

dr inż. Roman Gajownik^{1*)}
mgr inż. Jan Sieczkowski

Nowy sposób murowania – klejenie elementów murowych

A new method of brick-laying – gluing of masonry elements

DOI: 10.15199/33.2019.04.02

Streszczenie. Rozwój technologii produkcji elementów murowych przyczynił się do ich wytwarzania z dużą dokładnością wymiarów oraz do powstania nowych rodzajów zapraw i wymusił poszukiwanie nowych, dotychczas nieznanymi rozwiązań konstrukcji murowych. Takimi rozwiązaniami są mury z cienkimi spoinami, a ostatnio także mury klejone. W artykule porównano obie te techniki murowania.

Słowa kluczowe: zaprawa murarska; klej poliuretanowy; mocowanie; klejenie elementów murowych.

Abstract. The development of the technology for the production of wall elements contributed to their production with high dimensional accuracy and to the creation of new types of mortar and forced the search for new, previously unknown solutions for masonry structures. Such solutions are walls with thin joints, and recently also glued walls. The article compared both these bricklaying techniques.

Keywords: mortar; polyurethane glue; bricklaying; gluing of masonry elements.

W ostatnim ćwierćwieczu nastąpił dynamiczny rozwój produkcji elementów murowych, dzięki czemu powstają elementy charakteryzujące się dużą dokładnością wykonania. Elementy murowe o bardzo małych odchyłkach wymiarowych umożliwiły wzniesienie murów o grubości spoin nieprzekraczających kilku milimetrów [5]. W ostatnim dziesięcioleciu nastąpiło dalsze doskonalenie produkcji elementów murowych, m.in. szlifowanie powierzchni kładzenia, co pozwoliło na wykonywanie elementów z dokładnością do 0,3 mm i umożliwiło murowanie ze spoinami wsporczyymi o grubości nieprzekraczającej kilku dziesiątych części milimetra. W konsekwencji, rozwój technologii produkcji elementów murowych przyczynił się również do powstania nowych rodzajów zapraw i wymusił poszukiwanie nowych, dotychczas nieznanymi rozwiązań konstrukcji murowych. Dotyczy to m.in. murów z niewypełnionymi spoinami pionowymi oraz murów z elementami murowymi łączonymi (scalanymi) za pomocą *poliuretanowej zaprawy murarskiej*, wprowadzonej do stosowania na podstawie aprobat technicznych (AT ITB), a od 2017 r. – krajowych ocen technicznych (ITB-KOT).

Zaprawy zwykłe, czyli o gęstości 1700 – 2000 kg/m³ są, ze względu na niedostateczne właściwości cieplne, stosowane z reguły do elementów murowych z betonu kruszywowego oraz z kamienia naturalnego i sztucznego. Natomiast w przypadku elementów murowych o dobrych właściwościach cieplnych, takich jak pustaki ceramiczne, czy elementy murowe z autoklawizowanego betonu komórkowego (ABK), mury wykonywane są zazwyczaj na cienkie spoiny z użyciem zapraw do cienkich spoin o gęstości 1400 – 1800 kg/m³. Wpływ zaprawy na obniżenie walorów cieplnych muru nie ma w tej sytuacji istotnego znaczenia. W ostatnich latach do murów z tych elementów zamiast zapraw do cienkich spoin coraz częściej stosuje się *kleje poliuretanowe* zwane też *poliuretanowymi zaprawami murarskimi do cienkich spoin*, co wiąże się z inną techniką wznoszenia murów.

¹⁾ Instytut Techniki Budowlanej

^{*)} Adres do korespondencji: r.gajownik@wp.pl

Klej poliuretanowy a zaprawa murarska

Klej poliuretanowy jest jednoskładnikowa piana poliuretanowa, dostarczana w pojemnikach ciśnieniowych, dostosowanych do spieniania za pomocą pistoletu. Piana ta po aplikacji, na skutek absorpcji wilgoci, przyjmuje postać porowatego ciała stałego o gęstości 16 – 20 kg/m³, tj. stokrotnie mniejszej niż zaprawa zwykła. W przypadku piany w postaci stałej nie określa się wytrzymałości na ściskanie. Natomiast, dla przypomnienia, **zaprawa murarska** jest to – zgodnie z PN-EN 998-2 [9] – mieszanka co najmniej jednego spoiwa nieorganicznego, kruszywa, wody oraz dodatków i/lub domieszek, jeżeli są wymagane. Spoiwem jest zwykle sproszkowany materiał, który zmieszany z wodą lub inną substancją ciekłą, a także pod wpływem gazów atmosferycznych, wiąże inne materiały, uzyskując cechy ciała stałego (twardniejąc). Podstawową właściwością użytkową zaprawy murarskiej jest wytrzymałość na ściskanie, dzięki której mur można traktować jak konstrukcję powstałą z elementów murowych i zaprawy murarskiej [4].

Cienką spoiną, w myśl PN-EN 1996-1-1 [8], jest spoina o grubości 0,5 – 3 mm, niemożliwa do uzyskania za pomocą pianki poliuretanowej. Podczas murowania paski pianki zostają bowiem zmiażdżone przez kolejną warstwę muru i praktycznie elementy murowe warstwy wyższej i niższej spoczywają bezpośrednio na sobie. Z tego powodu grubość spoiny z pianki nie przekracza ułamka milimetra, stwarzając warunki do uzyskania właściwego połączenia klejowego, i w zasadzie odpowiada grubości spoiny powstającej przy murowaniu bez zaprawy (na sucho). Użytkowana podczas murowania grubość spoin 0,5 mm i więcej wynika z odchyłek wysokości elementów murowych i niewłaściwego ich ułożenia. Zastosowanie w takich przypadkach pianki poliuretanowej pozwala na uzyskanie spoiny w pełni lub tylko częściowo wypełnionej porowatą pianką.

Właściwości użytkowe klejów murarskich (poliuretanowych) i zapraw do cienkich spoin

Właściwości użytkowe klejów murarskich (poliuretanowych) podawane w KOT/AT:

- gęstość 16 – 20 kg/m²;
- czas zachowania właściwości roboczych 3 – 5 min;
- czas zachowania zdolności do korygowania 30 s – 5 min;
- stopień ekspansji 42 – 135%;
- stabilność wymiarowa ±6%;
- wytrzymałość na rozciąganie (pianka swobodnie spieniona) 0,06 – 0,15 MPa;
- wytrzymałość spoiny (na rozciąganie w połączeniu z elementami murowymi) 0,07 – 0,30 MPa;
- trwałość – odporność na zamrażanie/rozmrażanie po 20 cyklach, po 7 dniach 0,10 – 0,20 MPa.

Właściwości użytkowe zapraw do cienkich spoin podawane w AT:

- gęstość nasypowa suchych mieszanek 1250 – 1600 kg/m²;
- gęstość zaprawy stwardniałej 1400 – 1800 kg/m²;
- czas zachowania właściwości roboczych 3 – 5 h (najczęściej 4 h);
- czas zdolności do korygowania 7 – 15 min (najczęściej 7 – 8 min);
- konsystencja, oznaczana za pomocą:
 - stożka 6,2 – 9,0 cm;
 - stolika rozplywu 13,5 – 17,5 cm;
- nasiąkliwość 15 – 24%;
- skurcz 0,5 – 1,5% (w większości 1,1 – 1,5%);
- wytrzymałość na ściskanie 5, 10, 15 i 20 MPa;
- wytrzymałość na zginanie 25 – 35% wytrzymałości na ściskanie;
- wytrzymałość spoiny (przyczepność określana przez odrywanie próbki zaprawy) ≤ 0,5 MPa;
- trwałość (odporność na zamrażanie/rozmrażanie) – spadek wytrzymałości ≤ 20%; ubytek masy ≤ 5%.

W porównaniu z właściwościami użytkowymi zapraw do cienkich spoin, właściwości użytkowe klejów poliuretanowych, przydatne dla projektanta i wykonawcy konstrukcji to:

- czas zachowania właściwości roboczych (zdolności klejenia);
- czas zachowania zdolności do korygowania;
- wytrzymałość spoiny (wytrzymałość na rozciąganie spoiny w połączeniu z elementami murowymi), przy czym w przypadku zaprawy do cienkich spoin jest to wytrzymałość na ścinanie spoiny;
- trwałość (odporność na zamrażanie/rozmrażanie).

Pozostałe właściwości klejów murarskich nie wnoszą naszym zdaniem informacji pozwalających na ocenę zachowania się kleju (pianki) w murze w warunkach jego użytkowania, ze względu na traktowanie muru jak „materiału konstrukcyjnego”. Porównanie podstawowych charakterystyk zaprawy murarskiej i kleju poliuretanowego, decydujących o odrębności obu materiałów, podano w tabeli 1.

W związku z tym, że właściwości użytkowe pianki poliuretanowej nie odpowiadają wymaganym właściwościom zaprawy murarskiej [7], **pianka poliuretanowa stosowana do murowania nie może być nazywana zaprawą murarską**. Prawidłową nazwą spoiwa poliuretanowego do łączenia elementów murowych jest więc **klej murarski poliuretanowy** (bez uzupełnienia **do cienkich spoin**), która w pełni charakteryzuje funkcję, jaką ten materiał pełni w murze.

Tabela 1. Porównanie zaprawy murarskiej i poliuretanowego kleju murarskiego

Table 1. Comparison of mortar and masonry polyurethane glue

Właściwości	Zaprawa murarska	Klej murarski poliuretanowy
Skład	mieszanka spoiw nieorganicznych, kruszywa, wody, dodatków i domieszek	pianka poliuretanowa
Po stwardnieniu	ciało stałe	porowate ciało stałe
Podstawowa właściwość użytkowa	wytrzymałość na ściskanie	nie ma wytrzymałości na ściskanie
Wypełnienie spoin między elementami murowymi	całkowite lub pasmowe	nie w pełni
Grubość spoiny	6 – 15 mm – zaprawy zwykłe i lekkie 0,5 do 3 mm – cienkie spoiny	dziesiąte części mm

Sposób łączenia elementów murowych

Klej poliuretanowy nakładany jest za pomocą pistoletu (fotografia 1) w postaci dwóch pasm o szerokości nie mniejszej niż 30 mm, w odległości ok. 50 mm od lica muru (może być także układany w 1/3 grubości muru). W przypadku wykonywania ścian działowych o grubości nie większej niż 130 mm, nakładane jest jedno pasmo wzdłuż muru w połowie jego grubości. Dla porównania, zaprawa do cienkich spoin nakładana jest na całą powierzchnię wspornej.

Przyjęty sposób nakładania kleju poliuretanowego jest analogiczny do sposobu nakładania spoin pasmowych z zaprawy zwykłej [8]. Do warunków tych zalicza się bowiem:

- szerokość każdego pasma zaprawy, która powinna wynosić nie mniej niż 30 mm;
- grubość muru powinna być równa szerokości lub długości elementu murowego tak, że nie ma spoin równoległych do płaszczyzny licowej ściany na całej długości ściany lub jej części;
- współczynnik g/t (szerokość całkowita wszystkich paszków zaprawy g, grubość ściany t) jest nie mniejszy niż 0,4.

Konsekwencją tak wykonanej pasmowej spoiny wspornej jest wprowadzenie w [8] odpowiednich zasad projektowania konstrukcji ze spoinami pasmowymi (we wzorze na wytrzymałość charakterystyczną na ściskanie muru zmniejsza się liniowo wartość współczynnika K w zależności od stosunku g/t oraz jako wytrzymałość średnią na ściskanie elementów murowych f_d przyjmuje się wartość określoną na podstawie badań muru ze spoinami pasmowymi zgodnie z PN-EN 772-1 [6]).



Fot. R. Gajownik

Fot. 1. Mur z pustaków ceramicznych. Widoczne paski kleju w spoinie poziomej niższej warstwy pustaków – brak widocznych śladów rozplywania się kleju po powierzchni wspornej pod ułożoną warstwą

Fig. 1. A wall made of ceramic hollow bricks. Visible adhesive strips in the horizontal joint of the lower hollow layer – no visible traces of glue spreading on the supporting surface under the laid layer

Przyjęty sposób nakładania kleju poliuretanowego jest odmienny od nakładania spoin pasmowych i dlatego zasady projektowania i wykonywania murów ze spoinami pasmowymi wyłącznie przy użyciu zapraw zwykłych nie mogą być stosowane do murów spajanych za pomocą pian poliuretanowych. Pasma kleju poliuretanowego ulegają, po ułożeniu na nich kolejnej warstwy muru, ściśnięciu i rozplywowi na większej powierzchni. Z obserwacji oraz informacji uzyskanych od wykonawców wynika, że w przypadku pełnych elementów murowych klej może rozplnąć się po ich całej powierzchni (fotografia 2), natomiast w przypadku elementów drażonych – klej rozplyna się częściowo po powierzchni wspornej, a częściowo jest wciskany w otwory (drażenia) i spływa po ich ściankach (fotografia 1). Niepokrycie pianką całej powierzchni wspornej prawdopodobnie ma negatywny wpływ na szczelność połączenia elementów murowych, a w konsekwencji na trwałość muru w warunkach jego użytkowania. Traktowanie tak wykonywanych murów jak muru ze spoinami pasmowymi byłoby niewłaściwe.

[Fot. T. Rybarczyk]



Fot. 2. Wyrównywanie powierzchni wspornej bloczków z ABK za pomocą pacy – w spoinach poziomych widoczny klej świadczący o wypełnieniu spoin na całej szerokości

Fig. 2. Levelling the support surface of ACC blocks with a jack plane. Visible glue in horizontal joints indicates the filling of joints over the entire width of the wall

Wytrzymałość murów wykonanych z zastosowaniem poliuretanowych klejów murarskich

Parametry wytrzymałościowe murów klejonych ustalane są na podstawie badań przeprowadzanych zgodnie z normą PN-EN 1052, z reguły na potrzeby ocen/aprobat technicznych, a tylko niektóre z nich są publikowane. Przykładem są szerokie badania murów poddanych ścisaniu, wykonanych z elementów z ABK [1 – 3]:

- wykonane bez zaprawy („na sucho”) jako bazowe do porównania wyników;
- zespolone klejem poliuretanowym, przy niewypełnionych spoinach pionowych;
- na zaprawie do cienkich spoin, przy niewypełnionych i wypełnionych spoinach pionowych;
- na zaprawie zwykłej, przy niewypełnionych i wypełnionych spoinach pionowych.

Na podstawie wyników badań (tabela 2) stwierdzono, że w przypadku murów klejonych:

- naprężenia rysujące i niszczące oraz wytrzymałość charakterystyczna na ściskanie są 10 – 15% większe niż w murach wykonanych na cienkie spoiny;
- pierwsze rysy – na poziomie 80 – 92% wytrzymałości muru na ściskanie;
- współczynnik sprężystości muru jest 2,7 i 3,2 razy mniejszy od współczynnika sprężystości muru wykonanego na cienkie spoiny;
- wypełnienie spoin pionowych zmniejsza wytrzymałość muru na ściskanie o kilkanaście procent.

Tabela 2. Wyniki badań wytrzymałości na ściskanie murów z elementów z ABK (odniesione do murowania „na sucho”) [%]

Table 2. Test results of compressive strength of walls with ACC elements (in relation to „dry masonry”) [%]

Rodzaj spoiwa	Naprężenie rysujące	Naprężenie niszczące	Moduł sprężystości
„Na sucho”	100	100	100
Klej poliuretanowy	97	95	136
Zaprawa do cienkich spoin	90 (80)	94 (83)	361 (433)
Zaprawa zwykła	78 (84)	73 (87)	422 (426)

(..) – wartości w przypadku murów z wypełnionymi spoinami pionowymi

Obecnie nie ma natomiast badań, o tak szerokim zakresie, murów poddanych zginaniu w celu określenia wytrzymałości na zginanie w płaszczyźnie równoległej i prostopadłej do spoin wspornych oraz wytrzymałości początkowej muru na ścinanie.

Podsumowanie

Przydatność klejów murarskich do spajania elementów murowych powinna być określana na podstawie wyników badań jednolicie ustalonych wymaganych właściwości użytkowych klejów. Ujednolicenia wymagają przyjęte zasady stosowania kleju poliuretanowego do wykonywania ścian działowych. Szczególną uwagę należy zwrócić na badanie wpływu pasmowego układania poliuretanowego kleju murarskiego na: przewiewanie połączeń; ich zawilgocenie i przemarzanie oraz trwałość połączeń.

Do czasu wyjaśnienia wszystkich wątpliwości, stosowanie klejów murarskich powinno być ograniczone do murów mniej odpowiedzialnych i mniej wyłożonych. Poliuretanowy klej murarski nie ma właściwości zapraw murarskich, dlatego też współpraca w murze pomiędzy klejem a elementami murowymi różni się w istotny sposób od współpracy, jaka występuje w murach wykonywanych tradycyjnie. W konsekwencji, zdecydowanie odmienne są również właściwości użytkowe murów, dlatego też projektowanie i wykonywanie murów przy użyciu kleju murarskiego (poliuretanowego) powinno podlegać innym zasadom projektowania, wykonywania i stosowania niż podane w Eurokodzie 6 (PN-EN 1996).

Literatura

- [1] Drobiec Łukasz, Radosław Jasiński. 2015 „Wpływ rodzaju zaprawy na parametry mechaniczne murów z ABK poddanych ścisaniu”. *Materiały Budowlane* 512 (4): 3 – 6. DOI: 10.15199/33.2015.04.02.
- [2] Drobiec Łukasz, Radosław Jasiński. 2015 „Wpływ rodzaju zaprawy na parametry mechaniczne murów z betonu komórkowego poddanych ścinaniu”. *Materiały Budowlane* 513 (5): 106 – 109. DOI: 10.15199/33.2015.05.44.
- [3] Drobiec Łukasz, Radosław Jasiński. 2015 „Wpływ rodzaju zaprawy na rysoodporność i wytrzymałość na ścinanie murów z betonu komórkowego”. *Materiały Budowlane* 514 (6): 92 – 96. DOI: 10.15199/33.2015.06.37.
- [4] Gajownik Roman, Roman Jarmontowicz, Jan Sieczkowski. 2015 *Materiały do naprawy konstrukcji murowych*. XXX Jubileuszowe Ogólnopolskie Warsztaty Pracy Projektanta Konstrukcji. Szczyrk.
- [5] PN-EN 771 Wymagania dotyczące elementów murowych.
- [6] PN-EN 772 Metody badań elementów murowych.
- [7] PN-EN 1015 Metody badań zapraw do murów.
- [8] PN-EN 1996-1-1 Eurokod 6. Projektowanie konstrukcji murowych Część 1-1: Reguły ogólne dla zbrojonych i niezbrojonych konstrukcji murowych.
- [9] PN-EN 998-2 Wymagania dotyczące zapraw do murów. Część 2: Zaprawa murarska.

Przyjęto do druku: 08.03.2019 r.