

Autoreferat

1. Imię i Nazwisko: Tomasz Piotr Olejnik

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe

- 1) mgr inż., 1987 r. Politechnika Łódzka, Wydział Mechaniczny
- 2) dr nt., 1999, Politechnika Łódzka, Wydział Inżynierii Procesowej i Ochrony Środowiska,
tytuł rozprawy doktorskiej – „Zastosowanie teorii momentów do opisu procesu rozdrabniania w młynie kulowym”

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych

- | | |
|------------------------|---|
| 1989 – 1992 | starszy referent techniczny, Instytut Pojazdów,
Politechnika Łódzka, |
| 1993 do chwili obecnej | asystent, adiunkt, starszy wykładowca, adiunkt,
Wydział Inżynierii Procesowej i Ochrony
Środowiska, Politechnika Łódzka |

4. Wskazane osiągnięcia naukowe

- a) Tytuł: Mielenie materiałów ziarnistych w jednokomorowym młynie kulowym
- b) Autor: Tomasz Piotr Olejnik, Wyd. Politechniki Łódzkiej, seria Monografie Politechniki Łódzkiej (2013), ISBN 978-83-7283-550-5
- c) Omówienie celu naukowego pracy i osiągniętych wyników

Celem pracy była analiza procesu mielenia w jednokomorowym grawitacyjnym młynie kulowym i określenie wpływu składu, i wielkości mielników (kul) na uzyskiwane rozkłady granulometryczne produktu mielenia materiałów uziarnionych, charakteryzujących się zróżnicowanymi własnościami fizyko-chemicznymi.

W pracy wykorzystano opublikowane i niepublikowane wyniki badań własnych oraz przedmiotową literaturę z zakresu tematyki pracy.

Doskonalenie technologii mielenia surowców mineralnych wymaga stałych badań, określających związki zachodzące pomiędzy czynnikami wpływającymi na proces mielenia, a jakością procesu mielenia charakteryzowaną między innymi: stopniem rozdrobnienia, składem granulometrycznym produktu mielenia oraz średnim ważonym wymiarem ziarn surowca po mieleniu. Zważywszy, iż cechy produktu mielenia są istotne z punktu widzenia praktyki technologicznej, uzasadnione zatem wydaje się prowadzenie badań w celu określenia zależności wybranych parametrów procesowych na stopień rozdrobnienia i skład granulometryczny produktu.

W literaturze zajmującej się opisem zagadnień mielenia materiałów mineralnych wiele opracowań dotyczy modelowania procesu [1-4]. Najliczniej reprezentowane są dwa podejścia dotyczące modelowania. Pierwsze to podejście deterministyczne obejmujące klasyczne teorie rozdrabniania, zaś drugi sposób budowy modeli mielenia opiera się o hipotezy statystyczne [5,6]. W teoriach deterministycznych analiza obejmuje zależności pomiędzy energią dostarczaną w trakcie procesu do urządzenia mielącego, a efektem rozdrabniania. Natomiast hipotezy statystyczne dotyczą możliwej ewolucji składu ziarnowego mielonego materiału. Oczywiście przedstawiony powyżej podział jest tylko umowny, gdyż istnieją też modele łączące oba podejścia (hipotezy), które uwzględniają bilans energii i bilans masy populacji ziaren [7,8]. Technologów przeróbki materiałów ziarnistych interesuje głównie opis

procesu rozdrabniania z punktu widzenia składu ziarnowego uzyskanego w konkretnym urządzeniu mielącym, natomiast związek pomiędzy efektem mielenia a energią wydatkowaną w procesie jest dla nich mniej istotny. Idealnym rozwiązaniem byłoby podanie takich ogólnych zależności określających skład ziarnowy produktu, w których parametry zależą nie tylko od rodzaju urządzenia mielącego, ale i właściwości stosowanego materiału.

Niestety, w literaturze można spotkać tylko częściowe rozwiązania w tym zakresie [9-12]. Nadzieję dają prace z grupy hipotez statystycznych, wśród których wyróżnia się modele aproksymacyjne [13-17], modele oparte na bilansie masowym populacji ziaren [18-21] i modele wykorzystujące procesy Markowa [22-24].

Oddziaływanie kul na ziarna nadawy powoduje zmianę ich rozmiaru w sposób losowy, zaś uzyskany skład granulometryczny produktu mielenia zdeterminowany jest warunkami prowadzenia procesu. W swej pracy [25] wysunąłem tezę, iż bilans masy ziarn znajdujących się w młynie, będący rezultatem rozdrabniania i wynikająca z niego szybkość migracji ziarn do mniejszych klas ziarnowych - jest powiązany z liczbą punktów kontaktu kul. Na podstawie udziałów masowych zasilających poszczególne klasy ziarnowe b_{ij} , możliwe jest również określenie dominujących mechanizmów mielenia. Model opisujący bilanse masowe poszczególnych klas ziarnowych rozszerzyłem o zagadnienia dotyczące wpływu morfologii mielonych ziarn surowca oraz ich własności wytrzymałościowych.

Obecny stan wiedzy odnoszącej się do budowy modeli opisujących pracę urządzeń oraz zjawisk zachodzących w tych urządzeniach może być wspierany zaawansowanymi symulacjami komputerowymi, znacząco przyspieszającymi formułowanie wniosków w oparciu o zebrane dane doświadczalne. Dotyczy to szczególnie symulacji pracy młynów kulowych [26-30]. Jednak zastosowanie praktyczne modeli wymaga wiedzy dotyczącej charakterystycznych parametrów procesowych za pomocą, których, opisuje się modelowane zjawiska. Odnosi się to szczególnie do wiedzy dotyczącej procesów dezintegracji ziarn surowca pod wpływem przyłożonego obciążenia zewnętrznego oraz zachowania się kul w komorze mielącej. Wspomniane wielkości są wykorzystywane do dalszych obliczeń matematycznych [31]. Analizując literaturę przedmiotu, wskazałem [32-33] na ścisłą korelację pomiędzy własnościami wytrzymałościowymi ziarn nadawy oraz składu kul, na wartości parametrów opisujących bilans masy rozdrabnianego surowca dla poszczególnych klas ziarnowych. Zakres wielkości sił oddziałujących na ziarna nadawy zależy od interakcji zachodzącej na styku ziarno-kula. Badania prowadzone w skali laboratoryjnej oraz półtechnicznej pozwoliły na wyznaczenie charakterystycznych parametrów rozdrabniania materiału z uwzględnieniem własności surowca i opisanie zjawiskowo procesu z uwzględnieniem ich wpływu na rozkład granulometryczny produktu. Intensywność zdarzeń zachodzących na styku pary ciernej kula-ziarno są zdeterminowane poprzez liczbę punktów kontaktu w jednostce objętości mieszaniny rozdrabnianych ziarn oraz kul. Analizowanie zjawisk ujmujących wspomniane zagadnienia, zachodzących podczas rozdrabniania, musi zatem obejmować kilka obszarów.

Należy podkreślić, iż naprężenia niszczące występujące w strukturze ziarna wywołane zewnętrznymi siłami, które mogą rozdzielić go na mniejsze fragmenty nie mają wartości stałej, ze względu na różnice w mikrostrukturze (niejednorodności materiału) [34]. W związku z tym, nawet dla ziarn zawierających się w tej samej klasie ziarnowej, występuje znaczny rozrzut wartości sił niszczących powodujących przerwanie spójności ziarn. Cho i Austin [35] potwierdzili wspomnianą tezę badając rozdział i dystrybucję sił niszczących dla rozmiarowo identycznych, doskonale

jednorodnych w swej strukturze kul wykonanych ze szkła. Materiały mineralne odznaczają się istotną zmiennością granicznych wartości naprężeń niszczących strukturę wewnętrzną i w związku z tym konieczne jest prowadzenie testów wytrzymałościowych, których liczba powinna być duża by otrzymać wiarygodne rozkłady funkcji gęstości prawdopodobieństwa dystrybucji siły. W swych pracach [36,37] badałem naprężenia niszczące strukturę ziarna i przeanalizowałem wpływ rozmiaru ziarna na wartość sił niszczących ziarno.

Po drugie, nie wystarcza sama informacja, czy ziarno uległo pęknięciu, ale również należy znać rozkład ziarnowy nowoutworzonych ziaren. Sprowadza się to do konieczności określenia wartości funkcji rozdziału.

Po trzecie jest koniecznym, by dokładnie opisać prawdopodobieństwo oddziaływania kuli wywołującej określony rozdział ziarna po mieleniu oraz częstotliwość, z jaką kule oddziałują na nadawę.

Po czwarte, co wykazał Tavares i King [38], ziarno na które oddziałuje kula wywołująca niedostateczne naprężenie, pod wpływem którego nie dochodzi do podziału ziarna - podlega wewnętrznym uszkodzeniom oraz propagacji mikroszczelin. To zaś wpływa na obniżenie wytrzymałości ziarna w wyniku którego maleje wartość sił niszczących, potrzebnych do rozerwania struktury ziarna.

Omówione powyżej zagadnienia analizowali w swych pracach liczni badacze [29, 38-40], jednak formułowane wnioski koncentrowały się głównie na określeniu dystrybucji składów ziarnowych, biorąc pod uwagę konkretne urządzenie. Ogólność zapisu modeli skutkowała koniecznością prowadzenia oddzielnych analiz dla każdego z rodzajów aparatów, w których zachodzi proces rozdrabniania ziarn. W swej pracy [25] starałem się opisać proces mielenia, uwzględniający własności wytrzymałościowe ziarn oraz wybrane parametry procesowe w taki sposób, aby opis szybkości rozdrabniania poszczególnych klas ziarnowych oraz zbiór wartości funkcji rozdziału były jednoznaczne w interpretacji wyników. W związku z tym przyjąłem założenie, iż na podstawie analizy bilansu masy dla poszczególnych klas ziarnowych oraz szybkości zasilania i ubywania ziarn w tych klasach, możliwe będzie określenie dominujących mechanizmów rozdrabniania surowca. Natomiast poprzez dobór składu – zestawu młyników, możliwe będzie kierowanie procesem w taki sposób, by uzyskać możliwie najmniejsze jednostkowe nakłady energetyczne lub najkorzystniejszy mechanizm mielenia. Z ekonomicznego zaś punktu widzenia, możliwe będzie uzyskanie pożądanego rozmiaru produktu przemiału w możliwie najkrótszym czasie. Umożliwiłoby to kierowanie kinetyką przemiału zgodnie z wymaganiami technologicznymi.

Jednocześnie bardzo wysokie nakłady energii wydatkowane na procesy mielenia w młynach kulowych zmuszają do poszukiwania rozwiązań, które pozwoliłyby na uzyskanie wymaganego stopnia rozdrobnienia w możliwie najkrótszym czasie przy akceptowalnym poziomie nakładów inwestycyjnych w urządzenie mielące.

Najważniejszym elementem roboczym młyna mającym bezpośredni wpływ na proces mielenia są kule, których oddziaływania na mielony materiał determinują skład granulometryczny produktu przemiału. Mając na uwadze powyższe sformułowałem następującą hipotezę:

Jeśli najważniejszymi elementami roboczymi młyna są kule, które oddziałują bezpośrednio na mielony materiał, to jest możliwe sterowanie procesem poprzez zmianę dominujących mechanizmów mielenia. Normalne i styczne siły, występujące w punktach kontaktu materiału z kulami, muszą zatem wpływać na skład granulometryczny produktu mielenia. Konsekwencją przyjętego rozumowania jest

stwierdzenie, iż poprzez dobór wielkości i liczby kul możliwe jest regulowanie bilansu masy pomiędzy poszczególnymi klasami ziarnowymi, co w konsekwencji prowadzi do uzyskania określonego składu granulometrycznego produktu mielenia. Jednocześnie własności mechaniczne oraz budowa morfologiczna surowca warunkują bilans masy populacji ziarn produktu mielenia. Możliwe jest zatem sterowanie procesem mielenia materiałów o zróżnicowanej budowie morfologicznej i własnościach mechanicznych poprzez dobór składu granulometrycznego (zestawu) kul (mielniczków).

Przeprowadzona analiza problemu procesu mielenia w młynach kulowych jak również przytoczone argumenty i postawiona hipoteza spowodowały, że cele cząstkowe pracy sformułowałem następująco:

- przeprowadzenie opisu procesu mielenia wybranych surowców mineralnych różniących się budową morfologiczną oraz podatnością na mielenie,
- opracowanie modelu opisującego związek pomiędzy składem granulometrycznym produktu mielenia, a wytrzymałością na naprężenia ściskające mielonego materiału,
- opisanie wpływu liczby punktów kontaktu kul z ziarnami mielonego materiału na dominujący charakter mechanizmów mielenia,
- sformułowanie ogólnej zależności wiążącej liczbę i rozmiar (zestawu) kul na dominujące mechanizmy mielenia ziarn w jednokomorowym młynie kulowym o działaniu okresowym.

Proces mielenia realizowano w sposób okresowy – na sucho w środowisku powietrza. Badania wykonano w półtechnicznym młynie kulowym wyprodukowanym przez Makrum Sp. z o.o. w Bydgoszczy. Średnica wewnętrzna komory młyńskiej wynosiła 0,5 m, natomiast pojemność całkowita młyńca 0,112 m³. Prędkość obrotowa młyńca była stała i wynosiła 0,517 s⁻¹, co stanowiło 59 % jego krytycznej prędkości obrotowej.

Mielenie realizowano dla trzech materiałów skalnych (szarogłazu, granitu oraz kwarcytu) różniących się morfologią oraz własnościami fizykochemicznymi. Zawartość wilgoci w materiale uziarnionym kształtowała się poniżej 0,7%, co wynikało ze sposobu przechowywania surowca do badań (pomieszczenie zamknięte, ogrzewane). Surowiec mineralny został wstępnie rozdrobniony (za pomocą kruszarki szczękowej) tak, by uzyskać klasę ziarnową od 5 do 8 mm. Ziarna surowca przesiano używając sit o wyżej wymienionych wielkościach oczek.

Masę materiału uziarnionego dobrano w ten sposób, by uzyskać 30 % wypełnienie objętości komory młyńca. Gęstość nasypową surowców, określono po swobodnym usypaniu oraz po 10 minutach wytrząsania próbki pomiarowej za pomocą wytrząsarki AS 300 Firmy Retsch. Proces mielenia przerywano w momencie, gdy podczas analizy granulometrycznej nie stwierdzono ziarn powyżej 2,5 mm.

W badaniach użyto cztery zestawy kul alubitowych, oznaczone kolejno I, II, III i IV. Łączna masa kul stosowanych do przemiału wynosiła około 41 kg. Średnice i masy kul, dla poszczególnych serii pomiarowych, zamieszczono w tabeli 1. Gęstość właściwa kul korundowych wynosiła około 3670 kg/m³, zaś nasypowa około 2475 kg/m³. Łącznie w młynie znajdowała się mieszanina materiałów mineralnych oraz kul zajmująca około 45 % objętości komory.

Dla czterech zestawów kul (Tab. 1) oszacowano teoretyczną liczbę punktów kontaktu. W obliczeniach uwzględniono rezultaty badań prowadzone przez Morta

[41]. Liczba punktów kontaktu odnosi się do punktów styczności z innymi kulami lub ziarnami materiału.

Dla każdej serii pomiarowej co 15 minut zatrzymywano młyn, pobierając próbkę ok. 0,6 kg zmielonego materiału do analiz mikroskopowych, wytrzymałościowych oraz granulometrycznych.

Skład chemiczny określano liczbą atomów poszczególnych pierwiastków, wchodzących w skład związków chemicznych, a morfologię ziarna zbadano przy użyciu mikroskopu skaningowego QUANTA 200F firmy FIE.

Tab. 1. Zestawienie średnic i masy kul oraz liczby punktów kontaktu kul dla serii I, II, III i IV

Seria pomiarowa	I	II	III	IV
Średnica kuli, mm	Masa kul, kg / Liczba punktów kontaktu, -			
10	-	6 / 27588	1 / 6424	-
20	-	12,3 / 11176	12,5 / 11363	11 / 9999
30	-	12,3 / 2035	12,5 / 2068	15 / 2475
40	-	10 / 671	15 / 1001	15 / 1001
60	40 / 512	-	-	-
Łącznie	40 / 512	40,6 / 50611	41 / 14432	41 / 13475

Ziarna mielonego materiału wyselekcjonowane z wybranych klas ziarnowych zostały poddane badaniom wytrzymałościowym. Pojedyncze ziarna zostały poddane naprężeniom ściskającym. Próby zgniatania wykonano za pomocą przyrządu INSTRON Serii 2500. W celu ujednoludzenia wyników, dla każdej klasy ziarnowej, przeprowadzono po dziesięć prób wytrzymałościowych w celu zmniejszenia błędu pomiaru, uzyskując wartość odchylenia standardowego SD poniżej 0,15. Badania wytrzymałościowe przeprowadzono dla jednakowych warunków zewnętrznych, tj. przy normalnym ciśnieniu atmosferycznym oraz stałej wilgotności względnej powietrza wynoszącej 55% i temperaturze 20°C.

Rezultaty badań wytrzymałościowych - wyznaczone wartości naprężeń niszczących poddano analizie statystycznej i wyznaczono krzywe regresji trzeciego stopnia o wysokich współczynnikach determinacji (wartość $R^2 = 0,96 \div 0,98$ na poziomie istotności $\alpha = 0,05$).

Analizę kształtu ziarn oraz skład granulometryczny wykonano za pomocą analizatora AWK 3D firmy Kamika Instruments wykorzystującego algorytmy opisu kształtu ziarn w oparciu o metodę Zingga [42]. Wyniki analiz pozwoliły na określenie składu granulometrycznego mielonego materiału w poszczególnych momentach czasowych rozdrabniania. Obliczeniowe wartości składów granulometrycznych produktu mielenia odznaczały się bardzo dużą dokładnością wyników. Statystyczna obróbka danych przebiegała w oparciu o wewnętrzny moduł obliczeniowy analizatora uzyskując bardzo wysokie wartości R^2 mieszczące się w zakresie $0,99 \div 0,999$ na poziomie istotności $\alpha = 0,05$.

W pracy wykazano wpływ zmiany wielkości i liczby kul na dominujące mechanizmy mielenia. Analizy składu granulometrycznego mielonych materiałów opracowane dla zróżnicowanych składów kul wykorzystano do zbadania „migracji” ziarn pomiędzy klasami ziarnowymi. Przeprowadzono obliczenia w oparciu o model bilansu masy, przy wykorzystaniu autorskiego programu komputerowego w celu znalezienia macierzy zawierającej wartości parametru $b_{i,j}$ dla każdej serii pomiarowej.

Model obliczeniowy umożliwił również obliczenie szybkości właściwej mielenia S_i poszczególnych frakcji rozmiarowych i mielonego materiału.

Ważnym spostrzeżeniem (zaobserwowanym podczas analizy wyników) dotyczącym przebiegu zmian wartości parametru $b_{i,j}$ jest jego zmiana wywołana zróżnicowaniem wielkości oraz liczby kul użytych do mielenia. Analiza otrzymanych wyników $b_{i,j}$ dla granitu, kwarcytu oraz szarogłazu i zróżnicowanych składów kul pozwoliła na wysunięcie hipotezy, którą sformułowałem następująco:

Zwiększenie zróżnicowania liczby kul, poprzez zmianę ich wymiarów nominalnych oraz udziałów wagowych (co wiąże się ze zwiększeniem teoretycznej liczby punktów kontaktu) wywołuje przyrost zasilania odległych klas ziarnowych przez produkty mielenia pochodzące z frakcji początkowej. Zwiększenie udziału masowego odleglejszych (drobniejszych fragmentów surowca) klas ziarnowych spowodowane jest przewagą mechanizmów ścierania podczas mielenia. Jednocześnie zwiększenie udziałów masowych klas ziarnowych najbliższych klasie ziarnowej frakcji wyjściowej nadawy świadczy o dominującym udarowym mechanizmie mielenia.

Obliczone wartości parametru $b_{i,j}$ posłużyły do określenia szybkości mielenia S_i poszczególnych klas ziarnowych granitu, kwarcytu i szarogłazu. Zaobserwowano wpływ składu kul i wynikający z niego wpływ liczby teoretycznych punktów kontaktu na wartości szybkości mielenia. Wraz ze wzrostem liczby teoretycznych punktów kontaktu kul z ziarnami materiału wystąpił wzrost szybkości mielenia S_i poszczególnych klas ziarnowych. Przy czym dla kwarcytu oraz szarogłazu wystąpiły wyraźne ekstrema szybkości mielenia S_i . W przypadku kwarcytu największą szybkość mielenia uzyskano dla ziarn o rozmiarze d_s około 200 μm zaś dla szarogłazu dla ziarn o rozmiarze d_s około 300 μm . Dla granitu wystąpiło również ekstremum S_i jednak zróżnicowanie szybkości mielenia ze względu na skład kul nie jest tak wyraźne jak w przypadku pozostałych dwóch materiałów. Można zatem przypuszczać, iż uzyskanie zróżnicowanych szybkości mielenia spowodowane zmianą liczby oraz rozmiaru kul jest większe w przypadku materiałów, które posiadają jednorodną strukturę. Dotyczy to kwarcytu oraz szarogłazu, które posiadają zbliżoną budowę makroskopową.

W pracy wykazano wpływ rozmiaru i składu kul na mechanizmy mielenia. Określono zmianę w czasie mielenia średniego rozmiaru ziarna d_s wiążąc ją z liczbą teoretycznych punktów kontaktu. Opracowany model procesu mielenia w młynie grawitacyjnym w swym opisie wiąże wartości udziałów masowych ziarn w poszczególnych klasach ziarnowych z dominującymi mechanizmami mielenia. Jest to oryginalna propozycja, która może być wykorzystana do badania mechanizmów rozdrabniania w innych urządzeniach, realizujących procesy rozdrabniania materiałów uziarnionych.

Na podstawie przeprowadzonych badań sformułowano następujące wnioski:

1. Własności fizyczne - cechy wytrzymałościowe rozdrabnianego materiału uziarnionego mają wpływ na szybkość jego przemiatu.
2. Morfologia ziarn materiału determinuje losowy rozkład uziarnienia produktu mielenia.
3. Dominujące mechanizmy mielenia zależą od energii i liczby punktów kontaktu kul z ziarnami nadawy.
4. Zwiększenie prawdopodobieństwa kontaktu ziarn z kulami poprzez zwiększenie liczby kul, prowadzi do szybszego osłabienia struktury krystalograficznej ziarn mielonego materiału, przy czym aby zachować

- możliwość rozdrabniania dużych ziarn materiału należy zachować w zestawie kule o większych wymiarach.
5. Zwiększenie udziału zasilania odległych klas rozmiarowych w odniesieniu do frakcji wyjściowej materiału może wskazywać na zwiększenie udziału sił normalnych w procesie rozdrabniania.
 6. Większe zasilanie najbliższych klas ziarnowych w porównaniu z klasą wyjściową, wskazuje na większe prawdopodobieństwo udziału sił trących w rozdrabnianiu ziarn.
 7. Zastosowanie zróżnicowanego składu kul, dostosowanego do morfologii, wytrzymałości ziarn na naprężenia ściskające oraz podatności na mielenie, umożliwia prowadzenie procesu mielenia, w taki sposób by uwalniać ziarna o ściśle określonym rozmiarze lub zawierające największy udział wagowy pożądanych technologicznie składników mineralnych.

Praktyczne rezultaty pracy dotyczące technologii mielenia w młynie kulowym obejmują między innymi:

- Zastosowanie zróżnicowanego składu kul umożliwiającego skrócenie czasu mielenia potrzebnego do uzyskania wymaganego technologicznie składu ziarnowego produktu mielenia, co przekłada się bezpośrednio na oszczędności uzyskane z obniżenia kosztów poboru energii urządzeń mielących.
- Zróżnicowanie składu kul umożliwia intensyfikację procesu mielenia umożliwiającą uzyskanie porównywalnych strumieni produktu w urządzeniach o mniejszych rozmiarach.
- Zastosowanie zmiennego składu kul, dostosowanego do morfologii oraz wytrzymałości ziarna, umożliwia prowadzenie procesu mielenia, w taki sposób by uwalniać minerały o ściśle określonym rozmiarze lub ziarna zawierające największy udział wagowy wymaganych składników mineralnych, np. rudy, zwiększając tym samym uzysk technologiczny.

5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych (artystycznych)

Studia wyższe ukończyłem na Wydziale Mechanicznym Politechniki Łódzkiej. W dniu 2 października 1987 roku obroniłem, wykonaną pod kierunkiem prof. Jędrzeja Jędrzejewskiego, pracę magisterską zatytułowaną „Silnik do samochodu osobowego o zapłonie samoczynnym chłodzonym powietrzem” [43]. Była to praca konstrukcyjna obejmująca rozwiązanie innowacyjne na owe czasy. Pierwszy samochód seryjny z przeciwsobnym silnikiem ZS został wyprodukowany dopiero w 1999 roku przez Subaru.

Po ukończeniu służby wojskowej, w styczniu 1989 roku rozpocząłem pracę w Instytucie Pojazdów Politechniki Łódzkiej, w zespole doc. dr. inż. Jacka Janczaka. Pracowałem na stanowisku starszego referenta technicznego. Obszar zainteresowań naukowych obejmował dziedzinę wytrzymałości, głównie zagadnienia trybologiczne w układach przeniesienia napędu. Jednocześnie podnosiłem swe praktyczne umiejętności dotyczące programowania w językach Fortran oraz C. Uczestniczyłem w pracach badawczych dotyczących komputerowej symulacji współpracujących ze sobą powierzchni ciernych w węzłach konstrukcyjnych.

We wrześniu 1992 roku podjąłem pracę na Wydziale Inżynierii Procesowej i Ochrony Środowiska Politechniki Łódzkiej. Pracowałem na stanowisku asystenta w

Katedrze Aparatury Procesowej pod kierownictwem prof. dr. hab. inż. Andrzeja Heima. W początkowym okresie zatrudnienia zapoznałem się z zakresem prac badawczych prowadzonych w Katedrze dotyczących procesów mechanicznych nad materiałami uziarnionymi oraz z obszaru mieszania i przesiewania. Podjąłem również prowadzenie własnych badań w zakresie procesów realizowanych w grawitacyjnych młynach kulowych.

Do podjęcia tej problematyki skłonił mnie szeroki zakres wykorzystania młynów grawitacyjnych z kulowymi mielnikami w różnych gałęziach przemysłu, przykładowo do produkcji: pigmentów, farb drukarskich i tekstylnych, farmaceutyków, odczynników, środków piorących czy też mas ceramicznych. Pracowałem w trzyosobowym zespole kierowanym przez prof. Andrzeja Heima. Od początku tematyka mojej pracy badawczej związana była zagadnieniami stochastycznego opisu procesu mielenia w młynach kulowych. Rezultatem badań była między innymi publikacja, w której opisałem proces rozdrabniania w młynie kulowym za pomocą teorii momentów statystycznych [44]. Jednocześnie rezultaty mojej pracy badawczej przedstawiłem podczas IV Międzynarodowego Sympozjum Naukowo-Technicznego: Mielenie i separacja w przemyśle; Gliwice-Rudy [45] oraz podczas 2. Konferencji w Jerozolimie; CHoPS (Conference for Handling of Particulate Solids) w 1997 [46]. Rezultaty badań nad statystycznym opisem kinetyki mielenia w młynach kulowych zaowocowały dalszymi publikacjami [47, 48]. Zastosowanie teorii momentów statystycznych, do opisu rozkładów granulometrycznych produktu mielenia wykorzystując zmodyfikowane wskaźniki asymetrii K_{2m} oraz spłaszczenia K_{1m} (czyli statystyk odpowiednich rzędów), pozwala na ocenę rezultatów procesu rozdrabniania w sposób jednoznaczny dla różniących się gabarytami urządzeń mielących. Wykorzystanie teorii momentów statystycznych w opisie składów ziarnowych, pozwala na porównanie jakościowe zjawisk występujących podczas zmiany rozmiarów ziarn. Umożliwia to prowadzenie analizy porównawczej procesów rozdrabniania prowadzonych w urządzeniach o różnych parametrach konstrukcyjnych oraz odmiennych parametrach procesowych. Interpretacja wartości zmodyfikowanych wskaźników (momentów rzędu trzeciego oraz czwartego) umożliwia określenie warunków aparaturowo-procesowych, przy których możliwe jest uzyskanie produktu najbardziej monodispersyjnego przy założonej wartości średniego rozmiaru ziarna d_s .

Ze względu na praktyczne rezultaty stosowania teorii momentów statystycznych do opisu procesów dezintegracji materiałów uziarnionych, zdecydowałem się na wybranie wspomnianej tematyki na temat rozprawy doktorskiej. Promotorem napisanej przeze mnie pracy na temat "Zastosowanie teorii momentów do opisu procesu rozdrabniania w młynie kulowym" [49] był prof. dr. hab. inż. Andrzej Heim. Recenzentami byli prof. dr. hab. inż. Zbigniew Korzeń z Politechniki Wrocławskiej oraz prof. dr. hab. inż. Janusz Boss z Politechniki Opolskiej.

W latach 1999-2002 rozwijałem model matematyczny, dotyczący wykorzystania teorii momentów statystycznych przedstawiony w rozprawie doktorskiej, dla procesu mielenia na sucho w jednokomorowych młynach grawitacyjnych. Rezultaty prac badawczych przedstawiłem na szeregu konferencjach między innymi podczas XXXVI Seminarium Fizykochemicznych Problemów Mineralurgii w Polanicy Zdrój [50] oraz podczas cyklicznej konferencji CHoPS w Izraelu [51]. Wyniki badań dotyczące mielenia w młynach kulowych materiałów uziarnionych zamieściłem również między innymi w pracach [52, 53], których tematyka dotyczyła analiz wybranych warunków aparaturowo-procesowych i ich wpływu na kinetykę mielenia. Wymienione artykuły zawierały pierwsze próby uogólnienia wyników badań dotyczących mechanizmów

niszczenia ziarna w oparciu o statystyczną analizę składów ziarnowych produktu mielenia.

W latach 2002-2005 kierowałem trzyletnim projektem badawczym 4 T09C 005 23, finansowanym przez Komitet Badań Naukowych, na temat „Zastosowanie teorii momentów statystycznych do opisu procesu rozdrabniania w młynie kulowym z uwzględnieniem efektu skali” [54]. Badania w ramach projektu prowadzono w młynach kulowych, różniących się wymiarami konstrukcyjnymi. Po raz pierwszy też zastosowałem teorię momentów statystycznych do opisu produktu mielenia na mokro. Mielenie realizowano między innymi w Zakładach „Ceramika Paradyż” Sp. z o.o. oraz Zakładach Ceramicznych „Opoczno” S.A. W wyniku projektu opisano kinetykę mielenia mas ceramicznych wykorzystywanych do produkcji płytek ceramicznych, z wykorzystaniem teorii momentów statystycznych. Rezultaty badań mielenia na mokro mas ceramicznych w skali przemysłowej dla technologii wytwórczych stanowiących własność intelektualną podmiotów, w których prowadzono badania, przedstawiono podczas cyklicznej konferencji CHoPS w Budapeszcie [55] i podczas konferencji w Słoku [56] oraz w szeregu publikacjach [57-60]. Pośrednim rezultatem prowadzonego przeze mnie projektu badawczego było wskazanie, na podstawie analizy wyników, na możliwy wpływ punktów kontaktu mielników na kinetykę oraz na skład granulometryczny produktu mielenia [61].

Praktyczne wykorzystanie liczby punktów kontaktu mielników z ziarnami nadawy oraz ich wpływ na przebieg procesu mielenia, jak również przypuszczenie, iż poprzez zmianę liczby punktów kontaktu możliwe jest kierowanie kinetyką mielenia w dowolny sposób, tak aby uzyskiwać założone rozkłady granulometryczne produktu, było podstawą ubiegania się o środki finansowe na dalsze badania. W latach 2007 – 2010 byłem kierownikiem projektu N N208 0773 33 „Szybkość rozdrabniania wybranych frakcji rozmiarowych nadawy z uwzględnieniem zmiennej liczby punktów kontaktu oraz własności wytrzymałościowych złoża”, finansowanego przez Komitet Badań Naukowych [62]. Projekt dotyczył analizy procesu mielenia trzech zróżnicowanych pod względem morfologii i własności fizyko-chemicznych, w tym wytrzymałości i podatności na rozdrabnianie, materiałów uziarnionych. Plan badań doświadczalnych obejmował zmianę wielu parametrów procesowych mielenia, w tym, między innymi liczby i składu mielników (kul), wypełnienia komory młyna nadawą oraz kulami. Ziarna mielonego materiału pochodzące z różnych klas ziarnowych, dla różnych czasów mielenia poddano analizie chemicznej obejmującej określenie zmian składu pierwiastków w produkcie mielenia, analizie morfologicznej za pomocą mikroskopu skaningowego oraz poddano badaniom wytrzymałościowym. Uzyskane rezultaty prezentowałem między innymi podczas międzynarodowej konferencji CHoPS + ICBMH w Brisbane, w Australii [63] oraz podczas V Ogólnopolskiej konferencji Operacje Mechaniczne Inżynierii Procesowej w Słoku [64, 65]. Dalsze osiągnięcia w tym zakresie przedstawione były w kraju na XLVI Seminarium Fizykochemiczne Problemy Mineralurgii w Niepołomicach [66] oraz za granicą podczas kongresu sympozjum Comminution'10 w Kapsztadzie, w Afryce Południowej [67, 68]. W tym czasie powstało szereg artykułów, których byłem autorem, opublikowanych między innymi w takich pismach jak Physicochemical Problems of Mineral Processing [69,70], Inżynierii Chemicznej i Procesowej [71] czy Inżynierii i Aparaturze Chemicznej [72]. Większość prac i analiz dotyczyła mielenia na sucho (zawartość wilgoci poniżej 1%) materiałów uziarnionych. Nieliczne prace dotyczyły kinetyki mielenia na mokro [73-79]. Wraz z analizą kinetyki mielenia materiałów uziarnionych zajmowałem się badaniami nad zmianą własności fizykochemicznych oraz wytrzymałości ziarn w czasie mielenia. Rezultaty badań z

tego obszaru przedstawiłem między innymi na 6. Międzynarodowej Konferencji CHoPS + ICBMH w Brisbane, w Australii [80].

Oprócz badań dotyczących rozdrabniania materiałów uziarnionych zajmowałem się zagadnieniami granulacji (grudkowania) pod kątem opisu procesu poprzez analizę bilansu masy granul dla poszczególnych klas ziarnowych w trakcie granulacji. W latach 2008-2012 brałem udział jako główny wykonawca w dwóch grantach finansowanych przez Komitet Badań Naukowych: projekt N N209 096135 [81] oraz N R05 0009 06 [82]. Jestem współautorem pracy prezentującej rezultaty badań prowadzonych w ramach wymienionych projektów badawczych [83], oraz współautorem projektu konstrukcji granulatora do granulacji ciągłej [82] jak również współautorem trzech zgłoszeń patentowych [83-85].

6. Działalność dydaktyczno wychowawcza i organizacyjna

W ramach pracy dydaktycznej prowadziłem lub prowadzę różne formy zajęć (wykłady, ćwiczenia, projektowanie, laboratoria) z takich przedmiotów jak: Rysunek Techniczny, Podstawy Konstrukcji Maszyn, Grafika Inżynierska, Maszynoznawstwo, Mechanika i Wytrzymałość Materiałów, Projektowanie ACAD, Zarządzanie technologią, Ochrona własności intelektualnej w MŚP, Rozwój zrównoważony oraz Biotechnological Equipment i Intellectual Property Rights (w języku angielskim).

Zróżnicowana tematyka zagadnień dydaktycznych oraz chęć podnoszenia swych kwalifikacji w związku z dynamicznymi zmianami zachodzącymi w dziedzinach będących przedmiotem zajęć przyczyniła się do podjęcia dodatkowych studiów i kursów branżowych. W 1999 roku ukończyłem ekonomiczno-prawne Studia Podyplomowe na Uniwersytecie Łódzkim. W listopadzie 2001 roku uczestniczyłem w cyklu wykładów „Zarządzanie technologią i negocjacje w transferze technologii” zorganizowanym przez Biuro Promocji Inwestycji i Technologii organizacji Narodów Zjednoczonych ds. Rozwoju Przemysłowego UNIDO. W 2001 roku uczestniczyłem również w szkoleniu dotyczącym „Tworzenia Interfejsu Użytkownika za pomocą Oracle Forms v.6i” zaś w 2002 roku w cyklu szkoleń „Oracle 8i: Administrowanie Bazą Danych”. Szkolenia prowadzone były przez Oracle Education Services. W tymże roku ukończyłem Podyplomowe Studia „Efektywne wykorzystanie zasobów informatycznych” realizowanych przez katedrę Informatyki Stosowanej Politechniki Łódzkiej. W 2003 roku uczestniczyłem w kursie Challenges of Sustainable Development zorganizowanym przez University of Floryda. Od 2005 roku jestem Partnerem w Marwit EU-consulting GmbH odpowiedzialnym za przygotowanie przemysłowych studiów wykonalności.

Liczne kontakty, będące rezultatem udziału w międzynarodowych konferencjach przyczyniły się do podjęcia bilateralnej współpracy, potwierdzonej umową pomiędzy Hacettepe University (Ankara, Turcja), Mineral Processing Division a Wydziałem Inżynierii Procesowej i Ochrony Środowiska PŁ. W ramach współpracy opiekowałem się doktorantem Seyfi A. Erdem, podczas pobytu w Polsce (wrzesień 2005 – październik 2006). Wspólnie zajmowaliśmy się zagadnieniami mielenia materiałów mineralnych wykorzystywanych podczas produkcji cementu. W ramach prac badawczych prowadzonych przez doktoranta z Turcji, zajmowaliśmy się analizą procesu produkcji cementu w Zakładach Cementowych ODRA S.A. oraz Górażdże Cement S.A. Rezultaty prac zaprezentowano między innymi na krajowych i międzynarodowych konferencjach [87,88].

Od 2010 roku recenzuje artykuły przeznaczone do opublikowania w czasopiśmie Physicochemical Problems of Mineral Processing.

Jestem promotorem blisko 70 prac inżynierskich i magisterskich.

7. Nagrody i odznaczenia

Za osiągnięcia w pracy dydaktyczno-wychowawczej i naukowo-badawczej byłem wielokrotnie nagradzany przez Rektora Politechniki Łódzkiej oraz Dziekana Wydziału Inżynierii Procesowej i Ochrony Środowiska PŁ.

W 2010 roku zostałem odznaczony przez Prezydenta RP Medalem Srebrnym za Długoletnią Służbę.

8. Podsumowanie dorobku naukowo-badawczego

Jestem autorem, bądź współautorem 2 rozdziałów w monografii, 44 publikacji w czasopismach krajowych, zagranicznych i materiałach konferencyjnych, (w tym 8 w czasopismach z listy filadelfijskiej) oraz 41 prezentacji na konferencjach naukowych.

- Sumaryczny IF=3,895
- Cytowania: w bazie Web of Science (CRS) zacytowano 10 prac 14 razy, w bazie Scopus 12 cytowań
- Indeks Hirscha: 2 (ISI Web of Science)

9. Literatura cytowana w autoreferacie

- [1] Bond F.C., Crushing and grinding calculations, British Chemical Eng. 6 (1961) p. 378-385
- [2] Oki Y., Majima W., Canadian Metallurgical Quarterly, 9 (1970) pp 429
- [3] Rowland C.A., Kjos D.M., Mineral Processing Plant Design, (Mular A.I. i Bhappu R.B.), (Ed.), AIME New York, (1980) pp.239-278
- [4] Lynch A.J., Mineral crushing and grinding circuits, their simulation, optimisation, design and control, Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam (1977).
- [5] Austin L.G., Klimpel R.R., Luckie P.T., Process Engineering of Size Reduction: Ball Milling, SME-AIME, New York (1984) p. 561
- [6] Cleary P.W., Morrisom R.D., Understanding fine ore breakage in a laboratory scale ball mill using DEM, Minerals Engineering 24 (2011) pp. 352–366; doi:10.1016/j.mineng.2010.12.013
- [7] Morrell S., An alternative energy–size relationship to that proposed by Bond for the design and optimisation of grinding circuits, Int. J. Miner. Process. 74 (2004) pp.133–141
- [8] Kiangi K.K., Moys M.H., Particle filling and size effect on the ball load behaviour and power in a dry pilot mill: Experimental study, Powder Tech. 187 (2008) pp.79-87; doi:10.1016/j.powtec.2008.01.015
- [9] Lawrison G.C., Crushing and Grinding, Butterworth (1974)
- [10] Drzymała Z., (1992), Badania i podstawy konstrukcji młynów specjalnych, Warszawa, WN PWN
- [11] Sokołowski M., Uogólniona hipoteza rozdrabniania oraz metoda wyznaczania stałych materiałowych, IX Gliwickie Sympozjum Teorii i Praktyki Procesów Przeróbczych „Podstawowe problemy procesów rozdrabniania”, Gliwice, (1992) pp. 131–143

- [12] Williams J.A., Wear and wear particles – some Fundamentals, *Tribology International* 38 (2005) pp.863-870
- [13] Epstein B., Logarithmico-normal distributions In breakage of solids, *Ind. Eng. Chem.*, 40 (1948) pp. 2289-2291.
- [14] Aitchison J., Brown J.A.C., *The Lognormal Distribution*, Cambridge Press (1976).
- [15] Kołmogorow A.N., O logaryfmiczeski normalnom zakonie rozpredielienija razmierow czastic pri drobleniji, *Dokł. AN SSSR*, 31 (1941)
- [16] Nipl R., O zastosowaniu uogólnionego rozkładu gamma do aproksymacji krzywych składu ziarnowego, *mater. XIII Krak. Konf. Nauk.-Tech, Przer. Kop.*, Kraków (1979)
- [17] Balakrishnan B., *Handbook of the Logistic Distribution*, Marcel Dekker, New York (1992)
- [18] Broadbent S.R., Callcot T.G., *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* A249 (1956) p.99
- [19] Whiten, W.J., A matrix theory of comminution machines, *Chemical Engineering Science* 29 (1974) pp.589–599
- [20] Reichardt R., Wiechert W., Simulating high energy ball mills using discrete events. *Simulat. News Europe* 38/39 (2003) pp.3–9
- [21] Vizcarra T.G., Wightman E.M., Johnson N.W., Manlapig E.V., The effect of breakage mechanism on the mineral liberation properties of sulphide ores, *Minerals Engineering* 23 (2010) pp.374–382; doi:10.1016/j.mineng.2009.11.012
- [22] Aman S., Tomas J., Kalman H., Breakage probability of irregularly shaped particles, *Chemical Engineering Science* 65 (2010) pp.1503–1512, doi:10.1016/j.ces.2009.10.016
- [23] Austin L.G., A treatment of impact breakage of particles, *Powder Technology* 126 (2002) pp. 85– 90
- [24] Radziszewski P., Varadi R., Chenje T., Santella L., Sciannamblo A., Tumbling mill steel media abrasion wear test development, *Minerals Engineering* 18 (2005) pp.333–341
- [25] Olejnik P.T., Grinding kinetics of selected minerals with reference to the number of contact points, *Physicochemical Problems of Mineral Processing*, 40, s.247-254 (2006)
- [26] Austin L.G., Klimpel R.R., Luckie P.T., *Process Engineering of Size Reduction: Ball Milling*, SME-AIME, New York (1984) p. 561
- [27] Austin L.G., Trass O., *Handbook of powder science and technology*, M.E. Fayed, L. Otten (Ed.), *Size Reduction of Solids*, 2nd ed., Chapman & Hall, New York, NY, Chap. 12 (1997) pp. 586– 634
- [28] Tavares L.M., Microscale investigation of particle breakage applied to the study of thermal and mechanical predamage, PhD thesis, Dept. of Metallurgical Engineering, University of Utah, Salt Lake City, USA (1997)
- [29] Cho H., Austin L.G., Kim J.Y., Simulation of batch grinding allowing for non-first order kinetics due to damage accumulation, *Proc. World Congress on Particle Technology* 4, Sydney, Australia, 21-25. 07 (2002)
- [30] Tavares L.M., R. Carvahlo., A mechanistic model of batch grinding in ball mill, *Proc. of 25th Int. Min. Processing Congress*, Brisbane, Australia, 6-10 Sept. 2010
- [31] Tavares L.M., King R. P., Modeling particle breakage by repeated impacts using continuum damage mechanics, *Powder Tech.* 123 (2002) pp.138 – 146
- [32] Olejnik T.P., Milling kinetics of chosen rock materials under dry conditions considering strength and statistical properties of bed”, *Physicochemical Problems of Mineral Processing*, 46 (2011) pp.145-154
- [33] Olejnik T. P., Analysis of the breakage rate function for selected process parameters in quartzite milling, *Chem. Process Eng.* 33 (1) (2012a) pp. 117-129
- [34] Brożek M., Naziemiec Z., Analiza mechaniki procesu rozdrabniania surowców mineralnych w kruszarkach i wysokociśnieniowych prasach walcowych, *Gospodarka Surowcami Mineralnymi*, 28 (2012) Zeszyt 3, pp139-151, doi:10.2478/v10269-012-0022-2
- [35] Cho H., Austin L.G., An equation for the breakage of particles under impact, *Powder Tech.* 132 (2003) pp.161– 166; doi:10.1016/S0032-5910(03)00057-3

- [36] Olejnik T.P., Analysis of the breakage rate function for selected process parameters in quartzite milling, *Chem. Process Eng.* (2012b) 33 (1) pp.117-129
- [37] Olejnik T.P., Grinding kinetics of granite considering morphology and physical properties of grains, *Physicochemical Problems of Mineral Processing*, 48 (1) (2012c) pp.149-158
- [38] Tavares L.M., King R.P., Measurement and modelling of the load deformation response from impact breakage of particles, *Proc. 10'th Symp. on Comminution*, Heidelberg, Germany, 8-12 Sept. (2002a)
- [39] Tavares L.M., King R.P., Evaluation of Thermally-Assisted Fracture of Particles Using Microscale Fracture Measurement, *KONA, Powder and Particles* 17 (1999) pp.163–172
- [40] Petukhov E., Kalman H., A new apparatus for particle impact tests, *Particle and Particle Systems Characterization*, 20 (2003) pp. 267–275; doi:10.1002/ppsc.200390032
- [41] Mort P.R., *Proceedings of the 4th International Conference for conveying and handling of particulate solids 2*, pp. 12.98–12.104, Budapest, Hungary, 27-30 May 2003
- [42] Zingg T., Beitrag zur Schotteranalyse. – *Schweizerische Mineralogische und Petrologische Mitteilungen*, 15 (1935), pp. 39–140
- [43] Olejnik T., Praca magisterska „Silnik do samochodu osobowego o zapłonie samoczynnym chłodzonym powietrzem”, (1987)
- [44] Heim A., Olejnik T., Proces rozdrabniania w młynie kulowym opisany teorią momentów statystycznych, *Fizykochemiczne Problemy Mineralurgii*, 30, s. 85-94 (1996)
- [45] Heim A., Olejnik T., Określenie wielkości rozrzutu rozdrabnianych ziaren za pomocą teorii momentów, *IV Międzynarodowe Sympozjum Naukowo-Techniczne - Mielenie i separacja w przemyśle*, Gliwice-Rudy (1996)
- [46] Heim A., Olejnik T., Simulation of milling in Ball Mills, 2nd Israeli Conference for Conveying and Handling of Particulate Solids, Jerusalem, Israel (26-28.05), (1997)
- [47] Heim A., Olejnik T., Simulation of milling in ball mills, *Proceedings of 2nd Israel Conference for Conveying and Handling of Particulate Solids* (Jerusalem, 26-28.05), s. 8.13 - 8.18 (1997)
- [48] Heim A., Olejnik T., Opis kinetyki procesu rozdrabniania niektórych materiałów skalnych za pomocą teorii momentów, *Zesz. Nauk. P.Łódź Inż. Chem.*, 779, z. 21, s. 101 (1997)
- [49] Olejnik T., Zastosowanie teorii momentów do opisu procesu rozdrabniania w młynie kulowym, *Wydział Inżynierii Procesowej i Ochrony Środowiska, praca doktorska*, Politechnika Łódzka (1999)
- [50] Heim A., Olejnik T., Wpływ częstości obrotowej młyna kulowego na skład granulometryczny produktów rozdrabniania, *Materiały XXXVI Seminarium Fizykochemiczne Problemy Mineralurgii* (Polanica Zdrój 6-8.09), s. 63-74, (1999)
- [51] Heim A., Olejnik T., Description of grinding in a ball mill using statistical moments, *Proceedings of the 3rd Israeli Conference for Conveying and Handling of Particulate Solids* (Israel, Grand Nirvana 29.05-1.06), 1, s. 6.32-6.38 (2000)
- [52] Heim A., Olejnik T., Wpływ masy nadawy oraz masy kul na kinetykę procesu mielenia opisaną teorią momentów, *Zesz. Nauk. Pol. Łódź Inż. Chem. i Proc.*, 838 (27), s.105-114 (2000)
- [53] Heim A., Olejnik T., Pawlak A., Z. Korzeń, Dobór parametrów procesu mielenia w młynie kulowym w skali półprzemysłowej w oparciu o teorię momentów statystycznych, *Pr. Nauk. Inst. Górn. Pol. Wroc.* 93, Seria: Konferencje 30 (Konferencja "Kruszywa mineralne-surowce-rynek-technologie-jakość", Polanica Zdrój 18-20.04), s. 113-120 (2001)
- [54] Projekt 4 T09C 005 23, umowa nr 0716/T09/2002/23: „Zastosowanie teorii momentów statystycznych do opisu procesu rozdrabniania w młynie kulowym z uwzględnieniem efektu skali”, grant finansowany przez KBN w latach 2002-2005, zakończony 14.11.2005, kierownik projektu

- [55] Heim A., Olejnik P.T., Pawlak A., Using statistical moments to describe grinding in a ball mill for industrial-scale process, Proceedings of the 4th International Conference for Conveying and Handling of Particulate Solids (Budapest 27-30.05), vol. 1, s.8.39-8.44 (2003)
- [56] Heim A., Olejnik T.P., Pawlak A., Określenie składu granulometrycznego surowców ceramicznych mielonych w Opoczno S.A. z wykorzystaniem teorii momentów statystycznych, III Ogólnopolska Konferencja Operacje mechaniczne inżynierii procesowej, Łódź – Słok (23-25.06), 2003
- [57] Heim A., Olejnik P.T., Opis składu granulometrycznego masy ceramicznej za pomocą teorii momentów dla młyna w Ceramice Paradyż, Inż. Apar. Chem. 42 (34), z.spec.3, s.62-63 (2003)
- [58] Heim A., Olejnik P.T., Pawlak A., Określenie składu granulometrycznego surowców ceramicznych mielonych w Opoczno S.A. z wykorzystaniem teorii momentów statystycznych, Inż. Apar. Chem., 42 (34), z. spec. 3, s.64-65 (2003)
- [59] Heim A., Olejnik P.T., Pawlak A., Kinetyka mokrego mielenia materiałów mineralnych w młynach kulowych różnej wielkości; Inż. Chem. Proc., 25, 3/2, s. 999-1004 (2004)
- [60] Heim A., Olejnik T.P., Pawlak A., Using statistical moments to describe grinding in a ball mill for industrial-scale process, Chemical Engineering and Processing; Elsevier Science B.A., Amsterdam, 44; p. 263-266 (2005)
- [61] Heim A., Olejnik P.T., Pawlak A., The effect of the number of contact points between grinding elements on the rate of grinding in ball mills, Physicochemical Problems of Mineral Processing, 38, s. 147-155 (2004)
- [62] Projekt N N208 0773 33, umowa nr 0773/B/H03/2007/33: „Szybkość rozdrabniania wybranych frakcji rozmiarowych nadawy z uwzględnieniem zmiennej liczby punktów kontaktu oraz własności wytrzymałościowych złoża”, grant finansowany przez KBN w latach 2007-2010, termin zakończenia październik 2010, kierownik projektu
- [63] Olejnik T.P., Kinetics of Grinding of the Raw Materials Considering of the Compression Strength of Grains, The 6th International Conference for Conveying and Handling of Particulate Solids + ICBMH, Brisbane, Australia (3-7.08), 2009
- [64] Olejnik T.P., Kinetyka przemiatu wybranych materiałów skalnych z uwzględnieniem wytrzymałości ziarn na ściskanie, V Ogólnopolska Konferencja Operacje Mechaniczne Inżynierii Procesowej, Łódź-Słok (07-09.09), 2009
- [65] Olejnik T.P., Szybkość przemiatu surowców mineralnych z uwzględnieniem liczby punktów kontaktu mielników, V Ogólnopolska Konferencja Operacje Mechaniczne Inżynierii Procesowej, Łódź-Słok (07-09.09), 2009
- [66] Olejnik T.P., Kinetics of grinding ceramic bulk considering grinding media contact points, XLVI Seminarium Fizykochemiczne Problemy Mineralurgii, Kraków-Niepołomice (16-18.09), 2009
- [67] Olejnik T.P., Heim A., Influence of grinding media contact points number in a ball mill disintegration rate of grains of small size, Comminution'10, Cape Town, South Africa (13-16.04), 2010
- [68] Olejnik T.P., Milling rate of chosen mineral materials in a ball mill under changing apparatus-process conditions, Comminution'10, Cape Town, South Africa (13-16.04), 2010
- [69] Olejnik T.P., Milling kinetics of chosen rock materials under dry conditions considering strength and statistical properties of bed, Physicochemical Problems of Mineral Processing, 46, s. 145-154 (2011)
- [70] Olejnik P.T., Grinding kinetics of granite considering morphology and physical properties grains, Physicochemical Problems of Mineral Processing, 48, (1) s.149-158 (2012)
- [71] Olejnik T.P., Analysis of the breakage rate function for selected process parameters in quartzite milling, Chem. Proc. Eng., 33, (1) s.117-129, (2012)
- [72] Olejnik, T.P., Wpływ liczby punktów kontaktu na szybkość rozdrabniania wybranych surowców mineralnych, Inż. i Aparat. Chem.49 (1), s.81-82 (2010)

- [73] Olejnik P.T., Wyznaczanie szybkości rozdrabniania wybranych mas ceramicznych w młynie kulowym, Inż. Chem. Proc., 28, z. 4, s.973-983 (2007)
- [74] Heim A., Olejnik T.P., Pawlak A., Rate of ceramic body grinding in a ball mill, Physicochemical Problems of Mineral Processing, 39, s.189-198 (2005)
- [75] Heim A., Olejnik T.P., Wpływ liczby punktów kontaktu mielników na szybkość przemiatu mas ceramicznych, Inżynieria Mineralna, 1 (14) (2005)
- [76] Olejnik P.T., Heim A., Scaling-up of ceramic body grinding with reference to grinding rate, Proceedings of 5th World Congress on Particle Technology (23-27.04), CD-ROM, s.1-7 (2006)
- [77] Heim A., Olejnik P.T., Modelling of comminution rate of ceramic body in a pilot-plant ball mill, Proceedings of the 5th International Conference for Conveying and Handlings of Particulate Solids (27-31.08), CD-ROM, PS 4.3, s. 1-6 (2006)
- [78] Olejnik P.T., Wyznaczanie szybkości rozdrabniania wybranych mas ceramicznych w młynie perłkowym, Materiały XIX Ogólnopolskiej Konferencji Inżynierii Chemicznej i Procesowej, t.III, s.141-144 (2007)
- [79] Olejnik T.P., Effect of the number of grinding media contact points on breakage function for wet grinding, 7th International Conference for Conveying and Handling of Particulate Solids, Friedrichshafen, Niemcy (10-13.09), 2012
- [80] Olejnik T.P., Kinetics of Grinding of the Raw Materials Considering of the Compression Strength of Grains, Proceedings of CHoPS+ICBMH, 166-169 (2009)
- [81] Projekt N N209 096135, umowa nr 0961/B/H03/2008/35: „Mechanizm wzrostu aglomeratów w procesie grawitacji przesypowej”, grant finansowany przez KBN w latach 2008 – 2011, główny wykonawca
- [82] Projekt N R05 0009 06, umowa nr N R05 0009 06/2009: „Technologia granulacji środka piorącego w granulatorach bębnowych”, grant finansowany z funduszy MSWiN w latach 2009 – 2012, główny wykonawca
- [83] Obraniak A., Gluba T., Olejnik T.P., Badanie wpływu sposobu dozowania cieczy nawilżającej na zmiany gęstości nasypowej granulatu, Inż. i Aparat. Chem., 48 (40), 4 s.89-91 (2009)
- [84] Gluba T., Obraniak A., Olejnik T., Sposób ciągły wytwarzania środka piorącego, P-401065, 2012-10-05
- [85] Obraniak A., Gluba T., Olejnik P.T., Bęben obrotowy o pracy ciągłej zwłaszcza granulatorów lub suszarek, P-399979, 2012-07-16
- [86] Obraniak A., Gluba T., Olejnik P.T., „Sposób wytwarzania środka piorącego”, P-399981, 2012-07-16
- [87] Erdem A.S.i, Ergun S.L., The effect of ball size on breakage rate parameter in a pilot scale ball mill, Minerals Engineering 22 (2009) pp. 660–664
- [88] Heim A., Olejnik T.P., Szybkość rozdrabniania na sucho surowców mineralnych, Inż. Apar. Chem., 45 (37), 4s., s.62-63 (2006)

Łbódz dn.
2 sierpnia 2013

