



## INSTEEL® — СЕРИЯ КОМПЛЕКСНЫХ МОДИФИКАТОРОВ ДЛЯ ВНЕПЕЧНОЙ ОБРАБОТКИ СТАЛИ

Комплексные модификаторы серии INSTEEL® для внепечной обработки стали, выпускаемые нашей Компанией, содержат активные элементы Ca, Sr, Ba, PЗМ, Ti, Zr, Ce, La и др., комбинация и количественное содержание которых в составе конкретной марки обусловлено конкретными условиями применения и задачами, требующими решения в области качества литья на данном производстве.

Модификаторы серии INSTEEL® производятся по оригинальной технологии "чипс-процесс", что обеспечивает им характерную плотную мелкодисперсную структуру и низкую газонасыщенность. Все комплексные модификаторы серии INSTEEL® существенно повышают жидкотекучесть металла, что позволяет обеспечить проливаемость тонкостенных сечений отливки, снизить температуру заливки форм и решить задачи по устранению усадочных дефектов. Помимо этого, каждая марка из серии INSTEEL® обладает дополнительными специфическими свойствами.

### 1. Модификаторы марки INSTEEL® 1.3, INSTEEL® 1.5 и INSTEEL® 6.1 —

марки, предназначены преимущественно для устранения проблем связанных с существенным загрязнением углеродистых, низколегированных и среднелегированных марок стали неметаллическими включениями и связанными с этим низкой жидкотекучестью металла и дефектами структуры литья.

Модификаторы содержат в своем составе в качестве основных активных элементов Ca и Ba в различных пропорциях, обладают различной эффективностью, позволяющей варьировать их применение в зависимости от степени исходной загрязнённости металла и возможных ограничений по содержанию в нём кремния. Входящий в их состав кальций (Ca), малорастворимый в железе элемент, активно взаимодействует с кислородом, серой, азотом, водородом и другими элементами, очищает границы зёрен от карбонитридов, сульфидов, способствующих охрупчиванию стали. Кальций способствует модифицированию продуктов раскисления алюминия с образованием легкоудаляемых глобулярных НВ, что приводит к повышению пластичности и ударной вязкости металла. Пары кальция обладают высокой упругостью, что существенно снижает его усвоение в стали в отсутствие бария.

Барий (Ba) практически не растворяется в железе, но имеет, по сравнению с кальцием, невысокое давление паров в зоне растворения модификатора (при 1600°C – 5,2 кПа). Низкая температура плавления бария (710°C) приводит к более раннему и эффективному реагированию бария с кислородом и серой, а высокие свойства поверхностного натяжения (смачиваемость) способствуют быстрой и полному удалению продуктов реакций.

Соединения в одном сплаве кальция и бария, обладающих полной взаимной растворимостью в жидком состоянии, снижает упругость их паров в стали. Благодаря более медленному испарению элементов увеличивается период взаимодействия кальция с металлом и, как следствие, более эффективно протекает процесс очищения сплава от кислорода и серы, повышается усвоение кальция в металле за счёт модифицирования большего числа НВ.

## 2. Модификатор марки INSTEEL®11

кроме базовых модифицирующих элементов Ca, Ba содержит цирконий Zr.

Цирконий является универсальным элементом, так как действует как раскислитель, десульфуратор и денитринизатор. Этот элемент предотвращает взаимодействие других элементов (ванадия, бора) с азотом и кислородом. Добавка циркония в металл так же, как и титана, действует через образование карбосульфидов.

Цирконий связывается также в Zr(N,C), ZrS<sub>x</sub> или Zr<sub>4</sub>S<sub>2</sub>C<sub>2</sub>, причём, ввиду большого сродства к азоту, цирконий может вытеснять азот из нитридов алюминия. Взаимодействие ZrN с (Zr,Mn)S приводит к формированию включений угловато-кристаллической формы. Карбонитриды циркония также образуются в виде тонких оболочек вокруг сульфидов.

Цирконий используется как микролегирующий элемент для повышения прочности, вязкости, износостойкости, прокаливаемости, свариваемости, обрабатываемости, для повышения сопротивления коррозии.

Опыт применения модификатора INSTEEL®11 при производстве ответственного литья для подвижного состава РЖД (вагонные рамы, балки) показал его высокую эффективность для повышения ударной вязкости металла при низких температурах (KCV -60°C).

## 3. Модификаторы марки INSTEEL®3.2, INSTEEL®3.3 и INSTEEL®10.1

помимо базовых элементов Ca и Ba, дополнительно содержат редкоземельные металлы, преимущественно церий (Ce) и (или) лантан (La) в различных концентрациях.

Воздействие редкоземельных металлов на сталь многопланово и связано не только с эффективной глобуляризацией НВ, но и с возможностью изменять условия затвердевания отливок.

Образование гидридов РЗМ повышает коррозионную стойкость стали, а способность образования тугоплавких и прочных интерметаллидов с цветными металлами обеспечивает устранение межкристаллитной низкотемпературной и высокотемпературной хрупкости – повышает пластические свойства.

Большое влияние редкоземельные элементы оказывают на условия кристаллизации металла, изменяя макро- и микроструктуру слитков и отливок. Оксиды, сульфиды и нитриды РЗМ, как и интерметаллиды, оказывают инокулирующее воздействие на структуру стали, упрочняя её. Добавка РЗМ уменьшает сегрегацию ликвидирующих элементов (углерода, серы и фосфора), уменьшает величину зоны столбчатых кристаллов, размер равноосных зёрен и расстояние между ветвями дендритов. Это более глубокое воздействие на структуру металла, например, существенно повышает трещиностойкость слитков, подвергающихся последующей ковке.

## 4. Модификаторы марки INSTEEL®5.1 и INSTEEL®5.2

содержат, как и предыдущая группа модификаторов, Ca, Ba и РЗМ, но в более высоких концентрациях, что значительно повышает их эффективность при решении специальных задач. Например, внепечная обработка металла для стальных труб подземных и подводных трубопроводов, подвергающихся в процессе эксплуатации длительному воздействию факторов, вызывающих коррозию металла, позволяет существенно продлить срок их службы. Эти модификаторы также весьма эффективны при внепечной обработке металла для производства коррозионностойкой газонефтепроводной запорной арматуры.



## **5. Модификаторы марки INSTEEL® 4.4 и INSTEEL® 7,** кроме Ca, Ba и PЗМ дополнительно содержат титан (Ti).

Титан — является сильным раскислителем, эффективно влияет на фазовый состав и морфологию неметаллических включений, дополнительно раскисляя металл, повышает растворимость водорода в стали, предотвращая тем самым образование ситовидной пористости на литье.

Титан, в зависимости от его содержания в металле и химического состава стали, образует карбиды TiC, сульфиды TiS, карбосульфиды Ti<sub>4</sub>C<sub>2</sub>S<sub>2</sub> и нитриды TiN. Карбиды в большей степени вызывают увеличение прочности металла. Титан, введенный в расплав стали, образует нитриды титана уже в предкристаллизационный и кристаллизационный периоды. Связывая азот и серу в тугоплавкие частицы (нитриды, карбонитриды, сульфиды), титан не только оказывает инокулирующее влияние на процесс кристаллизации, но и выполняет барьерную функцию измельчителя аустенитного зерна в процессах термической обработки.

**Титан используется для предотвращения межкристаллитной коррозии при получении коррозионноустойчивых марок стали ферритного и аустенитного классов.**

Введение микродобавок титана в сталь обеспечивает получение мелкозернистой структуры и снижает склонность металла к образованию горячих трещин.

**Положительное влияние титана на износостойкость стали** объясняется повышением сопротивления развитию начальной стадии пластической деформации и возрастанием твердости, а на механические свойства — не только измельчением зерна аустенита, но и их упрочнением и усилением межзёренных связей.

## **6. Модификатор марки INSTEEL® 9.3 и INSTEEL® 9.4**

кроме Ca, Ba дополнительно содержит Sr (стронций). Стронций в составе комплексных сплавов с другими ЦЗМ усиливает влияние кальция и бария на различные показатели качества металла: его жидкотекучесть, механические свойства.

Применение комплекса Ca-Ba-Sr позволяет добиться высокого усвоения кальция и максимальных показателей ударной вязкости при отрицательных температурах.

На основе полученных результатов модифицирования можно предположить, что стронций в ещё большей степени, чем барий способствует защите кальция от окисления и превращения кальция не просто элементом-модификатором, служащим глобуляризатором неметаллических включений, но и микролегирующим компонентом, измельчающим дендритную структуру отливки и повышающим механические характеристики стали.

## **7. Модификаторы марки INSTEEL®**

могут быть изготовлены с индивидуальным химическим составом по требованиям потребителя и могут также содержать бор и ванадий.