

(19)



URZĄD
PATENTOWY
RZECZYPOSPOLITEJ
POLSKIEJ

(10) **PL 242018 B1**

(12)

Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **433146**

(22) Data zgłoszenia: **2020.03.04**

(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2021.09.06 BUP 23/2021**

(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2023.01.09 WUP 02/2023**

(51) MKP:

C22C 33/08 (2006.01)

C21D 9/00 (2006.01)

C22C 37/04 (2006.01)

F02F 1/00 (2006.01)

F02F 5/00 (2006.01)

F16J 9/26 (2006.01)

(73) Uprawniony z patentu:

**POLITECHNIKA RZESZOWSKA IM. IGNACEGO
ŁUKASIEWICZA, Rzeszów, PL**

(72) Twórca(-y) wynalazku:

**ANTONI WŁADYSŁAW ORŁOWICZ,
Głogów Małopolski, PL
MAREK MRÓZ, Rzeszów, PL
MIROSŁAW TUPAJ, Rzeszów, PL
ANDRZEJ TRYTEK, Rzeszów, PL**

(74) Pełnomocnik:

Piotr Okarmus, Rzeszów, PL

(54) Tytuł:

Tuleja cylindrowa, grupa tłokowo-cylindrowa silnika spalinowego oraz sposób kształtowania mikrostruktury i struktury geometrycznej powierzchni tej tulei cylindrowej

PL 242018 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest tuleja cylindrowa, grupa tłokowo-cylindrowa silnika spalinowego oraz sposób kształtowania mikrostruktury i struktury geometrycznej powierzchni tej tulei cylindrowej.

Znane są z literatury technicznej sposoby zadawania obciążeń cieplnych, które różnią się między sobą, przez co nie jest możliwe przeprowadzenie porównania uzyskanych wyników badań prezentowanych przez różnych autorów.

Z publikacji W. Kozaczewskiego pt.: „Konstrukcja grupy tłokowo-cylindrowej silników spalinowych”. Wydawnictwo Komunikacji i Łączności WKŁ Warszawa, 2003, znane jest rozwiązanie, w którym cylindry są wykonane z żeliwa szarego o osnowie perlitycznej z grafitem płatkowym, który dzięki właściwościom smarnym zabezpiecza gładź przed wystąpieniem zatarć w okresie ubogiego smarowania; Parametry obróbki skrawaniem oraz honowania powierzchni gładzi powinny być tak dopracowane, aby nie nastąpiło wykruszenie albo zawalcowanie wydzieleń grafitu.

W publikacji A. W. Orłowicza, A. Trytka pt.: „Effect of rapid solidification on sliding wear of iron castings”, Wear, 254, 2003, str. 154–163, zostały przedstawione informacje, dotyczące tego, że w żeliwie o osnowie perlitycznej, w przypadku wydzieleń grafitu o rozłożeniu międzydendrycznym, w którym grafit ma rozmiary kilku mikrometrów, a także w przypadku długich wydzieleń grafitu wynoszących od 90 μm do 180 μm i większych, z których część jest ułożona równolegle do powierzchni trącej tulei silnikowej, występuje tendencja do tworzenia wyrwań materiału w wyniku rozwoju pęknięć zmęczeniowych. Obecność równomiernie rozmieszczonych wydzieleń grafitu płatkowego o rozmiarach około 45 μm zapewnia tulei najkorzystniejsze właściwości użytkowe. Z publikacji S. Kowalczyk, W. Napadłek pt.: „Wpływ składu chemicznego i struktury na właściwości tribologiczne żeliwa stosowanego na tuleje cylindrowe silników”, Prace Naukowe Instytutu Konstrukcji i Eksploatacji Maszyn Politechniki Wrocławskiej, nr 87, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2002, znany jest niekorzystny wpływ wydzieleń grafitu o rozmieszczeniu międzydendrycznym i o rozmiarach do 15 μm na zużycie ścierne żeliwa stosowanego na tuleje cylindrowe silników.

Z publikacji Cz. Podrzucki pt. „Żeliwo. Struktura. Właściwości. Zastosowanie”, Wydawnictwo ZG STOP, Kraków 1991, znany jest skład chemiczny żeliwa na tuleje cylindrowe zapewniający, przy zastosowaniu odpowiednich warunków chłodzenia wirującej formy metalowej, uzyskanie osnowy perlitycznej z niewielkim udziałem ferrytu, wynoszącym do 5% i dobrze rozwiniętej siatce eutektyki fosforowej. Poprzez wzrost zawartości dodatków stopowych, takich jak nikiel, chrom lub molibden czy też poprzez hartowanie lub ulepszanie cieplne, można podwyższyć twardość tego żeliwa, co nie wpływa jednak na wyraźną poprawę właściwości eksploatacyjnych tulei, przy prawidłowym smarowaniu jej gładzi.

Z publikacji J. D. Alstetter, R. M. Nowicki, pt.: „Compacted graphite iron – Its properties and automotive applications”, AFS Transactions, 82–188, 959–957, 1982 oraz z publikacji F. Indra, M. Tholl pt.: „Compacted graphite iron (CGI) – A new material for internal combustion engines”, Fifth Aachen Colloquium and Vehicles and Automobile Technology”, 331–350, 1995 znane są rozwiązania grupy tłokowo-cylindrowej, w których tuleje są wykonane z żeliwa szarego z grafitem wermikularnym i o osnowie perlitycznej, ponieważ materiał ten zapewnia wyższe wartości wytrzymałości zmęczeniowej w porównaniu do żeliwa szarego z grafitem płatkowym i o osnowie perlitycznej.

Powszechnie stosowanym materiałem na tuleje jest żeliwo szare z grafitem płatkowym, który jest materiałem o niskiej odporności na zużycie ścierne.

Celem wynalazku było opracowanie nowej tulei cylindrowej, grupy tłokowo-cylindrowej silnika spalinowego oraz nowego sposobu kształtowania mikrostruktury i struktury geometrycznej powierzchni tej tulei, która będzie posiadała wyższą odporność na ścieranie, w porównaniu ze znanymi tulejami cylindrowymi.

Tuleja cylindrowa wykonana z żeliwa szarego z grafitem zawierającym w składzie chemicznym fosfor, mangan, magnez, krzem oraz miedź, według wynalazku charakteryzuje się tym, że żeliwo szare z grafitem zawiera od 3,6% mas. do 3,8% mas. węgla, od 2,5% mas. do 4,1% mas. krzemu, od 0,15% mas. do 0,16% mas. manganu, od 0,02% mas. do 0,45% mas. miedzi, od 0,07% mas. do 0,09% mas. fosforu, od 0,011% mas. do 0,014% mas. siarki, od 0,03% mas. do 0,065% mas. magnezu, zaś resztę stanowi żelazo, a ponadto żeliwo szare ma osnowę martenzytyczno-ferrytyczną z martenzytem na powierzchni trącej, zaś na powierzchni jej gładzi są wydzielienia grafitu.

Korzystnie grafit w żeliwie szarym jest kulkowy albo grafit w żeliwie szarym jest wermikularny, przy czym na powierzchni gładzi są wydzielania grafitu kulkowego lub na powierzchni gładzi są wydzielania grafitu wermikularnego, a ponadto wydzielania grafitu kulkowego na powierzchni gładzi stanowią co najwyżej 15% wydzieleń grafitu, przy czym wydzielania grafitu kulkowego mają średnicę od 15 μm do 50 μm .

Dalsze korzyści uzyskiwane są, jeżeli wydzielania grafitu na powierzchni gładzi są na nierównościach na wysokości będącej odległością pomiędzy linią wzniesienia a linią wgłębienia z zakresu od 10 μm do 12 μm , przy czym martenzyt na powierzchni trącej osnowy martenzytyczno-ferrytycznej jest w ilości od 50% do 65%, a ponadto martenzyt na powierzchni trącej osnowy martenzytyczno-ferrytycznej jest na nierównościach na wysokości będącej odległością pomiędzy linią wzniesienia a linią wgłębienia z zakresu od 10 μm do 12 μm .

Grupa tłokowo-cylindrowa silnika spalinowego zawierająca tuleję oraz pierścienie tłokowe, według wynalazku charakteryzuje się tym, że zawiera tuleję cylindrową wykonaną z żeliwa szarego z grafitem, które zawiera od 3,6% mas. do 3,8% mas. węgla, od 2,5% mas. do 4,1% mas. krzemu, od 0,15% mas. do 0,16% mas. manganu, od 0,02% mas. do 0,45% mas. miedzi, od 0,07% mas. do 0,09% mas. fosforu, od 0,011% mas. do 0,014% mas. siarki, od 0,03% mas. do 0,065% mas. magnezu, zaś resztę stanowi żelazo, a ponadto żeliwo szare ma osnowę martenzytyczno-ferrytyczną z martenzytem na powierzchni trącej, zaś na powierzchni gładzi tej tulei cylindrowej są wydzielania grafitu, zaś pierścienie tłokowe zawierają wycinki, które pokryte są warstwą chromu o twardości z zakresu od 856 HV0,04 do 860 HV0,04 oraz o nierównościach o odległości pomiędzy liniami wzniesień a liniami wgłębień z zakresu od 0,29 μm do 0,31 μm .

Korzystnie grafit w żeliwie szarym tulei cylindrowej jest kulkowy albo grafit w żeliwie szarym tulei cylindrowej jest wermikularny, zaś na powierzchni gładzi tulei cylindrowej są wydzielania grafitu kulkowego lub są wydzielania grafitu wermikularnego, przy czym wydzielanie grafitu kulkowego na powierzchni gładzi tulei cylindrowej stanowi co najwyżej 15% wydzieleń grafitu, a ponadto wydzielania grafitu kulkowego mają średnicę od 15 μm do 50 μm .

Dalsze korzyści uzyskiwane są, jeżeli wydzielania grafitu na powierzchni gładzi tulei cylindrowej są na nierównościach na wysokości będącej odległością pomiędzy linią wzniesienia a linią wgłębienia z zakresu od 10 μm do 12 μm , zaś martenzyt na powierzchni trącej osnowy martenzytyczno-ferrytycznej tulei jest w ilości od 50% do 65%, przy czym martenzyt na powierzchni trącej osnowy martenzytyczno-ferrytycznej jest na wysokości będącej odległością pomiędzy linią wzniesienia a linią wgłębienia z zakresu od 10 μm do 12 μm .

Sposób kształtowania mikrostruktury i struktury geometrycznej powierzchni tulei cylindrowej, według wynalazku charakteryzuje się tym, że żeliwo szare z grafitem o składzie chemicznym od 3,6% mas. do 3,8% mas. węgla, od 2,5% mas. do 4,1% mas. krzemu, od 0,15% mas. do 0,16% mas. manganu, od 0,02% mas. do 0,45% mas. miedzi, od 0,07% mas. do 0,09% mas. fosforu, od 0,011% mas. do 0,014% mas. siarki, od 0,03% mas. do 0,065% mas. magnezu oraz z żelazem w pierwszym etapie poddaje się nagrzewaniu do temperatury z zakresu od 862°C do 910°C w piecu oporowym wyposażonym w programator temperatury do kontrolowania szybkości nagrzewania, a następnie w drugim etapie chłodzi się je w wodzie o temperaturze od 20°C do 22°C w czasie 2 minut, po czym w trzecim etapie wymraża się je w ciekłym azocie przez 1 godzinę.

Korzystnie w żeliwie szarym stosuje się grafit kulkowy, przy czym żeliwo szare w pierwszym etapie nagrzewa się przez austenityzację w temperaturze 910°C w czasie 20 minut w atmosferze argonu z prędkością 300°C/h w piecu oporowym wyposażonym w programator temperatury do kontrolowania szybkości nagrzewania i chłodzenia, a następnie chłodzi się je razem z tym piecem z szybkością 300°C/h do temperatury 775°C.

Dalsze korzyści uzyskiwane są, jeżeli w żeliwie szarym stosuje się grafit wermikularny, zaś żeliwo szare w pierwszym etapie nagrzewa się w piecu oporowym z prędkością 300°C/h do temperatury 862°C.

Przedmiot wynalazku został przedstawiony w przykładach wykonania.

Tuleja cylindrowa według wynalazku jest przeznaczona do budowy nowej grupy tłokowo-cylindrowej silnika spalinowego tworząc tuleje wtopki bloku cylindrowego. Ta nowa tuleja cylindrowa, a przez to nowa grupa tłokowo-cylindrowa, charakteryzuje się mniejszym zużyciem ściernym, co sprawia, że zawierający ją silnik spalinowy ma większą trwałość.

Tuleja cylindrowa, według wynalazku, w pierwszym przykładzie wykonania, wykonana jest z żeliwa szarego z grafitem kulkowym zawierającym 3,8% mas. C, 4,1% mas. Si, 0,15% mas. Mn, 0,45% mas. Cu, 0,09% mas. P, 0,014% mas. S, 0,065% mas. Mg, zaś resztę stanowi Fe. Żeliwo szare posiada

osnowę martenzytyczno-ferrytyczną z 65% udziałem martenzytu na powierzchni trącej i wydzieleniami grafitu kulkowego o średnicy od 15 μm do 45 μm i o twardości od 585 HV10 do 590 HV10. Wydzielenia grafitu i martenzytu są na powierzchni gładzi na wysokości będącej odległością St pomiędzy linią wzniesienia a linią wgłębienia nierówności z zakresu od 10 μm do 10,5 μm .

Tuleja cylindrowa, według wynalazku, w drugim przykładzie wykonania, wykonana jest z żeliwa szarego z grafitem wermikularnym zawierającym 3,8% mas. C, 2,5% mas. Si, 0,16% mas. Mn, 0,02% mas. Cu, 0,07% mas. P, 0,011% mas. S, 0,030% mas. Mg, zaś resztę stanowi Fe. Żeliwo szare posiada osnowę martenzytyczno-ferrytyczną z 50% udziałem martenzytu na powierzchni trącej i wydzieleniami grafitu kulkowego o średnicy od 15 μm do 50 μm , stanowiącego 15% w całkowitej liczbie wydzieleni grafitu na powierzchni tej tulei cylindrowej. Resztę wydzieleni stanowi grafit wermikularny. Wydzielenia grafitu i martenzytu są na powierzchni gładzi na wysokości będącej odległością St pomiędzy linią wzniesienia a linią wgłębienia nierówności wynoszącej od 10,5 μm do 11,5 μm .

Grupa tłokowo-cylindrowa silnika spalinowego, według wynalazku, w pierwszym przykładzie wykonania zawiera tuleję cylindrową oraz pierścienie tłokowe. Tuleja cylindrowa wykonana jest z żeliwa szarego z grafitem kulkowym zawierającym 3,8% mas. C, 4,1% mas. Si, 0,15% mas. Mn, 0,45% mas. Cu, 0,09% mas. P, 0,014% mas. S, 0,065% mas. Mg, zaś resztę stanowi Fe. Żeliwo szare posiada osnowę martenzytyczno-ferrytyczną z 65% udziałem martenzytu na powierzchni trącej, i wydzieleniami grafitu kulkowego o średnicy od 15 μm do 45 μm i o twardości od 585 HV10 do 590 HV10. Wydzielenia grafitu i martenzytu są na powierzchni gładzi na wysokości St będącej odległością pomiędzy liniami wzniesień a liniami wgłębien nierówności wynoszących od 10 μm do 10,5 μm . Wycinki pierścienia tłokowego pokryte są warstwą chromu o twardości od 856 HV0,04 do 860 HV0,04 oraz charakteryzują się St z zakresu od 0,29 μm do 0,31 μm .

Grupa tłokowo-cylindrowa silnika spalinowego, według wynalazku, w drugim przykładzie wykonania zawiera tuleję cylindrową oraz pierścienie tłokowe. Tuleja cylindrowa wykonana jest z żeliwa szarego z grafitem wermikularnym zawierającym 3,8% mas. C, 2,5% mas. Si, 0,16% mas. Mn, 0,02% mas. Cu, 0,07% mas. P, 0,011% mas. S, 0,030% mas. Mg, zaś resztę stanowi Fe. Żeliwo szare posiada osnowę martenzytyczno-ferrytyczną z 50% udziałem martenzytu na powierzchni trącej i wydzieleniami grafitu kulkowego o średnicy od 15 μm do 50 μm , stanowiącego 15% w całkowitej liczbie wydzieleni grafitu na powierzchni tulei. Resztę wydzieleni stanowi grafit wermikularny. Wydzielenia grafitu i martenzytu są na powierzchni gładzi na wysokości będącej odległością pomiędzy linią wzniesienia a linią wgłębienia nierówności od 10,5 μm do 11,5 μm . Wycinki pierścienia tłokowego pokryte są warstwą chromu o twardości od 860 HV0,04, które charakteryzują się nierównościami St od 0,29 μm do 0,3 μm .

Sposób kształtowania mikrostruktury i struktury geometrycznej powierzchni tulei cylindrowej, według wynalazku, w pierwszym przykładzie realizacji, prowadzi się tak, że żeliwo szare z grafitem kulkowym o składzie chemicznym 3,8% mas. C, 4,1% mas. Si, 0,15% mas. Mn, 0,45% mas. Cu, 0,09% mas. P, 0,015% mas. S, 0,065% mas. Mg oraz reszcie stanowiącej Fe w pierwszym etapie poddaje się austenitzacji w temperaturze 910°C w czasie 20 minut w atmosferze argonu z prędkością 300°C/h w piecu oporowym wyposażonym w programator temperatury umożliwiający kontrolowanie szybkości nagrzewania i chłodzenia. Następnie to żeliwo razem z piecem, chłodzi się z szybkością 300°C/h do temperatury 775°C która zawiera się w zakresie temperatury początku przemiany eutektoidalnej podczas chłodzenia – T_{Ar}^p i temperatury końca przemiany eutektoidalnej podczas chłodzenia – T_{Ar}^k . W drugim etapie żeliwo chłodzi się w wodzie poprzez umieszczenie próbek z żeliwa zaraz po wyjęciu z pieca oporowego w pojemniku z wodą o temperaturze od 20°C do 22°C w czasie 2 minut, a następnie w trzecim etapie wymraża się go w ciekłym azocie w czasie 1 godziny. Uzyskuje się żeliwo o osnowie martenzytyczno-ferrytycznej z 65% udziałem martenzytu na powierzchni trącej i wydzieleniami grafitu kulkowego o średnicy od 15 μm do 45 μm i o twardości w zakresie od 585 HV10 do 590 HV10. Wydzielenia martenzytu i grafitu wyeksponowano techniką trawienia na wysokość St będącą odległością pomiędzy liniami wzniesień a liniami wgłębien nierówności wynoszącymi od 10,0 μm do 10,5 μm .

Badania zużycia ściernego wykonuje się w warunkach tarcia ze smarowaniem olejem silnikowym SW40 w czasie 100 godzin przy obniżonym ciśnieniu równym 0,8 MPa i częstotliwości wzajemnego przemieszczania się elementów trących względem siebie równej 33 Hz na odcinku 2 mm.

Wyniki badań wskazały mniejsze zużycie ściernie nowo opracowanego materiału tulei cylindrowej, której powierzchnię nośną stanowiły wyeksponowane wydzielenia martenzytu i grafitu otoczone kieszeniami smarnymi powstałymi po wytrawionym ferrycie i współpracującego z nią wycinka pierścienia tł-

kowego pokrytego chromem w porównaniu do żeliwa szarego z grafitem płatkowym powszechnie stosowanego na tuleje, której powierzchnię nośną wynoszącą 70% powierzchni gładzi stanowiły wyeksponowane techniką honowania obszary otoczone siatką rys honowniczych o głębokości od 10,5 μm do 11,0 μm stanowiących zasobniki oleju.

Pomiary zmian wartości zużycia wysokościowego powierzchni trącej gładzi tulei cylindrowej ΔSt_t oraz powierzchni trącej wycinka pierścienia ΔSt_p wykazały odpowiednio dla grupy tłokowo-cylindrowej zawierającej tuleję cylindrową ΔSt_t o wartości 2,32 μm oraz ΔSt_p o wartości 0,18 μm w porównaniu do dotychczas stosowanego rozwiązania, w którym tuleja wykonana była z żeliwa szarego z grafitem płatkowym i honowaną powierzchnią gładzi, dla którego wartości zużycia wynosiły odpowiednio $\Delta St_t = 3,10 \mu\text{m}$ oraz $\Delta St_p = 0,40 \mu\text{m}$.

Sposób kształtowania mikrostruktury i struktury geometrycznej powierzchni tulei cylindrowej, według wynalazku, w drugim przykładzie realizacji, prowadzi się tak, że żeliwo szare z grafitem wermikularnym o składzie chemicznym 3,8% mas. C, 2,5% mas. Si, 0,16% mas. Mn, 0,02% mas. Cu, 0,07% mas. P, 0,011% mas. S, 0,030% mas. Mg oraz reszcie stanowiącej Fe w pierwszym etapie nagrzewa się, w piecu oporowym wyposażonym w programator temperatury umożliwiający kontrolowanie szybkości nagrzewania i chłodzenia, z szybkością 300°C/h do temperatury 862°C, która zawiera się w zakresie temperatury początku przemiany eutektoidalnej podczas nagrzewania – TAc^p i temperatury końca przemiany eutektoidalnej podczas nagrzewania – TAc^k . W drugim etapie żeliwo chłodzi się w wodzie poprzez umieszczenie próbek z żeliwa, zaraz po wyjęciu z pieca oporowego w pojemniku z wodą o temperaturze od 20°C do 22°C w czasie 2 minut, a następnie w trzecim etapie wymraża się go w ciekłym azocie w czasie 1 godziny. Uzyskuje się żeliwo o osnowie martenzytyczno-ferrytycznej z 50% udziałem martenzytu na powierzchni trącej i wydzieleniami grafitu kulkowego o średnicy od 15 μm do 50 μm stanowiącego 15% w całkowitej liczbie wydzieleni grafitu na tej powierzchni, przy czym resztę wydzieleni stanowił grafit wermikularny. Wydzielenia martenzytu i grafitu wyeksponowano techniką trawienia na wysokość będącą odległością St pomiędzy liniami wzniesienia a liniami wgłębienia nierówności wynoszącymi od 10,5 μm do 11,5 μm .

Badania zużycia ściernego wykonuje się w warunkach tarcia ze smarowaniem olejem silnikowym SW40 w czasie 100 godzin przy obniżonym ciśnieniu równym 0,8 MPa i częstotliwości wzajemnego przemieszczania się elementów trących względem siebie równej 33 Hz na odcinku 2 mm.

Wyniki badań wskazały mniejsze zużycie ściernie nowoopracowanego materiału tulei cylindrowej, której powierzchnię nośną stanowiły wyeksponowane wydzielenia martenzytu i grafitu otoczone kieszeniami smarnymi powstałymi po wytrawionym ferrycie i współpracującego z nią wycinka pierścienia tłokowego pokrytego chromem w porównaniu do żeliwa szarego z grafitem płatkowym powszechnie stosowanego na tuleje, której powierzchnię nośną wynoszącą 70% powierzchni gładzi stanowiły wyeksponowane techniką honowania obszary otoczone siatką rys honowniczych stanowiących zasobniki oleju.

Pomiary zmian wartości zużycia wysokościowego powierzchni trącej gładzi tulei cylindrowej ΔSt_t oraz powierzchni trącej wycinka pierścienia ΔSt_p wykazały odpowiednio dla grupy tłokowo-cylindrowej zawierającej tuleję cylindrową ΔSt_t o wartości 2,70 μm , oraz ΔSt_p o wartości 0,20 μm w porównaniu do dotychczas stosowanego rozwiązania, w którym tuleja wykonana była z żeliwa szarego z grafitem płatkowym i honowaną powierzchnią gładzi, dla którego wartości zużycia wynosiły odpowiednio $\Delta St_t = 3,10 \mu\text{m}$ oraz $\Delta St_p = 0,40 \mu\text{m}$.

Zastrzeżenia patentowe

1. Tuleja cylindrowa wykonana z żeliwa szarego z grafitem zawierającym w składzie chemicznym fosfor, mangan, magnez, krzem oraz miedź, **znamienna tym**, że żeliwo szare z grafitem zawiera od 3,6% mas. do 3,8% mas. węgla, od 2,5% mas. do 4,1% mas. krzemu, od 0,15% mas. do 0,16% mas. manganu, od 0,02% mas. do 0,45% mas. miedzi, od 0,07% mas. do 0,09% mas. fosforu, od 0,011% mas. do 0,014% mas. siarki, od 0,03% mas. do 0,065% mas. magnezu, zaś resztę stanowi żelazo, a ponadto żeliwo szare ma osnowę martenzytyczno-ferrytyczną z martenzytem na powierzchni trącej, zaś na powierzchni jej gładzi są wydzielenia grafitu.
2. Tuleja cylindrowa według zastrz. 1, **znamienna tym**, że grafit w żeliwie szarym jest kulkowy.
3. Tuleja cylindrowa według zastrz. 1, **znamienna tym**, że grafit w żeliwie szarym jest wermikularny.

4. Tuleja według zastrz. 2, **znamienna tym**, że na powierzchni gładzi są wydzielienia grafitu kulkowego.
5. Tuleja według zastrz. 3 albo 4, **znamienna tym**, że na powierzchni gładzi są wydzielienia grafitu wermikularnego.
6. Tuleja według zastrz. 4 albo 5, **znamienna tym**, że wydzielienia grafitu kulkowego na powierzchni gładzi stanowią co najwyżej 15% wydzieleni grafitu.
7. Tuleja według jednego z zastrz. od 4 do 6, **znamienna tym**, że wydzielienia grafitu kulkowego mają średnicę od 15 μm do 50 μm .
8. Tuleja według jednego z zastrz. od 1 do 7, **znamienna tym**, że wydzielienia grafitu na powierzchni gładzi są na nierównościach na wysokości będącej odległością pomiędzy linią wzniesienia a linią wgłębienia z zakresu od 10 μm do 12 μm .
9. Tuleja według jednego z zastrz. od 1 do 8, **znamienna tym**, że martenzyt na powierzchni trącej osnowy martenzytyczno-ferrytycznej jest w ilości od 50% do 65%.
10. Tuleja według zastrz. 9, **znamienna tym**, że martenzyt na powierzchni trącej osnowy martenzytyczno-ferrytycznej jest na nierównościach na wysokości będącej odległością pomiędzy linią wzniesienia a linią wgłębienia z zakresu od 10 μm do 12 μm .
11. Grupa tłokowo-cylindrowa silnika spalinowego zawierająca tuleję oraz pierścienie tłokowe, **znamienna tym**, że zawiera tuleję cylindrową wykonaną z żeliwa szarego z grafitem, które zawiera od 3,6% mas. do 3,8% mas. węgla, od 2,5% mas. do 4,1% mas. krzemu, od 0,15% mas. do 0,16% mas. manganu, od 0,02% mas. do 0,45% mas. miedzi, od 0,07% mas. do 0,09% mas. fosforu, od 0,011% mas. do 0,014% mas. siarki, od 0,03% mas. do 0,065% mas. magnezu, zaś resztę stanowi żelazo, a ponadto żeliwo szare ma osnowę martenzytyczno-ferrytyczną z martenzytem na powierzchni trącej, zaś na powierzchni gładzi tej tulei cylindrowej są wydzielienia grafitu, zaś pierścienie tłokowe zawierają wycinki, które pokryte są warstwą chromu o twardości z zakresu od 856 HV0,04 do 860 HV0,04 oraz o nierównościach o odległości pomiędzy liniami wzniesień a liniami wgłębień z zakresu od 0,29 μm do 0,31 μm .
12. Grupa tłokowo-cylindrowa według zastrz. 11, **znamienna tym**, że grafit w żeliwie szarym tulei cylindrowej jest kulkowy.
13. Grupa tłokowo-cylindrowa według zastrz. 11, **znamienna tym**, że grafit w żeliwie szarym tulei cylindrowej jest wermikularny.
14. Grupa tłokowo-cylindrowa według jednego z zastrz. od 11 do 13, **znamienna tym**, że na powierzchni gładzi tulei cylindrowej są wydzielienia grafitu kulkowego.
15. Grupa tłokowo-cylindrowa według zastrz. 13 albo 14, **znamienna tym**, że na powierzchni gładzi tulei cylindrowej są wydzielienia grafitu wermikularnego.
16. Grupa tłokowo-cylindrowa według zastrz. 14 albo 15, **znamienna tym**, że wydzielenie grafitu kulkowego na powierzchni gładzi tulei cylindrowej stanowi co najwyżej 15% wydzieleni grafitu.
17. Grupa tłokowo-cylindrowa według jednego z zastrz. od 14 do 16, **znamienna tym**, że wydzielienia grafitu kulkowego mają średnicę od 15 μm do 50 μm .
18. Grupa tłokowo-cylindrowa według jednego z zastrz. od 11 do 17, **znamienna tym**, że wydzielienia grafitu na powierzchni gładzi tulei cylindrowej są na nierównościach na wysokości będącej odległością pomiędzy linią wzniesienia a linią wgłębienia z zakresu od 10 μm do 12 μm .
19. Grupa tłokowo-cylindrowa według jednego z zastrz. od 11 do 18, **znamienna tym**, że martenzyt na powierzchni trącej osnowy martenzytyczno-ferrytycznej tulei jest w ilości od 50% do 65%.
20. Grupa tłokowo-cylindrowa według zastrz. 19, **znamienna tym**, że martenzyt na powierzchni trącej osnowy martenzytyczno-ferrytycznej jest na wysokości będącej odległością pomiędzy linią wzniesienia a linią wgłębienia z zakresu od 10 μm do 12 μm .
21. Sposób kształtowania mikrostruktury i struktury geometrycznej powierzchni tulei cylindrowej określonej w zastrz. 1, **znamienny tym**, że żeliwo szare z grafitem o składzie chemicznym od 3,6% mas. do 3,8% mas. węgla, od 2,5% mas. do 4,1% mas. krzemu, od 0,15% mas. do 0,16% mas. manganu, od 0,02% mas. do 0,45% mas. miedzi, od 0,07% mas. do 0,09% mas. fosforu, od 0,011% mas. do 0,014% mas. siarki, od 0,03% mas. do 0,065% mas. magnezu oraz z żelazem w pierwszym etapie poddaje się nagrzewaniu do temperatury z zakresu od 862°C do 910°C w piecu oporowym wyposażonym w programator temperatury do kontrolo-

wania szybkości nagrzewania, a następnie w drugim etapie chłodzi się je w wodzie o temperaturze od 20°C do 22°C w czasie 2 minut, po czym w trzecim etapie wymraża się je w ciekłym azocie przez 1 godzinę.

22. Sposób według zastrz. 21, **znamienny tym**, że w żeliwie szarym stosuje się grafit kulkowy.
23. Sposób według zastrz. 22, **znamienny tym**, że żeliwo szare w pierwszym etapie nagrzewa się przez austenityzację w temperaturze 910°C w czasie 20 minut w atmosferze argonu z prędkością 300°C/h w piecu oporowym wyposażonym w programator temperatury do kontrolowania szybkości nagrzewania i chłodzenia, a następnie chłodzi się je razem z tym piecem z szybkością 300°C/h do temperatury 775°C.
24. Sposób według zastrz. 21, **znamienny tym**, że w żeliwie szarym stosuje się grafit wermikularny.
25. Sposób według zastrz. 24, **znamienny tym**, że żeliwo szare w pierwszym etapie nagrzewa się w piecu oporowym z prędkością 300°C/h do temperatury 862°C.