

BALANÇO DE MASSA DE CONVERTEDOR A OXIGÊNIO

Metalurgista Industrial

junho 2019

www.metalurgistaindustrial.com.br

Os balanços de massa são uma ferramenta muito útil de análise e avaliação de desempenho de processos metalúrgicos, baseados no princípio fundamental de conservação de massa. Esse princípio, estendido ao de conservação de energia, torna os balanços de massa em balanços de massa e energia. A equação genérica dos balanços de massa referidos aos limites de um sistema encontra-se a seguir. Os usuais fluxogramas de produção, que indicam as diferentes etapas envolvidas no processamento e respectivos rendimentos de transformação, são tipicamente balanços de massa.

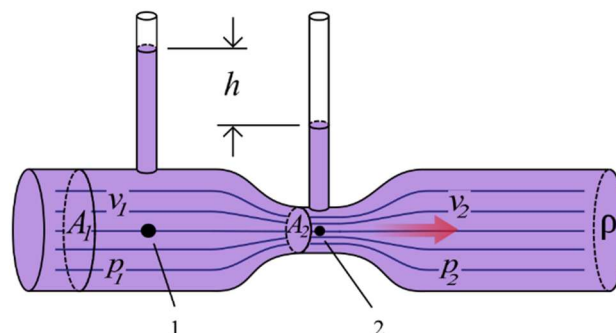
$$\text{ENTRADA DE MASSA} - \text{SAÍDA DE MASSA} + \text{GERAÇÃO DE MASSA} - \text{CONSUMO} = \text{ACUMULAÇÃO}$$

O Caso

O caso ora apresentado deve-se a uma avaliação de a capacidade de uma ASU (Air Separation Unit – Fábrica de Gases Industriais) atender à demanda por oxigênio gasoso de dois convertedores a oxigênio. Em uma usina siderúrgica integrada, esses reatores são os grandes consumidores de oxigênio de elevada pureza, acima de 99%. Os princípios de operação de convertedores são abordados na Resenha Técnica sobre Tecnologias de Processo Os Processos Pneumáticos de Produção de Aço. A Resenha de Casos Certificação da Capacidade de Produção de Aciaria a Oxigênio introduz um exemplo concreto dessa tecnologia.

A opção deste metalurgista industrial para abordagem da avaliação em pauta foi a de um balanço de massa do oxigênio envolvido no processo por tonelada de ferro-gusa líquido enforado, mostrado em prosseguimento originalmente no idioma inglês. HM nesse balanço significa *hot metal*, o ferro-gusa produzido em alto-forno. O resultado final espelhado no balanço é de $60\text{Nm}^3/\text{tHM}$. Além do oxigênio gasoso, outras fontes de oxigênio são oferecidas ao processo na forma de óxidos de ferro presentes na sucata ferrosa carregada e adições de minério de ferro para ajustes no balanço energético. Deduzidas as contribuições trazidas por essas fontes, o valor de consumo referencial específico adotado foi de $54\text{Nm}^3/\text{tHM}$ para o sopro de oxigênio do convertedor.

A demanda considerada foi necessariamente a de pico. Converteedores não são reatores contínuos, mas operam em regime de bateladas. A previsão de consumo de oxigênio gasoso levou necessariamente em conta oxigênio de alta pressão de 30barg, pois abaixo de 20barg o sopro é interrompido. Os convertedores não eram previstos operar em regime de *overlapping* de sopro. A razão da alta pressão prende-se à própria tecnologia do processo, que opera a jatos supersônicos de oxigênio gasoso. Esse efeito é obtido pelos bocais de sopro que utilizam o efeito Venturi baseado na lei de conservação de energia:



Os parâmetros operacionais adotados consideraram um tempo de sopro de 14 a 16 minutos (média de 15 minutos). Premissas relativas à taxa de utilização dos convertedores conduziram a ajustes finais nos resultados desse balanço, que concluíram um consumo de oxigênio de alta pressão de 34.320Nm³/h ou 1.177 t/dia.

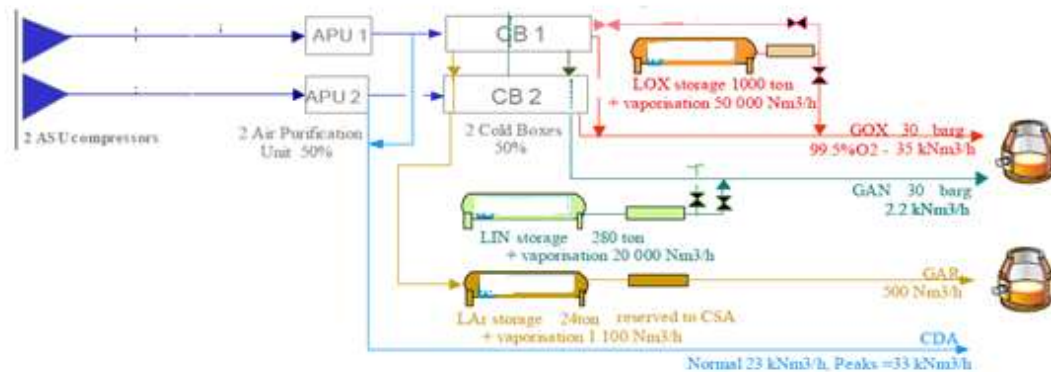
<u>INPUT</u>		<u>OUTPUT</u>	
<u>Hot Metal</u>		<u>Steel</u>	
Fe	939.65 kg	Fe	908.38
C	44.30	C	1.82
Si	8.00	Si	0.00
Mn	7.00	Mn	1.37
P	0.80	P	0.09
S	0.25	S	0.15
O	0.00	O	0.27
	1000.00		912.08
			Oxygen (kg/tHM)
	For carbon		
	38.23 kg C to CO		50.94
	4.25kg C to CO ₂		11.32
	For silicon		
	8.00kg Si to SiO ₂		9.11
	For manganese		
	7.27kg MnO in slag		1.64
	For phosphorus		
	1.62kg P ₂ O ₅ in slag		0.91
	For iron to FeO		
	21.29Kg FeO in slag		4.74
	For iron to Fe ₂ O ₃		
	Fe ₂ O ₃ in slag		
	Fe ₂ O ₃ in fume		6.32
	Less Fe ₂ O ₃ in flux		
	For oxygen dissolved in steel		0.27
			85.25
	Less oxygen displaced from CaO by S to form CaS		(0.05)
			85.20
	N ₂ +Ar, 0.5% by volume		0.37
	Total in weight		85.57 kg/tHM
	Total in volume		60Nm ₃ /tHM

A ASU

O processo mais usual de produção de gases, que é o seguido no caso em pauta, é baseado no método de destilação fracionária seletiva em unidades de separação criogênica, que seguem o princípio da liquefação do ar desenvolvido por Carl von Linde no início do século XX utilizando o efeito Joule – Thomson.

A unidade em questão é equipada com duas unidades de separação de ar em paralelo cada qual produzindo 50% da capacidade total projetada em gases industriais (oxigênio, nitrogênio e argônio), compreendendo dois compressores de ar, duas unidades de purificação de ar e duas caixas frias (cold boxes), cada qual com uma coluna de argônio.

A fábrica é equipada com três tanques de estocagem para oxigênio, nitrogênio e argônio líquidos que agem como acumuladores para absorver os picos de consumos intermitentes. Fábricas de gases industriais, diferentemente dos convertedores, operam de forma contínua.



O valor de consumo de pico de oxigênio de alta pressão observado no balanço acusou um déficit projetado para esse insumo, que foi devidamente informado ao concessionário da fábrica para as providências cabíveis quanto ao atendimento dos requisitos de demanda.