



PAVIMENTO MONITOREADO CON AGENTES AUTOREPARANTES

Trabajo Practico N°2

Asignatura: Ingeniería Electromecánica I

Tema: Pavimento Monitoreado con Agentes
Autoreparadores

Grupo N°9

Año: 1º AÑO

Nombres: Franco Garcia, Agustina Paniagua, Ruben Silva,
Alejandro Olive Gómez, Danilo Feressini, Felipe Picech y
Valentin Gallard

Profesores: Ing. Bonaz Valentin y Ing. Ruiz David

Índice

Introducción	2
Nanotecnología	2
Sistema de autoreparación	3
Agentes curadores	4
Sensores	5
Conexión entre el pavimento y la central de acción	6
Conclusión	7

Introducción

El mal estado de las rutas o del pavimento urbano es un problema que afecta a los ciudadanos de la zona desde hace varios años. La causa de ese mal estado va desde la circulación de tránsito pesado hasta solo una mala infraestructura de la misma. Esto termina causando pérdidas materiales e incluso la pérdida de vidas humanas.

Sin mencionar que las soluciones actuales son muy lentas, contaminantes y el mantenimiento suele ser inexistente. Por ese motivo proponemos desarrollar rutas que se encuentran monitoreadas y que puedan repararse sin tanta intervención humana.

El mismo contaría con componentes nanotecnológicos, sensores integrados, centrales de monitoreo y actuadores. Pero hagamos una pequeña introducción a la nanotecnología para comenzar.

Nanotecnología

La nanotecnología es la manipulación de la materia a una escala atómica para crear nuevas estructuras, materiales y aparatos. En términos generales abarca estructuras, aparatos y sistemas diseñados que tienen una escala de entre 1 y 100 nanómetros. Los materiales de este tamaño presentan propiedades únicas, no se comportan ni como los átomos de los que están hechos, ni como el material de gran volumen con el que estamos familiarizados.

La nanotecnología crea «máquinas» que trabajan a nivel molecular.

Además, a través de esta se han construido nanomateriales, creados a partir de la modificación de las moléculas de los materiales ya existentes.

Algunas de las aplicaciones actuales de la nanotecnología tienen que ver con:

- Industria textil. La creación de tejidos inteligentes, capaces de comportamientos preprogramados en chips u otros instrumentos electrónicos, *pudiendo así ser autolimpiantes, repelentes de manchas o pudiendo cambiar de coloración y de temperatura.*
- Diseño agrícola. Elaboración de plaguicidas, pesticidas y fertilizantes de bioquímica controlada que permitan el mejoramiento de los suelos, así como de *nanosensores para detección de aguas subterráneas, concentración de nutrientes, etc.*

Nanocirugía mediante un robot. Guiado magnéticamente, conocido como OctoMag, con el cual se espera poder llevar a cabo microcirugías sin abrir al paciente, simplemente inyectándole dentro del cuerpo mediante una pequeña aguja.

Sistema de autoreparación

El producto se logra protegiendo ese material genético al interior de una súper cápsula más ligera que una pluma, pero a la vez más resistente que el hormigón en cuanto a altas temperaturas y cargas mecánicas. Este tipo de cubierta se conoce como *esporopolenina* y es idónea para la producción de innovadores asfaltos autorreparables.

Este sistema funciona al momento de la formación de grietas al interior de asfaltos envejecidos causadas por el paso del tráfico de los vehículos, temperatura, humedad, entre otros factores, donde las microcápsulas que están en su interior se activan al producirse el daño (microgrieta) y liberan de manera controlada y autónoma, agentes capaces de sellar y rejuvenecer los asfaltos.

Este nuevo asfalto, además de ser más fuerte mecánicamente, puede responder de manera a la radiación externa lo que puede servir para reparar las carreteras asfálticas de manera muy poco invasiva, sin material adicional y en pocos minutos capaz de promover la autorreparación de grietas abiertas en asfaltos envejecidos en un tiempo menor a 50 minutos, sellando y restaurando químicamente las aberturas producidas.

Agentes curadores

Propiedades

Un agente adecuado para un curado autonómico de materiales cementosos debe poseer

las siguientes características:

- Tener la capacidad de ser fácilmente encapsulable.
- Tener la circulación o fluidez suficiente para alcanzar la ubicación de las fracturas

después de ser liberado.

- Tener las propiedades mecánicas suficientes postcurado para resistir la apertura de

grietas.

- Tener suficiente durabilidad a largo plazo y compatibilidad con la matriz

cementosa.

Posibles agentes curadores

- Resinas epoxi

Las resinas epoxi se usan en la remediación activa posterior al daño de pisos de concreto en

cubiertas y puentes. El Sikadur 52 y Tecroc Epoxy Injection Grout tienen viscosidades a

temperatura ambiente (20°C) de 500 y 200 cPs respectivamente.

- Cianoacrilatos

Los cianoacrilatos (o súper pegamentos) son sistemas de un solo componente que reaccionan a la presencia de humedad y son conocidos por su capacidad de curar rápidamente en orden de segundos a minutos. Proporcionan fuerza de adherencia mayor a la resistencia del concreto. Una característica a destacar es su baja viscosidad (<10cPs), gracias a esto pueden curar grietas de menos de 100 µm de espesor

- Soluciones álcali – sílice

Mihashi estudió el uso de una solución álcali – sílice diluida y sin diluir como agente curativo. Esta solución causa hidratación en presencia de oxígeno, uniendo las caras de la grieta.

La fuerza de adherencia es menor que la del pegamento, aunque esto es irrelevante si la fuerza de la adhesión es mayor que la resistencia a tracción del material circundante (H. Mihashi, 2000).

Sensores

Sensores de deformación: mide las deformaciones en la estructura del pavimento son esenciales para detectar fisuras y grietas.

Sensores de temperatura: ayudan a monitorear los cambios de temperatura en el pavimento, ya que las variaciones térmicas pueden causar expansiones y contracciones del material, lo que lleva a la formación de grietas.

Sensores de humedad: detectar la presencia de agua en el pavimento. La humedad puede acelerar la degradación de las carreteras, especialmente en regiones con ciclos de congelación y degradación.

Estos sensores pueden integrarse en un sistema de monitoreo inteligente que utiliza nanotecnología para no solo detectar los daños, sino también para activar mecanismos de autoreparación.

Por ejemplo: podrían desencadenar la liberación de nanomateriales reparadores encapsulados dentro del pavimento, que se liberan en el sitio dañado y se polimerizan o reaccionan para reparar las grietas y restaurar la integridad de la superficie.

Sensores de presión: miden la presión que ejercen los vehículos en la superficie de las carreteras y facilitan identificar las áreas que son sometidas a cargas excesivas y prevenir futuras grietas.

Conexión entre el pavimento y la central de acción

Al tener ya nuestro pavimento monitoreado solo nos queda enviar la información recopilada por los sensores a una central, mediante redes IoT. Esta información será procesada por un programa, de manera que coordine y acote el proceso que deberán realizar los actuadores para no tener un proceso sobredimensionado que pueda llegar alterar la estructura base del pavimento.

Se proponen dos ideas, la primera sería realizar una sola central que controle y procese todos los datos, de manera que toda la ruta se encuentra monitoreada por un solo

PAVIMENTO
MONITOREADO CON AGENTES
AUTOREPARADORES

equipo. Pero esto puede generar que si la central falle la ruta pause esos procesos de reparación. A causa de esto nace la segunda idea, que es ramificar el control de la ruta en partes, haciendo así que sea autónoma de sus otros tramos, generando que si una de esas centrales falle otra puede reemplazarla momentáneamente hasta que la misma se encuentre en óptimas condiciones de nuevo, lo que haría que los procesos de mantenimiento a los equipos se pueda realizar de manera que no afecte a otros tramos.

Los que nos lleva a elegir la idea dos, debido a la independencia que se logra entre los tramos de la ruta, lo que nos permitirá una mejor puesta en marcha.

También se pueden conectar cámaras que se encuentren sincronizadas con sensores de presión, esto para tener controlado a los camiones o métodos de transporte, debido a que en la actualidad muchos camiones suelen llevar más carga de la que se le permite, y esto suele ser una de las causas principales del deterioro del pavimento.

Para analizar las reducciones de costos que se pueden alcanzar con materiales autorreparables, es factible comparar el aumento en los costos de materiales con la disminución en los costos de mantenimiento. También hay que tener en cuenta la aplicación y costos operativos, de eliminación y ambientales para comprender un análisis costo – beneficio. Se espera que cuando se emplee asfalto autorreparable, se extiendan los periodos de mantenimiento en carreteras, lo que reducirá la congestión del tráfico y los costos asociados.”

Conclusión

Los beneficios de los materiales autorreparables son claros, en forma de mayor vida útil del pavimento asfáltico y menores costos de mantenimiento, solo se hacen evidentes con el tiempo, sin olvidar los beneficios que se logran a nivel social, dejando en el pasado aquellas rutas en mal estado. También cabe mencionar que las emisiones de CO₂, debido al uso de maquinaria pesada, también genera una reducción de espacio en la obra.

Al poseer un pavimento monitoreado se nos permitirá tener un mayor control de la estructura interna de dicho pavimento, lo que nos permitirá localizar y solucionar mejor los problemas que se puedan presentar.

En el actual informe no se cuenta con una tabla costo, debido a la gran apertura que puede tener este proyecto, pero se puede predecir que la inversión no será pequeña, sin embargo los beneficios a nivel social y ambiental justificaría los gastos.

Bibliografía:

- Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH).
- Instituto Nacional de Investigación del Genoma Humano.
- “Nanotechnology” en The Encyclopaedia Britannica.
- “Nanotecnología: la ciencia que cambiará la vida de todos” en Infobae.
- Facultad de ingeniería y ciencias de Chile.
- Carreteras Pan-americanas.
- ESTADO DEL ARTE DE TECNOLOGÍAS AUTOREPARANTES EN CONCRETOS Y PAVIMENTOS. Julián Ricardo Acevedo Lemus.
- Director: Ing. Carlos Eduardo Torres. 2021.
- Dong, Q., Wang, Y., & Alavi, A. H. (2015). "Smart Sensing and Data Analytics for Structural Health Monitoring of Road Infrastructures." IEEE Sensors Journal.
- Tipos de sensores de temperatura
<https://srcsl.com/tipos-sensores-temperatura/>