

RDZENIE ODLEWNICZE UTWARDZANE W MIKROFALACH

Mikrofałe wykorzystano do utwardzania rdzeni odlewniczych z piasku kwarcowego i żywic termoutwardzalnych. Do badań parametrów utwardzania wybrano jeden z rdzeni wykonywanych w Odlewni URSUS w Lublinie. Opracowano i zbadano komorę mikrofalową o określonej strukturze mikrofalowej oraz dielektryczną rdzennicę dla konkretnego rdzenia. Zastąpienie wykonania rdzenia w metalowej rdzennicy ogrzewanej metodami konwencjonalnymi wykonaniem go w rdzennicy dielektrycznej i utwardzaniem w mikrofalach dwukrotnie obniża temperaturę utwardzania oraz kilkakrotnie obniża zużycie energii cieplnej. Proces utwardzania rdzenia w mikrofalach można zmechanizować i zautomatyzować.

CASTING CORES HARDENED IN THE MICROWAVES

Microwaves were applied for hardening of casting cores from quartz sand and thermosetting resins. Parameters of hardening on the chosen core of URSUS Foundry were investigated. Special microwave chamber characterised by determined microwave characteristics and dielectric core box were designed and made. Application of core in the core box from dielectric material and hardened in the microwaves in comparison with the conventional core in the metal core box conventionally heated, caused significant lowering of hardening temperature and lowering of electrical energy consumption several times. Hardening process of core in the microwaves can be mechanised and automated.

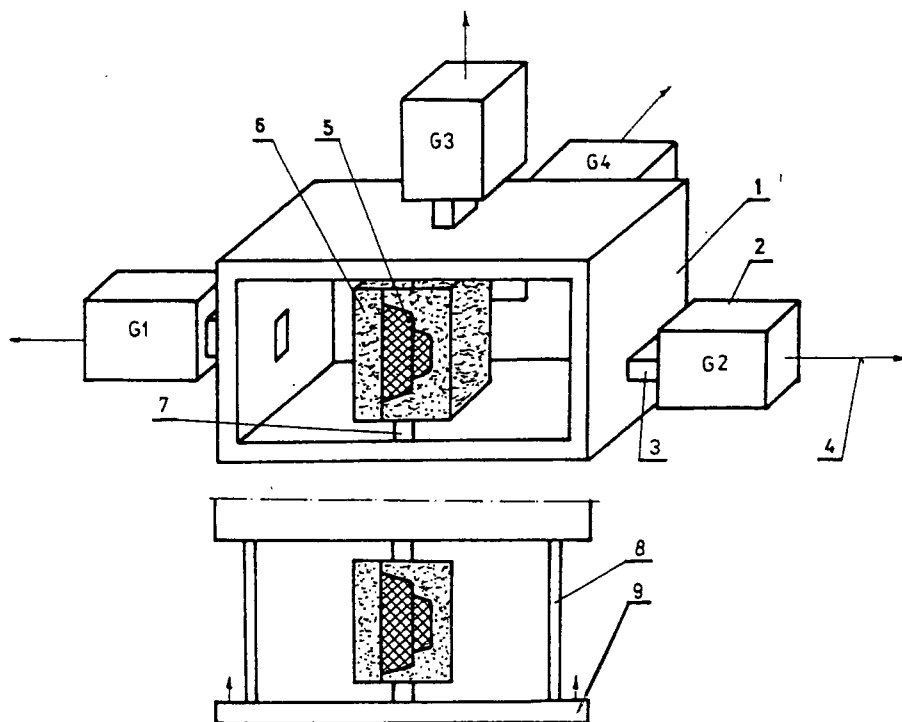
1. WPROWADZENIE

Bazując na wynikach prac uzyskanych w poprzednich badaniach [3,4], opracowana została koncepcja techniczna instalacji badawczej umożliwiającej utwardzanie rdzeni stosowanych w procesie produkcyjnym w typowej odlewni. Założono, że maksymalne wymiary rdzennicy mogą mieć 205x170x100 mm. Pozwala to na utwardzanie w mikrofalach stosunkowo dużej ilości małych rdzeni. Minimalną gęstość mocy mikrofalowej określono na poziomie ok. 4,9 W/cm³ masy utwardzanego rdzenia, przy założeniu 4-minutowego jego nagrzewania [5]. Objętość utwardzanych rdzeni nie będzie większa niż 450-500 cm³. W związku z tym komora powinna być zasilana generatorami mikrofalowymi o łącznej mocy ok. 2,45 kW. Założono, iż komora mikrofalowa rdzennicy zasilana będzie z czterech generatorów o maksymalnej mocy wyjściowej mikrofal około 700 W każdy, przy czym dwa generatory umożliwiają płynną regulację mocy mikrofalowej od 0 do 650 W ($f = 2450 \text{ MHz} \pm 2,5 \text{ MHz}$). Komorę mikrofalową stanowić będzie prostopadłościan o wymiarach wewnętrznych 310x300x250 mm. Taka komora umożliwia wzbudzenie co najmniej 6 rodzajów pola (modów). Energia mikrofalowa z generatorów wprowadzana jest do komory za pomocą falowodów prostokątnych z rodzajem pola TE₀₁, przy czym falowody te zamontowane są wzajemnie prostopadle. Pozwala to na wyeliminowanie bezpośredniego sprzęgania się energii pomiędzy

generatorami i pobudzenie modów o składowych pola elektrycznego o wszystkich możliwych polaryzacjach [1,2].

2. STANOWISKO BADAWCZE

Na rysunku 1 pokazane jest opracowane i zbudowane w Politechnice Wrocławskiej, przy współpracy z firmą „Plazmatronika - Service” we Wrocławiu, stanowisko badawcze do mikrofalowego utwardzania rdzeni przemysłowych z piasku kwarcowego i żywic termoutwardzalnych.



Rys. 1. Schemat stanowiska badawczego: 1 - komora mikrofalowa, 2 - generatory, 3 - falowody prostokątne, 4 - przewody do zasilaczy generatorów mikrofalowych, 5 - rdzeń, 6 - rdzennica teflonowa, 7 - przewodnice rdzennicy, 8 - przewodnice drzwi komory mikrofalowej, 9 - drzwi komory mikrofalowej.

Komora mikrofalowa 1 jest prostopadłościanem, do którego czterech ścian poprzez falowody 3 przymocowane są cztery generatory 2. Falowody 3 jako układy sprzęgające są wykonane w postaci prostokątów w standardzie R32. Mają one wewnątrz przysłony, których zadaniem jest zapewnienie dobrego rozkładu pola mikrofalowego wewnątrz komory 1. Wewnątrz komory mikrofalowej 1, na przewodnicach 7 przymocowana jest dielektryczna wykonana z teflonu rdzennica 6 z rdzeniem 5. Po otwarciu drzwi komory mikrofalowej i ich odsunięciu na przewodnicach 8, rdzennica wraz z rdzeniem znajduje się na zewnątrz komory mikrofalowej.

Rdzennicę można zdjąć z przewodnic 8 i napełnić termoutwardzalną masą rdzeniową. Dwa generatory mikrofalowe (G3 i G4) zasilane są z zasilaczy o stałej mocy $P = 700$ W na wyjściu. Dwa pozostałe generatory mikrofalowe (G1 i G2) zasilane są z zasilaczy o płynnej regulacji mocy wyjściowej w zakresie $P = 0-650$ W. Drzwi 9 wyposażone są w tzw. „uszczelnienie dławikowe”, zapobiegające wypromieniowaniu mikrofal na zewnątrz komory mikrofalowej.

3. BADANIA WŁASNE

3.1. Materiały użyte do badań i sposób ich przygotowania

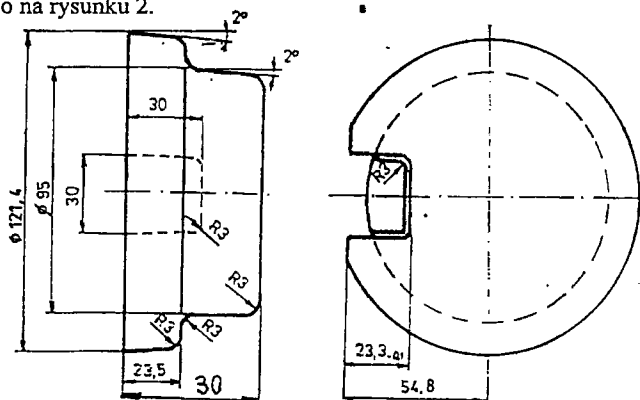
Badania przeprowadzono dla trzech rodzaj mas o składach:

- | | |
|------------------------------------|----------|
| a) - Piasek kwarcowy „Wiślak” | - 100% |
| - żywica F130G | - 3% |
| - utwardzacz AM | - 0,45% |
| - silan A 1102 | - 0,15% |
| b) - Piasek kwarcowy „Grudzeń Las” | - 100% |
| - żywica MM 304 | - 3% |
| - utwardzacz AKL-6 | - 0,225% |
| c) - Piasek kwarcowy „Grudzeń Las” | - 100% |
| - żywica MM 690 | - 3% |
| - utwardzacz N-27 | - 0,225% |

Producentem żywicy o symbolu F130G są Zakłady Tworzyw Sztucznych ERG -Pustków. Dwie pozostałe żywice o symbolach MM 304 i MM 690 z utwardzaczami AKL-6 i N-27 są produkowane przez firmę PPMOBIL „Lumar” s.c. w Milejowicach koło Radomia.

Masy do badań sporządzono w mieszarce laboratoryjnej produkcji WADAP Wadowice. Sporządzano je następująco: odważoną ilość piasku i utwardzacza mieszano przez 2 minuty, a następnie dodawano żywicy i mieszano jeszcze przez 4 minuty. Tak przygotowane masy przechowywano w szczelnie zamkniętym foliowym worku. „Żywotność” takich mas wynosiła ok. 60 minut.

Do przeprowadzania badań mikrofalowego utwardzania rdzeni odlewniczych wytypowano rdzeń seryjnie wykonywany w Odlewni Żeliwa URSUS w Lublinie. Kształt i wymiary rdzenia przedstawiono na rysunku 2.

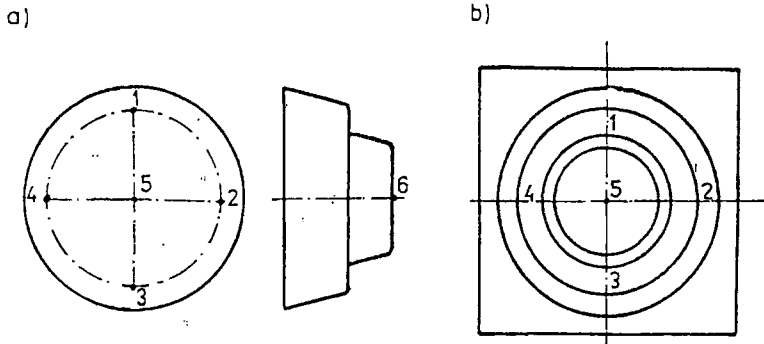


Rys. 2. Kształt i wymiary rdzenia

3.2. Badania procesu utwardzania mas

W trakcie przeprowadzanych badań czas nagrzewania rdzennicy wraz z masą w komorze mikrofalowej wynosił 3,5 - 0,5 minut. Moc doprowadzana do wnętrza komory mikrofalowej wynosiła od 600 do 2400 W.

Po utwardzeniu rdzenia otwierano drzwi komory mikrofalowej i wyjmowano rdzennicę z rdzeniem. Po otwarciu rdzennicy wyjmowano rdzeń. Mierzono jego temperaturę w sześciu punktach oraz temperaturę formy w pięciu punktach. Punkty pomiaru temperatury rdzenia i formy pokazano na rysunku 3 (punkty 1-6).



Rys. 3. Punkty pomiaru temperatury na: a) rdzeniu: b) formie.

Pomiary temperatury rdzenia i formy wykonywane były bezpośrednio po wyjęciu rdzenia z formy, za pomocą miernika temperatury firmy RAYTEK typ ST (system infro-red, pomiar promieniowania podczerwonego). Przykładowe wyniki prób utwardzania dla masy z żywicą F 130G przedstawiono w tabeli 1. Wyniki badań pokazują, że przy pełnej mocy wszystkich czterech generatorów ($P = 2400$ W) optymalnym czasem utwardzania jest czas 1 min. Podobne wyniki otrzymano dla dwóch pozostałych mas.

4. PODSUMOWANIE

Opracowana i wykonana komora mikrofalowa oraz teflonowa rdzennica umożliwiają w sposób powtarzalny utwardzać rdzenie o objętości ok. 500 cm^3 w czasie 1 minuty przy zasilaniu mocą mikrofalową na poziomie 2400 W.

Jakość wykonanych rdzeni jest bardzo dobra (utwardzone ostre krawędzie, nieosypianie się rdzeni, rdzenie utwardzone w całym przekroju). Zakładając sprawność generatorów mikrofal (magnetronów) na poziomie 60%, całkowite zapotrzebowanie mocy (z sieci elektrycznej) wyniesie ok. 4000 W. Na utwardzenie jednego rdzenia zużywano ok. 0,1 KWh. Koszt energii niezbędnej do utwardzenia rdzenia nie przekroczył 3 groszy. W przypadku utwardzania konwencjonalnego, koszty utwardzania są wielokrotnie wyższe. Niskie nakłady przy nagrzewaniu mikrofalowym wynikają z faktu transmisji energii bezpośrednio do utwardzanego rdzenia, bez potrzeby wstępnego nagrzewania metalowej rdzennicy. W metodach konwencjonalnych temperatura rdzennicy musi wynosić ok. $260-280^\circ\text{C}$, zaś w

Tablica 1.

Lp.	Moc [W]		Czas min	Temperatura rdzenia [°C]						Temperatura formy [°C]					Uwagi
	stała	zmienna		Punkty pomiaru temperatury:						Punkty pomiarowe temperatury:					
				1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	
1.	góra	-	3,5	78,2	76,8	85,3	76,9	94,3	92,5	94,8	97,5	106,5	100,1	96,4	miękki
2.	tył	-	3,5	105,2	104,1	89,1	100,3	109,2	104,1	84,3	72,8	72,3	81,2	95,2	"-
3.	2x600	-	3,5	130,5	114,8	129,8	108,4	115,0	121,2	108,3	97,3	92,1	90,8	94,7	nietwardz.
4.	2x600	2x100	3,5	120,3	108,7	106,4	98,2	125,3	122,5	118,1	93,3	97,6	98,8	104,5	utwardz.
5.	2x600	2x200	3,5	129,4	128,8	141,3	136,2	134,6	133,8	109,2	104,4	110,8	107,6	104,6	"-
6.	2x600	2x300	3,5	140,5	139,8	144,7	147,0	142,3	139,2	111,2	95,7	99,7	99,2	100,9	"-
7.	2x600	2x400	3,0	139,6	139,8	142,4	145,0	140,6	135,8	112,2	101,8	107,9	114,7	100,6	"-
8.	2x600	2x500	2,5	124,5	128,1	133,6	125,6	136,9	127,6	111,2	103,9	102,5	107,1	106,6	"-
9.	2x600	2x600	2,0	118,0	124,8	125,5	124,5	124,3	128,6	94,6	93,6	100,5	100,1	94,6	"-
10.	2x600	2x600	1,5	124,2	129,5	138,7	136,2	131,2	128,6	94,8	97,5	96,5	100,2	94,4	"-
11.	2x600	2x600	1,0	121,4	118,6	122,3	123,2	123,8	113,9	90,7	91,6	92,6	92,3	89,1	"-
12.	2x600	2x600	0,75	106,2	105,0	103,0	97,6	108,1	101,1	85,9	87,6	84,3	87,7	79,7	nietwardz.
13.	2x600	2x600	0,50	84,7	88,3	87,6	82,3	97,8	83,6	74,3	80,3	79,7	79,4	73,2	miękki

metodzie mikrofalowej temperatura ta nie przekracza w praktyce 120-130°C. Uzasadnionym wydaje się zastąpienie nagrzewania konwencjonalnego nagrzewaniem mikrofalowym w nadmuchiarkach i strzelarkach stosowanych do wykonywania form i rdzeni.

Proces wykonywania form i rdzeni na urządzeniach z nagrzewaniem mikrofalowym można zmechanizować i zautomatyzować.

5. WNIOSKI

Na podstawie wyżej przedstawionych badań można sformułować następujące wnioski:

1. Rdzenie z piasku kwarcowego i żywicy termoutwardzalnych mogą być utwardzane energią mikrofalową w dielektrycznych rdzennicach.
2. Komorę mikrofalową należy zasilać tak, aby rozkład pola elektromagnetycznego w jej wnętrzu był jednorodny.
3. Dla każdego rodzaju rdzenia i żywicy można doświadczalnie dobrać optymalne warunki utwardzania (moc, temperaturę i czas nagrzewania).

LITERATURA

- [1] Litwin R., Suski M.: *Technika mikrofalowa*, Warszawa 1972.
- [2] Thomas M.E.: *Techniki i urządzenia mikrofalowe*, Poradnik, WNT Warszawa 1978.
- [3] Pigiel M.: *Mikrofalowe utwardzanie rdzeni z piasku kwarcowego i żywicy termoutwardzalnych*, Konferencja Naukowo-Techniczna „Automation '98”, Warszawa, 11-12 03.1999, s. 295-301.
- [4] Pigiel M.: *Opracowanie mikrofalowego utwardzania rdzeni z piasku kwarcowego i żywicy termoutwardzalnych*, Konferencja Naukowo-Techniczna „Automation '99”, Warszawa, 24-26 03.1999, s. 159-164.
- [5] Pigiel M., Samsonowicz Z., Parosa R.: *Opracowanie mikrofalowego utwardzania rdzeni z piasku kwarcowego i żywicy termoutwardzalnych*, Raport ITMiA PWr. serii: Sprawozdania Nr 15/99, praca na prawach rękopisu wykonana na zlec. KBN, Wrocław 1999.