Avanços na Compreensão da Influência da Composição e Mineralogia do Clínquer no Desempenho do Cimento Portland

Advances in Understanding the Influence of Clinker Chemistry and Mineralogy on the Performance of Portland Cement

José da Silva Andrade Neto
Universidade Federal do Rio Grande do Sul | Porto Alegre, Rio Grande do Sul | jose.neto@udesc.br
Universidade do Estado de Santa Catarina | Laguna, Santa Catarina | jose.neto@udesc.br

Paulo Ricardo de Matos
Universidade do Estado de Santa Catarina | Laguna, Santa Catarina | paulo.matos@udesc.br

Ana Paula Kirchheim
Universidade Federal do Rio Grande do Sul | Porto Alegre, Rio Grande do Sul | anapaula.k@gmail.com

Resumo

Esta tese apresenta uma investigação aprofundada sobre a influência da composição e mineralogia do clínquer nas propriedades do cimento Portland, buscando avançar no entendimento da reatividade do clínquer e seu impacto no desempenho do cimento. O estudo caracteriza 40 clínqueres industriais, analisando suas propriedades físicas, químicas e mineralógicas para identificar os principais fatores que afetam a hidratação e a resistência mecânica do cimento. Em seguida, um exame detalhado de oito clínqueres comerciais, utilizando técnicas avançadas de difração de raios X, destaca desafios na quantificação de fases e os efeitos de íons minoritários na química do clínquer. A demanda de sulfato é investigada, revelando a complexa interação entre a mineralogia do clínquer e o teor ótimo de sulfato. O impacto da composição do clínquer na hidratação é avaliado por meio de um projeto estatístico de misturas, enfatizando seu papel nas propriedades da pasta fresca. Os resultados indicam que a finura do cimento e o teor de K_2O influenciam positivamente a hidratação e a resistência, enquanto o aumento do tamanho dos cristais de C_3S resulta em uma diminuição na taxa de hidratação e resistência do cimento. Além disso, a demanda de sulfato é resultado de uma interação complexa entre parâmetros químicos e mineralógicos, não podendo ser facilmente correlacionada a parâmetros individuais.

Palavras-chave: cimento Portland; mineralogia do clínquer; Hidratação; difração de raios X; demanda de sulfatos.

ABSTRACT

This thesis presents an in-depth investigation into the influence of clinker composition and mineralogy on the properties of Portland cement, aiming to advance the understanding of clinker reactivity and its impact on cement performance. The study characterizes 40 industrial clinkers, analyzing their physical, chemical, and mineralogical properties to identify the main factors affecting hydration and mechanical strength of the cement. A detailed examination of eight commercial clinkers follows, using advanced X-ray diffraction techniques, highlighting challenges in phase quantification and the effects of minor ions on clinker chemistry. Sulfate demand is investigated, revealing the complex interaction between clinker mineralogy and optimal sulfate content. The impact of clinker composition on hydration is assessed through a statistical mixture design, emphasizing its role in the fresh paste properties. The results indicate that cement fineness and K_2O content positively influence hydration and strength, while the increase in C_3S crystal size leads to a reduction in the hydration rate and cement strength. Furthermore, sulfate demand is the result of a complex interplay between chemical and mineralogical parameters and cannot be easily correlated to individual parameters.

Keywords: Portland cement; Clinker mineralogy; Hydration; X-ray diffraction; Sulfate demand.