

Adam BARANOWSKI, Krzysztof BRAMIŃSKI,
Kazimierz HESS

Instytut Technologii Budowy Maszyn
Politechnika Poznańska

BADANIE WPŁYWU PARAMETRÓW TECHNOLOGICZNYCH NA ŻYWOTNOŚĆ ŁOPATEK Z ŻELIWA CHROMOWO-MOLIBDENOWEGO W WIRNIKACH OCZYSZCZAREK ŚRUTOWYCH

Streszczenie. W artykule przedstawiono optymalizację składu chemicznego oraz obróbki cieplnej żeliwa chromowego. Ponadto przeprowadzono próby różnych sposobów formowania i zalewania łopatek co w efekcie zmierzało do określenia parametrów technologicznych związanych z wydłużeniem żywotności łopatek stosowanych w oczyszczarkach do odlewów.

1. Wprowadzenie

1.1. Warunki pracy łopatek

Krajowe oczyszczarki odlewów pracują w większości na zasadzie mechanicznego rzutowania śrutu metalowego na oczyszczane powierzchnie odlewów. Nadawanie śrutowi potrzebnej energii kinetycznej zapewniają w nich dwutarczowe wirniki rzutowe, zaopatrzone w 8 łatwo wymiennych łopatek. Montaż ich w wirniku polega na prostoliniowym wsunięciu w prowadnicę wycięte na tarczach oraz punktowym doklinowaniu do prowadnic, za pośrednictwem trzpieni z mimośrodowymi tulejkami. Może to powodować powstawanie w nich naprężeń montażowych. Występujące przy obrotach wirnika znaczne siły odśrodkowe wciskają dodatkowo łopatki pod tuleje, powiększając te naprężenia. Zależnie od sposobu możliwego spaczenia łopatek, naprężenia te mogą się sumować z istniejącymi w łopatkach naprężeniami wewnętrznymi. W czasie pracy wirnika na łopatki działają również siły pochodzące od bezwładności masy śrutu oraz siły odśrodkowe. Przeprowadzona szczegółowa analiza teoretyczna dowiodła, że naprężenia te sumując się mogą przekraczać wartości krytyczne, co powoduje często pękanie łopatek już na początku ich pracy, szczególnie przy stosowaniu żeliw wysokostopowych, posiadających minimalne własności plastyczne. Ta postać zniszczenia jest szczególnie niekorzystna, gdyż nie pozwala na granicznie możliwe wykorzystanie materiału łopatek z punktu widzenia zużycia ciernego, wprowadza zakłócenia i przerwy w pracy urządzenia oraz może przyczynić się do zniszczenia innych łopatek.

Śrut doprowadzany jest do wirnika w jego osi obrotu, skąd przez wirnik rozdzielczy i tuleję regulacyjną przedostaje się porcjami na porywające go łopatki, nadające mu znaczną energię kinetyczną. Przesuwając się wzdłuż łopatek powoduje ich intensyw-

ne zużycie głównie na skutek ścierania, przez mikroskrawanie względnie ścinanie lub wykruszanie w wyniku powstających mikropęknięć. Bardzo niekorzystnie wpływają na żywotność łopatek zanieczyszczenia niemetaliczne śrutu, zwłaszcza drobny piasek kwarcowy, towarzyszący śrutowi w obiegowej jego pracy w oczyszczarce.

Sposób doprowadzenia śrutu na łopatki w krajowych wirnikach powoduje prawie prostopadle uderzenie śrutu w powierzchnię łopatek. Zwiększa ich miejscowe zużycie oraz inicjuje ruch skokowy czysciwa wzdłuż łopatki. Sposób dozowania czysciwa wpływa również na nierównomierne wypełnianie łopatek na szerokości, będące przyczyną ich nierównomiernego zużywania w przekroju poprzecznym.

1.2. Konieczne cechy materiałowe łopatek

Wobec opisanych wyżej warunków pracy łopatek oczyszczarek wirnikowych za główne kryteria doboru materiału na łopatki należy uznać:

- wysoką odporność na strumieniowe dynamiczne ścieranie twardymi tworzywami ziarnowymi,
- niezbędną wytrzymałość i udarność z uwagi na obciążenia i naprężenia występujące w łopatkach z przyczyn ich spaczeń, montażu oraz dynamicznych obciążeń roboczych,
- przystępność ekonomiczną kosztów materiałowych i technologii wykonania łopatek

Rodzaje materiałów, które są stosowane na łopatki oczyszczarek wirnikowych można podzielić na trzy grupy:

- staliwa austenityczne /staliwo Hadfielda/ lub grafityzowane,-
- żeliwa wysoko stopowe - z chromem jako głównym dodatkiem stopowym,
- żeliwa stopowe specjalne - typu Ni - Hard i inne.

Poprzedzające badania Instytutu Odlewnictwa Politechniki Śląskiej wytypowały jako najodpowiedniejsze dla krajowych warunków wysokostopowe gatunki żeliwa z chromem. Otwarty jest problem stosowalności w nich drogich dodatków stopowych.

Żeliwo, w którym podstawowym składnikiem stopowym jest chrom to tworzywo najczęściej stosowane na elementy, od których wymagana jest wysoka odporność na ścieranie. W grupie tej jako materiał na łopatki należy wyróżnić żeliwa o zawartości od 12 do 25% Cr i około 3% C. W materiałach tych występują w głównej mierze bardzo twarde węgliki chromu typu $(Cr, Fe)_7C_3$ a eutektyka ma budowę typu płytkowego o stosunkowo dobrej plastyczności. Po odpowiedniej obróbce cieplnej żeliwo to może uzyskiwać strukturę martenzytyczną, charakteryzującą się wysoką odpornością na ścieranie, przy zachowaniu minimum niezbędnej udarności. Własności te podwyższają i stabilizują takie dodatki węglilotwórcze, jak Mo, Ti czy inne.

1.3. Rola technologii formowania i odlewania łopatek

Na wielkość ziarn struktury pierwotnej ma wpływ intensywność odprowadzania ciepła z krzepnącego odlewu. Stosowanie mas o różnych własnościach cieplnych, przedłużających względnie skracających czas krzepnięcia odlewu, wpływa na ziarnistość struktury. Dla łopatek korzystne jest uzyskanie struktury drobnoziarnistej, co sugeruje stosowalność form z materiałów o podwyższonym współczynniku akumulacji ciepła.

Łopatki oczyszczarek podlegające intensywnemu zużyciu ściernemu powinny odznaczać się szczególnie dobrą ścisłością i ciągłością materiału. Żeliwa średnio i wysokochromowe krzepnąc jako białe, o znacznym skurczu objętościowym, wymagają szczególnie starannego zasilenia podczas krzepnięcia. Rzadizny i jamy skurczowe w łopatkach wynikłe z nieprawidłowego sposobu odlewania mogą być przyczyną znacznego obniżenia ich żywotności, prowadząc w szczególnych przypadkach do pęknięcia podczas pracy.

Prawidłowa technologia wymaga więc stosowalności zasilaczy przy grubszych końcach łopatek, co znacznie obniża uzysk i bywa niechętnie stosowane. Możliwości pełnego zasilenia odlewu sprzyja usytuowanie łopatek przy zalewaniu ich przez górne nadlewy.

1.4. Cel i zakres pracy

Celem badań było określenie wpływu technologii wykonania łopatek, ujmującej sposób ich formowania, zalewania i stosowania mas o różnych własnościach cieplnych oraz obróbki cieplnej na strukturę, wybrane własności i trwałość eksploatacyjną łopatek, wykonanych z żeliwa o zawartości 12-15% Cr przy około 3% C z dodatkami Mo, Ti i Bi dozowanymi zmiennie, w celu ustalenia optymalnej ich stosowalności.

2. Technologia i zmienność parametrów wykonania próbnych łopatek

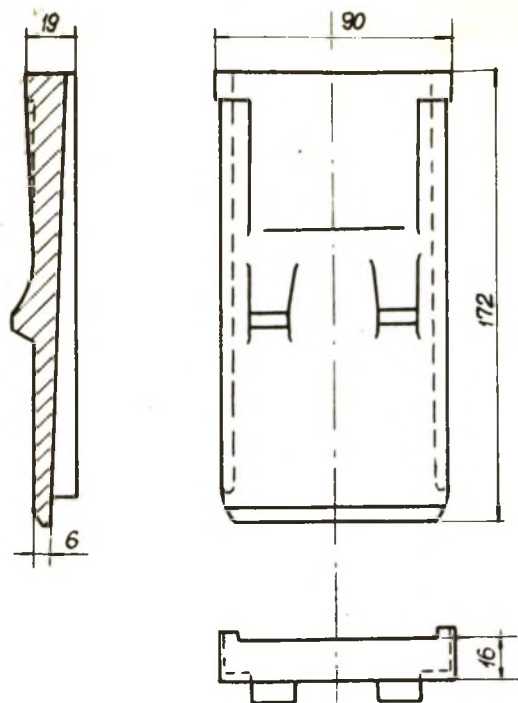
2.1. Charakterystyka metod formowania i zalewania łopatek

Łopatki pokazane na rys.1 stosowane w wirnikach krajowych oczyszczarek można wykonać przy następujących ułożeniach modelu i odlewu w formie:

- poziomym przy formowaniu i zalewaniu,
- pionowym przy formowaniu i zalewaniu,
- poziomym przy formowaniu i pionowym przy zalewaniu.

Formowanie i zalewanie w położeniu poziomym, przy przeprowadzeniu powierzchni podziału formy wzdłuż powierzchni roboczej łopatki, jest metodą najłatwiejszą pod względem technologicznym i najtańszą, pozwalającą na wykonanie w jednej piaskowej formie dużej ilości odlewów. Metal może być doprowadzany do grubszych krawędzi przez boczne kryte zasilacze i wówczas układ taki można uznać za prawidłowy.

Doprowadzenie metalu do cieńszej części łopatki od strony bliższej osi wirnika, dla zachowania możliwie równej temperatury krzepnięcia na całym przekroju, zmniejsza



Rys.1. Konstrukcja łopatek wirnikowych krajowych oczyszczarek śrutowych

w niezbędne nadlewy zasilające, co przy zalewaniu form przez te nadlewy stwarza najkorzystniejsze warunki zasilania.

2.2. Technologia formowania, sposoby wytopu i składy chemiczne przebadanych łopatek

Przebadane łopatki pochodziły z dwóch źródeł. Jedne - odlewane bez zasilaczy, w poziomych formach piaskowych - uzyskano z przemysłowej ich produkcji ze zasadowego elektrycznego pieca łukowego o pojemności 6 ton, z żeliwa o zawartości Cr: 14,1 ± 16,4%, Mo: 0,9 ± 4% oraz C: 3 ± 3,2%. Przebadanie około 60 takich płytek stanowiło bazę porównawczą dla badań drugiej grupy specjalnie wykonanych próbných łopatek.

Zbieżny kształt łopatek, konieczność zasilania odlewów oraz łatwość wykonania badań skłoniły do przyjęcia formowania próbných łopatek przy ułożeniu poziomym, z zalewaniem w układzie pionowym, co ilustruje rys.2 i 3.

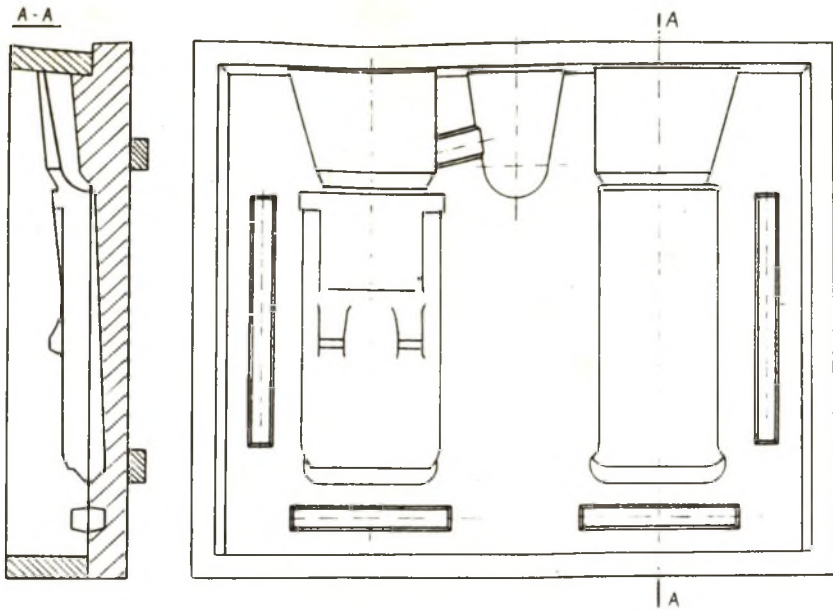
Dla potwierdzenia hipotezy o wpływie intensywności odprowadzania ciepła z krzepnącego odlewu na wielkość ziarn struktury pierwotnej, w formie piaskowej stosowano wkładki z ciepłoszczelnej masy keramzytowej oraz z masy na bazie śrutu, co schematycznie pokazano na zewnętrznych przekrojach form rys.3. Pierwsza masa prawie dwu-

możliwość dokładnego zasilania odlewu. Metoda taka dominuje dotychczas w przemysłowym wytwarzaniu żeliwnych łopatek w zakładzie, w którym przeprowadzono badania.

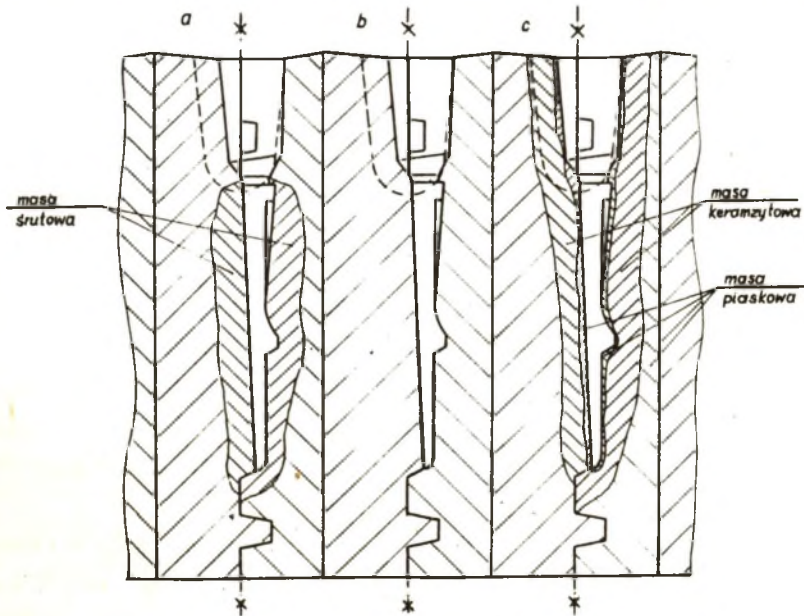
Formowanie i zalewanie w pionowych położeniach łopatek, przy stosowaniu tradycyjnych metod formowania, wymaga rdzeniowania. Najbardziej atrakcyjną metodą byłoby tutaj zastosowanie automatów formierskich do bezskrzynkowego formowania w poziomych stosach z pionowymi powierzchniami podziału form.

Formowanie przy ułożeniu poziomym z zalewaniem w układzie pionowym wymaga zmiany położenia form, co stwarza trudności przy ich składaniu i przygotowaniu do zalewania.

Pionowe ułożenie odlewu w formie grubszym końcem łopatki w górę zmusza do zaopatrzenia każdej łopatki



Rys. 2. Schemat rdzennicy zastosowanej do wykonawstwa form próbnych łopatek



Rys.3. Schemat zestawu form próbnych łopatek ujmujący zastosowanie

krotnie przedłuża, druga zaś dwukrotnie skraca czas krzepnięcia odlewu wykonanego w zwykłej masie piaskowej.

Wykonanie próbných łopatek w Zakładzie Odlewnictwa Politechniki Poznańskiej oparto na wytopach w 50 kilogramowym piecu indukcyjnym typu PJ 50/8, przy wyłożeniu kwarcytowym. Formy ułożone pionowo zgodnie z rys.3 zalewano przez nadlewy. Po przeprowadzeniu próbných wytopów, dla ustalenia zgaru składników stopowych, wykonano 15 wytopów, uzyskując do badań około 160 próbných łopatek z żeliwa o stałej zawartości węgla około 3% /praktycznie 2,9 ± 3,5%/ i chromu około 15% /praktycznie 14,9 ± 17,9%/ przy zmienných zawartościach Mo w granicach od 0 do 4% i Ti w granicach od 0 do 1,4%, przy różnych ich kombinacjach. Przedziały zmienności, przy pomocy których określano wpływ Mo i Ti na niektóre własności mechaniczne i żywotność łopatek, wynosiły dla:

Ti:	0 ± 0,09%;	0,1 ± 0,29%;	0,3 ± 0,59%;
	0 ± 0,89%;	1,3 ± 1,4%;	
Mo:	około 0%;	około 1%;	2 ± 2,5%;
	około 3%;	3,5 ± 4%	

Zawartość pozostałych składników wynosiła

Si -	0,9 ± 1,57%;	Mn -	0,73 ± 0,93%
P -	0,052 ± 0,085%;	S -	0,037 ± 0,089%;
Cu -	0,11 ± 0,18%;	V -	0,052 ± 0,13%;
Ni -	0,11 ± 0,18%;	Co -	0,009 ± 0,038.

2.3. Obróbka cieplna, struktury i twardości łopatek

Ustalenie próbných wariantów obróbki cieplnej poprzedzono badaniami twardości sztabek o przekroju kwadratowym grubości 10 mm odlanych razem z łopatkami, po różnych sposobach obróbki. Stwierdzono przy tym, że w stanie surowym twardości materiału wynoszą 47 ± 55 HRC, a struktura ich składa się ze stosunkowo drobnych i równomierných węglików na tle austenitu. Próbki takie o zawartości 1 - 2,5% Mo i 0,07 - 0,25% Ti poddano dalej różnym zabiegom obróbki cieplnej, polegającym na normalizowaniu w temperaturze 900°C przez 2 godziny, ze studzeniem na powietrzu i dalej hartowaniu z temperatur w zakresie 800 - 950°C, z chłodzeniem w oleju oraz hartowaniu z temperatury 1000°C i chłodzeniu na powietrzu. Tak obrobione próbki poddawano odpuszczaniu w temperaturach 400 - 600°C.

Stwierdzono, że bezpośrednio po hartowaniu z temperatur 900 i 950°C i chłodzeniu w oleju, twardości próbek wynosiły 62 - 66 HRC, a po hartowaniu z 1000°C z chłodzeniem na powietrzu 55 - 65 HRC. Wyniki badania twardości po odpuszczaniu w różnych temperaturach pozwoliły stwierdzić, że wyraźny spadek twardości następuje po odpuszczaniu w temperaturach powyżej 500°C. W prawidłowo obrobionych próbkach występują węgliki na tle martenzytu odpuszczonego.

Biorąc pod uwagę uzyskane wyniki obróbki cieplnej próbek oraz przewidując pewne różnice w efektach obróbki cieplnej próbek i gotowych łopatek, zastosowano następujące rodzaje obróbki cieplnej:

- 1/ wygrzewanie do hartowania w temperaturze 1000°C przez 4; 2,5; 1,5 i 1 godz. z chłodzeniem na powietrzu, z następnym odpuszczaniem w temperaturach 400, 300, 250°C przez 4 i 5 godz.
- 2/ wygrzewanie do hartowania w temperaturach 900 i 950°C przez 1,5 godz. z chłodzeniem w oleju i odpuszczaniem w temperaturach 250, 280 i 400°C przez 4 i 5 godz.

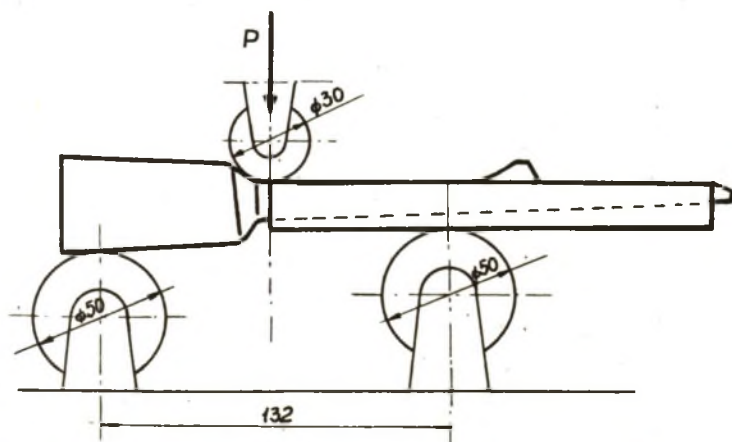
3. Sposoby i wyniki badań

3.1. Zakres i sposoby badania łopatek

Stan materiałowy i użyteczność łopatek badano rentgenograficznie, strukturalnie, wytrzymałościowo i eksploatacyjnie.

Ścisłość i ciągliwość łopatek odlewanych dwoma różnymi technologiami sprawdzano prześwietlaniem promieniami Roentgena wybranych łopatek. Metalograficznie badano struktury i twardości łopatek wybranych przy różnych stanach obróbki cieplnej.

Konieczność oddzielania nadlewów od próbnych odlewów wykorzystano do przeprowadzenia wstępnych badań wytrzymałości postaciowej każdego odlewu. Badania wytrzymałościowe surowych odlewów miały na celu znalezienie ewentualnej zależności między siłą odłamywującą nadlewy od łopatek, a ich ścisłością oraz zawartością składników stopowych. Odlewy ustawiano na podporach maszyny wytrzymałościowej i odłamywano nadlewy u ich podstawy według schematu podanego na rys.4.



Rys.4. Schemat sposobu badania doraźnej wytrzymałości łopatek przez odłamywanie nadlewów na maszynie wytrzymałościowej

Badanie eksploatacyjne łopatek przeprowadzono w oczyszczarni OWTO-500 pracującej na śrucie żeliwnym, czyszczącej odlewy stalowe podczas ich normalnej przemysłowej pracy.

Zgodnie z praktyką montażową łopatki ważono z dokładnością do 1 grama, dobierano je parami o równej wadze i zakładano na wirniki, na przeciw siebie. Rejestrację czasu pracy łopatek dokonywano na podstawie liczników czasu pracy podłączonych do wirników. W momentach wymiany oraz po wycofaniu łopatek z pracy ważono je ponownie, by każdorazowo obliczać uzyskiwane ubytki ich masy w przeliczeniu na jednostkę pracowanego czasu w g/godz.

3.2. Wpływ technologii formowania i zalewania na ścisłość i żywotność łopatek

Wpływ technologii formowania i zalewania na żywotność łopatek określono porównując zużycie i czas pracy łopatek odlanych przemysłowo, z żeliwa chromowego o zawartości około 3% Mo, wykonanych wg technologii poziomego zalewania w formach piaskowych bez zasilania z łopatkami próbnymi zalewanymi podobnym żelivem w pozycji pionowej, z nadlewem w ich górnej części.

Dla łopatek zalewanych poziomo, średnie zużycie wynosiło $x = 18,87$ g/h, a czas pracy $t = 12,18$ godz., natomiast dla łopatek zalewanych pionowo średnie zużycie wynosiło $x = 9,84$ g/h, a czas pracy $t = 23,13$ godz., dowodząc dwukrotnie lepszej żywotności.

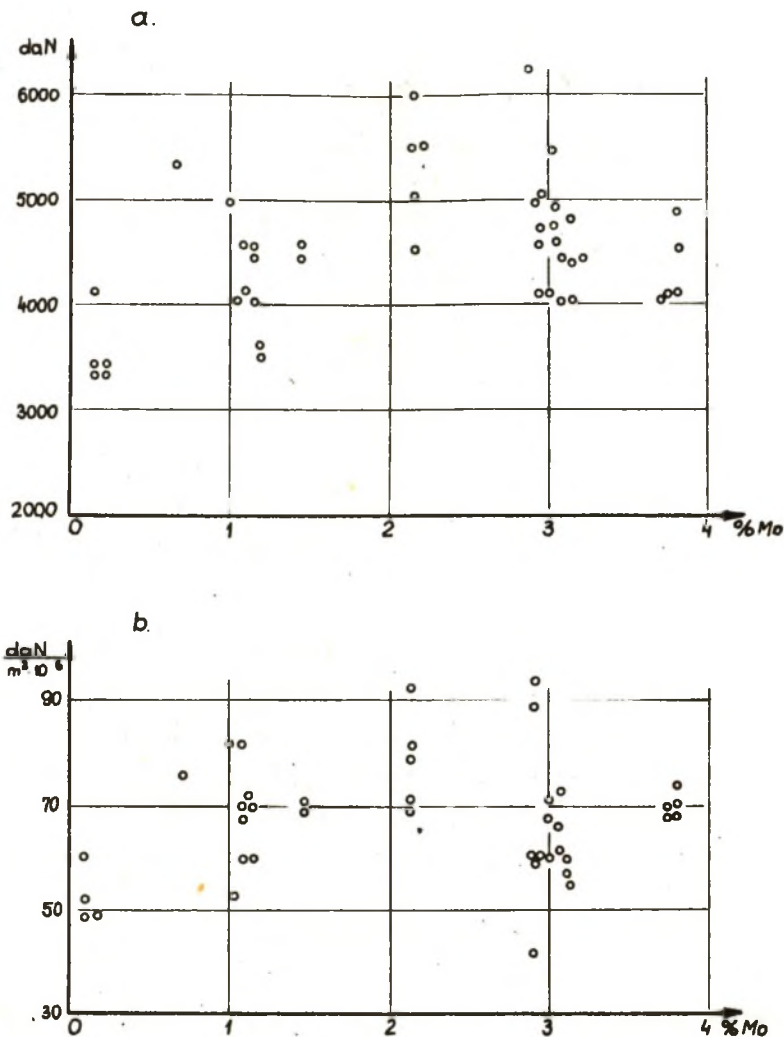
Wyniki te zgodne są z wynikami ścisłości odlewów na zdjęciach rentgenowskich. W łopatkach odlewanych poziomo bez zasilania występują liczne wady wewnętrzne, czego nie stwierdzono w łopatkach odlewanych pionowo. Potwierdzony znaczny wpływ ścisłości materiału na żywotność łopatek dowodzi wyraźnej przewagi pionowego zalewania łopatek z nadlewami, w stosunku do stosowanej jeszcze w przemyśle technologii poziomego formowania i zalewania bez zasilaczy.

Wykonane zglądy metalograficzne przełomów łopatek odlewanych w różnych rodzajach materiałów formierskich uwidaczniają dość wyraźnie różnice w wielkości wydzielen z najmniejszą ziarnistością łopatek odlewanych w śrucie i największą w masie keramzytowej. Uzyskane wyniki obliczeń statystycznych dowodzą jednak małego wpływu materiału formy na żywotność łopatek. Dla przykładu $x = 9,84$ g/h dla łopatek odlewanych w masie piaskowej, $x = 9,91$ g/h odlewanych w śrucie i $10,03$ g/h odlewanych w masie keramzytowej.

3.3. Wpływ molibdenu i tytanu na doraźną wytrzymałość i żywotność łopatek

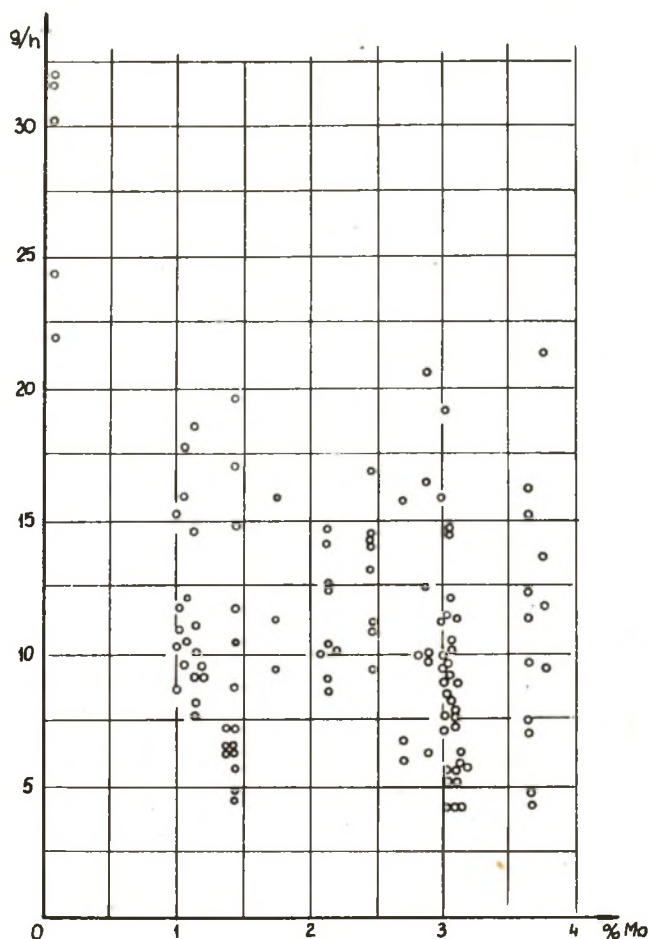
Znaczna zmienność zawartości tylko dwóch pierwiastków stopowych tj. Mo i Ti przy zbliżonych zawartościach pozostałych pierwiastków, umożliwiło porównanie wpływu Mo i Ti na doraźną wytrzymałość i żywotność łopatek różnych wytopów.

Na rys.5a przedstawiono zależność siły odłamującej nadlewy wg schematu pokazanego na rys.4, a na rys.5b doraźnej wytrzymałości na zginanie, od zawartości Mo przy wszystkich przebadanych zawartościach Ti. Z wykresów tych wynika, że w zakresie 2 ÷ 3% Mo istnieje dość wyraźne optimum badanych własności. Pozwala to wnioskować o celowości stosowania takich zawartości Mo w łopatkach z żeliwa wysokochromowego. Podobna analiza ujmująca wpływ zawartości Ti na własności wytrzymałościowe nie wykazała dominującego znaczenia określonej zawartości tego pierwiastka w przebadanym przedziale 0 ÷ 1,5% /otrzymano równomierny rozrzut punktów/.



Rys.5. Wykres zależności: a - siły odłamywania nadlewy; b - doraźnej wytrzymałości przy odłamywaniu nadlewy od zawartości molibdenu w żeliwie dla różnych wariantów materiałowych i technologicznych wykonania łopatek

Wyniki badań eksploatacyjnych, wyrażone w gramach zużycia masy łopatek na godzinę, przedstawiono wykreślnie na rys.6 w zależności od zawartości molibdenu w żeliwie. Duże pionowe rozrzuty tych wyników związane są ze zmiennością pozostałych składników żeliwa oraz zastosowanej obróbki cieplnej. Z wykresu tego można stwierdzić optycznie obniżanie się ułożenia głównej liczebności punktów badawczych ze wzrostem molibdenu. Najsilniejszy zaś spadek zużywania się łopatek można zauważyć przy przejściu od braku Mo do jego zawartości 1,5%.



Rys.6. Wykres zależności godzinowego zużycia badanych łopatek od zawartości Mo w żeliwie chromowym dla różnych wariantów materiałowych i technologicznych wykonania łopatek

W wyniku opisanych badań można stwierdzić, że dodatek molibdenu do żeliwa zawierającego około 15% Cr oraz 3% C znacznie obniża zużywalność i podnosi trwałość łopatek już od zawartości 1,5% Mo i niecelowym jest jego zwiększanie powyżej 3% Mo.

Przeprowadzona podobnie analiza zależności doraźnej wytrzymałości i żywotności łopatek od zawartości tytanu nie wykazała jego wpływu w zakresie od 1,4% Ti.

3.4. Wpływ obróbki cieplnej na żywotność łopatek

Stosowanie różnych parametrów obróbki cieplnej miało na celu, obok uzyskania prawidłowej struktury, otrzymanie możliwie dużej twardości łopatek, która w istotny sposób wpływa na ich żywotność. Przeprowadzone obliczenia statystyczne pozwalają stwierdzić, że najniższa wartość średnia zużycia $x = 6,762$ g/godz. oraz najdłuższy czas pracy $t = 30,787$ godz. w grupie łopatek hartowanych na powietrzu, wykazały łopatki wygrzewane w temperaturze 1000°C przez 1,5 godz., chłodzone na powietrzu i odpuszczane w 400°C przez 4 godziny. W grupie łopatek hartowanych w oleju np. przy parametrach obróbki cieplnej - hartowanie 950°C - 1,5 h/olej i odpuszczanie $250 + 280^{\circ}\text{C}$ - 5 h - zużycia są również niskie $x = 7,2120$ g/godz. Jednak z uwagi na stwierdzony w czasie badań znaczny procent pęknięć łopatek występujących bezpośrednio po ich obróbce cieplnej oraz w czasie eksploatacji, metodę tę oceniono mniej korzystnie. Jako korzystniejsze należy więc zalecić hartowanie na powietrzu.

Ponieważ twardość wszystkich badanych łopatek wahała się w granicach 58 + 63 HRC, a w ramach tego przedziału nie uzyskano rozeznania bezpośredniego wpływu twardości na zużycie łopatek można wnioskować że zużycie to jest wypadkową wielu przypadkowych czynników, jakkolwiek najniższe zużycie wykazały łopatki o twardości pomiędzy 62 a 63 HRC.

4. Wnioski z przeprowadzonych badań

- A. Żywotność łopatek zależy znacznie od ich ścisłości, która może być zapewniona przez pionowe usytuowanie odlewów przy zalewaniu z obecnością nadlewów nad umieszczonym w górze najgrubszym brzegiem łopatki.
- B. Przebadane gatunki żeliwa o zawartości 15 + 17,5% Cr, oraz około 3% C wykazują korzystny wzrost odporności i żywotności łopatek przy obecności już 1,5% Mo, przy czym górna granica jego stosowalności nie powinna przekraczać 3%.
- C. Zawartość tytanu wpływa nieznacznie korzystnie na własności tego gatunku żeliwa w zakresie do 0,3% Ti. Stosowalność wyższych zawartości tytanu jest niecelowa.
- D. Zalecana jest stosowalność bizmutu jako modyfikatora w zakresie 0,02% Bi.
- E. Za optymalną technicznie i ekonomicznie obróbkę cieplną można zalecić:
 - wygrzewanie w 1000°C przez co najmniej 1,5 godz.

- chłodzenie w powietrzu możliwie ze wzmożonym jego przepływem wokół oddzielnie pionowo zawieszonych łopatek,
- odpuszczanie w temperaturze 400°C przez 4 godziny. Warunki odpuszczania mogą być lokalnie modyfikowane tak, by uzyskać twardość po obróbce cieplnej 60 ± 62 HRC.

F. Łopatki odlewane pionowo z nadlewami z żeliwa o składzie

Cr - 15 ± 17%;	C - 2,7 ± 3,0%;	Si - 0,8 ± 1,5%;
Mn - 0,6 ± 0,8%;	S - 0,05%;	P 0,05%;
Mo - 2,5 ± 3,0%;	Ti - 0,2 ± 0,3%	

obrobione cieplnie według sposobu przedstawionego powyżej warunkują przy przemysłowym oczyszczaniu odlewów staliwych śrutem żeliwnym zużywalność - 6,762 g/godz., a żywotność ich wynosi średnio 30 godz. Odpowiada to co najmniej trzymianowej pracy wirnika. Obniżenie zawartości Mo do 1,5% zwiększy nieco średnią zużywalność łopatek pozostawiając ich średnią żywotność w opisanych warunkach eksploatacji w ramach trzymianowej pracy wirnika tj. powyżej 24 godzin.

LITERATURA

1. Hess K., Baranowski A., Bramiński K. i inni: Wpływ dodatkowych pierwiastków stopowych na żywotność łopatek oczyszczarek wykonanych z żeliwa o zawartości 1,5 - 3% C oraz 15 - 15% Cr. Poznań 1976. Politechnika Poznańska. Praca wykonana na zlecenie Instytutu Odlewnictwa Politechniki Śląskiej.
2. Kubicki J.: Badania nad procesem zużywania się materiału łopatek rzutowych oczyszczarek wirnikowych. Praca doktorska, Szczecin 1975.
3. Narodnicki D.S., Kac A.A.: Klasyfikacja iznosostojkich białych chromistych czugunów. Nowyje stali i spławy w maszynostrojenii. Maszynostrojenje, Moskwa 1976.
4. Podrzucki Cz., Kalata Cz.: Metalurgia i odlewnictwo żeliwa. Wydawnictwo "Śląsk", 1971.
5. Prowans S., Tęczyńska B.: Trwałość łopatek rzutowych oczyszczarek wirnikowych. Przegląd Odlewnictwa 1972, nr 3.
6. Sakwa W.: Żeliwo. Wydawnictwo "Śląsk", 1974.
7. Solski P.: Zużycie cierne metali. WNT, Warszawa 1968.
8. Stefanescu D. i inni: Gusseisen für Wurfschaufeln von Schleuderstrahlanlagen. Giesserei-Praxis, nr 4, 1976.

INVESTIGATIONS INTO THE EFFECTS OF PROCESSING PARAMETERS
ON THE LIFE OF CHROMIUM-MOLYBDENUM CAST-IRON PADDLES IN
SHOT BLASTING MACHINE ROTORS

S u m m a r y

The paper presents optimalization of chemical composition and heat-treatment of chromium cast-iron. Various methods of moulding and teeming of the paddles were tested in order to determine processing parameters connected with life of paddles used in shot blasting machines for cleaning of castings.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА СРОК СЛУЖБЫ ЛОПАТОК
ИЗ ХРОМОМОЛИБДЕНОВОГО ЧУГУНА В РОТОРАХ ДРОБЕМЕТНЫХ ОЧИСТИТЕЛЕЙ

Р е з ю м е

В статье рассматривается оптимизация химического состава и термической обработки хромового чугуна. Были проведены испытания по разным способам формовки и заливки лопаток, что в результате стремил к определению технологических параметров, связанных с удлинением срока службы лопаток, применяемых в очистителях отливок.