

RZECZPOSPOLITA  
POLSKA



Urząd Patentowy  
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **217653**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **391839**

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

(22) Data zgłoszenia: **14.07.2010**

---

(54) **Beznikłowy podeutektyczny silumin wytwarzany z wtórnych materiałów wsadowych**

---

(43) Zgłoszenie ogłoszono:  
**16.01.2012 BUP 02/12**

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:  
**29.08.2014 WUP 08/14**

(73) Uprawniony z patentu:  
**INSTYTUT ODLEWNICTWA, Kraków, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:  
**EDWARD CZEKAJ, Kraków, PL**

---

**PL 217653 B1**

## Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest beznikłowy podeutektyczny silumin wytwarzany z wtórnych materiałów wsadowych, przeznaczony zwłaszcza na tłoki mało- i średnio- obciążonych silników spalinowych, a także inne części konstrukcyjne maszyn i urządzeń pracujące w pokojowej, podwyższonej i/lub wysokiej temperaturze.

Do wykonywania tłoków silników spalinowych i innych konstrukcji, od których wymagane są właściwości, takie jak odpowiedni poziom żarowytrzymałości, wytrzymałości i plastyczności w próbie rozciągania, twardości, odporności na zmęczenie cieplno-mechaniczne i stabilności wymiarowej względem odwracalnych oraz nieodwracalnych zmian wymiarowych w warunkach obciążeń cieplnych, stosuje się siluminy z niklem. W znanych podeutektycznych siluminach tłokowych, zawartości podstawowych dodatków stopowych i/lub zanieczyszczeń zawierają się w następujących granicach, w % wagowych: 7,5-11,0 Si, 2,0-4,0 Cu, 0,5-1,5 Mg, 0,01-1,0 Ni, 0,1-0,7 lub  $\leq 0,7$  Mn,  $\leq 1,3$  Fe,  $\leq 3,0$  Zn, 0,05-0,20 lub  $\leq 0,25$  Ti, reszta Al.

Znanym odlewniczym Siluminem, przeznaczonym zwłaszcza na tłoki silników spalinowych jest znany z normy EN AC-4800, zgodnie z PN-EN1706: 2001, stop AlSi12CuNiMg zawierający w % wagowych: 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.

Znanym siluminem podeutektycznym jest na przykład francuski stop A-S10UG zawierający w % wagowych: 9,2-10,8 Si, 1,8-2,6 Cu, 0,7-1,5 Mg, 0,3-0,7 Mn, 0,6-1,0 Fe,  $\leq 0,25$  Ni,  $\leq 0,20$  Zn,  $\leq 0,20$  Ti,  $\leq 0,15$  innych pierwiastków, reszta Al, a także japoński AC8B: 8,5-10,5 Si, 2,0-4,0 Cu, 0,5-1,5 Mg, 0,1-1,0 Ni,  $\leq 0,30$  Cr,  $\leq 0,50$  Mn,  $\leq 1,0$  Fe,  $\leq 0,50$  Zn,  $\leq 0,20$  Ti, reszta Al, oraz stop AC8C o składzie chemicznym jak stop AC8B, jednak o ograniczonej dopuszczalnej zawartości niklu  $\leq 0,50$ , niemiecki stop KS270 zawierający: 9,0-10,5 Si, 2,5-3,5 Cu, 0,7-1,2 Mg,  $\leq 0,50$  Ni,  $\leq 0,50$  Mn,  $\leq 0,90$  Fe,  $\leq 0,80$  Zn,  $\leq 0,20$  Ti, reszta Al, rosyjski stop AK9M2 zawierający: 7,5-10,0 Si, 0,5-2,0 Cu, 0,2-0,8 Mg, 0,1-0,4 Mn,  $\leq 0,50$  Ni,  $\leq 0,10$  Cr, Fe  $\leq 0,90$ , Zn  $\leq 1,20$ , 0,05-0,20 Ti, reszta Al, czy amerykański stop 332,0 zawierający: 8,5-10,5 Si, 2,0-4,0 Cu, 0,5-1,5 Mg,  $\leq 0,50$  Ni,  $\leq 0,50$  Mn,  $\leq 1,20$  Fe,  $\leq 1,00$  Zn,  $\leq 0,25$  Ti,  $\leq 0,50$  innych pierwiastków, reszta Al.

Silumin znany ze zgłoszenia nr P- 283 533, przeznaczony na tłoki, głowice i bloki cylindrów silników spalinowych, a także części konstrukcyjne maszyn i urządzeń pracujące w normalnej i podwyższonych temperaturach, zawiera w % wagowych: 8,0-26,0 Si, 1,5-4,0 Cu, 1,5-4,0 Mg,  $\leq 0,6$  Mn,  $\leq 0,9$  Fe,  $\leq 1,0$  Ni,  $\leq 1,0$  Zn,  $\leq 0,2$  Sn, reszta Al. Silumin znany z opisu US nr 4284429 zawiera w % wagowych: 5,0-22,0 Si, 0,5-7,0 Cu, 1,5-5,5 Mg, 2,0-8,0 Zn,  $\leq 1,35$  Fe,  $\leq 0,65$  Mn,  $\leq 0,50$  Ni,  $\leq 0,20$  Cr,  $\leq 0,20$  Ti, reszta Al, inny silumin przeznaczony m.in. na tłoki silników spalinowych, znany z opisu DE 22 61 315, składa się w % wagowych z: 8,0-10,5 Si, 2,0-5,0 Cu, 0,3-1,2 Mg, 0,05-2,0 Ni, 0,1-0,6 Mn, 0,1-0,26 Zr,  $\leq 0,9$  Fe,  $\leq 0,8$  Zn,  $\leq 0,2$  Ti, reszta Al.

W siluminach podeutektycznych przeznaczonych na tłoki silników spalinowych żelazo traktowane jest jako szkodliwa domieszka, która nie powinna przekraczać poziomu 1,3% wagowych. Występowanie żelaza w składzie siluminu powoduje obniżenie jego wytrzymałościowych i plastycznych właściwości. W celu eliminacji szkodliwego działania żelaza wprowadza się do składu chemicznego siluminów metale grupy VIB-VIMB i 4-7 okresu układu okresowego. W znanych okołoutektycznych siluminach stopowych stosunek średniej zawartości manganu do średniej zawartości żelaza nie przekracza zazwyczaj wartości 0,5.

Znane odlewnicze podeutektyczne siluminy charakteryzują się, w zależności od warunków odlewania i stanu obróbki cieplnej, następującymi właściwościami: żarowytrzymałością - ocenianą czasową granicą wytrzymałości na długotrwałe obciążenie  $R_{z/300^{\circ}C/100h} = 30-50$  MPa i/lub długotrwałą twardością na gorąco  $HB_{10/2452/1h}^{350^{\circ}C} = 11,0-13,0$  HB,  $R_m = 175-275$  MPa,  $R_{p0,2} = 140-240$  MPa, twardością według Brinella 85-125 HB,  $A_5 = 0,5-4,0\%$ , odpornością na zmęczenie mechaniczne  $Z_g = 70-150$  MPa,  $R_m^{350^{\circ}C} = 60-85$  MPa,  $R_{p0,2}^{350^{\circ}C} = 30-40$  MPa,  $A_5^{350^{\circ}C} = 5-20\%$ ,  $\alpha_{tech}^{20-300^{\circ}C} = 20,5-21,5 \cdot 10^{-6} K^{-1}$ ,  $\alpha_{fiz}^{300^{\circ}C} = 23,0-25,0 \cdot 10^{-6} K^{-1}$ , trwale zmiany wymiarowe  $|(\Delta V/V_0)_{100h}^{500^{\circ}C}| = 0,0-0,20\%$ .

Wszystkie wymienione stopy zawierają drogi i deficytowy składnik stopowy, jakim jest nikiel, którego obecność sprzyja większej żarowytrzymałości oraz twardości w zakresie roboczych temperatur tłoka.

Beznikłowy podeutektyczny silumin wytwarzany z wtórnych materiałów wsadowych, według wynalazku składa się, w % wagowych, z 10,00-11,0 Si, 2,90-3,60 Cu, 0,55-0,75 Mg, 0,60-0,80 Mn,

0,50-0,90 Fe i zanieczyszczeń w postaci:  $\leq 0,50$  Ni,  $\leq 0,50$  Zn,  $\leq 0,10$  Sn,  $\leq 0,25$  innych pierwiastków, reszta Al, przy czym stosunek zawartości Cu : Mg wynosi 3,8-6,6 : 1,0, a stosunek Mn : Fe wynosi 0,6-1,6 : 1,0.

W innym korzystnym rozwiązaniu beznikłowy podeutektyczny silumin wytwarzany z wtórnych materiałów wsadowych, według wynalazku składa się, w % wagowych, z 10,00-11,0 Si, 2,90-3,60 Cu, 0,55-0,75 Mg, 0,60-0,80 Mn, 0,50-0,90 Fe oraz 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 zanieczyszczeń w postaci:  $\leq 0,50$  Ni,  $\leq 0,50$  Zn,  $\leq 0,10$  Sn,  $\leq 0,25$  innych pierwiastków, reszta Al, przy czym stosunek zawartości Cu : Mg wynosi 3,8-6,6 : 1,0, a stosunek Mn : Fe mieści się w granicach 0,6-1,6 : 1,0.

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

Beznikłowy podeutektyczny silumin wytwarzany z wtórnych materiałów wsadowych, według wynalazku, w którym żelazo jest pożądanym składnikiem stopowym, charakteryzuje się tym, że oprócz odpowiedniego poziomu żarowytrzymałości, wytrzymałości i plastyczności w próbie rozciągania, twardości, odporności na ciepło-mechaniczne zmęczenie, posiada również dobrą stabilność wymiarową tak względem odwracalnych odkształceń, określanych technicznym  $\alpha_{tech}^{20-300^{\circ}C}$  oraz fizycznym  $\alpha_{fiz}^{300^{\circ}C}$  współczynnikiem rozszerzalności cieplnej, jak też w odniesieniu do nieodwracalnych zmian wymiarowych w warunkach obciążeń cieplnych. Te właściwości zapewnia właśnie odpowiednio dobrany stosunek zawartości Cu do Mg oraz Mn do Fe.

Poprzez wprowadzenie pierwiastków z IIIB-VB grupy i 4-7 okresu układu okresowego i/lub B następuje rozdrobnienie ziaren  $\alpha_{Al}$  roztworu stałego, a pierwiastki z IA i IIA grupy i 2-7 okresu układu okresowego i/lub As, Sb, Pb, Bi powodują modyfikację eutektyki krzemowej ( $\alpha_{Al} + \beta_{Si}$ ). Rozdrobnienie ziaren  $\alpha_{Al}$  roztworu stałego oraz eutektyki krzemowej ( $\alpha_{Al} + \beta_{Si}$ ) zwiększa wytrzymałość  $R_m$ ,  $R_{p0,2}$  o 10-30% oraz szczególnie plastyczności  $A_5$  o 100-300%, co skutkuje wzrostem odporności siluminu według wynalazku na ciepło-mechaniczne zmęczenie. Pierwiastki takie na przykład jak Sr, Na, Be korzystnie wpływają także na morfologię faz żelaza.

W beznikłowym podeutektycznym siluminie wytwarzanym z wtórnych materiałów wsadowych, pojawiają się elementy mikrostruktury na bazie faz  $T(Al_{20}Mn_3Cu_2)$ ,  $N(Al_7Cu_2Fe)$  i  $W(Al_5Si_6Mg_3Fe)$ , które sprzyjają większej stabilności siluminów według wynalazku względem trwałych zmian wymiarowych. Jednocześnie większa zawartość miedzi oraz obecność manganu i żelaza, jako dodatków stopowych, kompensują nieobecność Ni i powodują, że parametry odwracalnych zmian wymiarowych - charakteryzowanych współczynnikami rozszerzalności cieplnej - są na poziomie tych dla znormalizowanych siluminów z niklem. Dotyczy to również innych ważnych eksploatacyjnie parametrów, na przykład żarowytrzymałości.

Zaletą beznikłowego podeutektycznego siluminu wytwarzanego z wtórnych materiałów wsadowych, według wynalazku, jest między innymi zachowanie wyjątkowej stabilności wymiarów podczas krótko- i długotrwałego działania obciążeń cieplnych. Kolejną zaletą stopu według wynalazku jest to, że można wykorzystać do jego wytwarzania surowce wtórne zawierające zwiększone zawartości żelaza.

Przykłady składu chemicznego beznikłowego podeutektycznego siluminu wytwarzanego z wtórnych materiałów wsadowych według wynalazku:

P r z y k ł a d I

Beznikłowy podeutektyczny silumin wytwarzany z wtórnych materiałów wsadowych, o składzie w % wagowych: 10,50 Si, 3,10 Cu, 0,65 Mg, 0,75 Mn, 0,70 Fe, 0,05 Zn, 0,05 Sn, reszta Al, posiada następujące właściwości:

$HB_{10/2452/1h}^{350^{\circ}C} = 11,7$  HB,  $R_m = 218$  MPa,  $R_{p0,2} = 185$  MPa,  $A_5 = 1,1\%$ , HB,  $R_5^{350^{\circ}C} = 7,7\%$ , twardość wg Brinella = 102 HB,  $\alpha_{tech}^{20-300^{\circ}C} = 21,1 \cdot 10^{-6} K^{-1}$ ,  $\alpha_{fiz}^{300^{\circ}C} = 22,3 \cdot 10^{-6} K^{-1}$ ,  $(\Delta V/V_0)_{100h}^{500^{\circ}C} = +0,04\%$ .

P r z y k ł a d II

Beznikłowy podeutektyczny silumin wytwarzany z wtórnych materiałów wsadowych, zawierający w % wagowych: 10,85 Si, 3,60 Cu, 0,65 Mg, 0,75 Mn, 0,65 Fe, 0,10 Zn, 0,01 Sn, reszta Al, posiada następujące właściwości:

$HB_{10/2452/1h}^{350^{\circ}C} = 12,1$  HB,  $R_m = 230$  MPa,  $R_{p0,2} = 205$  MPa,  $A_5 = 1,4\%$ , twardość wg Brinella = 95 HB,  $A_5^{350^{\circ}C} = 8,3\%$ ,  $\alpha_{tech}^{20-300^{\circ}C} = 20,9 \cdot 10^{-6} K^{-1}$ ,  $\alpha_{fiz}^{300^{\circ}C} = 22,1 \cdot 10^{-6} K^{-1}$ ,  $(\Delta V/V_0)_{100h}^{500^{\circ}C} = +0,02\%$ .

### Przykład III

Beznikłowy podeutektyczny silumin wytwarzany z wtórnych materiałów wsadowych, o składzie w % wagowych: 10,45 Si, 3,30 Cu, 0,70 Mg, 0,70 Mn, 0,65 Fe, 0,06 Zn, 0,02 Sn, 0,08 Ti, 0,05 Zr, 0,04 Sr, reszta Al, posiada następujące właściwości:

$HB_{10/2452/1h}^{350^{\circ}C} = 11,3$  HB,  $R_m = 230$  MPa,  $R_{p0,2} = 202$  MPa,  $A_5 = 2,3\%$ ,  $A_5^{350^{\circ}C} = 9,1\%$ , twardość wg Brinella = 97 HB,  $\alpha_{tech}^{20-300^{\circ}C} = 21,0 \cdot 10^{-6} K^{-1}$ ,  $\alpha_{fiz}^{300^{\circ}C} = 22,5 \cdot 10^{-6} K^{-1}$ ,  $(\Delta V/V_0)_{100h}^{500^{\circ}C} = -0,03\%$ .

Beznikłowy podeutektyczny silumin stopowy wytwarzany z wtórnych materiałów wsadowych, według wynalazku, dzięki swoim właściwościom jest zamiennikiem znanego z normy EN AC-48000 siluminu z niklem, w szczególności na tłoki mało- i średnio obciążonych silników spalinowych. Stop według wynalazku znajduje zastosowanie na odlewy - wytwarzane grawitacyjnie w formach piaskowych oraz metalowych, pracujące w podwyższonej i/lub wysokiej temperaturze - takich części konstrukcyjnych jak: segmenty aparatury chemicznej, elementy grzewcze i armaturowe, różnorodne detale dla przemysłu samochodowego, lotniczego i kosmonautyki, na łopatki turbin i wentylatorów, zawory, zasuwę pomp, koła zębate, łożyska ślizgowe oraz elementy sprzętu gospodarstwa domowego.

## Zastrzeżenia patentowe

1. Beznikłowy podeutektyczny silumin wytwarzany z wtórnych materiałów wsadowych, zawierający Al, Si, Cu, Mg, Mn i Fe, **znamienny tym**, że składa się, w % wagowych, z 10,0-11,00 Si, 2,90-3,60 Cu, 0,55-0,75 Mg, 0,60-0,80 Mn, 0,50-0,90 Fe i zanieczyszczeń w postaci:  $\leq 0,50$  Ni,  $\leq 0,50$  Zn,  $\leq 0,10$  Sn,  $\leq 0,25$  innych pierwiastków, reszta Al, przy czym stosunek zawartości Cu : Mg wynosi 3,8-6,6 : 1,0, a stosunek Mn : Fe jest równy 0,6-1,6 : 1,0.

2. Beznikłowy podeutektyczny silumin wytwarzany z wtórnych materiałów wsadowych, zawierający Al, Si, Cu, Mg, Mn i Fe, **znamienny tym**, że składa się, w % wagowych, z 10,0-11,00 Si, 2,90-3,60 Cu, 0,55-0,75 Mg, 0,60-0,80 Mn, 0,50-0,90 Fe oraz 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 zanieczyszczeń w postaci:  $\leq 0,50$  Ni,  $\leq 0,50$  Zn,  $\leq 0,10$  Sn,  $\leq 0,25$  innych pierwiastków, reszta Al, przy czym stosunek zawartości Cu : Mg wynosi 3,8-6,6 : 1,0, a stosunek Mn : Fe jest równy 0,6-1,6 : 1,0.

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

4. Beznikłowy podeutektyczny 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.