

**AGH**AGH UNIVERSITY OF SCIENCE  
AND TECHNOLOGY

Nazwa modułu zajęć:	Metody rozdrabniania i klasyfikacji				
Rok akademicki:	2019/2020	Kod:	GIGR-2-206-PS-s	Punkty ECTS:	5
Wydział:	Górnictwa i Geoinżynierii				
Kierunek:	Inżynieria Górnicza	Specjalność:	Przeróbka surowców mineralnych		
Poziom studiów:	Studia II stopnia	Forma studiów:	Stacjonarne		
Język wykładowy:	Polski	Profil:	Ogólnoakademicki (A)	Semestr:	2
Strona www:	—				
Prowadzący moduł:	dr hab. inż. Gawenda Tomasz (gawenda@agh.edu.pl)				

### Treści programowe zapewniające uzyskanie efektów uczenia się dla modułu zajęć

Zagadnienia dotyczą charakterystyki procesów kruszenia, mielenia, przesiewania i klasyfikacji stosowanych w przeróbce surowców mineralnych.

### Opis efektów uczenia się dla modułu zajęć

Kod MEU	Student, który zaliczył moduł zajęć zna i rozumie/potrafi/jest gotów do	Powiązania z KEU	Sposób weryfikacji i oceny efektów uczenia się osiągniętych przez studenta w ramach poszczególnych form zajęć i dla całego modułu zajęć
Wiedza: zna i rozumie			
M_W001	Student ma uporządkowaną wiedzę w zakresie energetycznych teorii rozdrabniania, modeli i rodzajów procesu klasyfikacji, rozumie istotę procesów rozdrabniania i klasyfikacji.	IGR2A_W01, IGR2A_W02	Egzamin, Kolokwium
M_W002	Student posiada wiedzę dotyczącą ogólnych właściwości fizyko-mechanicznych wybranych surowców mineralnych, metod ich oznaczania oraz powiązania wpływu tych właściwości na przebieg procesu rozdrabniania i klasyfikacji.	IGR2A_W01, IGR2A_W02	Egzamin, Kolokwium, Sprawozdanie

M_W003	Student ma wiedzę na temat technologicznych możliwości wykorzystania maszyn rozdrabniających i klasyfikujących oraz najważniejszych parametrów konstrukcyjno-eksploatacyjnych tych maszyn wpływających na jakość procesu i produktów.	IGR2A_W01, IGR2A_W05, IGR2A_W02	Egzamin, Kolokwium, Sprawozdanie
M_W004	Student ma wiedzę w zakresie metod i wyboru wskaźników technologicznych służących do oceny procesu klasyfikacji i rozdrabniania.	IGR2A_W01, IGR2A_W05, IGR2A_W03	Egzamin, Kolokwium, Wykonanie ćwiczeń laboratoryjnych
Umiejętności: potrafi			
M_U001	Student potrafi dokonać oznaczenia wybranych właściwości surowców mineralnych różnymi metodami oraz kalkulacji zapotrzebowań energetycznych w oparciu o teorie Bonda.	IGR2A_U05, IGR2A_U03, IGR2A_U04	Kolokwium, Wykonanie ćwiczeń laboratoryjnych, Sprawozdanie
M_U002	Student potrafi dokonać wyboru odpowiednich urządzeń rozdrabniających i klasyfikujących dla poszczególnych procesów przerobczych z uwzględnieniem właściwości fizyko-mechanicznych surowców i wymaganych efektów rozdrabniania i klasyfikacji.	IGR2A_U05	Egzamin
M_U003	Student potrafi obliczyć obiegi materiałowe w układach technologicznych rozdrabniania i klasyfikacji.	IGR2A_U05, IGR2A_U06	Sprawozdanie, Wykonanie ćwiczeń laboratoryjnych
M_U004	Student potrafi dokonać opróbowania procesu rozdrabniania i klasyfikacji, obliczyć jego podstawowe wskaźniki i dokonać oceny tego procesu, także poprawić dany proces.	IGR2A_U05, IGR2A_U06	Kolokwium, Sprawozdanie, Wykonanie ćwiczeń laboratoryjnych
Kompetencje społeczne: jest gotów do			
M_K001	Student potrafi realizować zadania zespołowe, współpracować w grupie realizując swoją część zadania.	IGR2A_K01, IGR2A_K03, IGR2A_K04, IGR2A_K02	Aktywność na zajęciach, Zaangażowanie w pracę zespołu
M_K002	Student rozumie potrzebę ciągłego aktualizowania i poszerzania wiedzy z zakresu doskonalenia technik i metod procesów rozdrabniania i klasyfikacji.	IGR2A_K01, IGR2A_K03, IGR2A_K04, IGR2A_K02	Aktywność na zajęciach, Udział w dyskusji

**Liczba godzin zajęć w ramach poszczególnych form zajęć**

Suma	Forma zajęć dydaktycznych										
	Wykład	Ćwiczenia audytoryjne	Ćwiczenia laboratoryjne	Ćwiczenia projektowe	Konwersatorium	Zajęcia seminaryjne	Zajęcia praktyczne	Zajęcia terenowe	Zajęcia warsztatowe	Prace kontrolne i przejściowe	Lektorat
60	30	0	30	0	0	0	0	0	0	0	0

**Matryca kierunkowych efektów uczenia się w odniesieniu do form zajęć i sposobu zaliczenia, które pozwalają na ich uzyskanie**

Kod MEU	Student, który zaliczył moduł zajęć zna i rozumie/potrafi/jest gotów do	Forma zajęć dydaktycznych										
		Wykład	Ćwiczenia audytoryjne	Ćwiczenia laboratoryjne	Ćwiczenia projektowe	Konwersatorium	Zajęcia seminaryjne	Zajęcia praktyczne	Zajęcia terenowe	Zajęcia warsztatowe	Prace kontrolne i przejściowe	Lektorat
Wiedza: zna i rozumie												
M_W001	Student ma uporządkowaną wiedzę w zakresie energetycznych teorii rozdrabniania, modeli i rodzajów procesu klasyfikacji, rozumie istotę procesów rozdrabniania i klasyfikacji.	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
M_W002	Student posiada wiedzę dotyczącą ogólnych właściwości fizyko-mechanicznych wybranych surowców mineralnych, metod ich oznaczania oraz powiązania wpływu tych właściwości na przebieg procesu rozdrabniania i klasyfikacji.	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
M_W003	Student ma wiedzę na temat technologicznych możliwości wykorzystania maszyn rozdrabniających i klasyfikujących oraz najważniejszych parametrów konstrukcyjno-eksploatacyjnych tych maszyn wpływających na jakość procesu i produktów.	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
M_W004	Student ma wiedzę w zakresie metod i wyboru wskaźników technologicznych służących do oceny procesu klasyfikacji i rozdrabniania.	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
Umiejętności: potrafi												

M_U001	Student potrafi dokonać oznaczenia wybranych właściwości surowców mineralnych różnymi metodami oraz kalkulacji zapotrzebowań energetycznych w oparciu o teorie Bonda.	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
M_U002	Student potrafi dokonać wyboru odpowiednich urządzeń rozdrabniających i klasyfikujących dla poszczególnych procesów przerobczych z uwzględnieniem właściwości fizyko-mechanicznych surowców i wymaganych efektów rozdrabniania i klasyfikacji.	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
M_U003	Student potrafi obliczyć obiegi materiałowe w układach technologicznych rozdrabniania i klasyfikacji.	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
M_U004	Student potrafi dokonać opróbowania procesu rozdrabniania i klasyfikacji, obliczyć jego podstawowe wskaźniki i dokonać oceny tego procesu, także poprawić dany proces.	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
Kompetencje społeczne: jest gotów do												
M_K001	Student potrafi realizować zadania zespołowe, współpracować w grupie realizując swoją część zadania.	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
M_K002	Student rozumie potrzebę ciągłego aktualizowania i poszerzania wiedzy z zakresu doskonalenia technik i metod procesów rozdrabniania i klasyfikacji.	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-

## Nakład pracy studenta (bilans punktów ECTS)

Forma aktywności studenta	Obciążenie studenta
Udział w zajęciach dydaktycznych/praktyka	60 godz
Przygotowanie do zajęć	17 godz
przygotowanie projektu, prezentacji, pracy pisemnej, sprawozdania	15 godz
Samodzielne studiowanie tematyki zajęć	30 godz
Egzamin lub kolokwium zaliczeniowe	2 godz
Dodatkowe godziny kontaktowe	1 godz
Sumaryczne obciążenie pracą studenta	125 godz
Punkty ECTS za moduł	5 ECTS

## Pozostałe informacje

### Szczegółowe treści kształcenia w ramach poszczególnych form zajęć (szczegółowy program wykładów i pozostałych zajęć)

#### Wykład

Rozdrabnianie. Systematyka procesów kruszenia i mielenia. Fizyko-mechaniczne podstawy procesu rozdrabniania skał. Wybrane metody oznaczania właściwości surowców mineralnych. Energetyczne teorie rozdrabniania i kalkulacje zapotrzebowań energetycznych w oparciu o teorie Bonda i Hargrove'a. Technologiczne wykorzystanie kruszarek i wysokociśnieniowych pras walcowych. Zasady procesów mielenia, równania i modele kinetyki procesów mielenia. Zastosowanie różnych rodzajów młynów, parametry wpływające na efekty mielenia. Dobór urządzeń rozdrabniających. Układy technologiczne procesów rozdrabniania i klasyfikacji.

Przesiewanie. Ruch materiału po powierzchni sita. Kinetyka przesiewania. Modele procesu i ocena skuteczności procesu przesiewania. Przesiewanie materiałów bardzo drobno uziarnionych.

Klasyfikacja przepływowa. Swobodne i skrępowane opadanie ziarn w ośrodku płynnym. Metody wyznaczania granicznej prędkości opadania ziarn. Siły działające na ziarno w polu siły ciężkości i siły odśrodkowej. Klasyfikacja w hydrocyklonach i wirówkach sedymentacyjnych. Współwystępowanie klasyfikacji i zagęszczania. Efekty wzbogacania w klasyfikacji i zagęszczaniu.

#### Ćwiczenia laboratoryjne

Zagadnienia do wyboru:

1. Kruszenie materiałów o różnej podatności na rozdrabnianie w kruszarce szczękowej typu L44.41 przy zmianie wybranych parametrów technologicznych (np. szczeliny wylotowej, skoku szczęki, prędkości obrotowej wału, kąta nachylenia płyty rozporowej, kształtu okładzin szczęk). Wyznaczanie stopni rozdrobnienia. Charakterystyki porównawcze produktów rozdrabniania (wielkość i kształt uziarnienia).
2. Ocena wpływu stosunku masy mielników do masy mielonego materiału na uziarnienie produktów mielenia w młynach kulowym i prętowym przy różnych czasach mielenia.
3. Wyznaczanie energochłonności procesu mielenia (Indeksu pracy Bonda) dla dowolnego materiału przy użyciu kulowego młynka Bonda.
4. Badanie procesu kruszenia z zamkniętym obiegiem materiału. Obliczanie krotności obiegu materiału dla układu kruszarka walcowa – przesiewacz.
5. Badanie rozkładu przechodzenia ziarn przez sito wzdłuż drogi ziarna – weryfikacja założeń o kinetyce przesiewania. Wykreślanie krzywych składu ziarnowego produktów przesiewania, rozkładu ziarn różnych klas przechodzących przez sito, wykreślanie krzywej rozdziału. Określenie skuteczności procesu przesiewania.
6. Przewidywanie składów ziarnowych produktów przesiewania przy zadanym składzie ziarnowym nadawy i wymaganej skuteczności procesu. Porównanie z wynikami rzeczywistymi.
7. Porównanie różnych układów do produkcji kruszyw łamanych. Ocena innowacyjnej metody produkcji kruszyw łamanych o ziarnach foremnych i nieforemnych.
8. Badanie wpływu zmian proporcji wielkości dysz wylotowych (przelewowej i wylewowej) hydrocyklonu na wielkość ziarna podziałowego i zawartość fazy stałej w produktach rozdziału. Ocena dokładności rozdziału na podstawie danych otrzymanych z krzywej rozdziału. Porównanie rzeczywistych i teoretycznie wyznaczonych wartości  $d_{50}$ .

9. Klasyfikacja wybranych surowców (o uziarnieniu poniżej 0,2 mm) w wieloproduktowym poziomo-prądowym klasyfikatorze hydraulicznym. Wyznaczanie wychodów i składów ziarnowych poszczególnych produktów rozdziału, zawartości fazy stałej i zawartości składnika użytecznego w tych produktach. Analiza efektów zagęszczania i wzbogacania w procesie klasyfikacji.
10. Kolokwia sprawdzające i kolokwium zaliczeniowe.

### **Metody i techniki kształcenia:**

Wykład: Treści prezentowane na wykładzie są przekazywane w formie prezentacji multimedialnej w połączeniu z klasycznym wykładem tablicowym wzbogaconymi o pokazy odnoszące się do prezentowanych zagadnień.

Ćwiczenia laboratoryjne: W trakcie zajęć laboratoryjnych studenci samodzielnie rozwiązują zadany problem praktyczny, dobierając odpowiednie narzędzia. Prowadzący stymuluje grupę do refleksji nad problemem, tak by otrzymane wyniki miały wysoką wartość merytoryczną.

### **Warunki i sposób zaliczenia poszczególnych form zajęć, w tym zasady zaliczeń poprawkowych, a także warunki dopuszczenia do egzaminu:**

Zaliczenie ćwiczeń odbywa się na podstawie sporządzonych sprawozdań, a kolokwium zostanie przeprowadzone w formie pytań otwartych. Warunkiem zaliczenia ćwiczeń laboratoryjnych jest pozytywna ocena z kolokwium oraz obronione sprawozdania. Student może jeden raz poprawić niezaliczone sprawozdanie. Ocena z ćwiczeń jest średnią z ocen uzyskanych z kolokwium (waga 0,5) i sprawozdań (waga 0,5).

### **Zasady udziału w poszczególnych zajęciach, ze wskazaniem, czy obecność studenta na zajęciach jest obowiązkowa:**

Wykład:

- Obecność obowiązkowa: Nie
- Zasady udziału w zajęciach: Studenci uczestniczą w zajęciach poznając kolejne treści nauczania zgodnie z sylabusem przedmiotu. Studenci winni na bieżąco zadawać pytania i wyjaśniać wątpliwości. Rejestracja audiowizualna wykładu wymaga zgody prowadzącego.

Ćwiczenia laboratoryjne:

- Obecność obowiązkowa: Tak
- Zasady udziału w zajęciach: Studenci wykonują ćwiczenia laboratoryjne zgodnie z materiałami udostępnionymi przez prowadzącego. Student jest zobowiązany do przygotowania się w przedmiocie wykonywanego ćwiczenia, co może zostać zweryfikowane kolokwium w formie ustnej lub pisemnej. Zaliczenie zajęć odbywa się na podstawie zaprezentowania rozwiązania postawionego problemu. Zaliczenie modułu jest możliwe po zaliczeniu wszystkich zajęć laboratoryjnych.

### **Sposób obliczania oceny końcowej**

Ocena końcowa = 70% oceny z egzaminu + 30% oceny z ćwiczeń laboratoryjnych.

### **Sposób i tryb wyrównywania zaległości powstałych wskutek nieobecności studenta na zajęciach:**

Nieobecność na ćwiczeniach laboratoryjnych spowodowana szczególnymi okolicznościami (choroba, przypadek losowy) zostanie usprawiedliwiona, a zajęcia muszą zostać odrobione w innym terminie wskazanych przez prowadzącego zajęcia pod warunkiem wolnego stanowiska. W przypadku braku takiej możliwości formę odrobienia zajęć ustala prowadzący.

### **Wymagania wstępne i dodatkowe, z uwzględnieniem sekwencyjności modułów**

1. Zalecana obecność na wykładach.
2. Obecność obowiązkowa na ćwiczeniach laboratoryjnych, która jest niezbędna do zaliczenia.
3. Niezbędna wiedza z zakresu wykonywanego ćwiczenia. Terminowe oddawanie sprawozdań (opracowań).

4. Kolokwium zaliczeniowe odbywa się w terminie podstawowym oraz jednym terminie poprawkowym.

### **Zalecana literatura i pomoce naukowe**

1. Blaschke S.: Przeróbka mechaniczna kopalin. Cz. I. Wydawnictwo Śląsk, Katowice 1982
2. Blaschke Z., Brożek M., Mokrzycki E., Ociepa Z., Tumidajski T.: Zarys technologii procesów przerobczych. Górnictwo cz. V. Wydawnictwa AGH. Skrypt uczelniany nr 768, Kraków 1981
3. Duda H.W. Cement-Data-Book. International Process Engineering in the Cement Industry. Bauverlag GmbH Wiesbaden and Berlin, 1976
5. Brożek M., Mączka W., Tumidajski T.: Modele matematyczne procesów rozdrabniania. Rozprawy Monografie. Wydawnictwa AGH, nr 35, Kraków 1995
6. Gawenda T.: Zasady doboru kruszarek oraz układów technologicznych w produkcji kruszyw łamanych. Rozprawy Monografie nr 304, Wyd. AGH 2015
7. Pahl M. H.: Praxiswissen Verfahrenstechnik – Zerkleinerungstechnik. Fachbuchverlag Leipzig/Verlag TÜV Rheinland, Köln 1993
8. Poradnik Górnika t. 5., Wydawnictwo Śląsk, Katowice 1976
9. Tora B., Kogut K.: Węglowe mieszkanki energetyczne. Właściwości, mielenie i spalanie. Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne AGH, Kraków 2005
10. Banaszewski T.: Przesiewacze, Wyd. Śląsk, 1990
11. Koch R., Noworyta A.: Procesy mechaniczne w inżynierii mineralnej. 1998.
12. Drzymała J.: Podstawy mineralurgii, 2001
13. Sztaba K.: Przesiewanie, Śląskie Wyd. Techniczne, Katowice 1993
14. Lowrison G.Ch.: Crushing and Grinding. Butterworths, London 1974

### **Publikacje naukowe osób prowadzących zajęcia związane z tematyką modułu**

1. Foszcz D., Gawenda T.: Analysis of efficiency of grinding in ball and rod mills dependably on contents of fine particles in feed, (Analiza efektywności procesu mielenia w młynach kulowych i prętowych w zależności od zawartości ziarn drobnych w nadawie). AGH Journal of Mining and Geoengineering; ISSN 2299-257X. Tyt. poprz.: Górnictwo i Geoinżynieria. Poprz. ISSN 1732-6702. 2012 vol. 36 no. 4 s. 17-30
2. Gawenda T. Saramak D.: Influence of selected work parameters of the rolling screen operation on screening effects. Physicochemical Problems of Mineral Processing. vol. 50 iss. 1, s. 337-347. 2014
3. Gawenda T., Foszcz D. Głuc K.: Comparison of energetic efficiency of stationary and mobile systems on the example of mineral aggregates production in Kieleckie Kopalnie Surowców Mineralnych S.A. AGH Journal of Mining and Geoengineering, vol. 37 no. 2, s. 25-41, Kraków 2013.
4. Gawenda T., Momot N.: Ziarna bardziej foremne. Układy rozdrabniania i klasyfikacji a jakość kruszyw z odpadów przywęglowych. Surowce i Maszyny Budowlane; Wyd. BMP, nr 2 s. 18-22, Racibórz 2012.
5. Gawenda T., Naziemiec Z. 2003: Sposoby poprawy kształtu ziaren kruszyw mineralnych w kruszarkach szczękowych. Inżynieria Mineralna, Zeszyt specjalny nr s.3 (10). Kraków.
6. Gawenda T., Naziemiec Z., Tumidajski T., Saramak D.: Sposoby optymalizacji składu ziarnowego i kształtu ziaren kruszyw mineralnych w produktach kruszarek szczękowych, Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne, Górnictwo i Geoinżynieria, Zeszyt 3/1, s 109-124, Kraków-Zakopane 2006.
7. Gawenda T., Saramak D.: Wysokociśnieniowe prasy walcowe w przemyśle wapienno-cementowym, Magazyn Autostrady: Budownictwo drogowo-mostowe; nr 11 s. 81-86. Wyd. Elamed, Katowice 2010.
8. Gawenda T., Skotnicki A.: Analiza wpływu wielkości uziarnienia nadawy na efekty rozdrabniania w kruszarkach walcowych. Konferencja „Kruszywa Mineralne – surowce – rynek – technologie – jakość”, Prace Naukowe Instytutu Górnictwa Politechniki Wrocławskiej, nr 121. Konferencje nr 50. OWPW s 59-68. Wrocław-Szklarska Poręba 2008
9. Gawenda T.: Analiza efektów rozdrabniania w granulatorze stożkowym w zależności od wielkości uziarnienia nadawy i jego obciążenia. Górnictwo i geologia XVII. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Prace Naukowe Instytutu Górnictwa Politechniki Wrocławskiej, s. 71-83, Wrocław 2012.
10. Gawenda T.: Analiza porównawcza mobilnych i stacjonarnych układów technologicznych przesiewania i kruszenia. Środkowo-Pomorskie Towarzystwo Naukowe Ochrony Środowiska, Rocznik Ochrona Środowiska, tom 15. Rok 2013 (Annual Set of Environment Protection, Volume 12. Year 2013) Koszalin 2013.
11. Gawenda T.: Główne aspekty rozdrabniania twardych surowców mineralnych w wysokociśnieniowych prasach walcowych, Górnictwo i Geoinżynieria Wyd. AGH, zeszyt 4, s.89-100, Kraków 2009
12. Gawenda T.: Klasyfikacja drobnych piasków w klasyfikatorach przepływowych hydraulicznych poziomo i pionowo-prądowych. Surowce i Maszyny Budowlane, s.60-66, Branżowy Magazyn Przemysłowy, 3/2009, Wyd. BMP Sp. z o.o. Racibórz 2009.
13. Gawenda T.: Kuszarki wirnikowe udarowe w produkcji kruszyw mineralnych. Surowce i Maszyny Budowlane; Wyd. BMP, nr 4 s. 66-71. Racibórz 2010.
14. Gawenda T.: Nowe rozwiązanie konstrukcyjne sita – większe możliwości. Nowoczesne kopalnie żwiru i

piasku: VI konferencja naukowo-techniczna: 10-11 czerwca, 2014 r., Tarnów. Wyd. BMP. s. 25-33 Racibórz 2014

15.Gawenda T.: Problematyka doboru maszyn kruszących w instalacjach produkcji kruszyw mineralnych, *Górnictwo i Geoinżynieria* nr. 34 z. 4 s. 195-209 Polski Kongres Górniczy, Kraków 2010.

16.Gawenda T.: Wpływ rozdrabniania surowców skalnych w różnych kruszarkach i stadiach kruszenia na jakość kruszyw mineralnych. *Gospodarka Surowcami Mineralnymi Polska Akademia Nauk. Komitet Gospodarki Surowcami Mineralnymi*; Tom 29, zeszyt 1, Kraków 2013.

17. Gawenda T.: Zasady doboru kruszarek oraz układów technologicznych w produkcji kruszyw łamanych, *Rozprawy Monografie* nr 304, Wyd. AGH, Kraków 2015

### **Informacje dodatkowe**

Student ma obowiązek posiadania na ćwiczeniach laboratoryjnych obuwia oraz odzieży ochronnej.

Student ma możliwość podniesienia oceny pozytywnej na wyższą, jeżeli wykazywał się aktywnością na ćwiczeniach i wykładach.