

Aleksy Patejuk¹

Wojskowa Akademia Techniczna, Instytut Materiałoznawstwa i Mechaniki Technicznej, ul. Kaliskiego 2, 00-908 Warszawa

WPŁYW POWŁOKI NIKLOWEJ CZĄSTEK Al_2O_3 NA WŁAŚCIWOŚCI MATERIAŁU KOMPOZYTOWEGO O OSNOWIE ALUMINIOWEJ

Przedstawiono wyniki badań wpływu temperatury spiekania na właściwości materiału kompozytowego na osnowie aluminium zbrojonego cząstkami Al_2O_3 . Stwierdzono, że badany materiał kompozytowy charakteryzuje się porównywalnymi właściwościami plastycznymi. Wykazuje natomiast zróżnicowaną wielkość wytrzymałości na ściskanie, uzależnioną w pierwszym rzędzie od ilości zastosowanego zbrojenia oraz temperatury ściskania. Stwierdzono ponadto wzrost twardości uzyskanych materiałów kompozytowych wraz ze wzrostem temperatury spiekania i zwiększaniem się ilości fazy zbrojącej.

THE INFLUENCE OF NICKEL COVERING OF Al_2O_3 ON PROPERTIES OF COMPOSITE MATERIAL WITH ALUMINIUM MATRIX

In the work, the results of researches about influence sintering temperature on composite material strengthen by aluminium reinforced with Al_2O_3 particles, has been presented. Samples of composite materials was made by hot pressing method. Such a matrix material aluminium powder has been used. Al_2O_3 particles covered by nickel layer with thickness about 2 μm make reinforce material. Before sintering process ceramics particles in correct proportion into aluminium powder was added and mechanical mixed. Then mixed powder in special form into furnace was placed. This furnace was a part of special laboratory appliance. Work parameters of this appliance permitted for smoothly regulation of pressing force to 10 kN. However used furnace permitted for smoothly regulation of sintering temperature to 900°C. During sintering process form temperature close by sintered sample was controlled. Sintering process without protective atmosphere was made. For every option (Tab. 1) minimum three samples with diameter ϕ 8 and length 10-15 mm have been made. To compare several aluminium samples - without Al_2O_3 particles have been made. Sintering time for every option was the same: 15 minutes.

In first steep microscope observation and chemical composition analysis in microareas have been done. Metallographical cross sections where made by grinding and polishing using diamond suspension 3 and 1 μm . To study SEM microscope Philips XL-30 LaB₆ was used. Microscopical observation showed that composites made by sintering process have multiphase structure. Particles of reinforce phase have varied dimension - from few to several micrometers (Fig. 1). Connection between particles and matrix has diffusion-adhesive character. The results of line chemical microanalysis made across phase boundaries investigated composites confirm above statement (Fig. 1).

In next steep selected mechanical test using Instron 8501 have been done. During test computer continuous registration of results has been done. The results show relatively weekly influence of pressing force used during sintering process on compression strength composite samples. Only inconsiderable tendency to increase mechanical properties with increasing pressing force has been observed. However, the biggest influence on mechanical properties have as well a volume fraction of used reinforce material and sintering temperatures (Fig. 2). It concerns specially a level of max. fracture strength.

Relatively weekly influence of sintering temperature and a volume fraction of reinforce material (in range 10÷20%) on results of ductility parameters investigated composite samples has been observed (Fig. 2b, d). A tendency of increasing of composite samples ductility with increasing sintering temperature was observed. However, the influence of volume fraction of reinforce material in composite is inconsiderable and its tendencies are dependent from sintering temperature and a pressing force used during sintering process.

The hardness test of composite samples by Vickers method in five points for every sample has been done. The samples sintered with force 4 kN have the highest hardness (Fig. 3). Increasing of a volume fraction of reinforced material increases hardness of samples in whole range of sintering temperatures. Moreover, higher sintering temperature causes higher difference of hardness obtained for samples made with different pressing force 2 and 4 kN. The obtained results show that to obtain relatively high hardness one should use 20% reinforce material and press force about 4 kN as well as sintering temperature should be no less than 600°C.

WSTĘP

Obserwuje się w ostatnich latach znaczne zintensyfikowanie zastosowań materiałów kompozytowych w przemyśle. Postęp ten wymuszają wciąż rosnące wymagania użytkowników dotyczące potrzeby aplikacji coraz to doskonalszych jakościowo materiałów kompozyto-

wych. Szczególne znaczenie ma w tym zakresie grupa

materiałów kompozytowych wytwarzana na osnowie metalicznej umocnionej włóknami lub cząstkami [1].

Grupę materiałów inżynierskich, nad którymi już od kilkadziesiąt lat prowadzone są badania w wielu wio-

¹ dr inż.

dających ośrodkach naukowych na całym świecie, stanowią materiały kompozytowe na osnowie stopów lekkich zbrojone cząstkami. Prace te dotyczą głównie problemu praktycznego wykonania w warunkach przemysłowych materiałów kompozytowych, charakteryzujących się powtarzalnością właściwości. Jednak opanowanie tych procesów jest bardzo trudne z uwagi na fakt, iż właściwości materiałów kompozytowych nie są wynikiem właściwości komponentów. Stąd też projektowanie i wytwarzanie tych materiałów wymaga solidnych podstaw naukowych, wysokich umiejętności inżynierskich i bardzo starannej realizacji procesu technologicznego ich wytwarzania [2].

Należy przy tym zaznaczyć, że korzyści wynikające z zastosowania materiałów kompozytowych w technice są bezsporne. Jako największy obszar potencjalnego zwiększenia zastosowania materiałów kompozytowych wskazuje się przemysł motoryzacyjny. Udowodniono, że np. dla samochodu o masie 1500 kg zmniejszenie jego masy o 300 kg prowadzi do oszczędności paliwa o około 30% [3]. Powszechnie uważa się, że przy pełnym zachowaniu funkcjonalności pojazdu samochodowego produkowanego seryjnie udział materiałów kompozytowych powinien wynosić 30÷40%. Drugim ważnym aspektem wskazującym na coraz szersze stosowanie materiałów kompozytowych w konstrukcjach inżynierskich jest możliwość redukcji liczby elementów w celu uzyskania pożądanych efektów [4]. Należy pamiętać również, że zastosowanie materiałów kompozytowych w konstrukcji w prostej zależności prowadzi do jednoczesnego zwiększenia odporności korozyjnej konstrukcji.

Parametry jakościowe charakteryzujące dany materiał kompozytowy, użyty w konstrukcji inżynierskiej, muszą być tak dobrane, aby uwzględniały główne funkcje, jakie spełnia dana konstrukcja (poszczególne elementy tej konstrukcji) [5]. W wielu przypadkach jednym z najważniejszych kryteriów, decydującym o możliwości wykorzystania danego materiału kompozytowego w konstrukcji, jest możliwość uzyskania wysokich właściwości wytrzymałościowych przy jednoczesnym zachowaniu dobrej odporności na ścieranie [6]. Powyższe stało się główną przesłanką przeprowadzenia badań zamieszczonych w niniejszej pracy.

WYNIKI BADAŃ

Próbki materiału kompozytowego wykonane zostały metodą prasowania w podwyższonej temperaturze. Jako materiał osnowy zastosowano proszek aluminiowy. Natomiast zbrojenie stanowiły cząstki Al_2O_3 , na powierzchni których została ukonstytuowana powłoka niklowa o grubości około 2 μm . Przed procesem spiekania cząstki ceramiczne były dodane w odpowiedniej proporcji do proszku aluminium i wymieszane mechanicznie. Następnie wymieszane proszki wsypywano do

specjalnie przygotowanych matryc i umieszczano w piecyku stanowiącym integralną część specjalnie w tym celu wykonanego stanowiska. Parametry pracy stanowiska pozwalały na płynną regulację siły nacisku do 10 kN. Natomiast zastosowany piecyk pozwalał na płynną regulację temperatury spiekania do 900°C. Podczas realizacji procesu spiekania dokonywano ciągłej kontroli temperatury matrycy (w bezpośrednim sąsiedztwie spiekanej próbki). Proces spiekania prowadzono bez stosowania atmosfery ochronnej. Dla każdego wariantu (tab. 1) wykonano minimum po trzy próbki w postaci pręta, o średnicy 8 i długości 10÷15 mm. W celach porównawczych wykonano również kilka próbek tylko na bazie proszku aluminiowego - bez zbrojenia cząstkami Al_2O_3 . Czas spiekania próbek dla wszystkich wariantów był jednakowy i wynosił 15 minut.

TABELA 1. Warianty próbek użytych w badaniach
TABLE 1. Types of samples used in the research

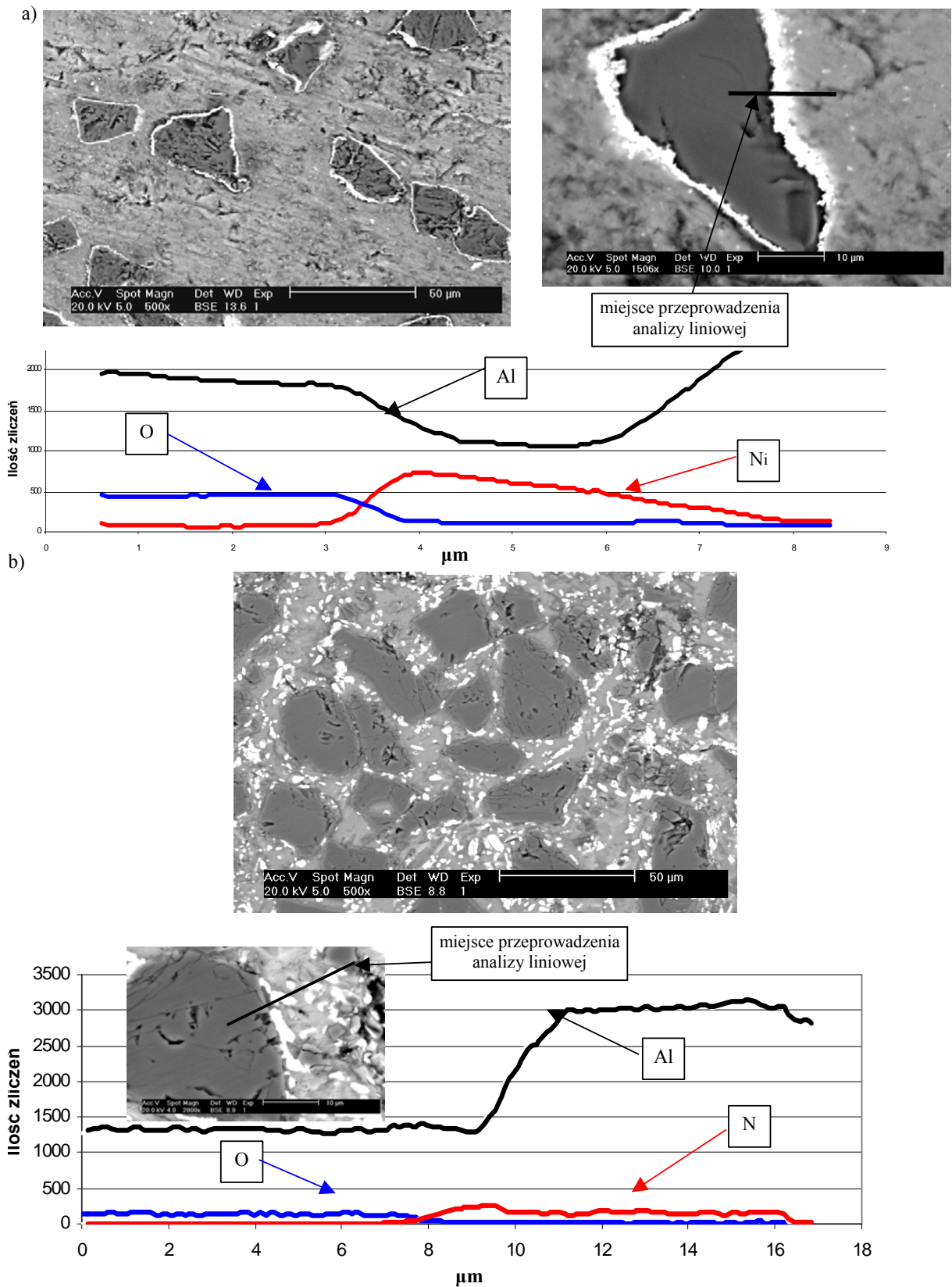
Udział zbrojenia, %	Siła prasowania kN	Temperatura spiekania, °C	Oznaczenie próbek
0	2	620	0/2/620
		650	0/2/650
		670	0/2/670
	4	560	0/4/560
		590	0/4/590
		620	0/4/620
10	2	560	10/2/560
		590	10/2/590
		620	10/2/620
		650	10/2/650
		670	10/2/670
		670	10/2/670
	4	560	10/4/560
		590	10/4/590
		620	10/4/620
		650	10/4/650
		670	10/4/670
		670	10/4/670
20	2	560	20/2/560
		590	20/2/590
		620	20/2/620
		650	20/2/650
		670	20/2/670
		670	20/2/670
	4	560	20/4/560
		590	20/4/590
		620	20/4/620
		650	20/4/650
		670	20/4/670
		670	20/4/670

W pierwszym etapie wykonano badania metalograficzne oraz przeprowadzono mikroanalizę składu chemicznego w mikroobszarach. Do badań wykorzystano zglądy metalograficzne wykonane sposobem tradycyjnym, szlifując na papierach ściernych o zmniejszającej się granulacji, a następnie polerując z wykorzystaniem

zawiesiny diamentowej o granulacji 3 i 1 μm . Badania mikroskopowe przeprowadzono na mikroskopie elektronowym Philips XL-30 LaB6.

Obserwacje mikroskopowe wykazały, że wykonane

metodą spiekania próbki materiału kompozytowego charakteryzują się wielofazową budową. Przy czym cząstki fazy zbrojącej posiadają zróżnicowaną wielkość - od kilku do kilkudziesięciu mikrometrów (rys. 1). Po-



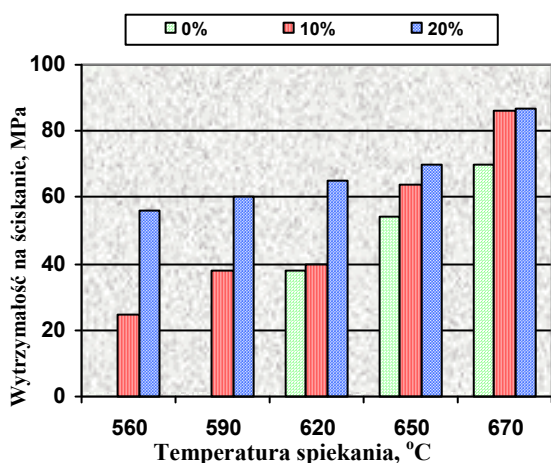
Rys. 1. Mikrostruktura próbek materiału kompozytowego (oznaczenie próbek w tabeli 1): a) próbka 10/4/560, b) próbka 10/2/620

Fig. 1. Composition material samples microstructure (samples description in table 1): a) sample 10/4/560, b) sample 10/2/620

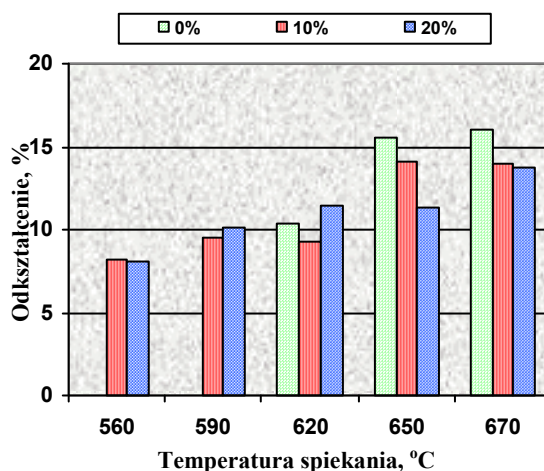
łączenie tych cząstek z osnową jest typu dyfuzyjno-adhezyjnego. Potwierdzeniem powyższego stwierdzenia są wyniki mikroanalizy liniowej, wykonane na granicy rozdziału faz badanych materiałów kompozytowych.

le rozrzutu wyników pomiaru). Natomiast największy wpływ na właściwości wytrzymałościowe wywiera zarówno ilość użytego zbrojenia, jak i rodzaj wielkość temperatury spiekania próbek materiału kompozytowego (rys. 2). Dotyczy to w szczególności poziomu uzys-

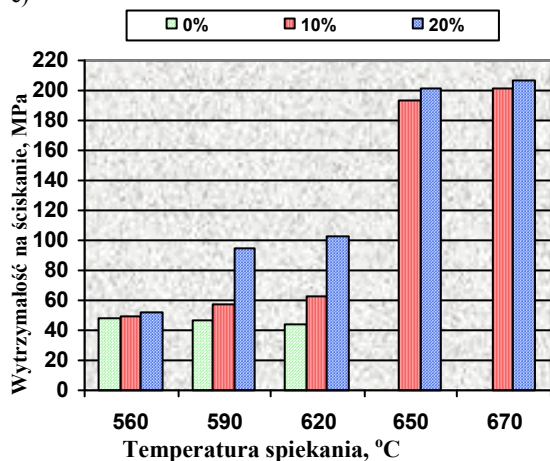
a)



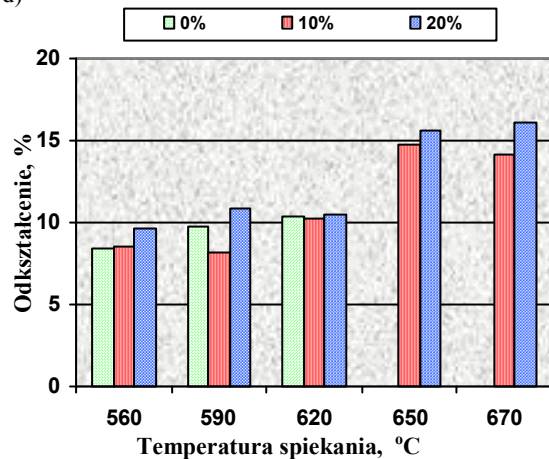
b)



c)



d)



Rys. 2. Wpływ temperatury spiekania i ilości zbrojenia na właściwości kompozytu: a) wytrzymałość na ściskanie (próbki prasowane podczas spiekania z siłą 2 kN), b) odkształcenie (próbki prasowane podczas spiekania z siłą 2 kN), c) wytrzymałość na ściskanie (próbki prasowane podczas spiekania z siłą 4 kN), d) odkształcenie (próbki prasowane podczas spiekania z siłą 4 kN)

Fig. 2. The influence of sintering and volume fraction of reinforce material: a) compression strength (the samples pressed during sintering with force 2 kN), b) plastic working (the samples pressed during sintering with force 2 kN), c) compression strength (the samples pressed during sintering with force 4 kN), d) plastic working (the samples pressed during sintering with force 4 kN)

W kolejnym etapie przeprowadzono badania wybranych właściwości mechanicznych. Badania wytrzymałości na ściskanie wykonano na maszynie wytrzymałościowej Instron typu 8501 Plus. W trakcie badań prowadzono ciągłą komputerową rejestrację wyników. Uzyskane wyniki badań wskazują na stosunkowo niewielki wpływ wielkości siły stosowanej przy spiekaniu próbek materiału kompozytowego na wytrzymałość na ściskanie. Zaobserwowano jedynie nieznaczną tendencję poprawy właściwości mechanicznych wraz ze wzrostem siły prasującej (wartość wzrostu mieści się w przedzia-

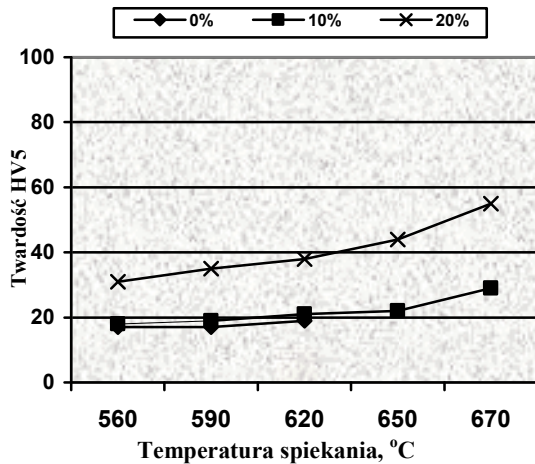
kiowanych maksymalnych naprężeń niszczących, przy których następowała utrata sprężystości próbki, co objawiało się widocznymi pęknięciami próbki i zagięciem krzywej ściskania.

W przypadku analizy wyników w zakresie uzyskanych parametrów plastyczności badanych próbek materiałów kompozytowych stwierdzono, że zarówno temperatura spiekania, jak i ilość użytego zbrojenia (w przedziale 10÷20%) ma stosunkowo niewielki wpływ (rys. 2b, d). Przy czym należy nadmienić, że odnotowuje

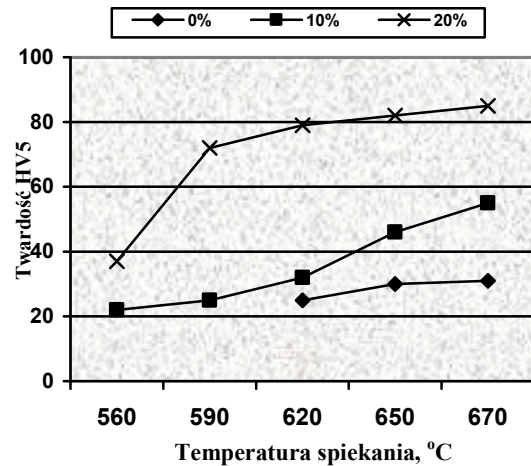
się pewną tendencją wzrostu plastyczności próbek materiału kompozytowego wraz ze wzrostem temperatury spiekania. Natomiast wpływ ilości zastosowanego zbrojenia w materiale kompozytowym jest niewielki, a jego tendencje są uzależnione od temperatury spiekania i siły prasowania stosowanych przy tym spiekaniu.

1. Zastosowanie cząstek Al_2O_3 z powłoką nikłową poprawia jakości połączenia cząstek z aluminiową osnową.
2. Zarówno temperatura spiekania, jak i ilość fazy zbrojącej powoduje wyraźne zmiany właściwości mechanicznych materiałów kompozytowych na osnowie

a)



b)



Rys. 3. Wpływ temperatury spiekania i ilości zbrojenia na twardość materiału kompozytowego: a) próbki prasowane podczas spiekania z siłą 2 kN, b) próbki prasowane podczas spiekania z siłą 4 kN

Fig. 3. The influence of filling temperature on composition properties: a) the samples pressed during sintering with force 2 kN, b) the samples pressed during sintering with force 4 kN

W ramach pomiarów twardości (metodą Vickersa) otrzymanych próbek materiału kompozytowego wykonano po 5 pomiarów dla każdej próbki. Analizując uzyskane wyniki badań, należy stwierdzić, że najwyższą twardością charakteryzują się próbki spiekane z siłą prasowania 4 kN (rys. 3). Należy zauważyć, że zwiększenie ilości zbrojenia prowadzi w konsekwencji również do zwiększenia wartości twardości, uzyskiwanych przez próbki w całym zakresie temperatur spiekania. Ponadto zaobserwowano, że im wyższą zastosowano temperaturę spiekania, tym różnica pomiędzy poszczególnymi poziomami twardości, uzyskiwanymi w wyniku spiekania z siłą prasowania 2 i 4 kN, stawała się coraz większa.

Na podstawie otrzymanych wyników można stwierdzić, że w celu osiągnięcia relatywnie wysokich wartości twardości należy zastosować zbrojenie w ilości około 20% i prowadzić spiekanie z siłą prasowania około 4 kN. Przy czym temperatura spiekania powinna wynosić co najmniej 600°C.

WNIOSKI

Przeprowadzone badania pozwoliły na sformułowanie następujących wniosków:

1. aluminium zbrojonych cząstkami Al_2O_3 .
2. Wzrost temperatury spiekania (do 650°C) wpływa na wzrost plastyczności i wytrzymałość na ścislenie badanych materiałów kompozytowych.
3. Wzrost temperatury spiekania (do 650°C) wpływa na wzrost plastyczności i wytrzymałość na ścislenie badanych materiałów kompozytowych.
4. Wraz ze wzrostem ilości fazy zbrojącej i temperatury spiekania badanych materiałów kompozytowych stwierdza się wzrost ich twardości.

LITERATURA

- [1] Sobczyk J., Metalowe materiały kompozytowe, Instytut Odlewnictwa, Kraków 1996.
- [2] Patejuk A., Gabrylewski M., Materiały kompozytowe stosowane w technice samochodowej, II Krajowa Kursokonferencja, 1998, 135-150.
- [3] Gabrylewski M., Patejuk A., Materiały kompozytowe z osnową metaliczną, Inżynieria Materiałowa 1997, 6.
- [4] Zarański Z., Patejuk A., Ocena jakości materiałów kompozytowych stosowanych w pojazdach samochodowych, IV Krajowa Kursokonferencja, 1999, 55-63.
- [5] Hyla I., Wybrane zagadnienia z inżynierii materiałów kompozytowych, PWN, Warszawa 1972.
- [6] Patejuk A., Durejko T., Badanie materiałów kompozytowych na osnowie aluminium zbrojonych cząstkami SiO_2 , Archiwum Odlewnictwa 2001, 1, 544-550.

Recenzent
Józef Gawroński

