Głównym celem zadania było opracowanie innowacyjnej technologii wytwarzania nowej generacji kształtowników z materiałów proszkowych wyciskanych przez matryce mostkowo-komorowe. Na podstawie przeprowadzonej analizy oraz wstępnych badań ustalono, że głównym materiałem kompozytowych mieszanek proszkowych będzie aluminium z dodatkami cząstek twardych w postaci SiC lub Al2O3.

Przeprowadzone badania modelowe, oparte o matematyczno-fizyczne modelowanie procesu wyciskania mieszanek proszkowych przez matryce mostkowo-komorowe, a także próby laboratoryjno-przemysłowe pozwoliły na sprecyzowanie wytycznych do projektowania technologii wytwarzania nowej generacji kształtowników z mieszanek proszkowych. Podstawowy schemat technologiczny otrzymywania kształtowników z mieszanek proszkowych wyciskanych przez matryce mostkowo-komorowe przedstawiony jest na rysunku 1.



Rys. 1. Podstawowy schemat technologiczny otrzymywania kształtowników z mieszanek proszkowych wyciskanych przez matryce mostkowo-komorowe

Projektując proces technologiczny, zgodnie z pokazanym na rysunku 1 schematem, szczególną uwagę musimy zwrócić na operację mieszania składników mieszanki proszkowej, w tym na wielkość mieszanych ze sobą cząstek metalu osnowy oraz dodatku umacniającego. Zgodnie z przeprowadzonymi badaniami, zaleca się aby wielkość cząstek proszku metalu osnowy była około cztery razy większa od wielkości cząstek umacniających. Aby ułatwić wprowadzenie mieszanki proszkowej do pojemnika prasy zaleca się umieszczenie jej w naboju przed operacją nagrzewania. Możemy także stosować wstępne zagęszczanie mieszanek proszkowych (np. do gęstości 70%). Powodzenie procesu wyciskania mieszanki proszkowej aby uzyskać z niej żądany kształtownik, zależy od właściwej konstrukcji matrycy mostkowo-komorowej i odpowiednio dobranych parametrów, temperatury oraz współczynnika wydłużenia podczas wyciskania. Poprawnie skonstruowana matryca musi zapewnić odpowiedni poziom naprężenia hydrostatycznego w komorze zgrzewania, niezbędnego do uzyskania wysokowytrzymałych zgrzewów. Przykładowa technologia wyciskania rur Ø 25 x 2 mm z kompozytu Al-SiC4 przedstawia się następująco:

1. Sporządzenie mieszanki proszkowej zawierającej 96% Al o wymiarze cząstek 70 -150 µm oraz 4 % węglika krzemu (SiC) o wymiarze cząstek 30 µm.
2. Uformowanie na drodze prasowania wlewka o średnicy 75 mm i długości 150 mm
z zastosowaniem ciśnienia prasowania ok. 100 MPa.
3. Nagrzanie wlewka do temperatury 460°C przez ok. 2 godz. w piecu elektrycznym oporowym.
4. Wyciskanie rur Ø 25 x 2 mm na matrycy mostkowej specjalnej konstrukcji.
5. Prostowanie rury przez rozciąganie (odkształcenie 1%).
6. Cięcie rury na odcinki.
7. Gotowy produkt.

Celem dodatkowych badań w roku 2015 było opracowanie założeń do nowej technologii otrzymywania kształtowników (rur) z mieszanek proszkowych na bazie stopów aluminium serii 6xxx przeznaczonych do obróbki cieplnej z dodatkiem cząstek twardych SiC lub Al2O3. Po analizie wytypowano do badań stop 6061 z dodatkiem 2 do 4% SiC lub Al2O3, który stwarza szansę na uzyskanie wyrobów (rur) o dobrych własnościach mechanicznych. Zaproponowano schemat technologii wytwarzania rur z mieszanek proszkowych na bazie stopu 6061 z dodatkiem SiC lub Al2O3. W toku prac badawczych opracowano dane dotyczące jednostkowych procesów technologii wytwarzania rur, obejmujące przygotowanie mieszanek proszkowych o 5 różnych składach, dobrano wsad i parametry procesu wyciskania oraz przeprowadzono próby przemysłowe wyciskania rur na prasie o nacisku 500T. Uzyskane w procesie wyciskania na gorąco przez matryce mostkowo-komorowe kształtowniki w postaci rur poddano badaniom własności mechanicznych i prób technologicznych, uzyskując informacje na temat ich własności mechanicznych z uwzględnieniem wytrzymałości zgrzewów.

Badaniami objęto także jakość powierzchni wyprodukowanych rur oraz ich strukturę zwłaszcza w obszarze zgrzewów. Wytworzone rury obrabiano cieplnie na stan T6 prowadząc proces przesycania z temperatury 540oC w wodzie, a następnie starząc sztucznie w temperaturze 185oC przez 6 godzin.

Analiza uzyskanych wyników z badań laboratoryjnych i przemysłowych była podstawą do zaprojektowania technologii otrzymywania rur o wymiarach Ø 25 x 2 mm ze stopu 6061 z 2% dodatkiem SiC wg następującego schematu:



Przedstawiając wytyczne do projektowania technologii wytwarzania nowej generacji kształtowników z mieszanek proszkowych wyciskanych przez matryce mostkowo-komorowe, a także zweryfikowane w praktyce technologie wyciskania rur Ø 25 x 2 mm z kompozytu Al-SiC4 oraz ze stopu 6061 z 2% dodatkiem SiC potwierdzono osiągnięcie założonego celu pracy.

W ramach realizacji zad. II.4. opublikowano następujące prace:

1. A. Rękas, A. Kuta, J. Zasadziński, G. Luty: Modelowanie numeryczne procesu wyciskania metalicznych materiałów porowatych. Rudy Metale R56 2011 nr 4, s. 208-211.
2. A. Rękas, J. Zasadziński, W. Libura, A. Kuta: Analiza numeryczna procesu zagęszczania i wyciskania proszku aluminium. Rudy Metale R56 2011 nr 12, s. 771-775.
3. J. Zasadziński, A. Rękas, J. Richert, W. Libura, D. Leśniak: Hot extrusion of Al/SiC powder throught porthole die, The tenth international Aluminium Extrusion Technology Seminar & Exposition: Miami, May 15–18, 2012, s. 132–133.
4. J. Zasadziński, A. Rękas, A. Kuta, J. Richert: Nowa generacja kształtowników z materiałów proszkowych i włóknowych wyciskanych przez matryce mostkowo-komorowe. Monografia pt. Zaawansowane materiały i technologie ich wytwarzania. Projekt POIG.01.01.02-00-015/09, Gliwice 2014, s. 449–462.
5. A. Kuta, A. Rękas, G. Tarnawski, J. Zasadziński; Charakterystyki siłowe wyciskania na gorąco proszków Al O różnej wielkości cząstek; Rudy Metale R.60, 2015, nr 12
6. A. Kuta, T. Latos, K. Zaborowski, J. Zasadziński; Analiza zagęszczalności proszków aluminium o różnej wielkości cząstek; Rudy Metale R.60, 2015, nr 12
7. J. Zasadziński, A. Kuta, T. Latos, K. Zaborowski; Własności mechaniczne rur z mieszanek proszkowych stopu 6061 z twardymi cząstkami SiC lub Al2O3 wytworzonych podczas wyciskania na gorąco przez matryce mostkowo-komorowe; Rudy Metale R.60 2015, nr 12