

Jerzy MERKISZ*

Przemysł silnikowy w Polsce

Polska, ze stale rosnącą produkcją silników spalinowych przekraczającą obecnie 2 mln sztuk rocznie, staje się istotnym w skali światowej producentem silników. W artykule przedstawiono, poprzedzoną krótkim rysem historycznym, aktualną charakterystykę znajdującego się w Polsce przemysłu silnikowego. Zaprezentowano profil produkcji ważniejszych producentów silników – zarówno koncernów zagranicznych produkujących na masową skalę silniki do samochodów osobowych, jak również produkujących bardziej specjalistyczne jednostki rodzimych wytwórców. Analizując produkcję silników stwierdzono, że w ostatnich latach w Polsce poczynione zostały znaczne inwestycje kilku wiodących światowych producentów silników, którzy jednocześnie ulokowali tu produkcję swoich najnowocześniejszych jednostek. Miało to decydujący wpływ na wzrost i unowocześnienie produkcji silników w Polsce, a także znaczne zwiększenie ich eksportu. Dzięki temu silniki spalinowe zajmują obecnie jedną z czołowych pozycji na liście polskich przychodów z eksportu. Zaprezentowany w artykule opis przemysłu silnikowego uzupełniono o krótką charakterystykę wyższych uczelni kształcących w dziedzinie silników spalinowych oraz jednostek badawczo-rozwojowych branży silnikowej. Na zakończenie przedstawiono misję Polskiego Towarzystwa Naukowego Silników Spalinowych (PTNSS) w warunkach dynamicznie rozwijającego się w Polsce przemysłu silnikowego.

Słowa kluczowe: silnik spalinowy, przemysł, produkcja, rozwój

Engine manufacturing industry in Poland

Poland, with its continuously growing engine production – currently exceeding 2 mn units per annum – is becoming a distinguishing engine manufacturer on a world scale. The article, along with a short historical note, characterizes the engine manufacturing industry in Poland. The production profiles have been presented of both, international concerns with their mass production and more specialized Polish plants. The analysis of engine production unveiled the fact that sizeable investment projects have been realized recently in the territory of Poland by several leading engine manufacturers. Such a fact directly influences the growth and improvement of the Polish engine manufacturing industry, not to mention the increase in Poland's export. Owing to the said changes, combustion engines are on top of the list of Polish export sales. The here presented characteristics of Polish engine production also includes short descriptions of Polish university centers and R&D centers focused on didactics and scientific research in the field. At the end of the paper the author sheds some light on the mission of Polish Scientific Society of Combustions Engines (PTNSS) in the dynamically developing engine manufacturing industry in Poland.

Key words: combustion engine, industry, production, development

Konstrukcje mniej lub bardziej zasługujące na miano silnika spalinowego zaczęły pojawiać się już na początku XIX wieku; wśród nich chyba najbardziej znany jest silnik szwajcarsa Isaaca de Rivaza z 1806 roku. Za początek historii tłokowych silników spalinowych powszechnie przyjmuje się jednak rok 1860, w którym to francuski inżynier belgijskiego pochodzenia – Jean Joseph Etienne Lenoir opatentował silnik swojego pomysłu. Silnik Lenoira był pierwszym silnikiem spalinowym produkowanym na dużą skalę i pierwszym, który osiągnął sukces rynkowy. W roku 1865 w Paryżu pracowało około 500 takich silników.

Wg Niewiarowskiego [1] za pierwszego wytwórcę silników spalinowych na ziemiach polskich należy uznać zakład Machczyńskiego, który rozpoczął produkcję w Warszawie w 1885 roku. Z kolei pierwszy na ziemiach polskich silnik o zapłonie samoczynnym (ZS) wyprodukowano w 1913 lub w 1914 r. w Fabryce Armatur i Motorów URSUS w Warszawie. Po pierwszej wojnie światowej nazwę tej fabryki zmieniono na Zakłady Mechaniczne URSUS S.A., a w 1922 r. rozpoczęto w nich produkcję pierwszego polskie-

The first designs that aspired to the name of a combustion engine began to appear as early as the beginning of the 19th century. Among those, the most popular appears to have been the engine by Isaac de Rivaz created in 1806. It is, though 1860 that is commonly acknowledged to be the year of the beginning of a combustion engine when a French engineer of Belgian origin – Jean Joseph Etienne Lenoir patented the engine of his own design. Lenoir's engine was the first combustion engine manufactured on a large scale and the first to have been successful in the market. In 1865 in Paris there had already been approximately 500 of those engines.

Following Niewiarowski [1] the credit of the first engine manufacturer on Polish soil should go to the Machczyński Works which initiated production in Warsaw in 1885. The first compression ignition engine made on Polish soil was manufactured in 1913 or 1914 in Ursus in Warsaw. After the First World War the manufacturing plant was renamed to Mechanical Works Ursus S.A. and in 1922 the first Polish agricultural tractor with a two-cylinder 25 KM kerosene en-

go ciągnika rolniczego z dwucylindrowym silnikiem naftowym o mocy 25 KM. Zakłady URSUS kojarzone współcześnie wyłącznie z ciągnikami rolniczymi w okresie 20-lecia międzywojennego były bardzo ważnym krajowym producentem silników spalinowych, zarówno trakcyjnych (m.in. od 1930 r. silniki ZS na licencji Sauer), jak również lotniczych, stacjonarnych i rolniczych oraz pojazdów cywilnych i wojskowych różnych typów. Tam właśnie produkowano udane polskie silniki motocyklowe, w tym najbardziej znany silnik M111 o mocy maksymalnej 20-22 KM, przeznaczony do produkowanego również w zakładach URSUS słynnego motocykla Sokół 1000.

W okresie międzywojennym powstało wiele interesujących konstrukcji silnikowych opartych na polskiej myśli technicznej, choć wprowadzenie ich do produkcji zahamowane było w znacznym stopniu przez brak popytu w czasie kryzysu światowego. Pierwszym samochodem polskiej konstrukcji był CWS T-1 z roku 1921 wyprodukowany w liczbie około 800 sztuk. W 1923 roku powstał prototypowy silnik do tego samochodu. Był to silnik gaźnikowy, 4-cylindrowy, 4-suwowy, górnoszaworowy, chłodzony cieczą, o pojemności skokowej 3 dm³ i mocy maksymalnej 33 kW. Ze względu na brak w tamtych czasach paliw o wysokiej liczbie oktanowej, stopień sprężania wynosił tylko 4,5. Posiadał on jednak wiele, jak na owe czasy, nowatorskich rozwiązań, m.in. aluminiowy korpus i wymienne żeliwne tuleje. Silnik był smarowany pod ciśnieniem i wyposażony w układ wyłączający zapłon w przypadku niedostatecznego smarowania. Ciekawostką jest, że silnik ten posiadał tylko jeden (oprócz świec zapłonowych) rozmiar połączeń gwintowych – M10×1,5, a do jego rozebrania wystarczył jeden klucz – 17.

W latach trzydziestych produkcja silników samochodowych w Polsce była głównie wynikiem nawiązanej w 1931 r. współpracy licencyjnej z FIATEm. Podjęto wówczas produkcję silników Fiat 108 i Fiat 117 (polskie oznaczenia odpowiednio: PZInż 117 i PZInż 157). Nie były to silniki szczególnie nowoczesne (kadłub i głowica żeliwne, rozrząd dolnozaworowy), ale charakteryzowały się wysokim, jak na tamte czasy, stopniem sprężania, odpowiednio 6,6 i 6,1. Wielkość produkcji licencyjnych silników FIATa w 1935 r. wyniosła około 2500 sztuk. Stosowane były one m.in. w samochodach Polski FIAT 508, 518, 618, a także w krajowych konstrukcjach, na przykład w samochodzie terenowym PZInż 303.

W okresie drugiej wojny światowej przemysł silnikowy na terenach polskich został niemal doszczętnie zniszczony i rozgrabiony. Co więcej, w okresie tym straciło życie lub wyemigrowało wielu zdolnych konstruktorów. W Oświęcimiu zginął znany konstruktor silników samochodowych i lotniczych inż. Tadeusz Tański.

Polski przemysł silnikowy odradzał się po wojnie w bardzo trudnych warunkach infrastrukturalnych, kadrowych i politycznych. Pierwsze powojenne silniki były to jednostki składane w prymitywnych warunkach z elementów dostarczanych w ramach pomocy, m.in. z UNRRA¹⁾. Załóżki polskiego przemysłu silnikowego z prawdziwego zdarzenia

gine left the works. The Ursus plant, today associated mainly with agricultural machinery, in the period between WWI and WWII were an important manufacturer of combustion engines in Poland – traction engines (1930 Diesel engines licensed from Sauer) aviation, stationary and agricultural engines as well as civilian and military vehicles of various types. It was Ursus where the successful motorcycle engines were manufactured including the most renown M111 of a power output reaching 20-22 KM designed for the Sokół 1000 motorcycle which was also manufactured at that very plant.

Before the WWII many interesting designs based on Polish technical potential were developed though, the launch of these projects was arrested by the lack of demand resulting from the world crisis. The first vehicle of Polish origin was the CWS T-1 of 1921. 800 of those vehicles were manufactured at that time. In 1923 a prototype engine for the said vehicle was developed. It was a 3 dm³, 33kW, 4-cylinder, four stroke, OHC carburetor engine with a coolant system. Due to a lack of high octane fuels at that time, its compression ration was merely 4.5. This engine, however, had a multitude of innovative solutions such as aluminum block or replaceable cast-iron piston sleeves. The engine had a pressure lubrication system and was equipped with ignition cut-off on lubrication failure. The curiosity here is that the only screw joint gauge applied in the engines (apart of the spark plugs) was M10×1.5 and it only took a single wrench to disassemble the unit – 17.

In the 30's of the 20th century the engine manufacturing in Poland was mainly a result of a cooperation established in 1931 with Fiat. The production of such engines as Fiat 108 and Fiat 117 (Polish identification respectively: PZInż 117 and PZInż 157) was launched back then. These were not particularly modern engines (blocks and heads made of cast-iron, under-head valve system) but were characterized by a high compression ratio as for those times – 6.6 and 6.1 respectively. The production of the engines licensed from Fiat in 1935 was approximately 2500 units. The engines were fitted in Polski FIAT 508, 518, 618 and in own, Polish products – PZInż. 303 – an off-road vehicle.

During WWII the engine manufacturing industry was nearly entirely desolated and looted. What is more, many outstanding individuals related to the industry emigrated or lost their lives: Eng. Tadeusz Tański, a renown vehicle and aviation engine designer was exterminated in Oświęcim.

Polish engine manufacturing industry slowly re-spawned in very harsh political, infrastructure and personnel related environment. The first post-war engines were assembled in primitive conditions from subcomponents supplied by UNRRA. The beginning of a real Polish industry came at the end of the 40's. In 1948 Mechanical Works URSUS initiated production of an agricultural tractor LB-45, later renamed to C-45. The designers drew on a similar one by Lanz-Bulldog which had already been an obsolete but simple and reliable design. The engine of this tractor – a single cylinder, two-stroke engine with a characteristic pre-heat chamber had a power output of 45 KM.

zaczęły się kształtować pod koniec lat czterdziestych. W 1948 r. Zakłady Mechaniczne URSUS rozpoczęły produkcję ciągnika rolniczego LB-45, nazwanego później C-45. Wzorowany był on na ciągniku Lanz-Buldog, który w owym czasie był już konstrukcją dość przestarzałą, aczkolwiek prostą i sprawdzoną. Silnik tego ciągnika – jednocylinrowy, dwusuwowy, z tzw. gruszką żarową rozwijał moc 45 KM.

W okresie lat pięćdziesiątych i sześćdziesiątych, obok silników produkowanych na licencji radzieckiej (silnik M-20 do samochodu Warszawa oraz silnik do samochodu Lublin 51) i czechosłowackiej (silnik Skoda RT do samochodu ciężarowego Żubr i autobusu Jelcz), opracowano i wdrożono wiele własnych konstrukcji, w tym między innymi:

- rodzinę 2-suwowych silników motorowerowych o pojemności skokowej 50 cm³ (Nowa Dęba),
- rodzinę 2-suwowych motocyklowych silników o pojemnościach 125, 150 i 175 cm³ (Świdnik),
- silnik 4-suwowy o pojemności 350 cm³ do motocykla Junak (Szczecin),
- silniki 2-suwowe do samochodów Mikrus i Syrena (Mielec, Bielsko-Biała),
- zmodernizowany silnik S 21 do samochodów Warszawa, Żuk i Nysa,
- silniki S 47 i S 53 do samochodów ciężarowych STAR i Autobusów SAN.

Intensywny rozwój polskiego przemysłu silnikowego rozpoczął się na przełomie lat sześćdziesiątych i siedemdziesiątych, i związany był z zakupem na zachodzie licencji produkcyjnych oraz podjęciem masowej produkcji motoryzacyjnej. Do najważniejszych osiągnięć tego okresu należy:

- podjęcie masowej produkcji silników do samochodów Fiat 126p o pojemnościach skokowych 600, 650, a później 700 cm³ w FSM Bielsko-Biała; około 200 tysięcy sztuk rocznie,
- podjęcie masowej produkcji silników do samochodów Fiat 125p o pojemnościach 1300 i 1500 cm³ oraz silnika samochodu Polonez o pojemności 1600 cm³ w FSO w Warszawie, około 100 tysięcy sztuk rocznie,
- opracowanie i wdrożenie do produkcji silnika S 359 do samochodu ciężarowego STAR 200 (FSC Starachowice),
- uruchomienie produkcji licencyjnych silników SW 400 w WSW Andoria i opracowanie silnika 4C90 własnej konstrukcji,
- uruchomienie produkcji licencyjnych silników SW 680 w WSK Mielec.

Spośród zagranicznych koncernów silnikowych Polska najściślej współpracą od dawna związana jest z FIATem. Jak już wspomniano, początki tej współpracy sięgają okresu międzywojennego. Po wojnie, w 1948 r. podpisany został kontrakt dotyczący budowy w Polsce fabryki samochodów. Prace rozpoczęto, ale głównie z przyczyn politycznych kontrakt został rok później zerwany. FIAT powrócił do Polski w roku 1967, kiedy rozpoczęto produkcję licencyjnego

In the 50's and 60's, apart from the Russian-licensed engines (M-20 for Warszawa cars and the engine for Lublin 51 cars) and Czechoslovakian engines (Skoda RT for Żubr cars and Jelcz buses), many own design were developed such as:

- a family of two stroke moped engines with the capacity of 50 cm³ (Nowa Dęba),
- a family of two stroke motorcycle engines with the capacities of 125, 150 and 175 cm³ (Świdnik),
- a four stroke engine with the capacity of 350 cm³ for the Junak motorcycle (Szczecin),
- two stroke engines for Mikrus and Syrena cars (Mielec, Bielsko-Biała),
- a modernized S 21 engine for Warszawa, Żuk and Nysa cars,
- S 47 and S 53 engines for STAR trucks and SAN buses.

A rapid development of Polish engine manufacturing industry began at the end of the 60's and the beginning of the 70's and was related to the purchase of licenses from the West and the initiation of mass automotive production. One of the greatest achievements of this period were:

- initiation of mass production of Fiat 126p engines 600, 650, and then 700 cm³ at FSM Bielsko-Biała; approximately 200 000 units per annum,
- initiation of mass production of Fiat 125p engines 1300 and 1500 cm³ and the engine for Polonez with the capacity of 1600 cm³ at FSO Warszawa, approximately 100 000 units per annum,
- development and launch of production of the S 359 engine for STAR 200 truck (FSC Starachowice),
- launch of production based on licenses – SW 400 at WSW Andoria and the development of 4C90 engine of own design,
- launch of production based on licenses – SW 680 at WSK Mielec.

Poland has, for many years now, been tightly knit with the concern of Fiat. As mentioned earlier, the cooperation reaches as far as the period between WWI and WWII. In 1948, after the War Fiat and Polish authorities signed a contract on the construction of a vehicle plant in Poland. The works were initiated but for political reasons the contract was terminated a year later. FIAT returned to Poland in 1967, when the production of FIAT 125p began. Currently, Fiat is the largest manufacturer of vehicle engines in Poland with its total annual turnout exceeding 600 000 units. Fiat-GM Powertrain in Bielsko Biała has been manufacturing one of the most modern CI engines worldwide since April 2003. It has received a prestigious reward – Engine of the Year 2005 in its class – 1.0 to 1.4 dm³, outranking over 60 other engines of a similar type introduced into the market within the last year. This engine (Fig. 1) with its capacity of 1.3 dm³ is fitted with a *common rail* system using the Multijet technology. It is identified in the market as: 1.3 SDE, 1.3 JTD or 1.3 CDTi and is sold in power versions of 51 or 66 kW²⁾. It is fitted in FIAT vehicles: *Panda, Punto, Idea, Palio, Albea*,

¹⁾ ang. *United Nations Relief and Rehabilitation Administration* – Organizacja Narodów Zjednoczonych do Spraw Pomocy i Odbudowy, organizacja międzynarodowa powstała w USA w 1943 r. dla niesienia natychmiastowej pomocy krajom alianckim zniszczonym w wyniku II wojny światowej; rozwiązana w 1947 r. [2].

²⁾ Refer to Silniki Spalinowe 2/2005 (121), pp. 71-75; prototype version reaches 88 kW.

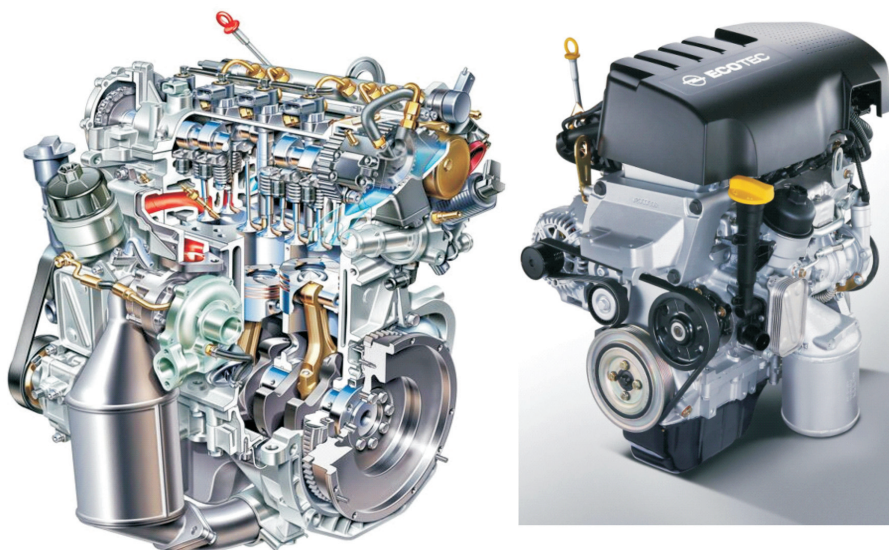
samochodu FIAT 125p, a obecnie jest największym producentem silników spalinowych w Polsce z całkowitą produkcją ponad 600 tysięcy sztuk rocznie. Od kwietnia 2003 roku w zakładach Fiat-GM Powertrain w Bielsku Białej jest produkowany jeden z najnowocześniejszych silników ZS na świecie. Otrzymał on prestiżowy tytuł Silnika Roku 2005 w klasie jednostek o pojemności skokowej od 1,0 do 1,4 dm³, wyprzedzając prawie 60 innych silników tego typu wprowadzonych na rynek podczas ostatniego roku. Silnik ten (rys. 1) o pojemności skokowej 1,3 dm³ zasilany jest w systemie *common rail* wykorzystującym technologię Multijet. Na rynku znany jest pod nazwami: 1.3 SDE, 1.3 JTD lub 1.3 CDTi i oferowany w wersjach o mocy 51 lub 66 kW²⁾. Montowany jest w samochodach FIAT: *Panda*, *Punto*, *Idea*, *Palio*, *Albea*, *Doblo*, *Lancia*: *Ypsilon*, *Musa*, Opel: *Agila*, *Corsa*, *Astra III*, *Tigra Twin Top*, *Combo Tour*, Suzuki: *Swift*, *Ignis*, *Wagon R+*, Subaru: *G3X Justy*. Docelowa wielkość produkcji tego silnika ma wynieść 640 tysięcy sztuk rocznie.

Volkswagen, choć nie związany historycznie z Polską tak silnie jak FIAT, dziś niewiele ustępuje mu pod względem produkcji silników, zajmując drugie miejsce na liście producentów silników w Polsce. W Polkowicach od 1999 r. produkowany jest najbardziej renomowany silnik ZS zasilany pompowtryskiwaczowo, flagowy silnik Volkswagena – 1.9 TDI (rys. 2). Silnik produkowany jest w wersjach o mocy od 66 do 110 kW i przeznaczony do samochodów Volkswagen: *Polo*, *Golf*, *Golf Plus*, *Bora*, *Jetta*, *New Beetle*, *Passat*, *Touran*, *Sharan*, *Multivan*, *Caddy*, *Transporter*, Audi: *A3*, *A4*, *A6*, Seat: *Ibiza*, *Cordoba*, *Leon*, *Toledo*, *Alhambra*, Skoda: *Fabia*, *Octavia Tour*, *Octavia*, *Superb* i Ford *Galaxy*. Obecna produkcja wynosi 540 tysięcy sztuk rocznie i ma być jeszcze zwiększona do 600 tysięcy.

Oprócz koncernów europejskich, produkcję silników lokują w Polsce również firmy japońskie. Pionierem był koncern ISUZU związany kapitałowo z GM, który w 1999 r. uruchomił w Tychach fabrykę o mocy produkcyjnej 300 tysięcy silników rocznie. Wytwarza ona silniki 1.7 CDTi (rys. 3) o mocach od 48 do 74 kW. Są one montowane w samochodach Opel: *Corsa*, *Meriva*, *Astra*, *Combo Tour* oraz Honda *Civic*.

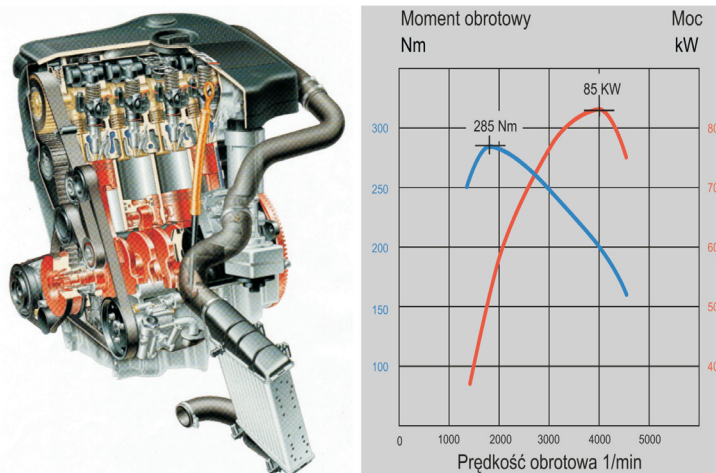
Silną pozycję producenta silników w Polsce posiada Toyota, lokując w naszym kraju aż dwie fabryki. W bieżącym roku firma Toyota Motor Industries Poland rozpoczęła w Jelczu-Laskowcach

Doblo, *Lancia*: *Ypsilon*, *Musa*, Opel vehicles: *Agila*, *Corsa*, *Astra III*, *Tigra Twin Top*, *Combo Tour*, Suzuki vehicles: *Swift*, *Ignis*, *Wagon R+*, Subaru: *G3X Justy*. The target production for this engines is 640 000 units per annum.



Rys. 1. Produkt Fiat-GM Powertrain w Bielsku Białej – silnik 1.3 SDE – Silnik Roku 2005
Fig. 1. A product by Fiat-GM Powertrain in Bielsko Biala – 1.3 SDE – Engine of the Year 2005

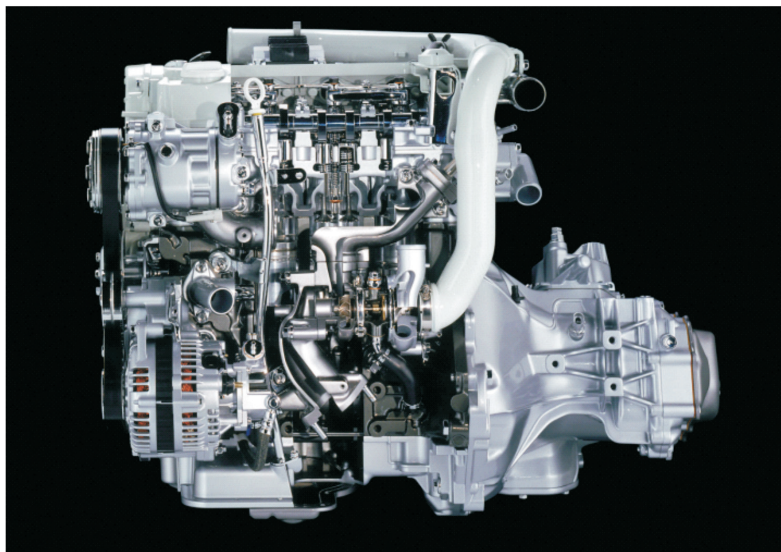
Volkswagen, though historically not that much related with Poland as is in the case of FIAT, today stands right behind it in terms of production turnout. The Polkowice plant has been manufacturing Volkswagen's most renown CI engine with its pump-nozzle injection system (1.9 TDI) since 1999 (Fig. 2). The engine is manufactured in power versions from 66 to 110 kW and is fitted in: Volkswagen: *Polo*, *Golf*, *Golf Plus*, *Bora*, *Jetta*, *New Beetle*, *Passat*, *Touran*, *Sharan*, *Multivan*, *Caddy*, *Transporter*, Audi: *A3*, *A4*, *A6*, Seat: *Ibiza*, *Cordoba*, *Leon*, *Toledo*, *Alhambra*, Skoda: *Fabia*, *Octavia Tour*, *Octavia*, *Superb* and Ford: *Galaxy*. The plant's current turnout amounts to 540 000 units per annum and is growing to reach the target of 600 000.



Rys. 2. Produkowany w Polkowicach silnik Volkswagen 1.9 TDI – najbardziej rozpowszechniony silnik ZS zasilany pompowtryskiwaczowo

Fig. 2. Volkswagen 1.9 TDI manufactured in Polkowice – most common pump-nozzle CI engine

²⁾ por. Silniki Spalinowe 2/2005 (121), s. 71-75; w wersji prototypowej silnik osiąga 88 kW.

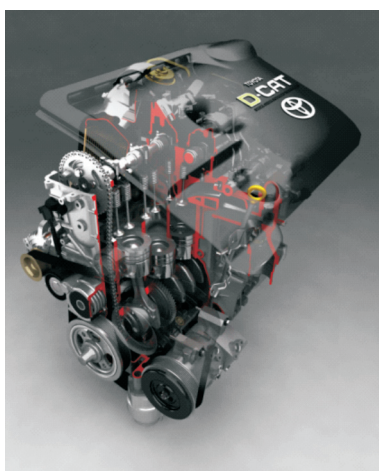


Rys. 3. Produkowany w Tychach silnik ISUZU 1.7 CDTi

Fig. 3. Engine manufactured in Tychy – ISUZU 1.7 CDTi

produkcję swojego najnowocześniejszego silnika ZS – 2.2 D-4D (rys. 4). Silnik ten zasilany jest w systemie *common rail* z piezoelektrycznymi wtryskiwaczami i wyposażony w system oczyszczania spalin D-Cat z reaktorem katalitycznym DPNR (*Diesel Particulate NO_x Reduction*). Jest on przeznaczony m.in. do samochodów Toyota Avensis i Lexus IS 220d, a docelowa wielkość produkcji ma wynieść 300 tysięcy sztuk rocznie. Z kolei w Toyota Motor Manufacturing Poland w Wałbrzychu na początku bieżącego roku rozpoczęto produkcję trzycylindrowego silnika o zapłonie iskrowym (ZI) o zmiennych fazach rozrządu, oznaczonego 1,0 VVT-i (rys. 4), przeznaczony do samochodów Citroën C1, Peugeot 107 i Toyota Aygo. Docelowa produkcja tych silników ma wynieść 250 tysięcy sztuk rocznie.

W Polsce istnieje również kilka rodzimych wytwórni silników spalinowych, często o dużych tradycjach. Zakłady te będąc w okresie Polski Ludowej przedsiębiorstwami państwowymi z różnym szczęściem przeszły przez proces urynkwienia i prywatyzacji. Obszar działania rodzimych wytwórców silników dotyczy w dużym stopniu jednostek specjalistycznych (np. morskich, wojskowych, czy lotniczych), nie powinien więc dziwić fakt, że ich produkcja jest znacznie mniejsza niż przedstawionych wcześniej koncernów światowych posiadających w Polsce swoje fabryki.



Rys. 4. Produkowany w Polsce silnik Toyoty 2.2 D-4D

Fig. 4. Toyota engine manufactured in Poland 2.2 D-4D

European concerns are not the only ones to have shifted their production to Poland. The Japanese followed suit. ISUZU, which is related with GM through their shareholding structure, was a pioneer in this matter. They launched production in a new plant in Tychy in 1999 with a production capacity reaching 300.000 units per annum. They make 1.7 CDTi (Fig. 3) with power versions from 48 to 74 kW. They are fitted in Opel: *Corsa*, *Meriva*, *Astra*, *Combo Tour* and *Honda Civic*.

Toyota has a strong position in the manufacturing industry in Poland. Toyota has two plants there. This year Toyota Motor Industries Poland has initiated production of its modern CI engine 2.2 D-4D (Fig. 4) in Jelcz-Laskowce. This engine is fitted with a *common rail* system with piezoelectric injectors and is equipped with a D-Cat after-treatment system and a DPNR catalytic converter (*Diesel Particulate NO_x Reduction*). The engine was designed for Toyota Avensis and Lexus IS 220d. The production target is estimated at 300 000 units per annum. Toyota Motor Manufacturing Poland in Wałbrzych initiated the production of a 3-cylinder SI VVT engine in the beginning of the year identified as 1.0 VVT-i (Fig. 4) fitted in Citroën C1, Peugeot 107 and Toyota Aygo. The production target is 250 000 units per annum.

Poland also has several own engine plants that have their history. The plants, in the times of People's Republic of Poland, were state-owned and had to go through a process of privatization and shift to market economy – some of them did not survive the test. The area of activity for those manufacturers is chiefly highly specialized production (marine, military and aviation engines). Hence there is little wonder the production of these plants is much smaller than the already mentioned international giants having their plants in Poland.

The engines of the highest power output are low speed engines designed for marine vessels manufactured since the 50's by H. Cegielski-Poznań S.A. In 1956 the company licensed the Swiss engine by Sulzer Brothers Ltd. (today

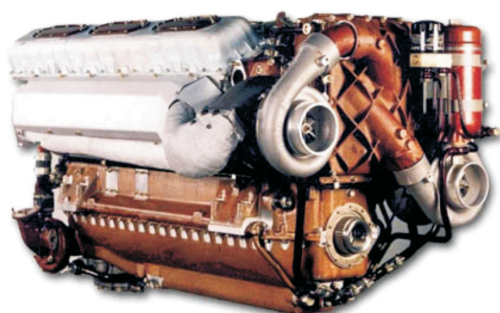
Silniki największej mocy – wolnoobrotowe silniki napędu głównego jednostek morskich produkowane są od lat pięćdziesiątych przez H. Cegielski-Poznań S.A. W 1956 roku firma zakupiła licencję na budowę silników okrętowych od szwajcarskiej firmy Sulzer Brothers Ltd. (dziś Wärtsilä Switzerland Ltd.), a w 1959 roku licencję od duńskiej firmy Burmeister&Wain (dziś MAN B&W Diesel A/S). Od tego czasu w Fabryce Silników Okrętowych HCP S.A. wyprodukowano ponad 1350 silników okrętowych o mocach dochodzących do 30000 kW. W ostatnich latach szczególną renomą cieszą się typy szeregi silników L/S-MC i L/S-MC-C (rys. 5) oraz RTA-U/B i RTA-T/B. W ramach spółki H. Cegielski-Poznań produkowane są również silniki trakcyjne i agregatowe, w tym silniki zasilane gazem ziemnym i biogazem.

Istniejące od 1951 r. Zakłady Mechaniczne „PZL-WOLA” S.A. specjalizują się w produkcji silników do napędu ciężkich pojazdów wojskowych (czołgów, transporterów, pojazdów specjalnych). Zakłady produkują także zespoły napędowe o zastosowaniu w żegludze morskiej i śródlądowej, zespoły napędowe dla kolejnictwa oraz zespoły prądotwórcze (również gazowe). Podstawowy zakres

Fig. 5. MAN B&W 7S70MC-C engine during a sign-off test

Wärtsilä Switzerland Ltd.) and in 1959 – Burmeister&Wain (today MAN B&W Diesel A/S). Ever since the marine engine factory HCP S.A. has manufactured over 1350 marine engines with power outputs reaching 30000 kW. In recent years L/S-MC and L/S-MC-C (Fig. 5) as well as RTA-U/B and RTA-T/B have been very successful in the market. H. Cegielski-Poznań also manufactures traction and power generator engines including those powered by CNG and Biogas.

Zakłady Mechaniczne „PZL-WOLA” S.A., present in the market since 1951 specialize in the manufacturing of engines for heavy military vehicles (tanks, transporters and special vehicles). The plant also manufactures drive-trains applied in foreign and inland navigation, railway and CNG operated power generator systems. The basic production range are the C series engines: 135R6, 85–310 kW; 135V12, 160–610 kW and S series: S12U, 574–625 kW; S850, 625 kW; S1000, 736 kW. The S1000 (Fig. 6) has been designed for a Polish tank PT-91 Twardy, exported i.a. to Malaysia.



Rys. 6. Silnik PZL Wola S1000 przeznaczony do napędu czołgu PT-91 Twardy

Fig. 6. PZL Wola S1000 for PT-91 Twardy (version for Malaysia)

produkcji obejmuje silniki serii C: 135R6, 85–310 kW; 135V12, 160–610 kW oraz serii S: S12U, 574–625 kW; S850, 625 kW; S1000, 736 kW. Silnik S1000 (rys. 6) jest przeznaczony do polskiego czołgu PT-91 Twardy, eksportowanego między innymi do Malezji.

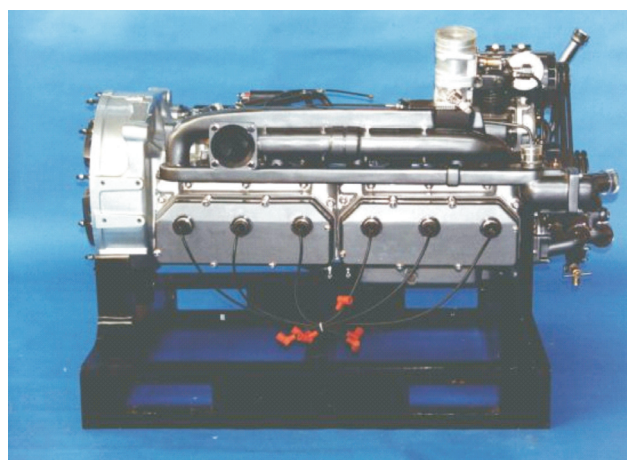
Omawiając rodzimych producentów w kolejności malejącej mocy wytwarzanych silników w tym miejscu wymienić należy Wytwórnę Silników PZL-Mielec sp. z o.o. Firma ta jest od 1968 roku producentem silników ZS typu SW680 na licencji firmy LEYLAND oraz silników SWT11 i MD111E, o mocach od 100 do 235 kW. Silniki te znajdują zastosowanie m.in. do: napędu samochodów ciężarowych, autobusów, maszyn rolniczych i budowlanych, zespołów napędowych morskich oraz zespołów prądotwórczych i pompowych. Silniki z Mielca były przez wiele lat podstawowymi źródłami napędu produkowanych w kraju samochodów ciężarowych i autobusów. Odpowiadając na zapotrzebowanie rynku PZL-Mielec zaoferował ostatnio silnik MD111P2



Podstawowe parametry:

- prędkość obrotowa
 $n = 91 \text{ obr/min}$
- średnie ciśnienie użyteczne
 $p_e = 19 \text{ bar}$
- moc maksymalna
 $N_e = 21770 \text{ kW}$
- jednostkowe zużycie paliwa
 $g_e = 169 \text{ g/kW-h}$
- zużycie oleju smarującego
 $5,5\text{--}7,5 \text{ kg/cyl/24 h}$
- zużycie oleju silnikowego
 $0,7\text{--}1,5 \text{ g/kW-h}$
- masa suchego silnika
 $m = 408 \text{ t}$

Liczba cylindrów 12
Układ cylindrów V 60°
Moc znamionowa
 $N_e = 736 \text{ kW}$
Prędkość obrotowa
 $n = 2000 \text{ obr/min}$
Średnica cylindra
 $D = 150 \text{ mm}$
Skok tłoka
 $S = 180 \text{ mm}$
Pojemność skokowa
 $V = 38,88^{\circ} \text{ dm}$
Masa własna
 $m = 1100 \text{ kg}$

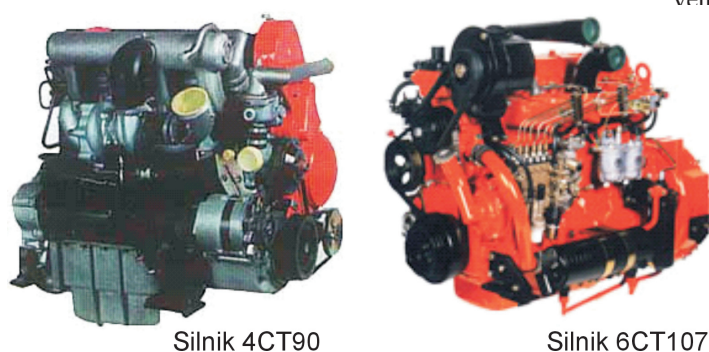


Rys. 7. Produkowany przez PZL-Mielec autobusowy silnik MD111P2 zasilany gazem ziemnym

Fig. 7. City bus CNG engine MD 111P2 by PZL-Mielec

zasilany gazem (rys. 7), przeznaczony do napędu autobusów miejskich. Silnik ten może być zabudowany w miejskich wersjach autobusów JELCZ bez jakichkolwiek dodatkowych przeróbek w miejsce silników SW680/78/1 lub SWT11/300/1.

Silniki o zapłonie samoczynnym przeznaczone do mniejszych samochodów ciężarowych, samochodów dostawczych i terenowych oraz do napędu maszyn roboczych produkowane są od 1947 r. w Wytwórni Silników Wysokoprężnych Andoria w Andrychowie. Najważniejszymi wydarzeniami w historii firmy było podjęcie w 1966 r. produkcji silnika SW400 na licencji firmy Leyland oraz w 1988 roku uruchomienie produkcji silnika 4C90, który jest własną konstrukcją firmy. W późniejszym czasie opracowano wersję turbodoładowaną oznaczoną 4CT90 (rys. 8). Silnik ten stosowany jest do napędu samochodów Lublin, Gazella, Honker, UAZ



Silnik 4CT90

Silnik 6CT107

Rys. 8. Silniki ZS polskiej konstrukcji – 4CT90 i 6CT107 produkowane przez WSW Andoria w Andrychowie

Fig. 8. CI engines of Polish design – 4CT90 and 6CT107 manufactured by WSW Andoria in Andrychów

i ARO. Obecna oferta firmy zawiera ponadto: stacjonarny, 1-cylindrowy silnik S 320, 4-cylindrowe silniki SW266 i 4CT107, 6-cylindrowe silniki SW400 i 6CT107. W przygotowaniu znajduje się silnik A110Di z bezpośrednim wtryskiem paliwa. Możliwości produkcyjne WSW Andoria oceniane są na 20 tysięcy silników rocznie.

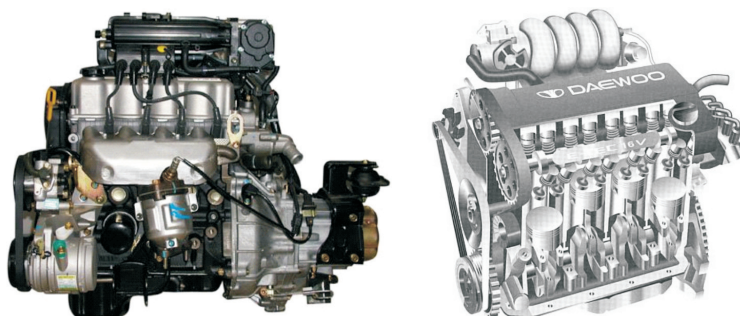
W Fabryce Samochodów Osobowych w Warszawie produkowane są od 1951 r. silniki przeznaczone głównie do wytwarzanych tu samochodów. Szczytowy okres produkcji miał miejsce w latach osiemdziesiątych, kiedy rocznie powstawało tu około 120 tysięcy silników do samochodów Polski Fiat i Polonez. Obecnie wytwarzane są tu 3-cylindrowe silniki o pojemności 800 cm³ (rys. 9) do samochodu FSO Matiz oraz silniki 1.4 SOHC; 1.5 DOHC i 1.6 DOHC do samochodu FSO Lanos. W 2000 roku firma znalazła się w bardzo trudnej sytuacji z uwagi na załamanie sprzedaży swoich wyrobów na rynku krajowym. Udało się jej jednak przetrwać, a ostatnio nawet zwiększyć produkcję dzięki wejściu na rynek ukraiński; w roku 2004 wyeksportowano tam prawie 40 tysięcy samochodów.

Specjalistyczną produkcją silników lotniczych zajmują się Wojskowe Zakłady Lotnicze w Warszawie. Produkowane są tu w niewielkich ilościach

Discussing our domestic manufacturers in a degressive manner in terms of the power output of their products, Wytwórnia Silników PZL-Mielec sp. z o.o. comes next. The company, since 1968, has been manufacturing CI engines SW 680 licensed from LEYLAND and SWT11 and MD111E with power outputs from 100 to 235 kW. Those engines are fitted in trucks, buses, agricultural and other heavy machinery, marine power-trains, power generators and pump aggregates. The Mielec engines were for many years fitted in Polish trucks, buses and coaches. Reacting to the market needs PZL-Mielec has recently added a CNG-powered MD111P2 (Fig. 7) to its offer which was designed for city buses. This engine can be fitted in the city versions of JELCZ buses without any additional modifications simply replacing the SW680/78/1 or SWT11/300/1.

CI engines designed for smaller utility vehicles, off-road vehicles and heavy machinery have been manufactured since at Wytwórnia Silników Wysokoprężnych Andoria in Andrychów. In 1966, the initiation of production of SW400 licensed from Leyland and in 1988 production of 4C90 of own design were the most significant events in the history of the plant. Later, a turbocharged version was developed identified as 4CT90 (Fig. 8). The engine is fitted in Lublin, Gazella, Honker, UAZ and ARO. The current product range of the plant is: stationary, a 1-cylinder engine S 320, a 4-cylinder engine SW266 and 4CT107 as well as a 6-cylinder engine SW400 and 6CT107. The works on the A110Di with direct injection fuel delivery system are in progress. The production capacity of WSW Andoria is estimated at 20 000 units per annum.

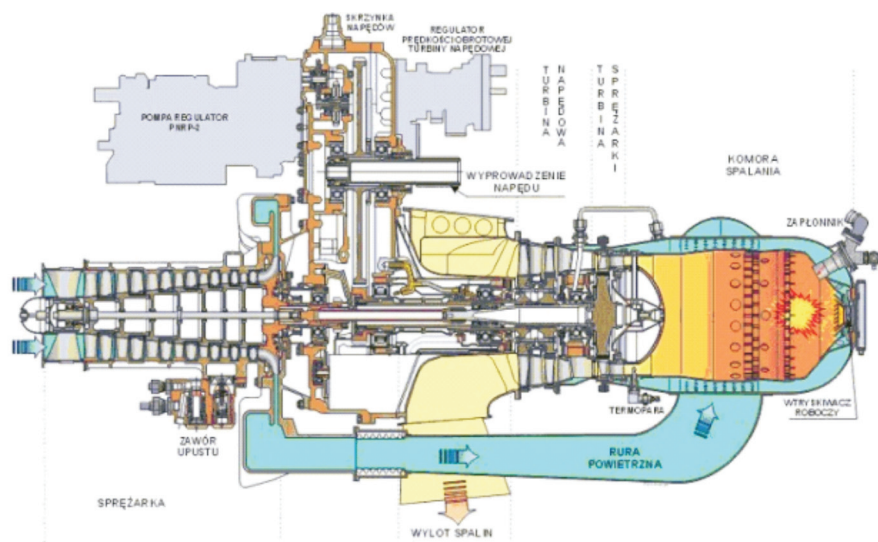
FSO in Warsaw has been manufacturing engines since 1951 that are fitted in the vehicles produced by the very plant. Peak production was achieved in the 80's when approximately 120.000 engines were made there for Polski Fiat and Polonez. Today, 3-cylinder engines, 800 cm³ (Fig. 9) for FSO Matiz together with 1.4 SOHC; 1.5 DOHC and 1.6 DOHC for FSO Lanos are manufactured in the plant. In 2000 the company found itself in a dramatic condition due to a breakdown in vehicle domestic sales of its products. The plant managed to survive in the market and has even increased production in recent months due to a successful shift to the Ukrainian market; in 2004 nearly 40 000

Silnik 800 cm³ FSO Matiz

Silnik 1,6 DOHC FSO Lanos

Rys. 9. Silniki samochodów FSO Matiz i Lanos

Fig. 9. FSO Matiz and Lanos engines



Dwuwałowy silnik turbinowy do napędu śmigłowca MI-2 (dwa silniki pracujące w układzie równoległym). Ośmiostopniowa sprężarka z zaworem upustowym pomiędzy szóstym a siódmym stopniem, dyfuzor bezłopatkowy. Trzystopniowa turbina (jeden stopień napędza sprężarkę przez wał wewnętrzny, dwa stopnie następną stanowią zespół turbiny napędowej). Turbina napędowa przez zewnętrzny wał przekazuje moc na integralny reduktor silnikowy i dalej na wał wyjściowy.

Rys. 10. Schemat śmigłowcowego silnika GTD-350 produkowanego w WSK Rzeszów

Fig. 10. Schematics of a helicopter engine GTD-350 made at WSK Rzeszów

silniki tłokowe, turbośmigłowe i odrzutowe. W WSK Rzeszów produkowane są silniki śmigłowcowe GTD-350 (rys. 10) i PZL-10W oraz silniki odrzutowe SO-1, SO-3 i K-15. Z kolei w PZL Kalisz produkowane są tłokowe silniki lotnicze ASz-61-IR, AI-14 oraz PZL-Franklin (z tłokami przeciwsobnymi – bokser).

Sumując produkcję opisanych w artykule najważniejszych fabryk silników spalinowych znajdujących się na terenie Polski (rys. 11) uzyskuje się wielkość produkcji na poziomie ponad 2 milionów sztuk rocznie. Istotnym faktem jest, że około 85% produkowanych w Polsce silników jest eksportowanych. Branża motoryzacyjna, w tym silnikowa, staje się w szybkim tempie jednym z filarów polskiego eksportu (rys. 12). Samochody osobowe zajmują pierwsze miejsce na liście przychodów z eksportu, a cała branża motoryzacyjna generuje 20% zysków polskiej wymiany handlowej ze światem.



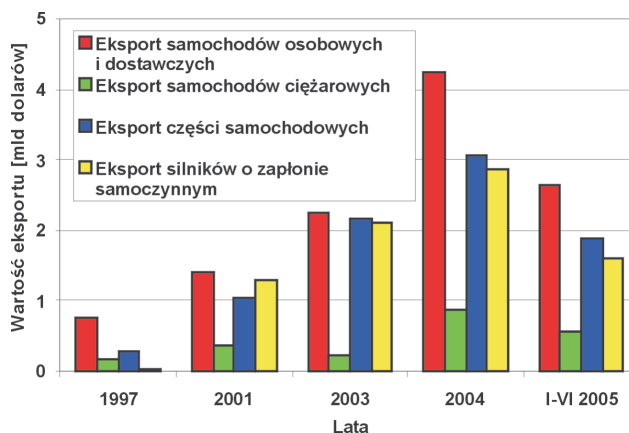
Rys. 11. Rozmieszczenie głównych fabryk silników spalinowych na terenie Polski

Fig. 11. Location of the main engine plants in Poland

vehicles were exported there.

Wojskowe Zakłady Lotnicze in Warsaw specialize in aviation engines. The operations concentrate on piston, turbo propeller and jet engines that are produced in limited amounts. WSK Rzeszów makes helicopter engines GTD-350 (Fig. 10) and PZL-10W as well as jet engines SO-1, SO-3 and K-15. PZL Kalisz manufactures piston engines for the aviation industry ASz-61-IR, AI-14 and PZL-Franklin (reciprocating engines-boxers).

Adding up all the production of all the previously mentioned plants located in the territory of Poland (Fig. 11) we arrive at a number of over 2 000 000 units per annum. It is worth mentioning that approximately 85% of the engines manufactured in Poland goes to export sales. Automotive and engine industries are rapidly becoming the foundation of Polish export (Fig. 12). Passenger cars place first on the list of export revenue sources and the whole automotive industry generates 20% of the profit that comes from international trade.



Rys. 12. Wartość polskiego eksportu w różnych gałęziach przemysłu motoryzacyjnego

Fig. 12. The value of Polish export sales in various branches of automotive industry

Analizując strukturę produkcji silników widać wyraźnie, że dominują w niej silniki ZS. Jest to z jednej strony zgodne ze światowym, a w szczególności europejskim trendem wypierania silników ZI przez silniki ZS, a z drugiej – świadczy o odzyskiwaniu przez Polskę utraconej przed laty pozycji liczącego się producenta silników ZS. Polski eksport tego typu silników przekracza obecnie już milion sztuk rocznie.

Po początkowo przegranej konkurencji z sąsiednimi krajami udało się w ostatnich latach pozyskać znaczne inwestycje wiodących światowych producentów silników. Co ważne, producenci ci właśnie u nas ulokowali produkcję swoich najnowocześniejszych jednostek. Wydaje się jednak, że wciąż wiele osób kupując gdzieś na świecie samochód napędzany nowoczesnym silnikiem nie zdaje sobie sprawy, że pod jego maską kryje się silnik wyprodukowany w Polsce.

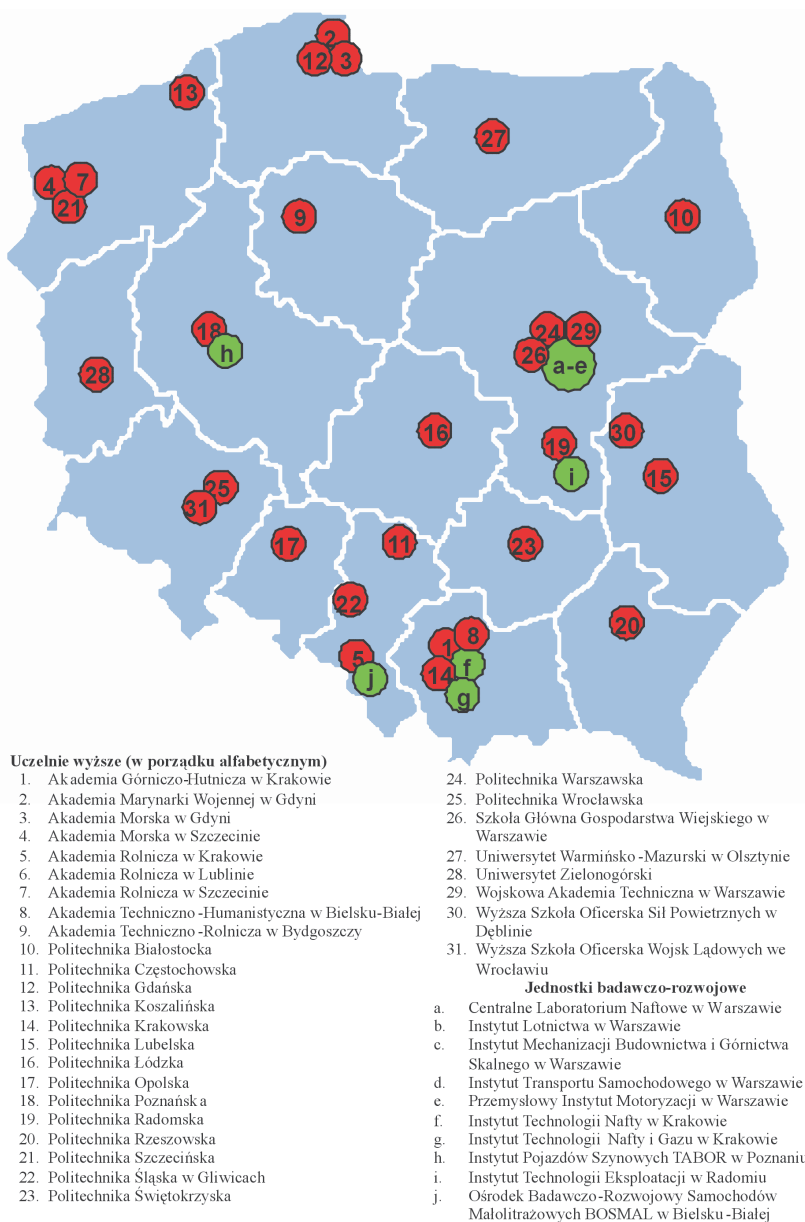
Rozwój przemysłu silnikowego w Polsce, a także wzrost jego konkurencyjności, jest warunkowany w znacznym stopniu dostępnością odpowiednio wykształconej kadry inżynierskiej. Polska jest w stanie zapewnić taką kadrę dzięki dobrze rozwiniętemu systemowi wyższego szkolnictwa technicznego, dysponującego odpowiednią bazą naukową i edukacyjną w dziedzinie silników spalinowych. Obejmuje ona ponad 30 uczelni (rys. 13) równomiernie rozłożonych na terenie kraju i zatrudniających około 30 tysięcy pracowników. Kierunki kształcenia silnikowego dostosowywane są do potrzeb przemysłu lokalnego. Istnieje również szeroka współpraca ze szkolnictwem zagranicznym, obejmująca wymianę studentów i wspólne programy dydaktyczne, m.in. np. Politechniki Poznańskiej i Fachhochschule Braunschweig/Wolfenbüttel.

Na rozwój, konkurencyjność i innowacyjność przemysłu silnikowego istotny wpływ, poza wspomnianymi już uczelniami, mają także ośrodki badawczo-rozwojowe. Najważniejsze polskie jednostki tego typu w branży silnikowej znajdują się w Warszawie (4 ośrodki), Bielsku-Białej i Krakowie (rys. 13). Prowadzą one współpracę z przemysłem oraz ośrodkami naukowymi w kraju i za granicą.

W warunkach dynamicznie rozwijającego się w Polsce przemysłu silnikowego, przy poparciu uczelni wyższych i jednostek badawczo-rozwojowych branży silnikowej, w 2002 roku zostało utworzone Polskie Towarzystwo Naukowe Silników Spalinowych (PTNSS). Towarzystwo obejmuje swoją działalnością wszystkie obszary zastosowań silników spalinowych i zrzesza obecnie około 300 członków zwyczajnych i 8 członków honorowych.

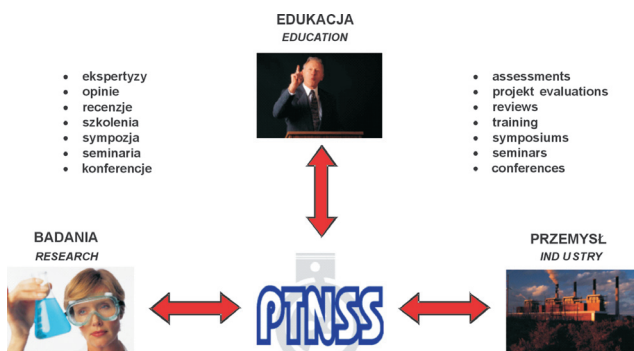
When analyzing the engine production structure, we can clearly see that compression ignition engines dominate there. It remains in line with the world and, more specifically, European trends of a steady squeeze-out of the SI engines by CI ones and confirms Poland's leading position in CI engine manufacturing sector being regained after years of quasi-existence. Polish export sales of those engines have already exceeded 1 000 000 units per annum.

After a loss sustained in the battle for new investors with the adjacent countries Poland has recently managed to secure new investments of world leading engine manufacturers. The fact that the manufacturers have decided to launch production of their most advanced engines in our country



Rys. 13. Główne polskie uczelnie wyższe i jednostki badawczo-rozwojowe prowadzące badania oraz kształcące w dziedzinie silników spalinowych

Fig. 13. The main Polish Technical University Schools and R&D centers continuing their didactic and research activities within the field of combustion engines



Rys. 14. Obszar działalności Polskiego Towarzystwa Naukowego Silników Spalinowych

Fig. 14. The scope of activity of Polish Scientific Society of Combustion Engines

Misją PTNSS jest integracja wszystkich stron zainteresowanych rozwojem silników spalinowych, zarówno tych związanych z przemysłem, jak i tych związanych z nauką i badaniami (rys. 14). Mimo krótkiego okresu działalności Towarzystwo może poszczycić się sukcesami. Walnie przyczyniło się do przywrócenia periodyku *Silniki Spalinowe*, który obecnie wydawany jest w wersji dwujęzycznej (polsko-angielskiej) w bogatej szacie graficznej. Kolejnym sukcesem był zorganizowany w dniach 25–28 września 2005 r. w Szczyrku Kongres pt. „Rozwój silników spalinowych”, na który przybyło około 250 gości, w tym 52 z zagranicy – przedstawiciele przemysłu i nauki. Organizacja Kongresu związana była z realizacją jednego z podstawowych celów działalności PTNSS, a mianowicie rozwoju międzynarodowej współpracy i wymiany doświadczeń w szeroko pojętej dziedzinie silników spalinowych.

Skróty i oznaczenia/

Abbreviations and Nomenclature

CI	zapłon samoczynny/compression ignition
CWS	Centralne Warsztaty Samochodowe
DPNR	katalizator NO_x z filtrem cząstek stałych/Diesel Particulate & NO_x Reduction
GM	General Motors
PZInż	Państwowe Zakłady Inżynierii
SI	zapłon iskrowy/spark ignition
VVT-I	układ zmiennych faz rozrządu/Variable Valve Timing and Intelligence
WSK	Wytwórnia Sprzętu Komunikacyjnego
WSW	Wytwórnia Silników Wysokoprężnych

Literatura/Bibliography

- [1] Niewiarowski K.: *Tłokowe silniki spalinowe*. WKŁ, Warszawa 1983.
- [2] Multimedialna Encyklopedia Powszechna. Onet.pl S.A., 2003.
- [3] Rychter W.: *Dzieje samochodu*. WKŁ, Warszawa 1979.
- [4] Rummel A.: *Polskie konstrukcje i licencje motoryzacyjne w latach 1922-1980*. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 1985.
- [5] Zieliński A.: *Polskie konstrukcje motoryzacyjne 1947-1960*. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 1985.

appears particularly important. It seems, however, that many potential buyers, when purchasing their new cars are still not aware of the fact that the modern engines fitted in their vehicles come from Poland.

The development of the Polish engine manufacturing industry and its growing competitiveness is conditioned by the fact that an increasing number of highly qualified engineering staff are becoming available in the job market. Poland can meet such high job market expectations because it has a well developed scientific and higher technical education structures within the field of combustions engines. The structures comprise over 30 academic centers (Fig. 13) evenly spread over the territory of Poland and employ approximately 30 000 personnel. The curriculums of the academic centers are tailored to suit the needs of local industries. A wide co-operation on an international level is maintained on a regular basis i.e. Poznań University of Technology and Fachhochschule Braunschweig/Wolfenbüttel based on student exchange schemes and mutual didactic projects.

The said development, competitiveness and innovativeness of the Polish engine manufacturing industry is highly influenced not only by the academic and scientific structures, but also research and development centers. The most important operations falling into that category in Poland are located in Warsaw (4), Bielsko-Biała and Krakow (Fig. 13). They maintain cooperation with the industry and scientific centers both domestic and international.

Owing to a dynamic growth of the engine manufacturing industry in Poland and a firm support of the academic entities and R&D centers the year 2000 saw the creation of Polish Scientific Society of Combustion Engines (PTNSS). The Society focuses on all areas of combustion engine application and gathers approximately 300 ordinary and 8 honorary members.

The mission of PTNSS is to integrate all the parties interested in the development of combustion engines in the aspect of didactics, research and manufacturing (Fig. 14). Despite a relatively short period of its existence, the Society already takes pride in the revitalization of the periodical *Combustion Engines* (currently issued in the bilingual form with a very attractive layout) and the organization of The Congress on Combustion Engines from 25–28 September 2005 in Szczyrk with a turn up of around 250 participants including 52 foreign representatives of science and industry. The organization of the Congress aimed at the development of international cooperation, exchange of ideas and experience in the field of combustion engines.

Artykuł recenzowany

Prof. dr hab. inż. Jerzy Merksiz – Profesor na Wydziale Maszyn Roboczych i Transportu Politechniki Poznańskiej.

Prof. Jerzy Merksiz D.Sc., Ph.D., M.E. – Professor in the Faculty of Working Machines and Transportation at Poznan University of Technology.

