

mgr TOMASZ SAWICKI
Biegły sądowy z zakresu pożarnictwa
Sąd Okręgowy w Legnicy

Zagrożenie pożarowe i wybuchowe w przemyśle zbożowo-młynarskim

W artykule podjęto próbę przybliżenia zagadnień związanych z zagrożeniem pożarowym i wybuchowym w przemyśle zbożowo-młynarskim podczas przerabiania i magazynowania zbóż w postaci rozdrobnionej. Omówiono charakterystyczne procesy samozapalenia zbóż oraz procesy czyszczenia i rozdrabniania ziarna powodujące wybuch, właściwości fizykochemiczne niektórych produktów zbożowych, charakterystyki energetycznych źródeł ciepła powodujących pożary oraz faktyczne przykłady pożarów i wybuchów.

Danger of fire and explosion in the grain and milling industry

The article attempts to familiarise the reader with issues related to the danger of fire and explosion in the grain and milling industry during the processing and storing of crumbled grain. Characteristic processes of grain self-ignition are described as well as the processes of cleaning and crumbling grain, which cause explosion. Physical and chemical properties of some grain products are presented as well as characteristics of heat energy sources that cause fire. Additionally, real examples of fires and explosions are given.

stotą zagrożenia pożarowego i wybuchowego w przemyśle zbożowo-młynarskim jest samozapalność i wybuchowość stosowanych jako surowiec oraz przerabianych i magazynowanych zbóż w postaci rozdrobnionej.

Przy magazynowaniu zboża w usypiskach może ono zapalić się od odkrytego źródła ognia o temperaturze około 600 °C. Przykładowo niektóre potencjalne źródła zapalenia mają następujące temperatury: żarzący się papieros 500 ÷ 750 °C, płomień zapałki 600 ÷ 800 °C, płomień świeczki 1500 °C, płomień palnika gazowego 1500 ÷ 2000 °C, iskry (żarzącej się cząstki) 500 ÷ 700 °C, iskry spawalniczej 2000 °C, łuk elektryczny, którego efektem jest zwarcie – od 3000 do 6000 °C, a temperatura wytworzona wskutek tarcia dwóch elementów o siebie może dochodzić do 800 °C. Palenie zboża odbywa się na powierzchni a ogień słabo przenika w głąb z powodu ścisłego przylegania ziarna. Zdolność wydzielenia ciepła przez palące się ziarno sięga średnio 4000 kal/kg, a temperatura palenia się ziarna osiąga około 1000 °C.

Ziarno zbożowe charakteryzuje się złym przewodnictwem ciepła i zdolne jest do samozapalenia. Ziarna zbóż pochłaniają wilgoć, a więc mają zdolności higroskopijne. Woda znajdująca się w ziarnach przyspiesza proces oddychania. Dwutlenek węgla, który wydziela się wskutek oddychania ziarna, jako gaz wypełnia przestrzeń międzyziarnową

i po zgromadzeniu się w większych ilościach, zamyka dostęp powietrza do ziarna uniemożliwiając jego właściwe oddychanie. Oddychające ziarna powodują wydzielanie się dużej ilości ciepła. Jest to zjawisko bardzo niebezpieczne, gdyż ziarna są złym przewodnikiem ciepła, gdy więc w masie ziarna zacznie się w jakimś miejscu wydzielać ciepło, nie może być ono szybko odprowadzone, ponieważ otaczające to miejsce ziarna działają jak warstwa izolacyjna. Na skutek tego następuje wzrost temperatury w masie ziarna, który w konsekwencji może doprowadzić do jego samonagrzewania.

Samonagrzewanie może być też wynikiem wysypania ciepłego ziarna na zimną podłogę, nierównomiernego ogrze-

wania ścian komory lub magazynu (np. ogrzania słońcem tylko jednej zewnętrznej ściany lub przenikanie ciepła przez ścianę komory sąsiedniej), a także ich zamoczenie, zsypanie wilgotnego ziarna razem z suchym oraz zapyłone i zanieczyszczone miejsca w pryzmach.

W procesie oczyszczania, mielenia i transportowania ziarna w elewatorach, w magazynach i młynach powstają duże ilości pyłów. W związku z tym wybuchowo niebezpieczne koncentracje pyłów tworzą się zarówno w procesie czyszczenia, jak i rozdrabniania ziarna. Pyły te stwarzają zagrożenie wybuchu w następujących warunkach:

- unoszony w przestrzeni pył, jeżeli jego wartość w jednym metrze sześciennym przewyższa 20 g, zawartość wody jest niższa niż 8%, a w chmurze pyłowej przeważają najdrobniejsze cząstki o średnicy poniżej 60 mikrometrów. Obliczono, że jeśli w młynie o powierzchni 300 m² i wysokim na 3 m unieść w powietrze pył ze wszystkich powierzchni, znajdujący się na nich w warstwach niewidzialnych dla oka (0,045 mm), to stworzy się mieszanina wybuchowa, w której pył osiągnie 21 g/m³ powietrza
- warstwy nagromadzonego pyłu, jeżeli temperatura pyłu przekracza 60 °C lub

Tabela
WŁAŚCIWOŚCI FIZYKOCHEMICZNE NIEKTÓRYCH PRODUKTÓW ZBOŻOWYCH

Nazwa materiału	Mąka kartoflana	Mąka pszenna	Mąka żytnia	Kurz zbożowy pszenny	Kurz zbożowy żytni	Kurz owsiany i jęczmienny
Temperatura tlenia w °C	200	209 ÷ 215	180	135	120	150
Temperatura samozapalenia w °C	409	485 ÷ 504	354	421	389	368
Temperatura zapalenia rozpylonego pyłu od gorącej powierzchni w °C	430	410 ÷ 430	415 ÷ 470	420 ÷ 485	430 ÷ 500	440
Dolna granica wybuchowości w g/m ³	85,0	60,0 ÷ 73,0	95,0 ÷ 130,0	110,0	64,0	68,0
Prędkość rozprzestrzeniania się frontu płomienia w m/s, przy stężeniu w g/m ³	6,5 56,0	9,95 ÷ 9,10 2080 ÷ 1430	10,80 440,0	8,50 580,0	10,25 1120,0	

Źródło: T. Ostrowski. *Wybuchy pyłów w przemyśle*. Wydawnictwo CRZZ, Warszawa 1980



pył osadza się na powierzchniach lub rurach grzejnych itp.

- pył w stanie osiadłym, zapala się tylko wówczas, gdy zaistnieje źródło ciepła, lub gdy przez pewien czas działają na niego wiązki iskier.

Granice wybuchowości pyłu zbożowego i mącznego są zależne od wielu czynników, a przede wszystkim od stopnia wilgotności. Zdolność wybuchowości pyłu maleje wraz ze wzrostem wilgotności. Granice wybuchowości pyłu mącznego suchego wynoszą $20 \div 100 \text{ g/m}^3$, przy wilgotności 9% wynoszą $300 \div 1000 \text{ g/m}^3$, natomiast przy wilgotności powyżej 16% pyły zbożowe i mączne nie wybuchają. Wilgotność przerabianego ziarna wynosi $15 \div 16\%$, a po częściowej obróbce zmniejsza się do $9 \div 14\%$. Szybkość rozprzestrzeniania się ognia podczas spalania pyłu wynosi $10 \div 25 \text{ m/s}$, natomiast rozprzestrzenianie się wybuchu sięga nawet 1000 m/s . Od chwili rozpoczęcia procesu do właściwego wybuchu upływa $7 \div 11$ milisekund. Właściwości fizykochemiczne niektórych produktów zbożowych przedstawia tabela.

Wybuchy pyłów mogą również wystąpić w czasie pożaru. W praktyce spotyka się, że w czasie pożaru może mieć miejsce kilka wybuchów w krótkim czasie, który daje wrażenie, że jest to jeden wybuch o dużej sile. Cechą charakterystyczną wybuchów pyłów (wybuchów przestrzennych) jest to, że skutki w postaci wyburzeń i zniszczeń, przesunięć przedmiotów oraz elementów konstrukcyjnych rozpoczynają się od ścian (przeszkód) ograniczających centrum wybuchu, tj. objętość (kubaturę), w której powstała mieszanina wybuchowa. Siły działania w obszarze wybuchu skierowane są równomiernie na zewnątrz. Wybuch przestrzenny w wolno stojącym obiekcie jest zdolny wyburzyć ściany przy podłożu i przemieścić w różnej wielkości fragmentach na odległość wynoszącą kilkadziesiąt metrów. Wybuchowi pyłów zbożowych ze względu na charakter składników tworzących mieszaninę wybuchową z reguły towarzyszy powstanie pożaru.

Przykłady faktycznych pożarów

- W porcie, podczas prowadzenia rozładunku zboża zsypywanego do ładowni statków nastąpił wybuch. Jak ustalono, niedługo przed wybuchem zaciął się taśmociąg na drodze z silosu do elewatora. Silnik napędzający to urządzenie znajdował się w podziemiu elewatora. Zatrzymano taśmę i dokonano naprawy. Wybuch nastąpił w momencie, kiedy silnik został ponownie włączony. Jak ustalono wybuch powstał od iskry z silnika.

- W zakładzie młynarskim na jeden dzień został wyłączony elewator, w związku z tym w zakładzie pracowała tylko jedna zmiana. W elewatorze tym powstał gwałtowny wybuch, który zniszczył całkowicie ośmiopiętrową konstrukcję. Kilka silosów zostało zniszczonych całkowicie, a kilka innych uszkodzonych. Powstał gwałtowny pożar. W czasie dochodzenia, za przyczynę pożaru uznano niewyłączenie taśmociągu w zamkniętej części zakładu. Taśma zacięła się, ale silnik pracował nadal, powodując pożar, a w jego następstwie wybuch.

- W młynie mącznym krochmali nastąpił wybuch pyłu, który przeniósł się na zewnątrz urządzenia technologicznego. Jak ustalono, przyczyną wybuchu było tarcie mechaniczne, które powstało wskutek braku magnesów wychwytyjących elementy metali feromagnetycznych.

- W oddziale produkcyjnym mączki ziemniaczanej nastąpił wybuch przesuszonego krochmalu na przewodach transportu pneumatycznego suszarni mączki. Wybuch uszkodził część komory powietrznej suszarki mączki. Przyczyną inicjacji wybuchu było powstanie węgla piryforycznego i samozapalenie przy ze-

tknięciu z powietrzem (w komorze powietrznej).

- W komorze mącznej młyna nastąpił wybuch pyłu mącznego. Uszkodzona została komora mączna. Przyczyną wybuchu była nieostrożność obsługi w posługiwaniu się ogniem otwartym.

- W młynie nastąpił wybuch pyłu mącznego w urządzeniu czyszczącym, tzw. łuszczarce szmerglowej. Przyczyną wybuchu była iskra mechaniczna wytworzona przez obce ciało (metal), które dostało się do łuszczarki.

- W spichrzu zbożowym nastąpił wybuch pyłu zbożowego w podnośniku czerpakowym. Przyczyną wybuchu była iskra mechaniczna powstała w wyniku tarcia czerpaka o ściany podnośnika.

- W spichrzu zbożowym nastąpił wybuch pyłu zbożowego na skutek awarii przenośnika łańcuchowego. Wybuch spowodował zniszczenie sterowni spichrza, pomieszczenia napędu przenośników taśmowych, zerwanie dachu galerii nad komorami zbożowymi i uszkodzenie dwóch przenośników. Przyczyną wybuchu była iskra mechaniczna spowodowana awarią przenośnika łańcuchowego.

- W elewatorze zbożowym nastąpił wybuch w zbiorniku elewatora, który spowodował reakcję kolejnych wybuchów w ośmiu pozostałych zbiornikach, tworzących baterię. Uszkodzeniu uległa cała bateria zbiorników elewatora. Przyczyną wybuchu była nieostrożność obsługi w posługiwaniu się ogniem otwartym. Za pomocą spawarki elektrycznej próbowano odciąć metalową część wysypu do komory. Temperatura łuku elektrycznego spowodowała eksplozję nagromadzonych w komorze pyłów.

Wnioski

Analiza warunków i przyczyn inicjacji spaleń i wybuchów pyłów zaistniałych w zakładach przemysłu zbożowo-młynarskiego wykazała, że energetycznym źródłem inicjującym pożar najczęściej były:

- energia mechaniczna (np. zaiskrzenie mechaniczne lub tarcie elementów urządzeń technicznych w instalacjach technologicznych)
- iskra elektryczna, będąca wynikiem niesprawności instalacji elektrycznej lub brakiem instalacji odprowadzającej ładunki elektrostatyczne z elementów urządzeń technologicznych
- otwarty ogień (np. nieostrożne spawanie, użytkowanie otwartych urządzeń grzewczych itp.)
- samozapalenie pyłów osiadłych w tzw. martwych miejscach urządzeń technologicznych.

Podstawową przyczyną wybuchów było wytworzenie się zbyt dużej koncentracji pyłów w mieszaninie z powietrzem. W większości przypadków nie usuwano zgromadzonego pyłu z maszyn i urządzeń, dopuszczając do nadmiernego odkładania się go na konstrukcjach budynków oraz na instalacjach i urządzeniach technologicznych. Koncentracja pyłu umożliwiająca wybuch zdarza się np. przy wyrzutach z elewatorów i ślimaków, w silosach, suszarniach, młynach, przesiewaczach, filtrach oraz przy workowaniu i paczkowaniu.

Wybuch lub zapalenie pyłu zbożowego, czy mącznego w urządzeniach oraz w transporcie mechanicznym może zaistnieć w przypadku dostania się do nich przedmiotu metalowego oraz awarii w samym urządzeniu i powstania iskry udarowej. Natomiast w urządzeniach aspiracyjnych oraz w transporcie pneumatycznym istnieje niebezpieczeństwo wybuchu lub zapalenia pyłu zbożowego lub mącznego w przypadku powstania źródła pożaru w jednym z urządzeń produkcyjnych, wyładowania łuku elektryczności statycznej, iskrzenia spowodowanego tarcieniem łopatek wietrznika o budowę lub zagraniu łożysk wietrznika.

Zmniejszenie zagrożenia wybuchowego wiąże się przede wszystkim z jak najdalej posuniętym ograniczeniem miejsca występowania pyłów palnych poprzez hermetyzację urządzeń technologicznych oraz wyeliminowanie wszelkich źródeł inicjacji.

mgr inż. ZYGMUNT ZROBEK
Centralny Instytut Ochrony Pracy
– Państwowy Instytut Badawczy

Masy kotwiczące są urządzeniami przeznaczonymi do ochrony przed upadkiem z wysokości. Umożliwiają zamocowanie indywidualnego systemu ochronnego, w miejscach, gdzie brak jest odpowiednich do tego celu elementów konstrukcji stałej. W wyniku prac badawczych prowadzonych w CIOP-PIB opracowano nowe rozwiązania mas kotwiczących, cechujące się wysoką skutecznością powstrzymania spadania. W artykule przedstawiono parametry konstrukcyjne i ochronne opracowanych mas kotwiczących oraz wytyczne dotyczące instalowania i użytkowania tego typu urządzeń ochronnych.

Deadweight anchors – a new construction

A deadweight is a device designed to protect against falls from a height. It makes anchoring a personal protective system possible in places without anchor points that are part of the original structure. On the basis of research conducted at CIOP-PIB, a new construction of deadweight anchor devices was built. It is highly efficient in fall arresting. The article presents the construction of this device and guidelines for installing and using deadweight anchors.

W artykułach dotyczących sprzętu chroniącego przed upadkiem z wysokości, opublikowanych w ostatnich latach w „Bezpieczeństwie Pracy” [1, 2], były prezentowane zagadnienia związane z masami kotwiczącymi. W szczególności, był omawiany zakres ich stosowania, zasada działania oraz wpływ cech konstrukcyjnych na właściwości ochronne.

W wyniku prac badawczych prowadzonych w latach 2000 – 2002, w Centralnym Instytucie Ochrony Pracy – PIB

skonstruowano nowe rozwiązania mas kotwiczących, cechujące się wysoką skutecznością powstrzymania spadania.

„Elastyczna” masa kotwicząca, przedstawiona na rysunku 1., ma postać jednokomorowego zbiornika o kształcie soczewkowym, którego płaszczyznę wykonany jest z tkaniny poliestrowej powlekaną tworzywem sztucznym. Zbiornik jest wyposażony w króciec wlewowy i zawór spustowy. Na obwodzie zbiornika są umieszczone punkty kotwiczenia indywidualnego sprzętu chroniącego przed upadkiem z wysokości. Parametry techniczne urządzenia są następujące: masa całkowita – 1100 kg, średnica ok. 2,6 m, wysokość ok. 0,40 m, masa z pustym zbiornikiem ok. 15 kg, średnie obciążenie jednostkowe podłoża w obszarze posadowienia ok. 2,0 kN/m². W celu przygotowania do użytkowania należy zbiornik napełnić wodą, w takiej ilości, by osiągnąć wymaganą masę całkowitą przeznaczoną do jednoczesnego użytkowania przez trzy osoby.

„Sztynna” masa kotwicząca, przedstawiona na rysunku 2., składa się z segmentów stalowo-betonowych oraz sztywnych łączników. Segmenty stalowo-betonowe układane są w siedmiu stosach (modułach) połączonych ze sobą przegubowo za pomocą sztywnych łączników. Segmenty są wyposażone w punkty kotwiczenia indywidualnego sprzętu chroniącego przed upadkiem z wysokości, słu-



Rys. 1. Masa kotwicząca o konstrukcji „elastycznej”: 1 – powłoka zbiornika, 2 – króciec wlewowy, 3 – zawór spustowy, 4 – punkt kotwiczenia sprzętu ochronnego



Rys. 2. Masa kotwicząca o konstrukcji „sztywnej”: 1 – segment stalowo-betonowy, 2 – łącznik, 3 – punkt kotwiczenia sprzętu ochronnego