



AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA
IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE

AGH UNIVERSITY OF SCIENCE
AND TECHNOLOGY

AGH

Działalność Naukowa
Wydziału Metali Nieżelaznych AGH
w Zakresie Odzysku oraz Przetwarzania
Metalicznych Surowców Wtórnych

8 June 2017

Kierunki badawcze



Recykling zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego ZSEE, produkty EOL (End Of Life)

- Hydrometalurgiczne i pirometalurgiczne procesy ekstrakcji metali



Recykling metali z półproduktów i odpadów hutniczych

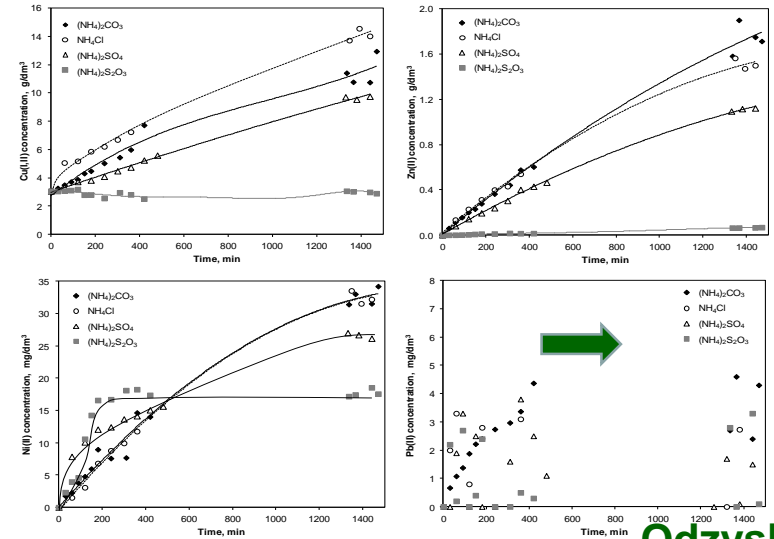
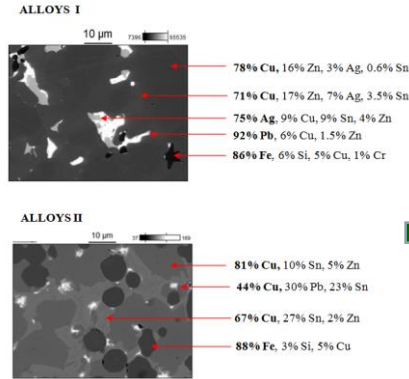
- Hydrometalurgiczne i pirometalurgiczne procesy ekstrakcji metali



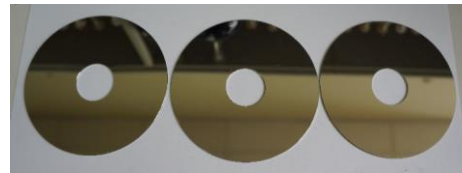
Recykling wiórów stopów metali lekkich

- Konsolidacja plastyczna frakcji rozdrobnionych
- Metalurgia proszków – konsolidacja proszku kompozytowego

Recykling zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego ZSEE



Odzysk Cu



Odzysk Ni
Odzysk Mg & Al



Magnes Nd-Fe-B



Rozdrabnianie



Ługowanie, ekstrakcja

Odzysk Nd

Odzysk indu z paneli LCD (warstwy ITO tlenek indowo cynowy)



Zużyty LCD zawierający ITO



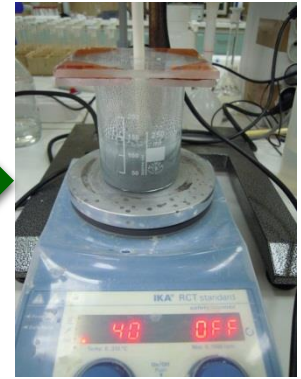
Demontaż warstwy ITO
Tlenek indowo cynowy



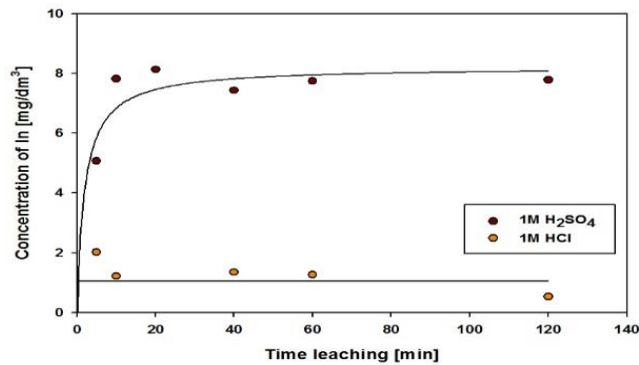
Mielenie



Rozdrobniony materiał



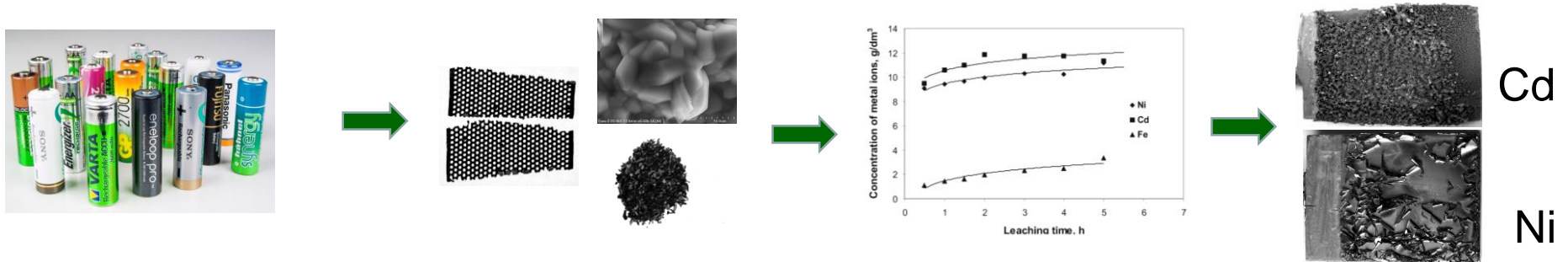
Ekstrakcja metalu do roztworu
Reekstrakcja rozpuszczalnikowa



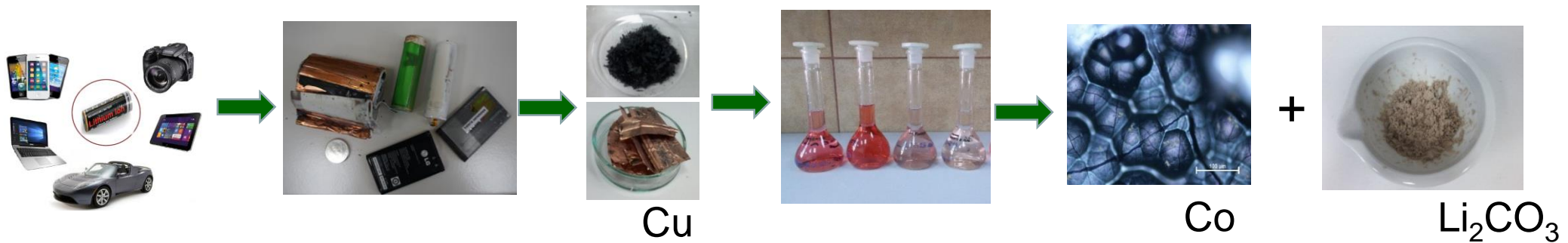
Materiał	Warunki procesu	Całkowity zysk In [%]		Wydajność ekstrakcji [%]		Wydajność reekstrakcji [%]		
		D	C	D	C	D	C	S ³⁾
LCD	1M H ₂ SO ₄ , 100 g, 850 rpm, 2 h, 80 °C	41,66	2,16	92,19	1,55	45,19	27,85	
LCD-LED		45,99	1,98	88,60	3,75	51,71	10,53	
z H ₂ O ₂				D ¹⁾	D ²⁾	S ¹⁾	S ²⁾	S ³⁾
LCD	1M H ₂ SO ₄ , 100 g, 850 rpm, 2 h, 80 °C, H ₂ O ₂	3,65	0,47	84,32 ¹⁾	97,78 ²⁾	1,01	4,32	0,47
LCD-LED		4,77	0,52	82,5 ¹⁾	96,37 ²⁾	4,18	5,79	0,58

Odzysk metali z zużytych baterii

- Ni i Cd z baterii Ni-Cd



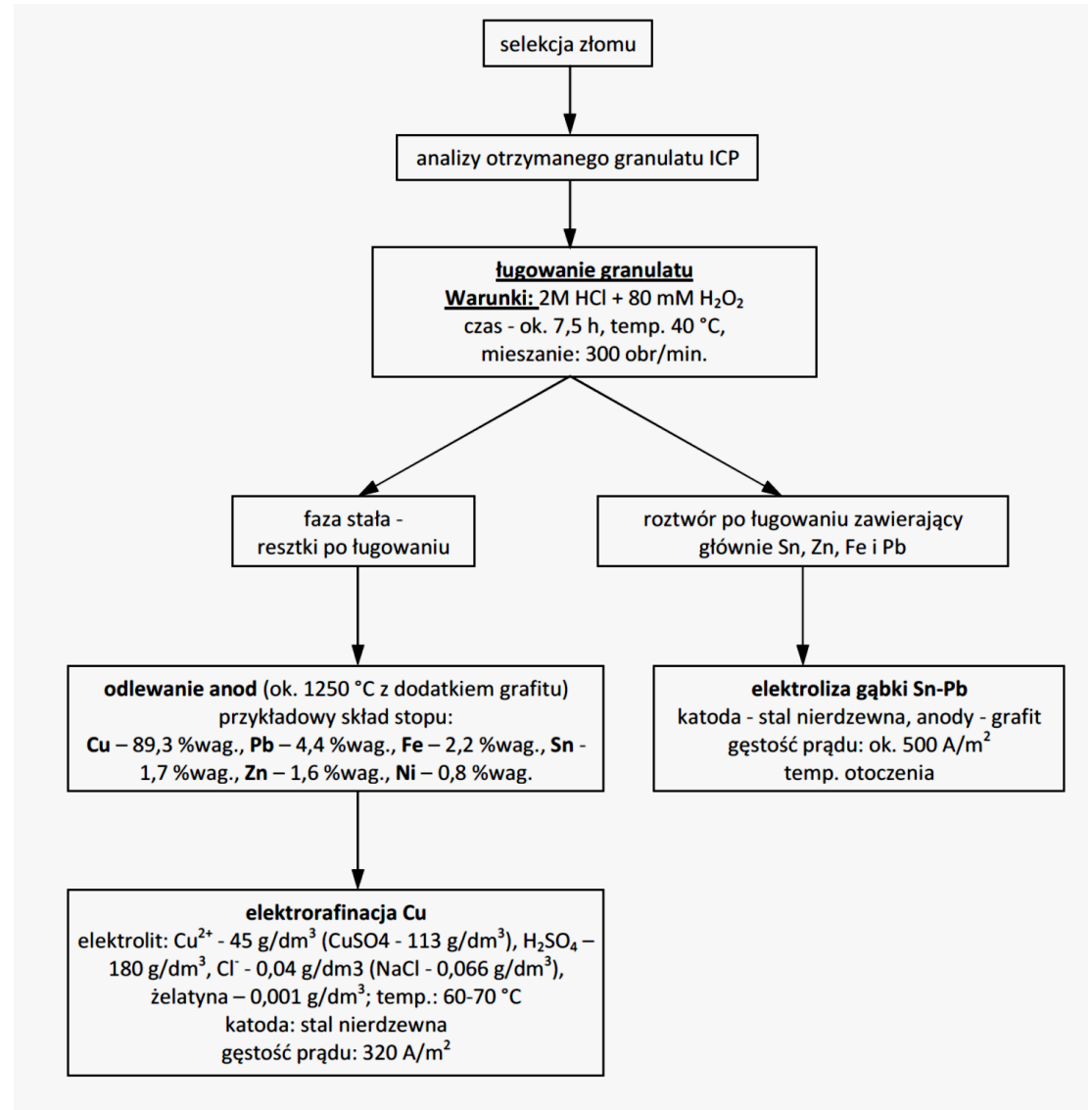
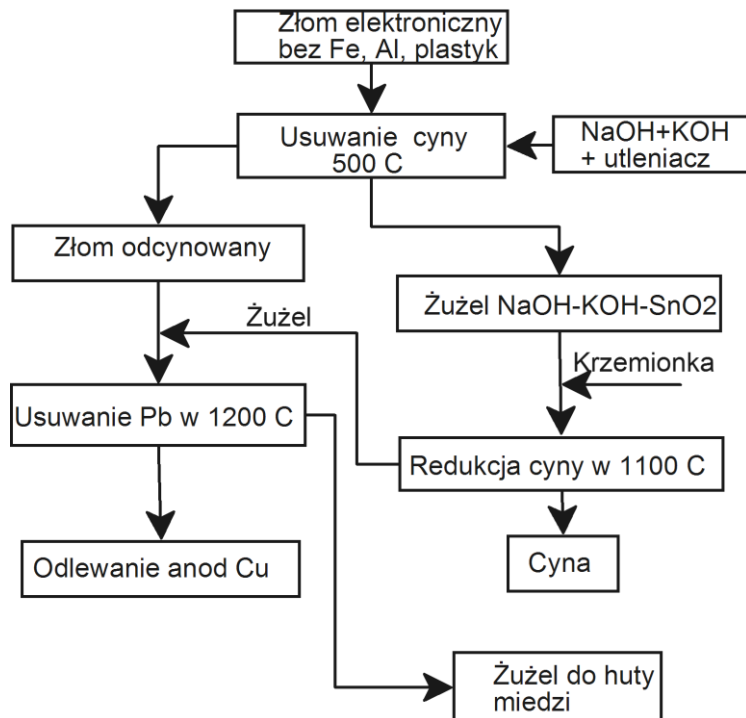
- Co, Li, Cu z baterii Li-ion



Recykling metali ze złomu elektronicznego – odzysk cyny, ołowiu i miedzi

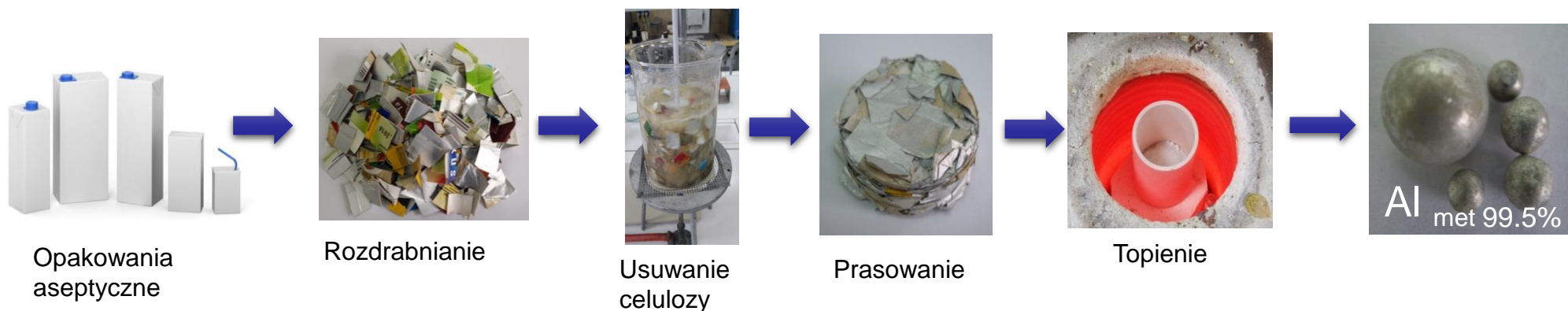
Schemat technologii odzysku cyny, miedzi i ołowiu na drodze „mokrej”.

Schemat technologii odzysku cyny ze złomu elektronicznego metodą pirometalurgiczną.



Badania z zakresu recyklingu produktów EOL

- odzysk metali szlachetnych z katalizatorów samochodowych
- odzysk aluminium z aseptycznych opakowań kartonowych



- odzysk metali ziem rzadkich (itr) z zużytych lamp fluorescencyjnych



Materiał wsadowy:
Zużyte świetlówki

Roztwory ługujące:
 10% HCl
 10% H₂SO₄+10% HCl
 10% H₂SO₄
 10% H₂SO₄ +2 ml perhydrolu
 10% NaOH
 10% NaOH+ 10% NaCl



Ługowanie 6-dniowe w 10% HCl

Przesączanie roztworu

Samorzutne wytrącenie się YPO₄

Dekantacja

Produkt procesu: YPO₄ o dużej czystości

Badania z zakresu recyklingu produktów EOL

- Odzysk niklu i miedzi z katalizatorów synthos (reakcje uwodorniania) i baterii

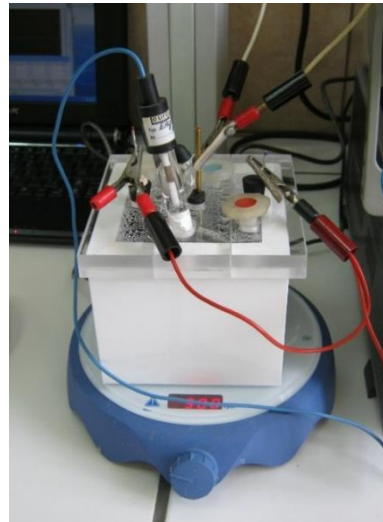
Katalizatory



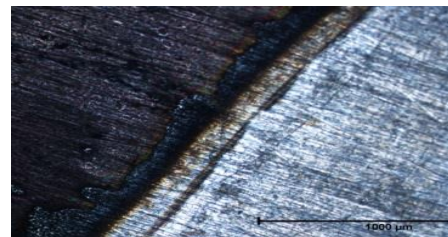
Baterie



Preparatyka

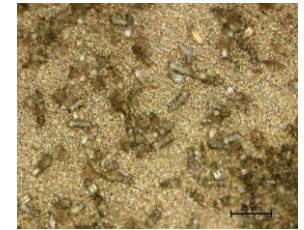
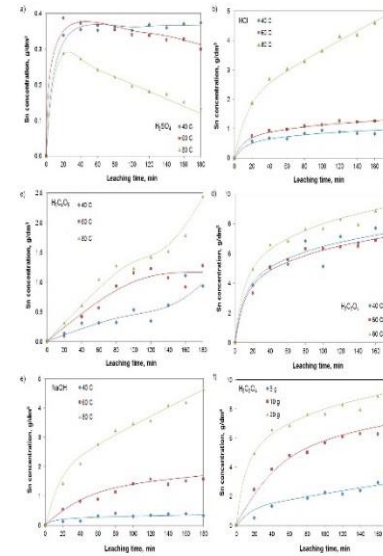
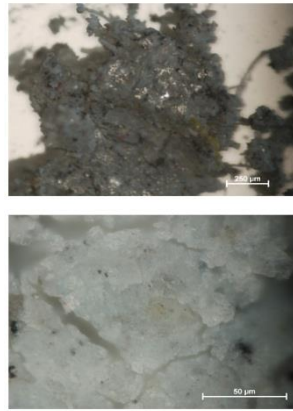
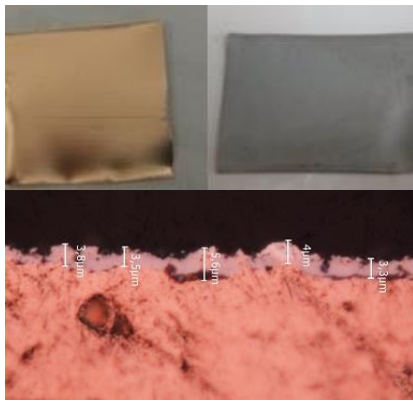


Produkty



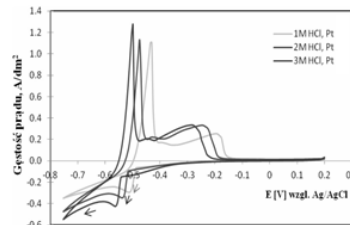
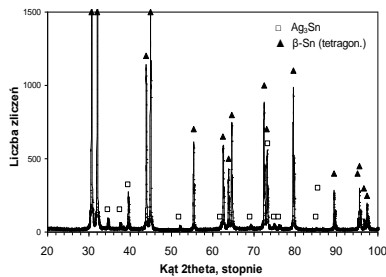
Osad anodowy (NiO_2) Osad katodowy (Cu)

• Odzysk cyny z miedzianych blach ocynowanych



Sn

• Odzysk cyny ze stopów lutowniczych

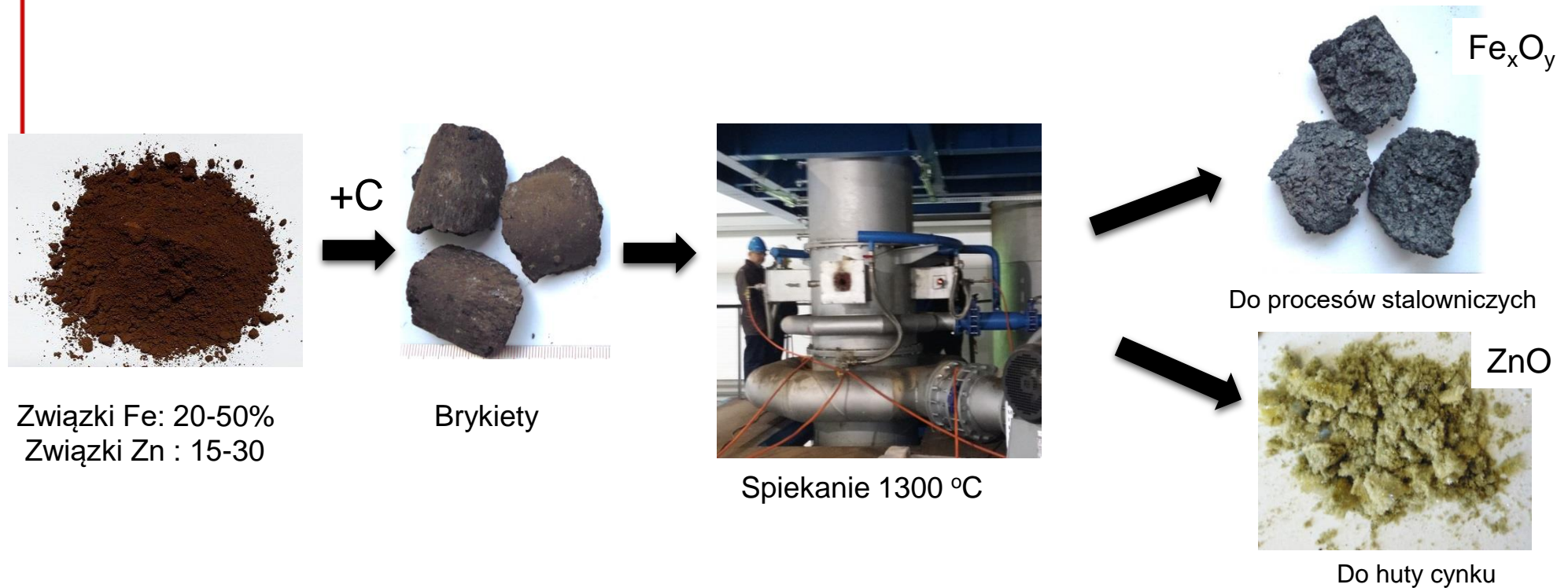


Recykling metali z półproduktów i odpadów hutniczych

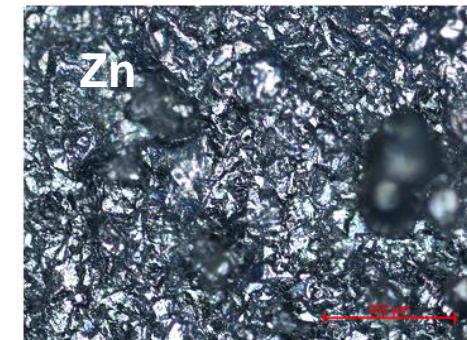
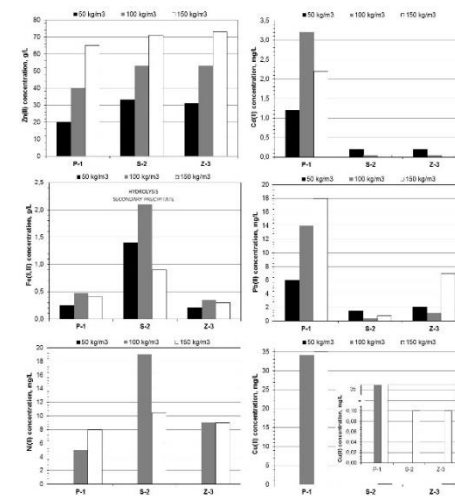
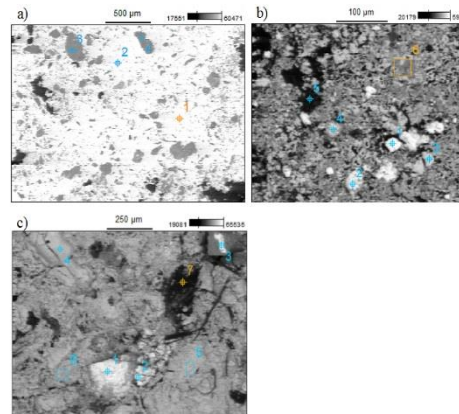
- odzysk aluminium ze zgarów pochodzących z topienia złomów aluminium



- odzysk cynku z pyłów pochodzących z elektrycznych pieców łukowych



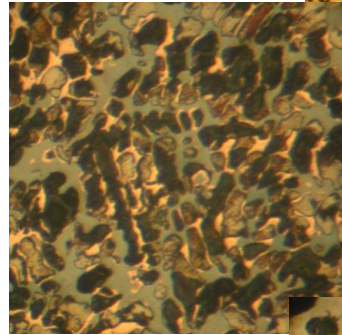
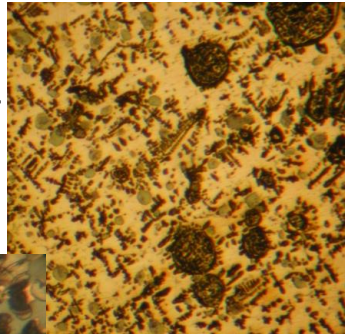
Odzysk cynku z materiałów odpadowych



materiały odpadowe w postaci żużli cynkowych po przetopie stopów, popioły po cynkowaniu ogniowym oraz szlamy z galwanizerni przerabiane w procesach ługowania i elektrolizy

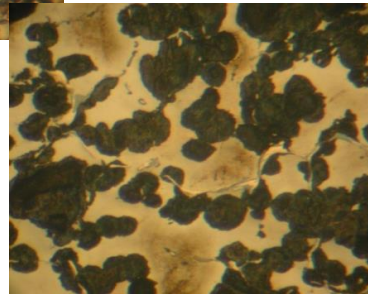
Odzysk metali z żużli konwertorowych

Cu70-Fe14-Co4-Pb7
(1450 °C, 112 min)



Cu34-Fe51-Co6-Pb1.6
(1450 °C, 138 min)

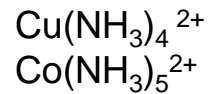
Cu16-Fe70-Co10
(1450 °C, 142 min)



Roztwory amoniakalno-chlorkowe

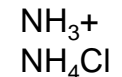
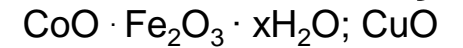
Stopy Cu-Fe-Co-Pb

Elektrolit

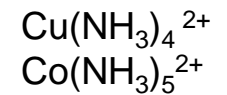


Osad katodowy
Cu-Co (Fe)

Szlam anodowy

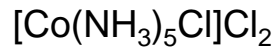


Elektrolit



pH = 6-8

Odparowanie



Roztwór

pH = 0

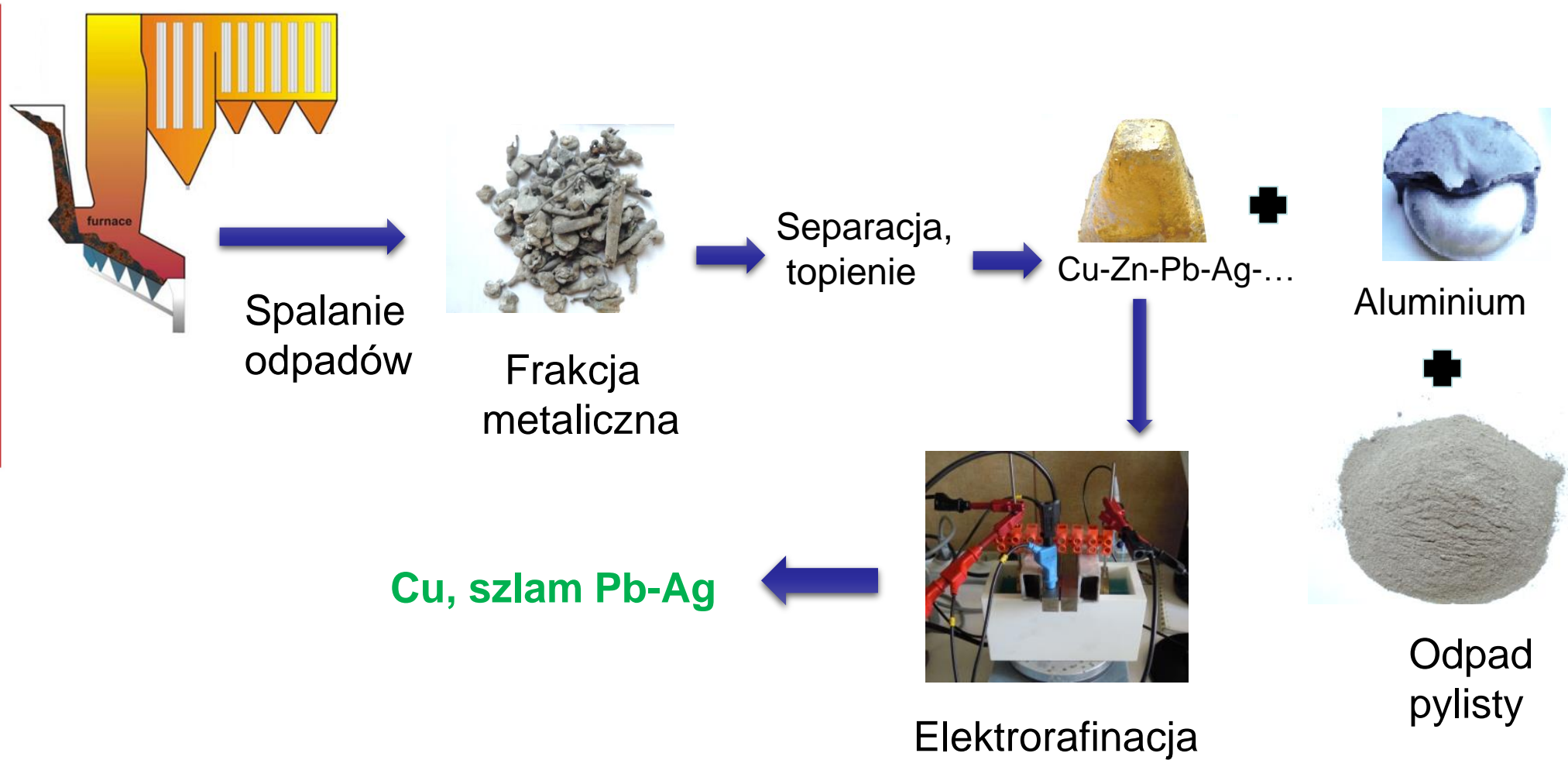
Odzysk Cu

99%Cu / 99%

Odzysk Co

92% Co / 85%

Recykling metali z popiołów dennych pochodzących ze spalarni odpadów

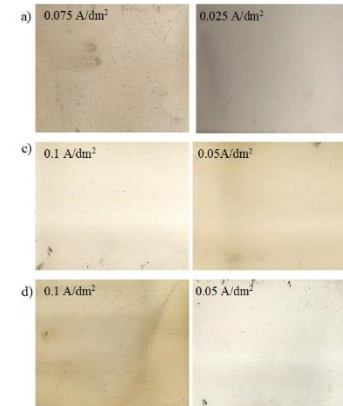
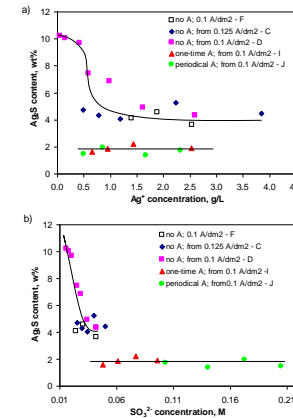
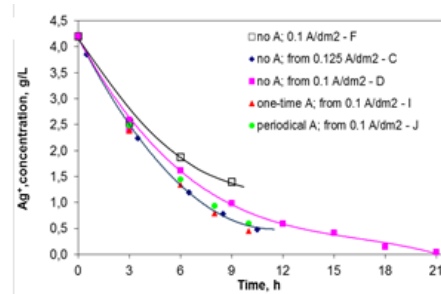




AGH

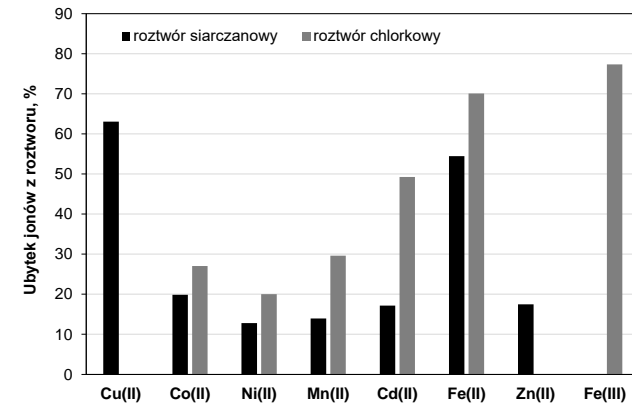
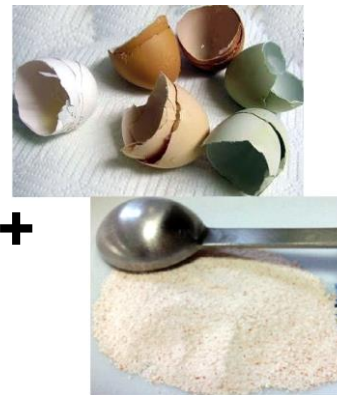
Odzysk metali z roztworów rozcieńczonych

- Odzysk metali z odpadów fotograficznych

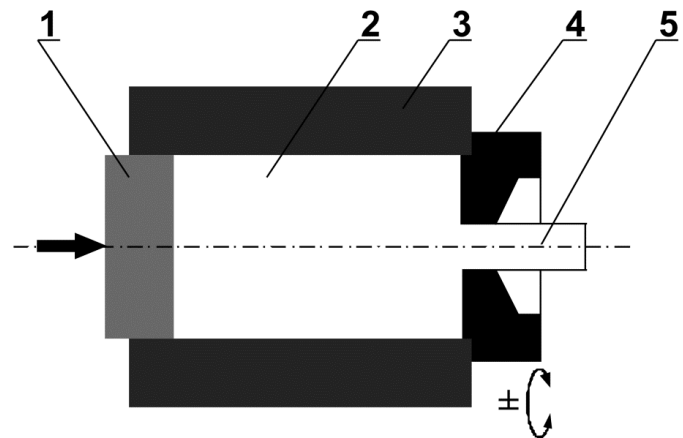


Ag

- ROZTWORY ODPADOWE



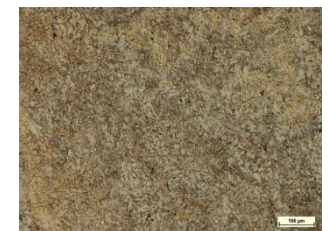
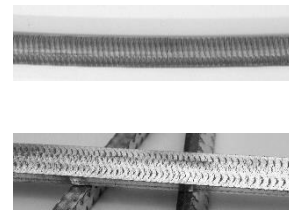
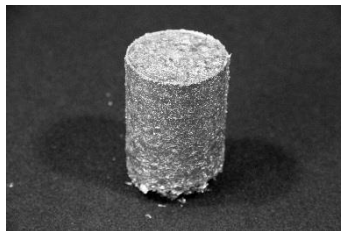
Konsolidacja wiórów ze stopów aluminium oraz stopów magnezu poprzez niskotemperaturowe wyciskanie metodą KOBO

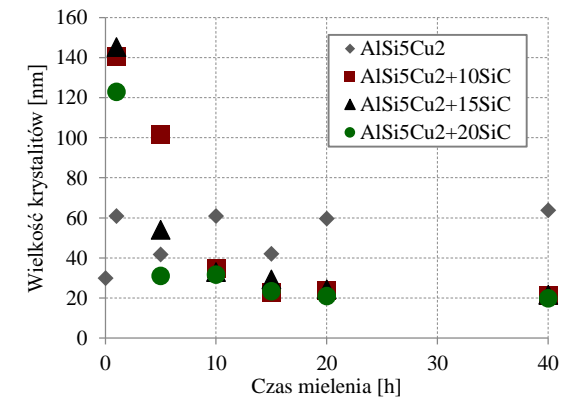
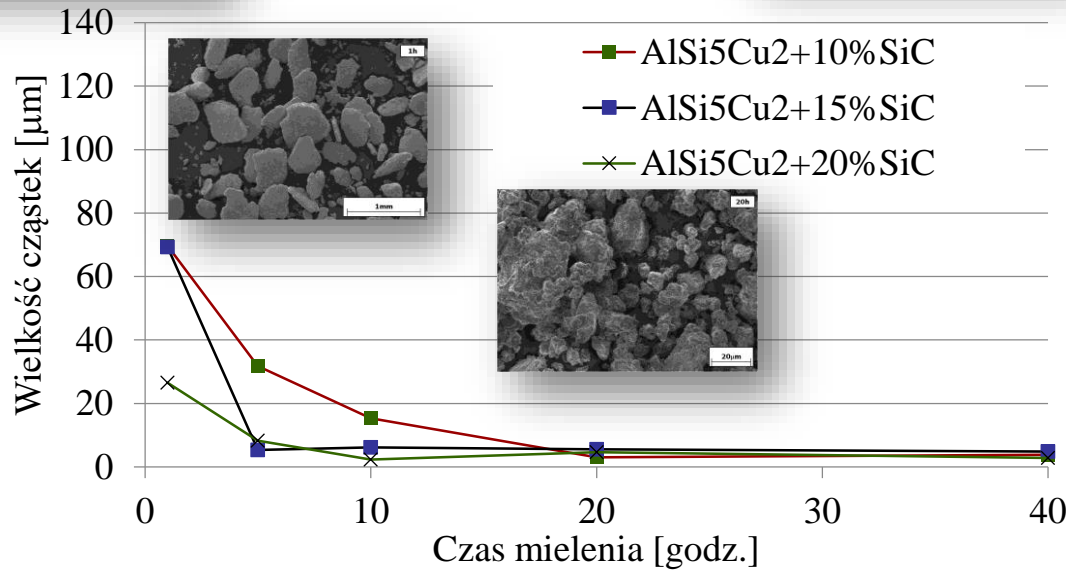
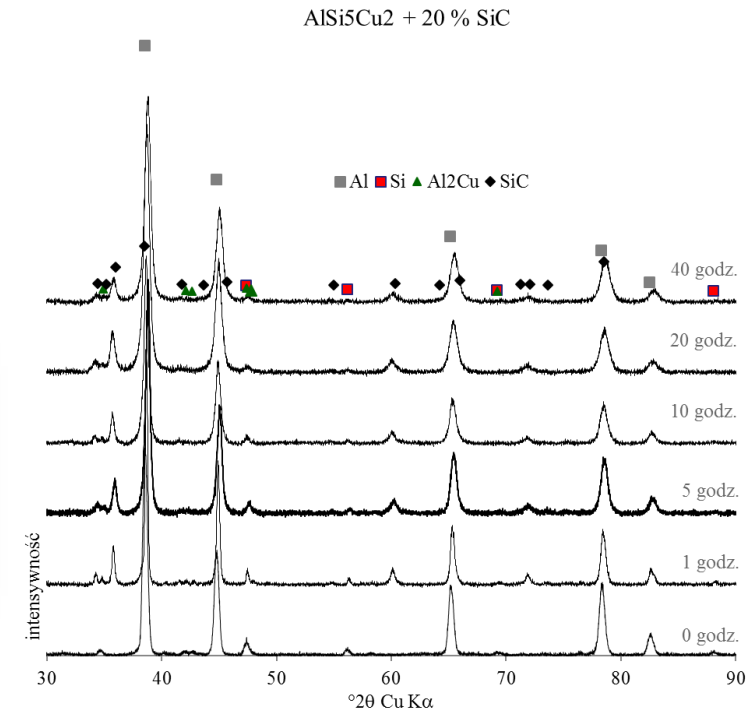
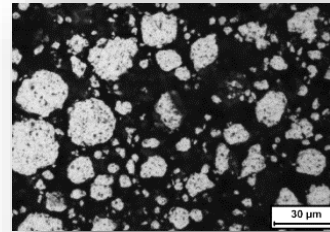
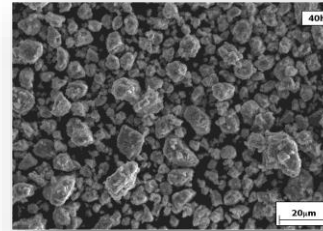
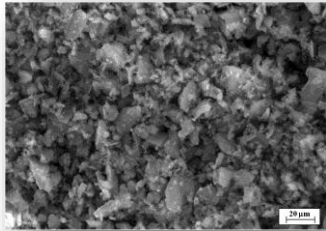
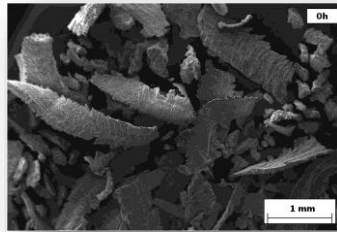


1 – stempel; 2 – wyciskany materiał; 3 – pojemnik;
4 – rewersyjnie skręcana matryca; 5 – wyrób



Wióry przemysłowe: stop aluminium 2014; 7075;
stopy magnezu AZ61; AZ91





Wytwarzanie proszku kompozytowego z wiór stopu aluminium

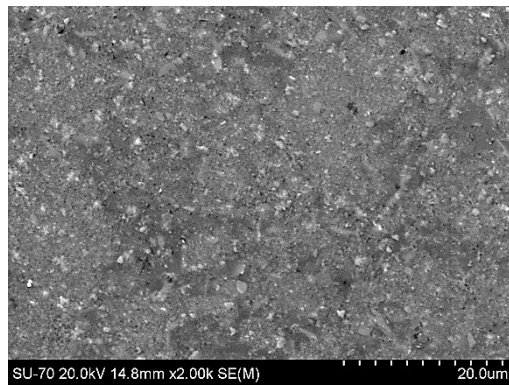
Parametry spiekania:

150 μ s / 150 μ s

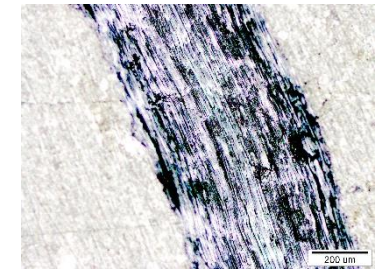
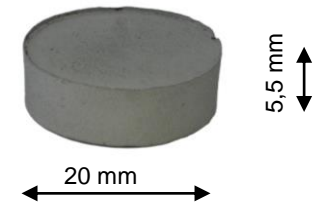
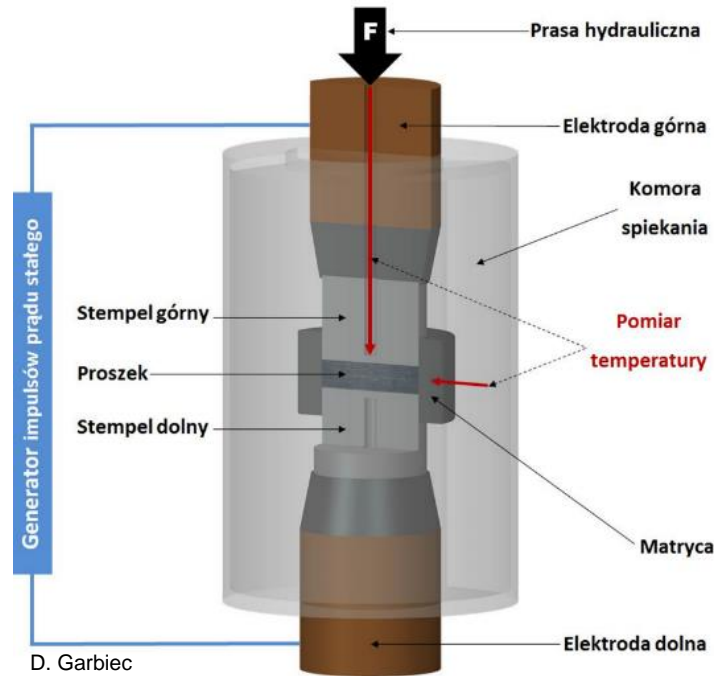
450 °C / 32MPa / 5 min / próżnia

500 °C / 32MPa / 5 min / próżnia

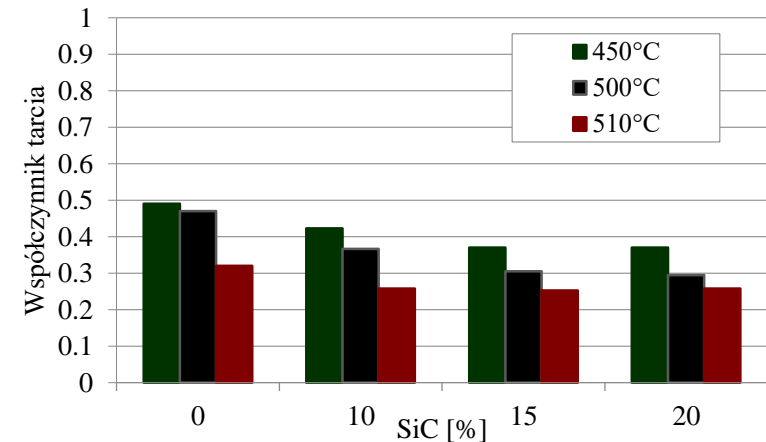
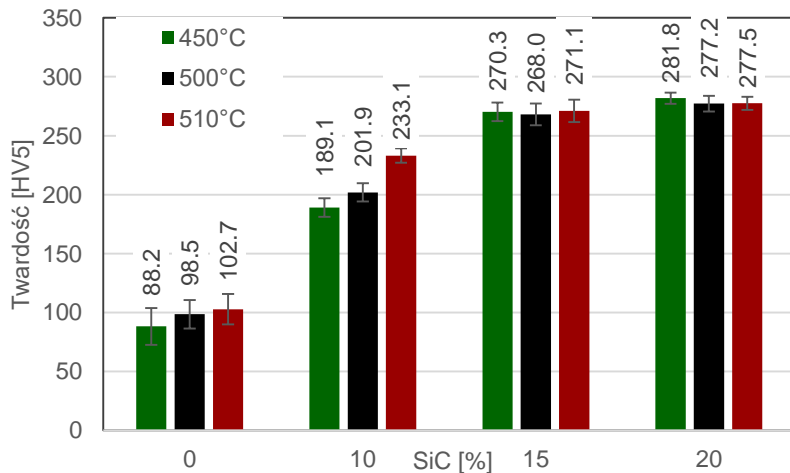
510 °C / 32MPa / 5 min / próżnia



AlSi5Cu2+20SiC SPS
(450 °C/32MPa/5min)



AlSi5Cu2+10SiC, SPS 510 °C



Publikacje pracowników WMN z zakresu recyklingu w ostatnich latach:

M. Susniak, J. Karwan-Baczewska, P. Palka, Influence of SiC addition on crystallite size of aluminum during mechanical alloying process, Archives of Metallurgy and Materials, 61 (2016) 977–980

M. Suśniak, J. Karwan-Baczewska, J. Dutkiewicz, M. Actis Grande, M. Rosso „An experimental study of aluminium alloy matrix composite reinforced SiC made by hot pressing method” Archives of Metallurgy and Materials 60 (2015) 395-399

M. Susniak, J. Karwan-Baczewska, I. Sulima, Microstructure and tribological properties of aluminum matrix composite, Key Engineering Materials 02 (2015)

M. Suśniak, J. Karwan-Baczewska, J. Dutkiewicz, M. Actis Grande, M. Rosso „Structure Investigation of Ball Milled Composite Powder Based on AlSi5Cu2 Alloy Chips Modified by SiC Particles” Archives of Metallurgy and Materials 58 (2013) 437-441

M. Suśniak, J. Karwan-Baczewska, J. Dutkiewicz, M. Actis Grande „Structural analysis of composite powders obtained from recycled material” Inżynieria Materiałowa 186 (2012) 86-89

M. Suśniak, J. Karwan-Baczewska, J. Dutkiewicz, K. Pietrzak "The influence of SiC on the properties of aluminum powder obtained from recycled materials", Materiały ceramiczne 63 (2011) 479-483

M. Suśniak, J. Karwan-Baczewska, J. Dutkiewicz, K. Pietrzak "The influence of mechanical alloying on the properties of fragmentation of aluminum powder obtained from recycled material", Inżynieria Materiałowa 179 (2011) 13–16

M. Suśniak, D. Kołacz, M. Lis, J. Karwan-Baczewska, T. Skrzekut: „Charakterystyka właściwości kompozytu AK52/SiC uzyskanego metodą impulsowo-plazmowego spiekania”, Rudy i Metale Nieżelazne 8 (2013) 447-453

J. Karwan-Baczewska, K. Pietrzak, J. Dutkiewicz, A. Jarek, M. Suśniak "Charakterystyka wiór odpadowych ze stopu aluminium i metoda wytwarzania z nich proszku i spieków", Rudy i Metale Nieżelazne 8 (2010) 565-573

Piotr Palimąka, Stanisław Pietrzyk, Kamil Legomski, Anna Końko, **Ekstrakcja aluminium ze zgarów pochodzących z przetopu złomów**, Rudy i Metale Nieżelazne Recykling, 2014 R. 59 nr 9

Piotr Palimąka, Stanisław Pietrzyk, Michał Stępień, **Recycling of zinc from the steelmaking dust in the sintering process**, Energy Technology 2017: carbon dioxide management and other technologies / The Minerals, Metals & Materials Series

Michał Stępień, Piotr Palimąka, Stanisław Pietrzyk, **Recovery of non-ferrous metals from waste incineration bottom ash**, 4 International conference by-product metals in non-ferrous metals industry, Wrocław 2016

Piotr Palimąka, Stanisław Pietrzyk, Michał Stępień, **Recykling aluminium z wielomateriałowych aseptycznych opakowań kartonowych**, Rudy i Metale Nieżelazne Recykling, 2017 R. 62 nr 1

Michał Stępień, Stanisław Pietrzyk, Piotr Palimąka, **Ługowanie ultradźwiękowe w recyklingu indu**, Rudy i Metale Nieżelazne Recykling, 2017, R. 62 nr 2

Publikacje pracowników WMN z zakresu recyklingu w ostatnich latach:

Korbel A., Bochniak W., Ostachowski P., Łagoda M.: *Warunki inicjacji procesu konsolidacji wiórów ze stopów magnezu poddanych niskotemperaturowemu wyciskaniu metodą KOBO*, Rudy i Metale Nieżelazne, R60, 2015, nr 12, str. 734 - 740

Stalony - Dobrzański F., Ostachowski P., Bochniak W.: *Utylizacja aluminiowych puszek po napojach*, Recykling, 2006,6(69)

Topolski K., Bochniak W., Łagoda M., Ostachowski P., Garbacz H.: *Structure and properties of titanium produced by a new method of chip recycling*, Journal of Material Processing Tech., 248, 2017, 80 - 91

Dybiec H.: *Alternatywny proces recyklingu trudno przerabianych złomów z metali lekkich*, Polska Metalurgia w Latach 2016 - 2010, Komitet Metalurgii PAN, 2010

Dybiec H., Piela K., Piotrowska J., *Recykling wiórów AlCu_{3,8} metodą konsolidacji plastycznej*, Rudy i Metale Nieżelazne, R54, nr 11, 2009, str. 676 - 683

Rudnik E., Dobosz I., Zastosowanie roztworów amoniakalnych w procesach odzysku metali nieżelaznych z odpadów elektronicznych, Rudy i Metale Nieżelazne Recykling, 59(11) (2014), 561-568

Rudnik E., Kołczyk K., Kutyla D., Comparative studies on the hydrometallurgical treatment of smelted low-grade electronic scraps for selective copper recovery, Transactions of Nonferrous Metals Society of China 25(8) (2015), 2763-2771

Rudnik E., Kleczyński J., „Anodowe roztwarzanie stopu z odpadów elektronicznych w roztworach kwasu solnego” Rudy i Metale Nieżelazne, Recykling 60(6) (2015), 282-287

Rudnik E., Pierzynka M., Handzlik P., "Ammoniacal leaching and recovery of copper from alloyed low-grade e-waste", Journal of Material Cycles and Waste Management, 18(2) (2016), 318-328

Rudnik E., Bayaraa E., Electrochemical dissolution of smelted low-grade electronic scraps in acid sulfate-chloride solutions, Hydrometallurgy, 159 (2016), 110-119

Rudnik E., Dashbold N., Studies on copper recovery from smelted low-grade e-scrap using hydrometallurgical methods, Minerals & Metallurgical Processing, 34(1) (2017), 20-29

Rudnik E., Kozak B., Włoch G., Dobór odczynników trawiących talerze dysków komputerowych, Rudy i Metale Nieżelazne Recykling, 62(5) (2017), 16-20

Burzyńska L., Gumowska W., Rudnik E., Partyka J., Mechanism of the anodic dissolution of Cu₇₀-Co₄-Fe₁₄-Pb₇ alloy originated from reduced copper converter slag in an ammoniacal solution. Recovery of copper and cobalt, Hydrometallurgy, 92 (2008) 34-41

Burzyńska L., Gumowska W., Rudnik E., Partyka J., Mechanism of the anodic dissolution of Fe₇₀-Cu₁₆-Co₁₀ alloy originated from reduced copper converter slag in an ammoniacal solution. Recovery of copper and cobalt, Archives of Metallurgy and Materials, 53(4) (2008) 1007-1016

Rudnik E., Burzyńska L., Gumowska W., Hydrometallurgical recovery of copper and cobalt from reduction-roasted copper converter slag, Minerals Engineering 22 (2009) 88-95

Rudnik E., Lechowicz-Kozłowska E., Woltamperometryczna analiza redukcji jonów indu(III) w rozcieńczonych roztworach azotanowych zawierających związki kompleksotwórcze, Rudy i Metale Nieżelazne, Recykling, 61(8) (2016), 355-360

Kristofova P., Rudnik E., Miskufova A., Hydrometallurgical methods of indium recovery from obsolete LCD and LED panels, Metallurgy and Foundry Engineering, 42(3) (2016) 157-170

Kačalová O., Krištofová P., Rudnik E., Kochmanová A., Miškuřová A., Recovery of indium from LCD displays, Quo Vadis Recycling, 6-9.06.2017, High Tatras, Slovakia

- Rudnik E., Nikiel M., Hydrometallurgical recovery of cadmium and nickel from spent Ni-Cd batteries, *Hydrometallurgy*, 89 (1-2) (2007) 61-71
- Rudnik E., Collection and recycling of spent nickel and lithium batteries and accumulators in Poland, *Metallurgy and Foundry Engineering* 42(2) (2016) 127-137
- Rudnik E., Knapczyk J., Hydrometallurgical recovery of cobalt and lithium from spent Li-ion batteries, *Journal of Material Cycles and Waste Management* (2017, w przygotowaniu)
- Rudnik E., Effect of anions on the electrodeposition of tin from acidic gluconate baths, *Ionics*, 19(7) (2013), 1047-1059
- Rudnik E., Dashbold N., Elektrolityczny odzysk cyny ze stopu lutowniczego z zastosowaniem kwaśnych roztworów chlorkowych, *Rudy i Metale Nieżelazne, Recykling* 60(9) (2015), 414-420
- Rudnik E., Sikora P., Studies on cementation of tin on copper and tin stripping from copper substrate, *Archives of Metallurgy and Materials*, 61(2) (2016), 593-598
- Rudnik E., Wincek D., Preliminary studies on hydrometallurgical tin recovery from waste of tin stripping of copper wires, *Metallurgy and Foundry Engineering*, 43(1) (2017), 7-20
- Rudnik E., Włoch G., Szatan L., Comparative studies on acid leaching of zinc waste materials, *Metallurgical Research & Technology* (2017, w trakcie recenzji)
- Rudnik E., Włoch G., Szatan L., Hydrometallurgical treatment of zinc ash from hot-dip galvanizing process, *Mineral & Metallurgical Processing* (2017, w trakcie recenzji)
- Rudnik E., Włoch G., Szatan L., Preliminary investigation on leaching behavior of zinc ash, *Archives of Metallurgy and Materials*, (2017, w trakcie recenzji)
- Holkova B., Trpcevska J., Laubertova M., Rudnik E., Leaching of zinc ash in hydrochloric acid solutions, *Hydrometallurgy* (2017, w przygotowaniu)
- Rudnik E., Tarnawski A., Influence of SO_3^{2-} ions and current density on silver electrowinning from spent photographic solution, *Hydrometallurgy* (2017, w druku)
- Rudnik E., Kulczyk M., Zastosowanie skorup jaj kurzych jako naturalnego adsorbenta jonów metali z roztworów wodnych, *Rudy i Metale Nieżelazne Recykling* (2017, wysłane)
- Rudnik E., Szablowska M., Partyka J., Rusin P., Luty-Błocho M., Wojnicki M., Zastosowanie spektrofotometrii UV-Vis w analizie ilościowej kwaśnych roztworów CuSO_4 , *Rudy i Metale Nieżelazne. Recykling*, 60(3) (2015), 120-126
- Rudnik E., Szablowska M., Partyka J., Rusin P., Luty-Błocho M., Wojnicki M., Wpływ zanieczyszczeń na wyniki analiz spektrofotometrycznych kwaśnych roztworów siarczanu niklu, *Rudy i Metale Nieżelazne. Recykling*, 60(4) (2015), 169-174
- Wojnicki M., Rudnik E., Szablowska M., Partyka P., Spektrofotometryczna analiza kwaśnych roztworów siarczanu(VI) miedzi(II), *Przemysł Chemiczny*, 94(10) (2015), 1000-1004

Katedra Fizykochemii i Metalurgii Metali Nieżelaznych



Dr inż.
Piotr Palimaka
palimaka@agh.edu.pl



Dr hab.
Ewa Rudnik
erudnik@agh.edu.pl



Mgr inż.
Dawid Kutyla
kutyla@agh.edu.pl



Dr inż.
Piotr Handzlik
phandzli@agh.edu.pl

Katedra Nauki o Materiałach i Inżynierii Metali Nieżelaznych



Dr inż.
Magdalena Suśniak
susniak@agh.edu.pl



Dr inż.
Paweł Ostachowski
pawel.ostachowski@agh.edu.pl



Dziękuję za uwagę