

# Treball final de màster

**Estudi:** Màster en Enginyeria Industrial

**Títol:** Disseny i anàlisi d'una coberta protectora per al telescopi de neutrins Hyper-Kamiokande

**Document:** Plec de condicions

**Alumne:** Martí Descamps Arbat

**Tutor:** Pere Maimí Vert/ Oriol Vallmajó Martín

**Departament:** Enginyeria mecànica i de la construcció

**Àrea:** Enginyeria Mecànica

**Convocatòria (mes/any):** Setembre /2023



# Índex

<b>1</b>	<b>Introducció</b>	<b>1</b>
1.1	Objecte del Plec . . . . .	1
1.2	Documents contractuals i informatius . . . . .	1
1.3	Compatibilitat entre documents . . . . .	1
<b>2</b>	<b>Especificacions tècniques</b>	<b>2</b>
2.1	Propietats del material . . . . .	2
2.1.1	Cúpula d'acrílic . . . . .	3
<b>3</b>	<b>Requisits de fabricació</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>Requisits assemblatge</b>	<b>7</b>
4.1	Coberta . . . . .	7
<b>5</b>	<b>Condicions d'emmagatzematge i transport</b>	<b>8</b>
<b>6</b>	<b>Disposicions generals</b>	<b>9</b>

# Índex de figures

2.1	Transparència necessària en funció de la longitud d'ona del material acrílic. . . .	3
4.1	Parts de l'assemblatge . . . . .	7

# Índex de taules

2.1 Propietats SUS 304 . . . . .	3
----------------------------------	---



# Capítol 1

## Introducció

### 1.1 Objecte del Plec

En aquest document s'exposaran les condicions obligatòries que ha de satisfer la coberta que s'ha dissenyat perquè sigui apta per ser instal·lada al detector de neutrins Hyper-Kamiokande. Els requeriments que s'exposaran en aquest document han estat aprovats per la col·laboració Hyper-Kamiokande per tal de garantir el correcte funcionament del detector de neutrins durant 20 anys.

### 1.2 Documents contractuals i informatius

Els documents d'aquest projecte que tenen un caràcter contractual son:

- Plànols
- Plecs de condicions
- Estat d'amidaments
- Pressupost

El document informatiu d'aquest projecte és:

- Memòria i Annexos

### 1.3 Compatibilitat entre documents

En cas de contradiccions entre els documents contractuals, s'haurà d'aplicar el següent ordre de ponderació:

- Plecs de condicions
- Plànols
- Estat d'amidaments
- Pressupost

## Capítol 2

# Especificacions tècniques

El desenvolupament d'una coberta protectora per al PMT és un repte a causa de les limitacions de disseny. A continuació s'exposen els requeriments que ha de satisfer el disseny de la coberta:

1. La coberta ha d'estar dissenyada per encapsular el fotomultiplicador ultrasensible R12860 de l'empresa Hamamatsu. Entre la coberta i el PMT hi ha d'haver una distància mínima de 8mm. El PMT no pot colpejar la coberta sota cap circumstància (asseblatge, transport...)
2. La coberta s'ha de dissenyar per reduir l'ona de xoc induïda per la implosió del PMT. L'ona de xoc s'hauria de reduir fins a  $O(100)$  respecte a l'ona de xoc provocada per un PMT nu a la profunditat d'aigua corresponent.
3. La coberta ha de superar el test de pressió hidrostàtica. Aquest test consisteix a suportar la pressió de l'aigua a 80m de profunditat durant 1 minut.
4. La coberta ha de passar un test d'implosió a 80m de profunditat 3 cops.
5. El conjunt de la coberta i la cúpula d'acrílic no pot superar els 30kg.
6. La coberta s'ha de poder instal·lar dins una estructura quadrada de 68 cm i 60 cm de profunditat.

### 2.1 Propietats del material

Les condicions en què ha de treballar el detector de neutrins són molt especials. Per aquest motiu, el material que s'acabi seleccionat per a la coberta ha de complir els següents requisits:

1. Les parts metàl·liques s'han de fabricar amb el material SUS 304 o superior degut a l'aigua ultrapura i aigua carregada amb 0,2 % Gd.
2. Tots els materials s'examinaran mitjançant assaigs d'immersió amb aigua ultrapura i aigua carregada amb Gd. Mitjançant un assaig d'immersió del material en aigua ultrapura i aigua carregada amb 0,2% de Gd, durant tres mesos a 15°C, la pèrdua màxima de la transparència lluminosa en un rang de 300nm a 600nm ha de ser inferior al 10%.
3. Els valors de radioactivitat han d'estar per sota els següents valors:

U-chain	<3Bq/cover
Th-chain	<1Bq/cover
K <sup>40</sup>	<10Bq/cover
Rn emanation	<3Bq/cover
TOC emanation	<10 mg/day



4. Les emissions de carbó orgànic (TOC) han de ser inferiors a 1mg/coberta al dia

<b>Physical Properties</b>	
Density	8.00 g/cc
<b>Mechanical Properties</b>	
Hardness, Brinell	123
Hardness, Knoop	138
Hardness, Rockwell B	70
Hardness, Vickers	129
Tensile Strength, Ultimate	505 MPa
Tensile Strength, Yield	215 MPa
Elongation at Break	70%
Modulus of Elasticity	193 GPa
Poissons Ratio	0.29
Shear Modulus	77.0 GPa
Izod Impact	150 J
Charpy Impact	325 J
<b>Component Elements Properties</b>	
Carbon, C	<= 0.080 %
Chromium, Cr	18 - 20 %
Iron, Fe	66.345 - 74 %
Manganese, Mn	<= 2.0 %
Nickel, Ni	8.0 - 10.5 %
Phosphorus, P	<= 0.045 %
Silicon, Si	<= 1.0 %
Sulfur, S	<= 0.030 %

Taula 2.1: Propietats SUS 304

### 2.1.1 Cúpula d'acrílic

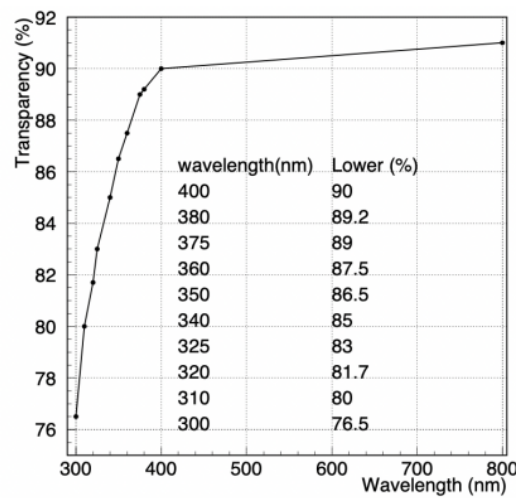


Figura 2.1: Transparència necessària en funció de la longitud d'ona del material acrílic.

Pel que fa la coberta d'acrílic té uns requeriments addicionals:

1. Ha d'estar fabricada amb una resina acrílica transparent als rajos UV. Els valors de transparència de la cúpula han de ser superiors als de la figura 2.1, dins del rang espectral de 300 - 600 nm.
2. La diferència relativa de transparència entre les diferents cúpules hauria d'estar dins de l'1,5%. A més, cal mesurar la variació en una placa abans del tall, la injecció i la distribució.
3. Durant la producció en sèrie s'ha de dur a terme la mesura de les característiques (transparència, forma, gruix, etc.) de les cúpules.
4. La tolerància del gruix i de la forma de la cúpula han de ser inferior a 1,5 mm.

## Capítol 3

# Requisits de fabricació

Les següents taules expliquen el procés de fabricació i com s'han de mecanitzar els diferents components del projecte.

L'empresa responsable de la fabricació ha de disposar d'una premsa mecànica d'embotició i una talladora làser per fabricar la coberta d'embotició profunda. Per realitzar les guies i la banda Nadal es necessita una talladora làser i una màquina de plegat. Finalment, per a la cúpula d'acrílic es necessita una premsa d'injecció per formar la làmina d'acrílic, una màquina d'emmotllament per bufament i un trepant o una màquina de tall làser per poder realitzar els forats.

El director del projecte pot realitzar inspeccions sense previ avís per comprovar si el procés de fabricació s'està duent de forma correcte.

Coberta DD		
Etapa	Descripció	Màquina
1	Embotir la làmina quadrada de 3mm de acer a una profunditat de 390mm	Premsa mecànica per embotició
2	Fer els 24 forats $\phi$ 9 per assemblar l'acrílic a $\phi$ 632 del centre de la coberta. Fer els forats de diàmetre $\phi$ 5 i $\phi$ 6 per assemblar la banda Nadal	Talladora làser
3	Retallar l'ala de la coberta a $\phi$ 664 i fer el forat del cul	Talladora làser

Cúpula d'acrílic		
Etapa	Descripció	Màquina
1	Injecció monòmer líquid	Premsa d'injecció
2	Emmotllament per bufat per donar la forma de cúpula	Màquina d'emmotllament per bufat
3	Fer els 24 forats $\phi$ 9 per assemblar la coberta a $\phi$ 632 del centre de la cúpula	Talladora làser/ trepant

Banda Nadal		
Etapa	Descripció	Màquina
1	Tallar planxa d'acer de gruix 3mm	Talladora làser
2	Plegar la planxa d'acer	Plegadora CNC
3	Tall del perfil a 50 mm i 80 mm i fer 10 forats $\phi$ 5,5 per assemblar la coberta, 8 forats $\phi$ 4,5 per assemblar el PMT i un forat $\phi$ 9 a la part inferior per assemblar el conjunt a l'estructura	Talladora làser

Guia		
Etapa	Descripció	Màquina
1	Tallar planxa d'acer de gruix 3mm	Talladora làser
2	Plegar la planxa d'acer	Plegadora CNC
3	Tall del perfil a 80 mm i fer 6 forats $\phi$ 5,5 per poder assemblar la coberta i un forat $\phi$ 9 a la part inferior per assemblar el conjunt a l'estructura	Talladora làser

## Capítol 4

# Requisits assemblatge

### 4.1 Coberta

L'assemblatge de les cobertes ha de ser una feina fàcil i ràpida de fer, ja que s'han d'assemblar fins a 22000 cobertes en un període curt de temps. Per aquest motiu s'han imposat una sèrie de requeriments que s'han de complir:

1. La coberta ha de tenir un mecanisme per fixar els PMTs al seu interior. Aquests tindran unes bandes per subjectar-los per la zona amb major diàmetre i la zona plana.
2. S'han de tenir en compte les toleràncies del PMT i s'han de poder ajustar amb el mecanisme.
3. El temps de muntar un PMT amb bandes a l'interior de la coberta i assemblar l'acrílic ha de ser inferior a 10 min, treballant-hi dues persones.
4. La feina d'assemblatge s'ha de poder realitzar amb eines bàsiques i no ha de requerir d'habilitats professionals.
5. El conjunt s'ha de poder desmuntar en un temps similar al del muntatge. Les peces principals s'han de poder reutilitzar. Per tant, no han de rebre cap classe de dany durant el procés de muntatge-desmuntatge.

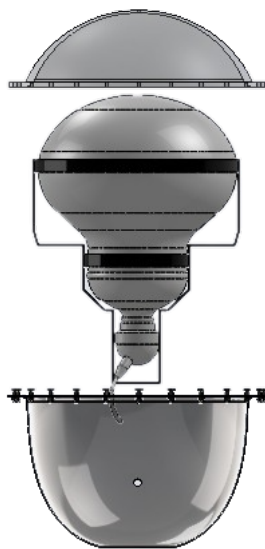


Figura 4.1: Parts de l'assemblatge

## Capítol 5

# Condicions d'emmagatzematge i transport

Finalment, les condicions de transport i emmagatzemant són les següents:

1. A totes les peces metàl·liques se'ls ha de realitzar una neteja àcida i han de ser envasades en una bossa neta fins que es portin al lloc de muntatge.
2. Durant el transport els components no poden patir cap dany i degradar-se.
3. La coberta i la cúpula d'acrílic han de tenir un identificador per a una gestió integral, que estarà connectada a l'estat de fabricació

## Capítol 6

# Disposicions generals

Aquest projecte és vàlid exclusivament en l'àmbit educatiu. El dissenyador/editor no serà responsable de cap conseqüència per l'ús i/o l'aplicació fora d'àmbits educatius