

dr inż. Michał Bembenek

Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie

Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki

Katedra Systemów Wytwarzania

Al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

e-mail: bembenek@agh.edu.pl

AUTOREFERAT

Spis treści

1. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe - z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania..	2
2. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych.....	2
3. Osiągnięcie stanowiące podstawę wszczęcia postępowania habilitacyjnego.....	3
3.1. Tytuł osiągnięcia naukowego.....	3
3.2. Omówienie celu naukowego i osiągniętych wyników prac stanowiących podstawę wszczęcia postępowania habilitacyjnego	3
4. Podsumowanie działalności naukowej.....	13
4.1. Dorobek publikacyjny	13
4.2. Udział w międzynarodowych lub krajowych konferencjach naukowych lub udział w komitetach organizacyjnych tych konferencji	18
4.3. Udzielone patenty oraz zgłoszone wnioski patentowe	19
4.4. Kierowanie międzynarodowymi lub krajowymi projektami badawczymi lub udział w takich projektach.....	20
4.5. Staże w firmach.....	22
4.6. Międzynarodowe lub krajowe nagrody za działalność naukową	22
5. Działalność dydaktyczna, osiągnięcia dydaktyczne w zakresie popularyzacji nauki	23
6. Działalność organizacyjna.....	24

1. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe - z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania

- **2004** - uzyskanie tytułu zawodowego **magistra inżyniera**
Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie
Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki
Kierunek: *mechanika i budowa maszyn*
Specjalność: 1. *maszyny i urządzenia technologiczne*
2. *informatyka w inżynierii mechanicznej*
- **2010** - uzyskanie stopnia naukowego **doktora nauk technicznych**
Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie
Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki
Dyscyplina: *budowa i eksploatacja maszyn*
Specjalność: *maszyny i urządzenia technologiczne*
Tytuł rozprawy: *Badania wpływu kształtu powierzchni roboczej walców na efekty pracy prasy walcowej*
promotor pracy: *dr hab. inż. Marek Hryniewicz, prof. AGH*
recenzenci: prof. Andrzej Świątoniowski,
prof. Roman Hejft
- **2012** - uzyskanie dyplomu ukończenia Kursu Doskonalenia Dydaktycznego dla Pracowników i Doktorantów AGH,
Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie
Wydział Humanistyczny

2. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych

- 01.10.2008 – 30.09.2010
asystent, pełny etat
Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie
Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki
Katedra Systemów Wytwarzania
- 01.10.2010 – obecnie
adiunkt, pełny etat
Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie
Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki
Katedra Systemów Wytwarzania

3. Osiągnięcie stanowiące podstawę wszczęcia postępowania habilitacyjnego

3.1. Tytuł osiągnięcia naukowego

Osiągnięciem stanowiącym podstawę wszczęcia postępowania habilitacyjnego (w myśl art. 16 ust. 2 Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki, Dz. U. nr 65, poz. 595 ze zm.) wnoszącym wkład do dyscypliny *budowa i eksploatacja maszyn* jest monografia habilitacyjna wydana drukiem:

Bembenek Michał: *Innowacje w konstrukcji i zastosowaniu pras walcowych*. ang. *Innovations in the design and use of roller presses*. Rozprawy, Monografie – Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica, nr 337, Wydawnictwa AGH, Kraków 2018, ISSN 0867-6631, ISBN 978-83-66016-32-3, Recenzenci: dr hab. inż. Marcin Kot, prof. AGH, dr hab. inż. Andrzej Tomporowski, prof. UTP.

3.2. Omówienie celu naukowego i osiągniętych wyników prac stanowiących podstawę wszczęcia postępowania habilitacyjnego

Nieustanny rozwój technologii i techniki przemysłowej na świecie znacząco wpływa na zapotrzebowanie na surowce mineralne. Część z materiałów traci swoją pozycję rynkową, natomiast inne zyskują nowe możliwości zastosowania. Jednak ze względów na kurczące się zasoby złóż naturalnych oraz rosnące koszty i trudności ich pozyskiwania, w obecnych czasach dużą rolę odgrywa wprowadzanie w przemyśle technologii bezodpadowych oraz pozyskiwanie surowców z już wytworzonych odpadów. W większości sektorów gospodarki przetwarzanie surowców generuje duże ilości odpadów drobnoziarnistych w postaci proszków, granulatów, pyłów, szlamów oraz mułów. Znaczna część tych materiałów w postaci scalonej może stanowić pełnowartościowe produkty. Biorąc pod uwagę metody w których materiał doprowadzany jest do postaci kawałkowej można wyróżnić: spiekanie, aglomerację ciśnieniową, grudkowanie oraz granulację dwustopniową. Spiekanie jest termiczną metodą zbrylania o małym stopniu skomplikowania. Niestety na ogół jest ono uciążliwe dla otoczenia, a w dodatku nie może być stosowane w przypadku niektórych materiałów m.in. paliw oraz takich, których prażenie powoduje niepożądaną zmianę składu chemicznego. Grudkowanie wymaga natomiast dużego stopnia rozdrobnienia materiału, a także dodatkowo utrzymania jego wilgotności na stałym, dość wysokim poziomie.

Najczęściej odpowiednią wytrzymałość mechaniczną grudek uzyskuje się poprzez zastosowanie środka wiążącego. Niejednokrotnie wymagane jest także ich suszenie lub prażenie. Alternatywną metodą scalania materiałów sypkich nazwanych dalej materiałami drobnoziarnistymi jest aglomeracja ciśnieniowa. Polega ona na wywieraniu nacisku na materiał, wskutek czego następuje wzajemne zbliżanie ziaren oraz powstawanie, bądź wzmocnienie wiązań o różnym charakterze. Efektem procesu aglomeracji ciśnieniowej jest tworzenie zwartych kształtek o stosunkowo małej porowatości oraz określonej wytrzymałości mechanicznej, których wymiary mogą być nawet do kilku tysięcy razy większe w porównaniu z ziarnami materiału wyjściowego. Spośród znanych urządzeń używanych do realizacji procesu aglomeracji ciśnieniowej wyróżnia się: prasy stemplowe, ślimakowe, granulatory z rolkami zagęszczającymi oraz prasy walcowe. Trzy pierwsze typy maszyn stosowane są z powodzeniem do brykietowania materiałów pochodzenia roślinnego, które trudno scala się. Ponadto prasy stemplowe umożliwiają realizację wysokich nacisków. Posiadają jednak pewne wady wynikające m.in. z cyklicznego charakteru pracy. Większa jest energochłonność procesu oraz mniejsza jest wydajność tych brykieciarek. Należy również wspomnieć, że intensywnie zużywają się ich elementy formujące. Do wad granulatorów z rolkami zagęszczającymi należy zaliczyć dość niewielkie wydajności, które wynikają z ograniczenia rozmiaru matrycy formującej materiał. Charakteryzuje je również znaczna energochłonność procesu scalania podyktowana występowaniem bardzo dużych sił tarcia na granicy nadawa-matryca. Prasy walcowe wykorzystywane są przede wszystkim do aglomeracji drobnoziarnistych materiałów mineralnych oraz odpadów poprodukcyjnych. Scalanie w brykieciarkach walcowych zostało spopularyzowane w drugiej połowie XIX wieku w celu zagospodarowania drobnoziarnistej frakcji węgla kamiennego jako paliwa do stosowania w paleniskach przydomowych oraz do zastosowań przemysłowych. Po drugiej wojnie światowej, kiedy znaczenie węgla znacznie osłabło na rzecz paliw na bazie ropy naftowej i gazu ziemnego zaczęto rozszerzać gamę materiałów drobnoziarnistych, które można scalać w prasach walcowych. Obecnie brykietowanie w tego typu maszynach jest ważnym procesem technologicznym dla gospodarki. Dotyczy to przede wszystkim sektorów: ciężkiego, chemicznego, farmaceutycznego oraz energetycznego. Początkowo brykietowanie służyło tylko do nadania odpowiednich walorów użytkowych surowcom, np. miał węglowy brykietowano, aby doprowadzić go do postaci kawałkowej i w ten sposób opalać nim w paleniskach rusztowych, które wymagały wsadu o określonych gabarytach. Obecnie często aglomeracja ciśnieniowa jest procesem pośrednim. Doskonałym przykładem jest brykietowanie koncentratu miedzi w celu odpowiedniego przygotowania go jako wsadu do

pieca szybowego do wytopu kamienia miedziowego z którego docelowo wytwarza się miedź. Kluczowym dla procesu brykietowania było wykorzystanie go do utylizacji odpadów m.in. pyłów i szlamów powstających w przemyśle hutniczym, które po odpowiednim przygotowaniu mogą stanowić komponenty wsadu pieców hutniczych, bądź stalowniczych. Zalety brykietowania w prasach walcowych w porównaniu z innymi metodami aglomeracji sprawiają, że znajduje ono zastosowanie w coraz to nowych aplikacjach. Nie oznacza to jednak, że dobranie odpowiednich warunków scalania w brykieciarce walcowej odbywa się w sposób prosty. Istnieje wiele parametrów materiałowych, które sprawiają, że część surowców charakteryzuje się niską podatnością na scalanie w prasach walcowych. Obecne działania badawcze ukierunkowane są częściowo właśnie na to, aby znaleźć parametry zarówno procesowe jak i konstrukcyjne maszyny, by umożliwić scalanie w prasie walcowej materiałów trudnych do brykietowania. Brykietowanie w prasach walcowych mimo wskazanych zalet ciągle jeszcze jest procesem energochłonnym. Badacze i konstruktorzy nie ustają w wysiłkach zmierzających do obniżenia kosztów tego procesu. Jak podaje firma Köppern, światowy lider w produkcji pras walcowych obecnie w tego typu urządzeniach scala się ponad 2000 różnych materiałów. Przedstawiona w pracy habilitacyjnej analiza zagadnienia aglomeracji ciśnieniowej w prasach walcowych wykazuje szereg możliwości aplikacji tego procesu. Powoduje to, że konstrukcja brykieciarek walcowych jest ciągle doskonała m.in. w celu zapewnienia zwartości konstrukcji oraz obniżenia kosztów jej wyprodukowania. Możliwe jest to np. poprzez zastosowanie innowacyjnych rozwiązań powierzchni formujących, które podczas brykietowania poprzez sprzężenie cierno-kształtowe mogą zapewnić transmisję energii na drugi walec roboczy i uprościć układ napędowy maszyny eliminując z niego przekładnię synchronizującą obroty walców. Oryginalne przedstawione w pracy badania własne (rozdział 5.4) wykazały możliwość brykietowania materiału przy jednoczesnej transmisji energii na drugi walec roboczy wyłącznie poprzez zastosowanie sprzężenia cierno-kształtowego. Zwrócono w nich uwagę, że warunkiem jest odpowiednie wyprofilowanie zarysu powierzchni roboczej nie tylko pod kątem prawidłowej synchronizacji obrotów walców, ale również zapewnienia maksymalnej możliwej powierzchni styku pierścieni. Powoduje to, że działające w miejscach kontaktu walców siły nie doprowadzają do miejscowej kumulacji naprężeń i degradacji pierścieni formujących. Pod kątem technologii wytwarzania najprostsze do wykonania są gładkie pierścienie formujące. Używa się ich do scalania ciśnieniowego, jeżeli nie ma konieczności zachowania powtarzalnego kształtu aglomeratów. Powszechnie wiadomo, że prasy tego typu charakteryzuje niska wydajność. Przedstawiona w pracy nowatorska idea własna, może

poprawić wydajność procesu kompaktowania. Opiera się ona na rozwinięciu powierzchni roboczej i posłużyła do opracowania zgłoszenia patentowego PL 418661 A1 (Bembenek M., Gara P., Hryniewicz M., Janewicz A., Kosturkiewicz B.: Urządzenie do kompaktowania. Opis zgłoszenia wynalazku PL 418661 A1, 26 marca 2018) [D4]. Przeprowadzone własne obliczenia matematyczne wykonane na podstawie zamodelowanych pierścieni wykazały, że dla elementów formujących o średnicy 450 mm, przy zachowaniu grubości wypraski 3 mm rozwinięcie powierzchni może poprawić wydajność procesu nawet o kilkadziesiąt procent.

W prawidłowym scaleniu materiału oprócz walców roboczych istotną rolę odgrywa jego właściwe podawanie w strefę zagęszczania. Najprostszym zespołem dozującym materiał jest podajnik grawitacyjny. Jak do tej pory w literaturze nie można było napotkać informacji dotyczących projektowania i zużycia tych podzespołów. Zostały one natomiast przedstawione w rozdziale 2.5. Z wieloletnich badań autora prowadzonych pod kątem scalania w prasie walcowej z zastosowaniem zasilacza grawitacyjnego wynika również, że zarówno jego największe zużycie ściernie jak i odkształcenia uszczelnień bocznych występują w miejscu maksymalnego zbliżenia walców. Jest to związane z rozkładem nacisku materiału wsadowego wywieranego na ściany zasobnika, co wykazano również teoretycznie. Konstrukcje powinny więc być odpowiednio sztywne, by przeciwdziałać przesypywaniu się materiału pomiędzy powierzchniami uszczelnień bocznych oraz walców. Podajniki grawitacyjne nie nadają się jednak do dozowania materiałów silnie puszystych lub wymagających do scalenia wysokiego stopnia zagęszczenia. W takich przypadkach wymusza się przepływ nadawy w strefie roboczej, stosując np. ślimak. Nie jest on jednak rozwiązaniem idealnym, gdyż część zagęszczanych materiałów klinuje się pomiędzy jego zwojami. Na podstawie obszernych badań własnych habilitant opracował innowacyjne rozwiązanie rolkowego podajnika nadawy. Podajnik taki wyposażony jest w dodatkową parę walców, która wstępnie zagęszcza materiał, natomiast ostateczny kształt nadawie nadają walce robocze. Nie spotykana dotąd w literaturze jest przedstawiona w rozdziale 2.4 analiza mechanizmów długoterminowego zużycia klasycznego niesymetrycznego układu zagęszczania do brykietowania tj. pierścieni formujących do wytwarzania brykietów w kształcie siodła przy zmiennych warunkach scalania. Pokazuje ona, że intensywnemu zużyciu podlegają przede wszystkim rowki w miejscach, w których przylegają do nich progi oddzielające wgłębienia formujące drugiego pierścienia. Wg autora proces ten związany jest z bardzo dużymi naciskami generowanymi w tych miejscach oraz występowaniem ruchu względnego obu powierzchni w wyniku różnicy średnic wewnętrznej części rowka i zewnętrznej części wrębu sięgającej w skrajnych przypadkach 20%. Analiza pokazała również, że wraz z upływem czasu eksploatacji

pierścieni roboczych coraz większemu zaokrągleniu ulegają również krawędzie występujące na brzegach wgłębień formujących.

Na podstawie wieloletnich badań własnych, wiedzy dostępnej w literaturze oraz zdobytej praktyce przemysłowej w pracy w rozdziale 4.1 została przedstawiona własna innowacyjna metoda konfiguracji prasy walcowej. Uwzględnia ona uzyskanie założonej wydajności prasy oraz właściwości scalonego materiału z uwzględnieniem przeznaczenia aglomeratów po scaleniu. W metodzie konfiguracji prasy walcowej wyróżnia się siedem głównych etapów, do których należy:

- ocena podatności materiału drobnoziarnistego na scalanie,
- wybór rodzaju zasilania prasy walcowej,
- wybór konfiguracji układu zagęszczania prasy walcowej,
- weryfikacja eksperymentalna poprawności wyboru układu zagęszczania prasy walcowej oraz dobór prędkości obrotowej walców,
- badania symulacyjne procesu scalania materiału drobnoziarnistego w prasie z określoną konfiguracją układu zagęszczania,
- dobór geometrycznych cech konstrukcyjnych elementów formujących prasy walcowej,
- dobór lub weryfikacja układu napędowego.

W pierwszym etapie, w którym ocenia się podatność materiału drobnoziarnistego na scalanie, eksperymentalnie wyznacza się jego charakterystykę zagęszczania. Dokonuje się tego zazwyczaj w zamkniętej matrycy cylindrycznej na prasie wytrzymałościowej. Wyznaczona charakterystyka zagęszczania materiału pozwala na określenie:

- możliwości scalania danego materiału w prasie walcowej,
- minimalnej wartości nacisku jednostkowego zapewniającej utworzenie trwałych kształtek,
- minimalnego stopnia zagęszczenia materiału,
- przebiegu procesu relaksacji (rozprężenia) materiału po scaleniu.

W prasie walcowej można scalać wyłącznie materiały, które mają progresywną charakterystykę zagęszczania. W przypadku, gdy materiał posiada degresywny charakter zagęszczania lub degresywno-progresywny w trakcie scalania w prasie walcowej nie będzie tworzył on trwałych aglomeratów. W takiej sytuacji podejmuje się próbę dokonania zmiany jego właściwości np. poprzez: zmianę wilgotności, uziarnienia, składu, lepiszcza itp. Jeżeli nie jest to możliwe, bądź charakter przebiegu zagęszczania zmodyfikowanego materiału nie

zmienia się, świadczy to o tym, że dany ośrodek drobnoziarnisty nie może być poddany aglomeracji ciśnieniowej w prasie walcowej.

W drugim etapie dokonuje się wyboru zasilacza nadawy prasy walcowej. O jakości brykietów i kształtek decyduje np. stopień wstępnego zagęszczenia materiału ziarnistego będącego pochodną czasu jego konsolidacji. W celu doboru konkretnego rodzaju zasilania analizuje się charakterystykę zagęszczania scalanego materiału drobnoziarnistego.

W trzecim etapie dobierana jest odpowiednia konfiguracja układu zagęszczania prasy. Dokonuje się jej na podstawie wymagań użytkownika brykietciarki oraz analizy procesu relaksacji scalonego materiału. Wstępny dobór kształtu powierzchni roboczej walców powinien być podyktowany przeznaczeniem materiału po jego scaleniu. W przypadku, gdy wymaganą formą aglomeratu jest brykiet zalecane jest, aby miał on kształt kropli. Wynika to przede wszystkim z większej o ok. 10% wydajności prasy przy tej samej objętości brykietu oraz podobnym koszcie wykonania elementów formujących. Zastosowanie powierzchni roboczej umożliwiającej wytwarzanie brykietów w kształcie siodła wskazane jest dla materiałów wykazujących cechy ciała quasilastycznego lub charakteryzujących się dużym odkształceniem sprężystym po ustąpieniu działania nacisku, sięgającym powyżej 10%. W pierwszym przypadku występuje tendencja do pozostawiania brykietów we wgłębieniach formujących, szczególnie wtedy jeżeli posiadają one kształt kropli. Tego typu brykiety wytworzone z materiałów charakteryzujących się dużym odkształceniem sprężystym mają tendencję do rozwarstwiania się w płaszczyźnie podziału. Wynika to przede wszystkim z niekorzystnego rozkładu naprężeń wewnętrznych, których maksimum przypada na centralną część aglomeratu. Stosowanie powierzchni roboczej umożliwiającej wytwarzanie brykietów w kształcie siodła eliminuje płaszczyznę podziału brykietów, co zapobiega zjawisku ich rozwarstwiania się. Jeżeli kształt produktu scalania nie odgrywa istotnej roli, a materiał nie posiada cech ciała quasilastycznego lub nie charakteryzuje się dużym odkształceniem sprężystym po ustąpieniu działania nacisku, zgodnie z aktualnym stanem wiedzy powinno się stosować symetryczny układ zagęszczania. O doborze kształtu powierzchni roboczej walców powinna rozstrzygnąć analiza charakterystyki zmienności współczynnika tarcia zewnętrznego w funkcji nacisku jednostkowego. Duży współczynnik tarcia zewnętrznego będzie wpływał na intensywne zużywanie się powierzchni roboczej walców. W takim przypadku zasadne jest wykorzystanie elementów formujących z poprzecznymi rowkami, z uwagi na niższe koszty ich wytwarzania i łatwiejszą regenerację. Przy małym współczynniku tarcia zewnętrznego, korzystne jest wytwarzanie brykietów w kształcie kropli, gdyż odbywa się ono przy najmniejszym wydatku energii. Do scalania materiałów drobnoziarnistych bez wymogu

zachowania powtarzalności ich kształtu, posiadających cechy ciała quasiplastycznego lub charakteryzujących się dużym odkształceniem sprężystym po ustąpieniu działania nacisku również powinno się stosować elementy formujące do wytwarzania brykietów w kształcie siodła.

Kolejnym etapem jest weryfikacja eksperymentalna poprawności wyboru układu zagęszczania. Wymaga to posiadania odpowiedniej bazy laboratoryjnej umożliwiającej przeprowadzenie eksperymentów w celu określenia możliwości uzyskania brykietów o zadowalającej wytrzymałości mechanicznej. W tym etapie dobiera się także prędkość obwodową walców, która determinuje czas scalania materiału drobnoziarnistego. Tego typu badania nie stanowią problemu dla firm, w których projektuje się i buduje prasy walcowe, ponieważ posiadają one własne zaplecze badawcze.

Piąty etap stanowią badania symulacyjne procesu brykietowania/kawałkowania materiału drobnoziarnistego w prasie z określoną konfiguracją układu zagęszczania. Służą one przede wszystkim określeniu zależności między objętością wgłębień, średnicą walców a maksymalną wartością nacisku jednostkowego. Mają także na celu określenie obciążeń walców prasy i elementów roboczych podzespołu zasilającego. Szczegółowy opis badań symulacyjnych został przedstawiony w publikacji [B6].

W szóstym etapie na podstawie badań symulacyjnych dokonuje się doboru średnicy oraz szerokości walców, ilości i objętości wgłębień, a w przypadku kawałkowania, geometrycznych cech konstrukcyjnych powierzchni roboczej walców tak, aby scalony materiał spełniał założone parametry wytrzymałościowe oraz zachowane zostały wymagania co do wydajności procesu.

Ostatni etap procedury dotyczy wyboru dokonanego na podstawie badań symulacyjnych odpowiedniego modułu napędowego prasy walcowej w celu zainstalowania silników o mocy wystarczającej do pokonania oporu brykietowania.

Z analizy procesu aglomeracji ciśnieniowej materiałów drobnoziarnistych wynika, że przebiega on pod naciskiem sięgającym nawet ponad dwieście MPa. Można podzielić go na dwie fazy. W pierwszym etapie, w którym dochodzi do zmiany zagęszczania cząsteczek materiału uzyskuje się stosunkowo duże stopnie zagęszczenia pod wpływem przyłożenia niedużych wartości sił zewnętrznych. Natomiast w fazie drugiej dochodzi do scalenia cząstek ze sobą i powstania ciała quasi-ciągłego. Uzyskuje się wtedy znacznie mniejsze stopnie zagęszczenia pod wpływem wysokich wartości sił zewnętrznych. W obydwu fazach zachodzi w sposób ciągły do zmiany parametrów opisujących materiał sypki np.: modułu Younga [B7], współczynnika tarcia zewnętrznego i wewnętrznego oraz współczynnika nacisku bocznego.

Nie pozwala to, przy obecnym stanie wiedzy na prawidłowe zamodelowanie i symulację procesu przemieszczania się oraz scalania w prasie walcowej materiału drobnoziarnistego z zastosowaniem dostępnych zaawansowanych narzędzi komputerowych, co znajduje również odzwierciedlenie w aktualnej literaturze. Informacji mogą dostarczyć natomiast badania wizualizacyjne. Szczególnie przydatne są one dla zasilaczy grawitacyjnych, ponieważ w podajnikach z wymuszonym przepływem ruch nadawy oraz parametry procesu można przewidzieć. Brak wiedzy na temat sposobu przemieszczania się nadawy w niektórych układach zagęszczania był podstawą do przeprowadzenia przez habilitanta obszernych badań. Na podstawie analizy innowacyjnych badań wizualizacyjnych przepływu materiału w strefie roboczej prasy walcowej z walcami formującymi o różnej geometrii habilitant sformułował wniosek, że rodzaj przepływu materiału w zasilaczu grawitacyjnym zależy przede wszystkim od geometrii powierzchni roboczej. W przypadku, gdy jest ona gładka (kompaktowanie materiału) przepływ nadawy można porównać z procesem walcowania blach, gdzie materiał wraz z obrotem walców równomiernie przesuwa się ze strefy zagęszczania do strefy sprężystego rozprężenia [B1]. Dla profilowanych powierzchni roboczych podczas scalania materiał ma tendencje do tworzenia się warstw o określonych grubościach przylegających do walców i poruszających się razem z nimi w tym samym kierunku. Badania wizualizacyjne wykazały również, że możliwe jest napędzanie walcem gładkim poprzez sprzężenie cierne drugiego z pary walców, jednak ze względu na spadek wydajności taki sposób realizacji napędu nie powinien być stosowany w prasach przemysłowych. Dodatkowo zauważono, że zróżnicowanie powierzchni formujących względem siebie wpływa na asymetrię przemieszczania się materiału w strefie roboczej. Wg sugestii habilitanta pierścienie formujące powinny być konstruowane w ten sposób, aby zarys ich powierzchni roboczych nie różnił się od siebie. W przypadku powierzchni niesymetrycznych kolejne rzędy wgłębień powinny być rozmieszczone naprzemiennie, by ujednoczyć ruch nadawy. Dodatkowo odpowiednie rozmieszczenie wgłębień formujących powinno przyczynić się do zminimalizowania pulsacji wartości momentu skręcającego podczas scalania materiału, poprzez np. kilkustopniowe przesunięcie kątowe wgłębień w kolejnych rzędach.

Duże zainteresowanie technologiami związanymi ze scalaniem ciśnieniowym powoduje, że dzięki prasom walcowym możliwe jest rozwijanie tzw. granulacji dwustopniowej, procesu technologicznego składającego się z kilku operacji [B8]. Początkowo odpowiednio przygotowany materiał drobnoziarnisty poddaje się scalaniu przeważnie w prasie walcowej. Następnie zostaje on rozdrobiony najczęściej w kruszarkach udarowych oraz podzielony na frakcje według odpowiednio dobranej wielkości ziarna [A1]. Nadziarno

kierowane jest ponownie do procesu rozdrabniania. Natomiast podziarno uzyskane w procesie rozdrabniania dodaje się do materiału przygotowywanego do brykietowania i po raz kolejny scala. Dodatek podziarna powoduje jednak zmianę warunków zagęszczania nadawy. Było to podstawą do przeprowadzenia własnych badań wpływu dodatku podziarna na charakterystyki zagęszczania. Przedstawione w pracy habilitacyjnej badania wpływu dodatku podziarna pochodzącego z procesu granulacji dwustopniowej na krzywe zagęszczania, wykazały spadek stopnia zagęszczenia materiału wraz z dodatkiem podziarna, co jest zjawiskiem pozytywnym w ocenie autora. Nie wykazały natomiast znaczących różnic w zapotrzebowaniu energii na proces scalania. Rozwiązany został w ten sposób problem doboru układu napędowego pras pracujących w układach zamkniętych.

W przedstawionych w pracy badaniach została również wykazana przez autora możliwość kawałkowania nawozu sztucznego w niesymetrycznym układzie zagęszczania pod kątem granulacji dwustopniowej. Wypraski rozdrabniano a następnie wydzielano frakcję o określonym składzie ziarnowym odpowiednim do nawożenia gleb. Badania mają charakter nowatorski i ich wyniki nie są dostępne w literaturze.

Odpowiednie odpowietrzenie nadawy i wyprowadzenie gazów w niej zawartych ze strefy zagęszczania może pozytywnie rzutować na jakość scalanego produktu. Było to podstawą do przeprowadzenia odpowiednich, innowacyjnych badań własnych. Wykazały one, że odpowietrzanie nadawy poprzez zastosowanie systemu porowatych wkładek ze spieku oraz pomp próżniowych w zasilaczu ślimakowym znacząco poprawia własności scalanego materiału. We wszystkich badanych przypadkach stosowanie systemu odpowietrzania zwiększało zarówno gęstość jak i grubość scalanego pasma. Największy zarejestrowany wzrost gęstości materiału wynosił 23,8%. Dla tej próby największy był również wzrost grubości wypraski i wynosił 58,9%. Autor wnioskuje, że wynikało to prawdopodobnie z właściwego przepływu gazów pomiędzy cząsteczkami nadawy, odpowiedniego wyprowadzenia ich ze strefy zagęszczania i wystarczająco długiego czasu przebywania materiału pod naciskiem. Zaleca się stosowanie takiego systemu, podczas scalania materiałów silnie zapowietrzonych tzw. puszystych szczególnie o małej gęstości usypowej.

Ważnym wnioskiem wynikającym z badań własnych habilitanta jest to, że dla określonej: średnicy oraz geometrii powierzchni roboczej walców jak i parametrów materiału istnieje korzystna objętość wgłębień formujących, dla której brykiety wykazują najlepsze wskaźniki wytrzymałościowe. Istnieje możliwość zwiększenia objętości wgłębień dla danej średnicy walców przy zachowaniu podobnych wskaźników wytrzymałościowych poprzez zastosowanie zasilacza wstępnie zagęszczającego nadawę np. ślimakowego lub rolkowego.

Istotnym innowacyjnym osiągnięciem habilitanta jest współpracowanie metody utylizacji pyłów stalowniczych o dużej zawartości cynku. Ze względu na stosowaną obecnie na szeroką skalę galwanizację blach wykorzystywaną głównie w przemyśle motoryzacyjnym jako zabezpieczenie antykorozyjne, dostarczany do hut złom stalowy zawiera duże ilości cynku. Wiąże się to z dużym udziałem tego pierwiastka w pyłach stalowniczych, powstających przy przetwarzaniu złomu w piecach elektrycznych, bądź konwertorach. Cynk ze względu na swój niekorzystny wpływ na wymurówkę pieców jest pierwiastkiem niepożądanym w składzie wsadu do tego typu urządzeń. Dlatego jednym z ważniejszych do rozwiązania problemów w przemyśle hutniczym jest racjonalne zagospodarowanie odpadowych pyłów stalowniczych, a przede wszystkim oddzielenie z nich cynku w postaci tlenku cynku, który stanowi między innymi cenny materiał wsadowy w hutnictwie metali nieżelaznych. W opracowanej w AGH metodzie założono, że z odpowiednio skomponowanych mieszanek zawierających pyły stalownicze, żendrę walcowniczą, addytyw egzotermiczny i lepiszcze wytworzy się kompozytowe brykiety o wymaganej wytrzymałości mechanicznej. Po uprzednim odzyskaniu z nich cynku w piecu szybowym, będą stanowić pełnowartościowy komponent żelazonośny w procesie wytapiania stali. Przeprowadzone przy udziale habilitanta badania wykazały, że z odpowiednio skomponowanych mieszanek tlenkowych odpadów hutniczych i składnika wysokowęglowego można otrzymać trwałe brykiety, tak aby spełniały one wymagania procesu spiekania ich w piecu szybowym przy jednoczesnym odzysku metali wartościowych. Warunkiem jest dodanie do mieszanki wapna hydratyzowanego w ilości 3 % wagowych oraz melasy cukrowej w ilości 5 % wagowych. Wilgotność względna przygotowanego do brykietowania materiału powinna zawierać się w granicach 3,0% – 6,3%, co wymaga dodania wody do mieszanki. Jeżeli wilgotność względna mieszanki nie przekracza 5,5 % można z niej uzyskać wytrzymałe mechanicznie brykiety nadające się do podania do pieca szybowego bezpośrednio po ich wytworzeniu. W przypadku wyższej wilgotności względnej mieszanki, zawierającej się w granicach 5,5% - 6,3%, brykiety wymagają sezonowania trwającego ok. 24 godziny. Metoda ta została objęta patentem PL 225632 B1 [D1] i była podstawą do opracowania wraz z firmą BC-LDS Bobkiewicz, Cholewiński Sp. J. linii technologicznej w skali demonstracyjnej w Ostrowcu Świętokrzyskim, którą częściowo sfinansowano z projektu systemowego Narodowego Centrum Badań i Rozwoju „DEMONSTRATOR +”. Podczas realizacji i wdrażania projektu wykonawcy w tym autor napotkali się na wiele problemów. Podstawowym był brak równomierności składu i właściwego uśrednienia mieszanki poddawanej scalaniu. Związane to było z niewłaściwym doбором parametrów maszyn wstępnie rozdrabniających surowce

przed konfekcjonowaniem, zawieszaniem się materiałów w zasobnikach i wagach dozujących, wysoką lepkością melasy wpływającą na jej złe rozprowadzanie, zbyt mało intensywnym mieszaniem w mieszalnikach dwuwalowych nadawy. Wszystkie problemy udało się usunąć.

Innowacją były również badania prowadzone przy współudziale autora w celu wytworzenia w prasie walcowej brykietów z węgla drzewnego do opalania nimi w grillach, charakteryzujących się:

- szybkim i łatwym rozpalaniem,
- brakiem dymienia,
- małą zawartością związków nieorganicznych,
- długim czasem palenia,
- gładką niebrudzącą powierzchnią,
- brakiem iskrzenia.

Badania zakończyły się opracowaniem przez autora i pozostałych członków zespołu innowacyjnej technologii wytwarzania w prasie walcowej brykietów z węgla drzewnego spełniających powyższe kryteria, a technologia jest w trakcie procedury dążącej do jej opatentowania.

Istotną część monografii stanowią badania naukowe, których wyniki przyczyniły się do rozwoju scalania materiałów sypkich w prasie walcowej. Umożliwiło to opracowanie innowacyjnych rozwiązań konstrukcyjnych oraz wskazania nowych zastosowań prasy walcowej.

4. Podsumowanie działalności nauko-badawczej

4.1. Dorobek publikacyjny

4.1.1. Artykuły

Jestem autorem lub współautorem 59 publikacji, w tym 49 po doktoracie m.in. w czasopismach:

- *Journal of Machine Construction and Maintenance,*
- *Journal of KONES : Powertrain and Transport,*
- *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering,*
- *Mechanics and Advanced Technologies,*
- *Chemical and Process Engineering,*
- *Computer Methods in Materials Science,*

- *Polish Journal of Environmental Studies,*
- *Geotechnologies,*
- *Transport Przemysłowy i Maszyny Robocze,*
- *Przemysł Chemiczny,*
- *Przegląd Mechaniczny,*
- *Chemik: nauka-technika-rynek,*
- *Automatyka,*
- *Hutnik Wiadomości Hutnicze,*
- *Rynek Energii,*
- *Молодой вчений.*

Siedem z artykułów opublikowano w czasopismach z Listy filadelfijskiej (Master Journal List), z czego sześć po obronie pracy doktorskiej. Sumaryczny IF obliczony na podstawie współczynnika wpływu czasopisma w roku publikacji pracy wynosi 2,558.

Łączna liczba punktów za publikacje według wykazów czasopism MNiSW obowiązujących dla danego okresu, w którym opublikowana została praca wynosi 390.

Indeks Hirscha według bazy Web of Science obliczony na podstawie 13 cytowań (10 bez autocytowań) wynosi 3.

Indeks Hirscha według bazy Google Scholar obliczony na podstawie 56 cytowań wynosi 4.

Wykaz najważniejszych publikacji

Artykuły w czasopismach indeksowanych w Journal Citation Reports i Master Journal List

[A1] **Bembenek M.**, Wdaniec P.: *Wpływ rodzaju kruszarki oraz parametrów jej pracy na suchą granulację proszków.* Przemysł Chemiczny, t. 98, nr 2, 2019, 310– 313.

(**IF = 0,399** za rok 2017*), punktacja MNiSW (lista A czasopism, 2018*): **15,0 pkt**

* brak IF i punktacji MNiSW za rok 2019

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał opracowaniu wyników badań laboratoryjnych dotyczących rozdrabniania scalonych wcześniej w prasie walcowej różnych materiałów drobnoziarnistych (przedstawiono je na rysunkach 4 – 9), opracowaniu przeglądu literatury, napisaniu manuskryptu artykułu.

Procentowy udział w powstanie pracy szacuję na 80 %

[A2] **Bembenek M.:** *Badania i perspektywy nowych obszarów stosowania pras walcowych.* Przemysł Chemiczny, t. 96 nr 9, 2017, 1845–1847.

(**IF = 0,399**), punktacja MNiSW (lista A czasopism, 2017): **15,0 pkt**

[A3] Magdziarz A., Kuźnia M., **Bembenek M.**, Gara P., Hryniewicz M.: *Briquetting of EAF dust for its utilisation in metallurgical processes.* Chemical and Process Engineering, vol. 36, nr 2, 2015, 263–271.

(**IF = 0,500**), punktacja MNiSW (lista A czasopism, 2015): **15,0 pkt**

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na zaplanowaniu, przeprowadzeniu oraz opracowaniu części badań laboratoryjnych dotyczących scalania mieszanek zawierających odpady żelazonośne w prasie walcowej, których wyniki przedstawiono na rysunkach 3 oraz 4, opracowaniu technologii scalania pyłów żelazonośnych którą przedstawiono na rysunku 5, napisaniu części manuskryptu artykułu.

Procentowy udział w powstanie pracy szacuję na 20 %.

<https://www.degruyter.com/view/j/cpe.2015.36.issue-2/cpe-2015-0018/cpe-2015-0018.pdf>

[A4] Hryniewicz M., **Bembenek M.**, Janewicz A., Kosturkiewicz B.: *Brykietowanie materiałów drobnoziarnistych w prasach walcowych z niesymetrycznym układem zagęszczania.* Przemysł Chemiczny, t. 94, nr 12, 2015, 2223–2226.

(**IF = 0,367**), punktacja MNiSW (lista A czasopism, 2015): **15,0 pkt**

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na opracowaniu części wstępu manuskryptu oraz przedstawieniu badań laboratoryjnych brykietowania w prasie walcowej odpadów o dużej zawartości cynku, częściowym opracowaniu graficznym, opracowaniu edytorskim artykułu.

Procentowy udział w powstanie pracy szacuję na 25%.

[A5] Hryniewicz M., **Bembenek M.**, Gara P., Chłopek M.: *Research on dry granulation of materials for purposes of environmental protection.* Polish Journal of Environmental Studies, vol. 4A, 2011, 83–87.

(**IF = 0,508**), punktacja MNiSW (lista A czasopism, 2012): **15,0 pkt**

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na zaplanowaniu i przeprowadzeniu badań scalania w prasie walcowej wodorotlenku wapnia, a następnie jego rozdrabniania, których wyniki przedstawiono na rysunku 1, opracowaniu graficznym, napisaniu metodyki, opracowaniu części manuskryptu, opracowaniu edytorskim artykułu.

Procentowy udział w powstanie pracy szacuję na 25%.

[A6] Kosturkiewicz B., Janewicz A., Hryniewicz M., Gara P., **Bembenek M.**, Kosturkiewicz Ł.: *Scalanie gipsu z instalacji odsiarczania spalin w prasach walcowych*. Przemysł Chemiczny, t. 95, nr 8, 2016, 1492–1495.

(**IF = 0,385**), punktacja MNiSW (lista A czasopism, 2016): **15,0 pkt**

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na zaplanowaniu i przeprowadzeniu części badań scalania w prasie walcowej gipsu IOS, których wyniki przedstawiono na rysunkach 5-9.

Procentowy udział w powstanie pracy szacuję na 15%.

Wybrane artykuły w czasopismach nieindeksowanych w JCR i ISI Master Journal List

[B1] **Bembenek M.**: *The Use of Computer Image Analysis in Determining Material Flow in The Roller Press During Compacting of Fine-Grained Material*. Computer Methods in Materials Science, vol. 18, nr. 2, 2018, 58–63.

punktacja MNiSW (lista B czasopism, 2017): **12,0 pkt**

http://www.cmms.agh.edu.pl/abstract.php?p_id=614

[B2] **Bembenek M.**: *Experimental analysis of consolidated material flow through a roller press with a non-symmetrical compaction unit*. Journal of Machine Construction and Maintenance, nr 2, 2017, 117–122.

punktacja MNiSW (lista B czasopism, 2017): **12,0 pkt**

http://jmcm.itee.radom.pl/images/pe_2017/pe_2_2017/PE_2_2017_117_122.pdf

[B3] **Bembenek M.**: *The issue of selection: shape and volume of briquettes agglomerated in a roller press*. Journal of KONES: Powertrain and Transport, vol. 24, no. 2, 2017, 31–38.

punktacja MNiSW (lista B czasopism, 2017): **14,0 pkt**

[https://kones.eu/ep/2017/vol24/no2/31-](https://kones.eu/ep/2017/vol24/no2/31-38_J_O_KONES_2017_NO._2,_VOL._24,_ISSN1231-4005_BEMBENEK.pdf)

[38_J_O_KONES_2017_NO._2,_VOL._24,_ISSN1231-4005_BEMBENEK.pdf](https://kones.eu/ep/2017/vol24/no2/31-38_J_O_KONES_2017_NO._2,_VOL._24,_ISSN1231-4005_BEMBENEK.pdf)

[B4] **Bembenek M.**, Romanyshyn T.: *Operation of Briquetting Roller Presses with an Asymmetrical Compaction Unit*. Journal of Machine Construction and Maintenance, nr 2, 2018, 117–122.

punktacja MNiSW (lista B czasopism, 2017): **12,0 pkt**

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na przeprowadzeniu analizy literatury oraz stanu wiedzy, przeprowadzeniu badań laboratoryjnych, opracowaniu dokumentacji zdjęciowej, napisaniu manuskryptu.

Procentowy udział w powstaniu pracy szacuję na 80%.

http://jmcm.itee.radom.pl/images/pe_2018/pe_2_2018/PE_2_2018_s_053_059.pdf

- [B5] Hryniewicz M., **Bembenek M.**: *Analysis of the productibility of mineral fertilizers from industrial waste*. Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering, vol. 62, nr 1, 2017, 43–47.

punktacja MNiSW (lista B czasopism, 2017): **12,0 pkt**

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na przeprowadzeniu analizy literatury, opracowaniu wyników badań, napisaniu części manuskryptu.

Procentowy udział w powstaniu pracy szacuję na 50%.

http://www.pimr.poznan.pl/biul/2017_1_MHMB.pdf

- [B6] **Bembenek M.**: *Модельовання навантажень в системі приводу валкового пресу на прикладі пресу для брикетування бурого вугілля. Modeling of loads in the drive system of a roller press on an example of a press for briquetting brown coal*. Mechanics and Advanced Technologies, vol. 84, no. 3, 2018, 113–124.

punktacja MNiSW (2018): **5,0 pkt**

http://journal.mmi.kpi.ua/article/view/150889/pdf_95

- [B7] **Bembenek M.**: *Модельовання змінності модуля юнга під час об'єднання дрібнозернистих матеріалів. Modeling the variability of the virtual Young module during the consolidation of fine-grained materials*. Молодий вчений = Young Scientist, 12, 2018, 229–235.

punktacja MNiSW (2018): **5,0 pkt**

<http://molodyvcheny.in.ua/files/journal/2018/12/57.pdf>

- [B8] **Bembenek M.**: *Виробництво гранулянтів з дрібнозернистих матеріалів при допомозі процесу двоступеневої грануляції. Manufacturing of Granules From Fine-Grained Materials on Dry Granulation Process*. Молодий вчений = Young Scientist, 1, 2019, 179–183.

punktacja MNiSW (2018*): **5,0 pkt**

* brak punktacji MNiSW za rok 2019

<http://molodyvcheny.in.ua/files/journal/2019/1/40.pdf>

4.1.2. Monografie

Oprócz monografii habilitacyjnej jestem współautorem 2 monografii (obydwie wydane po obronie pracy doktorskiej),

[C1] **Bembenek M.**, Hryniewicz M.: *Badania i opracowanie metody doboru układu zagęszczania prasy walcowej*. Kraków, Wydawnictwa AGH, 2010.

punktacja MNiSW (2010): **12,0 pkt**

[C2] Hyla P., Janewicz A., **Bembenek M.**, Gara P.: *Modelowanie 3D w programie SolidWorks: podstawy stosowania wybranych modułów i narzędzi programu*. Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków 2013.

punktacja MNiSW (2013): **20,0 pkt**

Podsumowanie dorobku publikacyjnego zostało przedstawione w tabeli 1.

Tabela 1. Podsumowanie dorobku publikacyjnego

	okres przed doktoratem (do 2009)	okres po doktoracie (od 2010)	razem
Monografie	0	3	3
Artykuły w czasopismach indeksowanych w JCR i ISI Master Journal List (w tym samodzielne)	1	6(1)	7
Artykuły w czasopismach nie indeksowanych w JCR i ISI Master Journal List (w tym samodzielne)	8	30(7)	38
Pozostałe publikacje	1	10	11
Łączna liczba publikacji:	10	49	59

4.2. Udział w międzynarodowych lub krajowych konferencjach naukowych lub udział w komitetach organizacyjnych tych konferencji

Prezentowałem łącznie 15 referatów na kongresach, sympozjach lub konferencjach naukowych (w tym 10 krajowych). Podsumowanie dorobku konferencyjnego zostało przedstawione w tabeli 2.

Tabela 2. Podsumowanie dorobku konferencyjnego

	okres przed doktoratem (do 2009)	okres po doktoracie (od 2010)	razem
Udział w konferencjach międzynarodowych	2	5	7
Udział w konferencjach krajowych	4	10	14
Łączna liczba konferencji	6	15	21

Byłem członkiem Komitetów Organizacyjnych następujących konferencji:

1. Konferencja Naukowo-Techniczna ELEKTROFILTRY 2010, 23-25 września 2010, Kraków.
2. XIX Międzynarodowe Sympozjum Zastosowania Teorii Systemów, 25-27 września 2011, Zakopane.
3. Problemy Rozwoju Maszyn Roboczych: XXVI konferencja naukowa, 27-31 stycznia 2013, Zakopane.

4.3. Udzielone patenty oraz zgłoszone wnioski patentowe

Udzielone patenty

[D1] Cholewiński W., Kenig R., Pasierb J., Woźniacki Z., Hryniewicz M., **Bembenek M.**, Gara P.: *Sposób odzysku i separacji tlenku cynku w pirometalurgicznym procesie aglomeracji drobnoziarnistych odpadów, zwłaszcza hutniczych.*

Patent polski, PL 225632 B1, 31 maja 2017.

<http://patenty.bg.agh.edu.pl/pelneteksty/PL225632B1.pdf>

[D2] **Bembenek M.**, Burmistrz P., Czerski G., Gara P., Hryniewicz M., Strugała A., Wisła-Walsh E.: *Sposób wytwarzania kawalkowego kompozytowego sorbentu na bazie wodorotlenku wapnia.*

Patent polski, PL 229080 B1, 29 czerwca 2018.

<http://patenty.bg.agh.edu.pl/pelneteksty/PL229080B1.pdf>

[D3] Chłopek M., **Bembenek M.**, Gara P., Hryniewicz M.: *Aplikator korków do zatykania otworów spustowych w konwertorach hutniczych.*

Patent polski, PL 223174 B1, 31 października 2016.

<http://patenty.bg.agh.edu.pl/pelneteksty/PL223174B1.pdf>

Zgłoszenia patentowe

[D4] **Bembenek M.**, Gara P., Hryniewicz M., Janewicz A., Kosturkiewicz B.: *Urządzenie do kompaktowania*. Opis zgłoszenia wynalazku PL 418661 A1.

<http://patenty.bg.agh.edu.pl/pelneteksty/PL418661A1.pdf>

4.4. Kierowanie międzynarodowymi lub krajowymi projektami badawczymi lub udział w takich Projektach

Łącznie byłem wykonawcą w 17 pracach i projektach badawczych w tym 9 po obronie pracy doktorskiej:

Projekty międzynarodowe:

1. InnoEnergy Knowledge Innovation Community: CoalGas - Development of coal and biomass preparation technology for gasification and combustion processes. Work package No 5., wykonawca, 2012-2015

Mój wkład w zrealizowaniu tego zadania polegał na:

1. *Opracowaniu założeń do projektu urządzenia do scalania biomasy pod kątem jej zgazowania.*
2. *Opracowaniu projektu dwóch wariantów pras z matrycą płaską o mocy zainstalowanej 45kW.*
3. *Opracowaniu pełnej dokumentacji ww. urządzeń.*
4. *Koordinacji prac dotyczących zamówień i zakupów do projektu.*

Projekty NCBiR:

1. Hryniewicz M., Gara P., **Bembenek M.**, 2012, Badania procesów zachodzących podczas spiekania granulatu z drobnoziarnistych odpadów hutniczych na wsad żelazonośny, celem opracowania sposobu separacji cynku. Zadanie 3 - Opracowanie sposobu mieszania komponentów i grudkowania mieszanki na granulatorze talerzowym i brykietarce.

Mój wkład w zrealizowaniu tego zadania polegał na:

1. *Opracowaniu sposobu mieszania komponentów mieszanki.*
2. *Badaniach brykietowania mieszanek z udziałem odpadowych pyłów żelazonośnych.*

3. *Opracowaniu koncepcji procesu brykietowania mieszanek z udziałem odpadowych pyłów żelazonośnych zawierających cynk.*

Mój udział procentowy w zadaniu 3 szacuję na 33 %.

2. Hryniewicz M., Gara P., **Bembenek M.**, 2016, Weryfikacja w skali demonstracyjnej technologii spiekania granulatu z drobnoziarnistych odpadów hutniczych na wsad żelazonośny w piecu szybowym z równoczesną separacją cynku. Zadanie nr 9 - Weryfikacja procesu brykietowania mieszanki na brykieciarce walcowej, Zadanie 16 - Rozruch linii prototypowej, weryfikacja kompletnej technologii na linii prototypowej i ewentualna korekta technologii. Projekt DEMONSTRATOR+, Ostrowiec Świętokrzyski.

Mój wkład w zrealizowaniu tego zadania polegał na:

1. *Wykonaniu badań w skali półtechnicznej procesu brykietowania mieszanki na brykieciarce walcowej mających na celu określenie właściwych parametrów jej pracy oraz urządzeń dozujących (ilość dostarczanej mieszanki odpadów i wody), pozwalające na uzyskanie brykietów o ściśle określonych właściwościach fizycznych.*
2. *Wykonaniu badań weryfikujących prace poszczególnych urządzeń w demonstracyjnej linii technologicznej w celu ustalenia parametrów ich pracy.*
3. *Wykonaniu badań rozruchowych kompletnej demonstracyjnej linii technologicznej. Weryfikacja parametrów pracy demonstracyjnej linii technologicznej*

Mój udział procentowy w zadaniach 9 i 16 szacuję na 33 %.

Umowy dla przemysłu:

1. Wykonanie prób brykietowania dostarczonych mieszanek miału węgla kamiennego z biomasą. *Praca wykonana na zlecenie Green Coalition Sp. z o.o., kierownik, wykonawca, 2018.*
2. Opracowanie nowego typu brykietu z węgla drzewnego jako innowacyjnego ekopaliwa grillowego oraz technologii jego wytwarzania. *Praca wykonana na zlecenie Grill-Impex Sp. z o.o., wykonawca, 2017-2018.*
3. Ocena eksperymentalna możliwości brykietowania gipsu IOS dostarczonego przez zleceniodawcę. *Praca wykonana na zlecenie Grupa Ożarów S.A., wykonawca, 2015.*
4. Analiza i ocena właściwości dostarczonych brykietów. *Praca wykonana na zlecenie Zakładu Odzysku Surowców MADROHUT Sp. z o.o., wykonawca, 2013.*

5. Badania procesu brykietowania w prasach walcowych mieszanek węglowych oraz opracowanie założeń do technologii ich brykietowania. *Praca wykonana na zlecenie Koksowni Przyjaźń S.A.* wykonawca, 2012.
6. Badania własności fizykochemicznych ługów posiarczykowych oraz analiza ich składu chemicznego. *Praca wykonana na zlecenie KGHM Metraco Sp. z o.o.*, wykonawca, 2010.

4.5. Staże w firmach

W okresie po obronie pracy doktorskiej odbyłem staże w następujących firmach:

1. 16.03.2014 - 30.06.2014

Matthew Farley Farley – Instr., ul. Grzegorzeczka 72/20, 31-530 Kraków. *Opracowanie technologii wytwarzania elementów do strojenia zabytkowych instrumentów strunowych.* Projekt „Innowacyjność szansą na rozwój małopolskich przedsiębiorstw.” UDA-POKL.08.02.01-12-026/14

2. 01.12.2011 - 29.02.2012

Firma Chłopek, ul. Wyżynna 26B, 30-617 Kraków. *Wykonanie projektu prasy z matrycą płaską o mocy zainstalowanej 4 kW do scalania materiałów drobnoziarnistych.* Projekt „Wzmocnienie przedsiębiorczości oraz świadomości w zakresie współpracy nauka-biznes wśród małopolskich pracowników naukowych sposobem na wzrost innowacyjności i konkurencyjności małopolskich firm.” POKL.08.02.01-12-054/10-00

4.6. Międzynarodowe lub krajowe nagrody za działalność naukową

Za osiągnięcia naukowe otrzymałem:

1. Wyróżnienie rozprawy doktorskiej decyzją Rady Wydziału Inżynierii Mechanicznej i Robotyki AGH na posiedzeniu w dniu 28 maja 2010 r.
2. Zespołową nagrodę Rektora AGH II stopnia za osiągnięcia naukowe w roku 2010.
3. Indywidualną nagrodę Rektora AGH II stopnia za osiągnięcia naukowe w roku 2017.

5. Działalność dydaktyczna, osiągnięcia dydaktyczne w zakresie popularyzacji nauki

Od 2004 roku prowadzę lub prowadziłem zajęcia dydaktyczne z następujących przedmiotów:

- grafika inżynierska (ćwiczenia projektowe),
- podstawy mechaniki i konstrukcji maszyn (ćwiczenie projektowe),
- podstawy mechaniki i konstrukcji maszyn (zajęcia seminaryjne),
- techniki wytwarzania (ćwiczenia),
- maszyny i urządzenia technologiczne (zajęcia laboratoryjne),
- maszynoznawstwo ceramiczne (ćwiczenia projektowe),
- maszynoznawstwo ceramiczne (zajęcia seminaryjne),
- maszynoznawstwo ceramiczne (wykład),
- SolidWorks (ćwiczenia projektowe),
- techniki zagospodarowania odpadów przemysłowych,
- seminarium dyplomowe (na specjalności Inżynieria Systemów Wytwarzania studenci NTUNG Iwano-Frankiowski).

Zajęcia prowadziłem na studiach stacjonarnych oraz niestacjonarnych dla studentów Wydziału Inżynierii Materiałowej i Ceramiki oraz Wydziału Inżynierii Mechanicznej i Robotyki AGH. W roku 2013 współpracowałem skrypt dla studentów uczestniczących w fakultecie z programu SolidWorks pt. „Modelowanie 3D w programie SolidWorks: podstawy stosowania wybranych modułów i narzędzi programu.” Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków 2013. Od roku 2008 do chwili obecnej jestem członkiem komitetu organizacyjnego Festiwalu Nauki i Sztuki w Krakowie. W roku 2014 byłem również członkiem komitetu organizacyjnego Festiwal Nauki i Techniki w Mielcu. Od 2015 roku sprawuję opiekę nad studentami z Narodowego Technicznego Uniwersytetu Nafty i Gazu w Iwano-Frankowsku, kształcącymi się na specjalności Komputerowe Wspomaganie Wytwarzania w ramach podwójnego dyplomowania. Jestem promotorem 14 obronionych prac inżynierskich oraz 12 magisterskich oraz recenzentem ponad dwudziestu prac dyplomowych. Byłem opiekunem studentów podczas wyjazdów na targi Hannover Messe, Symas, Innoform oraz do firm Valeo Chrzanów, Sikorsky Mielec, Kirhoff Mielec. Pełnię funkcję promotora pomocniczego w przewodzie doktorskim Magdaleny Chojdackiej, 2017 – obecnie pt. „Badania właściwości mechanicznych materiałów termoplastycznych

w stomatologii, otwartego na Wydziale Inżynierii Mechanicznej i Robotyki, Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie.

6. Działalność organizacyjna

Do 2018 byłem sekretarzem oraz organizatorem obron prac dyplomowych na specjalności inżynieria systemów wytwarzania prowadzonej w Katedrze Systemów Wytwarzania AGH. W okresie pełnienia przeze mnie tej funkcji tj. od 2009 roku wypromowanych zostało około 400 dyplomantów tej specjalności. W latach 2008 - 2012 pełniłem funkcję Wiceprzewodniczącego Wydziałowej Doktoranckiej Komisji Stypendialnej, a w latach 2008 - 2012 sekretarza Rady Funduszu Stypendialnego im. St. Staszica, jej członkiem jestem do dnia dzisiejszego. W przewodzie doktorskim Emila Stańczyka pełniłem funkcję sekretarza. Po doktoracie byłem członkiem komitetu organizacyjnego 3 konferencji. Od początku mojego zatrudnienia sprawuję opiekę techniczną nad Laboratorium Urządzeń do Zagęszczania i Scalania Materiałów Drobnodziarnistych.

