

## НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ВЫПЛАВКИ СПЛАВА ХН60ВТ

*Б.В. Ощепков, В.С. Кольчак, Г.Ф. Ощепков*

**С целью достижения удовлетворительного уровня технологической пластичности проанализированы обстоятельства и результаты промышленных плавок сплава ХН60ВТ. Сформулированы рекомендации, позволяющие существенно снизить долю брака при получении из этого сплава прутков малого диаметра.**

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

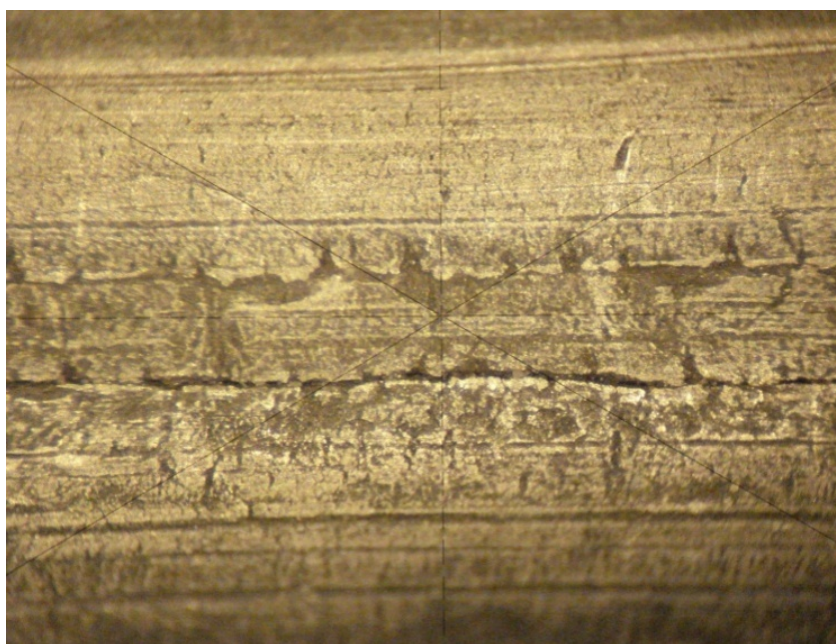
Технологическая пластичность жаропрочных никелевых сплавов – важный показатель, который в значительной степени предопределяет металлоёмкость изделий, а также возможность изготовления из этих сплавов некоторых видов изделий, к которым относятся, например, прутки малого диаметра. Оценку пластичности сплавов обычно производят посредством испытаний на ударную вязкость, на растяжение и кручение при температурах горячей деформации ( $1150 \pm 30$  °С). Кроме того, о пластичности судят по внешнему виду кованных заготовок. Образцы, деформированные с дефектами, относятся к непластичным.

Опыт выплавки сплавов ХН20Н80, ХН78Т, ХН75МБТЮ, ХН70Ю и ХН77ТЮР на базе Златоустовского металлургического завода свидетельствует о том, что для этих сплавов нетрудно получить высокую технологическую пластичность на всех переделах [1]. Пластичность сплава ХН60ВТ более нестабильна, и её зависимость от различных обстоятельств процесса плавки имеет не вполне ясный характер [2].

Было замечено, что при производстве изделий из слитков раскисленного кальцием сплава ХН60ВТ деформации на круг 360 мм, кованую заготовку, квадрат 170 мм, квадрат 90 мм, квадрат 60 мм происходят без рванин. На поверхности квадрата 60 мм появляются первые дефекты, которые легко удаляются при зачистке металла абразивными кругами. Однако при получении прутков диаметром 6 мм из круга диаметром 9 мм методом волочения на заготовке появляются рванины (см. рисунок).

Не отрицая возможности влияния режима термообработки на пластичность прутков ХН60ВТ, следует рассмотреть, как факторы, связанные с процессом выплавки металла, могли сказаться на уменьшении его технологической пластичности.

Как известно, при выплавке жаропрочного сплава ХН60ВТ, предназначенного для глубокой вытяжки, используют металлический вольфрам. При этом тугоплавкий металл присаживают в никель-хромовый расплав при температуре 1480–1520 °С. Растворение вольфрама требует очень тщательного перемешивания расплава, находящегося в печи.



Дефект в прутке круг 5,95 мм после волочения – трещина

Если этого не делать, часть металлического вольфрама оседает на подину печи и затем, после выпуска металла из печи, смешивается со шлаком и таким образом теряется. Помимо потерь дорогостоящего металла, неполное усвоение вольфрама сплавом может привести к браку по химическому составу.

Однако усиленное перемешивание увеличивает степень взаимодействия металла с футеровкой печи. В результате, в металл могут переходить вредные для сплава вещества, накопившиеся в футеровке в ходе предшествующих плавов. В частности, в состав сплава могут в критическом количестве переходить висмут, свинец, пленочные включения субоксидов (SiO, CrO, TiO), которые, помимо прочего, ухудшают технологическую пластичность металла [1, 3–5].

В ходе проведённых исследований было показано, что при выплавке сплава ХН60ВТ полезно предварительное промывание бывшей в употреблении футеровки печи металлическим никелем. Для этого в печь загружается металлический никель. После расплавления его нагревают до температуры 1550 °С и выдерживают в печи один час. Использование этого приёма позволяет защитить сплав от загрязнителей, содержащихся в футеровке.

При выплавке жаропрочных сплавов на никелевой основе для их раскисления может использоваться кальций или магний (последний – в виде Ni–Mg лигатур). Было замечено, что при выплавке сплава ХН60ВТ использование кальция для раскисления сплава не сразу оказывает влияние на его качество. Механические испытания пробы металла, взятой сразу после присадки кальция, показывают его недостаточную раскисленность. Опираясь на результаты изучения пробы, сталевар мог присадить в металл дополнительный кальций, что приводило к переизбытку кальция в металле и как следствие, – к некоторому ухудшению его свойств, прежде всего, к уменьшению технологической пластичности.

Проблема избытка кальция в процессе выплавки отчасти решалась скачиванием плавильного шлака и наведением нового шлака из извести и глинозема. Этот приём широко использовался при выплавке сплавов на никелевой основе. Однако такие действия сопряжены с дополнительными затратами времени, труда и материалов.

Замедленное влияние кальция на свойства металла, вероятно, связано со способом его введения в металлический расплав. Присадка кальция в виде кусков металла требует дополнительного времени для того, чтобы кальций равномерно распространился по объёму расплава.

В процессе исследований было показано, что использование магния в виде лигатур с никелем значительно облегчает процесс выплавки: раскислитель проще усваивается расплавом, быстрее распределяется в нём, что, в свою очередь, защи-

щает металл от избыточного введения раскислителя и обеспечивает достаточно высокую технологическую пластичность на всех переделах. Использование тройной Ni–W–Mg лигатуры [6] облегчает легирование сплава вольфрамом.

Расчёты показывают, что при выплавке сплава ХН60ВТ для изготовления прутков из этого сплава диаметром не более 6 мм, экономические затраты на предварительную промывку основной футеровки печи металлическим никелем и на выплавку Ni–Mg или Ni–W–Mg лигатур с лихвой окупаются за счёт увеличения годного в прутках.

### **Заключение**

Проанализированы обстоятельства и результаты промышленных плавов сплава ХН60ВТ. С целью достижения удовлетворительного уровня технологической пластичности рекомендовано при выплавке сплава ХН60ВТ, предназначенного для изготовления прутков диаметром не более 6 мм, предварительно проводить промывку основной футеровки печи металлическим никелем, а для раскисления металла применять Ni–Mg или Ni–W–Mg лигатуры.

**Обобщение и анализ результатов работы осуществлены в рамках проекта, поддержанного РФФИ, грант № 11–08–12046–офи-м-2011.**

### **Литература**

1. Ощепков, Б.В. *Технология выплавки жаропрочных сплавов: учеб. пособие для самостоятельной работы студентов* / Б.В. Ощепков. – Челябинск. Изд-во ЮУрГУ, 2004. – 140 с.
2. Ощепков, Б.В. *Некоторые особенности легирования сплава ХН60ВТ в ходе его выплавки в открытой дуговой печи* / Б.В. Ощепков, Т.А. Жильцова // *Вестник ЮУрГУ. Серия «Металлургия»*. – 2010. – Вып. 14, № 13 (189). – С. 53–54.
3. *Влияние неметаллических включений на пластичность сплавов на никелевой основе* / Б.В. Ощепков, Б.И. Леонович, Е.А. Трофимов, Д.Н. Сазонов // *Сталь*. – 2007. – № 4. – С. 42–44.
4. *Разработка технологии производства сплава Х20Н80 с повышенной пластичностью и живучестью* / Б.В. Ощепков, Е.А. Трофимов, Б.И. Леонович, А.В. Григорук // *Сталь*. – 2008. – № 8. – С. 43–46.
5. *Влияние особенностей выплавки никель-хромовых жаропрочных сплавов на их пластичность* / Б.В. Ощепков, Б.И. Леонович, Е.А. Трофимов, Т.А. Бендера // *Электрометаллургия*. – 2007. – № 4. – С. 8–12.
6. Пат. 2323996 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup> С 22 С 35/00, С 22 С 19/03. *Сплав для легирования* / Б.В. Ощепков, Д.Д. Шарахов, Е.А. Трофимов, Д.В. Баранов; заявители и патентообладатели Б.В. Ощепков, Д.Д. Шарахов, Е.А. Трофимов, Д.В. Баранов. – № 2004138051/02; заявл. 24.12.2004; опубл. 10.05.2008, Бюл. № 13. – 5 с.

**Ощепков Борис Владимирович**, кандидат технических наук, инженер Управления научной и инновационной деятельности, Южно-Уральский государственный университет. 454080, г. Челябинск, пр. Ленина, 76. Тел.: (3513)665829.

**Кольчак Вячеслав Сергеевич**, кандидат технических наук, доцент кафедры общей металлургии, Южно-Уральский государственный университет, филиал в г. Златоусте. 456209, Челябинская обл., г. Златоуст, ул. Тургенева, 16. Тел.: (3513)665829.

**Ощепков Георгий Фёдорович**, студент, Южно-Уральский государственный университет, филиал в г. Златоусте. 456209, Челябинская обл., г. Златоуст, ул. Тургенева, 16. Тел.: (3513)665829.

---

***Bulletin of the South Ural State University  
Series "Metallurgy"  
2013, vol. 13, no. 1, pp. 199–201***

---

## **SOME FEATURES OF SMELTING KhN60VT ALLOY**

***B.V. Oshchepkov, V.S. Kol'chak, G.F. Oshchepkov***

To achieve a satisfactory level of technological plasticity of KhN60VT alloy the conditions and the results of industrial smelting are analyzed. Defect reducing recommendations for the production of alloy bars of small diameter are formulated.

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

**Oshchepkov Boris Vladimirovich**, candidate of engineering science, engineer of the Division of Research and Innovation, South Ural State University. 76 Lenin avenue, Chelyabinsk, Russia 454080. Tel.: 7(3513)665829.

**Kol'chak Vyacheslav Sergeevich**, candidate of engineering science, associate professor of the General Metallurgy Department, Zlatoust Branch, South Ural State University. 16 Turgenev street, Zlatoust, Chelyabinsk region, Russia 456209. Tel.: 7(3513)665829.

**Oshchepkov Georgiy Fedorovich**, student, Zlatoust Branch, South Ural State University. 16 Turgenev street, Zlatoust, Chelyabinsk region, Russia 456209. Tel.: 7(3513)665829.

*Поступила в редакцию 6 марта 2013 г.*