

# WPLYW ZAWARTOŚCI TLENU W ATMOSFERZE SPIEKANIA NA PRZEMIANĘ C-T NIESTABILIZOWANYCH ZIAREN DWUTLENKU CYRKONU ROZPROSZONYCH W KORUNDOWEJ MATRYCY- CZĘŚĆ II

Henryk Tomaszewski

Zbadano wpływ zawartości tlenu w atmosferze spiekania ceramiki korundowo-cyrykonowej na skład fazowy niestabilizowanych ziaren  $ZrO_2$  i własności mechaniczne spieków. Pojawienie się metastabilnej odmiany regularnej dwutlenku cyrkonu przypisano znacznej niestechiometrii tlenowej. Oceniono wartości krytyczne stężenia wakancji tlenowych dla obu metastabilnych odmian tego tlenku.

## WSTĘP

Przedstawione w części pierwszej [1] obserwacje wykazały, iż spiekanie ceramiki korundowo-cyrykonowej w warunkach wysokiego niedostatku tlenowego prowadzi do pojawienia się metastabilnej odmiany regularnej  $ZrO_2$ . Efektem spiekania tej samej ceramiki w atmosferze powietrza, a zatem pełnego dostatku tlenu jest odmiana tetragonalna z 16.5% udziałem odmiany jednoskośnej.

Powyższe rezultaty pozwoliły na postawienie hipotezy, iż istnieje krytyczna zawartość tlenu w atmosferze spiekania, przy której ma miejsce niskotemperaturowa przemiana odmiany regularnej  $ZrO_2$  w tetragonalną. Dla udowodnienia powyższej hipotezy, przeprowadzono spiekania przedmiotowej ceramiki w atmosferach o ciśnieniu parcjnym tlenu wzrastającym od wartości  $2.80 \times 10^{-5} \text{ Pa}$  do  $1.07 \times 10^{+4} \text{ Pa}$  (opis sposobu przeprowadzenia eksperymentów zawarto w części pierwszej [1]).

## WYNIKI BADAŃ I ICH DYSKUSJA

Jak widać z Tabeli 1, w przedziale ciśnień  $2.80 \times 10^{-5}$ - $2.80 \times 10^{-2}$  Pa odmiana regularna pozostaje jedyną odmianą, w której krystalizuje dwutlenek cyrkonu. Wzrostowi ciśnienia parcjalego tlenu w tym przedziale towarzyszą jednak zmiany struktury tej fazy. Wyraźnie wzrasta wartość parametru sieciowego "a" (patrz Tabela 2), a tym samym objętość komórki jednostkowej. Powyższe obserwacje wydają się być spójne z wyrażoną wcześniej opinią, iż obecność metastabilnej fazy regularnej jest wynikiem niestechiometrii tlenowej, bowiem wzrost zawartości tlenu w atmosferze spiekania oznacza mniejsze stężenie wakancji tlenowych, a tym samym przyrost objętości komórki jednostkowej  $ZrO_2$ .

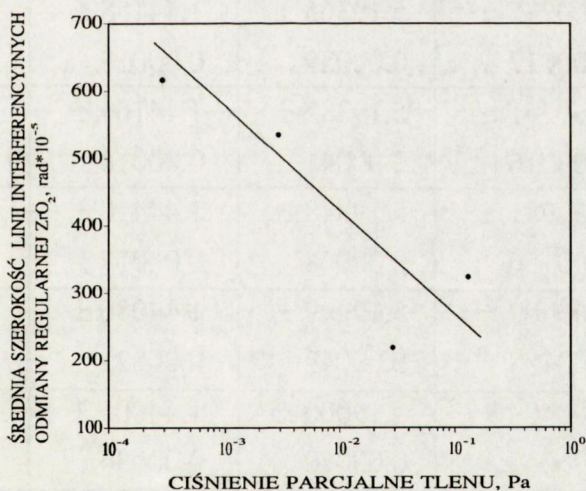
**Tabela 1.** Skład fazowy dwutlenku cyrkonu w tworzywie korundowo-cyrkonowym (mierzony z powierzchni swobodnej) jako funkcja zawartości tlenu w atmosferze spiekania.

| Ciśnienie parcjale tlenu, Pa | Odmiany $ZrO_2$ % |              |           |
|------------------------------|-------------------|--------------|-----------|
|                              | Jednoskośna       | Tetragonalna | Regularna |
| $2.80 \times 10^{-5}$        | -                 | -            | 100       |
| $2.80 \times 10^{-4}$        | -                 | -            | 100       |
| $2.80 \times 10^{-3}$        | -                 | -            | 100       |
| $2.80 \times 10^{-2}$        | -                 | -            | 100       |
| $1.40 \times 10^{-1}$        | -                 | 20.6         | 79.4      |
| $1.80 \times 10^{-1}$        | ślady             | 100          | -         |
| $1.07 \times 10^0$           | 5.6               | 94.4         | -         |
| $1.00 \times 10^{+1}$        | 7.0               | 93.0         | -         |
| $0.85 \times 10^{+2}$        | 8.0               | 92.0         | -         |
| $1.39 \times 10^{+3}$        | 8.4               | 91.6         | -         |
| $1.07 \times 10^{+4}$        | 10.6              | 89.4         | -         |
| $2.10 \times 10^{+4}$        | 16.5              | 83.5         | -         |

Potwierdzeniem powyższych obserwacji są zmiany szerokości linii interferencyjnych tej fazy (Rys.1). W wyniku wzrostu stopnia wypełnienia luk tlenowych, poprawia się jakość struktury fazy regularnej, na co wskazują również kształty linii interferencyjnych dla wysokich wskaźników oraz malejący rozrzut stałej sieci (patrz Tabela 2) od wartości 0.0016 dla ciśnienia parcjalego  $2.80 \times 10^{-5}$  Pa do wartości 0.0002 dla ciśnienia  $2.80 \times 10^{-2}$  Pa.

**Tabela 2.** Zmiany parametrów sieciowych odmiany regularnej  $ZrO_2$  w funkcji zawartości tlenu w atmosferze spiekania ceramiki korundowo-cyrkonowej.

| Ciśnienie parcjale tlenu, Pa | Parametr sieciowy, a, Å | Objętość komórki elementarnej, Å <sup>3</sup> |
|------------------------------|-------------------------|---|
| $2.80 \times 10^{-5}$        | $5.1249 \pm 0.0016$     | $134.604 \pm 0.129$                           |
| $2.80 \times 10^{-4}$        | $5.1298 \pm 0.0011$     | $134.989 \pm 0.089$                           |
| $2.80 \times 10^{-3}$        | $5.1319 \pm 0.0008$     | $135.155 \pm 0.063$                           |
| $2.80 \times 10^{-2}$        | $5.1463 \pm 0.0002$     | $136.302 \pm 0.017$                           |
| $1.40 \times 10^{-1}$        | $5.1414 \pm 0.0032$     | $135.908 \pm 0.253$                           |



**Rys.1** Średnia szerokość linii interferencyjnych odmiany regularnej  $ZrO_2$  tworzywa korundowo-cyrkonowego w funkcji ciśnienia parcjalego tlenu w atmosferze spiekania.

Z chwilą obniżenia się stężenia wakancji tlenowych poniżej wartości krytycznej dla odmiany regularnej, odmiana ta współistnieje z odmianą tetragonalną. Sytuacja taka ma miejsce w spiekach wypalanych w atmosferze o ciśnieniu parcjale tlenu równym  $1.40 \times 10^{-1}$  Pa. Przy ciśnieniu parcjale tlenu równym  $1.80 \times 10^{-1}$  Pa faza tetragonalna jest już jedyną obecną fazą, zaś od ciśnienia  $1.07 \times 10^0$  Pa towarzyszyć jej zaczyna odmiana jednoskośna, co świadczy o przekroczeniu kolejnego krytycznego, tym razem dla tej odmiany, stężenia wakancji.

**Tabela 3.** Zmiany parametrów sieciowych odmiany tetragonalnej  $ZrO_2$  tworzywa korundowo-cytrkonowego w funkcji zawartości tlenu w atmosferze spiekania.

| Ciśnienie parcjale tlenu, Pa | Parametr sieciowy, Å |                      | Stosunek c/a         | Objętość komórki jedn. Å <sup>3</sup> |
|------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------------------------------|
|                              | a                    | c                    |                      |                                       |
| $1.40 \times 10^{-1}$        | 3.60661 ±<br>0.00059 | 5.18793 ±<br>0.00087 | 1.43845 ±<br>0.00048 | 67.48272 ±<br>0.03363                 |
| $1.80 \times 10^{-1}$        | 3.60265 ±<br>0.00021 | 5.19391 ±<br>0.00039 | 1.44169 ±<br>0.00019 | 67.41220 ±<br>0.01289                 |
| $1.07 \times 10^0$           | 3.60275 ±<br>0.00017 | 5.19365 ±<br>0.00039 | 1.44158 ±<br>0.00018 | 67.41252 ±<br>0.01128                 |
| $1.00 \times 10^{+1}$        | 3.60271 ±<br>0.00016 | 5.19382 ±<br>0.00041 | 1.44164 ±<br>0.00018 | 67.41031 ±<br>0.01109                 |
| $0.85 \times 10^{+2}$        | 3.59981 ±<br>0.00156 | 5.19848 ±<br>0.00038 | 1.44410 ±<br>0.00017 | 67.3653 ±<br>0.0107                   |
| $1.39 \times 10^{+3}$        | 3.60409 ±<br>0.00188 | 5.19299 ±<br>0.00049 | 1.44086 ±<br>0.00021 | 67.4543 ±<br>0.01340                  |
| $1.07 \times 10^{+4}$        | 3.60409 ±<br>0.00042 | 5.19006 ±<br>0.00070 | 1.44005 ±<br>0.00036 | 67.4162 ±<br>0.0249                   |
| $2.10 \times 10^{+4}$        | 3.60159 ±<br>0.00092 | 5.19340 ±<br>0.00016 | 1.44197 ±<br>0.00173 | 67.3665 ±<br>0.0552                   |

W miarę dalszego wzrostu udziału tlenu w atmosferze spiekania wzrasta udział fazy jednoskośnej, kosztem tetragonalnej, aż do wartości 16.5% w przypadku spieków wypalanych w powietrzu.

Podobnie jak w przypadku odmiany regularnej, wzrastający udział tlenu w atmosferze wpływa na parametry struktury odmiany tetragonalnej ( Tabela 3) i jednoskośnej (Tabela 4).

**Tabela 4.** Zmiany parametrów sieciowych odmiany jednoskośnej  $ZrO_2$  tworzywa korundowo-cyrkonowego w funkcji zawartości tlenu w atmosferze spiekania.

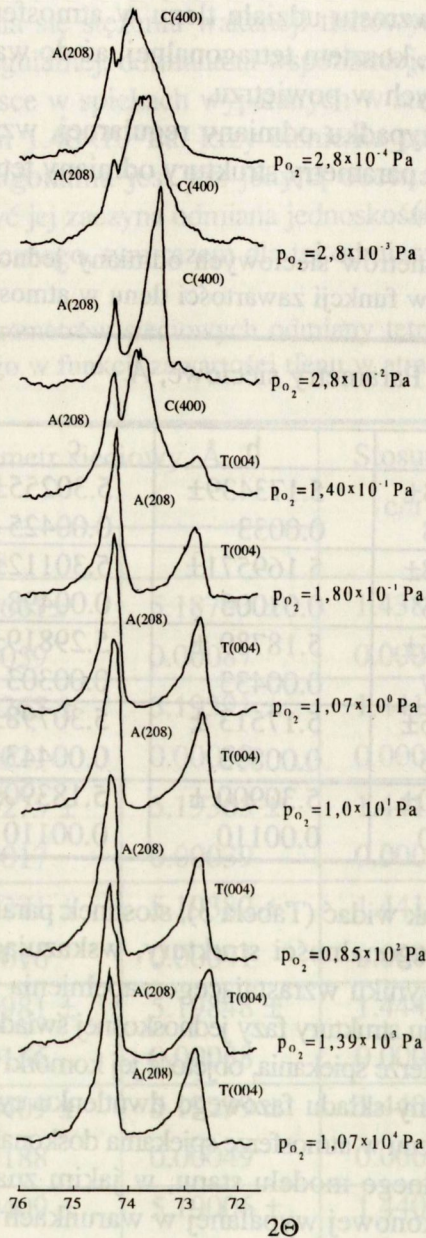
| Ciśnienie parcjale tlenu, Pa | Parametry sieciowe, Å |                      |                     | Objętość komórki jedn., Å <sup>3</sup> |
|------------------------------|-----------------------|----------------------|---------------------|--|
|                              | a                     | b                    | c                   |  |
| 1.07×10 <sup>0</sup>         | 5.13253±<br>0.00408   | 5.173439±<br>0.0033  | 5.30255±<br>0.00425 | 138.998211±<br>0.3288                  |
| 1.00×10 <sup>+1</sup>        | 5.13438±<br>0.00795   | 5.169571±<br>0.01005 | 5.30112±<br>0.00498 | 139.01133±<br>0.63725                  |
| 0.85×10 <sup>+2</sup>        | 5.13476±<br>0.00277   | 5.18789 ±<br>0.00433 | 5.29819±<br>0.00303 | 139.43745±<br>0.28696                  |
| 1.39×10 <sup>+3</sup>        | 5.13435±<br>0.00565   | 5.17513 ±<br>0.00893 | 5.30798±<br>0.00443 | 139.26798±<br>0.529168                 |
| 2.10×10 <sup>+4</sup>        | 5.15450±<br>0.00110   | 5.30900 ±<br>0.00110 | 5.18390±<br>0.00110 | 140.00612±<br>0.14850                  |

Wyraźnie wzrasta, jak widać (Tabela 3), stosunek parametrów sieciowych  $c/a$ , będący miernikiem tetragonalności struktury, wskazujący jednocześnie na jej uporządkowywanie w wyniku wzrastającego zapełnienia węzłów sieci tlenem.

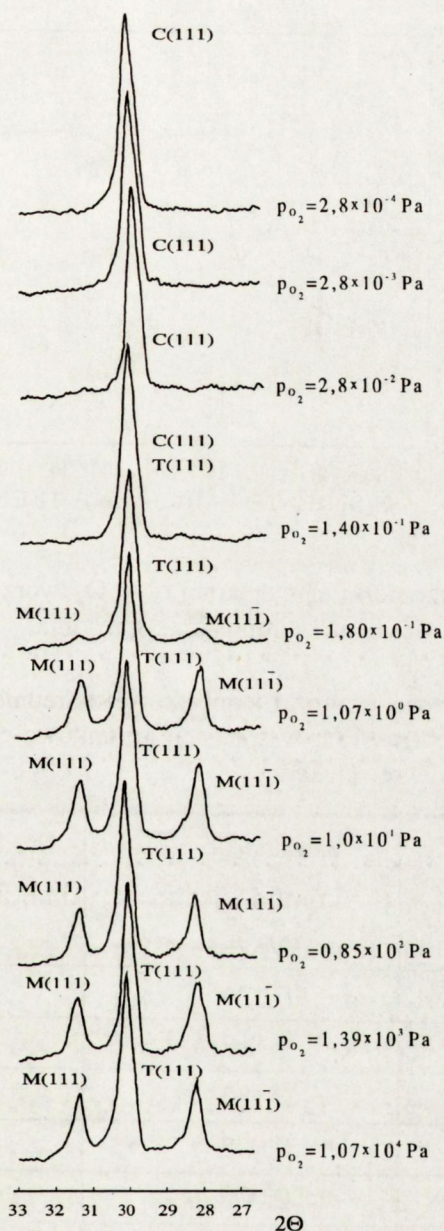
O uporządkowywaniu struktury fazy jednoskośnej świadczy również, wzrastająca z udziałem tlenu w atmosferze spiekania, objętość jej komórki jednostkowej (Tabela 4).

Obserwowane zmiany składu fazowego dwutlenku cyrkonu badanej ceramiki wraz ze zmianą udziału tlenu w atmosferze spiekania doskonale ilustrują Rys.2 i Rys.3.

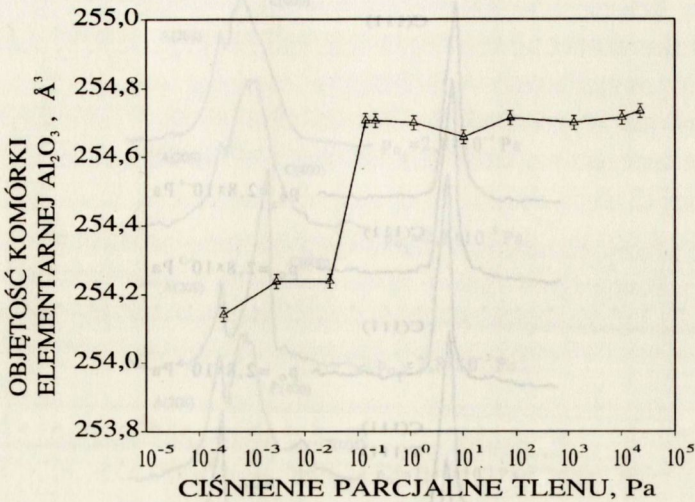
Dla stworzenia pełnego modelu stanu, w jakim znajdują się składniki ceramiki korundowo-cyrkonowej wypalanej w warunkach zmieniającego się niedostatku tlenowego istotne są również informacje o  $\alpha$ -tlenku glinowym. Struktura tego tlenku nie ulega zmianie przy zmianach defektu tlenowego, zatem parametry komórki jednostkowej tlenku glinowego mogą dostarczyć informacji o naprężeniach ściskających, występujących w otoczeniu ziaren tlenku, zaś zmiany szerokości linii interferencyjnych o ich jednorodności.



**Rys.2** Zmiany profili rentgenowskich ceramiki korundowo-cyrykonowej w zakresie 72-76° 2θ w funkcji ciśnienia parcjalego tlenu w atmosferze spiekania (zapis natężenia refleksów w skali logarytmicznej); C(400)-refleks (400) fazy regularnej ZrO<sub>2</sub>, T(004)-refleks (004) fazy tetragonalnej ZrO<sub>2</sub>, A(208)-refleks (208) tlenku glinowego odmiany α.



**Rys.3** Zmiany profili rentgenowskich ceramiki korundowo-cykonowej w zakresie 27-33° 2θ w funkcji ciśnienia parcjalnego tlenu w atmosferze spiekania (zapis natężenia refleksów w skali logarytmicznej); C(111)-refleks (111) fazy regularnej  $ZrO_2$ , T(101)-refleks (101) fazy tetragonalnej  $ZrO_2$ , M(111) i M(111̄)-refleksy (111) i (111̄) fazy jednoskośnej  $ZrO_2$ .



**Rys.4** Zmiany objętości komórki elementarnej  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$  tworzywa korundowo-cyrkonowego w funkcji zawartości tlenu w atmosferze spiekania.

**Tabela 5.** Zmiana objętości komórki jednostkowej i średniej szerokości połówkowej linii interferencyjnych  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$  w spiekach korundowo-cyrkonowych w funkcji zawartości tlenu w atmosferze spiekania.

| Ciśnienie parcjalne tlenu, Pa | Zmiana objętości komórki jednost. $\Delta V/V, \%$ | Średnia szerokość linii interferencyjnych, rad |
|-------------------------------|--|--|
| $2.80 \times 10^{-4}$         | 0.225  | 0.00269  |
| $2.80 \times 10^{-3}$         | 0.182  | 0.00219  |
| $2.80 \times 10^{-2}$         | 0.183  | 0.00219  |
| $1.40 \times 10^{-1}$         | 0.002  | 0.00135  |
| $1.80 \times 10^{-1}$         | 0.000  | 0.00147  |
| $1.07 \times 10^0$            | 0.005  | 0.00162  |
| $1.00 \times 10^1$            | 0.022  | 0.00153  |
| $1.39 \times 10^3$            | 0.031  | 0.00177  |
| $1.39 \times 10^4$            | 0.003  | 0.00164  |



Podobnie, jak to przedstawiono wcześniej [1], największe naprężenie ściskające, dające w efekcie kompresję komórki jednostkowej (Rys.4) obserwuje się w próbkach zawierających fazę regularną  $ZrO_2$ . Wielkość tej kompresji kształtuje się na poziomie 0.225% (Tabela 5). W przypadku pozostałych próbek, zawierających fazę tetragonalną, objętość komórki jednostkowej  $\alpha-Al_2O_3$  wraca do wartości bliskiej dla wzorca tj. tworzywa korundowego bez udziału  $ZrO_2$ . Pojawienie się fazy tetragonalnej dwutlenku cyrkonu prowadzi, jak widać, do relaksacji obecnych naprężeń. Szczególnym przykładem jest próbka wypalana w atmosferze o ciśnieniu parcjale tlenku równym  $1.40 \times 10^{-1}$ , gdzie fazie regularnej towarzyszy faza tetragonalna w 20% udziale.

**Tabela 6.** Stężenie wakancji tlenowych w podsięci tlenowej  $ZrO_2$  tworzywa korundowo-cytrkonowego w funkcji zawartości tlenku w atmosferze spiekania.

| Ciśnienie parcjale tlenku, Pa | Stężenie wakancji O, % | Skład fazowy $ZrO_2$ , % |              |           |
|-------------------------------|------------------------|--------------------------|--------------|-----------|
|                               |                        | Jednoskośna              | Tetragonalna | Regularna |
| $2,80 \times 10^{-5}$         | 14,85                  | -                        | -            | 100       |
| $2,80 \times 10^{-4}$         | 13,65                  | -                        | -            | 100       |
| $2,80 \times 10^{-3}$         | 12,90                  | -                        | -            | 100       |
| $2,80 \times 10^{-2}$         | 9,13                   | -                        | -            | 100       |
| $1,40 \times 10^{-1}$         | 5,25                   | -                        | 20,6         | 79,4      |
| $1,80 \times 10^{-1}$         | 3,12                   | ślady                    | 100          | -         |
| $1,07 \times 10^0$            | 0,45                   | 5,6                      | 94,4         | -         |
| $1,00 \times 10^{+1}$         | 0,145                  | 7,0                      | 93,0         | -         |
| $0,85 \times 10^{+2}$         | 0,05                   | 8,0                      | 92,0         | -         |
| $1,39 \times 10^{+3}$         | 0                      | 8,4                      | 91,6         | -         |
| $1,07 \times 10^{+4}$         | 0                      | 10,6                     | 89,4         | -         |
| $2,10 \times 10^{+4}$         | 0                      | 16,5                     | 83,5         | -         |

Decydującym potwierdzeniem hipotezy o roli wakancji tlenowych i ich stężenia w zachowaniu w stanie metastabilnym odmiany regularnej, czy też tetragonalnej dwutlenku cyrkonu są rezultaty pomiarów grawimetrycznych. Wielkości

przyrostu masy próbek spiekanych w atmosferach o zmieniającym się ciśnieniu parcjalnemu tlenu, w wyniku wielogodzinnego utleniania, przeliczone na stężenie wakancji tlenowych przedstawiono w Tabeli 6.

Jak widać, odmiana regularna jest jedyną obecną fazą dwutlenku cyrkonu, gdy stężenie wakancji tlenowych mieści się w granicach 14.85-9.13%, co ma miejsce przy ciśnieniu parcjalnemu tlenu w zakresie  $2.80 \times 10^{-5}$ - $2.80 \times 10^{-2}$  Pa. Gdy udział tlenu w atmosferze spiekania wzrasta do poziomu  $1.40 \times 10^{-1}$  Pa, a stężenie wakancji tlenowych obecnych w ziarnach  $ZrO_2$  maleje do wartości 5.25%, odmiana regularna współistnieje z odmianą tetragonalną.

Całkowite przejście do odmiany tetragonalnej ma miejsce przy stężeniu wakancji tlenowych równym 3.12% i wartość ta wydaje się być wartością krytyczną stężenia wakancji dla tej odmiany, bowiem pojawia się już w śladowych ilościach odmiana jednoskośna.

W wyniku dalszego wzrostu udziału tlenu w atmosferze spiekania i spadku stężenia wakancji, ilość tej odmiany wzrasta do wartości 16.5% w przypadku próbek spiekanych w atmosferze powietrza. Udział ten, jak wykazano wcześniej [2], jest wynikiem rozkładu wielkości ziaren dwutlenku cyrkonu w badanym tworzywie korundowo-cyrkonowym i wielkości krytycznej wtrącenia  $ZrO_2$  ocenianej na  $D_{ct} = 1.4 \mu m$  (patrz Rys.3 [1]).

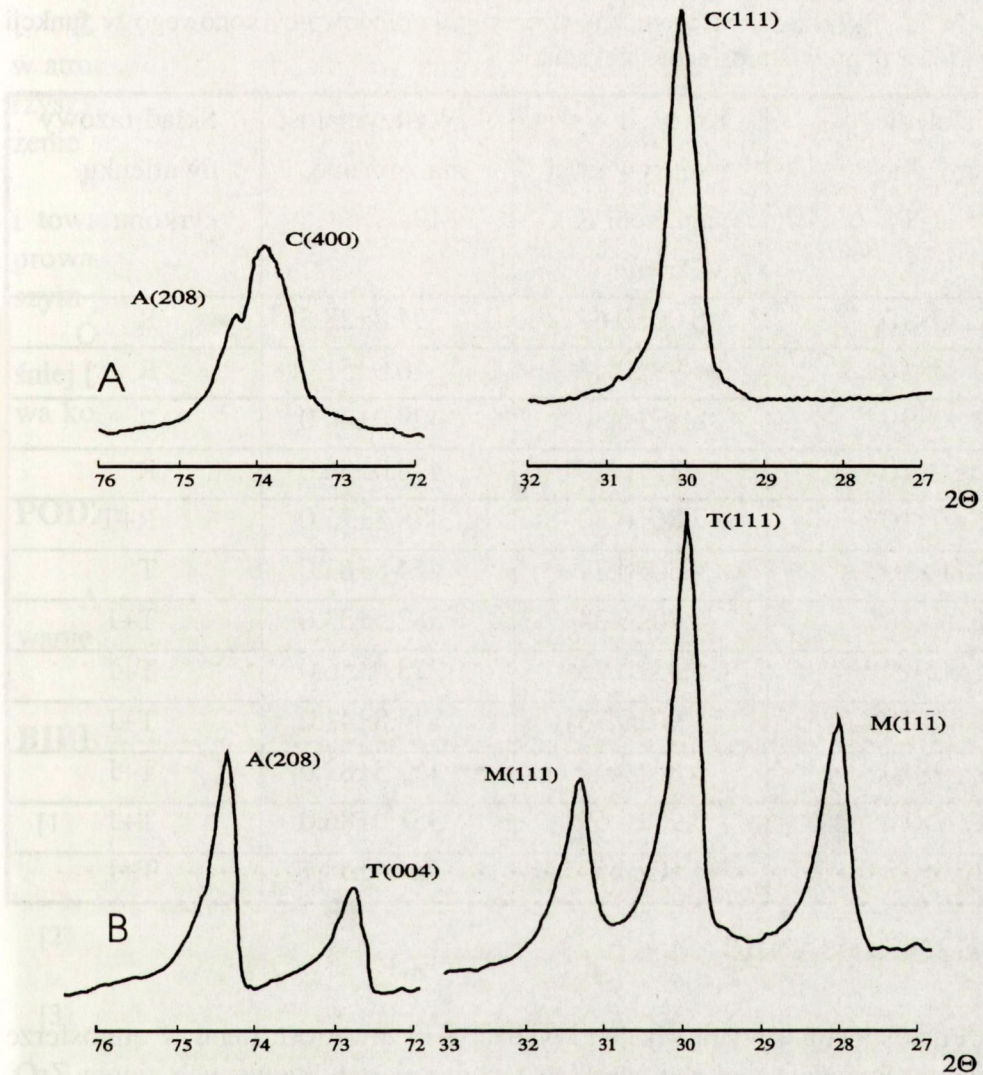
Uzyskane wyniki są potwierdzeniem hipotezy Kountourosa [3], iż stężenie wakancji tlenowych w ziarnach dwutlenku cyrkonu jest głównie odpowiedzialne za metastabilność faz cyrkonowych i są spójne z diagramem fazowym układu Zr-O opracowanym przez Ruh i Garretta [4], a przedstawionym na Rys.1 [1].

Usunięcie przyczyny obecności odmiany regularnej tj. obniżenie stężenia wakancji tlenowych w wyniku dotlenienia próbek z tą odmianą, prowadzi do zaniku tej fazy i jej przemiany w odmianę tetragonalną i jednoskośną (Rys.5).

Jak to również wykazano wcześniej [2], przemianie odmiany tetragonalnej w jednoskośną towarzyszy pojawianie się mikrospękań, których ilość i długość są zależne od udziału tej fazy, a te z kolei rzutują na własności mechaniczne ceramiki.

Jak widać z Tabeli 7, w przypadku próbek, w których jedynymi fazami dwutlenku cyrkonu pozostają metastabilna odmiana regularna lub tetragonalna, krytyczny współczynnik intensywności naprężeń i wytrzymałość na zginanie pozostają na niezmiennym poziomie.

Z chwilą pojawienia się odmiany jednoskośnej obserwowany jest wyraźny ich spadek.



**Rys.5** Zmiana składu fazowego  $ZrO_2$  tworzywa korundowo-cykonowego w wyniku dotleniania:

- Próbka ceramiki po spiekaniu przy ciśnieniu parcjalnym tlenu równym  $2,8 \times 10^{-3} \text{ Pa}$ .
- Ta sama próbka po dodatkowym wygrzewaniu 1000 godzinnym w temperaturze 1273K w atmosferze powietrza.

Oznaczenia: A(208)-refleks (208) $\alpha$ -tlenku glinowego, C(111) - refleks (111) odmiany regularnej  $ZrO_2$ , T(101) - refleks (101) odmiany tetragonalnej  $ZrO_2$ , M(11 $\bar{1}$ ) i M(111) - refleksy (111) i (11 $\bar{1}$ ) odmiany jednoskośnej  $ZrO_2$ .

**Tabela 7.** Własności mechaniczne tworzywa korundowo-cyrykonowego w funkcji zawartości tlenu w atmosferze spiekania.

| Ciśnienie parcjalne tlenu, Pa | Krytyczny wsp. intensywności naprężeń, $K_{Ic}$ , MPa*m <sup>1/2</sup> | Wytrzymałość na zginanie, MPa | Skład fazowy dwutlenku cyrkonu |
|-------------------------------|--|-------------------------------|--------------------------------|
| $2.80 \times 10^{-5}$         | $8.00 \pm 0.67$  | $397.8 \pm 28.5$              | R                              |
| $2.80 \times 10^{-4}$         | $7.99 \pm 0.43$  | $510.0 \pm 51.0$              | R                              |
| $2.80 \times 10^{-3}$         | $8.17 \pm 0.30$  | $429.0 \pm 30.0$              | R                              |
| $2.80 \times 10^{-2}$         | $7.89 \pm 0.10$  | $478.0 \pm 56.0$              | R                              |
| $1.40 \times 10^{-1}$         | $7.86 \pm 0.30$  | $478.8 \pm 75.0$              | R+T                            |
| $1.80 \times 10^{-1}$         | $7.80 \pm 0.24$  | $454.8 \pm 63.0$              | T                              |
| $1.07 \times 10^0$            | $6.80 \pm 0.24$  | $382.5 \pm 33.0$              | T+J                            |
| $1.00 \times 10^1$            | $6.32 \pm 0.25$  | $378.0 \pm 56.0$              | T+J                            |
| $0.85 \times 10^2$            | $5.90 \pm 0.35$  | $344.8 \pm 43.0$              | T+J                            |
| $1.39 \times 10^3$            | $5.86 \pm 0.49$  | $352.5 \pm 82.0$              | T+J                            |
| $1.07 \times 10^4$            | $5.97 \pm 0.69$  | $351.0 \pm 86.0$              | T+J                            |
| $2.10 \times 10^4$            | $6.60 \pm 0.57$  | $324.4 \pm 58.1$              | T+J                            |

## PODSUMOWANIE

Przedstawione wyniki badań wykazały, iż zawartość tlenu w atmosferze spiekania wyraźnie wpływa na skład fazowy niestabilizowanych ziaren  $ZrO_2$  zdyspergowanych w korundowej matrycy i własności mechaniczne tworzywa korundowo-cyrykonowego.

W przypadku ceramiki spiekanej w atmosferze o ciśnieniu parcjalnym tlenu pomiędzy  $2.80 \times 10^{-5}$  Pa a  $2.80 \times 10^{-2}$  Pa dwutlenek cyrkonu występuje w metastabilnej odmianie regularnej. Pojawienie się zdolnej do przemiany odmiany regularnej jest wynikiem znacznego stężenia wakancji tlenowych w ziarnach dwutlenku cyrkonu. Stężenie wakancji równe ok. 9% wydaje się być minimalnym krytycznym stężeniem dla tej odmiany.

Z chwilą obniżenia się udziału wakancji, w wyniku wzrostu udziału tlenu w atmosferze spiekania, poniżej tej granicy, odmianie regularnej zaczyna towarzyszyć odmiana tetragonalna tego tlenku. Jak wynika z badań, minimalne stężenie wakancji dla odmiany tetragonalnej zdaje się wynosić 3%.

Wzrost zawartości tlenu w atmosferze spiekania do poziomu  $1.07 \times 10^6 \text{ Pa}$  i towarzyszący temu spadek stężenia wakancji tlenowych do poziomu ok. 0.5% prowadzą do pojawienia się odmiany jednoskośnej, której ilość wzrasta z dalszym przyrostem tlenu w atmosferze spiekania.

Obecność tej fazy i towarzyszących jej mikrospektań, jak wykazano wcześniej [2], jest odpowiedzialna za pogorszenie własności mechanicznych tworzywa korundowo-cyrkonowego.

## PODZIĘKOWANIE

Autor pragnie podziękować Komitetowi Badań Naukowych za sfinansowanie badań (grant nr 7.1013 91 01), w wyniku których powstała niniejsza praca.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] Tomaszewski H. Wpływ zawartości tlenu w atmosferze spiekania na przemianę C-T niestabilizowanych ziaren dwutlenku cyrkonu rozproszonych w korundowej matrycy - część I, Materiały Elektroniczne, 1, 1994
- [2] Tomaszewski H., Toughening effects in  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-ZrO}_2$  system, Ceramics Int., 14, 2, 1988, 117
- [3] Kountouros P., Petzow G., Defect chemistry, phase stability and properties of zirconia polycrystals, Proceedings of International Ceramic Conference AUSTCERAM92 - ZIRCONIA V, 16-21 sierpnia, 1992, Melbourne, Australia, w druku.
- [4] Ruh R., Garrett H.J., Nonstoichiometry of  $\text{ZrO}_2$  and its relation to tetragonal-cubic inversion in  $\text{ZrO}_2$ , J.Amer.Ceram.Soc., 50, 1967, 257