

УДК 621.516+621.791: 620.4

И.И. КРЮКОВ¹, С.А. ЛЕОНТЬЕВ², Р.Ш. АТАЯН³, А.В. МОШНИКОВ¹

¹ОАО «НПО по исследованию и проектированию энергетического оборудования им.И.И. Ползунова», Санкт-Петербург, Россия

²ОАО «Силловые машины» «ЛМЗ», Санкт-Петербургский филиал, Россия

³ДАО «ОРГЭНЕРГОГАЗ», Санкт-Петербург, Россия

ТЕХНИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА И ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЙ РЕМОНТ НАГНЕТАТЕЛЕЙ ПРИРОДНОГО ГАЗА

В настоящее время наработка стационарных газовых турбин на магистральных газопроводах в большинстве случаев превышает 100000 ч. Проблема продления их ресурса становится актуальной. Рассматриваются вопросы, связанные с применением неразрушающих методов контроля при восстановительном ремонте литых корпусов нагнетателей природного газа, эксплуатирующихся на магистральных газопроводах. Проведен анализ характерных повреждений. Рассмотрены особенности качественного ремонта корпусов с особо крупными дефектами в условиях компрессорных станций. При ремонте корпусов нагнетателей методом электросварки необходимо проведение проковки валиков сварных слоев с помощью электромолотка. Это необходимо для снятия остаточных сварочных напряжений.

корпус нагнетателя, диагностика, структура металла, продление ресурса, восстановительный ремонт, заварка, проковка

Введение

В настоящее время наработка стационарных ГТУ с нагнетателями природного газа, эксплуатирующихся на магистральных газопроводах, в большинстве случаев превышает 100000ч. И проблема продления их ресурса становится актуальной.

Центробежный нагнетатель (ЦБН) представляет собой корпус, в котором газ перемещается через рабочее колесо от центра к периферии, основными несущими элементами которого являются цилиндрический корпус и торцевая крышка, и предназначен для сжатия природного газа до определенного давления и дальнейшего транспортирования по сети магистрального газопровода.

Корпуса нагнетателей природного газа типа Н-370, Н-235, Н-300 и др. производства НЗЛ и ТМЗ изготавливаются из сталей 25Л, 20ГСЛ методом литья. Сложная геометрия отливки и большой объем металла отливок корпусов (до 12-20 т) делают технически сложной задачу обеспечения высокого качества и бездефектности отливок корпусов [1 – 3].

В настоящей работе рассматриваются вопросы

обеспечения надежности выявления опасных дефектов в корпусах нагнетателей природного газа методами неразрушающего контроля (НК) и проведения их качественного восстановительного ремонта в условиях компрессорных станций.

Анализ характерных дефектов

В результате обследования технического состояния корпусов более 300 нагнетателей природного газа на компрессорных станциях ОАО "Газпром" неразрушающими методами контроля (визуальный контроль, цветная дефектоскопия, магнитопорошковая дефектоскопия, травление, измерение твердости и др.) и статистической обработки полученных результатов был выявлен ряд характерных дефектов, отличающихся лишь количеством, природой и степенью развития [2].

Часть этих дефектов появляется в процессе сборочно-разборочных работ. Другая часть дефектов проявляется в условиях эксплуатации, причем имеется вероятность подрастания и увеличения дефек-

тов типа трещин. Они подразделяются на допустимые, недопустимые ремонтпригодные и недопустимые неремонтпригодные. Первые две группы составляют большую часть выявленных дефектов.

При обследовании корпусов нагнетателей выявляется относительно небольшое количество (около 3-5%) допустимых ударно-механических дефектов типа забоин и других мелких поверхностных дефектов, легко устранимых механической зачисткой без существенного отклонения от установленных геометрических размеров. Остальные дефекты любых размеров устраняются методами сварки в соответствии с «Инструкцией по ремонту нагнетателей природного газа (Н-280, Н-370, Н-260, Н-520, Н-235, Н-650) производства ПО "Невский завод" в условиях компрессорных станций магистральных газопроводов ОАО "Газпром"», 2003г.

Наиболее опасными с точки зрения прочности и надежности нагнетателей типа Н-370-18-1, Н-300-1 и др. являются трещины в районе радиусного перехода от цилиндрического участка поверхности корпуса к поверхности торцевой стенки и ориентированные как в окружном, так и в осевом направлении, а также трещины, расположенные в районе сопряжения нагнетательного и всасывающего патрубков с цилиндрическим участком.

Эти дефекты связаны с технологическими (литейными) проблемами при изготовлении и могут достигать очень больших размеров (от десятков до сотен мм). Они подразделяются [3]:

- **усадочные раковины и рыхлоты** - часто образуются в процессе кристаллизации жидкого металла;
- **газовая пористость** – возникает в результате выделения газов, растворившихся в процессе плавки;
- **«горячие» трещины** - появляются в процессе затвердевания легированных сплавов, кристаллизующихся в значительном интервале температур. При разрушении непрочного «скелета» первичных кристаллов по границам зерен и образуются горячие трещины с сильно окисленной поверхностью;

– **«холодные» трещины** - образуются в отливке после затвердевания металла. Их появление связано с тем, что по мере дальнейшего охлаждения отливки внутри металла возникают знакопеременные напряжения различной величины в результате взаимодействия поверхностных и глубинных слоев, стремящихся к расширению или сжатию.

Поэтому нередко в таких зонах корпусных элементов нагнетателей, как подприбыльные места отливок, массивные узлы, переходы от больших толщин к малым, которые не имеют достаточного питания и где возникают большие напряжения при затвердевании, при неразрушающем контроле обнаруживаются дефекты металла с рыхлотами, повышенной пористостью и трещинами самых разных размеров [2].

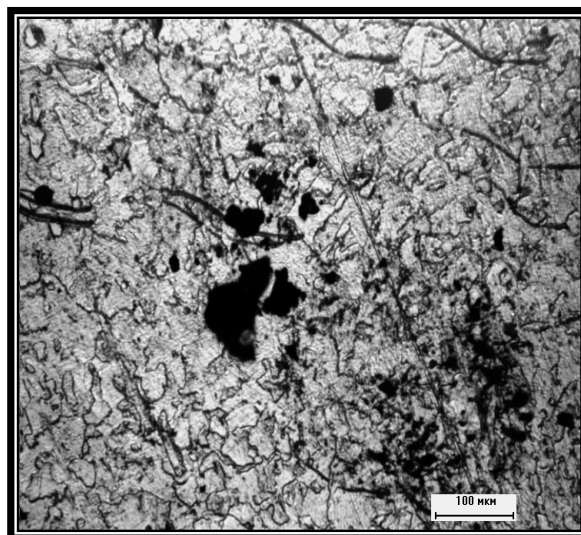


Рис. 1. Микроструктура металла корпуса нагнетателя Н-370-18-1 в районе трещины

На рис.1 приведена микроструктура металла нагнетателя Н-370-18-1 из стали 20ГСЛ, полученная в районе трещины. Видны литейные раковины черного цвета размером 5-120 мкм.

2. Неразрушающий контроль

На основании накопленного опыта диагностики в местах, где наиболее часто образуются дефекты, проводят контроль различными неразрушающими

методами (визуальный контроль, цветная дефектоскопия, магнитопорошковая дефектоскопия и др.).

На рис. 2 приведена обнаруженная при обследовании в ООО «Тюментрансгаз» трещина длиной 45 мм, расположенная на внутренней поверхности всасывающего патрубка в районе отверстий под крепежные шпильки. В этих местах дефекты могут образовываться из-за двух причин. Во-первых, из-за утонения стенок корпуса при механической обработке отверстий на заводе, когда при подаче резца в этих местах не учитывается реальная толщина. В результате толщина стенки корпуса в районе шпилечных отверстий становится меньше допустимой. А проводимые на стенде завода-изготовителя гидротестирования не всегда позволяют выявить это утонение. Во-вторых, внутренние микроскопические дефекты литья (поры и рыхлоты) в процессе длительной эксплуатации под воздействием знакопеременных нагрузок (пуски - остановки) развиваются, превращаясь в трещины, которые в зависимости от различных факторов могут и не иметь выхода на поверхность.

Трещина (рис. 2) не была сразу обнаружена при применении капиллярной цветной дефектоскопии (ЦД). Однако с помощью магнитопорошковой дефектоскопии (МПД) эта подповерхностная трещина была зафиксирована.

Значит, комплексное применение неразрушающих методов контроля повышает надежность выявления опасных дефектов.



Рис. 2. Индикаторный след подповерхностной трещины, обнаруженной методом МПД в корпусе нагнетателя Н-370-18-1

На месте обнаруженной трещины длиной 45 мм при механической выборке поврежденного металла размер дефектной зоны составил: длина 210 мм, ширина 50 мм и глубина 35 мм.

Это говорит о том, что нередко ремонтные участки с небольшими трещинами или порами на поверхности при ремонтной разделке под заварку увеличиваются многократно как по площади, так и по глубине (вплоть до сквозной прорезки) [2].

Восстановительный ремонт

На первом этапе восстановительного ремонта осуществляют выборку поврежденного металла шлифмашинкой с абразивными кругами толщиной 3-6 мм с целью полного удаления дефекта и подготовки поверхности под сварку. Для дефектов особо крупных размеров допускается при разделке применение газовой и дуговой строжки с последующей абразивной обработкой внутренней полости выборки до полного удаления зоны термического влияния (не менее 4 мм).

На втором этапе проводят заварку ремонтного участка корпуса в следующей последовательности:

- нагрев газовой горелкой ремонтного участка до температуры 150-200⁰С с постоянным контролем нагрева термопирометрами;
- непрерывная наплавка ручным электродуговым способом, постоянная зачистка поверхности валиков от шлака, брызг и абразивной пыли при многослойной наплавке;
- укрытие теплоизолирующими материалами ремонтного участка после окончания заварки;
- снятие усиления наплавки механической зачисткой после полного остывания.

Но кроме этого, для снятия остаточных сварочных напряжений, при заполнении выборки применяют способ существенного их уменьшения (в 2 - 2,5 раза), без снижения механических характеристик наплавленного металла, заключающийся в проковке каждого последующего валика на-

плавленного слоя механическим электромолотком с зубилом [2, 4], за исключением облицовочного и покрывающего слоев.

Ремонтно-восстановительные работы по ремонту корпусов нагнетателей Н-370-18-1 с особо крупными дефектами были успешно проведены в ООО «Баштрансгаз» и ООО «Уралтрансгаз» [2].

В первом случае ремонт по новой технологии проводился после двух предыдущих неудачных. При этом ремонтная выборка составила: максимальная длина 420 мм, ширина 110 мм и глубина ~80 мм. Место расположения несквозного дефекта - выборка снаружи: на корпусе справа между верхней частью передней лапы и сопряжением корпуса с нагнетательным патрубком; толщина невыбранного металла приблизительно была равна 4-5мм.

Во втором случае – ремонтная сквозная выборка: максимальная длина 450 мм, ширина 200 мм и глубина ~100 мм, со сквозным отверстием размером 50x180 мм. Место расположения дефекта - выборка снаружи: - на корпусе слева между фланцем и радиусным приливом корпуса ЦБН к всасывающему патрубку; выборка изнутри: левее и чуть выше верхней части всасывающего патрубка (между патрубком и фланцем) с захватом оснований 2-х отверстий под крепежные шпильки.

Весь процесс непрерывной ремонтной заварки с проковкой перечисленных корпусов достигал 20-26 часов при участии двух-трех сварщиков и двух-трех слесарей, не считая времени выборки дефектного металла на первом этапе.

После завершения заварки обеспечивалось замедленное остывание металла с помощью укутывания его теплоизолирующим материалом (скорость охлаждения не должна превышать 30⁰С/мин). После полного охлаждения покрывающий слой шлифовывался. Восстанавливались геометрические размеры корпуса. Осуществлялся контроль на отсутствие трещин на отремонтированных участках методом ЦД.

Проведенная после ремонта опрессовка корпусов нагнетателей рабочим давлением не выявила никаких дефектов заваренного участка.

Ресурс отремонтированных корпусов нагнетателей был продлен на 25000 часов. При этом необходимо постоянное наблюдение за состоянием отремонтированного участка корпуса методами НК.

Выводы

Для надежного выявления дефектов в корпусах нагнетателей природного газа необходима комплексная диагностика различными методами НК.

При проведении ремонтно-восстановительных работ корпусов с дефектами большого размера методом заварки необходимо проведение проковки валиков сварных слоев для снятия остаточных сварочных напряжений.

Литература

1. Егоров И.Ф., Калинин Н.А., Чернышев В.И. Прочность корпусов нагнетателей природного газа // Труды ЦКТИ. – 2002. – Вып. 286. – С. 223-229.
2. Гонсеровский Ф.Г., Платонов В.С., Крюков И.И., Калинин Н.А., Станюкович Б.А., Чуров В.П. Восстановительный ремонт корпусов нагнетателей природного газа // Наука и техника в газовой промышленности. – 2005. – № 4. – С. 59-61.
3. Металлография железа. Т. I. Основы металлографии (с атласом микрофотографий) / Под ред. Ф.Н. Тавадзе. – М.: Металлургия, 1972. – 240 с.
4. Гонсеровский Ф.Г. Влияние послыной проковки на качество металла аустенитных швов // Автоматическая сварка. – 1959. – № 9. – С. 81-87.

Поступила в редакцию 30.05.2008

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Л.Б. Гецов, ОАО «НПО по исследованию и проектированию энергетического оборудования им. И.И. Ползунова», Санкт-Петербург.