

RZECZPOSPOLITA  
POLSKA



Urząd Patentowy  
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **218946**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **391841**

(51) Int.Cl.  
**C22C 21/02 (2006.01)**

(22) Data zgłoszenia: **14.07.2010**

(54)

**Odlewniczy okołoeutektyczny silumin**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:

**16.01.2012 BUP 02/12**

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:

**27.02.2015 WUP 02/15**

(73) Uprawniony z patentu:

**INSTYTUT ODLEWNICTWA, Kraków, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:

**EDWARD CZEKAJ, Kraków, PL**

**PL 218946 B1**

## Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest odlewniczy okołoeutektyczny silumin, przeznaczony zwłaszcza na części do silników spalinowych takich jak tłoki, głowice i bloki cylindrów średnio- i wysokoobciążonych silników spalinowych, a także inne części konstrukcyjne maszyn i urządzeń pracujące w pokojowej, podwyższonej i/lub wysokiej temperaturze.

Znane okołoeutektyczne siluminy przeznaczone na tłoki wysokoobciążonych silników mają następujące składy chemiczne, w % wagowych. Niemieckie siluminy-KS 245: 11,0-13,0 Si, 0,5-1,5 Cu, 0,7-1,3 Mg, 2,0-3,0 Ni,  $\leq 0,35$  Mn,  $\leq 1,20$  Fe,  $\leq 0,35$  Zn,  $\leq 0,25$  Ti, reszta Al, silumin Nüral 3210: 11,0-13,0 Si, 4,5 Cu, 0,7 Mg, 1,5 Ni,  $\leq 0,5$  Fe,  $\leq 0,35$  Zn,  $\leq 0,25$  Ti, reszta Al, silumin M142: 11,0-13,0 Si, 2,5-4,0 Cu, 0,8-1,2 Mg, 1,75-3,0 Ni,  $\leq 0,7$  Fe,  $\leq 0,3$  Zn,  $\leq 0,3$  Mn,  $\leq 0,2$  innych pierwiastków, reszta Al, silumin M174: 12,0-14,0 Si, 4,0-6,0 Cu, 0,5-1,2 Mg, 1,75-3,0 Ni,  $\leq 0,37$  Fe,  $\leq 0,3$  Zn,  $\leq 0,2$  innych pierwiastków, reszta Al, rosyjskie-silumin АЛ25: 10,0-13,0 Si, 1,5-3,0 Cu, 0,8-1,3 Mg, 0,8-1,3 Ni, 0,3-0,6 Mn, 0,05-0,20 Ti,  $\leq 0,8$  Fe,  $\leq 0,50$  Zn,  $\leq 0,20$  innych pierwiastków, reszta Al, silumin БАЛ6: 11,0-13,0 Si, 3,2-4,0 Cu, 0,8-1,3 Mg, 2,0-3,0 Ni, 0,4-0,7 Mn, 0,10-0,30 Ti,  $\leq 0,5$  Fe,  $\leq 0,20$  Zn, 0,05-0,15 innych pierwiastków, reszta Al, amerykański silumin AA 336.0: 11,0-13,0 Si, 0,5-1,5 Cu, 0,7-1,3 Mg, 2,0-3,0 Ni,  $\leq 0,35$  Mn,  $\leq 0,25$  Ti,  $\leq 0,05$  innych pierwiastków, reszta Al, angielski LM13: 10,0-13,0 Si, 0,7-1,5 Cu, 0,8-1,5 Mg, 0,7-2,5 Ni,  $\leq 0,5$  Mn,  $\leq 1,0$  Fe,  $\leq 0,5$  Zn,  $\leq 0,20$  Ti, reszta Al, włoski AS12GCN: 12,4-13,0 Si, 0,5-1,1 Cu, 1,0-1,4 Mg, 2,0-2,4 Ni,  $\leq 0,05$  Mn,  $\leq 0,6$  Fe,  $\leq 0,05$  Zn, 0,10-0,20 Ti, reszta Al.

Znanym okołoeutektycznym siluminem stopowym stosowanym do produkcji tłoków silników spalinowych jest silumin EN AC-48000 składający się, w % wagowych, z 10,5-13,5 Si, 0,8-1,5 Cu, 0,8-1,5 Mg, 0,7-1,3 Ni,  $\leq 0,35$  Mn,  $\leq 0,7$  Fe,  $\leq 0,35$  Zn,  $\leq 0,25$  Ti, reszta Al.

W znanych siluminach przeznaczonych na tłoki średnio- i wysoko obciążonych silników spalinowych zawartości miedzi wahają się od 0,5 do 4,5% wagowych, a niklu od 0,5 do 3,0% wagowych, z tym że ilość przynajmniej jednego z tych dwóch dodatków stopowych przewyższa 2,0% wagowych. Stosunek Cu : Ni w tych stopach zawarty jest w bardzo szerokich granicach 0,15-9,0 : 1,0, natomiast stosunek Mn : Fe  $\leq 0,5$  : 1,0. W znormalizowanym stopie EN AC-А1Si12CuNiMg średnie zawartości Cu i Ni są na poziomie ok. 1% wagowych a stosunek Cu : Ni mieści się w granicach 0,60-2,20 : 1,0, i jednocześnie stosunek Mn : Fe jest poniżej 0,5 : 1,0.

Znany z opisu US 4434014 silumin przeznaczony na tłoki posiada ulepszone właściwości, charakteryzuje się szczególnie wysokim stopniem stabilności wymiarowej, i ma następujący skład chemiczny, w % wagowych: 12,0-15,0 Si, 1,5-5,5 Cu, 1,0-3,0 Ni, 0,1-1,0 Mg, 0,1-1,0 Fe, 0,1-0,8 Mn, 0,01-0,1 Zr, 0,01-0,1 Ti, 0,001-0,1 Sr, reszta Al.

Znany z opisu PL179730 wieloskładnikowy silumin o następującym składzie chemicznym, w % wag.: 2,0-27,0 Si, 0,10-5,00 Cu, 0,10-2,00 Mg, 0,10-4,00 Ni,  $\leq 1,50$  Fe,  $\leq 1,00$  Mn,  $\leq 0,40$  Ti,  $\leq 4,00$  Zn,  $\leq 0,60$  Cr,  $\leq 1,20$  Co;  $\leq 0,20$  Sn, charakteryzuje się tym, iż zawiera dodatkowo 0,01 ÷ 2,00 V, 0,01÷2,00 W,  $\leq 2,00$  Mo,  $\leq 1,50$  Nb, resztę stanowi aluminium.

Znane okołoeutektyczne siluminy typu tłokowego z niklem charakteryzują się następującymi właściwościami: żarowytrzymałością - ocenianą czasową granicą wytrzymałości na długotrwałe obciążenie  $R_{z/300^{\circ}\text{C}/100\text{h}} = 35-50$  MPa i/lub długotrwałą twardością na gorąco  $HB_{10/2452/1\text{h}}^{350^{\circ}\text{C}} = 12,0-15,0$  HB,  $R_m = 180-260$  MPa,  $R_{p0,2} = 150-220$  MPa, twardością według Brinella 85-135 HB,  $A_5 = 0,2-1,5\%$ , odpornością na zmęczenie mechaniczne  $Z_g = 80-150$  MPa,  $R_m^{350^{\circ}\text{C}} = 60-85$  MPa,  $R_{p0,2}^{350^{\circ}\text{C}} = 30-40$  MPa,  $A_5^{350^{\circ}\text{C}} = 2-10\%$ ,  $\alpha_{\text{tech}}^{20-300^{\circ}\text{C}} = 20,5-21,5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ ,  $\alpha_{\text{fiz}}^{300^{\circ}\text{C}} = 23,0-25,0 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$  trwałymi zmianami wymiarowymi  $[(\Delta V/V_0)_{100\text{h}}^{500^{\circ}\text{C}}] = 0,10 - 1,0$ .

Odlewniczy okołoeutektyczny silumin, według wynalazku, składa się, w % wagowych, z 11,0-13,5 Si, 2,00-2,40 Cu, 2,10-2,50 Ni, 0,50-0,70 Mg, 0,40-0,70 Mn, zanieczyszczeń w postaci  $\leq 0,80$  Fe,  $\leq 0,50$  Zn,  $\leq 0,10$  Sn i innych pierwiastków w ilości do 0,30, reszta Al, przy czym stosunek Cu : Ni = 0,80-1,25 : 1,0 i jednocześnie stosunek zawartości Mn do Fe spełnia warunek  $0,5 \leq \text{Mn} : \text{Fe} \leq 1,5$ .

W innym korzystnym rozwiązaniu odlewniczy okołoeutektyczny silumin, według wynalazku, składa się, w % wagowych, z 11,0-13,0 Si, 2,00-2,40 Cu, 2,10-2,50 Ni, 0,50-0,70 Mg, 0,40-0,70 Mn, oraz z 0,001-0,500 pierwiastków z IIIB-VB grupy i 4-7 okresu układu okresowego i/lub B, i/lub pierwiastków z IA i IIA grupy i 2-7 okresu układu okresowego i/lub As i/lub Sb i/lub Pb i/lub Bi, i/lub pierwiastków z IVA-VIA i 2-6 układu okresowego, zanieczyszczeń w postaci  $\leq 0,50$  Fe,  $\leq 0,50$  Zn,  $\leq 0,50$  Ni,  $\leq 0,10$  Sn i innych pierwiastków w ilości do 0,30, resztę stanowi Al, przy czym stosunek Cu : Ni = 0,80-1,25 : 1,0 i jednocześnie stosunek zawartości Mn do Fe spełnia warunek  $0,5 \leq \text{Mn} : \text{Fe} \leq 1,5$ .

Korzystnie, pierwiastkiem z IIIB-VB i 4-7 okresu układu okresowego jest Ti i/lub Zr, i/lub Sc i/lub B, i/lub lantanowce i/lub aktynowce.

Korzystnie, pierwiastkiem z IA-IIA grupy i 2-7 okresu układu okresowego jest Na i/lub K i/lub Sr.

Korzystnie, pierwiastkiem z IV-VIA grupy i 2-6 okresu układu okresowego jest P i/lub S.

Odlewniczy okołoeutektyczny silumin według wynalazku, oprócz aluminium i krzemu zawiera jednocześnie dodatki miedzi i niklu w ilości powyżej 2,0% wagowych, i jako celowo wprowadzany dodatek stopowy mangan w ilości od 0,4 do 0,7% wagowych. Zachowanie proporcji Cu : Ni oraz Mn : Fe skutkuje otrzymaniem żądanych właściwości mechanicznych siluminu. W mikrostrukturze siluminu kształtuje się stabilny układ faz niklowych -  $T(Al_7Cu_4Ni)$ ,  $\epsilon(Al_3Ni)$  i  $\rho(Al_9NiFe)$ . Odpowiedni poziom zawartości manganu sprzyja powstawaniu zwartych faz  $\alpha-AlSiFeMn [Al_{15}(Mn,Fe)_3Si_2]$ , polepszających nie tylko plastyczne właściwości siluminu, a także stabilność wymiarową względem odwracalnych i nieodwracalnych zmian wymiarowych w warunkach obciążeń cieplnych.

Odlewniczy okołoeutektyczny silumin, według wynalazku, charakteryzuje się odpowiednio wysokim poziomem żarowytrzymałości, wytrzymałości i plastyczności w próbie rozciągania, twardości i odporności na zmęczenie cieplno-mechaniczne.

Właściwości odlewniczego okołoeutektycznego siluminu według wynalazku są następujące:  $R_{z/300^\circ C/100h} = 45-55$  MPa i/lub długotrwała twardość na gorąco  $HB_{10/2452/1h}^{350^\circ C} = 13,5-14,5$  HB,  $R_m = 170-240$  MPa,  $R_{p0,2} = 150-220$  MPa, twardość według Brinella 90-140 HB,  $A_5 = 0,1-1,5\%$ , odporność na zmęczenie mechaniczne  $Z_g = 80-140$  MPa, MPa,  $R_m^{350^\circ C} = 65-85$  MPa,  $R_{p0,2}^{350^\circ C} = 35-45$  MPa,  $A_5^{350^\circ C} = 2-10\%$ ,  $\alpha_{tech}^{20-300^\circ C} = 20,0-21,5 \cdot 10^{-6} K^{-1}$ ,  $\alpha_{fiz}^{300^\circ C} = 22,5-24,0 \cdot 10^{-6} K^{-1}$  trwałe zmiany wymiarowe  $|\Delta V/V_0|_{100h}^{500^\circ C} \leq 0,15\%$ .

Wprowadzenie do składu odlewniczego okołoeutektycznego siluminu pierwiastków spośród IIIB-VB grupy i 4-7 okresu układu okresowego/lub B powoduje rozdrobnienie ziaren  $\alpha_{Al}$  roztworu stałego. Pierwiastki z IA i II grupy i 2-7 okresu układu okresowego i/lub As i/lub Sb i/lub Pb i/lub Bi powodują modyfikację eutektyki krzemowej ( $\alpha_{Al} + \beta_{Si}$ ). Pierwiastki z IVA-VIA grupy i 2-6 okresu układu okresowego powodują rozdrobnienie kryształów eutektyki krzemowej. Rozdrobnienie ziaren  $\alpha_{Al}$  roztworu stałego oraz eutektyki krzemowej ( $\alpha_{Al} + \beta_{Si}$ ) powoduje zwiększenie wytrzymałości  $R_m$ ,  $R_{p0,2}$  a szczególnie plastyczności  $A_5$ , co skutkuje zazwyczaj wzrostem odporności stopu na cieplno-mechaniczne zmęczenie. Wartości parametrów żarowytrzymałości oraz twardości w tym przypadku pozostają niezmienione lub ulegają nieznacznemu obniżeniu. Pierwiastki metali alkalicznych oraz metali ziem alkalicznych powodują zwrócenie charakteru danego stopu w stronę siluminów podeutektycznych, z większym udziałem fazy  $\alpha_{Al}$ - roztworu stałego. Wprowadzenie P lub S ukierunkowuje proponowany stop w stronę siluminu nadeutektycznego, z niewielką ilością wydzielen kryształów krzemu pierwotnego, przy tym krzem eutektyczny ma charakter struktury ziarnistej. Jego celem jest podwyższenie żarowytrzymałości oraz wysokotemperaturowej wytrzymałości zmęczeniowej, a także polepszenie trybologicznych właściwości, głównie odporności na ścieranie. Ziarnisty charakter eutektyki krzemowej zmniejsza ponadto skłonność stopu do tworzenia mikroporowatości skurczowej i gazowej.

Przykłady składu odlewniczego okołoeutektycznego siluminu według wynalazku.

#### Przykład I

Odlewniczy okołoeutektyczny silumin o składzie chemicznym, w % wagowych: 12,25 Si, 2,20 Cu, 2,30 Ni, 0,65 Mg, 0,45 Mn, 0,35 Fe, 0,03 Zn, 0,01 Sn, reszta Al, posiada następujące właściwości:

$HB_{10/2452/1h}^{350^\circ C} = 13,7$  HB,  $R_m = 205$  MPa,  $R_{p0,2} = 185$  MPa,  $A_5 = 0,9\%$ ,  $A_5^{350^\circ C} = 7,3\%$ , twardość wg Brinella = 105 HB,  $\alpha_{tech}^{20-300^\circ C} = 20,9 \cdot 10^{-6} K^{-1}$ ,  $\alpha_{fiz}^{300^\circ C} = 23,8 \cdot 10^{-6} K^{-1}$ ,  $(\Delta V/V_0)_{100h}^{500^\circ C} = +0,07\%$ .

#### Przykład II

Odlewniczy okołoeutektyczny silumin o składzie chemicznym, w % wagowych: 12,60 Si, 2,35 Cu, 2,45 Ni, 0,55 Mg, 0,60 Mn, 0,45 Fe, 0,05 Zn, 0,05 Sn, reszta Al, posiada następujące właściwości:

$HB_{10/2452/1h}^{350^\circ C} = 14,2$  HB,  $R_m = 215$  MPa,  $R_{p0,2} = 190$  MPa,  $A_5 = 1,1\%$ ,  $A_5^{350^\circ C} = 7,6\%$ , twardość wg Brinella = 115 HB,  $\alpha_{tech}^{20-300^\circ C} = 20,6 \cdot 10^{-6} K^{-1}$ ,  $\alpha_{fiz}^{300^\circ C} = 23,6 \cdot 10^{-6} K^{-1}$ ,  $(\Delta V/V_0)_{100h}^{500^\circ C} = +0,04\%$ .

#### Przykład III

Odlewniczy okołoeutektyczny silumin o składzie chemicznym, w % wagowych: 13,00 Si, 2,35 Cu, 2,40 Ni, 0,60 Mg, 0,55 Mn, 0,40 Fe, 0,03 Zn, 0,02 Sn, 0,05 Ti, 0,007 P, reszta Al, posiada następujące właściwości:

$HB_{10/2452/1h}^{350^{\circ}C} = 13-9$  HB.  $R_m = 225$  MPa,  $R_{p0,2} = 195$  MPa,  $A_5 = 1,4\%$ ,  $A_5^{350^{\circ}C} = 8,1\%$ , twardość wg Brinella = 110 HB,  $\alpha_{tech}^{20-300^{\circ}C} = 20,6 \cdot 10^{-6} K^{-1}$ ,  $\alpha_{fiz}^{300^{\circ}C} = 23,4 \cdot 10^{-6} K^{-1}$ ,  $(\Delta V/V_0)_{100h}^{500^{\circ}C} = -0,03\%$ .

Odlewniczy okołoeutektyczny silumin według wynalazku jest zamiennikiem znormalizowanego siluminu EN AC-48000, w szczególności na tłoki średnio- i wysokoobciążonych silników spalinowych benzynowych, a zwłaszcza wysokoprężnych. Z uwagi na małą skłonność do trwałych zmian wymiarowych, w warunkach zmiennych obciążeń cieplnych, doskonale nadaje się też on na elementy aparatury kontrolno-pomiarowej.

### Zastrzeżenia patentowe

1. Odlewniczy okołoeutektyczny silumin zawierający Al, Cu, Mg, Mn, Ni i Fe, **znamienny tym**, że składa się, w % wagowych, z 11,0-13,5 Si, 2,00-2,40 Cu, 2,10-2,50 Ni, 0,50-0,70 Mg, 0,40-0,70 Mn i zanieczyszczeń w postaci  $\leq 0,80$  Fe,  $\leq 0,50$  Zn,  $\leq 0,10$  Sn i innych pierwiastków w ilości do 0,30, reszta Al, przy czym stosunek Cu : Ni = 0,80-1,25 : 1,0 i jednocześnie stosunek zawartości Mn do Fe spełnia warunek  $0,5 \leq Mn : Fe \leq 1,5$ .

2. Odlewniczy okołoeutektyczny silumin zawierający Al, Cu, Mg, Mn, Ni i Fe, **znamienny tym**, że składa się, w % wagowych, z 11,0-13,5 Si, 2,00-2,40 Cu, 2,10-2,50 Ni, 0,50-0,70 Mg, 0,40-0,70 Mn oraz z 0,001-0,500 pierwiastków spośród IIIB-VB grupy i 4-7 okresu układu okresowego i/lub B, i/lub pierwiastków spośród IA i IIA grupy i 2-7 okresu układu okresowego i/lub As i/lub Sb i/lub Pb i/lub Bi, i/lub pierwiastków z IVA-VIA grupy i 2-6 okresu układu okresowego i zanieczyszczeń w postaci  $\leq 0,80$  Fe,  $\leq 0,50$  Zn,  $\leq 0,10$  Sn i innych pierwiastków w ilości do 0,30, reszta Al, przy czym stosunek Cu : Ni = 0,80-1,25 : 1,0 i jednocześnie stosunek zawartości Mn do Fe spełnia warunek  $0,5 \leq Mn : Fe \leq 1,5$ .

3. Odlewniczy okołoeutektyczny silumin według zastrz. 2, **znamienny tym**, że pierwiastkiem z IIIB-VB grupy i 4-7 okresu układu okresowego jest Ti i/lub Zr, i/lub Sc i/lub B, i/lub lantanowce i/lub aktynowce.

4. Odlewniczy okołoeutektyczny silumin według zastrz. 2, **znamienny tym**, że pierwiastkiem z IA-IIA grupy i 2-7 okresu układu okresowego jest Na i/lub K i/lub Sr.

5. Odlewniczy okołoeutektyczny silumin według zastrz. 2, **znamienny tym**, że pierwiastkiem z IV-VIA grupy i 2-6 okresu układu okresowego jest P i/lub S.