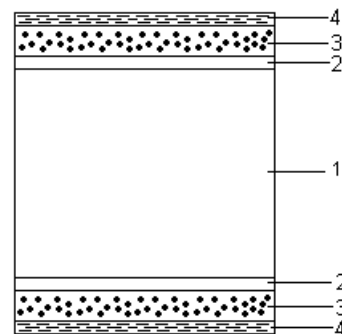


Błona radiograficzna

Zastosowanie błon radiograficznych jako detektorów promieniowania X i gamma w badaniach radiograficznych jest oparte na fotochemicznym działaniu promieniowania. Na emulsję nie działają bezpośrednio fotony X i gamma, ale wtórne elektrony, tj. fotoelektrony i elektrony odrzutu wytwarzane podczas pochłaniania fotonów promieniowania w emulsji. Te wtórne elektrony, podobnie jak fotony promieniowania widzialnego, powodują oderwanie się elektronu od jonu bromkowego i powstania obrazu utajonego w emulsji fotograficznej.

Błony radiograficzne są detektorami promieniowania X i gamma. Na emulsję błony działają tzw. fotoelektrony i elektrony odrzutu powstałe podczas pochłaniania fotonów promieniowania w emulsji. W budowie błony rtg rozróżniamy 4 warstwy: elastyczną warstwę podłoża (zbudowaną z trójoctanu celulozy) (1), warstwę pośrednią (zapewniającą przyleganie emulsji do podłoża) (2), warstwę emulsji fotograficznej (składającej się z zawiesiny drobnych kryształków halogenku srebra w żelatynie) (3) i warstwę ochronną (warstwa utwardzonej żelatyny) (4).



Błona radiograficzna różni się tym od zwykłej błony fotograficznej przede wszystkim dwustronnym pokryciem emulsji (wyjątek: błony mammograficzne, które pokryte są emulsją tylko z jednej strony), większą grubością emulsji oraz uczuleniem jej na promieniowanie jonizujące.

Dwustronna warstwa emulsji powoduje wzrost czułości błony na promieniowanie poprzez zwiększenie efektu zaczernienia, a tym samym skrócenie czasu ekspozycji (błony jednostronne stosowane są wówczas gdy wymagana jest jak największa zdolność rozdzielcza obrazu).

Ze względu na przeznaczenie błony dzielimy na:

- błony przeznaczone do stosowania bez okładem wzmacniających lub z okładkami metalowymi
- błony przeznaczone do stosowania z okładkami fluorescencyjnymi

Własności błony są określone przez jej **Czułość**, **Kontrastowość** i **Ziarnistość**. Dwa pierwsze parametry są związane z **krzywą charakterystyczną błony**.

Krzywa charakterystyczna błony

Zależność gęstości optycznej błony wywołanej i utrwalonej w funkcji logarytmu dziesiętnego nazywamy z **krzywą charakterystyczną błony**. Przez gęstość optyczną rozumiemy logarytm dziesiętny stosunku strumienia świetlnego Φ_0 padającego na obserwowane miejsce błony, do strumienia świetlnego Φ przepuszczonego przez to miejsce – czyli jest to liczbowo wyrażone zaczernienie błony:

$$D = \lg \frac{\phi_0}{\phi}$$

Błona przepuszczająca strumień światła całkowicie ma $D=0$. Im większa wartość gęstości optycznej D , tym większe zaczernienie błony. Np. $D=2$ oznacza, że strumień światła przechodzącego przez błonę jest 100 razy mniejszy niż strumień światła padającego.

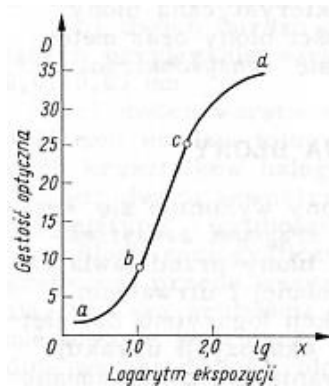
Jeśli weźmiemy kilka błon o gęstościach optycznych odpowiednio D_1, D_2, \dots, D_n i nałożymy je na siebie, to gęstość całkowita D_c będzie odpowiadać sumie gęstości optycznych poszczególnych błon:

$$D_c = D_1 + D_2 + \dots + D_n$$

Ma to odniesienie do dwustronnego krycia błon radiograficznych – sumują się gęstości optyczne dwu warstw emulsji, jak również jest wykorzystywane w technice wielu błon.

Przebieg krzywej charakterystycznej przedstawia rysunek 1. Wyróżnić w niej można 3 odcinki:

- odcinek od punktu a do b – gęstość optyczna określa zadymienie błony, które jest w granicach $0,05 \div 0,2$
- odcinek między punktami b i c – występuje tu maksymalny wzrost gęstości optycznej przy wzroście ekspozycji; jest to w przybliżeniu odcinek prostoliniowy, gdzie istnieje proporcjonalna zależność pomiędzy dawką ekspozycyjną a gęstością optyczną – jest to najważniejsza część krzywej do badań radiograficznych
- odcinek od punktu c do d – następuje zagięcie krzywej czyli osiąga się nasycenie zaczernienia (może również nastąpić zmniejszenie zaczernienia – solaryzacja)



Rysunek 1. Krzywa charakterystyczna błony radiograficznej.

Kształt krzywej charakterystycznej nie zależy na ogół od energii promieniowania (tzn. w przypadku aparatów rentgenowskich od napięcia na lampie), jednakże zmiana napięcia powoduje przesunięcie krzywej charakterystycznej wzdłuż osi ekspozycji bez zmiany jej kształtu. Od napięcia lampy zależy czułość błony.

Czułość błony

Błony radiograficzne są czułe na promieniowanie w szerokim zakresie: począwszy od energii odpowiadającej części widm promieniowania widzialnego, poprzez ultrafiolet do promieniowania jonizującego włącznie. Większą czułość ma ta błona, która do uzyskania danej wartości gęstości optycznej potrzebuje mniejszej dawki ekspozycyjnej, inaczej mówiąc – na której ta sama dawka promieniowania spowoduje większe zaczernienie.

Czułość błony zależy od wielkości ziaren bromku srebra znajdującego się w emulsji. Im większe wymiary ziarna tym czulsza błona, a stąd większe zaczernienie będzie powstawać przy danej ekspozycji. Czułość błony zależy też od warunków jej obróbki fotochemicznej, w szczególności od czasu wywoływania i energii promieniowania.

Czułość błony można określić za pomocą odwrotności dawki ekspozycyjnej promieniowania, która wywołuje odpowiednie zaczernienie. Miarą czułości będzie więc w tym przypadku odwrotność dawki, wyrażona np. w kg/C lub 1/R. W praktyce czułość wyrażamy za pomocą względnego współczynnika ekspozycji, który podaje ile razy dłużej należy naświetlać jedną błonę w stosunku do drugiej (przyjętej jako poziom odniesienia), aby uzyskać tę samą wartość zaczernienia.

Kontrastowość błony

Kontrastem fotograficznym 2 sąsiadujących ze sobą obszarów wywołanej błony nazywa się różnicę ΔD ich gęstości optycznych D_1 i D_2 :

$$\Delta D = D_1 - D_2$$

Wykrywalność różnic zaczernienia jest tym większa, im bardziej ostre jest przejście między jednym obszarem i drugim.

Współczynnik kontrastu – jest to stosunek kontrastu fotograficznego do różnicy logarytmów dawki ekspozycyjnej, która ten kontrast spowodowała:

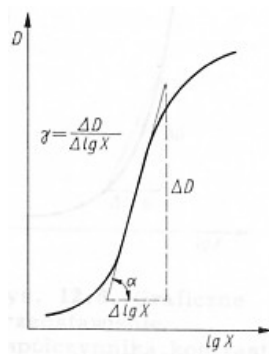
$$\text{wsp.kontrastu} = \frac{D_2 - D_1}{\lg X_2 - \lg X_1} = \frac{\Delta D}{\Delta \lg x}$$

Jeżeli obliczenia wykonamy dla bardzo małych zmian ΔD i $\Delta \lg X$ otrzymamy wartość gradientu gęstości optycznej g : $g = dD/d \lg X$

Współczynnik kontrastowości γ – maksymalny gradient gęstości optycznej i liczbowo jest on równy tangensowi kąta nachylenia odcinka prostoliniowego krzywej charakterystycznej do osi odciętych:

$$\gamma = \frac{\Delta D}{\Delta \lg X} = \text{tg } \alpha$$

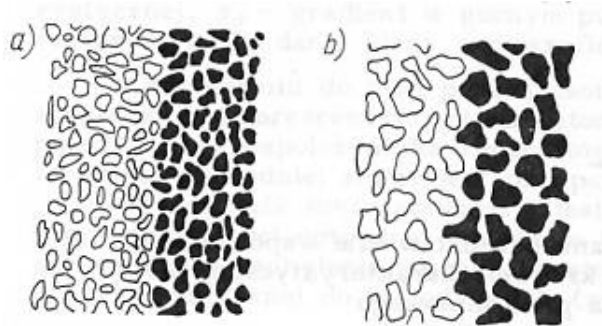
W przypadku krzywej charakterystycznej nie mającej części prostoliniowej, współczynnik kontrastowości jest równy nachyleniu krzywej w punkcie jej przebiegu.



Rysunek 2. Krzywa charakterystyczna błony radiograficznej – wyznaczanie współczynnika kontrastowości.

Ziarnistość błony

Czułość błony jest związana z wielkością ziaren kryształków halogenku srebra, czyli z ziarnistością błony. Błony niskoczule są drobnoziarniste (wielkość ziaren: $0,3 \div 0,5$ [μm]), natomiast błony wysokoczule – gruboziarniste (powyżej $1[\mu\text{m}]$).



Rysunek 3. Przykładowe porównanie wielkości ziarna w emulsji błony radiograficznej:
a) drobnoziarnistej; b) gruboziarnistej
kolor biały – ziarna nie naświetlone; kolor czarny – ziarna naświetlone

Zdolność rozdzielcza

Jest to zdolność do oddzielnej rejestracji punktów położonych obok siebie. W praktyce określa się ją liczbą linii rozróżnialnych na jednym milimetrze obrazu. Dla błon radiograficznych zdolność rozdzielcza zawiera się w przedziale od 45 do ok. 180 linii/mm w zależności od typu błony.

Zadymienie

Zadymienie wykazuje każda błona radiograficzna. Jest to pewne zaczernienie spowodowane skupieniami atomów srebra metalicznego nie wywołanych działaniem promieniowania, lecz wynikających z fałszywego obrazu utajonego lub powstających podczas procesu wywoływania. Pojęcie zadymienia obejmuje również zmniejszenie przepuszczalności światła przez podkład, na którym umieszczona jest emulsja światłoczuła.

Różne przepisy i normy podają dopuszczalną wartość zadymienia dla różnych typów błon radiograficznych, których można jeszcze używać do badań.

Od błony radiograficznej wymaga się dużej czułości, aby ekspozycja nie była zbyt długa, drobnoziarnistej struktury, aby czytelność szczegółów była zapewniona oraz dużej kontrastowości w szerokim zakresie krzywej charakterystycznej, aby można było rejestrować bardzo małe różnice natężenia promieniowania. Ponieważ spełnienie jednocześnie wszystkich tych wymagań jest niemożliwe, błony radiograficznej produkowane są w kilku odmianach zależnie od przeznaczenia.

Rodzaje nieostrości obrazu:

1. Nieostrość wewnętrzna – spowodowana rozproszeniem promieniowania w błonie radiograficznej i okładkach wzmacniających
2. Nieostrość geometryczna (brzegowa) – związana z faktem, że źródło promieniowania nie jest punktowe (zjawisko półcieni)
3. Nieostrość rozproszeniowa – spowodowana wpływem promieniowania rozproszonego w badanym materiale oraz jego otoczeniu
4. Nieostrość przemieszczenia (ruchowa) – spowodowana wzajemnym przemieszczeniem się podczas trwania ekspozycji źródła promieniowania, badanego elementu lub błony