

MACIEJ MATUSZEWSKI
MICHAŁ STYP-REKOWSKI

Wydział Mechaniczny, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy, Bydgoszcz

Mikrocechy geometryczne elementów rozdrabniających

Wprowadzenie

Według danych literaturowych [1, 2], światowa roczna produkcja nasion, oraz różnego rodzaju granulatów wynosi $20 \cdot 10^8$ Mg, dlatego też wiele ośrodków naukowych prowadzi prace badawcze związane z procesem rozdrabniania wszelkich surowców i produktów oraz konstrukcją rozdrabniaczy. Prace z tego obszaru z jednej strony dotyczą zapewnienia dużej efektywności procesu, a z drugiej – uzyskania odpowiednich cech i jakości produktu.

Prowadzenie badań nad efektywnością procesu rozdrabniania ma na celu m.in. zmniejszenie jednostkowego zużycia energii i uzyskania najkorzystniejszych relacji energetycznych między wsadem a produktem oraz uzyskanie dużej wydajności [2–4].

Prace dotyczące jakości produktu są związane głównie z uzyskaniem powtarzalności rozdrobnienia produktu, uzyskaniem odpowiednich cech rozdrobnionych cząstek oraz uzyskaniem jak największego przyrostu powierzchni rozdrobnionego surowca [5].

Wymienione obszary prac badawczych sprowadzają się w dużym stopniu do optymalizowania cech konstrukcyjnych elementów roboczych rozdrabniaczy [2–4] oraz parametrów procesu.

Celem pracy jest dobór mikrogeometrycznych cech konstrukcyjnych elementów rozdrabniających w kierunku ich optymalizacji według modeli oczekiwanych charakterystyk użytkowych procesu rozdrabniania.

Przemiany rozdrabniania

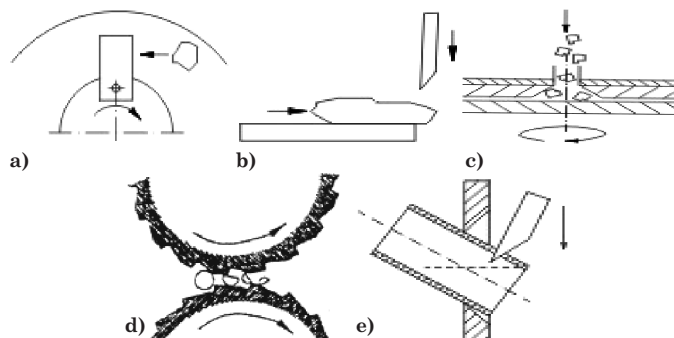
Od nowoczesnych rozdrabniaczy wymaga się uzyskania energetycznie efektywnych stanów przemian surowca, uzyskania najlepszej jakości, wysokiej strawności produktu, stabilnej niezawodności maszyny oraz najmniejszych kosztów eksploatacji.

W procesach rozdrabniania ze względu na postać zespołu roboczego wyróżnia się następujące grupy konstrukcyjne rozdrabniaczy: szczękowe, stożkowe, walcowe, udarowe, kulowe, wibracyjne, żarnowe, strumieniowe, wielotarczowe.

W celu realizacji procesu rozdrabniania przy założonych kryteriach efektywności i stanu produktu, rozdrabniacze są tak zaprojektowane, aby wykorzystywały najkorzystniejszy stan obciążenia rozdrabnianej cząstki.

W podstawowych sposobach rozdrabniania wykorzystuje się trzy rodzaje obciążeń: ściskanie, rozciąganie i ścinanie. Bazując na tych trzech stanach obciążeń rozróżnia się następujące podstawowe modele rozdrabniania (Rys. 1):

W poszczególnych modelach, rozdrabnianie następuje w wyniku: a) rozbijania przez uderzenia – bijakowe, b) ścina-



Rys. 1. Modele rozdrabniania: a) bijakowe, b) nożowe, c) tarczowe, d) walcowe, e) rębakowe [2, 5]

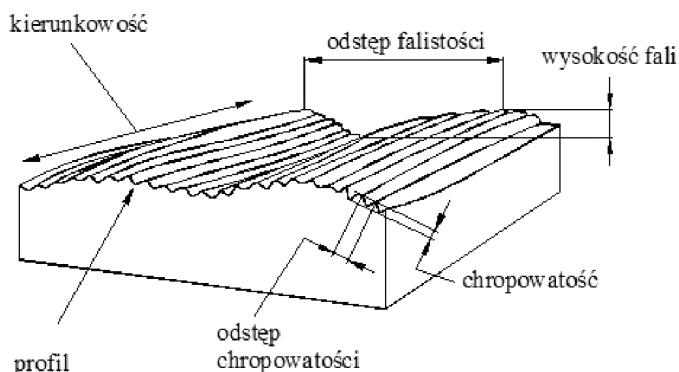
nia i quasi-ścinania – nożowe, c) rozłupywania, kruszenia i rozgniataania na powierzchni tarcz – tarczowe, d) obłupywania i rozgniataania – walcowe, e) skrawania materiału wsadowego skośnie do jego osi – rębakowe.

Stan rozdrobnionej cząstki, określony mianem jakości produktu, co jest oczywiste zależy od przyjętego modelu rozdrabniania, i co jest z tym związane od postaci konstrukcyjnych zespołów roboczych rozdrabniaczy. Tak, więc cechy geometryczne elementów roboczych rozdrabniaczy mają wpływ na jakość rozdrobnionego produktu. Potwierdzeniem tego faktu, są liczne prace naukowe, w których analizuje się wpływ cech konstrukcyjnych elementów rozdrabniających na proces rozdrabniania [2–4]. Prace te dotyczą przede wszystkim wpływu cech makrogeometrycznych na różne charakterystyki użytkowe. Cechy te, niewątpliwie istotne z punktu widzenia procesu rozdrabniania, nie w pełni ujmują jednak ich wpływ na wspomniane charakterystyki.

W pracach naukowych dotyczących wpływu cech geometrycznych współpracujących powierzchni elementów par kinematycznych na ich charakterystyki użytkowe, rozpatruje się cechy geometryczne w skali mikro. Są to liczne prace, np. [6–11], z zakresu szeroko rozumianej eksploatacji, a w szczególności tribologii, dziedziny zajmującej się tarciami i zjawiskami towarzyszącymi temu procesowi.

Cechą wspólną przedstawionych modeli rozdrabniania jest to, że rozdrabniany produkt ma kontakt konforemny z elementami roboczymi rozdrabniaczy i w czasie pracy maszyny występuje zjawisko tarcia między rozdrabnianym produktem i narzędziem.

Przez analogię do prac z zakresu eksploatacji, można więc stwierdzić, że cechy struktury powierzchni elementów rozdrabniających w skali mikro będą miały także wpływ na jakość produktu.



Rys. 2. Elementy tworzące strukturę geometryczną powierzchni

Struktury geometrycznej powierzchni narzędzia

Strukturę geometryczną powierzchni (SGP) tworzą nierówności powierzchni, czyli wzniesienia i wgłębienia będące śladami realizowanej obróbki lub będące skutkami procesu zużywania. Jako podstawowe parametry opisujące strukturę geometryczną powierzchni przyjmuje się [12]: chropowatość powierzchni, kierunkowość powierzchni, falistość, defekty SGP. Schematycznie te cechy przedstawiono na rys. 2.

W zależności od rozmieszczenia charakterystycznych elementów SGP powierzchnia może mieć charakter anizotropowy – o ukierunkowanym usytuowaniu wzniesień i wgłębien (kierunkowość struktury) lub izotropowy – nie wykazujący takiego ukierunkowania.

Związki rozdrabniania i mikrogeometrii narzędzia

Jedną z wielkości określających stan SGP elementów roboczych rozdrabniaczy, która ma istotny wpływ na jakość rozdrobnionych cząstek jest kierunkowość SGP oraz odstęp między sąsiednimi „grzbietami” nierówności.

Jeżeli rozdrabniany materiał, stykający się z elementami roboczymi rozdrabniacza, będzie przemieszczał się po linii równoległej do uprzywilejowanego kierunku SGP, to teoretycznie rozdrobniona cząstka będzie miała powierzchnię o innych parametrach niż cząstka, która przemieszcza się prostopadle do uprzywilejowanego kierunku.

Rozdrabniana cząstka, która przemieszcza się wzdłuż uprzywilejowanego kierunku struktury, ma lepsze warunki do zachowania stałego kontaktu z powierzchnią roboczą, w odwrotnym przypadku przemieszczenia, cząstka podlega okresowemu stykowi z kolejnymi „grzbietami” kierunkowości. W przypadku okresowego kontaktu zachodzą, więc korzystniejsze warunki, powstawania procesu mikroskrawania. Otrzymana rzeźba powierzchni rozdrabnianych cząstek będzie zatem zróżnicowana. W przypadku ruchu tych cząstek prostopadle do kierunkowości SGP, uzyskujemy bardziej rozwiniętą rzeźbę, a więc współczynnik przyrostu powierzchni rozdrabnianego surowca będzie większy. Gdy wymagana jest

duża powierzchnia właściwa rozdrobnionej cząstki, powinno się tak nadawać cechę kierunkowości SGP, aby wektor przemieszczenia cząstki wynikający z przyjętego modelu rozdrabniania był prostopadły do tej kierunkowości. Odwrotna sytuacja jest wówczas gdy wymagana jest duża gładkość rozdrobnionych cząstek. Zróżnicowanie to jest zależne również od plastyczności cząstek.

Uzyskanie większej powtarzalności rozdrobnienia produktu, z uwagi na wspomniane warunki styku, jest bardziej prawdopodobne przy wzdłużnym przemieszczaniu się cząstek względem kierunkowości struktury, niż w przypadku odwrotnym.

Inną mikrocechą struktury powierzchni roboczych elementów rozdrabniających, która potencjalnie ma istotny wpływ na transformację stanu cząstki jest chropowatość powierzchni – szczególnie w powiązaniu z kierunkowością struktury. W przypadku dużej wartości parametrów chropowatości może zachodzić intensyfikacja zjawiska mikroskrawania.

Z przeprowadzonej analizy wynika, że w większości wymienione parametry, w zróżnicowanym stopniu są istotne dla rozdrabniania surowców i produktów

Podsumowanie

Przedstawione w pracy rozważania sygnalizują, że cechy mikrogeometryczne SGP elementów roboczych rozdrabniacza mają istotny wpływ na jakość produktu rozdrabniania.

W celu pełnej oceny tego spostrzeżenia, przeprowadzane są badania doświadczalne, które potwierdzą i ilościowo zweryfikują te zależności. Pełen cykl badawczy pozwoli określić wpływ (lub jego brak) poszczególnych cech mikrogeometrycznych struktury na jakość produktu, a ponadto na efektywność procesu.

LITERATURA

1. J. Adamski, J. Flizikowski: *Maschinenmarkt*, nr 14 (1999).
2. M. Macko: Wpływ cech konstrukcyjnych zespołu wielotarczowego na charakterystyki użytkowe procesu rozdrabniania rurowych recyklatów tworzyw sztucznych, Bydgoszcz, Rozprawa doktorska, ATR, 2000.
3. J. Flizikowski: *Badania i podstawy konstrukcyjne wielotarczowych rozdrabniaczy nasion*, Bydgoszcz, seria Rozprawy, nr 42, 1990.
4. J. Flizikowski, K. Bieliński, M. Bieliński: *Podwyższenie energetycznej efektywności wielotarczowego rozdrabniania nasion zbóż na paszę*, Bydgoszcz, Wydawnictwo ATR, 1994.
5. J. Flizikowski: *Konstrukcja rozdrabniaczy żywności*, Bydgoszcz, Wydawnictwa Uczelniane ATR, 2005.
6. T. Burakowski: *Tribologia* **33**, nr 4, 1097 (2002).
7. H. Czarnecki: *Tribologia* **36**, nr 4, 19 (2005).
8. M. Matuszewski: *Badanie wpływu wybranych parametrów struktury geometrycznej powierzchni elementów par kinematycznych na proces ich zużycia*, Bydgoszcz, Rozprawa doktorska, UTP, 2008.
9. P. Pawlus: *Topografia powierzchni: pomiar, analiza, oddziaływanie*, Rzeszów Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, 2006.
10. A. Racyński: *Tribologia* nr 1 (2000).
11. M. Styp-Rekowski: *Znaczenie cech konstrukcyjnych dla trwałości skośnych łożysk kulkowych*, Bydgoszcz, Wydawnictwo Naukowe ATR, seria Rozprawy, nr 103, 2001.
12. K.E. Ocoś, W. Lubimow: *Struktura geometryczna powierzchni*, Rzeszów, Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, 2003.