

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук Банных Игоря Олеговича «Металловедческие основы создания многофункциональных высокоазотистых сталей аустенитного класса» по специальности 05.16.01– Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов

Основными недостатками традиционных аустенитных хромоникелевых сталей является низкая прочность по пределу текучести при комнатной температуре и высокая стоимость из-за большого содержания дорогостоящего и дефицитного никеля. Поэтому для замены дорогостоящего никеля стали использовать марганец, особенно для криогенной техники с целью стабилизации  $\gamma$ -твердого раствора. Им производят либо полную замену Ni, либо частичную. Однако существует направление повышения прочности аустенитных коррозионностойких сталей, в частности, применяемые в криогенной технике, основанное на легировании азотом. Азот как и углерод образует твердые растворы внедрения, но имеет низкую растворимость в  $\gamma$ -железе. Для увеличения растворимости N вводят Cr и Mn в сталь.

Азот воздействует на дислокационную структуру, образуя зоны упорядоченной и разупорядоченной структуры, и тем самым упрочняет аустенитные коррозионностойкие стали. Способствует росту сопротивления пластической деформации и прочности стали. Пластичность и вязкость незначительно снижаются и остаются на достаточно высоком уровне. Для аустенитных сталей этот уровень относительного удлинения может составлять более 30%. Но главное то, что азот является стабилизатором аустенита и в отличие от углерода не ухудшает коррозионную стойкость стали.

Поэтому в последние годы интенсивно развивается металлургия азотистых сталей, но пока высокоазотистые аустенитные стали (ВАС) не являются массовой продукцией из-за сложностей, связанных с технологическим процессом выплавки, который заключается в электрошлаковом переплаве под давлением азота. Высокоазотистые аустенитные стали обладают уникальным сочетанием комплекса свойств: высокой прочностью, вязкостью, коррозионной стойкостью и рядом других важных свойств. Поэтому тема диссертационной работы является актуальной.

Формирование аустенитного состояния ВАС, как показал соискатель, это введение в их состав азота. Это заманчивая особенность получения и

стабилизации аустенитной структуры у этих сталей, вводя в их состав азот, который может растворяться в железе. Причем не в форме газа, а в форме элемента внедрения в твердом растворе на основе железа и избыточных нитридных фаз, азот обеспечивает положительное воздействие на физико-механические свойства, и в некоторых случаях, такие стали обладают преимуществами перед традиционными аустенитными хромоникелевыми сталями.

Научная новизна диссертационной работы заключается в полноценном комплексе проводимых исследований металлургического характера. Построена фазовая диаграмма хром-марганцевистой высокоазотистой аустенитной стали, выявлен механизм разрушения в интервале вязкохрупкого перехода стали после закалки от 1100 °С и выдержки при 850 °С, определена энергия дефектов упаковки для различного химического состава ВАС, определена энергия активации роста зерен аустенита ВАС различного состава в процессе высокотемпературной термической обработки, продемонстрирована эффективность прогнозирования температуры вязкохрупкого перехода и коррозионной стойкости по параметру деформационной нестабильности аустенита, показано, что объемный эффект при распаде метастабильного аустенита может быть отрицательным и приводить к растягивающим напряжениям и другие важные металлургические исследования.

В результате проведенных исследований соискатель разработал ряд высокоазотистых аустенитных сталей, имеются на их состав и фазовое содержание патенты на изобретения. Предложены режимы их термической и термопластической обработки. Разработана технология высокоградиентной направленной кристаллизации стали 05X22AG15N8M2Ф, позволяющая получать слитки с повышенной прочностью и пластичностью. Такие технологические исследования характеризуют практическую значимость диссертационной работы соискателя. Кроме того, соискатель выделил, что высокая способность к упрочнению, как при горячей, так и при холодной пластической деформации, которая в основном зависит от сопротивления процессам поперечного скольжения дислокаций в связи с низким значением энергии дефектов упаковки, что характерно для растворенного азота в аустените.

В качестве замечаний отметим, что не рассматриваются гомогенизирующие отжиги, т.к. основным недостатком азота как легирующего элемента является его повышенная склонность к ликвации при кристаллизации слитка. Кроме того, введение азота в сталь осложняется ее сварка. Вопросы сварки в автореферате не рассматриваются. Однако высокое

сварка. Вопросы сварки в автореферате не рассматриваются. Однако высокое содержание в сварочной ванне 0,30-0,35% N приводит к образованию пористости сварного шва. Присутствие азота в стали требует введения ограничений на энергию сварки для предотвращения образования карбонитридов по границам зерен, что может привести к снижению пластичности зоны сварного шва и к трещинообразованию. Наверняка, это тоже является причиной сдерживания широкого применения высокоазотистых аустенитных сталей.

Приведенные замечания не снижают теоретической и практической значимости диссертационной работы, которая вносит значимый вклад в расширенное использование высокоазотистых аустенитных сталей, в частности для применения в криогенной технике и других изделиях, работающих в агрессивной коррозионной среде. Считаем, что диссертационная работа Банных Игоря Олеговича «Металловедческие основы создания multifunctional высокоазотистых сталей аустенитного класса» удовлетворяет требованиям ВАК Положению о присуждении ученых степеней и соответствует специальности 05.16.01– Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов, а соискатель заслуживает присуждения ему ученой степени доктора технических наук.

Академик РАН, доктор технических наук,  
заведующий кафедрой обработки металлов  
давлением федерального государственного  
автономного образовательного учреждения  
высшего образования «Самарский национальный  
исследовательский университет имени  
академика С. П. Королева», профессор

Ф.В. Гречников

Доктор технических наук,  
профессор кафедры обработки металлов  
давлением федерального государственного  
автономного образовательного учреждения  
высшего образования «Самарский национальный  
исследовательский университет имени  
академика С. П. Королева»

В.А. Михеев

Служебный телефон: 8(846)2674601  
E-mail: fvgr48@mail.ru Служебный адрес:  
443086, г. Самара,  
Московское шоссе, 34, пятый корпус  
кафедра обработки металлов давлением

