

## Zastosowanie procedury minimalizacji odpadów w przedsiębiorstwie

Do podstawowych działań przedsiębiorstwa w obszarze gospodarki odpadami należy procedura minimalizacji ich powstawania przy jednoczesnym uwzględnieniu działań w zakresie maksymalizacji ich zagospodarowania. Oznacza to ograniczanie do koniecznego minimum składowania odpadów w środowisku. Minimalizacja wytwarzania odpadów jest konieczna w przedsiębiorstwach produkcyjnych. Przyjmując dynamiczny model ochrony środowiska, przedsiębiorstwa dążą do redukcji ilości poszczególnych kategorii odpadów u źródła, co wymaga wielu zmian w różnych obszarach funkcjonowania, np. zmiana wyrobu, zmiany struktury materiału, zmiany technologiczne, racjonalizacja wytwarzania czy kontrola powstawania odpadów. Techniki minimalizacji odpadów obejmują także recykling wewnętrzny i zewnętrzny (wtórne zastosowanie, odzysk surowców). Wymienione przedsięwzięcia zmierzające do zmniejszenia ilości odpadów wytwarzanych przez przedsiębiorstwo stały się podstawą do napisania niniejszego artykułu. Jako studium przypadku posłużyło przedsiębiorstwo sektora hutniczego – Ferrum SA. Podstawowym profilem działalności przedsiębiorstwa jest produkcja rur i profili zamkniętych (kształtowników). W segmencie rur stalowych przedsiębiorstwo specjalizuje się w produkcji rur stalowych ze szwem (zgrzewane, wzdłużnie spawane, spiralnie spawane). Wielkość sprzedaży rur wraz z materiałami izolacji wewnętrznej i zewnętrznej kształtuje się na poziomie 80–100 tys. ton/rocznie. Przedsiębiorstwo zatrudnia 424 pracowników (stan na 31.12.2007 r.).

### Założenia procedury minimalizacji odpadów

Procedura minimalizacji odpadów (*Waste Minimization Assessment* – WMA) jest zalecana przez UNEP i sprawdzona przez amerykańską agencję EPA (*Environmental Protection Agency* – Agencja Ochrony Środowiska). Zastosowanie procedury w przedsiębiorstwie ma na celu systematyczną minimalizację odpadów, poprzez ich redukcję u źródła lub recykling. Redukcja odpadów u źródła może odbywać się poprzez zmiany w: produkcie, materiale wyjściowym, technologii i stosowanych praktykach eksploatacyjnych (tab. 1) [1].

Oprócz procedury minimalizacji odpadów (u źródła) przedsiębiorstwa stosują także recykling surowców wtórnych. Wyróżnia się recykling wewnętrzny – odzysk surowców wtórnych bezpośrednio w przedsiębiorstwie produkcyjnym oraz recykling zewnętrzny – poza przedsiębiorstwem, np. za pośrednictwem punktów skupu surowców wtórnych.

Procedura minimalizacji odpadów składa się z czterech faz:

- 1) planowanie i organizowanie (na tym etapie powstają pierwsze elementy systemu, tj. strategia, plany, priorytety i struktury organizacyjne),

Tab. 1. Redukcja odpadów u źródła – podstawowe koncepcje [1, 2, 3]

| Koncepcje redukcji odpadów                     | Realizacja koncepcji poprzez:  |
|--|--|
| Zmiany w produkcie                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>- zastąpienie produktu wyrobem nowszym,</li> <li>- oszczędność produktu,</li> <li>- zamiany w składzie produktu,</li> <li>- konserwacja (ochrona, zabezpieczenie wyrobu).</li> </ul>  |
| Zmiany w materiale wyjściowym                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- oszczędność surowca,</li> <li>- obróbki powierzchniowe,</li> <li>- zastąpienie surowca,</li> <li>- zmniejszenie zawartości zanieczyszczeń w materiale wsadowym,</li> <li>- zmiany kompozycji składników materiałowych.</li> </ul>   |
| Zmiany w technologii                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>- zmiany procesu,</li> <li>- zmiany wyposażenia technicznego,</li> <li>- dodatkowa automatyzacja stanowisk,</li> <li>- zmiany parametrów poszczególnych operacji.</li> </ul>  |
| Stosowanie poprawnych praktyk eksploatacyjnych | <ul style="list-style-type: none"> <li>- przestrzeganie parametrów procesu,</li> <li>- zapobieganie stratom,</li> <li>- skuteczna i sprawna organizacja zarządzania,</li> <li>- poprawa funkcji użytkowej materiałów i produktów,</li> <li>- segregacja odpadów w toku produkcji i po jej zakończeniu,</li> <li>- poprawa organizacji procesów produkcji.</li> </ul> |

- 2) opracowanie różnych wariantów minimalizacji odpadów,
- 3) analiza wykonalności poszczególnych wariantów i wybór rozwiązania, które będzie realizowane,
- 4) wdrożenie rozwiązania (inwestycyjne, pozainwestycyjne) [1 s. 2–7; 4].

Aby dobrze przygotować przedsiębiorstwo do wdrożenia procedury minimalizacji odpadów należy zgromadzić informacje o ilości odpadów, ich strukturze, używanych surowcach, ilości surowców dostających się do odpadów, przebiegu procesu gospodarowania odpadami, metodach stosowanych do ich ograniczenia i sposobach kontroli [1, s.6] Realizacja procedury przynajmniej w początkowym okresie implementacji wymaga przedsięwzięć inwestycyjnych związanych z restrukturyzacją technologii produkcji. Procedura zmierza do tego, aby w przedsiębiorstwie funkcjonował system ciągłego analizowania procesów technicznych i ich ulepszanie pod kątem minimalizacji lub redukcji odpadów u źródła lub/i ich recyklingu (jeśli redukcja jest



nierozwiązalna). Istotą procedury jest także minimalizacja zużycia materiałów. Prawidłowo zastosowana procedura WMA pozwala przedsiębiorstwu w stosunkowo krótkim czasie na:

- zmniejszenie ilości odpadów bezpośrednio obciążających środowisko,
- zwiększenie stopnia wykorzystania surowców i energii poprzez ograniczenie strat i zwiększenie wydajności procesów,
- zwiększenie efektywności ekologicznej przedsiębiorstwa,
- poprawę warunków pracy [1, 4].

### Procedura minimalizacji odpadów w przedsiębiorstwie hutniczym Ferrum SA

Kluczowym założeniem wdrożenia procedury minimalizacji odpadów jest restrukturyzacja technologiczna produkcji. Przedsiębiorstwo hutnicze Ferrum do końca lat 80. XX w. stosowało technologie uciążliwe dla środowiska, wytwarzające znaczne ilości odpadów. Na początku lat 90. XX w. przedsiębiorstwo wdrożyło program restrukturyzacji technologicznej kluczowych procesów wytwarzania. Zlikwidowano energochłonną stalownicę-odlewnię oraz stację kompresorów (chłodzenie wodą zastąpiono powietrzem). W kotłowniach zastosowano dodatkowe źródło energii jakim jest gaz pokopalniany (metan) z Kopalni Staszic. Inwestycja ta przyczyniła się do redukcji węgla o ok. 50%. Udoskonalono procesy izolacji rur (zlikwidowano bitumiczną izolację rur na rzecz nowoczesnej polietylenowej). Poprawiono bilans energetyczny przedsiębiorstwa i udoskonalono proces odzyskiwania oraz unieszkodliwiania odpadów. Kluczowe inwestycje przedsiębiorstwa to:

- modernizacja procesu cięcia termicznego w produkcji konstrukcji spawanych,
- modernizacja linii zgrzewania rur prądami wysokiej częstotliwości.

### Modernizacja procesu cięcia termicznego w produkcji konstrukcji spawanych

Istotnym etapem tej inwestycji była przebudowa stanowiska przygotowania półproduktów dla konstrukcji spawanych w wydziale spawalni. Modernizacja polegała na zastąpieniu ręcznych operacji układania, trasowania i wytwarzania elementów konstrukcyjnych, cięciem blach przez urządzenie zautomatyzowane, sterowane mikrokomputerem. Wydział spawalni produkował szeroki asortyment konstrukcji spawanych, zbiorników ciśnieniowych i zbiorników na paliwa płynne. Podstawowym surowcem do wykonania poszczególnych elementów były arkusze blach węglowych i niskostopowych, z których wycinano poszczególne detale takie jak: krążki, pierścienie, kołnierze, wsporniki, żebra i inne. Technologia wytwarzania stosowana przed modernizacją polegała na:

- ręcznym trasowaniu,
- ręcznym ustawianiu urządzenia tnącego do wycinania każdego detalu,
- wycięciu odwzorowanego na arkuszu blachy elementu, przy użyciu urządzenia do cięcia acetylenowo-tlenowego [5, 6].

Ręczne wykonywanie wymienionych czynności powodowało nieoptymalne wykorzystanie arkusza blach i wytwarzanie tym samym odpadów w postaci złomu w ilości około 15% materiału wsadowego. Aby ograniczyć ilość odpadów zastosowano kom-

puterowe urządzenia do cięcia blach gazem lub plazmą. Urządzenia pozwoliły na precyzyjne, optymalne rozmieszczenie i wycięcie żądanych elementów o dowolnych kształtach i w dowolnych ilościach. Osiągnięto efekt ekologiczny w postaci zmniejszenia ilości powstających odpadów czyli złomu stalowego do 10% obrabianego materiału wsadowego. Zmniejszono także zużycie gazów technicznych, tlenu i acetyleno o około 30% na skutek bardziej efektywnego wykorzystania urządzenia do cięcia termicznego. Inne efekty ekologiczne to:

- zmniejszenie zużycia materiałów i uniknięcie zużycia energii w procesie produkcji,
- zmniejszenie poziomu hałasu w środowisku pracy, dzięki eliminacji ręcznej operacji trasowania punktakami,
- uzyskiwanie wysokiej jakości ciętych powierzchni,
- uzyskanie wysokiej powtarzalności kształtów wycinanych elementów,
- obniżenie kosztów produkcji,
- poprawa warunków pracy, w tym spadek liczby wypadków, likwidacja narażenia pracowników na czynniki szkodliwe, wywołujące choroby zawodowe [5, 6].

Zrealizowana inwestycja eliminowała powstawanie odpadów u źródła i pozwoliła racjonalnie gospodarować surowcami, przynosząc określone efekty ekologiczne (tab. 2).

Tab. 2. Efekty wynikające z modernizacji procesu cięcia termicznego blach [5]

| Wyszczególnienie  | Jednostka/przelicznik             | Przed przystąpieniem do inwestycji | Po zrealizowaniu inwestycji                  | Uzyskane efekty   |
|---|-----------------------------------|------------------------------------|--|---|
| 1. Ilość odpadów złomu  | - kg/tonę wsadu                   | 150                                | 100  | Oszczędność 50 kg/tonę wsadu  |
|   | - t/rok                           | 750                                | 500  | Oszczędność blach 250 ton/rok   |
| 2. Zużycie gazów technicznych   | - tlen m <sup>3</sup> /tonę wsadu | 12,0                               | 8,4  | W przeliczeniu na tonę wsadu osiągnięto redukcję o 3,6 m <sup>3</sup> |
|   | - tlenu m <sup>3</sup> /rok       | 60 000                             | 42 000                                       | Redukcja zużycia O <sub>2</sub> o 18 000 m <sup>3</sup> /rok          |
|   | - acetylen kg/tonę wsadu          | 0,8                                | 0,6  | W przeliczeniu na tonę wsadu osiągnięto redukcję o 0,2 kg             |
|   | - acetyleno kg/rok                | 4 000                              | 3 000  | Redukcja zużycia C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> o 1 000 kg/rok         |
| 3. Poprawa warunków pracy<br>- hałas spowodowany przez traser<br>- inne źródła hałasu | dB/A                              | 118-128                            | Likwidacja źródła<br>Ograniczenie zagrożenia | Warunki pracy zgodne z zasadami BHP                                   |



Kolumna dofinansowana ze środków Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Katowicach

Tab. 3 Efekty ekologiczne zmiany technologii [6, 7]

| Proces, który oddziałuje na środowisko | Emisja zanieczyszczeń do powietrza | Odpady stałe  | Przed modernizacją | Po modernizacji | Efekty ekologiczne |      |
|--|------------------------------------|---|--------------------|-----------------|--------------------|------|
|  | jednostka                          |   | kg/rok             | kg/rok          | kg/rok             | %    |
| Proces, który oddziałuje na środowisko | - pył                              |   | 21,4               | 0,04            | 21,36              | 99,8 |
|  | - mangan                           |   | 1,9                | 0,004           | 1,896              | 99,8 |
|  |                                    | - żuźle i pyły spawalnicze (IV klasy toksyczności)          | 330 000            | 0               | 330000             | 100  |
| Proces, który oddziałuje na środowisko | - pył                              |   | 435                | 0               | 435                | 100  |
|  |                                    | - NO <sub>2</sub>   | 450                | 0               | 450                | 100  |
| Proces, który oddziałuje na środowisko | - pył                              |   | 260                | 0               | 260                | 100  |
|  |                                    | - pył [Si]  | 141                | 0               | 141                | 100  |
| Proces, który oddziałuje na środowisko |                                    | - zendra zaolejona z ekspandera rur (II klasa toksyczności) | 10 000             | 0               | 10000              | 100  |

### Modernizacja linii zgrzewania rur prądami wysokiej częstotliwości

Na początku lat 90. XX w. w przedsiębiorstwie Ferrum produkowano rury o małych średnicach w technologii spawania łukiem krytym w osłonie topnika spawalniczego. Była to technologia powodująca emisję zanieczyszczeń do powietrza z procesów spalania, cięcia plazmowego rur, regeneracji topnika spawalniczego, a także powstawania odpadów stałych IV klasy toksyczności tj. żużli i pyłów pospawalniczych. Technologia ta została zastąpiona zgrzewaniem prądami wysokiej częstotliwości. Zastosowano technologię energooszczędną i surowcowooszczędną. Uruchomienie linii indukcyjnego zgrzewania rur prądami wysokiej częstotliwości spowodowało likwidację ciągu rur spiralnie spawanych o średnicach 159–406 mm oraz ciągu produkcji rur wzdłużnie spawanych. Zlikwidowano również ekspander rur, który stanowi źródło powstawania odpadów II klasy toksyczności – zendry zaolejonej. Ekspander ten był elementem ciągu rur wzdłużnie spawanych. Efekty ekologiczne przedsięwzięcia przedstawiono w tabeli 3.

### Gospodarka odpadami na podstawie raportów ekologicznych przedsiębiorstwa

Na podstawie raportów ekologicznych przedsiębiorstwa Ferrum SA dokonano analizy gospodarki odpadami na przestrzeni ostatnich 7 lat. W wyniku zrealizowanych inwestycji ilość odpadów wytwarzanych przez przedsiębiorstwo uległa zmniejszeniu (tab. 4).

Spośród ogółu wytworzonych odpadów ok. 98% podlega odzyskowi, pozostałe są unieszkodliwiane. Szczegóły przedstawiono w tabeli 5.

Tab. 4. Wytwarzane odpady w przedsiębiorstwie Ferrum SA [8]

| Rok  | Kategoria odpadów                            | Ilość wytworzonych odpadów | Tendencja w stosunku do 2000 r. | Efektywność ekologiczna, %                                |
|------|--|----------------------------|---------------------------------|---|
| 2000 | Odpady stałe (tony/tok)                      | 7 400                      | Rok bazowy                      | Rok bazowy  |
| 2001 |  | 6 300                      | ↓ 1 100                         | 14,86   |
| 2002 |  | 2 728                      | ↓ 4 672                         | 63,13   |
| 2003 |  | 3 066                      | ↓ 4 334                         | 58,56   |
| 2004 |  | 2 977                      | ↓ 4 423                         | 59,77   |
| 2005 |  | 3 756                      | ↓ 3 644                         | 49,24   |
| 2006 |  | 4 790                      | ↓ 2 610                         | 35,27   |
| 2000 | Odpady ciekłe i ścieki (m <sup>3</sup> /rok) | 70 000                     | Rok bazowy                      |   |
| 2001 |  | 77 000                     | ↑ 7 000                         | Brak efektywności ekologicznej w stosunku do roku 2000 r. |
| 2002 |  | 94 800                     | ↑ 17 800                        | j.w.  |
| 2003 |  | 68 800                     | ↓ 1 200                         | 1,71  |
| 2004 |  | 64 200                     | ↓ 5 800                         | 8,28  |
| 2005 |  | 50 000                     | ↓ 20 000                        | 28,57   |
| 2006 |  | 62 000                     | ↓ 8 000                         | 11,42   |

Tab. 5. Odpady poddane odzyskowi w przedsiębiorstwie Ferrum SA [8]

| Rok  | Ilość wytworzonych odpadów (tony/rok) | Poddane odzyskowi | Ujęcie % odpadów zagospodarowanych w stosunku do odpadów ogółem wytworzonych w danym roku |
|------|---------------------------------------|-------------------|---|
| 2000 | 7 400                                 | 6 900             | 93,24   |
| 2001 | 6 300                                 | 6 200             | 98,41   |
| 2002 | 2 728                                 | 2 705             | 99,15   |
| 2003 | 3 066                                 | 2 935             | 95,72   |
| 2004 | 2 977                                 | 2 959             | 96,03   |
| 2005 | 3 756                                 | 3 676             | 97,87   |
| 2006 | 4 790                                 | 4 622             | 96,49   |

### Gospodarka energetyczna i wodna w przedsiębiorstwie

Na podstawie raportów ekologicznych przedsiębiorstwa Ferrum SA dokonano analizy gospodarki także analizy gospodarki ener-



Kolumna dofinansowana ze środków Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Katowicach

Tab. 6. Gospodarka energetyczna i wodna w przedsiębiorstwie [8]

| Rok  | Całkowite zużycie energii elektrycznej (MWh/rok) | Tendencja w stosunku do 2000 r. | Efektywność ekologiczna [%] | Całkowite zużycie energii cieplnej (GJ/rok) | Tendencja w stosunku do 2000 r. | Efektywność ekologiczna [%] | Łączne zużycie wody (m <sup>3</sup> /rok) | Tendencja w stosunku do 2000 r. | Efektywność ekologiczna [%]             |
|------|--|---------------------------------|-----------------------------|---|---------------------------------|-----------------------------|---|---------------------------------|---|
| 2000 | 13 367   | Rok bazowy                      | Rok bazowy                  | 118 791                                     | Rok bazowy                      | Rok bazowy                  | 73 000                                    | Rok bazowy                      | Rok bazowy                              |
| 2001 | 11 486   | ↓ 1 881                         | 14,07                       | 98 235                                      | ↓ 20 556                        | 17,30                       | 80 000                                    | ↑ 7 000                         | Brak efektywności w stosunku do 2000 r. |
| 2002 | 8 555  | ↓ 4 812                         | 35,99                       | 79 991                                      | ↓ 38 800                        | 32,66                       | 106 000                                   | ↑ 33 000                        |   |
| 2003 | 9 723  | ↓ 3 644                         | 27,26                       | 70 397                                      | ↓ 48 394                        | 40,73                       | 74 000                                    | ↑ 1 000                         |   |
| 2004 | 9 058  | ↓ 4 309                         | 32,23                       | 60 564                                      | ↓ 58 227                        | 49,01                       | 70 000                                    | ↓ 3 000                         | 4,10                                    |
| 2005 | 10 107   | ↓ 3 260                         | 24,38                       | 70 400                                      | ↓ 48 391                        | 40,73                       | 53 000                                    | ↓ 20 000                        | 27,39                                   |
| 2006 | 11 525   | ↓ 1 842                         | 13,78                       | 74 354                                      | ↓ 44 437                        | 37,40                       | 69 000                                    | ↓ 4 000                         | 5,47                                    |

getycznej i wodnej przedsiębiorstwa. Zakres czasowy badań obejmował okres od 2000 do 2006 r. Szczegóły przedstawiono w tabeli 6.

Jak wynika z analizy danych zamieszczonych tabeli 5, w analizowanym przedsiębiorstwie zmniejszono zużycie wody z 73 000 m<sup>3</sup> do 69 000 m<sup>3</sup>, energii elektrycznej z 13 367 do 11 525 MWh, a energii cieplnej ze 118 791 GJ do 74 354 GJ.

### Podsumowanie

Realizacja programu restrukturyzacji technologii wytwarzania i implementacja procedury minimalizacji odpadów w przedsiębiorstwie Ferrum SA przyniosły efekty ekologiczne w postaci:

- zmniejszenia ilości odpadów,
- racjonalnej gospodarki odpadami (98% odpadów jest poddawanych odzyskowi),
- likwidacji odpadów najbardziej toksycznych,
- zmniejszenia emisji zanieczyszczeń gazowych i pyłów do powietrza,
- oszczędności: blachy stalowej, drutu spawalniczego oraz topnika spawalniczego i innych materiałów wsadowych (na wejściu do procesu technologicznego),
- energooszczędności – spadło zużycie energii elektrycznej na wyprodukowanie 1 tony wyrobów (całkowite zużycie energii w latach 90. XX w. wynosiło 19 000 MWh/rok, w 2006 r. 11 525 MWh/rok),
- zmniejszenia zużycia węgla kamiennego i węgla brunatnego (zastosowano gaz pokopalniany),
- zmniejszenia szkodliwej emisji gazów przy spalaniu węgla (kotły pyłowe z suchym odzuszaniem),
- oszczędności wody (zamknięte obiegi wody),
- poprawa warunków pracy (ograniczenie hałasu lub eliminacja źródeł hałasu, ograniczenie ilości emitowanych w trakcie procesów produkcyjnych pyłów i gazów szkodliwych dla zdrowia pracowników).

### LITERATURA

- [1] Skalmowski K.: Poradnik gospodarowania odpadami, wyd. Verlag Dashofer, cz. 7, rozdz. I, s. 1–7, Warszawa 2003
- [2] Bendkowski J., Wengierek M.: Logistyka odpadów, tom I, Politechnika Śląska, s. 62–63, Gliwice 2002

- [3] Borkiewicz J.: Gospodarka odpadami przemysłowymi a ekologia, Biblioteka Fundacji Ekologicznej Silesia, tom IV, Katowice 1993
- [4] Gajdzik B., Wyciślik A.: Wybrane aspekty ochrony środowiska i zarządzania środowiskowego, wyd. Politechnika Śląska, Gliwice 2007 (rozdz. IV)
- [5] Niebój A., Mrugała A.: Studium opłacalności finansowej zadania inwestycyjnego – modernizacja procesu cięcia termicznego konstrukcji spawanych, Ferrum SA, Katowice 1995
- [6] Piotrowska M.: Efekty realizacji strategii CP na przykładzie przedsiębiorstwa branży metalurgicznej, praca inżynierska, Politechnika Śląska, Katowice 2008, s. 46–69, promotor B. Gajdzik
- [7] Ocena efektów ekologicznych inwestycji projektowanej w Hucie Ferrum SA „Linia zgrzewania rur prądami wysokiej częstotliwości”, Instytut Ekologii Terenów Uprzemysłowionych, Katowice 1996
- [8] Oprac. na podst.: Raportów ekologicznych przedsiębiorstwa Ferrum SA (2000–2006)

## Zaprosili nas

Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Górnictwa na VII Konferencję Naukowo–Techniczną „Ochrona środowiska na terenach górniczych” w Szczyrku, w dniach 4–6 czerwca 2008 r.

\*\*\*

Uniwersytet Śląski na wystawę „40 lat Uniwersytetu Śląskiego. Szkic z dziejów” w Katowicach, w dniu 23 czerwca 2008 r.

\*\*\*

Akademia Ekonomiczna im. Karola Adameckiego w Katowicach na XIV Konferencję Naukową Młodych Ekonomistów „Koniunktura gospodarcza – jak daleko do recesji”, w Ustroniu, w dniach 25–26 września 2008 r.

\*\*\*

Górnośląska Wyższa Szkoła Pedagogiczna im. Kard. Augusta Hłonda w Mysłowicach na uroczystą inaugurację roku akademickiego 2008/2009 w Mysłowicach w dniu 27 września 2008 r.



Kolumna dofinansowana ze środków Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Katowicach