



ELOKON Przykład modernizacji maszyn pod względem bezpieczeństwa – ciągarka bębnowa

Jednym z większych wyzwań w procesie dostosowania istniejących maszyn do wymagań prawnych jest implementacja systemu bezpieczeństwa w sposób, który w jak najmniejszym stopniu zakłóci proces technologiczny przy jednoczesnym spełnieniu wszelkich wymagań prawnych mających zastosowanie do danej maszyny. Dzięki ponad dwudziestoletniemu doświadczeniu w dziedzinie bezpieczeństwa maszyn, opartym na przeprowadzeniu ponad 8000 audytów i dostosowaniu do wymagań bezpieczeństwa 2000 maszyn, zrealizowano z powodzeniem poniższy projekt.

CIĄGARKA BĘBNOWA

Modernizacja była realizowana u jednego z klientów firmy Elokon Polska Sp. z o.o., który jest znanym producentem prężnie działającym w branży metalowej. Produkuje wyroby, które znajdują zastosowanie w wielu kluczowych gałęziach przemysłu, jak: górnictwo węglowe, górnictwo poszukiwania ropy i gazu, hutnictwo, budownictwo, telekomunikacja, przemysł maszynowy, metalowy, stoczniowy, meblowy, samochodowy, lotniczy itp. Zakres jego produkcji obejmuje:

- liny stalowe standardowe i specjalistyczne
- liny kombinowane stalowo-polipropylenowe
- zawiesia z lin stalowych
- taśma do produkcji zsywek
- druty stalowe

Objektem przeprowadzanego dostosowania była maszyna do procesu ciągnięcia, czyli plastycznej przeróbki metalu na zimno poprzez przeciąganie materiału przez otwór narzędzia (ciągadła). Składa się ona z odwijaka, trzech dużych bębnow ciągnących, sześciu małych bębnow ciągnących, układacza oraz nawijarki. Materiałem wejściowym jest tzw. walcówka umieszczana w strefie odwijaka, która następnie jest



Rys. 1. Ciągarka przed modernizacją

przeprowadzana przez szereg ciągadeł w celu uzyskania drutu o żądanej średnicy. Na końcu, materiał wyjściowy w postaci drutu jest układany i nawijany na szpule.



Rys. 2. Strefa małych bębnow ciągnących po modernizacji

- Zagrożenia występujące w tego typu maszynach to między innymi:
- Wplątanie w i pochwylenie przez drut w strefie odwijaka,
 - Wciągnięcie i wplątanie pomiędzy drut a bęben lub między bęben a konstrukcją stałą maszyny,
 - Uderzenie końcówką zerwanego drutu,
 - Pochwylenie przez pętlę z drutu w strefie bębnow ciągnących,
 - Pochwylenie pomiędzy układacz a konstrukcją nawijarki,
 - Wplątanie i wciągnięcie przez obracającą się szpulę lub drut nawijany na szpulę,
 - Pochwylenie pomiędzy mechanizmy opuszczania i mocowania szpuli a konstrukcją nawijarki lub szpulę.

Użytkownik maszyny, bazując na obserwacji zdarzeń wypadkowych wytypował ją do przeprowadzenia audytu bezpieczeństwa. Maszyna została wprowadzona do obrotu około roku 1970, dlatego do jej oceny zastosowano Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 30 października 2002 r. w sprawie minimalnych wymagań dotyczących bezpieczeństwa i higieny pracy w zakresie użytkowania maszyn przez pracowników podczas pracy – wdrożenie dyrektywy 2009/104/WE. W raporcie tym przeprowadzono ocenę ryzyka (zgodnie z metodologią przedstawioną



Rys. 4. Strefa dużych bębnow ciągnących po modernizacji



Rys. 3. Strefa małych bębnow ciągnących przed modernizacją

w normie PN-EN ISO 12100), która wykazała możliwości poprawy stanu bezpieczeństwa ciągarci. Zidentyfikowano liczne niezgodności z wymaganiami ww. rozporządzenia oraz polskich norm, które wykorzystano do opracowania proponowanych, dostosowawczych rozwiązań technicznych. W ramach procesu oceny ryzyka przeprowadzono szacowanie ryzyka zgodnie z autorską metodologią firmy Elokton, które wykazało, że w przypadku analizowanej maszyny, w celu uzyskania właściwej redukcji ryzyka, wymagane jest, aby część układu sterowania odpowiedzialna za bezpieczeństwo spełniała wymagania niezawodnościowe co najmniej PL d przy minimalnej kategorii 3 wg PN-EN ISO 13849-1 (PL – ang. performance level; pol. poziom zapewnienia bezpieczeństwa).

TRUDNE ETAPY PRZYGOTOWANIA MASZYN

W celu realizacji zaleceń opracowano propozycje techniczne modernizacji, których przedstawienie zaowocowało zaangażowaniem służb BHP, operatorów, służb technicznych i pracowników zarządzających produkcją w modernizację. Dzięki temu możliwe było dopracowanie proponowanych rozwiązań tak, aby osiągnąć wymaganą redukcję ryzyka przy jednoczesnym zachowaniu zdolności produkcyjnych maszyny. Zdecydowano się na system bezpieczeństwa składający się z kombinacji następujących technicznych środków ochronnych: osłony stałe, osłony blokujące z ryglowaniem, urządzenia sterujące podtrzymywane, urządzenia zatrzymania awaryjnego w postaci przycisków, urządzenie zatrzymania awaryjnego w postaci wyłącznika linkowego.

Kombinacja osłon stałych i blokujących z ryglowaniem zapewnia całkowite odseparowanie operatora od elementów niebezpiecznych. Strefę odwijaka zabezpieczono poprzez osłony w postaci wygodzenia z bramkami dostępowymi. Duże bębny ciągnące wyposażono w osłony



Rys. 5. Strefa dużych bębnow ciągnących przed modernizacją



Rys. 6. Strefa nawijarki po modernizacji

unoszone pionowo, a małe bębny w ostony uchylane do góry. W strefie nawijarki zastosowano ostony stałe w postaci wygradzenia oraz ostony otwieraną na bok do celów załadunku i wyładunku szpuli. Przy doborze rozwiązań należało uwzględnić wiele aspektów bezpieczeństwa, które trzeba było pogodzić z wymaganiami produkcyjnymi.

Typową sytuacją zagrożenia, która może wystąpić przy obsłudze maszyn ciągarskich jest pochycenie przez pętlę drutu. Powstaje ona w sytuacji, gdy między poszczególnymi bębnami lub między bębniem a ciągadłem, drut nie jest naprężony. Wtedy może utworzyć się na podłodze, przy maszynie pętla, w której można znaleźć się kończyzna dolna. Znane są przypadki, w których doszło do takiego pochycenia kończyzny dolnej a nawet głowy. Inną typową sytuacją zagrożenia występującą przy obsłudze maszyn ciągarskich jest możliwość wyrzutu tzw. łańcucha ciągarskiego, który jest wykorzystywany podczas przygotowania maszyny do produkcji. Element ten ma znaczną masę i wykonuje ruch obrotowy razem z bębniem ciągnącym, co było kolejnym powodem zastosowania opisywanego rozwiązania. Dodatkowo ten aspekt został wzięty pod uwagę przy doborze grubości blach, z których wykonano ostony.

Kolejnym istotnym aspektem, który należało wziąć pod uwagę, była konieczność obserwacji strefy bębnowych ciągnących oraz nawijarki, gdzie zagrożenia są największe, podczas ruchu maszyny. Konceptcja zastosowania pojedynczej siatki stalowej o wielkości oczka umożliwiającej obserwację strefy obróbki została odrzucona, ponieważ spowodowałoby to możliwość umieszczenia palca (ewentualnie dłoni) w strefie niebezpiecznej (strefa uderzenia końcówką zerwanego drutu; do zrywu może dojść na skutek wady materiału lub niewłaściwego prowadzenia procesu; do zrywu dochodzi na tej maszynie około raz na zmianę). Problem rozwiązano poprzez zastosowanie wypełnienia z dwóch siatek o wielkości oczka oraz odległości pomiędzy dwoma siatkami dobranymi zgodnie z PN-EN ISO 13857. Przeprowadzono dodatkową analizę ryzyka, która wykazała konieczność zastosowania tego rozwiązania także w strefie nawijarki. W celu zapewnienia dobrej widoczności okna rewizyjne wykonano w kolorze czarnym. Testy wykazały, że zaimplementowane rozwiązanie zapewnia odpowiedni poziom ochrony oraz zadowalający wgląd w strefę obróbki.

Innym, typowo produkcyjnym, aspektem, który należało wziąć pod uwagę, był proces przygotowania maszyny do pracy (zaciągania), który wymaga każdorazowo dostępu do dwóch kolejnych bębnowych oraz ciągadła pomiędzy nimi. Wykonywane czynności, miejsca wykonywania tych czynności oraz ilość elementów znajdujących się w strefie obróbki wymusiły konstrukcję ostony, które w możliwie małym stopniu przestają dostęp do tej strefy. W związku z tym dla małych bębnowych



Rys. 7. Strefa nawijarki przed modernizacją

ciągnących opracowano ostony, po otwarciu których żadne elementy nie pozostają w strefie działania operatora – ostony uchylane do góry. Niestety podobnego rozwiązania nie dało się zastosować dla dużych bębnowych ciągnących ze względu na występowanie wieży z kołem kompensacyjnym o znacznej wysokości. Z tego względu, ostony dla tej strefy zaprojektowano w formie dużych paneli z podwójnej siatki, które można unieść do góry zapewniając możliwie swobodny dostęp – ograniczenie stanowią jedynie słupy z prowadnicami.

Kolejnym istotnym wymaganiem produkcyjnym było zapewnienie możliwości prowadzenia konserwacji i czyszczenia a także prac naprawczych, które wymagają często demontażu całego bębna ciągnącego. Z tego względu:

- ostony dużych bębnowych zaprojektowano jako indywidualne moduły (możliwość demontowania ostony każdego z bębnowych niezależnie),
- dolne ostony stałe dużych i małych bębnowych wykonano w dwóch częściach, z których niższa umożliwia dostęp do miejsc częstej obsługi, a górna stanowi bazę montażową dla elementów sterowniczych (rzadki dostęp; demontaż przy poważniejszych naprawach),
- ostony blokujące z ryglowaniem w strefie małych bębnowych wyposażono w śruby z uchem umożliwiające skorzystanie z urządzeń podnoszących przy demontażu.

Ostony stałe i blokujące z ryglowaniem pełni także funkcje dodatkowe. Zastosowane rozwiązanie zapewnia ograniczenie emisji hałasu a także ogranicza rozprzestrzenianie się pyłu powstającego podczas produkcji.

BEZPIECZNIE I EFEKTYWNIE

Mając pełną świadomość, że wprowadzane zmiany mogą doprowadzić do obniżenia wydajności produkcji, podjęto działania projektowe, które oprócz poprawy bezpieczeństwa obsługi maszyny zapewniły także zwiększenie efektywności pracy w nowych warunkach.

Jednym z nich było zapewnienie możliwości uzupełniania proszku ciągarskiego bez otwierania ostony blokującej z ryglowaniem i zatrzymywania maszyny. W starym systemie bezpieczeństwa nie było takiej możliwości, gdyż operator musiałby znaleźć się w strefie niebezpiecznej w celu uzupełnienia proszku. W trakcie modernizacji zastosowano leje zasypowe umieszczone w ostonach i skierowane do puszek z ciągadłami, przez które przechodzi drut. Umieszczenie zasypów w ostonach spowodowało, że po ich otwarciu dostęp do strefy obróbki do celów ustawiania czy wymiany narzędzi nie jest ograniczany. Operatorzy aktywnie korzystają z wdrożonych rozwiązań.



Rys. 8. Ciągarka po modernizacji

Kolejnym aspektem, który miał wpływ na wydajność pracy z nowym systemem bezpieczeństwa była obsługa nawijarki. Pierwotnie koncepcja modernizacji zakładała całkowite uniemożliwienie ruchu napędów przy otwartych ostonach, jednak próby przy uruchomieniu wykazały, że ze względu na techniczne ograniczenia maszyny wprowadza to nieakceptowalne wydłużenie czasu załadunku i wyładunku szpuli. Podjęto analizę ryzyka, która wykazała, że zgodnie z normami dopuszczalne jest umożliwienie ruchu konika w obu kierunkach i ruchu podnośnika w górę przy otwartych ostonach pod warunkiem zastosowania odpowiednich technicznych środków ochronnych. Zgodnie z PN-EN ISO 12100, do sterowania tymi napędami przy otwartych ostonach, zastosowano urządzenia sterujące podtrzymywane, ruch odbywa się w warunkach zredukowanego ryzyka (prędkości ruchu elementów stwarzających dany rodzaj zagrożenia mieszczą się w granicach ustanowionych przez normy), uniemożliwiono dostęp poprzez inne ostony niż ostona nawijarki oraz umiejscowiono w zasięgu operatora urządzenie zatrzymania awaryjnego. Obserwacje tuż po uruchomieniu wykazały, że uzyskano znaczne skrócenie czasu wymiany szpuli w stosunku do pierwotnej koncepcji.

Poprawę stanu bezpieczeństwa i podatność maszyny do obsługi uzyskano także dzięki relokacji zaworów regulujących przepływ wody do chłodzenia ciągnika i bębna. Przed modernizacją zawory były umieszczone tuż pod bębniami ciągnącymi w taki sposób, że operator podczas regulacji był narażony na czynnik zagrażający w postaci drutu. Przed modernizacją zaprojektowano w ostonach stałych pod bębniami miejsce na instalację zaworów i przewodów hydraulicznych w taki sposób, aby nie ograniczać dostępu do stref za ostonami w razie konieczności demontażu. Operatorzy aktywnie korzystają z wdrożonych rozwiązań.

Innym tego typu działaniem było przeniesienie przycisków sterowniczych każdego bębna na zewnątrz strefy niebezpiecznej. W starym układzie elementy sterownicze znajdowały się pod ostonami blokującymi, co sprawiało, że operator musiał się do nich schylać oraz był narażony na czynniki zagrażające jak w przypadku obsługi zaworów wody.

EFEKTY

Wdrożony system bezpieczeństwa działa w taki sposób, że żądanie odryglowania którejkolwiek ostony powoduje zatrzymanie kategorii 0 wg PN-EN 60204-1 wszystkich napędów (poza ww. napędami nawijarki), czyli natychmiastowe odłączenie zasilania od napędów maszyny. Z powodu tego, że elementy maszyny posiadają dużą bezwładność ustawiono zwłokę czasową pomiędzy żądaniem odryglowania a odryglowaniem oston, aby uniemożliwić dostęp do stref do momentu ustania zagrożenia.

Ostony blokujące z ryglowaniem i sterowanie ich odblokowywaniem podzielono na sekcje zgodnie z procesem produkcyjnym: odwijak, duże i małe bębny, sekcja między ostatnim bębniem a nawijarką, nawijarka. W sumie na maszynie zainstalowano 13 oston blokujących z ryglowaniem. Uzupełniający techniczny środek ochronny stanowi linkowy wyłącznik zatrzymania awaryjnego. Taka ilość urządzeń ochronnych oraz rozległość maszyny spowodowały, że konieczne było zaimplementowanie sygnalizacji stanu systemu bezpieczeństwa. Sygnalizator świetlny umieszczony w taki sposób, aby był widoczny z każdego miejsca maszyny oraz z sąsiednich maszyn. Sygnalizowane są następujące stany systemu bezpieczeństwa:

- wszystkie ostony zamknięte i zaryglowane, system bezpieczeństwa umożliwił uruchomienie – zapalony sygnalizator koloru zielonego a koloru czerwonego zgaszony,
- urządzenie zatrzymania awaryjnego w postaci wyłącznika linkowego aktywowane – sygnalizator koloru zielonego zgaszony a czerwonego zapalony,
- Wszystkie ostony zamknięte (aktywatory włożone w wyłączniki), ale nie wszystkie zaryglowane – migający sygnalizator koloru zielonego,

Dzięki temu operator wie jakie czynności ma dalej wykonywać, aby uzyskać zezwolenie na uruchomienie. Jest to zwłaszcza istotne z tego względu, że na każdym bębnie znajduje się element sterowniczy (przełącznik bistabilny) do odryglowania oston wszystkich dziewięciu bębnow. Pobudzenie którejkolwiek z nich powoduje odryglowanie wszystkich oston. Po wstępnym zidentyfikowaniu, że któraś z oston jest niezaryglowana operator ma możliwość sprawdzenia dzięki dodatkowej sygnalizacji na samym elemencie sterowniczym, który z nich musi przesterować, aby zaryglować ostony. Dodatkową korzyścią z systemu sygnalizacji jest rozwiązanie problemu z częstym wzywaniem służb utrzymania ruchu przez operatorów z błahych powodów oraz problemu z wstępnym rozpoznaniem, czy brak możliwości uruchomienia maszyny jest spowodowany przez układ serowania związany z bezpieczeństwem czy technologiczny.

Stary system bezpieczeństwa umożliwiał pracę niektórych części maszyny przy otwartych niektórych ostonach bębnow ciągnących jednak w procesie analizy ryzyka zidentyfikowano potencjalne zagrożenie z tym związane i uniemożliwiono takie działanie. Potencjalnie możliwe jest zrealizowanie funkcjonalności wybiórczego zatrzymania napędów po otwarciu oston, ale wymagałaby ona wprowadzenia do systemu bezpieczeństwa czujników obecności drutu na wszystkich bębnach oraz indywidualnego monitorowania stanu wszystkich oston. Aktualnie analizowane są korzyści i koszty wynikające z takiego rozwiązania.

Od modernizacji upłynął już około rok, a użytkownik maszyny zauważył realny spadek zdarzeń potencjalnie wypadkowych i wypadkowych. Modyfikacja maszyny zyskała także pozytywny odbiór u załogi maszyny dzięki uwzględnieniu potrzeb operatorów w realizowanym projekcie. Zgłaszano również wzrost ogólnego poczucia bezpieczeństwa wśród obsługi. Po początkowym, chwilowym spadku produktywności, dzięki zaangażowaniu w szkolenia i asystę we wczesnym etapie użytkowania maszyny po modernizacji, udało się również osiągnąć efektywność produkcyjną na poziomie jak przed modernizacją. ■

Adrian Gierjatowicz

Zastępca Kierownika Oddziału Gdańsk
Inżynier Bezpieczeństwa Zawodowego – Automatyk
ELOKON Polska Sp. z o. o.
adrian.gierjatowicz@elokon.pl