

ANALIZA ZUŻYCIA ELEMENTÓW ROBOCZYCH DZIELARKI CIASTA CHLEBOWEGO

Paweł Jankowiak¹, Stanisław Nosal²
Firma Wieczorek, Gostyń¹

Institut Maszyn Roboczych i Pojazdów Samochodowych, Politechnika Poznańska²

Streszczenie. Obiektem badań są linie formowania kęsów ciasta chlebowego. Linia składa się z sześciu urządzeń: wywrotnicy dzież, dzielarki ciasta, zaokrąglarki taśmowej, wydłużarki walcowej, odprężnika i odbieracza. Jej wydajność wynosi 1800–2680 (szt·h⁻¹). W pracy przedstawiono wyniki badania awaryjności pięciu linii formowania kęsów ciasta chlebowego. Podstawowym źródłem informacji o ich uszkodzeniach były „karty serwisowe”, bezpośredni kontakt z serwisantem oraz „karty pracy maszyn” służb utrzymania ruchu w piekarniach. Wykonane badania wykazały, że najsłabszym ogniwem linii jest dzielarka ciasta. Traci ona zdolność użytkową m.in. wskutek zużycia elementów roboczych mechanizmu dzielącego. Pomiar liniowe odcinaka ciasta i poszycia bębna dzielącego wykazały, że mechanizm dzielący przestaje prawidłowo funkcjonować, jeśli zużycie jego elementów roboczych osiągnie wartość 0,05–0,10 mm.

Słowa kluczowe: linia formowania, awaryjność, dzielarka ciasta, bęben dzielący, odcinak ciasta, zużycie tribologiczne.

Wprowadzenie

Przemysł spożywczy w Polsce podlegał w minionych latach bardzo intensywnej transformacji i unowocześnianiu. Wprowadzono złożone procesy produkcyjne i urządzenia technologiczne. Ciągłość realizacji procesów produkcyjnych zależy od wielu czynników, jednak w dużej mierze zależy od niezawodności obiektów technicznych wchodzących w skład linii technologicznych. Awaria lub niewłaściwe działanie wymusza konieczność ich zatrzymania lub powoduje obniżenie jakości, a nawet dyskwalifikację produktu, co zawsze generuje straty. Dlatego tak wielkie znaczenie ma utrzymanie linii technologicznych w stanie zdolności. W dużym stopniu ułatwia to znajomość ich awaryjności. O znaczeniu tego problemu świadczą liczne publikacje, m. in. (Lewandowski i Kikiewicz, 1989; Lewandowski, 2008; Marks, 2007; Nosal, 2009).

Celem pracy jest identyfikacja najsłabszego ogniwa linii formowania kęsów ciasta chlebowego oraz określenie zużycia odcinaka i poszycia bębna dzielarki.

Charakterystyka linii formowania kęsów ciasta chlebowego

Linie tworzy sześć urządzeń, a mianowicie: wywrotnica dzież, dzielarka ciasta, zaokrąglarka taśmowa, wydłużarka walcowa, odprężnik i odbieracz. Jej wydajność wynosi 1800 ± 2680 szt. \cdot h⁻¹. Schemat linii przedstawiono na rysunku 1.



Źródło: Jankowiak, (2009); Materiały Firmy Wieczorek, (2010)

Rysunek 1. Ustawienie linii w kierunku obróbki ciasta w lewo; 1 – wywrotnica dzież WD-3000, 2 – dzielarka ciasta DZ-140, 3 – zaokrąglarka taśmowa Z-1350, 4 – wydłużarka walcowa WW-1350, 5 – odprężnik ODR-2000, 6 – odbieracz OD-2700

Figure 1. Placing the line towards dough processing to the left; 1 – kneader discharge WD-3000, 2 – dough divider DZ-140, 3 – belt rounder Z-1350, 4 – roller elongator WW-1350, 5 – decompressor ODR-2000, 6 – receiver OD-2700

Wywrotnica do dzież

Opróżnianie dzież z ciasta następuje ręcznie lub za pomocą wywrotnic. Najczęściej są one stosowane w piekarniach, w których ciastownie mieszczą się na wyższej kondygnacji, wówczas ciasto przekazuje się do maszyn formujących przez lej w posadzce ciastowni.

Wywrotnice podnoszące są przeznaczone dla piekarni jednokondygnacyjnych. Zwykle współpracują one z lejami spustowymi mocowanymi na stałej lub przewożnej konstrukcji. Ciasto wylewa się z dzieży do leja zasypowego i stąd kieruje bezpośrednio do leja zasilającego dzielarki. Wywrotnice podnoszące mogą być stosowane również do bezpośredniego zasilania leja dzielarki ciastem lub do przechylania dzież podczas ich mycia. W tym celu produkuje się wywrotnice podnoszące dzieże na różną wysokość.

Dzielarka ciasta

Dzielarka dzieli ciasto na kęsy. Zasadą dzielenia maszynowego jest podział objętościowy. Dlatego podstawowym warunkiem dokładnego dzielenia jest zachowanie stałej gęstości ciasta. Maszynowe dzielenie ciasta składa się z następujących operacji: przyjmowanie

ciasta i przekazywanie go do komory roboczej, odmierzanie kęsów ciasta, zapewnienie stałej i równomiernej gęstości, oddzielenie odmierzonej porcji ciasta, wypychanie kęsów ciasta po odmierzaniu i przenoszenie ich z maszyny za pomocą transportera.

Zaokrąglarka kęsów ciasta

Zaokrąglanie kęsów na chleb mieszany i żytni odbywa się w zaokrąglarce dwutaśmowej, gdzie kęs ciasta toczy się między dwiema taśmami przesuwanymi się przeciwbieżnie z różną prędkością liniową. Kęs ciasta jest podawany między ruchome taśmy na niższym końcu maszyny. Tocząc się między nimi, przyjmuje kształt zbliżony do ściętego stożka.

Wydłużarka

Wydłużarka służy do wydłużania zaokrąglonych kęsów ciast pszenno-żytnich o masie od 300 g do 1800 g, w których zawartość mąki pszennej chlebowej wynosi 30–70%. Model W-1350P służy natomiast do produkcji półprzemysłowej. W zależności od potrzeb można zainstalować transporter wydłużarki TW-800S z płynną regulacją umożliwiającą optymalny dobór parametrów wydłużania.

Odbieracz z odprężnikiem

Odbieracz OD-2700 z odprężnikiem typu ODR-2000 służy do odprężania i odbioru ukształtowanych kęsów ciasta z wydłużarki. Ponadto ułatwia ich ułożenie na aparatach wsadowych (taśmach załadowniczych).

Badania niezawodności linii

Badaniami objęto pięć linii formowania kęsów ciasta chlebowego eksploatowanych od lutego 2009r. do stycznia 2010r. Przez cały okres badań linie pracowały przez 7 dni w tygodniu w systemie trójzmianowym, przez 6 godzin ciągłej pracy na każdej zmianie.

Wszystkie linie w trakcie badań posiadały gwarancję producenta, co pozwoliło uzyskać rzetelną informację o każdej awarii.

Podstawowym źródłem informacji były „karty serwisowe”, bezpośredni kontakt z serwisantem oraz „karty pracy maszyn” służb utrzymania ruchu w piekarniach. Dodatkowym źródłem informacji były zgłoszenia serwisowe odnotowane w systemie SAP Business One odnoszące się do ww. linii. Źródła te zawierały informacje dotyczące nazwy uszkodzonej maszyny w danej linii, rodzaju uszkodzenia, przebiegu (ilość cykli) odczytanego z licznika danej maszyny, po którym wystąpiła awaria i daty jej wystąpienia, sposobu naprawy i czasu postoju linii.

Na podstawie uzyskanych danych określono dla poszczególnych linii formujących:

- wskaźniki niezawodności,
- słabe ogniwa.

Wskaźniki niezawodności

Jako wskaźniki niezawodności badanych linii formujących przyjęto (Lewandowski i Kikiewicz, 1989; Lewandowski, 2008; Migdalski, 1982; Paska i Parciński, 2001):

- współczynnik awaryjności k_a :

$$k_a = \frac{N_a}{N_0} \quad (1)$$

gdzie:

- N_a – liczba uszkodzonych obiektów linii (szt.),
- N_0 – liczba obiektów tworzących linię (szt.),

– parametr strumienia uszkodzeń linii ω :

$$\omega = \frac{n_u}{N_0} \quad (2)$$

gdzie:

- n_u – liczba uszkodzeń wszystkich obiektów w linii (szt.),
- N_0 – liczba obiektów tworzących linię (szt.),

– średni czas postoju linii wskutek uszkodzeń $T_{p\acute{s}r}$ (h):

$$T_{p\acute{s}r} = \frac{\sum t_{pi}}{n_u} \quad (3)$$

gdzie:

- t_{pi} – czas postoju linii wskutek i-tego uszkodzenia (h),
- n_u – liczba uszkodzeń wszystkich obiektów w linii (szt.),

– średni czas pracy linii między uszkodzeniami $T_{r\acute{s}r}$ (h):

$$T_{r\acute{s}r} = \frac{T_c - \sum t_{pi}}{n_u} \quad (4)$$

gdzie:

- T_c – czas eksploatacji linii (h),
- t_{pi}, n_u – jak we wcześniejszych wzorach;

– współczynnik postoju linii k_p :

$$k_p = \frac{\sum t_{pi}}{T_c} \cdot 100 (\%) \quad (5)$$

– współczynnik gotowości linii:

$$k_g = \frac{T_c - \sum t_{pi}}{T_c} \cdot 100 (\%) \quad (6)$$

Uzyskane wyniki przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1

Zestawienie danych i wskaźników niezawodności linii formowania kęsów ciasta chlebowego

Table 1

The list of data and reliability indexes of the formation line of bread dough wads

Nr linii	Okres objęty badaniami	Dane do oblicz. wskaźnika niezawodności						Wskaźniki niezawodności					
		T _c (dni)	N _o (h)	N _a (szt.)	n _u (szt.)	∑t _{pi} (h)	k _a	ω	T _{psr} (h)	T _{rsr} (h)	k _p (%)	k _g (%)	
1.	od 03.02.2009 do 05.01.2010	336	6048	6	4	12	116,5	0,67	2,00	9,71	494,29	1,9	98,1
2.	od 03.02.2009 do 05.01.2010	336	6048	6	4	22	309	0,67	3,67	14,05	260,86	5,1	94,9
3.	od 05.02.2009 do 05.01.2010	334	6012	6	3	11	92,5	0,50	1,83	8,41	538,14	1,5	98,5
4.	od 06.02.2009 do 05.01.2010	333	5994	6	2	16	136,5	0,33	2,67	8,53	366,09	2,3	97,7
5.	od 06.02.2009 do 05.01.2010	333	5994	6	3	19	288,5	0,50	3,17	15,18	300,29	4,8	95,2

T_c – czas eksploatacji linii objęty badaniami,

N_o – liczba obiektów tworzących linię formującą,

N_a – liczba uszkodzonych obiektów w okresie objętym badaniami,

n_u – liczba uszkodzeń wszystkich obiektów linii w okresie objętym badaniami,

∑t_{pi} – czas postoju linii wskutek i-tego uszkodzenia,

k_a – współczynnik awaryjności linii,

ω – parametr strumienia uszkodzeń linii,

T_{psr} – średni czas postoju linii wskutek uszkodzeń,

T_{rsr} – średni czas pracy linii między uszkodzeniami,

k_p – współczynnik postoju linii,

k_g – współczynnik gotowości linii.

Na podstawie wskaźników niezawodności zawartych w tabeli 1 można stwierdzić, że:

- najbardziej niezawodnie działała linia nr 3; zbliżoną niezawodnością charakteryzują się linie 1 i 4.
- najbardziej zawodną była linia 2.

Analiza awaryjności obiektów linii formowania kęsów ciasta

W kolejnym kroku badawczym określono wpływ poszczególnych obiektów wchodzących w skład linii na ich awaryjność. Oceny tej dokonano na podstawie liczby awarii tych obiektów i czasu postojów linii, które te awarie spowodowały.

W tabeli 2 i na rysunkach 2 i 3 zamieszczono wyniki badań awaryjności obiektów wchodzących w skład linii 1–5 w okresie objętym badaniami.

Tabela 2

Awaryjność poszczególnych obiektów linii formowania kęsów ciasta chlebowego

Table 2

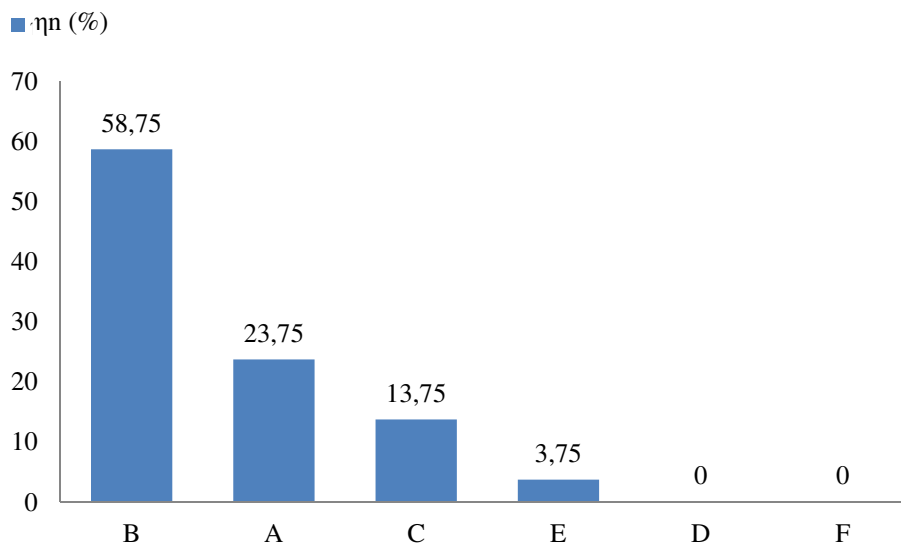
Failure frequency of particular objects of the formation line of bread dough wads

Obiekt	A	B	C	D	E	F
n_n	19	47	11	0	3	0
η_n (%)	23,75	58,75	13,75	0	3,75	0
t_{pn} (h)	192,5	621,5	93,0	0	36,0	0
f_{tpn} (%)	20,4	65,9	9,9	0	3,8	0

A – wywrotnica WD-3000, B – dzielarka DZ-140, C – zaokrąglarka Z-1350, D – odprężnik ODR-2000,

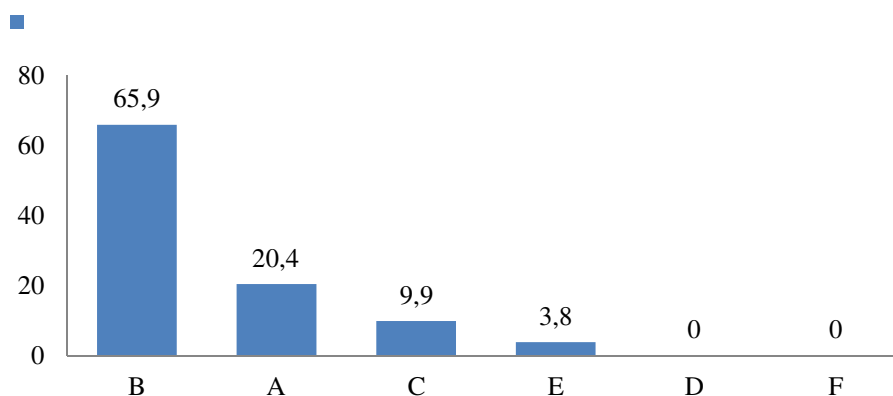
E – wydłużarka walcowa WW-1500, F – odbieracz OD-2700, n_n – liczba uszkodzeń obiektu, η_n – względna częstotliwość uszkodzeń obiektów linii, t_{pn} – czas postoju linii spowodowany uszkodzeniem obiektu, f_{tpn} – względny czas postoju linii spowodowany uszkodzeniem obiektu

A - discharge WD-3000, B- divider DZ-140, C- rounder Z-1350, D- decompressor ODR-2000, E - roller elongator WW-1500, F – receiver OD-2700, n_n – number of failures to the object, η_n – relative frequency of damages to the line object, t_{pn} – downtime of the line caused by the damage to the object, f_{tpn} – a relative downtime caused by the damage to the object



Rysunek 2. Względna częstotliwość uszkodzeń obiektów linii formujących (Oznaczenia jak w tabeli 2)

Figure 2. Relative frequency of damages of formation lines (Symbols as in table 2)



Rysunek 3. Względny czas postoju linii spowodowany uszkodzeniem poszczególnych jej obiektów (Oznaczenia jak w tabeli 2)

Figure 3. A relative downtime of the line caused by the damage to its particular objects (Symbols as in table 2)

Na podstawie danych o liczbie uszkodzeń poszczególnych obiektów oraz spowodowanych tymi uszkodzeniami czasów postojów linii formujących kęsy, przedstawionych w tabeli 2 i na rysunkach 2 i 3, można stwierdzić, że najstabszym ogniwem jest dzielarka ciasta.

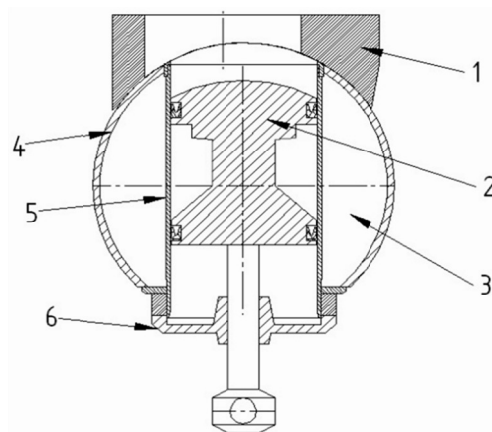
Zużycie poszycia bębna dzielarki i odcinaka

Ogólną charakterystykę dzielarki przedstawiono poniżej. Szybkość dzielenia wynosi 900–1500 kęsów na godzinę a ich masa może się zawierać w przedziale 400–1400 g.

Zasadniczym zespołem dzielarki jest mechanizm dzielący ciasto, przedstawiony na rysunku 4.

Rysunek 4. Schemat mechanizmu dzielącego: 1- odcinak ciasta, 2 – tłok, 3 – bęben dzielący, 4 – poszycie bębna, 5 – cylinder, 6 – prowadnica tłoka

Figure 4. Diagram of the dividing mechanism: 1- dough cutter, 2 – piston rod, 3 – dividing drum, 4 – plating of the drum, 5 – cylinder, 6 – piston rod guidebar



Aby określić zużycie bębna, po wymontowaniu z dzielarki został on zamocowany w tokarce uniwersalnej. Następnie za pomocą czujnika zegarowego, umocowanego w suporcie tokarki, mierzono z dokładnością $\pm 0,01$ mm zużycie poszycia w punktach pomiarowych, wyznaczonych przez naniesioną siatkę pomiarową o wymiarach oczka 31mmx21mm. Bazę odniesienia stanowiły te fragmenty bębna, które nie miały kontaktu z ciastem, a więc nie ulegały zużyciu.

W podobny sposób zmierzono zużycie odcinaka ciasta, z tym że pomiaru dokonywano na frezarce uniwersalnej. Odcinak mocowano na stole frezarki, a we wrzecionie instalowano czujnik zegarowy.

Elementy robocze zespołu dzielącego traciły swoją zdatność użytkową po wykonaniu od 1,95 mln do 3 mln cykli roboczych. Średnie zużycie zmierzone w poszczególnych płaszczynach przechodzących przez płaszcz bębna i odcinak dla pięciu par tych elementów przedstawiono w tabelach 3 i 4 oraz na rysunku 5.

Tabela 3

Uśrednione wyniki pomiarów zużycia tribologicznego (mm) poszycia pięciu bębnow dzielących

Table 3

Mean results of tribological wear and tear measurement (mm) of the plating of five dividing drums

		Linie siatki na obwodzie bębna												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Linie siatki poziome	A	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	B	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00
	D	0,00	0,00	0,00	0,01	0,04	0,09	0,09	0,05	0,04	0,02	0,00	0,00	0,00
	E	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,11	0,12	0,06	0,04	0,06	0,00	0,00	0,00
	F	0,00	0,00	0,01	0,02	0,04	0,13	0,14	0,08	0,07	0,07	0,02	0,00	0,00
	G	0,00	0,00	0,01	0,03						0,07	0,01	0,00	0,00
	H	0,00	0,01	0,02								0,02	0,00	0,00
	I	0,00	0,01	0,02								0,02	0,00	0,00
	J	0,00	0,00	0,02								0,02	0,01	0,00
	K	0,00	0,00	0,01	0,03						0,02	0,01	0,00	0,00
	L	0,00	0,00	0,01	0,02	0,04	0,05	0,06	0,06	0,04	0,02	0,01	0,00	0,00
	M	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,03	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00
	N	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
	O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

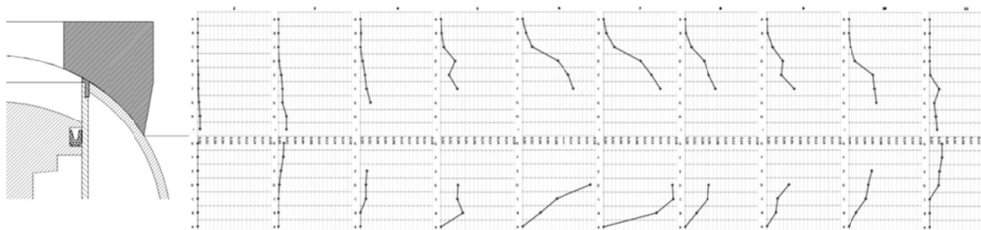
Znaczenie A, B, C, ... jak w tabeli 2

Symbols as in table 2

Tabela 4
Uśrednione wyniki pomiarów zużycia tribologicznego (mm) pięciu odcinaków ciasta
 Table 4
Mean results of tribological wear and tear measurement (mm) of five dough cutters

		Linie siatki na obwodzie bębna												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Linie siatki poziome	A	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	B	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,04	0,13	0,03	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00
	C	0,00	0,00	0,00	0,01	0,04	0,08	0,17	0,06	0,03	0,04	0,00	0,00	0,00
	D	0,00	0,00	0,00	0,01	0,04	0,17	0,17	0,06	0,05	0,05	0,02	0,00	0,00
	E	0,00	0,00	0,01	0,02						0,06	0,02	0,00	0,00
	F	0,00	0,00	0,01								0,03	0,00	0,00
	G	0,00	0,00	0,01								0,03	0,00	0,00
	H	0,00	0,00	0,01								0,03	0,00	0,00
	I	0,00	0,00	0,01	0,02						0,02	0,02	0,00	0,00
	J	0,00	0,00	0,00	0,01	0,03	0,06	0,11	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00
	K	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,01	0,04	0,01	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00

Znaczenie A, B, C, ... jak w tabeli 2
 Symbols as in table 2



Rysunek 5. Zużycie poszycia bębna dzielarki i odcinaka ciasta w poszczególnych płaszczyznach przechodzących przez obydwie elementy
 Figure 5. Wear and tear of the drum divider and dough cutter in particular planes running through two elements

Podsumowanie

Na podstawie uzyskanych wyników można stwierdzić, że:

1. zużycie w środkowej części jest największe, co jest spowodowane najdłuższą drogą tarcia badanych elementów o ciasto,
2. zużycie poszycia bębna i odcinaka ciasta, wynoszące od kilku mikrometrów do kilkunastu mikrometrów, powoduje utratę zdolności użytkowej dzielarki,
3. hipotetycznie można przyjąć, że zużycie poszycia bębna i odcinaka wskutek tarcia o ciasto chlebowe ma charakter wodorowy (Nosal, 2012) lub tribokorozyjny (Stachowiak, 2012), gdyż nie ma warunków do wystąpienia innych rodzajów zużycia tribologicznego; wymaga to potwierdzenia w dalszych badaniach.

Przedstawione wyniki badań dotyczą tylko normalnego zużycia eksploatacyjnego. Nie uwzględniono zdarzających się przypadków uszkodzeń awaryjnych, współpracujących części zespołu dzielącego spowodowanych obecnością np. ciał stałych w cieście.

Literatura

- Jankowiak, P. (2009). *Nowa technologia wykonania bębna mechanizmu dzielącego dzielarki ciasta chlebowego*. Praca magisterska, Wydział Budowy Maszyn i Zarządzania Politechniki Poznańskiej (maszynopis).
- Lewandowski, J.; Kikiewicz, Z. (1989). *Eksploatacja i niezawodność obiektów technicznych o ciągłym procesie technologicznym*. Bydgoszcz, Wyd. AT-R.
- Lewandowski, J. (2008). *Procesy decyzyjne w niezawodności i eksploatacji obiektów technicznych o ciągłym procesie technologicznym*. Łódź, Wyd. Politechniki Łódzkiej, ISBN 968-83-7283-295-5.
- Marks, N. (2007). Ocena sprawności linii rozlewu piwa do butelek po wprowadzeniu systemu organizacji pracy total productive management (TPM). *Inżynieria Rolnicza*, 7(95), 145-152.
- Materiały Firmy Wieczorek (2010).
- Migdalski, J. (red.). (1982). *Poradnik niezawodności. Podstawy matematyczne*. Warszawa, Wyd. Przemysłu Maszynowego WEMA.
- Nosal, S.; Kalęba, G. (2009). Zmiany w obsłudze linii produkcyjnej. *Służby Utrzymania Ruchu*, 3, 36-43.
- Nosal, S. (2012). *Tribologia; wprowadzenie do zagadnień tarcia, zużycia i smarowania*. Poznań, Wyd. Politechniki Poznańskiej, ISBN 978-83-7775-146-6.
- Paska, J.; Parciński G. (2001). *Wskaźniki niezawodnościowe i eksploatacyjne bloków energetycznych*. International Congress of Diagnostics, 1, Warszawa 2000.
- Stachowiak, A. (2012). *Problemy modelowania zużycia tribokorozyjnego w układach ślizgowych*, Seria: Studia i Rozprawy. Warszawa-Radom, Wyd. ITeE-PIB, ISBN 978-83-7789-128-5.

ANALYSIS OF WEAR AND TEAR OF WORKING ELEMENTS OF A BREAD DOUGH DIVIDER

Abstract. Lines of forming wads of bread dough are the object of the research. The line is composed of six devices: a kneader discharge, a dough divider, a belt rounder, an elongation roller, a decompressor and a receiver. Its efficiency is 1800–2680 (item·h⁻¹). The paper presents the research results on failure frequency of five lines of formation of bread dough wads. The basic source of information on their faults were "service cards", a direct contact with a service and "machine operation cards" of staff responsible for maintaining movement in bakeries. The research proved that the dough divider is the weakest link. It loses the utilization ability as a result of wear and tear of working elements of the dividing mechanisms. Line measurements of a dough cutter and a plating of a dividing drum prove that the dividing mechanism stops to work correctly if the wear and tear of working elements reaches the value of 0.05–0.10 mm.

Key words: formation line, failure frequency, dough divider, dividing drum, dough cutter, tribological wear and tear.

Adres do korespondencji:

Stanisław Nosal; e-mail: Stanislaw.nosal@put.poznan.pl
Instytut Maszyn Roboczych i Pojazdów Samochodowych
Politechnika Poznańska
ul. Piotrowo 3
60-965 Poznań