Федеральное агентство по образованию и науке РФ

Государственное Образовательное Учреждение Высшего Профессионального Образования

Ижевский Государственный Технический Университет

Кафедра « Производство Машин и Механизмов»

**Курсовая работа**

Тема: «Выбор конструкционного материала и технология его упрочнения для деталей и узлов машин и аппаратов»

Вариант А4

Проверил:

к. т. н., проф. Л. Л. Лукин

Выполнил:

ст-т. гр. 4-57-3 В.В. Зорин

2010г.

**Содержание**

1. Исходные данные по объекту и его характеристика 2
2. Общие требования к материалам РТ 2
3. Выбор группы конст. материалов по I-му уровню требований 4
4. Выбор материалов, удовлетворяющих II-му уровню требований 5
5. Выбор материалов с учётом технологических свойств,

удельной прочности и стоимости материала 7

1. Характеристика стали Н18К9М5Т
   1. Назначение - 11
   2. Химический состав, % по ТУ 14-1-1 531-75 11
   3. Механические свойства после закалки 820С в

зависимости от способа старения 11

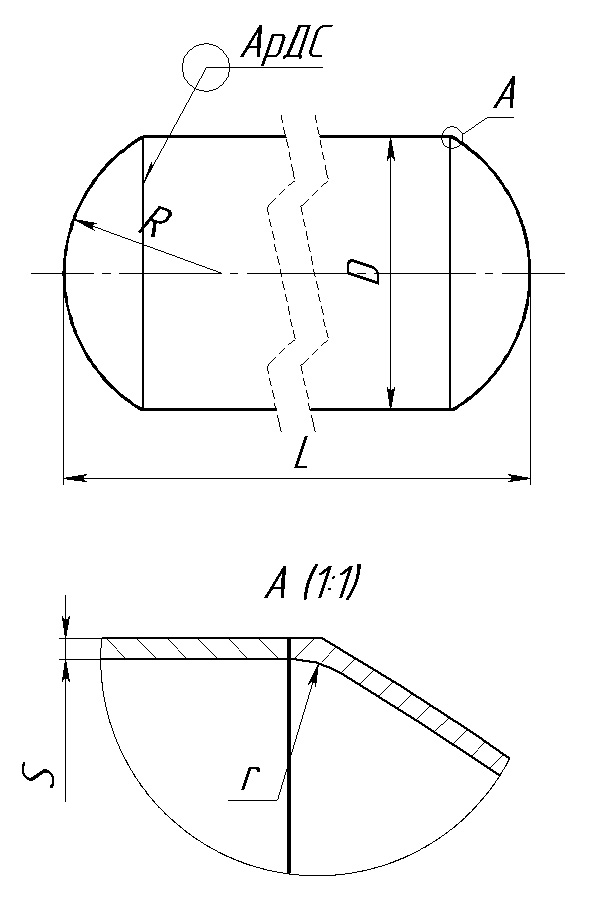
* 1. Коррозионная стойкость 12
  2. Технологические свойства 12

1. Предпосылки снижения массы топливного бака 12
2. Вывод по работе 13
3. Список используемой литературы 13

**Выбор материала для цилиндрического топливного бака (ЦТБ)**

1. Исходные данные по объекту и его характеристика

Цилиндрический топливный бак (далее ЦТБ)



; ; ;

; ; ;

; ; Агрессивная внутренняя среда.

ЦТБ – бак цилиндрический формы, предназначенный для хранения и накопления дизельного топлива, солярки, мазута, масел под давлением до 2-х МПа. Работает в условиях агрессивных сред в диапазоне рабочих температур до , высокой относительной влажности.

Бак выполнен путем сваривания отдельных частей из листового металла толщиной стенки от 1,5 до 3,5 мм. Для обеспечения высокого качества сварного шва (по прочности, герметичности) сварка осуществляется в среде аргона неплавящимся электродом встык.

1. Общие требования к материалам РТ

Из условий эксплуатации следует, что стенки бака испытывают достаточно высокое давление до 20 атмосфер изнутри. В связи с этим важнейшим требованием, предъявляемым к материалу бака, является высокая надёжность материала и сварного шва, гарантирующая надежную работу бака за весь период его эксплуатации.

К материалам ЦТБ предъявляется ряд требований, которые условно можно разделить на 2 категории: основные, определяющие эксплуатационную надёжность изделия, и второстепенные (рекомендуемые), направленные на обеспечение высоких технико-экономических показателей в стадии изготовления и эксплуатации ЦТБ.

Основные требования:

1. Хорошая свариваемость ().
2. Высокая коррозионная стойкость в условиях воздействия агрессивных сред.
3. Высокая конструктивная прочность (высокое значение  при достаточной пластичности, ударной вязкости и низкой чувствительности к концентрации напряжений).

Второстепенные требования:

1. Хорошая деформируемость в холодном состоянии (штампуемость).
2. Высокая удельная прочность ().
3. Низкая стоимость материала (оптовая цена).

3. Формирование группы конструкционных материалов по I-му уровню требований

Для эксплуатации деталей и узлов в условиях нормальных температур (от 20 до 150 °С) подходят любые конструкционные стали, сплавы Mg, Al, Cu, Ti, полимерные и композитные материалы.

Класс неметаллических материалов из дальнейшего рассмотрения исключаем, так как чертежом и ТУ предусмотрено использование металлического материала (аргоновая сварка, малая толщина стенки).

Для работы изделий в условиях воздействия агрессивных сред особое значение может иметь наличие напряжений в материале или наличие следов предшествующей пластической деформации. Эти факторы могут сильно ускорять коррозионное воздействие. В связи с этим появился термин «коррозия под напряжением», указывающий на усиленное воздействие коррозионной среды при наличии внешних нагрузок. Коррозия под напряжением обычно протекает во времени и проявляется в постепенном накоплении признаков разрушения, приводящих к окончательному разрушению детали. В связи с этим особое внимание уделим алюминиевым сплавам.

Алюминиевые сплавы. К ним относятся литейные сплавы (Al – Si), сплавы для литья под давлением (Al – Mg) и самозакаливающиеся сплавы повышенной прочности (Al – Cu). Алюминиевые сплавы экономичны, легкодоступны и легко обрабатываемы (они легко куются, штампуются, пригодны для глубокой вытяжки, волочения, экструдирования (выдавливания), литья, хорошо свариваются и обрабатываются на металлорежущих станках). Механические свойства всех алюминиевых сплавов начинают заметно ухудшаться при температурах выше приблизительно 175° С., но при заданном в условиях температурном режиме, они выполнят свое назначение. Благодаря образованию защитной оксидной пленки они проявляют хорошую коррозионную стойкость в большинстве обычных агрессивных сред, что не требуют дополнительных коррозионно-стойких покрытий на стадии производства. Эти сплавы обладают высокой отражательной способностью, немагнитные, взрывобезопасны (поскольку не дают искр) и хорошо поглощают ударные нагрузки.

Учитывая легирующие элементы и модификаторы, стоит выделить деформируемые алюминиевые сплавы с высоким содержанием магния, такие как АМг2, АМг3, АМг4, АМг5, АМг5п, АМг6. Из всех систем (таких как Al – Cu, Al – Si, Al - Zn – Mg и др.) система Al-Mg обладает рядом необходимых качеств.

Сплавы Al-Mg отличаются высокой коррозионной стойкостью ( общей, под напряжением и при других видах коррозийного разрушения). Следует отметить их высокую сопротивляемость коррозионному разрушению в морской воде. Сплавы Al-Mg также хорошо устойчивы к воздействию азотной кислоты HNO3 , разбавленной серной кислоты H2SO4 , ортофосфорной кислоты H3PO4 , а также в средах, содержащих SO2. Эти свойства критически важны, учитывая среду использования данного изделия.

Магналиевым (Al-Mg) сплавам свойственны высокие пластичность, коррозионная стойкость при средних значениях прочности и текучести, пониженная чувствительность к концентраторам напряжений. Одним из основных преимуществ данной группы являются высокие значения прочностных характеристик по сравнению со свойствами термически упрочняемых алюминиевых сплавов. При сварке магналиевых сплавов сварные соединения становятся почти равнопрочными основному металлу. Этот факт немаловажен, учитывая, что прочность сварного шва всегда ниже прочности основного металла. Это влияет на предел прочности всего изделия.

С увеличением содержания магния возрастают прочность и текучесть, относительное удлинение меняется слабо. Таким образом, мы сможем выбрать нужный сплав из вышеупомянутых, ориентируясь по содержанию магния.

Итак, по I-му уровню требований для ЦТБ пригодны следующие классы конструкционных материалов:

* Высокопрочные мартенситно-стареющие стали
* Высокопрочные стали типа СП (СП-43)
* Высокопрочные конструкционные стали
* Алюминиевые сплавы (деформируемые, с высоким содержанием магния).

4. Выбор материалов, удовлетворяющих II-му уровню требований.

Основная задача выбора материалов на этом уровне – обеспечение требований по конструкционной прочности и расчётной долговечности СВД.

Условие нагружения – простое, статическое, длительное( 10000ч). Определяющей характеристикой материала является () при достаточном уровне характеристик пластичности ( ).

Предположительный характер разрушения при несоблюдении требований эксплуатации ( например, резкое повышение ), а также при нарушении технологии формообразования и сварки - излом вязкий (хрупкий), трещина технологическая. Последний вид разрушения следует исключить за счёт точного соблюдения технологии изготовления и контролем гидравлических испытаний бака при повышенном давлении (). Однако следует отметить, что предполагаемый характер разрушения можно установить лишь путём анализа практического опыта, т. е. сбором статических данных по разрушениям ЦТБ.

Итак, для дальнейшего выбора марок материалов необходим расчёт напряжённого состояния ЦТБ.

Исходные данные и допущения:

1. Внутреннее давление газов
   * рабочее =2 МПа
   * при испытании =1.2=2.4 МПа
2. Нагружение простое, статическое.
3. Металл изотропный.
4. Стенки сосуда одинаковы по толщине и равнопрочны.
5. Сварные соединения не имеют технологических дефектов (пор, трещин и т.п.).
6. Сосуд работает в области упругих деформаций, деформационное упрочнение металла отсутствует.

Поле напряжений для такой оболочки считают двухосным ( , ). Прочность под действием внутреннего давления рассчитывают по безмоментной теории (уравнениям Лапласа).

Главные напряжения, действующие на стенку торового сосуда рассчитываются по следующим формулам:

* Окружные напряжения ( в точке С на чертеже)

=, где

и *S0 -* начальные значения радиуса кривизны и толщины стенки сосуда; *Dm* – геометрический радиус тора.

=МПа

* Осевые напряжения 

=МПа

Имея ввиду, что данной работе мы не определяем предельную несущую способность бака, которая учитывает работу металла стенки в пластической области вплоть до разрушения, мы не будем определять эквивалентные напряжения ( от действия  и) для определения значений пластической деформации, а за расчётное напряжение примем .

МПа*.*

Примем во внимание тот факт, что прочность сварного шва всегда несколько меньше прочности основного металла, т. е.

(для хорошо свариваемых металлов)

Принимаем коэффициент свариваемости =0,9; определим минимальную прочность металла, которая может обеспечить нагружение внутренним давлением  при наличии сварного шва:

МПа

Для обеспечения надёжной работы сосуда под внутренним давлением принимаем коэффициент запаса прочности =1.15.

МПа

При выборе материала должны быть выполнены условия:

* ,   ;
* Материал должен относиться к классу свариваемых с высокой надёжностью сварного шва.

Сформированная группа марок конструкционных материалов представлена в табл.I.

табл.I.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | Класс констр. материала | Марка материала | Гост на хим. состав | Вид термообработки | Механические свойства | | | | Технологические  свойства |
|  |  |  |  |
| МПА | | % | |
| 1 | Мартенситно-стареющие стали | Н18К9М5Т  (ЭП-637) | ТУ-14-1-1 531-75 | Закалка 8200С, возд. Старение Тс=4900С τс=3ч. | 2100 | 2050 | 8 | 57 | Св-ть.-хор. |
| 2 | Н18К13М5ТЮР  (ЧС35-ВИ) | ТУ-14-1-98-73 | Закалка 8200С, возд. Старение Тс=5200С τс=3ч. | 2440 | 2280 | 8,9 | 50 | Св-ть.-  хор. |
| 3 | Н13К16М10 | ТУ-14-1-1 531-75 | Закалка 8500С, возд. Старение Тс=5200С τс=3ч. | 2800 | 2740 | 8 | 42 | Св-ть.-  хор. |
| 4 | Высокопрочные конструкционные стали | 40ХСН2МА | ТУ-14-1-1885-85 | Закалка 9000С, масло. Отпуск 2200С | 2000 | 1500 | 8 | 37 | Св-ть. – удовл. |
| 5 | 40ХГСТФ | ГОСТ 4543-71 | Закалка 9000С в гор. среду с тем-рой 2000С | 2000 | 1800 | 8 | 36 | Св-ть. – удовл. |
| 6 | 43Х3СНМВФА (СП-43) | ТУ-14-1-1447-75 | Закалка 930-9800С, возд. Отпуск 280-3600С | 2100 | 1520 | 11 | 37 | Св-ть. – удовл. |

* Выбор материалов с учётом технологических свойств, удельной прочности и стоимости материала

(III-ий уровень требований)

В основу технологии получения СВД положены два основных процесса: холодная листовая штамповка и сварка, в связи с чем при выборе материала необходимо учитывать штампуемость и свариваемость.

Расчет коэффициента штампуемости данных материалов:

Расчет удельной прочности сплавов:













Расчет условной стоимости материала:













Сравнение марок материалов между собой проводим по суммарному коэффициенту , учитывающему технологические свойства материалов, удельную прочность и стоимость.



Где

- поправочные коэффициенты, учитывающие тип производства изделия;

- коэффициент, учитывающий свариваемость;

- удельная прочность материала;

- условная стоимость.

Рассчитываем  для каждой марки стали и сплава













Исходные данные и расчёт 

табл.II.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Кусл | | | | | 365,2 | 366,8 | 363,5 | 300,3 | 297,4 | 300,6 |
| Значения коэфф. | | | | |  | | | | | |
| Прочн. после упрочнения | |  | | | 268,2 | 310,4 | 337,3 | 256,1 | 256,4 | 269,2 |
|  | | | 2100 | 2440 | 2800 | 2000 | 2000 | 2100 |
| Усл. Стоим.  СусII | | | | | 26,1 | 27,7 | 29,1 | 5,1 | 2,7 | 4,5 |
| Оптовая цена,  р/т | | | | | 7000 | 8600 | 9800 | 1300 | 700 | 1200 |
| Технологич. свойства | | |  | | 0,92 | 0,9 | 0,88 | 0,82 | 0,8 | 0,81 |
|  | | 17,98 | 13,31 | 11,19 | 19,74 | 19,86 | 17,9 |
| Механические свойства |  | | | % | 14 | 10 | 9 | 13 | 14 | 12 |
|  | | | МПА | 920 | 1000 | 1020 | 680 | 720 | 700 |
|  | | | 1000 | 1100 | 1200 | 780 | 810 | 800 |
| Вид  ТО | | | | норм | Норм | норм | норм | норм | норм |
| Плотность  Г/см | | | | | 7,83 | 7,86 | 8,3 | 7,81 | 7,8 | 7,8 |
| Марка  материала | | | | | ЭП-637 | ЧС35-ВИ | Н13К16М10 | 40ХСН2МА | 40ХГСТФ | 43Х3СНМВФА  (СП-43) |
| № | | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |

Расчёты по предлагаемой методике показали, что суммарному условному коэффициенту предпочтительным материалом для СВД является мартенситно-стареющая высокопрочная сталь ЧС35-ВИ. Но так как разница между условными коэффициентами ЧС35-ВИ и ЭП-637 (Н18К9М5Т) мала, то можно в качестве материала выбрать наиболее доступный и распространенный ЭП-637 (Н18К9М5Т)

* Характеристика стали Н18К9М5Т

6.1 Назначение - для изделий с высокой прочностью при достаточной пластичности и вязкости, высоким сопротивлением малым пластическим деформациям, хрупкому и усталостному разрушению, применяемых в авиационной промышленности, в ракетной технике, в судостроении, в приборостроении для упругих элементов, в криогенной технике и т.д.

* Температурный диапазон -196…+3500С
* Внешняя среда – атмосферные условия (изделие подвергается покрытию – фосфатированию + грунтовка + эмаль)
* Нагрузки высокие статические и динамические

6.2 Химический состав, % по ТУ 14-1-1 531-75

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| С | Ni | Co | Mo | Ti | Al |
| 0,03 | 16,7-19 | 8,5-9,5 | 4,6- 5,5 | 0,5-0,8 | 0,15 |

6.3 Механические свойства после закалки 820С в зависимости от способа старения

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Термообработка | МПА | МПа | % | % | KCU |
| Обычная ТО (закалка + старение 4900С, 3ч) | 2050 | 2100 | 8 | 57 | 400 |
| Термоциклирование (2 закалки, 5 мин + старение 4900С, 3ч) | 1930 | 1950 | 10,8 | 63 | 900 |
| Старение в двухфазной области (закалка + старение 5500С, 3ч) | 1750 | 1800 | 8,7 | 60 | 400 |
| - то же (закалка + старение 6000С, 3ч) | 1730 | 1790 | 10,7 | 58 | 600 |
| - то же (закалка + старение 6500С, 3ч) | 1750 | 1810 | 10 | 63 | 700 |
| Тепловая стабилизация (Нагрев до 8200С + изотермическая выдержка 1100С, 5 мин + старение 4900С, 3ч) | 1800 | 1860 | 10 | 60 | 600 |

6.4 Коррозионная стойкость

Коррозионно-нестойкая, поэтому подвергается фосфатированию, покрытию грунтом и эмалью.

6.5 Технологические свойства

а) Ковкость – хорошая ; отличная пластичность%.

б) Свариваемость хорошая (), способы сварки – импульсно-дуговая, АрДС, при условии:

-электрод неплавящийся (W(+La, Th))

-защита с обеих сторон шва.

в) Обрабатываемость резанием:

-удовлетворительная(до старения), низкая после старения

Обработка может вестись в 3-х состояниях:

-после отжига (=800-850 МПа) , 



-после закалки (=1000…1100 МПа; HRC=32…36) ,



-после закалки и старения (=1700-2100 МПа; HRC=52…56) 



* Предпосылки снижения массы топливного бака; снижения стоимости

Сталь Н18К9М5Т безусловно удовлетворяет основным и дополнительным требованиям, сформулированным в п.п. 1,2, кроме возможности снижения массы баллона. Такая возможность есть, если из группы материалов использовать материалы с наибольшей удельной прочностью, такие как ЧС35-ВИ и Н13К16М10. Так же можно существенно снизить стоимость баллона, применив сталь 40ХГСТФ.

Сравнительная характеристика баллона из различных сталей

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | Наименование показателя | Марка стали | | | |
| Н18К9М5Т | ЧС35-ВИ | Н13К16М10 | 40ХГСТФ |
| 1 | Толщина стенки, мм | 2,875 | 2,474 | 2,156 | 3 |
| 2 | Масса баллона (без штуцеров), кг | 109,7 | 94,7 | 87,1 | 114,1 |
| 3 | Снижение массы % | - | 13,7 | 20,6 | увелич. на 4 |
| 4 | Стоимость материала (без учета технологических отходов), руб | 767,9 | 814,4 | 853,6 | 79,9 |
| 5 | Увеличение стоимости материала | - | 1.06 раз | 1,11 раз | уменьш. в 9,61 раз |

* Вывод по работе

1. Предпочтительным материалом для изготовления баллона высокого давления является мартенситно-стареющая стальН18К9М5Т, используемая в эксплуатации после упрочняющей термообработки (Закалка 820С+ старение 490С, 3ч).
2. Использование других двух вышеуказанных марок мартенситно-стареющей стали (ЧС35-ВИ и Н13К16М10) позволяет снизить массу баллона на 13,7 и 20,6 % соответственно, при одновременно относительно невысоком повышении стоимости ( в 1,06 и 1,11 раза).
3. При использовании стали 40ХГСТФ можно снизить стоимость материала для изготовления баллона в 9,61 раз.
4. Выбранные марки сталей гарантируют высокую надёжность изделия в эксплуатации

9. Список используемой литературы

1. Прочность сварных тонкостенных сосудов, работающих под давлением. М.: Машиностроение, 1976. 184с. Кукрин С. А.
2. Выбор конструкционного материала и технологии его упрочненения для деталей и узлов машин и аппаратов / Ижевск. Мех.. ин-т; Сост. Л. Л. Лукин, Ижевск, 1989 г.
3. Справочник по конструкционным материалам: Справочник / Б. Н. Арзамасов, Т. В. Соловьева, С. А. Герасимов и др.; Под ред. Б. Н. Арзамасова, Т. В. Соловьевой. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2005. – 640с.: ил.
4. Высокопрочные сложнолегированные стали. Кречмер В. Г. Алма-Ата, «Наука» КазССР, 1975 г.
5. Статья «Условия работы изделий в агрессивных средах» (http://www.calypsowireless.com/).
6. Статья «Алюминий и его сплавы» (http://svarka.pstu.ru/plasma/infoAl.htm/).