

УДК 621.74.015

Чигарев В. В., Рассохин Д. А., Лоза А. В.**РАЗРАБОТКА И ПРИМЕНЕНИЕ СПОСОБА ЛОКАЛЬНОГО УПРОЧНЕНИЯ ЛИТЫХ ДЕТАЛЕЙ**

Легирование металлов является одним из методов изменения их структуры и свойств, а также защиты от износа и окисления. В современных условиях хозяйствования развитие данного направления сдерживается по причине высокой стоимости легирующих элементов. Решение данной проблемы возможно путем применения локального легирования отдельных участков изделия, на которых при эксплуатации могут возникать наибольшие нагрузки.

Авторами статьи выполнена работа по обобщению способов упрочнения литых деталей металлургического оборудования, а так же способов повышения качества литого металла [1, 2]. Научно-практические аспекты исследований о влиянии легирования на литую структуру изделий из черных металлов рассмотрены в научных работах отечественных и зарубежных исследователей. Значительный вклад в решение данной проблемы внесли Г. Ф. Баландин, В. А. Белевитин, С. И. Переборщиков, А. Н. Хабаров, О. В. Мартынов, Е. И. Астров, Ю. И. Комаров, М. И. Логанов, Г. М. Ицкович, Г. Г. Крушенко, С. В. Видов [3, 4]. По мнению ученых, решение данного вопроса применительно к изделиям производственного назначения, включает следующие аспекты:

- выбор оптимального соотношения основных легирующих элементов;
- обеспечение заданного фазово-структурного состава стали и чугуна;
- выбор экономически обоснованного варианта применения легирующих компонентов.

Основная цель улучшения структуры металла изделий промышленного назначения – придание ему таких служебных свойств и характеристик, которые обеспечивают наибольший срок эксплуатации и минимальные затраты на проведение ремонта. Поэтому легирование изделия в целом или отдельных его частей направлено на эффективное функционирование производства с минимальными затратами.

Целью работы является обоснование выбора метода локального легирования, как наиболее экономичное направление совершенствования промышленной технологии изготовления деталей из черных металлов, на основе анализа существующих методов улучшения служебных свойств отливок легированием.

В металлургии и связанной с ней отраслях промышленности применяются детали, работающие в условиях высоких температур и значениях механических нагрузок. Анализ результатов исследований микро- и макроструктуры деталей после их разрушения показывает, что разрушение детали практически всегда начинается с ее поверхности. При этом, несмотря на различные причины разрушения детали, структура и свойства поверхностных слоев в значительной степени влияют на работоспособность и общий ресурс работы всего изделия. Особенно сильно данный факт проявляется для деталей, работающих в условиях высоких температур, когда структура детали в поверхностных слоях с течением времени изменяется. Одной из таких деталей является чаша доменного шлаковоза.

Чаша доменного шлаковоза в процессе эксплуатации наполняется расплавленным шлаком, температура которого может достигать 1600°C. После наполнения шлаком происходит интенсивное распространение тепла по всему сечению чаши. Это объясняется значительной продолжительностью действия и мощностью источника тепла. Корпус чаши имеет на различных уровнях высоты не одинаковую толщину. Под влиянием неравномерного распространения тепла в корпусе возникают различные по величине и знаку напряжения. Известно, что неравномерность распространения тепла значительно усиливается в деталях, не симметричных по отношению к центру их массы, в массивных деталях, а также сложной

конфигурации. Такой деталью является и чаша доменного шлаковоза. В случае достижения значений внутренних напряжений в материале выше предела текучести любая стальная деталь начинает пластически деформироваться, что вызывает остаточные напряжения и деформации ее после остывания. Первоначальные размеры конструкции могут изменяться (рис.1).

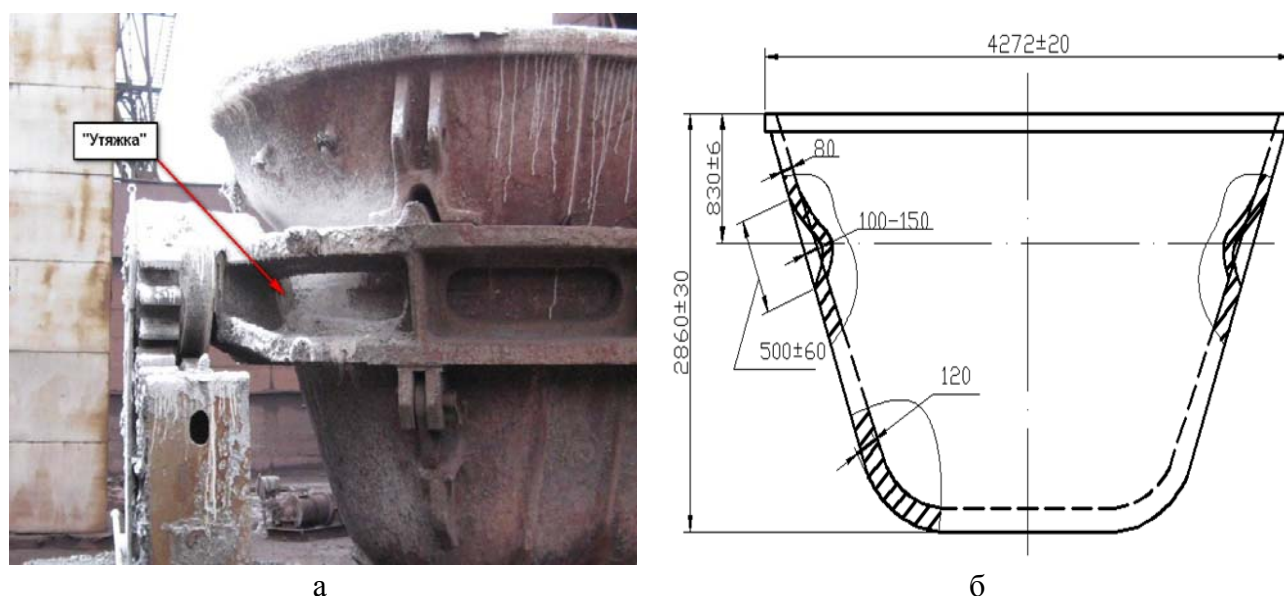


Рис. 1. Чаша доменного шлаковоза с дефектом стенки типа «утяжка»: а – чаша с дефектом; б – эскиз чаши в масштабе 1:20

В случае возникновения значительных температурных перепадов, вызывающих локальные тепловые напряжения, превышающие предел прочности материала, возможна угроза появления микротрещин. Это значительно снижает надежность отдельных узлов и конструкции в целом. При длительной эксплуатации могут возникать остаточные деформации в отдельных элементах шлаковой чаши, которые влияют на её несущую способность. Важнейшей задачей является не только уменьшение уровня термических напряжений в конструкции на этапах технологического процесса изготовления, но и выравнивания его по объему в процессе эксплуатации. Решение этой проблемы возможно различными способами, например за счет применения способа локального легирования.

Значительное место вопросам термических напряжений уделено в работах С. В. Тимошенко, М. И. Янковского, А. С. Филиппова и др. Анализ исследований различных авторов [9, 10] показывает, что в большинстве случаев стойкость деталей падает вследствие влияния температурных напряжений, возникающих в сечении детали. Это необходимо учитывать при проектировании, изготовлении и совершенствовании металлургических деталей и узлов ответственного назначения. Авторами статьи выполнено математическое моделирование методом конечных элементов процесса эксплуатации чаши доменного шлаковоза (рис. 2). Методом конечных элементов были выявлены наиболее нагруженные участки чаши.

Для проведения экспериментального локального упрочнения был разработан порошковый наполнитель с заданным химическим составом. Основным легирующим элементом выбран феррованадий.

Положительное влияние ванадия на механические свойства и надежность стальных отливок общеизвестно. Стали, модифицированные ванадием, отличаются мелкозернистой структурой, однородностью химического состава и высоких механических свойств. Модифицирование стали ванадием приводит к повышению σ_b и σ_s при сохранении удовлетворительных δ и ψ . Положительное влияние ванадия проявляется в образовании карбонитридных

и нитридных соединений с измельчением зерна, удалении свободного азота из твердого раствора, в повышении температуры начала роста зерна аустенита. Это особенно важно для деталей, отливки которых отличаются большой конструктивной разностенностью и подвергаются при эксплуатации значительным знакопеременным нагрузкам.

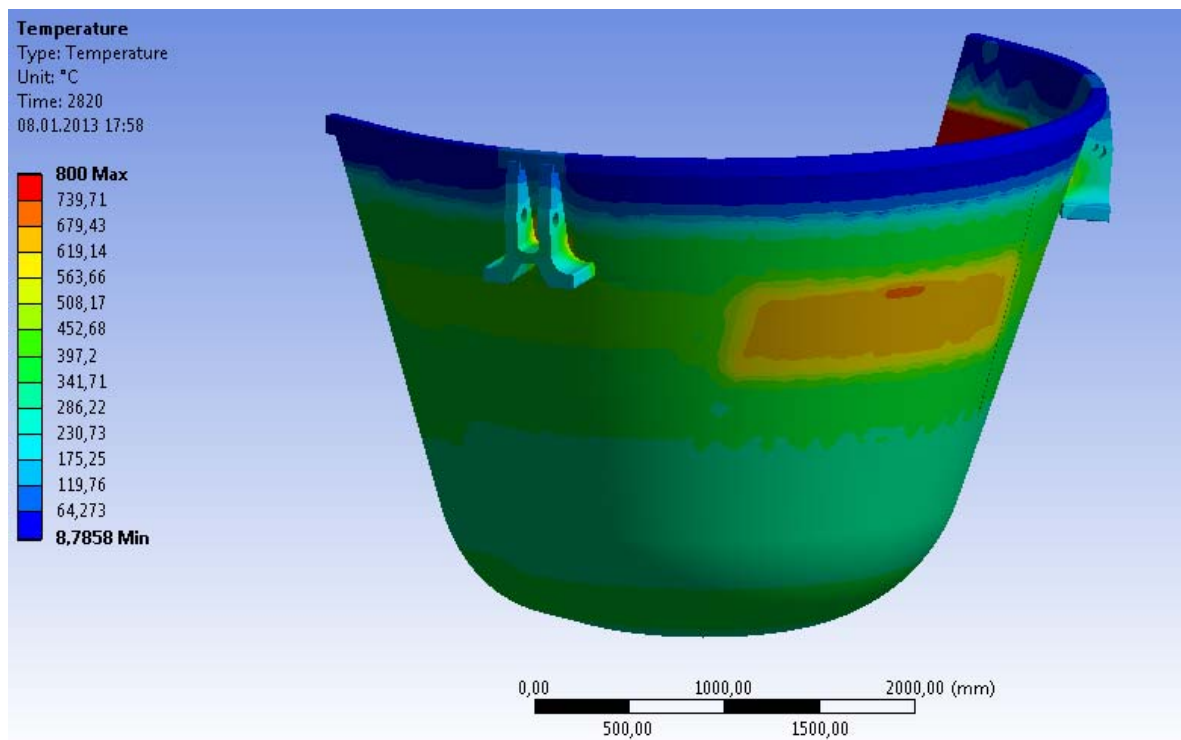


Рис. 2. Решение системы Transient Thermal для чаши доменного шлаковоза в нагруженном состоянии (опорное кольцо условно не показано)

Для подтверждения теоретических данных было проведено опытное легирование стальной отливки порошковыми наполнителями. В отливку было установлено несколько лент с наполнителем в виде феррованадия. Полученные результаты механических испытаний показали высокую эффективность легирования.

Так, твердость образцов увеличилась с 174–192 НВ для сравнительных образцов до 192–223 НВ для легированных. Ударная вязкость повысилась в два раза для отрицательных температур (-20°C) и осталась на прежнем уровне для нормальных условий ($+20^{\circ}\text{C}$). Предел текучести увеличился на 28 %, а предел прочности не изменил своих значений для нормальных условий. Однако наибольший эффект от легирования стальных отливок ванадием следует ожидать при повышенных температурах эксплуатации. Что и подтвердили экспериментальные данные. При температуре испытаний 600°C рост значений предела текучести и предела прочности составил 49 % и 53 % соответственно.

Полученные данные позволяют сделать вывод об эффективности применения локального легирования стальных отливок ванадием эксплуатируемых в условиях высоких температур. Применение локального легирования отливок в местах их наибольшего нагружения позволяет создать изделие с заданными свойствами (с улучшенной структурой и повышенными механическими свойствами). Такой способ воздействия может быть применен при изготовлении отливок, в том числе металлургических чаш, шлаковозов, что обеспечит экономию дорогостоящих сплавов и высокий эффект при эксплуатации литых деталей.

ВЫВОДЫ

1. Легирование изделия в целом или его отдельных частей направлено на увеличение ресурса работы оборудования и обеспечивает эффективное функционирование производства с минимальными затратами.

2. Многообразие способов легирования должно быть использовано не только для исследования свойств и долговечности деталей. Технология их изготовления должна быть переориентирована таким образом, чтобы структура затрат обеспечивала минимальную потребительскую стоимость.

3. Применение локального легирования отливок в местах их наибольшего нагружения позволяет создать изделие с заданными свойствами (с улучшенной структурой и повышенными механическими свойствами).

4. В случае локально легирования участков стального корпуса с минимальным расходом легирующих элементов, могут быть увеличены пределы прочности и текучести до 50% для деталей, работающих в условиях высоких температур.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чигарев В. В. Пути повышения качества металла в крупных стальных отливках / В. В. Чигарев, Д. А. Рассохин, А. В. Лоза // Вестник Донбасской государственной машиностроительной академии : сборник научных трудов. – Краматорск : ДГМА, 2011. – № 1 (22). – С. 255–259.
2. Чигарев В. В. Повышение качества отливок из углеродистых сталей / В. В. Чигарев, Д. А. Рассохин, А. В. Лоза // «Металл и литье Украины». – № 1 (224). – 2012. – С. 23–26.
3. Кондратюк С. Е. О повышении свойств литых сталей / С. Е. Кондратюк // Литейное производство. – 2003. – № 8. – С. 39–41.
4. Ямишинский М. М. Изготовление отливок с дифференцированными свойствами поверхности / М. М. Ямишинский, Г. Е. Федоров, Е. А. Платонов // Металл и литье Украины. – 2004. – № 12. – С. 22–25.
5. Тимошенко С. П. Теория упругости / С. П. Тимошенко. – ОНТИ. : Изд.2. – 1937. – 220 с.
6. Черноиванов В. И. Восстановление деталей машин / В. И. Черноиванов – М. : ГОСНИТИ, – 2003. – 488 с.