

Use of Industrial Waste in Saudi Arabia for the Production of Eco-friendly Cementitious Materials

* أ. حمادة شكري محمد الفخري

*Hamada Shoukry Mohamed El-fakhry

Abstract

Cement industry is one of the hazardous industries which account for environmental and health risks in addition to the greenhouse gas emissions. The aim of this study is to develop nano-structured eco-friendly cementitious materials by utilizing the fly ash (FA) resulting from burning the heavy fuel oil in power plants in Saudi Arabia. Ordinary Portland cement (OPC) was partially replaced with 70 wt% of (FA). FA was substituted by different ratios of nano metakaolin (NMK) ranging from 2-14%. A series of tests have been conducted on the developed mixes according to ASTM standards at 28 days of curing including (compressive strength – flexural strength – water absorption – initial and final setting times). Differential scanning calorimeter (DSC) was used to study the phase composition/decomposition and the microstructure was investigated by scanning electron microscope (SEM) equipped with energy dispersive analytical X-ray unit (EDAX). The results revealed that the partial replacement of cement by 70 wt% of FA has reduced both compressive and flexural strengths by about 45%, in addition; the water absorption has been increased by about 175% as compared to the OPC. The substitution of FA by 10 wt% NMK has compensated the loss in mechanical strengths by about 75%. Furthermore, NMK has considerably improved the microstructure and reduced the water absorption by 86%. The study concluded that, it is possible to substitute 70 wt% of cement for the production of eco-friendly cement with improved mechanical performance achieving 88% of the corresponding performance of the hydrated OPC. The developed composite is a green binder and can be considered for various construction applications and will benefit the national economy of the Kingdom.

Key Words:

Cement; Fly ash; Nano metakaolin; Eco-friendly; Compressive strength; Flexural strength; DSC; SEM

ملخص

تعد صناعة الإسمنت من الصناعات الهامة والضرورية والتي ترتبط ارتباطاً وثيقاً بالأنشطة الاقتصادية في أي دولة، ونظراً للنمو الاقتصادي الهائل بالمملكة العربية السعودية يُعد استهلاك الفرد للإسمنت في المملكة من أكبر معدلات الاستهلاك في العالم. تصنف صناعة الإسمنت من ضمن الصناعات الخطرة المسؤولة عن العديد من المخاطر البيئية والصحية، كما إنها مسؤولة عن إنبعاثات غازات الاحتباس الحراري. تهدف هذه الدراسة إلى استحداث خلطات إسمنتية نانومترية خضراء/صديقة للبيئة عن طريق الإحلال الجزئي للإسمنت بمواد بديلة/تكميلية وذلك بالاستفادة من أحد النفايات الصلبة الناتجة عن حرق زيت الوقود الثقيل في محطات توليد الطاقة الكهربائية بالسعودية [الرماد المتطاير – Fly ash (FA)؛ ولتحقيق هذا الهدف تم استبدال 70% من وزن الإسمنت بالرماد المتطاير ومن ثم الإحلال الجزئي للرماد بنسب مختلفة من جسيمات الميتاكاولين النانومترية (NMK) Nano metakaolin تتراوح من 2% إلى 14% بالوزن وذلك للاستفادة من الدور العظيم الذي تلعبه المواد النانومترية في تعزيز الخصائص الميكانيكية والفيزيائية للمواد الإسمنتية. لدراسة الخصائص الميكانيكية والفيزيائية تم إجراء مجموعة من الاختبارات والتحليل المعملية للعينات المتصلدة طبقاً للمواصفات القياسية الدولية وتشمل (مقاومة الانضغاط – مقاومة الانثناء – امتصاصية الماء – أزمنة الشك الابتدائي والنهائي – التحليل المسعري التفاضلي DSC – فحص التركيب الدقيق باستخدام الميكروسكوب الإلكتروني المساح) وذلك عند عمر 28 يوم من التهدرت/التبعية. أظهرت النتائج أن الإحلال الجزئي للإسمنت بنسبة 70% من FA أدى إلى انخفاض مقاومة الانضغاط وكذلك الانثناء بحوالي 45% بالإضافة إلى ارتفاع امتصاصية الماء بحوالي 175% مقارنة بالإسمنت البورتلاندي العادي OPC، بينما أظهرت النتائج أن استبدال FA بنسب مختلفة من جسيمات NMK أدى إلى تعويض نسبة كبيرة (حوالي 75%) من الفقد في الخصائص الميكانيكية متمثلة في مقاومتها للانثناء والانثناء. بالإضافة لذلك عملت جسيمات NMK على تحسين البنية المجهرية / التركيب الدقيق بشكل كبير مما أدى إلى تقليص امتصاصية الماء بنسبة 86%. خلصت الدراسة إلى إمكانية استبدال 70% من وزن الإسمنت في تحضير مادة إسمنتية تحقق أداء ميكانيكي فريد يتجاوز 88% من القيم المناظرة للإسمنت البورتلاندي العادي. وتعتبر مادة رابطة مناسبة للتطبيقات الإنشائية المختلفة وسوف تعود بالنفع والفائدة على تكنولوجيا البناء الأخضر/الصديق للبيئة وبالتالي الاقتصاد الوطني للمملكة