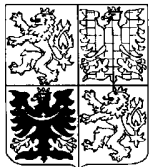


PŘIHLÁŠKA VYNÁLEZU

zveřejněná podle § 31 zákona č. 527/1990 Sb.

(19) ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(22) Přihlášeno: **02.06.2000**

(32) Datum podání prioritní přihlášky: **04.06.1999**

(31) Číslo prioritní přihlášky: **1999/19925666**

(33) Země priority: **DE**

(40) Datum zveřejnění přihlášky vynálezu: **14.11.2001**
(Věstník č. 11/2001)

(21) Číslo dokumentu:

2000 - 2066

(13) Druh dokumentu: **A3**

(51) Int. Cl. ⁷ :

C 22 C 21/02

(71) Přihlašovatel:

VAW ALUMINIUM AG, Bonn, DE;

(72) Původce:

Feikus Franz Josef Dr., Bonn, DE;

Heusler Leonhard, St. Augustin, DE;

(74) Zástupce:

Čermák Karel Dr., Národní třída 32, Praha 1, 11000;

(54) Název přihlášky vynálezu:

Odlitek hlavy válce a odlitek bloku motoru

(57) Anotace:

Popisuje se odlitek hlavy válce a odlitek bloku motoru z hliníkové slitiny z Si 6,80 až 7,20 % obj., Fe 0,35 až 0,45 % obj., Cu 0,30 až 0,40 % obj., Mn 0,25 až 0,30 % obj., Mg 0,35 až 0,45 % obj., Ni 0,45 až 0,55 % obj., Zn 0,10 až 0,15 % obj., Ti 0,11 až 0,15 % obj., zbytku hliníku a fází typu hliník-nikl, hliník-měď, hliník-mangan, hliník-železo, stejně tak jako směsných fází. Hliníková slitina se při výrobě vnese do lící formy při teplotách 720 až 740 °C, přičemž hliníková slitina se podrobí ochlazení a rychlosti chlazení 0,1 až 10 K.s⁻¹. Po ochlazení na teplotu místnosti se provede tepelné zpracování za podmínek, kdy popouštěcí žíhání probíhá při 530 °C po dobu 5 hodin, prudké ochlazení ve vodě při 80 °C, stejně tak jako umělého stárnutí při teplotě 160 až 200 °C po dobu 6 hodin.

Odlitek hlavy válce a odlitek bloku motoru

Oblast techniky

Vynález se týká odlitku hlavy válce a odlitku bloku motoru, sestávajícího z hliníkové slitiny následujícího složení: Si 6,80 až 7,20, Fe 0,35 až 0,45, Cu 0,30 až 0,40, Mn 0,25 až 0,30, Mg 0,35 až 0,45, Ni 0,45 až 0,55, Zn 0,10 až 0,15, Ti 0,11 až 0,15, zbytku hliníku jakož i nevyhnutelných nečistot, maximálně jednotlivých po 0,05, dohromady maximálně 0,15.

Dosavadní stav techniky

Vlastnosti hliníku závisí na celé řadě faktorů; při tom velmi důležitou roli hrají zejména přidané nebo náhodně přítomné příměsi jiných prvků.

Hlavními prvky slitiny jsou : měď /Cu/, křemík /Si/, hořčík /Mg/, zinek /Zn/, mangan /Mn/.

V menších množstvích jsou často přítomny nečistoty nebo přísady: železo /Fe/, chrom /Cr/, titan /Ti/. Pro speciální slitiny se používají přísady: nikl /Ni/, kobalt /Co/, stříbro /Ag/, lithium /Li/, vanad /V/, zirkon /Zr/, cín /Sn/, olovo /Pb/, kadmium /Cd/, bismut /Bi/.

Všechny složky slitiny jsou zcela rozpustné v kapalném hliníku za vysokých teplot. Rozpustnost v pevném stavu za tvorby směsných krystalů je u všech prvků omezena; neexistuje žádný systém slitiny s hliníkem, který by vykazoval řadu směsných krystalů, která by byla úplná. Nerozpuštěné podíly tvoří ve struktuře slitiny vlastní fáze,

které se označují jako heterogenní součásti struktury. Často to jsou tvrdé a křehké krystaly, která samy o sobě sestávají z prvků / například u Si, Zn, Sn, Pb, Cd, Bi/ nebo z metalických sloučenin s hliníkem / například Al_2Cu , Al_8Mg_3 , Al_6Mn , Al_3Fe , Al_7Cr , Al_3Ni , AlLi /.

K mezimetalickým sloučeninám se ve sloučeninách se třemi nebo několika složkami řadí ještě intermetalické vzájemné sloučeniny přísad / například Mg_2Si , MgZn_2 /, ternární fáze / například $\text{Al}_8\text{Fe}_2\text{Si}$, $\text{Al}_2\text{Mg}_3\text{Zn}_3$, Al_2CuMg / a vyšší fáze. Tvorba směsných krystalů a vytvoření heterogenních součástí struktury / množství, velikost, tvar a rozdělení/ určují fyzikální, chemické a technologické vlastnosti slitiny. Rychlost difúze, snižující se s teplotou, má za následek, směsné krystaly s hliníkem mohou po rychlém ochlazení z vyšších teplot obsahovat rozpuštěné vyšší obsahy, než to odpovídá rovnováze při teplotě místnosti. V takových přesycených směsných krystalech mohou při teplotě místnosti nebo při mírně zvýšené teplotě probíhat pochody vylučování / například za tvorby metastabilních fází/, které mohou mít značný vliv na vlastnosti. Difúzně málo aktivní prvky jako Mn se mohou při rychlém ztuhnutí z taveniny dokonce přesytit daleko přes maximální rovnovážnou rozpustnost. Toto přesycení se může zrušit žíháním při vysokých teplotách. Přísady se potom vylučují jako jemně disperzní. Nejčastěji se toto žíhání /žíhání k vytvoření hrubého zrna/ používá také pro vyrovnaní sjednocení krystalů.

Dále je krátce vysvětleno několik dvoulátkových a třílátkových systémů, důležitých pro praxi.

Hliník-měď

V oblasti 0 až asi 53 % Cu je přítomný jednoduchý

eutektický dílčí systém s eutektikem okolo 33,2 % Cu a 547 °C. Maximální rozpustnost při eutektické teplotě v α -směsném krystalu je okolo 5,7 %. Rozpustnost klesá se snižující se teplotou a při 300 °C je již jen asi 0,45 %. Vylučováním z přesyceného směsného krystalu se mohou při středních teplotách tvořit metastabilní přechodové fáze.

Hliník-křemík

Systém je čistě eutektický s eutektikem okolo 12,5 % Si a 577 °C. V α -směsném krystalu je při této teplotě rozpustné 1,68 % Si. Při 300 °C je to ještě asi 0,07 %. Krystalizace eutektického křemíku se dá ovlivnit malou přísadou /například sodíku nebo stroncia/. Při tom dochází k podchlazení závislému na rychlosti tuhnutí a posunu koncentrace eutektického bodu.

Hliník-hořčík

Dílčí oblast od 0 až asi do 36 % Mg je eutektická. Eutektikum je asi okolo 34 % Mg a 450 °C. Při této teplotě je /maximální/ rozpustnost 17,4 % Mg. Při 300 °C je rozpustných asi 6,6 %, při 100 °C asi 2,0 % Mg v α -směsném krystalu. Nerozpuštěný Mg je ve struktuře nejčastěji přítomný jako β -fáze / Al_8Mg_3 /.

Hliník-zinek

Slitiny tvoří eutektický systém s eutektikem bohatým na zinek okolo 94,5 % a 382 °C. Ve zde zajímavé oblasti bohaté na hliník je okolo 275 °C ve směsném α -krystalu rozpustných asi 31,5 % Zn. Rozpustnost je silně závislá na teplotě a okolo 200 °C se snižuje na 14,5 %, okolo 100 °C asi na 3,0 %.

Systémy hliník-mangan, hliník železo a hliník-nikl mají eutektikum při nižší koncentraci. Teplota tání se sni-

žuje jen velmi pomalu. S výjimkou manganu je rozpustnost v pevném stavu malá.

Z časopisu AFS Transaktion, svazek 61, 1998, stran 225 až 231 je známo, že se slévárenské slitiny hliníku a křemíku dají pro hlavy válců optimalizovat přidávkem mědi. Při tom se zvyšuje pevnost slitiny AlSi7Mg za tepla, pokud se k ní přidá 0,5 až 1 % mědi, velmi významně, přičemž se současně zlepšila i mez tečení. Zlepšení mechanických pevností přináší ale současně zhoršení duktility, jakož i snížení odolnosti vůči korozi.

Po výrobě odlitků hlavy válců a odlitků bloku motoru litím je často nezbytné vyrovnávací zpracování. U určitých slitin dochází zde k problémům na základě příliš malé tvrdosti, neboť odlitky jsou na povrchu příliš měkké, takže při obrábění mohou vzniknout jemné rýhy nebo zamazání.

Takovéto slitiny musí dále vykazovat vysokou tepelnou vodivost, aby se odlitky mohly používat pro oblast motorů.

Slitiny pro písty s 12 % Si, které byly použity pro srovnání, nesplňují tyto požadavky, stejně tak jako obvykle používaná AlSi9Cu3 slitina.

Úlohou vynálezu proto je, uvést vhodnou slitinu s vysokou tepelnou vodivostí s odpovídajícím vytvoření struktury pro použití v odlitcích hlavy válců a odlitcích bloku motoru, která by měla vysokou odolnost vůči teplu, dobrou mez tečení jakož i dostatečnou duktilitu při současně malé náchylnosti ke korozi a současně s dobrou obrobiteľností.

Podstata vynálezu

Tato úloha je podle vynálezu vyřešena znaky uvedenými v

patentových nárocích.

Podle průzkumu vynálezců mají odlitky hlavy válců a odlitky bloku motoru, sestávající z hliníkové slitiny následujícího složení:

Si	6,80 až 7,20
Fe	0,35 až 0,45
Cu	0,30 až 0,40
Mn	0,25 až 0,30
Mg	0,35 až 0,45
Ni	0,45 až 0,55
Zn	0,10 až 0,15
Ti	0,11 až 0,15

zbytku hliníku jakož i nevyhnutelných nečistot, maximálně jednotlivých po 0,0%, dohromady maximálně 0,15 obzvláště vysokou mez tečení a odolnost vůči teple, když jsou fáze typu hliník-nikl, hliník-měď, hliník-mangan, hliník-železo a směsné fáze uvedených typů obsaženy v množství 1 až 3 % obj. a je zejména dodržen poměr Ni:Mg:Cu = 5:4:3,5. tepelná vodivost a duktilita jsou u odlitku hlavy válců a odlitku bloku motoru zlepšeny vytvořením struktury, sestávající se 40 až 55 % obj. z struktury matrice z hliníku a při dodržení poměru Mn/Fe nejméně 0,7 : 1. Pokud prvky hliníkové slitiny jsou přítomny v následujících poměrech:

$$\text{Si} : \text{Fe} : \text{Cu} = 7 : 0,4 : 0,35$$

$$\text{Ni} : \text{Mg} : \text{Cu} = 5 : 4 : 3,5$$

má odlitek hlavy válců a odlitek bloku motoru velmi dobré antikorozivní vlastnosti. Bylo zjištěno, že odlitky hlavy válců a bloku motoru se dají snáze obrábět a vykazují vyšší tvrdosti, když se vyrobí následujícím způsobem:

hliníková slitina se vnese při teplotách 720 až 740 °C do lící formy, poté se hliníková slitina podrobí ochlazování s rychlostí ochlazení 0,1 až 10 K s⁻¹ a po ochlazení na teplotu místnosti se provádí tepelné zpracování, sestávající z popouštějícího žíhání při 530 °C po dobu 5 hodin, prudkého ochlazení ve vodě při 80 °C, jakož i umělého stárnutí při teplotě 160 až 200 °C po dobu 6 hodin.

Příklady provedení vynálezu

Dále je uvedeno několik příkladů provedení, ze kterých vyplývají přednosti zpracování, dané zvýšenou tvrdostí a s tím spojené lepší obrobiteľností, jakož i menší nákloností ke korozi při zachovaných dobrých mechanických vlastnostech /tabulka 1/. Pro srovnání se slitinami podle vynálezu byla zkoušena slitina hliníku-křemíku-niklu, známá z Aluminium-Taschenbuch, 14. Auflage, strana 35. Z toho vyplynulo, že se zde mohla naměřit pouze malá tepelná vodivost v důsledku vysokých eutektických podílů.

Posouzení zpracovatelnosti je založeno na srovnání tvrdosti, přičemž jednotlivé hodnoty byly měřeny podle Brinella vtiskem. Pro slitiny podle vynálezu vyplynula tvrdost 100 až 105 HB v protikladu k 85 až 90 HB u srovnávané slitiny.

Obzvláště vysoké hodnoty tvrdosti se u slitiny podle vynálezu mohly dosáhnout speciálním kalením, které je definováno v nároku 4. Při tom byly dodrženy následující parametry:

teplota lití: 730 °C

rychlost ochlazování asi 1 až 5 K/s

popouštěcí žíhání 530 °C po dobu 5 hodin

prudké ochlazení ve vodě s teplotou 80 °C

umělé stárnutí při 180 °C po dobu 6 hodin

Srovnání korozivity se slitinou obsahující měď / 0,5 % mědi ze slit. 6/ ukázalo zřetelné zlepšení odolnosti vůči korozi / oproti stavu techniky/ a zejména oproti běžně používaným slitinám, například slitina č. 5, která se až dosud používala pro výrobu odlitků válců a bloků motoru. Tedy vyšlo se z toho, že se pomocí slitiny podle vynálezu mohlo dosáhnout podstatné zlepšení vlastností působících proti korozi pomocí kompenzacemědi a niklu, přičemž pro příznivé vytvoření fází, to znamená maximální zaformování popřípadě zaoblení fází, typu hliník-měď a hořčík-křemík přispělo speciální tepelné zpracování, jak je výše uvedeno a definováno v rozmezí obsahů v nároku 1.

Pro dosažené hodnoty tvrdosti neměly rozhodující význam jen samotné použité typy fází, nýbrž i jejich rozdělení a jemnost, stejně tak jako množství, měřeno v % obj. Množství se ^u určovalo kvantitativními analýzami obrazů pomocí statisticky rozdělených broušených ploch, typy fází byly zjišťovány pomocí zkoumání mikrosondami, zatím co slitina⁶ odpovídající stavu techniky /tabulka 1/obsahovala pouze 0,5 % obj. fáze obsahující Cu, má slitina podle vynálezu jemně rozptýlené intermetalické fáze se středními délkami maximálně 20 μm typu hliník-nikl, hliník-měď a hliník-železo-mangan, přičemž objemový podíl je nejméně 1 % obj., což lze považovat za podstatný základ pro zvyšování tepelné odolnosti. Jemnost jednotlivých typů fází se mohla ovlivnit stávající teplotou lití a podmínkami ochlazování.

Tabulka 1

rozdělení prvků

	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Ni	Zn	Ti	Si:Fe	Fe:Mn	Mg:Ni	tvr- dost	koro- ze
									: Cu			HB	

podle

vyn.

slit. 1 6,80 0,35 0,30 0,25 0,35 0,45 0,10 0,11 7:0,4 1:0,7 4:5 105 +

podle

vyn.

slit,2 6,93 0,38 0,33 0,26 0,38 0,48 0,12 0,12 +
podle 100

vyn.

slit.3 7,07 0,41 0,37 0,28 0,42 0,52 0,13 0,13 +
podle 102

vyn.

slit. 4 7,20 0,45 0,40 0,30 0,45 0,55 0,15 0,15 +
srovn. 104

slit. 5 8,86 0,650 2,40 0,520 0,27 0,010 0,270 0,121 - 90

srovn.

slit. 6 7,13 0,125 0,50 0,005 0,36 0,004 0,006 0,007 - 85

-9-

P A T E N T O V É N Á R O K Y

1. Odlitek hlavy válce a odlitek bloku motoru z hliníkové slitiny následujícího složení:

Si 6,80 až 7,20
Fe 0,35 až 0,45
Cu 0,30 až 0,40
Mn 0,25 až 0,30
Mg 0,35 až 0,45
Ni 0,45 až 0,55
Zn 0,10 až 0,15
Ti 0,11 až 0,15

zbytku hliníku stejně tak jako nevyhnutelných nečistot, jednotlivě maximálně po 0,05, dohromady maximálně 0,15 a dále v y z n a č u j í c í s e t í m, že obsahuje nejméně 1 % obj. následujících fází typu hliník-nikl, hliník-měď, hliník-mangan, hliník-železo a směsných fází uvedených typů.

2. Odlitek hlavy válce a odlitek bloku motoru podle nároku 1, v y z n a č u j í c í s e t í m, že má následující strukturu:

- a/ 40 až 60 % obj. struktury matrice z Al-hliníku,
- b/ 40 až 55 % obj. eutektické fáze hliníku-křemíku.
- c/ další fáze s 1 až 3 % obj. hliníku a podílů slitiny železa, mědi, hořčíku, niklu, křemíku a manganu.

3. Odlitek hlavy válce a odlitek bloku motoru podle jednoho z předcházejících nároků, v y z n a č u j í c í s e t í m, že prvky hliníkové slitiny jsou přito-

mny v následujících poměrech:

a/ Si : Fe : Cu = 7 : 0,4 : 0,35

b/ Fe : Mn = 1 : 0,7

c/ Ni : Mg : Cu = 5 : 4 : 3,5

4. Způsob výroby odlitků hlavy válce a odlitku bloku motoru podle jednoho z předcházejících nároků, vyznačující se tím, že se

a/ hliníková slitina vnese při teplotách 720 až 740 °C do lící formy

b/ hliníková slitina se podrobí ochlazení při teplotě chlazení 0,1 - 10 K s⁻¹

c/ po ochlazení na teplotu místnosti se provede tepelné zpracování za následujících podmínek:

popuštěcí žíhání po dobu 5 hodin při 530 °C, prudkého ochlazení ve vodě při 80 °C, stejně tak jako umělého stárnutí při teplotě 160 až 200 °C po dobu 6 hodin.