

Marek MACKO, Marta BONIECKA, Andrzej DROP, Daria GRABIŃSKA, Barbara GRZELCZAK

e-mail: mackomar@ukw.edu.pl

Wydział Matematyki, Fizyki i Techniki, Studenckie Koło Naukowe Komputerowego Wspomagania Projektowania, Uniwersytet Kazimierza Wielkiego, Bydgoszcz

Oszacowanie cyklu życia rozdrabniaczy przy wykorzystaniu aplikacji *SolidWorks Sustainability*

Wstęp

Zagadnienia zrównoważonego rozwoju, ochrony środowiska i potencjalnych wpływów w całym okresie życia wyrobu, począwszy od pozyskania surowców poprzez produkcję i użytkowanie wyrobów, aż do ich końcowego składowania lub gospodarczego wykorzystania, stanowią aktualnie ważny nurt działalności produkcyjnej. Przykładami skutecznej realizacji założeń jest m.in. stosowanie metod LCA, LCM, IPP, DfE [1–5, 6]. Analizie z użyciem metody LCA mogą być poddawane zarówno produkty, procesy obejmujące pełny cykl życia lub przedsięwzięcia towarzyszące tym procesom, w tym wydobycia surowców mineralnych, analizę energochłonności poszczególnych faz procesu z jednoczesnym uwzględnieniem czystości pozyskiwania energii, zapotrzebowania wody, emisji odprowadzanych do wody, gleby i powietrza, możliwości utylizacji zużytych wyrobów, czyli narodzin produktu aż do ostatecznej utylizacji lub przetworzenia czyli „śmierci”.

Znanych jest wiele aplikacji, które realizują te założenia [7, 8]. Już na etapie projektowania korzysta się z rozwiązań, których zadaniem jest pomoc w zakresie doboru najlepszego scenariusza charakteryzującego produkt o wysokim poziomie ekologiczności. Jedną z aplikacji przeznaczoną dla projektantów jest *SolidWorks Sustainability*. Pozwala na oszacowanie cyklu życia elementów i mechanizmów maszyn i urządzeń. Grupę maszyn, którą objęto wysokimi wymaganiami środowiskowymi stanowią rozdrabniacze. W literaturze spotykane są prace zmierzające do oszacowania wpływu na środowisko [9]. Określone są szczególne wskaźniki, tak jak np. dla kruszarki do skał *Nordberg HP400 SX* [10].

Celem pracy jest próba oceny wpływu na środowisko wybranych elementów rozdrabniacza laboratoryjnego z tarczowym zespołem roboczym, zaprezentowanym m.in. w pracach [11, 12] przy wykorzystaniu aplikacji *SolidWorks Sustainability*.

Aplikacja *SolidWorks Sustainability*

Aplikacja wprowadzona jako dodatek do programu *SolidWorks* daje możliwość oceny oddziaływania na środowisko projektu poprzez cały cykl życia produktu. Dzięki czemu można porównać wyniki z innych projektów, aby zapewnić zrównoważone rozwiązanie dla produktu i środowiska. Aplikacja obsługuje części (tylko obiekty brylowe) i złożenia. Inne funkcje obejmują obsługę konfiguracji, rozszerzone raportowanie oraz rozszerzone opcje oddziaływania na środowisko. Dzięki zintegrowaniu oceny cyklu życiowego w procesie projektowania, można sprawdzić w jaki sposób decyzje dotyczące materiałów, technologii i lokalizacji (miejsce produkcji i miejsc użytkowania części) wpływają na oddziaływanie projektu na środowisko.

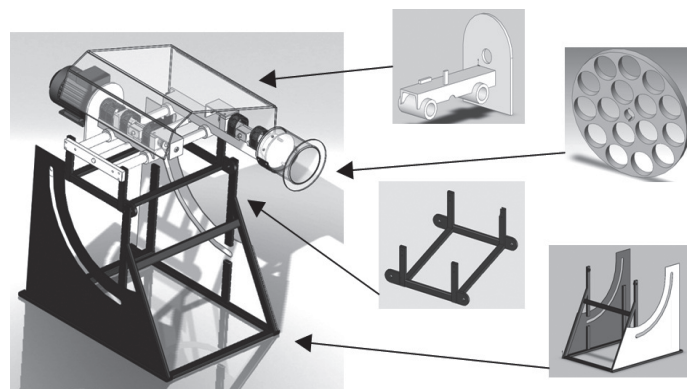
Użytkownik ma możliwość określania parametrów wykorzystywanych przez aplikację *SolidWorks Sustainability* do wykonania rozległego oszacowania wszystkich etapów w cyklu życiowym projektu. Ocena ta obejmuje: wydobycie rudy z ziemi, przetwarzanie materiałów, produkcję części, złożenie, użytkowanie produktu przez klienta końcowego, koniec żywotności - składowanie na wysypisku śmieci, recykling oraz spalanie, wszelki transport występujący pomiędzy poszczególnymi etapami oraz w ramach każdego z etapów.

Aplikacja szacuje wszystkie etapy cyklu życiowego w oparciu o dane wejściowe dla materiału, produkcji oraz lokalizacji. Rozdziela wyniki na czynniki oddziaływania na środowisko, które następnie mierzy i sumuje: emisja dwutlenku węgla, zużytkowana energia, zakwaszenie powietrza, zanieczyszczenie powietrza wynikające głównie ze spalania

paliw kopalnych, prowadzące w efekcie do kwaśnych deszczy, eutrofizacja wody, zanieczyszczenie przez nawozy, które spływają rzekami do wód przybrzeżnych, prowadząc do zakwitów alg, a w efekcie do eksterminacji wszelkiego życia morskiego w pewnych obszarach przybrzeżnych. Aplikacja dostarcza informacji zwrotnych w czasie rzeczywistym, dotyczących czynników oddziaływania na środowisko.

Metodyka badań

Do analizy wykorzystano model rozdrabniacza laboratoryjnego [11, 12] wykonany w standardzie 3DCAD *SolidWorks* (Rys. 1).



Rys. 1. Model rozdrabniacza laboratoryjnego wraz z komponentami wybranymi do analizy środowiskowej

Oszacowano wpływ na środowisko kilku elementów rozdrabniacza: podpory silnika, tarczy z otworami, podstawy pod układ napędowy i podstawy rozdrabniacza.

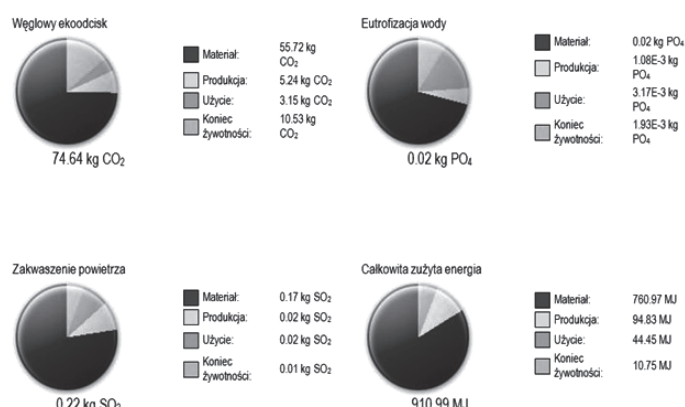
W aplikacji *SolidWorks Sustainability* pierwszym zadaniem w procesie oszacowania jest wybór materiału, z którego zostanie wykonana część. Zaproponowano stal narzędziową do wykonania tarczy i stal konstrukcyjną do pozostałych części. Wybór alternatywnych materiałów pozwala na porównanie klasy materiału, współczynnika rozszerzalności cieplnej, ciepła właściwego, masy właściwej, współczynnika sprężystości wzdłużnej, współczynnika sprężystości poprzecznej, współczynnika przewodzenia ciepła, współczynnika *Poissona*, wytrzymałości na rozciąganie, granicy plastyczności. Na wykonanie tarczy poszukiwano stali porównywalnych pod względem: współczynnika rozszerzalności cieplnej i wytrzymałości na rozciąganie. Rezultaty porównania przedstawiono na rys. 2 wskazując na udział materiału, transportu, produkcji i końca żywotności przy założeniu frezowania jako dominującego rodzaju obróbki.

Szary kolor oraz mniejsze wartości na wykresie wskazują, że wybrany materiał jest lepszym z punktu widzenia ochrony środowiska niż pierwotny materiał, reprezentowany przez czarną linię bazową.

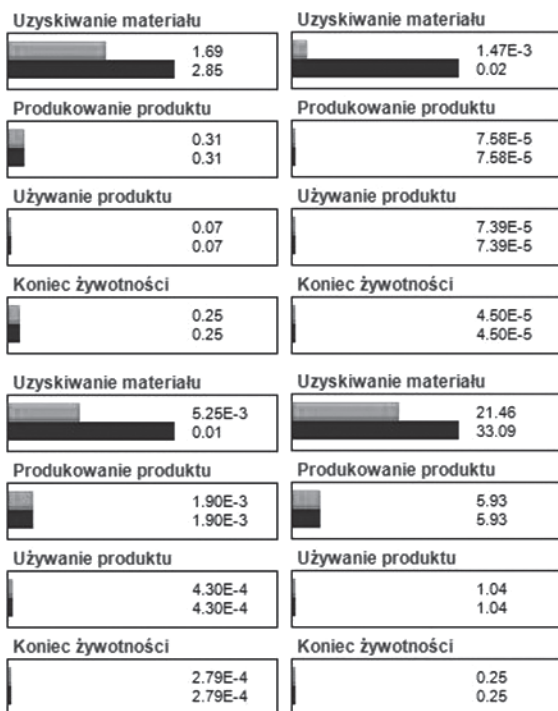
Następna opcja przewiduje wybór regionu produkcji (kontynent) oraz wykorzystania wyrobu. Uzyskane informacje przedstawione są na wykresach kołowych w odniesieniu do węgla, energii, powietrza i wody. Efektem przeprowadzonej analizy jest wskazanie na końcowy scenariusz wyrobu. Komponenty mogą być poddane recyklingowi, przeznaczone na składowisko odpadów lub spalane. Podaje się wówczas wskaźniki dotyczące zapotrzebowania na węgiel, zapotrzebowania na energię, zakwaszenie powietrza i eutrofizację wody.



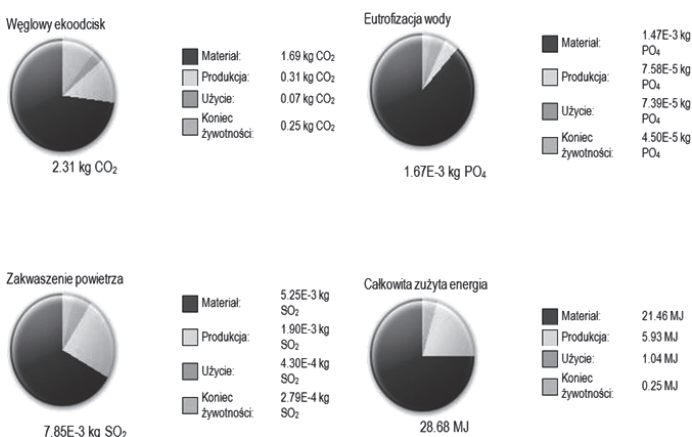
Rys. 2. Dobór materiału na wykonanie tarczy i podpory oraz wpływ tego wyboru na środowisko



Rys. 5. Fragment raportu końcowego dla podstawy rozdrabniacza



Rys. 3. Porównanie dwóch rodzajów stali narzędziowej: 60WCrV7 (słupki górne – kolor szary) oraz 32CrMoV12-28 (słupki dolne – kolor czarny) pod kątem wskaźników emisji dwutlenku węgla, eutrofizacji wody, zakwaszenia powietrza, całkowitego zapotrzebowania energetycznego



Rys. 4. Fragment raportu końcowego dla tarczy z otworami

Dane mogą być generowane do raportu końcowego w postaci wykresów kołowych. Na rys. 4 przedstawiono orientacyjne wskaźniki oddziaływania na środowisko tarczy z otworami, a na rys. 5 podstawy rozdrabniacza.

Podsumowanie

Decyzje projektantów mają niepodważalny wpływ na środowiskowe oddziaływanie produktów nie tylko w fazie produkcji, ale przez cały jego cykl życia. Ocena oddziaływania na środowisko produktu podczas jego całego cyklu, od pozyskania surowców, poprzez produkcję, dystrybucję, użycie, utylizację i recykling wygenerowana przez *SolidWorks Sustainability* pozwala na dokonanie bardziej świadomych decyzji podczas procesu produkcji.

W raporcie końcowym otrzymujemy np. orientacyjne wartości emitowanego CO₂ na poziomie 2,31 kg dla projektowanej tarczy rozdrabniacza, z czego 1,69 kg przypada na przygotowanie materiału, 0,31 kg na produkcję, 0,07 kg na użytkowanie a 0,25 kg na zagospodarowanie po użytkowaniu. Przy produkcji podstawy rozdrabniacza orientacyjna wartość CO₂ waha się na poziomie 74,64 kg, z czego 55,72 kg przypada na przygotowanie materiału, 5,24 na produkcję, 3,15 kg na użytkowanie, a 10,53 kg na zagospodarowanie po użytkowaniu. Zakłada się większą oszczędność środków i czasu wymaganego do przeprojektowywania w celu poprawy trwałości i zminimalizowania szkodliwego wpływu na środowisko naturalne. Taka forma wstępnej weryfikacji stanowi nieodłączny etap wdrażania nowych produktów na rynek.

LITERATURA

- [1] G. Dodbiba, T. Furuyama, K. Takahashi, J. Sadaki, T. Fujita: Life Cycle Assesment. Data Sc. J. 6, Suppl, 03 (2007).
- [2] J. Górzyski: Podstawy analizy środowiskowej wyrobów i obiektów. WNT, Warszawa, 2007.
- [3] K. Grzesik: Inżynieria Środowiska 11, z. 1, (2006).
- [4] A. Helias Udo de Haes, R. Heijungs: Applied Energy 84 (2007).
- [5] Z. Kowalski, J. Kulczycka, M. Góralczyk: Ekologiczna ocena życia procesów wytwórczych (LCA), PWN, Warszawa 2007.
- [6] O. Weger, P. Henseler, L. Bongulielmi, H. Birkhofer, M. Meier: Sustainability in the Information Society; The 15th Int. Symp. Inf. for Environ. Protection, Umwelt. Aktuell, ETH Zürich, Switzerland, 2001.
- [7] G. Rebitzer, T. Ekvall, R. Frischknecht, D. Hunkeler, G. Norris, T. Rydberg, W. Schmidt, S. Suh, B. P. Weidema, D. W. Pennington: Env. Int. 30 (2004).
- [8] C. J. Rydh: Journal of Cleaner Prod. nr 13 (2005).
- [9] L. Y. Ljungberg: Materials & Design, 28 (2007).
- [10] A. H. Landfield, V. Karra: Resources, Conservation and Recycling 28 (2000).
- [11] M. Macko: Inż. Ap. Chem. 47, nr 4, 49 (2008).
- [12] M. Macko: Inż. Ap. Chem. 48, nr 2, 90 (2009).