

JÓZEF GAWROŃSKI

ZJAWISKA SKURCZOWE W ODLEWACH ŻELIWNYCH

Streszczenie: Opisano badania nad skurczem żeliwa szarego i sferoidalnego, skuteczność zasilania odlewów z żeliwa sferoidalnego nadlewami krawędziowymi oraz wyniki badań nad niezbędną szerokością krawędzi zetknięcia nadlewu z odlewem. Na podstawie pomiarów temperatur omówiono mechanizm zasilania odlewu przez nadlew krawędziowy.

1. Wstęp

Jedną z ważnych cech odlewniczych żeliwa szarego jest mniejsza, w porównaniu z innymi stopami, skłonność do tworzenia porowatości skurczowych i rzadzisz. Wynika to zarówno z faktu, że całkowity skurcz żeliwa szarego jest o wiele mniejszy od staliwa czy żeliwa stopowego oraz z uwagi na fakt, iż temperatura zalewania żeliwa jest stosunkowo niska.

Zarówno w prostych, jak i złożonych odlewach żeliwnych niskowęglowych, stopowych i modyfikowanych, stosowanie tradycyjnych nadlewów, znanych i skutecznych w odlewach stalowych, daje wprost przeciwne rezultaty, tzn. powoduje powiększenie obszaru rzadzisz i skupionych jam skurczowych. Wynika to z faktu, że nadlew tradycyjny krzepnie zawsze o wiele dłużej niż zasilany węzeł odlewu stalowego, co w przeniesieniu na warunki odlewu żeliwnego jest niekorzystne, bowiem kinetyka zasilania w zakresie krzepnięcia (duży zakres krzepnięcia żeliwa szarego) wymaga doprowadzenia metalu zasilającego tylko w początkowych fazach tego zakresu (odlewy w kokilach) lub zakończenia zasi-

lania tuż przed skrzepnięciem wężła cieplnego (odlewy w formach płaskowych).

2. Skurcz odlewniczy żeliwa szarego

Żeliwa szare, których przeznaczeniem jest wypełnienie wnętrza form odlewniczych, charakteryzują się różnym stopniem przegrzania, w zależności od stopnia skomplikowania i różnic w grubościach ścianek odlewu. Dlatego rozpatrując skurcz w stanie ciekłym należy pamiętać, że ze wzrostem stopnia przegrzania (t_p) wzrasta wartość skurczu w stanie ciekłym:

$$\varepsilon_{V_c} = \alpha_{V_c} (t_p - t_{lik}) \quad (1)$$

gdzie:

α_{V_c} - współczynnik skurczu objętościowego w stanie ciekłym

W zakresie krzepnięcia $\Delta t_{kr} = t_{lik} - t_{sol}$ wartość skurczu zależna jest od współczynnika skurczu i zakresu Δt_{kr} :

$$\varepsilon_{V_k} = \alpha_{V_k} (t_{lik} - t_{sol}) \quad (2)$$

W stanie stałym:

$$\varepsilon_{V_s} = \alpha_{V_s} (t_{sol} - t) \quad (3)$$

gdzie:

t - dowolna temperatura poniżej t_{sol} .

Pełny skurcz żeliwa można wyrazić wzorem

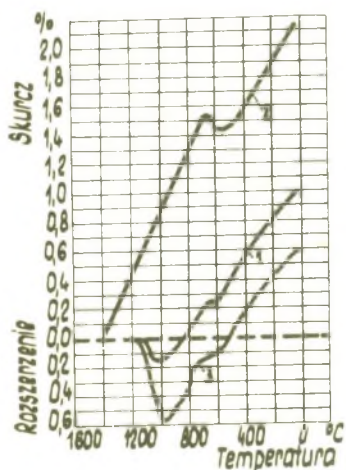
$$\varepsilon = \varepsilon_{V_c} + \varepsilon_{V_k} + \varepsilon_{V_s} \quad (4)$$

Należy jednak pamiętać, iż budowa strukturalna i skład chemiczny żeliwa powodują powstawanie wielofazowego układu z wydzielaniem się węgla w postaci wolnej-grafitu. Te okoliczności powodują, że badania swobodnego skurczu żeliwa szarego są znacznie bardziej skomplikowane, gdyż pojawia się tu zjawisko w innych stopach nie spotykane, mianowicie rozszerzalność żeliwa w początkowym okresie stygnięcia.

Na rys. 1 porównano pełny skurcz żeliwa szarego, staliwa i żeliwa sferoidalnego. Z rys. 1 widać, że w chwili przejścia żeliwa w zakres krzepnięcia, następuje w pewnym zakresie zakresu krzepnięcia "rośnięcie" metalu.

Dokładne przyczyny "rośnięcia" żeliwa podczas krzepnięcia nie są całkowicie wyjaśnione. Wiadomo jednak, że przyczynami rozszerzalności jest między innymi wydzielanie się z odlewu wolnego grafitu (grafityzacja) oraz wydzielanie się gazów.

Celem przeanalizowania procesu skurczu żeliwa szarego robimy etapy zmiany wymiarów odlewu w czasie krzepnięcia i stygnięcia na 4 fazy:



Rys. 1. Porównanie skurczu swobodnego żeliwa szarego - 1, staliwa - 2 i żeliwa sferoidalnego - 3 [3], [5]

- faza 1 - rozszerzanie się odlewu ("rośnięcie"),
 faza 2 - skurcz odlewu występujący do przemiany perlitycznej (skurcz doperlityczny),
 faza 3 - rozszerzalność odlewu w czasie przemiany perlitycznej,
 faza 4 - skurcz odlewu po przemianie perlitycznej (skurcz poperlityczny).

Chcąc wyrazić te wielkości wzorem na przykładzie skurczu liniowego napiszemy dla:

$$\varepsilon = -\varepsilon_r + \varepsilon_{dp} - \varepsilon_p + \varepsilon_{pp}, \quad (5)$$

gdzie:

- ε - skurcz całkowity w %,
 ε_r - rozszerzalność odlewu w %,
 ε_{dp} - skurcz doperlityczny w %,
 ε_p - rozszerzanie odlewu w przemianie perlitycznej,
 ε_{pp} - skurcz poperlityczny w %.

W tabelicy 1 i 2 zestawione są składy chemiczne i charakterystyczne badania skurczu liniowego żeliwa szarego przy czym porównano je z badaniami skurczu innych stopów [3].

Tablica 1

Skład chemiczny badanych stopów

Lp.	S t o p	Skład chem. stopów w %					
		C	Si	Mn	P	S	Mg
1	Żeliwo szare [5]	3,28	2,8	0,23	0,23	0,17	-
2	Żeliwo sferoidal. [5]	3,30	2,8	0,81	0,15	0,028	-
3	Staliwo [3]	0,35	0,7	0,5	0,05	0,05	-

Tablica 2

Skurcz całkowity badanych stopów

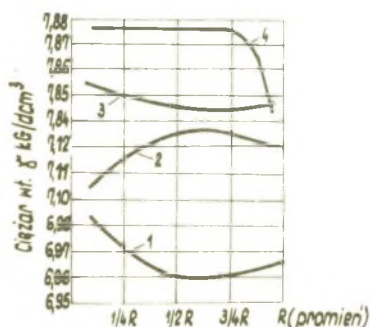
Lp.	S t o p	Rozsze- rzal- ność	Skurcz doperli- tyczny %	Rozsze- rzalność przy przemia- nie perli- tycznej	Skurcz poper- litycz- ny %	Skurcz całko- wity %
		$-\varepsilon_r$	ε_{dp}	$-\varepsilon_p$	ε_{pp}	ε
1	Żeliwo szare [5]	0,2	0,45	0,025	0,75	1,0
2	Żeliwo sfero- idalne [5]	0,54	0,35	0	0,75	0,55
3	Staliwo [3]	0	1,5	0,1	0,8	2,2

Z tablicy 2 widać, iż rozszerzalność w czasie przemiany perlitycznej dla żeliwa szarego jest bardzo mała i dlatego pomijamy ją przy ostatecznym obliczaniu skurczu całkowitego. Szczegółowa analiza tablic 1 i 2 pozwala wyciągnąć następujące wnioski:

Żeliwo szare charakteryzuje się znacznym rozszerzaniem przed skurczowym ($-\varepsilon_r$), co jest zjawiskiem wysoce korzystnym przy kompensacji skurczu doperlitycznego i poperlitycznego.

Skurcz żeliwa sferoidalnego jest różny w zależności od składu chemicznego i charakteru krystalizacji. Stopy krzepnące w układzie nietrwałym, czyli żeliwa zabiłone, posiadają skurcz podobny do żeliwa szarego. Stopy krzepnące w układzie trwałym posiadają skurcz o wiele mniejszy (w naszym przypadku - 0,55%). W tablicy 1, jak również z rys. 1 widać, iż staliwo węglowe nie posiada rozszerzalności przed skurczowej: jedynie w okresie przemiany eutektoidalnej można zaobserwować nieznaczną rozszerzalność [3].

Można zauważyć, że żeliwo sferoidalne charakteryzuje się stosunkowo małą wartością skurczu całkowitego (1%), co znajduje potwierdzenie w literaturze [3]. Do niedawna uważano, że żeliwo sferoidalne posiada skurcz zbliżony do skurczu staliwa. Nie można jednak utożsamiać skurczu ze skłonnościami do tworzenia jam skurczowych.



Rys. 2 - zmiana ciężaru właściwego z odległością od powierzchni odlewu walcika o promieniu R

1-żeliwo szare, 2-żeliwo sferoidalne, 3 - staliwo węglowe, 4 - żeliwo stopowe

Równoległe z badaniem skurczu można analizować ciężar właściwy żeliwa szarego na przekroju odlewu, co umożliwi wysnucie pewnych wniosków odnośnie ścisłości budowy odlewu (porowatości i rzadzizn).

Na rys. 2 przedstawiono zależność ciężaru właściwego żeliwa szarego od odległości od powierzchni odlewu. Celem porównania przedstawiono te same zależności dla staliwa stopowego, staliwa węglowego oraz żeliwa sferoidalnego.

Z rys. 2 widać, iż żeliwo szare posiada największą gęstość na powierzchni, a w miarę zbliżenia się do środka odlewu gęstość maleje. W samym środku odlewu gęstość nieznacznie wzrasta. Taki rozkład ciężaru właściwego na przekroju poprzecznym odlewu świadczy o istnieniu w osnowie metalicznej struktury dwufazowej, a to powoduje powstanie porowatości. Wiadomo bowiem, że porowatość osnowy metalicznej wzrasta wraz ze wzrostem stref dwufazowych odlewu. Wynika stąd, że dobór odpowiedniego składu chemicznego żeliwa pozwala uzyskać odlewy bez porowatości i o wyższych własnościach mechanicznych.

Porównując krzywe przedstawione na rys. 2 można ogólnie stwierdzić, że porowatość w odlewach staliwnych wzrasta począwszy od powierzchni i jest największa w środku. Porowatość ta w odlewach stalinowych wzrasta znacznie szybciej niż w odlewach żeliwnych. Znaczne różnice w średnim ciężarze właściwym stopów tłumaczyć należy różnicą struktur osnowy metalicznej.

3. Jamy i rzadzizny skurczowe w odlewach z żeliwa szarego

Jamy i rzadzizny tworzą się w okresie krzepnięcia stopu i związane są ze zmianami wielkości skurczu. Na ogół skurcz ciekłego metalu wewnątrz odlewu jest większy niż skurcz metalu stałego na powierzchni odlewu.

Objętość tak powstałej jamy skurczowej wyrazić można wzorem [1]:

$$V_J = \varepsilon_{V_w} - \varepsilon_{V_z}, \quad (6)$$

gdzie:

ε_{V_z} jest skurcz objętościowy zewnętrznych gabarytów odlewu podczas krzepnięcia,

ε_{V_w} skurcz objętościowy wewnętrznych części odlewu podczas krzepnięcia

Wzór (6) można przedstawić także w postaci:

$$V_J = (\varepsilon_{V_c} + \varepsilon_{V_k} + \varepsilon_{V_s}) - \varepsilon_{V_z} \quad (7)$$

lub

$$V_J = (\varepsilon_{V_c} + \varepsilon_{V_k}) - 0,5 \varepsilon_{V_z} \quad (8)$$

Rozpatrując skurcz fizyczny nie można pominąć wpływu czynników strukturalnych, technologicznych i metalurgicznych. Wśród czynników strukturalnych najważniejszym jest grafityzacja podczas krzepnięcia i w stanie stałym oraz związana z nią rozszerzalność odlewu (1% wydzielonego grafitu zwiększa objętość metalu o 2,0-2,4%) [2].

Jako czynniki technologiczne trzeba wymienić hamowanie swobodnego skurczu przez formę, rdzenie, elementy odlewu i osprzętu formierskiego. Te same czynniki hamują rozszerzalność przedskurczową odlewu.

Wśród czynników metalurgicznych niewątpliwie najważniejszymi są: wydzielanie gazów z odlewu oraz hamowanie zasilania przez część wydzielonego grafitu, w kierunku rosnących dendrytów:

Uwzględniając wymienione czynniki napiszemy wzór na objętość jamy skurczowej:

$$V_j = (\varepsilon_{V_c} - \Delta \varepsilon_c) + (\varepsilon_{V_k} - \varepsilon \Delta_k) - 0,5 (\varepsilon_{V_z} + \varepsilon \Delta_s) \quad (9)$$

gdzie:

- $\varepsilon \Delta_c$ - wzrost objętości ciekłego metalu przez grafityzację i wydzielanie gazów,
- $\varepsilon \Delta_k$ - wzrost objętości odlewu przez grafityzację i wydzielanie gazów,
- $\varepsilon \Delta_s$ - zmiana wymiarów zewnętrznych odlewu w zakresie temperatur krzepnięcia, spowodowana czynnikami technologicznymi.

Żeliwo szare w ostatnich latach coraz częściej zalewane jest do kokili, do form półtrwałych o dużej wytrzymałości, do form z mas szybkowiązających, utwardzanych sposobem chemicznym itd.

Jednak znaczna część odlewów nadal wykonywana jest w formach piaskowych zwykłych (wilgotnych lub suchych).

Specyfika zjawisk skurczowych żeliwa szarego w formach podatnych (formy piaskowe) i niepodatnych (kokila) jest różna. Na rys. 3 przedstawiono 3 etapy krzepnięcia i stygnięcia odlewu w formach podatnych i niepodatnych.

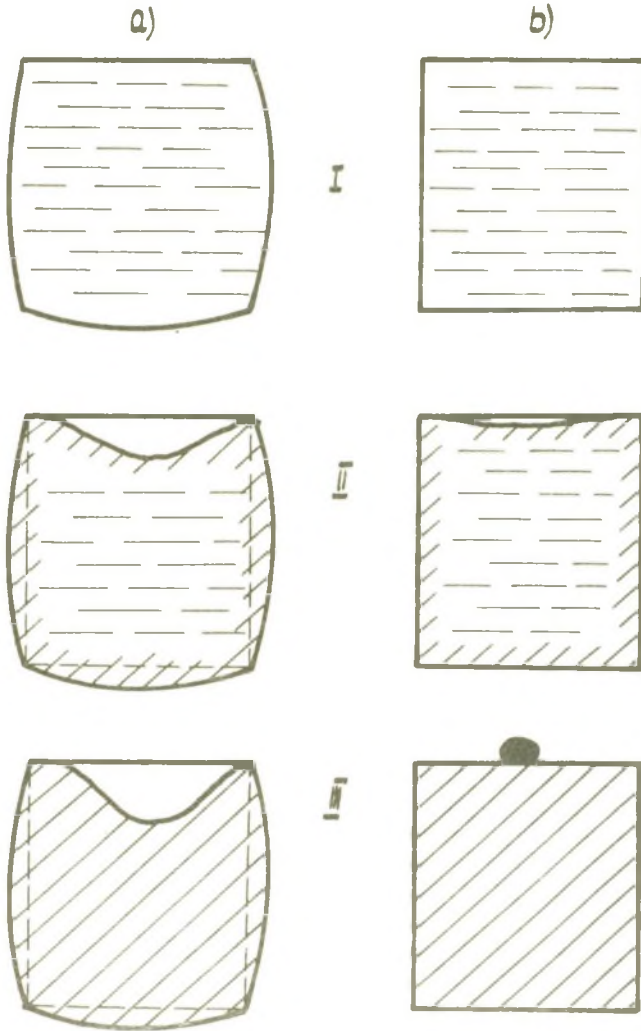
W etapie pierwszym po zapełnieniu formy podatnej ciekłym metalem następuje jej odkształcenie pod wpływem ciśnienia metalostatycznego. Wskutek odkształceń obniża się poziom ciekłego metalu. Ponadto wskutek skurczu metalu następuje dalsze obniżenie się poziomu ciekłego metalu, który może być uzupełniony przez układ wlewowy.

W formie niepodatnej obniżenie poziomu możliwe jest tylko wskutek skurczu metalu.

W etapie drugim tworzy się zakrzepła warstwa o niewielkiej wytrzymałości, która nie jest w stanie przenieść bez odkształceń ciśnienia atmosferycznego oraz rozszerzalności odlewu wskutek grafityzacji. Ubytek metalu wskutek zjawisk skurczowych kompensuje częściowo grafityzacja. W formach niepodatnych, gdzie nie istnieje odkształcona zakrzepła warstwa, ewentualny ubytek ciekłego metalu wskutek zjawisk skurczowych jest skompensowany przez grafityzację.

Ponadto w formach niepodatnych (kokilach) możliwy jest szybszy przyrost zakrzepłej warstwy, która posiada wyższą wytrzymałość.

W etapie trzecim żeliwo krzepnie na całym przekroju. W wyniku grafityzacji, wydzielenia gazów i naprężeń wewnętrznych, powodujących powstawanie sił wewnętrznych, obserwuje się deformacje szczególnie w warstwach podpowierzchniowych odlewu. W formie podatnej siły te działają we wszystkich kierunkach, powodując zarówno zwiększenie gabarytów odlewu, a tym samym



Rys. 3. Schemat trzech etapów powstawania jam skurczowych w formie podatnej (a) i "rośnięcia" w formie niepodatnej (b) [1]

objętości jam skurczowych, jak i zmniejszenie objętości jam i por.

W formie niepodatnej siły te, wskutek sztywności formy, całkowicie skierowane są ku środkowi odlewu, tak że wypychają ciekły metal ku środkowi, a nawet ku górze odlewu. Obserwuje się charakterystyczne "rośnięcie" metalu na powierzchni zbiornika wlewowego w postaci kulistych kropeł.

Z analizy krzepnięcia żeliwa szarego w formie podanej i niepodatnej widać, że forma niepodatna nie wymaga stosowania nadlewów nawet w odlewach grubościennych.

Do form niepodatnych zaliczamy, oprócz form metalowych, również niektóre formy suszone, utwardzane chemicznie i termicznie, itp.

4. Zasilanie odlewów w formach podatnych przy pomocy nadlewów krawędziowych

Pomimo, że skurcz żeliw szarych i sferoidalnych jest niewielki w porównaniu ze staliwem, to jednak walka z jego skutkami, czyli z jamami skurczowymi i rzadziznami, jest trudna. Objętość jamy skurczowej w formach podatnych wynosi od 2 do 3,5% objętości odlewu.

W formach niepodatnych, metalowych odpowiednio $0 \pm 0,2\%$, zaś w formach innych niepodatnych $0,1 \pm 0,8\%$.

Z uwagi na niewielki skurcz żeliw szarych oraz sferoidalnych, w formach metalowych nie stosujemy dodatkowego zasilania. Natomiast w formach podatnych i częściowo niepodatnych takie zasilanie jest niezbędne.

Przy stosowaniu nadlewów dla form podatnych obowiązuje zasada (podobna jak w odlewnictwie staliwa), iż nadlew musi krzepnąć dłużej, lub co najmniej tak długo, jak zasilany odlew lub

węzeł cieplny. Mimo to nadlew żeliwny może mieć mniejszą objętość, niż przy zasilaniu innych stopów.

Uzasadnienia tej reguły należy szukać w specyfice ułożenia nadlewu względem odlewu oraz w mechanizmie krzepnięcia żeliw. Warunkiem dobrego działania nadlewu jest wyższa o 40-80°C temperatura ciekłego metalu w nadlewie od temperatury ciekłego metalu w zasilanym węźle.

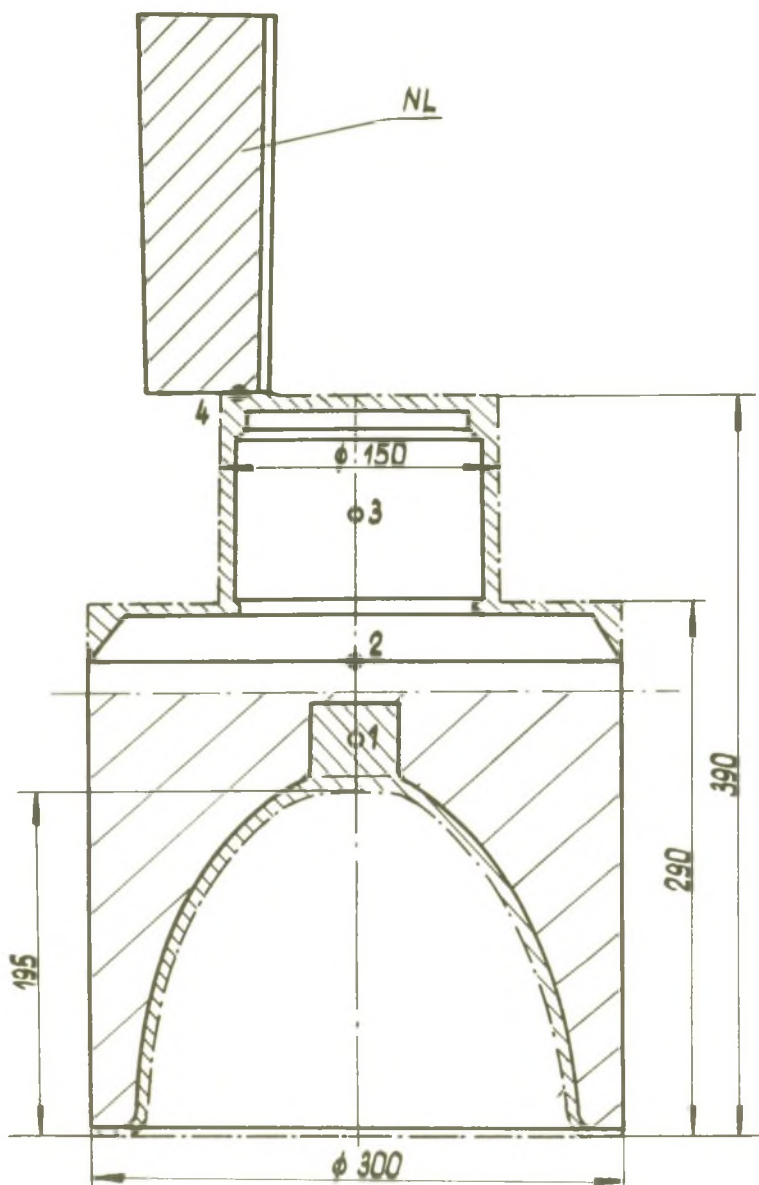
Warunek ten można zrealizować tylko przez dolewanie metalu świeżego do nadlewu. Ponadto, ażeby urzeczywistnić zasadę skuteczności działania mniejszego nadlewu, należy zmniejszyć powierzchnię zetknięcia się nadlewu z odlewem. Efektem tego zabiegu jest "krawędziowe" stykanie się nadlewu z odlewem.

W myśl omówionych wyżej praw krzepnięcia żeliwa szarego wiadomo, że w początkowym okresie krzepnięcia, kiedy przeważa ilościowo faza ciekła, występuje największy ubytek ciekłego metalu i to zarówno w wyniku skurczu, jak i w wyniku zasilania. W późniejszych fazach krzepnięcia występują zjawiska powiększające objętość metalu, a więc kompensujące skurcz odlewu.

Tak więc zastosowanie nadlewu krawędziowego o małej powierzchni zetknięcia z odlewem, odizolowanego cieplnie od odlewu, pozwoli utrzymać niezbędną różnicę temperatur między odlewem a nadlewem, a jednocześnie pozwoli zasilić węzeł cieplny w okresie krzepnięcia odlewu.

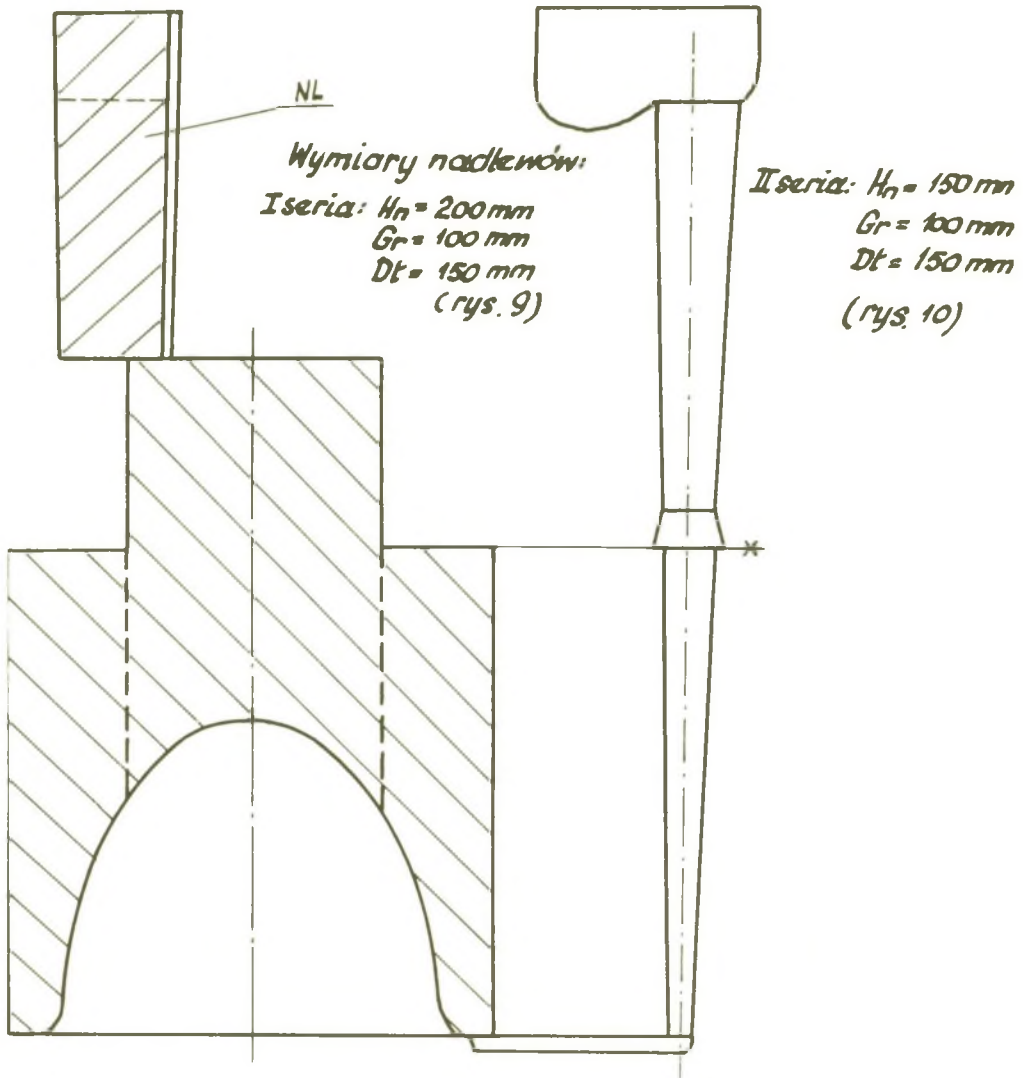
Zasilanie metalem węzła cieplnego przez krawędź stykania się nadlewu z odlewem o szerokości od 20-30 mm może budzić pewne wątpliwości, szczególnie jeśli idzie o możliwość przedwczesnego jej zakrzepnięcia.

Ponadto w praktyce odlewniczej poddaje się w wątpliwość możliwość realizacji krzepnięcia kierunkowego pomiędzy odlewem a nadlewem przy zasilaniu nadlewem krawędziowym.

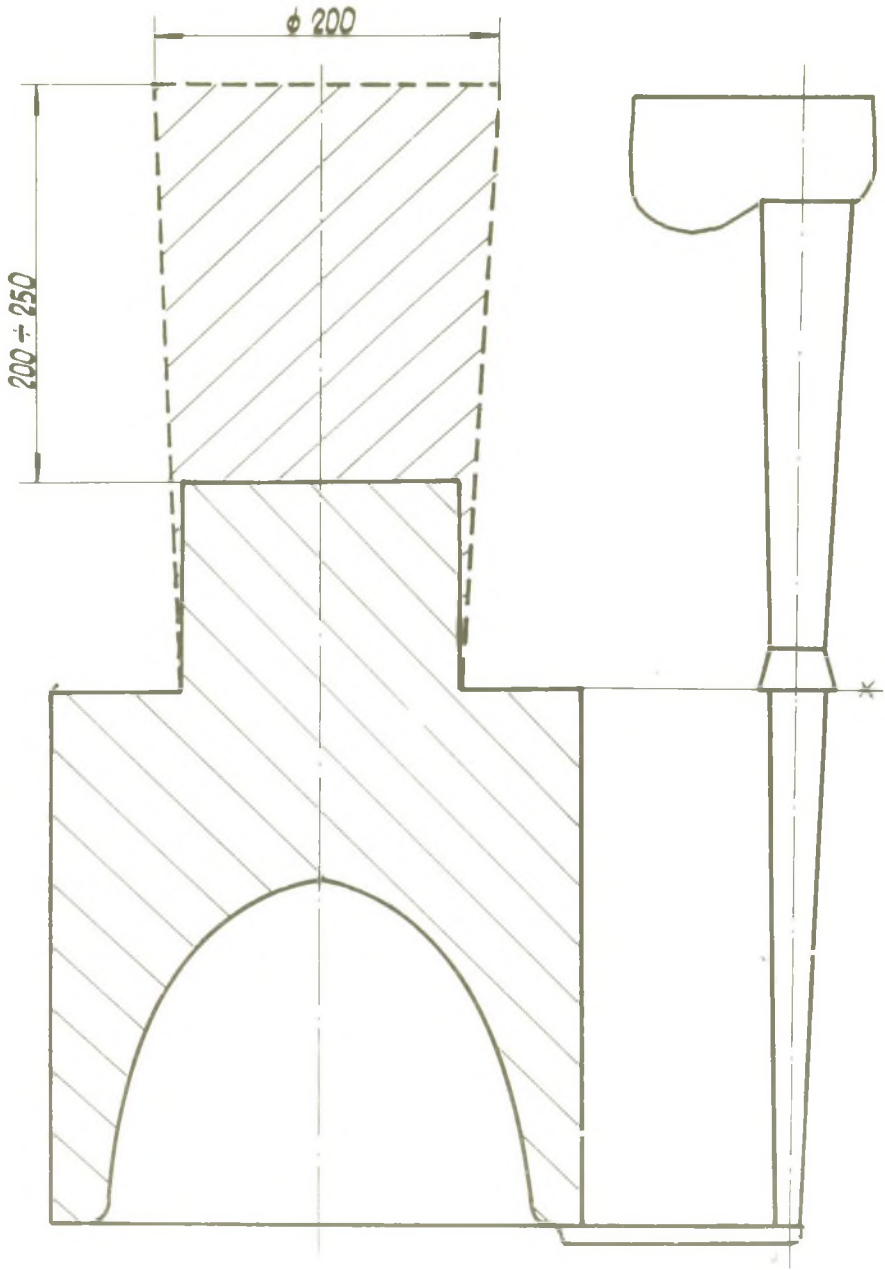


Rys. 4. Surowy odlew stępora

1, 2, 3 - punkty pomiaru temperatur w odlewie, 4 - punkt pomiaru temperatury na "krawędzi"



Rys. 5. Schemat sposobu doprowadzenia metalu i zasilania nadlewem krawędziowym



Rys. 6. Wymiary i usytuowanie nadlewu tradycyjnego



Rys. 7. Wymiary i usytuowanie nadlewu krawędziowego

Dla wyjaśnienia tych wątpliwości oraz dla ustalenia właściwej szerokości krawędzi na podstawie jej czasu krzepnięcia w porównaniu z czasem krzepnięcia zasilanego wężła ciepłego, przeprowadzono pomiary temperatur w badanych odlewach i na krawędzi.

Na rys. 4 przedstawiono surowy odlew stępora wykonany z żeliwa sferoidalnego, perlitycznego klasy ZsP45 o ciężarze 130 kg. Na rysunku oznaczono także miejsca pomiaru temperatur. Zalewanie stępora w pozycji pokazanej na rys. 5. podyktowane było koniecznością uzyskania zdrowej powierzchni eliptycznej, która jest powierzchnią pracującą.

Do zasilania nadlewem krawędziowym wydzielono węzeł ciepły o średnicy ϕ 150 mm i wysokości około 220 mm.

Ten sam odlew w pierwotnej wersji zasilania posiadał nadlew umieszczony centralnie, zasilający odlew w sposób identyczny, jak w odlewnictwie staliwa.

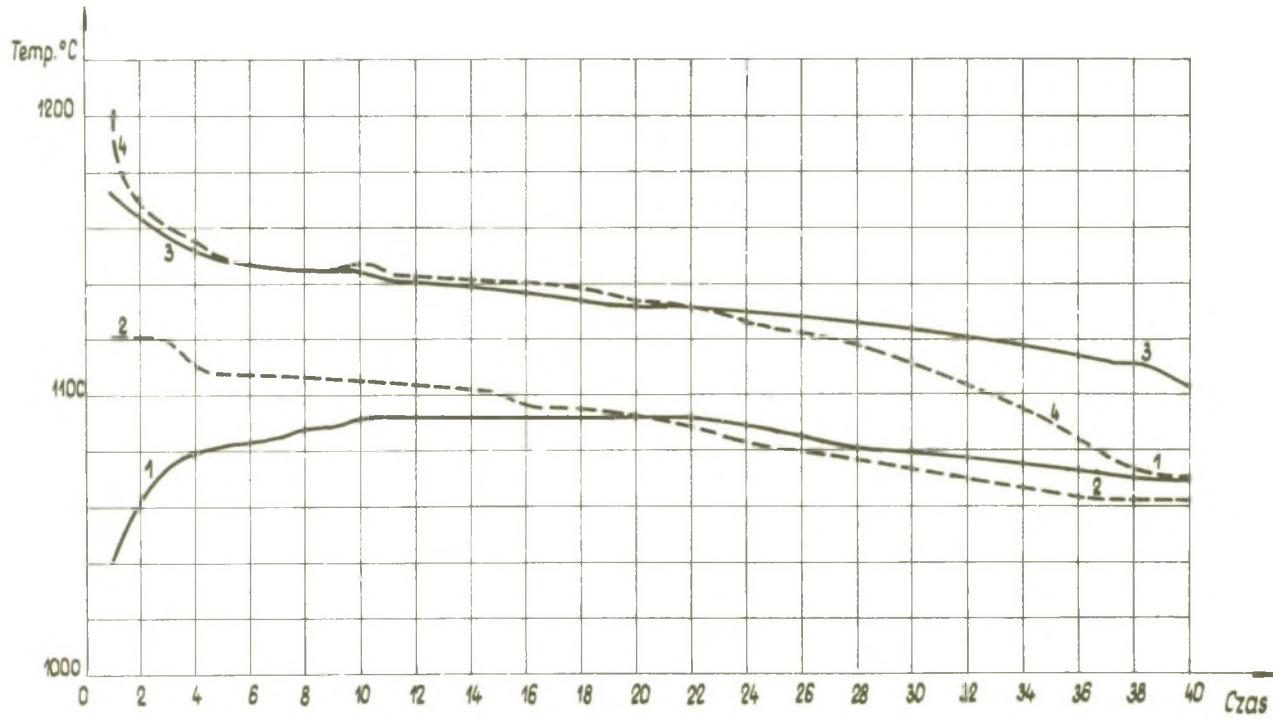
Wymiary nadlewu tradycyjnego i krawędziowego oraz położenie odlewu w formie pokazano na rys. 6 i 7. Kształt i wymiary nadlewu krawędziowego obliczono metodą ekonomicznego uzysku, wychodząc z wzajemnych stosunków sprowadzonych grubością ścianek nadlewu i węzła ciepłego [5].

Na rys. 8 zestawiono wyniki pomiarów temperatur przy 25 mm szerokości krawędzi zetknięcia się nadlewu z odlewem. Formę zalewano przez układ wlewowy (rys. 5), a z chwilą osiągnięcia przez ciekły metal dna nadlewu przerywano zalewanie i dolewano ciekły metal z tej samej kadzi do nadlewu. Temperatura zalewania, mierzona na strudze wypływającej z kadzi, wynosiła od 1320–1360°C. Podobne pomiary dla tego samego kształtu odlewu z żeliwa sferoidalnego wykonano przy szerokości krawędzi 20 i 30 mm.

Na rys. 8 widać wyraźny gradient temperatur pomiędzy punktami pomiaru 1, 2 a 3 i 4. Termopara 1 umieszczona blisko masy formierskiej wskazuje temperaturę zakrzepłej już warstwy. Podobne wskazania przedstawia termopara 2. Obie termopary wskazują zbyt niskie temperatury metalu z uwagi na jego znaczne ostudzenie w czasie przepływu przez układ wlewowy i wnękę formy.

Ostatnie krople ciekłego metalu krzepną pomiędzy 16 a 18 minutą, licząc od chwili wplynięcia ciekłego metalu do układu wlewowego. Dzięki dolewaniu metalu do nadlewu i zasilaniu odlewu, w punkcie 3 utrzymuje się wysoka temperatura ciekłego metalu, a temperatura krawędzi jest nawet nieco wyższa od temperatury w punkcie 3. A zatem zasilanie przez wąską krawędź jest możliwe i skuteczne.

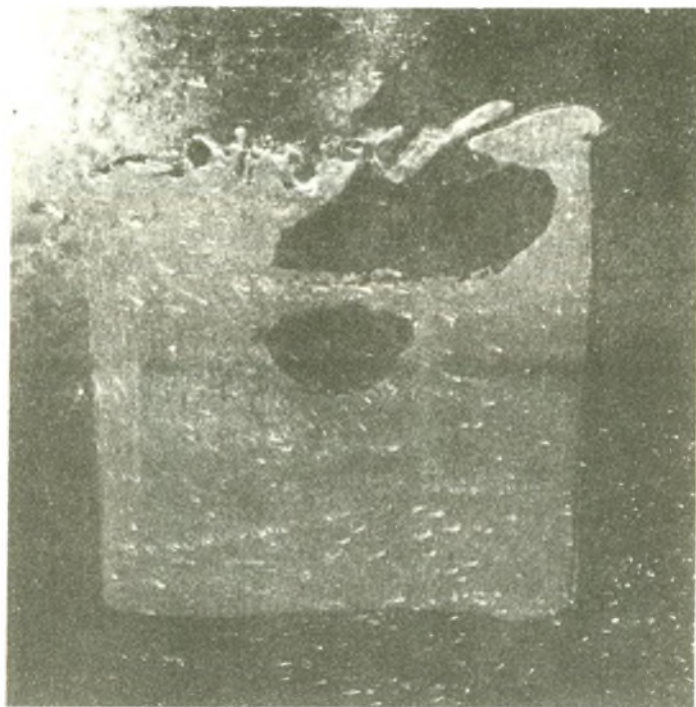
Przy badaniach krawędzi o szerokości 20 mm stwierdzono, że metal krzepnie tu nieco szybciej, niż metal w punkcie 3.



Rys. 8. Wykres zmian temperatur w zasilanym odlewie (1, 2, 3) oraz na granicy odlew - nadlew (4)

Krawędź szerokości 30 mm daje wyniki bardzo zbliżone do przedstawionych na rys. 8.

W wyriku przeprowadzonych pomiarów i badań różnych wielkości nadlewów stwierdzono, że przy dolewaniu gorącego metalu do



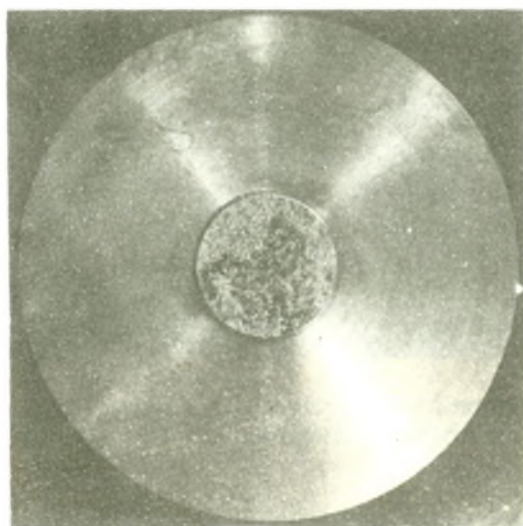
Rys. 9. Nadlew krawędziowy stosowany dla odlewu przy różnicy temperatur pomiędzy metalem nadlewu a odlewu równej $60 \pm 80^{\circ}\text{C}$

nadlewu, gdy różnica temperatur metalu w nadlewie i odlewie wynosi ok $60 \pm 80^{\circ}\text{C}$, można stosować mniejszy nadlew (rys. 9). Gdy różnica temperatur wynosiła $40 \pm 50^{\circ}\text{C}$ należało zwiększyć objętość nadlewu (rys. 10).

Badania nad skutecznością nadlewów, przedstawionych na rys. 9, sprawdzono na serii 30 sztuk odlewów, przy zachowaniu podobnych warunków zalewania.



Rys. 10. Nadlew krawędziowy stosowany dla odlewu przy różnicy temperatur metalu w nadlewie i odlewie w granicach $40 \div 50^{\circ}\text{C}$



Rys. 11. Rzadziły skurczowe powstające w odlewie w miejscu usytuowania termopary 2, przy stosowaniu nadlewu tradycyjnego przedstawionego na rys. 6

Z każdej partii 10 sztuk wykonywano losowo przecięcie wzdłuż osi głównej odlewu, nie stwierdzając wad pochodzenia skurczowego, które bardzo często występowały przy stosowaniu nadlewu tradycyjnego (rys. 11).

Badania nad technologią nadlewów krawędziowych nie są jeszcze zakończone. Osobnego potraktowania wymaga jeszcze sposób łatwego obliczenia ekonomicznych kształtów nadlewów krawędziowych. Zagadnienie to będzie przedmiotem oddzielnego opracowania.

5. Wnioski

1. Na podstawie badań nad skurczem żeliwa szarego i sferoidalnego należy stwierdzić, że jego wartość w obu gatunkach żeliwa jest podobna. Pomimo tego skłonność żeliwa sferoidalnego do tworzenia jam skurczowych i rzadzisz jest znacznie większa niż w przypadku żeliwa szarego.

2. Pomiar temperatur w układzie odlew - nadlew wskazują, że ze względu na skuteczność zasilania odlewu przez nadlew, niezbędna szerokość krawędzi stykania się odlewu z nadlewem powinna wynosić $25 \div 30$ mm.

Dla żeliwa, szarego z uwagi na mniejszy wpływ zjawisk powierzchniowych, szerokość krawędzi może wynosić 20 mm.

3. Pomiar temperatur w węźle cieplnym i na krawędzi wykazują, że dla żeliwa sferoidalnego różnica temperatur metalu w nadlewie i węźle cieplnym powinna być większa niż w przypadku zalewania żeliwem szarym (50°C) i powinna wynosić co najmniej 80°C . Uzyskuje się to przez dolewanie gorącego metalu do nadlewu.

LITERATURA

- [1] Giršovič N.G.: Wlijanije form na usadočnyje poroki i točnosť čugunnych otliwok, Lit.Pr. Nr 47 1965.
- [2] Chabowski W. Pieniężak: Zastosowanie nadlewów krawędziowych do odlewów z żeliwa szarego. Prace I.O. nr 3, Kraków 1966.
- [3] Praca zbiorowa: Zatwierdżwanie metalłow, Metalurgizdat, Moskwa 1958.
- [4] Kniaginina G.: Odlewnictwo staliwa. PWT, Warszawa 1956.
- [5] Gawroński J.: Zjawiska skurczowe w odlewach z żeliwa szarego, Wybrane Zagadnienia z Odlewnictwa, część II Gliwice 1968 r. Wyd. Katedra Odlewnictwa Pol.Śl. STOP - Gliwice.

УСАДОЧНЫЕ ЭФФЕКТЫ В ЧУГУННЫХ ОТЛИВКАХ

Р а з з м е

Описаны исследования по усадке серого и сфероидального чугунов, эффективность питания отливок сфероидального чугуна краевыми прибылями и результаты исследований по необходимой ширине плоскости соприкосновения прибыли и отливки. На основании измерения температур обсуждено механизм питания отливки краевой (ребровой) прибылью.

SHRINKING PHENOMENA IN CAST - IRON BLANKS

S u m m a r y

Researches about the shrinking of gray and spheroidal cast - iron have been described so as the efficiency of feeding blanks by border dead heads and the results of researches about the indispensable border butt breadth of dead heads and blank.

The mechanism of feeding the blank by the border dead head has been described on the base of temperature measurements.