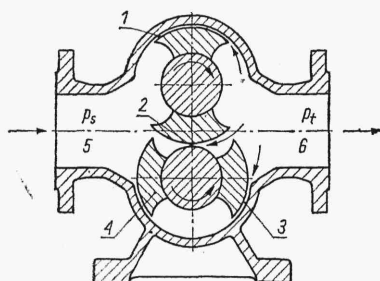


- eksploataowanie w pobliżu nominalnej wydajności (przy nadmiernym zwiększeniu, jak również i zmniejszeniu wydajności występuje kavitacja);
- zabezpieczenie przed wzrostem temperatury cieczy;
- zabezpieczenie przed nieprzewidzianym zwiększeniem prędkości obrotowej pompy;
- dopuszczanie do obszaru powstawania pęcherzyków pary pewnej ilości powietrza (rys. 18.25)<sup>1)</sup>.

## 18.4. Kavitacja w pompach wyporowych

Ze względu na stosunkowo niewielkie prędkości przepływu w pompach wyporowych kavitacja występuje rzadziej niż w pompach wirowych. Są jednak obszary, zwłaszcza w pompach wyporowych o obrotowym ruchu organu roboczego, w których występują znaczne prędkości przepływu, powodujące znaczne spadki ciśnienia sprzyjające powstawaniu kavitacji. Są to szczeliny międzyzębne w pompach zębatych i szczeliny między krzywkami oraz między kadłubem a krzywkami w pompach krzywkowych, czyli wszędzie tam, gdzie obszary o różnych ciśnieniach (po stronie ssania i tłoczenia) są połączone szczelinami, zresztą koniecznymi ze względu na mechaniczne działanie pompy.



Rys. 18.26]

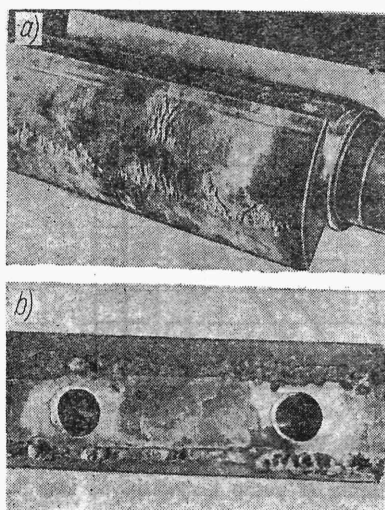
Schemat pompy krzywkowej ze wstecznymi przeciekami; 1, 2, 3 — szczeliny, w których występuje wsteczny przepływ i zjawisko kavitacji; 4 — rotory pompy, 5 — przestrzeń ssawna o ciśnieniu  $p_s$ , 6 — przestrzeń tłoczna o ciśnieniu  $p_t$ .

Problem kavitacji w pompach krzywkowych badał i opracował R. Neumaier<sup>2)</sup> [37], [38], co zostanie zrelacjonowane pokrótce. Przez istniejące w pompie krzywkowej (rys. 18.26) szczeliny 1, 2, 3 oraz przez niewidoczne na rysunku szczeliny między rotorami 4 a ścianami bocznymi kadłuba występują przepływy wsteczne, z przestrzeni ssawnej 5 do tłocznej 6. Ze wzrostem różnicy ciśnienia  $p_t - p_s$  wzrasta pręd-

<sup>1)</sup> Powietrze znajdujące się w pęcherzyku pary nie znika przy zaniku pęcherzyka, lecz stanowi poduszkę amortyzacyjną zabezpieczającą przed bombardowaniem powierzchni. Metoda dopuszczania powietrza jest stosowana prawie wyłącznie w turbinach wodnych, ale może z powodzeniem znaleźć zastosowanie i w pompach. Przeprowadzone przez autora wstępne badania i obserwacje (również wizualne) kavitacji w pompie modelowej diagonalnej wykazały prawie zupełne ustanie trzasków kavitacyjnych wraz z dopuszczeniem powietrza przed wlotem do wirnika, co świadczyłoby o znacznym zmniejszeniu niszczącego bombardowania powierzchni przepływowych (łopatek wirnika). Dopuszczone powietrze utworzyło w wodzie zawiesinę mikroskopijnych banieczek (woda przybrała kolor mleka) wciskających się do każdego pęcherzyka parowego (rys. 18.25). Dokładne opracowanie tego zagadnienia wymaga przeprowadzenia szczegółowych, wnikliwych badań kompleksowych.

<sup>2)</sup> Doc. dr inż. Robert Neumaier jest Głównym Inżynierem Fabryki Pomp i Maszyn Lederle i Hermetic-Pumpen, Freiburg, RFN.

kość przepływu w szczelinach, przy czym ciśnienie w strumieniu przepływającym spada zgodnie z prawem zachowania energii D. Bernoulliego. Przy dużym spadku ciśnienia następuje tworzenie się pęcherzyków parowo-gazowych, które przedostają się następnie do obszarów wyższego ciśnienia i znikają w sposób implozywny powodując wżery kawitacyjne w materiale, przedstawione na rys. 18.27a i b.



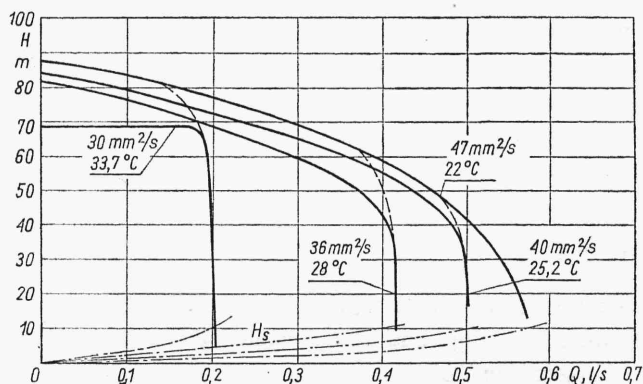
Rys. 18.27

Wżery kawitacyjne w pompie krzywkowej: a) na zewnętrznej powierzchni rotora, b) na powierzchni piasty (wg R. Neumaiera)

W wyniku przeprowadzonych kawitacyjnych badań pompy przy użyciu cieczy o różnej lepkości otrzymano krzywe przepływu  $H = f(Q)$  z wyraźnymi załamaniami wskazującymi na wystąpienie kawitacji (rys. 18.28).

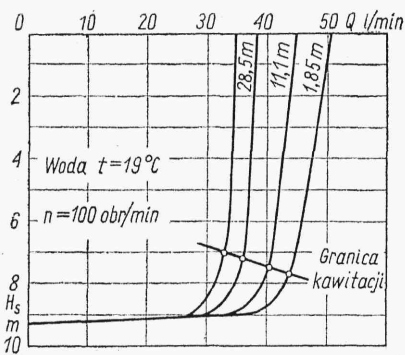
Spadek ciśnienia po stronie ssawnej, konieczny do wywołania warunków powstawania pęcherzy parowo-gazowych, następował przez obniżanie poziomu cieczy w zbiorniku ssawnym. Jest to sposób powodujący najmniejsze zakłócenia w przepływie, w przeciwieństwie do możliwości dławienia zasuwą na przewodzie ssawnym, co dlatego przy badaniach kawitacyjnych jest niezalecane.

Maksymalną wysokość ssania lub minimalną napływu oblicza się dla pomp krzywkowych z zależności wyprowadzonych dla pomp wirowych (wzory (18.10) do (18.19)).

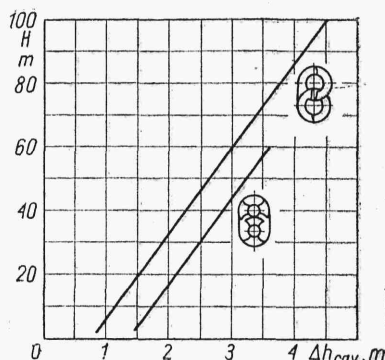


Rys. 18.28. Charakterystyki  $H = f(Q)$  pompy krzywkowej przedstawionej na rys. 18.26 przy podnoszeniu oleju wazelinowego o różnej lepkości (wg R. Neumaiera)

W porównaniu z pompami wirowymi występują tu interesujące różnice w przypadku nadwyżki antykawitacyjnej  $\Delta h_{cav}$ . Mianowicie w pompie wirowej przy spadku wysokości podnoszenia — przy niezmiennej wydajności — wzrasta wyróżnik szybkobieżności  $n_{sQ}$  oraz wzrasta nadwyżka antykawitacyjna  $\Delta h_{cav}$  (wzrost  $\sigma$  we wzorze 18.3). Natomiast w pompie wporowej krzywkowej, przy spadku różnicy ciśnień  $p_t - p_s$  równoważnej wysokości podnoszenia, maleje przeciek przez szczeliny,



Rys. 18.29. Wykresy zależności wysokości ssania  $H_s$  przy różnych wysokościach podnoszenia  $H$  pompy krzywkowej (wg R. Neumaiera)



Rys. 18.30. Wykresy zależności nadwyżki antykawitacyjnej  $\Delta h_{cav}$  od wysokości podnoszenia  $H$  pomp krzywkowych (wg R. Neumaiera)

zmniejsza się spadek ciśnienia w szczelinach zmniejszający możliwość powstawania pęcherzy kawitacyjnych, a więc rośnie nadwyżka antykawitacyjna. Zależność dopuszczalnej wysokości ssania od wysokości podnoszenia pompy przedstawiono na rys. 18.29 dla przypadku pompowania wody. Na podstawie wykresów na rys. 18.30 można określić nadwyżkę antykawitacyjną dla pomp krzywkowych o rotorach jedno- lub dwuramiennych.

## 18.5. Metody badania kawitacji

Do badania zjawiska kawitacji są stosowane następujące metody: magnetostrykcyjna, przepływowa, wirującej tarczy w cieczy, natryskowa oraz badania modeli pomp na specjalnych stanowiskach. We wszystkich metodach stosuje się ponadto obserwację wizualną zjawiska — szczególnie fazy powstawania pęcherzyków pary — za pomocą oświetlenia stroboskopowego.

### 18.5.1. Metoda magnetostrykcyjna

Metoda magnetostrykcyjna polega na wprowadzeniu próbki zanurzonej w cieczy w drgania o dużej częstotliwości. Powodują one powstawanie i znikanie pęcherzyków pary nasyconej na powierzchni próbki.

Na rys. 18.31 przedstawiono schematycznie urządzenie magnetostrykcyjne. Pręt  $P$ , na którego końcu jest osadzona badana próbka, doznaje — wskutek dzia-