

RZECZPOSPOLITA  
POLSKA



Urząd Patentowy  
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **217649**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **391838**

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

(22) Data zgłoszenia: **14.07.2010**

---

(54) **Beznikłowy okołoeutektyczny 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 217649 B1**

## Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest beznikłowy okołoeutektyczny silumin wytwarzany z wtórnych materiałów wsadowych, przeznaczony zwłaszcza na tłoki mało-, średnio- i wysokoobciążonych silników spalinowych oraz części konstrukcyjne urządzeń pracujące w podwyższonej i/lub wysokiej temperaturze.

Do wykonywania tłoków silników spalinowych i innych detali, od których wymagane są odpowiednie poziomy takich właściwości jak żarowytrzymałość, wytrzymałość i plastyczność w próbie rozciągania w temperaturze pokojowej, twardość, odporność na zmęczenie cieplno-mechaniczne oraz stabilność wymiarowa względem odwracalnych i nieodwracalnych odkształceń w warunkach obciążeń cieplnych, stosuje się siluminy stopowe z niklem. W znanych okołoeutektycznych siluminach przeznaczonych na tłoki silników spalinowych, zawartości podstawowych dodatków stopowych i/lub zanieczyszczeń mieszczą się w następujących granicach, w % wagowych: 10,5-13,5 Si, 0,5-4,5 Cu, 0,7-1,5 Mg, 0,0-3,0 Ni,  $\leq 0,50$  lub 0,30-0,90 Mn,  $\leq 0,50$  Fe,  $\leq 0,25$  lub 0,05-0,25 Ti,  $\leq 1,20$  Zn, reszta Al.

Znanym stosowanym siluminem odlewniczym, przeznaczonym zwłaszcza na tłoki silników spalinowych, jest silumin znany z opisu PL 190 504, zawierający w % wagowych: 11,5-18,0 Si, 0,80-1,30 Cu, 0,10-2,00 Mg, 0,10-3,0 Ni, 0,20-0,40 Mn, do 1,5 Fe, do 0,40 Ti, do 0,60 Zn, do 0,20 Sn, do 0,60 Cr, do 1,2 Co, 0,0035-0,0150 P, do 0,0030 Ca, do 0,0010 Na, do 0,0010 Sr, reszta Al. Typowymi siluminami okołoeutektycznymi są na przykład stopy: w Niemczech KS 1275, Mahle 124, Nüral 3210, w USA SAE 321 i SAE 334, w Rosji AK12M2, w W. Brytanii stop LM13, w których zawartości składników stopowych mieszczą się w granicach, w % wagowych: 10-13,0 Si, 0,7-3,0 Cu, 0,1-1,5 Mg, 0,0-1,5 Ni, 0,5 Mn,  $\leq 0,7-1,3$  Fe,  $\leq 0,2-1,2$  Zn,  $\leq 0,01$  Pb,  $\leq 0,01$  Sn, reszta Al.

Znany z normy europejskiej silumin EN AC-4800 AlSi12uNiMg, zgodnie z PNEN1706: 2011, zawiera 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. Wszystkie wymienione znane siluminy przeznaczone na tłoki silników spalinowych zawierają drogi nikiel. Zapewnia on siluminom wymaganą żarowytrzymałość i żaroodporność oraz mniejsze parametry rozszerzalności cieplnej w zakresie roboczych temperatur tłoków, dochodzących do 350-425°C.

Okołoeutektyczne siluminy stopowe znane z opisów patentowych, na przykład silumin znany z opisu US 6 399 020 o ograniczonej zawartości niklu, składa się, w % wagowych, z: 11,0-14,0 Si, 5,6-8,0 Cu, 0,5-1,5 Mg, 0,05-0,9 Ni, 0,0-0,8 Fe, 0,0-1,0 Mn, 0,05-1,2 Ti, 0,12-1,2 Zr, 0,05-1,20 V, 0,05-0,90 Zn, 0,001-0,1 Sr, reszta Al, inny silumin, znany z opisu CN101538667, składa się, w % wagowych, z: 11-12 Si, 2,5-3,0 Cu, 0,7-0,8 Mg, 0,25-0,40 Mn, 0,15-0,25 Zn, 0,09-0,19 Ni, 0,09-0,28 Ti, 0,09-0,19 Cr, reszta Al.

W okołoeutektycznych siluminach stopowych żelazo traktowane jest jako szkodliwa domieszka, która nie powinna przekraczać wartości 1,3% wagowych. Siluminy okołoeutektyczne przeznaczone na tłoki silników spalinowych, wytwarzanych z czystych materiałów wsadowych, mają obostrzenia co do górnych granic zawartości zanieczyszczeń: żelaza  $\leq 0,3-0,7\%$  wagowych i cynku  $\leq 0,2-1,2\%$  wagowych. Obecność żelaza w okołoeutektycznym siluminie stopowym powoduje obniżenie jego wytrzymałościowych i plastycznych właściwości. W znanych okołoeutektycznych siluminach stopowych stosunek średniej zawartości manganu do średniej zawartości żelaza nie przekracza wartości 0,5.

Znane odlewnicze okołoeutektyczne siluminy z niklem, przeznaczone na tłoki silników spalinowych, 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  $HB_{10/2452/1\text{h}}^{350^{\circ}\text{C}} = 11,0-14,0$  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,  $R_5^{350^{\circ}\text{C}} = 2-10\%$ ,  $\alpha_{\text{tech}}^{20-300^{\circ}\text{C}} = 20,5-21,5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ ,  $\alpha_{\text{fiz}}^{300^{\circ}\text{C}} = 3,0-25,0 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ , trwałymi zmianami wymiarowymi  $|\Delta V/V_0|_{100\text{h}}^{500^{\circ}\text{C}} = 0,10-1,0\%$ .

Beznikłowy okołoeutektyczny silumin wytwarzany z wtórnych materiałów wsadowych, według wynalazku składa się, w % wagowych, z 12,00-13,00 Si, 3,30-3,80 Cu, 0,40-0,60 Mg, 0,50-0,80 Mn, 0,50-0,90 Fe i zanieczyszczeń w postaci:  $\leq 0,50$  Ni,  $\leq 0,50$  Zn,  $\leq 0,10$  Sn i innych pierwiastków w ilości do 0,30, resztę stanowi Al, przy czym stosunek zawartości Cu : Mg wynosi 5,5-9,5 : 1,0, a stosunek zawartości Mn : Fe wynosi 0,5-1,60 : 1,0.

W innym rozwiązaniu beznikłowy okołoeutektyczny silumin wytwarzany z wtórnych materiałów wsadowych, według wynalazku składa się, w % wagowych, z 12,00-13,00 Si, 3,30-3,80 Cu, 0,40-0,60 Mg,

0,50-0,80 Mn, 0,50-0,90 Fe 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 i 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 zawartości Cu : Mg wynosi 5,5-9,5 : 1,0, a stosunek zawartości Mn : Fe wynosi 0,5-1,60 : 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.

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

Beznikłowy okołoeutektyczny silumin, według wynalazku, przy zachowaniu odpowiednich stosunków wagowych, pomimo zawartości żelaza w ilości 0,50-0,90% wagowych ma następujące właściwości: żarowytrzymałość  $HB_{10/2452/1h}^{350^{\circ}C} = 12,0-14,0$  HB,  $R_m = 210-240$  MPa,  $A_5 = 0,6-1,4\%$ , twardość wg Brinalla = 95-130 HB,  $R_5^{350^{\circ}C} = 7-10\%$ , współczynniki rozszerzalności cieplnej  $\alpha_{tech}^{20-300^{\circ}C} = 20,0-21,0 \cdot 10^{-6} K^{-1}$  i  $\alpha_{fiz}^{300^{\circ}C} = 21,0-24,0 \cdot 10^{-6} K^{-1}$  oraz nieodwracalne zmiany wymiarowe  $|\Delta V/V_0|_{100h}^{500^{\circ}C} \leq 0,20\%$ . Posiada więc właściwości porównywalne do właściwości siluminu otrzymywanego z czystych materiałów wyjściowych z niską zawartością żelaza. Do otrzymywania beznikłowego okołoeutektycznego siluminu wykorzystuje się złom obiegowy i surowce wtórne z podwyższoną zawartością żelaza. Zaletą beznikłowego okołoeutektycznego siluminu, według wynalazku, jest także zachowanie wyjątkowej stabilności wymiarów podczas krótko- i długotrwałego działania obciążeń cieplnych.

Poprzez wprowadzenie pierwiastków z IIIB-VB grupy i 4-7 okresu układu okresowego i/lub B następuje rozdrobnienie ziaren  $\alpha_{Al}$  - roztworu stałego. Pierwiastki z IA i IIA grupy i 2-7 okresu układu okresowego i/lub As, Sb, Pb, Bi powodują modyfikację eutektyki krzemowej ( $\alpha_{Al} + \beta_{Si}$ ), natomiast rozdrobnienie kryształów krzemu pierwotnego następuje poprzez wprowadzenie niewielkich ilości pierwiastków IVA-VIA grupy i 2-6 okresu układu okresowego. Rozdrobnienie ziaren  $\alpha_{Al}$  roztworu stałego oraz eutektyki krzemowej ( $\alpha_{Al} + \beta_{Si}$ ) powoduje zwiększenie wytrzymałości  $R_m$ ,  $R_{p0,2}$  o 10-30%, oraz szczególnie plastyczności  $A_5$  o 100-300%, co skutkuje wzrostem odporności siluminu według wynalazku na cieplno-mechaniczne zmęczenie. Natomiast modyfikacja siluminu pierwiastkami metali alkalicznych lub metalami ziem alkalicznych powoduje ukierunkowanie siluminu według wynalazku w stronę siluminu podeutektycznego. Wprowadzanie rozdrabniaczy kryształów krzemu pierwotnego sprządza natomiast silumin w stronę lekko nadeutektycznego, z niewielką ilością wydzieleń kryształów krzemu pierwotnego, przy czym krzem eutektyczny ma charakter struktury ziarnistej, co zmniejsza skłonność siluminu według wynalazku do tworzenia mikroporowatości skurczowej i gazowej, sprzyja podwyższeniu żarowytrzymałości oraz wysokotemperaturowej wytrzymałości zmęczeniowej, a także polepsza właściwości trybologiczne, głównie odporność na ścieranie. Odlewane do form metalowych części konstrukcyjne z beznikłowego siluminu okołoeutektycznego według wynalazku, poddawane obróbce cieplnej - polegającej na sztucznym starzeniu w temperaturze 210-240°C, przez 6-8 godzin - charakteryzują się stabilnością wymiarową zwłaszcza w odniesieniu do trwałych zmian wymiarowych w warunkach obciążeń cieplnych.

Przykłady składu chemicznego beznikłowego okołoeutektycznego siluminu wytwarzanego z wtórnych materiałów wsadowych według wynalazku.

#### Przykład I

Beznikłowy okołoeutektyczny silumin o składzie chemicznym w % wagowych: 12,25 Si, 3,45 Cu, 0,50 Mg, 0,65 Mn, 0,70 Fe, 0,25 Zn, 0,04 Sn, reszta Al, posiada następujące właściwości:

$HB_{10/2452/1h}^{350^{\circ}C} = 13,0$  HB,  $R_m = 215$  MPa,  $R_{p0,2} = 190$  MPa,  $A_5 = 1,2\%$ ,  $R_5^{350^{\circ}C} = 8,9\%$ , twardość wg Brinella = 105 HB,  $\alpha_{tech}^{20-300^{\circ}C} = 20,7 \cdot 10^{-6} K^{-1}$ ,  $\alpha_{fiz}^{300^{\circ}C} = 21,5 \cdot 10^{-6} K^{-1}$ ,  $(\Delta V/V_0)_{100h}^{500^{\circ}C} = +0,03\%$ .

#### Przykład II

Beznikłowy okołoeutektyczny silumin zawierający w % wagowych: 12,85 Si, 3,75 Cu, 0,55 Mg, 0,70 Mn, 0,65 Fe, 0,15 Zn, 0,02 Sn, reszta Al, posiada następujące właściwości.

$HB_{10/2452/1h}^{350^{\circ}C} = 13,5$  HB,  $R_m = 235$  MPa,  $R_{p0,2} = 210$  MPa,  $A_5 = 1,0\%$ , twardość wg Brinella = 115 HB,  $A_5^{350^{\circ}C} = 8,3\%$ ,  $\alpha_{tech}^{20-300^{\circ}C} = 20,5 \cdot 10^{-6} K^{-1}$ ,  $\alpha_{fiz}^{300^{\circ}C} = 21,8 \cdot 10^{-6} K^{-1}$ ,  $(\Delta V/V_0)_{100h}^{500^{\circ}C} = +0,07\%$ .

#### Przykład III

Beznikłowy okołoeutektyczny silumin o składzie chemicznym w % wagowych: 12,50 Si, 3,55 Cu, 0,45 Mg, 0,75 Mn, 0,80 Fe, 0,10 Zn, 0,01 Sn, 0,07 Ti, 0,05 Sr, reszta Al, posiada następujące właściwości:

$HB_{10/2452/1h}^{350^{\circ}C} = 13,2$  HB,  $R_m = 225$  MPa,  $R_{p0,2} = 195$  MPa,  $A_5 = 1,8\%$ ,  $A_5^{350^{\circ}C} = 8,7\%$ , twardość wg Brinella = 110 HB,  $\alpha_{tech}^{20-300^{\circ}C} = 20,5 \cdot 10^{-6} K^{-1}$ ,  $\alpha_{fiz}^{300^{\circ}C} = 21,6 \cdot 10^{-6} K^{-1}$ ,  $(\Delta V/V_0)_{100h}^{500^{\circ}C} = +0,01\%$ .

Beznikłowy okołoeutektyczny silumin według wynalazku, dzięki swoim właściwościom może być zamiennikiem siluminu EN AC-48000 z niklem i znajduje zastosowanie na tłoki mało-, średnio- i wysoko obciążonych silników spalinowych. Główne ich przeznaczenie to m.in. tłoki jednostek napędowych, niektórych pojazdów - jak małodrożowe samochody osobowe, motory, skutery i motorowery, a także pompy, sprężarki, piły mechaniczne, kosiarki, stacjonarne urządzenia wykorzystywane w celach gospodarczych, w urządzeniach rolniczych, agregatach prądowców. Stopy podobnego typu znajdują też zastosowanie na odlewy elementów konstrukcyjnych wytwarzanych grawitacyjnie w formach piaskowych oraz metalowych, pracujących w podwyższonej i/lub wysokiej temperaturze, takich na przykład jak: segmenty aparatury chemicznej, elementy grzewcze i armaturowe, różnorodne detale dla przemysłu samochodowego, lotniczego i kosmonautyki, łopatki turbin i wentylatorów, zawory, zasuwki pomp, koła zębate, łożyska ślizgowe, elementy sprzętu gospodarstwa domowego.

### Zastrzeżenia patentowe

1. Beznikłowy okołoeutektyczny silumin wytwarzany z wtórnych materiałów wsadowych, zawierający Al, Si, Cu, Mg, Mn i Fe, **znamienny tym**, że składa się, w % wagowych, z 12,00-13,00 Si, 3,30-3,80 Cu, 0,40-0,60 Mg, 0,50-0,80 Mn, 0,50-0,90 Fe i zanieczyszczeń w postaci:  $\leq 0,50$  Ni,  $\leq 0,50$  Zn,  $\leq 0,10$  Sn i innych pierwiastków w ilości do 0,30, resztę stanowi Al, przy czym stosunek zawartości Cu : Mg wynosi 5,5-9,5 : 1,0, a stosunek zawartości Mn : Fe wynosi 0,5-1,6 : 1,0.

2. Beznikłowy okołoeutektyczny silumin wytwarzany z wtórnych materiałów wsadowych, zawierający Al, Si, Cu, Mg, Mn i Fe, **znamienny tym**, że składa się, w % wagowych, z 12,00-13,00 Si, 3,30-3,80 Cu, 0,40-0,60 Mg, 0,50-0,80 Mn, 0,50-0,90 Fe 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 i zanieczyszczeń postaci:  $\leq 0,50$  Ni,  $\leq 0,50$  Zn,  $\leq 0,10$  Sn i innych pierwiastków w ilości do 0,30, resztę stanowi Al, przy czym stosunek zawartości Cu : Mg wynosi 5,5-9,5 : 1,0, a stosunek zawartości Mn : Fe wynosi 0,5-1,6 : 1,0.

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

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