

Doktorant: mgr inż. Rafał Baron

Temat: „Analiza śladu węglowego produkcji magnesów neodymowych do generatorów turbin wiatrowych z uwzględnieniem zasad gospodarki obiegu zamkniętego”

Streszczenie

Praca pt. „Analiza śladu węglowego produkcji magnesów neodymowych do generatorów turbin wiatrowych z uwzględnieniem zasad gospodarki obiegu zamkniętego” doprowadziła do opracowania metodyki wyznaczania śladu węglowego dla pełnego cyklu życia generatora turbiny wiatrowej oraz wskazania sposobów jego redukcji poprzez zastosowanie procesów recyklingu. Głównym motywem podjęcia badań była rosnąca potrzeba opracowania efektywnych metod zagospodarowania odpadów powstających w sektorze energetyki wiatrowej, wynikająca z kończącej się żywotności turbin i konieczności wdrażania zasad gospodarki o obiegu zamkniętym.

Struktura rozprawy obejmuje część teoretyczną i badawczą. Praca składa się ze wstępu, dziewięciu rozdziałów, wniosków, bibliografii, spisów tabel i rysunków oraz załączników. W części wstępnej sformułowano cel naukowy i użyteczny pracy, postawiono tezę oraz określono zakres badań. Część literaturowa obejmuje przegląd zagadnień dotyczących energetyki wiatrowej, konstrukcji turbin i mikroinstalacji wiatrowych, problematyki recyklingu turbin, procesów wytwarzania magnesów neodymowych oraz metod wyznaczania śladu węglowego.

W części badawczej przeanalizowano przydomowy generator synchroniczny PMzg132-8B, typowo stosowany w małych turbinach wiatrowych. Opracowano metodykę jego demontażu, przeprowadzono szczegółową analizę materiałową, wyodrębniając dziewięć głównych grup materiałowych, oraz wykonano badania identyfikacyjne z użyciem spektroskopii FTIR. Z wykorzystaniem techniki ICP-MS określono udział surowców krytycznych i strategicznych, w tym pierwiastków ziem rzadkich w magnesach NdFeB, i przeprowadzono dla nich ocenę ryzyka związanego z ich dostępnością, wskaźników recyklingu i możliwości zastępowania.

Dla każdego etapu cyklu życia generatora, począwszy od pozyskania surowców, przez produkcję, transport, eksploatację, po demontaż – obliczono wartość śladu węglowego z wykorzystaniem dedykowanych do tego celu baz oraz oprogramowania. Całkowity ślad węglowy wyniósł 496,08 kg CO₂ eq, z czego największy udział miała produkcja magnesów neodymowych. W ramach analizy wrażliwości zbadano wpływ różnych scenariuszy transportu magnesów na poziom emisji.

Przeanalizowano również scenariusze recyklingu poszczególnych grup materiałowych, w tym autorską metodę separacji elektrostatycznej mieszaniny miedzi i tworzywa, porównując emisje z procesów recyklingu z produkcją surowców pierwotnych. W każdym przypadku recykling przyczynił się do istotnej redukcji śladu węglowego, a dla magnesów neodymowych redukcja sięgała 87,03%.

Łączna wartość uzyskanej redukcji wartości śladu węglowego dla pełnego cyklu życia generatora wynosi 213,29 kg CO₂ eq. Porównując uzyskany wynik do wartości śladu węglowego związanej z produkcją elementów z surowca pierwotnego (496,08 kg CO₂ eq), uzyskano redukcję o 43,06 %.

Wnioski z badań jednoznacznie potwierdzają, że zastosowanie recyklingu magnesów neodymowych i surowców strategicznych w generatorach turbin wiatrowych, zgodnie z zasadami gospodarki o obiegu zamkniętym, pozwala znacząco zmniejszyć ślad węglowy, ograniczyć zużycie zasobów naturalnych oraz zmniejszyć zależność od niestabilnych łańcuchów dostaw. Wyniki badań wdrożono w ITG KOMAG, umożliwiając praktyczne zastosowanie opracowanych metod w przemyśle.

Słowa kluczowe: turbina wiatrowa, magnesy neodymowe, ślad węglowy, recykling, gospodarka o obiegu zamkniętym, surowce krytyczne, LCA.