EFEITO DA SEQUÊNCIA DE MISTURA DE ADITIVOS E AGLOMERANTES NA PELOTIZAÇÃO

JADER MARTINS

Coordenador do Programa Mineral

ALBERTO ANTÔNIO DE FARIA

Setor de Tecnologia Metalúrgica

Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais

- CETEC -

30.000 - Belo Horizonte/MG - Brasil

ABSTRACT

It was carried out a research on the effect of the mixing sequence of addition of additives and binder over the properties of cold-bonded pellet. The results obtained showed that the initial compressive strength is affected by the mixing sequence.

EFEITO DA SEQUÊNCIA DE MISTURA DE ADITIVOS E AGLOMERANTES NA PELOTIZAÇÃO

INTRODUÇÃO

A resistência mecânica inicial em processos de pelotização a frio é de grande importância, uma vez que distintamente do processo de queima de pelotas, as pelotas a frio passam por um período de cura, e por serem manuseadas e estocadas, necessitam atingir determinados níveis de resistência. Em geral, o período mais crítico para resistência é as primeiras 24 horas após a pelotização.

Dentre as operações unitárias dos processos de aglomeração, uma das mais relevantes é a da mistura de materiais. Apesar de sua importância não se encontra na literatura, muitos trabalhos sobre esta operação.

Estudos têm sido realizados, principalmente na área de pelotização a frio, utilizando como aglomerantes, cimento, melaço, alcatrão, amido e outros aditivos, cujos resultados poderiam ser, talvez, mais favoráveis se maior atenção fosse dada a etapa de mistura de materiais.

Este trabalho tem como objetivo apresentar um estudo simplificado do efeito da sequência de mistura de materiais aglomerantes em processo de pelotização a frio, sobre a resistência inicial das pelotas.

MATERIAIS E EQUIPAMENTOS

Os materiais utilizados no estudo do efeito da sequência de adição em mistura, foram: minério de ferro, cimento ARI (Alta Resistência Inicial), quartzito moído e água.

A análise granulométrica do minério de ferro (Pellet feed) se encontra na Tabela 1. Metade da amostra do minério foi moída 100% a -325 #. As quatro granulometrias de minério utilizadas na pesquisa foram obtidas através das seguintes composições:

C_1 - 30% pellet feed moído + 70% pellet feed

C_2 - 100% pellet feed moído

C_3 - 50% pellet feed moído + 50% pellet feed

C_4 - 70% pellet feed moído + 30% pellet feed

O cimento ARI (Alta Resistência Inicial) e o quartzito moído possuiam respectivamente, as superfícies específicas (Blaine) de 4050 cm^2/g e 2700 cm^2/g.

O tambor de pelotização utilizado, foi baseado no modelo desenvolvido por Sastry da Universidade de Berkeley, Califórnia, e descrito por Martins, J. (1). Deve-se ressaltar que a utilização deste equipamento

elimina o efeito das variáveis umidade da pelota, tempo de pelotização e produção de pelota (fator humano na operação).

As matérias-primas foram misturadas em um misturador intensivo EIRICH, do tipo RO2, de laboratório, com recipiente de aço inox e com capacidade para 10 litros.

RESULTADOS EXPERIMENTAIS

Os ensaios foram programados de modo a se poder estudar as seguintes variáveis:

1 - sequência de mistura - 4 níveis (B_1, B_2, B_3 e B_4)

2 - granulometria do minério - 4 níveis (C_1, C_2, C_3 e C_4)

3 - adição de quartzito moído - 2 níveis (com e sem adição)

A percentagem de cimento ARI adicionado foi constante (10%) e a relação sílica/cimento nos ensaios em que houve adição de sílica foi de 0,3. Como se trata de um tambor de pequena dimensão, o tamanho de pelotas produzidas ficou na faixa 6,7 e 9,5 mm.

As sequências de misturas foram:

1. Com adição de sílica

$$B_1 - (C + S)^{1'} + A^{3'} + M^{5'}$$

$$B_2 - (C + S)^{1'} + (1/2\ A)^{3'} + (1/2\ A + M)^{5'}$$

$$B_3 - (C + S)^{1'} + M^{3'} + A^{5'}$$

$$B_4 - (C + S)^{1'} + (1/2\ M)^{2'} + 1/2\ A^{3'} + 1/2\ (M + A)^{3'}$$

2. Sem adição de sílica

$$B_1 - (C + A)^{3'} + M^{5'}$$

$$B_2 - (C + 1/2\ A)^{3'} + (1/2\ A + M)^{5'}$$

$$B_3 - (C + M)^{3'} + A^{5'}$$

$$B_4 - (C + 1/2\ M)^{2'} + 1/2\ A^{3'} + 1/2\ (M + A)^{3'}$$

B = sequência de mistura

C = cimento

S = sílica

A = água

M = minério

Os números nas equações de sequência de mistura se referem ao tempo (em minutos) gasto para cada etapa do processo de mistura.

Na Tabela 2 é mostrado os resultados de resistência após o 1º dia de cura. Através destes resultados foi possível aplicar o método estatístico fatorial para analisar os efeitos das variáveis ordem de mistura, granulometria e adição de sílica sobre a resistência das pelotas. Na Tabela 3 encontramos a análise da variança, resultante do procedimento analítico rotineiro deste método.

Através do Teste F , comparamos se alguma das variançãs obtidas devido a interações de primeira ordem são significativamente maiores que a variança devido ao erro experimental (residual). A única variança não significante é a da interação SC. Daí calculamos o novo residual, somando os valores da soma dos quadrados da interação SC com o do residual e dividindo o resultado pela soma dos graus de liberdade. O novo valor do residual é 0,9, com 12 graus de liberdade.

Através de uma tabela com valores de F , encontramos que:

$F_{0.05,\ 1.12}$	= 4,75	$F_{0.01,\ 1.12}$	= 9,33
$F_{0.05,\ 3.12}$	= 3,59	$F_{0.01,\ 3.12}$	= 5,95
$F_{0.05,\ 9.12}$	= 2,80	$F_{0.01,\ 9.12}$	= 4,39

e que o teste F , comprova que as variançãs BC, SB e C não são significativamente diferentes da variança do residual, enquanto que as variáveis S e B são significantes ao nível de 1%. Os melhores resultados, ou seja, aqueles que apresentaram resistência à compressão mais elevado foram obtidos com adição de sílica (S_1) e com a ordem de mistura B_1.

DISCUSSÃO

O efeito da sequência de mistura dos materiais (minério, cimento, aditivo e água) para a pelotização parece realmente afetar a resistência à compressão das pelotas após o primeiro dia de cura.

Fitzpatric (2) em seus estudos do efeito da ordem de mistura sobre a resistência de concreto, chegou à conclusão que resistências mais elevadas poderiam ser obtidas se:

1) cimento e areia fossem separadamente misturados;
2) água adicionada posteriormente;
3) e o agregado fosse adicionado à mistura água-cimento-areia.

Em trabalho anteriormente realizado por Martins (3), foi observado que na briquetagem a frio de minério de ferro, os testes que apresentaram resistências mais elevadas foram aqueles em que cimento e sílica foram misturados separadamente depois de adicionar água e finalmente minério era também adicionado.

O problema que pode ocorrer ao se adicionar a água ao agregado, ou pior ainda, ao minério (granulometria mais fina), é que pode acontecer de haver uma falta de água disponível para a hidratação do cimento, enquanto que, adicionando o cimento "molhado" ao minério, evita-se que isto aconteça.

É interessante observar que os resultados obtidos coindicem com os anterioremnte obtidos por Martins (3), utilizando outros materiais e outro equipamento de mistura. Naquela oportunidade, a sílica foi adicionada com o objetivo de controlar a basicidade da pelota, mas constatou-se que as pelotas com adição de sílica não só haviam apresentado resistências mais elevadas, mas também que, esta resistência havia se desenvolvido mais rapidamente, ou seja, a adição de quartzo finamente moído, acelerava a reação de hidratação do cimento. No mesmo trabalho observou-se que a melhor sequência de mistura de materiais para a pelotização a frio, era a de misturar cimento e sílica separadamente, adicionar água e finalmente, adicionar o minério.

CONCLUSÃO

A ordem de mistura de materiais aglomerados a frio, afeta a resistência a compressão após o primeiro dia de cura.

Se o aditivo aglomerante for cimento, a melhor sequência de mistura será misturar inicialmente cimento com água e logo após, adicionar o minério para completar a operação.

BIBLIOGRAFIA

1. MARTINS, J. - Metalurgia - ABM - V. 39, nº 307, junho, 1983.
2. FITZPATRIC, F.L. e SERKIN, W. - Proceedings of American Concrete Institute, V. 46, pág. 137-140, october, 1950.
3. MARTINS, J. - The Pelletizing of Iron Ores - Studies in the Hardening of Cold-Bonded Iron Ores and in the Kinetics of Balling - Tese de PhD, Universidade de Leeds, 1978.
4. MORONEY, J.J. - Facts From Figures; Penguin Books Ltd, Middlesex.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro concedido pela FINEP - Financiadora de Estudos e Projetos, que financiou o projeto "Pelotização a Frio de Minério de Ferro", de onde foi extraído este trabalho.

TABELA 1 - Análise Granulométrica

	(% Retida Acumulada)			
Malha	100	150	2000	325
Pellet feed	4,5	13,1	27,9	59,5

TABELA 2 - Variação da Resistência à Compressão para o Primeiro Dia de Cura (Sequência de Mistura) - kg/Pelota

	COM SÍLICA (S_1)				SEM SÍLICA (S_2)				SOMA
	B_1	B_2	B_3	B_4	B_1	B_2	B_3	B_4	
C_1	10,1	5,8	5,5	6,4	10,0	4,9	5,4	6,5	54,6
C_2	11,3	7,9	8,3	7,6	5,6	5,7	6,8	6,8	60,0
C_3	8,7	5,3	7,6	7,1	4,9	5,3	6,9	5,9	51,7
C_4	8,3	6,9	8,2	7,3	6,1	5,7	7,1	7,0	56,6
SOMA	38,4	25,9	29,6	28,4	26,6	21,6	26,2	26,2	-

TABELA 3 - Análise da Variância para a Resistência Após o Primeiro Dia de Cura (Sequência de Mistura)

NATUREZA	ORIGEM	SOMA DOS QUADRADOS	GRAU DE LIBERDADE	VARIÂNCIA ESTIMADA
EFEITO PRINCIPAL	S	14,7	1	14,7
	B	19,4	3	6,5
	C	4,6	3	1,5
INTERAÇÃO DE DUAS VARIÁVEIS	SB	7,0	3	2,3
	SC	5,4	3	1,8
	BC	18,9	9	2,1
ERRO EXPERIMENTAL	Residual	5,4	9	0,6
T O T A L .	-	75,4	31	-