

## Proyecto Escuela de Verano

Enfoque para desarrollar la solución a problemática de los carbon brushes en generadores eólicos, desde la perspectiva de una empresa.

### Propiedades del MG1157 Morgan Advanced Materials

- Continuous current rating = 18 A/cm<sup>2</sup>
- Continuous speed rating = 40 m/s
- Resistivity = 3.30  $\mu\Omega\cdot\text{m}$
- Bulk density = 1.30 g/cm<sup>3</sup>
- Metal content = 50% Ag
- Common Application = Optimizado para anillos de acero, con capacidad de formar película lubricante estable en climas fríos.

Solución según profesor: Equilibrio Termodinámico = Swollen Phase Brush

Traducción: TDeq favorece la hinchazón del artefacto

Dato: La tolerancia (espacio entre pase brush y brush holder) es muy pequeño

Meta: Proponer un flujo de trabajo para hallar la solución, no la solución en sí misma.

Restricción: Somos una compañía, no trabajamos como la academia.

Esquema primitivo de flujo de trabajo: \*no serio\*

| Actividad  | Equipo encargado  |
|--|---|
| Presentación de la empresa <ul style="list-style-type: none"><li>- Nombre de la empresa: *Campanil Carbon Materials* - Biobio Materials</li><li>- Integrantes</li><li>- A qué nos dedicamos -&gt; producción/venta de carbon brushes</li><li>- Misión/visión</li></ul> |   |
| Contextualización del problema: <ul style="list-style-type: none"><li>- Qué es un carbon brush</li><li>- Por qué se expanden</li><li>- Por qué esto es un problema</li></ul>   |   |
| Investigación del estado del arte  | Departamento de I+D                                       |
| Investigación de las causas del problema   |   |
| Proposición de metodologías  |   |
| Análisis económico   | Departamento de finanzas? O es lo mismo que la siguiente? |
| Filtro de metodologías de acuerdo a las capacidades de la empresa  | Product Management / Project management                   |
| Ejecución de propuestas de solución (pequeña escala)   | Operations / Manufacturing                                |
| Evaluación de soluciones   | Quality Assurance / Quality Control                       |
| Escalamiento de soluciones   | Operations / Manufacturing                                |
| Protección de PI?  | Departamento de asuntos legales                           |
|  | Supply Chain / Procurement                                |

Preguntas para Mario:

¿Tiene sentido los “departamentos” hipotéticamente involucrados en el flujo trabajo?

Desde su experiencia y en el contexto de solucionar problemas de la empresa:

¿Cuáles son los equipos que realmente existen?

Estructura organizacional

Traducción de propiedades del material

- Resistividad: generación localizada de calor, lo que se llama “Joul Heating”
- Baja densidad + fase grafito: estructura porosa / capacidad de retención de especies
- Contenido metálico 50%: conducción + anclaje mecánico de fases blandas
- Optimizado para climas frios: comportamiento no rígido a bajas temperaturas

### **Análisis y presentación del problema**

- Carbon brushes absorben humedad y sufren hinchazón, se traban mecánicamente, pierden contacto eléctrico y provocan fallas, por lo que deben ser modificados o pueden causar problemas en generadores eólicos

**Posibles causas del problema:** Podría ser una o varias

- Contenido metálico del brush
  - Plata es resistente a la oxidación y con alta conductividad, pero es caro
  - Debe ser un metal con bajo coeficiente de expansión térmica y alta estabilidad química.
- Proporción metal/grafito
  - ¿Bajo que criterios se establece la proporción ideal?
  - Quizás la proporción utilizada no es la ideal.
- Porosidad
  - Análisis porosidad actual -> BET
  - Análisis de factores que condicionan la porosidad
- Tipo de aglomerante:
  - Análisis del tipo de aglomerante utilizado y sus propiedades para determinar si este influye o contribuye a la hinchazón
  - Estudio de nuevos aglomerantes que contribuyan a disminuir porosidad y/o hinchazón

### **Posibles soluciones al problema**

- **Pre-acondicionamiento del brush**

Esto va más conforme a llevar al brush antes de instalarlo a condiciones similares a operación, el brush se expande fuera del generador y se instala ya en su estado de equilibrio.

- **Diseño con tolerancia al estado hinchado**

Rediseñar housing (brush holder) / resortes de presión, con esto puede llevarse a una aceptación de la expansión como una condición normal, y se puede controlar la presión de contacto.

- **Modificación del material para desplazar el equilibrio**

Reducir la porosidad efectiva del brush y ajustar su fase metálica (quizás más o menos de carbón o plata) e introducir aditivos hidrofóbicos.

- Aditivos hidrofóbicos

Trimetoxisilano (Silanos hidrofóbicos) (pueden dar un tratamiento superficial)

Polidimetilsiloxano (PDMS)

PTFE (Teflon) en micro-partículas (caros, pero pueden extender la vida útil)

Aceites de silicona

- Tener en consideración que no disminuyan la conductividad eléctrica

- Modificaciones del porcentaje de metal:

Reducción ligera del porcentaje metálico (30 – 40%), menor fracción de fases con alto coeficiente de expansión térmica, menor rigidez global del brush, más comportamiento “carbonoso” homogéneo, por lo cual, disminuye la expansión térmica y el estrés interno, sin embargo, podría existir un aumento de resistividad.

Opciones: Bronces especiales como Cu – Sn; Aleaciones de Cu – Ni

Pruebas que podrían hacerse

- Prueba de absorción de humedad
- Medición de expansión dimensional
- Fricción bajo ambiente controlado

Consideraciones para la toma de decisiones

- Factor económico
  - Costo metal/aditivos
  - Costo producción
- Facilidad/tiempo de producción del potencial producto solución
  - Si demora mucho o es complejo, no es viable para producción masiva