

ANALIZA WŁAŚCIWOŚCI MATERIAŁÓW STOSOWANYCH NA PŁYTY FORM CEGŁY SILIKATOWEJ

Wojciech TARASIUK*, Bazyl KRUPICZ*

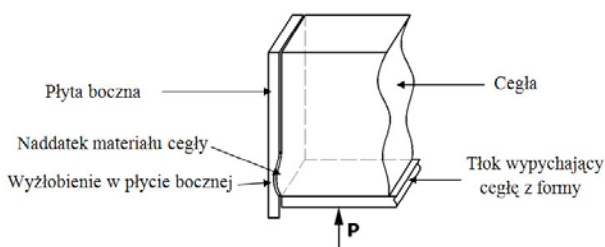
*Katedra Mechaniki i Informatyki Stosowanej, Wydział Mechaniczny, Politechnika Białostocka, ul. Wiejska 45 C, 15-351 Białystok

tarasiuk@pb.edu.pl, bazek@pb.edu.pl

Streszczenie: W pracy przedstawiono analizę właściwości materiałów stosowanych na płyty form cegły silikatowej. Badano płyty dwóch producentów. Na podstawie badań mikroskopowych określono mechanizm zużycia płyt. W procesie powstawania ubytków dominował proces bruzdowania i mikroskrawania. Na podstawie badań twardość rdzenia płyt i mikrotwardości ich warstwy powierzchniowej oraz składu chemicznego wysnuto wniosek, że obie płyty zostały wykonane z tej samej stali stopowej przeznaczonej do obróbki cieplno-chemicznej, którą wykonano w odmiennych warunkach dla obu płyt. Płyta zawierająca w warstwie powierzchniowej fazę z chromem charakteryzowała się zwiększoną mikrotwardością i w rezultacie większą odpornością na zużycie.

1. WPROWADZENIE

Proces wytwarzania cegieł silikatowych został ogłoszony przez W. Michaelita w 1880 roku (Skalamowski, 1973). Forma, nadająca finalny kształt produktu, składa się z korpusu i wymiennych płyt stykających się cyklicznie z formowanym materiałem. Płyty te, w porównaniu z innymi elementami oprzyrządowania technologicznego, ulegają szybkiemu zużyciu (Fukohori i inni, 2008; Wolfie, 1986). Polega ono na nierównomiernej utracie grubości na jej wysokości (rysunek 1). Zużycie płyt powoduje przestoje na linii produkcyjnej, potrzebne na wymianę oplytowania, a to generuje koszty produkcji. Ich zmniejszenie uzyskuje się poprzez obustronne wykorzystanie płyt oraz dobór materiału odpornego na zużycie ścierne.

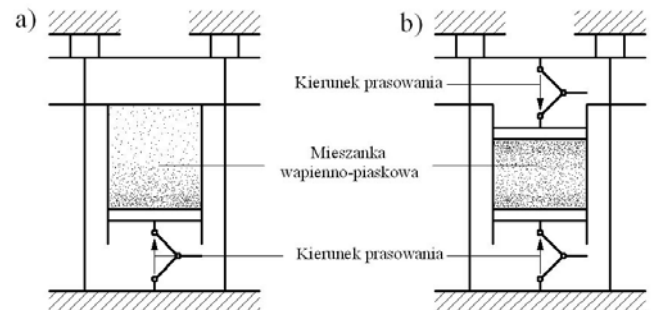


Rys.1. Schemat powstawania wady wyrobu (naddatek materiału) na skutek ściernego ubytku w płycie

Na rynku dostępne są wyroby różnych producentów. W niniejszej pracy dokonano analizy właściwości stosowanych płyt, charakteryzujących się różną prędkością zużycia. Analizę prowadzono na płytach zużytych. Były one wytworzone przez różnych producentów i pracowały do momentu, w którym zużycie powierzchni nie pozwalało na wykonanie produktu bez wad. Pierwszy zestaw oplytowania pracował w warunkach formowania jednostronnego (od dołu ku górze), tj. zagęszczanie mieszanki wapienno-

piaskowej następowało podczas ruchu tłoka wymuszanego kinematycznie.

Drugi zestaw oplytowania pracował w warunkach formowania dwustronnego na prasie hydraulicznej. Prasowanie mieszanki wapienno-piaskowej następowało jednocześnie z dołu i z góry. Oba rodzaje zagęszczania przedstawiono schematycznie na rysunku 2 (Wolfie, 1986).



Rys. 2. Zagęszczanie: a) jednostronne, b) dwustronne

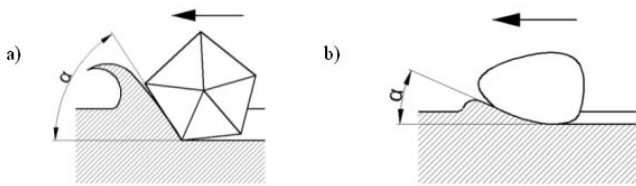
Zagęszczanie jednostronne jest technologicznie prostszym procesem. Jego wadą jest natomiast nierównomierne zagęszczanie mieszanki (Tarasiuk i Krupicz, 2008). Skutkuje to tym że na wysokości prasowanego wyrobu jest różna gęstość, wytrzymałość na ściskanie oraz chłonność wody. Obustronne zagęszczanie jest technologicznie bardziej złożone od zagęszczania jednostronnego, lecz pozwala na uzyskanie lepszej jednorodności właściwości wyrobu w całej masie.

W dalszej części artykułu będą używane określenia *plyta 1* i *plyta 2*. *Plyta 1* – jest to fragment oplytowania pracującego na prasie hydraulicznej z obustronnym zagęszczaniem. Materiał, z którego wykonano oplytowanie nie jest znany. *Plyta 2* – jest to fragment oplytowania pracującego na prasie z jednostronnym zagęszczaniem. Materiał użyty na oplytowanie to stal 20HG poddana nawęglaniu, harto-

waniu i niskiemu odpuszczaniu. Płyty po obróbce cieplno-chemicznej ulegają deformacji, stąd w celu uzyskania gładkiej płaszczyzny są poddawane szlifowaniu. Prędkość zużycia opłytowania I jest dwukrotnie mniejsza od opłytowania 2 .

2. MECHANIZM ZUŻYCIA PŁYT

Podczas zagęszczania mieszanki wapienno-piaskowej w formie, następuje przemieszczanie się składników mieszanki zróżnicowane na wysokości formy. Większemu zagęszczeniu mieszanki towarzyszy większy nacisk na ścianki boczne płyt, a to w warunkach ruchu wywołuje siłę tarcia adekwatną do wywołanej siły nacisku normalnego do płyt formy (Fukohori i inni, 2008; Tarasiuk i Krupicz, 2008). Należy przypuszczać, że przesuwające się ziarna piasku po płycie formy, w warunkach tarcia z udziałem dużych nacisków, będą pozostawiały ślady w postaci plastycznie odkształconych torów ruchu tych ziaren. Aby móc określić rodzaj uszkodzeń powierzchni płyty poddano ją badaniom mikroskopowym na mikroskopie optycznym i skaningowym. W obu przypadkach mogliśmy zaobserwować charakterystyczne rysy, które wskazywały na ścierny charakter uszkodzeń. Dominują tutaj dwa mechanizmy tj., mikroskrawania i bruzdowania (Wawrowski, 1993). Ich schemat pokazano na rysunku 3.

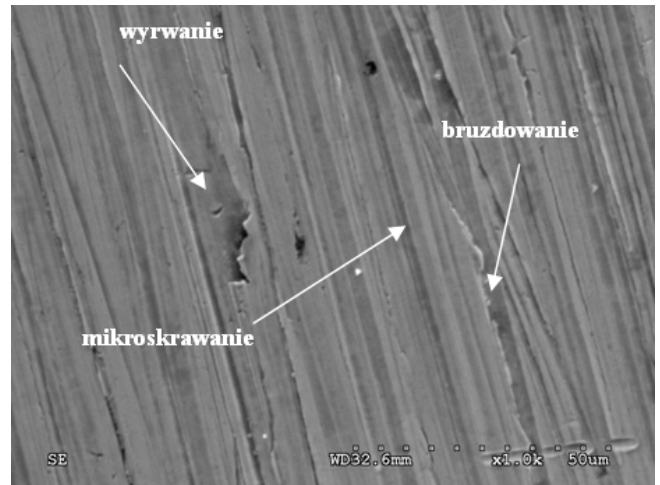


Rys. 3. Schemat przebiegu zużycia ściernego: a) ostre krawędzie ziarna i duży kąt α – mikroskrawanie, b) owalny kształt ziarna i mały kąt α – bruzdowanie.

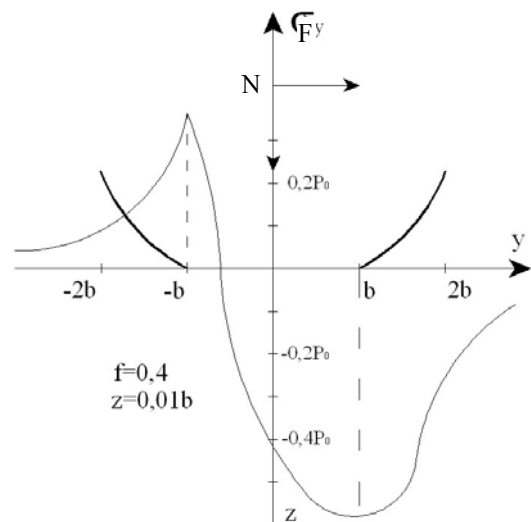
Mikroskrawanie wywołują ziarna piasku posiadające ostre krawędzie i duży kąt „spływu” wióra – α , oraz ziarna o kształcie kulistym, ale charakteryzujące się dużym kątem α . Ziarna o owalnych kształtach i małym kącie α , będą powodowały bruzdowanie.

Proces bruzdowania odbywa się w warunkach rozciągania warstwy wierzchniej w tylnej części śladu kontaktu ziarna zagęszczanej mieszaniny z płytą. Proces ten powoduje więc odkształcenia plastyczne warstwy wierzchniej. Ruch kolejnych cząstek po tym samym torze i przy odpowiednio dużych naciskach, powoduje wyczerpanie się możliwości odkształceń plastycznych. Dochodzi wówczas do przekroczenia wytrzymałości materiału na rozciąganie, co powoduje pęknięcia warstwy wierzchniej ukierunkowane poprzecznie do kierunku ruchu ziaren oraz odrywania cząstek materiału płyty. Jeżeli podczas prasowania wystąpi dostatecznie duża siła docisku ziaren do płyty, to może od razu dojść do oderwania części materiału. Na rysunku 4 można zaobserwować ślady mikroskrawania i bruzdowania oraz miejsca gdzie nastąpiło oderwanie cząstek. Rozkład naprężeń rozciągających σ_y , wzdłuż linii kontaktu cząstki

cylindrycznej z półpłaszczyzną, na głębokości $z = 0,1b$ i współczynnika tarcia $f = 0,4$, przy jednoczesnym działaniu obciążeń normalnych i stycznych, przedstawiono na rysunku 5 (Богданович і Прушак, 1999).



Rys. 4. Powierzchnia zużytej płyty pod mikroskopem skaningowym; powiększenie $x 1000$



Rys. 5. Rozkład naprężeń σ_y wzdłuż linii kontaktu cząstki cylindrycznej z półpłaszczyzną

3. TWARDOŚĆ I MIKROTWARDOŚĆ

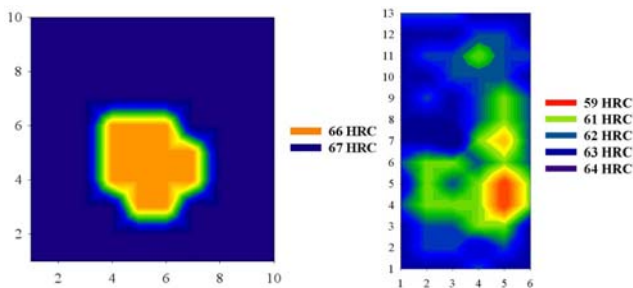
Twardość materiału jest istotnym parametrem wpływającym na prędkość zużycia ściernego. Ponieważ stwierdzono różną prędkość zużywania się płyt przy jednostronnym (1) i dwustronnym (2) prasowaniu, było więc zasadnym zbadanie twardości i mikrotwardości powierzchni płyt oraz twardości ich rdzenia. Wyniki pomiarów twardości rdzenia i warstwy powierzchniowej metodą Rockwella przedstawiono w tabeli 1.

Średnia twardość warstwy powierzchniowej obliczono na podstawie 30 pomiarów twardości wykonanych w miejscach, które nie wykazywały charakterystycznych rys w miejscach zużycia (rysunek 4).

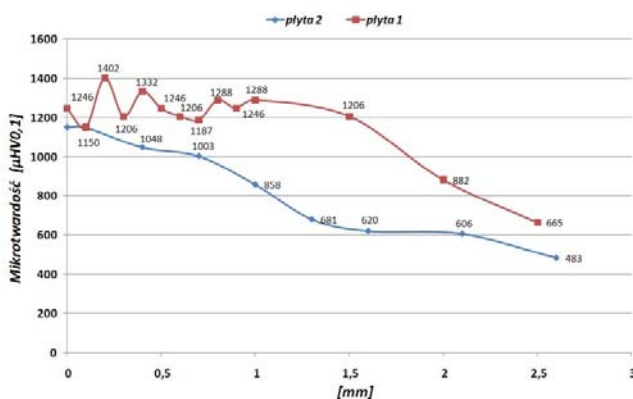
Tabela 1. Twardość powierzchni oraz rdzenia

	Płyta 1	Płyta 2
Średnia twardość powierzchni w miejscu nie wskazującym zużycia	67 HRC	63 HRC
Twardość powierzchni w miejscu zużycia	66 HRC	59 HRC
Średnia twardość rdzenia	44 HRC	44 HRC

Twardość rdzenia określono na przekroju poprzecznym płyty. Próbkę do badań wycinano strumieniem wody i piasku oraz szlifowano. Na rysunku 6 przedstawiono mapy twardości wygenerowane za pomocą programu SigmaPlot. Powierzchnia w ciemnym kolorze charakteryzuje się największą twardością, natomiast miejsca jasne są miejscami największego zużycia. Rozkład twardości płyty 1 o wymiarach 250X250 mm był równomierny na całej powierzchni. W miejscach zużycia obserwowano nieznaczny spadek twardości. W płycie 2, o wymiarach 120X250, występuje natomiast duży spadek twardości w miejscu zużycia. Wskazuje to na zbyt małą grubość warstwy ulepszonej cieplnie.

**Rys. 6.** Mapy twardości: a) płyta 1, b) płyta 2

Pomiar mikrotwardości na grubości warstwy wierzchniej płyt 1 i 2 wykonano metodą Vickersa. Wyniki pomiarów przedstawiono na rysunku 7. Analiza wyników pomiarów mikrotwardości wykazuje różnice właściwości obu płyt.

**Rys. 7.** Zestawienie mikrotwardości warstwy wierzchniej płyt 1 i płyty 2

W płycie 1, wysoka mikrotwardość na poziomie 1300 $\mu\text{HV}_{0,1}$, utrzymuje się do głębokości około 1mm. Na głębokości powyżej 1mm mikrotwardość systematycznie spada, osiągając wartość 665 $\mu\text{HV}_{0,1}$ na głębokości 2,5mm.

W płycie 2, do głębokości około 0,2mm, utrzymuje się twardość na poziomie 1100 $\mu\text{HV}_{0,1}$. Głębiej mikrotwardość systematycznie spada i osiąga wartość około 500 $\mu\text{HV}_{0,1}$ na głębokości 2,5mm.

Porównując twardości rdzenia obu płyt wynika, że są one identyczne (tabela 1). Można więc przypuszczać, że do produkcji płyt użyto stali o jednakowym gatunku (Dobrzański, 2004). Różnice w twardościach warstwy powierzchniowej w miejscach nie wskazujących na zużycie oraz w miejscach zużycia, pozwalają przypuszczać, że zastosowano różny rodzaj obróbki cieplno-chemicznej lub różne parametry stosowane dla tej obróbki. Uzyskiwana twardość w warstwie powierzchniowej i jej wysokość wskazuje, że płyty były poddawane zabiegowi nawęglania i hartowania.

4. SKŁAD CHEMICZNY

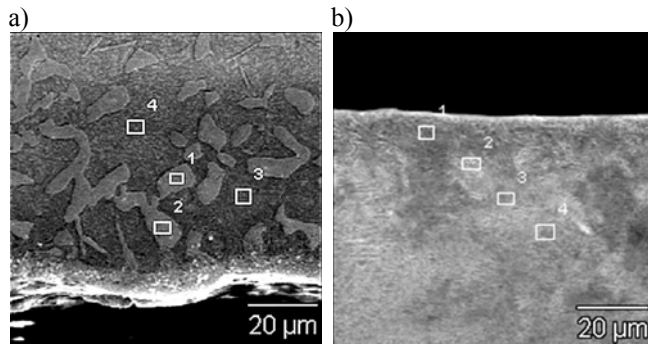
Próbki płyt 1 i 2 poddano badaniom na mikroskopie skaningowym. Analizy wyników prób prowadzą do wniosku, że nie można wiarygodnie ocenić ilości węgla oraz pierwiastków emitujących słabe widmo. Dlatego po przeprowadzeniu wstępnych badań, jako charakterystyczne pierwiastki przyjęto chrom i mangan. Zbadano zawartość tych pierwiastków w różnych punktach warstwy wierzchniej oraz na określonym obszarze rdzenia. Uzyskane wyniki przedstawiono w tabeli 2. Na rysunku 8 przedstawiono rozmieszczenie punktów w przekroju próbki, w których dokonano pomiaru zawartości chromu i manganu.

Tabela 2. Zawartość % chromu i manganu w badanych próbkach

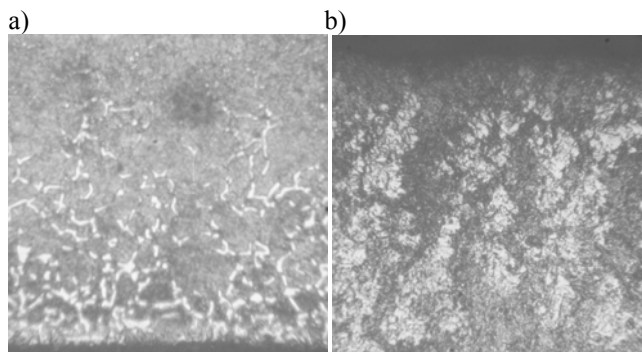
	Płyta 1	Płyta 2
Średnia zawartość Cr (rdzeń)	1,25 %	1,08 %
Średnia zawartość Mn (rdzeń)	2,26 %	1,69 %
Brzeg próbki – zawartość Cr (punktowa)		
1.	2,59 %	0,58 %
2.	2,19 %	1,04 %
3.	0,48 %	0,96 %
4.	1,01 %	0,92 %
Brzeg próbki – zawartość Mn (punktowa)		
1.	1,26 %	-
2.	-	0,94 %
3.	-	0,97 %
4.	1,07 %	0,90 %

Zawartość pierwiastków chromu i manganu (tabela 2) w badanej stali sugeruje, że na opłytowanie form użyto stali stopowej do nawęglania. Są to stale zawierające w oznaczeniu literki H (chrom) i G (mangan). Zawartość chromu w stali wpływa na zwiększenie takich właściwości jak: twardość, wytrzymałość, granica plastyczności. Poprawia również węglotwórczość (Dobrzański, 2004). Stwierdzono zwiększoną zawartość chromu w punkcie 1 i 2 warstwy powierzchniowej płyty 1 (jasne pola) i obniżoną zawartość chromu w punktach 3 i 4 (szary obszar). Wskazuje to na segregację tego pierwiastka. Na skutek obróbki cieplno-chemicznej mogły się utworzyć węgliki chromu, które podniosły twardość i w następstwie odporność na ścieranie.

Zarówno chrom jak i mangan wpływają na poprawę hartowności stali. W *plycie 2* nie zaobserwowaliśmy tak dużego rozrzutu ilości chromu w poszczególnych punktach. W *plycie 1* wyraźnie widoczna jest nowa faza, która na zdjęciu widoczna jest w postaci białych obszarów. Faza ta występuje tylko w warstwie wierzchniej i zanika na pewnej głębokości. W *plycie 2* takiej fazy nie ma, natomiast struktura warstwy wierzchniej i rdzenia jest bardzo podobna. Możemy to zaobserwować na rysunku 9.



Rys. 8. Rozmieszczenie punktów w przekroju próbki, w których dokonano pomiaru zawartości chromu i manganu a) płyta 1, b) płyta 2



Rys. 8. Struktury warstwy wierzchniej: a) płyty 1, b) płyty 2, powiększenie x 250

5. WNIOSKI

- ślady zużycia płyt wskazują, że ma ono ścierny charakter;
- twardość rdzenia płyt i ich skład chemiczny wskazuje, że są one wykonane z tego samego gatunku stali stopowej do nawęglania;
- różnica w twardości i grubości warstwy wierzchniej płyty *1* i *2* może być efektem odmiennej obróbki cieplno-chemicznej każdej z nich.

LITERATURA

1. **Dini D., Sackfield A., Hills D. A.** (2008), An axi-symmetric Hertzian Contact subject to cyclic shear and severe wear, *Wear* Vol. 265, 1918-1922.
2. **Dobrzański A. L.** (2004) *Metalowe materiały inżynierskie*, PWN, Warszawa.
3. **Fukahori Y., Liang H., Busfield J. J. C.**, (2008), Criteria for crack initiation during rubber abrasion, *Wear*, Vol. 265, 387-395.
4. **Lawrowski Z.** (1993), *Tribologia, tarcie, zużywanie i smarowanie*, PWN, Warszawa.
5. **Skalamowski W.** (1973), *Technologia materiałów budowlanych*, tom II, Arkady, Warszawa.
6. **Tarasiuk W., Krupicz B.** (2008) Analiza zużycia płyt formy cegły wapienno – piaskowej, *Tribologia*, nr 4.
7. **Wolfke S.** (1986), *Technologia wyrobów wapienno-piaskowych*, Arkady, Warszawa.
8. **Богданович П. Н., Прушак В. Я.**, (1999), *Трение и износ в машинах*, Издательство Высшейшая школа, Минск.

ANALYSIS OF MATERIALS OF PLATES FORMING THE LIME-SAND BRICK MOULD

Abstract: The analysis of properties of the materials used to prepare the plates lime brick form was presented. The plates produced by two different companies were studied. Based on micrography, the mechanism of plate wear was described. During the process of material loss, processes of furrowing and micro-cutting dominated. After the study of plate core hardness, its surface micro-hardness and chemical constitution it was concluded that both plates were made of this same alloy steel used for heat-chemical treatment, which was carried out in different conditions for those plates. The plate which contained a phase with chromium in its surface layer was characterized by increased micro-hardness resulting in higher resistance to wear.

Badania wykonano w ramach pracy własnej W/WM/4/07.