

# Opracowanie metody lutowania elementów wykonanych z WC/Co z dodatkiem TiC

Development of a method for brazing elements made from WC/Co with addition of TiC

WOJCIECH LEŚNIEWSKI  
MAREK WAWRYŁAK  
PIOTR WIELICZKO  
ANDRZEJ PIECZARA \*

DOI: 10.17814/mechanik.2016.5-6.73  
Międzynarodowa Konferencja IMT 2016

W artykule przedstawiono opracowanie metody wykonywania połączeń pomiędzy węglikiem spiekany WC/Co z dodatkiem 10% TiC a stalą, z wykorzystaniem metody lutowania twardego. Określono zwilżalność kształtek węglików spiekanych WC+TiC/Co przez ciekłe lutowie Cu87Mn10Co3. Próbki wykonanych połączeń lutowanych poddano badaniom wytrzymałości na ścinanie.

**SŁOWA KLUCZOWE:** materiały WC/Co, kinetyka zwilżania, lutowanie twarde

*The paper presents to develop a method of making joints between sintered carbide WC/Co with addition of 10% TiC and steel, using a method of brazing. The wettability of WC+TiC/Co substrates by liquid filler metal Cu87Mn10Co3 was determined. The brazed samples were subjected to shear strength measurements.*

**KEYWORDS:** WC/Co materials, wetting kinetics, brazing

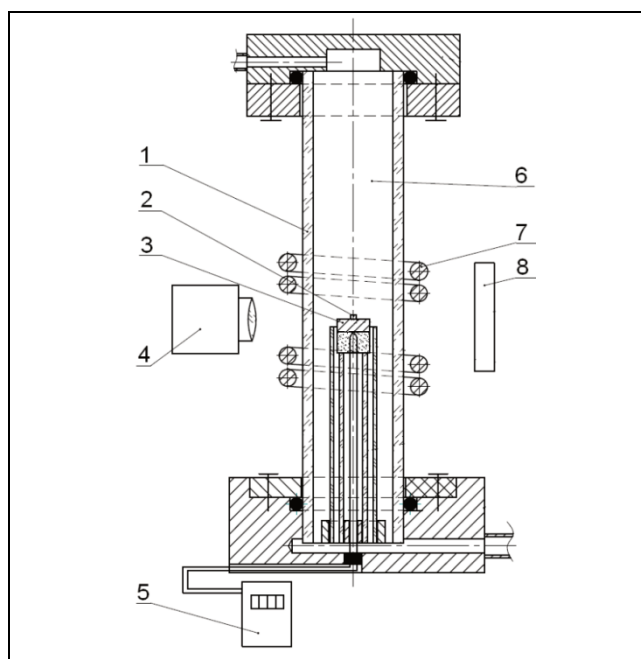
Uzyskanie wysokiej jakości narzędzi skrawających jest związane między innymi z prawidłowo wykonanym połączeniem węgla spiekane z podłożem stalowym. Celem pracy było opracowanie techniki lutowania kompozytowych materiałów opartych na WC/Co z dodatkiem 10% trudno zwilżalnej fazy TiC ze stalą. Określono zwilżalność kształtek węglików spiekanych WC+TiC/Co przez ciekłe lutowie Cu87Mn10Co3. Obraz próbki lutownicy umieszczonej na ogrzewanym wraz z nią podłożu WC/Co rejestrowano szybką kamerą cyfrową. Zarejestrowane obrazy umożliwiły porównanie zwilżalności powierzchni węglików śrutowanych oraz dodatkowo poddanych trawieniu elektrochemicznemu.

Wykonano serię połączeń lutowanych w atmosferze ochronnej wykorzystując prostopadłościennie kształtki WC+TiC/Co, podłoża stalowe, niklową siatkę lutowniczą oraz lutowie Cu87Mn10Co3. Uzyskane wyniki pozwoliły wybrać optymalną metodę przygotowania powierzchni WC+TiC/Co przeznaczonej do lutowania na podłożu stalowym.

## Pomiar zwilżalności

Węglik spiekane typu WC/Co należą do materiałów słabo zwilżalnych lutami twardymi. Przyczyną tego jest występowanie na powierzchni materiału trudno zwilżalnych tlenków wolframu. TiC dodatkowo obniża zwilżalność węglików spiekanych [1]. Do pomiaru zwilżalności powierzchni węglików spiekanych wykorzystano „Stanowisko do pomiaru kinetyki zwilżania podłoża lutowniczych” opracowane

w firmie Gonar Bis Sp. z o.o. [2] umożliwiające przeprowadzenie pomiarów w mieszkach gazowych ochronno-redukcyjnych w cylindrycznej komorze kwarcowej otoczonej roboczą cewką indukcyjnego generatora zasilającego. Zestaw pomiarowy złożony z cylindrycznej kształtki (podłoża) WC+TiC/Co  $\varnothing = 17,8$  mm,  $h = 4,5$  mm oraz próbki lutownicy  $\varnothing = 3$  mm,  $h = 2$  mm umieszcza się w komorze kwarcowej na wysokości cewki roboczej.



Rys. 1. Stanowisko do pomiaru kinetyki zwilżania podłoża lutowniczych: 1 – rura kwarcowa, 2 – próbka lutownicy, 3 – podłoże WC+TiC/Co, 4 – szybka kamera cyfrowa, 5 – rejestrator temperatury, 6 – komora robocza, 7 – cewka generatora, 8 – oświetlenie komory roboczej

Po włączeniu zasilania następuje stopniowy wzrost temperatury zestawu pomiarowego. Geometria cewki pozwala na rejestrację procesu rozplwiania lutownicy na powierzchni badanych podłoża z wykorzystaniem szybkiej kamery cyfrowej.

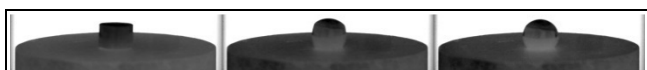
W celu zwiększenia zwilżalności węglików w produkcji przemysłowej ich powierzchnia jest śrutowana kulkami stalowymi. Następuje oczyszczenie powierzchni oraz uzyskanie morfologii powierzchni ułatwiającej rozplwianie lutownicy. Ponieważ próbki podłoża WC+TiC/Co po procesie śrutowania charakteryzowały się słabą zwilżalnością, dodatkowo modyfikowano je metodą elektrochemicznego wytrawiania [3, 4]. Podczas trawienia usuwane są znajdujące się przy

\* Mgr inż. Wojciech Leśniewski (wojciech.lesniewski@iod.krakow.pl), mgr Marek Wawrylak (marek.wawrylak@iod.krakow.pl), mgr inż. Piotr Wieliczko (piotr.wieliczko@iod.krakow.pl) – Instytut Odlewnictwa; mgr inż. Andrzej Pieczara (andrzej@gonar.com.pl) – Gonar Bis Sp. z o.o.

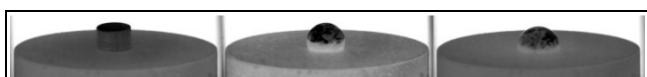
powierzchni ziarna WC, odsłaniając łatwo zwilżalny materiał osnowy (Co). Trawienie elektrochemiczne próbek węglików prowadzono w 4-molowym roztworze NaOH przez 10 min oraz przez 30 min.

Pierwsze efekty związane z topieniem lutowia (zauważalna zmiana kształtu lutowia – początek rejestracji) pojawiały się w temperaturze 980 °C. Próbkę podgrzewano do temperatury 1050 °C, natomiast rejestrację kończono w momencie ustabilizowania obrazu rozplywającej się kropli lutowia.

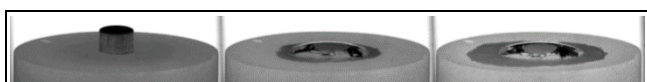
Na rys. 2 przedstawiono wybrane obrazy zarejestrowane podczas próby zwilżania śrutowanej powierzchni WC+TiC/Co, natomiast na rys. 3 i 4 przedstawiono wybrane obrazy dla powierzchni WC+TiC/Co śrutowanych, a następnie modyfikowanych elektrochemicznie przez 10 min oraz 30 min. Dla porównania na rys. 5 przedstawiono wybrane obrazy rozplywania lutowia na podłożu szlifowanej stali 40HM.



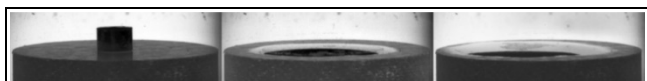
Rys. 2. Zarejestrowany obraz próbki lutowia na podłożu WC+TiC/Co po procesie śrutowania powierzchni



Rys. 3. Zarejestrowany obraz próbki lutowia na podłożu WC+TiC/Co po procesie śrutowania oraz 10 min modyfikacji elektrochemicznej



Rys. 4. Zarejestrowany obraz próbki lutowia na podłożu WC+TiC/Co po procesie śrutowania oraz 30 min modyfikacji elektrochemicznej

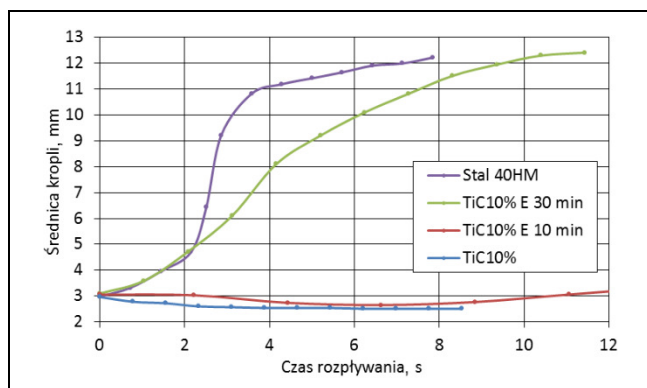


Rys. 5. Zarejestrowany obraz próbki lutowia na podłożu szlifowanej stali 40HM

Wartości kątów zwilżania zmierzone po zakrzepnięciu lutowia wynoszą odpowiednio około 121°, 83°, 18° oraz 6° dla powierzchni stalowej.

Zarejestrowane obrazy kropli umożliwiały pomiar średnicy rozplywającego się lutowia. Stała szybkość rejestracji wynosząca 530 fps, pozwalała na pomiar czasu pomiędzy wybranymi klatkami filmu.

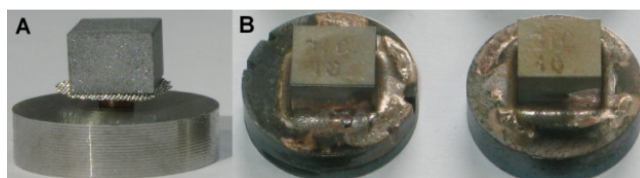
Uzyskane dane umożliwiły sporządzenie wykresu przedstawiającego średnicę rozplywającej się kropli lutowia w funkcji czasu (rys. 6).



Rys. 6. Wykres średnicy kropli lutowia w funkcji czasu trwania procesu

## Badanie wytrzymałości połączeń lutowanych

Doświadczalne połączenia lutowane wykonano z użyciem „Urządzenia do wykonywania połączeń lutowanych w atmosferach redukcyjno-ochronnych” w warunkach analogicznych jak w pomiarach zwilżalności [5]. Do wykonania połączeń lutowanych zastosowano prostopadłościenną kształtki WC+TiC/Co o wymiarach 7 × 8 × 5 mm modyfikowane elektrochemicznie przez 30 min, podłoża stalowe  $\varnothing = 17,8$  mm,  $h = 4,5$  mm, niklową siatkę lutowniczą oraz lutowie Cu87Mn10Co3  $\varnothing = 3$  mm,  $h = 2$  mm. Zestaw lutowniczy przedstawiono na rys. 7a, natomiast wykonane połączenia lutowane – na rys. 7b.



Rys. 7. Zestaw lutowniczy przygotowany do procesu lutowania (a) oraz próbki wykonanych połączeń (b)

Wykonane połączenia poddano badaniom na obciążenia ścinające. Pomiar przeprowadzono na maszynie wytrzymałościowej typu EU 20, wykorzystując w tym celu specjalnie zaprojektowany w Instytucie Odlewnictwa uchwyt ścinający. Uzyskane wartości sił ścinających mieszczą się w przedziale 250÷300 MPa, co jest wartością porównywalną z wytrzymałością połączeń lutowanych wykonywanych w warunkach przemysłowych.

## Podsumowanie

Powierzchnia WC+TiC/Co przygotowana do procesu lutowniczego jedynie metodą śrutowania charakteryzuje się bardzo niską zwilżalnością przez ciekły stop Cu87Mn10Co3, o czym świadczy kąt zwilżania wynoszący ok. 121°. Trawienie elektrochemiczne powierzchni węgla w sposób znaczący zwiększa jego zwilżalność lutowiem. Uzyskana struktura powierzchni WC+TiC/Co otrzymana przez zastosowanie śrutowania, a następnie 30 min modyfikacji elektrochemicznej, pozwala uzyskać kąty zwilżania poniżej 18°. Dla porównania na powierzchni szlifowanej stali uzyskuje się kąty zwilżania mniejsze od 6°. Uzyskane kąty zwilżania obu materiałów mieszczące się w zakresie od 6° do 18° pozwalają na wykonywanie połączeń lutowanych w atmosferach ochronno-redukcyjnych z pominięciem tradycyjnych topników.

Przedstawione wyniki stanowią rezultaty badań przeprowadzonych w ramach projektu INNOTECH-K2/IN2/20/181917/NCBR/13.

## LITERATURA

- Mirski W. „Spajanie węglików spiekanych ze stalą”. Wrocław: Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, 2011.
- Zgłoszenie patentowe nr P.4682558 Gonar-Bis Sp. z o.o.
- Mirski Z., Piwowarczyk T. „Analysis of adhesive properties of B2 hardmetal surface”. *Archives of Civil and Mechanical Engineering*. Vol. 9, No. 2 (2009): pp. 93÷104.
- Mirski Z., Piwowarczyk T. „Wettability of hardmetal surfaces prepared for brazing with various methods”. *Archives of Civil and Mechanical Engineering*. Vol. 9, No. 2 (2011), pp. 411÷419.
- Król S., Pieczara A., Piotrowski T. „Impact of the electrochemical modification of WC-Co materials on the wetting of their surface by copper-based filler metals”. *Ochrona przed Korozją*. nr 11 (2015): pp. 432÷436.