

18. Korozja metali i stopów

Korozją jest oddziaływanie fizykochemiczne i elektrochemiczne między materiałem metalowym a otaczającym środowiskiem, w wyniku którego następuje uszkodzenie korozyjne powodujące zmniejszenie własności metalu. Ze względu na typ reakcji powodujących zniszczenie metalu lub stopów może być dokonany podstawowy podział korozji metali i stopów na elektrochemiczną i chemiczną.

Niekiedy korozja towarzyszy zjawiskom fizycznym erozji, zużycia ciernego lub kawitacji. W takich przypadkach, łącznego oddziaływania czynników fizycznych i chemicznych, zjawiska niszczenia metali są określane odpowiednio jako korozja erozyjna (korozjo-erozja), korozja cierna lub korozja kawitacyjna. Podstawowe definicje pojęć związanych z korozją metali i stopów zestawiono w normie PN-EN ISO 8044:2002.

Postępująca korozja może powodować znaczne obniżenie własności mechanicznych i użytkowych maszyn, urządzeń i elementów, np. kotłów parowych, konstrukcji mostów, łopatek turbin, istotnie zmniejszając bezpieczeństwo ich stosowania. Dotyczy to blisko 30% ogólnej liczby produktów z metali i ich stopów.

Korozja powoduje również bardzo duże straty ekonomiczne, wynikające np. z niszczenia rurociągów, mostów, statków, instalacji chemicznych, zbiorników, tłumików samochodowych i części maszyn. Straty ekonomiczne bezpośrednio są związane z koniecznością dokonywania wymiany uszkodzonych konstrukcji maszyn i urządzeń lub ich elementów, wykorzystywania odpowiednio stopów odpornych na korozję lub pokryć antykorozyjnych, osuszania magazynów i stosowania innych środków przeciwdziałających lub opóźniających przebieg korozji.

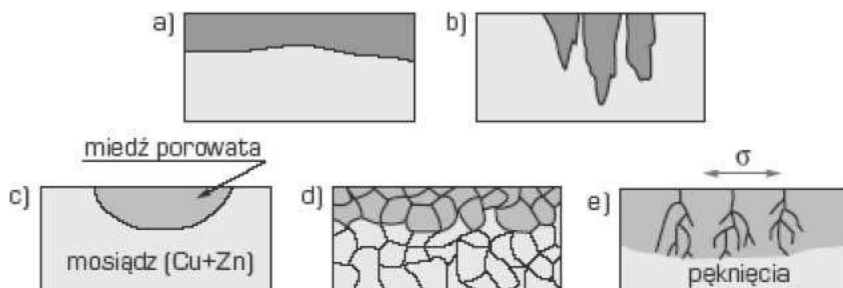
Straty bezpośrednie powstają nie tylko podczas użytkowania metalowych konstrukcji maszyn i urządzeń, lecz również w procesie ich wytwarzania. Przykładowo – ok. 7÷10% ogólnej produkcji stali ulega zniszczeniu w wyniku tworzenia się zgorzeliny podczas operacji obróbki plastycznej, głównie zaś walcowania i kucia. Znaczne straty z tej samej przyczyny wywołuje również obróbka cieplna wykonywana w urządzeniach bez atmosfer ochronnych.

Straty ekonomiczne pośrednie są związane z przerwami w eksploatacji różnych urządzeń w celu dokonania wymiany części lub usunięcia uszkodzeń, ze stratami materiałów np. w wyniku przecieków olejów, gazów i wody, zmniejszeniem wydajności urządzeń, np.

wymienników ciepła – wskutek osadzania się produktów korozji na ich ściankach, a także z zanieczyszczaniem elementów urządzeń produktami korozji.

Ostatecznym efektem korozji może być **zniszczenie korozyjne**, powodujące że dany układ techniczny przestaje całkowicie funkcjonować. Około 10% produkowanych na świecie metali i ich stopów ulega nieodwracalnemu zniszczeniu w wyniku korozji, gdyż metale te tylko w części można odzyskać w procesie hutniczym ze skorodowanych elementów konstrukcji, maszyn i urządzeń. Do strat powodowanych korozją należy zaliczyć również straty energetyczne i straty pracy ludzkiej, związane z procesami naprawy, a także wytwarzania metali i ich stopów oraz gotowych urządzeń, które muszą zastąpić urządzenia uszkodzone wskutek korozji. Konieczne jest zatem poznanie odmian i mechanizmów korozji, a także działania korozyjnego różnych środowisk na różne metale i stopy w celu opracowania najskuteczniejszych metod walki z tym szkodliwym procesem. Umożliwi to zmniejszenie ogromnych strat ekonomicznych, które rokrocznie ponosi gospodarka.

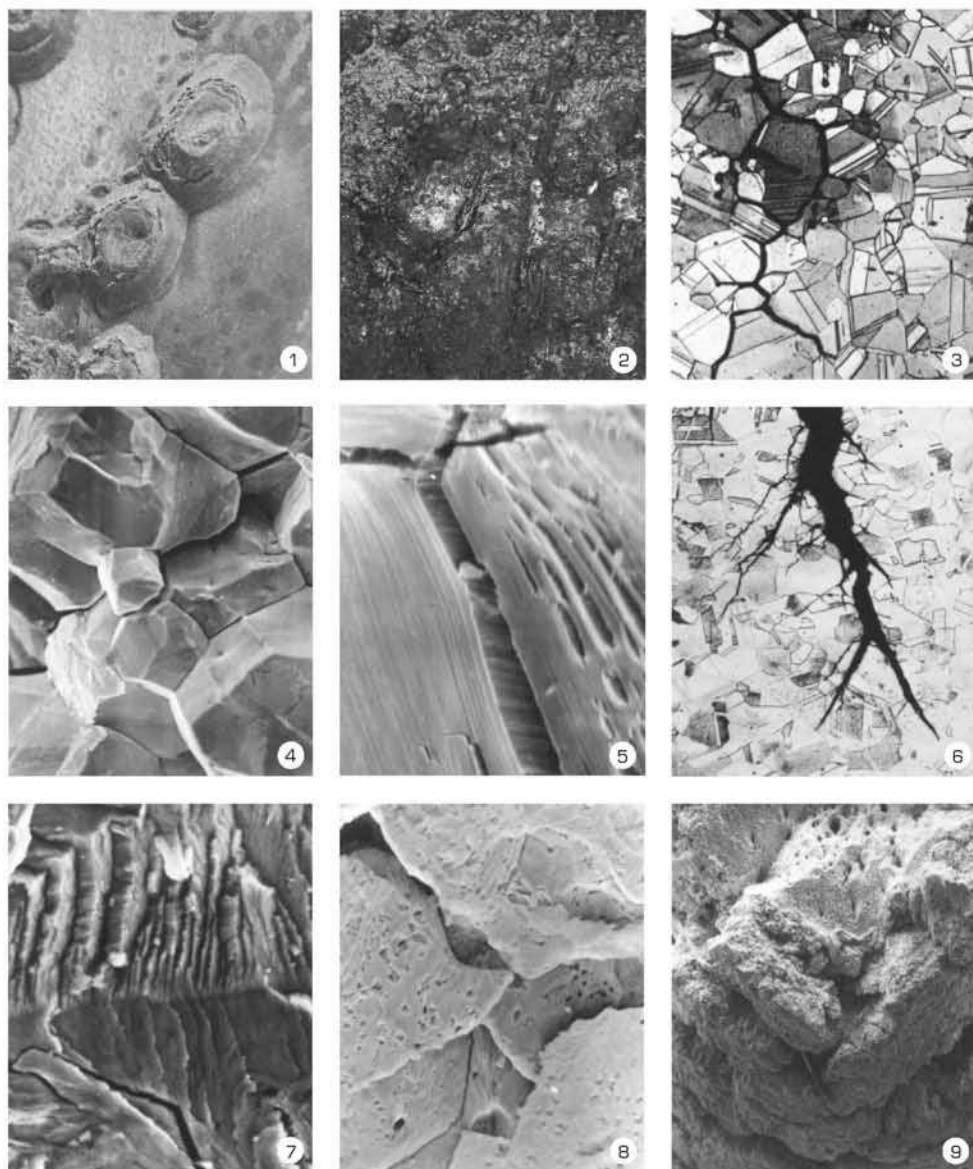
Ze względu na wygląd zewnętrzny i zmiany własności fizycznych spośród **uszkodzeń korozyjnych** można wyróżnić kilka zasadniczych odmian (rys. 40 i plansza 7).



Rysunek 40. Typowe uszkodzenia korozyjne a) korozja równomierna, b) korozja wżerowa, c) korozja selektywna, d) korozja międzykrystaliczna, e) pękanie korozyjne

Korozja równomierna (rys. 40a) polega na niemal jednostajnym na całej powierzchni niszczeniu metalu w miarę upływu czasu. Szybkość korozji równomiernej v_{KR} jest podawana w mm/rok, niekiedy także w $\text{mg}/(\text{dm}^2 \cdot \text{doba})$.

Metale lub stopy cechujące się szybkością korozji równomiernej nie większą niż 0,15 mm/rok mogą być stosowane na szczególnie odpowiedzialne elementy urządzeń narażonych na zniszczenie korozyjne, np. gniazda zaworów silników spalinowych lub wirniki pomp. Gdy



Plansza 7. Powierzchnia 1) stali uszkodzonej w wyniku korozji punktowej; 2) stali X40CrMoV5-1 stopowanej laserowo węglikiem TiC i po tęście korozyjnym, pow.150x; struktura: 3) stopu miedzi CuZn20 z międzykrystalicznymi szczelinami korozyjnymi, pow. 40x; 4) przelomu międzykrystalicznego korozyjnego w stopie miedzi CuZn20, pow. 800x, mikroskop elektronowy skaningowy (SEM); 5) przelomu międzykrystalicznego korozyjnego oraz doraźnego transkrystalicznego ciągliwego z mikropeknięciami wzdłuż płaszczyzn poślizgu na powierzchni ziarna w stopie miedzi CuZn25, pow. 800x, SEM; 6) transkrystalicznego pęknięcia korozyjnego w stopie CuZn37, pow. 150x; 7) przelomu korozyjnego transkrystalicznego z licznymi obszarami pęknięć łupliwych w stopie miedzi CuZn37, pow. 2400x, SEM; 8) przelomu międzykrystalicznego korozyjnego z wżerami na żelazie Armco, pow. 800x, SEM; 9) silnie uszkodzonej powierzchni próbki ze stali typu 15MnNb5 (P355NL1) rozciąganej w warunkach korozyjnych, pow. 40x, SEM

szybkość korozji równomiernej jest większa niż 1,5 mm/rok, to takich metali i ich stopów nie można stosować na elementy urządzeń narażone na zniszczenie korozyjne.

Korozja lokalna charakteryzuje się zróżnicowaniem szybkości niszczenia metalu lub stopu w różnych obszarach jego powierzchni. Przykładem takiego uszkodzenia korozyjnego jest korozja wżerowa (rys. 40b i plansza 7). Stosunek największej głębokości wżerów do głębokości średniej, wynikającej z ubytku masy próbki, nosi nazwę współczynnika korozji wżerowej W_{KW} (dla korozji równomiernej $W_{KW} = 1$). Innym przykładem korozji lokalnej jest tzw. korozja nożowa przebiegająca w wąskiej strefie granicznej między materiałem macierzystym a spoiną złącza spawanego lub lutowanego.

Korozja selektywna (rys. 40c) polega na niszczeniu jednej lub kilku faz stopu ze znacznie większą szybkością od szybkości uszkodzania osnowy stopu. W wyniku tego porowata pozostałość zachowuje wprawdzie pierwotny kształt produktu, lecz jego wytrzymałość ulega znacznemu zmniejszeniu. Korozja selektywna występuje m.in. w stopach metali szlachetnych (np. Au-Ag i Au-Cu), w żeliwach szarych (korozji ulega faza metaliczna, a pozostaje grafit), a przykładem tego zjawiska jest również odcynkowanie stopów Cu-Zn (rys. 40c).

Korozja międzykrystaliczna (rys. 40d i plansza 7) przebiega głównie na granicach ziarn metali lub ich stopów, postępując z bardzo dużą szybkością i sięgając na dużą głębokość. Korozja międzykrystaliczna powoduje nierzadko katastrofalne zniszczenia w wyniku znacznego zmniejszenia wytrzymałości i ciągliwości metalu, bez wyraźnie widocznych zewnętrznie objawów.

Pękanie korozyjne (rys. 40e i plansza 7) jest powodowane jednoczesnym działaniem środowiska korozyjnego i naprężeń rozciągających stałych lub zmiennych. Gdy na metal lub stop poddany stałemu naprężeniu rozciągającemu działa środowisko korozyjne, występuje korozja naprężeniowa. Naprężenie rozciągające powodujące korozję naprężeniową może być przyłożone z zewnątrz lub być naprężeniem wewnętrznym wywołanym obróbką plastyczną, cieplną lub spawaniem. Naprężenia powodujące pęknięcia w wyniku korozji naprężeniowej są znacznie mniejsze od granicy plastyczności i wytrzymałości metali i stopów.

W przypadku gdy element metalowy, zanurzony w środowisku korozyjnym, jest poddawany zmiennym naprężeniom rozciągającym, może ulegać korozji zmęczeniowej.