

# Краткие сообщения

УДК 669.24

## НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОИЗВОДСТВА СПЛАВА ХН70Ю

*Б.В. Ощепков, Г.Ф. Ощепков, Т.А. Жильцова*

Качество полученного сплава в значительной степени определяется технологической пластичностью металла. Настоящая работа направлена на изучение причин пониженной технологической пластичности сплава ХН70Ю и разработку мероприятий, направленных на её повышение.

Известно, что высокотемпературная хрупкость сплава ХН70Ю связана с влиянием интерметаллидов и карбонитридов на границы зёрен металла. Нами предложено давать хром уже в жидкую ванну, что существенно сокращает время его плавления и, следовательно, уменьшает время насыщения металла азотом.

Известно, что позитивное влияние на длительную прочность сплава могут оказать небольшие добавки циркония. Показано, что максимальная длительная прочность достигается при содержании циркония порядка 0,1 мас. %. Цирконий связывает азот, однако для более полного удаления азота из металла предложено изменить порядок ввода циркония в сплав, разделив его присадку на два этапа. Одна часть циркония (0,05 мас. %) дается в сплав в конце плавления, а вторая (0,05 мас. %) в ходе рафинирования, совместно с алюмо-бариевой лигатурой и церием, ближе к выпуску металла из электропечи.

Как показала практика, внедрение совокупности предложенных мер при производстве сплава ХН70Ю позволило снизить содержание азота в кованных заготовках в среднем с 0,025 до 0,018 мас. %. Относительное удлинение в листе повысилось с 59 до 65 %, и в результате количество листов первого сорта увеличилось с 40 до 70 % от общего количества.

*Ключевые слова: никелевые сплавы, выплавка, технологическая пластичность.*

Сплав ХН70Ю находит применение при производстве камеры сгорания, деталей газотурбинного тракта турбинных двигателей, узлов деталей печей, длительно работающих при температурах 1200 °С, а также как материал для изготовления нагревателей. Представление о его составе даёт табл. 1.

Процесс изготовления продукции из этого сплава включает в себя следующие стадии:

- Выплавка сплава в ДСП переплавом свежих материалов и отходов. Разливка металла на слитки: круг 385 мм и круг 450 мм.

- Перековка слитков на молотах свободнойковки на заготовку для листа толщиной 38–50 мм.

- Прокат на листопрокатных станах с получением листов толщиной 1,4–4,0 мм. При этом получают листы первого, второго и третьего сорта.

Листы второго и третьего сорта подвергают сплошной зачистке абразивами. Это осложняет процесс производства и снижает объем прибыли предприятия [1].

Качество полученного листа в значительной степени зависит от технологической пластичности металла. Проведённая работа направлена на изучение причин пониженной технологической пластичности сплава ХН70Ю и разработку мероприятий, направленных на её повышение.

Известно, что высокотемпературная хрупкость сплава ХН70Ю связана с влиянием интерметаллидов и карбонитридов на границы зёрен ме-

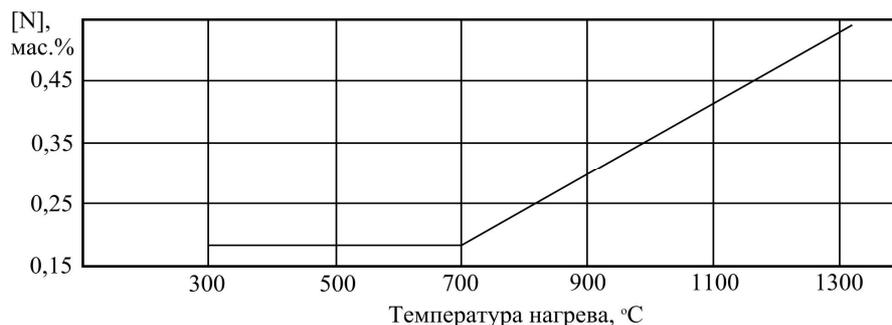
талла. В работе [2] показана возможность загрязнения границ зёрен неметаллическими включениями при контакте жидкого расплава с магнитовой футеровкой электропечи. Непосредственно причиной загрязнения металла включениями, снижающими технологическую пластичность, может являться многократное использование легированных отходов. В работе [3] представлена разработанная методика облагораживания легированных отходов, направленная на повышение технологической пластичности сплавов на никелевой основе. Суть этой методики в разбавлении отходов свежими материалами. Применительно к сплаву ХН70Ю это выглядит так: свежие материалы (2500 кг металлического никеля (Н1), 1000 кг металлического хрома, 115 кг первичного алюминия) используются совместно с 2400 кг отходов этой же марки. В результате масса отходов от общей массы составляет не более 40 %. Выплавка сплава при соблюдении таких условий технологии повышает стоимость исходной продукции, но за счет повышения технологической пластичности и повышения длительной прочности в кованных заготовках с 232 до 310 ч (при 900 °С, в среднем по нашим данным) происходит компенсация материальных затрат.

В работе [4] высказано предположение, что вредные включения могут представлять собой сложные нитриды, включающие железо, хром и никель. Это предположение подтверждено [5] термодинамическими исследованиями. Излишняя

Химический состав сплава ХН70Ю (ГОСТ 5632–89), мас. %

Таблица 1

C	Mn	Si	P	S	Ni	Cr	Al	Ba	Ce	Fe	Zr
н.б. 0,12	н.б. 0,30	н.б. 0,80	н.б. 0,015	н.б. 0,012	Осн.	26,00– 29,00	2,80– 3,50	н.б. 0,10	н.б. 0,03	н.б. 1,00	н.б. 0,20



**Рис. 1.** Содержание азота в металлическом хроме в зависимости от температуры нагрева. Время нагрева – 2 ч. Начальная концентрация азота – 0,165 мас. %



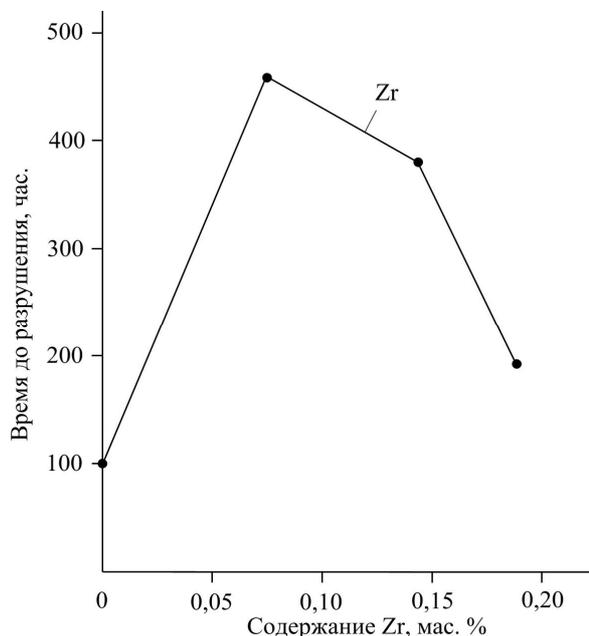
**Рис. 2.** Содержание азота в металлическом хроме в зависимости от продолжительности нагрева. Нагрев при  $T = 850$  °C. Исходное содержание азота: 1 – 0,165 мас. %; 2 – 0,030 мас. %

азотация (т. е. насыщение сплава азотом) может стать ещё одной причиной пониженной технологической пластичности металла. Выплавка сплава ХН70Ю обычно проводится с присадкой металлического хрома в завалку. При этой технологии при нагреве происходит азотация. В работе [6] изучено поведение металлического хрома при нагреве. Результаты представлены на рис. 1 и 2. Из рис. 1 видно, что при нагреве до температуры порядка 700 °C инициируется насыщение хрома азотом. Из данных рис. 2 следует, что процесс азотации хрома продолжается весь период плавления (примерно 50 мин). Также было установлено, что процесс азотации отчасти зависит от содержания азота в исходном хроме: чем выше содержание азота, тем сильнее идет процесс азотации.

Нами предложено давать хром уже в жидкую ванну, что существенно сокращает время его плавления и, следовательно, уменьшает время насыщения металла азотом.

Известно, что позитивное влияние на длительную прочность сплава могут оказать небольшие добавки циркония. На графике (рис. 3) приведены результаты определения длительной прочности сплава ХН70Ю при 800 °C в зависимости от величины добавки циркония. Из графика видно, что максимальная длительная прочность достигается при содержании циркония порядка 0,1 мас. %. Цирконий связывает азот, однако для более полного удаления азота из металла предложено изменить порядок ввода циркония в сплав, разделив его присадку на два этапа. Одна часть циркония (0,05 мас. %) дается в сплав в конце плавления, а

вторая (0,05 мас. %) в ходе рафинирования, совместно с алюмо-бариевой лигатурой и церием, ближе к выпуску металла из электропечи.



**Рис. 3.** Длительная прочность сплава ХН70Ю при 800 °C в зависимости от добавки циркония

Об эффективности такого приёма позволяют судить данные табл. 2, в которой представлены результаты испытания ударной вязкости.

Как показала практика, внедрение совокупности предложенных мер при производстве сплава

Таблица 2

Испытания ударной вязкости

Температура испытания, °С	Ударная вязкость, кДж/м <sup>2</sup>	
	Стандартная технология	Предложенная технология
1100	1690	1720
1150	2940	2985
1200	2750	2796

ХН70Ю позволило снизить содержание азота в кованных заготовках в среднем с 0,025 до 0,018 мас. %. Относительное удлинение в листе повысилось с 59 до 65 %, и в результате количество листов первого сорта увеличилось с 40 до 70 % от общего количества.

**Литература**

1. Ощепков, Б.В. Улучшение технологии сплава ХН70Ю на Златоустовском металлургическом заводе / Б.В. Ощепков // *Электрометаллургия*. – 2004. – № 2. – С. 32–34.

2. Разработка технологии производства сплава Х20Н80 с повышенными пластичностью и живучестью / Б.В. Ощепков, Е.А. Трофимов, Б.И. Леонович, А.В. Григорук // *Сталь*. – 2008. – № 8. – С. 43–46.

3. Ощепков, Б.В. Совершенствование техно-

логии выплавки жаропрочных сплавов на никелевой основе в ОДП с использованием легированных отходов / Б.В. Ощепков, Т.Б. Жильцова // *Вестник ЮУрГУ. Сер. «Металлургия»* – 2012. – Вып. 18, № 15 (274). – С. 100–101.

4. Ощепков, Б.В. Технология выплавки жаропрочных сплавов: учеб. пособие для самостоят. работы студентов / Б.В. Ощепков. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2004. – 140 с.

5. Леонович, Б.И. Термодинамическое моделирование систем железо–хром–никель–азот / Б.И. Леонович, Ю.С. Кузнецов, Е.А. Трофимов // *Вестник ЮУрГУ. Сер. «Металлургия»*. – 2012. – Вып. 18, № 15 (274). – С. 50–52.

6. Ощепков, Б.В. Совершенствование технологии производства сплава ХН75МБТЮ в электропечах / Б.В. Ощепков // *Сталь*. – 2002. – № 5. – С. 22–29.

**Ощепков Борис Владимирович**, канд. техн. наук, доцент кафедры общей металлургии, Южно-Уральский государственный университет, филиал в г. Златоусте (г. Златоуст); splav.zlat@mail.ru.

**Ощепков Георгий Фёдорович**, студент, Южно-Уральский государственный университет, филиал в г. Златоусте (г. Златоуст); gosha1991.03@mail.ru.

**Жильцова Татьяна Анатольевна**, старший преподаватель кафедры общей металлургии, Южно-Уральский государственный университет, филиал в г. Златоусте (г. Златоуст); zilcova79.ru@mail.ru.

Поступила в редакцию 24 апреля 2014 г.

**Bulletin of the South Ural State University**  
**Series “Metallurgy”**  
**2014, vol. 14, no. 3, pp. 71–74**

## SOME FEATURES OF CrNi70Al ALLOY PRODUCTION

**B.V. Oshchepkov**, South Ural State University, Zlatoust Branch, Zlatoust, Russian Federation, splav.zlat@mail.ru,

**G.F. Oshchepkov**, South Ural State University, Zlatoust Branch, Zlatoust, Russian Federation, gosha1991.03@mail.ru,

**T.A. Zhil'tsova**, South Ural State University, Zlatoust Branch, Zlatoust, Russian Federation, zilcova79.ru@mail.ru

The quality of the alloy produced depends greatly on the technological metal plasticity. The present research aims at studying the low technological plasticity reasons of the CrNi70Al alloy and developing measures focused on its improvement.

It is known that high-temperature brittleness of the CrNi70Al alloy is related to the influence of intermetallics and carbonitrides on metal grain boundaries. We proposed to put chrome in a liquid metal bath which significantly reduces melting time and therefore reduces the time of metal saturation by nitrogen.

It is known that positive impact on long-term strength of the alloy can be obtained with small additions of zirconium. It is shown that the maximum long-term durability is achieved when the zirconium content is about 0.1 wt. %. Zirconium binds nitrogen, however, it was proposed for more complete removal of nitrogen in the metal to change the order of zirconium input in the alloy dividing its feeding into two stages. One part of zirconium (0.05 wt. %) is put in the alloy at the end of melting, and the second (0.05 wt. %) is put during refining together with alumobarium ligature and cerium close to the metal tapping from the furnace.

It was shown that the introduction of measures proposed during the production of the CrNi70Al alloy allowed to reduce the nitrogen content in forgings on average from 0.025 to 0.018 wt. %. Tensile sheet strain increased from 59 to 65 %, and as a result the number of the first class sheets increased from 40 to 70 % of the total number.

*Keywords: nickel-based alloys, smelting, technological plasticity.*

### References

1. Oshchepkov B.V. [Improved Technology of KhN70Yu Alloy at Zlatoust Metallurgical Plant]. *Elektrometallurgiya*, 2004, no. 2, pp. 32–34. (in Russ.)
2. Oshchepkov B.V., Trofimov E.A., Leonovich B.I., Grigoruk A.V. Production of Kh20N80 Alloy with Improved Plasticity and Durability. *Steel in Translation*, 2008, vol. 38, no. 8, pp. 650–653. doi: 10.3103/S0967091208080160.
3. Oshchepkov B.V., Zhiltsova T.A. [Improving the Technology of Smelting Nickel-Based Heat-Resistant Alloys in an Open Arc Furnace Using Alloy Wastes]. *Bull. of the South Ural St. Univ. Ser. Metallurgy*, 2012, no. 15 (274), issue 18, pp. 100–101. (in Russ.)
4. Oshchepkov B.V. *Tekhnologiya vyplavki zharoprochnykh splavov* [Smelting Technology of Superalloys]. Chelyabinsk, SUSU Publ., 2004. 140 p.
5. Leonovich B.I., Kuznetsov Yu.S., Trofimov E.A. [Thermodynamic Analysis of the Iron – Chromium – Nickel – Nitrogen System]. *Bull. of the South Ural St. Univ. Ser. Metallurgy*, 2012, no. 15 (274), issue 18, pp. 50–52. (in Russ.)
6. Oshchepkov, B.V. Improving the Production of KhN75MBTYu Alloy in Electrofurnaces. *Steel in Translation*, 2002, vol. 32, no. 5, pp. 19–24.

*Received 24 April 2014*