

ESCOLA POLITÉCNICA DA USP
Departamento de Engenharia Química

PQI 2406- Corrosão e Seleção de Materiais

Aula 9

- Seleção de Materiais
- Cuidados de Projeto para Evitar Corrosão

Seleção de Materiais

Seleção de Materiais

A seleção de materiais deve **iniciar com a consulta aos Manuais sobre desempenho relativo à resistência à corrosão** de materiais em diferentes meios

A consulta deve ser feita a **pelo menos 3 das bibliografias** pois algumas controvérsias são encontradas.

É preciso ter em mente o **critério da máxima velocidade de corrosão admitida** (todas as referências adotam faixas de desempenho do metal ou liga- ótimo- bom – regular- fraco e as faixas de valores de perda de espessura correspondentes) para poder selecionar os metais que atendem às especificações adotadas.

Antes de ir diretamente aos dados de interesse, faça uma consulta aos símbolos e seus significados, para não ficar perdido com as informações. **Cada bibliografia adota uma simbologia com significado particular.**

Seleção de Materiais

“**Check list**” que se deve deter em mãos antes da seleção de materiais para poder selecionar os materiais adequados à construção de válvulas:

1- Fluido:	Natureza e composição, concentração, pH, grau de aeração, impurezas presentes, se haverá aditivação como tensoativos o uinibidores de corrosão, sólidos suspensos e variações nele com o tempo.
2- Temperatura:	Mínima, máxima ou normal, qualquer possibilidade choques térmicos
3- Pressão:	Faixa de valores , incluindo o vácuo
4- Fluxo:	Volume/tempo, velocidade linear(m/s) incluindo qualquer turbulência local
5- Operação:	Contínua, intermitente ou em standby
6- Contaminação	Efeito no fluido de qualquer contaminação com os produtos da corrosão do metal (níveis máximos permitidos para os íons do metal)
7- Exigências	Confiabilidade exigida; mínima vida útil; facilidade e custo da manutenção.

Seleção de Materiais

As principais **referências para consulta** na tarefa de **selecionar metais e não metais** para o projeto de válvulas ou outros componentes de uma planta são os seguintes:

BIBLIOGRAFIA: para seleção de materiais

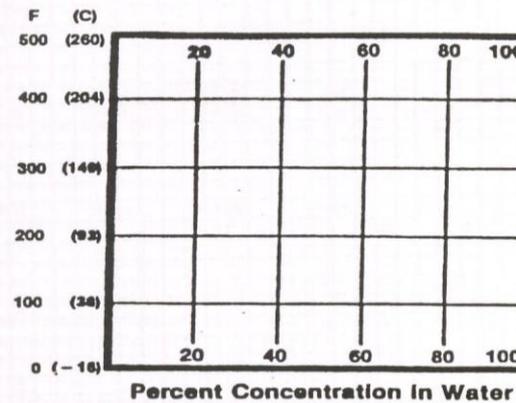
01. SILVA TELLES, *Materiais para equipamentos de processo*, Rio de Janeiro, Editora Interciências, 2002.
02. SCHWEITZER, F.A. *Corrosion Resistance Tables*. Metals, Plastics, Nonmetallics and Rubbers. 2nded., Marcel Dekker, Inc., New York, 1986.
03. BEHRENS, D. ed. Dechema - *Corrosion Handbook: Corrosive Agents and Their Interaction with Materials*, Frankfurt, Dechema, Weinheim, UCH, 1987-97, 12 vol.
04. GRAVER, D.L. ed. *Corrosion Data Survey: Metals Section*, 6th ed., Houston, National Association of Corrosion Engineers, 1985.
05. HAMNER, N.E. ed. *Corrosion Data Survey: Nonmetals Section*, 5th ed., Houston, NACE, 1975.
06. ASM *Metals Handbook*. –Volume 13 – Corrosion.
07. PARKER, E.R. *Materials Data Book for Engineers and Scientists*.
08. BRICK, GORDON and PHILLIPS - *Structure and Properties of Alloys*

Aconselha-se consultar as normas API para os diferentes usos dos metais nos diferentes processos da indústria do petróleo

Seleção de Materiais

Exemplos de critérios de busca e simbologia em algumas das referências que serão apresentadas nos slides seguintes

Corrosion Data Survey
- NACE



Matrix Key

Data points representing average penetration per year (key below) are plotted on the matrix enlarged here. The horizontal grid represents percent concentration in water and the vertical grid represents temperature.

Average Penetration Rate Per Year

Code	Mils	Inches	μm
●	< 2	0.002	50
○	< 20	0.020	508
□	{ 20-50	0.020-0.050	508-1270
X	> 50	0.050	1270

Key to Data Points

FIGURE 2.11 — Key for using Nelson charts.

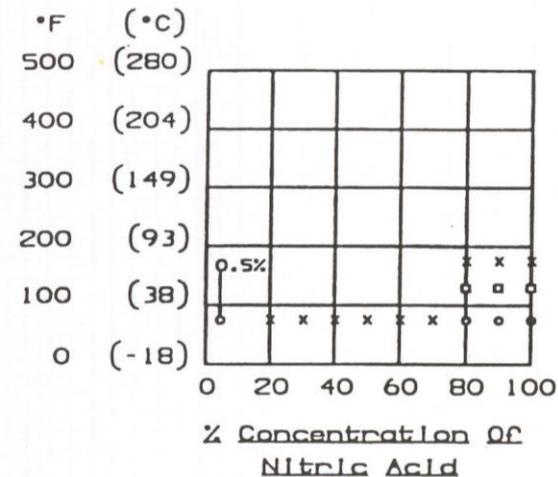


FIGURE 2.12 — Nelson chart showing how nitric acid affects aluminum.

SELEÇÃO DE MATERIAIS

Corrosion Data Survey
NACE

CODE FOR HYDROCHLORIC ACID GRAPH

Materials in shaded zones have reported corrosion rates of <20 mpy

ZONE 1

20Cr 30Ni¹
66Ni 32Cu²
62Ni 28Mo
Copper²
Nickel²
Platinum
Silicon bronze²
Silicon cast iron³
Silver
Tantalum
Titanium⁴
Tungsten
Zirconium

ZONE 2

62Ni 32Cu
Molybdenum
Platinum
Silicon bronze²
Silicon cast iron³
Silver
Tantalum
Zirconium

ZONE 3

62Ni 28Mo⁵
Molybdenum
Platinum
Silver
Tantalum
Zirconium

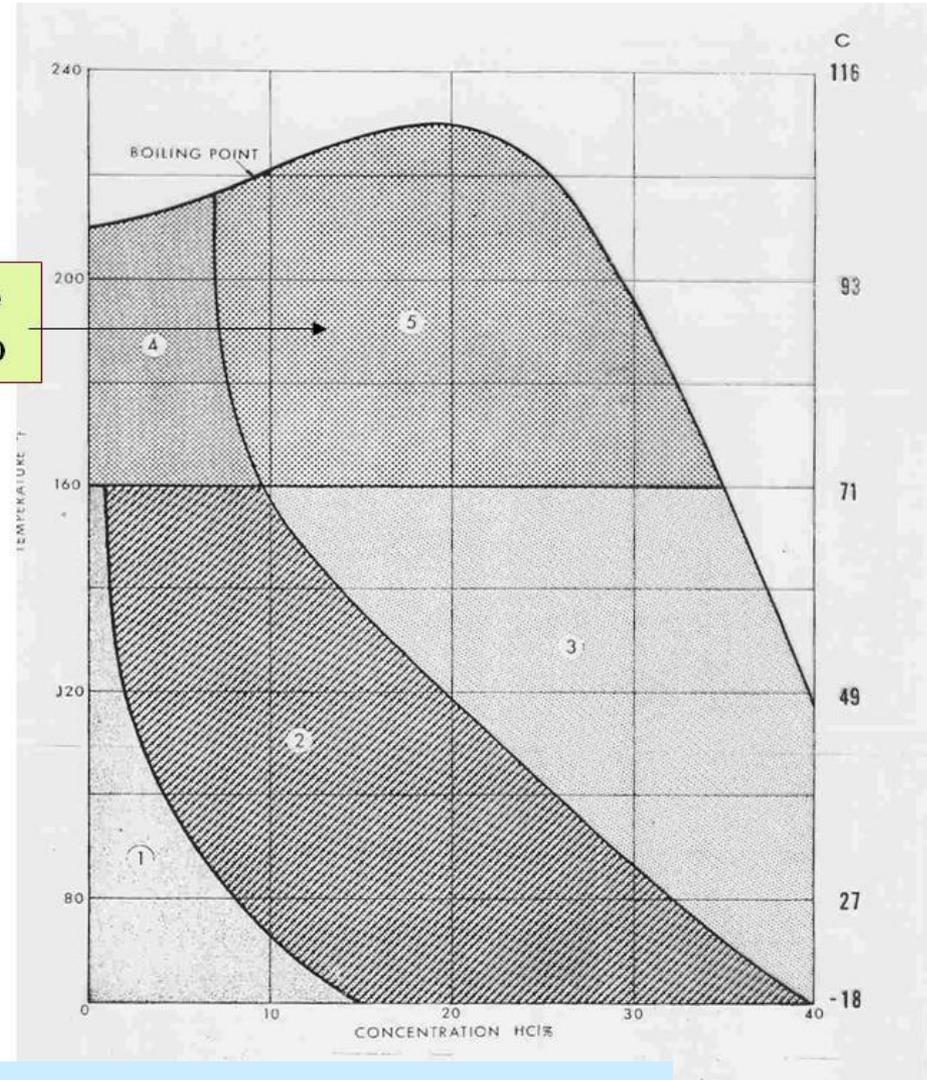
ZONE 4

66Ni 32Cu^{2,4}
62Ni 28Mo⁵
Platinum
Silver
Tantalum
Tungsten
Zirconium

ZONE 5

62Ni 28Mo⁵
Platinum
Silver
Tantalum
Zirconium

Regiões de isocorrosão



Para cada região há um grupo de metais que satisfazem a exigência de resistência à corrosão

HYDROCHLORIC ACID DILUTE

METALS	TEMP °F																										
	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300	320	340	360	380	400	420	440	460	480	500	520	540	560	
ALLOY 20Cb3	U																										
ALUMINUM	U																										
BRASS	U																										
BRONZE	U																										
CARBON STEEL	U																										
COPPER	U																										
E-BRIGHT 26-1																											
HASTELLOY-B	G																										
HASTELLOY-C	E						G-U																				
HASTELLOY-D	G						S																				
HIGH SILICON IRON	G																										
INCONEL	G																										
LEAD	U																										
MONEL	G																										
NICKEL	G																										
STAINLESS STEELS																											
Type 304/307	U																										
Type 316	U																										
TANTALUM	E																										
TITANIUM	G																										
ZIRCONIUM	E																										
NONMETALLICS																											
BOROSILICATE GLASS	R																										
CARBON	R																										

FOR METALS

E = < 2 Mils Penetration/Year; G = < 20 Mils Penetration/Year
S = < 50 Mils Penetration/Year; U = > 50 Mils Penetration/Year

FOR NONMETALLICS

R = Resistant
U = Unsatisfactory

HYDROCHLORIC ACID, 35%

METALS	TEMP °F																										
	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300	320	340	360	380	400	420	440	460	480	500	520	540	560	
ALLOY 20Cb3	U																										
ALUMINUM	U																										
BRASS	U																										
BRONZE	U																										
CARBON STEEL	U																										
COPPER	U																										
E-BRIGHT 26-1																											
HASTELLOY-B	E																										
HASTELLOY-C	E						G-S																				
HASTELLOY-D	U																										
HIGH SILICON IRON	G						S																		U		
INCONEL	U																										
LEAD	U																										
MONEL	U																										
NICKEL	U																										
STAINLESS STEELS																											
Type 304/307	U																										
Type 316	U																										
TANTALUM	E																										
TITANIUM	U																										
ZIRCONIUM	E																										
NONMETALLICS																											
BOROSILICATE GLASS	R																										
CARBON	R																										

FOR METALS

E = < 2 Mils Penetration/Year; G = < 20 Mils Penetration/Year
S = < 50 Mils Penetration/Year; U = > 50 Mils Penetration/Year

FOR NONMETALLICS

R = Resistant
U = Unsatisfactory

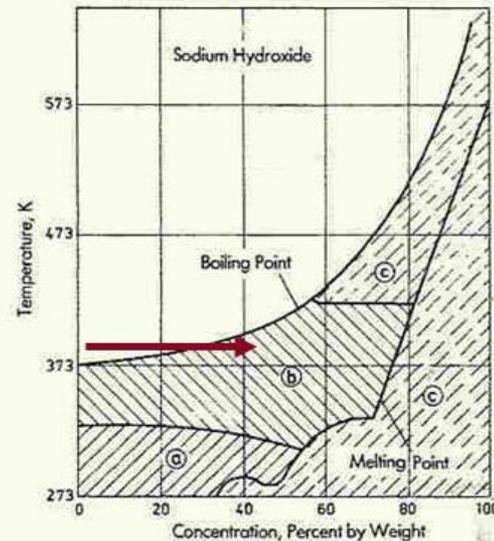
Seleção de Materiais

SELEÇÃO DE MATERIAIS

Behrens, D.; Dechema – Corrosion Handbook: Corrosive agents and their interaction with materials, Frankfurt, UCH, Vol. 2, p 135.

Esta é uma bibliografia preciosa. São vários volumes > 14 com detalhes de trabalhos publicados sobre o desempenho dos metais num dado meio

Exemplo de como aparecem as informações nessa bibliografia.



NaOH

Figure 65: Ranges of use of pure nickel and nickel alloys in sodium hydroxide [387]

(a) LC-Ni99, NiCu30Fe, (b) LC-Ni99, NiCu30Fe, NiCr20Mo15, NiCr15Fe, NiCr21Mo and (c) LC-Ni99, NiMo30

Figura 11 Intervalos de uso de níquel metálico e suas ligas em meios contendo hidróxido de sódio. (a) LC-Ni99, NiCu30Fe (Monel 400), (b) LC-Ni99, NiCu30Fe (Monel 400), NiCr20Mo15 (Hastelloy C-22), NiCr15Fe (Inconel 600), NiCr21Mo (Inconel 825) e (c) LC-Ni99, NiMo30 (Hastelloy B-2) [i].

Seleção de Materiais

SELEÇÃO DE MATERIAIS

HCl

Fonte: Livro do
M.G. Fontana –
Corrosion
Engineering.

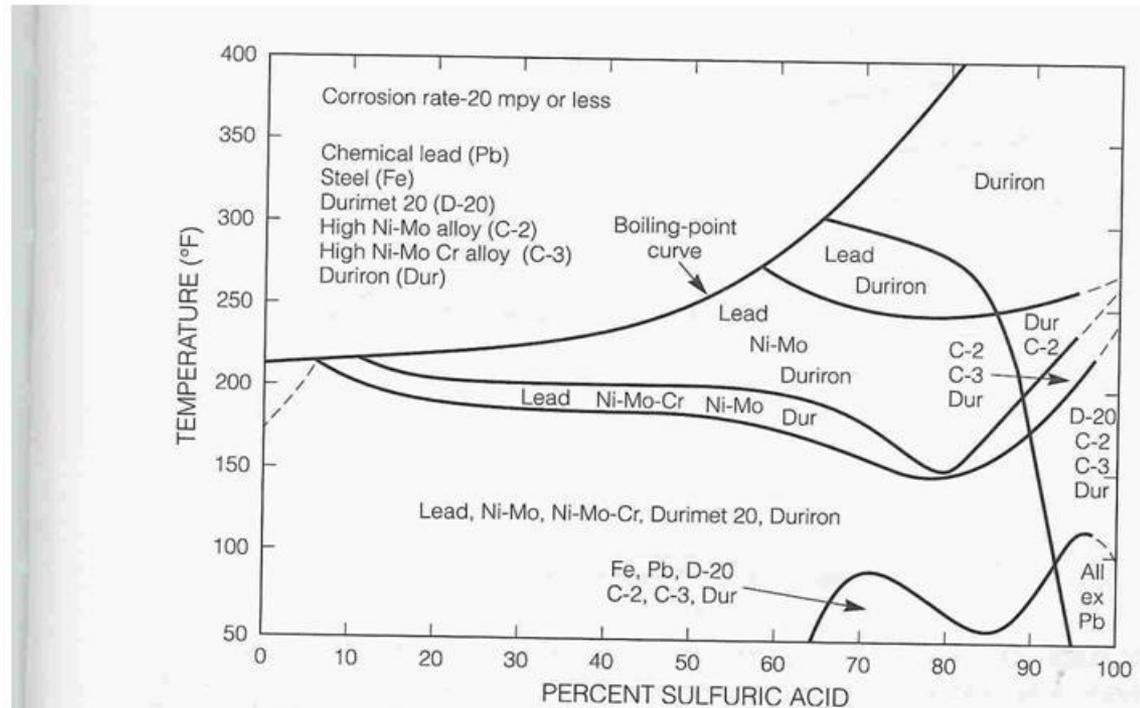


FIGURE 11.20 Isocorrosion diagram for materials to handle sulfuric acid. (From M. G. Fontana, Corrosion Engineering, 3rd ed., McGraw-Hill, New York, pp. 319–327, 1986. Reprinted by permission, McGraw-Hill Book Company.)

SELEÇÃO DE MATERIAIS

NaOH

Active Corrosion
Library – CD-Rom

NACE

Pode-se entrar com o meio agressivo e condições como conc., temperatura e o limite de desgaste desejado e vão aparecer os metais que atendem a exigência. Serve como uma checagem final.

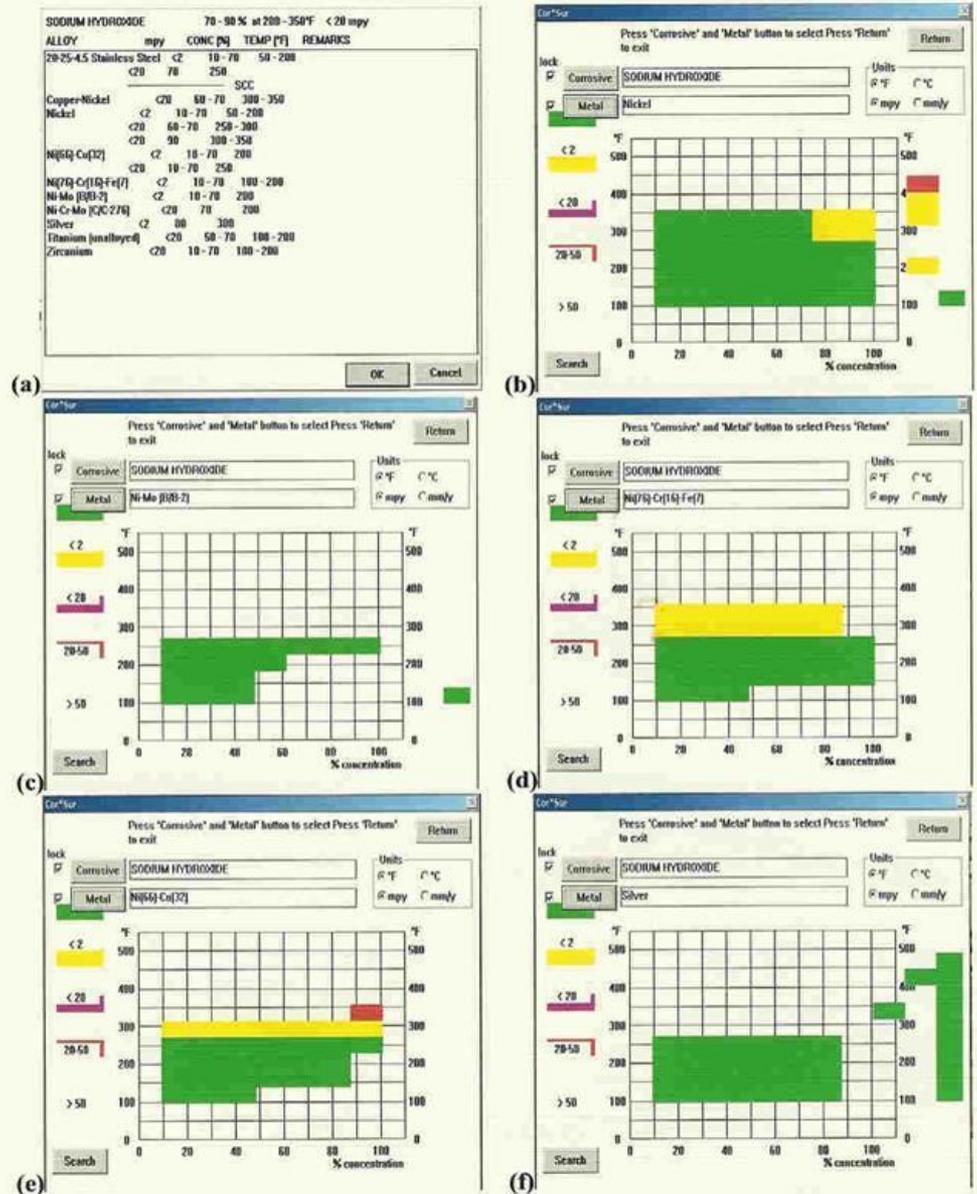


Figura 10 Seleção de materiais resistentes à corrosão decorrente das condições de processo (a). Velocidades de corrosão de diversos materiais em diferentes concentrações de hidróxido de sódio em função da temperatura: níquel (b); liga níquel-molibdênio (Hastelloy B-2) (c); liga níquel-cromo-ferro (Inconel 600) (d); liga níquel-cobre (Monel 400) (e) e prata (f) [ii].

Seleção de Materiais

Ao final da busca nas bibliografias sobre resistência à corrosão, ter-se-á um conjunto com 6-10 metais, dependendo do caso.

Alguns desses metais são impossíveis de se pensar em usar, pois são metais como platina, ouro, zircônio e outros muito caros.

Avaliar se alguns desses já devem ser descartados da lista inicial obtida.

Avaliar a resistência mecânica dos que restaram. No caso de válvulas consultar as tabelas da ASTM recomendadas na ASME B16.34 (já mostradas anteriormente)

Consultar, sempre que possível, as normas do API (American Petroleum Institute) que tem norma para todo o tipo de meio e equipamento da indústria petroquímica

Seleção de Materiais

A **decisão final vai depender do fator custo do metal ou liga e disponibilidade**, desde que esteja se atendendo às normas ASME ou NBR .

É preciso fazer o **levantamento sobre os preços e disponibilidade no mercado**, pois há épocas que mesmo querendo e podendo adquirir certo metal ou liga, estes não estão disponíveis no mercado nacional, e é preciso esperar muitos meses para se ter um certo equipamento construído.

Para meios muito agressivos

Via de regra se chega a um conjunto de metais e ligas ou muito caros, ou indisponíveis. Se isso ocorrer, ou o custo for impraticável, pode-se recorrer à saída de **revestir os metais e ligas com materiais poliméricos ou cerâmicos**, de forma a escolher o material que resista de forma adequada.

Seleção de Materiais

Selecionando revestimentos

A pesquisa deve ser iniciada nas mesmas bibliografias – aquelas que tratam de materiais outros que não só metais. Ao final, a escolha deverá seguir os mesmos critérios já abordados para a escolha do metal.

Uma consulta aos fornecedores dos revestimentos ou aos fornecedores do setor – válvulas- por exemplo- sobre disponibilidade do componente na versão revestido.

Exercício: pedir aos alunos para fazerem busca de metais resistentes à corrosão para fluídos, os mais variados , indo às fontes já indicadas ou outras disponíveis.

Seleção de Materiais

Na indústria do petróleo - algumas ligas resistentes

Special Metals Supplies Material for the *Most Severe* Sour Wells



Seleção de Materiais

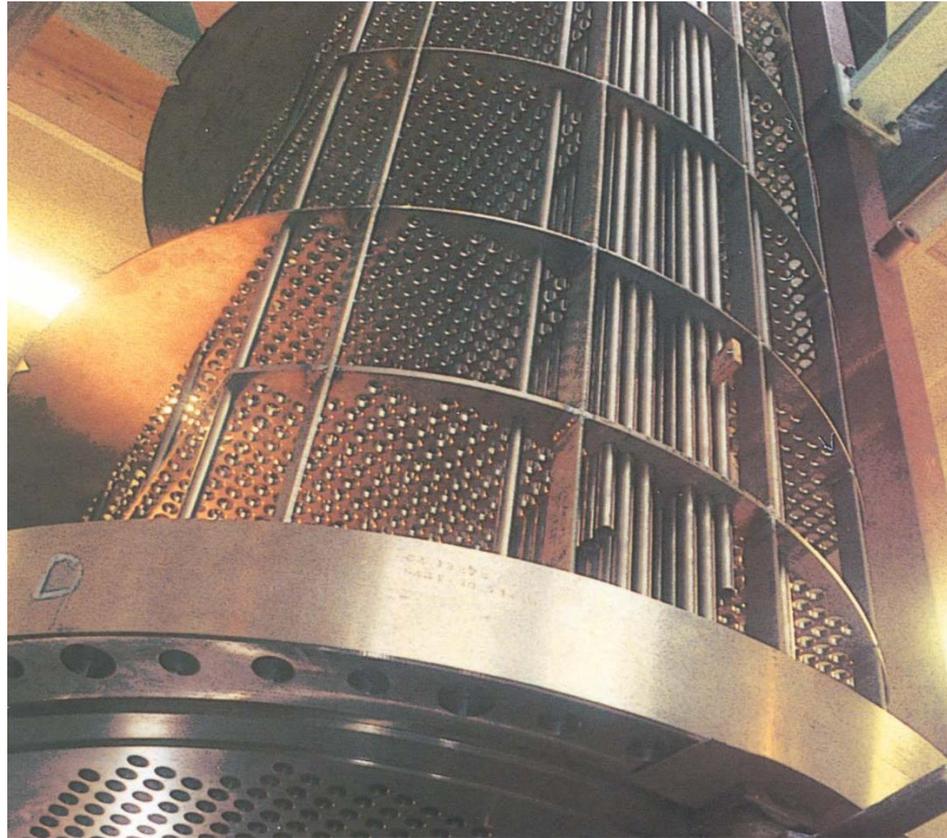
Na indústria do petróleo - algumas ligas resistentes



Tubos de Monel 400 são usados para revestir os tubos de saída transportando o óleo em estruturas off-shore. Protegem a região de respingos, pois o que está dentro da água está protegido catodicamente.

Seleção de Materiais

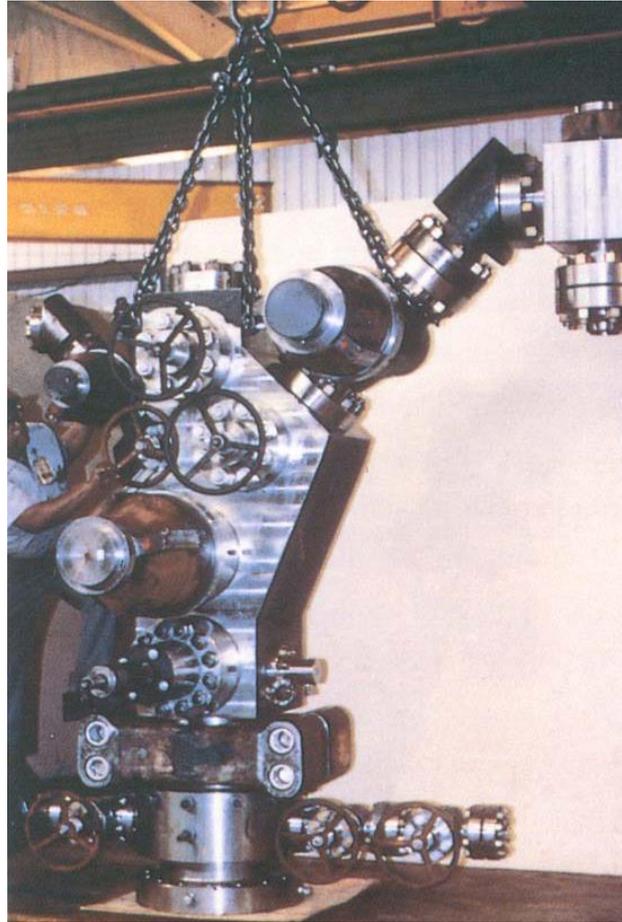
Na indústria do petróleo - algumas ligas resistentes



60 toneladas de Hastelloy C-276 foram usados nos tubos deste resfriador usando água do mar, numa plataforma do Mar do Norte.

Seleção de Materiais

Na indústria do petróleo - algumas ligas resistentes



9000kg de Incolloy 925 forjado foram usados para fazer o corpo desta super-válvula de bloqueio que tem de resistir a uma temperatura interna de 1095°C sem vazamentos.

Seleção de Materiais

Os materiais mais comumente empregados na fabricação de válvulas



Aço inoxidável



Aço carbono



latão



Aço inoxidável anodizado na cor vermelha



bronze



Ferro fundido maleável cromatizado



Corpo em material polimérico



Aço carbono forjado

ESTUDO DE CASO