

KRÓTKA HISTORIA SZKIEŁ FOTOCHROMOWYCH

Ochrona wzroku przed nadmiernym promieniowaniem słonecznym znana jest od wielu lat. W różnych warunkach nasłonecznienia zalecano szkła okularowe o różnym stopniu przyciemnienia, i dlatego istotnym stało się dążenie do wyprodukowania szkielek, które w odwracalny sposób zmieniałyby swoją zdolność do pochłaniania promieniowania słonecznego, przy czym poziom zaciemnienia tych szkielek zależałby od jasności otoczenia. Pomysł zaczerpnięto ze znanych już mechanizmów powstawania obrazu fotograficznego, a dokładnie nieodwracalnego sposobu reakcji atomów srebra na światło. W prowadzonych pracach wykorzystano również związki srebra i w ten sposób około 1964 roku wynaleziono pierwsze szkło mineralne samozabarwiające się, a od 1967 roku zaczęto produkować te szkła na skalę przemysłową jako szkła fotochromowe.

Szklek fotochromowe należą do grupy szkielek, w których na przestrzeni lat nastąpiły bardzo duże zmiany w zakresie barw, poziomów transmisji w stanie rozjaśnionym i zaciemnionym, czasów zaciemniania i rozjaśniania itp.

W Polsce, a konkretnie w JZO, pierwsze fotochromowe szkła mineralne pojawiły się w 1976 roku na bazie prasówek HELIOVAR sprowadzanych z NRD. Na początku lat 90-tych prasówki te zastąpiono znacznie lepszymi półfabrykatami najpierw od firmy CORNING FRANCE, a następnie od firmy DESAG z Niemiec. Ponieważ na świecie rozwijała się równolegle produkcja szkielek organicznych, opracowano również technologię szkielek organicznych, fotochromowych. Od 1996 roku JZO zaczęło dostarczać takie szkła na bazie półfabrykatów TRANSITIONS.

WŁAŚCIWOŚCI SZKIEŁ FOTOCHROMOWYCH

Szklek fotochromowe mechanizm działania a zależność od światła i temperatury

W niniejszej publikacji pragniemy przybliżyć czytelnikom zagadnienie szkielek fotochromowych, chcemy wyjaśnić niektóre nieporozumienia oraz sprostować obiegowe opinie na temat tych szkielek. Wyjaśnianie właściwości szkielek fotochromowych przedstawimy na przykładzie soczewek produkowanych przez JZO Spółka z o.o.:

- **IZOFOTO 15B** szkło mineralne fotochromowe brązowe o współczynniku załamania światła $n_e=1,525$, ciężarze właściwym materiału $2,41 \text{ g/cm}^3$. Produkowane na bazie prasówki DESAG.
- **IZOFOTO 15G** - szkło mineralne fotochromowe szare o współczynniku załamania światła $n_e=1,525$, ciężarze właściwym materiału $2,41 \text{ g/cm}^3$. Produkowane na bazie prasówki DESAG.
- **IZOPLAST 150 FOTO B** - szkło organiczne fotochromowe brązowe o współczynniku załamania światła $n_e=1,500$, ciężarze właściwym materiału $1,29 \text{ g/cm}^3$. Produkowane na bazie półfabrykatu TRANSITIONS III.

Omówienie pragniemy rozpocząć od zacytowania podstawowych definicji z międzynarodowej normy ISO/FDIS 13666: MATERIAŁ FOTOCHROMOWY, materiał fotochromatyczny (określenie zaniechane) jest to materiał mogący w sposób odwracalny zmieniać charakterystyki transmisji światła w zależności od natężenia oraz długości fali padających.

UWAGA 1:

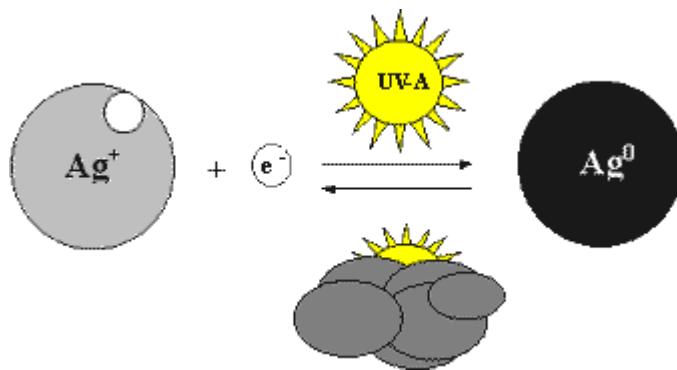
Materiał jest tak projektowany aby reagował na długości fal z zakresu światła słonecznego, głównie od 300nm do 450nm.

UWAGA 2:

Właściwości transmisyjne są zwykle uzależnione od temperatury otoczenia. SOCZEWKA FOTOCHROMOWA, soczewka wykonana z materiału fotochromowego. TRANSMISJA ŚWIETLNA (światła), stosunek strumienia światła przepuszczonego przez soczewkę lub filtr do strumienia światła padającego.

Podstawowy mechanizm działania mineralnych szkieł fotochromowych

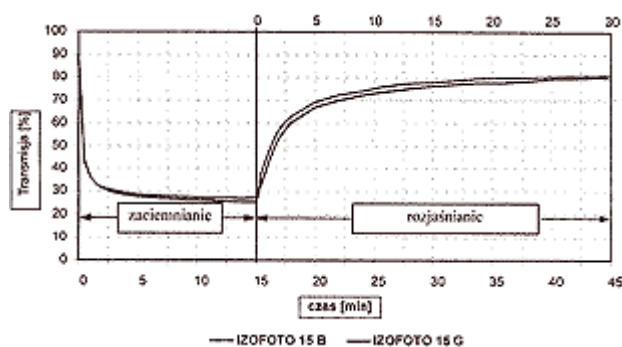
Jak już wspomnieliśmy w notatce historycznej, dzięki rozwojowi fotografii sposób reakcji atomów srebra (Ag) na światło znany jest od wielu lat. Jednak przy tym sposobie reakcji proces jest nieodwracalny. Przeciwnieństwem są szkła fotochromowe, w których również zastosowano aktywne centra atomów srebra (Ag^+), a dokładnie ich halogenki, ale tak rozmieszczone w strukturze szkła, że możliwe są ciągłe i odwracalne zmiany ich stanu zaciemnienia. Pod wpływem promieniowania UVA lub światła widzialnego o krótszej długości fali, atom srebra zmienia swoją zewnętrzną strukturę elektronową przy wykorzystaniu istniejących w masie szkła elektronów. Przy braku działania promieniowania układ wraca do stanu początkowego. Efektem opisanych zjawisk jest zaciemnianie lub rozjaśnianie szkła. Schematyczną zasadę działania zjawiska fotochromowego przedstawia poniższy rysunek.



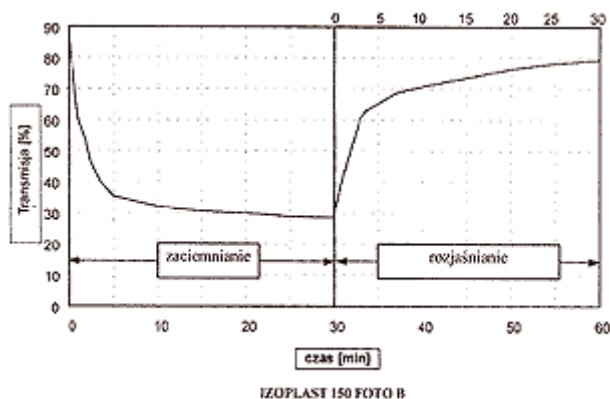
Zmiany właściwości transmisyjnych w czasie i pod wpływem promieniowania: zaciemnianie i rozjaśnianie.

Przedstawione poniżej wykresy (rys.2a, 2b) oraz tablica 1 pokazują zmiany transmisji szkieł o grubości 2,00 mm pod wpływem ekspozycji na światło (zaciemnianie) oraz po usunięciu źródła światła (rozjaśnianie). UWAGA: temperatura pomiaru 23°C.

Z przedstawionych wykresów oraz tablicy wynika, że zdolności zaciemniania badanych szkieł, tzn. różnice między transmisją w stanie całkowitego zaciemnienia i stanem maksymalnego rozjaśnienia, są zbliżone. Jednakże biorąc pod uwagę szybkość reakcji na zmianę warunków oświetlenia, lepszymi właściwościami od IZOPLAST 150 FOTO B charakteryzują się szkła mineralne IZOFOTO 15B oraz IZOFOTO 15G. należy również zauważyć, że żaden z powyższych materiałów w badanych czasach rozjaśniania nie powrócił do stanu wyjściowego, tzn. do poziomu maksymalnego rozjaśnienia. Całkowite rozjaśnienie może nastąpić jedynie w warunkach długotrwałego przechowywania w zaciemnieniu np. w etui lub dzięki wygrzaniu w odpowiednich warunkach. W czasie zwykłego użytkowania szkieł fotochromowych zawsze cechować je będzie pewien stopień zaciemnienia.



rys.2a



rys.2b

Tablica 1

	IZOFOTO 15B	IZOFOTO 15G	IZOPLAST 150 FOTO B
transmisja dla szkła całkowicie rozjaśnionego	89%	91%	87%
transmisja dla szkła całkowicie zaciemnionego	27%	25%	29%

Wpływ temperatury otoczenia na właściwości fotochromowe szkieł

Jak wspomniano we wstępie, przy okazji przytoczenia definicji materiałów i szkieł fotochromowych, właściwości fotochromowe są zależne od temperatury otoczenia. W tablicy 2 określiliśmy te zależności w stanie całkowitego zaciemnienia szkieł o grubości 2,00 mm dla trzech temperatur: 5°C do 10°C, 23°C oraz 35°C. Z powyższego widać, że właściwości samobarwiące soczewek fotochromowych są zależne od temperatury. W wysokiej temperaturze zaciemniają się w mniejszym stopniu niż w temperaturach średnich i niskich. Przy niskich temperaturach oraz przy intensywnym promieniowaniu UV np. zimą w górach, zaciemniają się bardziej i szybciej, ale niestety potrzebują także dłuższego czasu do rozjaśnienia. Z przedstawionej tablicy widać również, że ze względu na rozmiar zmiany transmisji lepszymi właściwościami charakteryzują się soczewki organiczne IZOPLAST 150 FOTO B. Różnica między transmisją dla wysokich temperatur otoczenia i niskich temperatur wynosi 17%. W przypadku szkieł mineralnych IZOFOTO 15B różnica ta wynosi 26%. Dodatkowo należy stwierdzić, że na skutek niekorzystnego działania wysokiej temperatury na stopień zaciemnienia szkieł fotochromowych, nie należy traktować ich jako szkła przeciwsłoneczne, a jedynie jako szkła ograniczające nadmierne natężenie promieniowania widzialnego.

Wpływ grubości szkła na stopień zaciemnienia szkieł fotochromowych

W tablicy 3 przedstawiliśmy wpływ grubości szkieł na zmiany transmisji szkieł rozjaśnionych oraz zaciemnionych.

UWAGA: temperatura pomiaru 23°C.

Ze względu na sposób wytwarzania jedynie w przypadku szkła organicznego IZOPLAST 150 FOTO B barwa nie jest zależna od grubości szkła. Powodem jest powierzchniowe wprowadzenie materiału fotoczułego do materiału organicznego soczewki. Warstwa fotoczuła ma zawsze jednakową grubość. W szklach mineralnych właściwości samobarwiące ma cała masa soczewki, stąd właśnie wynikają różnice w stopniu zabarwienia dla różnych grubości.

Informacje dodatkowe

Wszystkie szkła fotochromowe są doskonałymi filtrami całego zakresu promieniowania UV. Właściwości fotochromowe tych szkieł wynikają z reakcji czynników fotoczułych na to właśnie promieniowanie. Należy tu jednak pamiętać, że zwykła szyba posiada również pewną zdolność do pochłaniania promieni UV. Stąd wniosek, że szkła fotochromowe będą znacznie mniej zaciemniać się za szybą np. w samochodzie.

Tablica 2			
transmisja w stanie całkowitego zaciemnienia	IZOFOTO 15B	IZOFOTO 15G	IZOPLAST 150 FOTO B
5 ⁰ do 10 ⁰ C	17%	17%	21%
23 ⁰ C	27%	25%	29%
35 ⁰ C	43%	39%	38%

Tablica 3						
grubość szkła	Transmisja					
	IZOFOTO 15B		IZOFOTO 15G		IZOPLAST 150 FOTO B	
	szkło rozjaśnione	szkło zaciemnione	szkło rozjaśnione	szkło zaciemnione	szkło rozjaśnione	szkło zaciemnione
2,0mm	89%	27%	91%	25%	87%	29%
3,0mm	87%	22%	91%	20%	87%	29%
4,0mm	86,5%	19%	90%	15%	87%	29%

Wszystkie szkła fotochromowe ulegają tzw. starzeniu się. W tym wypadku jedynie szkła mineralne można poddać tzw. odświeżeniu poprzez wygrzanie ich w temperaturze ok. 80°C. Nie można tego wykonać w przypadku szkieł organicznych i należy się liczyć z tym, że wraz z upływem czasu ich właściwości samobarwiące będą się zmieniać.

Podsumowanie - zalety i wady szkieł fotochromowych

Na podstawie opisanych właściwości szkieł fotochromowych możemy stwierdzić, że zarówno szkła mineralne jak i organiczne, bez względu na producenta, mają swoje zalety i wady. Na rynku polskim dominują trzy firmy: w zakresie szkieł mineralnych - niemiecki DESAG i amerykański CORNING, a w zakresie szkieł organicznych - TRANSITIONS. Niezależnie od producenta szkła fotochromowe charakteryzują się bardzo zbliżonymi właściwościami w zakresie zaciemniania i rozjaśniania. W przypadku szkieł mineralnych niewątpliwymi ich zaletami są: szybkość reakcji na zmiany warunków oświetlenia, twardość materiału (wysoka odporność szkła mineralnego na zarysowania) oraz odwracalność efektów starzeniowych. Natomiast wadami są: zależność stopnia zaciemnienia szkieł od grubości oraz ciężar właściwy, większy niż szkieł organicznych. Wady te jednak mają znaczenie tylko w przypadku szkieł o wysokich mocach optycznych.

Zaletami szkieł organicznych fotochromowych są: wspomniany niski ciężar właściwy materiału organicznego oraz niezależność zabarwienia od grubości szkła. Szkła organiczne mają jednak gorsze właściwości w zakresie szybkości reakcji na zmianę warunków oświetlenia. Są również mniej odporne na zarysowania, a warstwa fotoczuła ulega nieodwracalnym zmianom starzeniowym. W przypadku tych szkieł użytkownik powinien bezwzględnie stosować się do zaleceń producenta. Zaletą wszystkich szkieł fotochromowych, tak mineralnych jak i organicznych, oprócz zdolności do ograniczania nadmiernego natężenia promieniowania widzialnego, jest dodatkowo ich zdolność do filtrowania całego zakresu promieniowania ultrafioletowego. Niestety wadą jest zależność właściwości samobarwiących od temperatury. Szkła fotochromowe będą spełniać bardzo dobrze rolę szkieł przeciwsłonecznych zimą w górach, ale latem na plaży i podczas prowadzenia samochodu raczej nie spełnią oczekiwań. W takich przypadkach należy stosować szkła o stałym i wysokim poziomie zaciemnienia (absorpcji) np.: szkła mineralne z powłokami B75, B90, G75 lub barwione szkła organiczne.

Klient decydując o wyborze najwłaściwszych szkieł nie powinien sugerować się wyłącznie ceną, lecz powinien wziąć pod uwagę wszystkie zalety i wady szkieł fotochromowych i odnieść je do indywidualnych oczekiwań i potrzeb.

SOCZEWKI FOTOCHROMOWE – PROBLEMY

Przyjęło się powszechnie uważać, że soczewki fotochromowe ze względu na swoją zdolność do zaciemniania i rozjaśniania pod wpływem zmieniających się warunków oświetlenia są soczewkami uniwersalnymi. Należy jednak pamiętać o pewnych zasadach:

Zależność zdolności do zaciemniania od temperatury otoczenia i warunków naświetlania.

Soczewki fotochromowe będą doskonale spełniać swoją funkcję w niskich temperaturach np. zimą. Natomiast wysokie temperatury znacznie zmniejszają efekt fotochromowy, dlatego soczewek tych nie należy polecać jako typowo przeciwsłonecznych. Często też nie zwraca się uwagi na to, że soczewki fotochromowe zaciemniają się jedynie pod wpływem promieniowania ultrafioletowego i bardzo małego zakresu krótkofalowego promieniowania widzialnego, stąd nie należy oczekiwać, że będą zaciemniać się w pomieszczeniach zamkniętych lub w samochodzie.

Zależność barwy od grubości.

W przypadku mineralnych soczewek fotochromowych dostępnych na rynku ich ostateczna barwa jest zależna od grubości soczewki (soczewki o różnych mocach mogą zaciemniać się w różnym stopniu). W niektórych przypadkach 0,5 D różnicy mocy między soczewką prawą i lewą może być przyczyną omawianych różnic. Oczywiście, ostatecznie jest to zależne również od konstrukcji soczewek, a w przypadku soczewek ujemnych od wielkości tarczy oprawy okularowej.

Procesy starzenia.

Wszystkie soczewki fotochromowe ulegają takim procesom. Z upływem czasu i wraz z kolejnymi cyklami zaciemniania i rozjaśniania soczewek fotochromowych zmniejsza się ich zdolność do zaciemniania, a czasami również barwa. Co to oznacza? Oznacza to, że w przypadku uszkodzenia jednej z soczewek w okularach należy wymienić obie soczewki.

Transmitancja świetlna.

Podawane w materiałach informacyjnych wartości współczynników przepuszczania światła (transmitancji) są wartościami nominalnymi, tzn. wszystkie parametry soczewek (również parametry konstrukcyjne) mają swoje dopuszczalne odchyłki od wartości nominalnych. Odchyłka tolerancji dla podanych w naszym katalogu wartości transmitancji (w stanie rozjaśnienia i zaciemnienia) wynosi 2%. Czyli jeżeli zamawiają Państwo soczewki o jednakowych mocach np. IZOFOTO 15BØ 65-0,00/0,00, których nominalna wartość transmitancji w stanie zaciemnienia w temperaturze 25°C wynosi 27%, to soczewki w rzeczywistości mogą mieć transmitancję: jedna 25%, druga 29%.

Czy można zaradzić ewentualnym problemom? Mała zdolność do zaciemniania w wyższych temperaturach otoczenia (np. latem).

W celu ochrony przed oślepiającym słońcem najlepiej stosować soczewki z powłoką absorpcyjną lub barwione. Ich ogromna gama pozwala na spełnienie oczekiwań niemal każdego klienta. Należy jednak pamiętać, że nie każda soczewka z powłoką absorpcyjną lub barwiona może być stosowana przez kierowców. Każdy producent w swoich katalogach lub odpowiednich ulotkach powinien informować klientów o ewentualnych zastrzeżeniach w odniesieniu do przydatności danej soczewki do prowadzenia pojazdów. Z pomocą przychodzi również producenci opraw okularowych, często dodając do nich nasadki przeciwsłoneczne, które w razie potrzeby można bez problemu zamocować na okularach.

Różne moce w parze soczewek mineralnych.

Jeżeli różnica mocy w parze soczewek jest niewielka (ok. 1,50D) można zmniejszyć ryzyko

wystąpienia różnic w zabarwieniu między soczewkami, zamawiając soczewki parami i zaznaczając, że chcą Państwo skorzystać z tzw. usługi zmiany grubości. W szczególnych przypadkach mogą Państwo prosić o dostosowanie całej konstrukcji soczewek.

Różnice w zaciemnieniu przy jednakowych mocach.

Dla wszystkich par soczewek fotochromowych recepturowych o jednakowych mocach, gwarantujemy zgodność stopnia zaciemnienia. Jeżeli jednak dysponują Państwo soczewkami magazynowymi, to przed ich wstawieniem do oprawy, należy sprawdzić i ewentualnie dobrać odpowiednią parę soczewek. Przykładowo: zakupują Państwo 10 szt. soczewek fotochromowych o jednakowej mocy, po ich otrzymaniu należy wszystkie zaciemnić i porównać ich stopień zaciemnienia i barwę, jeżeli wystąpią zauważalne różnice, nie oznacza to, że soczewki są wadliwe. W takich wypadkach należy dokonać odpowiedniej segregacji soczewek w zależności od uzyskanych efektów, czyli określić, które soczewki można łączyć ze sobą w pary.

Zaproponowane postępowanie da Państwu gwarancję, że wstawicie do oprawy jednakowe soczewki i zabezpieczycie się przed ewentualnymi reklamacjami i niezadowoleniem klientów.

Powłoka AR na soczewkach fotochromowych

Podczas różnych szkoleń i spotkań organizowanych przez JZO bardzo często optycy pytają nas, w jakim celu nakłada się powłoki antyrefleksyjne na soczewki fotochromowe.

Większość optyków uważa, że nałożenie powłoki antyrefleksyjnej ma na celu podniesienie transmitancji (transmisji) soczewki okularowej. Przy takim podejściu do tematu pytanie jest jak najbardziej słuszne, bo po co podwyższać transmitancję powłoką AR, skoro pomniejszamy ją efektem fotochromowym. Aby dobrze zrozumieć problem musimy zdać sobie sprawę z faktu, że w optyce okularowej najważniejszą rolę powłoki antyrefleksyjnej jest, jak sama nazwa wskazuje, zminimalizowanie refleksów (odbić) występujących na granicy dwóch ośrodków o różnych współczynnikach załamania światła, czyli granicy soczewka-powietrze. Światło tracone w skutek odbicia od powierzchni soczewek okularowych, to nie tylko matematyka i ujęcie procentowe, ale przede wszystkim pogorszenie jakości postrzeganych obrazów z punktu widzenia fizjologii oka ludzkiego i całego aparatu interpretacji obrazu, jakim jest ludzki mózg. Wskutek wielokrotnego odbicia światła od obu powierzchni soczewki, w efekcie do oka docierają obrazy niejednoznaczne, często w postaci różnego rodzaju szumów informacyjnych, światła rozproszonego i przypadkowych refleksów. Te niekorzystne zjawiska w terminologii optycznej zyskały nawet swoje sympatyczne określenie "obrazy duszki" (z ang. ghost images).

Należy zdać sobie sprawę, że oko ludzkie jest w stanie poradzić sobie z nadmiarem niepotrzebnych, fałszywych sygnałów świetlnych, ale odbywa się to niestety nakładem pracy mózgu. Osoba nosząca soczewki okularowe bez powłoki AR przyzwyczaja się do gorszej jakości widzenia, co jest rozwiązaniem połowicznym. Najlepszym dowodem na to jest stwierdzenie faktu, że osoba nosząca soczewki z powłoką AR nie zechce powrócić do noszenia soczewek bez powłoki AR, ponieważ zauważa wówczas wszelkie zakłócenia w postrzeganiu otoczenia.

Powyższe dotyczy wszystkich soczewek, w tym również fotochromowych. Nałożenie powłoki AR na fotochromową soczewkę okularową jest pożyteczne i uzasadnione

ponieważ powłoka AR tylko nieznacznie podniesie jej transmitancję ale znacznie zmniejszy wszystkie odbicia, tak jak w przypadku soczewek bezbarwnych.