

Gerard Kałuża

GIG Kopalnia Doświadczalna „BARBARA”, Mikołów

STOPIEŃ OCHRONY IP ZAPEWNIANY PRZEZ OBUDOWY URZĄDZEŃ PRZEMYSŁOWYCH

IP DEGREE OF PROTECTION PROVIDED BY ENCLOSURES INDUSTRIAL EQUIPMENT

Streszczenie: Stopień ochrony IP jest podstawowym parametrem charakteryzującym obudowę urządzenia. Odnosi się zarówno do obudów urządzeń budowy „normalnej - nie przeciwwybuchowej”, jak i urządzeń w wykonaniu przeciwwybuchowym. Decyduje w sposób istotny o własnościach eksploatacyjnych oraz bezpieczeństwie użytkowania. Określany jest zarówno dla obudów urządzeń elektrycznych, jak i nieelektrycznych. Wymagana wartość stopnia ochrony IP zależy od przewidywanych warunków użytkowania. Dla pewnych rodzajów urządzeń minimalny stopień ochrony obudowy określony jest poprzez przepisy krajowe. Istnieje również grupa urządzeń, dla których wymagany minimalny stopień ochrony podano w wymaganiach norm. W niniejszym artykule omówiono podstawowe zagadnienia związane z metodami badań stopni ochrony zapewnianych przez obudowy. Przedstawiono przykłady błędów konstrukcyjnych mogących prowadzić do utraty wymaganego stopnia ochrony IP w trakcie eksploatacji urządzeń. Omówiono również wpływ i zasadność zastosowania smaru, jako środka zapewniającego zachowanie wymaganego IP.

Abstract: IP degree of protection is a fundamental parameter characterizing the enclosure. This applies both to the construction of enclosure, "normal – non explosion-proof" and enclosure for explosion-proof equipment. In a special way determines the properties operating and safety of use. Is determined for both as electric equipment and as well as non-electric equipment enclosures. The required value of IP protection depends on the anticipated conditions of use. For some types of equipment a minimum degree of protection of enclosure is determined by the national legislation. There is also a group of devices for which the required minimum level of protection is given in the requirements of the standards. This article discusses the key issues related to the methods of tests degrees of protection provided by enclosures. Describes examples of design errors, that could lead to the loss of the required degree of IP protection during the operation of equipment. It also discusses the effect and validity of use the grease as a mean of guarantee the required maintain of IP.

Słowa kluczowe: stopień ochrony IP, obudowa, badania

Keywords: IP degree of protection, enclosure, tests

1. Wstęp

Obudowa jest podstawowym elementem urządzenia. Może być wykonana zarówno z metalu jak i materiału niemetalowego. Obudowy mogą zapewniać zamknięcie hermetyczne bądź gwarantować zachowanie określonego stopnia ochrony IP.

W przypadku obudów hermetycznie zamkniętych proces uzyskiwania szczelności kończy się zwykle na etapie produkcji względnie instalowania urządzenia. Po uzyskaniu zaizolowania otwarcie obudowy prowadzi do jej uszkodzenia. Stopień ochrony (uszczelnienia) obudowy pozwalającej na otwieranie w miejscu zainstalowania określany jest poprzez podanie wartości parametru IP.

Należy zwrócić uwagę na fakt, że obudowa urządzenia bądź podzespołu może w trakcie eksploatacji być narażona na oddziaływanie

czynników zewnętrznych np. temperatury, wibracji, uderzeń względnie na upadek. Taka sytuacja implikuje konieczność zachowania odpowiedniego toku postępowania w trakcie procesu badania stopnia ochrony. W pierwszej kolejności należy poddać badaną obudowę zdefiniowanym/przewidywanym narażeniom, a następnie finalnemu badaniu stopnia ochrony.

2. Definicja stopnia ochrony IP

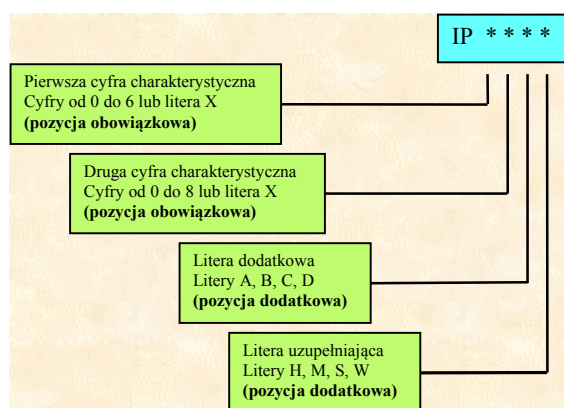
Badanie stopnia ochrony obudowy wykonuje się w oparciu o następujące normy:

- PN-EN 60529:2003 - dotyczy obudów urządzeń o napięciu zasilania do 72,5kV
- lub
- PN-EN 60034-5:2004+A1:2009 – dotyczy elektrycznych maszyn wirujących.

Stopień ochrony IP jest miarą ochrony zapewnianej przez obudowę przed dostępem do części niebezpiecznych, wnikaniem obcych ciał stałych oraz wnikaniem wody. Sprawdzany jest w badaniach prowadzonych metodami znormalizowanymi [1].

Ochrona przed wnikaniem obcych ciał stałych obejmuje bryłki, pyły i włókna. Ochrona przed wnikaniem wody dotyczy wyłącznie wody, nie obejmuje innego rodzaju cieczy np. rozpuszczalników, benzyny itp. Ochrona przed dostępem do części niebezpiecznych (dotykem) dotyczy elementów stwarzających zagrożenie dla obsługi (np. części wirujące, przesuwające się, nieizolowane pod napięciem).

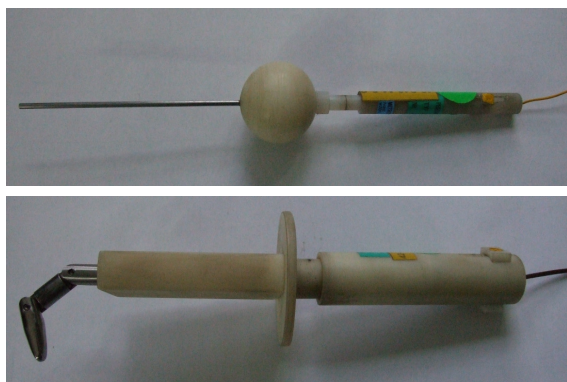
Prawidłowy sposób oznaczenia (kodowania) stopnia ochrony przedstawiono w zestawieniu – Rys.1.



Rys. 1. Oznaczenie kodowe IP [1]

3. Metody badania stopnia ochrony

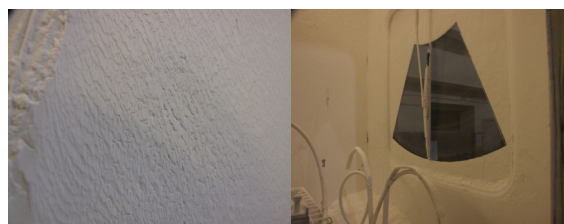
Badanie stopnia ochrony należy rozumieć jako czynność pomiarową. Konsekwencją tego jest zapewnienie wymaganej spójności pomiarowej procesu. Uzyskuje się ją poprzez wykonanie odpowiednich wzorców.



Rys. 2. Próbniki dostępu IP3X oraz IP2X

Próbniki dostępu, stosowane w trakcie badań IP1X do IP4X, powinny być wzorcowane w zakresie długości, średnicy oraz siły nacisku. Przykładowy wygląd próbników dostępu do badania IP3X oraz IP2X przedstawiono powyżej – Rys.2.

Badanie stopnia ochrony IP5X oraz IP6X wiąże się z wykorzystaniem do badań stanowiska w postaci komory pyłowej. Jest to pomieszczenie szczelnie zamknięte, w którym w sposób skuteczny należy wzbudzić i utrzymać atmosferę pyłu zawieszonego. Gęstość pyłu zawieszonego zdefiniowano w sposób pośredni podając ilość wymaganego talku na jednostkę objętości komory pyłowej. Wynosi ona 2kg na 1 metr sześcienny pustej komory badawczej, co nie oznacza, że w danej chwili 100% talku tworzy obłok pyłowy. Do prowadzenia badań stosowany jest pył talku o granulacji ziaren do 75µm [1]. Jako medium badawcze, w odróżnieniu od innych pyłów przemysłowych, talk posiada podstawową zaletę; nie tworzy pyłowej mieszaniny wybuchowej. Cechą niekorzystną jest zjawisko elektryzowania i „klejenia się” do ścianek komory badawczej – Rys.3.



Rys. 3. Widok pokrycia ścian komory talkiem

Może to być powodem zmniejszania się w trakcie badania gęstości zawiesiny pyłowej. Ze względu na powyższe komora pyłowa powinna być wyposażona, oprócz wentylatora, w dodatkowe urządzenia pozwalające na utrzymywanie właściwych warunków badania.

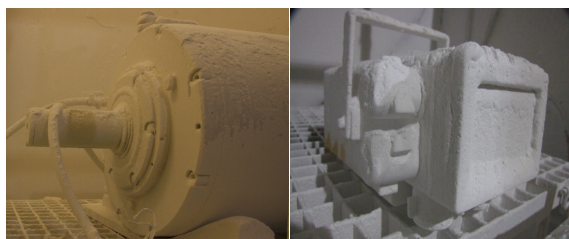
Mając powyższe na uwadze laboratorium powinno posiadać, dla zapewnienia odpowiedniej jakości badań, skuteczną metodę wytwarzania i monitorowania gęstości zawiesiny pyłowej w komorze badawczej.

W przypadku obudowy, wewnątrz której w cyklu pracy występuje obniżenie ciśnienia (tzw. obudowa kategorii 1; „oddychająca”), w trakcie badań konieczne jest wytworzenie w jej wnętrzu podciśnienia. Pociąga to za sobą konieczność stosowania filtrów, pomp ssących, układów pomiaru podciśnienia oraz przepływu. Badanie z podciśnieniem powoduje zasysanie atmosfery pyłowej do wnętrza badanej obudowy.

Skutkiem tego procesu jest „zapychanie się” szczelin w badanej osłonie, co prowadzi do zmian prędkości zasysania oraz wartości podciśnienia badawczego. Wymaga to zastosowania automatycznych układów regulacyjnych względnie, co jest bardzo kłopotliwe, ciągłego kilkogodzinowego nadzoru i regulacji ręcznej.



Rys. 4. Komory do badań IP5X oraz IP6X



Rys. 5. Urządzenia w komorze pyłowej po badaniach IP5X, IP6X

Badanie stopnia ochrony przed wnikaniem wody (IPX1 do IPX6) wymaga zastosowania kilku rodzajów urządzeń probierczych. Umożliwiają one wytworzenie „znormalizowanych” strumieni wody, którymi oblewana jest obudowa. Ilość wody natryskiwanej w trakcie badania jest ściśle określona i powinna być kontrolowana przez wywzorcowany miernik przepływu. Dysze urządzeń natryskowych powinny być również regularnie kalibrowane w zakresie średnicy otworu wylotowego.

Przykład konstrukcji urządzeń probierczych dla IPX3 oraz IPX4 przedstawia Rys.6



Rys. 6. Urządzenia probiercze do badań IPX3 oraz IPX4

Badanie stopnia ochrony IPX7 oraz IPX8 wymaga zanurzenia badanej obudowy do wody na daną głębokość przez określony czas. Aby prowadzić badania IPX7 należy dysponować odpowiednio głębokim zbiornikiem. Badania IPX8 mogą być realizowane dwoma sposobami:

- poprzez bezpośrednie zanurzenie w otwartym zbiorniku wodnym na wymaganą głębokość w określonym czasie, lub
- poprzez umieszczenie badanej obudowy w zbiorniku hermetycznie zamkniętym, zalaniu zbiornika wodą tak, aby badana obudowa znajdowała się całkowicie pod lustrem wody i następnie wytworzeniu nadciśnienia odwzorowującego wymagane zanurzenie.

W niektórych przypadkach (np. pompy zatapalne) może pojawić się konieczność badania stopnia ochrony IP w trakcie pracy urządzenia. Wymaga to posiadania instalacji zasilającej wewnątrz zbiornika badawczego. Przykład konstrukcji urządzenia probierczego dla badania IPX8 przedstawia Rys.7.

Ochronę przed wnikaniem oraz dostępem do elementów niebezpiecznych zapewnia również hermetyzacja. Jest to metoda pozwalająca na uzyskanie całkowitej ochrony przed dostępem i wnikaniem atmosfery zewnętrznej w tym cieczy (nie tylko wody) do wnętrza obudowy.

Normy [1, 2] nie podają metody badania skuteczności hermetyzowania obudowy. Jako obudowę hermetycznie zamkniętą należy rozumieć obudowę, która po wyposażeniu i zahermetyzowaniu posiada wolną przestrzeń wewnętrzną. W przeciwnym przypadku mamy do czynienia

z urządzeniem hermetyzowanym. Sposób badania jakości hermetyzowania obudowy podają normy dotyczące danego rodzaju wykonania obudowy/urządzenia [np. 8, 9]. Dla większości przypadków jakość hermetyzacji sprawdza się poprzez wytworzenie i kontrolę utrzymywania nadciśnienia względnie podciśnienia powietrza [8, 9] we wnętrzu badanej obudowy lub metodą bąbelkową poprzez zanurzenie w cieczy na określonej głębokość.



Rys. 7. Zbiornik do badań IPX8



Rys. 8. Stanowisko do badania szczelności z wykorzystaniem helu

Dla pewnych rozwiązań technicznych, np. urządzeń z wewnętrznym wydzielaniem [6], występuje konieczność sprawdzenia szczelności obudów lub elementów obudów wykorzystując do tego celu Hel. Ze względu na wielkość cząsteczki jest to gaz silnie penetrujący oraz, co stanowi w tym przypadku jego zaletę, niepalny (nie tworzy mieszanin wybuchowych). Badanie szczelności z wykorzystaniem helu wymaga zastosowania wyrafinowanej techniki badawczej, której elementem jest umiejętność wytworzenia próżni na poziomie ułamka Paskala. Przykład konstrukcji urządzenia do badania szczelności z wykorzystaniem helu przedstawia Rys. 8

4. Stopień ochrony, a miejsce zainstalowania obudowy

Wielkość wymaganego stopnia ochrony obudowy mogą precyzować przepisy krajowe [3], normy dotyczące danego typu urządzeń [4, 7, 10, 11, 12] względnie indywidualne wymogi użytkownika. Oczywiście jest fakt konieczności zachowania wymaganej hierarchii prawnej w tym zakresie.

Zapewnienie danego stopnia ochrony obudowy IP związane jest w większości przypadków z stosowaniem uszczelnień elastomerowych.

Uszczelnienie powinno spełniać swoją rolę przez cały przewidywany okres użytkowania. Uzyskuje się to poprzez właściwy dobór materiału tzn. jego odporności na czynniki chemiczne (oleje, smary itp.) oraz temperaturę. Zdolność do pracy uszczelnienia w danej temperaturze określa jego producent poprzez podanie np. parametru COT [4] (continuous operating temperature) względnie jego odpowiednika. Uszczelnienie powinno pracować w zakresie podanych wartości parametru COT.

Istnieje grupa wyrobów, dla których zachowanie określonego stopnia ochrony obudowy jest szczególnie ważne ze względu na bezpieczeństwo eksploatacji. Należą do nich urządzenia w wykonaniu przeciwwybuchowym [7, 8, 10]. Dla obudów urządzeń w wykonaniu przeciwwybuchowym wymagany jest margines bezpieczeństwa dla COT zwykle pomiędzy 10÷20K co oznacza, że maksymalna temperatura pracy uszczelnienia jest mniejsza o 10÷20K, aniżeli COT.

Ze względu na dużą różnorodność konstrukcji uszczelnień oraz sposobów ich montażu skuteczność pracy uszczelnienia potwierdza się poprzez badanie.

Powszechnie stosowanym, dla obudów urządzeń przemysłowych, jest stopień ochrony IP54. Taka wartość IP zapewnia:

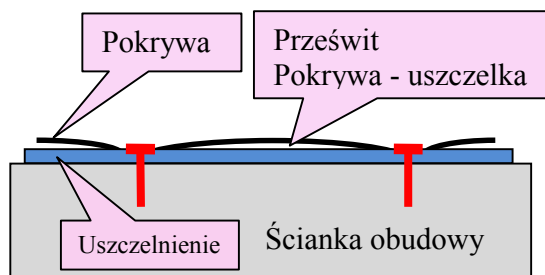
- ochronę przed dotknięciem elementów niebezpiecznych drutem,
- ochronę przed wnikaniem pyłu, podczas badania w komorze pyłowej, w ilości powodującej zakłócenie prawidłowej pracy urządzenia,
- ochronę przed wnikaniem wody, natryskiwanej za pomocą urządzenia probierczego z wieloma dyszami, w ilości powodującej zakłócenie prawidłowej pracy urządzenia.

Należy podkreślić, że określenie dopuszczalnej ilości pyłu względnie wody we wnętrzu osłony wymaga, dla IP54, znajomości rodzaju i sposobu rozmieszczenia wyposażenia wewnętrznego względnie badane powinno być urządzenie (obudowa) z wyposażeniem.

Żaden ze stopni ochrony od IPX1 do IPX6 nie gwarantuje wodoszczelności. Oznacza to, że jeżeli tak wykonana obudowa, w tym również IP54, zostanie zainstalowana w przestrzeni otwartej i będzie narażona na bezpośredni opad atmosferyczny może dojść do zalania jej wnętrza. Badanie ochrony przed wnikaniem wody trwa kilka minut (w większości przypadków 3÷10minut) natomiast czas trwania, charakter

i intensywność opadu atmosferycznego może znacząco przekraczać warunki badania.

Specyficzną grupę obudów stanowią obudowy posiadające podatne na odkształcenia pokrywy (np. kilkumilimetrowa blacha względnie materiał niemetalowy). W trakcie badań tego typu obudów ujawniają się nierzadko typowe przypadki nieprawidłowej konstrukcji. Stosowny przykład przedstawia Rys. 9.

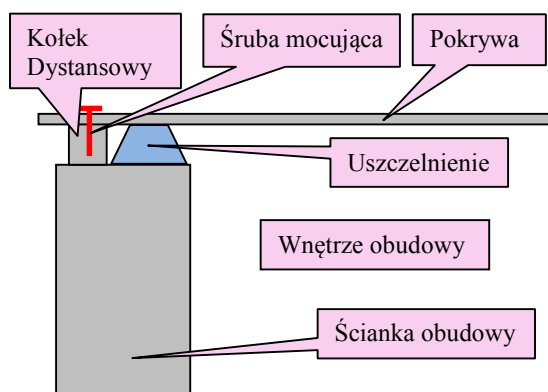


Rys. 9. Przykład deformowania pokryw przy zbyt mocnym dokręceniu śrub mocujących

Dla pewnego zakresu momentu dokręcenia śrub obudowa zachowuje zadeklarowany stopień ochrony IP, natomiast po jego przekroczeniu (zbyt silne dokręcenie) obudowa traci IP.

Tego typu rozwiązanie wymaga podania przez producenta obudowy/urządzenia momentu dokręcania śrub mocujących. Jest to oczywiście możliwe jednakże stwarza znaczący problem eksploatacyjny, gdyż zmusza użytkownika do stosowania kluczy dynamometrycznych.

Prosty sposób zapobiegania możliwości odkształcenia pokryw w trakcie montażu przedstawia Rys. 10.



Rys. 10. Przykład metody zapobiegania deformowaniu pokryw w trakcie dokręcania

Umieszczenie „równoległe” do uszczelnienia odpowiednio dobranych kołków dystansowych (względnie krawędzi) pozwala każdorazowo na precyzyjne połączenie powierzchni uszczelniających stosując dokręcenie „do oporu”. Ze wzglę-

dów eksploatacyjnych uszczelnienie powinno być mocowane do jednej ze stykających się powierzchni. Dla połączeń kołnierзовych najczęściej stosowaną metodą mocowania uszczelnienia jest klejenie, natomiast połączenia cylindryczne umożliwiają trwałe umieszczenie uszczelnienia typu „o-ring” w rowku. W takim przypadku klejenie nie zawsze jest konieczne.

Jak wcześniej wspomniano, stosuje się wiele sposobów uzyskiwania wymaganego stopnia ochrony obudowy IP. Praktyka badawcza pokazuje, że uszczelnienie w postaci sznura z elastomeru umieszczonego w rowku stanowi prosty i jednocześnie niezwykle skuteczny i niezawodny sposób zapewnienia wymaganego IP obudów otwieralnych w miejscu zainstalowania. Ten sposób uszczelniania pozwala na uzyskanie IP w pełnym zakresie aż do IP68.

Odrębnym zagadnieniem jest zapewnienie wymaganego stopnia ochrony IP obudów będących jednocześnie osłonami ognioszczelnymi urządzeń [5]. Dla tego typu konstrukcji nie dopuszcza się do stosowania uszczelnień w złączach. Założony stopień ochrony można uzyskać dwoma sposobami:

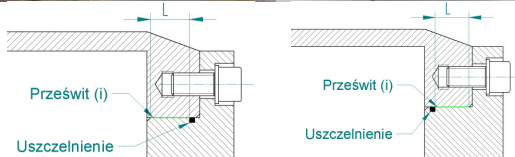
1. zwiększając szerokość złącz o dodatkową wartość związaną z rodzajem i sposobem mocowania uszczelnienia, lub
2. wykorzystując ukształtowanie elementów stykających się oraz zapewniając odpowiednią jakość ich powierzchni (bez uszczelnienia elastomerowego).

Pierwszy sposób uzyskania wymaganego stopnia ochrony IP stosowany jest powszechnie dla połączeń posiadających zamknięcia śrubowe, ze śrubami dokręcanymi „do oporu”. Przykład rozwiązania przedstawia Rys. 11.

Drugi sposób uzyskania wymaganego stopnia ochrony IP, ze względu na funkcjonalność, stosowany jest dla połączeń pokryw szybko otwieralnych. Tego typu zamknięcia, związane z ruchem pokryw w trakcie zamykania, wymagają zachowania zadeklarowanego prześwitu pomiędzy elementami ruchomymi, zwykle do 0,25mm. Stosując odpowiednią konstrukcję, dla tego typu zamknięć, można uzyskać stopień ochrony o wartości do IP56. Przykład rozwiązania przedstawia Rys. 12.

Złącza osłon ognioszczelnych, a w tym również złącza zamknięć szybko otwieralnych, w celu zapewnienia właściwej pracy, pokrywane są wazeliną bezkwasową (smar nietwardniejący). Wazelina zapewnia ochronę przed korozją oraz zmniejsza tarcie w trakcie zamykania/otwierania.

nia. Należy zauważyć, że stosowanie wazeliny poprawia ochronę przed wnikaniem pyłu i wody do wnętrza osłony.



Rys. 11. Uszczelnienie o przekroju kołowym w rowku



Rys. 12. Przykład szybko otwieralnego zamknięcia

Taki środek nie może być jednak brany pod uwagę przy ocenie stopnia ochrony, gdyż trudno zagwarantować jego trwałą obecność w trakcie eksploatacji. Badanie IP osłon z pokrywami szybko otwieralnymi poprzedzone jest usunięciem nadmiaru wazeliny. Na złączach pozostawia się tylko cienki „film” smaru.

Obecność smaru w złączach, z jednej strony pożądana, może prowadzić do zwiększenia zagrożenia. Dotyczy to urządzeń średniego i wysokiego napięcia. W przypadku wystąpienia

zwarcia we wnętrzu urządzenia (osłony) powstałe ciśnienie wewnętrzne powoduje wydmuch smaru ze złączy i utworzenie chmury aerozolu wokół osłony. Zapalenie takiego aerozolu, a jest to bardzo prawdopodobne gdy zastosujemy smar zawierający palny rozpuszczalnik, powoduje powstanie wokół osłony „chmury” ognia.

Możliwość wystąpienia takiego zjawiska potwierdza także słuszność założenia, iż złącza powinny być pokrywane wyłącznie cienką warstwą wazeliny. Jest to również jeden z argumentów dowodzących konieczności usuwania nadmiaru smaru ze złączy przed badaniem stopnia ochrony IP.

5. Podsumowanie

- 1.1. Badanie stopnia ochrony jest formą pomiaru własności fizycznych. Zgodnie z obowiązującymi wymaganiami każdy wiarygodny pomiar wymaga stosowania wzorcowanego wyposażenia. Dotyczy to również badania stopnia ochrony IP. Wzorcowaniu powinny podlegać próbniki dostępu, przepływomierze, czujniki ciśnienia. Dla komór pyłowych należy posiadać zwalidowaną procedurę nadzoru skuteczności wytwarzania zawiesiny pyłowej.
- 1.2. Materiał uszczelnień należy dobierać do przewidywanych warunków środowiskowych, na których działanie narażona jest obudowa. Normy oraz przepisy podają wymagania minimalne, które w przypadkach koniecznych mogą ulegać zwiększeniu.
- 1.3. Dla zapewnienia poprawnej eksploatacji obudowy uszczelnienia powinny być trwale mocowane do jednego z elementów stykających się.
- 1.4. Badanie stopnia ochrony IP powinno być wykonywane po uprzednim poddaniu obudowy przewidywanym narażeniom (mechanicznym termicznym itp.).
- 1.5. Smar, ze względu na nietrwałość tworzonej warstwy, nie powinien stanowić o wartości stopnia ochrony obudowy. Obudowy powinny być badane wyłącznie z „śladową” warstwą smaru na stykających się powierzchniach. Należy stosować smar nietwardniejący.

6. Literatura

- [1]. PN-EN 60529:2003; Stopnie ochrony zapewniajanej przez obudowy (Kod IP).

- [2]. PN-EN 60034-5:2004/A1:2009; Maszyny elektryczne wirujące -- Część 5: Stopnie ochrony zapewniane przez rozwiązania konstrukcyjne maszyn elektrycznych wirujących (kod IP) – Klasyfikacja.
- [3]. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 30.04.2004r. w sprawie dopuszczania wyrobów do stosowania w zakładach górniczych.
- [4]. PN-EN 60079-0:2009; Atmosfery wybuchowe - - Część 0: Sprzęt -- Podstawowe wymagania.
- [5]. PN-EN 60079-1:2010; Atmosfery wybuchowe - - Część 1: Zabezpieczenie urządzeń za pomocą osłon ognioszczelnych "d".
- [6]. PN-EN 60079-2:2010; Atmosfery wybuchowe - - Część 2: Zabezpieczenie urządzeń za pomocą osłon gazowych z nadciśnieniem "p".
- [7]. PN-EN 60079-7:2010; Atmosfery wybuchowe - - Część 7: Zabezpieczenie urządzeń za pomocą budowy wzmocnionej "e"
- [8]. PN-EN 60079-15:2010; Atmosfery wybuchowe -- Część 15: Zabezpieczenie urządzeń za pomocą budowy typu "n".
- [9]. PN-EN 60079-18:2011; Atmosfery wybuchowe -- Część 18: Zabezpieczenie urządzeń za pomocą hermetyzacji "m".
- [10]. PN-EN 60079-31:2010; Atmosfery wybuchowe – Część 31: Zabezpieczenie urządzeń przed zapłonem pyłu obudową rodzaju „t”.
- [11]. PN-EN60204-1:2010; Bezpieczeństwo maszyn -- Wyposażenie elektryczne maszyn -- Część 1: Wymagania ogólne.
- [12]. PN-EN 60204-11:2003; Bezpieczeństwo maszyn -- Wyposażenie elektryczne maszyn -- Część 11: Wymagania dotyczące wyposażenia WN na napięcia wyższe niż 1000 V prądu przemiennego lub 1500 V prądu stałego i nie przekraczające 36 kV.