

P O L S K A A K A D E M I A N A U K
I N S T Y T U T M A S Z Y N P R Z E P Ł Y W O W Y C H

PRACE
I N S T Y T U T U M A S Z Y N
P R Z E P Ł Y W O W Y C H

T R A N S A C T I O N S
O F T H E I N S T I T U T E O F F L U I D - F L O W M A C H I N E R Y

80

W A R S Z A W A - P O Z N A Ń 1981

P A Ń S T W O W E W Y D A W N I C T W O N A U K O W E

PRACE INSTYTUTU MASZYN PRZEPLYWOWYCH

poświęcone są publikacjom naukowym z zakresu teorii i badań doświadczalnych w dziedzinie mechaniki i termodynamiki przepływów, ze szczególnym uwzględnieniem problematyki maszyn przepływowych

*

**THE TRANSACTIONS OF THE INSTITUTE OF FLUID-FLOW
MACHINERY**

exist for the publication of theoretical and experimental investigations of all aspects of the mechanics and thermodynamics of fluid-flow with special reference to fluid-flow machinery

RADA REDAKCYJNA - EDITORIAL BOARD

**TADEUSZ GERLACH · HENRYK JARZYNA · JERZY KRZYŻANOWSKI
STEFAN PERYCZ · WOJCIECH PIETRASZKIEWICZ · ROMUALD PUZYREWSKI
KAZIMIERZ STELLER (PRZEWODNICZĄCY - CHAIRMAN) · ROBERT SZEWAŁSKI
JÓZEF ŚMIGIELSKI**

KOMITET REDAKCYJNY - EXECUTIVE EDITORS

**KAZIMIERZ STELLER - REDAKTOR - EDITOR
WOJCIECH PIETRASZKIEWICZ · ZENON ZAKRZEWSKI
ANDRZEJ ŻABICKI**

REDAKCJA - EDITORIAL OFFICE

Institut Maszyn Przeplywowych PAN
ul. Gen. Józefa Fiszerza 14, 80-952 Gdańsk, skr. pocztowa 621, tel. 41-12-71

Copyright

by Państwowe Wydawnictwo Naukowe
Warszawa 1981

Printed in Poland

ISBN 83-01-02692-8

ISSN 0079-3205

PANSTWOWE WYDAWNICTWO NAUKOWE - ODDZIAŁ W POZNANIU

Nakład 340+90 egz. Ark. wyd. 10. Ark. druk. 7,5 Papier druk. sat. kl. V,
70 g. 70×100 cm. Oddano do składania 26 kwietnia 1980 r. Druk ukończono
w lutym 1981 r. Zamówienie nr 486/34, T-2/778. Cena zł 40,-

DRUKARNIA UNIWERSYTETU IM. ADAMA MICKIEWICZA W POZNANIU

STANISŁAW MARCINKOWSKI

Gdańsk

Technika kopiowania stanu powierzchni za pomocą kauczuku silikonowego w zastosowaniu do rejestracji zniszczeń erozyjnych oraz rejestracji osadów soli w częściach przepływowych turbin*

W pracy przedstawiono doświadczenia związane z zastosowaniem techniki kopiowania fragmentów powierzchni łopatek kierowniczych i wirnikowych w celach dokumentacyjnych.

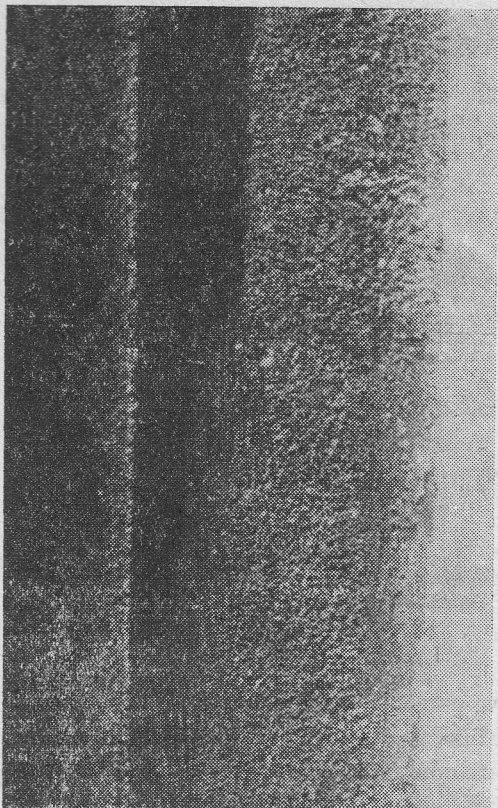
Badania stopni turbinowych pracujących w parze wilgotnej stwarzają konieczność utrwalenia obrazu stanu powierzchni łopatek wirnikowych lub tarcz kierowniczych, z uwagi na zaobserwowaną erozję lub występowanie osadów na tych powierzchniach. Rozpowszechnione metody opisów, rysunków bądź fotografii nie w pełni oddają wierny obraz tych zjawisk. Do dokładniejszych badań często konieczne było uzyskanie próbki materiału z widocznymi osadami, fragmentów lub całych łopatek wirnikowych. Uzyskanie próbek elementów turbinowych było możliwe jedynie po wycofaniu ich z eksploatacji. Nie było więc możliwości śledzenia zmian zachodzących w czasie normalnej eksploatacji.

Choć autorzy licznych prac dotyczących erozji stopni turbinowych pracujących w parze wilgotnej przedstawiają zdjęcia i szkice zniszczeń erozyjnych, np. [1, 2], to jednak w literaturze przedmiotu brak dokładniejszych informacji dotyczących analizy wad i zalet stosowanych metod.

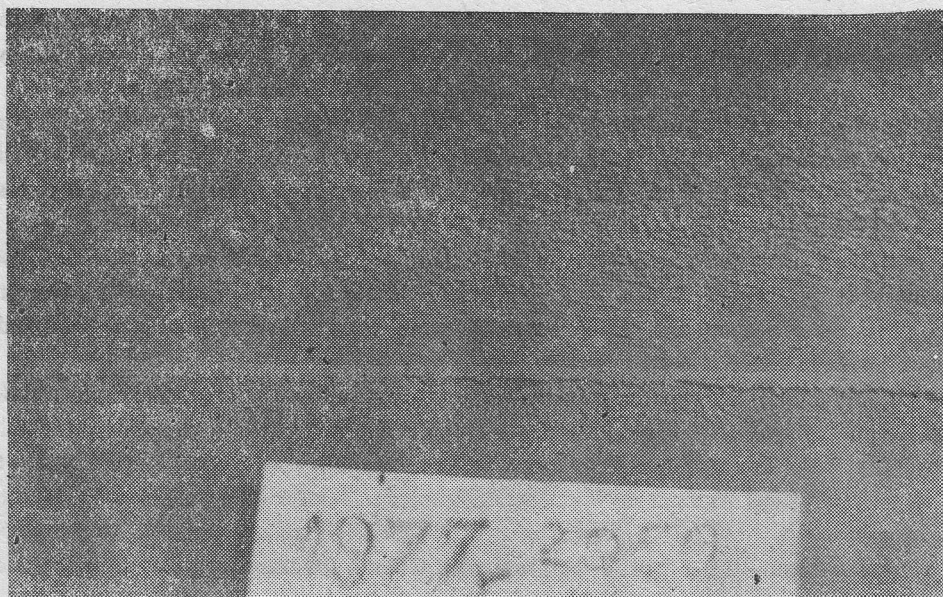
W Instytucie Maszyn Przepływowych PAN w Gdańsku od wielu lat prowadzi się obserwację stanu erozji łopatek turbin oraz rozmieszczenia osadów soli. Spośród licznych prac można przykładowo wymienić [3 i 4]. Jednakże stosowana technika nie była w pełni zadowolająca, co było powodem szukania innych metod.

W [5] zaproponowano metodę uzyskiwania wiernych kopii stanu powierzchni utrwalonych w kauczuku silikonowym. Metoda ta polega na pokrywaniu badanych powierzchni warstwą płynnego kauczuku silikonowego, o konsystencji gęstego miodu. Kauczuk ten poprzez polimeryzację zmienia się w elastyczną gumę. Uzyskuje się w ten sposób elastyczną kopię negatywową pokrytej powierzchni. W badaniach stosowano „Polastosil M56” wraz z katalizatorem „OL-1”, produkcji Instytutu Chemii Przemysłowej Zakładu Doświadczalnego Silikonów w Nowej Sarzynie.

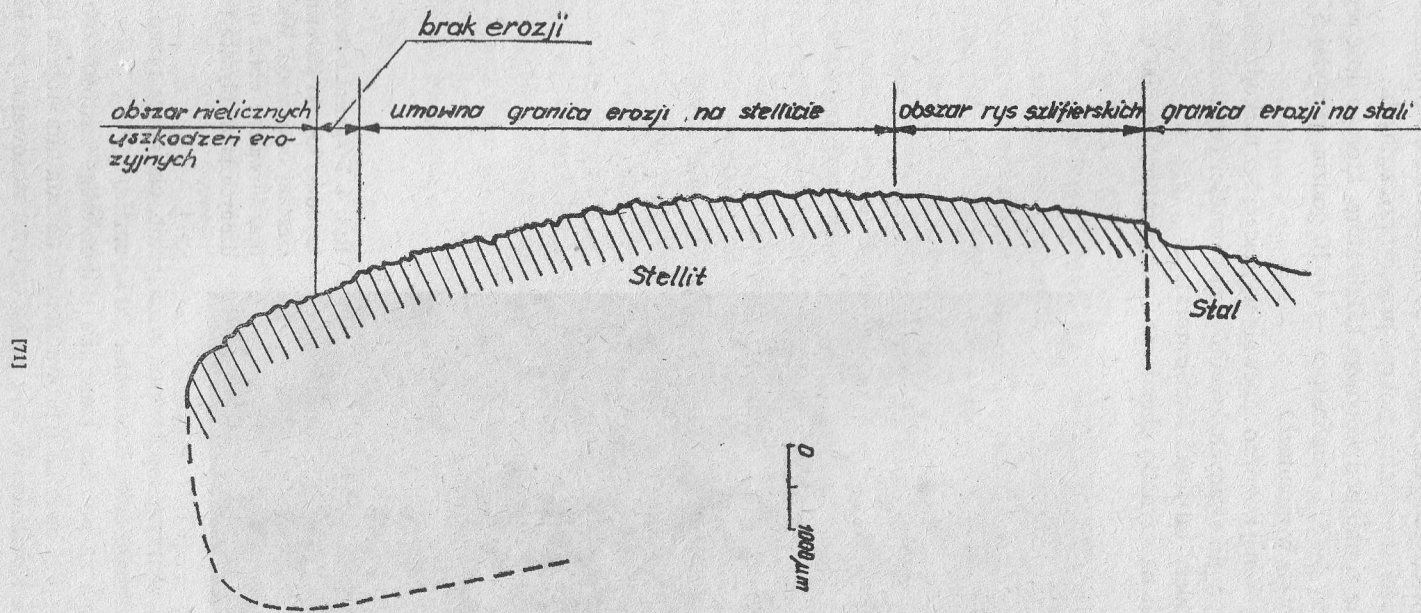
* Praca wykonana w ramach problemu międzyresortowego MR. I. 26, „Podstawy projektowania maszyn i urządzeń energetycznych”, grupa tematyczna 05.



Rys. 1. Fragment odlewu pozytywowego łopatki wirnikowej z utrwalonym obrazem erozji. W dolnej części zdjęcia widoczna erozja na obszarze szlifowania kontrolnego



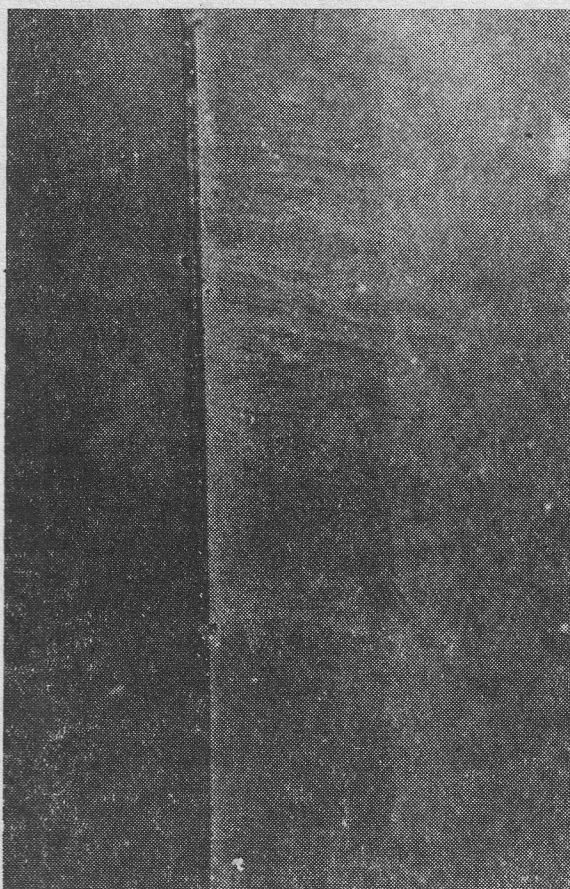
Rys. 2. Fragment odlewu negatywowego łopatki wirnikowej (w obrębie szlifowania kontrolnego) z utrwalonym obrazem erozji



Rys. 3. Przekrój kopii łopatki wirnikowej w obszarze szlifowania kontrolnego wykonany na profilografie, z opisem widzianej struktury powierzchni

Zasadniczymi zaletami kauczuku silikonowego, w zastosowaniu do kopiowania, są następujące cechy:

- niezwilżanie powierzchni pokrywanych, co umożliwia łatwe oddzielenie materiału i kopii, bez konieczności stosowania pokryw przeciwprzyczepnych,
- polimeryzacja na zimno pod wpływem katalizatora, którego ilość reguluje również czas polimeryzacji (przy 3÷5% katalizatora – 1÷10 godzin, powyżej 5% katalizatora czas polimeryzacji liczy się w minutach),
- elastyczność uzyskanej kopii, co zapewnia wyjęcie jej bez uszkodzenia, nawet w przypadku głębokich i skomplikowanych kształtów nierówności (wydłużenie względne przy zerwaniu 60÷110% zależy od ilości katalizatora),
- odporność kopii na czynniki chemiczne i temperaturę do 300°C,



Rys. 4. Fragment odlewu w żywicy epoksydowej łopatkı kierowniczej w obrębie szczeliny odsysającej. Widoczna szczelina oraz utrwalony obraz osadów soli, osadzonych przez płynącą po łopatkę wodę

– dobre własności wytrzymałościowe na rozciąganie, chroniące przed uszkodzeniem uzyskanej kopii (wytrzymałość na rozerwanie 20 kg/cm²).

Technikę kopiowania za pomocą kauczuku silikonowego zastosowano w Instytucie Maszyn Przepływowych przy badaniach prowadzonych na ostatnim stopniu turbiny 13K215 blok nr 8 w Elektrowni Kozienice. W celu oceny wpływu stosowania powłokowych tarcz

kierowniczych z odsysaniem na proces erozji łopatek wirnikowych, w latach 1976/1978 przeprowadzono kolejne oględziny łopatek wirnikowych oraz eksperymentalnych tarcz kierowniczych. Wyniki tych oględzin opisano w opracowaniach wewnętrznych IMP PAN [6, 7]. Wykonane kopie obejmowały kontrolę stanu fragmentów kilku wytypowanych łopatek, przy czym badania szczegółowe prowadzono dla jednej oznaczonej numerem B40. Kolejne kopie wykonywano w okresach rocznych eksploatacji, przy czym kopie wykonywano zarówno na rozmontowanym układzie przepływowym przy dobrym dostępie do łopatek (wyjęty wirnik, zdemontowane tarcze kierownicze), jak też na zamkniętej turbinie przy ograniczonym dostępie. Wykonane kopie, tych samych fragmentów łopatki po różnych okresach eksploatacji, dały możliwość śledzenia postępu erozji oraz określenia istotnych różnic, nie do odróżnienia w czasie obserwacji wzrokowych bez zastosowania układów optycznych do analizy obrazu (mikroskopy, projektory itp.). Z uzyskanych kopii negatywowych sporządzono kopie fragmentów łopatek w żywicy epoksydowej. Stosowano żywicę epoksydową Epidian 5 z utwardzaczem Z1 oraz dodatkiem napełniacza w postaci talku, który dawał kontrastową barwę kopii (stosunek Epidianu do utwardzacza 10 : 1 plus 50% napełniacza). Tą techniką można uzyskać wiele kopii bez zniszczenia formy, a także istnieje możliwość dublowania kopii negatywowych. Wykonane kopie spełniają obecnie rolę dokumentacji tych łopatek; dają możliwość porównania zarówno ogólnego widoku stanu erozji, jak też porównania wymiarów charakterystycznych, łącznie z określeniem kształtu i głębokości zniszczeń w poszczególnych przekrojach. Na rysunkach 1 i 2 pokazano przykładowo zdjęcia fragmentów kopii łopatki w żywicy epoksydowej oraz fragmentu kopii negatywowej tej samej łopatki. Na rysunku 3 pokazano profil zerodowanego stellitu w 15-krotnym powiększeniu, uzyskany na przekroju kopii negatywowej.

Równie cenną dokumentację zebrano kopiując ukształtowanie osadów na powierzchniach łopatek kierowniczych. Na rysunku 4 pokazano zdjęcie osadów na łopacie kierowniczej za szczeliną odsysającą, uzyskane z kopii fragmentu tej powierzchni (pozytyw). Odlew ten wykonano wewnątrz turbiny, przy zamkniętym układzie przepływowym (poprzez pokrycie łopatek kierowniczych zasłoniętych łopatkami wirnikowymi). Jak widać, kopia utrwała nawet szczegóły, których wymiary są mniejsze niż $1\ \mu\text{m}$. Podobne prace prowadzono w Związku Radzieckim [8].

Praca wpłynęła do Redakcji w marcu 1979 r.

Literatura

- [1] G. Preiskorn, *Erosionsschaden an Endstufen von Kondensations-Dampfturbinen und Massnahmen zu ihrer Minderung*. Maschinenbautechnik, Nr 11, 1958.
- [2] I. P. Faddiejew, *Erozija wlažnoparowych turbin*. Maszinstrojenije, Leningrad 1974.
- [3] J. Krzyżanowski, B. Weigle, H. Severin, *Semiempirical Criterion of Erosion Threat in Modern Steam Turbines*. Journal of Engineering for Power, January 1971/1.
- [4] J. Krzyżanowski, *Osady jako materiał do badań ruchu warstewki wody na powierzchni łopatek turbin kondensacyjnych*. Prace IMP, z. 38, 1967.
- [5] S. Marcinkowski, *Metoda rejestracji zniszczeń powierzchni erodowanych bądź ulegających kawitacji, polegająca na uzyskaniu dokładnych kopii badanych powierzchni w kauczuku silikonowym*. Wniosek racjonalizatorski IMP PAN, nr 74/1/74.

- [6] R. Puzyrewski, S. Marcinkowski, *Ogledziny stanu erozji lopatek wirnikowych ostatniego stopnia turbiny bloku nr 8 w Elektrowni Kozienice po 8860 godzinach pracy*. Oprac. wewn. IMP PAN, nr arch. 128/77.
- [7] R. Puzyrewski, S. Marcinkowski, *Ogledziny tarcz powlokowych z odsysaniem po 16.710 godzinach pracy*. Elektrownia Kozienice, turbina 13 K 215 blok nr 8.
- [8] M. B. Jawielskij, A. A. Kotienow, *Kontrol za prociessom erozii lopatok turbin s pomoszczju ottiskow*. Elektrieskije stancii, № 7, 1969.

**Техника копирования состояния поверхности при помощи
силиконового каучука в применении к регистрации эрозионных
разрушений и осадков соли в проточных частях турбин**

Резюме

В статье представлены основные достоинства техники копирования поверхности рабочих и направляющих лопаток в документационных целях. Применение этой техники к исследованиям состояния поверхности лопаток в силовой установке привело к получению документационного материала, позволяющего следить по времени происходящие изменения, связанные с процессом эрозии рабочих лопаток, а также производить их анализ. Эта техника позволяет также накапливать документационный материал в случае необходимости сохранения картин осадков соли на поверхностях лопаток.

**Copying the Surface State with the Aid of Silicon Rubber as a Method of Recording Erosion
Damage and Salt Deposits in Flow Parts of Turbines**

Summary

Principal advantages of the technique of making copies of rotor or stator blade surfaces for the purpose of documentation are presented in the paper. The adoption of this technique in a power plant for the examination of the blade surface state rendered possible observation of time changes caused by the rotor blade erosion and their analysis. This technique can also be used for documentation of salt deposits on blade surfaces.