



Republic of Iraq
Ministry of Higher Education and
Scientific Research
University of Technology
Department of Building and Construction
Engineering



Characteristics and Effectiveness of Ceramic Filters for Water Purification

A Thesis
Submitted to the Department of Building and Construction
Engineering of the University of Technology
in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Doctor of Philosophy
in Water Resources Engineering

BY
Riyadh Jasim Mohammed Al-Saadi
M. Sc. 1989

Supervised by

Asst. Prof. Dr.
Mahmoud Saleh Al-Khafaji

Prof. Dr.
Riyadh Zuhair Azzubaidi

January 2017

Rabia Althani 1438

ABSTRACT**Characteristics and Effectiveness of Ceramic Filters for Water Purification**

By

Riyadh Jasim Mohammed Al-SaadiUniversity of Technology – Department of Building and Construction
Engineering

Field of Specialization:

Water Resources Engineering

Supervisors:

Prof. Dr. Riyadh Zuhair Azzubaidi**Asst. Prof. Dr. Mahmoud Saleh Al-Khafaji**

Ceramic is one of the common materials that has been used to produce water filters for a safe drinking water. The ceramic filters are efficient in water filtration, are of low cost, environmentally friendly, and a simple technology is needed to produce them. There is still some lack in studies that relate the mechanical with the hydraulic properties of the produced filters.

This study aimed at producing ceramic water filter discs made of different ratios of red clay and sawdust as an additive under different production conditions and to test their physical properties. Based on these test results, some ceramic filter discs were selected as having the best compatibility between their hydraulic and the mechanical properties. Furthermore, the efficiency of the selected ceramic filter discs was tested by using a water filtration system that was designed and constructed for this purpose. This system is used to rotate ceramic filters discs. The basic idea behind rotating the filter discs is to reduce or minimize the rejected materials accumulated on the filters surfaces by generating shear force and turbulence.

Ceramic water filters were produced by using mixtures of different ratios by weight of red clay and sawdust with a water content of 10% by weight under different production conditions. The production conditions include five press pressures ranged from 10MPa to 50MPa and a firing schedule having three different final temperatures of 1000 °C, 1070 °C, and 1100 °C. Three hundred and sixty-six ceramic filter discs of 3cm diameter with different thicknesses were produced and their physical properties were examined. Two hundred and seventy ceramic filters of each cylindrical and rectangular shapes were produced to test their compressive and bending strengths, respectively. The tests results of the physical properties were used to obtain best compatibility between the hydraulic and the mechanical properties of these filters.

Depending on the obtained best compatibility, two mixtures were selected among all other produced mixtures. The filters made of the first mixture have low hydraulic conductivity. While, the filters made of the second mixture have high hydraulic conductivity. Thirty two ceramic filters discs of 12cm diameter with 2.5mm thickness were produced from each selected mixture. Fourteen ceramic filter discs were selected according to their hydraulic conductivities from each produced filters made of each selected mixture to prepare two different water filtration modules.

The efficiency of filtration modules was examined by using water filtration system. A total of twenty experimental runs were carried out by using raw water with five different concentrations of total suspended solids, TSS. The concentrations of TSS were 500, 1000, 3000, 5000, and 7000 mg/l. A total of thirty tests of temperature, the logarithm of the reciprocal of hydrogen ion concentration, electrical conductivity, turbidity, total dissolved solids, and total suspended solids, of raw water were carried out before starting each set of experimental runs. Four hundred and eighty physical tests were carried out on the effluent of the filtration system including turbidity and total suspended solids. One hundred and eighty

negative suction pressure readings of the two pressure gauges were recorded.

Results showed that as the press pressure and the firing temperature are increased, the bulk density and the compressive and bending strengths of the produced filters are increased, while, the porosity and absorption are decreased. As the sawdust content is increased, the bulk density and the compressive and bending strengths of the filters are decreased, while, the porosity and absorption are increased. High hydraulic conductivity of the filters is obtained at a firing temperature of 1070°C when the sawdust content is less than 10%. Otherwise, it is increased as sawdust content and the firing temperature are increased. Filters made of mixture 92.5% red clay and 7.5% sawdust formed under a press pressure of 20MPa and a firing temperature of 1070°C gave the best compatibility between their hydraulic and mechanical properties. In this case, the hydraulic conductivity was 50mm/day , the compressive strength was 14MPa , and the bending strength was 10.8MPa . The second filtration module is prepared from these filters. While, the first filtration module is prepared from ceramic filter discs of 12cm diameter made of mixture 95% red clay and 5% sawdust produced under press pressure of 40MPa and firing temperature of 1070°C . These filters have a hydraulic conductivity of 14mm/day , and compressive and bending strengths of 19.9MPa , and 10.9MPa , respectively.

Results showed that the water filtration system has excellent performance in water purification. The water filtration system can be continuously operated with a constant flow rate. The filtration process by using water filtration system will be controlled by a skin thin layer of rejected materials which was formed during system operation. The rejected materials reach a steady thickness so that the system can be operated continuously without a need for periodic cleaning and maintaining that requires additional cost and time.

The ceramic water filters of both filtration modules have high removal efficiency of total suspended solids up to 100% and of turbidity up to 99.94%.

From the viewpoint of energy consumption required to drive water, filters of module having acceptable hydraulic conductivity can be considered as the appropriate choice for filtration systems because they require less energy compared to that require by filters of module having low hydraulic conductivity

The average measured hydraulic conductivity of the filtration modules was *13.7mm/day* for the first module and *50mm/day* for the second one.

- World Health Organization-WHO, 2004, *Guidelines for Drinking Water Quality*, vol.1 Recommendations, 3rd edition, WHO, Geneva.
- Yakub, I., DU, J., and Soboyejo, W.O., 2012, *Mechanical properties, modeling and design of porous clay ceramics*, Elsevier, Materials Science & Engineering A, vol. 558, pp.21-29.
- Yakub, I., Plappally, A., Leftwich, M., Malatesta, K., Friedman, K. C. , Obwoya, S., Nyongesa, F., Maiga, A. H., Soboyejo, A. B. O., Logothetis, S., and Soboyejo, W., 2013, *Porosity, Flow, and Filtration Characteristics of Frustum-Shaped Ceramic Water Filters*, American Society of Civil Engineers (ASCE), Journal of Environmental Engineering, vol. 139, pp. 986-994.
- Zair, Z. R., 2013, *Development the Performance of Ceramic Candle Filters for Water Purification Using Locally Materials*, The Iraqi Journal For Mechanical And Material Engineering, vol.13, no.1, pp. 63-76.

الخلاصة

خصائص وفاعلية المرشحات الخزفية لتنقية المياه

من قبل

رياض جاسم محمد السعدي

قسم هندسة البناء والانشاءات

الجامعة التكنولوجية

حقل الاختصاص

هندسة الموارد المائية

باشرف

أ.د. رياض زهير الزبيدي

أ.م.د. محمود صالح الخفاجي

يعتبر الخزف أحد المواد الشائعة التي تستخدم في انتاج مرشحات الماء لتأمين مياه الشرب.

تعتبر المرشحات الخزفية كفوءة في ترشيح المياه وكلفتها واطئة وصديقة للبيئة وتحتاج الى تقنية بسيطة في

انتاجها. لا يزال هنالك بعض النقص في الدراسات التي تربط الخصائص الميكانيكية مع الهيدروليكية

للمرشحات المنتجة.

هدفت هذه الدراسة الى انتاج أقراص مرشحات ماء خزفية مصنوعة من نسب مختلفة من

الطين الاحمر مع نشارة الخشب كمادة مضافة تحت ظروف انتاج مختلفة والى فحص خصائصها الفيزيائية.

ثم بعد ذلك اعتمادا على نتائج الفحوصات يتم اختيار بعض أقراص المرشحات الخزفية التي تمتلك أحسن

توافق بين خصائصها الهيدروليكية والميكانيكية.

ب

أختبرت كفاءة أقراص المرشحات الخزفية المختارة باستخدام منظومة ترشيح الماء التي صممت وانشأت لهذا الغرض. يتم تدوير أقراص المرشحات الخزفية داخل هذه المنظومة. وان الفكرة الاساسية الكامنة وراء عملية التدوير لاقراص المرشحات هي للتقليل أو الحد من المواد المرفوضة المتجمعة على سطوح المرشحات بواسطة توليد قوة قص على سطوحها أو بواسطة الاضطراب الحاصل في الماء بين سطوحها. تصل المواد المرفوضة الى سمك مستقر عندما يتم تدوير المرشحات وبالتالي تستطيع المنظومة أن تعمل بشكل مستمر بدون الحاجة الى تنظيف وصيانة بحيث تتطلب كلفة وزمن اضافيين.

انتجت ثلاث مئة وستة وستون قرصا من المرشحات الخزفية بقطر ٣ سم وباسماك مختلفة وفحصت خصائصها الفيزيائية. انتج مئتان وسبعون مرشحا خزفيا لكل من ذات الشكل الاسطواني والمستطيل لفحص مقاومتي الانضغاط والانحناء لهذه المرشحات على التوالي. استخدمت نتائج فحوصات الخصائص الفيزيائية في الحصول على أفضل توافق بين الخصائص الهيدروليكية والميكانيكية لهذه المرشحات. أختبرت خلطتين اعتمادا على أفضل توافق حصل عليه. تمتلك المرشحات المصنوعة من الخلطة الاولى ايصالية هيدروليكية قليلة. في حين تمتلك المرشحات المصنوعة من الخلطة الثانية ايصالية هيدروليكية عالية. أنتج اثنان وثلاثون قرصا من المرشحات الخزفية بقطر ١٢ سم وبسمك ٢,٥ ملم من كل خلطة مختارة. أختبر أربعة عشر قرصا مرشحا خزفيا من كل المرشحات المنتجة من كل خلطة مختارة اعتمادا على ايصالياتها الهيدروليكية لاعداد وحدتين مختلفتين من وحدات ترشيح الماء.

أختبرت كفاءة وحدات الترشيح باستخدام منظومة ترشيح الماء. أجري عشرون تشغيلا للمنظومة باستخدام ماء خام مع خمسة تراكيز مختلفة من المواد الصلبة العالقة الكلية. وكانت هذه التراكيز ٥٠٠ و ١٠٠٠ و ٣٠٠٠ و ٥٠٠٠ و ٧٠٠٠ ملغم/لتر. أجري ثلاثون فحصا على الماء الخام قبل بداية كل مجموعة من التشغيلات التجريبية شمل درجة الحرارة ولوغارتم مقلوب تركيز أيون الهيدروجين والايصالية

ت

الكهربائية والعكورة والمواد الصلبة الذائبة الكلية والمواد الصلبة العالقة الكلية. أجري أربعمئة وثمانين فحصا فيزيائيا على الماء المتدفق الخارج من منظومة الترشيح متضمنا فحصي العكورة والمواد الصلبة العالقة الكلية.

بينت النتائج انه كلما يزداد ضغط الكبس ودرجة حرارة الاحتراق تزداد الكثافة الظاهرية ومقاومتي الانضغاط والانحناء للمرشحات المنتجة، في حين تقل مساميتها وامتصاصها. كلما يزداد محتوى نشارة الخشب تقل الكثافة الظاهرية ومقاومتي الانضغاط والانحناء للمرشحات، في حين تزداد مساميتها وامتصاصها. تم الحصول على أعلى ايصالية هيدروليكية للمرشحات عند درجة حرارة حرق 1070°م عندما يكون محتوى نشارة الخشب أقل من 10%. وبخلاف ذلك فانها تزداد كلما يزداد محتوى نشارة الخشب ودرجة حرارة الحرق. أعطت المرشحات المصنوعة من خلطة من الطين الاحمر بنسبة 92,5% ونشارة الخشب بنسبة 7,5% تحت ضغط كبس 20 ميكاباسكال ودرجة حرارة حرق 1070°م أفضل توافق بين خصائصها الهيدروليكية والميكانيكية. فكانت الايصالية الهيدروليكية 50 ملم/اليوم ومقاومة الانضغاط 14 ميكاباسكال ومقاومة الانحناء 10,8 ميكاباسكال. تم اعداد وحدة الترشيح الثانية من هذه المرشحات. في حين تم اعداد وحدة الترشيح الاولى من أقراص المرشحات الخزفية بقطر 12 سم المصنوعة من خلطة من الطين الاحمر بنسبة 95% ونشارة الخشب بنسبة 5% المنتجة تحت ضغط كبس 40 ميكاباسكال ودرجة حرارة حرق 1070°م . تمتلك هذه المرشحات ايصالية هيدروليكية 14 ملم/اليوم ومقاومتي انضغاط وانحناء 19,9 ميكاباسكال و10,9 ميكاباسكال على التوالي.

بينت النتائج بان منظومة ترشيح الماء تمتلك اداءا ممتازا في تنقية المياه، وتستطيع أن تعمل بشكل مستمر مع معدل تصريف ثابت. يتم السيطرة على عملية الترشيح باستخدام منظومة ترشيح الماء بواسطة طبقة رقيقة من المواد المرفوضة التي تتشكل خلال عمل المنظومة. تمتلك مرشحات الماء الخزفية في كل من وحدتي الترشيح كفاءة ازالة عالية للمواد الصلبة العالقة تصل الى 100% و للعكورة تصل الى

99,94%.

ث

من وجهة النظر في استهلاك الطاقة المطلوبة لسحب الماء المترشح، يمكن اعتبار المرشحات

التي تمتلك ايصالية هيدروليكية عالية مناسبة لمنظومة الترشيح لانها تتطلب طاقة أقل مقارنة بتلك المطلوبة

بواسطة المرشحات التي تمتلك ايصالية هيدروليكية واطئة.

كان معدل الايصالية الهيدروليكية المقاسة ١٣,٧ ملل/اليوم لوحدة الترشيح الاولى

و ٥٠ ملل/اليوم لوحدة الترشيح الثانية.



جمهورية العراق
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
الجامعة التكنولوجية
قسم هندسة البناء والانشاءات



خصائص وفاعلية المرشحات الخزفية لتنقية المياه

أطروحة

مقدمة الى قسم هندسة البناء والانشاءات في الجامعة التكنولوجية
كجزء من متطلبات نيل درجة دكتوراه فلسفة
في هندسة الموارد المائية

من قبل

رياض جاسم محمد السعدي

ماجستير ١٩٨٩

باشراف

الاستاذ الدكتور

رياض زهير الزبيدي

الاستاذ المساعد الدكتور

محمود صالح الخفاجي

كانون الثاني ٢٠١٧ م

ربيع الثاني ١٤٣٨ هـ