

PROCESO DE CONTROL DE CALIDAD EN LA FABRICACION





Para la elaboración de este documento, se ha tenido en cuenta el manual de trabajo de la fábrica de Welspun DI Pipes, el cual se basa en las normas de Gestión de Calidad ISO 9001 e ISO 14001 fundamentalmente.

Además de esto, nuestro conocimiento en fabricación de tuberías de diversos materiales, así como la experiencia y fábricas en distintos países (Estados Unidos, Emiratos e India), nos cualifican para ser un excelente producto para tener en cuenta en el mercado europeo.

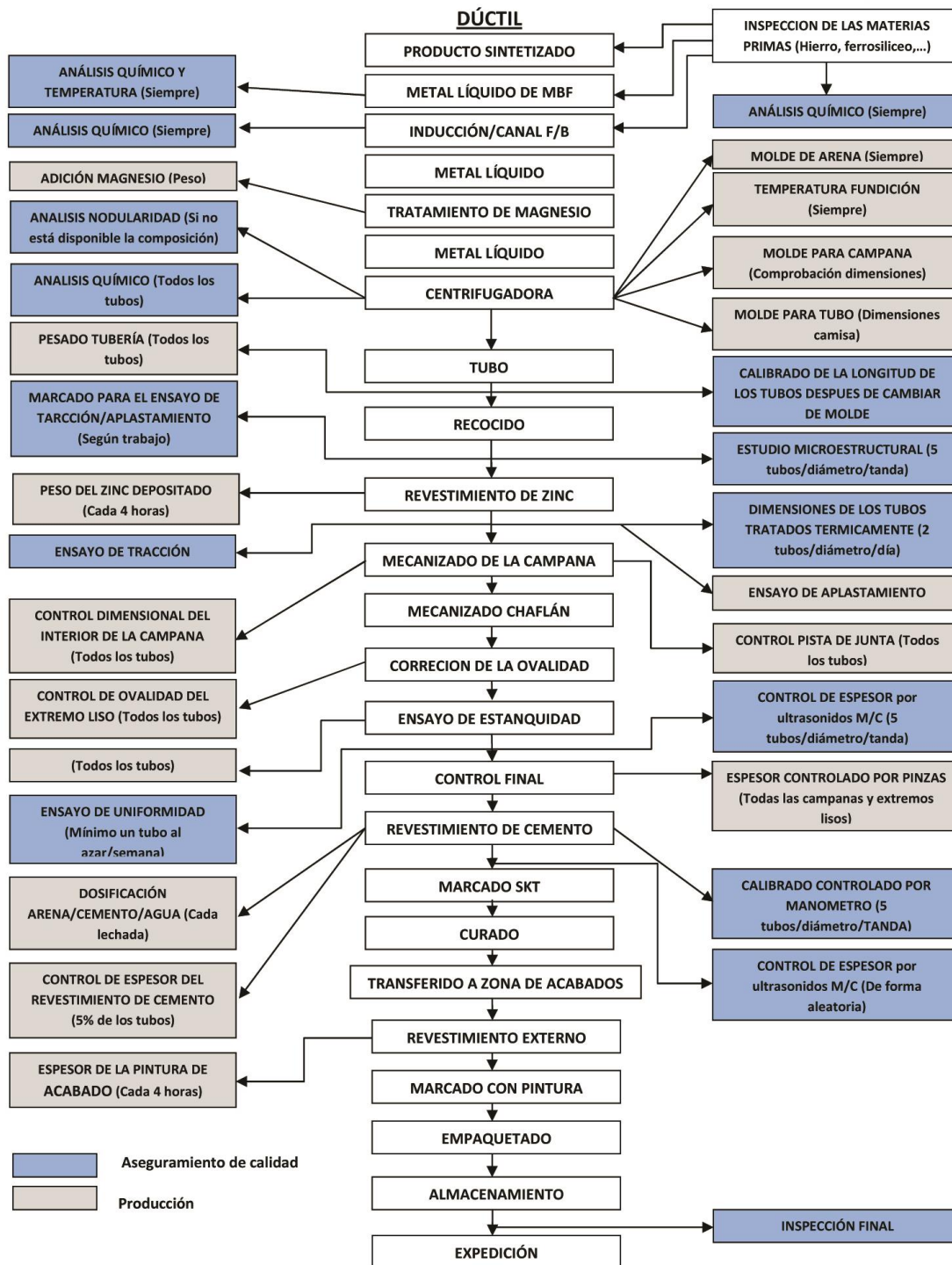
Welspun Europe es una empresa que pertenece al grupo Welspun Corp Limited (Welspun Europe, Welspun DI Pipes, Welspun HSAW, LSAW, Carbon steel, Stainless Steel, PVC-O y más).

Índice

0.	ESQUEMA DE PROCESOS.	4
1.	ANÁLISIS DE LAS MATERIAS PRIMAS.	5
2.	PROCESO DE FABRICACIÓN TUBERÍA DE FUNDICIÓN DÚCTIL WELSPUN.	7
3.	PROCESO DE ENSAYOS METALÓGRAFICOS Y MECÁNICOS.	13
4.	PROCESO DE METALIZACIÓN.	16
5.	PROCESO DE REBARBADO.	17
6.	PROCESO DE PRUEBA HIDRAÚLICA.	18
7.	PROCESO DE CONTROL VISUAL Y DIMENSIONAL.	19
8.	ARENA PARA LA PREPARACION DEL MORTERO DE CEMENTO.	21
9.	PROCESO DE CEMENTADO Y FRAGUADO.	22
10.	MECANIZADO DEL MORTERO DE CEMENTO.	25
11.	PROCESO DE APLICACION DE LA CAPA DE ACABADO.	26
12.	PROCESO DE ÚLTIMO ACABADO.	29

0.- ESQUEMA DE PROCESOS

PROCESO DE FABRICACIÓN/TABLA DE FABRICACIÓN DE LA TUBERÍA DE FUNDICIÓN



1.- ANÁLISIS DE LAS MATERIAS PRIMAS

Las materias primas utilizadas por Welspun en el Alto Horno son las siguientes:



- Coque Metalúrgico
- Sinterizado de Hierro
- Mineral de hierro
- Óxido de calcio, Óxido de Magnesio.
- Sílice

Antes de realizar los ensayos químicos de las materias primas, se lleva a cabo por el responsable de calidad y metal de la fábrica, una primera inspección visual para su selección. Esta selección se realiza por cada transporte recibido.

Una vez seleccionadas las materias primas, se someten a unos ensayos físicos y químicos para cumplir las siguientes especificaciones:

- Mineral de hierro:

Especificaciones físicas	Especificación química
Tamaño: 10 mm a 40 mm Sobredimensión: 10,0% máximo infra dimensión: 10,0% máximo Tipo: 1-hematites 2-magnetita	Pérdida en arranque (LOI): 4,0% máximo Hierro como Fe total: 63.0% mínimo Sílice como SiO ₂ : 3,5% máximo Aluminio como Al ₂ O ₃ : 2,5% máximo Manganeso como Mn: 1,5% máximo Azufre como S: 0,05% máximo

	Fósforo como P: 0,05% máximo
--	------------------------------

- Coque:

Especificaciones físicas	Especificación química
Tamaño: 25 mm a 70 mm Sobredimensión: 5,0% máximo Infra dimensión: 5,0% máximo	Análisis aproximado (en base seca) Carbono fijo: 82,0% mínimo Ceniza: 16,0% máximo Materia volátil: 2,0% máximo

- Caliza:

Especificaciones físicas	Especificación química
Especificación Tamaño: 5 mm a 50 mm Sobredimensión: 5% máximo	El óxido de calcio como CaO: 45.0% mínimo El óxido de magnesio como MgO: 5,0% máximo Sílice como SiO ₂ : 7,0% máximo R ₂ O ₃ : 2,0% máximo Pérdida de arranque: 38.0% mínimo

- Ferro-silicio:

Grado	%Si	Tamaño (en mm)	Otros
1	70.0 mín	0 a 15	Libre de escoria
2	70.0 mín	0.2 a 0.7	Libre de escoria
3	70.0 mín	0.1 a 0.3	Libre de escoria



2.-PROCESO DE FABRICACIÓN TUBERÍA DE FUNDICIÓN DÚCTIL

Las materias primas, una vez mezcladas, se transportan a la parte superior del Alto Horno, mediante un sistema de carros funiculares.





Desde la sala de control se comprueba en todo momento el estado del proceso.

Una vez el metal está fundido y preparado para su evacuación, mediante una lanza térmica se procede a la apertura del orificio de salida, tomando una muestra para analizar la composición química, antes de su trasvase a la cuchara de transporte del metal líquido.

Una vez obtenido el metal líquido en el Alto Horno, se traslada mediante cuchara a los hornos de inducción, donde se efectúa el ajuste de composición y temperatura.

La ventaja de Welspun que hay que tener en cuenta, es la alta tecnología de sus instalaciones, así como el equipo de Ingenieros que están detrás de cada de los procesos.



Posteriormente, se efectúa el tratamiento de nodulización por medio de magnesio puro, en cucharas especiales para realizar la operación. Este proceso se lleva a cabo por el responsable del metal, para la formación del grafito esferoidal mediante la adición de pequeñas cantidades de magnesio. Primero se realizará el peso de la fundición tratada por cada cuchara de fundición mediante una báscula automática. Posteriormente se añadirá una dosificación de magnesio por cuchara, y una dosificación de fluidizantes mediante una báscula por cada cuchara. Se controlará la temperatura mediante pirómetros de inmersión con registrador de temperatura.

Se seguirá el siguiente procedimiento:

- Recoger la muestra de metal líquido de la cuchara y enviarla a laboratorio, en cada tratamiento, por el supervisor de producción.
- Comprobar la muestra en el laboratorio por el método espectroscópico / - método húmedo. Este trabajo lo realizará un químico de laboratorio.
- Registrar el resultado en el formato impreso. Para vía húmeda, anotar el resultado en el registro de análisis del metal líquido.
- Comunicar el análisis a la producción.
- Tomar la temperatura del metal tratado de la tolva por pirómetro de inmersión.
- Registrar la lectura de temperatura en la ficha técnica de análisis de procesos de fundición, con una frecuencia de una vez en cada tratamiento. Este proceso es responsabilidad del supervisor de la producción, así como del inspector del plan de aseguramiento de la calidad.
- Recoger la muestra del último metal y enviar la misma al laboratorio o comprobar la misma en la plataforma de fundición. Preparar el bloque en un molde de arena y verter una cierta cantidad de polvo de ferro-silicio (fluidizante) en ella. Esto se realizará siempre que el resultado del espectro sea errático.

- Preparar la muestra por molienda gruesa / pulido de papel y pulido de tela, en cada tratamiento.
- Comprobar la presencia de nódulos / escamas en el microscopio, siempre y cuando el resultado del espectro sea errático, siendo responsabilidad del supervisor de la producción así como del inspector del plan de aseguramiento de la calidad.
- Registrar el resultado como OK/no OK.
- Comunicar los resultados "no OK", al responsable. Registrar el resultado como OK/no OK.
- Todas las tuberías con tratamiento fallido serán marcadas con un signo de identificación en el lado de la espiga. Después del análisis de aplastamiento y/o micro-estructura, las tuberías serán emitidas o rechazadas según los resultados de los análisis.
- Todas las tuberías con tratamiento fallido (donde $Mg\% \leq 0,007$) serán rechazadas.
- Los límites de aceptación para la prueba de nodularidad es el siguiente:

MEDICIONES	ESTADO
$\geq 90\%$ Nódulos	OK
$>10\%$ Escamas	NO OK

Se realizan ensayos químicos mediante una batería de pulidoras y espectrómetros de emisión de la muestra de alto horno, muestra de horno de inducción, muestra después de nodulización y muestra antes del centrifugado, que será la composición final del lote.

Composición química y temperatura en diferentes zonas de metal líquido

STAGE	SIMP		MBF	MHF / CHF / INDUCTION	DIW CASTING ¹	DFS CASTING
	In Case of CI Melting	General				
%C	4.00 Max	0.70-3.00	<u>4.10-4.60</u>	3.50-4.15	3.50-4.15	3.20-3.80
%Si	2.00 Max	0.50-2.00	<u>0.50-2.50</u>	1.50-2.40	1.50-2.70	2.00-3.20
%S	0.15 Max	0.15 Max	0.15 Max.	0.15 Max	0.02 Max	0.02 Max
%P	0.15 Max	0.10 Max	<u>0.13 Max</u>	<u>0.13 Max</u>	<u>0.13 Max</u>	<u>0.13 Max</u>
%Mn	0.60 Max	0.60 Max	0.60 Max	0.60 Max	0.60 Max	0.60 Max
%Mg	-	-	-	-	0.02 Min	0.03 Min
TEMP (°C) - for DI pipes	1450-1560		1350- 1530	1380-1510	1260-1420	-
TEMP (°C) -for DI fittings	- do -	- do -	- do -	- do -	-	Above 1440

Nota: Especificaciones de composición química en cada etapa con finalidad de guía. La emisión de los productos se basa en la microestructura y las propiedades mecánicas.

Tras el proceso de nodulización, se pasa a la centrifugadora, se extraen los tubos y se someten a un tratamiento de recocido en hornos continuos.





El tratamiento térmico, es uno de los procesos más importantes en la fabricación de la tubería de fundición.

La calidad metalográfica de las tuberías está fuertemente ligada a dos procesos. La calidad de la colada de hierro determina las primeras propiedades de la tubería de fundición, pero es el tratamiento térmico quien configura las propiedades finales del producto.

Para ello es fundamental controlar los tiempos, la longitud del horno de tratamiento térmico y por supuesto el conocimiento de los ingenieros de fabricación que son quienes ajustan los detalles para obtener un producto de la máxima calidad.

Cabe mencionar también la evolución tecnológica de la maquinaria en este tipo de producto.

Si no hay inversión en la misma, los procesos, aunque se optimicen no se pueden llevar a cabo al estar limitados por la propia tecnología de fabricación. La agresividad de los procesos de la industria metalúrgica, requieren un mantenimiento continuo, así como una maquinaria muy específica, duradera e inversiones continuas para la modernización de las máquinas e instalaciones.

Welspun, se caracteriza por ser una empresa que apostado por la fabricación de todo tipo de tuberías en diversos materiales.

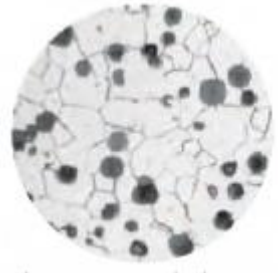
Esto nos proporciona un conocimiento de los procesos muy superior, a cualquier otro fabricante del sector.

Si a esto le sumamos instalaciones con la última tecnología, nuestra experiencia en otros países y fábricas (Estados Unidos, Emiratos e India), además de contar con los mejores profesionales del mercado en ingeniería, el resultado es sencillamente excepcional.

3.-PROCESO DE ENSAYOS METALOGRAFICOS Y MECANICOS

Tras el proceso de tratamiento térmico se llevarán a cabo los ensayos metalográficos mediante microscopio óptico según lo siguiente:

1. Cortar muestra del final del extremo liso para el ensayo de microestructura, por el operario de corte.
2. Ensayo de microestructura de cada una de las muestras, por el operario de ensayo.
3. Informar al inspector de turno si no se encuentra apto.
4. En ese caso, informar al inspector de turno y al operador del horno de recocido si se encuentra apto para volver a efectuar el recocido, en cada caso.
5. Continuar pasos: 1, 2 y 3 para tuberías antes y después de la tubería detectada, hasta que se encuentre microestructura correcta en ambos extremos de la tubería. Marcar y rechazar el lote. Responsabilidad del inspector de turno.
6. Para microestructura de tuberías recocidas, continuar pasos 1, 2 y 3 para tuberías antes y después de la tubería detectada, hasta que se encuentre microestructura correcta en ambos extremos de la tubería. Marcar el lote e informar al operador del horno de recocido y supervisor de acabado a través del registro correspondiente.



7. Después del recocido comprobar una micro y tensión del lote de cada tamaño y registrar. Si los resultados son correctos, emitir el lote. Si no es correcto, repetir los pasos 1, 2, 4 y 6.

Para llevar a cabo los ensayos mecánicos se atenderá al siguiente procedimiento:

- A. Seleccionar la muestra para ensayo de tracción en un lote de tubos cortando un trozo de 100 mm de ancho de extremo de espiga para DN 80-700 y 150 mm para DN 750-1200 mm.
- B. Comprobar la muestra de la que se prepara pieza para ensayar a tracción (probeta). Registrar el número de la tubería, tamaño y espesor. La muestra a la tracción se prepara en base a la información anterior. Durante el corte y mecanizado todos los residuos sólidos (aletas muestra / metal de desecho / virutas mecanizadas / perforaciones) serán eliminados.
- C. El perfil de rugosidad de la superficie de la parte cilíndrica de la barra de ensayo debe ser tal que $R_z \leq 6.3$
- D. Seguir las dimensiones según la tabla dada, según corresponda. Se mecaniza la probeta de cada muestra para que sea representativa del metal en la parte media del espesor de la muestra con una parte cilíndrica que tenga el diámetro indicado en la tabla adjunta. Los extremos de la probeta deben ser tales que se ajusten a la máquina de ensayo.
- E. En caso de que la identidad de la muestra no está clara, contactar con el laboratorio metalúrgico para aclaración. No se someterá a ensayo ninguna muestra sin número tubería / número de lote / número serie.
- F. Todos los datos de las mediciones de resistencia a la tracción y porcentaje de elongación calculado y resistencia a la tracción última ha de inscribirse en Registro de Ensayos Mecánicos.
- G. Si los resultados de tracción presentan resistencia a la rotura es mayor a 420 MPa y alargamiento mayor a 10%, entonces el lote de tubería de tamaño DN 80-1000 correspondiente será aceptado. Para tuberías de diámetro mayor a 1000 DN la elongación debe ser mayor o igual a 10%.
- H. En el caso de fallo de la muestra a la tracción, debido a un defecto, en resistencia a la tracción, y / o alargamiento, una muestra duplicada se comprobará para su aprobación. Seleccionar una barra de ensayo duplicada libre de defectos preferentemente de la misma tubería o tuberías adyacentes.

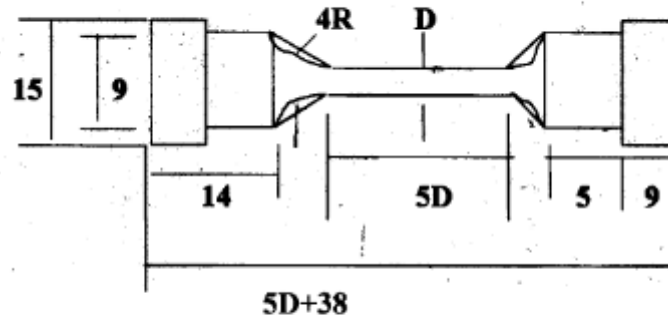
En el caso de que los tubos de un mismo lote no estén disponibles, el resultado de la siguiente o la anterior se tomará como el resultado para pasar el lote.

Si la muestra es apta en ensayo de tracción, la correspondiente colada de tubos será aceptada. Si la muestra duplicada falla debido a un defecto o no está disponible para las pruebas, la microestructura se debe comprobar según el

procedimiento correspondiente, y el material puede ser aceptado si se encuentra 100% comprobado que los ensayos son correctos.

- I. Si el espesor de la muestra fallida no está por encima del espesor significativo de la tubería y la elongación es $<10\%$, pero $\geq 7\%$, no se aceptará según EN 545 e ISO 2531.
- J. Después de que la muestra de tracción se rompa, la parte de sujeción de la muestra se pule con papel de lija.
- K. La muestra se somete a una carga de 750 kg con un penetrador de bola de 5 mm para 15 seg de tiempo de permanencia.
- L. La hendidura se mide bajo un microscopio y los resultados se comparan con la tabla de dureza Brinell y se obtiene la dureza Brinell N°.
- M. Los valores de dureza Brinell obtenidos deberán ser <230 BHN para un tubo según la normativa vigente.
- N. Todos los residuos sólidos generados durante y después de la prueba serán eliminado de acuerdo con el procedimiento indicado.

CONFIGURATION OF THE TENSILE SAMPLE



where: D = diameter of the tensile bar as per the thickness of the pipe.

TABLE A – (REF. TABLE 4 OF ISO : 2531/ TABLE 10.1.2 of IS 8329 : 2000)
For Centrifugally cast pipes

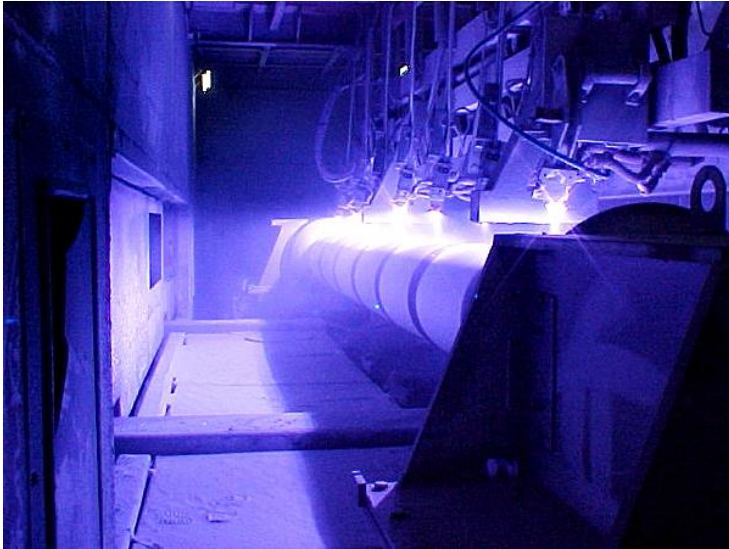
Thickness of Pipe 'e' (mm)	Diameter of Test Bar 'd' (mm)	Gauge Length 'GL' (mm minimum)
Less than 6	$2.5 \pm 10\%$	12.5
6 and above but less than 8	$3.5 \pm 10\%$	17.5
8 and above but less than 12	$5.0 \pm 10\%$	25.0
12 and above	$6.0 \pm 10\%$	30.0

TABLE B – (REF. TABLE 13 OF BS EN 545/TABLE 7 OF BS EN 598)

Thickness of Pipe 'e' (mm)	Diameter of Test Bar 'd' (mm)	Gauge Length 'GL' (mm minimum)
Less than 6	2.50 ± 0.06	12.50
6 and above but less than 8	3.50 ± 0.06	17.50
8 and above but less than 12	5.00 ± 0.06	25.00
12 and above	6.00 ± 0.06	30.00

4.-PROCESO DE METALIZACIÓN

Con una frecuencia de una vez por envío de cuchara, se revisarán las características de la aleación Zn / Zn-Al mediante micrómetro.



Antes de la aplicación de la capa de Zn / Zn-Al, se asegurará que la superficie del tubo esté seca y libre de herrumbre o de partículas no adherentes o de sustancias extrañas como el aceite y la grasa.

En el arranque y tres veces por turno, será responsabilidad del responsable de fabricación, el control de los parámetros de metalización.

Los tubos se someten al recubrimiento de Zn / Zn-Al por medio de un equipo de proyección térmica.

Con relación al aspecto del tubo metalizado, el revestimiento debe recubrir la superficie exterior del tubo y formar una capa densa, continua y uniforme. Debe estar exenta de defectos como carencias o pérdidas de adherencia.

Se determinará del recubrimiento de Zn / Zn-Al de los tubos (ensayo de cantidad), registrando la deposición en g/m², debiendo ser mayor a 200 gr/m²/ 400 gr/m² (masa por unidad de superficie), utilizando para ello una báscula de precisión (error de ± 0.01 g). La medida se realiza colocando un portamuestras rectangular 500 mmx50 mm, de masa superficial conocida, que se fija longitudinalmente sobre el eje del tubo, antes de que éste atravesase el equipo de recubrimiento.

5.-PROCESO DE REBARBADO

Se procederá a la comprobación de aspecto interior del enchufe de cada uno de los tubos fabricados, de forma visual, así como utilizando un molde específico para ello, siendo responsabilidad del responsable de Fabricación.

En el caso de Welspun, este proceso se realiza doblemente. Una vez que el tubo pasa por el proceso de metalización, y finalmente una vez pasa por el proceso de pintado.

Este proceso se realiza manualmente en todas las fábricas de fundición. Por ello, es sumamente importante, tener unos operarios cualificados, así como una maquinaria tecnológicamente avanzada para la consecución satisfactoria de este proceso.

6.-PROCESO DE PRUEBA HIDRÁLICA

El ensayo de estanqueidad se debe realizar sobre todos los tubos antes de la aplicación de recubrimiento interior y exterior, utilizando para ello manómetros, y controlado por el responsable de fabricación.

El tiempo de presión será mayor a 10 segundos según la EN545, siendo las presiones para cada grupo de diámetros:

DN 80-300: 50 Bar máximo (según norma)

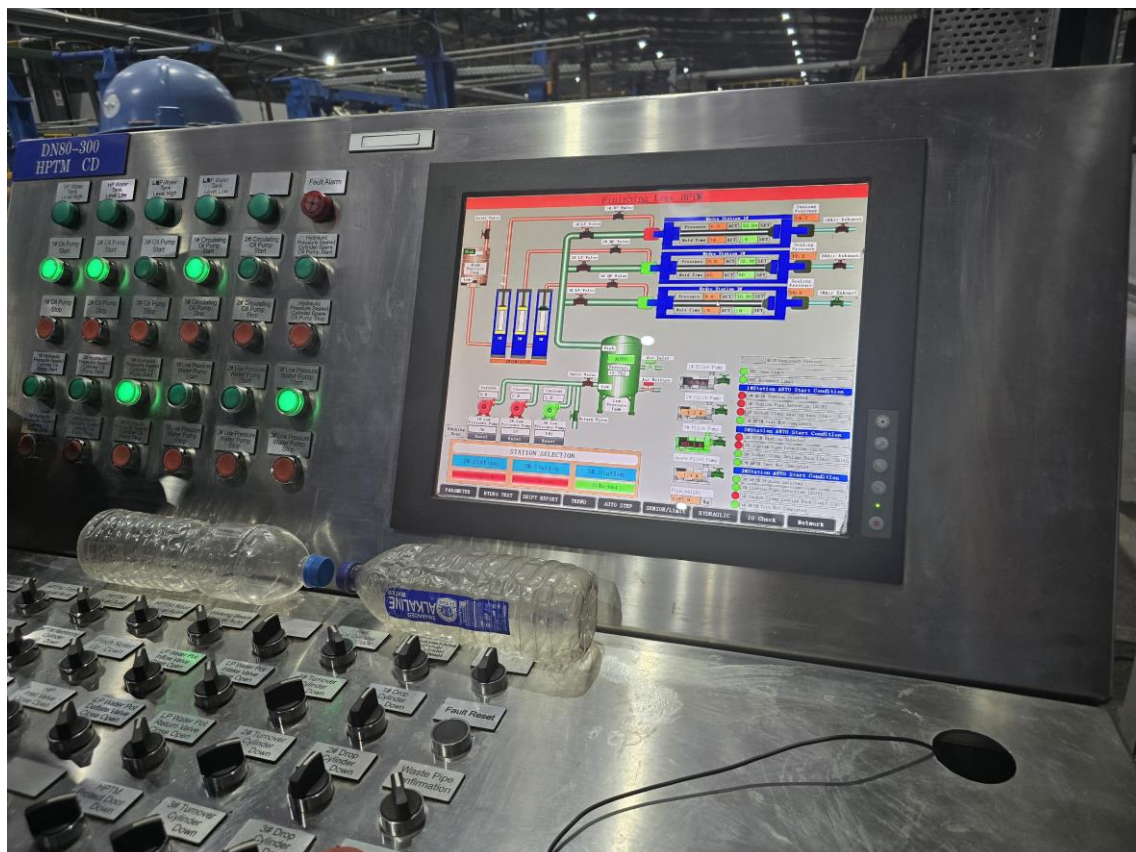
DN 350-600: 40 – 50 Bar máximo

DN 700-1000: 30 – 50 Bar máximo

El control de fugas se realizará en cada uno de los tubos, estando controlado por el responsable de fabricación.

Durante la prueba de presión se registra el tiempo y la presión de ensayo.

El sensor utilizado para medición de presión de ensayo se calibra por el departamento de calibración.



7.- PROCESO DE CONTROL VISUAL Y DIMENSIONAL

Se comprobará el aspecto exterior e interior del tubo en el extremo liso, en el enchufe y en la caña, siendo esto responsabilidad de los supervisores de producción.

El espesor (100%) se comprobará con calibres en la línea de la espiga y detrás del enchufe para todos los tamaños, por supervisores de producción.

El espesor se medirá a lo largo de la caña de las tuberías utilizando medidor de espesor por ultrasonidos (error límite de $\pm 0,1$ mm). Los puntos de medida se encuentran espaciados a 1,00 m de distancia. Se registrarán todos los datos por el inspector de turno.

Al final del revestimiento de cemento, y antes del apilado de las tuberías, la comprobación de espesor se realizará por medio de medidores de espesor por ultrasonidos, por el inspector de turno.

Los tubos, son fabricados conforme a la nomenclatura actual, C25, C30, C40, C50, C64 y C100 según norma europea vigente EN 545.

Las dimensiones medidas de las tuberías quedarán registradas en el formato indicado para ello. La responsabilidad de esta actividad es de los inspectores del plan de aseguramiento de la calidad.

Se comprobarán las dimensiones del diámetro exterior, interior, longitud, rectitud, anotando los datos en el registro de dimensiones.

El registro de la totalidad de las dimensiones del enchufe de la tubería deberá mantenerse a una frecuencia de 2 tubos/hora. Hay que tener en cuenta, que la longitud útil de la tubería viene determinada por el propio molde. Las longitudes útiles de las tuberías se recogen en el siguiente apartado de la norma:

Tabla 4 – Longitudes normalizadas de tubos con enchufe y caña

DN	Longitudes normalizadas, L_u^a m
40 y 50	3
60 a 600	5 o 5,5 o 6
700 y 800	5,5 o 6 o 7
900 a 1 400	5,5 o 6 o 7 o 8,15
1 500 a 2 000	8,15
^a Véase el apartado 3.27.	

El diámetro exterior se medirá con circómetro para cada tubo, al menos después de aproximadamente 50 tubos para tamaños ≤ 700 y para > 700 esta frecuencia es incrementada en aproximadamente 20 tubos. Preferentemente la dimensión a será medida de los tubos marcados para ensayo de tracción. Esta tarea la realizan los operadores de acabado y el proceso de IA implantado en la producción. A priori, se realiza de manera paralela, al ser el proceso de IA una prueba piloto en las fábricas de fundición y acero.

La siguiente comprobación será llevada a cabo en todos los tubos por los operadores de acabado:

- Diámetro exterior de los tubos con calibre. Durante la comprobación, si la ovalidad es mayor de un límite permisible en el tubo, marcar en el tubo y registrar.
- Diámetro interior del enchufe con calibre.
- Espesor de tubos con calibre dial (pistola).

Esta tarea también la realizan los operadores de acabado y el proceso de IA implantado en la producción. A priori, se realiza de manera paralela, al ser el proceso de IA una prueba piloto en las fábricas de fundición y acero.

Los inspectores del Plan de aseguramiento de la calidad, los supervisores de producción y materiales serán los responsables de la comprobación de las dimensiones, peso, espesor de la tubería, así como de la comprobación de las juntas de caucho (EDPM y NBR). Las juntas de caucho, no las fabricamos nosotros, contamos con dos proveedores de confianza que tienen las certificaciones europeas.

Los informes de los inspectores de turno recogen los datos de la inspección de las tuberías llevadas a cabo. Esta inspección recogerá la comprobación del espesor de las tuberías para todas las clases.

8.- ARENA PARA PREPARACIÓN DEL MORTERO DE CEMENTO

Respecto a la arena para fabricación de mortero de cemento, se han de cumplir los siguientes requerimientos:

- Arena para recubrimiento de mortero de cemento:

Parámetros	Requerimientos	Frecuencia de ensayo
% Retención en tamiz +6 ASTM	Nulo	1) Por cada arena entrante 2) Para arena seca del secador de arena 3) Para arena del área del recubrimiento de mortero de cemento
% Retención en tamiz - 6 A +12 ASTM	2.0 % Máximo	
% Retención en tamiz - 12 A +20 ASTM	20.0 % Máximo	
% Retención en tamiz - 20 A +50 ASTM	50.0 % Máximo	
% Retención en tamiz - 50 A +120 ASTM	20.0 % Máximo	
% Que pasa a través del tamiz 120 ASTM	5.0 % Máximo	
% Que pasa a través del tamiz 200 ASTM	1.5 % Máximo	
% SiO ₂	90 % Mínimo	Mensualmente por cada fuente
% Arcilla	1.5 Máximo	Mensualmente por cada fuente
% Humedad	5.0 % Máximo (condición comercial)	Todas las muestras

Las impurezas orgánicas y sustancias arcillosas se comprueban según ISO 4179, EN 196 y EN 197 por laboratorio externo.

9.- PROCESO DE CEMENTADO Y FRAGUADO

Antes de la aplicación del revestimiento del mortero de cemento, se revisará el aspecto de cada uno de los tubos de forma visual por el responsable de fabricación. La superficie metálica debe estar libre de material no adherente y de aceite o grasa.

Para las tuberías, se anotarán los datos en el registro de la mezcladora intensiva, para todas las coladas y en el correspondiente al revestimiento de cemento, para todas las tuberías, por los operarios de acabado.

El espesor del revestimiento de cemento se medirá en estado húmedo por los operarios de acabado e inspectores de turno.



Para el control y comprobación del proceso al comienzo del turno de producción, se ha de comprobar al comienzo del turno de producción el espesor de las primeras tuberías hasta que esté dentro del valor requerido, por el inspector del plan de aseguramiento de la calidad.

El espesor de revestimiento interno se medirá por medio de una aguja de profundidad con una frecuencia de tres veces por turno y diámetro, por el responsable de fabricación.

La dimensión del diámetro hidráulico se comprobará mediante micrómetro, con una frecuencia de tres veces por turno y diámetro, por el responsable de calidad. El responsable de fabricación ha de asegurarse de la limpieza del interior del enchufe. Se utilizarán útiles específicos para realizar retoques del revestimiento en fresco, según necesidad.

El aspecto superficial de mortero de cemento centrifugado, la superficie del revestimiento debe ser lisa y uniforme.

Tras 24 horas de curado, el espesor del revestimiento de mortero de cemento se medirá magnéticamente mediante un medidor de espesores (3 veces por turno y diámetro). El responsable de este proceso es el inspector del Plan de aseguramiento de la calidad.

Esta tarea también la realizan los operadores de acabado y el proceso de IA implantado en la producción. A priori, se realiza de manera paralela, al ser el proceso de IA una prueba piloto en las fábricas de fundición y acero.

Los espesores de revestimiento de mortero de cemento han de ser los siguientes:

DN	Espesor	
	Valor nominal	Desviación límite
	mm	
80-300	4	-1,5
350-600	5	-2,0
700-1000	6	-2,5

Respecto a la mezcla de mortero de cemento:

La muestra de mezcla de mortero de cemento se toma del extremo liso de las tuberías justo después de la aplicación del revestimiento mediante una pala/cuchara que se introduce a través del diámetro de la tubería. La muestra así tomada se mantiene en un paquete hermético de polietileno para evitar cualquier cambio en los componentes. El paquete deberá estar apropiadamente marcado/etiquetado con la fecha, día de la tubería, número de colada y tipo de cemento utilizado. El paquete con la muestra es enviado al laboratorio para análisis más extenso. Este control se realiza diariamente, siendo responsable el inspector del Plan de aseguramiento de calidad.

La determinación de la humedad se realizará de la siguiente forma, por un técnico de laboratorio y un químico:

- Se pesa (peso *i*) aproximadamente 5 g de mortero de cemento con precisión en un crisol de sílice y se mantiene en horno de aire a 105°C±5°C hasta que se registra peso constante. El crisol junto con la muestra se saca y se enfría a temperatura ambiente en un desecador. La muestra se pesa (peso *f*) después y el contenido de humedad libre se calcula según:

$$\% \text{ Humedad libre (A)} = \frac{i - f}{i} \times 100$$

- La muestra anterior (*f*) (tras la determinación del contenido de humedad libre) se mantiene en horno de mufla a una temperatura de 900°C±10°C. Durante el periodo en el que el peso constante es alcanzado, el crisol junto a la muestra se saca y se enfría a temperatura ambiente en un desecador y se pesa (peso *f1*) para

determinación de la humedad combinada. El cálculo de la humedad combinada es dada como

$$\% \text{ Humedad combinada (B)} = \frac{f - f1}{i} \times 100$$

$$\text{Humedad total (\%)} = A + B$$

- c) Calcular el contenido de cemento (C) del mortero a partir del índice agua/cemento/arena. Calcular el agua para el índice de cemento anterior. El agua para el índice de cemento debería ser $\leq 0,38$ en el revestimiento fresco justo después de la centrifugación de las tuberías. El dato anterior es registrado en el informe de la prueba de humedad del revestimiento de cemento. Se deberá entregar una copia del informe a la producción.

- d) Determinación del contenido de arena y cemento:

Tomar 10 g de mortero de cemento (w) en un matraz de 500 ml, añadir 300 ml de agua, mezclar bien y filtrar con un tamiz mallado 200 y lavar bien con agua. Si parte del mortero de cemento permanece sin disolver añadir 100 cc de disolución HCl y 200 cc de agua y mezclar, después filtrar y lavar 2-3 veces con agua. Ahora secar el tamiz con el contenido de arena en un horno de aire a 105 ± 5 °C. Tomar el peso de la arena (b):

$$\% \text{ Arena} = \frac{b}{w} \times 100$$

$$\text{Calcular el \% de cemento} = 100 - (\% \text{ humedad} + \% \text{ arena})$$

- e) Tras esto se calcula el agua del índice de cemento del anterior. El agua del índice de cemento debería ser $\leq 0,38$ en el revestimiento fresco justo después de la centrifugación de las tuberías.

Después de 24 horas de curado, se cortan de la tubería tres anillos de 100 mm de ancho y se comprueban a compresión después de 3 días, 7 días y 28 días de curado. La mínima compresión deberá ser del 3% después de 28 días de curado. Los ensayos de humedad liberada y combinada deberán llevarse a cabo después del ensayo de compresión de las mismas muestras. Se realiza mensualmente por un químico. Se registran todos los datos.

10.- MECANIZADO DEL MORTERO DE CEMENTO (INTERNAL WET GRINDING).

Antes de la aplicación de mortero de reparación, la zona dañada debe decaparse hasta el mortero sano o hasta la superficie de metal y toda la materia adherente debe eliminarse. Tras la reparación de los defectos del revestimiento de cemento (internal wet grinding), notificados en el almacén y reportados, los tubos deberán ser devueltos a laboratorio, siendo el responsable el supervisor de acabado.

11.- PROCESO DE APLICACIÓN DE LA CAPA DE ACABADO

Una vez curado el mortero, los tubos se trasladan a la zona de acabado.

Tanto la
epoxi



pintura
como otros

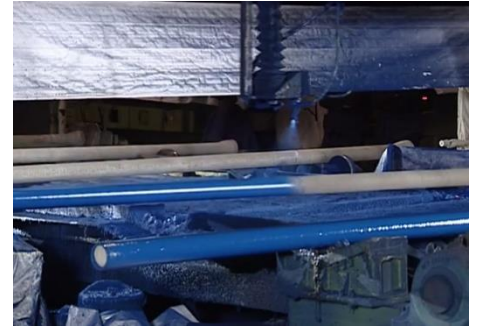


revestimientos utilizados para las tuberías WELSPUNFLOW pertenecen a materiales aprobados, aceptados en base a los certificados expedidos por certificadoras europeas.



Antes de la aplicación de la capa de acabado a base de pintura epoxi y/o revestimientos especiales, se realiza una inspección visual para comprobar que la superficie metálica esté seca y libre de herrumbre, de partículas no adherentes o de sustancias extrañas tales como el aceite o la grasa. Esta comprobación se realizará por cada uno de los tubos por el responsable de fabricación.

Tras esto, se medirá la temperatura del tubo antes de la aplicación de la capa de acabado con termómetros industriales, con una frecuencia de tres veces por turno, por el responsable de calidad.



Se tomará, además, la temperatura de la capa de acabado, a base de pintura epoxi o revestimientos especiales utilizando igualmente termómetros industriales, de forma continua y por el responsable de Fabricación.

El espesor de pintura, definido en la norma, se aplica de manera uniforme garantizando un espesor homogéneo y que independiza por completo la tubería metálica del medio que la rodea.

El revestimiento debe ser duro, firmemente adherente, libre de aberturas y defectos. En cuanto a la adherencia, el recubrimiento debe cubrir uniformemente toda la superficie del tubo y tener un aspecto liso y regular.

De forma opcional, se determinará el grado de molido y tamaño de las partículas de pigmento hasta el nivel de aceptación recomendada por el fabricante.

Debe haber una ausencia de defectos y deberá ser consistente tras la homogeneización completa.

El índice de mezcla será de acuerdo con la hoja técnica.

Se procede a la medida de la capa de acabado, mediante medidor magnético, comprobando los siguientes espesores mínimos:

- 100 μm (capa de acabado revestimiento de epoxi azul para WELSPUNFLOW)
- 150 μm (epoxi en los extremos de la tubería con revestimiento especial)
- 800/1300 μm (capa de acabado revestimiento de poliuretano)

Esta medición se realiza 3 veces por turno y diámetro por el responsable de fabricación.

El tiempo de secado debe ser suficiente para asegurar que no existe riesgo de pegado con los tubos revestidos adyacentes.

Parámetro	Nivel de aceptación
Toque de secado	<30 minutos
Dureza de secado	No más de 24 horas

El nivel de aceptación en cuanto a viscosidad a 30°C por Copa Ford B4 es de 70-100 s.

La gravedad específica deberá estar entre 1.00 y 1.30.

El porcentaje de sólidos ha de ser de 60 como mínimo, midiéndose indirectamente a través de la evaporación de la materia volátil.

Se realizan los siguientes ensayos:

- Ensayo de flexión (Tipo 1 Aparato 6mm ø mandril) o Prueba de mandril cónico (Opcional). Se ha de alcanzar el nivel de aceptación recomendado por el fabricante.
- Dureza al rayado. Ensayar con mínimo 1500 g de carga usando un equipo de ensayo de rascado mecanizado. No habrá tal rayado (longitud mínima de 60 mm) que muestre el metal desnudo. También registrar carga mínima a la que la aguja penetra el recubrimiento
- Prueba de inmersión:

Parámetros de Producto	Nivel de aceptación
1% H ₂ SO ₄ (w/w) – 30 días	Panel MS revestido 50 mmx150 mmx3,2 mm después de exposición. Candente, descamación, o desprendimiento constituye fallo para pasar la prueba
1% HCl (w/w) – 30 días	
1% NaOH (w/w) – 30 días	
Inmersión en agua desionizada – 30 días	

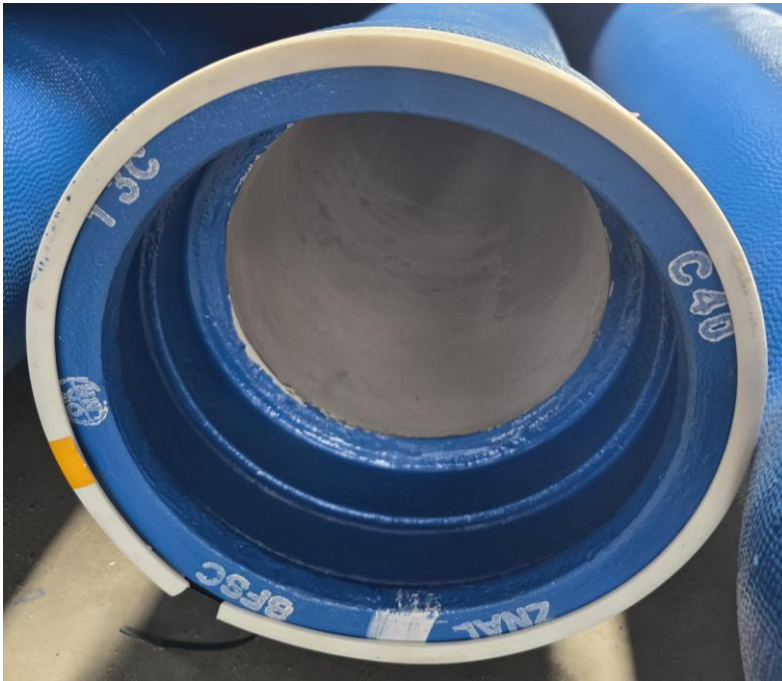
- Ensayo de niebla salina continuo en pieza con revestimiento de pintura 70-75 µm – 500 horas. Se aplica una mano de spray al panel MS en ambos lados y curar durante 7 días. La película curada no debe mostrar ningún signo de daño, grietas, descamación o desprendimiento con 1 Kg de peso (mínimo) de 50 cm de altura, es decir, en 50 Kg.cm/5N.m de carga

En cuanto a la alimentabilidad de la capa de acabado, está certificada por terceros (Certificados de la normativa de alimentabilidad en Francia (ACS), Reino Unido (WRAS)).

12.- PROCESO DE ÚLTIMO ACABADO

Mediante un robot industrial se realiza el marcado de la tubería a base de pintura (referencia a la norma (caña), clase de presión (campana), identificación del fabricante/gama (caña), profundidad del enchufe (extremo liso), diámetro (extremo liso) y longitud del tubo (extremo liso)). Las marcas del fabricante, año de fabricación y diámetro nominal, van directamente en la campana/enchufe, puesto que provienen del molde.

La trazabilidad de la tubería viene pintada en el frontal de la campana. La identificación del tubo, en la campana, consistente en la indicación de la colada a la que pertenece la tubería.



C40. Clase de tubería.

BFSC. Mortero de cemento de alto horno (CEM III EN 197-1).

ZNAL. Revestimiento de 400 gr de ZNAL.

13C. Trazabilidad

La inspección final consistirá en lo siguiente:

- Comprobación de los siguientes parámetros por el Inspector del Plan de Aseguramiento de la Calidad/Responsable de Fabricación de cada uno de los tubos:
 - i) Inspección visual
 - Marcado, estampado, biselado
 - ii) Condición del revestimiento interno
 - Acabado de la superficie, libre de grietas, daños, etc
 - Espesor del revestimiento interno
 - Interior del tubo tras el revestimiento de cemento
 - iii) Acabado de la superficie exterior
 - Acabado de la superficie, libre de defectos como como grietas, abolladuras, etc.
 - Uniformidad epoxi y poliuretano (visualmente) y medición del espesor de recubrimiento
 - iv) Comprobación dimensional
 - Espesor de la fundición y diámetro exterior
 - v) Comprobación del acabado del enchufe
 - Limpieza de la ranura del enchufe
- Identificación de tuberías defectuosas para revisión y rechazo en cada etapa de la producción por el operador en las respectivas etapas e Inspector del Plan de aseguramiento de la calidad:
 - Para revisión: marca amarilla con pintura
 - Para rechazo: marca roja con pintura

Una vez marcado, los tubos se almacenan en las áreas destinadas a almacén.

Igualmente se controlará de forma visual el empaquetado, tensión de los flejes, mantenimientos y transporte de los tubos, así como estibado en parque intermedio, por el responsable de Fabricación.

Finalmente, se emite el producto al departamento de logística. Los registros de dicha emisión se realizan a través del sistema SAP (KW) por el encargado de calidad.



