

## PLAZMOWE NATRYSKIWANIE POWŁOK

Od blisko 40 lat w Katedrze Pieców Przemysłowych i Ochrony Środowiska prowadzi się badania w zakresie wytwarzania i stosowania powłok natryskiwanych plazmowo dla potrzeb gospodarki: materiałowej, cieplnej, wodnej i ekologii. W okresie tym nawiązano współpracę z krajowymi i zagranicznymi ośrodkami naukowymi oraz z licznymi zakładami przemysłowymi w kraju i za granicą.

Dzięki wielowarstwowej strukturze powłoki i pożądanej własności warstwy wierzchniej wielowarstwowej powłoki możliwe jest równoczesne osiągnięcie wielu celów, takich jak np.:

- uodpornienie natryskanego elementu na zużycie przez wytworzenie na jego powierzchni powłoki z materiałów o dużej twardości oraz szorstkiej strukturze warstwy wierzchniej tj. o dużej porowatości otwartej, przez co możliwe jest przechowywanie w porach smarów obniżających tarcie współpracujących elementów;
- zwiększenie żarowytrzymałości oraz odporności na korozyjne i erozyjne zużycie natryskanych powłokami elementów i urządzeń pozwalając na zwiększenie ich czasu eksploatacji;
- rozwinięcie „rzeczywistej” powierzchni wymiany ciepła przez pokrywanie metalowych ścian wymienników ceramiczną powłoką posiadającą dużą zdolność absorpcji promieniowania cieplnego rzędu  $0,70 \div 0,95$  oraz na wykorzystaniu zjawiska dużej mikrownękowości warstwy wierzchniej powłoki, która „imituje” modelowe ciało czarne (o absorpcyjności promieniowania zbliżonej do 1,0) podczas gdy wyblyszczone powierzchnie metalowe wykazują zdolność absorpcyjną od 0,04 do 0,1. Prócz powyższych występy turbulizują strumień opływający ściany wymienników, przerywając warstwę przyścienną zwiększając wymianę ciepła;

- katalityczne oddziaływanie na procesy chemiczne, w tym na spalanie i dopalanie paliw, oraz na selektywną i nieselektywną redukcję oraz rozpad  $\text{NO}_x$ ;
- wytwarzanie ścieżek prądowych na materiałach izolacyjnych (o dużej przewodności, np. natrysk miedzi) bądź warstw odpornych na przebicie prądowe, przykładowo powłoka z  $\text{Al}_2\text{O}_3$  o grubości 0,1 mm jest odporna na przebicie napięciem 500 V.



**Proces wytwarzania wielowarstwowego systemu powłokowego  
na łopatach turbiny parowej**

Procesy zużycia elementów urządzeń i części maszyn to niszczenie ich powierzchni wywołane: tarciami, korozją, zmęczeniem oraz zmianami temperatury i różnicowaniem jej gradientów.

Ponieważ powłoki natryskuje się z reguły na powierzchnie metalowe poddane uprzednio obróbce strumieniowo-ściernej oraz przyjmując, iż odtwarzają one kształt podłoża to ich porowatość otwarta (nierówności powierzchni, mikrownękowość, szorstkość,) określona głębokością wnęk może wynieść około 150  $\mu\text{m}$ . Wytworzone mikropory posiadają zdolność do przechowywania smarów, który zapobiega zatarciu współpracujących elementów. Ponadto wykruszające się z powłoki twarde ziarna przechowywane są w mikroporach i pracują nadal.

Badania zużycia różnych rodzajów powłok natryskiwanych z materiałów o zróżnicowanym udziale składników ceramicznych i metalowych oraz ziarnistości prowadzono na maszynach tarciovo-zużyciowych przy zróżnicowanych temperaturach procesów zużycia.

W pomiarach zużycia powłok węglkowych ustalono, iż ograniczenie dopływu powietrza do strumienia natryskowego (osłony mechaniczne oraz pierścieniowy strumień argonu) wywiera istotny wpływ na skład powłoki węglkowej, jej mikrotwardość a przede wszystkim na odporność na ścieranie. Badania te doprowadziły do pracy habilitacyjnej.

Kolejny etap badań dotyczył pomiarów erozyjności cermetalowych powłok wytworzonych z tlenków i węglków zmieszanych z aluminkiem niklu.

Najbardziej odpornymi na erozję okazały się powłoki z węgla chromu, które natryskiwane na rekuperatory, kotły i inne wymienniki. W ramach zleceń z hut i elektrowni stosowano powłoki zawierające 75÷90% Cr<sub>3</sub>C<sub>2</sub> i 10÷25% NiAl.

Producenci kotłów wymagali, aby mikrotwardość tych powłok była większa od 540 według skali HV 0,3 (uzyskano – 960/ HV0,3). Badania różnych rodzajów powłok przeprowadziła firma ABB STAL (na koszt RAFAKO) i wydała świadectwo pt.: „Powłoki zalecane do stosowania na powierzchnie kotłów wytwarzane przez Prof. S. Morela z Politechniki Częstochowskiej”.

Ważniejsze wyniki tych pomiarów zamieszczono w monografii.

Zarówno metalowe jak i ceramiczne ściany wymienników w temperaturze ich eksploatacji posiadają bardzo małą zdolność do absorpcji promieniowania ciepłego spalin ok. 0,04 (metale). Ceramiczne bądź cermetalowe powłoki wykazują zdolność absorpcyjną ok. 0,9 – co oznacza możliwość odebrania do 90% ciepła ze spalin uchodzących do komina.



**Stanowisko laboratoryjne do badania oddziaływania powłok na wymianę ciepła w modelowym kotle**

Do badań oddziaływania powłok na wartości strumienia ciepła przejmowanego ze spalin przez wodę zastosowano kocioł (model) zmontowany z dwóch półwalcowych sekcji zbudowanych w układzie rura-płetwa-rura, przy czym poszczególne sekcje natryskano różnymi powłokami. I tak sekcja 1 (bazowa) posiadała powłokę z NiAl, sekcja 2 (cermetalowa) powłokę z  $\text{Cr}_3\text{C}_2+25\%\text{NiAl}$ , sekcja 3 (cermetalowa) powłokę z  $\text{Cr}_2\text{O}_3+40\%\text{NiAl}$ , sekcja 4 (ceramiczna) powłokę z  $\text{Al}_2\text{O}_3+3\%\text{TiO}_2$ , sekcja 5 (ceramiczna) powłokę z  $\text{ZrO}_2+5\%\text{CaO}$ .

Katalizowanie procesów chemicznych i ciepłnochemicznych jest powszechnie znane, a rola katalizatorów sprowadza się do znacznego obniżenia energii aktywacji reakcji, a tym samym do obniżenia temperatury jej zapoczątkowania.

W technice powszechne zastosowania znalazły katalizatory wytwarzane z platyny bądź jej mieszanin z innymi metalami (rod, pallad). Katalizatory platynowe wytwarza się metodą osadzania chlorku platyny na metalowym bądź ceramicznym nośniku – podłożu i prażeniu w odpowiedniej temperaturze.

Katalizatory platynowe są nieodporne na zatrucia tlenkami siarki oraz wrażliwe na przegrzania. Do zwiększenia szybkości spalania i dopalania CO, C<sub>sadzy</sub> zastosowano również ceramiczne katalizatory natryskiwane plazmowo z tlenków metali przejściowych IV-ego okresu oraz z tlenków ceru i lantanu. Efektywność ceramicznych katalizatorów wynosi przeciętnie 93÷95% efektywności katalizatorów platynowych. Badania laboratoryjne wykazały 100%-we dopalenie CO oraz ponad 3-krotne zmniejszenie ilości NO<sub>x</sub> w spalinach.