



**Bezpieczeństwo przy robotach przeciwkorozyjnych  
w wytwórniach konstrukcji stalowych  
Safety during anticorrosion work in the steel manufactures**

mgr. inż. Andrzej Brandt  
Agencja Anticorr Sp. z o.o.

**Streszczenie**

Czyszczenie i nakładanie powłok wiąże się z wieloma niebezpiecznymi procesami, co wymusza modernizację wytwórni konstrukcji stalowych w tym zakresie. Modernizacje dotyczą wyposażania zakładów w nowoczesny sprzęt do czyszczenia konstrukcji oraz do nakładania powłok metalowych i malarskich, który przy zachowaniu warunków bezpieczeństwa i ochrony środowiska umożliwia wykonywanie robót antykorozyjnych na konkurencyjnym poziomie jakościowym i cenowym. Poprawne projektowanie obiektów wymaga od technologów dużej wiedzy i doświadczenia. Istniejące przepisy i normy nie są wystarczające.

**Abstract**

Cleaning and coating involves a number of hazardous processes which forces modernization of steel manufacture in this area. Upgrades involve supporting facilities with the modern equipment for construction cleaning and coating, which together with a proper maintenance of security rules and enviromental protection assure competetive quality of the anticorrosion work.

Słowa kluczowe: bezpieczeństwo, czyszczenie, metalizacja, malowanie  
Keywords: safety, cleaning, metalization, painting

## Wstęp

Technologie zabezpieczeń antykorozyjnych, czyli przygotowania powierzchni oraz nakładania powłok antykorozyjnych na konstrukcje stalowe są obarczone wieloma zagrożeniami. Pochodzą one zarówno od urządzeń stosowanych w tych procesach, jak i używanych materiałów. Mamy do czynienia z wysokim ciśnieniem, hałasem, zapyleniem i różnego rodzaju związkami toksycznymi. Rosnąca świadomość pracowników, pracodawców i organów państwowych wymusza daleko idącą modernizację urządzeń. Wiąże się ona często z dużymi nakładami. W zakresie czyszczenia powierzchni modernizacja sprowadza się do usprawniania lub budowy nowych komór przeznaczonych do strumieniowo-ściernego czyszczenia powierzchni. Muszą one być wyposażone w dobrą wentylację oraz oświetlenie. W przypadku metalizacji natryskowej również modernizuje się już istniejące pomieszczenia lub buduje nowe, zapewniające wentylację redukującą niebezpieczeństwo wybuchu i zatrucia. W modernizowanych lub nowych malarniach instaluje się także systemy wentylacji redukujące niebezpieczeństwo zatrucia i wybuchu.

## Przygotowanie powierzchni

W wytwórniach konstrukcji stalowych powszechnie stosowaną obecnie metodą przygotowania powierzchni pod powłoki malarskie i metalowe nakładane natryskiem jest czyszczenie metodą strumieniowo-ścierną z użyciem śrutu, potocznie nazywane śrutowaniem. Czyszczenie z użyciem piasku, głównie ze względu na Rozporządzenia Ministra Gospodarki (1) zakazujące stosowania tego ścierniwa bez dodatku wody, praktycznie zostało wyeliminowane. Zakaz jest spowodowany szkodliwymi dla zdrowia pyłami zawierającymi krystaliczną krzemionkę. Ze względu na wysokie koszty prawie nie stosuje się również innych ścierniw do jednostronnego wykorzystania np. szlaku pomiedziowej.

Śrutowanie prowadzi się w adoptowanych pomieszczeniach lub specjalnie do tego celu zainstalowanych komorach. Większość wytwórni posiada w pełni wyposażone śrutownie. Praca w nich jest związana z wieloma zagrożeniami. Przede wszystkim proces śrutowania wiąże się z olbrzymim hałasem. Występuje również duże zapylenie ograniczające widoczność. Zagrożenie stwarza także śrut wylatujący z dyszy z olbrzymią szybkością. Poza Rozporządzeniem Ministra Gospodarki (1) nie ma w Polsce przepisów, które odnosiłyby się bezpośrednio do śrutowni. Również to rozporządzenie jedynie w sposób ogólny określa zasady projektowania i eksploatacji śrutowni. Narzuca ono przede wszystkim system nadzoru nad pracownikiem znajdującym się w śrutowni. Pracownik powinien być cały czas asekurowany przez osobę nadzorującą jego pracę. W tym celu komora powinna posiadać odpowiedni wziernik. Określa ono także dopuszczalny czas pracy w komorze (40 minut pracy i 20 minut odpoczynku). Jeśli chodzi o techniczne wyposażenie, to nakazuje ono instalowanie systemów informujących o ewentualnych zagrożeniach, głównie w przypadku otwarcia drzwi oraz systemów automatycznie odcinających strumień sprężonego powietrza i śrutu w przypadku upuszczenia dyszy przez pracownika. Nakazuje także wyposażenie pracownika w środki ochrony osobistej oraz instalowanie wentylacji dostosowanej do używanego ścierniwa, czyszczonej powierzchni i ilości stanowisk pracy w taki sposób aby zapewniła ona odpowiednią widoczność. Wszystkie te aspekty są w Rozporządzeniu potraktowane bardzo ogólnie. Nie dają jasnych wytycznych, które ułatwiałyby projektantom konstruowanie śrutowni. Istnieją ogólne przepisy regulujące warunki jakie powinny panować na stanowiskach pracy

odnoszące się do hałasu, zapylenia czy oświetlenia. Ze względu na szczególne warunki występujące w śrutowni również one nie są wystarczająco pomocne przy projektowaniu. Ich przestrzeganie jest jednak wymagane przez instytucji kontrolne.

Projektowanie śrutowni wymaga dużego doświadczenia. Projektant z jednej strony musi brać pod uwagę istniejące przepisy, a z drugiej rzeczywiste warunki panujące w konstruowanej śrutowni. Mimo olbrzymiego hałasu panującego w śrutowni, wydobywającego się z dyszy śrutownicze i dochodzącego do 130 dB najprostszą sprawą jest ochrona pracownika przed nim. Dostępne są i powszechnie stosowane hełmy posiadające odpowiednie atesty, które zapewniają doskonałą ochronę. Również ochrona przed pyłem jest rozwiązywana poprzez podawanie pracownikowi bezpośrednio do hełmu świeżego odpowiednio uzdatnionego powietrza. Znacznie większy problem stwarza zapewnienie pracownikowi odpowiedniej widoczności. W procesie śrutowania powstaje bardzo dużo pyłu, który utrudnia widoczność, stąd zapewnienie odpowiedniej widoczności sprowadza się nie tylko do dobrego zaprojektowania oświetlenia ale również wydajnej wentylacji. Przy projektowaniu oświetlenia bierze się pod uwagę nie tylko wymiary komory, ale również planowane kształty konstrukcji. Bardzo często ogólne oświetlenie komory zainstalowane na suficie i ścianach nie wystarcza. W przypadku bardziej skomplikowanych konstrukcji np. zbiorników konieczne jest również instalowanie oświetlenia stanowiskowego, które doświetla miejsce w którym pracownik aktualnie czyści. Znacznie trudniejsze jest odpowiednie zaprojektowanie systemu odpylania śrutowni. W tym aspekcie projektant musi opierać się wyłącznie na doświadczeniu. Ogólne wytyczne zawarte w rozporządzeniu nie wystarczają. Często popełnia się błąd stosując ogólne zasady wykorzystywane przy projektowaniu hal fabrycznych. Przyjęty w takich przypadkach parametr wielokrotności wymiany powietrza w śrutowni zupełnie się nie sprawdza. Parametrem, który w jakiś sposób pomaga projektantom jest szybkość powietrza omywającego czyszczoną konstrukcję. Przy czym musi ona być skorelowana z rodzajem stosowanego ścierniwa, zanieczyszczeniami znajdującymi się na powierzchni oraz intensywnością czyszczenia (ilość i rozmiar dysz). Najważniejsze są zasady: im mniejsze pomieszczenie, tym wyższa szybkość powietrza, im bardziej pyłace ścierniwo tym większa wydajność wentylacji. Generalnie system wentylacji w śrutowni musi być tak zaprojektowany, aby zapewnić pracownikowi odpowiednią widoczność potrzebną do bezpiecznego poruszania się. Przy czym wydajna wentylacja zapobiega również odkładaniu się kurzu na czyszczonej konstrukcji. Na bezpieczeństwo pracownika ma wpływ również dostęp do czyszczonej powierzchni. Często czyści się wysokie konstrukcje o skomplikowanych kształtach, dlatego zapewnienie bezpiecznego dostępu nie jest sprawą łatwą. W takich przypadkach zwykle nie sprawdzają się uniwersalne podesty instalowane na ścianach śrutowni, z których dostęp do czyszczonej powierzchni może być utrudniony. Znacznie praktyczniejsze i bezpieczniejsze są przejezdne rusztowania, zwłaszcza jeśli są dostosowane do indywidualnych potrzeb.

Ze względu na opisane powyżej zagrożenia występujące przy czyszczeniu powierzchni rozwiązaniem jest instalowanie wewnątrz śrutowni robotów. Taki trend obserwuje się przede wszystkim w krajach, w których robocizna jest bardzo droga, a robotników chętnych pracować w śrutowni brakuje. W Polsce jeszcze nie ma tego problemu, ale wydaje się to tylko kwestią czasu.

## **Metalizacja natryskowa**

Przy metalizacji natryskowej główne zagrożenia są spowodowane obecnością pyłu oraz trujących gazów. Istota metalizacji natryskowej polega na roztopieniu metalu w płomieniu

palnika gazowego lub łuku elektrycznego, jego rozdrabnianiu na małe cząsteczki w strumieniu powietrza i nanoszeniu na zabezpieczoną powierzchnię. Metal jest rozdrabniany na cząsteczki o różnej wielkości, zwykle o średnicy od kilku do kilkunastu mikrometrów. Część tych cząstek nie trafia na metalizowaną powierzchnię, ale opada na podłogę lub unosi się w postaci zawiesiny w powietrzu. Na podłogę opadają głównie duże cząstki, które nie stanowią dużego zagrożenia dla pracowników. Istotne zagrożenie stwarzają małe cząstki, o średnicy kilku mikrometrów. Stwarzają one dwa zagrożenia. Po pierwsze, unosząc się w powietrzu tworzą zawiesinę, której stężenie może przekroczyć granicę wybuchowości. Po drugie, opadając na podłogę lub odkładając się na elementach wyposażenia mogą doprowadzić do samozapłonu. Drugie zagrożenie wiąże się z powstawaniem toksycznych gazów podczas roztapiania metalu. Szczególnie podczas roztapiania cynku wydobywają się gazy, które mogą prowadzić do ciężkiej chorób. Podczas metalizacji z wykorzystaniem palnika gazowego występuje ponad to zagrożenie pożaru lub wybuchu.

Nie ma w Polsce przepisów, które jednoznacznie regulowałyby zasady projektowania i wyposażania pomieszczeń do metalizacji natryskowe. Jedynie Rozporządzeniem Ministra Gospodarki (1) określa, że proces można prowadzić na otwartej przestrzeni lub w specjalnie do tego celu dostosowanych pomieszczeniach, oddzielonych od innych pomieszczeń. Pomieszczenie powinno być wyposażone w wentylację nawiewno- wywiewną z urządzeniem do odpylania w wersji dostosowanej do pracy w strefie zagrożonej wybuchem. Również oświetlenie powinno być przystosowane do strefy zagrożonej wybuchem. Ściany i strop powinny być wykonane z materiałów niepalnych, a stoły i inne elementy wyposażenia wykonane z materiałów umożliwiających ich odpylanie. Rozporządzenie nakazuje jeszcze aby pracownicy byli wyposażeni w hełmy i byli asekurowani z zewnątrz. Tak lakoniczne wytyczne w praktyce nie są wystarczające, aby projektant bez dużego obeznania z procesem metalizacji natryskowej mógł poprawnie skonstruować pomieszczenie do metalizacji.

Największy problem stwarza poprawne zaprojektowanie wentylacji. Większość pomieszczeń wykorzystywanych do metalizacji ma wadliwie zaprojektowane i w efekcie nieskuteczne systemy wentylacji. Mają one często jedynie wentylację ogólną stosowaną w halach przemysłowych z wyciągami umieszczonymi w dachu. W efekcie drobny pył jest utrzymywany w powietrzu unoszącemu się ku górze, co powoduje jego niebezpieczne zagęszczanie. Jako pomieszczenia do metalizacji wykorzystywane są również komory do śrutowania, w których jest zainstalowana wentylacja podłużna. W tym przypadku także mamy do czynienia z zagęszczaniem pyłu niesionego przez powietrze przez całą komorę. Prawidłowo zaprojektowany system wentylacji powinien zapewnić taki ruch powietrza w pomieszczeniu, aby cząstki drobnego pyłu były jak najszybciej odciągane z miejsca metalizacji. W przypadku małego pomieszczenia takie warunki można zapewnić poprzez zainstalowanie miejscowego odciągu, podobnego do tych jakie stosuje się do odpylania stanowisk spawalniczych. Jeżeli pomieszczenie jest duże, to konieczne jest zainstalowanie całego systemu wentylacji. W takich przypadkach najlepiej sprawdza się system poprzecznej wentylacji, w którym kanały odciągowe są zainstalowane na ścianach bocznych pomieszczenia, a kanały nadmuchowe świeżego powietrza w suficie. Szybkość przepływającego powietrza musi być na tyle duża aby przede wszystkim uniemożliwić unoszenie się ciepłego powietrza wraz z pyłami ku górze i skutecznie odciągać drobne cząsteczki metalu z pomieszczenia zanim opadną one na ziemię. Prawidłowe dobranie wydajności wentylacji oraz rozkładu kanałów wyciągowych wymaga dokładnych obliczeń uwzględniających szybkość opadania cząstek metalu. Powietrze wyciągane z pomieszczenia jest transportowane kanałami do odpylacza. Kanały muszą być tak zaprojektowane, aby nie odkładał się w nich pył, ponieważ groziłoby to samozapłonem i w rezultacie pożarem. Ważnym elementem w systemie wentylacji jest odpylacz. Musi on być wykonany w wersji

przeciwybuchowej. Dotyczy to zarówno wentylatora, jak i komory odpylania. Klębiący się wewnątrz komory drobny pył metaliczny stwarza realne zagrożenie wybuchem. Zakłada się, że stężenie pyłów w komorze jest w zakresie wybuchowym. Ze względu na to zagrożenie komora odpylania powinna być wyposażona w atestowane klapy eksplozyjne. Mimo to, aby w razie wybuchu nie dopuścić do przeniesienia eksplozji do wnętrza pomieszczenia, na kanale wyciągowym należy zainstalować przeciwybuchową klapę zwrotną.

Zaprojektowanie pozostałego wyposażenia pomieszczenia do metalizacji nie powinno projektantowi stwarzać większych problemów. Należy jedynie pamiętać, że wszystkie elementy wyposażenia muszą spełniać warunki stawiane urządzeniom użytkowanym w strefie zagrożonej wybuchem. Oczywiście, podobnie jak w śrutowni, należy zaprojektować system sterowania urządzeniami sygnalizujący stany awaryjne. Należy zapewnić odpowiednie oświetlenie oraz bezpieczny dostęp do metalizowanej konstrukcji. Pracownik musi posiadać sprzęt ochrony osobistej, a przede wszystkim hełm z szybą chroniącą przed szkodliwym promieniowaniem. Pomieszczenie powinno być także wyposażone w przemysłowy odkurzacz w wersji przeciwybuchowej do bezpiecznego zbierania pyłów.

### **Nakładanie powłok lakierniczych**

Główne zagrożenie przy nakładaniu powłok pochodzi od rozpuszczalników zawartych w farbach. Stwarzają one potrójne zagrożenie: zatrucia, pożaru i wybuchu. Osoby przebywające w malarni są narażone na ciągłe oddziaływanie rozpuszczalników uwalniających się z farby podczas malowania oraz odparowujących podczas suszenia. Najbardziej narażony jest pracownik malujący natryskiem. Przebywa on w bezpośrednim sąsiedztwie strumienia farby, z którego intensywnie uwalnia się rozpuszczalnik. Jego stężenie często wielokrotnie przekracza najwyższe dopuszczalne stężenie ( NDS ). Dodatkowo jest on narażony na kontakt z farbą, a głównie z jej pyłem unoszącym się w powietrzu. Pożar w malarni głównie powstaje jeśli dochodzi do zapalenia się farby w pojemniku lub resztek farby zalegającej na podłodze. Największe niebezpieczeństwo dla pracowników stanowi niebezpieczeństwo wybuchu. Uwalniający się rozpuszczalnik jako cięższy od powietrza opada na dół i kumuluje w miejscach, gdzie nie ma dostatecznej wymiany powietrza.

W wytwórniach konstrukcji stalowych nakładanie powłok prowadzi się głównie w odpowiednio do tego wyposażonych malarniach, rzadziej w komorach malarskich, a sporadycznie na otwartej przestrzeni. Zasady nanoszenia powłok reguluje w sposób ogólny Rozporządzeniem Ministra Gospodarki ( 1). Narzuca ono aby proces odbywał się w pomieszczeniach z wymuszoną wentylacją nadmuchową i wyciągową, a pracownicy powinni być wyposażeni w środki ochrony osobistej lub zbiorowej zapewniające ochronę przed pyłem i rozpuszczalnikami o stężeniu przekraczającym najwyższe dopuszczalne stężenie ( NDS ). Zaleca również aby ilość zgromadzonej w malarni farby nie przekraczała zapotrzebowania dla jednej zmiany, co ma zapobiegać niebezpieczeństwu pożaru o dużych rozmiarach. Pomieszczenie w którym odbywa się malowanie ma być zaprojektowane zgodnie z zasadami obowiązującymi dla obiektów zagrożonych wybuchem. Również całe wyposażenie znajdujące się w pomieszczeniu powinno być wykonane w wersji przeciwybuchowej. Podłoga w takim pomieszczeniu powinna być wykonana z materiałów odprowadzających ładunki elektrostatyczne. Zakazane jest używanie wewnątrz jakichkolwiek urządzeń iskrzących. Dokumentem, który bardziej szczegółowo zajmuje się zasadami projektowania pomieszczeń do malowania jest norma zatytułowana „Urządzenia do malowania” (2). Opisuje ona zasady projektowania kabin malarskich. Określa ona podstawowe wymagania odnośnie wyposażenia kabin dotyczące konstrukcji i wyposażenia. Przede wszystkim opisuje sposób działania wentylacji.

Kabina powinna mieć wentylację pionową, a jej wydajność ma być na tyle duża aby szybkość przepływu powietrza w kabinie była wyższa niż 0.3m/s. Zaleca ona także intensywność oświetlenia na poziomie wyższym niż 600 lux, oraz opisuje wymagania jakim powinno odpowiadać wyposażenie instalowane w kabinach. Zawiera także wytyczne odnośnie sposobów obliczania zagrożeń pożarowych i wybuchowych. Norma ta jednak nie jest przywołana w żadnym dokumencie i z tego powodu nie jest obowiązująca. Jest jednak pomocna przy projektowaniu pomieszczeń do malowania, mimo iż niektóre jej zalecenia, a przede wszystkim utrzymania szybkości przepływu powietrza wewnątrz pomieszczenia jest zwykle niepotrzebne, a często wręcz niemożliwe do spełnienia z powodów technicznych lub ekonomicznych.

Zaprojektowanie pomieszczenia do malowania w sposób zapewniający bezpieczną pracę wymaga nie tylko przestrzegania przepisów ujętych w Rozporządzeniu oraz zaleceń opisanych w normie, ale przede wszystkim dużego doświadczenia popartego licznymi obliczeniami. Technolog projektujący pomieszczenie do malowania musi przeanalizować wiele istotnych danych. Przede wszystkim musi brać pod uwagę ilość farby nakładanej w jednostce czasu. Musi także uwzględnić sposób nakładania oraz ilość malarzy pracujących jednocześnie. Na tej podstawie może wyliczyć ilość rozpuszczalnika uwalniającego się z farb i w konsekwencji rzeczywistą wydajność wentylacji, która jest konieczna dla zapewnienia bezpieczeństwa pracowników. Jest ona zwykle znacznie niższa niż zalecana w normie (2). W praktyce zaleca się taką wydajność wentylacji, aby średnie stężenie rozpuszczalników w pomieszczeniu nie przekraczało najwyższego dopuszczalnego (NDS). Tak stężenie hipotetycznie pozwala na przebywanie w pomieszczeniu do malowania pracowników bez środków ochrony osobistej. W praktyce osoby, które nie malują natryskiem (malowanie pędzlem, wałkiem, nadzór) mogą pracować bez specjalnej ochrony. W przypadku pracownika malującego natryskiem, który znajdując się w bezpośredniej bliskości strumienia farby czyli w przestrzeni, w której stężenie jest znacznie wyższe od NDS, konieczne jest stosowanie środków ochrony osobistej, przede wszystkim maski z pochłaniaczem lub dozownikiem świeżego powietrza. Zakłada się również że całe wyposażenie, które znajduje się w bezpośredniej strefie malowania będzie wykonane w wersji przeciwybuchowej. Poza tą strefą zapewnienie wentylacji na poziomie poniżej NDS praktycznie eliminuje niebezpieczeństwo wybuchu. Stężenie rozpuszczalników prowadzące do wybuchu (DWG) jest kilkaset razy wyższe niż NDS. Stąd przy tak zaprojektowanej i sprawnie funkcjonującej wentylacji niebezpieczeństwo wybuchu nie występuje. Aby ustrzec się jednak sytuacji, w której mimo niesprawnej wentylacji pracownik nadal maluje i niebezpiecznie rośnie stężenie rozpuszczalników instaluje się w malarniach dodatkowe systemy na bieżąco analizujące stężenia rozpuszczalników i w razie przekroczenia niebezpiecznej granicy alarmujące o zaistniałym niebezpieczeństwie, lub wręcz uniemożliwiające dalsze malowanie.

Oczywiście nawet w najlepiej zaprojektowanej malarni konieczne jest przestrzeganie elementarnych zasad zawartych w Rozporządzeniu i nie tylko. Przede wszystkim nie wolno malować gdy wentylacja jest niesprawna. Niedopuszczalne jest używanie otwartego ognia oraz urządzeń iskrzących. Nie należy też gromadzić w malarni nadmiernej ilości farb. Należy pamiętać aby wszystkie urządzenia były uziemione. Pracownicy powinni być wyposażeni w środki ochrony osobistej. Również zapewnienie pracownikom odpowiednich środków dostępu w postaci odpowiednich rusztowań poprawi bezpieczeństwo pracy.

## **Podsumowanie**

Zapewnienie bezpieczeństwa przy czyszczeniu i nakładaniu powłok w wytwórniach konstrukcji stalowych wymaga inwestowania w pomieszczenia przeznaczone do tego celu. Ich budowa jest utrudniona ze względu na brak przepisów i norm szczegółowo określających zasady projektowania. Projektant musi przestrzegając obowiązujące przepisy kierować się przede wszystkim własnym doświadczeniem. Decydując o szczegółowych rozwiązaniach musi brać pod uwagę specyfikę zakładu, a przede wszystkim planowaną produkcję. Musi także tak projektować, aby przy zachowaniu warunków bezpieczeństwa umożliwić wykonywanie robót antykorozyjnych na konkurencyjnym poziomie jakościowym i cenowym.

## **Literatura:**

1. Rozporządzenie Ministra Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 14 stycznia 2004r.
2. PN-EN 12215 – Urządzenia do malowania. Kabiny malarskie do nanoszenia natryskiwaniem ciekłych organicznych wyrobów lakierowych. Wymagania bezpieczeństwa.

