

dr inż. Tomasz Gawenda
Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie
Wydział Górnictwa i Geoinżynierii
Katedra Inżynierii Środowiska i Przeróbki Surowców

Załącznik nr 2
**do wniosku o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego
w dziedzinie nauk technicznych**

Autoreferat

Spis treści:

1. Informacje o wykształceniu2
2. Informacje o zatrudnieniu2
3. Wskazanie osiągnięcia naukowego2
4. Informacje o pozostałych osiągnięciach	...13
4.1. Działalność naukowo-badawcza	...13
4.2. Działalność dydaktyczna i popularyzatorska	...17

Kraków, kwiecień 2016

1. Informacje o wykształceniu

1994-1999 studia magisterskie, AGH w Krakowie, Wydział Górniczy, uzyskany tytuł: mgr inż.

1999-2004 studia doktoranckie, AGH w Krakowie, Wydział Górniczy, uzyskany tytuł: dr inż. nauk technicznych

2. Informacje o zatrudnieniu

2004-2005 stanowisko asystenta w Zakładzie Przeróbki Kopaliny, Ochrony Środowiska i Utylizacji Odpadów, Wydział Górniczy, AGH w Krakowie

od 2006 stanowisko adiunkta w ówczesnej Katedrze Przeróbki Kopaliny i Ochrony Środowiska, Wydział Górnictwa i Geoinżynierii, AGH w Krakowie, obecnie (po zmianie nazwy) w Katedrze Inżynierii Środowiska i Przeróbki Surowców

3. Wskazanie osiągnięcia naukowego będącego przedmiotem oceny, wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. Nr 65, poz. 595 z późn. zm.)

Autorska monografia pt.:

„Zasady doboru kruszarek oraz układów technologicznych w produkcji kruszyw łamanych”, Wydawnictwa AGH, Rozprawy Monografie nr 304, Kraków 2015, s.1-232, ISBN 978-83-7464-788-5

Uzasadnienie

W ostatnich kilkunastu latach zakłady przerobcze w swoim asortymencie zwiększyły udział produkcji kruszyw naturalnych łamanych granulowanych (grysów) do 50%. Resztę stanowią kruszywa naturalne łamane zwykle (tłuczeń, kliniec). Ogółem ocenia się, że obecnie ok. 55% zużycia kruszyw naturalnych łamanych przypada na budownictwo drogowe, ok. 25% na budownictwo kolejowe, niespełna 20% na budownictwo mieszkaniowe i przemysłowe. Wytwarzane kruszywa żwirowo-piaskowe używane są niemal w całości w budownictwie do produkcji różnego rodzaju betonów i wyrobów betonowych.

Aktualnie wydobywa się około 64 mln ton kamieni łamanych i blocznych oraz 147 mln ton naturalnych piasków i żwirów. W scenariuszu dynamicznego rozwoju gospodarczego kraju prognozuje się, że w 2020 roku zużycie kruszyw łamanych wyniesie około 77 mln ton, a kruszyw żwirowo-piaskowych około 70 mln ton.

W 2011 roku odnotowano największe zapotrzebowanie na kruszywa łamane na poziomie ok. 93 mln ton oraz na żwirowo-piaskowe ok. 237 mln ton. Przy założeniu, że część kruszyw żwirowych również uległa rozdrobnieniu, można przyjąć, że w 2011 roku tylko sam proces rozdrabniania w kruszarkach ok. 140 mln ton surowca pochłonął energię w ilości około 350 mln kWh, co daje koszt ok. 126 mln złotych. Patrząc globalnie, można obliczyć, że przy takim przerobie obniżenie zużycia energii w kruszarkach o jedną kilowatogodzinę na tonę przerobionego kruszywa obniżyłoby koszty o 50 mln zł w skali kraju.

Zarówno w pracy doktorskiej, jak i po doktoracie prowadziłem badania nad oceną wpływu parametrów technologicznych (konstrukcyjno-eksploatacyjnych) urządzeń rozdrabniających na efektywność procesu rozdrabniania, wykorzystując techniki stochastycznego modelowania produkcji kruszyw w kruszarkach. Jednakże „idealnie” dobrane parametry pracy urządzenia dostosowane do właściwości fizyczno-mechanicznych nadawy oraz pożądaných produktów nadają stabilność procesowi, tworząc pewien status quo, który ściśle jest związany ze stanem techniki urządzeń. Jeżeli chcielibyśmy obniżyć zużycie energii w danej kruszarce (lub układzie), to może się okazać technicznie niemożliwe do wykonania lub możliwe, ale kosztem uzyskiwania kruszyw o gorszych parametrach jakościowych. Dlatego, poza prawidłowo dobranymi parametrami pracy urządzenia, tak ważne jest doskonalenie rozwiązań konstrukcyjnych kruszarek, poprawny dobór maszyn oraz kontrola stanu technicznego, a także modernizacja i budowa innowacyjnych układów technologicznych, co w efekcie przyczyniać się będzie także do minimalizacji powstających odpadów, zmniejszenia zużycia elementów roboczych maszyn i ograniczenia emisji zanieczyszczeń.

Przedstawione wyżej powody i przedsięwzięcia doprowadziły mnie do sformułowania ogólnego celu mojej pracy – określić i zebrać zespół zasad pozwalających na dobór optymalnego dla danego surowca wyspecyfikowanego zespołu kruszarek i przesiewaczy realizujących cele producenta i odbiorcy. Moje zasadnicze rozwiązania naukowe i praktyczne zebrałem i przedstawiłem we wspomnianej monografii.

Monografia składa się z wprowadzenia, sześciu rozdziałów głównych i podsumowania, a jej ideą było określenie zasad doboru maszyn oraz układów technologicznych rozdrabniania i przesiewania w produkcji kruszyw łamanych, opartych na szczegółowej analizie wielu składowych czynników uwarunkowań złożowych, eksploatacyjnych i produkcyjnych. Do najważniejszych z nich należą właściwości fizyczno-mechaniczne surowca, parametry jakościowe produktów, rodzaj urządzeń i układu oraz wydajność instalacji przeróbczej. Poprawny dobór maszyn rozdrabniających i układów technologicznych jest bardzo istotny przy optymalizacji produkcji kruszyw zarówno w nowo projektowanych zakładach przeróbki, jak i tych funkcjonujących.

W tym celu przedstawiłem metody analizy efektywności procesów rozdrabniania i przesiewania, a także na podstawie zdobytych moich doświadczeń naukowo-badawczych i wiedzy praktycznej określiłem zasady funkcjonowania i rozwiązania różnych rodzajów i modeli układów technologicznych oraz poszczególnych maszyn wykorzystywanych do produkcji kruszyw łamanych.

Po wprowadzeniu w rozdziale drugim omówiłem rolę procesów przeróbczych w produkcji kruszyw mineralnych w odniesieniu do wymagań jakościowych kruszyw. Aby urobek otrzymany w procesach wydobywania górnictwa przerobić na odpowiednie kruszywo, należy zastosować szereg procesów, takich jak rozdrabnianie (najbardziej energochłonne), klasyfikację, płukanie, odwadnianie oraz uszlachetnianie, które mogą być ściśle od siebie uzależnione.

Wiele cech kruszywa zależy całkowicie od cech nadawy macierzystej skały, np. skład chemiczny i mineralogiczny, charakterystyka petrograficzna, gęstość, twardość, trwałość fizyczna i chemiczna, zabarwienie. Jednak z drugiej strony kruszywo wykazuje cechy, które nie występują w skale macierzystej, takie jak kształt i rozmiar ziarn, powierzchnia i nasiąkliwość, mrozoodporność, odporność na rozdrabnianie, a są one uzależnione od metod przeróbczych stosowanych podczas ich produkcji.

Najważniejszymi surowcami skalnymi dla drogownictwa i budownictwa są kruszywa łamane produkowane z twardych i zwięzłych surowców skalnych. Kruszywa wysokiej jakości znajdują szerokie zastosowanie przy wykonywaniu górnych warstw nawierzchni drogowych. Warstwy te, przenoszące duże obciążenia dynamiczne, poddawane bezpośredniemu ścieraniu oraz narażone na działanie niesprzyjających warunków atmosferycznych, powinny być wykonywane z kruszyw o małej ścieralności, dużej wytrzymałości, odpornych na działanie wody i mrozu. Ponadto kruszywa te powinny charakteryzować się prawidłowym - zbliżonym do kuli lub sześcianu - kształtem ziarn, posiadać ostre krawędzie oraz szorstkie płaszczyzny przełamu. Taki prawidłowy kształt przyjęto nazywać foremnym.

Również w budownictwie do produkcji betonów wysokiej jakości i betonów specjalnych najbardziej pożądane są ziarna foremne (ZF) o kształcie zbliżonym do kuli (sześcianu), ponieważ ziarna znacznie odbiegające od tego kształtu mają większą powierzchnię wymagającą zwiększonej ilości cementu i wody. Zwiększenie zawartości ziarn płaskich wpływa na wzrost wolnych przestrzeni (pustek powietrznych), co także powoduje konieczność zwiększenia ilości zaprawy w betonie. Nawet niewielki wzrost udziału cementu może przekroczyć 50% kosztów mieszanki betonowej. Jeszcze większe koszty w stosunku do udziału objętościowego notuje się dla bituminu w mieszance asfaltowej.

Kruszywo w betonie stanowi niemal 80% udziału masowego, dlatego parametry jego decydują również o wytrzymałości konstrukcji betonu i trwałości. Ziarna nieforemne (ZN), zwłaszcza płaskie, wykazują największą ścieralność. Na przykład przy 50-procentowym udziale ziarn nieprawidłowych wytrzymałość kruszywa bazaltowego zmniejsza się o 55% w stosunku do kruszywa z ziarnami foremnymi.

O jakości kruszywa decyduje więc zarówno jego skład granulometryczny, jak i kształt ziarn, a także właściwości fizyczno-mechaniczne (np. odporność na rozdrabnianie oznaczana w bębnie kulowym Los Angeles). Ziarna foremne posiadają mniejszą podatność na rozdrabnianie (mniejszy wskaźnik LA), mniejszą nasiąkliwość, ścieralność, co związane jest z wytrzymałością betonu lub nawierzchni drogowej. Również kruszywo budowlane musi mieć także dobrany w odpowiedniej proporcji skład ziarnowy, zgodny z normami i wymaganiami technicznymi, ponieważ wpływa on na wytrzymałość, mrozoodporność i urabialność mieszanki betonowej i zaprawy. Ziarna muszą charakteryzować się szorstką powierzchnią, aby mogły się łączyć ze spoiwami. Kruszywo naturalne do produkcji betonu musi posiadać gęstość ponad 2 g/cm^3 (podrozdział 2.6).

W rozdziale trzecim scharakteryzowałem wskaźniki technologiczne i eksploatacyjne oceny efektów rozdrabniania i przesiewania niezbędne do oceny pracy maszyn w układach technologicznych, dzieląc je na trzy grupy:

- wskaźniki oceny jakości produktu rozdrabniania i przesiewania (uziarnienie produktu, wychód klasy, zawartość ziarn nieforemnych, nadziarna i podziarna),
- wskaźniki określające efektywność oddziaływania urządzeń na zmianę najważniejszych właściwości surowca (stopień rozdrobnienia, skuteczność procesu przesiewania, ziarno podziałowe, dokładność rozdziału),
- wskaźniki charakteryzujące procesy pod względem wydajności, obciążenia urządzenia, zużycia energii lub elementów roboczych maszyn.

Charakteryzując wskaźniki określiłem zakres niezbędnych czynności do sposobu ich wyznaczenia. Wydaje się to praktyczne dla projektanta lub przeróbkarza.

W celach porównań urządzeń należy odnotować parametry techniczno-konstrukcyjne maszyn (kruszarek i przesiewaczy), takie jak: wielkość komory roboczej i szczeliny wylotowej, prędkość wirujących elementów roboczych, moc silnika, powierzchnia sita, wielkość i kształt oczka sita, prześwit, amplituda i częstość drgań. Wskaźniki takie mogą być wykorzystywane do modelowania, sterowania i kontroli procesów rozdrabniania.

Porównywanie układów technologicznych produkujących kruszywa mineralne może odbywać się za pomocą oceny efektów końcowych produktów, jak wielkość i kształt uziarnienia, a także wskaźników (technologicznych, energetycznych, ekonomicznych) charakteryzujących pracę urządzeń w danym układzie, które mogą być również zależne od siebie. Energochłonność procesu rozdrabniania uwarunkowane jest wydajnością maszyn, która zależy od parametrów konstrukcyjno-eksploatacyjnych urządzeń oraz właściwości fizyczno-mechanicznych surowca. Przy określaniu wydajności maszyny należy brać pod uwagę stopień rozdrobnienia uzyskany przy danym przerobie, a przy energochłonności – ilość zużytej energii, pozwalającej doprowadzić określoną jednostkę masy materiału do pożądanego uziarnienia w określonym czasie. Za pomocą takich wskaźników można już porównywać ze sobą układy technologiczne rozdrabniania, ale przy wyborze właściwych urządzeń należy kierować się jeszcze jednym bardzo ważnym wskaźnikiem, jakim jest żywotność elementów roboczych, czyli kosztami eksploatacyjnymi.

Dokonanie dokładnego porównania układów w praktyce jest bardzo trudne, gdyż wymaga rzetelnego zbierania przez odpowiedni czas szczegółowych informacji na temat pracy układu technologicznego w danym zakładzie, dotyczących przerobu, zużycia energii elektrycznej czy oleju napędowego oraz innych czynników związanych z kosztami.

W celu porównania różnych maszyn (krusząrk i przesiewacze) pracujących w układach mobilnych i stacjonarnych, z zawrotem lub bez zawrotu, produkujących różnego rodzaju kruszywa mineralne, do oceny można wziąć pod uwagę wskaźniki, takie jak koszty zużycia paliwa dla układów mobilnych lub energii elektrycznej dla układów stacjonarnych, jednostkowe zużycie energii, stopnie rozdrobnienia oraz zaproponowany przez mnie wskaźnik W_j [MJ/Mg lub kWh/Mg] będący ilorazem zużycia energii i kwalifikowanego (np. maksymalnego) stopnia rozdrobnienia przy jednokrotnym pomniejszeniu uziarnienia nadawy o masie 1 Mg.

Jest to wskaźnik miarodajnie określający stosunek zużycia energii przez krusząrkę do jej efektywnej pracy związanej z wielkością rozdrobnionego produktu przy uwzględnieniu uziarnienia przerobionego surowca. Zużycie energii względem przerobu przez dwie różne krusząrk może być bardzo podobne, ale odniesienie wyników ich zużycia energii do stopnia rozdrobnienia może wykazać, że któraś krusząrk pracuje mniej efektywnie lub nieefektywnie w stosunku do swoich możliwości. Przykładem są dwa zakłady przeróbki, w których przy modernizacji układów w celu podwyższenia zawartości ziarn foremnych w finalnych produktach, dodatkowo zabudowano na trzecim stadium rozdrabniania kubizery, ale nie dostosowano do nich parametrów pracy krusząrek stożkowych pracujących na drugim stadium rozdrabniania. Efektem niewłaściwej pracy krusząrek stożkowych były niskie stopnie rozdrobnienia (S_{max} równe 1,6 i 1,2) oraz mierzone niskie zużycie energii elektrycznej (0,42 i 0,49 kWh/Mg), które wprowadzało w błąd operatorów maszyn, gdyż fizycznie krusząrk te nie wykonywały użytecznej pracy. Dopiero odniesienie wskaźników zużycia energii i stopnia rozdrobnienia tych urządzeń do wskaźników pozostałych krusząrek pracujących na pierwszym i trzecim stadium pozwoliło porównać i zoptymalizować pracę urządzeń w całym układzie. Tutaj należy zwrócić uwagę, że określanie żywotności elementów

roboczych (stożków) kruszarek tylko na podstawie przepracowanej liczby godzin, a nawet w odniesieniu do przerobu, ale bez uwzględnienia (kontroli) wskaźnika W_j staje się niemiarodajne i łatwe do zmanipulowania.

Wskaźnik W_j można stosować dla pojedynczej kruszarki lub kruszarki współpracującej z przesiewaczem zwłaszcza w układzie z zawrotem materiału, a także do całego wielostadialnego układu technologicznego składającego się z kilku kruszarek i przesiewaczy.

Uznałem, że najwłaściwszą formą porównania energochłonności różnie zasilanych mediami instalacji przerobczych jest przedstawienie wyników zużycia energii w dżulach. Na tej podstawie w dalszej części monografii (rozdział 6) przeanalizowałem kilkanaście układów technologicznych produkujących kruszywa łamane z różnych surowców skalnych.

Wybór urządzeń do odpowiednich układów technologicznych oparty jest z jednej strony na wiedzy i rozwoju technologii maszyn oraz procesów przerobczych kruszyw (rozdrabniania, klasyfikacji, uszlachetnienia), a z drugiej strony jest ograniczony właściwościami fizyczno-mechanicznymi nadawy oraz wymaganiami jakościowymi produkowanych kruszyw. W rozdziale czwartym przedstawiłem charakterystyki maszyn rozdrabniających i przesiewających. Na podstawie informacji pozyskanych z kilkudziesięciu firm produkujących różne kruszarki dokonałem systematyki kruszarek szczękowych, stożkowych, wirnikowych udarowych listwowych i młotkowych, walcowych i pras walcowych wysokociśnieniowych (HPGR) pod względem budowy oraz zastosowania. W sposób graficzny przedstawiłem możliwości zastosowania poszczególnych kruszarek w zależności od ich wykorzystania dla surowców o różnej twardości (zwięzłości), wydajności, maksymalnego uziarnienia nadawy i produktów. Te informacje są istotne dla projektantów zakładów przerobczych przy doborze odpowiednich układów technologicznych i kruszarek. Omawiając także innowacyjne rozwiązania urządzeń rozdrabniających oraz ich parametry konstrukcyjno-eksploatacyjne wpływające na proces technologiczny i jakość kruszyw, zwróciłem uwagę na przesiewacze, a w szczególności na sita, gdyż one mają bezpośredni wpływ na wydajność procesu, jego skuteczność, kształt i skład ziarnowy produktów.

Konkurencją dla obecnie stosowanych sit płaskich blaszanych perforowanych lub poliuretanowych w trudnych warunkach procesu przesiewania może być sito koralowe, opracowane przeze mnie oraz zgłoszone do Urzędu Patentowego pod nazwą *Sito do materiałów trudno przesiewalnych* (P.402726).

Możliwość produkcji wielu kształtów geometrycznych koralu tworzących pokład pozwala na budowanie sit o różnych kształtach przestrzennych i konfiguracjach poszczególnych jego elementów. Dotychczasowe badania laboratoryjne wykazały, że taka konstrukcja w porównaniu do sit blaszanych przebijanych pozwala na zwiększenie wydajności o co najmniej 20% oraz skuteczności procesu przesiewania (wg Hancocka) z 89% do 92%, między innymi poprzez:

- lepszy transport materiału wskutek łatwiejszego kontaktu ziarn drobnych z powierzchnią sita oraz ze względu na przestrzenną separację grubych ziarn od drobnych,
- samooczyszczanie pokładu sitowego na skutek ruchu drgającego i obrotowego koralu,
- większą prędkość transportową materiału.

Użyte do badań różne sita o oczkach 10 mm x 10 mm posiadały różne współczynniki prześwitu. Istotne jest to, że dla sita koralowego współczynnik ten wyniósł zaledwie 26% i był ponaddwukrotnie niższy niż dla sita blaszanego. Mimo to skuteczność i wydajność były wyższe oraz ziarno podziałowe dla sita koralowego wyższe ($d_{50}=8,2$ mm, dla sita blaszanego

$d_{50}=6,3$ mm). Skoro grubość mostka sita jest związana z jego trwałością, to dalsze badania powinny uwzględniać opracowanie najkorzystniejszej konfiguracji kształtów koralu, tak aby zwiększyć współczynnik prześwietu, dzięki czemu jeszcze bardziej wzrośnie wydajność i skuteczność procesu przesiewania, nie obniżając przy tym zbytnio trwałości sita w stosunku do innych sit.

Jedna z firm produkujących maszyny przeróbcze zadeklarowała w zgłoszonym projekcie Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój 2014-2020 NCBR wytworzenie innowacyjnej linii demonstracyjnej z sitem koralowym (załącznik 4 p. II.1).

W rozdziale piątym scharakteryzowałem następujące układy technologiczne: otwarte, zakmnięte, hybrydowe, jedno- i wielostadialne, równoległe, szeregowe, mieszane, selektywne, nieselektywne, pracujące na mokro lub na sucho. Przedstawiłem możliwości konfiguracji różnych urządzeń zapewniających określony sposób prowadzenia procesu technologicznego (cykle technologiczne, odsiewanie, sterowanie strumieniami przepływu materiału), wpływających na uzyskiwanie produktów o pożądanym parametrach.

Forma występowania złóż surowców determinuje zróżnicowanie rodzajów układów technologicznych przeróbki kruszyw dla kopalń odkrywkowych (kamieniołomów) oraz żwirowo-piaskowych. Również stopień zaawansowania technologii uwzględnia rodzaj litologiczny surowca i jego właściwości fizyczno-mechaniczne, które są w szczególności charakteryzowane wielkością uziarnienia urobku (ziarno charakterystyczne maksymalne lub średnie, punkt piaskowy itp.), zwięzłością, urabialnością i twardością, stopniem i rodzajem zanieczyszczeń. Tym zagadnieniom poświęciłem uwagę w dalszej części rozdziału, omawiając modele instalacji do produkcji kruszyw w zależności od uwarunkowań złożowych, eksploatacyjnych i produkcyjnych:

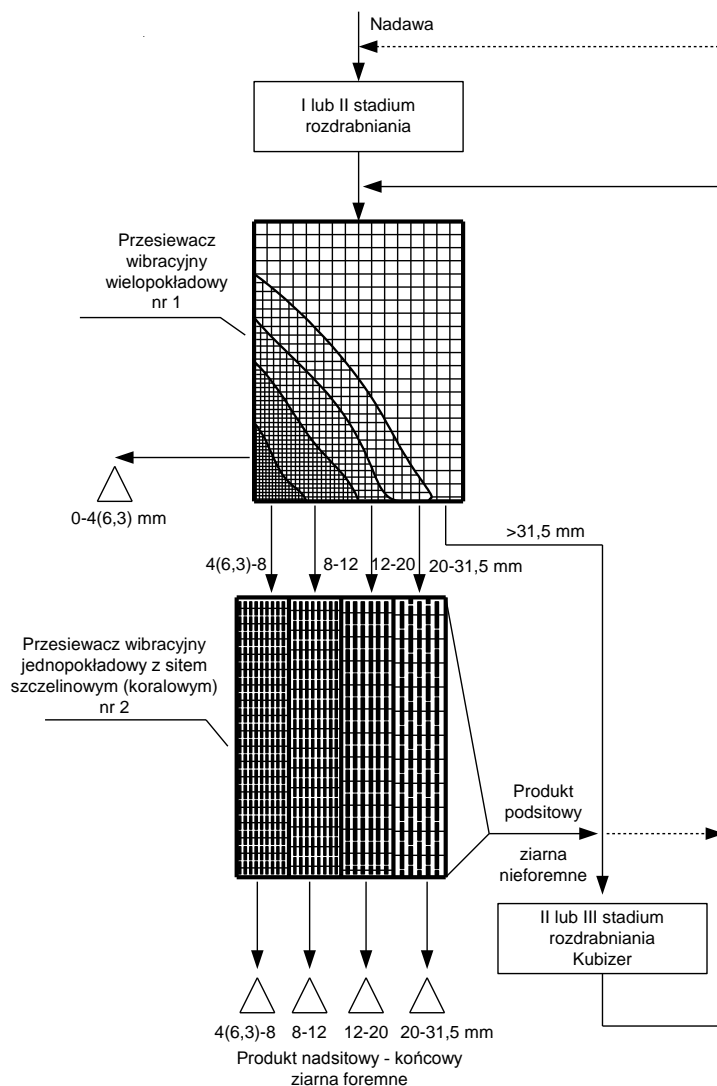
- ze zwięzłych surowców skalnych o podstawowym uziarnieniu produktów 0-63 (0-120) mm, w typowych sortymentach handlowych,
- z surowców żwirowo-piaskowych 0-31,5 (0-63) mm, rozklasyfikowanych na różne frakcje, które również mogą być przekruszone (łamane), ewentualnie z surowców piaskowych 0-1 (0-2) mm, rozklasyfikowanych na drobne frakcje ziarnowe,
- z surowców silnie zanieczyszczonych pochodzących ze zwięzłych surowców skalnych lub żwirowo-piaskowych, jako model do produkcji kruszyw uszlachetnionych uwarunkowany jakością produktów.

Na szczególną uwagę zasługują opracowane przeze mnie modele układów do produkcji kruszyw o ziarnach foremnych i nieforemnych. Zasady rozdrabniania surowców skalnych charakteryzują się pewnymi regułami, np. wraz ze wzrostem wytrzymałości kruszyw (twardości, odporności na rozdrabnianie, wytrzymałości na ścislenie itp.) coraz trudniej jest nadać ziarnom w procesie rozdrabniania kształt foremny. Zjawisko to zaobserwowane w licznych badaniach określa kolejną regułę – największy udział ziarn nieforemnych pojawia się w najdrobniejszych klasach ziarnowych¹. Aby zwiększyć udział ziarn foremnych w produktach finalnych, projektanci zakładów przeróbczych stosują dodatkowe (czwarte, a nawet piąte) stadium rozdrabniania, wykorzystując do tych celów najczęściej kruszarki udarowe z wałem pionowym (kubizery). Takie typowe układy produkcji kruszyw rozdrabniają surowce zarówno z ziarnami foremnymi, jak i nieforemnymi, narażając gotowe produkty na zbyteczne przekruszanie ziarn, wzrost ilości odpadów w postaci pyłów.

¹ Branża kruszywowa w swojej nomenklaturze klasę ziarnową nazywa również frakcją.

Dodatkowe stadium rozdrabniania związane jest oczywiście z nakładami inwestycyjnymi oraz kosztami eksploatacyjnymi.

Opracowana przeze mnie procedura produkcji kruszyw mineralnych (opisana w monografii, podrozdziały 5.2.4 i 6.4.5) dotyczy rozdrabniania i klasyfikacji nie tylko zwięzłych i okruchowych surowców skalnych, ale także odpadów mineralnych, w szczególności charakteryzujących się wysoce zmiennymi i gorszymi właściwościami fizyczno-mechanicznymi, jak np. skał przywęglowych. Na rysunku 1 przedstawiłem schemat układu produkcji kruszyw o ziarnach foremnych w układzie z zamkniętym obiegiem selektywnego procesu rozdrabniania i przesiewania, którego idea (projekt wynalazczy) została zgłoszona w Urzędzie Patentowym jako *Układ urządzeń do produkcji kruszyw foremnych* (P.408045).



Rys. 1. Model układu produkcji kruszyw o ziarnach foremnych (ZF)

W przypadku produkcji kruszyw o ziarnach foremnych po wstępnym rozdrobnieniu i przesiewaniu surowiec kierowany jest do wtórnego stadium rozdrabniania w kruszarce, a następnie przesiewany w przesiewaczu wibracyjnym wielopokładowym, tworząc produkty o wąskich klasach ziarnowych, np. 0-4 mm, 4-8 mm, 8-12 mm, 12-20 mm, 20-31,5 mm i >31,5 mm, zapewniając w ten sposób ciągłość uziarnienia mieszanki kruszyw. Następnie frakcje ziarnowe kierowane są do przesiewacza wibracyjnego jednopokładowego

wieloproduktowego z typowym sitem szczelinowym lub sitem koralowym szczelinowym, w taki sposób, że każdy strumień materiału z przesiewacza nr 1 z odpowiedniego pokładu sitowego podawany jest do przynależnej części sita koralowego o odpowiednio dopasowanych oczkach szczelin w przesiewaczu nr 2 (rys. 1). W ten sposób przesiewacz umożliwi oddzielenie ziarn foremnych (produkt nadsitowy) od ziarn nieforemnych (produkt podsitowy) w dowolnej klasie ziarnowej.

Rozmiar szczeliny oczka w typowym sicie szczelinowym lub koralowym powinien być dobrany jako połowa maksymalnej wielkości klasy ziarnowej, przy czym ważne jest, aby klasy ziarnowe zawierały się w możliwie wąskim przedziale uziarnienia. Proces selektywnego wieloproduktowego przesiewania na sicie szczelinowym o jednym pokładzie pozwala uzyskać tyle samo frakcji nadsitowych zawierających ziarna foremne (ZF) oraz frakcji produktu podsitowego składających się z ziarn nieforemnych (ZN).

Produkt podsitowy (ZN) połączony z produktem nadsitowym >31,5 mm z pierwszego przesiewacza kierowane są do końcowego stadium rozdrabniania w kubizerze w celu poprawy kształtu ziarn przy nieznacznym stopniu rozdrobnienia (bez nadmiernego przekruszania). Po rozdrobnieniu produkty są zawracane do przesiewacza nr 1 i ustawionego posobnie przesiewacza nr 2 w celu ponownego rozdzielenia produktu na ziarna foremne i nieforemne. W przypadku produkcji kruszyw o zawartości ziarn foremnych korzystnie jest stosować kruszarki udarowe, które ułatwiają otrzymanie ziarn właśnie o takich kształtach, chociaż układ selektywny rozdziału ziarn może efektywnie współpracować z innymi kruszarkami (stożkowymi, szczękowymi). Wtedy w zawrocie może krążyć więcej produktu podsitowego (ziarn nieforemnych) do ponownego rozdrabniania i klasyfikacji.

Dzięki nowemu rozwiązaniu modelowego układu istnieje możliwość produkcji kruszyw łamanych o wysokich parametrach jakościowych przy minimalizacji kosztów eksploatacyjnych i maszynowych, a więc przy mniejszej liczbie stadiów rozdrabniania. Wstępne badania omówione w rozdziale szóstym monografii wykazały zdecydowane zalety modelu - efektywniejszą produkcję kruszyw w układzie z zamkniętym obiegiem selektywnego procesu posobnego przesiewania i rozdrabniania bez konieczności zwiększania liczby stadiów rozdrabniania, w wyniku których możliwe jest uzyskanie co najmniej 97% ziarn foremnych w produktach końcowych oraz zminimalizowanie ilości ziarn nadmiernie przekruszonych i powstających pyłów.

W przeprowadzonych badaniach dla kopalni dolomitu (załącznik 6, p. II.11) wykorzystując między innymi kruszarki szczękowe i przesiewacz wibracyjny dwupokładowy z sitami o oczkach kwadratowych i szczelinowych, przeprowadziłem symulację procesu produkcji kruszyw łamanych dla wybranej finalnej klasy 6,3-8 mm, w której zamiast 20% uzyskałem tylko 2,5% ziarn nieforemnych, przy skuteczności technologicznej Hancocka ok. 92%. Im grubsza klasa ziarnowa tym skuteczność wzrasta i łatwiej uzyskać lepsze wyniki. Kruszarka szczękowa nie jest korzystna do uzyskiwania ziarn foremnych, dlatego celowo została użyta w tych badaniach, aby wykazać zalety układu.

Porównując omawiane wyniki badań z efektami rozdrabniania granitu, jakie uzyskano przez Metso Minerals w warunkach przemysłowych prowadzonych w układzie selektywnym z granulatorami stożkowymi (podrozdział 6.4.3, tab. 6.26), gdzie dla zbliżonej klasy ziarnowej 5-10 mm zawartość ziarn nieforemnych wyniosła 15%, warto zauważyć, że uzyskane wyniki są ponadpięciokrotnie wyższe od proponowanej koncepcji układu technologicznego do produkcji kruszyw foremnych. Również odnosząc wyniki do układu produkcji kruszyw bazaltowych (podrozdział 6.2.2, rys. 6.22) w kubizerze Dragon na 3.

stadium rozdrabniania w klasie 5-8 mm uzyskano 13% ZN, a w granulatorach stożkowych typu H3000 i H4000 Svedala na 3. i 4. stadium aż 23% ZN, a więc wartości te są ponad-ośmiokrotnie większe.

Mając na uwadze powyższe zalety układu, firma produkująca kruszywa dolomitowe poprzez wprowadzenie innowacji produktowych i technologicznych zamierza znacząco polepszyć jakość swoich produktów, korzystając z udzielonej przez AGH w Krakowie licencji do wynalazku nr P.408045 mojego autorstwa.

Produkcja kruszyw opierać się będzie na wprowadzeniu do istniejących układów technologicznych nowych rozwiązań technologicznych procesu przesiewania i rozdrabniania dotychczas nie stosowanych w Polsce i na świecie. Nowością będzie układ mobilnych urządzeń, tworzących określony sposób kierowania wyselekcjonowanego strumienia materiału w posobnie występujących maszynach rozdrabniająco-przesiewających oraz semimobilnym przesiewaczu jednopokładowym wieloproduktowym.

W monografii przedstawiłem także schemat układu produkcji kruszyw o ziarnach nieforemnych według mojego wynalazku zgłoszonego do UP (P.408046). W tym przypadku na wtórnym i końcowym stadium rozdrabniania korzystnie jest stosować kruszarki szczękowe lub walcowe z okładzinami gładkimi, gdyż takie urządzenia produkują kruszywa o zawartości ponad 30% ziarn nieforemnych. W układzie tym produkty podsitowe przesiewacza z sitem szczelinowym są produktami finalnymi o ziarnach nieforemnych, a nadsitowe o ziarnach foremnych są kierowane do wtórnego rozdrabniania.

Kruszywa o ziarnach nieforemnych ze względu na większą powierzchnię właściwą oraz projekcyjną najczęściej znajdują zastosowanie w budownictwie, np. jako grysy do produkcji posypki papowej, w inżynierii środowiska jako materiały wypełniające złoża filtracyjne do oczyszczania wody i ścieków, a także w architekturze ogrodowej.

Rozważając problematykę klasyfikacji kruszyw pod względem wielkości oraz kształtu ziarn, w dniu 7.07.2015 r. zgłosiłem również do ochrony patentowej wynalazek: *Wibracyjny przesiewacz wielopokładowy* (P.413057) (załącznik 4, p.II.8). Przesiewacz ten jest wyposażony w sita oczkowe (np. kwadratowe) oraz posobnie występujące sita szczelinowe o odpowiednich rozmiarach dostosowane do przesiewanej klasy ziarnowej. Wynalazek ten umożliwia uzyskanie kruszywa o ziarnach foremnych lub nieforemnych w jednym przesiewaczu współpracującym z kruszarką.

Prowadząc badania nad doskonaleniem jakości produkowanych kruszyw oraz układów technologicznych zgłosiłem (jako współautor) wynalazek: *Sposób produkcji kruszyw o zróżnicowanych właściwościach fizyczno-mechanicznych*, którego opis i wniosek zgłoszeniowy do ochrony patentowej w UP RP jest w trakcie opracowywania w CTT AGH w Krakowie (załącznik 4, p.II.7). Wynalazek ten umożliwia w procesie rozdrabniania, przesiewania oraz uszlachetniania wyprodukowanie kruszyw we frakcjach o cechach różniących się między sobą pod względem kształtu, rozmiaru oraz gęstości i porowatości ziaren. Takie rozwiązanie może być szczególnie przydatne dla produkcji kruszyw ze złóż unikatowych i o zmiennych parametrach, które na przykład występują w kopalni chalcedonitu.

Istotnym elementem monografii jest rozdział szósty, w którym dokonałem dogłębnej analizy wpływu rodzaju kruszarek, układów technologicznych oraz właściwości nadawy na efektywność procesu rozdrabniania i jakość kruszyw. Omówione zasady doboru kruszarek oraz układów technologicznych uwzględniają nie tylko wiedzę opisywaną w literaturze, ale przede wszystkim doświadczenia, które zdobyłem w trakcie mojej kilkunastoletniej

działalności naukowo-badawczej. Dlatego rozdział ten stanowi syntetyczne podsumowanie analiz moich badań opublikowanych również w czasopismach naukowych.

Przykładem jest artykuł pt. „*Wpływ rozdrabniania surowców skalnych w różnych kruszarkach i stadiach kruszenia na jakość kruszyw mineralnych*” opublikowany w *Gospodarce Surowcami Mineralnymi Polskiej Akademii Nauk* (tom 29, zeszyt 1, Kraków 2013). Artykuł jest efektem przeprowadzonych badań w ramach realizowanego projektu „Fabryka Inżynierów” przez AGH w Krakowie. Autorskie badania przeprowadziłem w austriackiej firmie SBM Mineral Processing GmbH w Laakirchen oraz w zakładzie przeróbki łamanych kruszyw zwirowych w kopalni Viecht znajdującej się w Ohlsdorf, będącej własnością korporacji Asamer.

Podjęte badania dotyczyły ustalenia wpływu różnego rodzaju kruszarek znajdujących się w różnych stadiach rozdrabniania układów technologicznych na efekty końcowe procesu, w tym na jakość produktów rozdrabniania.

Należy stwierdzić, że uzyskanie lepszej jakości kruszyw jest możliwe dzięki stosowaniu układów wielostadialnych, zwłaszcza z kruszarkami udarowymi. Duża liczba stadiów rozdrabniania surowca powoduje, że w kolejnych stadiach staje się on odporniejszy na kruszenie, ale także wymaga zwiększenia zużycia energii w celu doprowadzenia do wymaganego uziarnienia.

Badania podatności przemiałowej w młynku kulowym Bonda wykazały, że największym przyrostem klasy drobnej <1 mm w procesie przemiału odznaczało się kruszywo wyprodukowane w kruszarkach szczękowych. Przyczyną tego była zwiększona zawartość ziarn nieforemnych w tych kruszywach oraz występujące osłabienia ziarn w postaci mikro- lub makropęknięć na skutek elementarnej siły zgniatającej ziarna pomiędzy szczękami kruszarki, pracującymi w sposób cykliczny. Dlatego kruszywa rozdrobnione za pomocą udaru odznaczają się mniejszą ilością nabytych spękań w procesie rozdrabniania, co wpływa na większą wytrzymałość (niższy wskaźnik LA), większą mrozoodporność i mniejszą nasiąkliwość.

Kolejną część rozdziału szóstego monografii poświęciłem błędom najczęściej popełnianym w doborze maszyn oraz eksploatacji, do których zaliczyłem dobór niewłaściwej nadawy i parametrów pracy urządzenia, nieodpowiednie zasilanie nadawą i odbiór produktów spod urządzenia, eksploatację kruszarek przy zużytych elementach roboczych, nieodpowiednią współpracę kruszarek w różnych stadiach rozdrabniania. Wymienione uchybienia miały miejsce w warunkach przemysłowych i niosły za sobą najczęściej awarie współpracujących ze sobą urządzeń w ciągu technologicznym, niską wydajność, niską jakość produktów oraz nadmierne zużycie energii.

W rozdziale siódmym omówiłem macierzowe modele matematyczne układów technologicznych produkcji kruszyw mineralnych. Przedstawiłem także stochastyczne modele do opisywania rezultatów procesów rozdrabniania w kruszarkach w zależności od zadanych parametrów pracy (szczelina wylotowa, liczba obrotów wirnika) oraz właściwości fizyczno-mechanicznych nadawy, bazując na cenzurowanym rozkładzie Weibulla. Metoda opisu pracy urządzeń oparta na aproksymacji wzorów, umożliwiającą prognozowanie składów ziarnowych produktów rozdrabniania, stała się istotnym elementem zaproponowanego modelu ekonometrycznego pracy kruszarek i układów rozdrabniania.

W podrozdziale Modele układów technologicznych produkcji kruszyw mineralnych przedstawiłem w postaci maszynowych schematów jakościowo-ilościowych koncepcje czterech układów produkujących kruszywa łamane o uziarnieniu 2-8 mm i 8-16 mm

i wydajności 230 Mg/h. Przyjąłem, że produkt 0-2 mm to klasa ziarnowa powstała w wyniku przekruszenia, którego udział należy ograniczać. Dobierając urządzenia, wykorzystałem charakterystykę parku maszynowego kruszarek oraz przesiewaczy producenta PSP Engineering. Bazowym modelem jest konwencjonalny układ trójstadialny, który składa się z kruszarki szczękowej, stożkowej oraz udarowej wertykalnej (kubizera) oraz przesiewaczy wibracyjnych jedno- i wielopokładowych. Pozostałe trzy modele opracowane według mojej koncepcji (P.408045) to innowacyjne układy z zamkniętym obiegiem selektywnego i posobnego procesu przesiewania i rozdrabniania, różniące się między sobą typami kruszarek i liczbą stadiów rozdrabniania. Porównanie czterech układów wykazało korzyści układów innowacyjnych, wynikające z oszczędności zużycia energii i elementów roboczych maszyn, zawartości ziarn nieforemnych i frakcji <2 mm, co zostało przedstawione w tabeli 1.

W jednym z najkorzystniejszych układów można uzyskać roczne oszczędności około 117 tys. zł przy założonej wydajności zakładu 300 000 Mg/rok (układ IV). Korzyści z zastosowania wszystkich trzech niekonwencjonalnych układów wynikają także z uzyskiwania kruszyw o bardzo niskiej zawartości ziarn nieforemnych (poniżej 3%), co w typowym konwencjonalnym układzie jest niemożliwe do osiągnięcia, oraz do 4% mniejszej zawartości klasy 0-2 mm, stanowiącej odpad. Należy podkreślić, że do szacunków nie wzięto pod uwagę napraw remontowych maszyn, kosztów obsługi urządzeń oraz zakupu dodatkowych przesiewaczy oraz rezygnacji z zakupu kruszarki stożkowej, której cena może być nawet 10-krotnie większa od przesiewacza.

Tabela 1. Porównanie kosztów i oszczędności układów technologicznych

	I układ	II układ	III układ	IV układ
Zużycie energii, kWh/Mg	2,10	1,78	1,72	1,77
Różnica zużycia energii wzgl. I układu, kWh/Mg	0	+0,32	+0,38	+0,33
Oszczędności zużycia energii wzgl. I układu, zł/Mg	0	+0,128	+0,152	+0,132
Koszt zużycia elementów roboczych maszyn, zł/Mg	0,846	0,864	0,746	0,586
Oszczędności/straty w zużyciu elementów roboczych wzgl. I układu, zł/Mg	0	-0,018	+0,100	+0,260
Razem oszczędności, zł/Mg	0	+0,110	+0,252	+0,392
Oszczędność roczna przy wydajności zakładu 300 000 Mg/rok, zł/rok	0	+33 000	+75 600	+117 600

gdzie: (+) oszczędność, (-) straty

W rozdziale ósmym monografii podsumowałem zasady oraz ogólne czynniki wpływające na dobór kruszarek i układów technologicznych w produkcji kruszyw łamanych.

Przedstawiona w monografii problematyka doboru maszyn i układów technologicznych oraz analiza oceny efektów rozdrabniania surowców skalnych w różnych kruszarkach i stadiach kruszenia za pomocą opracowanych wskaźników na konkretnych przykładach, mogą być przydatne nie tylko do optymalizacji pracy układów technologicznych przeróbki mechanicznej kruszyw dla budownictwa i drogownictwa, ale także dla przemysłu cementowo-wapienniczego i przygotowania rud do wzbogacania.

Zasługujące na szczególną uwagę i nie stosowane dotychczas modele uwarunkowane produkcją kruszyw zarówno o wysokiej zawartości ziarn foremnych, jak i nieforemnych o odpowiednim składzie granulometrycznym, mogą odgrywać istotne znaczenie zarówno

w produkcji kruszyw naturalnych łamanych i kruszyw pochodzących z recyklingu odpadów przemysłowych o szczególnych cechach wykorzystywanych w budownictwie, drogownictwie, inżynierii ochrony środowiska, architekturze ogrodowej, a nawet w przemyśle górniczo-hutniczym. Także badania procesu przesiewania surowców skalnych na prototypowych sitach koronowych wykazały wiele zalet. W przypadku przesiewania surowców trudno przesiewalnych (wilgotnych i zanieczyszczonych) w warunkach przemysłowych wynalazek ten może poprawić sprawność procesu przesiewania.

4. Informacje o pozostałych osiągnięciach

4.1. Działalność naukowo-badawcza

Obszar mojej działalności naukowo-badawczej przed uzyskaniem stopnia doktora obejmował zagadnienia związane z modelowaniem propagacji zanieczyszczeń powietrza na różnych obszarach zurbanizowanych oraz przeróbką mechaniczną surowców mineralnych i odpadów. Tematem mojej rozprawy doktorskiej pod kierownictwem prof. Tadeusza Tumidajskiego była „Ocena wpływu właściwości fizykochemicznych surowców skalnych i parametrów technologicznych kruszarek szczękowych na efekty rozdrabniania”.

W 2001 roku odbyłem półroczny staż naukowy w ramach stypendium programu Erasmus Sokrates w Technische Universität Bergakademie Freiberg w Interdisziplinäres Ökologisches Zentrum, pod opieką naukową prof. Jörga Matschullata, a następnie odbyłem staż w Volkswagen AG (Wolfsburg) w dziale badawczo-rozwojowym. Moje badania dotyczyły przeróbki mechanicznej i zagospodarowania odpadów, w szczególności wraków samochodowych.

Od czasu uzyskania stopnia doktora i zatrudnienia w AGH biorę czynny udział w pracach naukowo-badawczych na rzecz górnictwa zarówno węglowego, skalnego, jak i rud metali. Zajmuję się optymalizacją procesów rozdrabniania, klasyfikacji i płukania, projektowaniem instalacji przeróbczych do produkcji kruszyw mineralnych z surowców skalnych i odpadów, w tym także kruszyw drobnoziarnistych (mączek i sorbentów). Moje zaangażowanie w branży „kruszywowej” jest oparte także na współpracy z wieloma instytucjami naukowymi i firmami związanymi z realizacją projektów badawczych (np. foresight), między innymi z Politechniką Śląską (Wydział GGiG), Politechniką Wrocławską, Państwowym Instytutem Geologicznym w Warszawie, Instytutem Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN w Krakowie, Instytutem Mechanizacji Budownictwa i Górnictwa Skalnego w Warszawie, Instytutem Ceramiki i Materiałów Budowlanych, Oddział SiMB w Krakowie, Uniwersytetem Techniczno-Przyrodniczym w Bydgoszczy, Poltegor Instytutem we Wrocławiu, Kopalnią Chalcedonitu „Inowłódz”, EGM Sp. z o.o., Hydro-Tech-Sort Sp. z o.o., Semav Stones Sp. z o.o., SBM Mineral Processing GmbH, Haver Trading Sp. z o.o., Makrum Project Management. W obszarze tej działalności jestem autorem lub współautorem 72 publikacji, w tym jednej monografii. Jestem także autorem 4 zgłoszeń patentowych i jednego przy współautorstwie. Brałem udział w 12 projektach badawczych i zleceniach.

W działalności naukowo-badawczej zajmuję się również przygotowaniem rud do procesu wzbogacania, a także optymalizacją i poprawą efektywności procesów kruszenia, mielenia, klasyfikacji i wzbogacania. Jednym z najważniejszych tematów badawczych jest opracowanie energooszczędnej technologii rozdrabniania rudy miedzi dla O/ZWR Polkowice, opartej na młynach wibracyjnych kulowych nie stosowanych dotychczas w polskim

przemysle rud. Projekt realizowany jest w ramach Wspólnego Przedsięwzięcia CuBR, współfinansowany przez NCBiR, wspólnie z Wydziałem IMiR AGH i KGHM Zanam S.A.

Przy współpracy między innymi z Politechniką Śląską (Wydział AEiI), AMEplus i ELTRAF biorę udział w projekcie PBS finansowanym przez NCBR, dotyczącym budowy innowacyjnego układu mielenia surowców mineralnych w młynie elektromagnetycznym wraz z systemem sterowania jego pracą, który ma zapewnić wysoką efektywność technologiczną i niską energochłonność w zastosowaniach mikro- i makroprzemysłowych.

Współpracując z zespołem naukowców Katedry Inżynierii Środowiska i Przeróbki Surowców AGH oraz Norwegian University of Science and Technology (Faculty of Engineering Sciences and Technology) w Trondheim, realizowałem w 2007 roku grant w ramach Funduszu Kapitału Początkowego (granty norweskie) (załącznik 6, p. I.A.2) oraz w 2011 roku program badawczy w skali laboratoryjnej w NTNU i AGH, dotyczący procesów rozdrabniania w HPGR w ramach grantu wymienionego w załączniku 6, p. I.B.5.

Nawiązałem także współpracę z innymi instytucjami i firmami, jak Politechnika Łódzka, Wysoka Szkoła Bańska TU w Ostrawie, O/ZWR KGHM PM S.A., ABB Sp. z o.o., Köppern Aufbereitungstechnik GmbH & Co. KG, KGHM CUPRUM sp. z o.o. W tym obszarze pracy naukowej jestem współautorem lub autorem 18 publikacji, w tym jednej książki, współautorem dwóch zgłoszeń patentowych i jednego patentu, uczestniczyłem w 18 projektach badawczych i zleceniach.

Moja działalność naukowo-badawcza dotyczy także przeróbki węgla oraz zagospodarowania odpadów przywęglowych. W tej dziedzinie jestem współautorem lub autorem 12 publikacji, w tym współautorem 4 monografii. Uczestniczyłem w trzech projektach badawczych. Biorąc udział w projekcie dotyczącym *Opracowania technologii zgazowania węgla dla wysokoefektywnej produkcji paliw i energii elektrycznej* finansowanym przez NCBiR w ramach strategicznego PBNiPR realizowanym przez konsorcjum naukowo-przemysłowe (AGH w Krakowie, Główny Instytut Górnictwa w Katowicach, Instytut Chemicznej Przeróbki Węgla w Zabrze, Politechnika Śląska w Gliwicach, Katowicki Holding Węglowy S.A., Grupa AZOTY S.A., TAURON Polska Energia S.A., TAURON Wytwarzanie S.A., TAURON Wydobycie S.A., KGHM Polska Miedź S.A.), zajmowałem się optymalizacją procesu kruszenia i klasyfikacji węgla do procesu zgazowania, doбором urządzeń i warunków oraz tworzeniem procedur prowadzenia procesu rozdrabniania i klasyfikacji, a także opracowaniem kart technologicznych do procesu przygotowania węgla kamiennego i brunatnego na drodze przeróbki mechanicznej do zgazowania ze złożem fluidalnym i dyspersyjnym.

Podsumowując, po uzyskaniu stopnia doktora opublikowałem jako autor lub współautor 102 publikacje, w tym jedną książkę i 5 monografii (załącznik 4). Łączna liczba punktów dla publikacji według MNiSW wynosi 314. Jestem także autorem 4 i współautorem 3 zgłoszeń patentowych oraz współautorem 1 patentu. W tabeli 2 zestawilem charakterystykę moich publikacji.

Tabela 2. Sumaryczne zestawienie dorobku publikacyjnego po doktoracie

Lp	Rodzaj osiągnięcia	Samodzielnie	We współautorstwie	RAZEM
1.	Publikacje w czasopiśmie z bazy JCR	3	8	11
2.	Książki i monografie	1	5	6
3.	Fragmety książek	2	1	3
4.	Publikacje spoza bazy JCR	42	40	82
5.	RAZEM (1+4)	48	54	102
6.	Zgłoszenia patentowe	4	4 (w tym 1 patent)	8

Wskaźniki związane z moim dorobkiem publikacji naukowych zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 1 września 2011 r. w sprawie kryteriów oceny osiągnięć osoby ubiegającej się o nadanie stopnia doktora habilitowanego wynoszą (stan na dzień 23.02.2016) (rys. 2):

- *sumaryczny impact factor publikacji naukowych według listy Journal Citation Reports (JCR), zgodnie z rokiem opublikowania wynosi 4,708, a z artykułem z 2016 roku IF=5,634.*
- *liczba cytowań publikacji według bazy Web of Science (WoS) wynosi 29 (w tym 16 bez autocytowań).*
- *indeks Hirscha opublikowanych publikacji według bazy Web of Science (WoS) wynosi 3.*

W tabeli 3 zestawilem liczbę cytowań publikacji i indeks Hirscha również według baz danych Scopus i Google Scholar (załącznik 4).

Rys. 2. Wskaźniki dotyczące moich publikacji wg bazy danych Web of Science

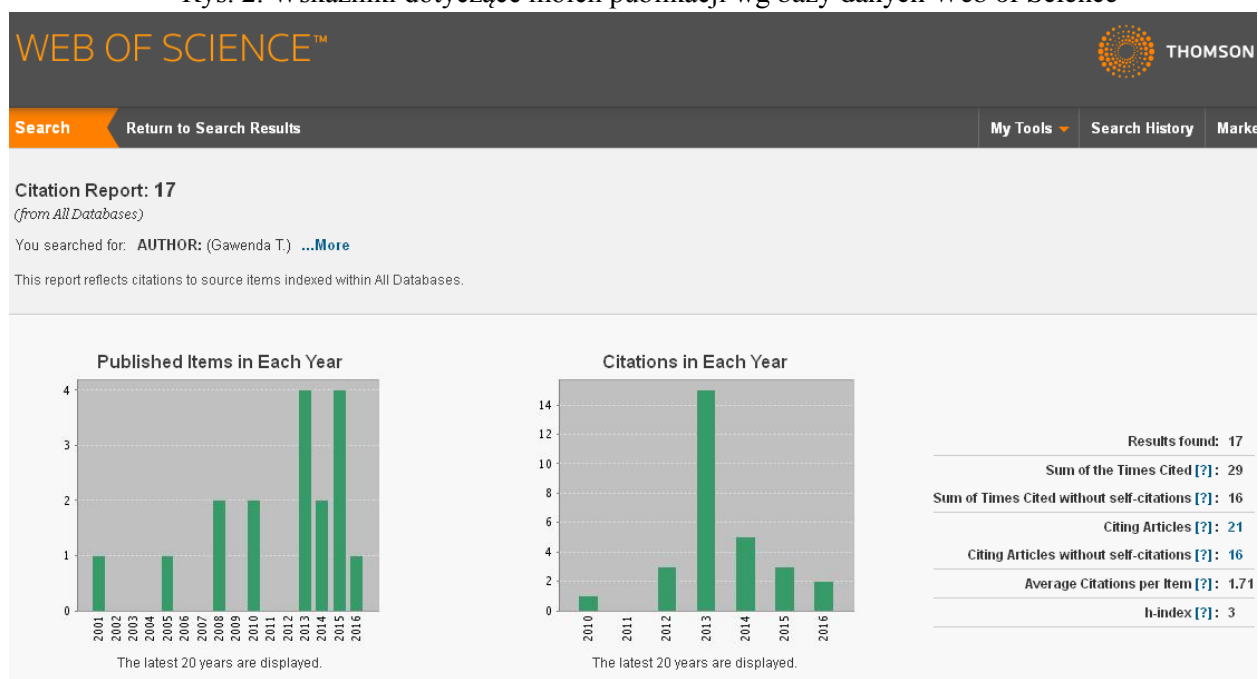


Tabela 3. Liczba cytowań publikacji i indeks Hirscha wg różnych baz danych (załącznik 4)

Baza danych	Liczba publikacji	Liczba cytowań	Indeks Hirscha
Web of Science	17	29	3
Scopus	17	26	3
Google Scholar	84	183	7

Uczestnictwo w programach europejskich oraz innych programach międzynarodowych i krajowych

Uczestniczyłem w 4 międzynarodowych projektach badawczych, 9 krajowych projektach badawczych. Były to głównie projekty finansowane ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego (typu foresight) oraz Programu Rządowego jak KBN, NCN, NCBiR, PAPR. Spis projektów zestawilem w załączniku 6, p. I.A,B.

Wykonanie ekspertyz lub innych opracowań na zamówienie organów władzy publicznej, samorządu terytorialnego, podmiotów realizujących zadania publiczne lub przedsiębiorców

Zrealizowałem 20 projektów badawczych, ekspertyz i opinii zleconych przez przedsiębiorców, w tym jako kierownik 12 projektów (załącznik 6, p. II).

Międzynarodowe lub krajowe nagrody za działalność naukową oraz inne wyróżnienia

Za działalność naukową otrzymałem następujące nagrody:

1. Nagroda Rektora Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie – zespołowa III stopnia za osiągnięcia naukowe – 2013 r.
2. Nagroda Rektora Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie – zespołowa III stopnia za osiągnięcia naukowe – 2015 r.
3. Dyrektor górniczy III stopnia – 2009 r.

Udział w międzynarodowych lub krajowych konferencjach tematycznych

W międzynarodowych konferencjach naukowych wygłosiłem 7 referatów, w tym po doktoracie 5, natomiast w krajowych konferencjach po doktoracie wygłosiłem 18 referatów. Uczestniczyłem w 28 konferencjach naukowych, takich jak: Mineral Engineering Conference MEC (wcześniejsza nazwa) International Conference of Mineral Processing and Symposium on Physicochemical Problems of Mineral Processing, International Mineral Processing Congress IMPC, Recyklacja odpadów, Seminar Bergmännischer Verband Österreichs BVÖ, International Conference & Exhibition BusinessCem, SAG Conference Vancouver, Kruszywa mineralne: surowce – rynek – technologie – jakość, Konferencja naukowo-techniczna Nowoczesne kopalnie żwiru i piasku, Symposium naukowo-techniczne: Kruszywa – cement – wapno, Konferencja naukowa: Rozwój rynku kruszyw i przemysłu maszyn kruszących w Polsce, Konferencja naukowo-techniczna KOMENKO, Polski Kongres Górniczy,

Konferencja naukowa w ramach Programu Innowacyjna Gospodarka 2007-2013, Konferencja naukowa Zgazowanie węgla. Spis konferencji przedstawiłem w załączniku 6, p. III.

4.2. Działalność dydaktyczna i popularyzatorska

Kierowanie projektami realizowanymi we współpracy z naukowcami innych ośrodków i przedsiębiorcami

1. Od 2004 współpracuję z Instytutem Ceramiki i Materiałów Budowlanych, Oddział Szkła i Materiałów Budowlanych w Krakowie. W programach międzynarodowych i krajowych realizowane były wspólnie badania, które zostały wymienione w załączniku 6 w p. I.A.2, I.B.2, I.B.5; zgłoszono 2 patenty (załącznik 4, p. II. 2, 7), powstało 15 publikacji z pracownikiem ICiMB dr. inż. Z. Naziemcem (załącznik 4). Kierowałem 5 projektami wymienionymi w załączniku 6 p.II.3, II.6-II.9.
2. W 2011 roku kierowałem projektem realizowanym dla KGHM Polska Miedź S.A. przy współpracy z prof. zw. dr. hab. inż. Piotrem Wodzińskim z Politechniki Łódzkiej (załącznik 6, p. II.9).

Udział w komitetach redakcyjnych i radach naukowych czasopism

Od 2003 roku jestem członkiem komitetu naukowego i organizacyjnego Międzynarodowych Konferencji Przeróbczych, od 2012 roku nowa nazwa Mineral Engineering Conference MEC.

Członkostwo w międzynarodowych lub krajowych organizacjach i towarzystwach naukowych

Od 2014 roku jestem członkiem Polskiego Towarzystwa Przeróbki Kopalini.

Osiągnięcia dydaktyczne oraz w zakresie popularyzacji nauki

Moja działalność dydaktyczna w ocenach okresowych pracownika zawsze zdobywała notę bardzo dobrą. Od 2005 r. sprawowałem opiekę nad wieloma studentami biorącymi udział w Studenckiej Sesji Naukowej. Moi podopieczni studenci zdobyli sześciokrotnie I miejsca na Studenckiej Sesji KN „Separator”, a także jeden podopieczny w 2007 r. zdobył I miejsce w pionie Wydziału GiG AGH wszystkich kół naukowych na konferencji w Krynicy i w 2008 r. II miejsce na Międzynarodowej Konferencji Młodych Uczonych w St. Petersburgu (załącznik 6, p. VIII.3).

Od 2006 roku byłem promotorem 14 prac magisterskich i 25 prac (projektów) inżynierskich oraz recenzentem 7 prac. Wspólnie ze studentami opublikowałem 15 artykułów (załącznik 4, p. III. 2, 3, 29, 30, 31, 34, 36, 46, 52, 61, 62, 63, 78, 81, 98).

Pozyskując środki finansowe w ramach realizacji różnych projektów utworzyłem 10 stanowisk dydaktycznych i naukowo-badawczych w Laboratorium rozdrabniania i przesiewania, będącym pod moją opieką. Stanowiska umożliwiają prowadzenie procesów rozdrabniania i przesiewania przy zmianie różnych parametrów konstrukcyjno-eksploatacyjnych urządzeń. Niektóre z nich są unikatowe w kraju i na świecie. Przykładowo, utworzyłem stanowisko badań procesu produkcji kruszyw łamanych na trzech prototypach sit koralowych opartych na koncepcji własnego zgłoszenia patentowego. Przy współpracy z prof.

nadzw. Dr. hab. D. Saramakiem utworzyłem stanowisko wysokociśnieniowego rozdrabniania surowców mineralnych w prasie walcowej HPGR oraz urządzenie (zgniatacz hydrauliczny) do tego stanowiska, symulujące proces rozdrabniania w HPGR, opracowane na podstawie zgłoszenia naszego wynalazku nr P.403004. Wszystkie stanowiska wymieniłem w załączniku 6, p. VIII. 5.

Opracowałem także programy ramowe, szczegółowe lub karty modułu do przedmiotów z kierunku Inżynieria Środowiska oraz Górnictwo i Geologia. Są to głównie przedmioty związane z dyscypliną przeróbki surowców mineralnych i odpadów, jak np. Rozdrabnianie i klasyfikacja, Maszyny i urządzenia, Projektowanie zakładów przerobczych. Szczegółowy wykaz zamieściłem w załączniku 6, p. VIII. 6. Wspólnie z pracownikami KISiPS AGH opracowałem także program nauczania dla Studium podyplomowego *Kompleksowe zagospodarowanie surowców skalnych oraz innych materiałów odpadowych dla potrzeb przemysłu budowlanego i drogowego*.

Zajęcia dydaktyczne zacząłem prowadzić na studiach doktoranckich z przedmiotów związanych z przeróbką surowców mineralnych. Od 2004 roku prowadziłem zajęcia w postaci wykładów, ćwiczeń audytoryjnych, projektowych i laboratoryjnych dla studentów stacjonarnych, niestacjonarnych I i II stopnia Wydziału Górnictwa i Geoinżynierii, kierunku Górnictwa i Geologii oraz Inżynierii Środowiska i Zamiejscowych Ośrodków Dydaktycznych (Jaworzno, Mysłowice, Jastrzębie Zdrój), a także studentów studiów podyplomowych z Przeróbki surowców mineralnych. Szczegółowy prowadzonych przedmiotów wykaz zamieściłem w załączniku 6, p. VIII.7. W latach 2007-2009 prowadziłem zajęcia dla goszczących studentów Instytutu Nauk Geologicznych Uniwersytetu Jagiellońskiego odbywających kurs Metody identyfikacji minerałów ciężkich.

Opieka naukowa nad doktoratami w charakterze opiekuna naukowego lub promotora pomocniczego

Od 2014 r. jestem promotorem pomocniczym pracy doktorskiej Jarosława Łagowskiego na temat „Wpływ parametrów przebiegu wysokociśnieniowego procesu płukania surowców mineralnych na jego wyniki” pod kierownictwem prof. nadzw. dr. hab. inż. Daniela Saramaka. Wspólnie z doktorantem przed otwarciem przewodu prowadziłem badania przemysłowe i napisałem 3 artykuły wymienione w załączniku 4, p. III. 60-62.

Członkostwo lub działalność organizacyjna

- Opiekun Koła Naukowego „SEPARATOR” w latach 2004-2008,
- Członek Wydziałowej Komisji Rekrutacyjnej w latach 2004-2011,
- Członek zespołu przygotowującego materiały do raportu samooceny dla Komisji Akredytacyjnej kierunku Inżynierii Środowiska w 2009 r.
- Członek Komisji Egzaminacyjnej kandydatów na studia II stopnia w latach 2011-2012,
- Elektor Wydziałowego Kolegium Elektorów na kadencje 2008-2012 i 2012-2016,
- Członek Komisji Wyborczej 2008-2012,
- Członek zespołu organizującego Dni Otwarte AGH w latach 2008-2009,

- Członek Komisji oceniającej referaty na Sesji Koła Naukowego „SEPARATOR” w latach 2004 i 2006,
- Koordynator praktyk studenckich technologicznych i dyplomowych 2008/2009 dla studentów specjalności Przeróbka Kopalni Stałych oraz Inżynieria Mineralna w Katedrze Inżynierii Środowiska i Przeróbki Surowców,
- Udział w targach górnictwa na rzecz uczelni w roku 2011.

Staże naukowe

przed doktoratem

- 2001 r., 6 miesięcy, Interdisziplinäres Ökologisches Zentrum, Technische Universität Bergakademie, Freiberg, staż naukowy w ramach stypendium programu Erasmus Socrates,
- 2001 r., 1 miesiąc, Volkswagen AG (Abteilung Forschung und Entwicklung), Wolfsburg, staż naukowy w ramach stypendium Erasmus Socrates w dziale badawczo-rozwojowym,

po doktoracie

- 2008 r., 5-dniowe wykłady w Vysokiej Skole Banskiej TU w Ostrawie w ramach Programu Erasmus,
- 2011 r., 1 tydzień, Norwegian University of Science and Technology (NTNU), Trondheim, Norwegia. Przeprowadzenie badania laboratoryjnych w celu realizacji projektu,
- 2011 r., 1 miesiąc, SBM Mineral Processing GmbH, Laakirchen, Austria. Staż naukowy „Fabryka Inżynierów” w ramach Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki, współfinansowany z Europejskiego Funduszu Społecznego.

Udział w zespołach eksperckich i konkursowych

- 2008 r. – członek zespołu ekspertów zewnętrznych ds. Analiz Delphi – Narodowy Program Foresight Polska 2020,
- 2009-2011 r. – ekspert kluczowy, ekspert respondent i ekspert generalista. Projekt Foresight OGWK realizowany w ramach Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego UE w zakresie priorytetowych i innowacyjnych technologii zagospodarowania odpadów pochodzących z górnictwa węgla,
- 2013 r. – ekspert panelu dyskusyjnego otwartej debaty „Kruszywa alternatywne - za i przeciw” Salon Kruszyw 2013 organizowany przez Instytut Mechanizacji Budownictwa i Górnictwa Skalnego podczas Targów Kielce S.A. „Autostrada Polska”.

Recenzowanie publikacji w czasopiśmie międzynarodowych i krajowych

- Inżynieria Mineralna – recenzja 1 artykułu
- AGH Journal of Mining and Geoinforming – recenzje 2 artykułów.