

Effect of laser surface preparation on ultracompressive wire bonding of two-component CucorAl wires in the battery industry

Wpływ laserowego przygotowania powierzchni na zgrzewanie ultrakompresyjne drutów dwukomponentowych CucorAl w przemyśle bateryjnym



DOI: 10.15199/62.2024.11.20

Welding tests were carried out on laser-cleaned and uncleaned surfaces using a two-component CucorAl wire with a diam. of 400 μm . The obtained joints were subjected to shear tests on a testing machine. Omitting the laser cleaning process before welding had a neg. effect on the stability of the welding process and the qual. of the joint.

Keywords: ultracompression, wire bonding, battery welding, Li-Ion

Zgrzewanie ultrakompresyjne drutów, zwane również *wire bonding*, jest techniką wykonywania połączeń elektrycznych za pomocą drutów o średnicach 10–600 μm ¹⁾. Cechuje się ona wysoką elastycznością produkcji, pozwalającą na uproszczenie budowy łączonych elementów. Z tego względu metoda ta cieszy się rosnącą popularnością w przemyśle bateryjnym²⁾, gdzie wykorzystywana jest do wykonywania połączeń pomiędzy cylindrycznymi ogniwami elektrycznymi Li-Ion w procesie produkcji pakietów bateryjnych. Zastosowanie tej techniki łączenia pozwala na znaczne uproszczenie elementów samego pakietu, pomaga niwelować wady wynikające z różnic w rozszerzalności cieplnej łączonych materiałów oraz znacznie ułatwia późniejszy recykling zużytych lub uszkodzonych pakietów³⁾.

Produkcja przy wykorzystaniu metody ultrakompresyjnego zgrzewania drutów prowadzona jest z reguły na

Przeprowadzono badania wpływu laserowego oczyszczania powierzchni na powtarzalność procesu zgrzewania dwukomponentowego drutu Heraeus CucorAl Plus o średnicy 400 μm w celu określenia konieczności stosowania tego rodzaju przygotowania powierzchni przed procesem zgrzewania. Wcześniejsze badania wykazały znaczący wpływ stanu powierzchni łączonych materiałów na właściwości mechaniczne złącza wykonanego drutem jednokomponentowym wykonanym z wysokiej czystości aluminium.

Słowa kluczowe: ultrakompresja, ultrakompresyjne zgrzewanie drutów, zgrzewanie baterii, Li-Ion

wysoce zautomatyzowanych maszynach⁴⁾, co wymaga zapewnienia wysokiej powtarzalności warunków zgrzewania. Wcześniejsze badania wykazały znaczący wpływ stanu powierzchni łączonych materiałów na właściwości mechaniczne powstałego złącza. Wykazano w nich, że laserowe czyszczenie powierzchni pozwala na otrzymanie bardziej powtarzalnych spoin w procesie zgrzewania ogniwa N18650CP BAK A02 za pomocą drutu o średnicy 400 μm wykonanego z wysokiej czystości aluminium⁵⁾.

Celem pracy było zbadanie wpływu laserowego oczyszczenia powierzchni na powtarzalność procesu zgrzewania dwukomponentowego drutu Heraeus CucorAl Plus o średnicy 400 μm , aby określić, czy konieczne jest stosowanie tego rodzaju przygotowania powierzchni przed procesem zgrzewania.

Część doświadczalna

Surowce

Proces zgrzewania prowadzony był na powierzchni dodatkowego bieguna cylindrycznego ogniwa elektrycznego N18650CP BAK A02. Materiał wykorzystany w procesie zgrzewania to dwukomponentowy drut Heraeus CucorAl PLUS składający się z rdzenia wykonanego z miedzi o wysokiej czystości (min. 99,99% Cu) oraz zewnętrznej powłoki wykonanej z aluminium wysokiej czystości (min. 99,99% Al)⁶⁾. Stosunek pola powierzchni przekroju rdzenia drutu do pola przekroju jego zewnętrznej powłoki wynosił 45/55.



Mgr inż. Krzysztof BIELISZCZUK (ORCID: 0000-0003-1837-9250) w roku 2019 ukończył studia na Wydziale Mechanicznym Technologicznym Politechniki Warszawskiej. Jest zatrudniony na stanowisku asystenta w Zakładzie Inżynierii Spajania Instytutu Technik Wytwarzania tej samej uczelni. Specjalność – techniki zgrzewania stosowane w przemyśle bateryjnym, w szczególności ultrakompresyjne zgrzewanie drutów.

* Adres do korespondencji:

Instytut Technik Wytwarzania, Politechnika Warszawska, ul. Narbutta 85, 02-524 Warszawa, tel./fax.: (22) 849-97-97, e-mail: krzysztof.bieliszczuk@pw.edu.pl

Table. Comparison of shear test results of cleaned and non-cleaned samples

Tabela. Porównanie wyników testów ścinania dla czyszczonych i nie czyszczonych próbek

Parametr	Parametry zgrzewania 1		Parametry zgrzewania 2	
	bez czyszczenia	czyszczone	bez czyszczenia	czyszczone
Mediana, cN	796,69	1756,75	1768,85	2569,65
Odchylenie standardowe, cN	535,08	180,47	331,09	172,06
Odchylenie standardowe, % mediany	67	10	19	7

Metodyka badań

Próbki przygotowane zostały za pomocą zgrzewarki Hesse Machatronics BJ985 uzbrojonej w głowicę RKB-03. Zgrzewanie odbywało się za pomocą sonotrody 65408-400 przystosowanej do zgrzewania drutów o średnicy zewnętrznej 400 μm . Częstotliwość ultradźwięków wynosiła 58 kHz.

Próby zrywania przeprowadzono w maszynie wytrzymałościowej Xyztec Sigma za pomocą obrotowego noża ścinającego oraz sensora o zakresie pomiarowym 100 N. Ścinanie odbywało się w płaszczyźnie położonej 40 μm powyżej powierzchni ogniwa, zgodnie z normą⁷⁾. Do określenia wzoru pęknięć wykonano zdjęcia mikroskopowe materiału pozostałego na powierzchni ogniwa po próbie ścinania, za pomocą mikroskopu optycznego Olympus BX51 wyposażonego w kamerę Olympus DP23.

Proces zgrzewania przeprowadzony został dla dwóch różnych zestawów parametrów. Pierwszy zestaw parametrów był identyczny jak w przypadku wcześniejszych badań, w których stosowano drut wykonany w całości z aluminium wysokiej czystości⁵⁾. Drugi zestaw parametrów dobrany został w taki sposób, aby w procesie zgrzewania uzyskać odkształcenie drutu na poziomie 1/3 jego zewnętrznej średnicy.

Wyniki badań

Wykres parametrów zgrzewania w postaci przebiegu siły docisku sonotrody i natężenia prądu zasilającego generator ultradźwięków przedstawiono na rys. 1.

Na podstawie wyników otrzymanych w trakcie próby ścinania połączeń można stwierdzić, że pominięcie procesu czyszczenia laserowego przed zgrzewaniem miało negatywny wpływ na stabilność procesu zgrzewania. Jest to szczególnie dobrze widoczne dla pierwszego zestawu parametrów zgrzewania, dla którego odchylenie standardowe wyniosło 67% mediany. Dla drugiego zestawu parametrów również zaobserwowano znaczny wzrost wartości odchylenia standardowego oraz spadek siły, przy

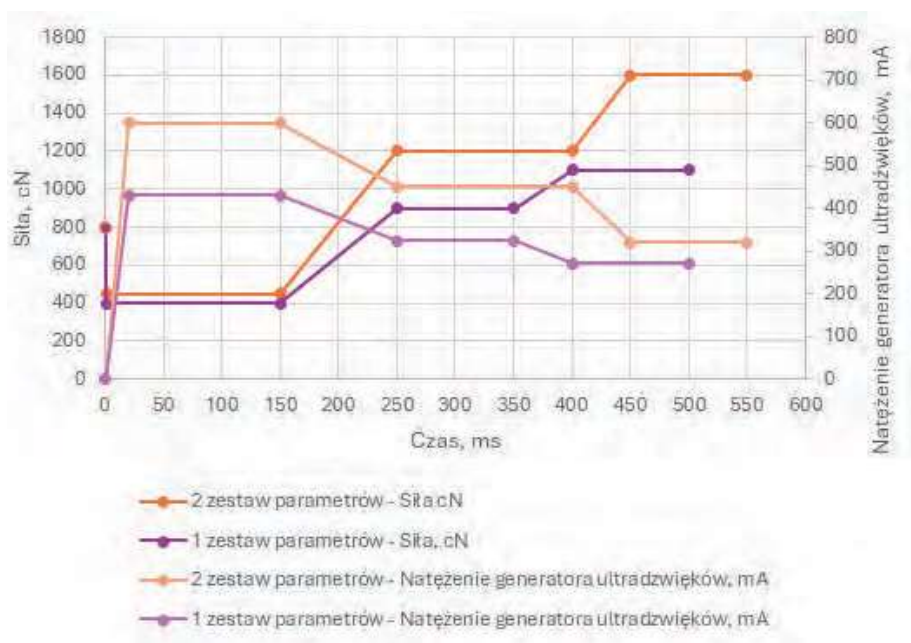


Fig. 1. Welding parameters chart

Rys. 1. Wykresy parametrów zgrzewania

której następowało zniszczenie złącza. Warto zauważyć, że różnice nie były już tak duże jak w przypadku poprzednich badań wykonanych dla drutów aluminiowych. Może to sugerować, że w przypadku jeszcze twardszych materiałów



Fig. 2. Wire material remaining on the battery surface after shear test with 2th (left) and 1st (right) set of process parameters

Rys. 2. Materiał drutu pozostały na powierzchni ogniwa po próbie ścinania dla drugiego (po lewej) i pierwszego (po prawej) zestawu parametrów zgrzewania



Fig. 3. Discontinuities in the interface area for the 1st set of welding parameters (200× magnification)

Rys. 3. Nieciągłości w obszarze spoiny dla pierwszego zestawu parametrów zgrzewania (powiększenie 200×)

drutu, takich jak miedź wysokiej czystości, może istnieć możliwość pominięcia tego etapu procesu produkcyjnego z zachowaniem zadowalających właściwości wytrzymałościowych powstałego złącza.

W celu określenia wzoru pęknięć wykonano zdjęcia mikroskopowe materiału pozostałego na powierzchni ogniwa po próbie ścinania. Wyniki próby ścinania zestawiono w tabeli. Analiza mikroskopowa pozostałości drutu na powierzchni ogniwa po próbie ścinania przedstawiona na rys. 2 wykazuje, że do pęknięcia doszło na granicy łączonych materiałów. Złącze wykonane z drugim zestawem parametrów procesu również w tym przypadku wykazało lepsze, lecz niezadowalające właściwości powstałego połączenia.

Analiza metalograficzna przekroju złącza wykazała brak ciągłości spoiny w obszarze złącza dla pierwszego zestawu parametrów zgrzewania, co przedstawiono na rys. 3. Złącza wykonane z drugim zestawem parametrów wykazywały ciągłość w całym obszarze złącza.

Podsumowanie

Badania potwierdziły konieczność laserowego czyszczenia powierzchni w procesie wykonywania ultrakompresyjnych połączeń drutowych na powierzchni cylindrycznych ogniw bateryjnych. W przypadku drutu dwukomponentowego zgrzewanego na zoptymalizowanych dla niego parametrach proces czyszczenia laserowego nie miał aż tak dużego wpływu na powstałe złącze, jak miało to miejsce w przypadku bardziej miękkich materiałów. Może to sugerować, że zastosowanie drutów miedzianych w procesie łączenia baterii może pozwolić na wyeliminowanie czyszczenia laserowego z procesu produkcyjnego pakietów bateryjnych.

Otrzymano: 03-10-2024

Zrecenzowano: 18-10-2024

Zaakceptowano: 24-10-2024

Opublikowano: 20-11-2024

LITERATURA

- [1] R. Schemmel, V. Krieger, T. Hemsel, W. Sextro, *Microelectron. Reliab.* 2021, **119**, 114077, Apr. 2021, doi: 10.1016/J.MICROREL.2021.114077.
- [2] P. Stavropoulos, K. Sabatakakis, H. Bikas, *Batteries* 2024, **10**, nr 5, 146, doi: 10.3390/batteries10050146.
- [3] R. Schimanek, P. Bilge, F. Dietrich, *Procedia CIRP* 2023, **116**, 227, doi: 10.1016/J.PROCIR.2023.02.039.
- [4] H.K. Charles, [w:] *Materials for advanced packaging* (D. Lu, C.P. Wong), Springer, 2009, doi: 10.1007/978-0-387-78219-5_4.
- [5] K. Bieliszczuk, J. Zręda, T.M. Chmielewski, *Coatings* 2024, **14**, 445, doi: 10.3390/COATINGS14040445.
- [6] Heraeus Electronics GmbH & Co.KG, 'TDS_CucorAL_PLUS', HET16036-1122-3, https://www.heraeus.com/media/media/het/doc_het/brochures_en_1/TDS_CucorAL_PLUS.pdf, dostęp 26.06.2024 r.
- [7] DVS 2811:2017-02, *Test procedures for wire bonded joints*.

chemik-czasopismo.pl

czasopismo naukowo-techniczne science technical journal

CHEMIK

nauka • technika • rynek science • technique • market

CZASOPISMO PEŁNE CHEMII

Odkrywaj publikuj inspiruj

Chemia stosowana: badania stosowane, technika, technologia przemysłowa, kontrola procesów, zarządzanie: jakością, środowiskiem i bezpieczeństwem oraz zagadnienia organizacyjno-prawne.

nauka

technika

rynek

Decyzją Zarządu Głównego SITPChem, publikacja prac naukowych do końca 2024 r. jest dla autorów bezpłatna. Warunkiem przyjęcia pracy jest pozytywna ocena recenzentów (obowiązuje dwustopniowy proces recenzji).

"CHEMIK" Czasopismo Naukowo-Techniczne założone w 1948 roku. Wydawane od 2022 r. przez Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Przemysłu Chemicznego i Politechnikę Wrocławską