

## ИЗУЧЕНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОМПЛЕКСНЫХ БОРСОДЕРЖАЩИХ ФЕРРОСПЛАВОВ

Кель И.Н.<sup>1</sup>, Жучков В.И.<sup>1</sup>, Ренёв Д.С.<sup>1</sup>, Лозовая Е.Ю.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>) Институт металлургии Уральского отделения РАН

<sup>2</sup>) УрФУ им. первого президента России Б.Н. Ельцина Екатеринбург, Россия

E-mail: [dunnington@mail.ru](mailto:dunnington@mail.ru)

## STUDY OF THE PHYSICOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF COMPLEX BORON-CONTAINING FERROALLOYS

Kel I.N.<sup>1</sup>, Zhuchkov V.I.<sup>1</sup>, Renev D.S.<sup>1</sup>, Lozova E.Y.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>) IMET UB RAS

<sup>2</sup>) UrFU named after the First President of Russia B. N. Yeltsin

The paper presents the results of studies of the physicochemical characteristics of boron-containing ferroalloys. Their density and melting points were experimentally estimated. The melting time of ferroalloys is calculated and a recommendation is given for the size of a piece for alloying steel.

Основными служебными характеристиками ферросплавов являются плотность, температура и время плавления, влияющие на коэффициент усвоения ведущего элемента. Несмотря на их значимость в литературе наблюдается недостаток экспериментальных данных о системах Fe-Si-B и Fe-Si-Al-B. Ферросплавы этих систем находят своё применение при микролегировании сталей [1].

Для изучения физико-химических свойств выбраны сплавы с химическим составом, мас. %: сплав 1 – 64,3 Si; 0,4 Al; 0,895 B; 34,4 Fe; сплав 2 – 58,1 Si; 1,3 Al; 0,982 B; 39,7 Fe; сплав 3 – 52,3 Si; 2,5 Al; 0,982 B; 39,7 Fe; сплав 4 – 43,5 Si; 3,2 Al; 1,2 B; 52,1 Fe.

Величина плотности твердых ферросплавов ( $\rho$ ) измерялась пикнометрическим методом. По нему определялась масса, объем навески сплава и рассчитывалась плотность.

Показано, что с ростом содержания железа в сплаве (на 17,7%) и снижении кремния (на 20,8%) происходит увеличение его плотности с 2,75 (сплав 1) до 4,1 (сплав 2), 4,47 (сплав 3) и 4,64 (сплав 4) г/см<sup>3</sup>. Небольшие изменения содержания в сплавах алюминия бора практически не повлияли на значения  $\rho$ .

Температуру плавления ( $T_{пл}$ ) определяли путём фиксирования температурных кривых при охлаждении сплавов.

Все сплавы являются легкоплавкими с температурой ликвидуса, °С : 1 – 1139, 2 – 1154, 3 – 1134 и 4 - 1113. Различное содержание кремния в сплавах приводит к незначительному изменению температуры ликвидус.

Время плавления ( $\tau$ ) ферросплавов в жидкой стали определена по методике, описанной в [2]. Для расчета были приняты следующие параметры: температура жидкой стали и ванны 1530°С и 1600 °С, теплота кристаллизации  $1,79 \cdot 10^9$  Дж/м<sup>3</sup>,

коэффициент теплопроводности стали в жидком состоянии 30 Вт/м·К; форма сплава - шар диаметром 2; 4; 6; 10; 20; 30; 40 и 50 мм, начальная температура сплава 20 °С. Теплоёмкости сплавов 1-4 в твердом состоянии и жидком состоянии рассчитаны аддитивно и уменьшаются с 626,8 до 586,5 Дж/кг·К, и с 997,1 до 931,4 Дж/кг·К. Значения теплопроводности взяты из литературных значений и составляет 25,7-30 Вт/м·К [1,2]. На рисунке видно, что размер куска оказывает влияние на время плавления ( $\tau$ ).

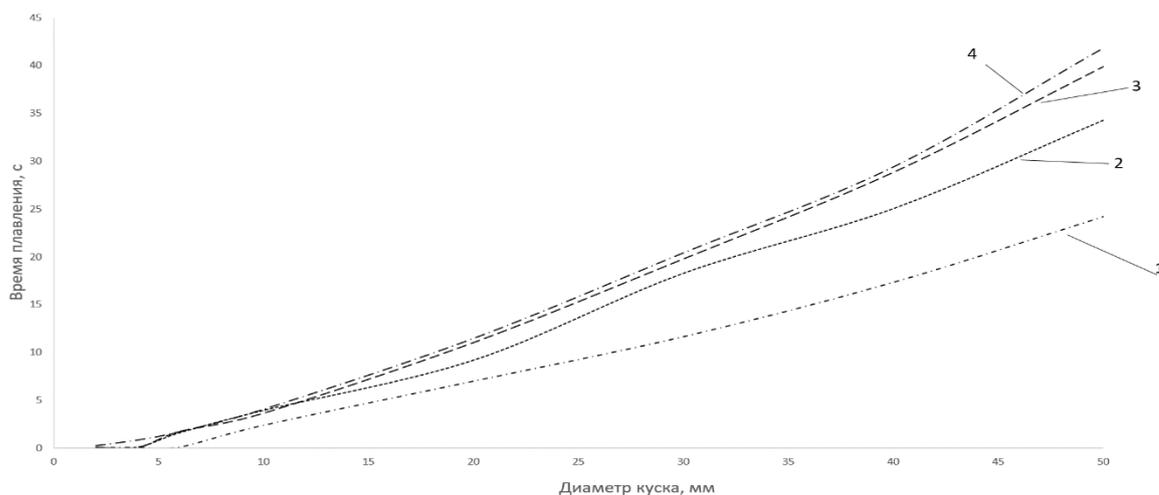


Рис. 1. Зависимость времени плавления от размера куска ферросплава: 1- сплав 1; 2 – сплав 2; 3 – сплав 3; 4 – сплав 4.

До 10 мм, сплавы имеют близкие значения  $\tau \sim 5$  с. Увеличение размера куска сплава приводит к росту  $\tau$ .

Для крупности 20 мм  $\tau$  составляет: 1 – 6,97 с; 2 – 9,16 с; 3 – 10,99 с; 4 – 11,43 с.

Для крупности 50 мм  $\tau$  составляет: 1 – 24,21 с; 2 – 34,28 с; 3 – 39,85 с; 4 – 41,82 с.

Химический состав сплавов также оказывает влияние на  $\tau$ . Увеличение в сплавах кремния с 43 до 65% способствует снижению времени плавления всех фракций в 1,5-2 раза. Основное влияние на  $\tau$  оказывают плотность и теплофизические характеристики.

Таким образом показано, что сплавы системы Fe-Si-Al-B имеют рациональные значения  $T_{пл}$  и  $\tau$ . Большая плотность сплавов 2-4 может способствовать более полному усвоению бора сталью. Рациональный диаметр для сплавов 2-4 составляет 20-30. Ввод кусков менее 15 мм нецелесообразен из-за потерь с мелочью, а при диаметре более 30 время плавления увеличивается в 2 и более раз.

*Работа выполнена по госзаданию ИМЕТ УРО РАН*

1. Жучков, В.И. Применение бора и его соединений в металлургии / В.И. Жучков, Л.И. Леонтьев, А.А. Акбердин, А.А. Бабенко, А.В. Сычев – Новосибирск: Академиздат, (2018)
2. Жучков, В.И. Растворение ферросплавов в жидком металле / В.И. Жучков, А.С. Носков, А.Л. Завьялов. – Свердловск: УрО АН СССР. (1990)

## **ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ НЕОРГАНИЧЕСКИХ ДОБАВОК НА СОПОЛИМЕРИЗАЦИЮ $\epsilon$ -КАПРОЛАКТАМА С $\omega$ -ДОДЕКАЛАКТАМОМ**

Хаматнурова А.Р.<sup>1</sup>, Шекаева А.Р.<sup>1</sup>, Спиридонова Р.Р.<sup>1</sup>, Федорчук А.Н.<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», Казань, Россия  
E-mail: [ae9kt@mail.ru](mailto:ae9kt@mail.ru)

## **ASSESSMENT OF THE IMPACT OF INORGANIC ADDITIVES ON COPOLYMERIZATION OF $\epsilon$ -CAPROLACTAM WITH $\omega$ -DODECALACTAM**

Khamatnurova A.R.<sup>1</sup>, Shekaeva A.R.<sup>1</sup>, Spiridonova R.R.<sup>1</sup>, Fedorchuk A.N.<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> Kazan National Research Technological University (KNRTU), Kazan, Russia

This paper presents the study of how the aluminum oxide, titanium dioxide and silicon dioxide affect the anionic copolymerization of  $\epsilon$ -caprolactam with  $\omega$ -dodecalactam. It was found that the introduction of these additives reduces the induction period for all samples.

В ранее проведенных работах [1–3] показано, что введение неорганических добавок влияет на характер кристаллизации, изменение надмолекулярной структуры поликапроамида и улучшает прочностные и термические свойства полимера. Однако, варьировать эти свойства можно только на стадии синтеза, что невозможно без знания кинетических особенностей процесса.

Целью работы являлось изучение влияния оксида алюминия, диоксида кремния и диоксида титана на анионную активированную сополимеризацию  $\epsilon$ -капролактама с  $\omega$ -додекалактамом на стадии синтеза.

Для работы были выбраны следующие концентрации неорганических добавок: 1 мол.%,  $10^{-1}$  мол.%,  $10^{-2}$  мол.%,  $10^{-3}$  мол.%. В результате проведенных исследований было выявлено, что данные соединения влияют на скорость гомополимеризации и сополимеризации этих мономеров. При этом, для реакции гомополимеризации  $\omega$ -додекалактама с увеличением концентрации добавки наблюдается снижение скорости реакции. Наименьшая скорость реакции характерна для образцов, содержащих неорганическую добавку в концентрации 1 мол.%. Замедление реакции позволяет более точно контролировать и регулировать процесс полимеризации, облегчает перемешивание реакционной массы, так как увеличение молекулярной массы полимера происходит постепенно. В ходе работы