

К ВОПРОСУ О ПРОИЗВОДСТВЕ АЗОТСОДЕРЖАЩЕЙ НЕРЖАВЕЮЩЕЙ СТАЛИ

О.К. Токовой, С.Н. Веселков

Рост производства аустенитных коррозионностойких сталей при дефиците легирующих компонентов стимулировал замену никеля другими аустенитообразующими элементами. Самым привлекательным из них является азот, который в 20 раз сильнее никеля. Введение в металл 0,20–25 % азота позволяет заменить 4,0–4,5 % никеля, что влечет большие экономические и экологические выгоды. Производство экономнолегированных азотсодержащих нержавеющей сталей увеличивается в мире с каждым годом. Отечественным предприятиям, чтобы не отстать от мирового уровня целесообразно начать работы по расширению сортамента и освоению производства азотсодержащих коррозионностойких сталей.

Ключевые слова: коррозионностойкая сталь, азот, легирование, никель.

Опережающий рост производства коррозионностойких сталей в мире при дефиците легирующих компонентов (хрома, никеля и др.) потребовал создание новых экономнолегированных марок стали мартенситного, ферритного и аустенитного классов, в том числе низкоуглеродистых с содержанием менее 0,03 % углерода, а в ряде случаев – и менее 0,01 %.

Так, например, на заводе «Днепроспецсталь» освоено более 200 марок коррозионностойких сталей, в том числе 93 марки стали производятся в агрегате ГКР, аналогичному агрегату АКР ЭСПЦ-6 ОАО «ЧМК», в их числе легированные азотом из газовой фазы вместо дорогостоящих азотированных феррохрома и марганца (табл.).

В цехах этого завода освоено производство не стабилизированной титаном низкоуглеродистой ($C \leq 0,03$ %) нержавеющей стали высокой полируемости (03X18H10, 03X17H13M2), которое достигается путем снижения содержания алюминия и титана до 0,01 и 0,03 %, соответственно.

Особый упор в производстве коррозионностойких сталей мировая практика делает на замену никеля другими аустенитообразующими элементами. Такая возможность не нова и давно известна в практике сталеплавленного производства. Одним из таких элементов является марганец. Однако марганец как аустенитообразующий элемент слабее, чем никель, его требуется значительно больше, что снижает его экономическую привлекательность.

Таблица

Азотсодержащие нержавеющие стали

| Марки стали | Содержание основных легирующих элементов, % | | | | | |
|------------------|---|-------|-------|---------|---------|-----------|
| | C | Cr | Ni | Mo | Ti | N2 |
| 03X20H16AG6 | $\leq 0,03$ | 20–22 | 15–17 | – | – | 0,22–0,30 |
| 03X24H6AM3 | $\leq 0,03$ | 23–25 | 5–7 | 2,5–3,5 | – | 0,05–0,15 |
| 04X19AFMT | $\leq 0,03$ | 18–20 | – | 1,2–1,6 | 0,3–0,5 | 0,02–0,04 |
| 04X20H14G6M2ACB | $\leq 0,04$ | 18–22 | 13–16 | 2,0–2,5 | – | 0,25–0,45 |
| 07X20H13G6M2ACDB | $\leq 0,04$ | 18–21 | 12–15 | 1,6–2,1 | – | 0,30–0,45 |

Другим хорошо известным аустенитообразующим элементом является азот. Он как аустенитообразующий элемент в 20 раз сильнее никеля, поэтому для получения стали, с 18 % хрома для полной замены 9 % никеля, потребуется $9/20 \sim 0,45$ % азота. Этот факт тоже давно известен науке. Всплеск интереса к такой замене обусловлен следующим.

В стали с 18 % хрома при 1600°C и $P_{N_2}=0,79$ растворяется 0,29 % азота, поэтому полная замена никеля невозможна из-за выделения избыточного азота с образованием пузырей. Практикой установлено, что максимально возможное при атмосферных условиях (без избыточного давления) количество вводимого азота составляет 0,25 %.

Последнее обстоятельство и являлось, до последнего времени, препятствием в промышленном использовании этого элемента, так как наиболее дешевым азотсодержащим материалом является газообразный азот, продувка который позволяет ввести в металл значительную часть от возможного его содержания. Однако усвоение азота жидкой сталью не стабильно, а его содержание после продувки азотом колеблется в значительных пределах. Для формирования аустенитной структуры требуется дополнительное введение в металл другого аустенитообразующего компонента – никеля, причем в определенном, недостающем для формирования структуры количестве.

Отсутствие экспрессного метода контроля азота в жидком металле сдерживало промышленное использование такой технологии. Расчеты показывают, что при содержании в нержавеющей стали 0,20–0,25 % азота в нее необходимо добавить 4,0–5,5 % никеля.

В последние годы фирмой «Электро-Найт» в промышленном варианте выпускается экспресс-анализатор на азот системы «Nitris». Это устройство близко по принципу действия с эксплуатируемой во многих цехах металлургических комбинатов системой «Hidris» и позволяет в течение нескольких секунд определить содержание азота в жидкой стали. Появление такого экспресс-анализатора открыло новые возможности в производстве нержавеющей экономнолегированной стали, суть которого заключается в том, что большая часть аустенитообразующего компонента вводится в металл продувкой газообразным азотом, а после определения фактического содержания азота экспресс-анализатором «Nitris», недостающее количество пополняется никелем. Возможна корректировка азота небольшим количеством азотсодержащих ферросплавов (феррохром, ферромарганец).

Расчеты показывают, что замена части никеля азотом позволяет сократить расход никеля на 3,5–4,0 %, что влечет большие экономические выгоды. Согласно литературным данным [1–4] производство экономнолегированной азотсодержащей нержавеющей стали увеличивается с каждым годом. Так, например, в Китае из 3,0 млн. т коррозионностойкой стали значительная часть – экономнолегированная. В компании TISCO объем производства достиг 30 тыс. т. Из безникелевой азотсодержащей стали серии 400 делают грузовые вагоны, рефрижераторные контейнеры и даже чеканят монету, более дешевую, чем из алюминия.

Использование азота как аустенитообразующего элемента не только экономически выгодно, но и экологически целесообразно, т.к. азот входит в состав воздуха и процесс его получения из атмосферы не требует разрушения поверхности и недр земли, неизбежных при добыче руд. Кроме того, принципиальное преимущество азотсодержащих сталей состоит в обеспечении такого комплекса механических свойств, который невозможно получить за счет традиционных схем легирования.

Полагаем, что отечественным предприятиям, чтобы не отстать от мирового уровня, целесообразно начать работы по расширению сортамента азотсодержащих коррозионностойких сталей и освоению их производства.

Библиографический список

1. Мурадян, О.С. Опыт выплавки высокоазотистых немагнитных коррозионностойких сталей / О.С. Мурадян, И.А. Голикеев // Черные металлы. – 2013. – Май. – С. 10–13.
2. Легирование стали азотом / Л.Г. Ригина, Я.М. Васильев, В.С. Дуб и др. // Электрометаллургия. – 2005. – № 2. – С. 14–21.

3. Колпишон, Э.Ю. Высокоазотистая сталь. Часть 1 / Э.Ю. Колпишон // Электromеталлургия. – 2006. – № 12. – С. 39–43.
4. Колпишон, Э.Ю. Высокоазотистая сталь. Часть 2 / Э.Ю. Колпишон // Электromеталлургия. – 2007. – № 1. – С. 34–43.

[К содержанию](#)