

Coqueificação



Mina Subterrânea de Carvão (1940)



Metallurgical coal being mined underground in the 1940's. (U.S. Steel)

Carvão no Pátio de Matérias-Primas



Carvão e Coque

- Usados como combustível e agente redutor;
- Constituídos de carbono e hidrogênio com pequenas quantidades de outros elementos: N, S, O.
- Em carvões $n_H/n_C < 1$;
- Cinza do carvão : óxidos metálicos e silicatos;
- Enxofre no carvão : na forma de compostos inorgânicos (FeS_2) e parcialmente ligado a hidrocarbonetos. Quando o carvão é queimado o enxofre entra nos gases de combustão como SO_2 ;
- Quando o carvão ou coque são usados como agentes redutores, o enxofre pode contaminar o metal;

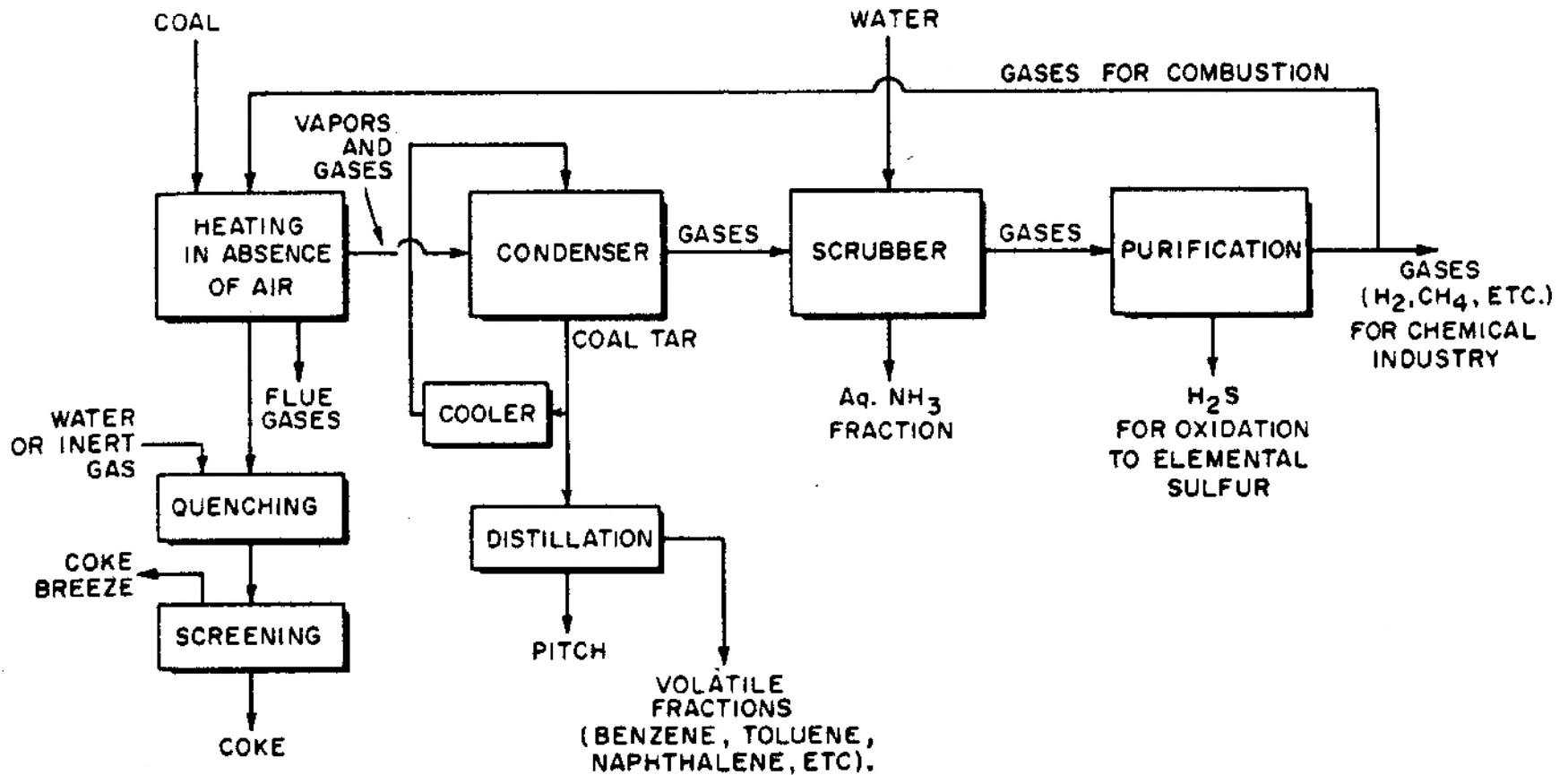
- **A necessidade de se ter um combustível sólido de alta resistência mecânica e ao mesmo tempo poroso conduziu ao coque;**
- **O coque é produzido a partir de carvão mineral;**
- **Quando aquecido a altas temperaturas, na ausência de oxigênio, o material orgânico complexo que compõe o carvão se transforma, formando gases, compostos orgânicos de baixo peso molecular e um resíduo carbonáceo, chamado coque. O processo é conhecido como carbonização ou destilação destrutiva;**

- **Nem todo tipo de carvão pode ser utilizado para fabricação do coque. O carvão coqueificável é aquele que primeiro amolece e então se solidifica em um material resistente quando aquecido acima de sua temperatura de decomposição;**
- **Um carvão não-coqueificável se transforma em pó quando carbonizado desta forma;**
- **Carvões coqueificáveis e que contém não mais de 1,25% S e 8% de cinza são conhecidos como carvões coqueificáveis grau metalúrgico. O coque produzido poderá ser utilizado em alto-forno.**

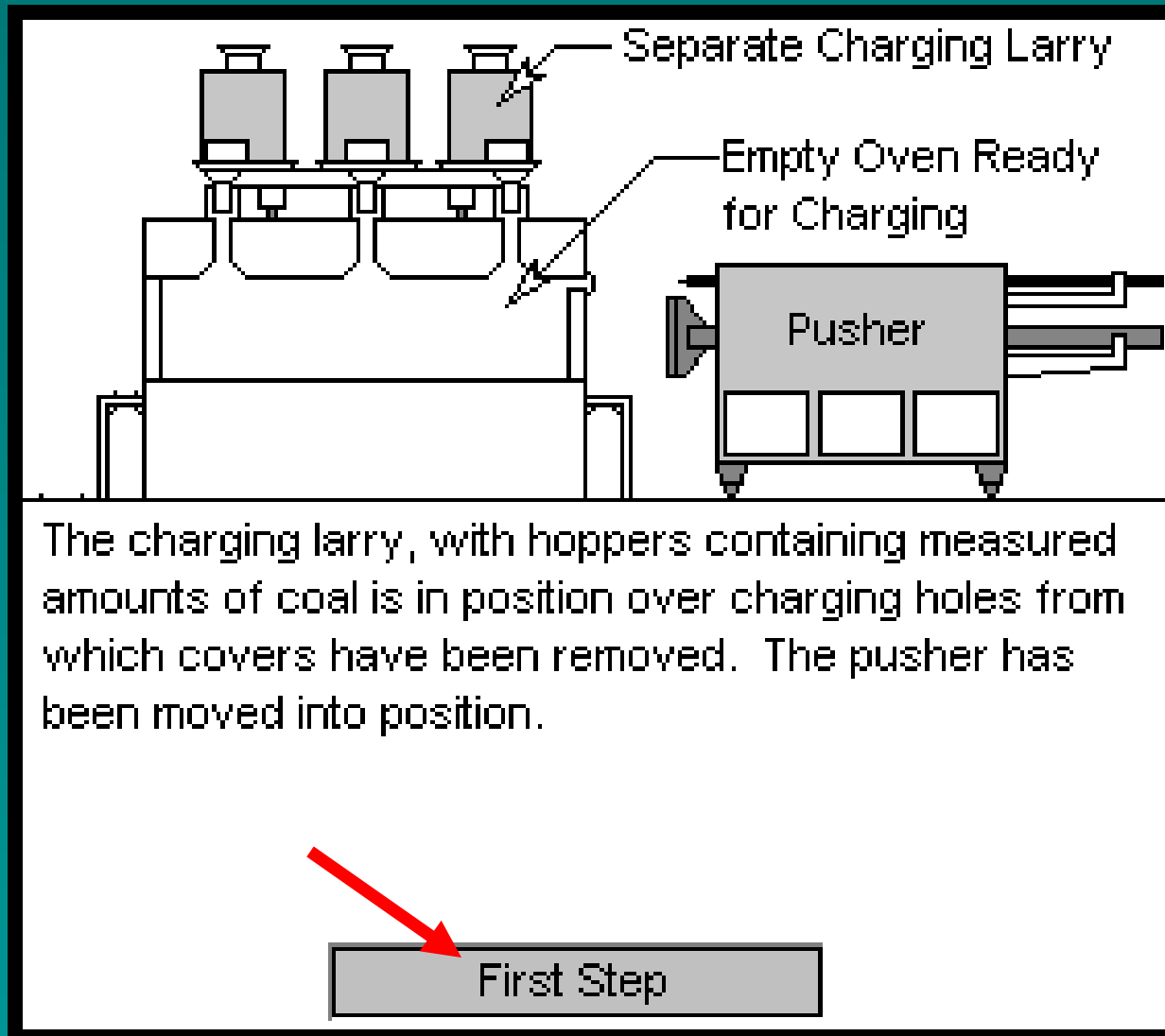
Análise Típica de um Carvão Betuminoso

Ultimate analysis (dry basis) %		Proximate analysis (dry basis) %		Destructive distillation %	
Ash	7.2	Volatile Matter	32.9	Coke*	70.4
C	79.4	Fixed Carbon	60.0	Tar	5.4
H	5.1	Ash	7.1	NH ₃	0.3
N	1.5			Water	4.8
O	5.8			Volatile sulfur	0.3
S	1.02			Gas	18.9
P	0.0005				100.0
* Total carbonaceous residue containing 7.26% ash					

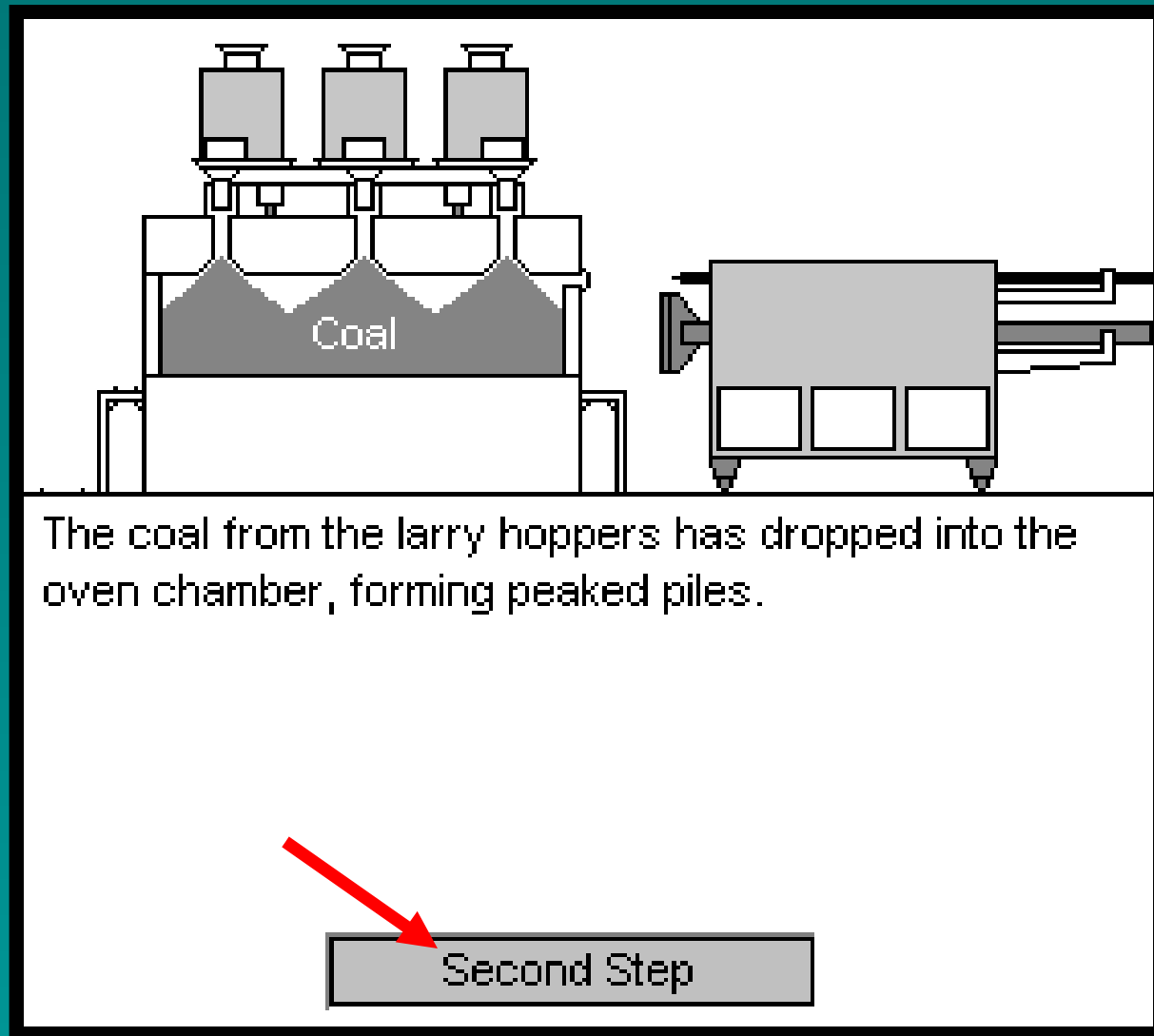
Fluxograma: Coqueificação



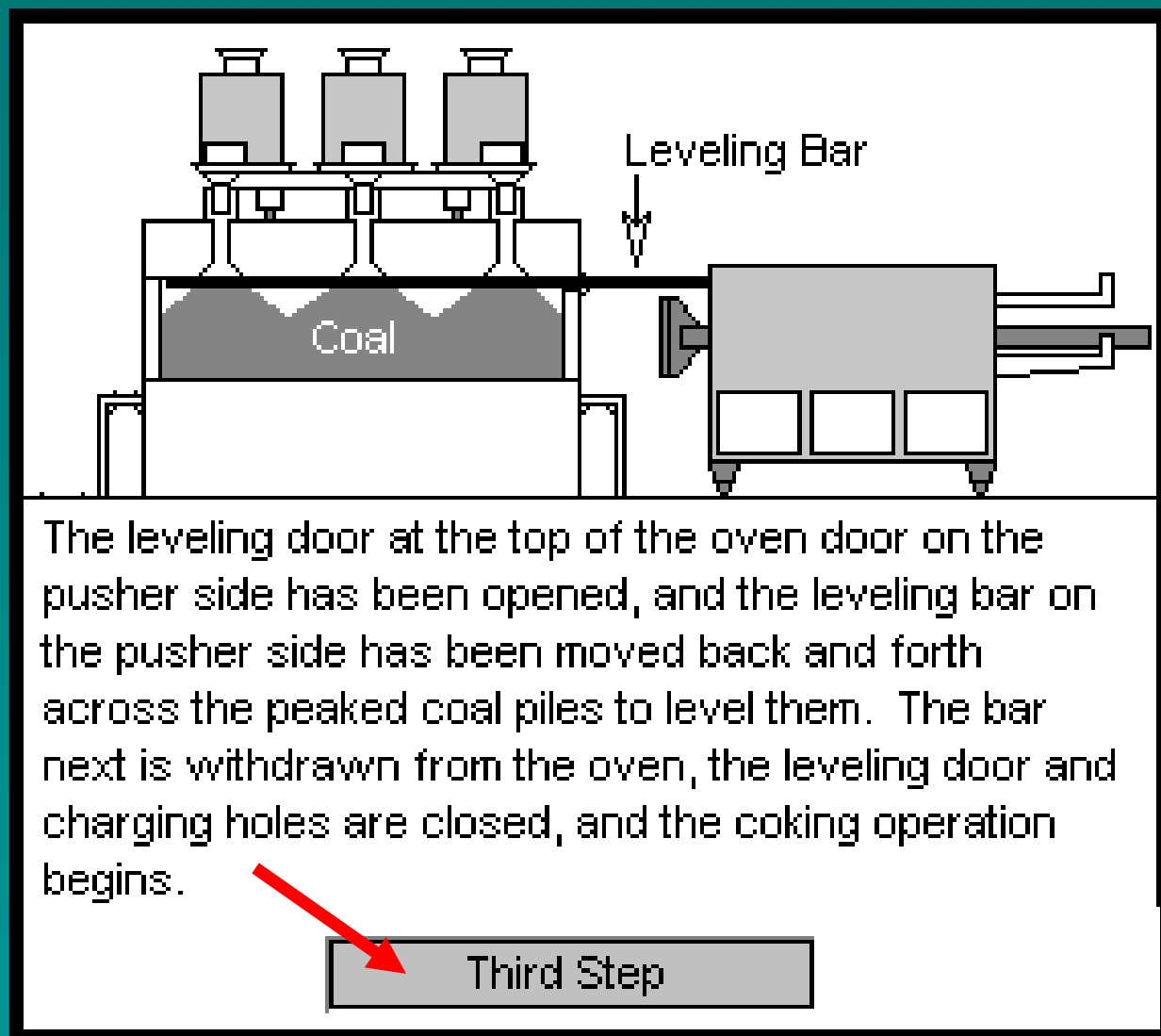
Processo de Retorta para Produção do Coque



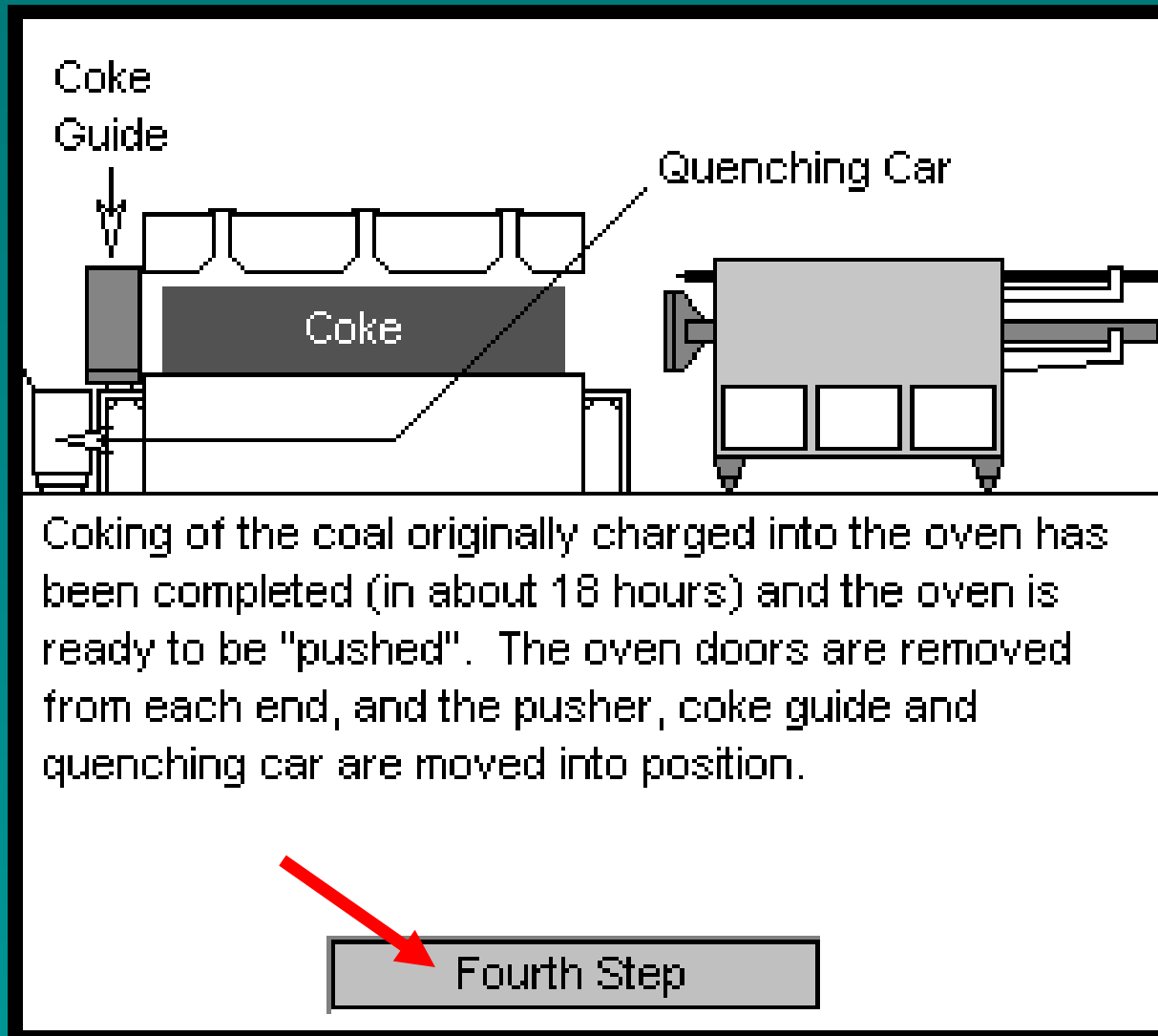
Processo de Retorta para Produção do Coque



Processo de Retorta para Produção do Coque



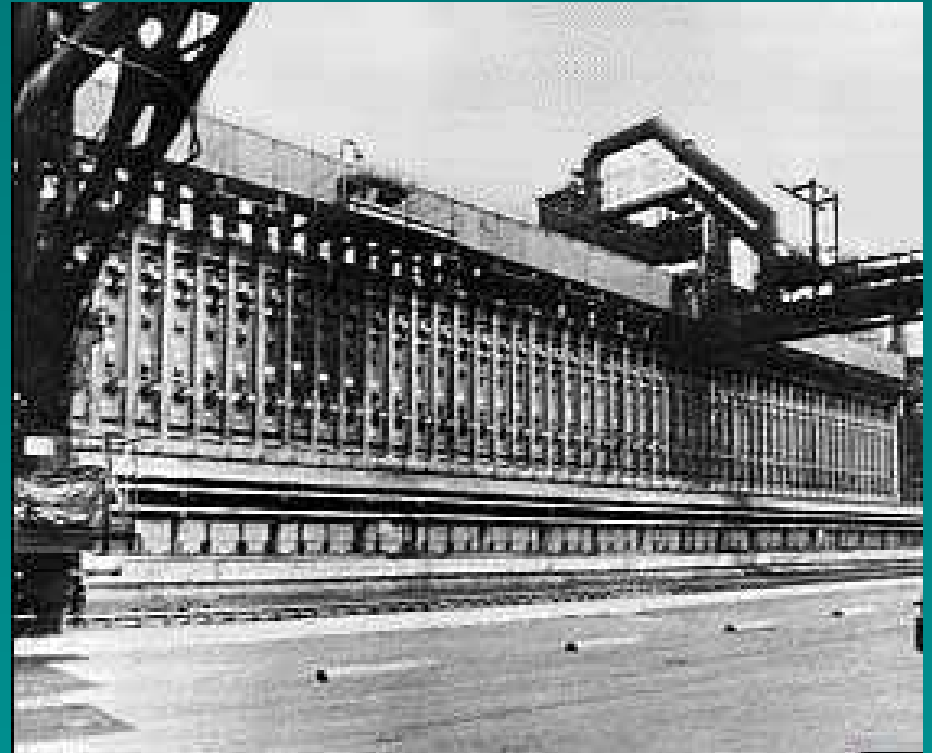
Processo de Retorta para Produção do Coque



Bateria de Coqueificação



Baterias de Coqueificação



Retorta Aberta



Remoção do Coque da Retorta



Produção do Coque em Laboratório



Coque



Composição Aproximada do Coque

%	
Fixed C	82-88
Volatile matter	1-2
Ash	10-15
S	0.5-1.5
P	0.05
Moisture	5-15

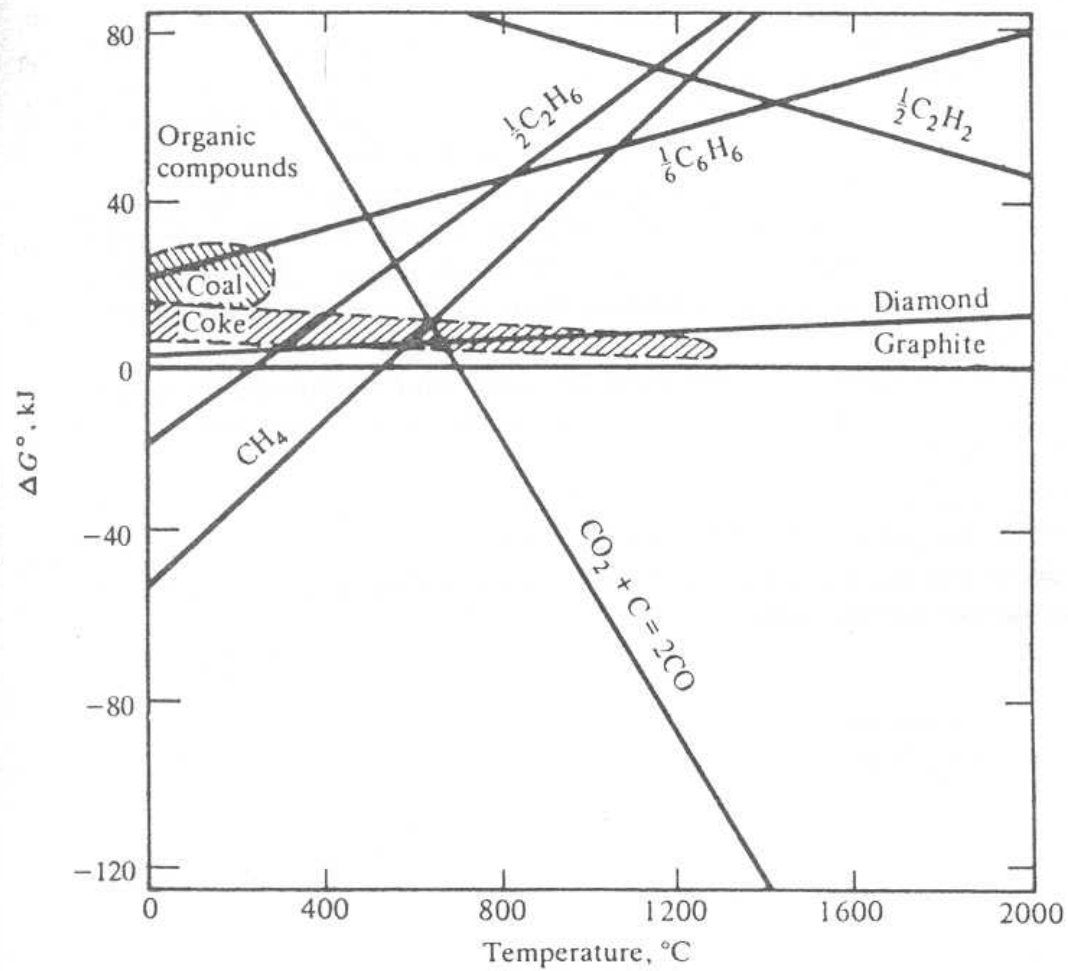
Composição Aproximada da Cinza do Coque

	%
SiO₂	45-49
Al₂O₃	28-35
Fe₂O₃	10-12
CaO	2-6
MgO	1-2
P	0.3

Composição Aproximada do Gás de Coqueria

%		%	
H_2	55.0	O_2	0.4
CH_4	28.0	N_2	4.3
C_2H_4	2.5	NH_3	1.0
C_2H_6	0.8	H_2S	0.6
CO	5.6	HCN	0.1
CO_2	1.4	CS_2	0.04





- Os únicos hidrocarbonetos estáveis à temperatura ambiente são metano (CH_4) e etano (C_2H_6);
- Outros hidrocarbonetos, carvão, coque, etc.. São termodinamicamente instáveis. A decomposição não ocorre rapidamente por restrições cinéticas;
- Para $T > 500^\circ\text{C}$ mesmo metano se torna instável e se decompõe em grafite e hidrogênio. Se o material original contém oxigênio, este irá reagir com carbono e hidrogênio para formar misturas de CO_2 e H_2O a altas temperaturas;
- No aquecimento o enxofre presente no carvão será convertido em H_2S (na ausência de oxigênio) ou pode permanecer na forma de sulfetos no estado sólido.

O custo da energia normalmente representa uma alta proporção do custo do metal produzido

Energia

Energia para movimentação de materiais;

Energia para operações de cominuição;

Calor para aquecimento;

Calor para fusão, evaporação;

Calor para reação endotérmicas

**Fontes primárias de energia: Combustíveis
Fósseis (carvão, óleo, gás natural)**

**Fontes secundárias de energia: coque, gás
manufaturado; eletricidade**

**A energia está continuamente
sendo dissipada na forma de atrito,
transferência de calor por
irradiação, condução e na forma de
som.**

**A energia é obtida principalmente a
partir de combustíveis fósseis
(carvão, óleos e gás natural)**

**Outras fontes: hidráulica, nuclear,
biomassa**

Combustíveis sólidos

Carvão

Coque; gás; geração de vapor para produção de eletricidade

O poder calorífico de um carvão depende de seu teor de C, H e cinzas

O preço de um carvão depende de seu poder calorífico, teor de enxofre, tamanho e qualidade de coqueificação

Os carvões mais baratos, normalmente de alto teor de cinzas, são principalmente usados em estações de geração de eletricidade, na forma de carvão pulverizado.

Combustíveis líquidos

Óleos derivados do petróleo e aqueles derivados da carbonização dos carvões

Destilação do petróleo

Querozene; óleo diesel; óleos leves; óleos pesados; resíduos (graxas, ceras, pixe)

Quimicamente, os óleos devem apresentar um teor de enxofre tão baixo quanto possível, mas valores da ordem de 2% são comuns nas frações mais pesadas. O preço reflete o teor de enxofre.

O poder calorífico dos óleos não varia muito do valor típico de 42000 kJ/kg. Isto é aproximadamente 25% maior que aquele de carvões típicos.

Combustíveis gasosos

Gas natural (essencialmente metano)

Gás de coqueria (metano, hidrogênio, monóxido de carbono)

Gases de refinaria (butano, propano)

Gases manufaturados (limitada quantidade)

Um gás pobre como gás de alto-forno pode ser queimado de forma útil somente se o ar é pré-aquecido e preferencialmente o gás também

Gases ricos em metano não devem ser pré-aquecidos porque os hidrocarbonetos se decompõem depositando um resíduo sólido

O poder calorífico dos gases varia numa grande faixa dependendo de quanto de nitrogênio (inerte) está presente e quais espécies combustíveis estão presentes

Gases ricos em metano não devem ser pré-aquecidos porque os hidrocarbonetos se decompõem depositando um resíduo sólido

Energia Elétrica

Derivada do carvão, óleo, queda d'água, nuclear

Em algumas indústrias a demanda por energia elétrica é tão grande que capacidades especiais de geração precisam ser criadas (Ex. Indústria de Al primário)

Usos da eletricidade: aquecimento; cominuição; redução eletrolítica; pequenos equipamentos; equipamentos manuais; sistemas de controle; computadores

Numa planta de eletrólisis parte da energia suprida deverá ser retificada para corrente contínua

Em geral a corrente alternada é preferível porque é mais flexível em seu uso: transformação da voltagem é fácil; custos de transmissão são mais baixos; vantagens econômicas associadas com o uso de três fases (menores voltagens e correntes, menores motores)