

Zmiana kształtu soczewki wywołana naciskiem oprawy okularowej



Foto: archiwum Autora



Foto: archiwum Autora

Inż. ARKADIUSZ BEDNARSKI, mgr inż. DARIUSZ KARP
Wydział Podstawowych Problemów Techniki, Politechnika Wroclawska

Streszczenie

Artykuł oparty jest na pracy dyplomowej pod tytułem „Zmiana kształtu soczewki wywołana naprężeniami oprawy okularowej”. Badania uwzględniają parametry soczewek okularowych takie jak moc czołowa, jakość odwzorowanego obrazu, powłoki antyrefleksyjne – zaprezentowano zmiany tych właściwości pod wpływem koncentrycznego nacisku na soczewkę. Wykonano doświadczenia z użyciem pierścienia zaciskowego z możliwością zmiany średnicy. W środku obejmują umieszczano kolejne soczewki o różnych mocach z przedziału od $-4,00D$ do $+4,00D$ z materiału CR-39 i dokonywano kolejnych pomiarów mocy czołowej tylnej, obserwacji rozkładu naprężeń na polaryskopie oraz odwzorowania testu dystorsji przez obciążoną soczewkę. Zostały postawione założenia, że zbyt duże naprężenia mogą skutkować modulacją mocy optycznej poprzez zmianę kształtu soczewki. Kolejne konsekwencje to uszkodzenia krawędzi soczewek, przerwanie uszlachetniających powłok naniesionych na powierzchnię oraz spowodowanie pogorszenia jakości odwzorowanego obrazu.

Abstract

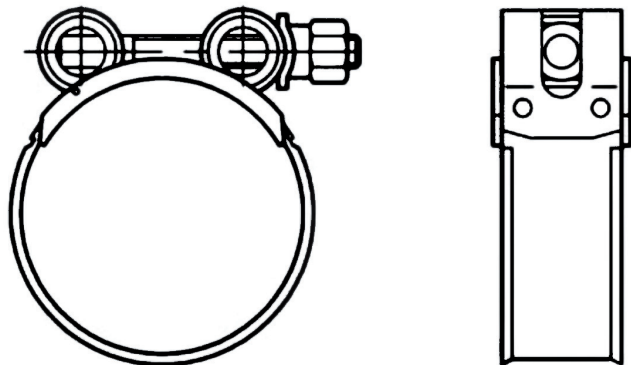
The article is based on a diploma thesis entitled „Change in lens shape induced by tension of the frame”. The research takes into account the parameters of spectacle lenses such as vertex power, the quality of the image, antireflection coatings – the changes in these properties are presented under the influence of concentric pressure on the lens. Experiments were performed using a clamp ring with the possibility of changing the diameter. In the center of the clamp there were placed other lenses with different spherical powers from $-4,00D$ to $+4,00D$ made from CR-39 material and subsequent measurements of the vertex power, observation of the stress distribution on the polariscope and projection of the distortion test throw lens under pressure were made. The assumptions have been made that too high stresses can result in modulation of the optical power by changing the shape of the lens. Further consequences include damage to the edges of the lenses, interruption of antireflection coatings applied to the surface and causing deterioration of the quality of the projected image.

Wstęp

Naprężenia soczewek w oprawie okularowej są nieuniknione, ponieważ dzięki temu zjawisku element optyczny utrzymywany jest stabilnie w okularach. Niestety, możliwe są sytuacje, gdy wywołane naprężenie jest zbyt duże, co skutkuje zmianami w parametrach mechanicznych i optycznych soczewki. W warsztacie optycznym podczas szlifowania półfabrykatu pod konkretny kształt oprawy okularowej zdarza się, że średnica końcowej soczewki jest zbyt duża, co może powodować dodatkowe naprężenia. Takie sytuacje występują głównie w oprawach pełnych, plastikowych, z mocowaniem soczewki na wcisk lub w oprawach półtramkowych, gdzie soczewka utrzymywana jest przez cięgno.

Metodyka badania

Pierwszym etapem podczas badań było dobranie odpowiednich materiałów do analizy. Wybrano soczewki o małych mocach z zakresu $-4,00D$ do $+4,00D$ z podstawowego materiału oftalmicznego CR-39. Każda z soczewek została oszlifowana na kształt okręgu o średnicy 50 mm. Kolejny krok to umieszczenie brył w metalowej obręczy zaciskowej typu GBS (rys. 1) o zmiennej średnicy w zakresie od 47 mm do 51 mm. Pierścien symulował oprawę okularową o kołowym kształcie tarczy ze zmienną średnicą.

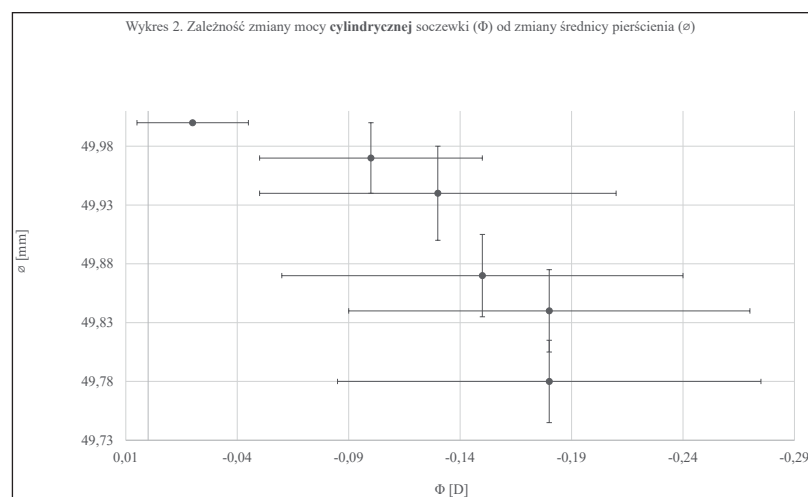
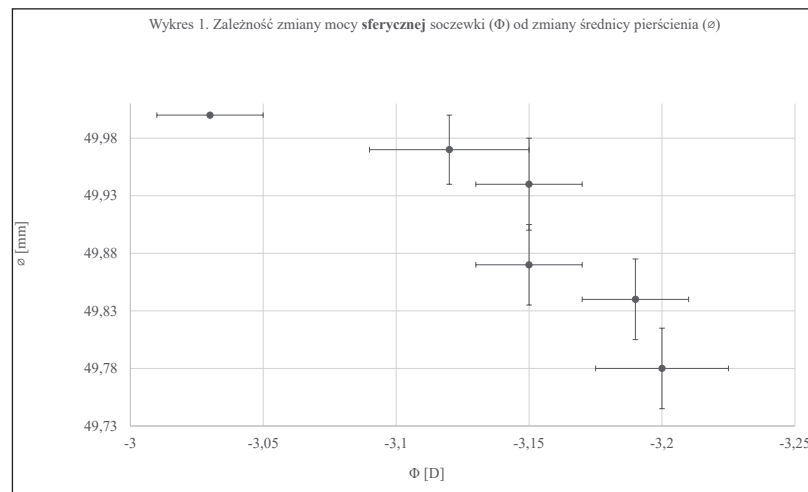


Rys. 1. Rysunek metalowej obręczy zaciskowej typu GBS użytej w eksperymencie

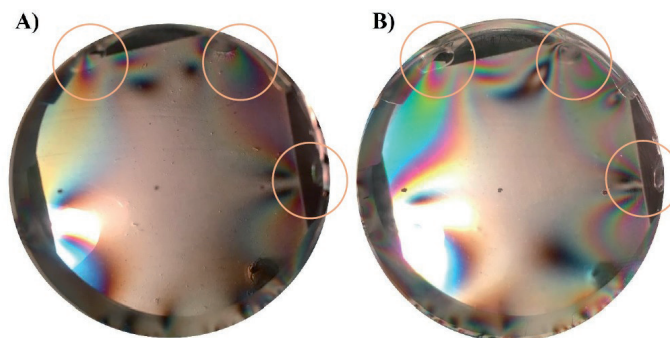
Obręcz tego typu umożliwiła bardzo powolne zmniejszanie średnicy z umieszczoną soczewką w środku. Dokręcanie śruby w pierścieniu kluczem dynamometrycznym pozwalało na powtarzalność pomiarów kolejnych testowanych soczewek. Po zamocowaniu bryły w obręczy, jej moc optyczna była mierzona wraz ze zmniejszaniem średnicy. Dla wybranych soczewek obserwowano również rozkład izochrom przy użyciu polaryskopu liniowego i analizowano je jakościowo. Ostatnim etapem pomiarów były obserwacje testu dystorsji (siatka z liniami odległymi o 5 mm) dla wybranych soczewek przy ekstremalnych wartościach średnicy oprawy. Po sfotografowaniu soczewek dla ekstremalnych średnic, obrazy zostawały nakładane na siebie w programie graficznym i poddawane jakościowej analizie aberracji.

Przykładowa analiza soczewki o mocy $-3,00D$

Analizując powyższe wykresy można zaobserwować, że moc czołowa tylna zarówno sferyczna, jak i cylindryczna zwiększa swoją bezwzględną wartość. Początkowa średnia moc sferyczna

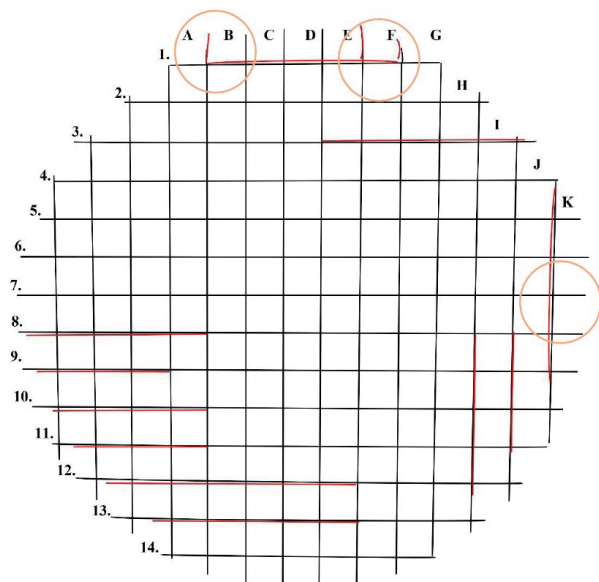


soczewki dla średnicy $\phi = 50$ [mm] to $\Phi_{DS} = (-3,03 \pm 0,04)$ [D] bez przyłożonego nacisku, natomiast przy ścisisku odpowiadającemu średnicy $\phi = (49,78 \pm 0,07)$ [mm] otrzymano moc równą $\Phi_{DS} = (-3,20 \pm 0,05)$ [D]. Moc cylindryczna początkowo równa $\Phi_{DC^0} = (-0,02 \pm 0,05)$ [D] osiągnęła wartość przy maksymalnym ścisisku $\Phi_{DC^c} = (-0,18 \pm 0,19)$ [D].



Rys. 2. Rozkład izolinii a) średnica pierścienia $\phi = (49,97 \pm 0,06)$ [mm] b) średnica pierścienia $\phi = (49,78 \pm 0,07)$ [mm]

Analizując test dystorsji (rys. 3) można zauważyć, że zmniejszenie średnicy $\phi = (49,97 \pm 0,06)$ [mm] do $\phi = (49,78 \pm 0,07)$ [mm] powoduje niewielkie różnice w generowanym obrazie. Interesujący fakt obserwowany jest w obszarach 1-2 A-B, 1-2 E-F oraz 4-9 K zaznaczonych okręgami. Linie odpowiadające (rys. 2b) ulegają bardzo mocnemu zakrzywieniu w obszarach najbar-



Rys. 3. Rozkład linii testu dystorsji. Czarna linie odnosi się do rys. 2a, natomiast czerwone do rys. 2b

dziej naprężonych w stosunku do linii czarnych (rys. 2a). Obserwując przebieg izochrom można zauważyć, że soczewka w obszarach na krawędzi wykazuje silne naprężenia, ponieważ kolejne barwy izochrom są gęsto rozmieszczone. Ciemne linie na (rys. 2a i 2b) to izokliny, które wyznaczają kierunki powstających naprężeń głównych.

Wyniki i wnioski

- Naprężenia ściskające powstałe w soczewce okularowej powodują zmianę promieni krzywizn powierzchni soczewki i tym samym modulacji ulega moc optyczna składowej sferycznej i cylindrycznej w kierunku wartości ujemnych dla wszystkich soczewek.
- Naprężenia powodują występowanie aberracji, przerwanie powłok uszlachetniających oraz uszkodzenie soczewek.
- Odnosząc otrzymane skrajne wyniki badań, przedstawione

w tabeli 1, do normy PN-EN ISO 8980-1 na dopuszczalne odchyłki mocy czołowej soczewek, można stwierdzić, że ujemne soczewki o małej mocy do $-1,25D$ oraz wszystkie dodatnie soczewki spełniają postawione założenie o odchyłce rzędu $\pm 0,12D$, natomiast soczewki ujemne o mocy bezwzględnej powyżej $-3,00D$ przy zbyt dużej średnicy względem oprawy rzędu $0,1$ mm nie zostałyby dopuszczone do korekcji wzroku i sprzedaży.

ϕ_r [mm]	$\Phi_{DS,I}$ [D]	$\Phi_{DS,F}$ [D]	$\Phi_{DC,I}$ [D]	$\Phi_{DC,F}$ [D]
49,32	-0,24	-0,29	-0,03	-0,13
49,19	+0,25	+0,24	0,00	-0,31
49,46	-1,22	-1,26	-0,03	-0,19
49,68	+1,22	+1,14	0,00	-0,11
49,78	-3,03	-3,20	-0,02	-0,18
49,76	+3,02	+2,89	-0,04	-0,08
49,67	-4,07	-4,23	-0,07	-0,39
49,72	+4,01	+3,97	-0,04	-0,13

Tab. 1. Podsumowanie dla wszystkich soczewek; ϕ_r – średnica końcowa pierścienia; $\Phi_{DS,I}$ / $-\Phi_{DC,I}$ – początkowa moc sferyczna i cylindryczna; $\Phi_{DS,F}$ / $-\Phi_{DC,F}$ – końcowa moc sferyczna i cylindryczna

Piśmiennictwo

1. M. Zając. *Optyka okularowa*. DWE, Wrocław 2003, 132–139, 121–127
2. J. Nowak, M. Zając. *Odzworowania w układach optycznych*. Wyd. 2, Of. Wyd. PWR, Wrocław 2013, 29–32, 22–28
3. M. Zając. Sferyczne i asferyczne soczewki okularowe. *Optyka* 2010, nr 1, 38–43
4. Jednoogniskowe soczewki okularowe. *Izoptyka* 2000, nr 4/9, 3–4
5. Z. Orłoś i inni. *Podstawy doświadczalnej analizy odkształceń i naprężeń*. PWN, Warszawa 1977, 11–12, 171–212, 217–228
6. F. Ratajczyk. *Dwójtomność i polaryzacja optyczna*. Of. Wyd. PWR, Wrocław 2000, 146–156

Dział „Optyka – nauka”: zapraszamy do współpracy!

Redakcja „Optyki”, realizując postulaty środowisk akademickich oraz organizacji reprezentujących środowiska optyków i optometrystów (KRIO, PT00, ŚKA00i0), prowadzi dział „Optyka – nauka”. Przedsięwzięcie to ma na celu umożliwienie publikacji oryginalnych wyników badań naukowych przede wszystkim studentom, doktorantom oraz młodym pracownikom nauki. „Optyka” znalazła się na liście punktowanych czasopism naukowych Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego. **Za publikacje w naszym czasopiśmie przyznawane są 2 punkty naukowe!** Nad merytorycznym poziomem nadsyłanych do druku prac czuwa Rada Naukowa dodatku „Optyka – nauka” w składzie:

Prof. dr hab. **RYSZARD NASKRĘCKI** (Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu)

Dr hab. inż. **D. ROBERT ISKANDER** (Politechnika Wrocławska)

Prof. dr hab. **HENRYK KASPRZAK** (Politechnika Wrocławska)

Prof. dr hab. **ANDRZEJ KOWALCZYK** (Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu)

Dr hab. **MAREK KOWALCZYK-HERNÁNDEZ** (Uniwersytet Warszawski)

Prof. dr hab. **BOGDAN MIŚKOWIAK** (Uniwersytet Medyczny im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu)

Dr n. med. **ANNA MARIA AMBROZIAK** (Centrum Okulistyczne Świat Oka, Uniwersytet Warszawski)

Rada korzysta także z pomocy zewnętrznych recenzentów.

Wszelkie informacje na temat wymogów przygotowywania manuskryptów znajdują się na naszej stronie internetowej: www.gazeta-optyka.pl.