Jurandir Primo

Gases Industriais
Criogênicos, Refrigerantes & Medicinais



Eng. Jurandir Primo
MsC in Mechanical Engineering

Gases Industriais
Criogênicos, Refrigerantes & Medicinais

Jurandir Primo
Copyright @ 2024
1ª edição – janeiro de 2024
Capa: Jurandir Primo – Sorocaba/SP

Primotech - Engineering Manuals

Primo, Jurandir

Gases Industriais, Soldagem, Automação, Sistemas Industriais;

Índice para pesquisas: Gases, Automação, Soldagem, Sistemas Industriais

ISBN:

Livro no sistema de auto-publicação cuja edição, revisão, diagramação e capa foram selecionadas pelo próprio autor, para diminuir custos e facilitar a todos os interessados em engenharia e tecnologia.

O autor permite que todas as partes do livro possam ser copiadas ou reproduzidas para fundamentos educacionais, instrutivos e treinamento técnico.

Para adquirir esta ou outras publicações do autor, enviar solicitação para:

primotechcourses@hotmail.com

INDICE:

1. **INTRODUÇÃO:**
2. **HISTÓRIA DA PRODUÇÃO DE GASES:**
3. **LEIS FUNDAMENTAIS DOS GASES:**
4. **TIPOS DE GASES E FUNDAMENTOS:**
5. **GASES INDUSTRIAIS E CARACTERÍSTICAS:**
6. **CRIOGENIA:**
7. **GASES & LÍQUIDOS CRIOGÊNICOS:**
8. **GASES REFRIGERANTES:**
9. **GASES PARA MERGULHO - SCUBA:**
10. **GASES MEDICINAIS – TIPOS E APLICAÇÃO:**
11. **MEDICINA HIPOBÁRICA E HIPERBÁRICA:**
12. **TRANSPORTE & ARMAZENAMENTO:**
13. **LINKS E REFERENCIAS:**

I. INTRODUÇÃO:

O gás é um dos **quatro** estados fundamentais da matéria (os outros são sólido, líquido e plasma). Ao contrário destes três estados da matéria, apenas o **plasma** não existe naturalmente na Terra em condições normais de superfície, mas pode ser **gerado** artificialmente a partir de gases **neutros**. Um gás puro pode ser gerado a partir de moléculas elementares individuais (por exemplo, um gás nobre como o néon), feitas de um tipo de átomo (por exemplo, oxigênio), ou de moléculas compostas, de uma variedade de átomos (por exemplo, dióxido de carbono). Uma mistura de gases pode conter uma variedade de gases puros, muito parecidos com o ar atmosférico.

A **teoria** cinética descreve um **gás** como um grande número de partículas sub-microscópicas (átomos ou moléculas), todas em movimento rápido e constante, com aleatoriedade decorrente de suas muitas colisões entre si e com as paredes do recipiente. Os fundamentos explicam as **propriedades** macroscópicas dos gases, como pressão, temperatura, viscosidade, condutividade térmica e volume, considerando sua composição molecular e movimento, como impactos, nas paredes de um recipiente, de moléculas ou átomos movendo-se em velocidades diferentes.

Na física, a **criogenia** é o estudo da produção e do comportamento de materiais em temperaturas bem **baixas**. Uma pessoa que estuda elementos que foram submetidos a temperaturas extremamente baixas é chamada de "*criogenicista*", que geralmente usa uma escala de temperatura em **Kelvin** ou **Rankine** para medir gases e líquidos a partir do **zero absoluto**, em vez de escalas mais usuais, como **Celsius** ou **Fahrenheit**, com seus zeros em temperaturas arbitrárias. Não está bem definido em que ponto a **refrigeração** da escala de temperatura termina e a

criogenia começa, mas os cientistas assumem que um gás é criogênico se puder ser liquefeito a **-150 °C** (123,15 K; -238 °F)

O Instituto Nacional de Padrões e Tecnologia dos EUA optou por considerar o **campo** da criogenia, envolvendo temperaturas abaixo de **-180°C** (93,15 K; -292°F). Esta é uma linha divisória lógica, uma vez que os pontos de ebulição normais dos chamados **gases permanentes** (como hélio, hidrogênio, néon, nitrogênio, oxigênio e ar normal) ficam **abaixo de -180°C**, enquanto os **refrigerantes** Freon, hidrocarbonetos e outros gases mais comuns têm pontos de ebulição **acima de -180°C**.

A descoberta de **materiais supercondutores** com temperaturas críticas significativamente acima do ponto de ebulição do nitrogênio líquido proporcionou um novo interesse em métodos confiáveis e de baixo custo para a produção de refrigeração criogênica de alta temperatura. O termo "*criogênico de alta temperatura*" descreve temperaturas que variam acima do ponto de ebulição do nitrogênio líquido, -195,79°C (77,36 K; -320,42°F), até -50°C (223,15 K; -58,00°F), geralmente definido pelo limite superior do estudo, denominado “criogenia”.

II. HISTÓRIA DA PRODUÇÃO DE GASES:

A compreensão inicial consistia em evidências empíricas, porém, com o advento dos métodos científicos e da ciência da química, os gases foram identificados e compreendidos positivamente. Por exemplo, o **dióxido de carbono** (CO2) é conhecido desde a antiguidade como um subproduto da fermentação, particularmente para bebidas, documentado pela primeira vez entre 7.000 e 6.600 a.C. em Jiahu, China. O gás natural foi usado pelos chineses por volta de **500 a.C**. quando descobriram o potencial para transportar gás que escoava do solo em tubulações brutas de bambu até onde era usado para ferver a água do mar.

O dióxido de enxofre foi usado pelos romanos na produção de vinho, quando descobriram que queimar velas feitas de enxofre dentro de recipientes de vinho vazios os manteria frescos e evitaria que ganhassem cheiro de vinagre.

Nota: O sistema de numeração de anos **AD** (Anno Domini) é aplicado aos calendários Juliano ou Gregoriano. Exemplo, **1 DC** (Depois de Cristo) é precedido por **1 AC** (Antes de Cristo). A numeração astronômica do ano foi formalizada pela norma **ISO 8601** para designação dos anos, de modo que **1 DC** = é ano **1**, **1 AC** = é **ano 0**, assim como **2 AC** = é ano **−1**, etc.

A história do gás manufaturado, para fins de iluminação, aquecimento e cozinha, na maior parte do século XIX e a primeira metade do século XX, começou com o desenvolvimento da química analítica e pneumática no final do século XVIII. No entanto, as pesquisas básicas com gás começaram principalmente no final do século XVII com a **separação** do **hidrogênio** por Henry Cavendish em 1776 e Alessandro Volta com a descoberta do metano em 1776. O termo "*plasma*" foi introduzido pela primeira vez pelo químico Irving Langmuir na década de 1920.

A palavra "**gás**" foi usada pela primeira vez no início do século XVII pelo químico e naturalista belga Jan Baptist van Helmont, considerando a transcrição fonética da palavra grega "**caos**", e simplesmente estabeleceu o uso alquímico, atestado pela primeira vez em nas obras da **terminologia** de Paracelso, já que "*caos*" significava algo como "*água ultra-rarificada*". Uma história alternativa é que a palavra "*gás*" poderia ter sido corrompida de "*gahst*" (ou "*geist*"), significando um "*fantasma ou espírito*", porque certos gases sugeriam uma origem sobrenatural, como a partir de sua origem e capacidade de causar a morte.

Durante o século 18, a lista foi ampliada com o trabalho de cientistas, como Stephen Hales, Joseph Black, Joseph Priestley e Antoine-Laurent Lavoisier. No entanto, até ao século XVIII, o gás não era reconhecido como um **estado** separado da matéria, embora algumas das propriedades mecânicas dos gases fossem compreendidas, como tipificado pelas experiências de Robert Boyle e pelo desenvolvimento da bomba de ar. Os gases eram considerados, mantendo a tradição **aristotélica** dos quatro elementos, como sendo o **ar**, um dos quatro elementos fundamentais, mas diferentes tipos de ar, como ar pútrido ou ar inflamável, eram considerados ar atmosférico com algumas impurezas, muito parecido com lama. Posteriormente, as propriedades dos gases foram descritas através do uso de **quatro** propriedades físicas ou características macroscópicas como pressão, volume, número de partículas (agrupadas por moles) e temperatura.

Estas **quatro** características foram repetidamente observadas por cientistas, tais como Robert Boyle, Jacques Charles, John Dalton, Joseph Gay-Lussac e Amedeo Avogadro para uma variedade de gases em vários experimentos. Comparados a outros estados da matéria, os gases possuem **baixa** densidade e viscosidade, observado que a pressão e as temperaturas influenciam nas partículas dentro de um determinado volume. Esta variação na separação e velocidade das partículas é chamada de **compressibilidade**. A iluminação artificial esteve praticamente ausente durante o desenvolvimento industrial do final do século XVIII e início do século XIX. Usar velas ou lamparinas a óleo para iluminar uma fábrica têxtil era caro e insalubre.

O final do século XVIII assistiu a uma série contínua de melhorias na tecnologia de **iluminação**, impulsionadas pela procura e tornadas possíveis através do trabalho de **Lavoisier** relativamente ao papel do **oxigénio** na combustão. A produção de gases a partir do carvão foi notada por Henry Clayton, mas não

teve qualquer aplicação prática até o final do século XVIII. O gás produzido a partir da queima de carvão não foi utilizado, até que William Murdoch começou a promover o **gás de carvão** como iluminante, seguido por George Dixon em 1780 em Cockfield, por Jean-Pierre Minckelers em 1785 em Louvain, e Archibald Cochrane em 1787 na Abadia de Culross. Em **1802**, protótipos para **fábricas** de gás foram construídos pela primeira vez na Soho Foundry e em 1805 na fábrica de algodão de George Lee em Salford, perto da cidade industrial de Manchester.

A **primeira** fábrica de gás, a Gas Light and Coke Company, com sede em Londres, foi fundada por Frederick Albert Winsor, da Alemanha, para fornecer gás de carvão e coque a todo o país e ao exterior. Esta empresa foi posteriormente constituída, pela Carta Régia de abril de **1812**, sob o selo do Rei George III. As primeiras tentativas de fabricar gases combustíveis de forma comercial foram feitas no período 1795-1805. Embora outros precursores estejam na linha do tempo, a **tecnologia** para aplicações comerciais foi elaborada por dois engenheiros, Philippe Lebon na França e por William Murdoch na Inglaterra.

Os gases combustíveis **geram** muitas substâncias químicas, incluindo hidrogénio, metano, monóxido de carbono e etileno, e podem ser queimados para fins de aquecimento e iluminação. O gás de carvão, por exemplo, também contém quantidades significativas de compostos indesejados de enxofre e amônia, bem como hidrocarbonetos pesados, portanto, os gases combustíveis fabricados precisam ser purificados antes do uso.

De 1812 a aproximadamente 1825, o gás fabricado foi predominantemente uma tecnologia inglesa. Durante o **século XIX**, os gases industriais estiveram indissociavelmente ligados ao rápido ritmo de industrialização que marcou este século. A geração em larga escala de determinados gases abriu as portas para novos

tipos de tecnologias e processos de produção. O acetileno, por exemplo, foi descoberto em 1836 por **Edmund Davy**, que o identificou como um "*novo carburador de hidrogênio*" e "*redescoberto*" em 1860 pelo químico francês Marcellin Berthelot, que cunhou o nome "**acétylène**". Um marco significativo ocorreu em 1862, quando Friedrich Wöhler também conseguiu produzir acetileno a partir da reação entre carboneto de cálcio e água.

Em 1892, o inventor canadense Thomas Leopold "**Carbide**" Wilson e o químico francês Ferdinand Frederick Henri Moissan descobriram um processo economicamente eficiente para criar carboneto de cálcio em um forno elétrico. O **carboneto** de cálcio é um composto químico (CaC2). Seu principal uso industrial é na produção de acetileno e cianamida cálcica (CaCN2, hoje utilizado como fertilizante). Isso abriu o caminho para a produção de acetileno em escala industrial em 1895. Inicialmente, o **acetileno** era usado principalmente para fins de iluminação devido à sua chama brilhante. Mais tarde, a partir de 1901, a sua elevada temperatura de combustão em oxigénio levou ao desenvolvimento da tecnologia de corte e soldadura autógena.



Edmund Davy

Na década de 1890, foram construídos **gasoduto**s de campos de gás natural no Texas e Oklahoma para Chicago e outras cidades, e o gás natural foi usado para complementar o fornecimento de gás combustível manufaturado, eventualmente substituindo-o completamente. No século XVIII e durante grande parte do século XIX e primeira metade do século XX, iniciou-se o desenvolvimento da química analítica e pneumática. O processo de fabricação de "*gases combustíveis sintéticos*" (ou gás manufaturado) normalmente consistia na gaseificação de materiais combustíveis, geralmente **carvão**, mas também madeira e petróleo. O carvão foi gaseificado aquecendo-o em fornos fechados com uma atmosfera pobre em oxigênio.

Um passo ainda mais importante na perspectiva atual foi a **liquefação** do **ar** por Carl von Linde, marcando o nascimento de uma indústria inteiramente nova. Em 1902, a Linde começou a utilizar um processo de retificação para separar o ar líquido para produção contínua de oxigênio com pureza acima de **99%**. O azoto de elevada pureza foi recuperado pela primeira vez em 1905 e, cinco anos mais tarde, em 1910, a produção simultânea de **oxigéni**o e **azoto** tornou-se possível com a invenção do retificador de coluna dupla pela Linde.

Durante este período, houve uma concorrência particularmente forte entre Carl von Linde e o engenheiro e inventor francês George Claude, um dos fundadores da **L'Air Liquide** em 1902, estimulando assim um maior desenvolvimento da tecnologia de separação de ar e resultando em melhorias importantes. A disponibilidade de **nitrogênio** e **hidrogênio** em escala industrial na virada do século XIX para o século XX permitiu uma série de novas aplicações. A Empresa BASF, por exemplo, conseguiu desenvolver uma síntese de **amoníaco** a partir de azoto e hidrogénio em 1913. Isto também abriu caminho para a produção em massa de vários tipos de fertilizantes.