

dr inż. Gerard Kałuża

Konstrukcja i badania zatapialnych pomp wirowych przeznaczonych do pracy w przestrzeni zagrożonej wybuchem.

I. Wstęp

Pompa zatapialna jest urządzeniem elektryczno-mechanicznym. Składa się z dwóch ściśle powiązanych z sobą elementów tzn. silnika elektrycznego oraz pompy wirowej. Dla takiego zespołu można wyróżnić dwa podstawowe rozwiązania konstrukcyjne:

1. wirnik pompy umieszczony bezpośrednio na wale silnika,
2. silnik oraz pompa połączone poprzez sprzęgło.

Pierwsze rozwiązanie, łatwiejsze technologicznie, wykorzystywane jest w pompach o mocy silnika do kilku kilowatów. Rozwiązanie ze sprzęgłem cechuje pompy dużej mocy.

Każdą z konstrukcji pompy zatapialnej charakteryzuje jeden podstawowy wspólny wymóg; napędzający silnik elektryczny musi być szczelny wobec pompowanego medium (wyjątek stanowią wykonania specjalne). W większości przypadków pompy zatapialne stosuje się do pompowania wody czystej bądź zanieczyszczonej. Istnieje również obszar zastosowań, gdzie występuje zagrożenie wybuchowe.

Można zastanawiać się skąd pojawia się wymaganie bezpieczeństwa przeciwwybuchowego dla pompy zatapialnej – (...pompa zanurzona nie ma kontaktu z atmosferą wybuchową...).

Dla większości czasu pracy pompy to stwierdzenie jest prawdziwe. Należy jednak wziąć pod uwagę stany awaryjne bądź przejściowe takie jak wynurzenie w trakcie pompowania bądź załączenie mimo braku pompowanego medium.

II. Pompa zatapialna do przestrzeni zagrożonej wybuchem

W przypadku stosowania w przestrzeni zagrożonej wybuchem pompa musi spełniać wymagania dyrektywy 94/9/WE (ATEX). Pompa zatapialna traktowana jako zwarte konstrukcyjnie urządzenie elektryczno-nieelektryczne grupy I kategorii M2 bądź grupy II kategorii 2 podlega procesowi oceny z udziałem jednostki notyfikowanej. W tym miejscu należy podkreślić, że „zwykła” pompa (będąca elementem np. agregatu pompowego) w zakresie bezpieczeństwa przeciwwybuchowego może zostać oceniona przez wytwórcę, bez udziału jednostki notyfikowanej; agregat pompowy można traktować w rozumieniu dyrektywy jako zestaw.

Powyższe wymagania [1] wynikają z konieczności kompleksowego podejścia do tematu bezpieczeństwa przeciwwybuchowego. Pamiętajmy również, że dyrektywa obejmuje zarówno urządzenia elektryczne jak i nieelektryczne oraz systemy ochronne.

III. Wymagania konstrukcyjne

Konstrukcja pompy musi uwzględniać przewidywane w miejscu zainstalowania zagrożenie. W górnictwie, ze względu na specyficzne, trudne i ciężkie warunki eksploatacji należy uwzględnić oprócz zagrożenia gazowego również i zagrożenie pyłowe. W przemyśle pozagórnictwym, dla tego typu urządzeń, z reguły zagrożenie pyłowe nie występuje. O wyborze rodzaju zabezpieczenia decyduje rodzaj spodziewanej mieszaniny wybuchowej i przewidywana strefa zagrożenia.

Pompa zatapialna stanowi potencjalne źródło zapłonu mieszaniny wybuchowej i to zarówno w części elektrycznej jak i nieelektrycznej [2, 3, 4].

- Silnik elektryczny

Silnik elektryczny pompy zatapialnej może zostać wykonany jako ognioszczelny lub budowy wzmocnionej względnie jako konstrukcja mieszana. Ze względu na łatwiejsze wykonanie w większości są to silniki ognioszczelne. Jak wcześniej wspomniano obudowa silnika dodatkowo musi zapewniać „wodoszczelność” czyli stopień ochrony IP68 [6]. Oznaczeniu takiego stopnia ochrony musi

Strona 1 z 5

towarzyszyć podanie parametrów badania tzn.: głębokości zanurzenia oraz maksymalnego czasu przebywania w wodzie przy tym zanurzeniu. Wymagany stopień ochrony może być osiągnięty rozdzielnie bądź dopiero po połączeniu z pompą (po zmontowaniu). W celu zapewnienia wymaganego stopnia ochrony wykorzystuje się szeroką gamę uszczelnień. Popularnym rozwiązaniem uszczelnienia wału silnika jest wykorzystanie uszczelnień mechanicznych. Pociąga to za sobą stosowanie komory olejowej stanowiącej oddzielenie pomiędzy silnikiem a częścią pompową.

- Pompa

Popularnym rozwiązaniem są pompy wirowe odśrodkowe. Oddzielenie pomiędzy pompowanym medium a komorą olejową stanowi również uszczelnienie mechaniczne. Wykonanie przeciwybuchowe pompy opiera się na zastosowaniu odpowiednich materiałów oraz najczęściej spełnieniu wymagań bezpieczeństwa konstrukcyjnego [5].

IV. Badania

Potwierdzenie wykonania przeciwybuchowej pompy zatapialnej przebiega kilkuetapowo. Poniżej przedstawiono ważniejsze etapy tego procesu.

1. Sprawdzenie zgodności dokumentacji z wymaganiami zadeklarowanych norm zharmonizowanych.
2. Badania silnika elektrycznego; zależnie od rodzaju budowy przeciwybuchowej

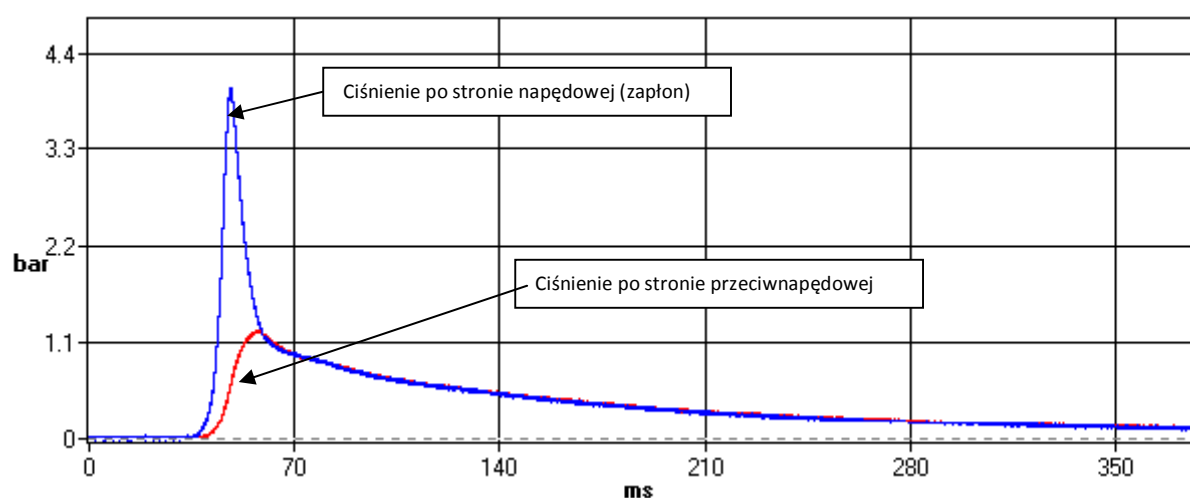
Silnik ognioszczelny:

- badania wytrzymałości na uderzenie
- badanie z udziałem mieszanin wybuchowych (ciśnienie odniesienia, próba nadciśnienia, zabezpieczenie przed przeniesieniem się wybuchu)
- nagrzewanie przy obciążeniu znamionowym

Silnik budowy wzmocnionej:

- badania wytrzymałości na uderzenie
- nagrzewanie przy obciążeniu znamionowym
- wyznaczenie czasu t_E

Na rysunku 1 przedstawiono przykład zarejestrowanych przebiegów ciśnienia w trakcie badań silnika pompy zatapialnej grupy II o mocy 11 kW.

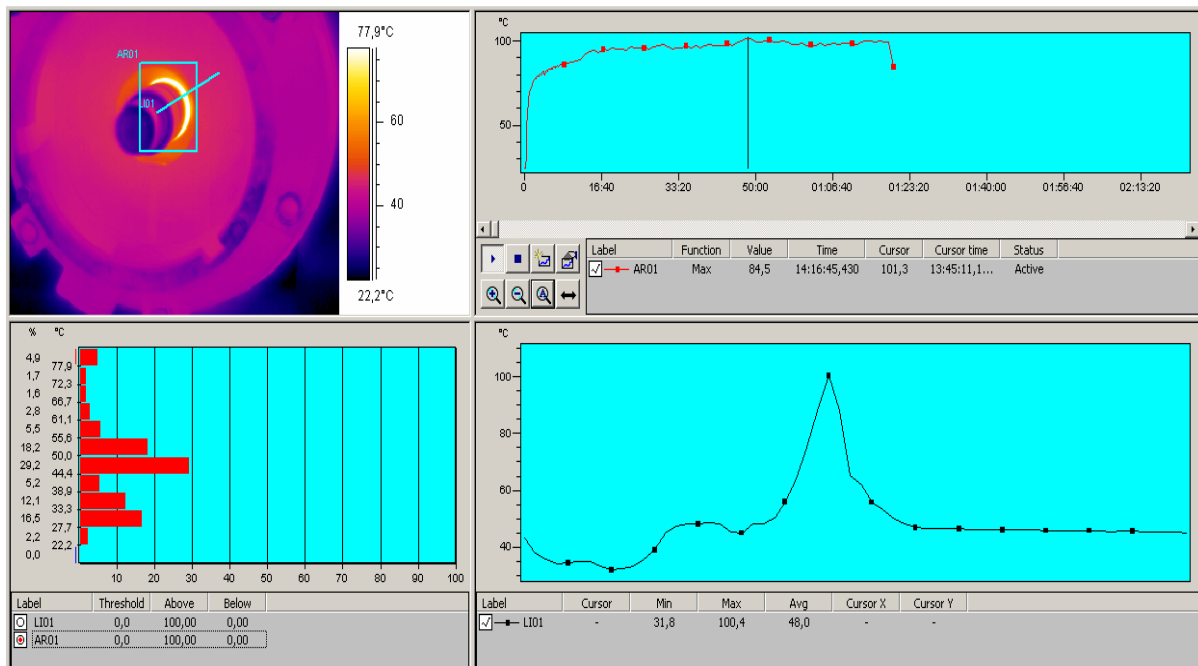


Rys.1 Przebieg ciśnień w silniku pompy zatapialnej grupy II o mocy 11 kW.

3. Badania części pompowej

- badania wytrzymałości na uderzenie
- badania nagrzewania (dla zadeklarowanego bezpieczeństwa konstrukcyjnego badanie „pracy na sucho”)

Na rysunku 2 przedstawiono przykład przebiegów nagrzewania uszczelnienia mechanicznego w trakcie badań „pracy na sucho”



Rys.2 Przebieg nagrzewania uszczelnienia mechanicznego w trakcie badań „pracy na sucho”; pompa grupy I o mocy silnika 20 kW.

Jak można zauważyć, zasadnicze nagrzewanie uszczelnienia mechanicznego podczas wynurzenia z cieczy pompowanej (komora olejowa pompy wypełniona) następuje w ciągu 1÷2 minut. Następnie temperatura ulega stabilizacji.

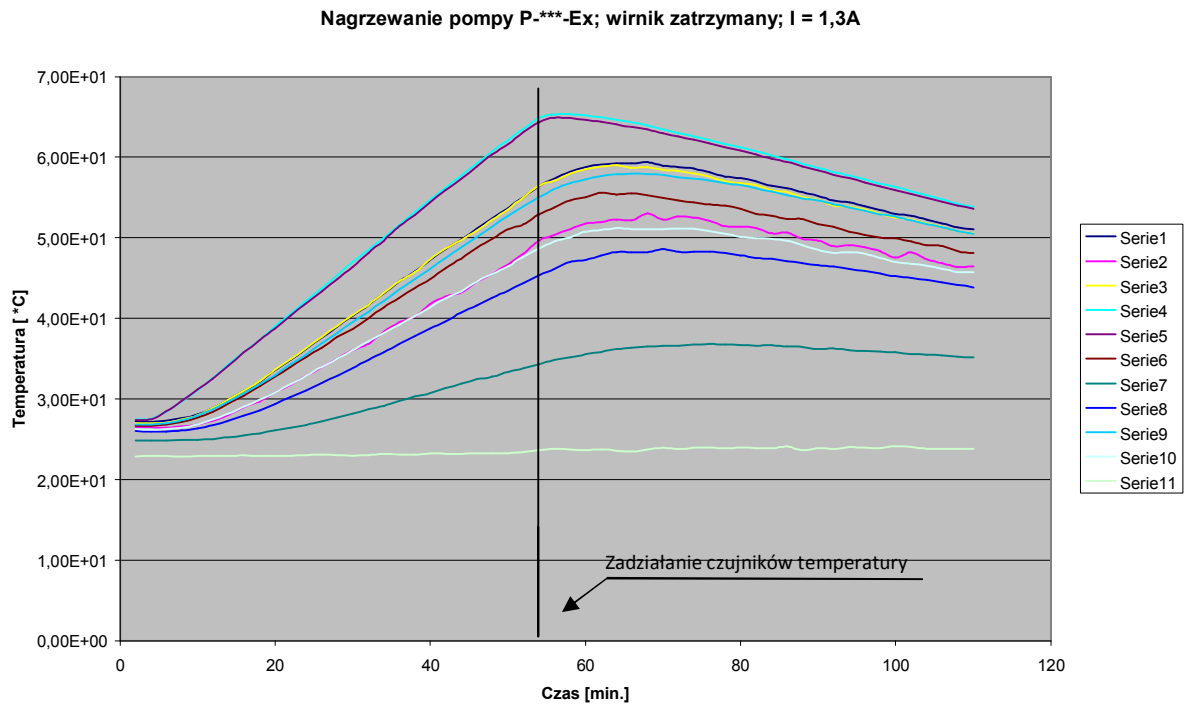
Sytuacja ulega diametralnej zmianie, gdy pozbawimy oleju komorę olejową. Praca w takim przypadku prowadzi do szybkiego uszkodzenia uszczelnienia mechanicznego; zwięzienia mieszka elastomerowego. Zawsze przekroczona zostaje temperatura wynikająca z klasy temperaturowej pompy.

- w oparciu o wykonane badania opracowanie dokumentu oceny zagrożenia zapłonem

4. Badania zmontowanej pompy zatapialnej

- badania nagrzewania w warunkach wynurzenia z cieczy; obciążenie znamionowe
- badania nagrzewania w warunkach wynurzenia z cieczy; utyk





Na rysunku 3 przedstawiono przykład zarejestrowanych przebiegów temperatury w trakcie badań nagrzewania silnika elektrycznego pompy zatapialnej grupy I w warunkach utyku.



Rys.3 Przebieg nagrzewania w warunkach utyku (wynurzenie) silnika pompy zatapialnej grupy I o mocy 4 kW.

Gdzie: 4 – obudowa silnika od strony komory przyłączonej, 5 – obudowa silnika od strony wału
 2 – wewnątrz komory przyłączonej, 9 – tarcza łożyskowa od strony wału pompy, 11 – temperatura otoczenia

W wyniku przeprowadzenia procesu oceny zgodności pompa uzyskuje oznaczenie wykonania przeciwybuchowego. Przykład podano poniżej.

 	I M2 c Ex d I	 	II 2G c Ex d IIB T3
---	------------------	---	------------------------

V. Instalowanie oraz eksploatacja pompy

Podstawowym źródłem informacji o zasadach prawidłowej instalacji, eksploatacji, przeglądach i konserwacji jest dostarczana wraz z urządzeniem instrukcja obsługi. Towarzyszyć jej powinna deklaracja zgodności z wymaganiami zasadniczymi dyrektywy.

Należy podkreślić, że dotrzymanie warunków zawartych w instrukcji nie tylko zapewnia długotrwałą, możliwie bezawaryjną eksploatację ale jest warunkiem zachowania bezpieczeństwa przeciwwybuchowego.

Jeżeli pompa pracująca w środowisku zagrożonym wybuchem posiada czujniki temperatury, to powinny być one połączone z właściwym urządzeniem wyłączającym. Podobnie należy dotrzymywać warunków długości okresów pomiędzy wymianą np. łożysk, uszczelnień bądź oleju w komorze olejowej. Koniecznym jest również zwrócenie uwagi na warunki wymiany kabla zasilającego, gdyż ze względu na specjalne uszczelnienia we wpuście, wymagany może być kontakt z serwisem fabrycznym.

Na zakończenie powyższych rozważań należy raz jeszcze podkreślić, że rozpatrywane pompy zatapialne, pomimo wykonania przeciwwybuchowego, nie mogą być stosowane nawet chwilowo w strefie „0” (np. do odpompowania cieczy palnej). Powyższe stwierdzenie opiera się na podstawowej przesłance zawartej w wymaganiach dyrektywy, która brzmi następująco:

W strefie „0” można stosować urządzenia kategorii 1.

Kategoria 1 obejmuje urządzenia zaprojektowane tak, aby mogły funkcjonować zgodnie z parametrami ruchowymi, ustalonymi przez producenta oraz zapewniając bardzo wysoki poziom zabezpieczenia.

Urządzenia tej kategorii muszą zapewniać wymagany poziom zabezpieczenia nawet w przypadku rzadko występującej awarii i charakteryzują się środkami zabezpieczenia przeciwwybuchowego takimi, że:

- w przypadku uszkodzenia jednego ze środków zabezpieczających, przynajmniej drugi, niezależny środek zapewni wymagany poziom zabezpieczenia, albo
- wymagany poziom bezpieczeństwa będzie zapewniony w przypadku wystąpienia dwóch niezależnych od siebie uszkodzeń.

Jak widzimy, pompa zatapialna tych wymagań nie spełnia.

Literatura

1. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 22 grudnia 2005r w sprawie zasadniczych wymagań dla urządzeń i systemów ochronnych przeznaczonych do użytku w przestrzeniach zagrożonych wybuchem
2. PN-EN 1127-1:2007 „Atmosfery wybuchowe - Zapobieganie wybuchowi i ochrona przed wybuchem - Pojęcia podstawowe i metodologia”
3. PN-EN 1127-2+A1:2008 „Atmosfery wybuchowe - Zapobieganie wybuchowi i ochrona przed wybuchem - Część 2: Pojęcia podstawowe i metodologia dla górnictwa”
4. PN-EN 13463-1:2003 „Urządzenia nielektryczne w przestrzeniach zagrożonych wybuchem - Część 1: Podstawowe założenia i wymagania”
5. PN-EN 13463-5:2003 „Urządzenia nielektryczne w przestrzeniach zagrożonych wybuchem - Część 5: Ochrona za pomocą bezpieczeństwa konstrukcyjnego "c"
6. PN-EN 60529:2003 „Stopnie ochrony zapewniane przez obudowy (Kod IP)”
7. PN-EN 60079-1:2008 „Atmosfery wybuchowe - Część 1: Urządzenia przeciwwybuchowe w osłonach ognioszczelnych "d"