

MEMORIA TÉCNICA DEL PROYECTO (Convocatoria PTA 2022 – Categoría PTA PYMES)

“**SUS**titución definitiva del **CROM**o duro hexavalente en el sector aeronáutico (Acrónimo: SUSCROM)”



Actividad 1: Definición de protocolos

CONSORCIO			
Coordinador	Socio Participante	Socio Participante	Socio Participante
 electroless hard coat, s.a.	 CHEMPLATE MATERIALS, S.L.	 SURTECH ENGINEERING	 Egile
ELECTROLESS HARD COAT, S.A. (ELHCO)	CHEMPLATE MATERIALS, S.L. (CHEMPLATE)	SURTECH ENGINEERING, S.L. (SURTECH)	EGILE MECHANICS, S.L. (EGILE)

1. Participantes:

Líder: ELHCO. Resto participantes: CHEMPLATE, SURTECH, EGILE

2. Objetivo:

Definir en detalle los puntos críticos de partida del proyecto, como son el diseño de experimentos, la selección de materiales y demostradores (composición, número, tamaño, geometría, pretratamiento), los ensayos y las normas a seguir para garantizar una completa caracterización de las propiedades buscadas y realizar la validación de los recubrimientos. Además, se busca definir los requerimientos de los equipos de regeneración de los electrolitos y diseñar un banco de ensayos que permita validar los demostradores con los nuevos recubrimientos.

3. Tareas:

Tarea 1.1. Diseño de experimentos para la obtención de los recubrimientos (Líder: Chemplate)

En esta tarea se diseñarán los experimentos que se van a realizar para la obtención de los recubrimientos de Cr y Ni-P, durante las diferentes fases del proyecto.

Subtarea 1.1.1. Selección de materiales

En primer lugar, se seleccionarán los materiales y componentes más adecuados para llevar a cabo el proyecto, teniendo en cuenta los requerimientos definidos en la Tarea 1.3. El objetivo es seleccionar varios materiales que sean representativos de los diferentes tipos de componentes que requieren ser tratados con cromo duro, intentando abarcar diferentes aplicaciones y sectores que demandan estos acabados. Con esta información, se establecerán la composición y geometría más adecuadas de las muestras y los materiales que se van a recubrir durante el proyecto, así como las formulaciones del pretratamiento de los mismos. Se contempla trabajar sobre sustratos planos de diferente tamaño, tanto a escala de laboratorio como a nivel de planta piloto, así como sobre sustratos con geometría tridimensional que sean representativos de las características y limitaciones que se presentan al aplicar un recubrimiento sobre una pieza real. Se contempla además trabajar con sustratos obtenidos por fabricación aditiva (SLM) para estudiar la aplicabilidad de los tratamientos propuestos sobre este tipo de materiales.

Subtarea 1.1.2. Diseño de experimentos de obtención de recubrimientos

Una vez seleccionados los materiales, se definirán los experimentos que se van a realizar para obtener y optimizar las propiedades de los recubrimientos de Cr (III) y Ni-P. Se planteará la modificación de diferentes variables de deposición como la temperatura, el pH, el tiempo, la agitación, la densidad de corriente, la aplicación de pulsos de corriente y las distancias entre electrodos, entre otras. Se estudiará el efecto que tienen estas variables sobre las características estructurales y funcionales de los recubrimientos, contemplándose el empleo de métodos quimiométricos para el diseño de los experimentos, de manera que se puedan analizar los efectos de las variables y sus interacciones de forma sistemática y optimizada. Este estudio sistemático mediante diseño de experimentos permitirá determinar si los resultados obtenidos son reproducibles, de manera que se pueda desarrollar un proceso robusto y fiable. En el

caso de los recubrimientos de Ni-P se definirán los tratamientos térmicos que se van a aplicar para analizar su efecto sobre la estructura cristalina y las características funcionales de estas capas. Además, se plantearán las diferentes posibilidades de combinación de los procesos de Cr y Ni-P en una misma arquitectura del recubrimiento, con objeto de mejorar su funcionalidad respecto a la que ofrece cada sistema de forma individual. Por otra parte, se diseñarán los experimentos para llevar a cabo el estudio de la reparabilidad de los recubrimientos mediante *brush-plating*, tanto en lo referente a la optimización de electrolitos como a las variables de deposición.

En paralelo, se llevará a cabo una definición de los experimentos que se van a realizar a escala de laboratorio para estudiar la regeneración de los electrolitos de Cr(III). Se considerarán tanto métodos de control y mantenimiento de los electrolitos, como la eliminación de iones y compuestos indeseados que se pueden ir generando cuando se trabaja con los baños de Cr(III), como es el caso los contaminantes metálicos (Fe, Ni, Cu). Se planificarán los experimentos de obtención de recubrimientos a partir de electrolitos regenerados, analizando las propiedades de los depósitos obtenidos.

En esta subtarea se concretarán los volúmenes de electrolito a las diferentes escalas, las celdas en las que se va a trabajar (forma, volumen, separación de compartimentos...) y el número de sustratos de cada tipo necesarios para llevar a cabo la obtención y caracterización de recubrimientos en las diferentes fases del proyecto, de forma que se puedan realizar varias réplicas en cada condición y se obtengan resultados repetibles y reproducibles.

Tarea 1.2. Definición de los requerimientos de los equipos de regeneración de electrolitos (Líder: Surtech)

En esta tarea se llevará a cabo la definición de los requerimientos que deberán cumplir los equipos de regeneración de los electrolitos de Cr(III). Se establecerán las concentraciones óptimas de cada electrolito, delimitando unos valores mínimos y máximos de los componentes del baño, así como de las especies secundarias que se irán generando. Una vez definidos estos valores, se elaborarán los protocolos de control de los electrolitos, identificando los métodos de análisis más adecuados y especificando la frecuencia de toma de muestra y restablecimiento de los diferentes reactivos. Se concretará la frecuencia del tratamiento de los electrolitos para eliminar las especies no deseadas y del control de dichos compuestos. Además del análisis químico de los electrolitos, se establecerán una serie de controles de su rendimiento en base a la velocidad de deposición y a la calidad de los recubrimientos.

Tarea 1.3. Definición de requerimientos de los demostradores y establecimiento de matriz de ensayos de caracterización y validación (Líder: Elhco)

En esta tarea se definirán las características de los demostradores a recubrir en el proyecto, así como los ensayos que se van a realizar para evaluar y validar estos demostradores.

Subtarea 1.3.1. Definición de demostradores

En esta subtarea se definirán los demostradores más adecuados para llevar a cabo el escalado y validación de los procesos de cromado y niquelado a desarrollar en el proyecto. Para ello, se tendrá en cuenta la aplicación final en los componentes que

serán seleccionados en esta subtarea y los ensayos de validación definidos en la siguiente subtarea. Estos componentes serán seleccionados para aplicaciones en los que existe una rodadura o fricción entre elementos y una interacción con el aceite lubricante. Así, dos demostradores que pueden ser de gran interés estudiar pueden ser ejes de pista integrada en los que los propios cilindros del rodamiento ruedan sobre el recubrimiento o ejes sin rodamiento ni casquillo como pueden ser los ejes de las bombas de lubricación de gerotor y engranajes. Por otro lado, también se considera la aplicación del recubrimiento a geometrías complejas como puede ser el perfil de un gerotor u otro tipo fabricado por aditiva metal (L-PBF). En el caso del gerotor resultará de vital importancia la tolerancia y homogeneidad de la capa del recubrimiento para que no se vea comprometida la eficiencia de la bomba.

Asimismo, con miras a extender los resultados de este proyecto a las diferentes aplicaciones y sectores en los que se demandan los recubrimientos de cromo duro, se tendrán en cuenta también otro tipo de tamaños y geometrías de piezas que sean representativos de posibles problemas o retos que afrontan las empresas tratamentistas, tales como diámetros internos, agujeros ciegos y zonas de alta densidad de corriente.

Subtarea 1.3.2. Establecimiento de ensayos de caracterización y validación

Se trabajará en la determinación de las condiciones de operación de las nuevas tecnologías, considerando los requerimientos que deberán cumplir las piezas finales metalizadas que se van a obtener. Se definirán los protocolos para caracterizar y evaluar las prestaciones de los materiales desarrollados en el proyecto, tanto a escala de laboratorio como a escala piloto y sobre demostradores. Los protocolos de caracterización se basarán en las prácticas de ensayo de los socios, así como en los procedimientos de ensayo normalizados disponibles.

Por una parte, se tendrán en cuenta los estándares actuales del cromo duro en lo que respecta a:

- Espesor del recubrimiento de cromo bruto: 0.30 mm (0.012 in) como máximo con una tolerancia de 0.35 mm (0.014 in) en los extremos.
- La dureza del recubrimiento de cromo depositado debe estar entre 800 HV mínimo y 1100 HV máximo.
- El recubrimiento debe adherirse fuertemente al sustrato y debe demostrarse una adhesión satisfactoria, de acuerdo con la norma ISO2819.
- Ensayos de fragilización por hidrógeno de acuerdo con las normas ASTM F519 y EN2832.
- Ensayos de resistencia a fatiga, de acuerdo con la norma EN 6072.

Por otra parte, se va a definir la matriz de ensayos relevantes para la validación de las piezas seleccionadas que va a fabricar. Se tendrá en cuenta el tipo de esfuerzos a los que están sometidas en uso y las características requeridas en el recubrimiento para definir los métodos de validación más adecuados y representativos. Para la validación se contempla el ensayo bajo carga en componentes rotativos donde existe una alta presión de contacto e interacción con aceite lubricante.

Tarea 1.4. Diseño de un banco de ensayos para la validación de los recubrimientos (Líder: Egile)

Teniendo en cuenta los requerimientos y el método de validación definidos en la tarea anterior, en esta tarea se diseñará el nuevo banco de ensayos que permitirá la validación de la solución a un nivel TRL6, lo que supone testear en un entorno relevante controlado.

Se comenzará con el diseño de concepto del banco de modo que se llegue al cumplimiento de la matriz de especificaciones. El diseño de concepto terminará con la primera versión viable del sistema plasmado en un conjunto CAD 3D. En esta fase de diseño conceptual también se definirán materiales y se realizarán los cálculos básicos que verifiquen la viabilidad del sistema. Este dimensionamiento será validado posteriormente si el diseño es considerado adecuado en PDR y se procederá a realizar el diseño en detalle, el cual terminará en el CDR con el BoM del conjunto, planos 2D de todos los componentes a fabricar y los elementos comerciales a aprovisionar.

4. Resultados esperados:

Disponer de informes con los materiales, demostradores, requerimientos (recubrimientos, equipos de regeneración y validación), experimentos y ensayos bien definidos que serán utilizados como punto de partida de las actividades a llevar a cabo en el proyecto. Definir los experimentos a llevar a cabo en las diferentes fases de investigación del proyecto.

5. Entregables:

- E1.1. Informe que recoja los requerimientos y la matriz de experimentos y ensayos de caracterización y validación definidos
- E1.2. Informe con las características del banco de ensayos

6. Hitos:

- H1.1 Establecimiento de los requerimientos del proyecto
- H1.2 Definición de los ensayos de validación y de las características del banco de ensayos

7. Cronograma:

	LÍDER	Hito 1				Hito 2											
		Sept	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
		2022				2023											
		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16
Actividad 1. Definición de protocolos	Elhco																
T1.1. Diseño de experimentos para la obtención de los recubrimientos	Chemplate																
T1.2. Definición de los requerimientos de los equipos de regeneración de electrolitos	Surtech																
T1.3. Definición de requerimientos de los demostradores y establecimiento de matriz de ensayos de caracterización y validación	Elhco																
T1.4. Diseño de un banco de ensayos para la validación de los recubrimientos	Egile																
HITOS					H1.1								H1.2				
ENTREGABLES					E1.1								E1.2				