

Wpływ stanu powierzchni na wytrzymałość połączenia elementów blaszanych metodą klinczowania

PAWEŁ LONKWIC *, IRENEUSZ USYDUS **

Klinczowanie stanowi alternatywę dla łączenia elementów metalowych wykonywanych z blachy o grubości do 2 mm bez konieczności stosowania dodatkowych łączników typu śruba, nit czy spaw. Jest to metoda oparta na plastycznej deformacji materiału, która jest wywoływana poprzez stempel i matrycę urządzenia klinczującego. Metoda jest stosowana w ogrzewnictwie, chłodnictwie przemysłowym czy też przy produkcji drobnych elementów z cienkich blach. Elementy, które są łączone za pomocą klinczowania, a są elementami widocznymi wymagają lakierowania – często proszkowego. Częstym dylematem jest wówczas określenie czy elementy powinny być lakierowane przed procesem klinczowania czy po – zwłaszcza w przypadkach występowania obciążeń montażowych lub eksploatacyjnych po montażu detali.

W artykule zaprezentowano analizę wpływu położenia warstwy lakieru proszkowego na wytrzymałość połączenia klinczowanego. Badaniom poddano próbki wykonane ze stalowej blachy ocynkowanej o grubości 0,7 i 1,0 mm w różnych wariantach lakierowania.

Wstęp

Wybór prawidłowej technologii łączenia jest kluczowym aspektem projektowania i wytwarzania wyrobów. Nowe rozwiązania konstrukcyjne wyrobów, zmuszające do łączenia różnorodnych materiałów oraz oszczędność energii, a także zmniejszenie ich masy, generują potrzebę stosowania nowych technik łączenia. Znanych jest wiele sposobów łączenia blach o grubości do 2 mm, np. połączenia: skręcane, nitowane, lutowane oraz lutospawane [2, 3, 4], dających w efekcie podobne geometryczne i mechaniczne cechy złącza. Klinczowanie, jako jedna z innowacyjnych metod łączenia materiałów metalowych została opracowana

jako połączenie procesu tłoczenia i prasowania.

Proces łączenia realizowany jest za pomocą stempla i matrycy bez użycia dodatkowych łączników typu śruba lub nit. Przykład połączenia klinczowanego przedstawiono na rysunku 1.

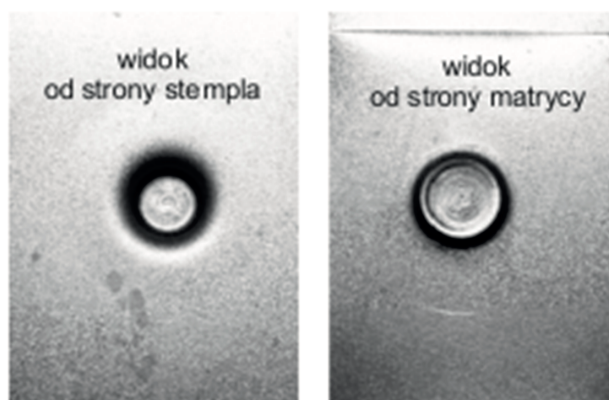
Klincz może mieć kształt okrągły, owalny lub trapezoidalny [5], który jest ściśle związany z kształtem matrycy i stempla. Procesowi klinczowania poddawane są elementy wykonane z blach o grubości do 2 mm, które mogą być wstępnie kształtowane na zimno poprzez proces np. gięcia lub elementy, które nie są formowane przed operacją klinczowania. Przykładowe detale, które można łączyć tą metodą pokazano na rysunku 2.

Klinczowanie odbywa się za pomocą ręcznych narzędzi w przypadku klinczowania małych elementów lub klinczarek stacjonarnych, w przypadku klinczowania elementów o gabarytach nie pozwalających na ich ręczne ustawienie względem siebie w sposób precyzyjny.

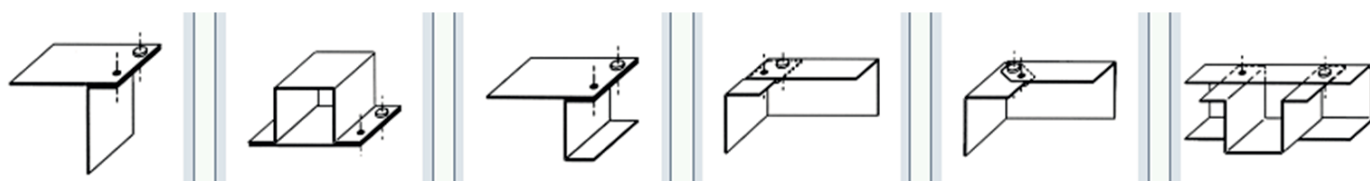
Przygotowanie widocznych elementów do klinczowania wymaga pokrycia powierzchni blachy warstwami wykończeniowymi np.: poprzez lakierowanie proszkowe. Proces ten można realizować dwoma sposobami. Pierwszy sposób polega na lakierowaniu detali po klinczowaniu. Zaletą tego sposobu jest to, że cały element jest pokryty równą warstwą lakieru tworząc jednolitą powierzchnię. Wadą natomiast jest to, że w przypadku elementów, których poszczególne części są narażone na ugięcia, w miejscach ich łączenia lakier może pękać. Drugi sposób polega na lakierowaniu elementów przed proce-

* Dr inż. Paweł Lonkwic, e-mail: plonkwic@gmail.pl, Mgr inż. Ireneusz Usydus, Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Chełmie, Centrum Studiów Inżynierskich, ul. Poczтовая 54, 22-100 Chełm

sem klinczowania. Zaletą tego sposobu jest to, że każdy element jest polakierowany na wszystkich płaszczyznach, tym samym jest dokładnie zabezpieczony przed korozją. Wadą natomiast tego sposobu jest, że wprowadzane są dodatkowe warstwy między klinczowane detale, powodując tym samym osłabienie połączenia. Dołożenie dodatkowych mikro warstw powoduje, że w czasie procesu łączenia elementów klincz nie zostaje właściwie zaciśnięty, co w rezultacie powoduje, że próbki nie są właściwie połączone, a połączenie może być osłabione.



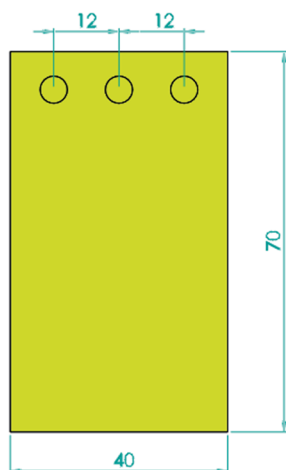
Rys. 1. Próbka z wykonanym klinczem a) od strony stempla, b) od strony matrycy [1]



Rys. 2. Przykładowe wykorzystanie metody klinczowania do łączenia elementów wykonanych z blachy [7]

Opis badań doświadczalnych

W niniejszej pracy przedstawiono wyniki badań własnych nad wpływem warstwy lakieru proszkowego na wytrzymałość złącza klinczowanego. Do badań użyto blach gatunku DX51D o grubościach 0,7 oraz 1 mm łączonych jednoimiennie. Próbki, pokazane na rysunku 3, przygotowano w czterech wykonaniach dla każdej grubości. Ich oznaczenie używane w dalszej treści przedstawiono w Tabeli 1.



Rys. 3. Wymiary próbek użytych w badaniach

Tabela 1. Warianty próbek i ich oznaczenie

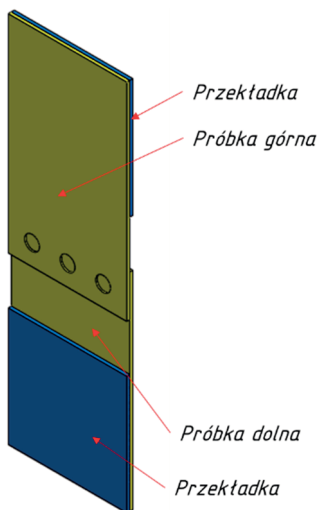
| Grubość blachy mm | Pokrycie | Oznaczenie próbki |
|-------------------|--------------------------------|-------------------|
| 0,7 | brak | 0,7b |
| | wewnątrz połączenia | 0,7w |
| | zewnątrz połączenia | 0,7z |
| | wewnątrz i zewnątrz połączenia | 0,7wz |
| 1,0 | brak | 1b |
| | wewnątrz połączenia | 1w |
| | zewnątrz połączenia | 1z |
| | wewnątrz i zewnątrz połączenia | 1wz |

Wszystkie próbki zostały połączone trzema klinczami o średnicy 3 mm według schematu pokazanego na rysunku 4.

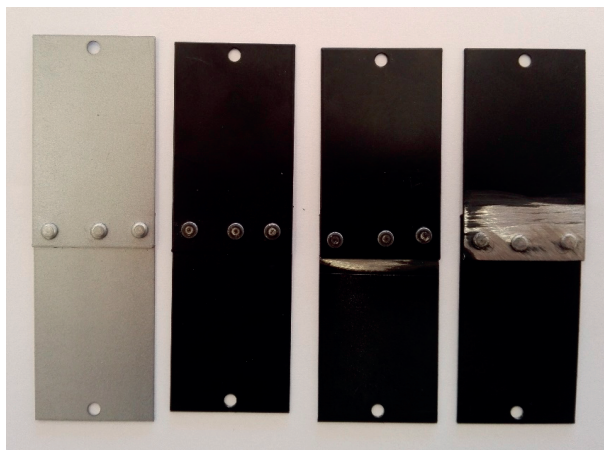
W celu zapewnienia osiowości rozciągania próbek zastosowano przekładki (kolor niebieski na rysunku 4), które były umiejscowione w szczękach maszyny pomiarowej. Badania wykonano na maszynie wytrzymałościowej HT-2010s firmy Hungta z prędkością 5 mm/min. Wartości sił zrywających próbki obliczo-

no jako średnią arytmetyczną z 5 pomiarów. W próbkach oznaczonych jako 0.7w, 1w, 0.7z oraz 1z, przed procesem klinczowania z powierzchni w miejscu łączenia lakier został usunięty w sposób mechaniczny. Usuwanie lakieru było konieczne z uwagi na technologię lakierowania proszkowego i osadzania się go na całej próbce.

Na rysunku 5 pokazano przygotowane do zrywania próbki we wszystkich



Rys. 4. Schemat połączenia próbek do badań wytrzymałościowych



Rys. 5. Próbki poddawane badaniom, od lewej: 0,7b, 0,7wz, 0,7z, 0,7w

wersjach wykonania. Klinczowanie próbek wykonano za pomocą ręcznej klinczarki firmy BTM (rysunek 6) zasilanej z sieci sprężonego powietrza o wartości ciśnienia 0,6 MPa. Zastosowana do wykonania próbek klinczarka charakteryzowała się następującymi parametrami [6]:

- maksymalną siłą formująca 34 kN,
- maksymalny czas cyklu klinczowania 1,5 sek,
- ciśnienie pracy 0,6 MPa,
- maksymalną grubość klinczowanych detali 2 mm.

Punkty klinczowania zostały zaznaczone metodą trasowania powierzchniowego na wykrawarce firmy Euromac.

Wyniki badań

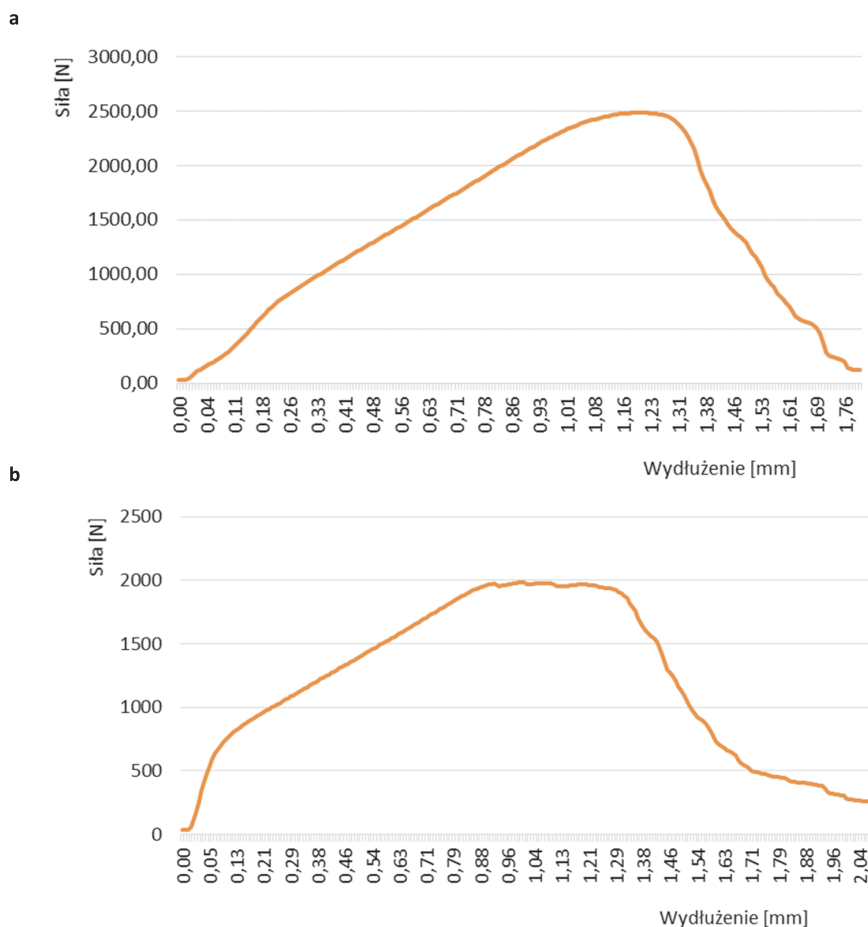
Na kolejnych rysunkach zaprezentowano wykresy zrywania próbek: na rysunku 7 – wykonanych z blachy o grubości 0,7 mm, a na rysunku 8 – wykonanych z blachy 1,0 mm.

Na rysunku 9 zaprezentowano wyniki obliczonych średnich wartości sił zrywających klinczowane próbki w formie porównania dla poszczególnych wykonań i grubości blach.

Z wykresów na rysunku 8 wynika, że warstwa wykończeniowa ma istotny wpływ na wartość siły zrywającej bez względu na grubości blachy, z której wykonane zostały próbki. Uzyskana największa wartość siły zrywającej dla



Rys. 6. Klinczarka firmy BTM model UNICROC [6]

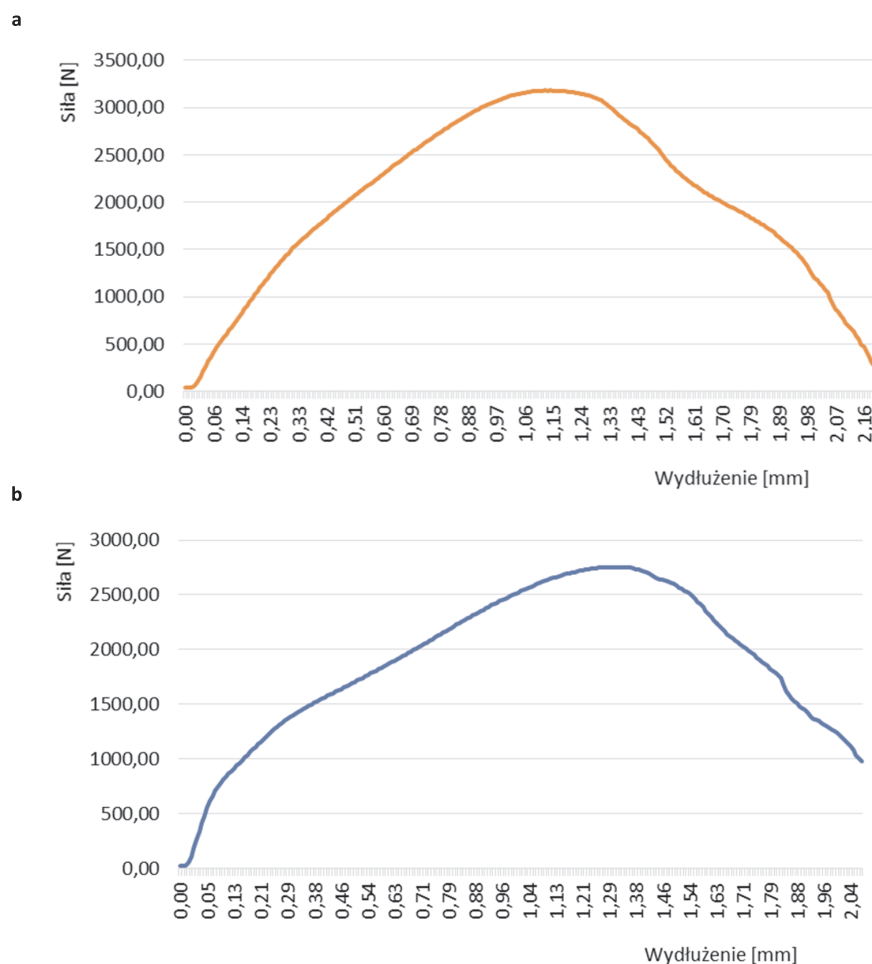


Rys. 7. Wykresy zrywania próbek: a) 0,7b, b) 0,7wz

próbek z warstwą wykończeniową na zewnątrz (0,7z oraz 1z) jest wynikiem zwiększonej lokalnie grubości od strony kształtowania połączenia. Zwiększenie grubości ma wpływ na kształtowanie połączenia, ponieważ luz pomiędzy stemplem a matrycą jest określany w stosunku do grubości klinczowanych, nielakierowanych materiałów. Pojawienie się dodatkowej warstwy pomiędzy

klinczowanymi materiałami powoduje zwiększenie zacisku połączenia, a tym samym wpływa na wartość siły zrywającej połączenie. W pozostałych dwóch przypadkach, zaburzenie procesu klinczowania poprzez zastosowanie wykończenia w postaci lakieru skutkowało zmniejszeniem wartości siły zrywania próbek w stosunku do próbek nielakierowanych. Mniejszy wpływ na siłę

zrywającą ma klinczowanie próbek z lakierem położnym na zewnątrz próbek (0,7 z oraz 1z) niż wewnątrz (0,7w oraz 1w) lub w próbkach z powłokami po obydwóch stronach (0,7wz i 1wz). Może to być spowodowane dwoma przyczynami: wystąpieniem mikro wad podczas zaciskania poszczególnych klinczy lub wystąpieniem lokalnie grubszej warstwy lakieru. Należy jednak dodać, że ze względów użytkowych najlepsze jest klinczowanie próbek niewykończonych. Na rysunku 10 pokazano przykładową próbkę po zerwaniu.

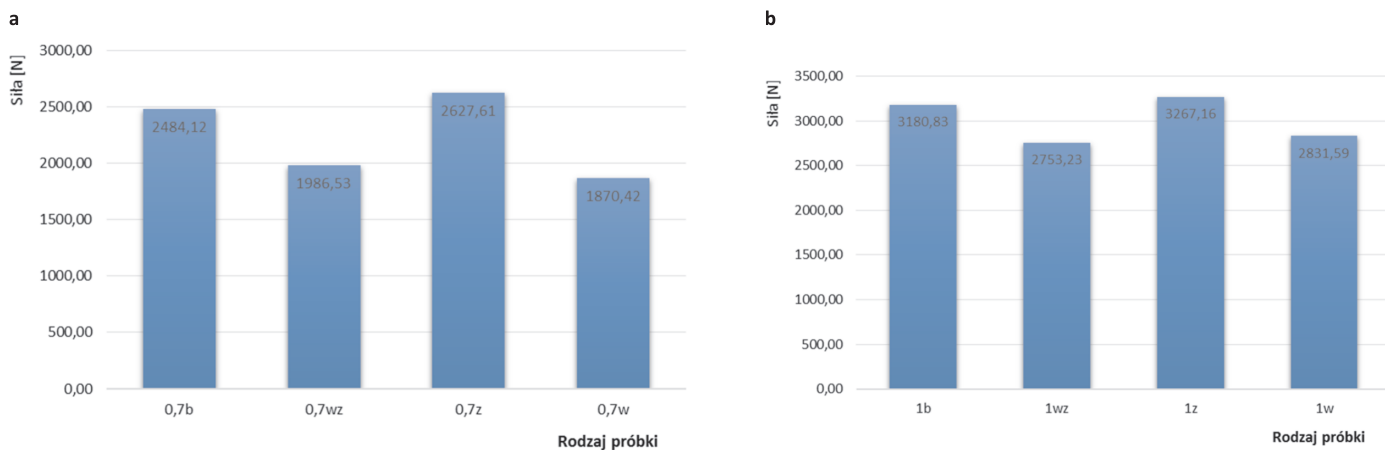


Rys. 8. Wykresy zrywania próbek: a) 1b, b) 1wz



Rys. 10. Przykład zerwanej próbki wykonanej z blachy o grubości 0,7 mm bez lakierowania

Cechą charakterystyczną próbek podanych zrywaniu było to, że wszystkie próbki, w które był wciskany materiał czyli te, które opierały się o matrycę podczas klinczowania, ulegały dziurawieniu na skutek zrywania, co jest prawidłową cechą poprawnie wykonanego połączenia. Charakterystyki zrywania na wykresach – rys. 7, 8 wskazują, że w początkowej fazie przyrostu siły próbek się



Rys. 9. Uśrednione wartości sił zrywających próbek wykonanych z blachy o grubościach: a) 0,7 mm, b) 1 mm

rozciągały na skutek mikro deformacji połączenia klinczowanego. Podczas badań nie zaobserwowano jednoczesnego zerwania wszystkich klinczy w zrywanych próbkach, co przekłada się na łagodną i zarazem skokową charakterystykę wartości siły po przekroczeniu wartości maksymalnej, pokazaną na rysunkach 7 i 8.

Podsumowanie

Na podstawie przeprowadzonych badań sformułowano poniższe wnioski.

Analizując wykresy zawarte na rysunku 9 można zauważyć powtarzający się trend zmian wartości sił bez względu na grubość blachy z jakiej są wykonane próbki. Widać także, że miejsce położenia warstwy wykończeniowej w postaci lakieru proszkowego ma znaczenia.

Jeżeli klinczowane detale mają posiadać warstwę wykończeniową w postaci lakieru proszkowego, podczas ich produkowania należy uwzględniać dalszy charakter pracy detali, a tym samym

określać w początkowej fazie produkcji sposób wykończenia detali.

Podczas procesu produkcyjnego, nie można pomijać występowania wad w postaci wadliwego wykonania połączenia na skutek, np.: stępienia stempla lub podklejenia się cząstek materiału do krawędzi tłoczącej stempla. Zarówno jedna jak i druga wada wpływa na jakość połączenia klinczowanego.

Równomierne rozproszczenie warstwy lakieru na detalach jest dość trudnym zadaniem podczas procesu produkcyjnego. Wystąpienie lokalnego zwiększenia grubości lakieru nie wpływa korzystnie na samo połączenia klinczowane, co może powodować, że nie będzie ono trwałe.

Z punktu widzenia technologii łączenia poprzez klinczowanie zalecanym rozwiązaniem jest łączenie elementów niepokrytych warstwami wykończeniowymi. Jeżeli jednak zachodzi konieczność wykończenia, lepiej stosować jest lakierowanie na zewnątrz połączenia, ponieważ gwarantuje to lepsze połączenie

detali niż w pozostałych przypadkach wykończenia.

Literatura

1. Balawender T.: *Klinczowanie jako sposób łączenia cienkościennych blach*. Technologia i Automatyzacja Montażu 1, 33–35, 2010.
2. Lonkwick P., Usyduś I.: *Badania złączy lutospawanych w aspekcie ich wytrzymałości*. Obróbka Metalu, nr 1, 2015, s. 41–44.
3. Lonkwick P., Usyduś I.: *Lutospawanie alternatywa w łączeniu materiałów*. Obróbka Metalu, nr 3, 2014, s. 45–48.
4. Lonkwick P., Usyduś I.: *Lutospawanie elementów osiowoosymetrycznych w aspekcie ich wytrzymałości*. Obróbka Metalu nr 2, 2015, s. 50–53.
5. www/jurado.pl/technologie-klinczowania
6. [/www.btmcorp.com/literature/btm-catalog-hand-held-units.pdf#page=6](http://www.btmcorp.com/literature/btm-catalog-hand-held-units.pdf#page=6)
7. www://www.btmcorp.com/uniclinch-units.html