

JÓZEF KAWALER
KAZIMIERZ LEWANDOWSKI
ADAM TABOR
ZYGMUNT WÓJCICKI

ELASTOOPTYCZNA OCENA WYTRZYMAŁOŚCI KOŁPAKÓW DO
IZOLATORÓW WYSOKIEGO NAPIĘCIA, WYKONANYCH Z ŻELIWA
CIĄGLIWEGO

Streszczenie

W pracy przedstawiono rozkłady różnic odkształceń głównych, wyznaczone powłokami optycznie czynnymi na kołpakach z żeliwa ciągliwego. Na nieobciążonych krawędziach podane są wartości odkształceń głównych. Omówiono również zależności wytrzymałości na rozciąganie próbek osobno lanych i odlewów kołpaków.

1. Wstęp

Przy rozwiązywaniu zagadnień konstrukcyjnych odlewów z żeliwa ciągliwego należy w pierwszym rzędzie określić wielkość oraz rozkład działających sił. Najczęściej jako kryterium przy opracowaniu konstrukcji przyjmuje się właściwości materiału, określane jego wytrzymałością na rozciąganie. Okazuje się jednak, że wytrzymałość materiału określona w ten sposób jest niewystarczająca do scharakteryzowania go, ponieważ zależy ona między innymi od kształtu odlewu. Wytrzymałość postaciowa odlewu związana jest ściśle z jego kształtem, jak również rodzajem obciążenia. Zagadnienie to jest bardzo ważne, zwłaszcza wtedy, gdy odlewy w konstrukcji karatone będą na działanie naprężeń szpiennych. Wzrost statycznej wytrzymałości te-

liwa w danym przypadku nie może być miernikiem dla proporcjonalnego zwiększenia obciążenia, ponieważ wytrzymałość zmęczeniowa nieznacznie wtedy wzrasta.

Podwyższenie wytrzymałości zmęczeniowej, szczególnie białego żeliwa ciągliwego, przy jednoczesnym podwyższeniu sztywności profilu jest możliwe przez odpowiednie rozłożenie masy. Sposób konstruowania odlewów z żeliwa ciągliwego różni się zarówno od sposobu konstruowania odlewów z żeliwa szarego, jak i odlewów stalowych. Różnice te wynikają z właściwości tworzywa. Białe żeliwo ciągliwe ma strukturę niejednorodną; za cienką zewnętrzną warstwą o strukturze ferrytycznej występuje warstwa ferrytyczno-perlityczna, przechodząca często w głębi odlewu w czysto perlityczną. Żeliwo to ma nieco większą wytrzymałość niż żeliwo ciągliwe czarne, lecz mniejszą plastyczność, szczególnie w odlewach o grubszych ściankach. Zastosowanie żeliwa ciągliwego białego jest ograniczone do odlewów cienkościennych.

Jak wynika z powyższego, zależność własności mechanicznych od grubości ścianek odlewu w przypadku żeliwa ciągliwego białego jest istotna i ogranicza zakres jego stosowania.

2. Cel i zakres badań

Celem podjętych badań była próba oceny odkształceń odlewów kołpaków przy stosowaniu pokryć optycznie czynnych oraz określenie zależności pomiędzy wartością wytrzymałości na rozciąganie próbki osobno odlewanej, a odlewem.

Badaniami objęto wytypowane kołpaki typu gniazdowego LPG-60 /PN-62/E-92404/ oraz kołpaki "uchowe" LP-60 /PN-63/E-92415/. Kołpaki te są instalowane na liniach przesyłowych oraz trakcyjnych.

Stosunkowo niskie parametry pracy kołpaków, będące wielokrotnie przyczyną awarii i reklamacji, skłoniły do uwzględnienia w programie pra-

cy zagadnień związanych z opracowaniem zaleceń dla konstruktorów idących w kierunku zmiany kształtu kołpaków, w oparciu o analizę stanów naprężeń.

Dla szczegółowego przebadania zagadnień związanych z ustaleniem obciążeń powodujących odkształcenia kołpaków, zastosowano pokrycia optycznie czynne, umożliwiające rejestrowanie zachodzących w odlewie zmian.

3. Badania z zastosowaniem powłok optycznie czynnych

Zastosowanie powłok optycznie czynnych umożliwia bezpośrednią obserwację odkształceń wywołanych siłami zewnętrznymi lub wpływem innych czynników wywołujących naprężenia, np. własne. Badania prowadzone metodą powłok optycznie czynnych pozwalają wyznaczyć kierunek i wartość odkształceń na dowolnej co do kształtu i wielkości powierzchni oraz ograniczyć analizę tylko do wybranych obszarów, wykazujących znaczne odkształcenia.

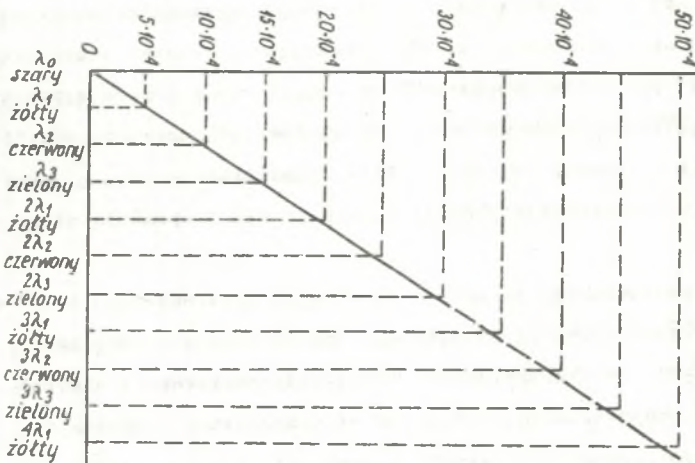
Powłoki optycznie czynne powinno się stosować przede wszystkim tam, gdzie występuje niejednorodny stan odkształceń. Wyznaczenie odkształceń za pomocą powłok optycznie czynnych możliwe jest dlatego, że odkształcają się one wraz z konstrukcją poddaną działaniu sił i wykazują efekt elasto-optyczny.

Celem zastosowania do badań powłok optycznie czynnych było dokonanie analizy odkształceń na zewnętrznych powierzchniach kołpaków typu LP-60 i LPG-60, a w szczególności wyznaczenie obszarów, w których występują znaczne odkształcenia. Równocześnie wykorzystano badania do wyznaczenia wartości odkształceń trwałych oraz sił osiowych, które je wywołują.

Do przeprowadzenia pomiarów odkształceń powłokami optycznie czynnymi stosowano polaryskop kołowo-liniowy. Układ optyczny tego aparatu tworzą polaroidy i ówierfálówki ułożone parami. Pomiary prowadzi się tak w świetle spolaryzowanym liniowo jak i kołowo.

Czułość powłok optycznie czynnych wyznaczono na belkach wykonanych z żywicy, poddanych zginaniu z naklejonym w jej środku tensometrem.

Badania czułości powłok stosowanych w tej pracy prowadzono w świetle spolaryzowanym kołowo, przy skrzyżowanych polaroidach. W takim układzie polaryzacyjnym belka nieobciążona była ciemno popielata. Przy obciążeniu tej belki, obserwowanej z boku /bok 210x20 mm/ taką siłą, przy której tensometr wykazywał odkształcenie $\epsilon = 1,2 \cdot 10^{-4}$, widoczne było wyraźne rozjaśnienie skrajnych dolnych włókien belki, a więc włókien na których naklejony był tensometr. Przy dalszym wzroście obciążeń, a tym samym odkształceń, skrajne włókna belki rozjaśniają się coraz bardziej, a przy odkształcaniu $\epsilon = 5,4 \cdot 10^{-4}$ włókna były koloru żółtego. Dalszy wzrost odkształceń powoduje powstawanie zmieniających się kolorów, a w obserwowanym polu belki, barwnych linii. Zależność danego koloru powstałego w powłoce od odkształceń podaje rysunek 1. Zmiany barwy skrajnych



Rys. 1

Zależność wystąpienia barw w powłoce optycznie czynnej od odkształcenia włókien /przedstawione podczas oechowania/ oraz związane z nimi odkształcenia pozwalają na oznaczenie wartości odkształceń na brzegu dowolnej konstrukcji lub różnic odkształceń, na podstawie zmian kolorów powstają-

cych w powłoce naklejonej na niej.

Przed rozpoczęciem badań, na kołpakach nałożone zostały powłoki optycznie czynne. Nakładano je zarówno na częściach cylindrycznych, jak i na "uchach" i gniazdach. Powłoki rozmieszczono tak, aby możliwe było oznaczenie zmian odkształceń poprzez zmiany kolorów na całym kołpaku.

3.1. Odkształcenia w kołpakach gniazdowych

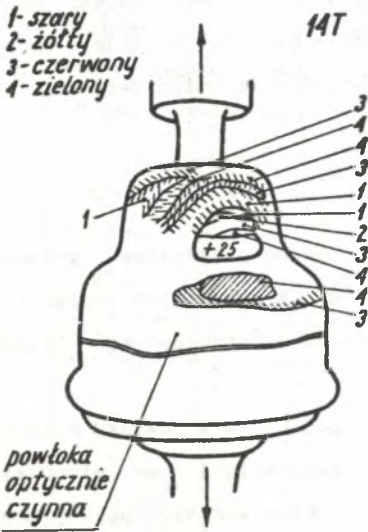
W celu wyznaczenia wartości odkształceń, badania kołpaków prowadzone były w świetle spolaryzowanym kołowo, przy skrzyżowanych polaroizdach. W tym układzie polaryzacyjnym, jak wiadomo, obserwowane są tylko kolorowe linie izocolor.

Pierwsza część badań obejmowała kołpaki gniazdowe z powłoką optycznie czynną, naklejoną od strony otworu. Przy obciążeniu 4 T na pionowej krawędzi otworu kołpaka, po lewej jego stronie, widoczne było pole zabarwione na niebiesko, odpowiadające odkształceniom rzędu $-14 \cdot 10^{-4}$, które zanika po odciążeniu. Przy obciążeniu siłą 5 T odkształcenie na tej krawędzi osiągnęło wartość $-19 \cdot 10^{-4}$, a przy prawej pionowej krawędzi tego otworu wystąpił obszar zabarwiony na czerwono czyli odkształcenie zgodnie z rysunkiem 1 wynosi dla tego koloru $-9 \cdot 10^{-4}$.

Różnice między odkształceniami występującymi na pionowych krawędziach otworu, wskazują na niesymetrię obciążenia. Różnice te występują również przy dalszych obciążeniach, a przy obciążeniu siłą 10 T odkształcenia osiągają na lewej krawędzi wartość $-42 \cdot 10^{-4}$, a na prawej $-29 \cdot 10^{-4}$.

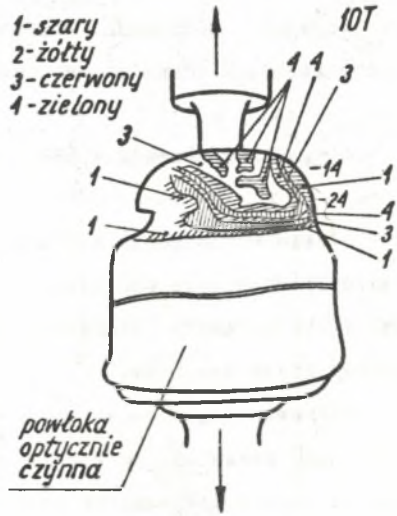
Przy obciążeniu siłą 10 T widoczny jest pierwszy żółty kolor na górnej, poziomej krawędzi otworu. Wystąpienie tego koloru związane jest z odkształceniem rzędu $+5 \cdot 10^{-4}$. Przy obciążeniu siłą 12 T odkształcenia na tej krawędzi osiągają $+14 \cdot 10^{-4}$, a przy 14 T $+29 \cdot 10^{-4}$.

Rysunek 2 podaje schematycznie rozkład odkształceń na powierzchni kołpaka gniazdowego od strony otworu przy obciążeniu 14 T, zaś rysunek 3



Rys. 2

Schemat rozkładu izochrom i wartości odkształceń na krawędzi otworu kołpaka LPG-60 pod obciążeniem 14 T

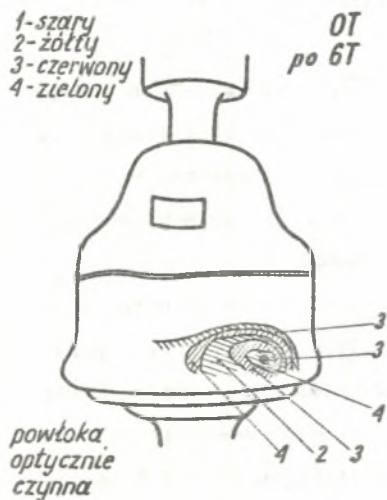


Rys. 3

Schemat rozkładu izochrom i wartości odkształceń na powierzchni kołpaka LPG-60 widziany z boku otworu przy obciążeniu 10 T

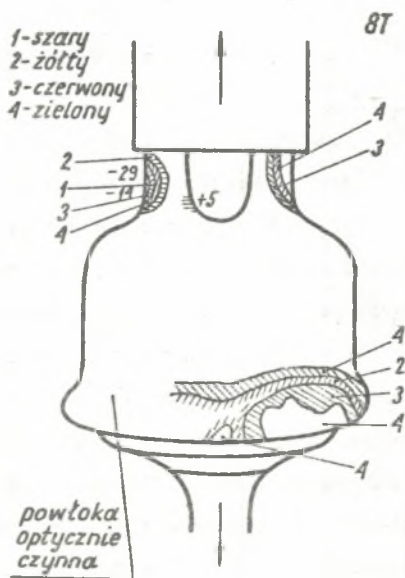
na powierzchni części uchwytovej kołpaka widzianej z boku otworu przy obciążeniu 10 T. Z rysunku tego odczytuje się, że wzdłuż górnej części kołpaka LPG-60 widzianej z boku otworu dominują odkształcenia wywołane naprężeniami ściskającymi rzędu $-14 \cdot 10^{-4}$ i $-24 \cdot 10^{-4}$.

Dalsze badania kołpaków gniazdowych dotyczyły ich części cylindrycznej, a szczególnie tej, w której zaczepione były uchwyty. Dla przykładu na kolejnym rysunku 4 przedstawiono rozkład odkształceń na części cylindrycznej kołpaka LPG-60, po obciążeniu go siłą 6 T i następnym usunięciu obciążenia. Podkreślić należy, że w obszarze przyłożonej siły, w dolnych strefach części cylindrycznej tak od strony otworu jak również i z boku



Rys. 4

Schemat rozkładu izochrom części cylindrycznej kołpaka LPG-60 po usunięciu obciążenia 6 T /odkształcenia trwałe



Rys. 5

Schemat rozkładu izochrom i wartości odkształceń na krawędzi "ucha" widzianego z przodu i części cylindrycznej kołpaka LP-60 przy obciążeniu 8 T

otworu, mogą wystąpić trwałe odkształcenia już po obciążeniu 4 T, które wrastają ze wzrostem siły obciążającej. Tak dużych trwałych odkształceń nie obserwowano w części uchwytywnej kołpaka.

Z analizy odkształceń kołpaków gniazdowych, która wykonana została powłokami optycznie czynnymi wynika, że obciążone one były niesymetrycznie, stąd też różnice wartości odkształceń występujące na krawędziach pionowych otworów. Obok braku symetrii w rozkładzie obciążeń, na rozkład odkształceń wpływać będą również wżery, które występują na odlewach nieoskórowanych, na jakich prowadzone były omawiane badania. Przez wżery rozumiano ściśle przylegające do odlewu nierówności, stanowiące spiek żeli-

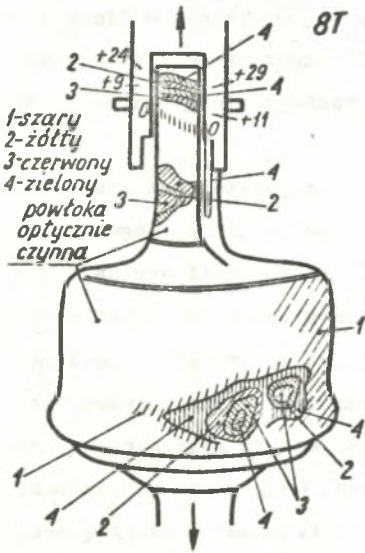
wa i ziarn materiału formierskiego oraz zużła.

3.2. Odształcenia w kołpakach LP-60 /z uchem/

Analizę rozkładu odształceń prowadzono również na kołpakach LP-60 /z "uchem"/. Rozkład odształceń badano na tych kołpakach przy obciążeniu 2 T, 4 T, 6 T, 8 T oraz po usunięciu siły obciążającej. Przykładowo na rysunku 5 podano schematycznie rozłożenie barw przy obciążeniu 8 T, obrazujących rozkład odształceń w odlewie badanego kołpaka.

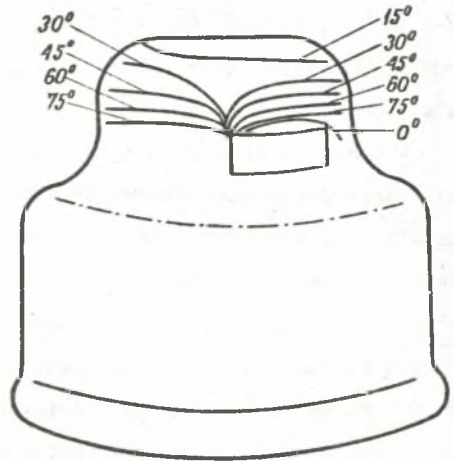
W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, że po obciążeniu kołpaka siłą 2 T w części cylindrycznej, a w szczególności w strefie przyłożenia siły, wystąpiły trwałe odształcenia. Odształcenia trwałe rosą po każdym obciążeniu. Nie stwierdzono natomiast trwałych odształceń na "uchach" po zdjęciu obciążenia 2 i 4 T, zaś po obciążeniu siłą 6 T są one nieznaczne. Wyraźny ich wpływ na obraz izochrom widoczny jest dopiero po obciążeniu od siły 8 T. Dalsze badania kołpaków LP-60 były prowadzone w kierunku analizy rozkładu odształceń w ścianie "ucha", jak również w części cylindrycznej odlewu. Przykład rozkładu kolorów i związanych z nimi odształceń kołpaka LP-60 pod obciążeniem równym 8 T ilustruje schematycznie rysunek 6.

Z analizy odształceń występujących w kołpakach tak LP-60 jak i LPG-60 po obciążeniu wynika, że gradienty odształceń występujące w części cylindrycznej są duże, co wynika ze znacznej koncentracji izochrom w "pawich piórach", widocznych na tle prawie jednolicie zaczerwionych powłok, a na podanych schematach 2,3,4 i 5 z zagęszczenia linii. Tego typu odształcenia powstają w przypadku, gdy na dany odlew działa siła przyłożona punktowo, lub gdy w odlewie wystąpiły wady odlewnicze. Pojawienie się "pawich piór" obserwuje się we wszystkich badanych przypadkach, lecz występujące różnice koncentracji, dla poszczególnych kołpaków, są różne. Różnica koncentracji izochrom występują zarówno przy badaniu kołpaków LPG-60



Rys. 6

Schemat rozkładu izochrom i wartości odkształceń na krawędzi "ucha" widocznego z boku i w części cylindrycznej kołpaka LPG-60 przy obciążeniu 8 T



Rys. 7

Rodzina izoklin dla kołpaka LPG-60

jak i LP-60 wskazują, że kształt kołpaka nie wpływa na gradienty odkształceń w jej części cylindrycznej.

Wydaje się, że jedynym możliwym i nie budzącym zastrzeżeń wytłumaczeniem tego zjawiska jest przyjęcie wystąpienia w odlewie wad odlewniowych, jak też pewnych trudnych do uniknięcia wad wykonania uchwytów.

Z badań odkształceń kołpaków wynika, że przy obciążeniu siłą od 6 T do 8 T odkształcenia w "uchach" wzrastały od ok. $14 \cdot 10^{-4}$ do $29 \cdot 10^{-4}$, a w części cylindrycznej od $24 \cdot 10^{-4}$ do $29 \cdot 10^{-4}$. Przy obciążeniu wynoszącym 4 T odkształcenia trwale występują w części cylindrycznej kołpaków, brak ich natomiast w "uchach". Odkształcenia trwale przeważają w "uchach" gdy kołpak zostaje obciążony siłą 6 T i wzrastają po obciążeniu do 8 T.

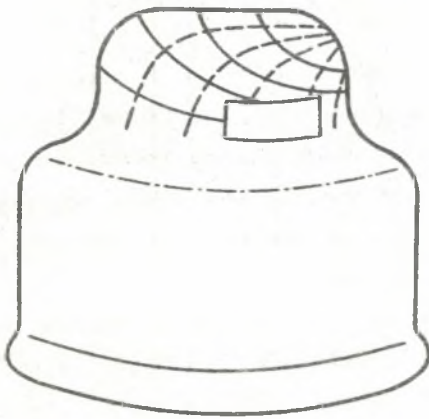
3.3. Badania kierunków odkształceń głównych w kołpakach gniazdowych

Trajektorie odkształceń głównych wykreśla się w oparciu o linie izoklin, które obserwuje się i fotografuje w świetle spolaryzowanym liniowo. Izoklina, jest to linia wzdłuż której kierunki odkształceń głównych są stałe.

Rysunek 7 obrazuje przykładowo rodzinę izoklin, natomiast rysunek 8 trajektorie odkształceń głównych dla kołpaka LPG-60, w górnej jego części w najbliższym otoczeniu otworu. Z przebiegu tych trajektorii wynika, że odkształceniami występującymi na krawędziach pionowych otworu są odkształcenia wywołane naprężeniami ściskającymi, natomiast na krawędzi poziomej górnej - rozciągającymi. Ze względu na wyższe wartości wytrzymałości żeliwa na ściskanie aniżeli na rozciąganie, niebezpiecznym obszarem będzie obszar, w którym wystąpią naprężenia rozciągające. Uwzględniając kierunki odkształceń głównych, pokazane na rysunku 8, z wartościami odkształceń, pokazanymi na rysunku 2 wnioskuje się, że najbardziej niebezpiecznym obszarem będzie obszar obejmujący górną krawędź otworu. Tam też, jak wykazały badania prowadzone do zniszczenia, na kołpakach gniazdowych ulegał on najczęściej zniszczeniu.

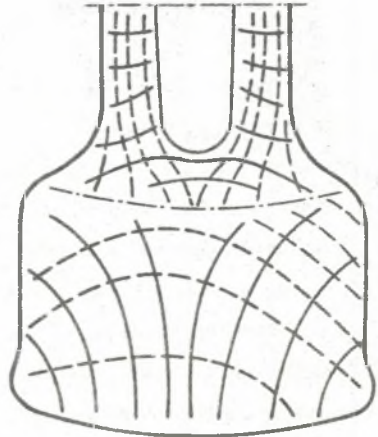
3.4. Kierunki odkształceń głównych w kołpaku LP-60 /z "uchem"/

Odkształcenia wywołane naprężeniami rozciągającymi występują w dolnych wewnętrznych częściach ścianek ramion "ucha" /rys. 5/ i przechodzą w górnych partiach, tzn. w częściach ramion położonych bliżej części uchwytovej, w strefy ściskane, o maksymalnych wartościach przy krawędziach zewnętrznych. Przedstawione na rysunku 9 trajektorie odkształceń głównych i rozkład wartości odkształceń dla tej części ramion "ucha", pokazany na rysunku 5 wskazują, że ramiona te w rozpatrywanym obszarze poddane są zginaniu, wywołującym w pewnych częściach ucha ściskanie. Wartości



Rys. 8

Rozkłady odkształceń głównych dla kołpaka LPG-60 w najbliższym otoczeniu otworu



Rys. 9

Rozkłady odkształceń głównych dla kołpaka LP-60 widzianym od przodu i dla części cylindrycznej

odkształceń, które wywołane z stały naprężeniami ściskającymi, maleją wraz ze zbliżaniem się do części uchwytovej, tzn. obszaru przyłożenia siły i zmieniają znak, co pokazane jest na rysunku 6. Na podstawie wyznaczonych kierunków /rys. 9/ i wartości odkształceń głównych /rys. 5 i 6/ wnioskuje się, że obszarem niebezpiecznym jest obszar, w którym panują naprężenia rozciągające, bowiem w tym obszarze występują również odkształcenia najwyższej wartości /rys. 6/.

Trajektorie odkształceń głównych, wykreślone dla części cylindrycznej, przedstawione są na rysunkach 9, mogą one dotyczyć zarówno kołpaków z "uchem" jak i gniazdowych. Charakterystyczną cechą tego wykresu jest to, że linie te nie przebiegają równoległe do krawędzi, czego należało się spodziewać ze sposobu przyłożenia siły. Niewątpliwie jest to wynikiem miejscowych odkształceń wywołanych bądź to wadami materiału, bądź

też nierównomiernym rozkładem sił.

4. Badania metalograficzne

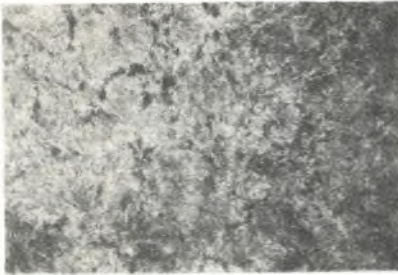
Na podstawie obserwacji mikroskopowych stwierdzono, że materiał /żeliwo/ wyjściowy posiadał strukturę charakterystyczną dla żeliwa białego tzn. składającą się z perlitu i cementytu. W wyniku przeprowadzonych obserwacji na próbkach wyciętych z kołpaków oraz z główek próbek wytrzymałościowych stwierdzono pewne zróżnicowanie tak pod względem wielkości wydzieleni węgla żarzenia jak i ich rozmieszczenia.

Obserwacje metalograficzne próbek wyciętych ze ścianki kołpaka wykazały, że struktura od brzegu odlewu zmienia się w następujący sposób: warstwa odwęglana = ferryt z niewielką ilością perlitu, dalej z ferrytyczno-perlitycznej przez perlityczno-ferrytyczną do czysto perlitycznej z wydzieleniami węgla żarzenia /rys. 10/. W podobny sposób zmienia się struktura próbki wyciętej z "ucha" kołpaka LP-60.

O ile warstwa brzegowa i przejściowa są prawie identyczne, o tyle w środkowej części ucha stwierdzono występowanie istotnych różnic w węglu żarzenia i w strukturze osnowy metalicznej. Różnica ta polega na występowaniu ferrytu wokół dużych i postrzępionych wydzieleni węgla żarzenia /rys. 11/. Zjawisko to należy tłumaczyć stosowanym rozwiązaniem technologicznym polegającym na doprowadzeniu do ucha kołpaka układu zasilającego.

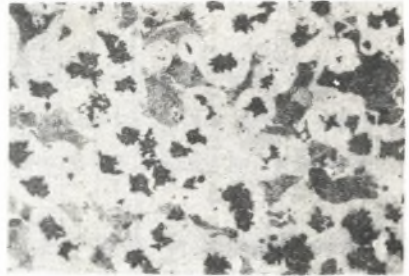
Przeprowadzone badania metalograficzne na próbkach wyciętych ze ścianek rozerwanych kołpaków oraz próbek wytrzymałościowych wykazały, że struktura osnowy badanych próbek jest typowa dla żeliwa ciągliwego białego. Zróżnicowanie w ilości wydzieleni węgla żarzenia tłumaczy się zmienną grubością ścianki badanych próbek /np. przekrój ścianek w części cylindrycznej kołpaka a przekrój "ucha"/.

Reasumując należy stwierdzić, w oparciu o przeprowadzone badania



Rys. 10

Struktura próbki wyciętej ze ścianki kołpaka LP-60 z białego żeliwa ciągliwego. Perlit + ślady perlitu + węgiel żarzenia /traw. azotal, pow.100x/



Rys. 11

Struktura próbki z białego żeliwa ciągliwego wyciętej ze środka przekroju "ucho" kołpaka LP-60. Perlit + ferryt + węgiel żarzenia /traw. azotal, pow. 100x/

metalograficzne, że dobór składu chemicznego i cyklu wyżarzania są właściwe, zapewniają uzyskanie wymaganej dla żeliwa ciągliwego białego struktury.

5. Badania wytrzymałościowe

Prowadzone były w celu:

- oznaczenia R_m , A_3 i HB próbek wytrzymałościowych,
- określenia siły rozrywającej badany kołpak,
- ustalenia zależności pomiędzy R_m próbki a siłą rozrywającą kołpak.

Uzyskane w czasie omawianych badań wyniki przeliczono, stosując podstawowe przeliczenia statystyczne i zestawiono w tablicy 1.

Jak wynika z przedstawionych danych, w zdecydowany sposób uwidacznia się korzystny wpływ składu chemicznego żeliwa uzyskanego w piecu martenowskim. Znacznie niższa zawartość węgla w żeliwie wywiera decydujący wpływ na podwyższenie parametrów wytrzymałościowych.

Analizując wyniki badań wytrzymałościowych, w świetle przeprowadzonych badań metalograficznych stwierdzono wyraźny wpływ technologii wytapiania na własności mechaniczne kołpaków LP-60. Jak wynika z tablicy 1 wartość średniej siły rozrywającej kołpaki LP-60 jest wyższa w przypadku

T a b l i c a 1

Zestawienie przeliczeń statycznych badanych parametrów białego żeliwa ciągliwego

Technologia wytapiania	Rodzaj odlewów kołpaków	Badane parametry białego żeliwa ciągliwego										
		Wytrzymałość na rozciąganie /kg/mm ² /						Siła zrywająca odlew kołpaka /kg/				
		Srednia arytmetyczna	Minimum	Maksimum	Rozstęp	Srednie kwadratowe odchylenie	Srednia arytmetyczna	Minimum	Maksimum	Rozstęp	Srednie kwadratowe odchylenie	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Żeliwiał	LP-60	49,158	40,28	54,82	14,54	4,3577	11751,3	8900	13800	4900	999,3	
	LPG-60	51,701	35,47	60,48	25,01	6,2587	17038,8	11200	20000	8600	2511,3	
Piec martenowski	LP-60	55,00	44,33	62,20	20,87	3,0555	10450,8	7000	12600	5600	1217,3	
	LPG-60	57,75	54,1	61,24	7,14	1,7807	19205,9	16100	20000	3900	1184,9	

wytapiania metalu w żeliwiaku, mimo że skład chemiczny żeliwa był niekorzystny w porównaniu z żeliwem wytapianym w piecu martenowskim dla tego typu kołpaków. Zjawisko to tłumaczy niższa temperatura zalewania, a zatem niższy stopień przegrzania formy.

Kolejnym etapem było określenie współczynnika korelacji między własnościami wytrzymałościowymi próbek a siłą rozrywającą kołpaki w obrębie poszczególnych typów i stosowanej technologii. W tym celu przeprowadzono przeliczenia zależności siły rozrywającej "P", przy której następowało zniszczenie kołpaka, oznaczonej "y" od wytrzymałości na rozciąganie próbki /x/, co można symbolicznie zapisać równaniem:

$$y = f /x/$$

Uzyskane w wyniku przeprowadzonych przeliczeń wartości współczynników korelacji, jak również ocena istotności współczynników na poziomie 5% pozwoliły stwierdzić, że nie ma ścisłej zależności pomiędzy wartością wytrzymałości próbki a siłą rozrywającą kołpak.

W celu określenia równania pozwalającego wyliczyć w możliwie największym przybliżeniu zależności pomiędzy badanymi parametrami, wykonano szereg obliczeń parametrów dla 15 wybranych funkcji, opierając się na metodzie najmniejszych kwadratów. Na podstawie oceny wartości średniego kwadratowego odchylenia stwierdzono, że również w tym wypadku nie występuje zależność pomiędzy badanymi parametrami, pozwalająca na opracowanie diagramów umożliwiających określenie wartości siły rozrywającej w oparciu o uzyskane wartości wytrzymałości na rozrywanie na próbkach wytrzymałościowych odlanych z tego samego materiału.

6. Wnioski

W wyniku przeprowadzonych prób i badań można przedstawić następujące wnioski:

1. Odształcenia wywołane naprężeniami rozciągającymi są wyższe w kołpakach uchowych w porównaniu z kołpakami gniazdowymi.
2. Odształcenia trwałe w kołpakach uchowych są również większe w porównaniu z gniazdowymi i wynoszą $+19 \cdot 10^{-4}$ po obciążeniu siłą 8 T, podczas gdy w kołpakach gniazdowych w strefie gdzie następują odształcenia wywołane rozciąganiem po obciążeniu 10 T nie obserwuje się trwałych odształceń w zakresie czułości powłoki, czyli większych od 10^{-4} .
3. Wszystkie z badanych kołpaków po obciążeniu ich siłą 8 T nie uległy zniszczeniu, a trwałe odształcenia obserwowano w ciągnach ucha.
4. Na własności mechaniczne kołpaków wywiera wpływ technologia wytapiania i temperatura zalewania. Jest to szczególnie widoczne przy kołpakach uchowych.
5. Dla wyeliminowania wysokiego przegrzania formy w obrębie ucha, przy kołpakach typu LP-60 oraz powstającej w wyniku tego budowy dendrytycznej i zachodzącego procesu grafityzacji, celowe jest przekonstruowanie układu zasilającego formę.
6. Zwiększenie własności wytrzymałościowych kołpaków oraz stabilizacja wyników możliwa jest na drodze zmian konstrukcyjnych.
7. Zapewnienie osiowego rozciągania kołpaków wymaga sprawdzenia i ewentualnego przekonstruowania stosowanego w czasie rozciągania "złącza" kołpaków.
8. Zawartość manganu w żelwie wytopionym w piecu martenowskim nie powinna być niższa od 0,30 %. Obniżenie tej granicy powoduje wyraźny spadek wytrzymałości na rozciąganie.

Literatura

1. Redner S.: Nondestructive testing using the photoelastic coating coatings technique Materials Evaluation 1984, t. 22, nr 11, s. 516.

2. Zandman F.: Stress Analysis with a Photoelastic coating. Metal Progress 1960, s. 111.
3. Kawaler J.: Pokrycia optycznie czynne w analizie odkształceń. Prace 10 rok XVI, zeszyt 2/66, s. 57.
4. Lewandowski K., Rączka J., Tabor A.: Nowoczesna metoda produkcji żeliwa ciągliwego wysokiej jakości. Prace 10 nr 3, s. 191-215.
5. Lewandowski K., Piaskowski J., Rączka J.: Nowoczesna kontrola produkcji w odlewni żeliwa ciągliwego. Materiały konferencyjne "Kontrola i wytwarzanie wysokojakościowego żeliwa ciągliwego" s. 56, Zawiercie 1971.

Эластичнооптическая оценка прочности колпаков
из ковкого чугуна для изоляторов высокого напряжения

Р е з ю м е

В статье представлены распределения основных деформаций, отмеченные покрытиями на колпаках из ковкого чугуна. Поданы значения основных деформаций на ребрах, не находящихся под нагрузкой. Обсуждаются также зависимости прочности на растяжение образцов, отливаемых отдельно и стливок изоляторных колпаков.

An elasto-optical evaluation of the strength
of cap,coats to be used as high-voltage
insulators, made of malleable cast iron

S u m m a r y

This paper discusses some variation in the distribution of the main

deformations determined by stress coats on caps made of malleable cast iron. The values of the main strains are given on the unloaded edges. The relationship between the tensile strength values of the test pieces, cast separately, and of the cap castings has been given, too.