

### Ливарний сплав на основі алюмінію (його варіанти)

Винахід відноситься до кольорової металургії, зокрема до сплавів на основі алюмінію та може бути використаний у машинобудуванні для виготовлення виливок, наприклад деталей гідросистем (корпуси насосів та інші).

Заявляються два варіанти ливарних сплавів на основі алюмінію, пов'язаних одним винахідницьким задумом який спрямований на вирішення однієї задачі, одним шляхом, при цьому кожний з варіантів є особистим винаходом, так як кількісні ознаки, які торкаються вмісту кремнію, магнію та марганцю у кожному з варіантів не можуть бути узагальнені у одному варіанті.

Відомий ливарний сплав на основі алюмінію АК9ч (АЛ4) (ГОСТ 1583-89), що містить, мас. % :

	Кремній	8,0 - 10,5
Магній	0,17-0,30	
	Марганець	0,2-0,5
Цирконій + титан	до 0,15	
Мідь	до 0,3	

Нікель	до 0,1
Свинець	до 0,05
Олово	до 0,1
Берилій	до 0,1
Залізо	до 0,9
Алюміній	основ

Найбільш близьким по технічній суті сплаву який заявляється є ливарний сплав на основі алюмінію (Авт.св. №442224, С22С21/04, бюл.№33, 1974), що містить,мас.% :

	Кремній
	Мідь
	Магній
Марганець	0,1 - 0,4
	Церій
Алюміній	основа

Відомий сплав має відносно невисокі механічні властивості: межа міцності при кімнатній температурі  $\sigma_B$  ( МПа) дорівнює 144 - 151, відносне подовження 5 (%) дорівнює 0,5, твердість (НВ) дорівнює 650, задовільні ливарні властивості (не вказані).

До основи винахіду поставлена задача вдосконалення складу ливарного сплаву на основі алюмінію шляхом змінення кількісного складу основних

компонентів: кремнію, магнію, марганцю, міді та додаткового мікролегування титаном, цинком, нікелем, залізом, що приводє до підвищення механічних та ливарних властивостей.

Вказана задача вирішується тим, що відомий ливарний сплав на основі алюмінію, містить кремній, магній, марганець, мідь та додатково титан, нікель, цинк та залізо, при слідуєчому співвідношенні, мас.% :

Кремній	5,0 - 6,0
Магній	2,5 - 3,5
Марганець	0,6 - 1,0
Мідь	0,2 - 0,4
Титан	0,05-0,1
Цинк	0,1 -0,3
Нікель	0,01 -0,05
Залізо	0,5 - 1,0
Алюміній	основа

По другому варіанту ливарний сплав на основі алюмінію, який містить кремній, магній, марганець, мідь та додатково титан, нікель, цинк та залізо, при слідуєчому співвідношенні компонентів, мас.% :

Кремній	10,0-11,0
Магній	3,0-4,0
Марганець	0,7 - 1,1

Мідь	0,2 - 0,4
Тітан	0,05-0,1
Цинк	0,1 -0,3
Нікель	0,01 -0,05
Залізо	0,5- 1,0
Алюміній	основа

Признаком, спільним для варіантів сплаву на основі алюмінію які заявляються, та прототипу є наявність кремнію, міді, магнію та марганцю.

Признаками що відрізняють сплав на основі алюмінію по першому варіанту є  
слідуючі співвідношення компонентів, мас. % :

	<b>5,0 - 6,0</b>
Кремній	
	<b>2,5 - 3,5</b>
Магній	
	0,6- 1,0
Марганець	
	0,2 - 0,4
Мідь	
	0,05-0,1
Тітан	
	0,1 -0,3
Цинк	
	0,01 -0,05
Нікель	
	0,5- 1,0
Залізо	
	основа
Алюміній	

Признаками що відрізняють сплав на основі алюмінію по другому варіанту є  
слідуючі співвідношення компонентів, мас. % :

	Кремній	10,0-11,0
	Магній	3,0 - 4,0
	Марганець	0,7 - 1,1
Мідь		0,2 - 0,4
Тітан		0,05-0,1
	Цинк	0,1 -0,3
Нікель		0,01 -0,05
	Залізо	0,5- 1,0
	Алюміній	основа

Необхідність вмісту у сплаві компонентів у вище приведених співвідношеннях зумовлено слідуючими обставинами:

Кремній - підвищує рідкотекучість та механічні властивості. Вміст у сплаві кремнію в кількості 5,0 - 6,0 мас. %, сприяє добрим ливарним властивостям, високому рівню механічних властивостей, знижує схильність до утворення тріщин. Якщо вміст кремнію у сплаві нижче 5 % знижується рідкотекучість, межа міцності, твердість, підвищується схильність до утворення тріщин. Коли вміст кремнію вище 6,0 % знижується пластичність.

Магній - підвищує корозійну стійкість, межу міцності, твердість. Якщо вміст магнію нижче 2,5 % знижується межа міцності, корозійна стійкість, коли вміст магнію вище 3,5 % зменшується подовження.

Марганець - підвищує механічні властивості сплаву, він зменшує негативний вплив заліза, та є одним з найбільш ефективних елементів -

компенсаторів заліза він змінює морфологію фаз які містять залізо. Якщо вміст марганцю нижче 0,6 % знижуються механічні та корозійні властивості, коли вміст марганцю вище 1,0 % погіршується рідкотекучість.

Мідь - підвищує механічні властивості, корозійну стійкість. Якщо вміст міді нижче 0,2 % зменшується межа міцності, при підвищенні концентрації міді вище 0,4% підвищується схильність до утворення тріщин.

Цинк - поліпшує механічні властивості сплаву, виключно завдяки тому що підвищується ступінь легування твердого розчину, тому що ніяких інтерметалідів з іншими легуючими елементами він не утворює, та у процесі дисперсійного зміцнення при старінні участі не приймає. Якщо вміст цинку нижче 0,1 % зменшується корозійна стійкість, міцність. Коли вміст цинку більше 0,3 % знижується рідкотекучість.

Тітан - підвищує механічну міцність завдяки подрібненню макрозерна твердого розчину алюмінію, підвищує корозійну стійкість. Якщо вміст титану 0,05 - 0,1 % спостерігаються максимально високі міцність та пластичність. При концентрації титану менше 0,05 % знижується міцність. Коли вміст титану більш 0,1 % знижується рідкотекучість.

Вміст нікелю у кількості 0,05 % підвищує ступінь легування твердого розчину алюмінію, таким чином поліпшує механічні властивості. Підвищення вмісту нікелю більш 0,05% сприяє значному зниженню корозійної стійкості, та негативно впливає на рідкотекучість. При зменшенні концентрації нікелю нижче 0,01 % його вплив на властивості сплаву практично не спостерігається.

Залізо - запобігає пригар виливок до стінок кокілю, значно підвищує твердість алюмінієвих сплавів. При концентрації заліза нижче 0,5 % зменшується твердість, рідкотекучість. Коли вміст заліза вище 1,0 % знижується корозійна стійкість, межа міцності, відносне подовження.

По другому варіанту вміст у сплаві на основі алюмінію кремнію у кількості 10,0-11,0 % значно підвищує ливарні властивості, в особливості рідкотекучість завдяки підвищенню кількості тройної евтектики  $\alpha_{Al} + Mg_2Si + Si$ . Якщо вміст кремнію нижче 10,0 % знижується рідкотекучість, межа міцності, твердість, підвищується лінійна усадка. Коли вміст кремнію вище 11,0 % зменшується пластичність.

Магній - підвищує корозійну стійкість, межу міцності, твердість. Якщо вміст магнію нижче 3,0 % знижується межа міцності, корозійна стійкість, коли вміст магнію вище 4,0 % зменшується подовження.

Марганець - підвищує механічні властивості сплаву, він зменшує негативний вплив заліза, та є одним з найбільш ефективних елементів - компенсаторів заліза він змінює морфологію фаз які містять залізо. Якщо вміст марганцю нижче 0,7 % знижуються механічні та корозійні властивості, коли вміст марганцю вище 1,1 % погіршується рідкотекучість.

Мідь - підвищує механічні властивості, корозійну стійкість. Якщо вміст міді нижче 0,2 % зменшується межа міцності, при підвищенні концентрації міді вище 0,4% підвищується схильність до утворення тріщин.

Цинк - поліпшує механічні властивості сплаву виключно завдяки тому що підвищується ступінь легування твердого розчину, тому що ніяких інтерметалідів з

іншими легуючими елементами він не утворює, та у процесі дисперсійного зміцнення при старінні участі не приймає. Якщо вміст цинку нижче 0,1 % зменшується корозійна стійкість, міцність. Коли вміст цинку більш 0,3 % знижується рідкотекучість.

Титан - підвищує механічну міцність завдяки подрібненню макрозерна твердого розчину алюмінію, підвищує корозійну стійкість. Якщо вмісту титану 0,05 - 0,1 % спостерігаються максимально високі міцність та пластичність. При концентрації титану менше 0,05 % знижується міцність. Коли вміст титану більш 0,1 % знижується рідкотекучість.

Вміст нікелю у кількості 0,05 % підвищує ступінь легування твердого розчину алюмінію, таким чином підвищує механічні властивості. Підвищення вмісту нікелю більш 0,05% сприяє значному зниженню корозійної стійкості, та негативно впливає на рідкотекучість. При зменшенні концентрації нікеля нижче ніж 0,01 % його вплив на властивості сплаву практично не спостерігається.

Залізо - запобігає пригару виливок до стінок кокілю, значно підвищує твердість алюмінієвих сплавів. При концентрації заліза нижче 0,5 % зменшується твердість, рідкотекучість. Якщо вміст заліза вище 1,0 % знижується корозійна стійкість, межа міцності, відносне подовження.

Виходячі з інформації яку мають автори сукупність ознак що характеризує сутність варіантів винаходу, невідома на рівні техніки. Тому варіанти винаходу відповідають критерію "новизна".

Хімічний склад сплавів який заявляється та відомого приведен у табл.1 їх властивості у табл.2.

Як вихідні матеріали для виготовлення сплавів використовувались: переплав стружки АМгб ГОСТ 4784-74 хімічний склад якої після плавки у роторній пічі, має слідуєчий склад в мас.% :

Магній	0,1 -0,4
Мідь	0,1 -0,25
Кремній	1,0 - 2,5
Марганець	0,1 - 0,4
Цинк	0,01 -0,05
Тітан	0,01 -0,03
Залізо	0,1 - 0,5
Алюміній	основа

Магній у чушках марки Мг 95 ГОСТ 804 - 72, лігатури: А1 - 20,0%Si виготовлення по інструкції ТІ 0-196-57 ВО "ПМЗ", А1 - 50,0%Си виготовлення по інструкції ТІ 102.25210.00280 ВО "ПМЗ", А1 - 10,0%Мп виготовлення по інструкції ТІ 0-52-53 ВО "ПМЗ", А1 - 10,0%Ni виготовлення по інструкції ТІ 102.25210.00176 ВО "ПМЗ", А1 - 5,0%Ti виготовлення по інструкції ТІ 0-322-62 ВО "ПМЗ", А1 - 5,0%Fe виготовлення по інструкції ТІ 102.25210.00175 ВО "ПМЗ", цинк електролітичний ЦІ, Ц2 (ГОСТ 3640 - 65).

Плавка стружки деформованого сплаву АМгб ГОСТ 4784 - 74 проводилась у роторній пічі марки РП - 000. Завантаження шихти проводилось у розігріту до 750 - 800 °С піч марки РП - 000. Плавки вели під рафінуючим флюсом (100% КС1). Після витримки у печі на протязі 15-20 хвилин розплав зливали у ківш. Легування проводили у пічі марки САТ - 015Б з чавунним тиглем що був пофарбований.

Температуру сплаву доводили до 750 - 780 °С та завантажували лігатури. Після розплавлення лігатур сплав перемішували та рафінували гексахлоретаном у кількості 0,3 - 0,7% при температурі 740 - 750 °С у три прийоми. Потім у розплав вводився магній. Після розплавлення та витримки у пічі на протязі 15-20 хвилин проводили розливання сплаву по виливницям.

Механічні властивості, межа міцності при кімнатній температурі  $\sigma_{\text{в}}$  (МПа)

плор

та відносне подовження 5 (%) визначали по ГОСТ 1497-84. Випробування проводили на розривній машині ФМ 1000 на зразках що мали діаметр 10 мм, відлитих у металевий кокіль, який був підігрітий до температури 250°C. Швидкість охолодження сплавів дорівнювала 2К/с.

Твердість сплавів (НВ) вимірювали по ГОСТ 9012-59 на твердомірі Брінель моделі ТШ-2М при кімнатній температурі вдавлюванням кулі діаметром 10 мм при навантаженні 1000 кГс на протязі 30 секунд.

Рідкотекучість вимірювали по прутковій та спіральній пробам ( Курдюмов А.В., Пикунов М.В., Чурсин В.М., Бибилов Е.М. Производство отливок из цветных металлов и сплавов. - М.: Металлургия, 1986. - 416с). Погрішність вимірів - 5%.

Лінійну усадку визначали на приладі Большакова (Колобнев И.Ф., Крымов В.В., Мельников А.В. Справочник литейщика. Цветное литье из легких сплавов. - М.: Машиностроение. 1974. - 416с). Погрішність вимірів - 3%.

Схильність до утворення гарячих тріщин вимірювали по пробі ВІАМ (Курдюмов А.В., Пикунов М.В., Чурсин В.М., Бибилов Е.М. Производство отливок

из цветных металлов и сплавов. - М.: Металлургия, 1986. - 416с). При проведенні експериментів тріщини не були виявлені.

Випробування на корозійну стійкість проводили шляхом витримки зразків у розчині: 3% хлористого натрію з добавкою перекису водню 0,1%  $\text{H}_2\text{O}_2$ . Корозійну стійкість оцінювали по швидкості корозії ( $\text{мг/м}^2\text{-г}$ ), яку визначали зміненням маси зразка по часу.

Досягнення більш високого технічного результату при використанні сплаву який пропонується по двом варіантам в порівнянні з сплавом - прототипом підтверджується підвищенням межі міцності при кімнатній температурі ( $a_{\text{в}}^{20^{\circ}\text{C}}$ ) по першому варіанту в 1,13р.; по другому варіанту в 1,4р.; відносне подовження при кімнатній температурі (5 ) по першому варіанту в 2,4р.; по другому варіанту в 3р.; твердості (НВ) по першому варіанту в 1,01р.; по другому варіанту в 1,25р.

Сутність винаходу що заявляється не слідує явним образом для фахівця з відомого рівня техніки. Сукупність ознак *що* характеризує відоме рішення не забезпечує досягнення нових властивостей та тільки наявність перерахованих ознак що відрізняють сплав, дає змогу отримати новий технічний результат. Таким чином, матеріал що пропонується відповідає критерію "винахідницький рівень".

Сплав *що* пропонується був розроблений авторами та опробований на ВО "ПМЗ" в цеху №3 (цех алюмінієвого литва).

Винахід що пропонується може бути багаторазово відтвореними та використаний для виготовлення виливок для деталей гідросистем (корпуси насосів та інші.).

Таким чином, винахід відповідає крітерію "використання у промисловості".

Таблиця 1

Хімічний склад  (мас.%)	ВІДОМИЙ сплав  Авт.св№442224	Приклади сплаву що заявляється									
		варіант 1					варіант 2				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Si	5,0- 10,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	9,5	10,0	10,5	11,0	11,5
Mg	ОД-3,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5
Mn	ОД -0,4	0,4	0,6	0,8	1,0	1,1	0,6	0,7	0,9	ІД	1,2
Си	-	ОД	0,2	0,3	0,4	0,5	ОД	0,2	0,3	0,4	0,5
Ti	-	0,03	0,05	0,08	<b>ОД</b>	ОД5	0,03	0,05	0,08	<b>ОД</b>	0,15
Zn	-	0,08	<b>ОД</b>	0,25	0,3	0,35	0,08	<b>ОД</b>	0,25	0,3	0,35
Ni	-	0,009	0,01	0,03	0,05	0,06	0,009	0,01	0,03	0,05	0,06
Ce	ОД-0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fe	-	0,4	0,5	0,8	1,0	ІД	0,4	0,5	0,8	1,0	<b>ід</b>
Al	ОСНОВА	ОСНОВА	ОСНОВА	ОСНОВА	ОСНОВА	ОСНОВА	ОСНОВА	ОСНОВА	ОСНОВА	ОСНОВА	ОСНОВА

Таблиця 2

Найменування технічних та експлуатаційних властивостей, та їх розмірність	Відомий сплав	Приклади сплаву що заявляється									
		Авт.Св.№442224					варіант 1				
		12 3 4 5					варіант 2				
ІМежа міцності при 20°C $\sigma_B^{20^\circ C}$ , МПа	144-151	160	162	168	170	169	185	193	195	200	197
2. Відносне подовження при 20°C $\delta^{20^\circ C}$ , %	0,5	0,8	0,95	1,0	1,2	0,95	1,3	1,4	1,5	1,3	1,2
3. Твердість НВ при 20°C	650	653	654	655	656	655	808	809	810	S10	S08
4. Рідкотекучість пруткова проба, мм спіральна проба, мм	-	345	347	348,5	350	348	527	528	529	530	528
		747	748	748,5	750	748	825	827	829	830	828
5. Лінійна усадка, %	-	1,2	1,22	1,2	1,2	1,23	1,2	1,21	1,2	1,19	1,2

Продовження таблиці 2

Найменування технічних та експлуатаційних властивостей, та їх розмірність	Відомий сплав Авт.Св№442224	Приклади сплаву що заявляється											
		варіант 1						варіант 2					
		12	3	4	5			12	3	4	5		
6. Схильність до утворення гарячих тріщин (проба ВІАМ, ширина кільця в мм)	-	Не утворювались						Не утворювались					
7. Швидкість корозії К, мг/м -г	-	100	98	85	80	90	80	76	70	68	72		