

**AGH**AGH UNIVERSITY OF SCIENCE
AND TECHNOLOGY

Nazwa modułu zajęć: Podstawy teoretyczne przeróbki plastycznej

Rok akademicki: 2019/2020 Kod: NMTN-1-410-s Punkty ECTS: 6

Wydział: Metali Nieżelaznych

Kierunek: Materiały i Technologie Metali Nieżelaznych Specjalność: —

Poziom studiów: Studia I stopnia Forma studiów: Stacjonarne

Język wykładowy: Polski Profil: Ogólnoakademicki (A) Semestr: 4

Strona www: —

Prowadzący moduł: prof. dr hab. inż. Knych Tadeusz (tknych@agh.edu.pl)

Treści programowe zapewniające uzyskanie efektów uczenia się dla modułu zajęć

Wykład obejmuje podstawowe pojęcia z zakresu odkształceń sprężystych i plastycznych materiałów metalicznych oraz prawa mechaniki obowiązujące w tym zakresie. Omówione zostaną wybrane schematy odkształcenia i naprężenia w powiązaniu z procesami przeróbki plastycznej. Przedstawione zostaną różne postaci prawa stałości objętości i ich zastosowania, naprężeniowe kryteria plastyczności, szacowanie pracy i bilansu cieplnego czystego odkształcenia plastycznego i z występowaniem sił tarcia.

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 zna pojęcia własności fizyczne, własności mechaniczne oraz zna wartości liczbowe i zakresy zmienności właściwości dla podstawowych metali nieżelaznych i ich stopów	MTN1A_W03, MTN1A_W02	Egzamin

M_W002	Student zna pojęcie wskaźników odkształcenia i ich zastosowanie do opisu procesu odkształcenia plastycznego w różnych procesach przeróbki plastycznej, Zna i rozumie oraz potrafi wykorzystać prawo stałości objętości do rozwiązywania różnych zagadnień z praktycznych procesów przeróbki plastycznej metali	MTN1A_W03, MTN1A_W02	Egzamin
M_W003	Student zna i rozumie pojęcie naprężeniowych kryteriów plastyczności	MTN1A_W03, MTN1A_W02	Egzamin
Umiejętności: potrafi			
M_U001	Student potrafi obliczyć wielkość odkształcenia i relacji pomiędzy różnymi wskaźnikami odkształcenia	MTN1A_U02, MTN1A_U03, MTN1A_U04	Kolokwium
M_U002	Student potrafi określić i obliczyć wpływ różnych wielkości na parametry siłowe procesów przeróbki plastycznej	MTN1A_U02, MTN1A_U03	Kolokwium, Egzamin
M_U003	Student potrafi formułować proste problemy z obszaru przeróbki plastycznej i rozwiązywać zagadnienia zmian wymiarów i kształtu oraz bilansu energetycznego procesu	MTN1A_U06, MTN1A_U02, MTN1A_U03	Wykonanie ćwiczeń
Kompetencje społeczne: jest gotów do			
M_K001	Student posiada kompetencje do pracy kolektywnej i kreowania sposobów różnych interpretacji uzyskanych wyników analiz teoretycznych z teorii przeróbki plastycznej	MTN1A_K01	Udział w dyskusji, Aktywność na zajęciach
M_K002	Student posiada kompetencje i potrzebę w zakresie pracy grupowej bez udziału pracownika dydaktycznego nad rozwiązywaniem nieskomplikowanych zagadnień z teorii przeróbki plastycznej	MTN1A_K02, MTN1A_K01	Odpowiedź ustna
M_K003	Student posiada kompetencje do samodzielnego formułowania i analitycznego rozwiązywania prostych zagadnień z obszaru przeróbki plastycznej metali nieżelaznych	MTN1A_K01	Aktywność na zajęciach

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
75	30	30	0	15	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 zna pojęcia własności fizyczne, własności mechaniczne oraz zna wartości liczbowe i zakresy zmienności właściwości dla podstawowych metali nieżelaznych i ich stopów	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M_W002	Student zna pojęcie wskaźników odkształcenia i ich zastosowanie do opisu procesu odkształcenia plastycznego w różnych procesach przeróbki plastycznej, Zna i rozumie oraz potrafi wykorzystać prawo stałości objętości do rozwiązywania różnych zagadnień z praktycznych procesów przeróbki plastycznej metali	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M_W003	Student zna i rozumie pojęcie naprężeniowych kryteriów plastyczności	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Umiejętności: potrafi												
M_U001	Student potrafi obliczyć wielkość odkształcenia i relacji pomiędzy różnymi wskaźnikami odkształcenia	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M_U002	Student potrafi określić i obliczyć wpływ różnych wielkości na parametry siłowe procesów przeróbki plastycznej	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

M_U003	Student potrafi formułować proste problemy z obszaru przeróbki plastycznej i rozwiązywać zagadnienia zmian wymiarów i kształtu oraz bilansu energetycznego procesu	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kompetencje społeczne: jest gotów do												
M_K001	Student posiada kompetencje do pracy kolektywnej i kreowania sposobów różnych interpretacji uzyskanych wyników analiz teoretycznych z teorii przeróbki plastycznej	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M_K002	Student posiada kompetencje i potrzebę w zakresie pracy grupowej bez udziału pracownika dydaktycznego nad rozwiązywaniem nieskomplikowanych zagadnień z teorii przeróbki plastycznej	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M_K003	Student posiada kompetencje do samodzielnego formułowania i analitycznego rozwiązywania prostych zagadnień z obszaru przeróbki plastycznej metali nieżelaznych	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Nakład pracy studenta (bilans punktów ECTS)

Forma aktywności studenta	Obciążenie studenta
Udział w zajęciach dydaktycznych/praktyka	75 godz
Przygotowanie do zajęć	30 godz
przygotowanie projektu, prezentacji, pracy pisemnej, sprawozdania	30 godz
Samodzielne studiowanie tematyki zajęć	25 godz
Egzamin lub kolokwium zaliczeniowe	2 godz
Dodatkowe godziny kontaktowe	5 godz
Sumaryczne obciążenie pracą studenta	167 godz
Punkty ECTS za moduł	6 ECTS

Pozostałe informacje

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

Wykład

W ramach przedmiotu studenci poznają podstawowe terminy i definicje oraz prawa kardynalne rządzące materiałami o strukturze metalicznej znajdującymi się w zakresie

odkształceń sprężystych i sprężysto-plastycznych. Przedmiot obejmuje definicje odkształcenia i naprężenia, stanu odkształcenia i stanu naprężenia, relacji pomiędzy stanem naprężenia i stanem odkształcenia w zakresie odkształceń sprężystych wykorzystujących liniową teorię Hooke'a i odkształceń plastycznych na gruncie elementarnej teorii plastyczności. Omówione zostaną naprężeniowe kryteria plastyczności (Treska, Huber-Miseses-Hency). Zastosowania zostaną podane na przykładzie podstawowych procesów przeróbki plastycznej (walcowanie, ciągnięcie, wyciskanie). Na wykładzie student osiąga podstawy dojrzałości intelektualnej dostarczonych treści, natomiast na ćwiczeniach audytoryjnych biegłość formalną jej wykorzystania. Przedmiot obejmuje 30 godzin wykładu i 30 godzin ćwiczeń rachunkowych o łącznej sumie punktów ECTS – 4, co oznacza przeciętny nakład pracy własnej studenta w semestrze na poziomie 60 godzin (4 godz./tydzień). W czasie ćwiczeń rachunkowych obowiązkowe są 3 pozytywnie zaliczone kolokwia. Ćwiczenia rachunkowe kończą się zaliczeniem, wykład po uzyskaniu pozytywnego zaliczenia kończy się egzaminem. Wykłady nie są obowiązkowe, jednakże zalecane i bardzo pomocne do zrozumienia przedmiotu.

Wykład 1. Podstawowe definicje z zakresu ośrodka ciągłego: sprężystość, plastyczność, przeróbka plastyczna metali, struktura i umocnienie, procesy odnowy struktury: zdrowienie, rekrytalizacja, własności fizyczne i mechaniczne, modele ciał, przykłady liczbowe, konstrukcja technologicznej krzywej umocnienia, konstrukcja krzywej mięknięcia

Wykład 2. Prawo stałości wydatku masy, prawo stałości objętości, różne postaci prawa stałości objętości, wskaźniki odkształcenia, odkształcenie względne, odkształcenie rzeczywiste, objętość przemieszczona, przykłady obliczeniowe

Wykład 3. Krzywa rozciągania, charakterystyka naprężenie umowne – odkształcenie względne, charakterystyka naprężenie rzeczywiste – odkształcenie rzeczywiste, prawo potęgowe umocnienia -Równanie Hollomona, przykłady obliczeniowe

Wykład 4 Odkształceniowo-temperaturowo-prędkościowe charakterystyki materiałowe, prędkość odkształcenia, Równanie Segera-Hollomona, przeróbka plastyczna na gorąco

Wykład 5 Definicja wektora naprężenia, definicja stanu naprężenia, aksjator, dewiator, schematy stanu naprężenia, przykłady obliczeniowe

Wykład 6 Niezmienniki stanu naprężenia i ich interpretacja, równanie wielowe, naprężenia główne, płaszczyzna oktaedryczna, maksymalne naprężenia styczne, przykłady obliczeniowe

Wykład 7 Równania równowagi wewnętrznej, równania brzegowe, charakterystyka podstawowych procesów przeróbki plastycznej pod kątem klasyfikacji stanu naprężenia, przykłady obliczeń

Wykład 8 Repetytorium śródsemestralne z zakresu materiału omówionego na W1-W7.

Wykład 9 Kryteria plastyczności (Treska, Huber-Miseses, Hency), przykłady dla różnych stanów naprężenia, przykłady obliczeniowe

Wykład 10 Stan odkształcenia, równanie wielowe, układ główny

Wykład 11 Teoria stanu mechanicznego (Friedmana – Dawidienkowa, Pełczyńskiego)

Wykład 12 Równania konstytutywne w zakresie odkształceń sprężystych dla ciała izotropowego, energia odkształcenia sprężystego, prawo zmiany objętości i zmiany postaci w zakresie odkształceń sprężystych

Wykład 13 Równania konstytutywne w zakresie odkształceń plastycznych (teoria małych odkształceń), relacje odkształcenie – naprężenie, przykłady obliczeniowe

Wykład 14 Praca odkształcenia plastycznego, przykłady obliczeń

Ćwiczenia audytoryjne

Ćw. 1 Sprawdzanie pojęć podstawowych z inżynierii materiałowej, własności

materiałowe, jednostki fizyczne, przeliczniki pomiędzy międzynarodowymi systemami miar

Ćw. 2 Rozwiązywanie zadań z prawa stałości objętości, ćwiczenie relacji pomiędzy różnymi wskaźnikami odkształcenia

Ćw. 3 Analiza ilościowa charakterystyki rozciągania i jej wykorzystanie do różnych celów

Ćw. 4 Kolokwium

Rozwiązywanie zadań sprawdzających umiejętność wykorzystywania pojęcia prędkość odkształcenia

Ćw. 5 Zadania z zakresu rozkładu stanu naprężenia na aksjator i dewiator - interpretacja tych stanów

Ćw. 6 Obliczenia niezmienników stanu naprężenia i naprężeń głównych

Ćw. 7 Obliczanie składowych stanu naprężenia dla zadanych warunków brzegowych dla jednorodnych pól naprężeń

Ćw. 8 Kolokwium

Ćw. 9 Rozwiązywanie zadań sprawdzających umiejętność stosowania kryteriów plastyczności

Ćw. 10 Rozwiązanie równia wiekowego dla założonego stanu naprężenia

Ćw. 11 Obliczanie pól bezpiecznych odkształceń dla założonych stanów naprężenia i funkcji materiałowych wg teorii stanu mechanicznego

Ćw. 12 Zadania z zakresu obliczeń energii odkształcenia sprężystego

Ćw. 13 Obliczanie odkształceń plastycznych w oparciu o teorię małych odkształceń

Ćw. 14 Obliczenia pracy odkształcenia plastycznego dla wybranych przykładów pól naprężeń i odkształceń

Ćw. 15 Kolokwium

Ćwiczenia projektowe

Spotkanie 1 Omówienie i przydzielenie projektów studentom w grupach 3 osobowych

Spotkanie 2 Konsultacje i referowanie projektów

Spotkanie 3 Konsultacje i referowanie projektów

Spotkanie 4 Konsultacje i referowanie projektów

Spotkanie 5 Konsultacje i referowanie projektów

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 audytoryjne: Podczas zajęć audytoryjnych studenci na tablicy rozwiązują zadane wcześniej problemy. Prowadzący na bieżąco dokonuje stosowanych wyjaśnień i moderuje dyskusję z grupą nad danym problemem.

Ćwiczenia projektowe: Studenci wykonują zadany projekt samodzielnie, bez większej ingerencji prowadzącego. Ma to wykształcić poczucie odpowiedzialności za pracę w grupie oraz odpowiedzialności za podejmowane decyzje.

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

Wykład: egzamin pisemny pod warunkiem pozytywnej oceny z ćwiczeń laboratoryjnych i projektowych

Ćwiczenia audytoryjne:

Pozytywna ocena z każdego kolokwium

Ćwiczenia projektowe:

Pozytywnie zakończony projekt

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 audytoryjne:

- Obecność obowiązkowa: Tak

- Zasady udziału w zajęciach: Studenci przystępując do ćwiczeń są zobowiązani do przygotowania się w zakresie wskazanym każdorazowo przez prowadzącego (np. w formie zestawów zadań). Ocena pracy studenta może bazować na wypowiedziach ustnych lub pisemnych w formie kolokwium, co zgodnie z regulaminem studiów AGH przekłada się na ocenę końcową z tej formy zajęć.

Ćwiczenia projektowe:

- Obecność obowiązkowa: Tak

- Zasady udziału w zajęciach: Studenci wykonują prace praktyczne mające na celu uzyskanie kompetencji zakładanych przez sylabus. Ocenie podlega sposób wykonania projektu oraz efekt końcowy.

Sposób obliczania oceny końcowej

ocena końcowa jest średnią ocen z egzaminu, ćwiczeń audytoryjnych i projektowych

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

ustalenia indywidualne

Wymagania wstępne i dodatkowe, z uwzględnieniem sekwencyjności modułów

- 1.Znajomość matematyki, fizyki i mechaniki na poziomie I roku technicznych studiów I stopnia
- 2.Znajomość podstaw inżynierii materiałowej materiałów metalicznych

Zalecana literatura i pomoce naukowe

- 1.W. F. Hosford, R. M. Caddell, Metal forming-mechanics and metallurgy, Cambridge University Press, 2008
- 2.J. Lubliner, Plasticity Theory, Dover Publications, New York, 2006
- 3.T. Knych, Obszary plastyczne i sprężyste w ciągnionych pełnych profilach okrągłych, Rozprawy i Monografie 96, Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne, Kraków 2001
- 4.D. C. Stouffer, L. T. Dame, Inelastic deformation of metals, John Wiley & Sons, New York, 1996
- 5.H. Lippmann, Mechanik des Plastischen Fliessen, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 1981
- 6.M. Morawiecki, L. Sadok, E. Wosiek, Teoretyczne podstawy technologicznych procesów przeróbki plastycznej, Wydawnictwo Śląsk, Katowice, 1977
- 7.W. Szczepiński, Wstęp do analizy procesów obróbki plastycznej, PWN Warszawa, 1967
- 8.M. T. Huber, Stereomechanika techniczna, PWN, Warszawa 1958
- 9.N. I Biezuchow, Teoria sprężystości i plastyczności, PWN, Warszawa, 1957
- 10.W. W. Sokołowski, Teoria plastyczności, PWN, Warszawa, 1957
- 11.N. M. Bielajew, Wytrzymałość materiałów, WMON, Warszawa, 1954

Publikacje naukowe osób prowadzących zajęcia związane z tematyką modułu

- 1.Nowak S., Knych T.: Kompleksowa analiza stanu naprężenia i odkształcenia w procesie swobodnego ciągnięcia rur. Rudy i Metale R. 25 (1980) 10, s. 467-472
- 2.Nowak S., Gocał J., Knych T.: Rozrzut własności mechanicznych folii Al i jego wpływ na stabilność procesu walcowania. Metalurgia i Odlewnictwo, T.7, Z.1, (1981), s. 51-67
- 3.Nowak S., Knych T.: Grundlage der Wellenentstehung im Langswalzenprozeß am zu bearbeitenden Band, Masschinenmarkt, 88 (1982) 44, s. 896-899
- 4.Nowak S., Knych T.: Grosse der Vorwärtzugspannungen im Längswalzenprozeß bringen kleinere Enddicken. Maschinenmarkt 88 (1982) 53, s. 1104-1106
- 5.Nowak S., Knych T., Gocał J.: Metoda analogii elektrycznej w projektowaniu technologii ciągnięcia złożonych profili. Rudy i Metale R.27 (1982) 8, s. 391-39

6. Nowak S., Knych T.: Całkowite odkształcenia zastępcze w procesie ciągnięcia rur na trzpieniu. *Rudy i Metale* R.27 (1982) 9, s. 429-432
7. Nowak S., Knych T.: Verformung und Verfestigung beim freien Ziehen von Rohren. *BBR* 24 (1983) 10, s. 277-281
8. Nowak S., Knych T.: Charakteristische Merkmale des Walzens von Al-Folien. *BBR* 24 (1983) 11, s. 306-308
9. Nowak S., Knych T., Zasadzinski J.: Niektóre problemy procesu ciągnięcia rur grubościennych o małych średnicach. *Rudy i Metale* R.28 (1983) 11, s. 435-439
10. Nowak S., Knych T.: Analysis of rolled stock waviness in the rolling process. *Metalurgia i Odlewnictwo* T.9 (1983) 3, s. 253-265
11. Nowak S., Knych T.: Technology of drawing metals difficult to form. *Wire World Inter.* vol. 25 XI/XII (1983) 6, s. 243-246
12. Nowak S., Knych T.: Steuerbare Einflussgrößen beim Walzen von Al-Folien. *BBR* (1983) 12, s. 339-340

13. Nowak S., Knych T.: Hydrodynamisches Ziehen beeinflusst Drahteigenschaften. *Drahtwelt* 70 (1984) 2, s. 37-39
14. Nowak S., Knych T., Wojtas M., Świątek B.: Optymalizacja parametrów modelu swobodnego ciągnięcia rur. *Rudy i Metale* R.39 (1994), 10 s. 287-289
15. Knych T., Nowak S., Tatar J.: Istota pracy wielociągu. *Rudy i Metale* R 41 (1996), 8 s. 343-347
16. Knych T., Pluta J., Podsiadło A., Micek P.: Układ sterowania dyskretnego hydrauliczną maszyną wytrzymałościową. *Maszyny Górnicze* (1996) nr 6/60, s. 61-68
17. Osika J., Knych T., Nowak S.: Modelowanie matematyczne pielgrzymowania na zimno rur ze stali chromowych żaroodpornych i żarowytrzymałych. *Rudy i Metale* R43, (1998), 10, s. 496-505
18. Osika J., Knych T., Grzesiak J.: Badania i analiza pracy układu napędowego walcarki pielgrzymowej KPW75VMR do walcowania rur na zimno. *Rudy i Metale* R43, (1998), 10, s. 506-514
19. Nowak S., Knych T., Wróbel M.: Korozyjne awarie rur ze stali austenitycznej 1H18N10T. *Rudy i Metale* R43, (1998), 10, s. 514-520
20. Nowak S., Knych T.: Odkształcalność stopów AlMgSi w warunkach ciągnięcia. *Rudy i Metale* R47, (2002), 3, s. 130-135 (udział własny - 50%)
21. Knych T.: Obszary plastyczne i sprężyste w ciągniętych pełnych profilach okrągłych - streszczenie rozprawy habilitacyjnej. *Rudy i Metale* R47, (2002), 12, s. 643-644 (udział własny - 100%)
22. Knych T., Mamala A., Nowak S.: Analiza wymagań stawianych drutom i przewodom z aluminium i ze stopów AlMgSi *Rudy i Metale* R48, (2003), 8, s. 375-392 (udział własny - 50%)
23. Knych T., Nowak S.: Analiza teoretyczna procesu przetwarzania bimetalu Al.-Cu i AlMgSi-Cu na druty przeznaczone na przewody AlMgSi *Rudy i Metale* R48, (2003), 9, s. 431-434
24. Knych T., Kawecki A., Mamala A., Kiesiewicz P.: Projektowanie kształtu ciągadeł do przewodów jezdnych typu trolej, II Międzynarodowa Konferencja Ciągarska „Nowoczesne technologie oraz modelowanie procesów ciągnięcia i wytwarzania wyrobów metalowych” 1-3 marca, Zakopane 2007
25. Knych T., Mamala A., Uliasz P.: Odporne cieplnie druty ze stopu AlZr do napowietrznych przewodów elektroenergetycznych typu HTLS, II Międzynarodowa Konferencja Ciągarska „Nowoczesne technologie oraz modelowanie procesów ciągnięcia i wytwarzania wyrobów metalowych” 1-3 marca, Zakopane 2007
26. Smyrak B., Knych T., Mamala A., Kędziora A., Pawluśkiewicz M.: Wpływ stopnia odkształcenia na własności reologiczne drutów z przewodowych stopów AlMgSi, II Międzynarodowa Konferencja Ciągarska „Nowoczesne technologie oraz modelowanie procesów ciągnięcia i wytwarzania wyrobów metalowych” 1-3 marca, Zakopane 2007
27. *Rudy i Metale Nieżelazne* ; ISSN 0035-9696 - Beata Smyrak, Tadeusz Knych, Andrzej Mamala, Piotr Uliasz, Michał Jabłoński, Piotr Osuch, Marzena Piwowarska, Andrzej Nowak, Badania nad nową generacją funkcjonalnych stopów aluminium dla energetyki —2010 R. 55 nr 7 s. 441-447
28. Uliasz P., Knych T., Mamala A.: New method of manufacturing the gradient structure materials on the industrial scale and their application, *Archives of Metallurgy and Materials*, 2009, volume 54, Issue 3,
29. Jabłoński M., Knych T., Smyrak B.: New aluminium alloys for electrical wires of fine diameter for automotive industry, *Archives of Metallurgy and Materials* - 2009 - volume 54, Issue 3,
30. Zasadziński J., Knych T., Dziedzic E.: Badania procesu wyciskania metodą Conform w produkcji wyrobów i recyklingu aluminium i jego stopów, *Rudy i Metale* R52 (2007), 11, s. 757-767

Informacje dodatkowe

Brak