

Tendencje rozwojowe w budowie sprzęgieł samochodów osobowych w aspekcie zużycia paliwa

Wawrzyniec Gołębiowski, Konrad Prajowski

Streszczenie

W artykule przedstawiono tendencje rozwojowe w konstrukcji sprzęgieł samochodów osobowych. Zwrócono uwagę na ich zużycie paliwa. Praca przedstawiała sprawność ogólną sprzęgieł ciernych i przekładni hydrokinetycznych. Wywnioskowano, że sprzęgła cierne są nadal jednymi z najbardziej ekonomicznych.

Słowa kluczowe: sprzęgła cierne, sprzęgła hydrokinetyczne, DSG.

Wstęp

Konstruktorzy współczesnych pojazdów samochodowych dążą do minimalizacji zużycia paliwa zgodnie z unormowaniami światowymi dotyczącymi tego zagadnienia. Jest to realizowane nie tylko przez rozwój w budowie silników, ale także nowszą myśl techniczną dotyczącą również poszczególnych podzespołów układu przeniesienia napędu.

Jednym z nich jest sprzęgło, umieszczone między silnikiem a skrzynią biegów, które ma za zadanie rozłączyć i płynnie łączyć te podzespoły. Spełnia ono również funkcje ogranicznika maksymalnego momentu obrotowego przenoszonego z jednostki napędowej. Na przestrzeni lat dało się zauważyć różne rozwiązania konstrukcyjne, które uwzględnia rys. 1 [1].

Część koncepcji konstrukcyjnych wymienionych na przytoczonym schemacie ma jedynie znaczenie historyczne (np. sprzęgło z dociskowymi sprzężniami śrubowymi czy półosiłkowe), bądź nie znajdują bezpośredniego zastosowania w samochodach osobowych (sprzęgło bębnowe – odśrodkowe – wykorzystywane w skuterach).

Autorzy publikacji postanowili przybliżyć zagadnienia sprzęgieł z centralną sprzężnią tarczową oraz hydrokinetycznych znajdujących szerokie zastosowanie w pojazdach samochodowych, ale także sprzęgła PDK/DSG współpracującego z zautomatyzowaną skrzynią biegów.

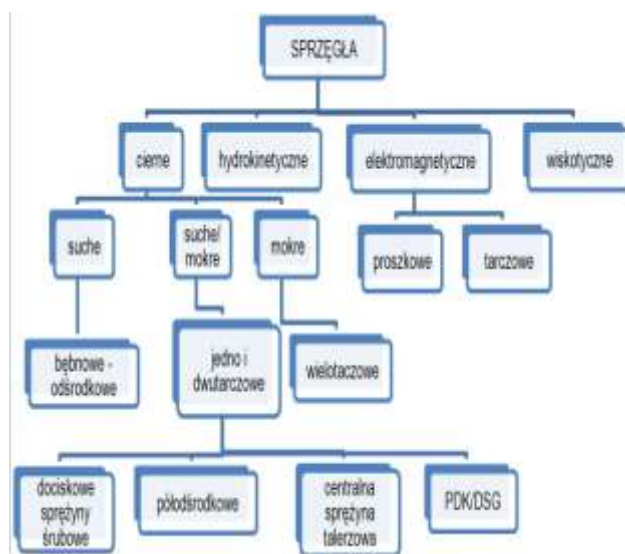
1. Cel pracy

Celem publikacji jest ukazanie tendencji rozwojowych w budowie sprzęgieł pojazdów samochodowych oraz porównanie ich pod kątem zużycia paliwa.

2. Budowa i zasada działania sprzęgieł stosowanych w samochodach osobowych

Eliminacja produkcji sprzęgła ze śrubowymi sprzężniami dociskowymi, z powodu jego większej sztywności zaskutkowałą tym, że najczęściej używanym typem tego podzespołu w przypadku pojazdu z manualną skrzynią biegów było sprzęgło z centralną tarczową sprzężnią dociskową (rys. 2). Do tej pory jest ono powszechnie stosowanym typem tego mechanizmu ze

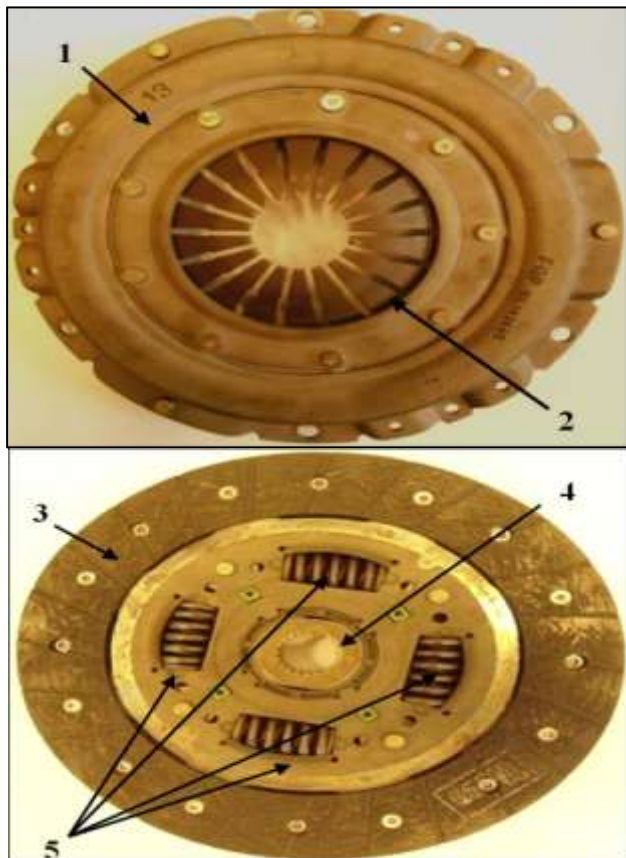
względem na bardziej korzystny przebieg charakterystyki siły docisku od jego ugięcia, tanią technologię wykonania oraz większą jego niezawodność (mniej elementów składowych).



Rys. 1. Ogólny podział sprzęgieł pojazdów samochodowych [opracowanie własne]

Czasami tłumik drgań skrętnych nie jest wykonany na tarczy sprzęgłowej, ale na dwumasowym kole zamachowym. Idea ta ogranicza drgania silnika przenoszone na skrzynię biegów oraz ma wpływ na bardziej równomierną pracę samej jednostki napędowej, co skutkuje niższym zużyciem paliwa. W samochodach sportowych stosuje się zwiokrotnioną liczbę powierzchni ciernych (więcej niż jedna tarcza sprzęgłowa oraz tarcza dociskowa) w celu przeniesienia większego momentu napędowego [1, 2], jednak w warunkach wydzielania się

znacznego ciepła (wskutek tarcia), koniecznym jest zastosowanie medium smarującego (sprzęgła mokre).



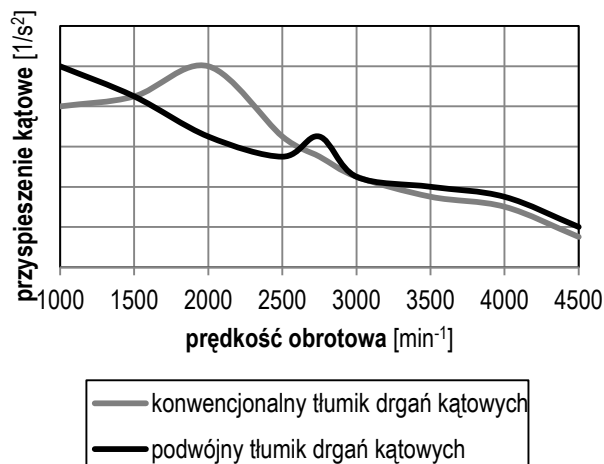
Rys. 2. Sprzęgło z centralną sprężyną talerzową: 1 - obudowa sprzęgła, 2 - centralna talerzowa sprężyna dociskowa, 3 - okładziny ciemne tarczy sprzęgłowej, 4 - piasta tarczy sprzęgłowej, 5 - sprężyny tłumika drgań skrętnych tarczy sprzęgłowej [opracowanie własne]

Budowa automatycznych skrzyń biegów z przekładniami planetarnymi wymusiła zastosowanie sprzęgła hydrokinetycznego. Składa się ono z pompy (element napędzający od wału korbowego silnika), turbiny (element napędzany przenoszący moment napędowy na wał skrzyni biegów) oraz obudowy. Wprawienie w ruch pompy powoduje obrót jej łopatek, a zarazem wirowanie cieczy, która zaczyna również krążyć między łopatkami turbiny, co skutkuje przeniesieniem napędu z silnika poprzez sprzęgło na skrzynię biegów [1,2]

Bardziej rozwiniętym rozwiązaniem, pozwalającym na zastosowanie mniejszej liczby przekładni planetarnych, w tym typie skrzyń biegów jest przekładnia hydrokinetyczna. Istotną zaletą tego układu jest zmiana przełożenia w sposób ciągły (beztropniowy), możliwość przesyłania pełnego momentu obrotowego silnika przy nieruchomym wale napędowym (ruszanie z miejsca) oraz tłumienie drgań i wibracji układu napędowego, wadą natomiast – mała sprawność, czyli duże straty energii podczas jej przekazywania [3]. W celu redukcji tego zjawiska stosuje się sprzęgło blokujące, które łączy na stałe pompę z turbiną w pewnych warunkach ruchu.

Dokonania firmy ZF Sachs AG[4] uzupełniły ten rodzaj podzespołu o podwójny tłumik drgań skrętnych elementu turbiny

(analogiczny w budowie do tłumika drgań skrętnych sprzęgła z centralną sprężyną talerzową), który pozwolił na redukcję drgań skrętnych w zakresie niższych prędkości obrotowych podczas przyspieszania (rys. 3).



Rys. 3. Przyspieszenie kątowe tłumików drgań skrętnych

W zakresie najbardziej użytecznej prędkości obrotowej wału korbowego silnika w warunkach jazdy miejskiej (od 1500 – 2500 obrotów) przyspieszenie kątowe sprzęgła (przekładni) hydrokinetycznej firmy ZF jest zdecydowanie niższe niż standardowej przekładni hydrokinetycznej nie wyposażonej w ten podzespół. Definiuje to niższy poziom drgań, a więc mniejsze straty przenoszonej energii.

Zwiększyło to sprawność ogólną układu. System pozwolił na [4]:

- obniżenie zużycia paliwa o ok. 3 %,
- zmniejszenie hałaśliwości układu,
- minimalizację zużycia elementów skrzyni biegów.

Nowoczesnym rozwiązaniem w układach napędowych, szczególnie w pojazdach wyższej klasy, jest zespół sprzęgła typu DSG zintegrowany z zautomatyzowaną skrzynią biegów. Posiada on dwa podzespoły sprzęgieł obsługujące oddzielnie biegi parzyste oraz biegi nieparzyste. Elementami zespołu są również dwa wałki sprzęgłowe - zewnętrzny połączony z pierwszym sprzęgłem i wewnętrzny (umieszczony w wałku zewnętrznym) z drugim sprzęgłem. Dzięki zaawansowanej myśli technicznej pozwala to na minimalizację czasu zmiany przełożenia oraz na bardziej płynne przekazanie mocy z silnika na skrzynię biegów [1,2].

Analogiczną koncepcją, będącą pierwowzorem powyższej konstrukcji, wykorzystaną kilkanaście lat wcześniej w samochodach sportowych Porsche 959, było sprzęgło PDK. Firma powróciła w ostatnich latach do produkcji tego modułu [5].

Odmianą budową charakteryzują się sprzęgła wiskotyczne stosowane jako elementy układu przeniesienia napędu, szczególnie w pojazdach z napędem 4x4. Istota działania podzespołu polega na zmianie lepkości oleju wiskotycznego w zależności od temperatury i zestaleniu obu części sprzęgła (czego wynikiem jest sprężgnięcie wału napędzającego i napędzanego) w wyniku wystąpienia różnicy prędkości obrotowej między dwoma kołami bądź dwoma osiami kół pojazdu (zjawisko poślizgu jednego z kół lub osi) [1, 2].

3. Symulacyjne porównanie zużycia paliwa dla różnych typów sprzęgieł

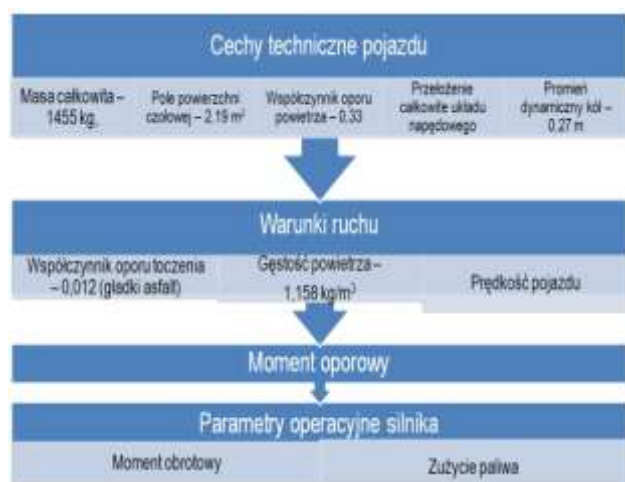
Istotnym wskaźnikiem decydującym o zużyciu paliwa jest sprawność podzespołu mechanicznego. Parametr ten

opisywany jest jako stosunek mocy na wyjściu do mocy na wejściu elementu i w rzeczywistości przyjmuje on wartości mniejsze od jedności. Spowodowane jest to stratami różnego rodzaju w układach sprzęgieł, m.in. stratami wentylacyjnymi czy hydraulicznymi [5,6].

Na podstawie literatury średnia wartość efektywności poszczególnych typów sprzęgieł wynosi kolejno [5, 6]:

- dla sprzęgieł ciernych (sprzęgło z centralną sprężyną talerzową oraz DSG) – 99,8% ,
 - dla sprzęgieł (przekładni) hydrokinetycznych – 95 %.
- Sprawność ogólna ma znaczenie przy minimalizacji zużycia paliwa, nie jest jednak jedynym czynnikiem, który decyduje o jego wielkości.

Równie ważne są przełożenia poszczególnych biegów. Aby wyeliminować znaczący wpływ tego parametru konstrukcyjnego przy porównaniu poszczególnych typów sprzęgieł przyjęto te same wartości przełożeń dla poszczególnych biegów manualnej przekładni o kołach zębatych stałe zazębionych. Wartości przełożeń dla skrzyni pięciobiegowej wynosiły kolejno: bieg I – 3,909, bieg II – 2,158, III – 1,345, IV – 0,974, V – 0,766 oraz 3,488 dla przekładni głównej.



Rys. 4. Procedura wyznaczania i zamiany momentu oporowego

Tab. 1. Porównanie wartości momentów oporowych różnych typów sprzęgieł

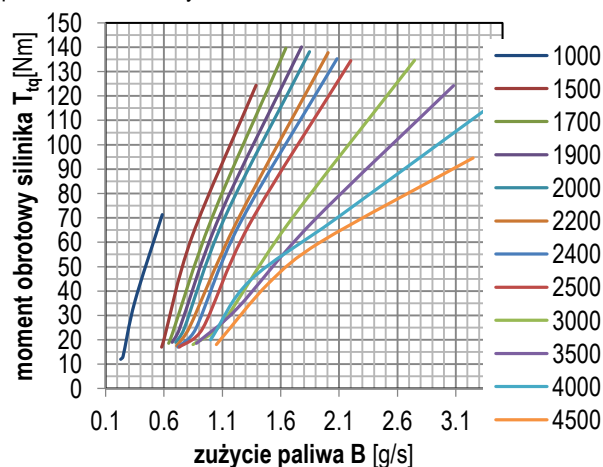
bieg	obroty silnika	Prędkość pojazdu		moment oporowy	
		km/h	m/s	s. cierne (talerzowe, DSG)	s. hydrokinet.
III	2400	53	14,67	15,40	16,17
IV	1700	52	14,35	20,94	22,00
V	2400	93	25,75	46,69	49,05
V	3000	116	32,19	63,06	66,24

Do analizy zużycia paliwa dla wybranych typów sprzęgieł zastosowano tą samą skrzynię biegów oraz przekładnię główną. Sprawności tych podzespołów przyjęto równe jedności.

Wielkość ta miała znaczenie w przypadku obliczenia wartości momentów oporowych. Nie był to jedyny parametr brany pod uwagę w obliczeniach. Wartości momentów oporowych oraz odpowiadające im zużycie paliwa silnika obliczono według procedury przedstawionej na rys. 4 zgodnie z zależnościami podanymi w literaturze [3, 6].

Wartości momentów oporowych dla różnych typów sprzęgieł i prędkości pojazdu równych 52, 53, 92 i 116 km/h wyznaczono w tabeli 1.

Realizacja wyznaczenia wartości zużycia paliwa, dla poszczególnych wartości momentów oporowych, wymagała ich odczytania z charakterystyki obciążeniowej. Została ona przedstawiona na rys. 5.



Rys. 5. Charakterystyka obciążeniowa

Charakterystyka obciążeniowa przedstawiała linie momentu obrotowego silnika w zależności od zużycia paliwa dla poszczególnych prędkości obrotowych silnika.

Odczytano z niej wartości zużycia paliwa dla przykładowych momentów oporowych dla prędkości pojazdu równych 52, 53, 92 i 115 km/h.

Tab. 2. Porównanie wartości zużycia paliwa różnych typów sprzęgieł

bieg	obroty silnika	prędkość pojazdu		zużycie paliwa		wzrost zużycia paliwa
		km/h	m/s	SC PH		
				[g/s]		
III	2400	53	14,67	0,705	0,711	0,85%
IV	1700	52	14,35	0,66	0,675	2,27%
V	2400	93	25,75	1,06	1,078	2,18%
V	3000	116	32,19	1,595	1,647	3,26%

Zużycie paliwa wynikające z zastosowania przekładni hydrokinetycznej zwiększa ten parametr o 3,26% (tab. 2).

4. Wnioski

Sprzęgła cierne (sprzęgło z centralną sprężyną talerzową, DSG) charakteryzują się większą sprawnością od przekładni hydrokinetycznych. Zużycie paliwa dla tego typu podzespołu układu przeniesienia napędu w zależności od prędkości pojazdu może być niższe nawet o 3 %. Aby zniwelować efekt poślizgu w przekładni hydrokinetycznej stosowane jest sprzęgło blokujące.

Bibliografia

1. Micknass W., Popiol R., Sprenger A.: Sprzęgła, skrzynki biegów, wały i pólósie napędowe. WKŁ, Warszawa 2004.

2. Gabryelewicz M.: Podwozia i nadwozia pojazdów samochodowych 1. Podstawy teorii ruchu i eksploatacji oraz układ przeniesienia napędu. WKŁ, Warszawa 2012.
3. Prochowski L.: Mechanika ruchu. WKiŁ, Warszawa 2008.
4. www.zf.com
5. www.porsche.com
6. Lisowski M.: Teoria ruchu samochodu. Teoria napędu. Politechnika Szczecińska. Szczecin 2003.

Development trends in the construction of clutches of passenger cars in terms of fuel consumption

Abstract

The article presents the development of the construction of clutches used in passenger cars. The aspect of fuel consumption of these components is taken into consideration. The paper focuses on the overall efficiency of friction and hydrodynamic clutches. It is noted that friction clutches continue to be found in the group of the most economical ones.

Key words: friction clutches, hydrodynamic clutches, DSG.

Autorzy:

Mgr inż. **Wawrzyniec Gołębiowski** – Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

Dr inż. **Konrad Prajowski** – Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie