

Jadwiga Kidawa-Kukła

BADANIA DOŚWIADCZALNE SZCELINY SKURCZOWEJ  
TWORZĄCEJ SIĘ MIĘDZY KOKILĄ A ODLEWEM  
O PRZEKROJU KWADRATOWYM

Wstęp

Modele powstawania szczeliny skurczowej budowane są na ogół dla dwóch odrębnych przypadków. Pierwszy dotyczy odlewów bądź wlewków okrągłych, drugi odlewów i wlewków wielościennych, przeważnie o przekroju kwadratowym i prostokątnym.

W przypadku odlewów o przekroju kwadratowym lub prostokątnym szczelina powstaje od naroży odlewu i rozwija się stopniowo do środka boków. Taki sposób tworzenia się szczeliny wskazuje na istotną rolę zginania. Układami modelującymi odlew i kokilę są najczęściej pręty, rzadziej płyty, których współdziałanie formułowane jest jednak w znacznym uproszczeniu [1, 3, 4, 5].

W pracy [2] rozważania dotyczące analizy zjawisk związanych z pojawieniem się szczeliny skurczowej przeprowadzono dla układu odlew i kokila, którego przekroje poprzeczne mają kształt wielokąta foremnego. Zagadnienie sformulowano na podstawie rozważań termomechaniki krzepnięcia, w których oddziaływania między odlewem i formą odlewniczą otrzymuje się w rezultacie ogólnie sformułowanych warunków, ujmujących więzy jednostronne - więzy styku ciał. Układ odlew-kokila jest modelowany ramami zamkniętymi, z których zewnętrzna stanowi kokilę, a wewnętrzna narastająca w czasie stanowi odlew. Odlew i kokila mogą oddziaływać na siebie bądź przemieszczać się tworząc szczelinę. Szczeli-

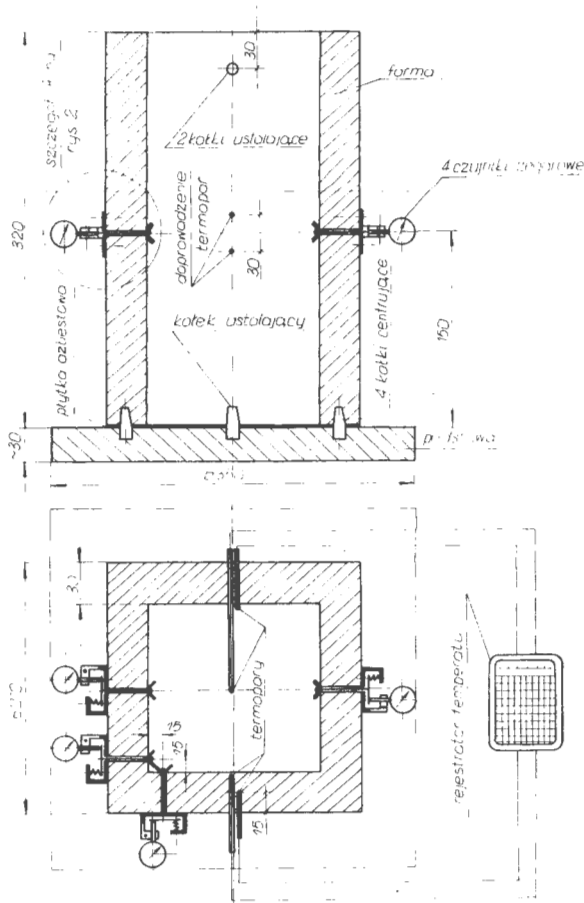
nę otrzymuje się jako wynik zanikania oddziaływań. W rozważanym modelu w odróżnieniu od całej złożoności zjawiska w sposób przybliżony przyjęto, że materiał odlewu i kokili jest sprężysty oraz że efekty zmian temperatury i oddziaływań po wysokości odlewu i kokili są nieznaczne. Te dwa względy były zasadniczo powodem odniesienia rezultatów obliczeń do rezultatów doświadczeń.

### 1. Stanowisko badawcze

Badania doświadczalne wykonano w odlewni Zakładu Odlewnictwa Politechniki Częstochowskiej. Do badań użyto stopu AK12 w postaci gąsek. Wsad przetopiono w piecu elektrycznym oporowym. Masa wsadu wynosiła 200 kg, maksymalna temperatura ciekłego metalu wynosiła 883 K.

Schemat układu pomiarowego pokazano na rys. 1. Kokilę o przekroju kwadratowym wykonano z płyt stalowych St3 połączonych w sposób trwały. Podczas zalewania ciekłym metalem kokilę umieszczono na płycie stalowej pokrytej azbestem. W górnej części kokili wmontowano kolki ustalające, aby przeciwdziałać przechylaniu się odlewu względem kokili podczas krzepnięcia i stygnięcia odlewu. Schemat przyrządu do pomiaru wielkości szczyłiny skurczowej przedstawiono na rys. 2. Trzpień (2) mogący przesuwać się w oprawie (1) i kokili podtrzymuje tarczę (6). Dokładne przyleganie tarczy do trzpienia uzyskuje się przez odpowiednie naciągnięcie drucika (3) i utrzymywanie go w napięciu przez wkręt. W momencie zalewania kokili ciekłym metalem przyleganie tarczy (6) do wewnętrznej ścianki kokili uzyskuje się przez odpowiednią regulację wkrętem (5). Po zalaniu wkręt (5) zostaje zwolniony i tarcza (6) wtapiając się w krzepnący odlew przesuwają się razem z trzpieniem zgodnie z przemieszczeniem odlewu. Przemieszczenie to jest rejestrowane czujnikiem zegarowym (4), którego końcówka oparta jest o trzpień (2). Przy wybijaniu zakrzepłego odlewu zwalnia się drucik (3). Drucik i trzpień są wykonane z tego samego materiału. Czujniki rozmieszczono z obu stron kokili w połowie szerokości boku i w odległości 45 mm od naroża kokili (rys. 1).

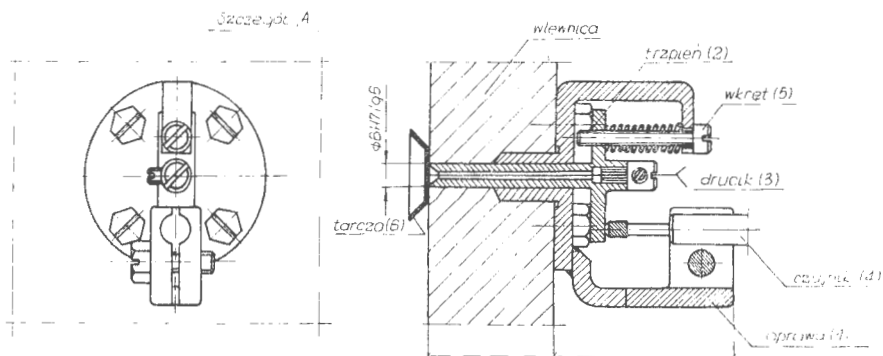
Wewnętrzne powierzchnie kokili pokrywano jednym gatunkiem pokrycia (tlenek cynku, szkło wodne, woda). Pokrycie наносzono na każdą



Rys. 1. Schemat układu pomiarowego odlew-kokila

powierzchnię kokili podgrzanej do  $223\text{ K}$ . Grubość warstwy pokrycia mierzono za pomocą warstwowierza-ultrametru, typu A-52 produkcji Instytutu Mechaniki Precyzyjnej w Warszawie.

Dokonano również pomiaru temperatury w dwóch punktach przekroju poprzecznego kokili; w odległości  $15\text{ mm}$  od powierzchni zewnętrznej kokili i  $5\text{ mm}$  od powierzchni wewnętrznej kokili oraz w dwóch punktach przekroju poprzecznego odlewu; w środku odlewu i  $7\text{ mm}$  od powierzchni styku odlewu z kokilą. Do pomiaru temperatur stosowano termopary



Rys. 2.

Rys. 2. Schemat przyrządu do pomiaru wielkości szczeliny skurczowej Ni-Cr-Ni. Osłony termoelementów stanowiły rurki ceramiczne jednocierne. Na rys. 1 pokazano miejsca pomiaru temperatur. Dostęp do punktów pomiarowych zapewniały otwory o średnicy  $\phi 6$  wywiercone prostopadle do osi kokili. Temperatury rejestrowano za pomocą rejestratora firmy VEI3 Messgeratewerk klasy 0,25/0,1 przy posuwie taśmy 1200 mm/h, o częstotliwości rejestratora co 3 s.

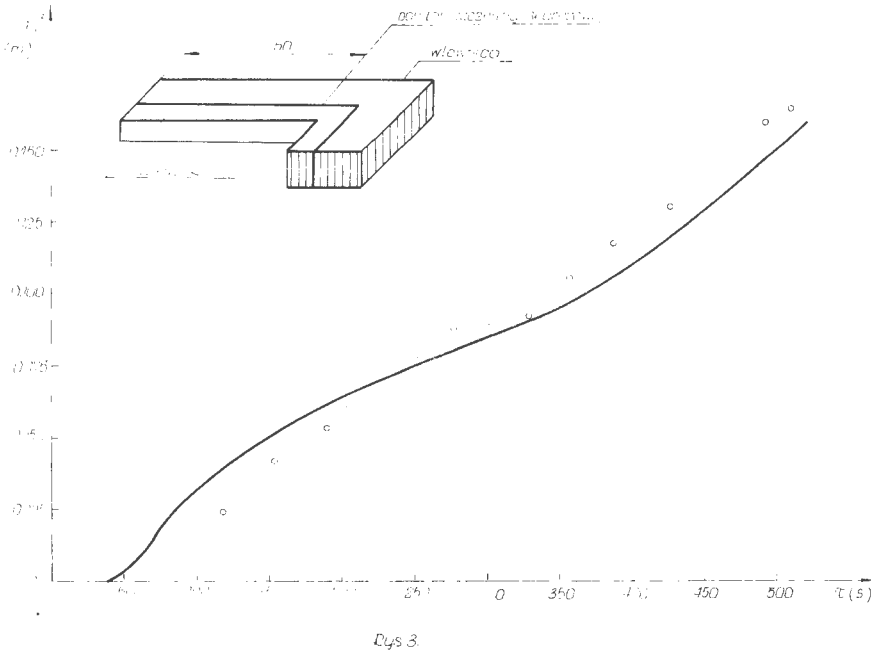
## 2. Wyniki badań. Weryfikacja modelu

Dane do obliczeń zestawiono w tab. 1. Grubość pokrycia izolacyjnego była równa  $X_p = 0,30$  mm.

Tabela 1

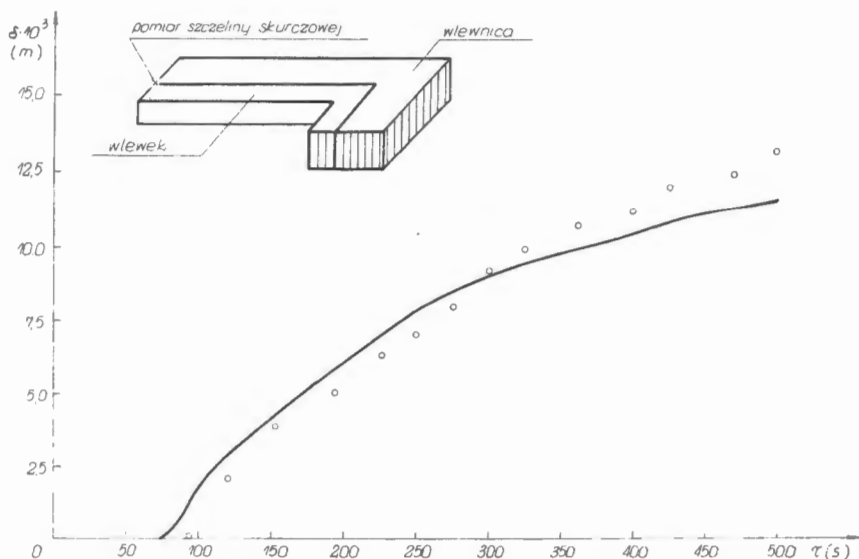
Forma odlewnicza 1 Odlew (faza ciekła) 2 Odlew (faza stała) 3	Oznaczenia	Wartość	Wymiar
1	2	3	4
1	$\lambda$	50	$\frac{W}{mK}$
2		125	
3		170	
1	$\rho$	7800	$\frac{kg}{m^3}$
2		2600	
3		2700	
1	C	510	$\frac{J}{kgK}$
2		1290	
3		1090	

1	2	3	4
$l$	390 000		J/kg
$T_{pocz.}$	298		K
$T_{2zal.}$	883		K
$E_1$	$2 \cdot 10^5$		$\frac{MN}{m^2}$
$E_3$	$8 \cdot 10^3$		$\frac{m}{m^2}$
$\alpha_1$	$1,26 \cdot 10^{-5}$		$\frac{1}{K}$
$\alpha_3$	$2,0 \cdot 10^{-5}$		$\frac{1}{K}$
$\beta = \frac{\lambda_p}{X_p}$	1000		$\frac{W}{m^2 K}$
$T_{ot.}$	288		K
$T_{kr.}$	850		K



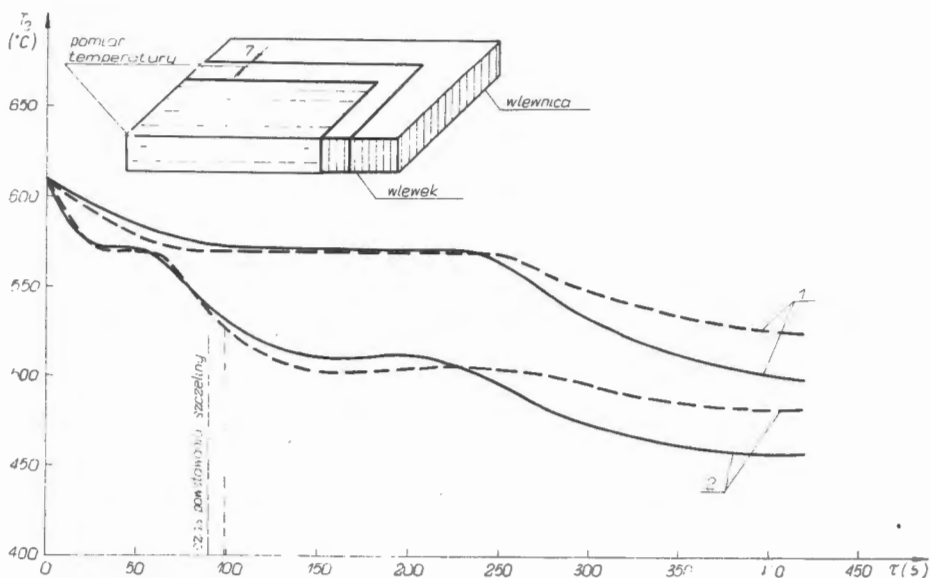
Rys. 3. Zmiana wielkości szczeliny skurczowej w odległości 60 mm od osi symetrii układu

Na rysunkach 3-6 porównano wielkości zmierzone i obliczone. Rysunek 3 obrazuje zmianę wielkości szczeliny skurczowej w odległości 60 mm



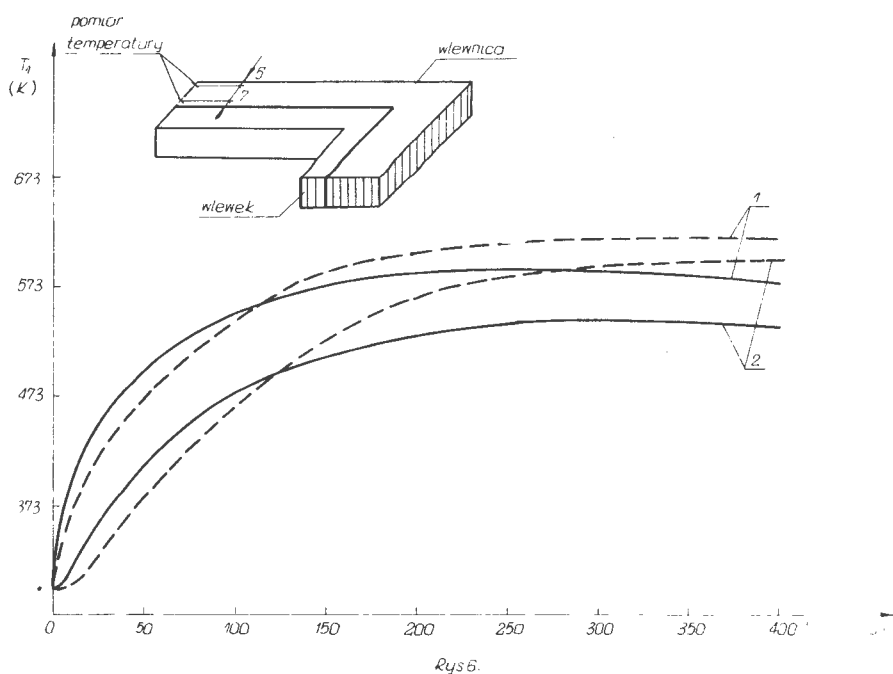
Rys. 4

Rys. 4. Zmiana wielkości szczeliny skurczowej w osi symetrii układu



Rys. 5.

Rys. 5. Zmiana temperatury w środku odlewu (1) i w odległości 7 mm od powierzchni styku odlewu i kokili (2); linia ciągła - wyniki otrzymane z obliczeń; linia przerywana - wyniki otrzymane z pomiarów



Rys. 6. Zmiana temperatury kokili w odległości 5 mm od powierzchni styku odlewu i kokili (1) i w odległości 15 mm od powierzchni zewnętrznej kokili (2); linia ciągła - wyniki otrzymane z obliczeń; linia przerywana - wyniki otrzymane z pomiarów

od osi symetrii układu, natomiast rys. 4 przedstawia zmianę wielkości szczeliny skurczowej w osi symetrii układu. Linią ciągłą zaznaczono przebiegi obliczone, natomiast punktami zaznaczono wartości otrzymane z pomiarów. Odpowiadające przebiegi wykazują niewielkie różnice.

Na rys. 5 przedstawiono zmianę temperatury w środku odlewu (rys. 5<sub>1</sub>) i zmianę temperatury w odległości 7 mm od powierzchni styku odlewu i kokili (rys. 5<sub>2</sub>) (linią ciągłą zaznaczono przebiegi obliczone, linią przerywaną - otrzymane z pomiarów).

Rysunek 6 przedstawia zmianę temperatury kokili. Krzywe 1 obrazują zmianę temperatury kokili w odległości 5 mm od powierzchni styku odlewu i kokili, natomiast krzywe 2 przedstawiają zmianę temperatury kokili w odległości 15 mm od powierzchni zewnętrznej kokili. Maksymalne różnice między temperaturami obliczonymi i pomierzonymi sięgają około 100 K. Przypuszcza się, że różnice między odpowiadającymi wielkościami pomie-

rzonymi i obliczonymi mogą być spowodowane przyjęciem do obliczeń stałego współczynnika przewodzenia ciepła  $\lambda$  (niezależnego od temperatury) materiału odlewu.

#### Literatura

1. W. Kapturkiewicz, Powstanie szczeliny w procesie wymiany ciepła pomiędzy wlewką a wlewnicą, Zeszyty Naukowe AGH. Zeszyt specjalny, 29, Kraków 1972.
2. J. Kidawa-Kukła, Praca doktorska 1983; nie publikowana.
3. F. Oeters, K. Sardemann, Mechanismus der Spaltbildung zwischen Block und Kokille bei Block und Strangguss, Archiv Eisenhüttenwesen, 45, 11 (1974).
4. J. Savage, A theory of heat transfer and air gap formation in continuous casting moulds, Journal of the Iron and Steel (1961).
5. W.S. Seriebro, Ob obrazovanii zazora meždu otlivkoj i metalliczeskoj formoj, Litiejnoe proizvodstvo, 11 (1965).