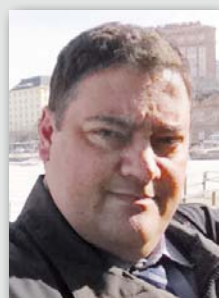


## Amortyzatory regulowane (cz.XII)

## Przyczyny i skutki kawitacji (I)



CARLOS PANZIERI  
EMMETEC

WŚRÓD SPECJALISTÓW OD AMORTYZATORÓW DYSKUSJE NA TEMAT ZJAWISKA KAWITACJI TOCZĄ SIĘ TYLKO NA MARGINESIE INNYCH ZAGADNIĘĆ. NAWET W OPRACOWANIACH TEORETYCZNYCH TRUDNO ZNALEŹĆ STOSOWNĄ BIBLIOGRAFIĘ



Wydział Inżynierii Uniwersytetu w Perugii specjalizuje się w badaniach nad działaniem zawieszek pojazdów oraz nad ich komponentami i od lat dostarcza ważnych

badania dotyczących amortyzatorów. Tam też powstała ostatnio praca dyplomowa zatytułowana „Badanie numeryczne i eksperymentalne amortyzatora hydrau-

licznego w stanie kawitacji”. Jej autorką jest Giulia Morettini, a recenzentami byli prof. inż. Francesco Castellani oraz inż. Nicola Bartolini. Badania przeprowadzono we współpracy z firmami Emmetec i Orpav z Varese. Na podstawie tego opracowania przygotowano niniejszy artykuł.

#### Pojęcia wprowadzające

**Napięcie powierzchniowe** to zjawisko fizyczne kohezji występujące na powierzchni styku danej cieczy i jakiegokolwiek innej substancji. Sprawia ono, że powierzchnia ta zachowuje się jak sprężysta błona. W przyrodzie najbardziej znanym dowodem jego istnienia jest zachowanie owadów zwanych nartnikami, które potrafią ślizgać się po powierzchni wody, jak na lodowisku.

**Prężność par** jest terminem określającym ciśnienie, przy którym występuje równowaga pomiędzy parowaniem i skraplaniem jakiejś substancji. Jej część pozostająca w stanie lotnym napiera na

skroploną ciecz, ograniczając jej możliwość parowania.

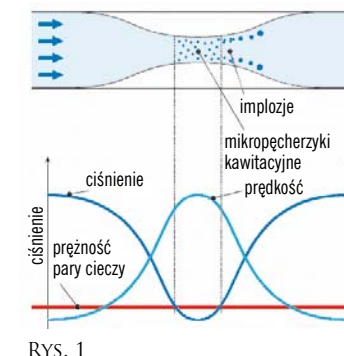
**Wrzenie cieczy** ma miejsce wówczas, gdy cała jej masa dąży do przejścia ze stanu ciekłego w gazowy, co jest możliwe przy zrównaniu się prężności pary z ciśnieniem atmosferycznym działającym na ciekłą część substancji.

**Temperatura wrzenia** zależy zatem od rodzaju cieczy i od działającego na nią ciśnienia. Temperatura wrzenia wody destylowanej przy ciśnieniu 1 bara wynosi 100°C. Jeżeli jednak zamkniemy hermetycznie pojemnik z wodą, by zwiększyć panujące w nim ciśnienie, woda zacznie wrzeć w temperaturach powyżej 100°C. Zjawisko to wykorzystywane jest m.in. w tzw. szybkowarach, umożliwiającym szybsze gotowanie w wodzie o podwyższonych temperaturach. Oczywiście, prawdziwa jest także odwrotna sytuacja, czyli zmniejszenie ciśnienia poniżej 1 bara i wrzenie wody w temperaturach niższych od 100°C.

#### Pojęcie kawitacji

Kawitacja jest zjawiskiem polegającym na tworzeniu się wewnątrz cieczy pęcherzyków pary, które następnie ulegają implozji (rys. 1). Tak się dzieje, gdy w cieczy (tu w oleju amortyzatorowym) następują punktowe spadki ciśnienia, powodujące na granicy prężności pary lokalne zmiany stanu skupienia z ciekłego na gazowy. Tworzące się wówczas pęcherzyki, zwane kawernami, wypełnione są parą.

Dynamika tego procesu podobna jest do wrzenia, z tą jednak podstawową różnicą, iż prężność pary wzrasta w tym wypadku nie z powodu zwiększania się temperatury, lecz w wyniku gwałtownego spadku ciśnienia. Pęcherzyk kawitacyjny utrzymuje się więc do czasu wyjścia ze strefy niskiego ciśnienia, a po powrocie do strefy z wysokim ciśnieniem prężność



RYS. 1



RYS. 2

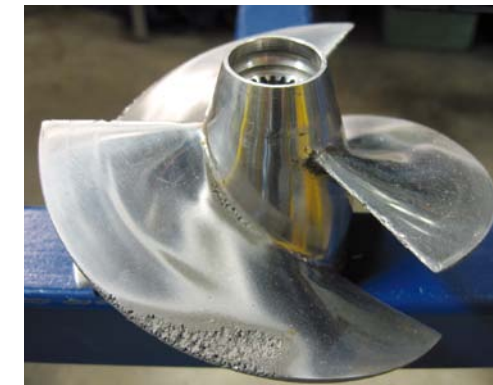
pary nie jest wystarczająca do zrównoważenia ciśnienia hydrostatycznego i pęcherzyk kawitacyjny natychmiast imploduje (rys. 2).

To stadium zjawiska jest szkodliwe dla pracy amortyzatora i może prowadzić do jego uszkodzeń, ponieważ implozja pęcherzyków, zwłaszcza w pobliżu elementów mechanicznych, powoduje wibracje, uderzenia, szum a nawet odrywanie się materiału. Najbardziej znanym tego przykładem jest korozja śrub napędowych w łożyskach oraz metalowych wirników pomp (rys. 3).

#### Stadia kawitacji

Wyróżnia się trzy etapy procesu kawitacji:

1. kawitacja początkowa, w której pęcherzyki są niewielkie i stanowią ograniczoną część objętości cieczy;
2. kawitacja rozwinięta, podczas której pęcherzyki mają większe wymiary i nie wykazują tendencji do zanikania, a ich obecność (np. w amortyzatorze) zdradza charakterystyczny szum;
3. kawitacja w pełni rozwinięta oznacza, iż ciecz robocza jest całkowicie zemu-



RYS. 3

gowana, co w przypadku wszelkich urządzeń hydraulicznych może powodować bardzo poważne uszkodzenia ich elementów mechanicznych, gdyż kawitacja jest przyczyną tarcia i turbulencji w cieczy roboczej.

#### Kawitacja w amortyzatorach

Przy niespodziewanych i znacznych zmianach ciśnienia we wnętrzu amortyzatora powstanie kawitacji jest wysoce prawdopodobne.

W przypadku amortyzatora hydraulicznego zjawisko to powodowane jest tarciami (opór elastomerów, zginanie lub skręcanie elementów w ruchu itp.), ściśliwością cieczy, zwiększoną temperaturą roboczą i skokami ciśnienia w obwodzie hydraulicznym.

Amortyzator ma tendencję do kawitacji, gdy:

- ▶ ciśnienie w jego komorze spada poniżej prężności pary gazów powstających w wyniku parowania cieczy;
- ▶ znaczne prędkości tłoka generują strefy podciśnienia powodowane siłą inercyjną przettaczanej cieczy.

W trakcie takich zjawisk molekuly gazów obecnych w oleju oddalają się od siebie, by następnie ponownie się zbliżyć w sposób niekontrolowany, co wytwarza stre-