الحصول على أجسام خزفية من فارغ الرمال السوداء في درجات الحرارة المختلفة ما بين (١٠٠٠ْم: ١٢٠٠ْم)

أ.د/ سعيد عبد الغفار العناني
أستاذ الخزف المتفرغ بقسم التربية الفنية
رئيس قسم التربية الفنية سابقًا بكلية التربية
كلية التربية النوعية – جامعة طنطا.

أ.م.د/ مني إبراهيم حمدي الطوبجي
أستاذ الرسم والتصوير المساعد بقسم التربية الفنية – كلية التربية النوعية – جامعة طنطا.

نوال السعيد فتحي أبوحدايه
باحثة دكتوراه

المستخلص:

الرمال السوداء، كنز غني بالمعادن الثقيلة والنادرة، مما يجعلها مصدراً مهماً غنيًا للثروة المعدنية، حيث تتميز تلك الرمال السوداء بتركيبة غنية وإمكانيات استثنائية، ورغم أن استخراج المعادن الثقيلة يعتبر الهدف الرئيسي، إلا أن فارغ الرمال السوداء يظل مصدراً جانبياً مثيراً للاهتمام، فهو يحتوي على بقايا متنوعة من المعادن الثقيلة بعد عمليات الفصل مثل (الزركون والتيتانيوم والمونازيت)، مما يفتح آفاقاً جديدة لاستخداماته في صناعة الخزف والسيراميك.

ويقدم هذا البحث نظرة شاملة على إمكانيات استخدام فارغ الرمال السوداء في إنتاج الأجسام الخزفية، حيث تظهر النتائج أن إضافة فارغ الرمال السوداء في تراكيب الطينات الخزفية تعطي تأثيرات جمالية ملمسيه وتدرجات لونية مختلفة باختلاف درجات الحرارة ما بين (١٠٠٠ْم: ١٢٠٠ْم)، ونسبة الرمال في التركيبة الطينية، كما يمكن أن يلعب فارغ الرمال السوداء دوراً مهماً في تقليل التكاليف الإنتاجية وتعزيز الاستدامة البيئية.

الكلمات المفتاحية : الرمال السوداء، الأجسام الخزفية، Black Sand

Obtaining ceramic bodies from black sand tailings at different temperatures ranging from (1000°C : 1200°C).

Abstract:

Black sand, a rich treasure trove of heavy and rare metals, is an important and abundant source of mineral wealth. Characterized by its rich composition and exceptional properties, black sand is primarily sought after for its heavy metals. Despite heavy metal extraction being the main objective, black sand tailings remain an interesting secondary source, containing a variety of heavy minerals after separation processes such as zircon, titanium, and monazite. This opens up new avenues for its use in the ceramics and pottery industry.

This research provides a comprehensive overview of the potential uses of black sand tailings in ceramic production. The results show that adding black sand to ceramic clay compositions creates aesthetic effects in terms of textures and different color gradients, depending on the temperature ranging from 1000°C to 1200°C and the proportion of sand in the clay mixture. Additionally, black sand tailings can play an important role in reducing production costs and enhancing environmental sustainability.

مقدمة البحث:

تُشكل الرمال السوداء مصدرًا هامًا للثروة المعدنية، وأحد الكنوز الهامة والطبيعية في مصر؛ ويعد ساحل البحر المتوسط أكبر منطقة تواجد لرواسب الرمال السوداء، التي تحتوي على تركيزات عالية من المعادن الثقيلة والنادرة، والتي تنتشر تراكماتها حول مصبات فروع نهر النيل، خاصة عند المصبات القريبة من رشيد ودمياط، وتتوزع الرمال السوداء في العديد من الأماكن في جميع أنحاء العالم، ولكن "تعتبر كلاً من (الهند والبرازيل ومصر) من أبرز الدول الغنية بالرمال السوداء؛ حيث يوجد في مصر حوالي (١١) موقع للرمال السوداء على طول البحر الأبيض المتوسط في كلاً من (رشيد وبلطيم ودمياط وشمال سيناء)"[١].

ويعتبر فارغ الرمال السوداء من بقايا العمليات الاستخراجية للمعادن الثقيلة فرصة مثمرة لاستغلال ذلك الفارغ من الرمال لتطوير صناعة السيراميك والخزف، حيث تحتوي فارغ الرمال السوداء بعد عملية الفصل على مجموعة متنوعة من المعادن الثقيلة كمعدن (الزركون، التيتانيوم، والمونازيت)، والتي يمكن أن تؤثر على الجسم الخزفي وتعطية تأثيرًا جماليًا.

وترى الباحثة أنه يمكن الاستفادة من فارغ الرمال السوداء وما تبقي بها من معادن ثقيلة، وخصائص فيزيائية وكيميائية في الحصول على أجسام خزفية تحمل تأثيرات جمالية ولونية؛ ويعتبر ذلك خطوة مبتكرة وفعالة نحو تعزيز مسار الاستدامة والتنمية الصناعية، حيث يجمع بين الجانب الاقتصادي والبيئي بشكل متميز.

مشكلة البحث:

ويمكن أن تتحدد مشكلة البحث في:

كيف يمكن الاستفادة من فارغ الرمال السوداء في الحصول على تراكيب طينية لإنتاج أجسام خزفية بخصائص محسنة في درجات حرارة ما بين (١٠٠٠ْ م: ١٢٠٠ْ م)، مع الاستفادة القصوى من الموارد المحلية والبيئية المتاحة؟

[1] A. El-Kammar, A. Ragab, and M.I Moustafa: "Geochemistry of economic heavy minerals from Rosetta black sand of Egypt", Cairo university, Egypt, 2010, P70.

أهداف البحث:

تهدف الدراسة البحثية إلى:

١) إمكانية استخدام فارغ الرمال السوداء كمادة مضافة في التراكيب الطينية الخزفية، بهدف الحصول على تحسينات ملموسة للأسطح الخزفية من حيث اللون والملمس.

٢) استخدام فارغ الرمال السوداء للحصول على الخصائص الملمسية واللونية في بعض التراكيب الطينية.

فروض البحث:

تهدف الدراسة البحثية إلى أنه:

١) يمكن الحصول على أجسام خزفية من تراكيب طينية تحتوي على فارغ الرمال السوداء في درجات الحرارة ما بين (١٠٠٠ْ م: ١٢٠٠ْ م).

٢) يمكن الحصول على تأثيرات جمالية ولونية للأجسام الخزفية من التراكيب الطينية التي تحتوي على فارغ الرمال السوداء بنسب مختلفة.

أهمية البحث:

ترجع أهمية البحث إلى:

١) استخدام فارغ الرمال السوداء المهدر من ناتج استخلاص ركاز المعادن الثقيلة في تكوين تراكيب طينية للحصول على أجسام خزفية ذات تأثيرات جمالية ولونية في درجات الحرارة المختلفة.

٢) إعادة تدوير استخدام فارغ الرمال السوداء في تحسين الأجسام الخزفية، مما يفتح آفاقاً جديدة في البحث والتجريب نحو استخدام فارغ الرمال السوداء في صناعات الخزفية.

حدود البحث:

١) استخدام فارغ الرمال السوداء الموجودة بمصنع غليون والمستخرجة من بحيرة البرلس الوقعة في محافظة كفر الشيخ.

٢) استخدام درجات حرارة مختلفة لنضج الأجسام الخزفية وهي (١٠٠٠ْ م ـ ١١٠٠ْ م ـ ١٢٠٠ْ م).

٣) استخدام خامة الكاولين والطين الأسواني والبول كلاي مع فارغ الرمال السوداء في التراكيب الطينية للحصول على أجسام خزفية.

منهج البحث:

يتبع البحث المنهج الوصفي التحليلي، والمنهج التجريبي:

- **المنهج الوصفي التحليلي في الإطار النظري للبحث:**
  - دراسة فارغ الرمال السوداء وأهم العناصر المكونة لها، وتأثيرها في التراكيب الطينية.
- **المنهج التجريبي من خلال التطبيق العملي للبحث:**
  - من خلال تجربة ذاتية، تقوم بها الباحثة في محاولة الحصول على أجسام خزفية من فارغ الرمال السوداء في درجات حرارة مختلفة.

مصطلحات البحث:

١) **الأجسام الخزفية:**

"يطلق مصطلح الجسم الخزفي على ذلك الخليط من الخامات الأولية التي تُجهز لصناعة منتج خزفي، وتتميز الأجسام الخزفية بسمات خاصة باللون والملمس والقابلية للتشكيل، ويمكن تحديد مكوناتها على مخطط ثلاثي المحاور كل محور من المحاور الثلاثة يمثل المكونات التالية: الطينات، الفلسبار، الكوارتز، ويمكن أن يتم تحديد مكونات مختلفة كالكاولين والبول كلى والطين الأسواني، لتختلف الخصائص الخاصة بالجسم الخزفي قبل وبعد الحرق وفقًا للنسب المكونة له من تلك المكونات"[٢].

٢) **فارغ الرمال السوداء:**

تعرفها الباحثة إجرائيًا بأنها تلك المواد الناتجة من عملية استخراج المعادن الثقيلة من الرمال السوداء، والتي بعد فصلها عن الرمال الأخف والمواد الأخرى، يتبقى ما يعرف بفارغ الرمال السوداء، والذي يحتوي على بقايا من المعادن الثقيلة مثل (الزركونيوم والتيتانيوم والمونازيت) وغيرها.

[2] Singer & Sonja S. Singer, (1979): "Industrial Ceramics", Halsted Press, a Division of John Wiley & Sons, Inc, U.S.A, New York, P.393.

الإطار النظري:

تعتبر فارغ الرمال السوداء هي نتاج من الرمال السوداء بعد فصل المعادن الثقيلة، والرمال السوداء هي نتاج نهائي للمواد المتفككة من الصخور البركانية والمتحولة، وتأتي من منابع النيل وتتراكم على بعض الشواطئ، بالقرب من مصبات الأنهار الكبيرة، وتتركز في تلك المناطق بفعل تيارات الشاطئ التي تصبها الأنهار في البحار.

ويغلب على الرمال السوداء اللون الأسود الداكن، وذلك لاحتوائها على كثير من المعادن الثقيلة، والتي تعتبر كل حبة منها رسولًا فريدًا من نوعه يحمل بيانات مشفرة وتفاصيل مهمة تشير إلى الصخور الأم التي نشأت منها، بالإضافة إلى تسجيلات حول تاريخها الرسوبي والتقلبات التي مرت بها.

وتتكون الرمال السوداء الموجودة على الشواطئ المصرية من خليط ثقيل لامع ومغنطيسي جزيئًا من الرمال الدقيقة، "وتحتوي تلك الرواسب على احتياطيات ضخمة من الخامات الاقتصادية الستة الشائعة، وهي الماجنتيت (Magnetite) ($Fe_2^{3+}Fe^{2+}O_4$)، والعقيق (Garnet) ($X_3Y_2Si_3O_{12}$) حيث X−(Mg، Fe، Ca)، Y−(Al، Fe، Cr)، والألمنيت (Ilmenite) ($Fe^{2+}TiO_3$)، الزركون (Zircon) ($ZrSiO_4$)، الروتيل (Rutile) (TiO_2)، والمونازيت (Monazite) PO_4 (Ce, La, Nd, Th)"[٣].

وقد سميت بالرمال بالسوداء نسبة إلى معدن الماجنتيت (Magnetite)، والذي عندما تكثر نسبته في الرمال يعطيها لونًا أسودًا داكن، وسميت أيضًا بالرمال المشعة لاحتوائها على معدني المونازيت (Monazite) والزركون (Zircon) وبهما نسبة قليله من العناصر المشعة من عنصري (الثوريوم واليورانيوم) وهما معادن الطاقة المستقبلية والصناعات عالية التقنية.

وتستخرج المعادن الثقيلة من الرمال السوداء من خلال معالجة الخامات بطرق لا تؤثر على الصفات الكيميائية أو الفيزيائية للمعادن، لغرض إزالة المواد غير المرغوب فيها من المخلفات (Tailings)، أما الجزء الثمين المتبقي فيسمى الركاز (Concentrate)، وذلك عن

[3] H. Mahmoud, A. Abdel-Lateef, & A. Attiah, (2013): "Distribution of Some Elements in the Egyptian Black Sands from Abu Khashaba Beach Area", Journal of Analytical Sciences, Methods and Instrumentation, P.62, DOI: 10.4236/jasmi.2013.31007.

طريق تجريف هذه الرمال الشاطئية من شاطئ البحر باتجاه الداخل باستخدام معدة عائمة (ماكينة الاستخراج) مكونه من الجرافة والشفاطة معاً وتسمى دردج (Dredge) أو كراكة، ويُنشأ لها بركة خاصة بعمق يصل إلى ٥ أمتار، حيث تقوم هذه الجرافة بتقليب الرمال السوداء التي أمامها عند قاع البركة فتنهار الرمال من القاع وكل ما فوقها، ثم ترفع الرمال عن طريق شفط خليط الماء والرمال بواسطة طلمبة شفط.

ويتم استخلاص المعادن الاقتصادية من هذه الرمال تثاقليًا، وذلك بمعنى استفادة من فروق الوزن النوعي الواضحة بينها وبين بقية الرمال، وبعد ذلك، يتم إجراء عمليات التجهيز والمعالجة لفصل المعادن عن بعضها البعض فيزيائيًا باستغلال الفروق الواضحة في خواصها الطبيعية وقابليتها للتوصيل الكهروستاتيكي، ومن خلال هذه الطريقة يمكن فصل المعادن تقريبًا بشكل شبه كامل، وما يتبقى بعد عملية الفصل واستخلاص المعادن الثقيلة يسمي بفارغ الرمال السوداء، ويتبقى بعض عملة الفصل في فارغ الرمال السوداء بعض من الآثار أو النسب الصغيرة من المعادن الثقيلة المكونة للرمال السوداء، وكذلك يتبقى بعض الخصائص الفيزيائية المرتبطة بالمعادن الثقيلة في فارغ الرمال السوداء، مما يجعلها مادة غنية للبحث والتجريب في الحصول على نتائج جيدة من تلك الخامة.

التجربة العملية:

قامت الباحثة بتجريب بعض الخلطات الطينة مع فارغ الرمال السوداء للحصول على أجسام خزفية في درجات حرارة مختلفة وهي (١٠٠٠ْ م – ١١٠٠ْ م – ١٢٠٠ْ م)، والتوصل إلى التأثيرات الملمسية واللونية التي تحدثها إضافة خامة فارغ الرمال السوداء على التراكيب الطينية المختلفة، وقامت الباحثة باستخدام فارغ الرمال السوداء في صورتين:

- **الصورة الأولى:** استخدامها كما هي في حالتها الطبيعية (بدون طحن) بعد عمليه فصل المعادن منها كما يتضح في الصورة رقم (١).

صورة رقم (١).
توضح شكل فارغ الرمال السوداء قبل عملية الطحن.
(تصوير الباحثة).

- **الصورة الثانية:** استخدامها بعد عملية الطحن في الطاحونة (Ball mill) لمدة استمرت ٦ساعات، ثم مرورها بعد انتهاء عملية الطحن من منخل ٢٠٠ مش، ويتضح شكل ونعومة الرمال بعد الطحن كما في الصورة رقم (٢).

صورة رقم (٢).
توضح شكل فارغ الرمال السوداء بعد عملية الطحن.
ومرورها من منخل ٢٠٠ مش، (تصوير الباحثة).

- **التراكيب الطينية:**

- المجموعة الأولى:

تراكيب طينية باستخدام فارغ الرمال السوداء غير المطحونة:

رقم التركيبة	طين أسواني	طين بولكلاي مصري	كاولين مصري	طين البنتونيت	فلدسبار صوديومي	كربونات كالسيوم	فارغ رمال سوداء غير مطحون
(١)	٧٠٪	—	—	—	—	—	٣٠٪
(٢)	٨٠٪	—	—	—	—	—	٢٠٪
(٣)	٥٠٪	٣٠٪	—	٥٪	—	—	١٥٪
(٤)	٦٠٪	٢٠٪	—	١٠٪	—	—	١٠٪
(٥)	—	٢٠٪	٥٠٪	—	٥٪	٥٪	٣٠٪
(٦)	—	٢٥٪	٢٠٪	١٥٪	٥٪	٥٪	٣٠٪

- المجموعة الثانية:

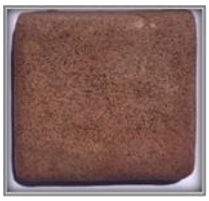
تراكيب طينية باستخدام فارغ الرمال السوداء بعد عملية الطحن:

رقم التركيبة	طين أسواني	طين بولكلاي مصري	كاولين مصري	طين البنتونيت	فلدسبار صوديومي	كربونات كالسيوم	فارغ رمال سوداء المطحونة
(١)	٧٠٪	—	—	—	—	—	٣٠٪
(٢)	٨٠٪	—	—	—	—	—	٢٠٪
(٣)	٥٠٪	٣٠٪	—	٥٪	—	—	١٥٪
(٤)	٦٠٪	٢٠٪	—	١٠٪	—	—	١٠٪
(٥)	—	٢٠٪	٥٠٪	—	٥٪	٥٪	٣٠٪
(٦)	—	٢٥٪	٢٠٪	١٥٪	٥٪	٥٪	٣٠٪

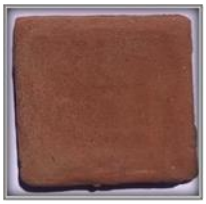
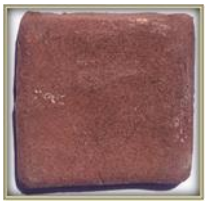
تم تشكيل التراكيب الطينية بطريقة وحرق العينات في درجات حرارة مختلفة وهي (١٠٠٠ْ م ــ ١١٠٠ْ م ــ ١٢٠٠ْ م) وكانت النتيجة كالتالي:

- **المجموعة الأولى:**

استخدام فارغ الرمال السوداء قبل عملية الطحن.

تركيبة رقم (١)	مرحلة التجفيف قبل عملية الحريق	مرحلة الحريق في درجة حرارة		
		١٠٠٠ْ م	١١٠٠ْ م	١٢٠٠ْ م
				
اللون	بني فاتح	بني	بني	بني داكن بالإضافة إلى نقط سوداء
ملمس السطح	خشن نوعا ما	متوسط الخشونه	متوسط الخشونة	عالي الخشونة وبه ملمس لحبيبات الرمال
طريقة التشكيل	التشكيل اليدوي			

تركيبة رقم (٢)	مرحلة التجفيف قبل عملية الحريق	مرحلة الحريق في درجة حرارة		
		١٠٠٠ْ م	١١٠٠ْ م	١٢٠٠ْ م
اللون	بني فاتح	بني	بني	بني محمر بالإضافة إلى نقط سوداءعلى السطح
ملمس السطح	خشن نوعا ما	متوسط الخشونه	متوسط الخشونة	عالي الخشونة وبه ملمس لحبيبات الرمال
طريقة التشكيل	التشكيل اليدوي			

تركيبة رقم (٣)	مرحلة التجفيف قبل عملية الحريق	مرحلة الحريق في درجة حرارة		
		١٠٠٠ْم	١١٠٠ْم	١٢٠٠ْم
				
اللون	بني فاتح	بني	بني	بني محمر بالإضافة إلى نقط سوداءعلى السطح
ملمس السطح	خشن نوعا ما	متوسط الخشونه	متوسط الخشونة	عالي الخشونة وبه ملمس لحبيبات الرمال
طريقة التشكيل	التشكيل اليدوي			

تركيبة رقم (٤)	مرحلة التجفيف قبل عملية الحريق	مرحلة الحريق في درجة حرارة		
		١٠٠٠ْم	١١٠٠ْم	١٢٠٠ْم
اللون	بني فاتح	بني	بني	بني داكن مائل للأحمر بالإضافة إلى نقط سوداءعلى السطح
ملمس السطح	خشن نوعا ما	متوسط الخشونه	متوسط الخشونة	عالي الخشونة وبه ملمس لحبيبات الرمال
طريقة التشكيل	التشكيل اليدوي			

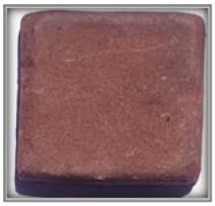
تركيبة رقم (٥)	مرحلة التجفيف قبل عملية الحريق	مرحلة الحريق في درجة حرارة		
		١٠٠٠ْم	١١٠٠ْم	١٢٠٠ْم
اللون	رصاصي فاتح	بيج داكن	بيج داكن بالإضافة إلى نقط سوداء على السطح	زيتي فاتح بالإضافة إلى نقط سوداء على السطح
ملمس السطح	خشن نوعا ما	خشن نوعا ما	متوسط الخشونة وبه ملمس لحبيبات الرمال	عالي الخشونة وبه ملمس لحبيبات الرمال
طريقة التشكيل	التشكيل اليدوي			

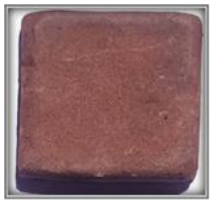
تركيبة رقم (٦)	مرحلة التجفيف قبل عملية الحريق	مرحلة الحريق في درجة حرارة		
		١٠٠٠ْم	١١٠٠ْم	١٢٠٠ْم
اللون	زيتي فاتح	بني	بيج داكن بالإضافة إلى نقط سوداء على السطح	زيتي بالإضافة إلى نقط سوداء وبنيه على السطح
ملمس السطح	خشن نوعا ما	خشن نوعا ما	خشن نوعا ما وبه ملمس لحبيبات من الرمال	عالي الخشونة وبه ملمس لحبيبات الرمال
طريقة التشكيل	التشكيل اليدوي			

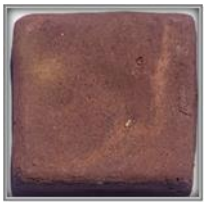
- **المجموعة الثانية:**

استخدام فارغ الرمال السوداء بعد عملية الطحن.

	مرحلة التجفيف قبل عملية الحريق	مرحلة الحريق في درجة حرارة		
		١٠٠٠ْم	١١٠٠ْم	١٢٠٠ْم
تركيبة رقم (١)				
اللون	بني فاتح	بني	بني	بني داكن جدا
ملمس السطح	ناعم	ناعم	ناعم	ناعم جدا
طريقة التشكيل	التشكيل اليدوي			

	مرحلة التجفيف قبل عملية الحريق	مرحلة الحريق في درجة حرارة		
		١٠٠٠ْم	١١٠٠ْم	١٢٠٠ْم
تركيبة رقم (٢)				
اللون	بني محمر	بني فاتح مائل للبرتقالي	بني داكن	بني داكن مائل للإحمرار
ملمس السطح	ناعم	ناعم	ناعم	ناعم
طريقة التشكيل	التشكيل اليدوي			

	مرحلة التجفيف قبل عملية الحريق	مرحلة الحريق في درجة حرارة		
		١٠٠٠ْم	١١٠٠ْم	١٢٠٠ْم
تركيبة رقم (٣)				
اللون	بني فاتح	بني فاتح مائل للبرتقالي	بني مائل للإحمرار	بني مائل للإحمرار
ملمس السطح	ناعم	ناعم	ناعم	ناعم
طريقة التشكيل	التشكيل اليدوي			

	مرحلة التجفيف قبل عملية الحريق	مرحلة الحريق في درجة حرارة		
		١٠٠٠ْم	١١٠٠ْم	١٢٠٠ْم
تركيبة رقم (٤)				
اللون	بني فاتح	بني فاتح مائل للبرتقالي	بني فاتح مائل للبرتقالي	بني مائل للإحمرار
ملمس السطح	ناعم	ناعم	ناعم	ناعم نوعا ما
طريقة التشكيل	التشكيل اليدوي			

	مرحلة التجفيف قبل عملية الحريق	مرحلة الحريق في درجة حرارة		
		١٠٠٠ْم	١١٠٠ْم	١٢٠٠ْم
تركيبة رقم (٥)				
اللون	رصاصي فاتح	بيج فاتح	بيج داكن بالإضافة إلى حبيبات سوداء ناعمة	زيتونى بالإضافة إلى حبيبات سوداء وبنيه ناعمة
ملمس السطح	ناعم	ناعم	ناعم	ناعم
طريقة التشكيل	التشكيل اليدوي			

	مرحلة التجفيف قبل عملية الحريق	مرحلة الحريق في درجة حرارة		
		١٠٠٠ْم	١١٠٠ْم	١٢٠٠ْم
تركيبة رقم (٦)				
اللون	رصاصي داكن	بني فاتح	بني	بني داكن
ملمس السطح	ناعم	ناعم	ناعم	ناعم جدا
طريقة التشكيل	التشكيل اليدوي			

من خلال مجموعة التجارب السابقة للتراكيب الطينية تستنتج الباحثة أن استخدام فارغ الرمال السوداء في الصورتين قبل عملية الطحن وبعد عملية الطحن أعطت تأثيرات ملمسيه ولونية مختلفة.

نتائج البحث:

١) المعادن الثقيلة المتبقية في فارغ الرمال السوداء تؤثر على الخصائص الملمسية واللونية عند إضافتها لتراكيب الطينة الخزفية.

٢) تعطي فارغ الرمال السوداء قبل عملية الطحن ملمس جمالي للسطح الخزفي وكذلك تأثير لوني يختلف باختلاف درجة الحرارة وكمية فارغ الرمال السوداء المضافة.

٣) تعطي فارغ الرمال السوداء عند إضافتها في التركيبات الطينية بدون طحن نتائج مختلفة من حيث اللون والملمس عن إضافتها للتركيبات الطينية بعد الطحن.

التوصيات:

توصي الدراسة البحثية بما يلي:

١) إجراء دراسات معمقة حول تأثير نسبة فارغ الرمال السوداء في خلطات الطين الخزفي على خصائص الأسطح الخزفية النهائية، لتحديد النسب المثلى التي تحقق أفضل النتائج في الأداء والجودة.

٢) بضرورة إجراء تجارب عملية لاختبار تأثير استخدام نسب مختلفة من فارغ الرمال السوداء مع خامات طينية متنوعة على الخصائص الفيزيائية والميكانيكية للأسطح الخزفية والسيراميكية، وذلك لتحديد النسب المثلى التي تحقق أعلى مستويات الجودة والمتانة في المنتجات النهائية، والتي يمكن استخدامها بشكل خاص مع الجداريات أو النافورات أو النصب التذكارية وخزف الحدائق.

٣) استخدام فارغ الرمال السوداء كمكون إضافي مع مكونات الجليز في صناعة السيراميك، وذلك لتحسين خصائص اللمعان والمتانة والتصميم النهائي للأسطح الخزفية، مما قد يسهم في تطوير منتجات ذات جودة عالية وملمس جذاب.

٤) إجراء دراسات تجريبية لتحديد النسبة المثالية من فارغ الرمال السوداء المضافة إلى طينة الخزف لتحسين الخصائص النهائية للأجسام الخزفية.

٥) يُمكن اعتبار التركيز على فارغ الرمال السوداء واستغلالها في صناعة السيراميك كخطوة مبتكرة وفعالة نحو التنمية الصناعية والاستدامة البيئية في مصر.

المراجع:

1) El-Kammar, A. Ragab, and M.I Moustafa: "Geochemistry of economic heavy minerals from Rosetta black sand of Egypt", Cairo university, Egypt, 2010.

2) H. Mahmoud, A. Abdel-Lateef, & A. Attiah, (2013): "Distribution of Some Elements in the Egyptian Black Sands from Abu Khashaba Beach Area", Journal of Analytical Sciences, Methods and Instrumentation.

3) Singer & Sonja S. Singer, (1979): "Industrial Ceramics", Halsted Press, a Division of John Wiley & Sons, Inc, U.S.A, New York.