

**Teresa WOLICKA<sup>\*</sup>**  
**Władysław ORŁOWICZ<sup>\*\*</sup>**  
**Marek MRÓZ<sup>\*\*\*</sup>**  
**Politechnika Rzeszowska**

## **MATERIAŁY STOSOWANE W NOWYCH MODELACH SAMOCHODÓW OSOBOWYCH**

Skomplikowane kształty wielu elementów samochodów decydują o tym, że stosowanie technologii odlewniczej do ich wykonywania jest uzasadnione ekonomicznie. Obowiązujący obecnie wymóg obniżenia emisji spalin, wymusza na producentach zmniejszenie wagi samochodu. Poprzez to zmniejszone zostanie zużycie paliwa. W związku z tym w samochodach rośnie udział odlewów cienkościennych wykonanych z materiałów zapewniających zadowalający poziom właściwości użytkowych. Rośnie również znaczenie nowych procesów technologicznych i nowych materiałów pozwalających poprawić żywotność elementów poprzez ich uszlachetnianie powierzchniowe.

### **1. WPROWADZENIE**

Dokonanie wyboru materiału, z którego ma być wykonany określony element samochodu, prowadzi się nie tylko w aspekcie użytkowym, ale także w aspekcie ekonomicznym. Muszą być także spełnione wymagania ochrony środowiska, ponieważ od producentów wymaga się, aby samochody zużywały mniej paliwa, co wpływa na zmniejszenie emisji spalin, a zastosowane materiały mogły być poddane recyklingowi. Użytkownicy samochodów żądają zwiększenia komfortu i bezpieczeństwa jazdy, a także nowych modeli, które powinny być wytwarzane w krótkich seriach.

Spełnienie tych wszystkich wymagań jest trudne, ponieważ niektóre wzajemnie się wykluczają. Poprawa komfortu jazdy wymaga zamontowania dodatkowych materiałów izolacyjnych umożliwiających obniżenie hałasu, wprowadzenia wielu nowych elementów i urządzeń pozwalających przykładowo na ogrzewanie lusterek i foteli czy też automatyczne otwieranie i zamykanie ruchomych elementów. Z poprawą bezpieczeństwa jazdy wiąże się potrzeba wzmocnienia karoserii, układu hamowania czy też układu jezdnego.

---

<sup>\*</sup> Dr Teresa WOLICKA, Katedra Materiałoznawstwa, Wydział Budowy Maszyn i Lotnictwa, Politechnika Rzeszowska.

<sup>\*\*</sup> Prof. dr hab. inż. Antoni Władysław ORŁOWICZ, Katedra Odlewnictwa i Spawalnictwa, Wydział Budowy Maszyn i Lotnictwa, Politechnika Rzeszowska.

<sup>\*\*\*</sup> Dr inż. Marek MRÓZ, Katedra Odlewnictwa i Spawalnictwa, Wydział Budowy Maszyn i Lotnictwa, Politechnika Rzeszowska.

Konsekwencją tego jest wzrost nowoczesności samochodu, ale również podwyższenie jego masy, co z kolei prowadzi do wzrostu zużycia paliwa i wzrostu emisji spalin.

W związku z tym producenci zdążają do obniżenia masy pojazdów poprzez opracowanie nowych rozwiązań, w których szczególną uwagę zwraca się na stosowanie konstrukcji cienkościennej wykonanych ze stopów o szczególnie wysokich właściwościach mechanicznych oraz wzrost udziału elementów wykonanych z materiałów lekkich<sup>1</sup>. Przykładowo prace nad żeliwem ADI (Austempered Ductile Iron) – żeliwem sferoidalnym hartowanym izotermicznie, pozwoliły uzyskać wytrzymałość na rozciąganie  $R_m$  równą 1600 MPa, przy wydłużeniu  $A_5$  do 1%, a przy  $R_m$  równym 800 MPa wydłużenie odpowiednio wyższe do 10%<sup>2</sup>. To z kolei pozwala na projektowanie konstrukcji cienkościennej, których właściwości użytkowe mogą być wyższe niż w przypadku zastosowania takich stopów lekkich, jak stopy aluminium, przy zachowaniu podobnej wagi elementu. Żeliwo to jest bardziej odporne na zużycie ścierne, lepiej tłumi drgania. Ma ono również przewagę nad innymi materiałami, jeśli ocenia się je poprzez wskaźniki charakteryzujące koszty związane z uzyskaniem konkretnej wytrzymałości<sup>3</sup>.

W ostatnim okresie opracowano nowe odmiany żeliwa ausferrytycznego. Są to między innymi: żeliwo szare hartowane izotermicznie AGI (Austempered Gray Iron) czy też żeliwo wermikularne hartowane izotermicznie ACI/AVI (Austempered Compacted/ Vermicular Graphite Iron)<sup>4</sup>.

Coraz większe zastosowanie mają nowe materiały, takie jak kompozyty, piany metalowe oraz materiały stosowane na pokrycia izolacyjne i odporne na zużycie ścierne. Analizy materiałowe silników renomowanych firm samochodowych, prowadzone w Katedrze Odlewnictwa i Spawalnictwa Politechniki Rzeszowskiej<sup>5</sup>, wskazują, że producenci zdążają do obniżenia kosztów wytwarzania poprzez stosowanie tradycyjnych materiałów i konstrukcje cienkościenne. Poprawę właściwości użytkowych elementów uzyskuje się poprzez stosowanie najnowszych technologii kształtowania warstwy wierzchniej elementów, nanoszenie pokryć, jak również zmianę wagi elementu, na przykład poprzez wykonanie go ze stopu aluminium zamiast z żeliwa. Zapewnienie wysokiej, miejscowej odporności na zużycie ścierne uzyskuje się poprzez zastosowanie wtopek z żeliwa, stali lub kompozytów. Są to rozwiązania z grupy *high technology*, nad którymi pracuje wiele ośrodków naukowo-badawczych. Ich znaczenie dla rozwoju przemysłu jest zaakcentowane w najnowszych foresightach.

<sup>1</sup> S. Luft, *Podstawy budowy silników*. Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa 2006.

<sup>2</sup> *The sorellmetal book of ductile iron*, Rio Tinto Iron and Titanium Inc., Montreal, Quebec, Canada, 2004.

<sup>3</sup> E. Guzik, *Procesy uszlachetniania żeliw. Wybrane zagadnienia*. Archiwum Odlewnictwa. Monografia, 2001.

<sup>4</sup> A. Kowalski, A. Pytel, *Nowoczesne odmiany żeliwa o strukturze ausferrytycznej*. Archiwum Odlewnictwa, vol. 6, Nr 18 (2/2), 2006, 83-88.

<sup>5</sup> E. Kościelny, W. Orłowicz, Z. Opiekun, J. Michalski, *Analiza materiałowa silnika NISSAN 01B*. OBR Warszawa 1989; E. Kościelny, W. Orłowicz, Z. Opiekun, J. Michalski, *Analiza materiałowa elementów silnika PEUGEOT 205*. OBR Warszawa 1990; E. Kościelny, W. Orłowicz, Z. Opiekun, J. Michalski, *Badania jakości elementów silnika VW 1.6 Turbo po eksploatacji*. OBR Warszawa 1988; E. Kościelny, W. Orłowicz, Z. Opiekun, J. Michalski, *Analiza materiałowa elementów silnika PEUGEOT 205*. OBR Warszawa 1990; E. Kościelny, W. Orłowicz, Z. Opiekun, J. Michalski, *Analiza materiałowa silnika NISSAN MICRA*. OBR Warszawa 1989.

## 2. MATERIAŁY STOSOWANE W PRODUKCJI SAMOCHODÓW

Materiały metalowe stanowią około 80% wagi samochodu, resztę stanowią tworzywa sztuczne, guma, szkło, lakiery i tekstylia. Do grupy materiałów metalowych, stosowanych w produkcji samochodów, zaliczyć należy stal, żeliwo, spieki, stopy aluminium, stopy magnezu, metalowe materiały kompozytowe oraz pokrycia ceramiczne i metaliczne.

Ze stali są wykonywane profile kształtowe i blachy karoserii, elementy silnika, takie jak wały korbowe, korbowody, zawory, gniazda zaworów, wałki rozrządu, koła talerzowe i zębniaki, korpusy łączników, zbiorniki paliwa, obudowy trzpienia przedniego i tylnego koła, wały pędne, miski olejowe, piasty kół, wahacze, felgi. Elementy te mogą stanowić do 60% całej wagi samochodu.

Z żeliwa wykonuje się elementy silnika, takie jak kadłuby, tuleje cylindrowe, głowice, a także wały korbowe, korbowody, wałki rozrządu, koła zamachowe, koła pasowe, półpanewki, pierścienie tłokowe, widełki przełącznika biegów, wały pędne, kolektory wydechowe, obudowy mostu tylnego, obudowy mechanizmu różnicowego, korpusy łączników, koła talerzowe i zębniaki, obudowy trzpienia przedniego i tylnego koła, piasty kół, wahacze<sup>6</sup>.

W silnikach nowej generacji do wykonania gniazd zaworowych stosowane są spieki. Mają one znacznie lepsze właściwości eksploatacyjne w porównaniu ze stalowymi gniazdami zaworowymi. Badania wykazały, że szczególnie dobrymi właściwościami charakteryzują się gniazda zaworowe wykonane według polskiego patentu<sup>7</sup>. Zawierają one węgiel, kobalt, molibden, nikiel, chrom, magnez, tytan i stearynian cynku, jako środek poślizgowy.

Ze stopów aluminium wykonuje się ramy karoserii, konstrukcje drzwi, obudowy sprzęgieł, pedały, koła kierownicy, obudowy skrzyni biegów, elementy systemu chłodzenia, obudowy pomp, elementy układu zapłonowego, kadłuby silników, tuleje cylindrowe, głowice silników, kolektory, wsporniki silników, felgi<sup>8</sup>. Zastosowanie stopów aluminium do wytwarzania elementów samochodu wzrasta, co korzystnie wpływa na obniżenie masy samochodów. Prognozuje się, że w najbliższych latach udział odlewów ze stopów aluminium w samochodach osobowych ulegnie podwojeniu, głównie kosztem zmniejszenia udziału elementów wykonanych ze stali i z żeliwa.

Z uwagi na tendencję do obniżania wagi samochodów przyszłościowym materiałem do wytwarzania elementów samochodów są stopy magnezu. Ze stopów magnezu są już wytwarzane kolumny i koła kierownic, wsporniki pedału hamulca i sprzęgła, ramy siedzeń, kadłuby silników, obudowy przekładni, obudowy dmuchaw i wentylatorów, belki,

<sup>6</sup> Cz. Podrucki, *Żeliwo. Struktura, właściwości, zastosowanie*, Wyd. ZG STOP, Kraków 1991; W. Orłowicz, A. Brzeziński, Z. Opiekun, *Żeliwo szare perlityczne stosowane na odlewy motoryzacyjne, zwłaszcza na wałki rozrządu silników spalinowych*, Patent PL235745; W. Orłowicz, Z. Opiekun, J. Michalski, E. Kościelny, *Układ rozrządu silnika spalinowego*. Patent PL 262663.

<sup>7</sup> T. Wolicka, W. Tabor, A. Wilk, Z. Opiekun, W. Orłowicz, E. Kościelny, *Mieszanina spiekowa dla gniazd zaworowych i sposób wytwarzania gniazd zaworowych z mieszaniny spiekowej*. Patent PL 164740.

<sup>8</sup> Z. Górny, J. Sobczak, *Nowoczesne tworzywa odlewnicze na bazie metali nieżelaznych*. Kraków 2005; L. Heuster, E.J. Feikus, M.O. Otte, *Alloy and casting process optimization for engine block application*. AFS Transactions, 01-050, 1-9; S. Pietrowski, *Siluminy tłokowe*. Monografia. Krzepnięcie Metali i Stopów, z. 29, 1997; M. Krupiński, L.A. Dobrzański, J.H. Sokołowski, *Microstructure analysis of the automotive Al-Si-Cu casting*. Archives of Foundry Engineering, vol.8, nr 1, 2008, 71-74; S. Pietrowski, *Odlewnie kół samochodowych z siluminów*, Archiwum Odlewnictwa, 4, 2002, 210-221.

płyty wskaźników oraz felgi<sup>9</sup>. Najwięcej odlewów ze stopów magnezu jest obecnie stosowanych w samochodach wyścigowych. Na przykład w samochodzie Porsche 917 waga elementów ze stopów magnezu wynosi 133 kg<sup>10</sup>. Łączna waga elementów ze stopów magnezu w obecnie produkowanych samochodach VW i AUDI wynosi 25 kg. W okresie najbliższych pięciu lat przewiduje się jego wzrost do 87-124 kg, a po dziesięciu latach do 132-178 kg<sup>11</sup>.

Z licznej grupy materiałów kompozytowych w procesie wytwarzania elementów samochodów osobowych znalazły zastosowanie głównie stopy aluminium zbrojone węglikiem krzemu lub tlenkiem aluminium<sup>12</sup>. W kompozytach zarówno faza zbrojąca, jak i osnowa zachowują swoje właściwości fizyczne i chemiczne, lecz razem tworzą kombinację właściwości mechanicznych niemożliwą do osiągnięcia oddzielnie. W przypadku obecności w strukturze kompozytu dwóch i więcej faz zbrojących o różnej morfologii, mówi się o kompozytach hybrydowych. Właściwości wytrzymałościowe i odporność na zużycie ścierne kompozytów w podwyższonej temperaturze są znacznie lepsze niż właściwości stopów bez dodatków zbrojących. W przemyśle motoryzacyjnym z kompozytów aluminiowych wytwarza się tłoki silnikowe. Produkowane są również tłoki wykonywane tradycyjnie ze stopów aluminium-krzem, w których gniazda pod pierścienie tłokowe są odtwarzane przez wtopki wykonane z kompozytu aluminiowego zbrojonego cząstkami tlenku aluminium. Taki tłok zastosowany w 1982 roku przez firmę Toyota Motor Company był prawdopodobnie pierwszą w świecie aplikacją przemysłową metalowych kompozytów w budowie silników spalinowych. To rozwiązanie materiałowe pozwoliło na znaczące zwiększenie trwałości tłoków. W przypadku najnowszej generacji kadłubów silników wykonanych ze stopów aluminium lub ze stopów magnezu, zastosowano kompozytowe tuleje cylindrowe<sup>13</sup>. Tuleje te wykonane są z kompozytu aluminiowego zbrojonego cząstkami krzemu o określonych rozmiarach. Technologia wytwarzania takich tulei jest opatentowana pod nazwą LOKASIL. W tuleje LOKASIL jest przykładowo wyposażony samochód Porsche Boxter. W tym rozwiązaniu materiałowym tuleje kompozytowe zastąpiły tradycyjnie stosowane tuleje żeliwne lub tuleje aluminiowe z tulejką-wtopką wykonaną z żeliwa. W tym rozwiązaniu tulejka-wtopka ma grubość ścianki około 3 mm. Materiały kompozytowe zostały również zastosowane na tarczach i bębny hamulcowe<sup>14</sup>.

<sup>9</sup> M. Avedesian, *ASM Speciality Handbook, Magnesium and magnesium alloys*. ASM International, 1994; B. Smola, I. Stulikowa, J. Pelcora, B. Mordike, *Proceeding of the 6-th International Conference*. Magnesium alloys and their applications. Wiley-Vch, Verlag, 2003, 43-46.

<sup>10</sup> R. Dębicki, J. Tybulczuk, *Odlewnictwo dla motoryzacji*. Instytut Odlewnictwa, Kraków 1996.

<sup>11</sup> *Odlewanie ciśnieniowe stopów magnezu. Nowoczesne technologie produkcji*. Materiały firmy NTB Sp. z o.o.; Magnez materiał o rewelacyjnych właściwościach. Materiały firmy NTB Sp. z o.o.

<sup>12</sup> H.S. Lee, J.S. Yeo., S.H. Hong, D.J. Yoon, K.H. Na, *The fabrication process and mechanical properties of SiC<sub>p</sub>/Al-Si metal matrix composites for automobile air-conditioner compressor, pistons*. Journal of Materials Processing Technology, 113, 2001, 202-208; J. Ślężona, M. Dyżia, J. Wieczorek, *Casting properties of AlSi-SiC composite suspensions*. Archives of Foundry, vol. 6, no. 22, 2006, 540-545; Z. Górny, J. Sobczak, *Nowoczesne tworzywa odlewnicze na bazie metali nieżelaznych*. Kraków 2005; A. Dolata-Grosz, M. Dyżia, J. Ślężona, J. Wieczorek, *Composite applied for pistons*. Archives of Foundry Engineering, vol. 7, no. 1, 2007, 37-40.

<sup>13</sup> M. Scarlett, *Power trio*. Automotive Industries, August, 2004, 28-31; VW W8 and VW/AUDI W12 engines with ALUSIL®BLOKS. Materiały KS Aluminum Technologie AG, 2007.

<sup>14</sup> J. Sobczak, *Metalowe materiały kompozytowe*. Instytut Transportu Samochodowego – Instytut Odlewnictwa, Kraków 2001.

W przyszłościowych konstrukcjach samochodów przewiduje się zastosowanie metalowych materiałów porowatych<sup>15</sup>. Metalowe materiały porowate, zwane także pianami metalowymi, wytwarzane są obecnie głównie ze stopów aluminium. Charakteryzują się one niskim współczynnikiem przewodności cieplnej i zdolnością do tłumienia drgań, co predysponuje je do stosowania jako materiały izolacyjne i dźwiękochłonne. Z uwagi na to mogą one znaleźć potencjalne zastosowanie na nadwozia samochodów. Dzięki zdolności do pochłaniania energii rozważa się zastosowanie ich w zderzakach samochodowych. Prace na przemysłowym zastosowaniu pian aluminiowych prowadzą między innymi takie firmy, jak Jaguar Cars Ltd, Ford Motor Company i Rover Group.

### 3. POKRYCIA POWIERZCHNIOWE

Pokrycia powierzchniowe, stosowane na elementy silników samochodowych, mają za zadanie złagodzić oddziaływanie wysokiej temperatury i wstrząsów cieplnych, a także poprawić odporność na zużycie ścierne. Do pierwszej grupy pokryw zalicza się pokrycia ceramiczne, a do drugiej pokrycia metalowe.

W pracach nad nowymi konstrukcjami silników spalinowych zdąża się do uzyskania wysokiej ich sprawności. Wiąże się to ze wzrostem ciśnienia i temperatury spalin. Zbyt wysoka temperatura spalin może być niebezpieczna dla tłoków, które wykonuje się głównie ze stopów aluminium. W związku z tym opracowano pokrycia izolacyjne denek tłoków. Pokrycia te powodują obniżenie temperatury powierzchni denek tłoków w trakcie pracy silnika o 50-80°C, co pozwala wydłużyć żywotność zespołu tłokowo-cylindrowego.

Z uwagi na fakt, że współczynnik rozszerzalności cieplnej materiałów ceramicznych jest istotnie wyższy w porównaniu ze współczynnikiem rozszerzalności cieplnej stopów aluminium, to dla zapobieżenia wykruszaniu się pokrycia, którego cząstki niszczyłyby gładź tulei cylindra i pierścieni tłokowych, opracowano technikę ich nakładania z zastosowaniem przejściowej warstwy buforowej. Materiałem warstwy buforowej jest stop niklu, kobaltu, żelaza, aluminium oraz itru, hafnu lub iterbu. Współczynnik rozszerzalności cieplnej tego materiału ma wartość zbliżoną do wartości współczynnika rozszerzalności cieplnej pokrycia ceramicznego. Warstwa buforowa o grubości 0,1-0,2 mm jest nanoszona przez natryskiwanie plazmowe. Właściwą ceramiczną warstwę termoizolacyjną, o grubości 0,1-0,5 mm, stanowi tlenek cyrkonu stabilizowany itrem. Pokrycie ceramiczne nanosi się również przez natryskiwanie plazmowe.

Pokrycie chromowe jest najczęściej stosowanym pokryciem powierzchni roboczej układu pierścienie tłokowe-gładź cylindra. Pokrycie takie charakteryzuje się wysoką twardością, ok. 1000 HV, odpornością na zużycie ścierne przy współpracy z elementami z żeliwa, stali lub ze stopów aluminium. Jest ono również odporne na korozję. Dzięki niskiej wartości współczynnika tarcia przy współpracy z żeliwną lub kompozytową tuleją cylindrową, wydziela się mała ilość ciepła. Dzięki wysokiej wartości współczynnika przewodzenia ciepła następuje więc obniżenie temperatury pierścieni i części tłoka w obszarze gniazd pierścieni. Wadą pokryw chromowych jest ich mała zwilżalność olejem, co przy dużych powierzchniach współpracy sprzyja zacieraniu. Dla zmniejszenia tej niedogodności opracowano technikę wytwarzania porowatego pokrycia chromowego. Pokrycie chromowe nanosi się elektrolitycznie. W zależności od rodzaju pierścienia gru-

---

<sup>15</sup> Z. Górny, J. Sobczak, *Nowoczesne tworzywa odlewnicze na bazie metali nieżelaznych*. Kraków 2005.

bość warstwy wynosi od 0,06 do 0,25 mm. Powierzchnia warstwy chromowanej powinna charakteryzować się brakiem występow, które mogłyby rysować gładź cylindra.

W trakcie eksploatacji pierścieni produktami zużycia są niewielkie cząstki chromu. Są one wgniatanie w powierzchnię gładzi cylindra, podwyższając jego żywotność.

Według niektórych autorów<sup>16</sup> chromowanie gładzi cylindrów silnie obciążonych ciepłnie silników, pracujących w warunkach dużego zapylenia powietrza, nie gwarantuje użytkowania wymaganej ich trwałości.

Z materiałów firmy KS Aluminum AG<sup>17</sup> wynika, że w najnowszej generacji silników zamontowanych w niektórych samochodach firm Mercedes-Benz, Porsche, BMW oraz AUDI stosowane są tuleje cylindrowe ze stopu aluminium-krzem, w których wewnętrzna powierzchnia jest pokryta chromem.

W nowych silnikach samochodów BMW oraz Jaguar zastosowano tuleje cylindrowe NIKASIL<sup>18</sup>. Są one wykonane ze stopu aluminium-krzem z pokryciem powierzchni roboczej, wykonanym na osnowie niklu. Pokrycie to zawiera, obok niklowej osnowy, cząstki węgla krzemu o wielkości 2-5  $\mu\text{m}$ . Dla wykonania takiego pokrycia stosowana jest specjalna technologia elektrolitycznego nakładania. Po honowaniu tulei NIKASIL grubość zbrojonego pokrycia niklowego wynosi 0,06-0,08 mm.

#### LITERATURA

- [1] Avedesian M., *ASM Speciality Handbook, Magnesium and magnesium alloys*. ASM International, 1994.
- [2] Dębicki R., Tybulczuk J., *Odlewnictwo dla motoryzacji*. Instytut Odlewnictwa, Kraków 1996.
- [3] Dolata-Grosz A., Dyzia M., Śleziona J., Wieczorek J., *Composite applied for pistons*. Archives of Foundry Engineering, vol. 7, nr 1, 2007, 37-40.
- [4] Górny Z., Sobczak J., *Nowoczesne tworzywa odlewnicze na bazie metali nieżelaznych*. Kraków 2005.
- [5] Guzik E., *Procesy uszlachetniania żeliw. Wybrane zagadnienia*. Archiwum Odlewnictwa, Monografia, 2001.
- [6] Heuster L., Feikus E.J., Otte M.O., *Alloy and castingprocess optimization for engine block application*. AFS Transactions, 01-050, 1-9.
- [7] Kościelny E., Orłowicz W., Opiekun Z., Michalski J., *Analiza materiałowa elementów silnika PEUGEOT 205*. OBR, Warszawa 1990.
- [8] Kościelny E., Orłowicz W., Opiekun Z., Michalski J., *Analiza materiałowa silnika NISSAN MICRA*, OBR, Warszawa 1989.
- [9] Kościelny E., Orłowicz W., Opiekun Z., Michalski J., *Analiza materiałowa silnika NISSAN 01B*, OBR, Warszawa 1989.
- [10] Kościelny E., Orłowicz W., Opiekun Z., Michalski J., *Badania jakości elementów silnika VW 1.6 Turbo po eksploatacji*, OBR Warszawa, 1988.
- [11] Kowalski A., Pytel A., *Nowoczesne odmiany żeliwa o strukturze ausferrytycznej*, Archiwum Odlewnictwa, vol. 6, nr 18 (2/2), 2006, 83-88.
- [12] Kozaczewski W., *Konstrukcja grupy tłokowo-cylindrowej silników spalinowych*, Wyd. Komunikacji i Łączności, Warszawa 2004.
- [13] Krupiński M., Dobrzański L.A., Sokołowski J.H., *Microstructure analysis of the automotive Al-Si-Cu casting*, Archives of Foundry Engineering, vol. 8, 2008, 71-74.

<sup>16</sup> W. Kozaczewski, *Konstrukcja grupy tłokowo-cylindrowej silników spalinowych*, Wyd. Komunikacji i Łączności, Warszawa 2004.

<sup>17</sup> Materiały informacyjne firmy KS Aluminum AG.

<sup>18</sup> E. Mayer-Räsler, *MAHLE-NIKASIL eine neue verschlissfeste Schicht für Motorteile*. Materiały informacyjne firmy MAHLE.

- [14] Lee H.S., Yeo J.S., Hong S.H., Yoon D.J., Na K.H., *The fabrication process and mechanical properties of SiC<sub>p</sub>/Al-Si metal matrix composites for automobile air-conditioner compressor, pistons*. Journal of Materials Processing Technology, 113, 2001, 202-208.
- [15] Luft S., *Podstawy budowy silników*. Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa, 2006.
- [16] *Magnez materiał o rewelacyjnych właściwościach*. Materiały firmy NTB, Sp. z o.o.
- [17] Materiały informacyjne firmy KS Aluminum AG.
- [18] Mayer-Räsler E., MAHLE-NIKASIL eine neue verschlissfeste Schicht für Motorteile. Materiały informacyjne firmy MAHLE.
- [19] *Odlewanie ciśnieniowe stopów magnezu. Nowoczesne technologie Produkcji*. Materiały firmy NTB Sp. z o.o.
- [20] Orłowicz W., Brzeziński A., Opiekun Z., *Żeliwo szare perlityczne stosowane na odlewy motorzacyjne, zwłaszcza na wałki rozrządu silników spalinowych*. Patent PL235745.
- [21] Orłowicz W., Opiekun Z., Michalski J., Kościelny E., *Układ rozrządu silnika spalinowego*. Patent PL 262663.
- [22] Pietrowski S., *Odlewnie kół samochodowych z siluminów*. Archiwum Odlewnictwa, 4, 2002, 210-221.
- [23] Pietrowski S., *Siluminy tłokowe*. Monografia. Krzepnięcie Metali i Stopów, z. 29, 1997.
- [24] Podrzucki Cz., *Żeliwo. Struktura, właściwości, zastosowanie*. Wyd. ZG STOP, Kraków, 1991.
- [25] Scarlett M., *Power trio*. Automotive Industries, August, 2004, 28-31.
- [26] Smola B., Stulikowa I., Pelcora J., Mordike B., *Proceeding of the 6-th International Conference. „Magnesium alloys and their applications”*. Wiley-Vch, Verlag, 2003, 43-46.
- [27] Sobczak J., *Metalowe materiały kompozytowe*. Instytut Transportu Samochodowego, Instytut Odlewnictwa, Kraków 2001.
- [28] Ślężona J., Dyżia M., Wieczorek J., *Casting properties of AlSi-SiC composite suspensions*. Archives of Foundry, vol. 6, nr 22, 2006, 540-545.
- [29] *The sorellmetal book of ductile iron*, Rio Tinto Iron and Titanium Inc., Montreal, Quebec, Canada, 2004.
- [30] VW W8 and VW/AUDI W12 engines with ALUSIL®BLOKS. Materiały KS Aluminum Technologie AG, 2007.
- [31] Wolicka T., Tabor W., Wilk A., Opiekun Z., Orłowicz W., Kościelny E., *Mieszanina spiekowa dla gniazd zaworowych i sposób wytwarzania gniazd zaworowych z mieszaniny spiekowej*, Patent PL 164740.

## MATERIALS APPLIED IN NEW MOTOR CAR MODELS

### Summary

Complex shapes of many motor car elements decide that the use of foundry technologies in the manufacturing process remains economically feasible. The presently applicable emission thresholds force the manufacturers to reduce the overall vehicle weights. That in turn results in reduction of fuel consumption. As a result, contemporary motor cars include an increasing share of thin-walled castings made of materials guaranteeing satisfactory level of functional properties. At the same time, an increasing significance is attached to new technological processes and new materials allowing to extend the service life of car components by means of surface improvement techniques.

Złożono w redakcji w czerwcu 2009 r.