

УДК 669.018.28:546.621:546.831

А. А. Беспалый

Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины, Киев

ЛИТЕЙНЫЕ СВОЙСТВА ХИМИЧЕСКИ АКТИВНЫХ СПЛАВОВ НА ОСНОВЕ ЦИРКОНИЯ И АЛЮМИНИЯ, СКЛОННЫХ К ОБЪЕМНОЙ АМОРФИЗАЦИИ

Предложена оригинальная методика для исследования литейных свойств расплавов, склонных к объемной аморфизации, а именно: $Zr_{47}Cu_{53}$; $Zr_{47}Cu_{43}Ni_{10}$; $Zr_{46}Cu_{47}Al_7$; $Zr_{65}Cu_{17,5}Ni_{10}Al_{7,5}$; $Al_{86}Ni_6Y_8$; $Al_{20}Ni_{25}Y_{55}$; $Al_{15}Ni_{40}Y_{45}$. Установлено, что с увеличением температуры перегрева на каждые 10 К жидкотекучесть исследованных сплавов возрастает на 5-15 %.

Ключевые слова: жидкотекучесть, усадка, аморфные сплавы, химическая активность, трещиностойкость.

Запропоновано оригінальну методику для дослідження ливарних властивостей розплавів, які здатні до об'ємної аморфізації, а саме: $Zr_{47}Cu_{53}$; $Zr_{47}Cu_{43}Ni_{10}$; $Zr_{46}Cu_{47}Al_7$; $Zr_{65}Cu_{17,5}Ni_{10}Al_{7,5}$; $Al_{86}Ni_6Y_8$; $Al_{20}Ni_{25}Y_{55}$; $Al_{15}Ni_{40}Y_{45}$. Визначено, що зі збільшенням температури перегріву на кожні 10 К рідкоплинність всіх сплавів, що досліджувались, збільшується на 5-15 %.

Ключові слова: рідкоплинність, усадка, аморфні сплави, хімічна активність, тріщиностійкість.

For studying of foundry properties of chemically active melts the technique is offered. Foundry properties of liquid alloys $Zr_{47}Cu_{53}$; $Zr_{47}Cu_{43}Ni_{10}$; $Zr_{46}Cu_{47}Al_7$; $Zr_{65}Cu_{17,5}Ni_{10}Al_{7,5}$; $Al_{86}Ni_6Y_8$; $Al_{20}Ni_{25}Y_{55}$; $Al_{15}Ni_{40}Y_{45}$ are investigated. It is set that with the increase of temperature of overheat on each 10 K castability of studied alloys increases for 5-15 %.

Keywords: castability, fluid contraction, amorphous alloys, chemical activity, cracking resistance.

Одним из важных факторов в процессе получения объемноаморфизованных сплавов литейными методами является жидкотекучесть. Исследование этой характеристики расплавов является интересным с практической точки зрения и вместе с этим сложным в методическом плане. Жидкотекучесть сплавов является относительной характеристикой, при ее исследовании величина длины заполненного участка пробы существенным образом зависит от технологии проведения эксперимента.

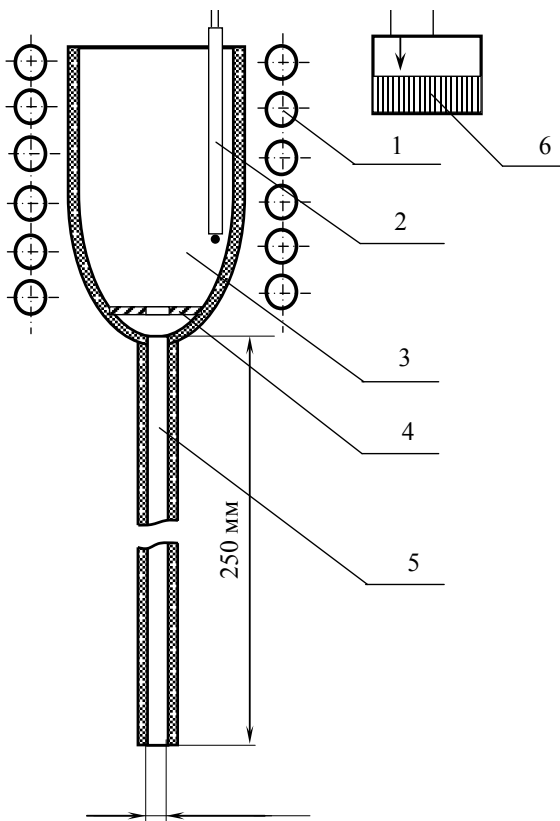
В практике литейного производства для изучения жидкотекучести расплавов широкое распространение получили спиральная [1] и U-образная пробы [2, 3]. К особенностям методик, в которых они используются, следует отнести контакт

металла с воздухом. Это усложняет, а в некоторых случаях делает невозможным их применение при изучении литейных свойств химически активных расплавов.

В связи с этим для определения литейных свойств сплавов на основе алюминия была использована усовершенствованная методика Нехендзи-Купцова [4]. В данных экспериментах плавку проводили в индукционной печи в среде высокочистого гелия. Предварительно выплавленный сплав после расплавления перегревали на 100-300 К выше температуры ликвидуса и выдерживали на протяжении 10 мин. Затем печь выключали, открывали крышку, и заливали металл в предварительно подготовленную форму. В этом случае расплав во время заливки контактировал с воздухом. Однако ввиду скоростной заливки (2-3 с) явного окисления жидкого металла не обнаружили. После затвердевания и охлаждения пробы по ее геометрическим параметрам определяли жидкотекучесть, линейную усадку и склонность сплава к трещинообразованию.

Для исследования литейных свойств расплавов на основе циркония разработали специальную методику, которая предусматривает плавку сплава, его перегрев до заданной температуры и заполнение кварцевых форм в среде инертного газа. Конструкция данных проб представлена на рис. 1.

Исходные сплавы предварительно готовили с помощью вакуумно-дуговой плавки. После этого их разрезали на части массой от 24 до 26 г и загружали в пробницы, которые размещали в индукторе вакуумной печи. Печь вакуумировали, напускали



аргон высшего сорта (ГОСТ 10157-79) и включали нагрев. При достижении заданной температуры металл через диафрагму заполнял прямолинейный участок формы. Температуру расплава измеряли вольфрам-рениевой термопарой ВР 5/20 и регистрировали автоматическим потенциометром. Жидкотекучесть сплавов определяли по длине пролитого участка пробы.

С помощью данных методик исследовали сплавы следующего химического состава: $Zr_{47}Cu_{53}$; $Zr_{47}Cu_{43}Ni_{10}$; $Zr_{46}Cu_{47}Al_7$; $Zr_{65}Cu_{17,5}Ni_{10}Al_{7,5}$; $Al_{86}Ni_6Y_8$; $Al_{20}Ni_{25}Y_{55}$; $Al_{15}Ni_{40}Y_{45}$. Образцами сравнения в проведенных экспериментах служили данные по жидкотекучести стандартного сплава на основе алюминия АК7.

Проведенные опыты показывают, что значения жидкотекучести расплавов $Zr_{47}Cu_{53}$ и $Zr_{47}Cu_{43}Ni_{10}$ при перегреве выше температуры ликвидуса от 40 до 65 К не имеют существенных отличий (рис. 2). В обоих случаях длина полученных образцов составляет 85-115 мм. У сплавов на основе циркония, в состав которых входит алюми-

Рис. 1. Конструкция устройства для определения жидкотекучести химически активных расплавов: 1 – индуктор; 2 – термопара; 3 – резервуар для плавки сплава; 4 – диафрагма; 5 – капилляр; 6 – потенциометр

ний, жидкотекучесть существенно выше. Длина заполнения проб- ницы жидким сплавом $Zr_{46}Cu_{47}Al_7$ составляет 100-130 мм. Причем, перегрев расплава над линией ликвидуса не превышает 45 К. Мак- симальная длина образца (130 мм) получена при заливке в кварцевую форму четырехкомпонентного рас- плава $Zr_{65}Cu_{17,5}Ni_{10}Al_{7,5}$. При этом его перегрев выше температуры ликвидуса составил 15 К. Даль- нейшее повышение температуры перегрева до 45 К привело к уве- личению жидкотекучести этого сплава на 18 мм. Полученные дан- ные согласуются с результатами для сплавов титана с алюминием, которые приведены в работе [5]. Здесь установлено, что добавки алюминия в титан до 10 %мас. приводят к улучшению его жидко- текучести, несмотря на некоторое расширение интервала кристаллизации. Авторы связывают это явление с увеличе- нием теплоты кристаллизации сплава.

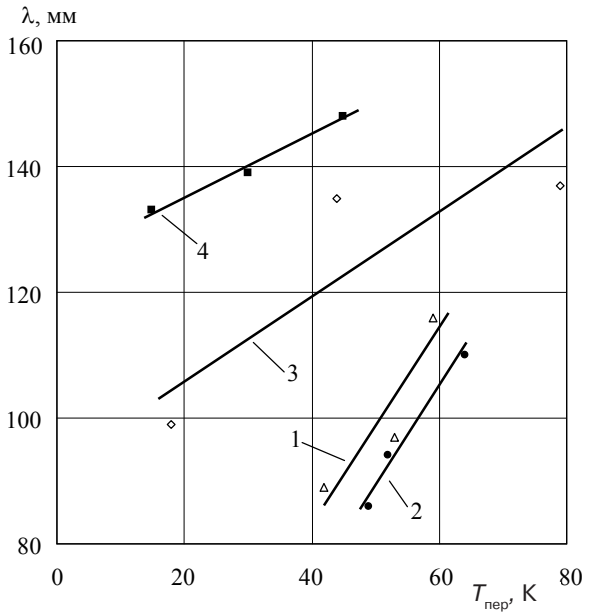


Рис. 2. Влияние температуры перегрева на жидко- текучесть сплавов на основе циркония: 1 – $Zr_{47}Cu_{53}$; 2 – $Zr_{47}Cu_{43}Ni_{10}$; 3 – $Zr_{46}Cu_{47}Al_7$; 4 – $Zr_{65}Cu_{17,5}Ni_{10}Al_{7,5}$

Опыты по исследованию литейных свойств сплавов системы Al-Ni-Y позволили установить, что на изучаемые характеристики (жидкотекучесть, линейная усадка, склонность к трещинообразованию) существенно влияет химический состав сплава. Например, увеличение содержания никеля от 6 до 40 %, ат. дол. приводит к снижению линейной усадки почти в 4 раза (таблица).

Линейная усадка и степень поражения трещинами сплавов системы Al-Ni-Y

Сплав	Линейная усадка (средняя)		Поражение трещинами	
	абсолютная, мм	относительная, %	количество трещин, ед.	суммарная 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

Вместе с тем, рост содержания иттрия от 8 до 55 % (ат. дол.) становится причи- ной образования большого числа трещин на образце. Причем, в некоторых случаях количество образующихся трещин настолько велико, что определить их суммарную ширину не представляется возможным.

Кроме того установили, что уменьшение содержания алюминия и увеличение содержания никеля приводит к существенному возрастанию жидкотекучести (рис. 3). Если для того чтобы сплав $Al_{86}Ni_6Y_8$ заполнил форму на 230 мм, его необходимо перегреть на 100 К, то для заполнения такого участка сплавами $Al_{20}Ni_{25}Y_{55}$ и $Al_{15}Ni_{40}Y_{45}$ достаточно перегрева на 40 и 18 К соответственно. Следует отметить, что жидко- ISSN 0235-5884. Процессы литья. 2012 № 5 (95)

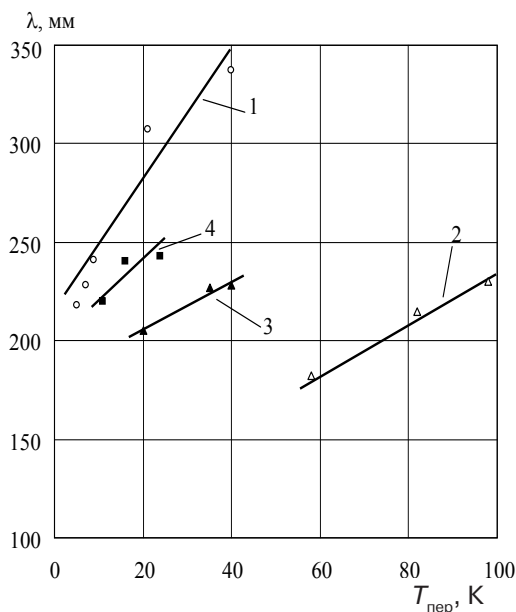


Рис. 3. Влияние температуры перегрева на жидкотекучесть сплавов на основе алюминия: 1 – АК7; 2 – $Al_{86}Ni_6Y_8$; 3 – $Al_{20}Ni_{25}Y_{55}$; 4 – $Al_{15}Ni_{40}Y_{45}$

для двух- и трехкомпонентного сплавов ($Zr_{47}Cu_{53}$; $Zr_{47}Cu_{43}Ni_{10}$). Относительно жидкотекучести сплавов системы Al-Ni-Y, то она возрастает на 45 % при повышении содержания никеля в них от 6 до 40 % (ат. дол.).

текучесть этих сплавов ниже, чем сплава АЛ9, наиболее близок к нему по данной характеристике сплав $Al_{15}Ni_{40}Y_{45}$. Различие в длине образцов из этих сплавов составляет 30 мм при перегреве 10 К. С ростом температуры перегрева до 25 К эта разница увеличивается в 2 раза.

Таким образом, в работе впервые исследованы литейные свойства сплавов систем Zr- Cu-Ni-Al и Al-Ni-Y. Установили, что повышение температуры перегрева расплава приводит к увеличению жидкотекучести для всех изученных сплавов. Также показано, что на жидкотекучесть данных сплавов сильное влияние оказывает химический состав. Например, увеличение концентрации алюминия до 7 % (ат. дол.) в сплаве на основе циркония повышает его жидкотекучесть на 50 %



Список литературы

1. Корольков А. М., Каданер Э. С. Жидкотекучесть сплавов. – М.: Металлургиздат, 1952. – 136 с.
2. Нехендзи Ю. А., Купцов И. В. Комплексная проба для определения литейных свойств сплавов. – Л.: Знание, ЛДНТП, 1967. – 42 с.
3. Нехендзи Ю. А., Самарин А. М. Жидкотекучесть металлов и новая проба для стали // Труды ЦНИИ Мин-ва транспортного машиностроения. – 1946. – № 5. – С. 62-67.
4. Методологические аспекты определения жидкотекучести сплавов с существенно отличающимися теплофизическими характеристиками / В. Л. Лахненко, А. А. Щерецкий, В. В. Апухтин, К. В. Гаврилюк // Процессы литья. – 2005. – № 3. – С. 28-34.
5. Магницкий О. Н. Литейные свойства титановых сплавов. – Л.: Машиностроение, 1968. – 120 с.

Поступила 25.06.2012