



**LOCTITE®**

# NUEVO COMPUESTO RESISTENTE AL DESGASTE

---

Leo Li, Chunfu Chen, Henry Chu, Choc Wang, equipo de Henkel ACM-APAC PD

## RESUMEN

Los compuestos contra el desgaste son productos compuestos de polímeros, los cuales combinan rellenos cerámicos abrasivos de alta resistencia al desgaste con tecnología epóxica de dos componentes de alta adherencia. Recientemente desarrollamos y lanzamos un nuevo compuesto resistente al desgaste, LOCTITE® PC 7332™, para áreas de alto desgaste en equipos de procesamiento para aplicaciones de generación de energía, minería y plantas de acero, como bombas y conductos de desulfuración, bombas centrífugas y de granulación de escoria, para protegerlos contra la abrasión húmeda severa. LOCTITE® PC 7332™ es un producto epóxico de dos componentes, relleno con carburo de silicio, que cura a temperatura ambiente. Su resistencia a la abrasión se midió mediante las pruebas de abrasión en seco, abrasión de lechada, prueba de abrasión de Miller y la prueba de erosión por chorro de gas en diferentes condiciones. Los resultados de las pruebas se discutieron y compararon con los compuestos de desgaste existentes y otros productos de recubrimientos protectores. También se describieron las propiedades del producto y las características clave.

# 1. INTRODUCCIÓN

Los compuestos contra el desgaste se han utilizado ampliamente como recubrimientos protectores resistentes al desgaste, para aumentar la vida útil de los equipos industriales y protegerlos contra corrosión, abrasión, ataques químicos y otros tipos de desgaste que se encuentran en entornos industriales hostiles. Pueden utilizarse para restaurar superficies desgastadas o proteger piezas nuevas.

Durante décadas, Henkel ha sido el líder mundial del mercado y el proveedor de tecnologías en compuestos contra el desgaste. Tenemos una gran variedad de productos compuestos de alto rendimiento que cumplen con diversas aplicaciones de reconstrucción y prevención del desgaste [1].

Recientemente, fue necesario mejorar aún más la resistencia al desgaste y aumentar la vida útil debido a los requisitos de mayor eficiencia en la producción.

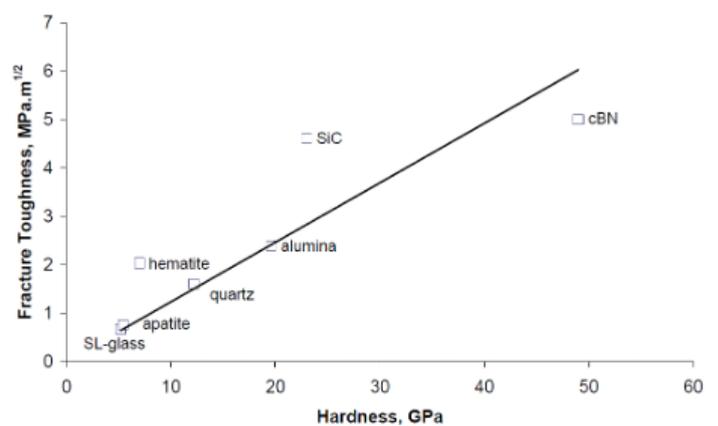
La parte de resina de los productos compuestos contra desgaste está formado comúnmente por resina epóxica, diluyente, cerámica de alúmina, agente de acoplamiento de silano y otros aditivos, según sea necesario. Su parte endurecedora está formada principalmente de amina alifática, poliamida, bolas de cerámica de alúmina y otros aditivos, según sea necesario.

La alúmina se ha utilizado comúnmente como el principal relleno cerámico abrasivo para compuestos contra el desgaste, debido a su buena propiedad de resistencia al desgaste y su fácil aplicación. Como se muestra en la Figura 2 [2, 3], el carburo de silicio tiene una dureza y resistencia más altas que la alúmina, lo cual posiblemente indica una mayor resistencia al desgaste en el uso real. Las propiedades del carburo de silicio y la alúmina se comparan en la Tabla 2.

**TABLA 2.** Propiedades del carburo de silicio y la alúmina.

| Propiedad                        | Carburo de silicio | Alúmina   |
|----------------------------------|--------------------|-----------|
| Densidad real, g/cm <sup>3</sup> | 3.21               | 3.98      |
| Dureza Knoop, Hk                 | 2,600              | 2,000     |
| Punto de fusión, °C              | 2,600 (se rompe)   | 2,000     |
| Calor específico, kJ/kg • K      | 0.63–1.26          | 0.92–1.26 |
| Cond. Térmica, W/mK              |                    |           |
| RT                               | 167.6              | 30.2      |
| 400°C                            | 67.0               | 13.0      |
| 1,000°C                          | 46.9               | 6.3       |
| CTE, ppm/K                       |                    |           |
| RT                               | 3.8                | 6.9       |
| 400°C                            | 4.1                | 7.8       |
| 1,000°C                          | 4.8                | 8.3       |

**FIGURA 2.** Dureza y resistencia a la fractura para cargas abrasivas habituales.



Recientemente se desarrolló y se aplicó con éxito un nuevo producto, LOCTITE® PC 7332™. LOCTITE® PC 7332™ fue evaluado y utilizado para proteger bombas centrífugas bajo condiciones severas de abrasión húmeda, lo cual extendió la vida útil usual, de 6-8 meses, a más de 18 meses, y se confirmó un desempeño satisfactorio y sobresaliente de resistencia al desgaste en uso real.





## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1 Material

LOCTITE® PC 7332™ A Lote#: PM171220A

LOCTITE® PC 7332™ B Lote#: PM171229B

### 2.2 Métodos de prueba y parámetros

La prueba de abrasión en seco se llevó a cabo con el probador de abrasión en seco DUCOM TR-0, de acuerdo con la norma ASTM G-6.

La prueba de abrasión de lechada se llevó a cabo con el probador de abrasión de lechada DUCOM TR-44, de acuerdo con la norma ASTM G-7.

|                     |   |
|---------------------|---|
| Parámetro de prueba | Velocidad: 100rpm                       |
|                     | Revolución: 200                         |
|                     | Carga: 5 kg                             |
|                     | Dimensión de la muestra: 76x2.4x12.7 mm |

|                     |   |
|---------------------|---|
| Parámetro de prueba | Velocidad: 100rpm   |
|                     | Revolución: 300   |
|                     | Carga: 10.09kg  |
|                     | Granulación: 2 kg Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + 00 ml agua |
|                     | Dimensión de la muestra: 76x2 x6mm                            |



## 2.2 Métodos de prueba y parámetros (continuación)

La prueba de Miller se llevó a cabo con la máquina DUCOM TR-4 Miller y el número Sar, de acuerdo con la norma ASTM G7 -01.

|                     |                                     |
|---------------------|-------------------------------------|
| Parámetro de prueba | Carga en cada brazo: 22.4N          |
|                     | Duración de la prueba: 2 horas      |
|                     | Granulación: 2 kg Al2O3+ 00 ml agua |
|                     | Longitud del trazo: 203.2 mm        |



La prueba de erosión por chorro de gas se efectúa mediante el comprobador de erosión por chorro de gas DUCOM TR-471-900, de acuerdo con ASTM G-76.

|                     |   |
|---------------------|---|
| Parámetro de prueba | Descarga erosionante: 2 gm/min                  |
|                     | Velocidad de erosión: 72 m/segundo              |
|                     | Condición de la prueba: Temperatura ambiente    |
|                     | Duración de la prueba: 1 minuto en cada soporte |
|                     | Erosionante consumido: 30000mg                  |
|                     | Dimensión de la muestra: 2 x2 x mm              |



## 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1 Descripción del producto

LOCTITE® PC 7332™ es un sistema de resina epóxica 100% sólido, relleno de carburo de silicio de dos componentes, curado a temperatura ambiente, diseñado para proteger, reconstruir y reparar áreas de alto desgaste en los equipos de procesamiento, como bombas y conductos de desulfuración, bombas centrífugas y de granulación de escoria que son sometidas a una abrasión húmeda severa. Este producto también puede utilizarse para la abrasión de partículas en condiciones secas en codos de transporte, conductos y otros equipos. Se utiliza normalmente en aplicaciones con un rango de funcionamiento de -30 °C a 120 °C.

### 3.2 Composición y propiedad

#### 3.3 Resistencia a la abrasión

La resistencia a la abrasión de LOCTITE® PC 7332™ se midió con cuatro pruebas de abrasión diferentes, con el fin de evaluar y simular su rendimiento ante el desgaste en diversas aplicaciones industriales.

Los resultados se compararon y evaluaron con otros productos de recubrimientos protectores [4].

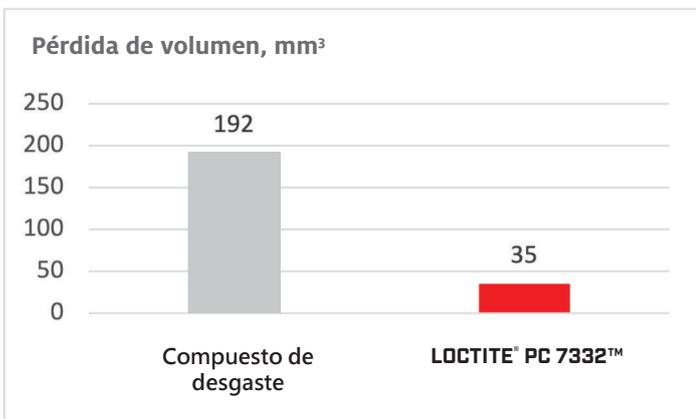
### 3.3.1 Resistencia a la abrasión en seco

La prueba de abrasión en seco determina la resistencia de los materiales a la abrasión por rayado mediante arena seca y una rueda de caucho. Los resultados pueden utilizarse para simular aplicaciones resistentes al desgaste, como alimentadores y molinos de carbón, codos y conductos de plantas de sinterización, así como conductos para bolsas de cemento. Los resultados de la prueba de abrasión en seco para LOCTITE® PC 7332™ se resumen en la Tabla 4.

El resultado de pérdida de volumen se muestra comparado con un compuesto de desgaste común en la Figura 3. Como puede verse, la pérdida de volumen con LOCTITE® PC 7332™ es mucho menor, lo que indica mayor tiempo de recubrimiento. En comparación con otros productos de recubrimientos protectores, se demostró que LOCTITE® PC 7332™ tuvo el nivel de resistencia a la abrasión en seco más alto entre todos los productos que se han probado hasta la fecha. Su pérdida de volumen es incluso menor que la de los compuestos de desgaste con curado por calor.

| TABLA 4. Prueba de abrasión en seco de LOCTITE® PC 7332™ |                                    |                     |                                     |
|--|------------------------------------|---------------------|-------------------------------------|
| Muestra núm.   | Peso, mg [inicial, final, pérdida] | Pérdida de peso, mg | Pérdida de volumen, mm <sup>3</sup> |
| 1  | 2319, 2249, 70                     | 80                  | 3                                   |
| 2  | 46714, 46626, 88                   |                     |                                     |
| 3  | 46829, 46748, 81                   |                     |                                     |

FIGURA 3. Pérdida de volumen como resultado de la prueba de abrasión en seco.



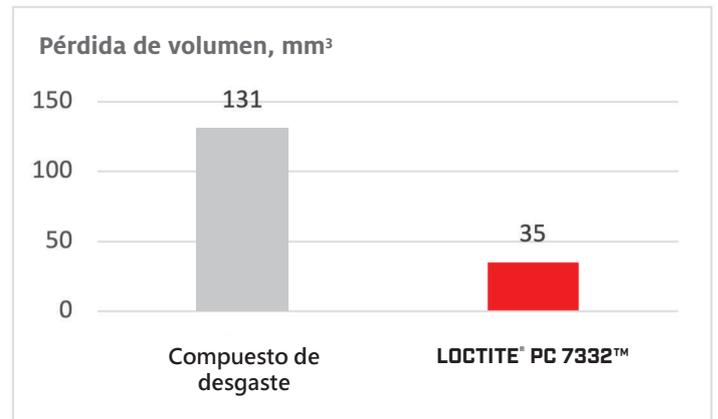
### 3.3.2 Resistencia a la abrasión de lechada

La prueba de abrasión de lechada determina la resistencia de los materiales cuando una lechada abrasiva húmeda de alúmina pasa entre una rueda de acero y la muestra curada.

El resultado de la abrasión de la lechada puede utilizarse en la simulación de aplicaciones resistentes al desgaste para bombas de manipulación de cenizas y clarificadores para el tratamiento de aguas residuales. Los resultados de la prueba de abrasión de lechada para LOCTITE® PC 7332™ se resumen en la Tabla. El resultado de la pérdida de volumen se muestra comparado con un compuesto para desgaste común en la Figura 4. La pérdida de peso de LOCTITE® PC 7332™ es mucho menor, aproximadamente 1/4 de la del producto estándar. Este resultado indica que LOCTITE® PC 7332™ también funciona mucho mejor y dura mucho más en condiciones severas con abrasión de lechada húmeda en diversas aplicaciones reales.

| TABLA 5. LOCTITE® PC 7332™ |                                    |                     |                                     |
|----------------------------|------------------------------------|---------------------|-------------------------------------|
| Muestra núm.               | Peso, mg [inicial, final, pérdida] | Pérdida de peso, mg | Pérdida de volumen, mm <sup>3</sup> |
| 1                          | 26979, 26896, 83                   | 79                  | 3                                   |
| 2                          | 27 11, 27436, 7                    |                     |                                     |
| 3                          | 2 98 , 2 899, 86                   |                     |                                     |

FIGURA 4. Pérdida de volumen como resultado de la prueba de abrasión de lechada.



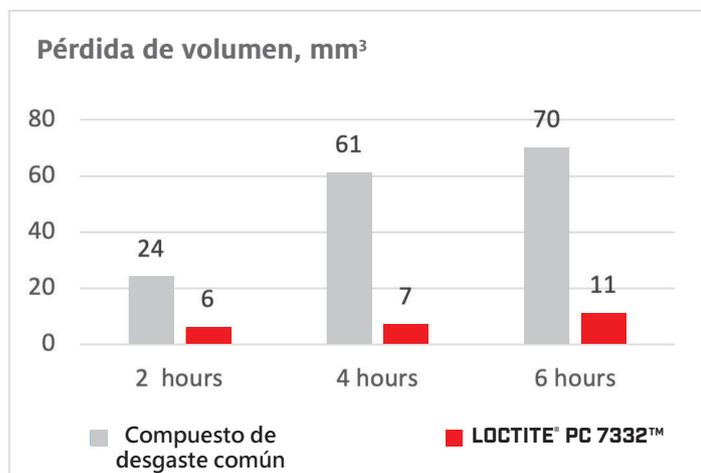
### 3.3.3 Abrasión de lechada Miller

La prueba de lechada de Miller determina la abrasividad relativa de cualquier lechada, o la respuesta de diferentes materiales a la abrasividad de diferentes lechadas.

El resultado de la prueba de lechada de Miller puede utilizarse para simular aplicaciones de protección contra el desgaste para bombas de manejo de lodos que se utilizan en plantas de energía, tuberías y codos para el manejo de cenizas en sistemas de manejo de materiales y bombas de dragado. Los resultados de la prueba Miller con LOCTITE® PC 7332™ se resumen en la Tabla. El resultado de pérdida de volumen se muestra comparado con un compuesto de desgaste común en la Figura 5. Como puede verse, la pérdida de volumen con LOCTITE® PC 7332™ es mucho menor. En comparación con otros productos de recubrimientos protectores existentes, se demostró que LOCTITE® PC 7332™ tuvo el nivel de resistencia a la abrasión de lechada más alto entre todos los productos que se han probado hasta la fecha. Su pérdida de volumen es incluso menor que la de los compuestos de desgaste con curado por calor.

| TABLA 6. Prueba de Miller con LOCTITE® PC 7332™ |                                   |                                     |
|---|-----------------------------------|-------------------------------------|
| Muestra núm.                                    | Peso, mg [inicial, 2 h, 4 h, 6 h] | Pérdida de peso, mg [2 h, 4 h, 6 h] |
| 1   | 4036, 4020, 4017, 4012            | 16, 19, 24                          |
| 2   | 3886, 3873, 3868, 38              | 13, 18, 31                          |
| 3   | 3917, 3906, 3904, 3900            | 11, 13, 17                          |
| Pérdida de peso promedio, mg                    |                                   | 13, 17, 24                          |
| Pérdida de volumen, mm <sup>3</sup>             |                                   | 6, 7, 11                            |

FIGURA 5. Pérdida de volumen como resultado de la prueba de Miller.



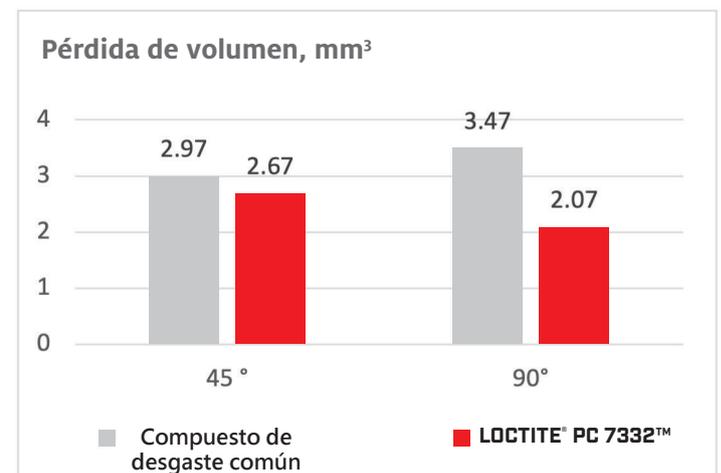
### 3.3.4 Erosión por chorro de gas

La prueba de erosión por chorro de gas determina la pérdida de material por erosión, causada por el impacto de partículas sólidas arrastradas por gas. El resultado de la prueba puede utilizarse para simular aplicaciones resistentes al desgaste en molinos para materias primas, filtros de bolsa y enfriadores de hornos en la industria del cemento, conos internos y sistemas de manejo de cenizas en la industria de generación de energía, así como en equipos de hornos altos en la industria del acero y el carbón.

Los resultados de la prueba de erosión por chorro de gas para LOCTITE® PC 7332™ se resumen en la Tabla 7. El resultado de pérdida de volumen se muestra comparado con el de un compuesto de desgaste común en la Figura 6. Tal como se muestra, la pérdida de volumen de LOCTITE® PC 7332™ es menor que la del compuesto de desgaste típico, tanto en pruebas de 4° como de 90°. En comparación con otros productos de recubrimientos protectores creación alistarón, LOCTITE® PC 7332™ tuvo el mejor desempeño.

| TABLA 7. Prueba de abrasión en seco de LOCTITE® PC 7332™ |              |                                    |                     |                                     |
|--|--------------|------------------------------------|---------------------|-------------------------------------|
| Ángulo de impacto  | Muestra núm. | Peso, mg [inicial, final, pérdida] | Pérdida de masa, mg | Pérdida de volumen, mm <sup>3</sup> |
| 4 °  | 1            | 7204, 7199,                        | 6                   | 2.67                                |
|  | 2            | 6669, 6662, 7                      |                     |                                     |
|  | 3            | 6341, 633 , 6                      |                     |                                     |
| 90°  | 1            | 689 , 6889, 6                      |                     | 2.07                                |
|  | 2            | 7160, 71 6, 6                      |                     |                                     |
|  | 3            | 626 , 6261, 4                      |                     |                                     |

FIGURA 6. Pérdida de volumen como resultado de la prueba de erosión por chorro de gas.





## 4. CONCLUSIÓN

LOCTITE® PC 7332™ fue desarrollado como un compuesto de alta resistencia al desgaste mediante la optimización, tanto de la resina epóxica como de los compuestos de relleno abrasivos. Se ha confirmado un rendimiento excepcional de resistencia al desgaste y un tiempo de servicio prolongado en aplicaciones de protección para bombas centrífugas en entornos de abrasión húmeda severa en una planta de acero. Varios resultados en pruebas de tribología muestran que LOCTITE® PC 7332™ posee el nivel más alto de resistencia a la abrasión, de acuerdo con diversos métodos de ensayo.

Esto sugiere que LOCTITE® PC 7332™ es un producto adecuado para proteger, reconstruir y reparar áreas de alto desgaste en equipos de procesamiento para aplicaciones de generación de energía, minería y plantas de acero, como bombas y conductos de desulfuración, bombas centrífugas y de granulación de escoria, para protegerlos contra la abrasión húmeda severa. LOCTITE® PC 7332™ también puede utilizarse para la abrasión de partículas en condiciones secas en codos de transporte, conductos y otros equipos.



## RECONOCIMIENTOS

Los autores agradecen a Paresah Raiyani y Jayesh Shah por su ayuda con las pruebas de abrasión.

## REFERENCIAS

1. Guía de soluciones de mantenimiento Henkel Loctite, 2017 Volumen 20
2. P. C. Milak, F. D. Minatto, A. De Noni Jr, O. R. K. Montedo, Ceramica, 61(201), 88-103
3. G. Pintaude, en: T. Ghrib, New Tribology Ways, Londres: Intechopen; 2011, 117-130.
4. J. Shah, P. Raiyani, N. Adkar, T. Buckley, G. Zaffaroni, R. Newmayer, Correlating ASTM Tribology Test Methods to End Use Industrial Applications for Polymer Composite Products, New to the World Data, 2017