

**Żeliwo szare na odlewy motoryzacyjne oraz sposób kształtowania struktury geometrycznej powierzchni żeliwa, zwłaszcza powierzchni odlewów motoryzacyjnych z tego żeliwa szarego**

Przedmiotem wynalazku jest żeliwo szare na odlewy motoryzacyjne, zwłaszcza na tuleje silników spalinowych oraz sposób kształtowania struktury geometrycznej powierzchni żeliwa, zwłaszcza powierzchni odlewów motoryzacyjnych z tego żeliwa szarego.

Z publikacji W. Kozaczewskiego pt.: „Konstrukcja grupy tłokowo-cylindrowej silników spalinowych”, WKŁ, Warszawa, 2004 znane jest przygotowanie struktury geometrycznej powierzchni gładzi tulei cylindrowej, które uwzględnia przeciwstawne oddziaływanie wysokości jej nierówności na zużycie ściernie tulei i pierścieni tłokowych oraz na zużycie oleju silnikowego. Wzrost wysokości nierówności gładzi cylindrowej, przy jednoczesnym braku wykruszeń grafitu oraz braku zawalcowań warstwy przypowierzchniowej podnosi odporność na zacieranie układu tuleja-pierścień tłokowy, podczas gdy obniżenie wartości nierówności powierzchni gładzi sprzyja zmniejszeniu zużycia oleju.

Dotychczas, większość znanych bloków cylindrowych silników samochodowych, wykonywanych jest jako odlewy ciśnieniowe, w których stosowane są tuleje – wtopki z żeliwa szarego z grafitem płatkowym o honowanej powierzchni gładzi.

Z publikacji G. Duka pt.: „Laufflächerigestaltung von Zylinder und Zylinderlaufbuchsen”, Goetzwerke AG. Der Kolbenringe K9, wiadomo, że korzystnym, z uwagi na odporność na zużycie ściernie tulei żeliwnych jest honowanie dwuetapowe, które polega na oselkowaniu o grubym ziarnie, celem

uzyskania nierówności w zakresie od  $8\mu\text{m}$  do  $10\mu\text{m}$ , a następnie zatępieniu wierzchołków ich wzniesień osłkami drobnoziarnistymi dla uzyskania wysokości nierówności w zakresie od  $2\mu\text{m}$  do  $8\mu\text{m}$ . Efektem tego znanego sposobu, jest uzyskanie powierzchni nośnej – plateau, która stanowi od 50% do 70% powierzchni gładzi!

Znane monobloki silników wysokoprężnych odlewane są w formach piaskowych z perlitycznego żeliwa szarego. Z publikacji W. L. Guesser, I. Maserio, E. Melleras, C. Cabezas pt.: „Fatigue strength of gray iron and compacted graphite iron used for engine cylinder blocks”, SAE Brasil, 2004-01-2222, 2004 wiadomo, że dzięki wyższej wytrzymałości zmęczeniowej żeliwa z grafitem wermikularnym, w porównaniu do żeliwa szarego z grafitem płatkowym można wykonać z niego bloki cylindrowe o mniejszych rozmiarach i mniejszej masie.

Z opisu patentowego PL 213037 B1 znany jest sposób poprawy odporności na zużycie ścierne tulei wtopek z silnie nadeutektycznego siluminu o składzie chemicznym zapewniającym utworzenie się faz międzymetalicznych i kryształów krzemu pierwotnego, poprzez wytrawienie aluminiowej osnowy, celem uzyskania naturalnych kieszeni smarnych otaczających wyeksponowane kryształy krzemu pierwotnego oraz faz międzymetalicznych tworzących powierzchnię nośną. W kieszeniach smarnych gromadzi się olej silnikowy, a podczas pracy pary trącej również nanocząsteczki produktów zużycia kryształów krzemu i faz międzymetalicznych, tworząc ciągłą warstwę ochronną o właściwościach przeciwwzatarciowych i przeciwsuzytych.

Celem wynalazku było opracowanie nowego żeliwa szarego na odlewy motoryzacyjne oraz nowego sposobu kształtowania struktury geometrycznej powierzchni żeliwa; zwłaszcza powierzchni odlewów motoryzacyjnych z tego żeliwa szarego, które przyczyni się do poprawy odporności na zużycie ścierne odlewów wykonanych z tego żeliwa.

Żeliwo szare na odlewy motoryzacyjne zawierające grafit, według wynalazku charakteryzuje się tym, że zawiera w składzie chemicznym od 3,7%

mas. do 3,8% mas. węgla, 2,5% mas. krzemu, od 0,14% mas. do 0,15% mas. manganu, od 0,08% mas. do 0,50% mas. miedzi, od 0,07% mas. do 0,08% mas. fosforu, od 0,011% mas. do 0,014% mas. siarki oraz od 0,030% mas. do 0,063% mas. magnezu.

Korzystnie posiada ono wydzielenia grafitu sferoidalnego lub posiada ono wydzielenia grafitu wermikularnego, przy czym wydzielenia grafitu wermikularnego stanowią 85%, a wydzielenia grafitu sferoidalnego stawią 15%, zaś grafit sferoidalny ma wielkość z zakresu od 15 $\mu$ m do 55 $\mu$ m.

Dalsze korzyści uzyskiwane są, jeżeli posiada ono dwufazową osnowę martenzytyczno-ferrytyczną, przy czym osnowa martenzytyczno-ferrytyczna zawiera od 30% mas. do 50% mas. ferrytu, a ponadto posiada ono dwufazową osnowę bainityczno-ferrytyczną, korzystnie osnowa bainityczno-ferrytyczna zawiera od 30% mas. do 50% mas. ferrytu.

Sposób kształtowania struktury geometrycznej powierzchni żeliwa, zwłaszcza powierzchni odlewów motoryzacyjnych z żeliwa szarego określonego według wynalazku charakteryzuje się tym, że żeliwo szare o składzie chemicznym zawierającym od 3,7% mas. do 3,8% mas. węgla, 2,5% mas. krzemu, od 0,14% mas. do 0,15% mas. manganu, od 0,08% mas. do 0,50% mas. miedzi, od 0,07% mas. do 0,08% mas. fosforu, od 0,011% mas. do 0,014% mas. siarki oraz od 0,030% mas. do 0,063% mas. magnezu w pierwszym etapie nagrzewa się do temperatury z zakresu od 790°C do 900°C z szybkością 300 °C/h w piecu oporowym z regulatorem temperatury do kontrolowania szybkości nagrzewania, a następnie po osiągnięciu tej temperatury w drugim etapie żeliwo wymraża się w ciekłym azocie przez 1 godzinę, po czym w trzecim etapie powierzchnię żeliwa wytrawia się kwasem azotowym (V) do utworzenia kieszeni smarnych.

Korzystnie w pierwszym etapie żeliwo nagrzewa się do temperatury z zakresu od 842°C do 900°C, korzystnie w pierwszym etapie żeliwo nagrzewa się do temperatury z zakresu od 790°C do 880°C, zaś w drugim etapie przed

wymrażaniem żeliwa w ciekłym azocie, żeliwo chłodzi się w ciekłej cynie o temperaturze 300°C i wytrzymuje się w niej w czasie 1 godziny, a następnie chłodzi się go do temperatury pokojowej w strumieniu sprężonego powietrza w czasie 5 minut albo chłodzi się go do temperatury pokojowej przez nadmuch powietrza z wentylatora w czasie 5 minut, zaś w trzecim etapie kwas azotowy (V) stosuje się o stężeniu procentowym 4%, przy czym w trzecim etapie powierzchnię żeliwa kwasem azotowym (V) wytrawia się w czasie co najwyżej 15 minut.

Żeliwa szare, zawierające grafit sferoidalny albo grafit wermikularny o mikrostrukturze osnowy uzyskanej, w wyniku stosowania sposobu kształtowania struktury geometrycznej powierzchni żeliwa, zwłaszcza powierzchni odlewów motoryzacyjnych, będącego przedmiotem wynalazku, poprzez hartowanie zwykle albo hartowanie z przemianą izotermiczną, pozwala uzyskać jego martenzytyczno-ferrytyczną albo bainityczno-ferrytyczną osnowę, korzystnie zawierającą od 30% mas. do 50% mas. ferrytu. Żeliwo szare na odlewy motoryzacyjne, będące przedmiotem wynalazku, ma znacznie większą odporność na zużycie ścierne, w porównaniu do dotychczas znanych rozwiązań. Utworzenie na powierzchni żeliwa kieszeni smarnych, które umieszczone są wokół wydzieleni grafitu i pomiędzy produktami hartowania, tworzącymi powierzchnię nośną, i w których gromadzi się środek smarny, umożliwia, podczas pracy pary trącej na tworzenie, przez nanocząsteczki grafitu oraz produktów hartowania, warstwy ochronnej o właściwościach przeciwwzatarciowych.

Przedmiot wynalazku pokazano w przykładach realizacji.

Żeliwo szare na odlewy motoryzacyjne, według wynalazku, w pierwszym przykładzie wykonania zawiera w swoim składzie chemicznym 3,70% mas. C, 2,50% mas. Si, 0,15% mas. Mn, 0,50% mas. Cu, 0,08% mas. P, 0,014% mas. S, 0,063% mas. Mg, zaś resztę stanowi żelazo. Dzięki zawartości magnezu, żeliwo posiada wydzielenia grafitu sferoidalnego, które mają rozmiary w zakresie od 15µm do 50µm. Ponadto żeliwo posiada osnowę martenzytyczno-ferrytyczną, o 30% zawartości ferrytu.

Żeliwo szare na odlewy motoryzacyjne, według wynalazku, w drugim przykładzie wykonania zawiera w swoim składzie chemicznym 3,80% mas. C, 2,50% mas. Si, 0,14% mas. Mn, 0,08% mas. Cu, 0,07% mas. P, 0,011% mas. S, 0,030% mas. Mg, zaś resztę stanowi żelazo. Dzięki zawartości magnezu, żeliwo posiada wydzielenia grafitu, które w 85% są wydzieleniami grafitu wermikularnego, zaś w 15 % są wydzieleniami grafitu sferoidalnego. Wydzielenia mają rozmiary w zakresie od 15 $\mu$ m do 55 $\mu$ m. Ponadto żeliwo posiada osnowę bainityczno-ferrytyczną, o 50% zawartości ferrytu.

Sposób kształtowania struktury geometrycznej powierzchni żeliwa, zwłaszcza powierzchni odlewów motoryzacyjnych z żeliwa, według wynalazku, w pierwszym przykładzie realizacji prowadzi się tak, że żeliwo szare o składzie chemicznym 3,70% mas. C, 2,50% mas. Si, 0,15% mas. Mn, 0,50% mas. Cu, 0,08% mas. P, 0,014% mas. S, 0,063% mas. Mg, w którym resztę stanowi żelazo z wydzieleniami grafitu sferoidalnego o rozmiarach od 15 $\mu$ m do 50 $\mu$ m, poddaje się badaniom dylatometrycznym stosując szybkość nagrzewania równą 300°C/h, testom hartowania żeliwa w temperaturach z zakresu od temperatury początku przemiany eutektoidalnej przy nagrzewaniu żeliwa TAc<sub>1</sub><sup>P</sup> do temperatury końca przemiany eutektoidalnej przy nagrzewaniu żeliwa TAc<sub>1</sub><sup>K</sup> oraz wykonuje się atlas mikrostruktur. Temperatury początku i końca przemiany eutektoidalnej przy nagrzewaniu żeliwa wynoszą odpowiednio TAc<sub>1</sub><sup>P</sup> 842°C, zaś TAc<sub>1</sub><sup>K</sup> 900°C. W pierwszym etapie żeliwo nagrzewa się, w piecu oporowym wyposażonym w regulator temperatury umożliwiający kontrolowaną szybkość nagrzewania, z szybkością 300°C/h, do temperatury 893°C, która zapewnia 30% zawartość ferrytu w osnowie martenzytyczno-ferrytycznej. Po osiągnięciu temperatury 893°C, w drugim etapie, żeliwo wymraża się w ciekłym azocie w czasie 1 godziny. W wyniku tego wymrażania austenit cząstkowy przemienia się w martenzyt. Następnie, w trzecim etapie, powierzchnię żeliwa wytrawia się kwasem azotowym (V) – HNO<sub>3</sub> o stężeniu procentowym wnoszącym 4% w czasie 14 minut. Utworzone; w wyniku wytrawiania, kieszenie smarne,

w obszarach wydzieleni ferrytu charakteryzują się głębokością od  $10\mu\text{m}$  do  $11\mu\text{m}$ .

Sposób kształtowania struktury geometrycznej powierzchni żeliwa, zwłaszcza powierzchni odlewów motoryzacyjnych z żeliwa, według wynalazku, w drugim przykładzie realizacji prowadzi się tak, że żeliwo szare o składzie chemicznym 3,80% mas. C, 2,50% mas. Si, 0,14% mas. Mn, 0,08% mas. Cu, 0,07% mas. P, 0,011% mas. S, 0,030% mas. Mg, w którym resztę stanowi żelazo, z wydzieleniami grafitu stanowiącymi w 85% grafit wermikularny oraz w 15% grafit sferoidalny o rozmiarach od  $15\mu\text{m}$  do  $55\mu\text{m}$ , poddaje się badaniom dylatometrycznym stosując szybkość nagrzewania równą  $300^\circ\text{C/h}$ , testom hartowania żeliwa w temperaturach z zakresu od temperatury początku przemiany eutektoidalnej przy nagrzewaniu żeliwa  $\text{TAc}_1^p$  do temperatury końca przemiany eutektoidalnej przy nagrzewaniu żeliwa  $\text{TAc}_1^k$  oraz wykonuje się atlas mikrostruktur. Temperatury początku i końca przemiany eutektoidalnej przy nagrzewaniu żeliwa wynoszą odpowiednio  $\text{TAc}_1^p$   $790^\circ\text{C}$ , zaś  $\text{TAc}_1^k$   $880^\circ\text{C}$ . W pierwszym etapie żeliwo nagrzewa się, w piecu oporowym wyposażonym w regulator temperatury umożliwiający kontrolowaną szybkość nagrzewania, z szybkością  $300^\circ\text{C/h}$ , do temperatury  $862^\circ\text{C}$ , która zapewnia 50% zawartość ferrytu w osnowie bainityczno-ferrytycznej. W drugim etapie żeliwo chłodzi się w ciekłej cynie o temperaturze  $300^\circ\text{C}$  i po wytrzymaniu w niej w czasie 1 godziny, żeliwo chłodzi się do temperatury pokojowej w strumieniu sprężonego powietrza w czasie 5 minut. Kolejno żeliwo wymraża się w ciekłym azocie w czasie 1 godziny. Następnie, w trzecim etapie, powierzchnię żeliwa wytrawia się kwasem azotowym (V) –  $\text{HNO}_3$  o stężeniu procentowym wnoszącym 4% w czasie 15 minut. Utworzone, w wyniku wytrawiania, kieszenie smarne, w obszarach wydzieleni ferrytu charakteryzują się głębokością od  $10,5\mu\text{m}$  do  $11,5\mu\text{m}$ .

Sposób kształtowania struktury geometrycznej powierzchni żeliwa, zwłaszcza powierzchni odlewów motoryzacyjnych z żeliwa, według wynalazku, w trzecim przykładzie realizacji, taki jak w przykładzie drugim, z tym, że żeliwo

- 7 -

chłodzi się w ciekłej cynie o temperaturze 300°C i po wytrzymaniu w niej w czasie 1 godziny, żeliwo chłodzi się do temperatury pokojowej przez nadmuchiwanie powietrza z wentylatora w czasie 5 minut.

000001749  
POLITECHNIKA RZESZOWSKA  
im. Ignacego Łukasiewicza  
35-959 Rzeszów, Al. Powstańców Warszawy 12  
tel. 17 865-11-00  
NIP 8130266999

RZECZNIK PATENTOWY  
*Piotr Okarmus*  
Piotr Okarmus