

УДК:669.14

## ВЛАСТИВОСТІ АМОРФНОГО СПЛАВУ СИСТЕМИ AL-NI-Y<sup>1</sup>

*М. Я. Дідух*

*Національний технічний університет України*

*„Київський політехнічний інститут”*

Наведена характеристика, область і діапазон застосування аморфних сплавів. Аналіз сплаву Al-Ni-Y. Методика отримання і результат дослідження.

Приведена характеристика, область и диапазон применения аморфных сплавов. Анализ сплава Al-Ni-Y. Методика получения и результат опыта.

The characteristic, area and range of application of amorphous alloys is resulted. The analysis of alloy Al-Ni-Y. A technique of reception and result of experience.

Своєрідність фізичних, хімічних, механічних і технологічних властивостей, а також їх поєднання в аморфних металевих сплавах робить цей клас матеріалів перспективним для використання у ряді ключових галузей промисловості: електро- і радіотехнічною, електронною і приладобудівною. Можна виділити декілька причин доцільності їх застосування:

- збільшення терміну служби виробів за рахунок застосування аморфних і нанокристалічних сплавів, що володіють вищими фізико-механічними характеристиками;

- заміна кристалічних матеріалів на основі дефіцитних і дорогих металів аморфними сплавами, що складаються з доступніших компонентів;

- перехід від багатоступінчатої технології отримання кінцевого продукту (стрічки, дроту) до нової високопродуктивної технології отримання виробів безпосередньо з розплаву.

---

<sup>1</sup> Робота виконана під керівництвом:

- доктора технічних наук Верховлюка А.М., Фізико-технологічний інститут металів і сплавів НАН України
- доцента Ремізова Г.О., НТУУ „Київський політехнічний інститут”

Широке використання цих матеріалів в промисловості стримувалося необхідністю використання високих швидкостей охолодження ( $10^6$ - $10^9$  K/c) для отримання аморфного стану. Проте відносно недавно була отримана група сплавів[1], які об'ємно аморфізуються на основі систем *Me-Me*. Представниками цієї групи є сплави систем Al - Ni - Y. Вони можуть переходити в склоподібний стан при низьких швидкостях охолодження (100 - 1000 K/c), яким задовольняють ливарні технології, а саме: метод безперервного литва в металевий кристалізатор, литво в кокіль, литво під тиском, рідке пресування і ін. Товщина стінок заготовок, при якій забезпечується об'ємна аморфізація, може досягати 10-12 мм, а для деяких сплавів і більше. Ці чинники істотно спрощують отримання і розширюють область застосування аморфних сплавів даних систем.

Виплавка сплавів на основі алюмінію, а також отримання з них аморфних заготовок ливарними методами пов'язані з певними труднощами обумовленими високою хімічною активністю їх компонентів, що призводить до руйнування тигля і насичення розплавів киснем. Метою роботи було визначення вогнетривких матеріалів стійких до дії даних розплавів, розробка технології плавки і отримання цих сплавів в аморфному стані.

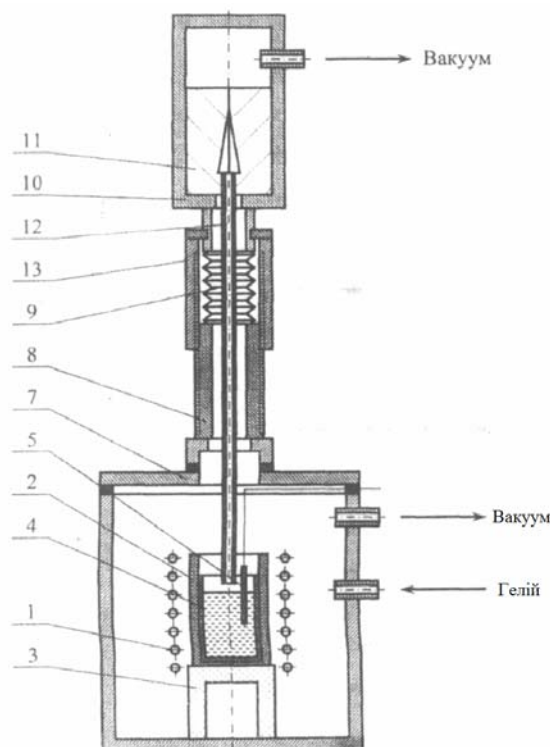


Рис. 1. Схема установки для отримання аморфних сплавів шляхом вакуумного всмоктування

Установка, котрою проводився дослід для отримання зразків методом вакуумного всмоктування сконструйована на базі вакуумної індукційної печі (рис.1). В середині печі в індукторі 1 розташовується графітовий нагрівач 2, який стоїть на керамічній підставці 3. У нагрівач встановлюється керамічний тигель 4, заповнений розплавом. Температура розплаву вимірюється терморпарою 5, яка встановлюється в тигель з розплавом. Заливка розплаву у форму здійснюється за допомогою механізму змонтованого на кришці вакуумної камери 7.

Даний механізм складається з нерухокої труби 8, що закріпленої на кришці печі і має різьбу на своїй зовнішній поверхні. До труби 8 за допомогою сифону 9 прикріплюється контейнер для вакуумування 10, в якому знаходиться мідний кокіль 11. Розплав поступає у форму по трубці 12. Контейнер з формою і перехідною трубкою опускається на необхідну висоту за допомогою рухокої частини механізму переміщення форми 13, виконаної у вигляді стакана з різьбою на внутрішній поверхні і закріпленої на нерухокій трубі 8.

Тиглі були виготовлені з оксиду ітрію або оксиду алюмінію, а матеріалом перехідної трубки служив кварц. Для отримання зразків були спеціально виготовлені мідні форми (рис. 2).

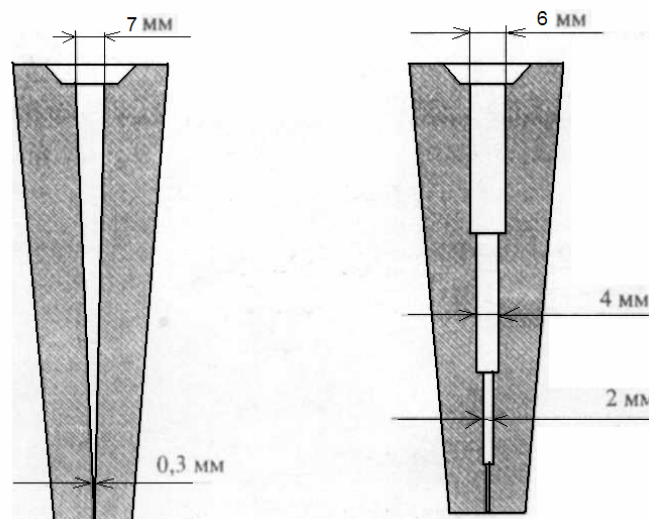


Рис. 2. Форми для заливки металу методами вакуумного всмоктування і стопорного розливання:

а - клиновидна форма; б - ступінчаста форма

Вони дозволяють отримувати зразки конічної і ступінчастої конфігурації.

Технологія отримання аморфних заготовок методом вакуумного всмоктування полягала в наступному. Після завантаження шихти піч

вакуумували ( $P < 1,2 \cdot 10^{-2}$  Па) і включали нагрів. Після розплавлення сплав перегрівали на 100 К. По досягненні необхідної температури рідкий метал витримували в печі 10 хвилин. Потім в плавильну камеру напускали гелій, а в розливній камері підтримували вакуум, і за допомогою механізму підйому і опускання мідний кокіль подавався у верхню частину, піднімався стопор і метал потрапляв у форму. В даному випадку використовували ті ж форми, що і при отриманні зразків методом вакуумного всмоктування.

Температуру вимірювали за допомогою вольфрам-ренієвої термопари ВР 5/20 і регулювали високоточним регулятором ВРТ - 3 з погрешністю  $\pm 1$  К. Потім в плавильну камеру напускали гелій, і за допомогою рухомих деталей механізму подачі форми кварцова трубка занурювалася в розплав на задану глибину. Контейнер з мідною формою підключали до вакуумної системи, і рідкий метал заповнював кокіль. Більш чіткий вигляд кокілю у перерізі можна побачити на рис. 3. Мідний кокіль клиноподібної форми, який являється 11-м елементом установки (рис.1.), забезпечує швидкий відвід тепла від розплавленого металу, при отриманні аморфного сплаву.

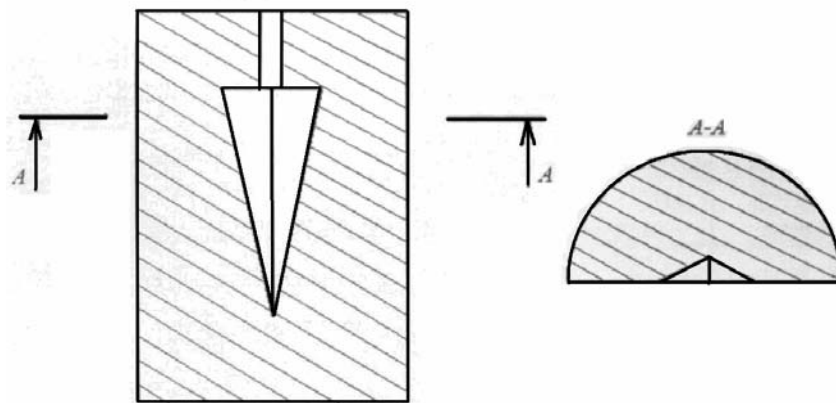


Рис. 3. Мідний кокіль клиноподібної форми

Одним з важливих чинників в процесі отримання об'ємноаморфізованих сплавів ливарними методами є рідкотекучість. Цей параметр сильно впливає на заповнення форми, особливо при стопорній заливці. Дослідження цієї характеристики розплавів представляє великий інтерес з практичної точки зору і одночасно є досить складним в методологічному плані. Рідкотекучість сплавів завжди носить відносний характер, і при її дослідженні абсолютна величина головного вимірюваного параметра - довжини заповненої ділянки проби - істотним чином залежить від методики дослідження, і тому не може адекватно сприйматися без опису умов експерименту.

Досліди ливарних властивостей сплавів системи Al-Ni-Y дозволили встановити, що на характеристики (рідкотекучість, лінійна усадка,

схильність до тріщеноутворення), що вивчаються, істотно впливає хімічний склад сплаву. Наприклад, збільшення вмісту нікелю від 6 %, ат. дол. до 40 %, ат. дол. призводить до зниження лінійної усадки майже в чотири рази (табл. 1.).

Таблиця 1.

Лінійна усадка і ступінь ураження тріщинами сплавів системи Al - Ni - Y

Сплав	Лінійна усадка (середня)		Ураження тріщинами	
	Абсолютна, мм	Відносна, %	Кількість Тріщин, од.	Сумарна Ширина, мм
$Al_{86}Ni_6Y_8$	2,85	2,04	1-2	2,0 - 2,5
$Al_{20}Ni_{25}Y_{55}$	1,05	0,75	12-15	-
$Al_{15}Ni_{40}Y_{45}$	0,80	0,57	2-3	0,4-0,6

Разом з тим, зростання вмісту ітрію від 8 %, ат. дол. до 55 %, ат. дол. стає причиною утворення великого числа тріщин на зразку. Причому в деяких випадках кількість тріщин, що утворюються, настільки велика, що визначити їх сумарну ширину не представляється можливим.

На рисунку 4. приведені дані по рідкотекучості сплавів на основі системи Al - Ni - Y. Видно, що зменшення вмісту алюмінію і збільшення вмісту нікелю приводить до істотного зростання її значень. Якщо для того, щоб сплав  $Al_{86}Ni_6Y_8$  заповнив форму на 230 мм, його необхідно перегріти на 100 К, то для заповнення такої ділянки сплавами  $Al_{20}Ni_{25}Y_{55}$  і  $Al_{15}Ni_{40}Y_{45}$  достатньо перегріву в 40 К і 18 К відповідно.

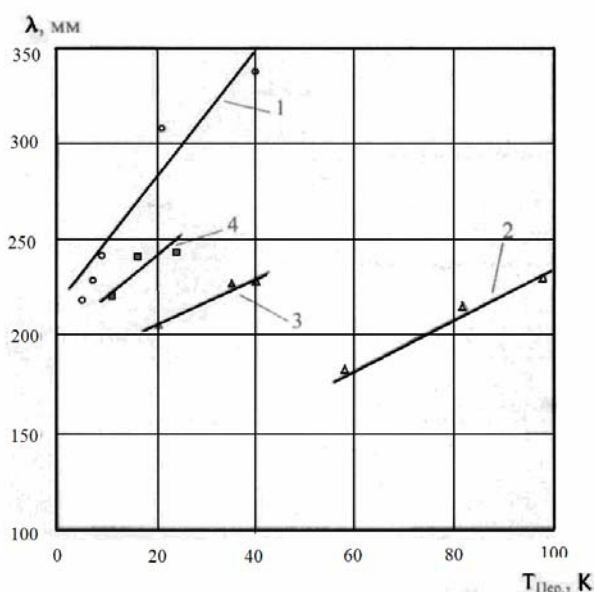


Рис.4. Вплив температури перегріву на рідко текучість сплавів на основі алюмінію:

1-АК7; 2 -  $Al_{86}Ni_6Y_8$ ; 3 -  $Al_{20}Ni_{25}Y_{55}$ ; 4 -  $Al_{15}Ni_{40}Y_{45}$

Слід зазначити, що рідкотекучість цих сплавів нижча, ніж сплаву АК7, найбільш близький до нього по даній характеристиці сплав  $Al_{15}Ni_{40}Y_{45}$ .

Відмінність в довжині зразків з цих сплавів складає 30 мм при перегріві 10 К. Із зростанням температури перегріву до 25 К ця різниця збільшується в два рази.

Таким чином встановили, що підвищення температури перегріву розплаву приводить до збільшення рідкотекучості для всіх вивчених сплавів. Разом з цим, на рідкотекучість даних сплавів сильний вплив робить хімічний склад. Збільшення концентрації нікелю від 6 до 15 ат.% дол. в потрібних аморфних сплавах системи Al-Ni-Y привело до зростання міцності на 600 МПа.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Аморфные сплавы/ А.И. Манохин, Б.С. Митин, В.А. Васильева, А.В. Ревякин. - М.: Металлургия, 1984. - 160 с.