

## ВЛИЯНИЕ АЗОТА НА СВОЙСТВА СТАЛИ

**Фролов Д.М., студент 2 курса инженерного факультета**  
**Научный руководитель – Яковлев С.А., доктор технических наук,**  
**доцент**  
**ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ**

**Ключевые слова:** сталь, азот, технология, свойства, прочность.

*В статье установлено, что дозированное содержание азота способствует формированию твёрдых фаз, повышая общую устойчивость материала к различным воздействиям. Это в свою очередь обеспечивает высокие эксплуатационные свойства деталей машин.*

**Введение.** Сталь является одним из самых распространённых материалов [1, 2]. Исследования взаимодействия азота со сталью проводились на протяжении всего XX века, начиная с работ Н. П. Чижевского и И. И. Жукова. Однако только после 1950-х годов учеными была рассмотрена возможность использования азота в качестве легирующего элемента.

**Цель работы:** исследование влияния азота на механические свойства и эксплуатационные свойства стали.

**Результаты исследований:** обзор литературных источников показал, что стали, легированные азотом, можно разделить на две группы [3, 4]: стали с содержанием азота ниже равновесного и стали с содержанием азота выше равновесного («сверхравновесные»). Первые получают при выплавке и кристаллизации при атмосферном давлении азота, вторые — при повышенном давлении азота, что позволяет сохранить большее количество азота в металле, чем при открытой выплавке. Азот, подобно углероду, образует в железе интерстициальный твёрдый раствор, занимая октаэдрические участки в кристаллической решётке, что существенно влияет на механические свойства стали. Он является мощным стабилизатором аустенита, расширяя поле аустенитной фазы на фазовой диаграмме железо-

углерод. Его стимулирующий аустенитный эффект примерно в 20-30 раз сильнее, чем у никеля, что делает его экономичной альтернативой в аустенитных нержавеющих сталях. Это свойство позволяет снизить содержание никеля без ущерба для стабильности аустенита, создавая экономически эффективные сплавы. Когда азот диффундирует в стальную поверхность, он может образовывать высокостабильные нитриды с такими легирующими элементами, как хром, алюминий, ванадий и титан. Эти нитриды, включая CrN, AlN, VN и TiN, значительно повышают твёрдость поверхности, износостойкость и усталостную прочность [5]. Процесс образования нитридов, известный как азотирование, является важнейшей технологией обработки поверхности при термической обработке сталей. В высокохромистых и высокохромоникелевых сталях азот способствует измельчению зерна и упрочнению твёрдого раствора, что приводит к формированию более компактной и прочной микроструктуры, повышающей общую прочность, вязкость и коррозионную стойкость стали. Мелкозернистая структура также увеличивает устойчивость стали к межкристаллитной коррозии.

В последние годы отмечены перспективные стали с различным уровнем легирования азота для различных областей применения: дисперсионно-твердеющие стали, легированные ванадием, ниобием и титаном; высокопрочные коррозионно-стойкие аустенитные стали; стали со структурой азотистого феррита и мартенсита. Легирование азотом дисперсионно-твердеющих сталей приводит к улучшению их механических свойств за счёт формирования мелкозернистой структуры и включений нитридов, что способствует повышению прочности, твёрдости и износостойкости. Азот, диффундируя в стальную матрицу, образует высокостабильные нитриды с легирующими элементами, такими как ванадий, ниобий и титан. Эти нитриды действуют как дисперсные вещества, препятствуя росту зёрен и обеспечивая более равномерное распределение механических свойств по всему объёму металла [6, 7].

Кроме того, легирование азотом способствует улучшению коррозионной стойкости стали, повышая её устойчивость к агрессивным средам. Это ведёт к увеличению срока службы изделий, состоящих из таких сталей, и делает их более конкурентоспособными в

различных отраслях промышленности, особенно в условиях, требующих высокой прочности и стойкости к износу. После термического воздействия они становятся более прочными и устойчивыми к коррозии. Кроме того, они обладают улучшенной технологической пластичностью при высоких и низких температурах [8].

**Выводы.** Введение азота в состав стали существенно улучшает её механические и эксплуатационные свойства, что подтверждается множеством исследований. Азот действует как мощный стабилизатор аустенита, способствует формированию стабильных нитридов, что увеличивает прочность и твёрдость материала. Его влияние на измельчение зерна приводит к формированию мелкозернистой структуры, что в свою очередь обеспечивает высокую вязкость и коррозионную стойкость. Легированные азотом стали проявляют повышенную стойкость к агрессивным средам и улучшают усталостную прочность. Исходя из этого, легирование азотом открывает новые перспективы в металлообработке и разработке современных сплавов, расширяя возможности их применения в различных областях.

#### **Библиографический список:**

1. Яковлев, С. А. Технологическое обеспечение качества электромеханической обработки деталей машин / С. А. Яковлев, В. И. Курдюмов. – Ульяновск: Ульяновский ГАУ им. П.А. Столыпина, 2024. – 258 с.
2. Обеспечение самозатачиваения режущих частей рабочих органов сельскохозяйственной техники точечной электромеханической обработкой / С. А. Яковлев, В. И. Курдюмов, А. А. Глущенко [и др.] // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2021. – Т. 17, № 9(201). – С. 419-423.
3. Костина М.В. Развитие принципов легирования Cr-N сталей и создание коррозионно-стойких сталей нового поколения со структурой азотистого мартенсита и аустенита для высоконагруженных изделий современной техники. – Дис. ... д-р тех. наук. – М.: ИМЕТ РАН, 2003. – 231 с.

4. Результаты исследований структуры и микротвердости режущих частей лап культиваторов John Deere / С. А. Яковлев, В. И. Курдюмов, Н. П. Аюгин [и др.] // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2023. – Т. 19, № 12(228). – С. 538-542.

5. Жиганов, В.И. Основы сварочного производства / В.И. Жиганов, С.А. Яковлев, О.Н. Лукьянчиков // Учеб. пособие - Ульяновск, ГСХА, 2003.- 88 с.

6. Методы неразрушающего контроля материалов / Д. Е. Молочников, Р. Ш. Халимов, С. А. Яковлев [и др.] // Теория и практика современной аграрной науки: Сборник IV национальной (всероссийской) научной конференции с международным участием, Новосибирск, 26 февраля 2021 года / Новосибирский ГАУ. – Новосибирск: Издательский центр Новосибирского государственного аграрного университета "Золотой колос", 2021. – С. 521-524.

7. Яковлев, С. А. Влияние количества волнорезов на жесткость цилиндрических емкостей для перевозки нефтепродуктов / С. А. Яковлев, Д. А. Сытова, Н. Г. Макаров // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2016. – № 9(143). – С. 164-168.

8. Яковлев, С. А. Повышение циклической прочности деталей / С. А. Яковлев // СТИН. – 2003. – № 4. – С. 27-32.

## INFLUENCE OF NITROGEN ON STEEL PROPERTIES

**Frolov D.M.**

**Scientific supervisor - Yakovlev S.A.**

**Ulyanovsk SAU**

**Keywords:** *steel, nitrogen, technology, properties, strength.*

*The article found that dosed nitrogen content promotes the formation of solid phases, increasing the overall resistance of the material to various influences. This in turn ensures high performance properties of machine parts.*