

Análisis de las propiedades físico cerámicas y efectos superficiales en un tipo de pasta cerámica, sometida a proceso de modelado mecanizado CNC por sustracción material, para la vinculación de un nuevo modelo de fabricación en la industria cerámica regional.

Analysis of ceramic physical properties and surface effects in a type of ceramic paste, subjected to CNC machining modeling by material subtraction, for the linkage of a new manufacturing model in the regional ceramic industry.

Alvaro E Maldonado M¹; Jorge Sánchez Molina²

¹ *Docente, Universidad Francisco de Paula Santander, Grupo de Investigación Dlab / Magister (c) Programa de Maestría en Ciencia y Tecnología de Materiales, Facultad de Ciencias Básicas, Universidad Francisco de Paula Santander. alvaroenriquemm@ufps.edu.co*

² *Director del CIMAC, Universidad Francisco de Paula Santander. Grupo de Investigación GITEC. Jorgesm@ufps.edu.co*

Resumen

La investigación se desarrolla a partir del análisis superficial y físico cerámico en una pasta cerámica debidamente caracterizada; pasta atomizada que mediante proceso de extrusión se obtienen las muestras de arcilla que van a estar sometidas a un modelado mecanizado CNC por sustracción antes del proceso de cocción, las cuales son revisadas mediante Microscopía Óptica para analizar los cambios que se presentan a nivel de superficie.

El estudio de los cambios superficiales o alteraciones en las propiedades físico cerámicas que se producen en este material por el proceso de mecanizado, es relevante para determinar con exactitud las alteraciones que se presentan en el material y la ejecución de las mismas piezas fabricadas mediante este proceso; el cual puede dar paso a diseños de morfologías de alta eficiencia energética e incorporar procesos de producción más consecuentes con las políticas ambientales en relación al impacto actual que la industria cerámica produce en la región.

Es importante destacar que la investigación tiene como objetivo proponer un modelo más de producción cerámica, en la industria regional, el cual articula los nuevos medios de Fabricación Digital, ofreciendo a la industria regional nuevos desarrollos de alta competitividad a nivel nacional e internacional. Por último las reflexiones económicas y ambientales de esta propuesta giran en torno al desarrollo de espacios productivos, que permitan a los proyectistas establecer nuevas soluciones de diseño, a problemáticas que están sujetas a la forma de cómo pensamos nuestro modo de habitar y de cómo construimos nuestras ciudades en un entorno de producción de bajo impacto ambiental.

Palabras clave: *Arcilla, Mecanizado, Modelado, Propiedades*

Abstract

The investigation is developed from the superficial and physical ceramic analysis in a properly characterized ceramic paste; atomized paste that through extrusion process clay samples are obtained that will be subjected to a CNC

111

machined modeling by subtraction before the firing process, which are reviewed by Optical Microscopy to analyze the changes that occur at the surface level.

The study of surface changes or alterations in the ceramic physical properties that are produced in this material by the machining process, is relevant to accurately determine the alterations that occur in the material and the execution of the same parts manufactured by this process; which can lead to high energy efficiency morphology designs and incorporate production processes more consistent with environmental policies in relation to the current impact that the ceramic industry produces in the region.

It is important to highlight that the research aims to propose a more model of ceramic production, in the regional industry, which articulates the new means of Digital Manufacturing, offering the regional industry new highly competitive developments nationally and internationally.

Finally, the economic and environmental reflections of this proposal revolve around the development of productive spaces, which allow designers to establish new design solutions, to problems that are subject to the way we think about our way of living and how we build our cities in a production environment with low environmental impact.

Keywords: Clay, Machining, Modeling, Properties

1. Introducción

El modelado y fabricación por CNC es un proceso que une el diseño con la producción mediante el uso de software de modelado 3D o de diseño asistido por computadora (CAD) y procesos de adición o sustracción de material.

Este modelado por mecanizado automatizado es una opción dentro del proceso de producción, que abre y posibilita en la región, ampliar el panorama a nivel del diseño de producto personalizado, rendimiento y optimización de los recursos naturales, ampliación de los sistemas de producción de producto cerámico, desarrollo ágil e integración más efectiva entre diseñadores, investigadores e industria, gracias al proceso de control numérico computarizado.

Para llevar a cabo este proceso se debe tener control y precisión en el equipo que produce la sustracción del material en términos de: velocidad, fuerza y pieza de abrasión.

Estos procesos de control numérico computarizado permiten la heterogeneidad y particularidad en el diseño a soluciones propicias para investigaciones en el campo de la sostenibilidad, calidad ambiental entorno al manejo de y uso de los recursos de materia prima (arcilla), los modelos constructivos y comportamientos climáticos, desarrollos en investigación de producto, rendimientos operativos y de fabricación.

La investigación intenta analizar mediante una metodología específica las consecuencias que se producen en el modelado mecanizado por sustracción material en un tipo de arcilla debidamente caracterizada, para lograr establecer diferencias o estabilidades en

el producto y en los procesos industriales actualmente establecidos.

Metodología

2.1. Caracterización

Para la caracterización exacta de la pasta cerámica a usar en el proceso de modelado, se determina mediante el análisis de Fluorescencia de Rayos X (FRX) y Difracción de Rayos X (DRX), los cuales permiten definir las características físicas, las químicas y que incluye la composición mineral.

2.2. Preparación de Muestras

El material es amasado con agua y las muestras se obtienen mediante extrusión en formatos de: ancho: 5cm x largo: 12 cm x espesor: 1cm

2.3. Control y Lecturas de Humedad Material:

Durante 7 días, cada 24 horas se toma medición en el equipo de balanza de laboratorio de las muestras realizadas, para verificar la pérdida de humedad en la pasta cerámica.

2.4. Proceso de Mecanizado:

El proceso de mecanizado se realiza mediante un equipo de control numérico y se usan 5 brocas con diferente geometría de corte y espesor para revisar el comportamiento de corte.

2.5. Análisis Microscopía Óptica:

Se realizan tomas en diferentes aumentos 5x, 10x, 15x, 20x, para visualizar la incidencia de la granulometría en el fresado y el estado

superficial en la muestra después del proceso abrasivo.

2.6. Especificación de Equipo de Mecanizado:

El equipo usado para el mecanizado de los ensayos fue: Router CNC 3040 4 Axis, marca Chinacncrouter, recorrido de trabajo efectivo 370(X) mm, * 280(Y) mm, * 55(Z) mm; tamaño de la mesa 520 mm * 320 mm, Software aceptable Mach3, USB CNC, EMC2, botón de parada de emergencia de protección, voltaje de funcionamiento AC229V / 110V, el parámetro del 4to eje para CNC 3040 Router CNC de 4 ejes, tamaño 54 mm * 73 mm, diámetro superior 15 mm, altura del centro 50 mm, ajuste de diámetro 40 mm a presión.

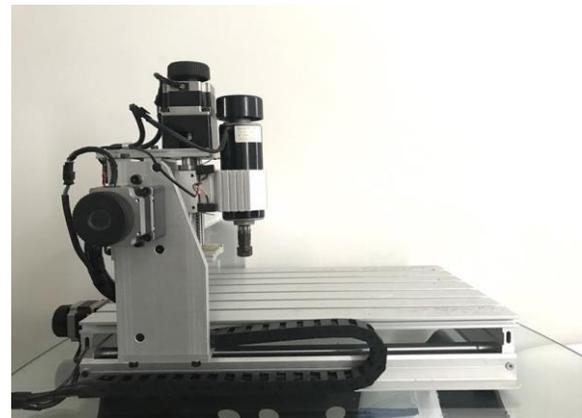


Figura. 1. Router CNC 3040 4 Axis, Chinacncrouter.

2. Resultados

3.1 Caracterización DRX:

El ensayo de Difracción de Rayos X, permite definir la presencia de fases cristalinas individuales en la muestra, revelando así, su composición mineralógica.

En las materias primas plásticas de estudio, se identificaron básicamente seis

estructuras cristalinas: cuarzo (SiO_2), caolinita $\text{Al}_2(\text{Si}_2\text{O}_5)(\text{OH})_4$, hematita (Fe_2O_3), una de las dos formas minerales del óxido de titanio (TiO_2) más comunes: la anatasa, mircolina $\text{K}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$ y moscovita $\text{KAl}_2\text{Si}_3\text{AlO}_{10}(\text{OH})_2$ como se logra apreciar en el contenido de la Tabla 1. Por los contenidos de sílice y caolinita en cada una de las muestras analizadas, se puede afirmar que son rocas sedimentarias de tipo arcillosa.

La presencia de sílice en forma de cuarzo en estas materias primas plásticas, favorece la extracción de agua durante el secado y la baja contracción dimensional.

Materia prima	Porcentaje en Peso (%)				
	MC01	MC02	MC03	MC04	Feld
SiO_2	59,67	58,58	60,28	60,75	71,61
Al_2O_3	21,72	21,81	21,55	20,68	15,2
Fe_2O_3	5,29	6,22	5,26	6,09	1,02
K_2O	1,98	1,71	2,07	1,84	5,58
TiO_2	0,95	0,92	0,88	0,98	0,18
MgO	0,67	0,86	0,67	0,77	0,26
P_2O_5	0,57	0,6	0,62	0,61	0,54
Na_2O	0,35	0,28	0,3	0,33	3,08
CaO	0,38	0,27	0,47	0,32	0,45
*L.O.I	8,12	8,48	7,59	7,4	1,78

Tabla. 1. Composición química de las materias primas.

3.2 Caracterización FRX:

Los resultados son muy cercanos para todas las materias primas plásticas analizadas, y permiten verificar lo deducido en los análisis mineralógicos (DRX): son de naturaleza arcillosas de tipo caolinítica - illítica, que proporcionan suficiente plasticidad para poder obtener una forma definida. FRX Por sus contenidos de Fe_2O_3 , Na_2O K_2O , MgO y CaO , las materias primas plásticas

pueden considerarse aptas para la fabricación de gres de cocción roja, con algunas variaciones en sus tonos por el contenido en óxido de titanio, estos colores son característicos de la región, especialmente del área metropolitana de Cúcuta.

Fase Cristalina	Porcentaje en peso (%)				
	Feld	MC01	MC02	MC03	MC04
Cuarzo	44,50	34,80	34,00	39,50	40,60
Moscovita	5,10	11,70	10,50	13,20	13,30
Anatasa	-	0,80	0,50	0,70	0,80
Caolinita	-	23,20	16,90	18,60	16,60
Hematita	-	0,90	1,90	1,20	1,40
Microclina	19,60	1,80	0,40	1,30	1,80
Albita	25,30	1,50	0,40	-	1,10
Calcita	-	-	-	-	0,20
Total	94,50	74,70	64,60	74,50	75,80
Cristalino					
Amorfos y otros	5,50	25,30	35,40	25,50	24,20

Tabla. 2. Composición mineral de las materias primas.

3.3 Preparación de Muestras y Mecanizado.

Se realiza un amasado manual con solo la pasta cerámica caracterizada y el agua suficiente para garantizar homogeneidad de la misma. Posteriormente este material pasa a la extrusora de pequeño formato para realizar las probetas (ver figura 2), las cuales serán sometidas a estudios de contenido de humedad y proceso de mecanizado, durante siete días en búsqueda del mejor momento de fresado según el comportamiento material.



Figura. 2. Preparación de muestras.

Se tomo una muestra cada 24 horas y esta fue ruteada con 5 brocas de diferente diámetro; durante 7 días. En estas pruebas el equipo CNC se mantuvo fijo en el proceso de abrasión y la muestra se desplazó mediante movimiento manual.

En la figura 3, se evidencia como la muestra del día tres (3) en el fresado de mayor diámetro presenta uniformidad en las aristas superiores de la zona de remoción material por ruteado.

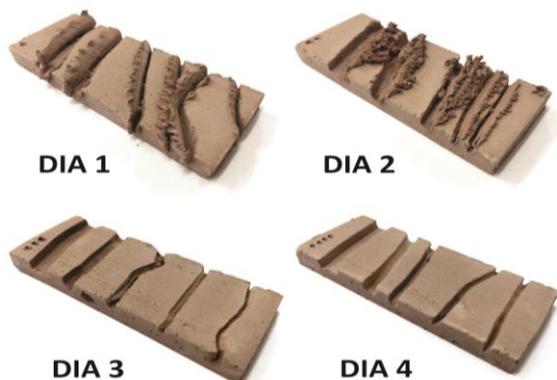


Figura. 3. Muestras Ruteadas en diferentes días.

En la zona más baja de fresado se logran visualizar algunas rasgaduras del

proceso, pero se mantiene un área uniforme y de buen acabado; se puede concluir que en relación a los días 1 y 2, que se observan en la figura 3, presenta homogeneidad en las zonas procesadas y sobre todo el material se desprende con facilidad.

En la Figura 4, se observa que en el día 4 el material se pulveriza, reduciendo su tamaño de partícula a la inicial, permitiendo la recuperación del mismo en casi un 90%, al contrario de los procesos de troquelado manual que se usan habitualmente.



Figura. 4. Muestras Ruteada día.

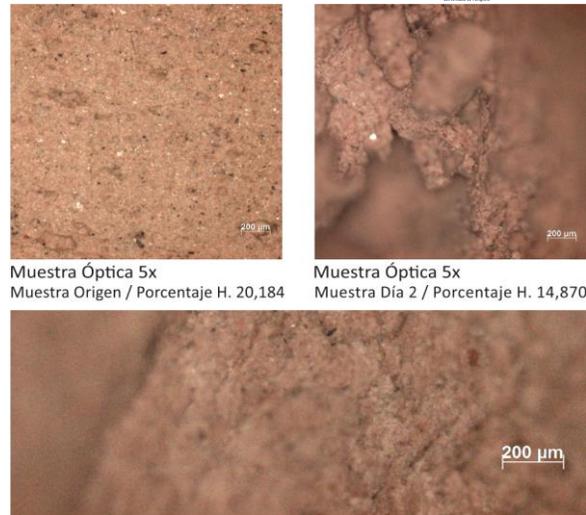
Los procesos manuales de troquelado usados en la industria local, no logran controlar el material de desperdicio al desarrollar producto cerámico, por lo tanto, la materia prima sin uso es incalculable, como se aprecia en la figura 5.



Figura. 5. Residuo material después de troquelado.

3.4 Análisis Microscopia Óptica.

En el análisis de microscopia óptica se logra realizar un comparativo del comportamiento superficial del material, ante el proceso de mecanizado CNC que se hace en la muestra, en diferentes días y con un porcentaje de humedad cambiante, el cual baja cada día entre un 30 y 25 por ciento, permite mejorar el proceso y comportamiento superficial ante la abrasión recibida, como se aprecia en las imágenes de microscopia óptica (ver figura 6) de los días de muestra día origen, día 2 y 3.



Muestra Óptica 5x
Muestra Día 3/ Porcentaje H. 09,145

Figura. 6. Imágenes Microscopia Óptica.

Conclusiones

Se puede concluir en primera instancia que parcialmente en los días 3 y 4 se consigue la humedad específica (h 09,145), para que el material soporte el proceso de abrasión, logrando acabados homogéneos y recuperación de material en su estado granulométrico inicial para nuevo uso.

Por lo anterior, se puede determinar que existen procesos de la industria arcillera que producen desperdicio material en óptimas condiciones, hasta de un 60% del 40% usado, como se puede apreciar en la figura 9, proceso de troquelado manual.

El proceso mecanizado pulveriza el material arrancado, facilitando su nueva incorporación al proceso de producción, optimizando los recursos naturales y mejorando el impacto ambiental.

Por último, constatar que mediante el modelado por mecanizado CNC, se



116

pueden lograr acabados de precisión y el material lo permite.

Agradecimientos

Agradecer a los profesionales que constituyen el equipo del CIMAC de la Universidad Francisco de Paula Santander, por garantizar la objetividad en los procesos y manejos de los equipos correspondientes de laboratorio.

Referencias Bibliográficas

Godoy Ruiz, Laura. (2014). *Análisis del efecto del fresado y pulido en la rugosidad y resistencia mecánica de distintas superficies cerámicas*. Tesis Doctoral, Universidad Complutense de Madrid, facultad de odontología. p. 232

Marzal, Alcaide. Mas, Diego. Cuesta, Asensio. Cruz, González. (2009). *Un estudio de la aplicación de las nuevas técnicas de esculpido digital al diseño conceptual de productos asistido por ordenador*. XIII Congreso Internacional de Ingenierías de Proyectos, Badajoz. p. 12

Sánchez Molina, Jorge., Diaz García, Juan Isidro. (2011). *Introducción a los hornos en la industria cerámica tradicional*. Universidad Francisco de Paula Santander. P. 233

Fressoli, Mariano. Smith, Adrian. (2015). *Fabricación digital, una nueva revolución tecnológica*. Integración y Comercio No.39 p. 7

A.E. Maldonado Montagut, Arquitecto de la Universidad Francisco de Paula Santander - UFPS; Especialista en Lógica y técnica de la

Forma de la Universidad de Buenos Aires, Magister (c) Ciencia y Tecnología de los Materiales (2018) de la Universidad Francisco de Paula Santander, Cúcuta. Profesor Asociado de la Universidad de Pamplona, Facultad de Ingenierías y Arquitectura; Integrante activo del Grupo de Investigaciones Dlab de la UFPS, METHodos de la UP, [http:// orcid.org/0000-0002-8751-8720](http://orcid.org/0000-0002-8751-8720)

J. Sánchez Molina, Ingeniero Químico de la Universidad Industrial De Santander - UIS; Magister En Gerencia De Empresa, Mención Industria de la Universidad Nacional Experimental Del Táchira, Doctor (c) Ingeniería de los Materiales y Energías, de la Universidad de JAEN; Integrante activo del Grupo de Investigaciones GITEC de la UFPS, Director del CIMAC de la UFPS, [http:// orcid.org/ 0000-0002-9080-8526](http://orcid.org/0000-0002-9080-8526)

*Para citar este artículo: Maldonado M A.E; Sánchez Molina J. Analysis of ceramic physical properties and surface effects in a type of ceramic paste, subjected to CNC machining modeling by material subtraction, for the linkage of a new manufacturing model in the regional ceramic industry.Revista Bistua.2018. 16(2):110-116

+ Autor para el envío de correspondencia y la solicitud de las separatas: Maldonado M A.E. Docente, Universidad Francisco de Paula Santander, Grupo de Investigación Dlab / Magister (c) Programa de Maestría en Ciencia y Tecnología de Materiales, Facultad de Ciencias Básicas, Universidad Francisco de Paula Santander. alvaroenriquemm@ufps.edu.co

Recibido: Noviembre 29 de 2017

Aceptado: Marzo 01 de 2018