

Освоение крупногабаритных литых 20ГМЛ для деталей трубопроводной

Тарасьев Ю. И., Семенова Е. С., ЗАО «НПФ «ЦКБА»,
Колпишон Э. Ю., Назаратин В. В., ОАО НПО «ЦНИИТМАШ»,
Малыхина О. Ю., Насоновская Л. Б., Научно-исследовательский центр ООО «ТК «ОМЗ-Ижора»

В 2010–2011 гг. ЗАО «НПФ «ЦКБА» на производственной базе ОАО «Ижорские заводы» и ООО «ОМЗ-Литейное производство» группы компаний ОАО «ОМЗ» проведена работа по освоению изготовления крупногабаритных корпусных деталей (корпус, днище, крышка) задвижки шиберной DN 1000 PN 8,0 методом литья. Одновременно проведена научно-исследовательская работа, направленная на совершенствование технологического процесса изготовления крупногабаритных литых деталей. Для научно-технического сопровождения были привлечены ОАО НПО «ЦНИИТМАШ» и Научно-исследовательского центра (НИЦ) ООО «ТК «ОМЗ-Ижора».



Рис. 1. Детали «Задвижки шиберной» DN 1000 PN 8,0 для магистральных нефтепроводов ОАО «Транснефть»: 1 — корпус; 2 — днище; 3 — крышка.

Для изготовления была выбрана низколегированная сталь 20ГМЛ со специальными свойствами, обуславливающими возможность эксплуатации деталей в районах с минимальной климатической температурой до минус 60 °С. Химический состав стали 20ГМЛ представлен в таблице 1.

Имеющийся производственный опыт ООО «ОМЗ-Литейное производство», основанный на изготовлении крупногабаритных отливок из стали 20ГМЛ с аналогичными требованиями по уровню механических свойств ($\sigma_B \geq 480$ МПа, $\sigma_{0,2} \geq 300$ МПа, $\delta \geq 22$ %, $\psi \geq 30$ %, KCV-60 $\geq 24,5$ Дж/см²), показал, что обеспечение хладостойкости металла до температуры минус 60 °С достигается применением модифицирования стали редкоземельными

элементами и термической обработкой, состоящей из двукратной аустенитизации и высокого отпуска.

На рисунке 2 показано, что применение модифицирования позволяет увеличить долю отливок, годных по результатам механических испытаний с первого предъявления (т. е. не требующих переиспытаний и повторной термообработки), с 28 % до 77 %.

Термическая обработка отливок включала нормализацию и закалку в воде от температуры 910 — 930 °С и отпуск при температуре 600 — 650 °С с охлаждением в воде. В результате двукратной аустенитизации металл приобрел мелкозернистую микроструктуру, состоящую из участков с феррито-перлитной структурой и участков с сорбитообразной структурой, где количество последней в основном составляло — 40 % (рисунок 3). Величина зерна феррита соответствует номеру G8 — G10 шкалы ГОСТ 5639-82, отдельные зерна на участках с сорбитообразной структурой не крупнее номера G5.

Также было установлено, что для обеспечения требуемого значения ударной вязкости следует ограничить содержание вредных примесей мышьяка, олова и сурьмы (не более 0,010 % каждого). Содержание алюминия не должно превышать 0,050 %, превышение этого значения способствует выделению нитридов алюминия в виде плен по границам зерен, которые значительно охрупчивают металл (рисунок 4).

Также было установлено, что для обеспечения требуемого значения ударной вязкости следует ограничить содержание вредных примесей мышьяка, олова и сурьмы (не более 0,010 % каждого). Содержание алюминия не должно превышать 0,050 %, превышение этого значения способствует выделению нитридов алюминия в виде плен по границам зерен, которые значительно охрупчивают металл (рисунок 4).

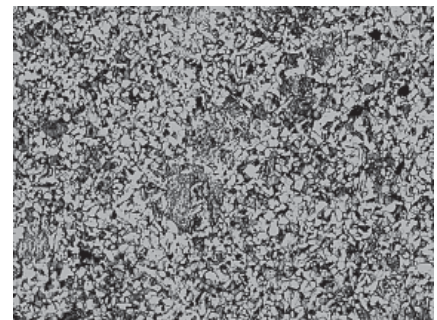


Рис. 3. Типичная микроструктура металла отливок из стали 20ГМЛ, $\times 100$

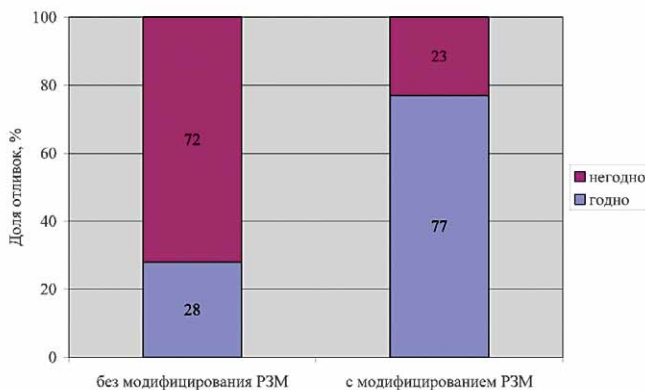


Рис. 2. Влияние модифицирования P3M на результаты механических испытаний после первого предъявления металла отливок из стали 20ГМЛ

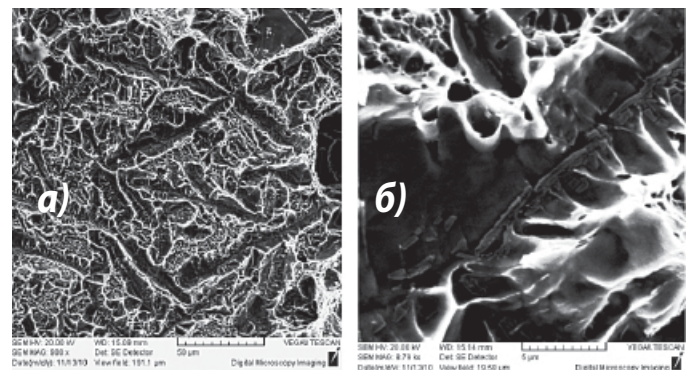


Рис. 4. Выделения нитридов алюминия в виде плен по границам зерен, фото при увеличениях $\times 1000$ (а) и $\times 9000$ (б)

Табл. 1. Требования к химическому составу стали 20ГМЛ, массовая доля элементов, %

| C | Mn | Si | Ni | Mo | Al | P | S | Cu | Cr | As | Sn | Sb |
|-----------|---------|---------|-----------|-----------|-------------|-------|-------|------|----------|-------|-------|-------|
| 0,09-0,12 | 0,9-1,1 | 0,4-0,6 | 0,30-0,50 | 0,15-0,25 | 0,015-0,050 | 0,018 | 0,015 | 0,30 | не более | 0,010 | 0,005 | 0,005 |

деталей из стали арматуры

В результате реализации указанных технологических операций был обеспечен требуемый комплекс механических свойств металла отливок деталей задвижки шибера.

Методы неразрушающего контроля металла отливок, объем контроля и нормы оценки были назначены в соответствии со специально разработанными техническими требованиями, которые были сформированы с учетом требований нормативных документов ОАО «АК «Транснефть». Изначально для оценки качества отливок деталей были приняты нормы оценки согласно ПНАЭ Г-7-025-90.

Разработанные требования послужили основой для создания ЗАО «НПФ «ЦКБА» «Программы и методики неразрушающего контроля крупногабаритных литых деталей арматуры магистральных нефтепроводов», которая в настоящее время находится на утверждении в ОАО «АК «Транснефть».

Проведенные в НИЦ исследования металла корпуса и днища показали, что наиболее корректные результаты, отражающие фактическое качество металла отливок по внутренним дефектам, получены методом УЗК.

В частности, контроль методом РГК мест фрезеровки прибылей показал наличие в металле днища множественных дефектов, классифицированных как скопления несплошностей, трещины, шлаковые включения. Контроль методом УЗК мест фрезеровки прибылей с чувствительностью $S_0=15$ мм² и максимально допустимым размером индикаций $S_{max}=30$ мм² показал либо отсутствие фиксируемых несплошностей, либо наличие единичных несплошностей с размером менее максимально допустимого.

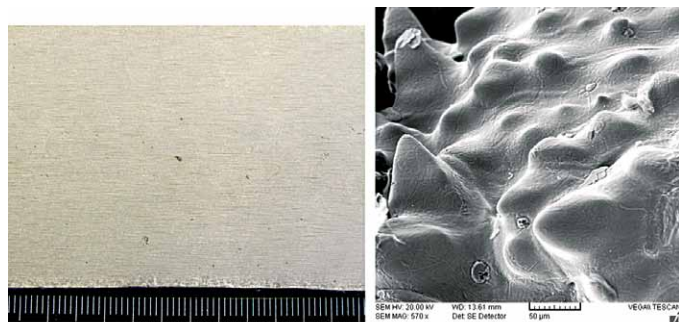


Рис. 5. Усадочная несплошность, классифицированная по данным РГК как трещина:
а) макроструктура металла с точечной несплошностью (показана стрелкой);
б) поверхность несплошности; видны дендритные узлы.

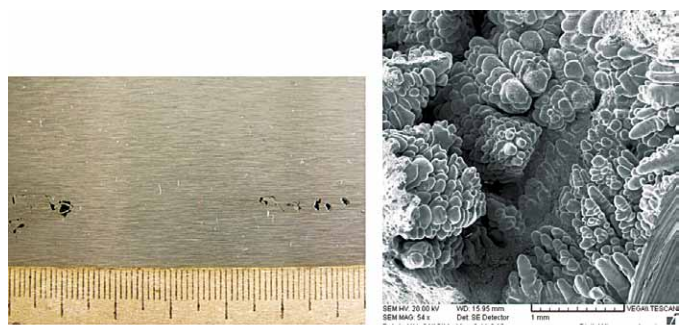


Рис. 6. Группы усадочных несплошностей, выявленные УЗК как фиксируемые индикации:
а) макроструктура металла с группами несплошностей (показана стрелками);
б) поверхность несплошностей; видны дендритные узлы.

Исследование металла трепанов, отобранных из детали Днище, в зоне расположения трещины по данным РГК и в зоне расположения фиксируемых несплошностей по данным УЗК показало следующее:

- дефект типа трещины, выявленный РГК, не подтверждается УЗК, исследованиями макро- и микроструктуры и фрактографическим исследованием. За трещину была принята цепочка точечных усадочных несплошностей диаметром ~ 0,9 мм протяженностью ~ 25 мм (рисунок 5);

- индикации, выявленные УЗК, являются группами усадочных несплошностей (рисунок 6). Размеры групп несплошностей близки к значению эквивалентной площади соответствующих индикаций УЗК. Трещин и крупных неметаллических включений в металле не выявлено.

Полученные данные свидетельствуют о корректности метода УЗК, в части контроля дефектности подобных отливок, а также о том, что РГК не вполне отражает фактическую дефектность отливки, не позволяя достоверно классифицировать выявленные дефекты. В связи с этим было рекомендовано рассмотреть целесообразность РГК мест фрезеровки прибылей с нормами оценки согласно ПНАЭ Г-7-025-90.

В результате контроля методом МПД корпуса в местах радиусных переходов R150 и R100 были выявлены недопустимые «линейные индикации длиной до 5 мм в виде сетки». Установлено, что эти индикации связаны с особенностями структуры поверхностной зоны литой заготовки и не связаны с наличием в металле несплошностей типа крупных неметаллических включений, газовых и усадочных несплошностей, а также трещин. В итоге, подобный дефект был исключен из браковочных признаков.

На основании сделанных выводов ЗАО «НПФ «ЦКБА» выполнило оптимизацию объемов методов контроля с внесением соответствующих изменений в разрабатываемую «Программу и методику неразрушающего контроля литых деталей трубопроводной арматуры».

Таким образом, неразрушающий контроль методами УЗК и МПД надежно выявил литейные дефекты в осевой и подповерхностной зонах отливок корпуса и днища, что позволило откорректировать как геометрию деталей, так и технологию литья. Для улучшения проливаемости и условий застывания металла изменены литейные радиусы и уклоны крестовины корпуса. Рассмотрен штампосварной вариант изготовления днища. ОАО НПО «ЦНИИТМАШ» разработаны рекомендации по методам заливки отливок и по выбору формовочных смесей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате изготовления опытного образца задвижки шибера DN 1000 PN 8,0 был выявлен ряд недостатков конструкции и технологии изготовления крупногабаритных литых деталей, оказывающих влияние на качество металла. Разработаны рекомендации по улучшению конструкции деталей для повышения проливаемости и равномерности застывания металла. С учетом полученных рекомендаций выполнена корректировка технической и конструкторской документации на крупногабаритные литые детали запорной арматуры для магистральных нефтепроводов ОАО АК «Транснефть» и оптимизация технологии их изготовления, а также объемов и методов неразрушающего контроля. Внесенные изменения позволяют существенно улучшить качество литого металла.

Полученные результаты свидетельствуют об успешном освоении предприятиями Ижорской промышленной площадки ОАО «ОМЗ» производства крупногабаритных литых заготовок корпусов задвижек для магистральных нефтепроводов.

Санкт-Петербург, февраль 2012 года