

## **Zastosowanie głowic i płytek bezpieczeństwa jako zabezpieczeń przed wzrostem ciśnienia.**

### **1. Wstęp**

Wzrastające wymagania w zakresie ochrony środowiska narzucają potrzebę dążenia do maksymalnej hermetyzacji urządzeń i instalacji ciśnieniowych.

Podstawowy typ zabezpieczeń przed wzrostem ciśnienia jakimi są zawory bezpieczeństwa nie zapewniają całkowitej szczelności. Również zawory bezpieczeństwa bezpośredniego działania powszechnie stosowane przy urządzeniach ciśnieniowych i stale ulepszane ze względu na specyficzne cechy konstrukcyjne nie mogą w wielu przypadkach sprostać coraz wyższym wymaganiom towarzyszącym postępowi technicznemu.

W nowoczesnych procesach technologicznych zasadniczymi ograniczeniami w stosowaniu zaworów bezpieczeństwa bezpośredniego działania i to nawet zaworów najlepszej konstrukcji są :

- niekorzystna charakterystyka dynamiczna mechanizmów zaworowych,
- niedostateczna szczelność zamknięcia
- niezadowalająca pewność ruchowa przy stosowaniu czynników roboczych o szczególnych własnościach.

Stąd coraz bardziej powszechne staje się stosowanie głowic i płytek bezpieczeństwa zarówno montowanych jako układy samodzielne lub w konfiguracji głowica-zawór bezpieczeństwa.

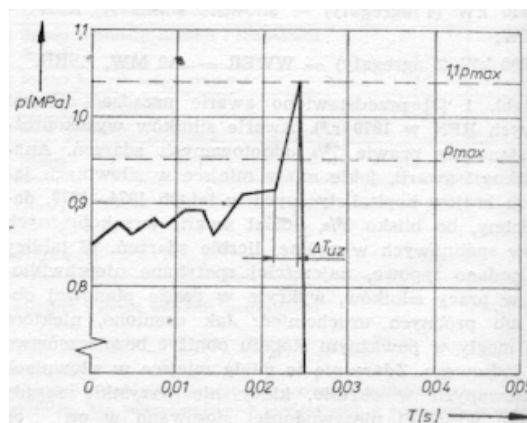
W niniejszym opracowaniu podane zostaną podstawowe zasady stosowania głowic i płytek bezpieczeństwa.

Głowice bezpieczeństwa są urządzeniami zabezpieczającymi przed nadmiernym wzrostem ciśnienia, których mechanizm działania polega na odprowadzeniu czynnika roboczego z zabezpieczanego urządzenia przez wolny przekrój powstały w wyniku zniszczenia wymiennej płytki bezpieczeństwa określanej też w nazewnictwie przepisów UDT jako wkładka ciśnieniowa.

### **2. Zakres stosowania głowic bezpieczeństwa.**

Głowice bezpieczeństwa można stosować zamiast zaworów bezpieczeństwa wszędzie tam, gdzie może nastąpić eksplozja gazu lub pyłu względnie, gdzie proces technologiczny i jego zakłócenia mogą prowadzić do nagłego powstawania dużych ilości par lub gazów, np. w wyniku egzotermicznych reakcji chemicznych. W takich przypadkach, ze względu na dużą masę, ruchome zespoły mechaniczne zaworów bezpieczeństwa nie mogą być w takim stopniu przyspieszone aby dostatecznie szybko odsłoniły pełny przekrój wylotowy, umożliwiając niedopuszczenie do niedozwolonego wzrostu ciśnienia.

Parametrem charakteryzującym sprawność działania urządzeń zabezpieczających są tzw. stałe czasowe, które interpretuje się jako najkrótsze czasy działania urządzeń zabezpieczających. Są one w przypadku głowic bezpieczeństwa bezkonkurencyjne w stosunku do innych urządzeń.



Rys1.Charakterystyka dynamiczna głowicy bezpieczeństwa

Na rysunku 1 przedstawiono doświadczalnie ustaloną charakterystykę dynamiczną głowicy bezpieczeństwa w formie zależności przebiegu ciśnienia  $p$  w warunkach zagrożenia awaryjnego zabezpieczanego urządzenia ciśnieniowego od czasu  $t$ , w jakim ten przebieg się odbywa.

Stała czasowa  $\Delta t_{uz}$  przedstawionej charakterystyki stanowi odcinek czasu od momentu przekroczenia ciśnienia dopuszczonego  $p_{max}$  do momentu całkowitego otwarcia przekroju wylotowego w wyniku zniszczenia płytki bezpieczeństwa, a więc momentu, w którym ciśnienie w zabezpieczanym urządzeniu zaczyna gwałtownie spadać.

Dla podanego przykładu czas ten wynosi zaledwie 0.003 sekundy. W tabeli 1 przedstawiono stałe czasowe dla innych urządzeń zabezpieczających.

Lp.	Rodzaj urządzenia zabezpieczającego	Stała czasowa $\Delta T_{uz}$ w [s]
1	Głowice bezpieczeństwa	0.001÷0.005
2	Zawory bezpieczeństwa sterowane	0.05÷5.0
3	Zawory szybkozamykające	0.1÷2.0
4	Pełnoskokowe, szybkozamykające zawory bezpieczeństwa bezpośredniego działania	2.0÷10
5	Zawory bezpieczeństwa bezpośredniego działania proporcjonalne, niskoskokowe	10÷100

Tabela 1. Stałe czasowe typowych urządzeń zabezpieczających przed nadmiernym wzrostem ciśnienia

Jak widać z tabeli, tak krótki czas działania jest nie do osiągnięcia w przypadku innych zabezpieczeń [1].

Jak to już zostało sformułowane we wstępie do niniejszego opracowania jednym z powodów zastępowania zaworów bezpieczeństwa głowicami bezpieczeństwa jest niedostateczna szczelność zamknięcia.

Według wymagań norm szczelność zamknięcia zaworów bezpieczeństwa jest zasadniczo sprawdzana przy ciśnieniu wynoszącym 90% ciśnienia początku otwarcia, przy czym szczelność tą mierzy się ilością pęcherzy powietrza wydobywających się z zaworu dopuszczalna ilość pęcherzy określona normami wynosi 20÷50 na minutę.

Oznacza to, że już przy ciśnieniu wynoszącym 90% ciśnienia początku otwarcia zawór nie zapewnia całkowitej szczelności.

W przypadku gdy medium roboczym jest czynnik palny, trujący, żrący, wybuchowy, radioaktywny itp. mogący zagrażać otoczeniu, zastosowanie zaworu bezpieczeństwa staje się problematyczne i wskazanym jest zastosowanie dodatkowej lub oddzielnej głowicy bezpieczeństwa.

Niezależnie od względów bezpieczeństwa i ochrony środowiska również względy ekonomiczne mogą decydować o zastosowaniu głowic bezpieczeństwa.

W tym przypadku decyzję taką może sugerować wysoki koszt czynnika roboczego np. dowthermu.

Głowice bezpieczeństwa znajdują zastosowanie również w przypadkach, gdy w zabezpieczanym urządzeniu znajduje się czynnik roboczy o konsystencji ciastowatej, dużej gęstości i lepkości, skłonności do polimeryzacji lub innych form zestalania. Stosowanie w takich przypadkach zaworów bezpieczeństwa staje się problematyczne ze względu na możliwość zaczopowania króćca dolotowego lub unieruchomienia węzła konstrukcyjnego grzybek-siedzisko zaworu.

Dotyczy to również w wielu przypadkach czynników chłodniczych, w których proces otwarcia zaworu bezpieczeństwa nieuchronnie prowadzi do oblodzenia kanałów przepływowych.

Głowice bezpieczeństwa są ponadto stosowane w przypadkach, gdy zakres ciśnień roboczych obejmuje również podciśnienia. W takich sytuacjach głowice bezpieczeństwa stanowią zabezpieczenie urządzenia nie tylko przed wzrostem ciśnienia lecz również przed jego niebezpiecznym spadkiem (implozja) [1].

### **3. Zalety głowic bezpieczeństwa :**

- możliwość stosowania znacznie większych przekrojów przelotowych; wytwarza się głowice bezpieczeństwa o przekrojach kołowych do 600÷800 mm podczas, gdy maksymalne średnice zaworów rzadko przekraczają 250÷350 mm,
- znacznie niższy koszt głowic bezpieczeństwa niż zaworów bezpieczeństwa o porównywalnych przepustowościach,

- większa niezawodność działania głowic bezpieczeństwa; jakiegokolwiek uszkodzenie głowicy powoduje jej zadziałanie – uszkodzenie zabezpieczenia nie obniża bezpieczeństwa eksploatacji,
- możliwość opanowania bardzo szybkich wzrostów ciśnienia; w warunkach awaryjnych głowica zapewnia otwarcie zarówno w normalnym jak i eksplozyjnym wzroście ciśnienia,
- idealna szczelność zamknięcia zabezpieczonych przestrzeni ciśnieniowych,
- możliwość zastosowania w przypadkach medium roboczego o konsystencji lepkiej, ciastowatej, skłonnego do polimeryzacji lub innych form zestalania,
- możliwość zastosowania przy bardzo niskich ciśnieniach zadziałania (min.0.01 MPa),
- możliwość zastosowania w warunkach podciśnienia,
- znacznie prostsza eksploatacja; oprócz okresowej wymiany płytek bezpieczeństwa głowice nie wymagają prawie żadnych zabiegów eksploatacyjnych,
- skuteczniejsze zabezpieczenie przed zmianą ciśnienia zadziałania; w zaworach bezpieczeństwa istnieje możliwość dociążenia mechanizmu zamykającego.

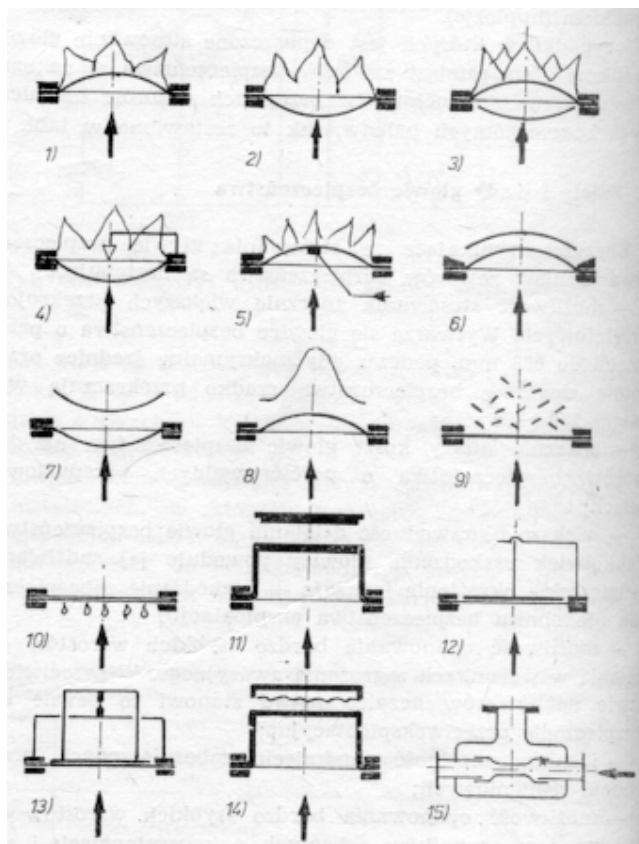
#### **4. Wady głowic bezpieczeństwa :**

- w wielu przypadkach trudno jest uniknąć straty czynnika roboczego w wyniku zadziałania głowicy,
- konieczna jest wymiana płytki bezpieczeństwa po zadziałaniu głowicy,
- stosunkowo mała trwałość płytek bezpieczeństwa w głowicach, zwłaszcza w warunkach pracy o znacznych wahaniami ciśnień o dużej częstotliwości,
- konieczność zachowania większej rozpiętości ciśnień między ciśnieniem roboczym a ciśnieniem zadziałania,
- możliwość niespodziewanego zadziałania w wyniku przedwczesnego zużycia płytki bezpieczeństwa, co może zakłócić proces technologiczny,
- znacznie większy niż przy zaworach bezpieczeństwa rozrzut ciśnień działania (ok. 0.5÷1% ciśnienia początku otwarcia dla zaworów bezpieczeństwa, 5÷10% dla głowic bezpieczeństwa); wymaga to również zwiększenia marginesu pomiędzy ciśnieniem dopuszczonym a ciśnieniem roboczym zabezpieczonego urządzenia ciśnieniowego [1].

#### **5. Konstrukcje głowic bezpieczeństwa.**

W praktyce istnieje wiele rozwiązań konstrukcyjnych głowic bezpieczeństwa, różniących się konstrukcją i sposobem działania płytki bezpieczeństwa (wkładki ciśnieniowej); stanowiącej podstawowy element konstrukcyjny głowicy.

Na rysunku 2 przedstawiono przykładową klasyfikację różnych konstrukcji wkładek ciśnieniowych.

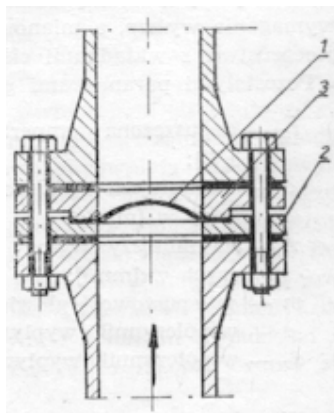


Rys.2. Klasyfikacja wkładek ciśnieniowych : 1) wkładka normalnie wypukła, 2) odwrotnie wypukła, 3) podwójnie wypukła, 4) z ostrzem tnącym, 5) z detonatorem, 6) ścinana, 7) przegubowa, 8) wrywana, 9) rozpryskowa, 10) topikowa, 11) magnetyczna, 12) z trzpieniem wybaczanym, 13) z trzpieniem rozrywającym, 14) rozrywana cylindryczna, 15) z tulejką rozrywającą

Wszystkie sklasyfikowane konstrukcje muszą spełniać identyczne podstawowe wymagania:

- zapewniać po zadziałaniu odsłonięcie wymaganego przekroju pozwalającego na pełny zrzut ciśnienia (przepustowość),
- zapewniać niezbędną trwałość i odporność na medium i warunki eksploatacji,
- zapewniać prawidłowy ( $\pm 10\%$ ) rozrzut ciśnienia działania,
- zapewniać bezpieczeństwo dla otoczenia.

W niniejszym opracowaniu omówiona zostanie konstrukcja głowicy bezpieczeństwa z płytką (wkładką) normalnie wypukłą wg powyższej klasyfikacji. Głowice takiej konstrukcji są najbardziej rozpowszechnione w przemyśle. Taką typową głowicę bezpieczeństwa przedstawia rysunek 3 na następnej stronie.



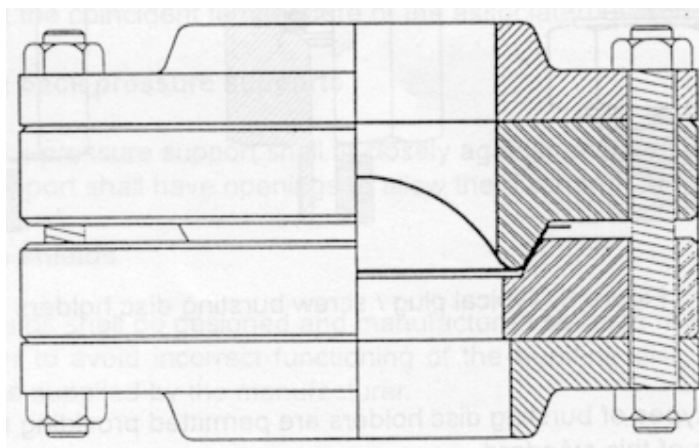
Rys.3. Typowa głowica bezpieczeństwa

Według terminologii podanej w przepisach UDT głowica bezpieczeństwa składa się z następujących części: wkładki ciśnieniowej (1) obudowy składającej się z części dolnej (2) zwanej też gniazdem i części górnej (3) zwanej też płytką dociskową.

W nazewnictwie stosowanym w przemyśle wkładka ciśnieniowa nazywana jest jako płytka bezpieczeństwa, membrana bezpieczeństwa lub przepona bezpieczeństwa, zaś obudowa głowicy nazywana jest jako kasetka lub oprawa.

Należy podkreślić, że pod określeniem głowica bezpieczeństwa zawiera się komplet tj. obudowa i płytka bezpieczeństwa. W klasyfikacji dokonanej przez krajowego wytwórcę głowic bezpieczeństwa stosuje się 4 typy głowic bezpieczeństwa:

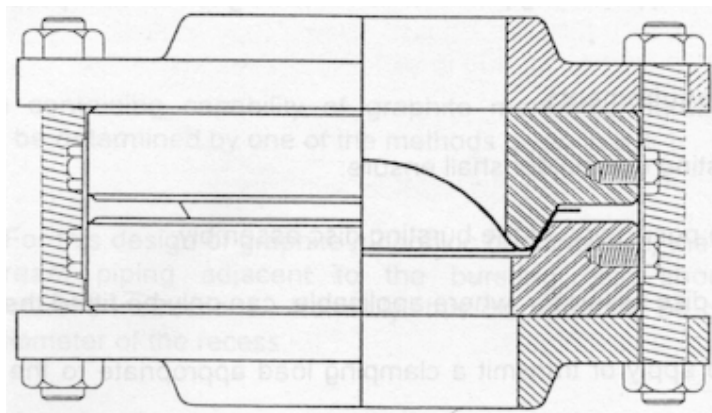
Głowica bezpieczeństwa z obudową zewnętrzną, przedstawiona na rysunku 4. Cechą konstrukcyjną tej głowicy jest to, że jej wymiary gabarytowe i otwory odpowiadają ściśle wymiarom kołnierzy w których jest zamocowana. Stosuje się ją z reguły przy wysokich ciśnieniach nominalnych ( $p_{nom} > 6.4 \text{ MPa}$ ) oraz w przypadku, gdy głowica stanowi bezpośrednie zamknięcie układu.



Rys.4. Głowica bezpieczeństwa zewnętrzna

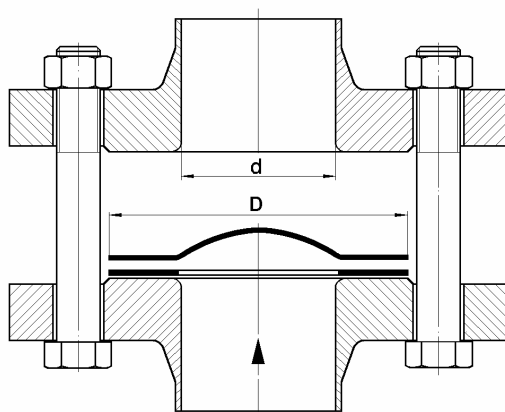
Drugim typem głowicy jest głowica bezpieczeństwa z obudową wewnętrzną przedstawiona na rysunku 5. Cechą konstrukcyjną takiej głowicy jest to, że jej wymiary gabarytowe (średnica

zewnątrzną) są tak dobrane, że mieści się ona między śrubami współpracujących kołnierzy. Śruby zapewniają osiowe zamocowanie głowicy. Jest to najbardziej rozpowszechniony typ głowicy.



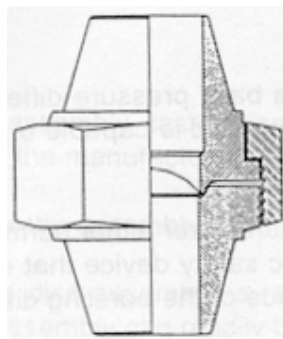
Rys.5. Głowica bezpieczeństwa z obudową wewnętrzną

Trzecim typem jest głowica bezpieczeństwa kołnierzowa, pokazana na rysunku 6. Charakterystyczną cechą konstrukcyjną tej głowicy jest to, że płytkę bezpieczeństwa jest mocowana bezpośrednio między przylgami współpracujących kołnierzy z przylgami płaskimi gładkimi lub przylgami typu wpust-wypust. Należy zauważyć, że taki typ mocowania nie jest uwzględniony w obecnie obowiązujących przepisach dozoru technicznego DT-UC-90/WO. Opisany sposób mocowania uwzględniony jest w projekcie nowej edycji przepisów. Na taki typ głowicy krajowy wytwórca posiada świadectwo badania typu wydane przez CLDT w Poznaniu.



Rys.6. Głowica bezpieczeństwa kołnierzowa

Czwartym typem jest głowica bezpieczeństwa miniaturowa pokazana na rysunku 6. Stosowana jest ona do mocowania w nich płytek bezpieczeństwa miniaturowych tj. o niewielkiej średnicy – od 3 do 15mm. Głowice takie zwykle posiadają przyłącza gwintowane, znajdują one zastosowanie, między innymi, w urządzeniach laboratoryjnych, doświadczalnych itp.



Rys.7. Głowica bezpieczeństwa miniaturowa

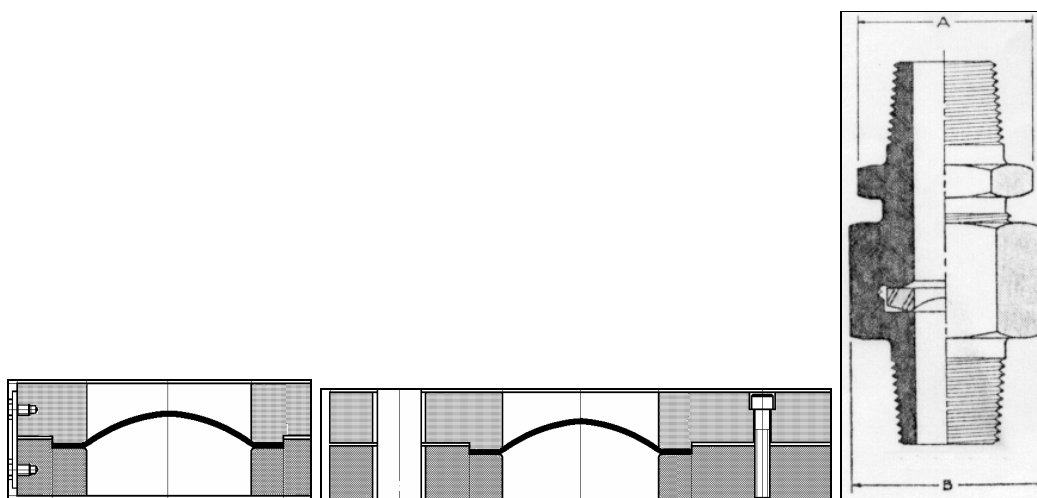
W wymienionych rodzajach wytwórca specyfikuje dwa sposoby mocowania płytek bezpieczeństwa w obudowach głowic :

a) głowice z przyłą płaską służącą do mocowania płytek z taką przyłą; głowice z taką przyłą przedstawione są na rysunku 8, w oznaczeniu posiadają literę P, tj. GBP

GBP-W

GBP-Z

GBP-M



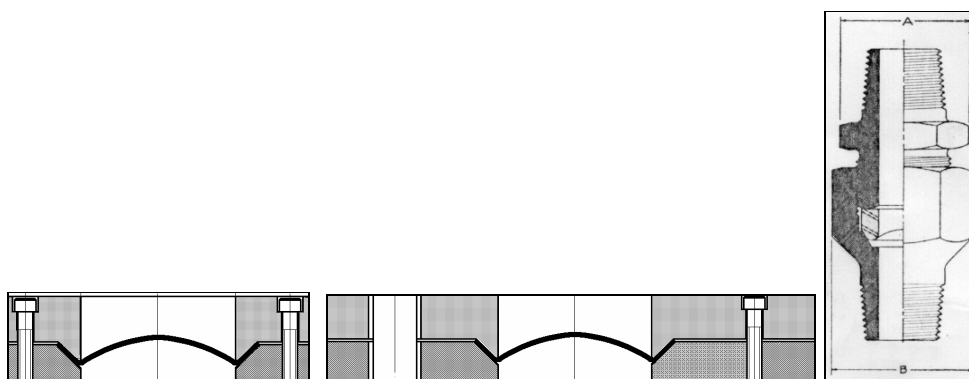
Rys.8. Głowica bezpieczeństwa z przyłą płaską

b) głowice z przyłą skośną (podcięcie pod kątem 30°) służące do mocowania płytek z taką przyłą; głowice z taką przyłą przedstawione są na rysunku 9, w oznaczeniu posiadają literę S, tj. GBS

GBS-W

GBS-Z

GBS-M



Rys.9. Głowica bezpieczeństwa z przyłą skośną

Do opisanych konstrukcji obudów montuje się płytki bezpieczeństwa. Mogą to być płytki z przylgą płaską lub skośną jak na rysunkach 10 i 11. Ciśnienie działa na płytkę od strony wklęsłej.



Rys.10. Płytki bezpieczeństwa z przylgą płaską WNP



Rys.11. Płytki bezpieczeństwa z przylgą skośną WNS

Płytki o podanej konfiguracji mogą być wykonywane jako konwencjonalne oraz wielowarstwowe. Płytki konwencjonalne wykonuje się jako krążki z cienkiej folii lub blach metalowych. Wypukły profil płytki uzyskuje się poprzez wstępne odkształcenie. Z reguły ciśnienie wstępnego odkształcenia wynosi  $0.7 \div 0.9$  ciśnienia niszczonego. Konwencjonalna płytka bezpieczeństwa przy wzroście ciśnienia wyobla w coraz większą czaszę kulistą aż do momentu rozerwania w granicznie wycienionym wierzchołku czaszy. Efektem zadziałania płytki jest mniej lub bardziej gwiaździste rozerwanie, dające wolny przekrój wylotu czynnika roboczego. Płytki takiej konstrukcji mimo oczywistych zalet jak prostota i w związku z tym niska cena, posiada wady, takie jak duża niedokładność działania ( $\pm 10 \div 15\%$ ) (przepisy UDT dopuszczają  $\pm 10\%$ ) oraz ograniczona wytrzymałość czasowa.

Płytki wielowarstwowe zbudowane są z kilku warstw wkładek, z których górna, nazywana jest przez wytwórcę wkładką główną, jest również wstępnie odkształcona i posiada na powierzchni

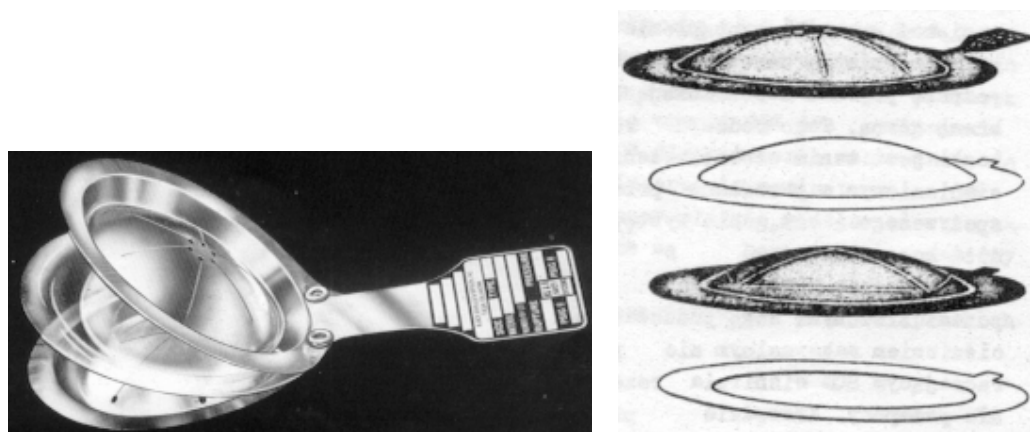
odpowiednio rozmieszczone otwory i przecięcia, których odpowiednie usytuowanie decyduje o ciśnieniu działania.

Dzięki takiej konstrukcji ciśnienie działania nie jest zależne od grubości materiału z którego wykonana jest płytka.

W związku z tym wkładka główna płytki może być wykonana ze znacznie grubszego materiału niż to miałyby miejsce w przypadku płytki konwencjonalnej. Fakt zastosowania grubszego materiału konstrukcyjnego znakomicie wpływa na długotrwałość użytkowania płytki. Precyzyjne wykonanie i rozmieszczenie otworów wpływ na zmniejszenie tolerancji rozrzutu ciśnień działania, w praktyce nie przekraczając max.  $\pm 5\%$ .

Część środkowa płytki zwana wkładką uszczelniającą ma za zadanie zapewnienie szczelności płytki. Wkładkę uszczelniającą w zależności od parametrów płytki i warunków eksploatacji stanowi cienka folia metalowa lub teflonowa. Wkładka ta ściśle przylega do wkładki głównej i nie jest w związku z tym poddawana postępującemu pełzaniu, jak to ma miejsce w przypadku płytki konwencjonalnej.

Wkładka uszczelniająca rozrywa się równocześnie (w praktyce kilka milisekund później) z wkładką główną. Konstrukcję wielowarstwowej płytki bezpieczeństwa przedstawia rysunek 12.



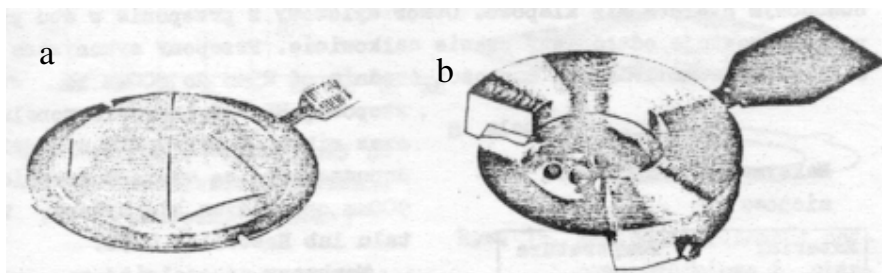
Rys.12. Konstrukcja wielowarstwowej płytki bezpieczeństwa

W przypadku, gdy pod płytka bezpieczeństwa może występować okresowo podciśnienie to wówczas dla zapobiegnięcia odkształceniu wkładki głównej płytki w odwrotnym kierunku w konstrukcji płytki musi być zastosowana podpora próżniowa.

Podpory próżniowe są wykonane podobnie jak wkładki główne ściśle przylegając do niej lecz z grubszego materiału tak aby konstrukcja wielowarstwowej płytki bezpieczeństwa była odporna na „przeciąganie” płytki w odwrotnym kierunku. Wysokość spodziewanego podciśnienia powinna być określona w zamówieniu a płytki po wykonaniu powinny być praktycznie sprawdzone pod względem odporności na to podciśnienie. Niezależnie od przypadku, gdy podciśnienie pod płytką występuje okresowo w sposób ewidentny, podpory próżniowe zaleca się stosować również w

przypadku nadciśnień zmiennych, jego gwałtownych wahań lub spadków, w szczególności, gdy płytkę bezpieczeństwa projektowana jest na niewielkie ciśnienie z wkładką uszczelniającą z teflonu. W takim wypadku jako materiały konstrukcyjne stosowane są cienkie folie – w tym teflonowe – nie mające odporności na tego typu wahania ciśnienia.

W zależności od wielkości podciśnienia, nadciśnienia rozrywania i średnicy płytki mogą być stosowane podpory typu otwartego lub zamkniętego.



Rys.13. Podpora próżniowa : a) typu otwartego, b) typu zamkniętego

Podpora typu otwartego otwiera się razem z wkładką główną płytki bezpieczeństwa, odsłaniając całkowicie przekrój wylotu.

Podporę typu zamkniętego stanowi perforowana kopułka tzw. „sitko” dopasowane do kształtu czaszy wkładki głównej – nie otwiera się ona wraz z zadziałaniem płytki. W związku z tym zmniejsza ona powierzchnię przekroju płytki do około 45% i fakt ten musi być uwzględniony w obliczeniach przepustowości.

W niektórych rozwiązaniach konstrukcyjnych płytek bezpieczeństwa stosowane są dodatkowe wkładki uszczelniające mające za zadanie dodatkową ochronę korozyjną np. wkładka ochronna zamontowana nad wkładką główną. W takim przypadku stosuje się również dodatkowe pierścienie uszczelniająco-ochronne, mające za zadanie zapewnienie szczelności płytki po montażu i zapobiegnięcie uszkodzenia dodatkowej wkładki. Fakt zastosowania dodatkowych wymienionych wyżej elementów jest uwzględniony przez wytwórcę w oznaczeniu identyfikacyjnym płytki. Oferowane przez wytwórcę różne konfiguracje płytek podane są szczegółowo w kartach katalogowych.

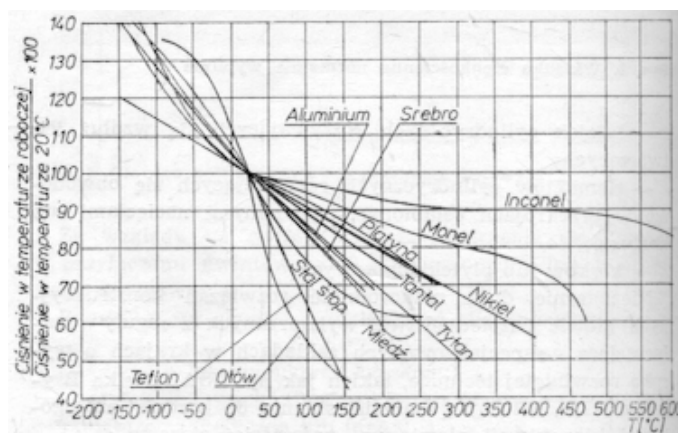
## 6. Materiały konstrukcyjne głowic i płytek bezpieczeństwa.

W konstrukcji wielowarstwowych płytek bezpieczeństwa najbardziej rozpowszechnionym materiałem konstrukcyjnym jest stal kwasoodporna grupy 316L wg ASTM oraz teflon PTFE. Wymieniona stal posiada spośród stosowanych stali kwasoodpornych najbardziej uniwersalne cechy, takie jak : odporność korozyjną na media chemiczne oraz własności mechaniczne, w tym wytrzymałość czasową w zakresie temperatur do 380°C (max. Do 430°C). Teflon PTFE w zakresie temperatur do 230°C (max. do 250°C) za wyjątkiem związków fluoru jest praktycznie odporny na media agresywne chemicznie.

Tak więc płytka bezpieczeństwa z materiału 316L/PTFE ma bardzo uniwersalne i szerokie zastosowanie do większości stosowanych w przemyśle zabezpieczeń. W przypadkach, gdy odporność chemiczna lub temperatura pracy płytki uzasadnia zastosowanie innego materiału oferowane są przez wytwórców płytki z innych materiałów. Najczęściej polecanymi materiałami są Inconel-Alloy 600 mogący być stosowany w zakresie temperatur do 540°C, Hastelloy C-276, Nikiel 200.

W zastosowaniach różnych materiałów na płytce bezpieczeństwa obok odporności chemicznej na konkretny czynnik roboczy ich przydatność wyznacza tzw. charakterystyka temperaturowa.

Charakterystyki temperaturowe różnych stosowanych w produkcji płytek bezpieczeństwa podaje rysunek 14.



Rys.14. Charakterystyki temperaturowe materiałów stosowanych do produkcji wkładek głównych wielowarstwowych płytek bezpieczeństwa

Przy doborze materiałów stosowanych na obudowy głowic bezpieczeństwa należy stosować identyczne zasady jak przy kołnierzach stalowych mocujących obudowy głowic. Wytyczne te określone są w odnośnych Polskich Normach.

## 7. Trwałość płytek bezpieczeństwa.

Jak już wcześniej wspomniano przy omawianiu zalet i wad płytek bezpieczeństwa ich wadą między innymi jest możliwość niespodziewanego zadziałania płytki w wyniku przedwczesnego zużycia płytki oraz jej stosunkowo mała trwałość w warunkach pracy przy znacznych wahaniami ciśnienia i dużej częstotliwości.

Dla przeciwdziałania tym wadom przy doborze płytki należy uwzględnić dopuszczalny czas eksploatacji i przewidzieć okresową ich zapobiegawczą wymianę.

Długotrwałość pracy płytki bezpieczeństwa zależy głównie od następujących czynników :

- właściwości wytrzymałościowych zastosowanych materiałów płytek,
- typu zastosowanej płytki,

- stosunku ciśnienia roboczego zabezpieczanego urządzenia ciśnieniowego do ciśnienia działania płytki,
- temperatury czynnika roboczego przy najwyższym ciśnieniu roboczym,
- przebiegu ciśnienia w czasie (ciśnienie statyczne, ciśnienie szybkozmienne),
- agresywność chemiczna czynnika roboczego.

Wymienione czynniki w różnym stopniu wpływają na żywotność płytek. Wydaje się, że podstawowym zagadnieniem mającym wpływ na długotrwałość pracy a nie zawsze brany pod uwagę jest zachowanie właściwego stosunku ciśnienia roboczego do ciśnienia działania w określonej temperaturze pracy płytki – stosunek ten w temperaturze otoczenia powinien wynosić 0.7 do 0.8. Przy pracy płytki w temperaturach wysokich, szczególnie przy pracy w temperaturach pełzania winien on być jeszcze mniejszy i wynosić np. około 0.45 dla stali typu 316L w temperaturze 400°C.

Przy doborze płytki bezpieczeństwa należy również uwzględnić spadek ciśnienia działania wraz ze wzrostem temperatury. W związku z tym, przy doborze płytki powinna być określona w miarę ściśle temperatura robocza pod płytką w czasie poprzedzającym bezpośrednio jej zadziałanie.

Wpływ temperatury na zmianę ciśnienia działania płytki wykonanej z materiału 316L i Inconel 600 przedstawia tabela 2

Mat./Temp.	20	50	100	150	200	250	300	350	400	450	480
316L	100	94	88	84	81	80	79	77	75	75	74
Inconel 600	100	98	95	94	93	93	93	93	93	92	91

Tabela 2. Wpływ temperatury (w %) na spadek ciśnienia działania płytki bezpieczeństwa

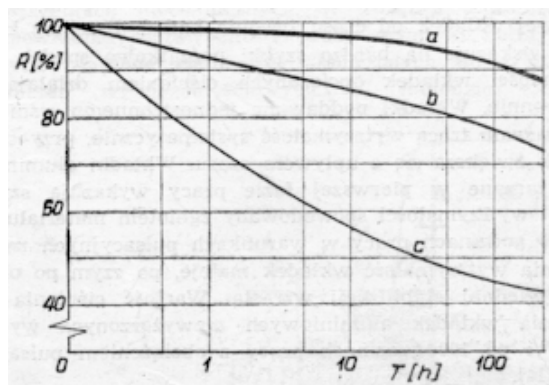
Istotny wpływ na długotrwałość płytek bezpieczeństwa przede wszystkim cienkościennych i rozpryskowych ma przebieg ciśnienia w czasie w roboczych warunkach pracy zabezpieczonego urządzenia ciśnieniowego. Szybkozmienne pulsacyjne zmiany ciśnienia w znacznym stopniu ograniczają żywotność płytek.

Według danych angielskich cienkościennie płytki bezpieczeństwa wykonane z aluminium obciążone ciśnieniem równym 0.85 ciśnienia rozrywania wytrzymują najwyżej 2500 pulsacji a wg badań CLDT w Poznaniu żywotność takich płytek nie przekracza 500-600 godzin pracy przy obciążeniu szybkozmiennym w górnej granicy ciśnień roboczych równej 0,7 ciśnienia rozrywania [1].

Wpływ wahań ciśnienia zależy oczywiście od ich amplitudy i częstotliwości. Przy częstotliwościach rzędu 120÷130 cykli na godzinę w obszarze ciśnień 40÷75% ciśnienia rozerwania wypukłych cienkościennych płytek bezpieczeństwa wykonanych z aluminium spadek ich wytrzymałości czasowej wynosi 50% w czasie 100 godzin. Opisane wyniki badań angielskich i polskich przedstawia wykres zależności procentowego obniżenia wytrzymałości czasowej płytek od

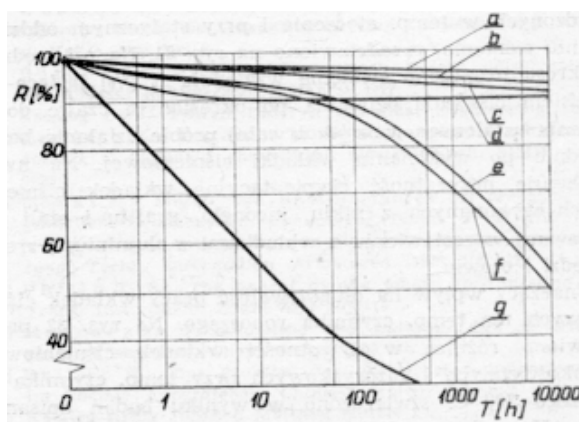
czasu trwania badań – rysunek 15. Przebieg krzywych wskazuje na bardzo szybki początkowo spadek wytrzymałości płytek obciążonych ciśnieniem działającym obustronnie.

Płytki poddawane jednostronnemu ciśnieniu pulsującemu tracą wytrzymałość systematycznie przy czym spadek zwiększa się z czasem. W przypadku płytek z aluminium niewyżarzzonego po około 100 godzinach pracy w warunkach pulsacyjnych zmian ciśnienia wynosi 17% pierwotnego ciśnienia rozrywania [1].



Rys.15. Wpływ szybkozmiennego przebiegu ciśnienia na trwałość aluminiowych płytek bezpieczeństwa :  
 a) wyniki badań polskich dla ciśnienia jednostronnie zmiennego, b) wyniki badań angielskich dla ciśnienia jednostronnie zmiennego, c) wyniki badań angielskich dla ciśnień jednostronnie zmiennych

Dla ciśnień statycznych zależność ciśnienia działania płytki od czasu jej pracy podaje wykres zamieszczony na rysunku 16.



Rys.16. Zależność ciśnienia działania płytki bezpieczeństwa od czasu jej pracy dla różnych materiałów :  
 a) Inconel, b) stal stopowa, c) nikiel, d) grafit, e) aluminium, f) srebro, g) ołów

Podane wyżej informacje dają użytkownikowi płytek bezpieczeństwa podstawy do ustalenia optymalnych czasokresów okresowych ich wymian. Sprawa ta jest bardzo istotna w przypadku gdy nieuzasadnione i przedwczesne zadziałanie płytki może się wiązać z poważnymi perturbacjami w procesie technologicznym i stratami.

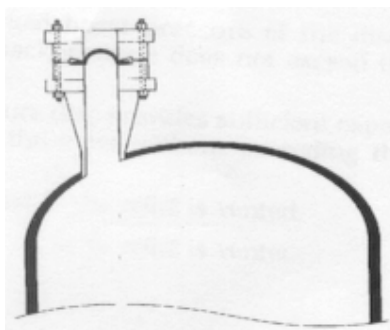
Należy podkreślić, że wytwórcy płytek bezpieczeństwa w dostarczanych wraz z płytkami instrukcjach montażu i eksploatacji nie definiują w nich optymalnych czasokresów wymian w zależności od wielkości wpływu czynników determinujących żywotność płytki.

Czasokres ten może określić użytkownik na podstawie doświadczeń eksploatacyjnych. Standardowo dla płytek poddawanych nadciśnieniu statycznemu i eksploatacji przy stosunku ciśnienia roboczego do rozerwania wynoszącym 0.7 przyjmuje się czasokres wymian 1 rok. Przy innych warunkach eksploatacji okres ten winien być nawet znacznie skrócony.

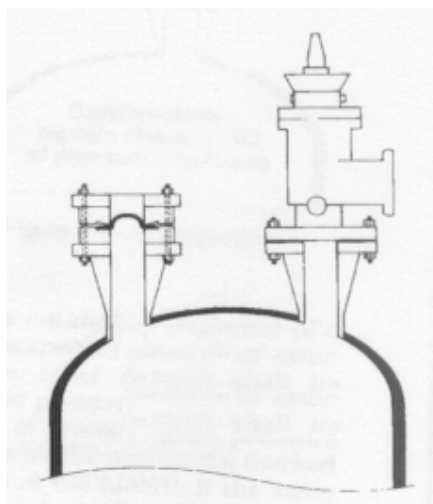
Przy eksploatacji płytek na mediach chemicznie obojętnych i gdzie przedwczesne nieuzasadnione zadziałanie płytek bezpieczeństwa nie spowoduje istotnych perturbacji ruchowych i związanych np. z zagrożeniem środowiska możliwa jest eksploatacja płytki w terminach dłuższych (do zużycia). Taka możliwość uzasadniona jest cechą materiału płytki bezpieczeństwa wyrażającą się tym, że jej wytrzymałość czasowa a tym samym ciśnienie działania będzie się zmniejszać wraz z upływem czasu. Nie ma więc obaw o obniżenie bezpieczeństwa eksploatacji.

## 8. Zagadnienia eksploatacyjno-montażowe.

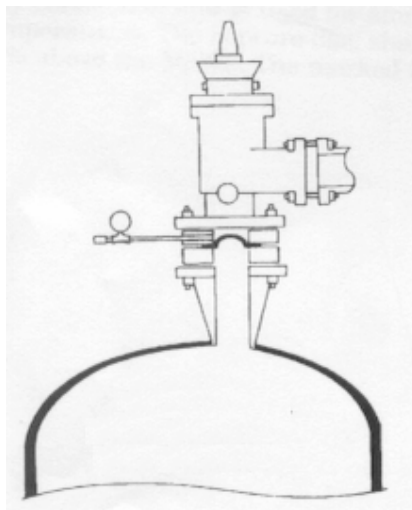
Wymagania dotyczące montażu głowic bezpieczeństwa definiują przepisy UDT. Generalnie występują niżej podane możliwości montażu głowic na zabezpieczanych urządzeniach :



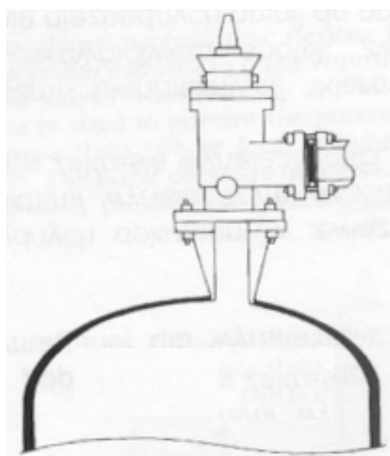
Rys.17. Pojedyncza samodzielna głowica bezpieczeństwa na urządzeniu



Rys.18. Równoległe podwójne zabezpieczenie urządzenia – zawór i głowica bezpieczeństwa



Rys.19. Układ głowica na wlocie zaworu bezpieczeństwa



Rys.20. Układ głowica na wylocie zaworu bezpieczeństwa

Przy montażu głowic bezpieczeństwa należy przestrzegać następujących podstawowych zasad :

- głowice bezpieczeństwa należy umieszczać w zasadzie bezpośrednio na zbiornikach ciśnieniowych w miarę możliwości w najwyższym punkcie zabezpieczanej przestrzeni ciśnieniowej,
- głowice powinny być umieszczane na osobnych króćcach w miejscach łatwo dostępnych i wystarczająco oświetlonych,
- w urządzeniach, w których wzrost ciśnienia narasta w sposób eksplozyjny głowice należy umieszczać prostopadle do spodziewanego kierunku działania fali eksplozyjnej.

Przepisy dozoru technicznego dopuszczają również możliwość montażu głowic na rurociągach łączących źródło zasilania z zabezpieczanym urządzeniem. Jeżeli konieczne jest usytuowanie głowicy bezpieczeństwa na rurociągu łączącym pompę lub sprężarkę tłokową to wówczas zaleca się ustawienie głowicy w odległości od źródła zasilania nie mniejszej niż :

$$L=50D$$

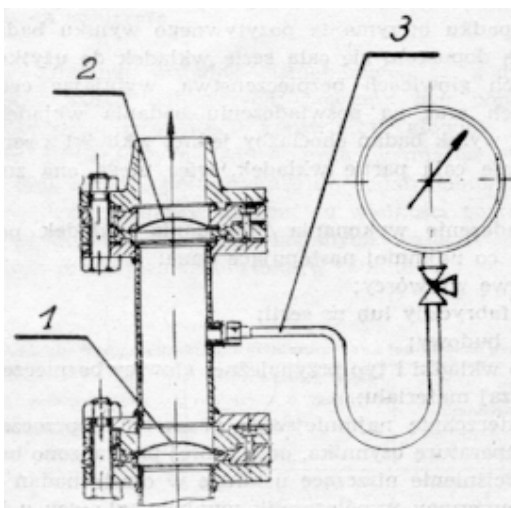
gdzie D – średnica zewnętrzna rurociągu.

Zasada umieszczania głowic bezpieczeństwa na rurociągach w miejscach o ustabilizowanym przepływie dotyczy również elementów rurociągów powodujących istotne zaburzenia przepływu (kształtki rurowe, armatura itp.). Zalecane długości odcinków prostych rurociągów przyłącznych, w których są montowane głowice bezpieczeństwa podano w tabeli 3.

Element zakłócający przepływ	Zalecana długość odcinka prostego na dopływie do głowicy
Rozgałęzienie rurociągów	$L \geq 18D$
Łuk płaski $90^\circ$	$L \geq 10D$
Dwa lub więcej łuków w jednej płaszczyźnie	$L \geq 15D$
Dwa lub więcej łuków w różnych płaszczyznach	$L \geq 25D$
Zawór regulacyjny	$L \geq 25D$
Pompy i sprężarki tłokowe	$L \geq 50D$

Tabela 3. Zalecane długości odcinków prostych rurociągów dopływowych głowic bezpieczeństwa

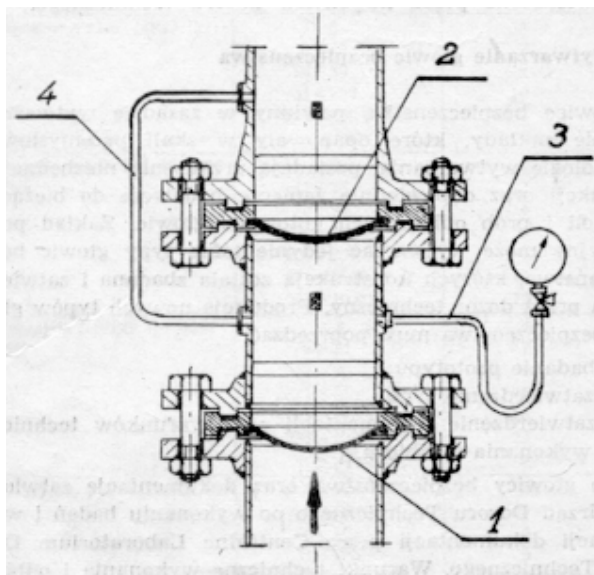
W celu zabezpieczenia zbiorników ciśnieniowych i ich instalacji przed stratami czynnika roboczego w wyniku zadziałania płytki bezpieczeństwa coraz powszechniej stosuje się zespoły zdwojone, których przykładową konstrukcję pokazuje rysunek 21.



Rys.21. Układ dwóch głowic bezpieczeństwa zabudowanych szeregowo

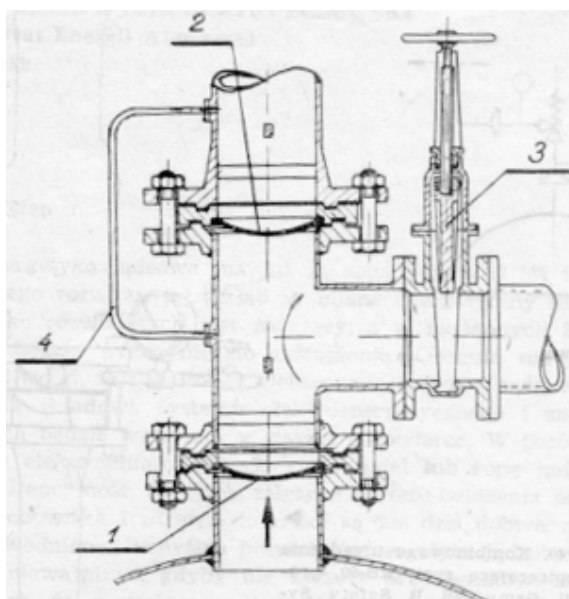
W takim przypadku stosuje się głowice z płytkami o różnych ciśnieniach działania. W przestrzeni pomiędzy głowicami umieszczane są urządzenia sygnalizujące obecność ciśnienia np. manometry oraz kurki umożliwiające połączenie tych przestrzeni z atmosferą. Rozerwanie pierwszej z płytek bezpieczeństwa uruchamia układ sygnalizacji ostrzegawczej (3), która informuje obsługę o konieczności obniżenia ciśnienia w zabezpieczonym urządzeniu w celu wymiany zniszczonej płytki. Ciśnienia działania płytek są inne przy czym płytka odpływowa (2) jest dobierana na ciśnienie dopuszczone zaś płytka dopływowa (1) na ciśnienie  $10 \div 15\%$  niższe.

W układach zdwojonych przestrzeń pomiędzy głowicami bezpieczeństwa może być dodatkowo połączona przewodem rurowym (4) z przestrzenią zrzutową dla częściowego rozładowania ciśnienia po zadziałaniu płytki bezpieczeństwa od strony przestrzeni zabezpieczanej – rysunek 22.



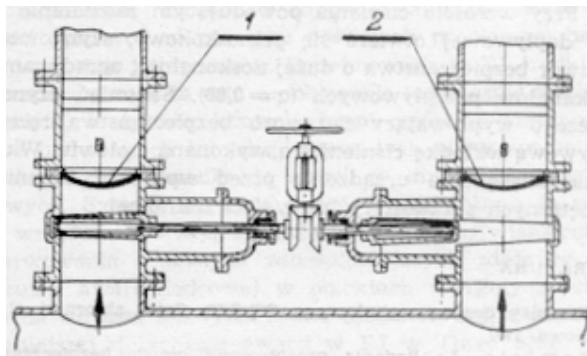
Rys.22. Podwójny układ głowic bezpieczeństwa z przewodem odciążającym

W układzie zdwojonym głowic bezpieczeństwa przestrzeń między głowicami może być również dodatkowo zabudowana zasuwą (3) łączącą tę przestrzeń z przestrzenią zrzutową. Po zadziałaniu płytki dopływowej nadmiar czynnika przepływa do zbiornika zrzutowego.



Rys.23. Podwójny układ głowic bezpieczeństwa z zasuwą odciążającą

W opisanych układach nagłe przekroczenie ciśnienia dopuszczonego wymaga wyłączenia zabezpieczanego urządzenia z eksploatacji w celu wymiany zniszczonej płytki bezpieczeństwa. Można tego uniknąć stosując inny układ zdwojonych głowic bezpieczeństwa pokazany jest na rysunku 24.



Rys.24. Równoległy układ głowic bezpieczeństwa

Układ ten jest wyposażony w zasuwy umieszczone na rurociągach dopływowych głowic w sposób pozwalający na odcięcie od zbiornika jednej głowicy i równocześnie połączenie zabezpieczanej przestrzeni z drugą głowicą. W tego typu układach każda z głowic musi mieć przepustowość wystarczającą do zabezpieczenia danego zbiornika. Opisany układ pozwala na wymianę płytek bezpieczeństwa bez przerw w eksploatacji w przeciwieństwie do układów omówionych poprzednio. Optymalne rozwiązanie konstrukcyjne równoległe zabudowanych głowic stanowią układy wyposażone w specjalnie przystosowane zawory przełączalne [1].

Zasady postępowania przy montażu i okresowej wymianie płytek bezpieczeństwa winny być sprecyzowane każdorazowo w instrukcjach montażu i eksploatacji dostarczanych każdorazowo przez wytwórcę płytek bezpieczeństwa. Instrukcja ta winna również precyzować podstawowe warunki BHP przy wykonywaniu prac związanych z okresową wymianą płytek bezpieczeństwa. Służby serwisowe dokonujące takich wymian powinny się szczegółowo zapoznać z taką instrukcją przed przystąpieniem do wymiany płytki bezpieczeństwa.

#### Literatura :

1. J.Remlein „Głowice bezpieczeństwa”  
Dozór Techniczny nr 2,3-4,5/1985
2. St. Kulig „Węglografitowe płytki bezpieczeństwa”  
Dozór Techniczny nr 4/1984
3. St. Masiuk i inni „Przepony i panele bezpieczeństwa”  
Prace naukowe Politechniki Szczecińskiej
4. Materiały informacyjne firm wytwarzających głowice i płytki bezpieczeństwa