Estrutura Externa

1 Materiais e justificativa

1.2Reservatórios

***1- NA2CO3-- FEITO***

***2- CA(OH)2 -- Feito***

***3-NAOH --FEITO***

***4- CaCO3-- FEITO***

1.6-Tubulações

Simulação estrutural

-NAOH---

-CAO3--

CA(OH2)- Geometria

Para a solução do formato do reservatório,foi levado em consideração o estado físico do CA(OH 2), por ser sólido em temperatura ambiente em forma de Pó fino, para transportá-lo para outros processos necessitaria a disposição de uma bomba especial. Por esse motivo, o reservatório foi instalado na parte superior da estrutura, usando a gravidade para o seu transporte. A geometria que mais se encaixa na solução é a cônica, onde não tem necessidade de intervenção para para descer. O volume calculado para o armazenamento do CACO3 é cerca de 756L, foi dimensionado um reservatório de capacidade 800L, para encontrar soluções prontas na indústria.

***NA2CO3-*** - Geometria

Para o armazenamento da substância NA2CO3, foi calculada que o volume necessário é 192L, no entanto a disposição do tanque será na parte de cima da estrutura, onde não podemos ter um reservatório de alto pois impedia instalação por causa dos ventiladores, foi usado a solução de reservatório horizontal de capacidade de 230 Litros, onde os suportes são feito do mesmo material do reservatório, como mostrado na FigX

CACO3-DEFINIÇÃO GEOMETRIA

A Definição de geometria do reservatório, levou em consideração as soluções usadas comercialmente para armazenamento de substâncias químicas, pensando em ser em ter o maior volume com a menor área ocupada, foi escolhida novamente a forma Cilíndrica e fundo cônico ccmo na Fig X

CACO3-DEFINIÇÃO Suporte

O suporte foi dimensionado com o mesmo perfil tubular do NaOH, com 1 Polegada Com 1,5 mm de diâmetro interno, sendo todo o peso sustentado pelo tubo de raio menor junto com os suportes laterais, e os tubos superiores evitando o deslocamento do reservatório, deixando a estrutura mais estática possível .

CACO3-DEFINIÇÃO Material

O material utilizado nos suportes foi padrão para todos os os reservatórios, o aço 316,por possuir ótima propriedades mecânicas e possui uma ótima resistência à corrosão em comparação a outros tipos de aço.

CACO3-DEFINIÇÃO Qualidade da malha

Para a geração da malha, foi levada em consideração uma maior geração de elementos onde a estrutura vai ser sofrer mais esforços, nos suporte circulares,e nas pernas de apoio, foi utilizado uma malha de 5mm, onde encontramos uma qualidade satisfatória para realizar a simulação , Fig podemos ver que mesmo não.

CACO3-DEFINIÇÃO Condições de Contorno

São similares aos reservatório de NaOH e CaOH2, por se tratar de um sistema estático de armazenamento, únicos esforços são a força peso feita massa de Cao3 no sistema, com o valor máximo de 330 KG com o peso do suporte, foi considerado uma carga de 3300N como na Fig X

CACO3-DEFINIÇÃO Análise estática e resultados

A partir das condições de contorno aplicadas à geometria, a análise estática do suporte foi feita sob o modelo de flexão, o critério adotado em outros tópicos é de tensão de escoamento do material Tab X. Com a análise visa o resultados tensão de von Mises e o valor de deformação total do material que seguem descritos nas Fig. X e X

Os resultados obtido mostram que a estrutura atende muito bem a solicitações exigidas para o que foi projetada, com o deslocamento máximo de 0.061 mm e tensão de 20.417 MPA, sendo menor que a tensão de escoamento do material de 250 MPA,

NAOH-DEFINIÇÃO GEOMETRIA

Para o reservatório de naoh foi calculado o volume de 121 L para o sistema pode fazer um ciclo processamento do Co2, e levando em consideração que a norma NBR-15762 pede um volume de sgurança 30 \%, foi dimensionado um volume total de 160 L, utilizando a forma cilíndrica que o padrão reservatórios de PEAD.

NAOH-Definição suporte e geometria

Para a estrutura de suporte do reservatório, foi escolhido o modelo já utilizado comumente utilizado pela indústria, suporte tubular de 1 Polegada e 1,5 mm de diâmetro. O suporte como visto na fig X, concentra todo peso no anel tubular de menor raio, junto com suportes laterais, o mesmo foi projetado para receber somente carga do peso do reservatório mais fator de segurança.

Definição do material}

O material utilizado na estrutura foi o Aço 316, por causa das suas ótima propriedades químicas e mecânicas já comentadas no tópicos X

Qualidade da malha}

Para geração da malha, foi considerado onde a estrutura tem mais esforços, o suporte anelar do meio sustenta toda a estrutura, juntos com suportes laterais, então a malha foi maior refinada na área a ter encontrar um valor de qualidade aceitável para validação da solução, como mostra a FIG X

Condições de contorno}

Por se tratar de um reservatório estático onde não temos nenhuma força além da massa armazenada, foi utilizado a carga de 2700 N sobre as faces do suporte circular para validar o uso com seu volume máximo de 160 L , aproximadamente 258 KG de Naoh .

Análise estática e resultados}

Analisando o resultado dos esforços da gerados na geometria , a análise estática da estrutura foi feita considerando o modelo de flexão, a deformação máxima do suporte foi de 0.59 mm no anel de suporte como mostrado na Fig X, a tensão de von Mises máxima calculada de 110,13 MPA, mostrado na Fig X, sendo bem menor que 250 MPA de tensão de escoamento do material. Dessa forma temos 2.27 de fator de segurança

***1- NA2CO3***

* Para armazenar a solução de NA2CO3, ***figura X*** não se encontra dificuldade para a seleção de material para armazenar , já que a solução não é corrosiva e não reage facilmente com qualquer substância conforme a ***FISPQ*** e conforme a ABNT NBR 14725-2:2019 essa mistura não se encaixa em produto não corrosivo, ou seja não há exigências específicas da legislação para armazenamento e transporte , somente o cuidado para manter na temperatura adequada, e em ambiente fechado.
* Como não temos limitação de material a ser armazenado, vamos utilizar uma solução bem conhecida da indústria, o Polietileno,. Material leve e de natureza não polar, ele possui alta estabilidade agentes químicos e outros meios, sendo resistentes a soluções aquosas de sais, ácidos inorgânicos e álcalis(FISPQ). Até 74 graus, os PE são estáveis a muitos solventes. Como vamos trabalhar com NaoH em algumas partes do processo do CARTAGO, é importante assegurar que, caso o reservatório de carbonato de sódio tenha contato com a solução, o mesmo não seja afetado quimicamente.
* o PE tem propriedades mecânicas e térmicas que satisfazem os requisitos definidos no PC1, como mostra a Tabela X

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Normas | PEAD |
| Tensão de escoamento (Mpa) | D-637 | 26 |
| Temperatura mínima e máxima em uso contínuo |  | - 40 / + 90°C |
| Temperatura de Deflexão Térmica ( Celsus) | D-648 | 74 |
| Resistência a Bases fortes | ASTM D543 | Resistente |
| Alongamento até a ruptura (%) | DIN 53452 / ASTM D638 / ISO R 527 | 500% |
| Tensão de escoamento à tração (MPA) | DIN 53455 / ASTM D638 / ISO R 527 | 29 MPa |

Tabela: Propriedades mecânica e Térmicas PP

Referência :

FISPQ

<http://csmpq.com.br/wp-content/uploads/2017/11/FISPQ-11-Carbonato-de-S%C3%B3dio-07_2015.pdf>

1- CA(OH)2

A substância CA(OH)2, também conhecida como Cal hidratada, é um produto químico muito utilizado na indústria de cimentos, de tratamento de água e na indústria civil na composição de tintas, argamassas e gessos. (FIGUEROA). Sólido em temperatura ambiente, é armazenado em forma de PÓ conforme a ABNT NBR 10790- 2016, é classificado como tóxico pela norma ABNT NBR 14725-4, no entanto não é classificado como perigoso e as normas não especificam material para armazenamento, somente cuidado de movimentação, pois é tóxico e precisa de EPIs específicos para uso.

Para a definição dos materiais do reservatório, ***Imagem X***, levamos em conta, a absorção do material a água, já que a cal reage água de forma exotérmica ,peso específico ,resistência química para o NaOH, capacidade de armazenamento de substâncias sólidas e facilidade de soluções prontas na indústria. ***A tabela X*** de matriz de decisão foi feita para melhor visualização dos pesos.O PEAD foi o material escolhido por ter a maior nota, e por isso se adequa a nossa solução.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Matriz de decisão do material | | | | |
| Critérios | Peso | PEAD | Aço Inox 316 | Fibra de Vidro |
| Massa específica | 7 | 8 | 6 | 8 |
| Preço | 8 | 8 | 5 | 6 |
| Resistência mecânica | 6 | 8 | 9 | 8 |
| Resistência à Corrosão | 9 | 9 | 9 | 9 |
| Resultado |  | 186 | 154 | 170 |

\begin{table}[]

\begin{tabular}{|c|c|c|c|c|}

\hline

\multicolumn{5}{|c|}{Matriz de decisão do material} \\ \hline

Critérios & Peso & PEAD & Aço Inox 316 & Fibra de Vidro \\ \hline

Massa específica & 7 & 8 & 6 & 8 \\ \hline

Preço & 8 & 8 & 5 & 6 \\ \hline

Resistência mecânica & 6 & 8 & 9 & 8 \\ \hline

Resistência à Corrosão & 9 & 9 & 9 & 9 \\ \hline

Resultado & \multicolumn{1}{l|}{} & 186 & 154 & 170 \\ \hline

\end{tabular}

\end{table}

Referência:

FIGUEROA, Oscar O. Loli; NEPTUNE, André M. Louis. Influência da aplicação parcelada do Ca(OH)2 e do fósforo na produção de matéria seca do sorgo (Sorghum bicolor L. Moench) e nas principais formas de fósforo do solo. **An. Esc. Super. Agric. Luiz de Queiroz**, Piracicaba , v. 44, n. 2, p. 959-999, 1987 . Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\_arttext&pid=S0071-12761987000200005&lng=en&nrm=iso>. access on 11 Apr. 2021. <http://dx.doi.org/10.1590/S0071-12761987000200005>.

ABNT NBR 10790- 2016

<https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=364269>

ABNT NBR 14725-4

https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=325473

1 . Reservatório de NAOH

* Para o reservatório de NAOH na ***Figura X*** foi encontrada uma série de restrições físicas e químicas e de normas impostas pela ABNT, ele é classificado pela norma ABNT 14725-4 como material altamente corrosivo e tóxico. A soda cáustica aquosa é uma substância muito corrosiva a materiais metálicos , como Alumínio, zinco, estanho e suas ligas, conforme a FISPQ do material. Recomenda-se a usar no reservatório materiais não reativos a NAOH, como aço carbono e aço inoxidável e certos compostos termoplásticos, como PP (Polipropileno) e PVC. Para a escolha do material levamos em consideração a temperatura de trabalho e de armazenamento do NAOH, pois em alta temperatura ele ataca o aço em altas temperaturas de trabalho. Outro fator importante a destacar é o biológico, a mistura ataca qualquer substância orgânica, e por isso é prejudicial ao homem, por isso no manuseio de substâncias deve levar em consideração a ABNT 16310. Como requisito de projeto, definido no Ponto de controle 1, o NAOh vai ser armazenado a uma temperatura máxima de 45 graus.
* Levando em consideração a FISPQ E ABNT 16310, os reservatórios que forem utilizar aço carbono ou aço inoxidável, é recomendado a não passar de 60 Graus, acima disso a aço precisa de tratamento diferente e adicionamento de substâncias, o que deixa o preço maior. Para o uso de termoplásticos, como a temperatura de uso recomendado pelas fabricantes é de 65 graus, variando com o nível de concentração.
* Levando em conta as informações e requisitos do sistema, a matriz de ***decisão X***, traz informações dos principais materiais para essa aplicação, utilizando pesos que podem ser traduzidos em nível de importância para o projeto.Para a definição dos pesos, foi levado em consideração as necessidades do produto, facilidade de aquisição do material , modos e facilidades de fabricação e o custo de aquisição do material e do produto final. Estes pontos são destacados devido à natureza do projeto: um produto muito caro prejudica a instalação de diversas estações ao longo do terreno e o custo de material,a disponibilidade no mercado e as possibilidades de fabricação são fundamentais para o custo do produto.
* Conforme o resultado da matriz de ***decisão X***, o PEAD é a melhor escolha para o projeto Cartaco, face aos materiais analisados. O Polipropeno é um material de fácil aquisição no mercado em diversas especificações,fácil logística, médio/baixo custo e pode ser encontrado com uma grande facilidade. Além disso, existem estudos técnicos, o que implica no maior conhecimento de suas propriedades e respostas devido ao seu manuseio e operação.
* \begin{table}[]
* \begin{tabular}{|c|c|c|c|c|c|}
* \hline
* \multicolumn{6}{|c|}{\textbf{Matriz de decisão do material}} \\ \hline
* Critérios & Peso & Polipropileno(PEAD) & Aço Inox 316 & Aço Duplex & Fibra de Vidro \\ \hline
* Massa específica & 4 & 8 & 6 & 8 & 8 \\ \hline
* Preço & 8 & 8 & 5 & 4 & 6 \\ \hline
* Resistência mecânica & 6 & 8 & 9 & 10 & 8 \\ \hline
* Resistência à Corrosão & 10 & 9 & 9 & 9 & 9 \\ \hline
* Resultado & \multicolumn{1}{l|}{} & \textbf{163} & 137 & 143 & 147 \\ \hline
* \end{tabular}
* \end{table}

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Matriz de decisão do material | | | | | |
| Critérios | Peso | Polipropileno(PEAD) | Aço Inox 316 | Aço Duplex | Fibra de Vidro |
| Massa específica | 4 | 8 | 6 | 8 | 8 |
| Preço | 8 | 8 | 5 | 4 | 6 |
| Resistência mecânica | 6 | 8 | 9 | 10 | 8 |
| Resistência à Corrosão | 10 | 9 | 9 | 9 | 9 |
| Resultado |  | **163** | 137 | 143 | 147 |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| PROPRIEDADES FÍSICAS | NORMAS | VALORES |
| Peso específico | DIN 53479 / ASTM D792 / ISO 1183 | 0,95 g/cm³ |
| Temperatura mínima e máxima em uso contínuo |  | - 40 / + 90°C |
| Tensão de escoamento à tração | DIN 53455 / ASTM D638 / ISO R 527 | 29 MPa |
| Resistência à bases fortes | ASTM D543 | resistente |

Tabela PEAD

\begin{table}[]

\begin{tabular}{llllll}

\cline{1-3}

\multicolumn{1}{|l|}{PROPRIEDADES FÍSICAS} & \multicolumn{1}{l|}{NORMAS} & \multicolumn{1}{l|}{VALORES} & & & \\ \cline{1-3}

\multicolumn{1}{|l|}{Peso específico} & \multicolumn{1}{l|}{DIN 53479 / ASTM D792 / ISO 1183} & \multicolumn{1}{l|}{0,95 g/cm³} & & & \\ \cline{1-3}

\multicolumn{1}{|l|}{Temperatura mínima e máxima em uso contínuo} & \multicolumn{1}{l|}{} & \multicolumn{1}{l|}{- 40 / + 90°C} & & & \\ \cline{1-3}

\multicolumn{1}{|l|}{Tensão de escoamento à tração} & \multicolumn{1}{l|}{DIN 53455 / ASTM D638 / ISO R 527} & \multicolumn{1}{l|}{29 MPa} & & & \\ \cline{1-3}

\multicolumn{1}{|l|}{Resistência à bases fortes} & \multicolumn{1}{l|}{ASTM D543} & \multicolumn{1}{l|}{resistente} & & & \\ \cline{1-3}

& & & & & \\

& & & & & \\

& & & & &

\end{tabular}

\end{table}

Referências :

FISQ

<https://www.santos.sp.gov.br/static/files_www/conteudo/DadosAbertos/FISPQ%20Soda%20c%C3%A1ustica.pdf>

ABNT

<https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/34421/abnt-nbr16310-expedicao-transporte-rodoviario-e-recebimento-de-hidroxido-de-sodio-soda-caustica-em-solucao-a-granel>

<https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=325473>

1.3 Reservatório de CACO3

O carbonato de Cálcio, conforme a norma *ABNT NBR 14725-2:2019, quanto a classificação*, a solução é classificada como uma mistura na reativa e não corrosiva, a escolha do material não precisa ter os mesmo nível de rigidez que o reservatório de NAOH (Tópico)tem, pois a legislação não especifica materiais específicos para armazenamento. Levando isso em consideração, podemos simplificar a busca por materiais leves, baratos e de fácil manutenção e que seja inerte a solução de soda cáustica, caso tenha contato.

Nesse perfil temos o Polietileno PP, mesmo material utilizado no reservatório de Carbonato de sódio, resistente ao NaOh e tem ótima propriedades mecânicas, vista na tabela X INCOMPLAST.

O PP, é um material de fácil aquisição no mercado em diversas especificações, fácil logística e baixo custo, e para o reservatório de CaCo3 precisamos de um tanque como na figura X de capacidade menor que nos outros processos do Cartago.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Normas | PEAD |
| Tensão de escoamento (Mpa) | D-637 | 26 |
| Temperatura mínima e máxima em uso contínuo |  | - 40 / + 90°C |
| Temperatura de Deflexão Térmica ( Celsus) | D-648 | 74 |
| Resistência a Bases fortes | ASTM D543 | Resistente |
| Alongamento até a ruptura (%) | DIN 53452 / ASTM D638 / ISO R 527 | 500% |
| Tensão de escoamento à tração (MPA) | DIN 53455 / ASTM D638 / ISO R 527 | 29 MPa |

Tabela: Propriedades mecânica e Térmicas PP

\begin{table}[]

\begin{tabular}{llllll}

\cline{1-3}

\multicolumn{1}{|l|}{} & \multicolumn{1}{l|}{Normas} & \multicolumn{1}{l|}{PEAD} & & & \\ \cline{1-3}

\multicolumn{1}{|l|}{Tensão de escoamento (Mpa)} & \multicolumn{1}{l|}{D-637} & \multicolumn{1}{l|}{26} & & & \\ \cline{1-3}

\multicolumn{1}{|l|}{Temperatura mínima e máxima em uso contínuo} & \multicolumn{1}{l|}{} & \multicolumn{1}{l|}{- 40 / + 90°C} & & & \\ \cline{1-3}

\multicolumn{1}{|l|}{Temperatura de Deflexão Térmica ( Celsus)} & \multicolumn{1}{l|}{D-648} & \multicolumn{1}{l|}{74} & & & \\ \cline{1-3}

\multicolumn{1}{|l|}{Resistência a Bases fortes} & \multicolumn{1}{l|}{ASTM D543} & \multicolumn{1}{l|}{Resistente} & & & \\ \cline{1-3}

\multicolumn{1}{|l|}{Alongamento até a ruptura (\%)} & \multicolumn{1}{l|}{DIN 53452 / ASTM D638 / ISO R 527} & \multicolumn{1}{l|}{500\%} & & & \\ \cline{1-3}

\multicolumn{1}{|l|}{Tensão de escoamento à tração (MPA)} & \multicolumn{1}{l|}{DIN 53455 / ASTM D638 / ISO R 527} & \multicolumn{1}{l|}{29 MPa} & & & \\ \cline{1-3}

& & & & &

\end{tabular}

\end{table}

Referências

INCOMPLAST. POLIPROPILENO (PP). 2019. Disponível em: <https://incomplast.

com.br/polipropilenopp/>. Acesso em: 1 abr. 2021.

2 -Tubulações

Para a escolha de materiais das tubulações, temos que levar em consideração que algumas partes do projeto vão ter contato com NaOH, outras não.

Para padronizar o projeto foi escolhido escolher somente um tipo de material para as tubulações.

Temos que escolher um material de uma longa vida útil, resistente ao trabalho com temperatura acima de 45 graus, e ação do NAOH, baixo custo, fácil manutenção e usinagem .

Foi elaborada uma matriz de decisão X para escolha do material dos tubos, a tabela traz informações dos principais materiais que é utilizado para essa aplicação e o resultado mais adequado para o projeto, utilizando pesos que podem ser traduzidos em nível de prioridade.

Com o CPVC (Cloriploreto de Vinila Clorado) como resultado da matriz de decisão, podemos dizer que é a melhor escolha para o projeto, por ser um material de fácil instalação e manutenção, boa resistência mecânica ,confiável para transportes de produtos químicos a altas temperaturas, até 90 graus. Além de ser um produto de fácil aquisição no mercado.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Matriz de decisão do material | | | | | |
| Critérios | Peso | Polietileno | PVC | CPVC | Aço Inox |
| Incrustação/Perda de pressão | 7 | 8 | 7 | 8 | 7 |
| Preço | 8 | 7 | 9 | 8 | 5 |
| Resistência mecânica/Impactos/Pressão | 6 | 7 | 6 | 7 | 9 |
| Resistência à Corrosão/Temperatura | 9 | 8 | 7 | 8 | 9 |
| Massa específica | 7 | 9 | 8 | 8 | 5 |
| Resultado |  | 234 | 229 | **235** | 196 |

\begin{table}[]

\begin{tabular}{|c|c|c|c|c|c|}

\hline

\multicolumn{6}{|c|}{Matriz de decisão do material} \\ \hline

Critérios & Peso & Polietileno & PVC & CPVC & Aço Inox \\ \hline

Incrustação/Perda de pressão & 7 & 8 & 7 & 8 & 7 \\ \hline

Preço & 8 & 7 & 9 & 8 & 5 \\ \hline

Resistência mecânica/Impactos/Pressão & 6 & 7 & 6 & 7 & 9 \\ \hline

Resistência à Corrosão/Temperatura & 9 & 8 & 7 & 8 & 9 \\ \hline

Massa específica & 7 & 9 & 8 & 8 & 5 \\ \hline

Resultado & \multicolumn{1}{l|}{} & 234 & 229 & \textbf{235} & 196 \\ \hline

\end{tabular}

\end{table}

\begin{table}[]

\begin{tabular}{|l|l|l|}

\hline

PROPRIEDADES FÍSICAS & NORMAS & VALORES \\ \hline

Peso específico & DIN 53479 / ASTM D792 / ISO 1183 & 0,95 g/cm³ \\ \hline

Temperatura mínima e máxima em uso contínuo & & - 40 / + 90°C \\ \hline

Tensão de escoamento à tração & DIN 53455 / ASTM D638 / ISO R 527 & 29 MPa \\ \hline

Resistência à bases fortes & ASTM D543 & resistente \\ \hline

\end{tabular}

\end{table}