



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 в большинстве случаев снизить вероятность образования в отливках горячих трещин и пригара материала форм за счет снижения температуры заливки.

Помимо этого, каждая марка из серии **INSTEEL®** обладает дополнительными специфическими свойствами.

1. Модификаторы марки INSTEEL®1.3, INSTEEL®1.5 и INSTEEL®6.1 – базовые 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°С – 5,2 кПа). Низкая температура плавления бария (710°С) приводит к более раннему и эффективному реагированию бария с кислородом и серой, а высокие свойства поверхностного натяжения (смачиваемость) способствуют быстрому и полному удалению продуктов реакций. Снижение загрязнённости металла НВ приводит к повышению жидкотекучести стали и снижению интенсивности взаимодействия жидкой стали с материалом форм и образованию пригара.

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_x или $Zr_4S_2C_2$, 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 $-60^{\circ}C$).

3. Модификаторы марки INSTEEL®3.2 и INSTEEL®3.3 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 ликвирующих 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 **РЗМ** 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 Ti₄C₂S₂ и нитриды TiN. Карбиды в большей степени вызывают увеличение прочности металла. Титан, введённый 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 коррозионностойких 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 твёрдости, а на механические свойства – не только измельчением зерна аустенита, но и их упрочнением и усилением межзёрненных связей.

6. Модификатор марки INSTEEL[®] 9.3, кроме **Ca, Ba** дополнительно содержит **Sr (стронций)**. Стронций в составе комплексных сплавов с другими ЩЗМ 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.