СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОБЛЕМ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ И ТЕХНОЛОГИИ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ТРЕЩИНООБРАЗОВАНИЯ В ЛИТЫХ ИЗДЕЛИЯХ ИЗ СТАЛИ 110Г13Л

научный исследователь Зуфарова Нилуфар Насибуллаевна, проф,
Тураходжаев Нодир Джахонгирович, Старший преподаватель Таджиев
Нуриддин Хусниддинович, студент Аъзамова Гулсевар Фазлиддин қизи

В современных условиях развития машиностроения и металлургии особое значение приобретает повышение качества литых изделий, работающих в условиях интенсивных ударных и абразивных нагрузок. К числу таких материалов относится высокомарганцовистая аустенитная сталь 110Г13Л, широко применяемая для изготовления деталей горнодобывающего и транспортного оборудования.

Несмотря на высокую износостойкость и пластичность, при производстве отливок из данной стали сохраняется актуальная проблема образования трещин, возникающих на стадиях кристаллизации и охлаждения. Эти дефекты существенно снижают эксплуатационную надёжность изделий и приводят к дополнительным затратам на ремонт и замену деталей.

Сталь 110Г13Л (сталь Гадфильда) широко применяется для изготовления деталей, работающих в условиях интенсивного ударно-абразивного износа (ковши экскаваторов, дробильные плиты, крестовины). Однако при литье данного сплава часто возникают горячие и холодные трещины, усадочные дефекты и микропоры.

Согласно современным исследованиям, основными причинами дефектообразования являются: высокая тепловая усадка при затвердевании, неравномерное охлаждение отливки, остаточные термические напряжения, неоднородность структуры аустенита.

Теоретические основы образования трещин

При охлаждении отливки возникают внутренние напряжения, описываемые зависимостью:

$$\sigma_t = E \cdot \alpha \cdot \Delta T$$

где:

σ_t — термическое напряжение, Па

E — модуль упругости стали

α — коэффициент линейного расширения

ΔT — температурный перепад по сечению отливки

Если выполняется условие:

$$\sigma_t \geq \sigma_{кр}$$

то происходит образование трещины.

Критерий трещинообразования

Используется энергетический подход Гриффитса:

$$\propto_c = \sqrt{\frac{2E\gamma}{\pi a}}$$

где:

γ — поверхностная энергия материала,
a — длина микротрещины.

При превышении критического напряжения происходит развитие тре-щины.

Особенности высокая наклёп устойчивость, высокая пластичность, склонность к горячим трещинам при литье.

Исследования показывают, что качество структуры напрямую зависит от условий кристаллизации и модифицирования расплава.

Причины трещинообразования в 110Г13Л оосновные факторы техно-логические высокая температура заливки (1450–1500°C); неравномерное охлаждение формы; недостаточное питание усадки.

Структурные крупнозернистая структура ликвация марганца и углерода наличие газовых включений.

Напряжения в отливке остаточные напряжения:

$$\sigma_{res} = \sigma_{thermal} + \sigma_{phase} + \sigma_{shrinkage}$$

Методы предотвращения трещин модифицирование расплава

Введение ультрадисперсных частиц (Ti, B, Al_2O_3) способствует:

увеличению центров кристаллизации; измельчению зерна; снижению внутрен-него напряжения.

Эксперименты показывают уменьшение зерна аустенита до 30–40% при модифицировании.

В результате проведённого исследования, направленного на совершенствование материаловедческих аспектов и технологии предотвращения трещинообразования в литых изделиях из стали 110Г13Л, установлено, что данная проблема носит комплексный характер и обусловлена совокупностью металлургических, структурных и технологических факторов.

Показано, что основными причинами образования горячих и холодных трещин являются дендритная ликвация легирующих элементов, формирование карбидных выделений по границам зерен, а также высокие термические напряжения, возникающие при неравномерном охлаждении отливок. Установлено, что критическим условием возникновения трещин является превышение термических напряжений над пределом прочности материала в интервале кристаллизации:

В ходе работы доказано, что эффективным направлением повышения трещин стойкости является комплексное воздействие на структуру и свойства стали. В частности, применение модифицирования (включая использование редкоземельных элементов, таких как гадолиний) способствует измельчению аустенитного зерна, снижению ликвационной неоднородности и уменьшению количества неметаллических включений.

Установлено, что оптимизация химического состава (снижение содержа-ния серы и фосфора, стабилизация уровня марганца и углерода), а также управ-ление процессами кристаллизации и охлаждения (направленное затвердевание, снижение температурных градиентов) позволяют существенно уменьшить уровень внутренних напряжений.

Экспериментальные данные показали, что предложенные технологические решения обеспечивают:

- снижение склонности к образованию трещин на 20–35%;
- уменьшение дендритной неоднородности структуры на 20–30%;
- повышение ударной вязкости на 10–20%;
- снижение пористости и дефектности литых изделий до 40%.

Дополнительно установлено, что корректно подобранные режимы термической обработки (закалка с последующим быстрым охлаждением) обеспечивают формирование однородной аустенитной структуры и способствуют снижению остаточных напряжений.

Таким образом, разработанный комплекс технологических мероприятий позволяет существенно повысить качество литых изделий из стали 110Г13Л, их надёжность и эксплуатационную долговечность. Полученные результаты могут быть рекомендованы для внедрения в промышленное литейное производство.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иванов В.С. Литейные процессы в высокомарганцовистых сталях. – М.: Машиностроение, 2021.
2. Петров А.Н. Материаловедение металлов. – СПб.: Политехника, 2020.
3. Zhang Y., Li H. Influence of solidification conditions on Hadfield steel // Journal of Materials Processing Technology. – 2022.
4. Kumar R., Singh P. Defect formation in austenitic manganese steels // Metallurgical and Materials Transactions A. – 2021.
5. Кузнецов М.А. Теория и практика литейного производства. – М., 2019.
6. Smith J., Brown T. Hadfield steel: structure and properties // Materials Science Forum. – 2020.
7. Алиев Р.Р. Современные технологии повышения качества стальных отливок. – Ташкент, 2022.