Anna Karwasz

Analiza wyrobu AGD w aspekcie jego demontażu

Ekonomiczne Problemy Usług nr 58, 483-491

2010

Artykuł został opracowany do udostępnienia w internecie przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego. Artykuł jest umieszczony w kolekcji cyfrowej bazhum.muzhp.pl, gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.

MUZEUM HISTORII POLSKI

ZESZYTY NAUKOWE UNIWERSYTETU SZCZECIŃSKIEGO

NR 598 EKONOMICZNE PROBLEMY USŁUG NR 58 2010

ANNA KARWASZ
Politechnika Poznańska
anna.karwasz@put.poznan.pl

ANALIZA WYROBU AGD W ASPEKCIE JEGO DEMONTAŻU

Wprowadzenie

W związku z rosnącym zapotrzebowaniem na urządzenia elektryczne i elektroniczne oraz idącą za tym większą produkcją tych urządzeń pojawia się problem z ich późniejszą utylizacją. Szybciej rozwijający się rynek tj. krótsze życie produktu, szybsze wprowadzanie na rynek nowych produktów dla zaspokajania potrzeb klienta lub sprostanie konkurencji jest następstwem coraz szybszego wymieniania sprzętu elektrycznego i elektronicznego. Nic zatem dziwnego, że na wysypiska śmieci trafia coraz więcej zużytych urządzeń, które stwarzają duże zagrożenie. Odpady te zawierają m.in. niebezpieczne pierwiastki i substancje (ołów, rtęć, chrom etc.).

Działania w zakresie ochrony środowiska, mają na celu zapobieganie zagrożeniom związanym z odpadami wytwarzanymi podczas produkcji, zastępowanie materiałów bardziej szkodliwych mniej szkodliwymi. Stosowanie odpowiednich technologii produkcyjnych, minimalizujących ilości odpadów, używanie mniej groźnych dla środowiska materiałów, wdrażanie technologii odzysku i unieszkodliwiania odpadów.

Ogólne zasady skutecznego systemu gospodarowania odpadami zostały określone w dyrektywie Unii Europejskiej dotyczącej odpadów WEEE[1] i w dyrektywie o odpadach niebezpiecznych RoHS[2].

---

[1] Dyrektywa 2002/96/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 29 lipca 2005 w sprawie zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego (WEEE).

[2] Dyrektywa 2002/95/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 27 stycznia 2003 w sprawie ograniczenia stosowania substancji niebezpiecznych w sprzęcie elektrycznym i elektronicznym (RoHS).

1. Cykl życia wyrobu

Cykl życia wyrobu definiuje się jako okres obejmujący czas od jego zaprojektowania poprzez jego wytworzenie i eksploatację aż do fizycznej likwidacji.

Analizując cykl życia wyrobu w aspekcie całkowitej odpowiedzialności producenta za produkt, można mówić o cyklu otwartym i zamkniętym. Ten podział dotyczy nie tyle istnienia wyrobu na rynku, ile problemu, co z nim zrobić po zakończeniu jego funkcjonowania, kiedy klient nie chce lub nie może go dalej eksploatować[3].

W otwartym cyklu życia wyrób wycofany z eksploatacji staje się odpadem trafiającym na złom lub na składowisko odpadów komunalnych. W zamkniętym, czy raczej rozszerzonym cyklu życia wyrób zostaje usunięty z rynku i zagospodarowany przez ponowne użycie, przez użycie jego części lub przez ponownie użycie pozyskanych z niego materiałów.

2. Recykling

Aby ponownie wykorzystać zespoły, części lub materiały, wyrób poddaje się procesowi recyklingu. Proces recyklingu można podzielić na selektywną zbiórkę, demontaż i przetwarzanie, określane jako recykling I, II i III rodzaju[4]. Recykling I rodzaju pozwala na odzyskanie całego wyrobu po wcześniejszej ewentualnej naprawie lub modernizacji. Recykling II rodzaju polega na odzyskaniu materiałów i części składowych wyrobów, takich jak obudowy, elementy elektroniczne lub silniki. Recykling III rodzaju stosuje się wtedy, gdy nie można ponownie danej części zastosować ani odzyskać materiału, z którego jest wykonana. Materiał z wyrobu poddaje się obróbce chemicznej lub energetycznej w celu odzysku energii. Odpowiednie poziomy odzysku i recyklingu oraz informację o tym, ile materiałów należy odzyskać i ponownie zastosować, określają dyrektywy europejskie. Dotyczą one między innymi samochodów wycofanych z eksploatacji, wyrobów opakowaniowych, zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego.

---

[3] E. Reay: *Sustainment*. PAWS, Multis Ltd, Galway 1995.

[4] P. Matkowski, K. Friedel, M. Kozłowski: *Recykling zużytego sprzętu elektronicznego. Technologia i stopnie recyklingu.* IV Krajowa Konferencja Naukowo-Techniczna „Ekologia w elektronice", Warszawa 2006, s. 141-146.

3. Demontaż na potrzeby recyklingu

W celu naprawy lub wymiany niesprawnej części wyrób musi zostać zdemontowany i po dokonaniu czynności naprawczych zmontowany ponownie. W latach osiemdziesiątych XX wieku zaczęto mówić o demontażu w kontekście wyodrębnienia z wyrobu zespołów, części i materiałów celem ponownego ich zastosowania lub poddania materiałów recyklingowi.

Demontaż może być przeprowadzony w sposób nieniszczący, częściowo niszczący lub niszczący.

Demontaż można również podzielić na manualny, mechaniczny oraz automatyczny.

Manualny demontaż wyrobów jest procesem praco- i czasochłonnym. W zależności od stopnia skomplikowania urządzenia oraz rodzaju użytych w nim materiałów może trwać od kilku (małe urządzenia gospodarstwa domowego, takie jak suszarki do włosów, czajniki elektryczne, wagi) do nawet kilkunastu minut (duże urządzenia AGD, takie jak lodówki, pralki automatyczne, kuchenki). Demontowane podzespoły, zespoły i części segreguje się w celu naprawy bądź wyodrębnienia grup materiałowych. Wyszczególnia się następujące grupy materiałowe: metale, metale kolorowe, tworzywa sztuczne, szkło, elementy niebezpieczne, płytki drukowane PCB. Duże elementy tnie się na mniejsze części i dostarcza do punktów skupu, na przykład metale kieruje się do punktów skupu złomu, skąd później trafiają do hut. Zaletami demontażu ręcznego są niskie nakłady kapitałowe oraz możliwość stosowania prostych narzędzi, natomiast jego główne wady to czasochłonność oraz ograniczona możliwość swobodnego manipulowania podczas rozbiórki ze względu na wagę niektórych urządzeń.

Demontaż mechaniczny stosowany jest przez przedsiębiorstwa specjalizujące się w przemysłowym recyklingu urządzeń elektronicznych. Obsługujący linię demontażu segregują i czyszczą urządzenia oraz umieszczają wyselekcjonowany materiał w odpowiednich pojemnikach[5].

Demontaż automatyczny zwiększa wydajność i opłacalność recyklingu urządzeń poddawanych temu procesowi. Automatyzacja stanowisk demontażu eliminuje konieczność wykonywania ciężkich prac przez obsługę, zmniejsza możliwość wystąpienia urazów i skaleczeń oraz kontaktu z uwalniającymi się substancjami szkodliwymi. Linie demontażu automatycznego stosowane są między innymi po to, aby przyspieszyć przemieszczanie zdemontowanych części i materiałów. Demontaż automatyczny przeprowadzany jest za pomocą robotów, które w zaprogramowanej kolejności rozkładają urządzenie na podzespoły i elementy konstrukcyjne. Rozłą-

---

[5] Tyszkiewicz J.: *Recykling złomowanych urządzeń elektronicznych powszechnego użytku*, I Krajowa Konferencja Naukowo-Techniczna „Ekologia w elektronice", Warszawa 2000, s 144-155.

czone podzespoły są transportowane przenośnikiem taśmowym do urządzeń mechanicznej, suchej obróbki. Wadami demontażu mechanicznego i automatycznego są duże nakłady finansowe na specjalistyczne maszyny oraz powstawanie dodatkowych zanieczyszczeń w wyniku mycia lub separacji materiałów.

Ze względu na zakres wykonywanych prac demontaż można podzielić na wstępny, częściowy i pełny, czyli rozłączenie wszystkich możliwych i koniecznych połączeń.

Właściwe czynności demontażowe polegają na rozkładaniu, tj. na odwrotności składania (montażu) zespołów. W przypadku większych zespołów i całych wyrobów rozkładanie nie zawsze jest odwrotnością montażu. Demontaż niektórych połączeń może być bardzo trudny z uwagi na zużycie wyrobu podczas użytkowania. Urządzenia gospodarstwa domowego używane są przez wiele lat, małe urządzenia AGD średnio od roku do trzech lat, duże urządzenia AGD średnio od pięciu do piętnastu lat. Urządzenia te, w zależności od przeznaczenia, pracują w różnych warunkach, często mają styczność z wilgocią oraz ze środkami chemicznymi (pralki, kuchenki, lodówki, czajniki). Dlatego czynnikami utrudniającymi demontaż mogą być korozja, zanieczyszczenie, zużycie lub uszkodzenie geometrii podzespołów.

Problemy związane z demontażem wynikają z różnorodności wyrobów w danej grupie przeznaczonej do demontażu, a także z nieuwzględnienia przyszłego demontażu w fazie projektowania. Różnorodność wyrobów sprawia, że ich demontaż nie jest powtarzalny. Wyroby różnych producentów mają różną konstrukcję i różnią się liczbą części, są składane z różnych materiałów i mają nietypowe łączenia. Należy również pamiętać, że nie wszystkie połączenia można rozdzielić, np. połączenia nitowe lub klejone są nierozłączne. Połączenia wtłaczane z dużym wciskiem oraz połączenia skurczowe wymagają zastosowania przy demontażu bardzo dużej siły lub dodatkowych przyrządów, takich jak ściągacze, co wydłuża cały proces.

Innym problemem w demontażu wyrobów jest długi czas trwania tego procesu. Często jest to spowodowane zwiększeniem przez producentów liczby typów łączeń w celu zapobiegania rozkręcaniu wyrobu przez osoby do tego niepowołane (ochrona utrudniająca dostęp do wnętrza wyrobu).

Na czas demontażu wpływa również jego kierunek oraz umiejscowienie elementu łączącego. Umiejscowienie wkrętów lub zaczepów wzdłuż różnych (wszystkich) osi x, y i z wydłuża czas demontażu, ponieważ wyrób musi być wielokrotnie obracany w celu dotarcia do każdej demontowanej części. Gdy śruby lub zaczepy są niewidoczne lub zasłonięte przez inne części, demontaż również jest wydłużony i utrudniony. Demontujący koncentruje się wówczas na odnalezieniu mocowania, a nie na samym procesie podziału wyrobu.

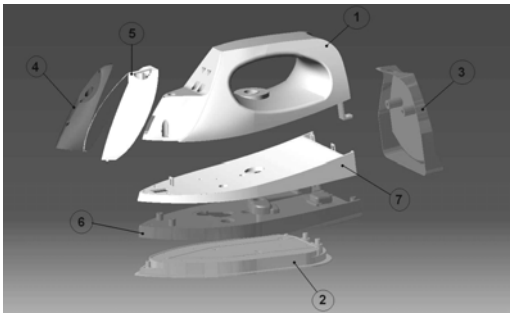
4. Analiza demontażu

Analizę demontażu dokonano na przykładzie żelazka[6] oraz kuchenki mikrofalowej[7].

Demontaż żelazka

Analiza żelazka polegała na jego demontażu, obliczeniu czasu demontażu, identyfikacji materiałów wchodzących w jego skład, porównaniu poziomu recyklingu z dyrektywą WEEE. Żelazko Vaporis należy do kategorii sprzętu 2 małogabarytowych urządzeń gospodarstwa domowego, wg załącznika dyrektywy 2002/96/WE.

Żelazko składało się z siedmiu głównych części, rysunek 1.



Rys. 1. Żelazko Vaporis, 1 - zbiornik na wodę, 2 - stopa, 3 - obudowa tylna, 4, 5 - przednie elementy obudowy, 6, 7 - pozostałe części obudowy

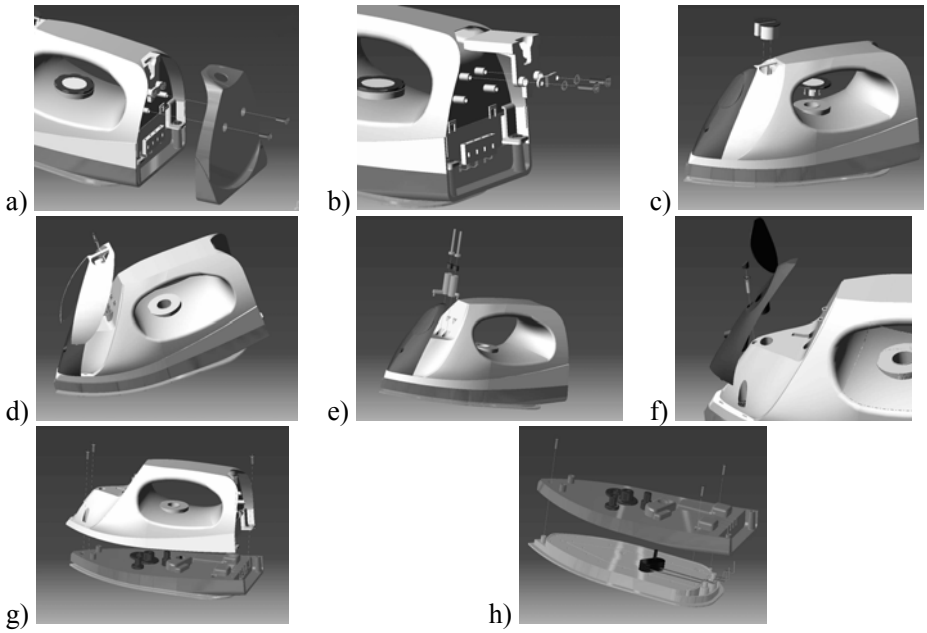
Źródło: M. Chruszcz: *Analiza demontażu wybranego wyrobu AGD*, Praca inżynierska, Politechnika Poznańska, Wydział Budowy Maszyn i Zarządzania, Poznań 2010, s. 25-38.

Demontaż żelazka rozpoczęto od wykręcenia tylnej obudowy, rysunek 2 a. Kolejne kroki demontażu przedstawia rysunek 2 b do 2 h.

---

[6] M. Chruszcz: *Analiza demontażu wybranego wyrobu AGD*, Praca inżynierska, Politechnika Poznańska, Wydział Budowy Maszyn i Zarządzania, Poznań 2010, s. 25-38.

[7] F. Wnuk: *Analiza wybranego wyrobu AGD w aspekcie jego demontażu*, Praca inżynierska, Politechnika Poznańska, Wydział Budowy Maszyn i Zarządzania, Poznań 2010, s. 25-46.



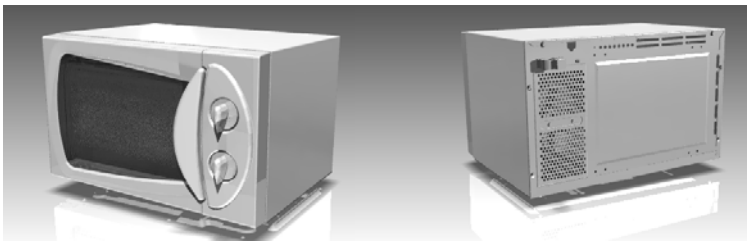
Rys. 2. Demontaż żelazka: a) demontaż tylnej obudowy, b) demontaż elementu mocującego kabel zasilający, c) demontaż przycisków i pokrętła, d) demontaż środkowej części obudowy, e) demontaż pozostałych elementów przycisków, f) demontaż przedniej części obudowy, g) demontaż zbiornika, h) demontaż stopy od obudowy.

Źródło: M. Chruszcz: *Analiza demontażu wybranego wyrobu AGD*, Praca inżynierska, Politechnika Poznańska, Wydział Budowy Maszyn i Zarządzania, Poznań 2010, s. 25-38.

Demontaż żelazka przeprowadzony był przy pomocy prostych narzędzi warsztatowych. Większość połączeń była dobrze widoczna i łatwo dostępna. W przeważającej większości zastosowane były połączenia rozłączne. Większość części z tworzyw sztucznych posiadała oznakowanie materiałowe, co ułatwiło ich identyfikację.

Demontaż kuchenki mikrofalowej

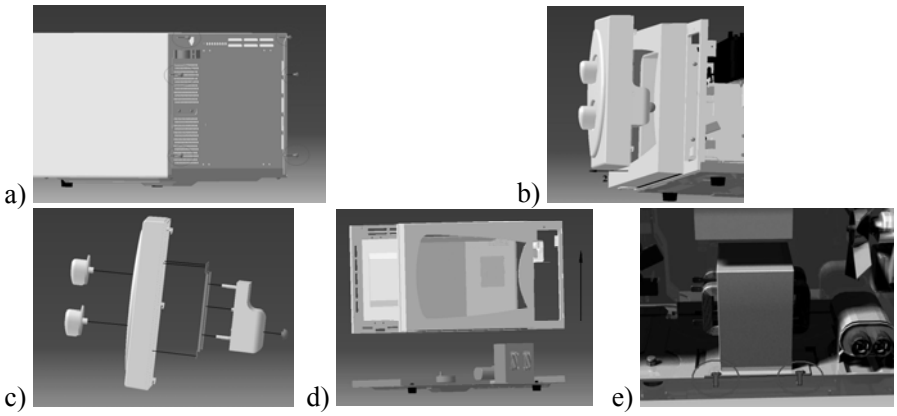
Analiza kuchenki mikrofalowej polegała na jej demontażu, obliczeniu czasu demontażu, identyfikacji materiałów wchodzących w jej skład, porównaniu poziomu recyklingu z dyrektywą WEEE. Kuchenka mikrofalowa należy do kategorii sprzętu 1 wielkogabarytowych urządzeń gospodarstwa domowego, wg załącznika dyrektywy 2002/96/WE, rysunek 3.



Rys. 3. Kuchenka mikrofalowa

Źródło: F. Wnuk: *Analiza wybranego wyrobu AGD w aspekcie jego demontażu*, Praca inżynierska, Politechnika Poznańska, Wydział Budowy Maszyn i Zarządzania, Poznań 2010, s. 25-46.

Demontaż kuchenki mikrofalowej rozpoczęto od wykręcenia obudowy, rysunek 4 a. Kolejne kroki demontażu przedstawia rysunek 4 b do 4 e.



Rys. 4. Demontaż kuchenki mikrofalowej: a) demontaż obudowy, b) demontaż modułu sterowania, c) demontaż pokręteł, d) demontaż płyty dolnej, e) demontaż transformatora od płyty dolnej.

Źródło: F. Wnuk: *Analiza wybranego wyrobu AGD w aspekcie jego demontażu*, Praca inżynierska, Politechnika Poznańska, Wydział Budowy Maszyn i Zarządzania, Poznań 2010, s. 25-46.

Demontaż kuchenki mikrofalowej przeprowadzony został przy pomocy prostych narzędzi warsztatowych. Większość połączeń była dobrze widoczna i łatwo dostępna. W przeważającej większości zastosowane były połączenia rozłączne. Połowa części wykonanych z tworzywa sztucznego nie posiadała oznakowania materiałowego, co utrudniło ich identyfikację.

Zestawienie wyników analizy demontażu zostało przedstawione w tabeli 1.

Tabela 1

Zestawienie wyników analizy demontażu żelazka i kuchenki mikrofalowej

	Żelazko	Kuchenka mikrofalowa
Liczba materiałów	7	10
Liczba narzędzi demontażu	3	7
Poziom recyklingu [%]	96,8	54,8
Czas demontażu [min]	19	15
Narzędzia demontażu	Wkrętak PH2, wkrętak płaski 1x4, szczypce	Klucz płaski, szczypce, torx z otworem średni, wkrętak PH, wkrętak płaski mały, wkrętak pozidriv PZ, wkrętak torx TX

Źródło: M. Chruszcz: *Analiza demontażu wybranego wyrobu AGD*, Praca inżynierska, Politechnika Poznańska, Wydział Budowy Maszyn i Zarządzania, Poznań 2010, s. 25-38 oraz F. Wnuk: *Analiza wybranego wyrobu AGD w aspekcie jego demontażu*, Praca inżynierska, Politechnika Poznańska, Wydział Budowy Maszyn i Zarządzania, Poznań 2010, s. 25-46.

W przypadku analizowanego żelazka poziom recyklingu był większy od założonego w dyrektywie WEEE. Kuchenka mikrofalowa nie osiągnęła oczekiwanego 75% poziomu recyklingu. Czas demontażu żelazka oraz kuchenki mikrofalowej był zbyt długi, i powinien wynieść odpowiednio 1,5 minuty dla żelazka i 4 minuty dla kuchenki mikrofalowej.

Podsumowanie

Już na etapie projektowania wyrobu powinno się zwracać uwagę, co się będzie z nim działo po wycofaniu z eksploatacji. Dokonując demontażu urządzenia w fazie jego likwidacji dostajemy informacje zwrotne o trudnościach związanych z ustaleniem materiału, z jakiego składają się poszczególne części wyrobu, trudnościach z odnalezieniem miejsc łączenia poszczególnych części, długim czasie demontażu wyrobu. Informacje te są wskazówką do udoskonalenia wyrobu pod kątem jego demontażu i w efekcie recyklingu.

Literatura

1. Chruszcz M.: *Analiza demontażu wybranego wyrobu AGD*, Praca inżynierska, Politechnika Poznańska, Wydział Budowy Maszyn i Zarządzania, Poznań 2010.
2. Dyrektywa 2002/96/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 29 lipca 2005 w sprawie zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego (WEEE).
3. Dyrektywa 2002/95/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 27 stycznia 2003 w sprawie ograniczenia stosowania substancji niebezpiecznych w sprzęcie elektrycznym i elektronicznym (RoHS).
4. Matkowski P., Friedel K., Kozłowski M.: *Recykling zużytego sprzętu elektronicznego. Technologia i stopnie recyklingu,* IV Krajowa Konferencja Naukowo-Techniczna „Ekologia w elektronice", Warszawa 2006.
5. Reay E.: *Resorce Sustainment*, PAWS, Multis Ltd, Galway 1995.
6. Tyszkiewicz J.: *Recykling złomowanych urządzeń elektronicznych powszechnego użytku*, I Krajowa Konferencja Naukowo-Techniczna „Ekologia w Elektronice", Warszawa 2000.
7. Wnuk F.: *Analiza wybranego wyrobu AGD w aspekcie jego demontażu*, Praca inżynierska, Politechnika Poznańska, Wydział Budowy Maszyn i Zarządzania, Poznań 2010.

ANALYSIS OF HOUSEHOLD APPLIANCE FOR DISASSEMBLY PURPOSES

Summary

This paper presents analysis of household appliance for disassembly purposes. Examination of specific types of recycling and types of disassembly are enforced. The analysis of iron's and microwave oven disassembly are followed by the results and conclusions stemming from the examined process.

Translated by Anna Karwasz