

APARATURA BADAWCZA I DYDAKTYCZNA

Opłytowanie matryc do produkcji wyrobów silikatowych o zwiększonej odporności na zużycie

WOJCIECH TARASIUK

POLITECHNIKA BIAŁOSTOCKA, WYDZIAŁ MECHANICZNY, KATEDRA MECHANIKI
I INFORMATYKI STOSOWANEJ

Słowa kluczowe: zużycie, matryce, wyroby silikatowe

STRESZCZENIE

W pracy przedstawiono nową konstrukcję płyty wchodzącej w skład opłytowania matryc do produkcji wyrobów silikatowych (cegła 3NFD). Konstrukcja opiera się na analizie zużytego opłytowania oraz badań doświadczalnych dotyczących rozkładu nacisków na ścianki boczne zagęszczanych materiałów sypkich. W miejscach, w których płyty intensywnie się zużywają, zastosowano materiał o wyższej odporności na zużycie ściernie (węgielk spiekany B45). Zalety konstrukcji sprawdzono podczas badań eksploatacyjnych przeprowadzonych w zakładach PPHU „SILIKATY-BIAŁYSTOK” Sp. z o. o.

Matrix plates for the production of silicate bricks with increased wear resistance

Keywords: wear, matrix, silicate brick

ABSTRACT

The paper presents a new design of plate which is a part of matrices for the production of silicate bricks (brick 3NFD). The design is based on an analysis of worn plates and experimental studies on the distribution of pressure on the side walls of compacted granular media. In places where the plates used extensively to wear material with higher wear resistance (sintered carbide B45). Advantages of the structure was tested during the experiments performed in factory PPHU “SILIKATY-BIAŁYSTOK” Sp. z o. o.

1. WSTĘP

Produkcja wyrobów silikatowych oparta jest na procesie zagęszczania mieszanki wapienno-piaskowej w matrycach nadających im kształt, a następnie procesie autoklawizacji mającym na celu przyspieszenie procesów chemicznych zachodzących w mieszance [1, 2]. Proces formowania wymaga stosowania wysokich ciśnień, co w połączeniu z właściwościami zagęszczanej mieszanki powoduje zużycie opłytywania, które ma postać wymiennych płyt [3].

Czas eksploatacji matryc, a w szczególności ich płyt, jest określony wielkością powstałych w nich ubytków. Są one wynikiem tarcia zagęszczanych cząstek o ich ścianki. Opłytywanie użyte do produkcji wyrobów silikatowych podlega mechanicznym procesom zużycia [3, 4]. Ośrodek sypki, jakim jest mieszanka wapienno-piaskowa, przy zastosowaniu odpowiednio wysokich nacisków zagęszczających, oddziałuje na płytę odkształcając jej wierzchnią warstwę w sposób plastyczny lub skrawając jej powierzchnię. Przebieg tego procesu można uznać za ustabilizowany, a skutki zużycia za normalne. Przyczyną zachodzącego zjawiska jest tarcie, a skutkiem utrata masy i zmiana własności fizycznych warstwy wierzchniej [5-7]. Na podstawie znanych opracowań [4] wiemy, że głównym rodzajem zużycia jest zużycie ściernie, a dominujące mechanizmy to mikroskrawanie i bruzdowanie [4].

Analiza płyt wycofanych z eksploatacji, na skutek nadmiernych ubytków wskazuje, że są one umiejscowione w pobliżu górnego położenia

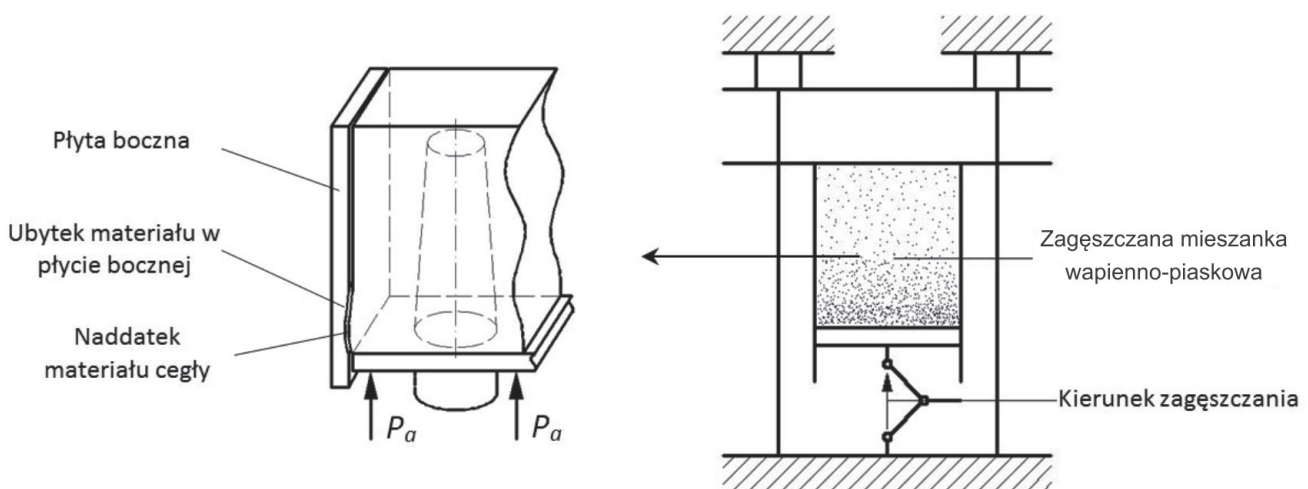
stempla zagęszczającego. Badania doświadczalne wskazują też na istnienie maksymalnych nacisków na ścianki matrycy w tym obszarze [8, 9], a tym samym również największych sił tarcia będących bezpośrednią przyczyną powstawania ubytków. W pozostałych obszarach płyty ubytki występują ze znacznie mniejszą intensywnością.

2. CEL PRACY

Celem pracy było opracowanie konstrukcji płyty o zwiększonej odporności na zużycie ściernie, na podstawie analizy zużytego opłytywania oraz informacji literaturowych dotyczących rozkładu nacisków bocznych podczas zagęszczania ośrodków sypkich [9, 10]. Badania oparto na opłytywaniu matrycy służącej do produkcji cegły 3NFD kl. 15. Klasa 15 oznacza, że wyroby powinny odznaczać się minimalną wytrzymałością na ściskanie $R_c = 15$ MPa.

3. PRZEDMIOT BADAŃ

Przedmiot badań stanowiło opłytywanie matrycy do produkcji cegły silikatowej 3NFD kl. 15. Zagęszczaniu mieszanki wapienno-piaskowej w zamkniętej matrycy towarzyszy zużycie opłytywania. Najintensywniej występuje ono w pewnych charakterystycznych miejscach (Rys. 1). Aby wyznaczyć te miejsca, pozyskano wycofane z eksploatacji opłytywanie. Było ono zamontowane na prasach z zagęszczaniem jednostronnym (Rys. 1). Ruch stempla był wymuszany w sposób kinematyczny.



Rysunek 1 Schemat zagęszczania mieszanki wapienno-piaskowej oraz miejsca powstawania ubytku w opłytywaniu matrycy [3]

Figure 1 Scheme of compaction sand-lime mixture and place of wear in die plates [3]

Materiał płyt stanowiła stal 20MnCr5, którą poddano nawęglaniu (6 h – 900°C), hartowaniu (0,5 h – 850°C) oraz odpuszczaniu (3h – 160°C). Twardość powierzchniowa wynosiła 63 ÷ 64 HRC.

4. WYNIKI ANALIZY ZUŻYTEGO OPŁYTOWANIA

Pozyskane opłytowanie wchodziło w skład matrycy do produkcji cegły 3NFD. Do analizy wytypowano płytę boczną (1) oraz płytę czołową (2) (Rys. 2).

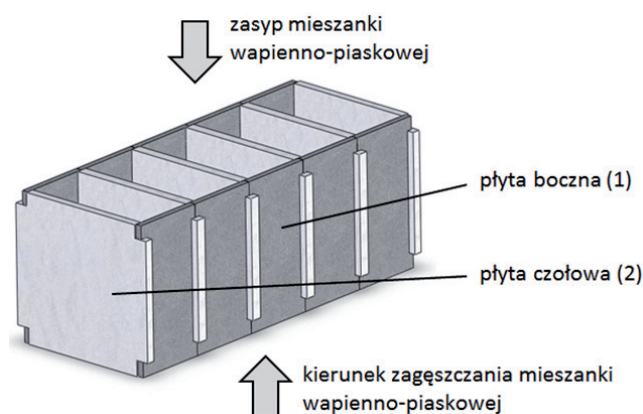
Miejsca ubytków na analizowanych płytach bocznej i czołowej przedstawiono na Rys. 3a i b. Ślady zużycia widoczne są gołym okiem. Znajdują się one w obu płytach na tej samej wysokości, bliskiej górnemu położeniu stempla zagęszczającego.

W celu dokładnego zlokalizowania ubytków oraz określenia ich wielkości, przeprowadzono pomiary powierzchni za pomocą współrzędnościowej maszyny pomiarowej MISTRAL. Uzyskane wyniki opracowano wykorzystując program Grapher 8.0. Obszar pomiarowy oraz wizualizacje uzyskanych powierzchni przedstawiono na Rysunku 4a i b – płyta boczna, oraz Rysunku 5a i b – płyta czołowa. We wszystkich przypadkach przyspieszone zużycie ma charakter miejscowy. Wartość ubytków ΔU wyznaczono stosując zależność

$$\Delta U = U_1 - U_2 \quad (1)$$

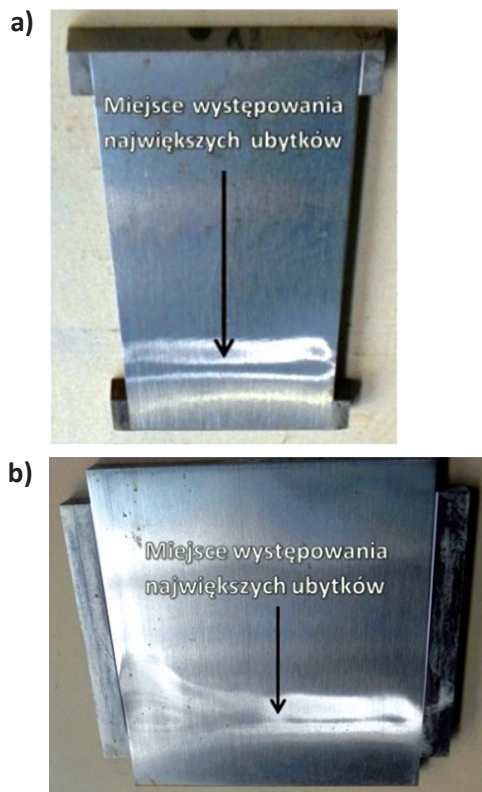
gdzie: U_1 – grubość nominalna płyty, U_2 – grubość płyty w miejscu pomiaru.

Dla płyt użytych do produkcji cegły 3NFD maksymalna wartość $\Delta U = 0,35$ mm. We wszystkich płytach zużycie występuje na wysokości stempla w położeniu determinującym wysokość wyrobu.

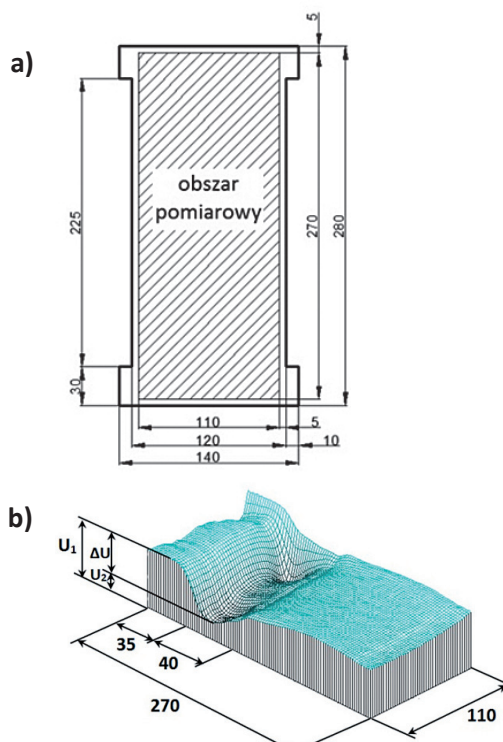


Rysunek 2 Schemat zestawu płyt stosowanych w matrycy do produkcji cegły 3NFD: 1 – płyta boczna, 2 – płyta czołowa

Figure 2 Scheme of assembly plates used in manufacture of a silicate brick 3NFD: 1 – side plate, 2 – front plate



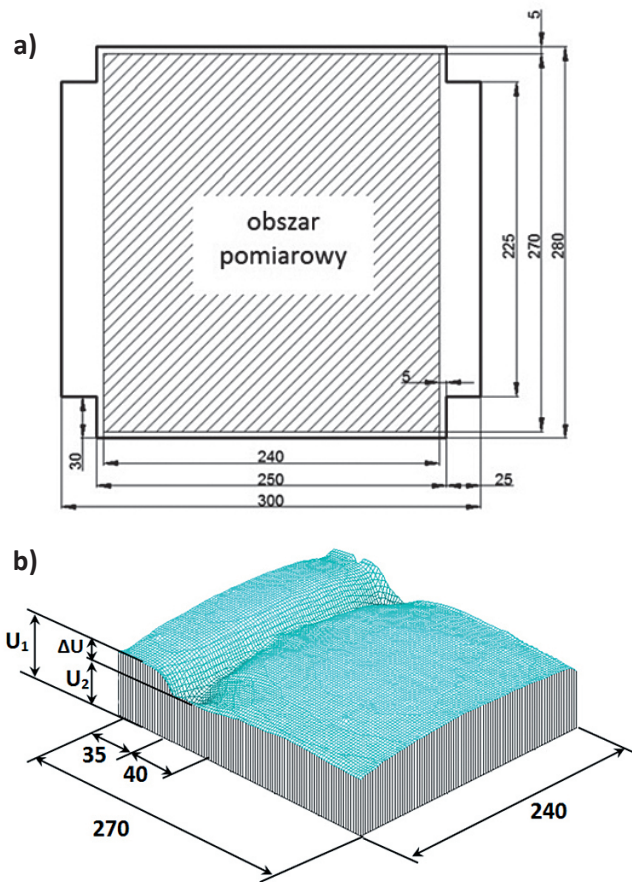
Rysunek 3 Ubytki w materiale płyty do produkcji cegły 3NFD: a) płyta boczna, b) płyta czołowa
Figure 3 Worn areas in material of plates used in manufacture of a brick 3NFD: a) side plate, b) front plate



Rysunek 4 Powierzchnia wyeksploatowanej płyty bocznej stosowanej przy produkcji cegły 3NFD: a) obszar pomiarowy, b) wizualizacja ubytku wykonana w programie Grapher 8.0

Figure 4 Worn out surface of the side plate used in the manufacture of bricks 3NFD: a) measurement area, b) visualization of the wear made in the Grapher 8.0

W pozyskanym opłytowaniu obszar ten występuje około 35 mm od dolnej krawędzi obszaru pomiarowego i ciągnie się na długości kolejnych 40 mm. Na pozostałym obszarze zużycie było minimalne i nie wpływało na zmianę wymiarów wyrobu.

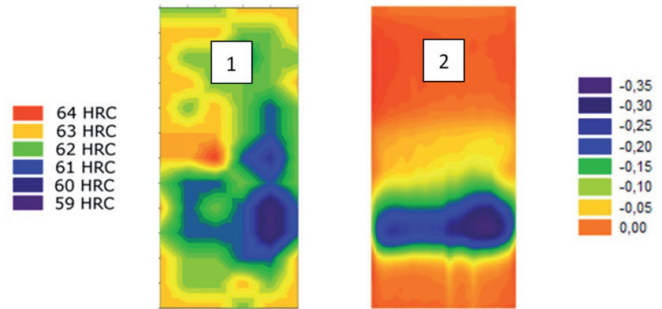


Rysunek 5 Powierzchnia wyeksplotowanej płyty czołowej stosowanej przy produkcji cegły 3NFD: a) obszar pomiarowy, b) wizualizacja ubytku wykonana w programie Grapher 8.0
Figure 5 Worn out surface of the front plate used in the manufacture of bricks 3NFD: a) measurement area, b) visualization of the wear made in the Grapher 8.0

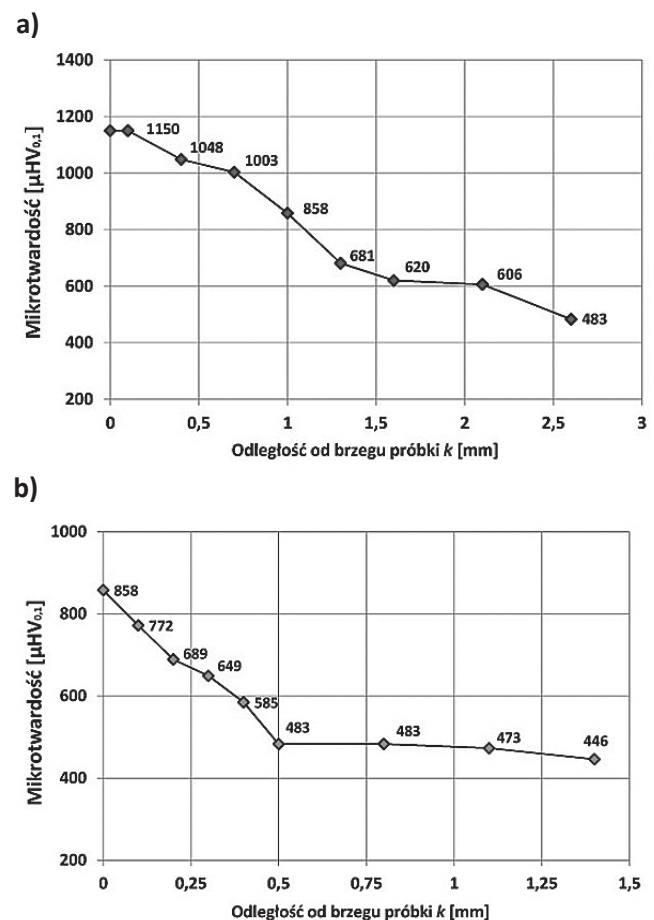
4.1 Pomiar twardości i mikrotwardości

Pozyskane opłytowanie poddano pomiarom twardości metodą Rockwella. Na podstawie uzyskanych wyników sporządzono mapy twardości powierzchni oraz mapy występowania ubytków. Miejsca, w których nastąpił spadek twardości, pokrywają się z miejscami występowania największych ubytków (Rys. 6).

Dla badanych płyt przeprowadzono pomiary mikrotwardości w warstwie wierzchniej. Uzyskane wyniki mikrotwardości próbek pobranych z płyty bocznej przedstawiono na Rysunku 7a i b. Widzimy tu wyraźny spadek wartości mikrotwardości w miejscach, gdzie występuje zużycie płyt.



Rysunek 6 Porównanie mapy twardości powierzchni (1) z mapą największych ubytków (2) – płyta boczna
Figure 6 Comparison of surface hardness maps (1) with a map of the biggest wear (2) – side panel



Rysunek 7 Mikrotwardość warstwy wierzchniej próbek pobranej z płyty bocznej: a) miejsca o najmniejszym zużyciu, b) miejsca o największym zużyciu

Figure 7 Micro-hardness of the surface layer of the sample taken from the side panel: a) the location of the lowest wear areas, b) the location of maximum wear areas

5. KONSTRUKCJA PŁYTY O ZWIĘKSZONEJ ODPORNOŚCI ŚCIERNEJ

W celu wydłużenia żywotności płyt matrycy w miejscach podlegających intensywnemu zużyciu zastosowano materiał o wysokiej odporności na ścieranie. Nową konstrukcję płyty opracowa-

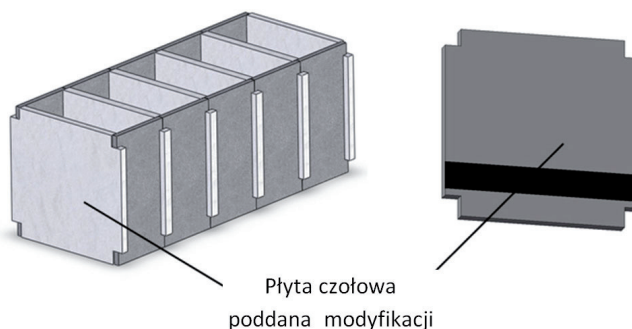
no na bazie płyty czołowej matrycy wykorzystywanej do produkcji cegły silikatowej 3NFD kl. 15. Na podstawie pomiarów ubytków w płycie wycofanej z eksploatacji wyznaczono obszar powierzchni, który wymaga regeneracji (Rys. 8). W tym obszarze zostały wklejone wstawki z materiału o wyższej odporności ściernej.

Technologia wytworzenia omawianej płyty podzielona była na 3 etapy. W pierwszym wykonano geometrię płyty i wyfrezowano rowek do wklejenia płytek z węgla spiekane. Następnie płytę poddano obróbce cieplno-chemicznej. Materiał płyty stanowiła stal 20MnCr5 (dotychczas stosowana), którą poddano głębokiemu nawęglaniu (900°C , 25 h), hartowaniu (850°C , 0,5 h) i odpuszczaniu (160°C , 3 h). Dotychczasowa technologia przewidywała krótszy czas nawęglania, co skutkowało mniejszą grubością warstwy nawęglonej. Po obróbce cieplno-chemicznej wklejono płytki z węgla spiekane B45, a następnie powierzchnię roboczą płyty poddano szlifowaniu. Zastosowany gatunek węgla spiekane odznacza się wysoką twardością. Zmierzona wartość wyniosła 1305 HV, a więc więcej niż podaje literatura (1100 HV) [11]. Ze względu na brak technologii umożliwiającej wykonanie wkładki z węgla spiekane w postaci jednolitego elementu o żądanych gabarytach, wykonano ją z 6 elementów o wymiarach $50 \times 40 \times 2$ mm. Płytki wklejono w wyfrezowany rowek stosując żywicę epoksydową [12]. Tak wykonane płyty poddano badaniom eksploatacyjnym.

6. BADANIA EKSPLOATACYJNE

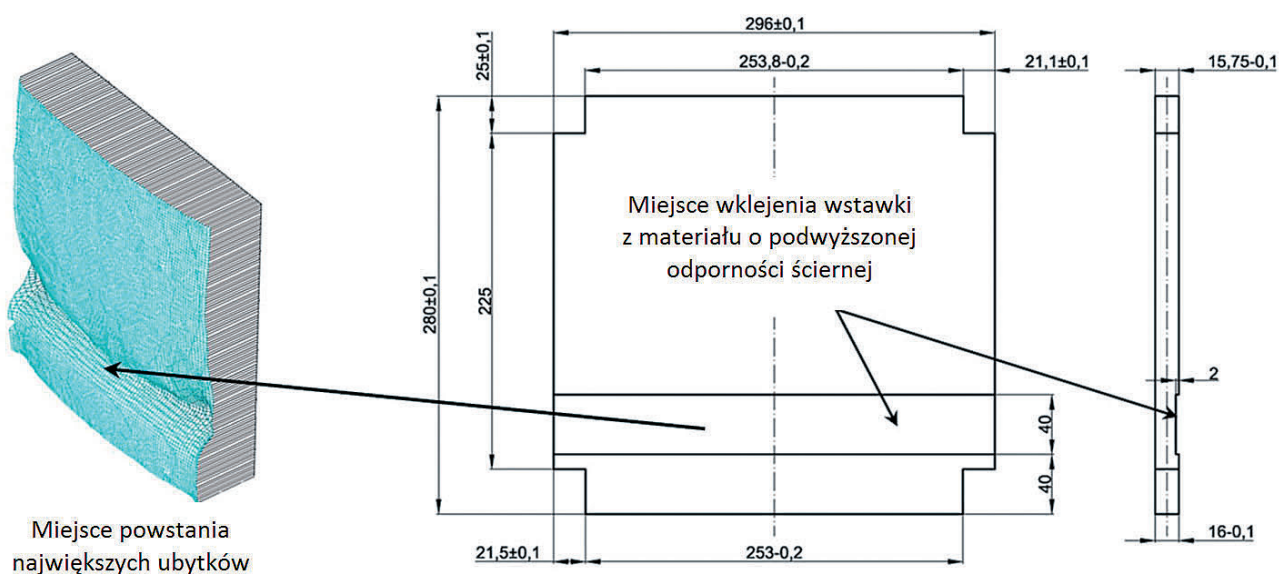
Badania eksploatacyjne przeprowadzono w Zakładach Silikatowych w Białymstoku. Do badań przygotowano dwie płyty czołowe nowej konstrukcji z zespołu opłytowania do produkcji cegły 3NFD kl. 15 (Rys. 9). W trakcie eksploatacji wymieniano płyty standardowe, które ulegały zużyciu.

Podczas produkcji silikatu z wykorzystaniem płyt standardowych duża liczba wyprodukowanych cegieł nie jest możliwa do osiągnięcia bez wymiany płyt komory matrycy. W ciągu cyklu pracy jednej płyty doświadczalnej uległy zużyciu 3 płyty dotychczas stosowane. Ze względu na zastosowanie zespołu opłytowania jak na Rysunku 9, w jednym cyklu zagęszczania wytwarzanych jest 5 cegieł typu 3NFD kl. 15. Tabela 1 zawiera zesta-



Rysunek 9 Zespół opłytowania do produkcji cegły 3NFD kl. 15 z płytą nowej konstrukcji

Figure 9 Assembly plates for the manufacture of bricks 3NFD class 15 with new design plate



Rysunek 8 Schemat płyty czołowej ze wskazanym miejscem na wklejenie wstawki z materiału o podwyższonej odporności ściernej

Figure 8 Scheme of the front plate with marked made from material with high wear resistance

Tabela 1 Liczba wyprodukowanych cegieł oraz cykli przy użyciu opłytowania standardowego i doświadczalnego
Table 1 Quantity of manufacture bricks and cycles using standard and experimental plates

	Płyty doświadczalne	Płyty standardowe
Liczba wyprodukowanych cegieł	778800	306000
Liczba przepracowanych cykli	155760	61200

wienie liczby cykli i liczby wytworzonych cegieł przy użyciu płyt doświadczalnych i płyt standardowych.

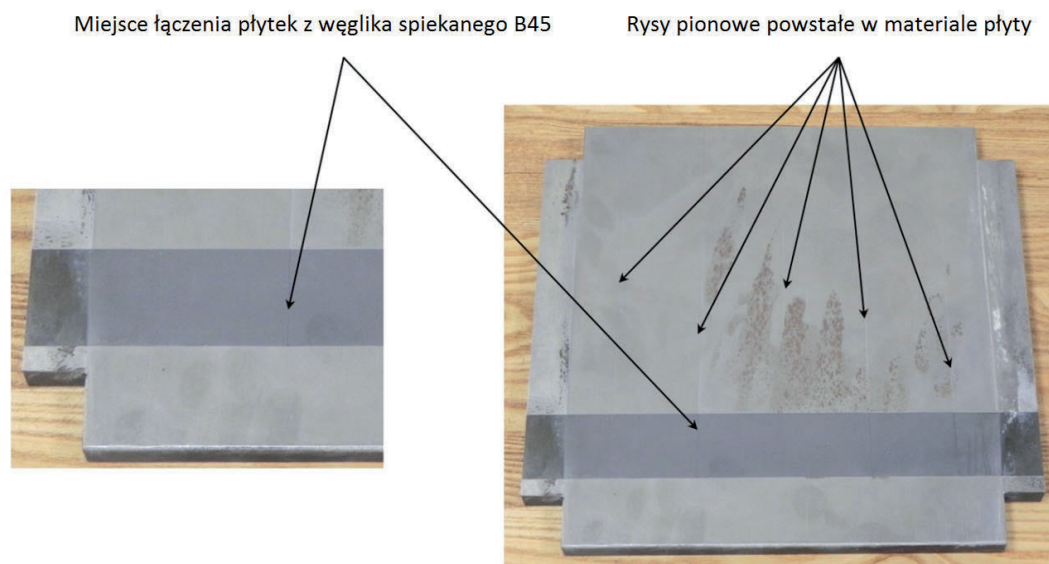
Trwałość płyt doświadczalnych była około 3 razy większa od standardowego opłytowania. Na kierunku łączenia płytek z węglika spiekanego pojawiły się pionowe rysy (Rys. 10). Nie były one powodem wycofania płyt z eksploatacji. Przyczyną wycofania było zużycie górnej powierzchni płyty, co uniemożliwiło założenie nowego kompletu płyt standardowych bez ich specjalnego przygotowania. W przypadku zastosowania całego kompletu płyt nowej konstrukcji, czas ich eksploatacji uległby wydłużeniu.

Powierzchnia płytek z węglika spiekanego po eksploatacji nie wykazuje śladów zużycia. Powstałe rysy pionowe, w miejscu łączenia płytek z węglika spiekanego, nie dyskwalifikują płyty z dalszej eksploatacji, ale nie są też zjawiskiem pożądanym.

7. WNIOSKI

1. Zaproponowana nowa konstrukcja płyty w badaniach eksploatacyjnych wykazała około 3-krotnie większą trwałość w stosunku do płyt obecnie stosowanych.
2. Zastosowanie całego kompletu opłytowania nowej konstrukcji powinno wydłużyć czas pracy matrycy w stosunku do czasu pracy zbadanej płyty.
3. Brak wyraźnych śladów zużycia na płytkach z węglika spiekanego sugeruje ponowne ich wykorzystanie. Konieczne jest w tym wypadku opracowanie metody odzyskiwania płytek z węglika spiekanego.
4. Aby wyeliminować powstawanie pionowych rys, należy wykonać wstawki w postaci jednolitego elementu lub opracować nową metodę łączenia płytek.

Badania wykonano w ramach pracy własnej W/WM/20/2013.



Rysunek 10 Płyta doświadczalna po przepracowaniu 155760 cykli
Figure 10 Experimental plate after of work 155760 cycles

LITERATURA

- [1] Drzymała Z., Podstawy inżynierii procesu zagęszczania i prasowania materiałów. Warszawa, PWN, 1988.
- [2] Drzymała Z., Hryniewicz M., Modelowanie procesów i urządzeń do zagęszczania materiałów ziarnistych. Warszawa, Wydawnictwa Politechniki Warszawskiej, 1990.
- [3] Tarasiuk W., Krupicz B., Analiza zużycia płyt formy cegły wapienno-piaskowej. Tribologia, Nr 4, 2008, 155-163.
- [4] Tarasiuk W., Krupicz B., Analiza właściwości materiałów stosowanych na płyty form cegły silikato-wej. Acta Mechanica & Automatica, Vol. 3, No 1, 2009, 107-110.
- [5] Blicharski, M., Inżynieria powierzchni. Warszawa, WNT, 2009.
- [6] Hebda M., Procesy tarcia, smarowania i zużywania maszyn. Warszawa, Radom, ITeE, 2007.
- [7] Lawrowski Z., Tribologia: tarcie, zużywanie i smarowanie. Wrocław, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, 2009.
- [8] Krupicz B., Tarasiuk W., Naciski na ścianki formy zamkniętej podczas zagęszczania mieszanki wapienno-piaskowej. Tribologia, Nr 6, 2011, 125-131.
- [9] Tarasiuk W., Krupicz B., Analiza sił tarcia w procesie zagęszczania mieszanki wapienno-piaskowej. Tribologia, Nr 3, 2009, 273-283.
- [10] Tarasiuk W., Krupicz B., Doświadczalne określenie rozkładu nacisków bocznych w formie podczas zagęszczania mieszanki wapienno-piaskowej. Tribologia, Nr 6, 2010, 117-122.
- [11] Dobrzański L. A., Materiały inżynierskie i projektowanie materiałowe. Podstawy nauki o materiałach i metaloznawstwo. Warszawa, WNT, 2006.
- [12] Mirski Z., Piwowarczyk T., Klejenie węglików spiekanych. Eksploatacja i Niezawodność, Nr 2, 2005, 36-40.