



**METODY ELEMENTÓW SKOŃCZONYCH (MES)
DO OBLICZEŃ WYTRZYMAŁOŚCIOWYCH
ZŁĄCZY IZOLUJĄCYCH (MONOBLOKÓW)**

**METHOD FINITE ELEMENTS IN USE FOR COUNTS
OF DURABILITY INSULATORS**

Łukasz Demut

P.H.P.U.M. „DAKOR” Mosina

Słowa kluczowe: złącze izolujące, ochrona katodowa, wytrzymałość, korozja, metoda elementów skończonych,

Keywords: insulator, cathodic corrosion protection, durability, corrosion, method finite elements,

Streszczenie

Metoda elementów skończonych (MES) jest przede wszystkim wykorzystywana w celu uzyskania rozkładu naprężeń oraz przemieszczeń konstrukcji narażonej na złożone obciążenia. Głównymi zaletami metody elementów skończonych są: szybkość i dokładność uzyskanych wyników w przeciwieństwie do metod analitycznych, możliwość określenia w dowolnym punkcie konstrukcji naprężeń zredukowanych i przemieszczeń co z kolei pozwala na zoptymalizowanie kształtu konstrukcji oraz dobór odpowiedniego materiału w aspekcie wytrzymałościowym. Stąd firma **DAKOR** postanowiła wykorzystać tę metodę do obliczeń złączy izolujących w celu podniesienia ich jakości oraz zmniejszenia kosztów wytwarzania poprzez uproszczenie prób szczelnościowych, gdyż znaleziono związek między próbą na rozciąganie i zginanie.

Summary

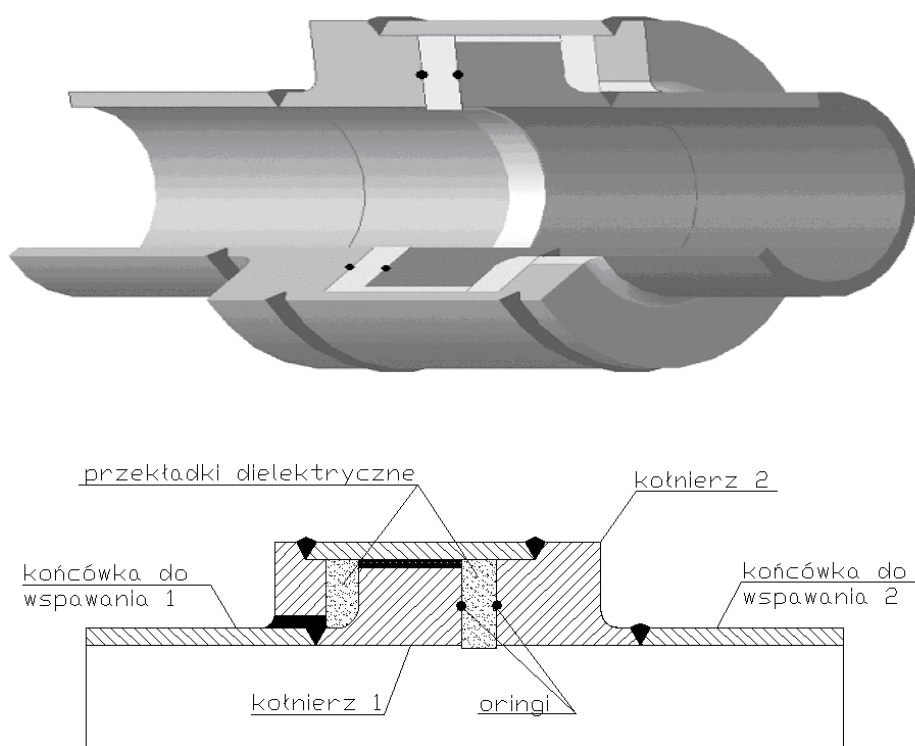
The method finite elements is use for first of all to get schedule of stresses and dislocations of construction, we can to learn of worth of stresses and dislocations every part of construction. This characteristic makes possible correct selection shapes and material of construction. The method finite elements is very fast and accurate in contrast to analytic methods. Firm **DAKOR** took advantage of the method finite elements for counts of durability insulators in order to raise quality them and less manufacture cost, because connection was founded between test for press and test for bend.

Konstrukcja złącza izolującego

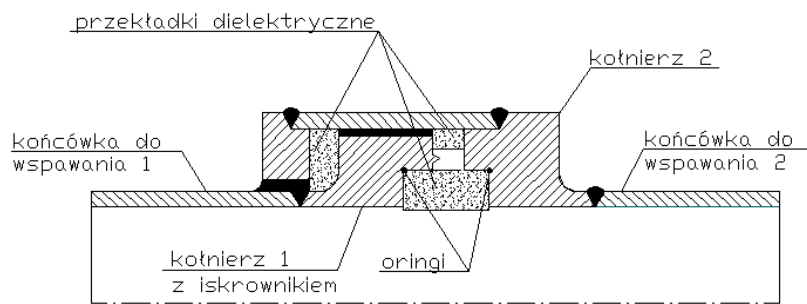
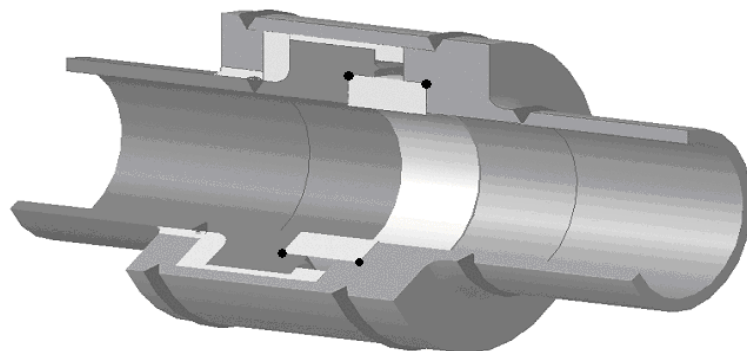
Produkowane przez firmę P.H.P.U.M „DAKOR” złącza izolujące spawane (nie zaciskane) posiadają pierścieniowe (toroidalne) zabezpieczenie odgromnikowe znakomicie zabezpieczające monoblok przed wyładowaniem atmosferycznym. Z rozwiązania tego może korzystać wyłącznie firma PHPUM „DAKOR” w związku z uzyskanym patentem nr P 317798.

Złącza izolujące na rurociągu instaluje się zarówno w celu wydzielenia odcinka chronionego katodowo, jak i do ograniczenia przepływu prądów błądzących. Rurociąg chroniony katodowo zarówno ze względów technicznych, jak i ekonomicznych powinien być elektrycznie odizolowany od konstrukcji nie przeznaczonych do ochrony – konstrukcjami takimi są np. tłocznie, zbiorniki, stacje redukcyjne itp.

Wyróżnia się dwa rodzaje złącz izolujących. Złącze izolujące t. ZIS, które nie posiada wewnętrznego iskrownika toroidalnego oraz złącze izolujące t. ZISI z wewnętrznym iskrownikiem toroidalnym, które gwarantuje przejście wysokiego napięcia na poziomie ok. 5 kV bez naruszenia konstrukcji. Wadą monobloków t. ZIS jest powstanie ścieżki węglowej w przekładce dielektrycznej na skutek wyładowania atmosferycznego.



Rys.1 Konstrukcja złącza izolującego t. ZIS



Rys.2 Konstrukcja złącza izolującego typu (z iskrownikiem toroidalnym) ZISI

Założenia wytrzymałościowe dotyczące złącz izolujących

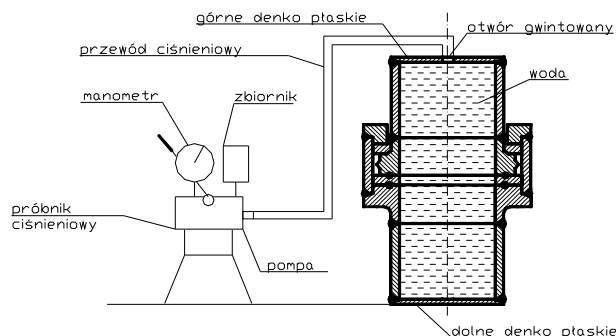
Wobec braku polskich norm dotyczących wymagań z zakresu doboru materiałów, wytrzymałości, szczelności i parametrów elektrycznych złączy, za podstawę zaprojektowania złącza przyjęto normę niemiecką DIN 2470.

Obliczenia wytrzymałościowe wykonano metodą elementów skończonych w zakresie wytrzymałości ciśnieniowej i wytrzymałości na zginanie. Zakłada się, że monoblok powinien być tak zaprojektowany aby jego własności mechaniczne nie były gorsze od własności rurociągu w który jest spawany.

Próba szczelnościowa

Oprócz przeprowadzania analizy obliczeniowej wytrzymałości, wykonuje się również próbę szczelnościową każdego złącza. Przygotowanie złącza izolującego do próby szczelnościowej polega na przyspawaniu denek płaskich do końcówek do spawania oraz umieszczeniu w nim wody. Ciśnienie próbne wewnątrz monobloku wynosi – 1,5 x ciśnienie robocze i jest utrzymywane przez ok. 12 – 16 godz. W tak obciążonym złączu oprócz naprężeń obwodowych występują naprężenia rozciągające pochodzące od ciśnienia wywieranego na denka płaskie. Naprężenia rozciągające dążą do rozwar-

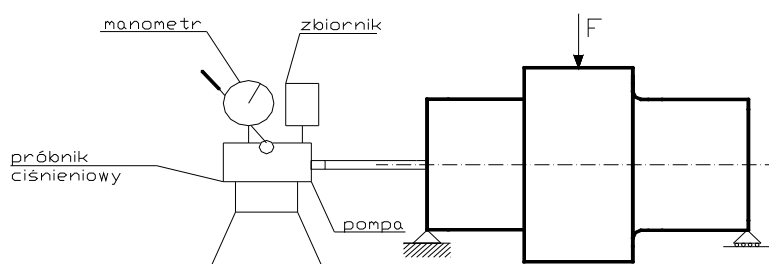
stwienia powierzchni między pierścieniami uszczelniającymi (oringami) a tym samym do jego rozszczelnienia, stąd pozytywny wynik próby ciśnieniowej daje gwarancje szczelności złącza i wysokiej jakości jego wykonania.



Rys. 3 Schemat stanowiska do przeprowadzania próby szczelnościowej

Próba wytrzymałości na zginanie

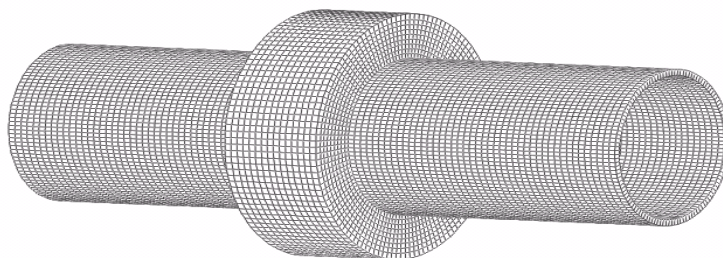
Próba wytrzymałości na zginanie złącza izolującego polega na wywołaniu momentu zginającego poprzez siłę F , która jest umieszczona symetrycznie między podporami przy ciśnieniu wewnątrz monobloku o wartości $0,1 \text{ MPa}$ (rys.3). Działanie siły F powoduje powstanie naprężeń ściskających w górnej części monobloku a tym samym jego doszczelnienie. Rozszczelnienie w tej części złącza może wystąpić tylko wtedy gdy zostaną przekroczone dopuszczalne naprężenia na ściskanie przekładki dielektrycznej, stąd dobór materiału na pierścienie izolacyjne odgrywa ogromną rolę zarówno w aspekcie wytrzymałościowym jak i w aspekcie własności elektrycznych, natomiast w dolnej części złącza izolującego występują naprężenia rozciągające, które powodują rozwarstwienie powierzchni między pierścieniami uszczelniającymi czyli prowadzą do rozszczelnienia monobloku.



Rys. 4 Schemat stanowiska do przeprowadzania próby na zginanie złącza izolującego

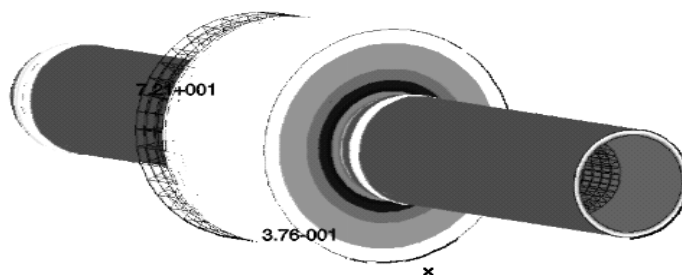
Metoda elementów skończonych

Gdy pojawiły się pierwsze komputery, zostały one natychmiast wykorzystane do obliczeń wytrzymałościowych. Rozwój komputerów, głównie ich mocy obliczeniowej, powodował rozwój nowych metod obliczeniowych. Budowa i badania elementów, które narażone były na złożone i skomplikowane obciążenia statyczne lub dynamiczne, ich kolejne modyfikacje i testy sprawdzające były bardzo kosztowne i czasochłonne. Rozwój metod obliczeniowych spowodował znaczne skrócenie i potaniecie procesu tworzenia poprawnej konstrukcji w aspekcie wytrzymałościowym. Sukcesy numerycznych obliczeń wytrzymałościowych spowodowały ogromne zainteresowanie ze strony przemysłu samochodowego i lotniczego. Wiele firm rozwijając pakiety oprogramowania proponuje użytkownikom narzędzia o bardzo szerokich możliwościach obliczeniowych. W skład takich pakietów wchodzi generator siatek obliczeniowych często współpracujące z ogólnie dostępnymi programami typu CAD. Pozwalają one na geometrii w programie CAD rozmieścić węzły siatki obliczeniowej.



Rys. 5 Przykład dyskretyzacji (podział) złącza izolującego na elementy skończone

Główną częścią pakietu jest program rozwiązujący zdyskretyzowany na siatce obliczeniowej układ równań. Ostatnim programem pakietu jest program umożliwiający przedstawienie wyników w formie graficznej.



Rys. 6 Wyniki rozkładu naprężeń przedstawione w formie graficznej

Metoda elementów (objętości) skończonych należy do klasy metod dyskretyzacyjnych aproksymacyjnego rozwiązania zagadnień początkowo – brzegowych. Podobnie

jak inne metody należące do tej grupy polega ona na przedstawieniu rozkładu naprężeń i przemieszczeń konstrukcji w rozpatrywanym obszarze (o nieskończonej liczbie punktów) za pośrednictwem modelu o ograniczonej liczbie węzłów. Cechą charakterystyczną tej metody jest jednoczesne poszukiwanie rozwiązania dla całego obszaru i oddzielenie we wszystkich elementach skończonych.

Podsumowanie

Wykorzystanie metody elementów skończonych do obliczeń wytrzymałościowych złącz izolujących pozwoliło na szybkie uzyskanie i porównanie wyników. Biorąc pod uwagę rozpiętość geometryczną monobloków – DN15 ÷ DN500 oraz trudność w obliczeniach metodą analityczną wynikającą z połączenia metalu z tworzywem sztucznym w krótkim czasie dokonano modyfikacji konstrukcyjnych i geometrycznych złącza, czyniąc je bardziej wytrzymałe i niezawodne. Ponadto zrezygnowano z przeprowadzania próby na zginanie, gdyż na podstawie naprężeń zredukowanych i przemieszczeń, stwierdzono iż wystarczająca jest próba szczelnościowa weryfikująca bardzo dokładnie jakość wykonania i szczelność monobloku. W próbie szczelnościowej naprężenia rozciągające są o wiele bardziej niebezpieczne w przeciwieństwie do próby wytrzymałości na zginanie. Ponadto znaleziono związek między naprężeniami rozciągającymi a momentem gnącym, który je wywołuje. Dzięki metodzie elementów skończonych zmniejszono koszty produkcji monobloków i poprawiono ich konstrukcje, stosowanie szybkich komputerów wieloprocesorowych w przyszłości pozwoli na szybkie rozwiązanie jeszcze trudniejszych zagadnień.

Przeznaczenie monobloków

- gaz,
- media płynne – (woda, ścieki, benzyna itp.), wewnętrzna powierzchnia monobloku jest wtedy pokrywana farbą elektroizolacyjną,
- rodzaje monobloków - (kołnierzowe, z gwintem itd.) lub na życzenie klienta,

Bibliografia

1. *Ochrona elektrochemiczna przed korozją*, Warszawa, WNT 1991.
2. Zielnica W., *Wytrzymałość materiałów*, Politechnika Poznańska 1995.