

## Filtracja w sprężarce Coltri MCH-6

Zapewnienie suchego i czystego powietrza jest niezbędnym warunkiem bezpiecznego nurkowania. Rozprężające się powietrze oziębia się na skutek efektu Joule'a-Thomsona. Skutkiem oziębienia się czynnika oddechowego jest zamarzanie zawartej w powietrzu wody. Ponieważ nie da się uniknąć obniżenia temperatury rozprężającego się powietrza należy zapewnić warunki, w których nie nastąpią negatywne skutki w postaci zablokowania mechanizmów automatu oddechowego. Można to osiągnąć poprzez usunięcie wilgoci z powietrza do tego stopnia, że woda występuje wyłącznie w postaci pary wodnej nienasyconej. W takich warunkach woda nie zamarznie.

Sprężarki Coltri MCH-6 mają bardzo uproszczony układ odwadniania, odolejania i filtracji powietrza. Układ ten składa się z odwadniacza/odolejacza, w którym następuje mechaniczne oddzielenie wykroplonej wody i oleju od powietrza oraz z dwustopniowego filtra, którego zadaniem jest usunięcie resztek wilgoci i innych zanieczyszczeń chemicznych z powietrza.

W odstojniku (odwadniacz/odolejacz) woda wykrapla się z powietrza tym skuteczniej, im wyższe jest ciśnienie i niższa temperatura. Warto zwrócić uwagę, że działa on przy ciśnieniu takim, jakie panuje w butli (nieznacznie wyższym). Powoduje to wykroplenie niewielkich ilości wody, jeśli ciśnienie w butli jest niskie. Można przyjąć, że w miarę skuteczna kondensacja wody odbywa się powyżej ciśnienia 50 bar. W przypadku nabijania pustej butli, do filtra przedostaje się znaczna ilość wilgoci.

Filtr składa się z dwóch złożów filtracyjnych ograniczonych wkładkami filcowymi, które zapobiegają przedostawaniu się pyłu ze złożów do butli. Powietrze wpływające do filtra przechodzi najpierw przez warstwę sita molekularnego, którego zadaniem jest wychwycenie pozostałej w powietrzu wilgoci. Następnie przechodzi przez warstwę węgla aktywnego, który odfiltruje większość węglowodorów i innych zanieczyszczeń chemicznych, które mogły pojawić się w trakcie sprężania powietrza.

Sito molekularne to materiał porowaty o określonej wielkości porów. Cząsteczki, których wielkość umożliwia wniknięcie do materiału porowatego, są adsorbowane. Do osuszania powietrza oddechowego używa się sita molekularnego o wielkości porów umożliwiających adsorpcję, przede wszystkim, wody. Pojemność złoża sita molekularnego jest przewidywalna i wynosi około 20% masy złoża suchego. Oznacza to, że np. w 50 g suchego sita molekularnego zmieści się ok. 10 g wody. Po przekroczeniu tej granicy woda nie będzie adsorbowana. Istotne jest, żeby jak największa ilość wody zawartej w powietrzu zasysanym do sprężarki została wytrącona i odprowadzona w odstojniku. Przy temperaturze powietrza 20°C, podczas ładowania butli od ciśnienia 50 bar do ciśnienia 200 bar w odstojniku powinno zostać oddzielone i usunięte ok. 17,1 g wody na każdy 1 m<sup>3</sup> powietrza. Do filtra przejdzie ok. 0,17 g wody i mniej więcej taka ilość zostanie zaadsorbowana w działającym złożu sita molekularnego. Stąd łatwo policzyć, że 50 g adsorbentu wchłonie w takich warunkach wodę z przepływających ok. 59 m<sup>3</sup> powietrza. Przy wydajności sprężarki 100 l/min pozwoli to na ok. 10 godzin pracy. Sprężarka o wydajności 80 l/min przetłoczy tę ilość powietrza w ciągu trochę ponad 12 godzin. Przy temperaturze niższej niż 20°C wilgoci w powietrzu jest mniej i filtr może pracować dłużej. Niestety, przy wyższej temperaturze wilgoci w powietrzu jest więcej i czas eksploatacji filtra ulega skróceniu. Tabele ze współczynnikami korygującymi można znaleźć w oryginalnej instrukcji do sprężarki.

Sytuacja zmienia się drastycznie w przypadku ładowania butli opróżnionych do zera. W takim przypadku, przy temperaturze 20°C z każdego 1 m<sup>3</sup> w odstojniku zostanie usunięte tylko ok. 9 g wody pozostałe 8 g trafi do filtra i tam zostanie zaadsorbowane. Tak mała skuteczność będzie w

zakresie 0-10 bar. Jeśli będziemy nabijać butle o pojemności wodnej 10 l, to w tym czasie przetłoczone zostanie 0,1 m<sup>3</sup> powietrza, z których 0,8 g wody trafi do filtra powodując jego zużycie w 8%. Metodą poprawy skuteczności odwadniania jest nabicie układu filtracyjnego powietrzem do wysokiego ciśnienia 200 bar i dopiero wtedy odkręcenie zaworu butli i to tylko na taki czas, dopóki ciśnienie na manometrze nie osiągnie 50 bar. Wtedy ponownie należy zakręcić zawór butli i podnieść ciśnienie w układzie filtrów. Postępować tak należy do czasu uzyskania ciśnienia w butli ok. 50 bar.

Niestety, dane dotyczące filtra w instrukcji do sprężarki Coltri MCH-6 są niezetelne. Aktualna instrukcja tej sprężarki zawiera informację, że trwałość filtra to 35 godzin (dawniej 50 godzin) przy temperaturze 20°C. Ta sama tabela przelicza trwałość filtra na ilość butli o pojemności 15 l, którą można nabić od 0 do 200 bar na jednym wkładzie filtracyjnym. Cudownym sposobem, przy wydajności sprężarki 100 l/min można nabić aż 70 butli, a przy wydajności 80 l/min tylko 56. Jest to informacja szkodliwie błędna, w dodatku bazująca na wielokrotnie zawyżonej trwałości filtra. O zużyciu filtra nie decyduje wydajność sprężarki, czyli prędkość przepływu powietrza przez filtr, lecz ilość przefiltrowanego powietrza.

Dla porównania, firma Bauer wydaje się określać żywotność filtra znacznie bardziej precyzyjnie i co ważne, określone parametry znajdują potwierdzenie w obliczeniach. Standardowy wkład do filtra „Triplex” zawiera o 1/3 sita molekularnego więcej niż wkład filtra MCH-6. Stąd, na podstawie obliczeń wykonanych poprzednio można przyjąć, że filtr będzie skuteczny przy filtracji około 80 m<sup>3</sup> powietrza. Instrukcja firmy Bauer podaje przedział 72 – 89 m<sup>3</sup>, w zależności od temperatury końcowego separatora. Wart podkreślenia jest również fakt, że sprężarki firmy Bauer posiadają układ utrzymujące podwyższone ciśnienie w odstojniku, eliminując przenikanie dużej ilości wilgoci do filtra w przypadku ładowania pustych butli.

Filtr węglowy wychwytuje, przede wszystkim, cząstki pochodzące z oleju pozostałego w powietrzu po sprężaniu. Należy pamiętać, że filtr węglowy nie usuwa z powietrza wszystkich zanieczyszczeń pochodzących z oleju, dlatego stosowany olej musi być wyprodukowany z przeznaczeniem do sprężarek do powietrza oddechowego. Filtry węglowe nie wychwytują także tlenu węgla, więc należy bardzo dbać o to, aby zasysanie powietrza odbywało się w strefie wolnej od spalin, dymów itp.

Standardowo, filtr jest wypełniony w ok. 2/3 sitem molekularnym i w 1/3 węglem aktywnym. Jeśli kupujemy oryginalne filtry, to nie mamy wpływu na stosunek objętości obu złóż. Wielkości wkładów filtracyjnych dobrane są w ten sposób, że zapewniają wystarczająco dobre przygotowanie powietrza i stanowią pewien kompromis pomiędzy okresem eksploatacji filtra ograniczonym, zwykle, przez pojemność sita molekularnego, a jakością filtracji związków organicznych. Poprawa jakości filtracji może nastąpić poprzez zwiększenie ilości węgla kosztem ilości sita, a w następstwie skróceniem okresu eksploatacji filtra.

Wojciech Czechowski