali powłokami anodowymi zapewnia chronionemu metalowi ochronę katodową, gdyż powłoka z metalu mniej szlachetnego działa w charakterze anody jako protektor. Jako przykład powłok anodowych można wymienić cynk i kadm. Najważniejszym, praktycznym zastosowaniem powłok anodowych jest pokrywanie stali powłoką cynkową (blachy ocynkowane). W przypadku pokrywania powierzchni stalowych cynkiem w razie pojawienia się rysy lub szczeliny tworzy się ogniwo w którym katodą jest żelazo zaś anodą cynk. W tej sytuacji do roztworu przechodzą jony cynku a nie jony żelaza. Tak więc w przypadku pokrywania metali powłokami anodowymi, powłoka pokrywająca nie musi być idealnie szczelna.



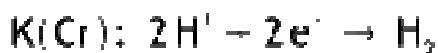
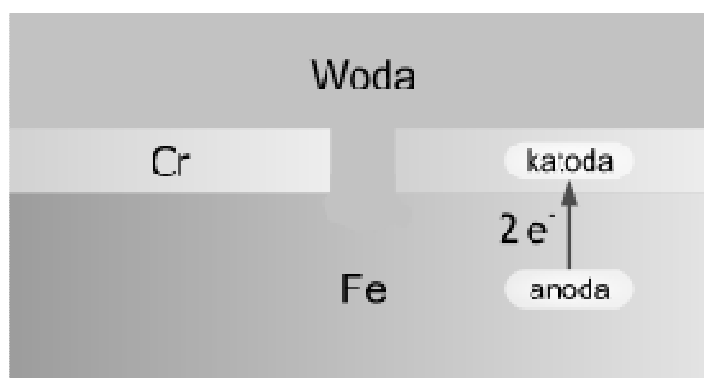
Rysunek 13. Mechanizm korozji stali z powłoką ochronną wykonaną z cynku

Schemat korozji stali pokrytej powłoką anodową (cynkiem).

Cynkowanie ogniowe to najpopularniejszy sposób na utworzenie uniwersalnej i trwałej powłoki, która w wielu środowiskach sprawdza się doskonale jako ochrona przed rdzą.

Cynkowanie jest doskonałą ochroną antykorozyjną dla konstrukcji stalowych narażonych na działanie wiatru i deszczu. Na powłokę cynkową nie ma żadnego wpływu duży zakres materiałów organicznych, jak również większość materiałów budowlanych. Cynkowanie nie jest jednak właściwą metodą ochrony w kontakcie z roztworami kwasów, silnymi roztworami alkalicznymi, miękką wodą, drewnem kwasowym, kwasowymi gruntami lub w stale wilgotnych pomieszczeniach.

Powłoki katodowe są wykonane z metali bardziej szlachetnych niż metal chroniony. Przykładem powłok katodowych są np. powłoki z miedzi, niklu, chromu, cyny lub srebra. Powłoka katodowa jest skuteczna tylko wówczas, kiedy cała powierzchnia stalowa jest nią szczelnie pokryta. Po utworzeniu szczeliny powstaje mikro ogniwo, w którym żelazo jest anodą i ono ulega rozpuszczeniu, co przyspiesza korozję, a metal szlachetny staje się katodą ogniwa. W rezultacie uszkodzenia powłoki katodowej szybkość korozji w miejscu uszkodzenia jest większa niż w przypadku braku powłoki katodowej.



Schemat i przebieg reakcji procesu korozji stali pokrytej powłoką katodową (chromem).

2.3. Farby antykorozyjne

Pokrywanie stali powłokami farb antykorozyjnych jest najpowszechniejszą metodą zabezpieczania konstrukcji stalowych przed oddziaływaniem czynników zewnętrznych powodujących korozję. Zależnie od potrzeb i agresywności korozyjnej środowiska odpowiednio dobrany system powłok ochronnych jest w stanie wyeliminować procesy korozyjne na stali na okres od kilku do nawet ponad dwudziestu lat gwarantując przez to bezpieczną eksploatację obiektu oraz zapewniając jego estetyczny wygląd.

Jedną z pierwszych grup środków służących malowaniu konstrukcji stalowych, które pojawiły się na rynku były alkidowe farby antykorozyjne.

Farby alkidowe nazywane są często ftalowymi ze względu na fakt, iż większość używanych do ich produkcji żywic zawiera bezwodnik ftalowy. Żyvice te są tłuste, średnio tłuste i chude. Właściwości farby - czas schnięcia, elastyczność,

odporność na czynniki atmosferyczne, żółknięcie, zależą od ilości kwasów tłuszczowych zawartych w żywicy oraz od ich rodzaju, np. te z olejem lnianym wykazują tendencje do żółknięcia. Farby alkidowe schną oksydacyjnie, czyli pod wpływem tlenu z powietrza, dlatego też nie powinno się stosować zbyt grubych powłok tych farb. Cienka warstwa wierzchnia zastyga, tworząc powłokę, która nie dopuszcza tlenu do warstw farby znajdującej się głębiej. Farby ftalowe są łatwe do stosowania, mają dobrą rozlewność. Te na bazie tłustych żywic dobrze zwilżają powierzchnię, co pozwala nanosić je na powierzchnie oczyszczone ręcznie. Po pewnym czasie jednak tracą połysk i podlegają kredowaniu. Wykazują dobrą odporność na czynniki atmosferyczne. Ulegają jednak zmydleniu, mięknią w wodzie, nie są odporne na rozpuszczalniki i chemikalia. Ze względu na zjawisko zmydlenia nie powinno się ich stosować na powierzchniach alkalicznych, a więc świeże tynki, powierzchnie ocynkowane oraz te, pokryte farbami krzemianowymi i na powierzchniach, które mają kontakt z wodą.

Chętnie wykorzystywane są przy renowacji. Często są modyfikowane różnymi żywicami, dzięki czemu zyskują dodatkowe właściwości. Dodatek poliwinylu poprawia odporność na wodę i chemikalia, żywice fenolowe nadają połysk i uodparniają na działanie wody oraz substancji alkalicznych. Żywice silikonowe natomiast poprawiają odporność na wysoką temperaturę i wilgoć, nadając powłoce większą trwałość i połysk.

Farby epoksydowe stanowią obecnie podstawę nowoczesnych rozwiązań, wykorzystywanych do ochrony przed korozją konstrukcji stalowych. Do najważniejszych cech charakterystycznych wyrobów epoksydowych można zaliczyć ich przyczepność do różnych podłoży, odporność na działanie czynników mechanicznych, agresywnych korozyjnie mediów, rozpuszczalników organicznych oraz niskich temperatur.

Farby epoksydowe należą do grupy farb utwardzanych chemicznie, powłoki farb powstają w wyniku reakcji spoiwa ze składnikiem sieciującym. Otrzymywane są z żywic epoksydowych zawierających dwa rodzaje grup funkcyjnych (epoksydowe i hydroksylowe) zdolnych do dalszej reakcji. Ze względu na zróżnicowanie właściwości fizycznych żywic epoksydowych oraz wiele możliwości kombinacji wzajemnie reagujących ze sobą substancji, można otrzymać farby epoksydowe do różnych zastosowań i o odmiennych właściwościach powłok.

Ujemne cechy powłok epoksydowych to: słaba odporność na uderzenie, duża sztywność i wysoka chłonność wilgoci. Tych wad nie wykazują farby epoksydowe siloksanowe, otrzymywane w oparciu o żywice epoksydowe modyfikowane poprzez wprowadzenie do szkieletu epoksydowego siloksanu. Polepszone właściwości tych farb sprawiają, że nadają się one idealnie do otrzymywania wysokojakościowych powłok antykorozyjnych. Charakteryzują się odpornością na temperaturę, wilgoć, wodę, UV, silnie agresywne media chemiczne. Powłoki tych farb mają bardzo dobrą przyczepność do podłoża i dobre właściwości mechaniczne.

Farby poliuretanowe to utwardzane chemicznie farby dwuskładnikowe, które miesza się w odpowiednich proporcjach zaraz przed malowaniem. Powłoki uzyskane przy wykorzystaniu farb poliuretanowych są odporne na działanie wody, wilgoci, środków czyszczących i chemikaliów. W przeciwieństwie do farb epoksydowych są odporne na działanie promieni UV.

Niestety, powierzchnie na które nanosi się lakier muszą być wyszlifowane, odpylone i odtłuszczone. Zawierają też lotne substancje szkodliwe dla zdrowia, dlatego trzeba zachować ostrożność przy malowaniu, zapewnić odpowiednią wentylację podczas prac i sezonować pomalowaną powierzchnię.

Farby chlorokauczukowe, podobnie jak poliwinylowe, akrylowe i bitumiczne należą do grupy farb schnących fizycznie, czyli poprzez odparowanie rozpuszczalnika. W odróżnieniu od farb alkidowych, nie tworzą powłok o sztywnej strukturze usieciowanego oligomeru, są termoplastyczne – mięknią w podwyższonych temperaturach. Wyroby chlorokauczukowe charakteryzują się wysoką odpornością chemiczną. Powłoki wykazują małą przepuszczalność pary wodnej i dużą odporność na wpływy atmosferyczne. Wadą jest mała odporność na temperaturę, tylko do 80°C oraz niska odporność na rozpuszczalniki.

Farby poliwinylowe antykorozyjne oparte na kopolimerach chlorku winylu należą do farb termoplastycznych. Czysty polichlorek winylu jest znany jako tworzywo sztuczne o bardzo dobrej odporności chemicznej. Aby tworzywo znalazło zastosowanie jako spoiwo do farb należy je modyfikować w celu umożliwienia łatwego rozpuszczenia w rozpuszczalnikach organicznych. Farby poliwinylowe schną na drodze fizycznej, a powłoki wykazują dobrą chemoodporność, trudnopalność i elastyczność. Powłoki farb winylowych wykazują bardzo dobre właściwości barierowe, szczególnie gdy są pigmentowane płatkowym pyłem aluminiowym lub błyszczem żelaza.

Żywice poliwinylowe często stosuje się w kombinacji z innymi np. alkidowymi. Farby poliwinylowe są stosowane na stal, a po odpowiedniej modyfikacji recepturowej również na cynki i aluminium. Wadą nawierzchniowych farb winylowych jest ich kredowanie występujące po kilku latach.

3. Renowacja

Renowacja stanowi drugi poziom umocnienia istniejących budynków. Obejmuje ona szereg czynności przeprowadzanych na budynku, mających przywrócić

wytrzymałość konstrukcji z okresu przed jej uszkodzeniem. Naprawa, w odróżnieniu od zabezpieczania, oznacza ostateczne czynności, stosowane gdy dobrze zbadane uszkodzenia zostały spowodowane w ciągu długiego okresu czasu i nie wymagają pilnych zabiegów. W wyniku renowacji uzyskuje się prostą odbudowę struktury, o minimalnych

wymogach zabezpieczających. Naprawy przeprowadza się bez stosowania dodatkowych wzmocnień struktury budynku, uszkodzonego przez pogodę i upływ czasu.

3.1. Spawanie i połączenia śrubowe

W celu wzmocnienia istniejących belek stalowych stosuje się liczne metody:

płyty i kształtowniki mogą być

przyspawane do dolnej i górnej półki;

ceowniki lub dwuteowniki mogą być

dospawane do półek;

płyty mogą być

przyspawane pomiędzy górną i dolną półką, tworząc skrzynkę;

przy możliwych czynnościach z góry, można wyla

belkę żelbetową i połączyć

ją z istniejącą belką stalową stosując odpowiednie łączniki (kątowniki, teowniki, pręty, słupki itp.), przyspawane do górnej półki, dzięki czemu uzyskuje się działanie zespolone.

We wszystkich przypadkach należy rozważyć

wnikliwie łączenie materiałów istniejących z materiałami nowymi. W wypadku wykonywania **otworów** w istniejącej konstrukcji może to prowadzić

do niebezpiecznego, tymczasowego osłabienia tej konstrukcji. Jeśli wybiera się łączenie metodą **spawania**, rozwiązanie techniczne musi być

dopasowane do właściwości istniejącego materiału. Spawalność lub poprawione parametry spawalności odgrywają kluczową rolę w renowacji istniejących konstrukcji żelaznych / stalowych. W wielu przypadkach brak jest odpowiedniej dokumentacji historycznej lub jest ona niewystarczająca, jednak jest ogólnie wiadomo, że materiały metalowe wyprodukowane w XIX stuleciu zasadniczo nie nadają się do spawania.

3.2. Stal do stali

Stosowanie stali do wzmacniania współczesnych konstrukcji stalowych jest przypadkiem najprostszym. W rzeczywistości zintegrowanie nowego elementu stalowego w istniejącą strukturę jest bardzo proste i wymaga takich samych technik łączenia. Jednocześnie należy zwrócić

szczególną uwagę na stan zakonserwowania, przy łączeniu starej stali z nową. W wielu wypadkach spawanie jest niedopuszczalne, ze względu na zanieczyszczenie starego materiału, zatem doradza się stosowanie połączeń śrubowych.

4. Podsumowanie

Konstrukcje metalowe mają wszechstronne zastosowanie. Ze względu na zastosowany stop metalu, mamy do czynienia z różnymi procesami niszczenia. Jednak na przestrzeni lat wynaleziono wiele sposobów ochrony konstrukcji metalowych, jak i naprawy powierzchni już zniszczonych. Tak więc konstrukcje metalowe dają nam szeroki wachlarz możliwości zapobiegania uszkodzeniom, jak i naprawy tych powstałych.