

ART – TECNOLOGÍA DE RESONANCIA ACÚSTICA

PARA INSPECCIONES EN LÍNEA

Abstracto

Las inspecciones en línea se utilizan comúnmente para garantizar el funcionamiento seguro de los oleoductos y gasoductos. Estas inspecciones proporcionan información confiable sobre el estado de la integridad de la tubería. Tradicionalmente, las tuberías de gas se inspeccionan con tecnología de pérdida de flujo magnético (MFL), y las tuberías de líquidos se inspeccionan con MFL o ultrasonido (UTWM).

Recientemente se ha introducido al mercado una tecnología adicional, basada en la tecnología de resonancia acústica (ART). La tecnología ART permite la inspección de tuberías de líquidos y gas con testeos acústicos. La tecnología ART supera las limitaciones típicas inherentes de las otras técnicas de inspección, tales como la incapacidad de inspeccionar paredes gruesas o a velocidades altas (para MFL) y los requerimientos elevados de limpieza (para UTWM).

Los autores presentarán los antecedentes teóricos de la tecnología de resonancia acústica y aplicaciones prácticas a nivel de producto. Además, se presentará un caso de estudio donde la tecnología fue aplicada en campo.

Introducción

Operaciones seguras e ininterrumpidas son los objetivos clave durante la vida operativa del activo para todos los operadores de ductos. Las actividades de gestión de integridad del ducto resultantes pueden ser determinadas en gran parte por el operador, o prescritas por un organismo regulador. Sin embargo, la inspección en línea suele ser parte integral de cualquier programa de gestión de integridad con tuberías.

La aplicación de herramientas ILI hechas a la medida data desde hace 40 a 50 años, y ha pasado por una fase de desarrollo importante, que culminó con la introducción de herramientas tri-axiales MFL, aprendizaje de máquina para el dimensionado de defectos MFL, aumento de la densidad de sensores. Es lógico pensar que se están abordando los límites teóricos máximos de la tecnología MFL, con respecto a la detección y calibrado de defectos. Tampoco debería esperarse una expansión sustancial de la capacidad operacional de las herramientas MFL en el futuro inmediato.

La mejora de la tecnología UT estándar gira en gran medida en torno al aumento de la densidad de sensores.

Background Técnico

La solución de inspección Halfwave se basa en la tecnología de resonancia acústica, utilizando sensores acústicos de banda ancha. La medición del espesor de la pared del tubo se describe a continuación:

- Se transmite una señal de banda ultra-ancha hacia el objetivo (*Figura 1a*)
- En el objetivo, la señal se refleja parcialmente y se transmite parcialmente al objetivo (*Figura 1b*)

- Dentro del objetivo, las ondas de compresión resonarán a frecuencias características de su espesor (*Figura 1b*)
- Cuando el pulso ha pasado, el objetivo continúa resonando (*Figura 1c*)
- La señal resonante se emite desde el objetivo (*Figura 1c*)
- El análisis de la señal emitida permite la medición directa del espesor objetivo con alta repetibilidad y precisión.

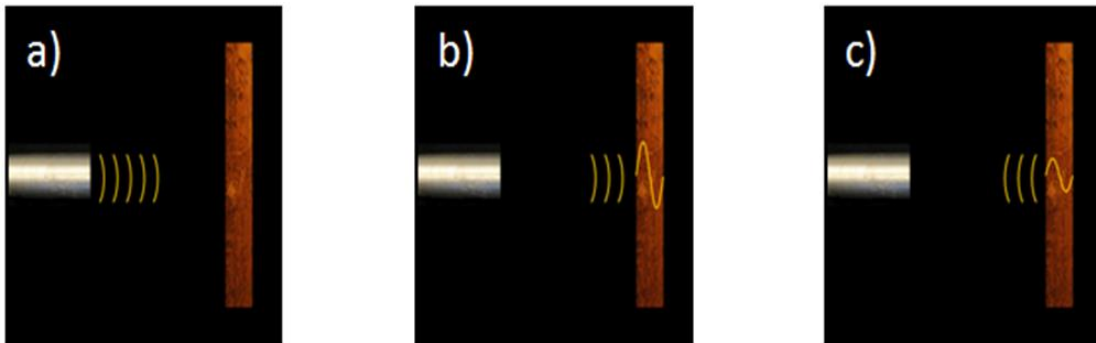


Figura 1 Scan™ Tecnología para inspecciones en línea

La figura 2 a continuación, muestra un ejemplo de la señal cruda, que consiste en una señal reflejada que representa la medición del Tiempo de Vuelo TOF (TOF por sus siglas en inglés de Time of Flight) y la sección de cola que representa la medición de espesor del objeto inspeccionado. Ahora se realiza un análisis de frecuencia de la sección de cola, por lo que se puede calcular el espesor estructural. Esto permite la identificación temprana de pérdidas de metal externas e internas desde 0,5 mm de profundidad y medidas con una precisión de $\pm 0,2$ mm.

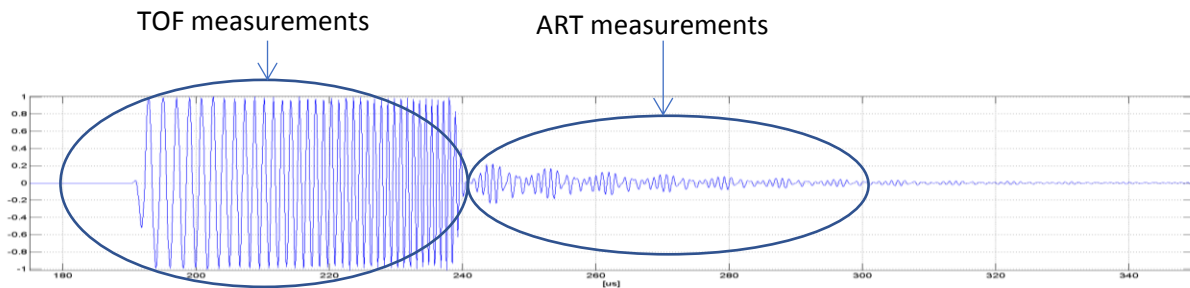


Figura 2 ART Scan™ Forma de Ona formada por inspecciones en línea.

Comparación con tecnologías ILI alternativas

Comparación entre MFL y ART

Esta sección se centra en una comparación entre la tecnología MFL estándar y el ART.

Las herramientas ILI de MFL utilizan imanes permanentes para saturar magnéticamente la pared de la tubería, véase la Figura 3 a continuación. Cuando se produce una pérdida de metal, el flujo magnético sobresale de la pared del tubo, lo cual es detectado típicamente utilizando sensores de efecto Hall.

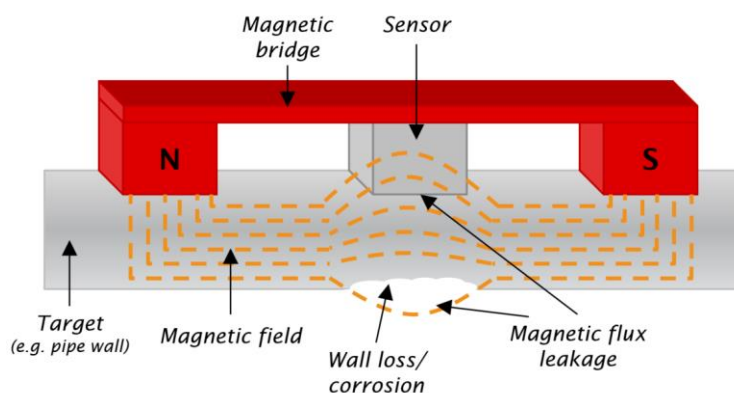


Figure 3 Explanation of Traditional MFL functionality

El umbral de detección y la precisión de medición de las herramientas MFL dependen del logro de un alto nivel de magnetización, para asegurar la saturación del tubo de acero. Varios factores pueden causar la reducción de la magnetización, como la alta velocidad y el grosor de la pared.

La tecnología de ART se basa en un disparo múltiple de ultrasonido de banda ancha (400 kHz - 1,2 MHz), véase la Figura 4 a continuación. La detección de frecuencias resonantes permite una medición directa del grosor de la pared, con una precisión de $\pm 0,2$ mm.

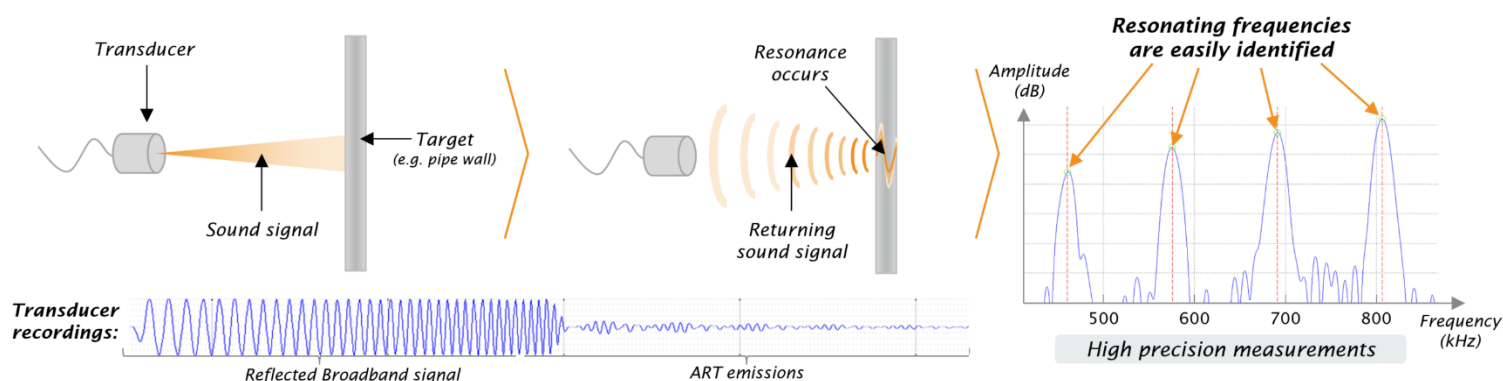


Figura 4 Explicación del funcionamiento ART

Con ART, el espesor de pared se deriva de las bandas de frecuencia de resonancia, mostradas a la derecha. Por lo tanto, no ocurre ninguna degradación de las especificaciones de medición a medida que aumenta el espesor de la pared o la velocidad de la herramienta.

Comparación entre UTWM y ART

Esta sección se centra en una comparación teórica entre la tecnología UTWM estándar y ART.

El método de pulso-eco UTWM estándar en el contexto de inspección en línea ILI utiliza normalmente transductores mono-cristales en una frecuencia entre 5-10 MHz, ver *Figure 3* a continuación:

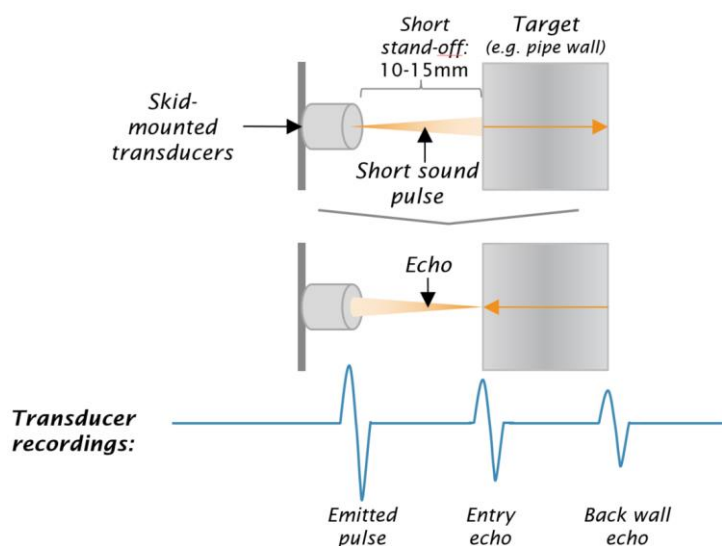


Figura 5 Explicación de funcionamiento del UTWM tradicional

La señal de ancho de banda estrecho creada por los transductores UTWM clásicos causan a menudo pérdida de datos debido a la atenuación de la señal. Este caso se da cuando están presentes depósitos del producto en la superficie interna de la pared del tubo. Además, las herramientas UTWM clásicas utilizan sensores que operan cerca de la pared de la tubería, de tal manera que los portadores de sensores son inherentemente más susceptibles a la acumulación de parafina en los trenes de transductores, lo que también conduce a la pérdida de datos.

La tecnología ART se basa en una frecuencia más baja, de banda ancha (típicamente ~ 400 kHz - 1,2 MHz), véase *Figura 4*, arriba. La atenuación del ultrasonido a través de la parafina se describe a continuación.

MEDICIONES DE ART A TRAVÉS DE PARAFINA

El gráfico en la *Figura 6* debajo, muestra cómo la parafina atenúa las señales ultrasónicas a varias frecuencias. La línea azul muestra la señal generada al enviar un pulso a un objeto de acero sin interferencia de cera. Las líneas roja y negra muestran atenuación de parafina a través de capas de cera de 2,25 mm y 4,25 mm respectivamente. A frecuencias por encima de 1200 kHz se genera un nivel significativo de atenuación por la cera que no permite que la señal ultrasónica penetre en el acero. Esto hace que el ILI UTWM tradicional que trabaja a frecuencias por encima de 4 o 5 MHz no sea aplicable para esta aplicación. ART en aplicaciones de ILI funciona a frecuencias entre 400 kHz y 1200 kHz, lo que

hace que sea una técnica ideal para penetrar restos de parafina en tuberías para permitir una completa el espesor de pared de la tubería.

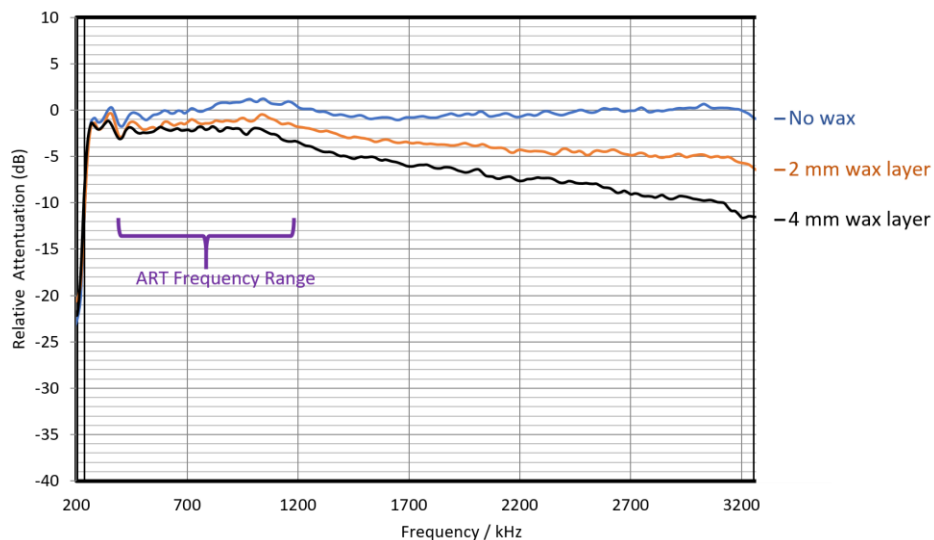


Figura 6 Test demostrando resultados de baja atenuación dentro del rango de banda ancha ART

Durante una inspección reciente en el Mar del Norte, se ha confirmado que el grosor de la pared se registró correctamente a través de más de 25 mm de parafina localizada en la parte inferior del ducto alrededor de la posición horaria 6:00hrs de la línea. Esto permite un programa de limpieza sustancialmente menos estricto para la inspección de oleoductos costa afuera con respecto a las inspecciones ultrasónicas.

Conclusión de la comparación de Tecnologías

Aunque la tecnología ART es una medición acústica, Halfwave ha superado las limitaciones típicas de las mediciones UTWM tradicionales. ART ofrece la posibilidad de

- a) Medir espesores de pared a través de depósitos de parafina
- b) Realizar mediciones de espesor de pared acústica en un ambiente de gas

Los siguientes elementos son vistos como las ventajas principales de mediciones acústicas ART Scan sobre técnicas de medición magnética:

- a) La capacidad de inspeccionar directamente el espesor total de las tuberías de gas y líquidos de paredes pesadas
- b) Alta precisión en la medición de profundidades en defectos de pérdida de metal interna y externa (+/- 0.2 mm)
- c) La precisión en la medición de profundidades no se ve afectada por la velocidad de la herramienta de inspección.

Además de las ventajas mencionadas anteriormente, la herramienta ART Scan™ es una herramienta "touchless" que ofrece las siguientes ventajas:

- a) La herramienta no es susceptible al levantamiento del transductor
- b) La herramienta tiene poca resistencia y es menos susceptible a excursiones de velocidad
- c) La herramienta puede ser modificada para operaciones de doble o multi-diámetro
- d) La herramienta puede ser modificada para operaciones bidireccionales.

Desarrollos en curso

La tecnología está siendo adaptada actualmente para la detección de cracks. Es posible la detección de desprendimiento de revestimiento, para revestimiento externo, que está siendo preparada para su lanzamiento comercial. Estos desarrollos están en curso y están siendo sponsorados por varios operadores de ductos.

Varias aplicaciones de alta presión, bidireccionales y de diámetros múltiples están actualmente en revisión.

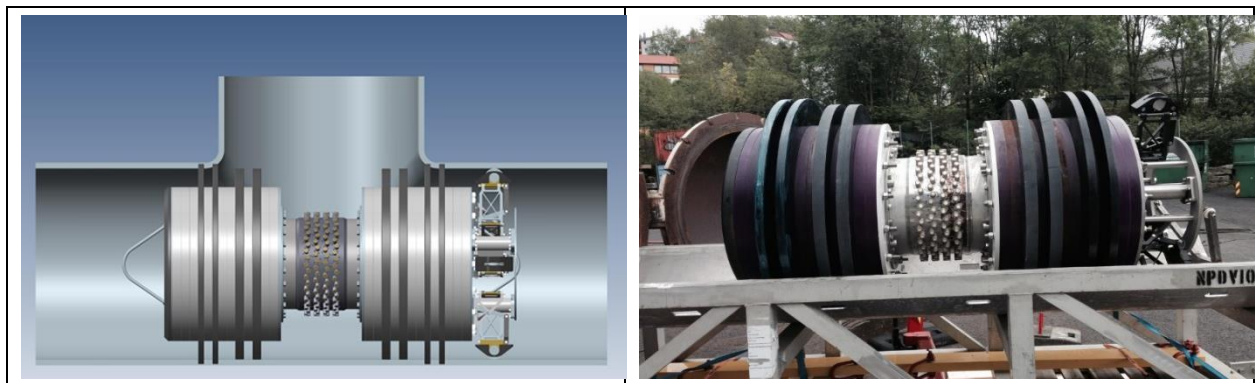
Caso de Estudio

La herramienta de inspección en línea ART Scan fue modificada para la inspección bidireccional de una tubería de 42 pulgadas en Australia. Este ducto va desde una instalación submarina hasta una instalación en tierra firme en el noroeste de Australia. Problemas con el lanzador submarino impidieron la rutina de inspección estándar desde la instalación submarina hasta la instalación onshore. Por lo tanto, se inició un proyecto para investigar la viabilidad de lanzar el pig desde el receptor terrestre, dirigiéndolo a través de las áreas críticas de la tubería, invirtiendo el flujo y arrastrando la herramienta ILLI hacia la trampa receptora de pig.

Se realizó un estudio de factibilidad completo, se diseñó una configuración de poliuretano para garantizar el paso seguro a través de todas las características de la tubería. Este paquete de unidad fue construido y probado en un loop de flujo a escala completa, donde todos los parámetros clave con respecto a la inspeccionabilidad fueron confirmados.

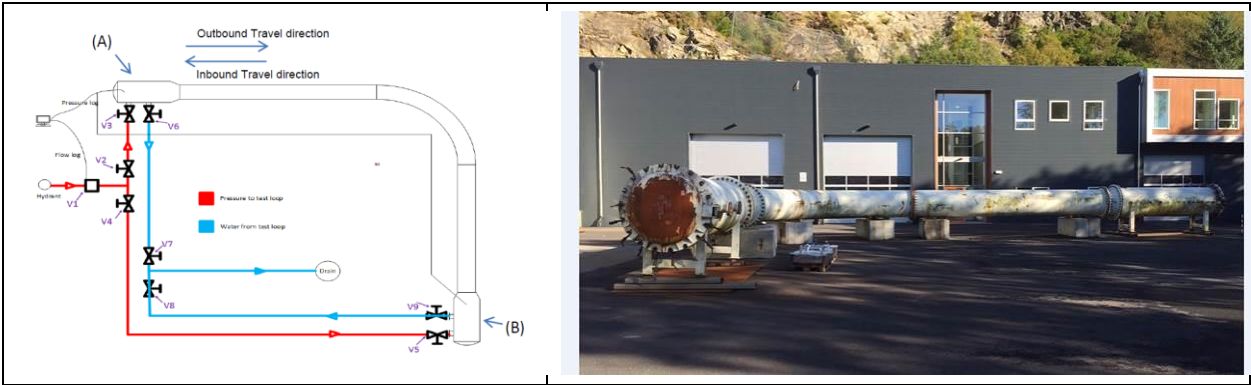
Fase 1, diseño de la herramienta

Después de una revisión detallada de todas las características salientes de la tubería, se confirmó que la tubería podría ser piggeada con una solución bidireccional ART Scan. El paquete guía de poliuretano fue diseñado y construido de manera acorde. El diseño y la construcción se muestran a continuación.

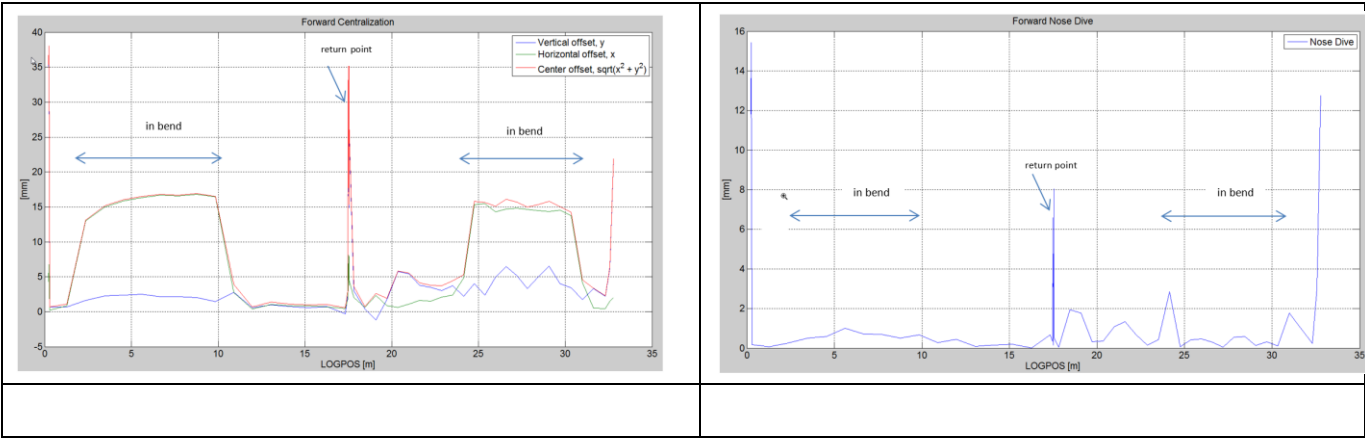


Fase 2. FAT testing

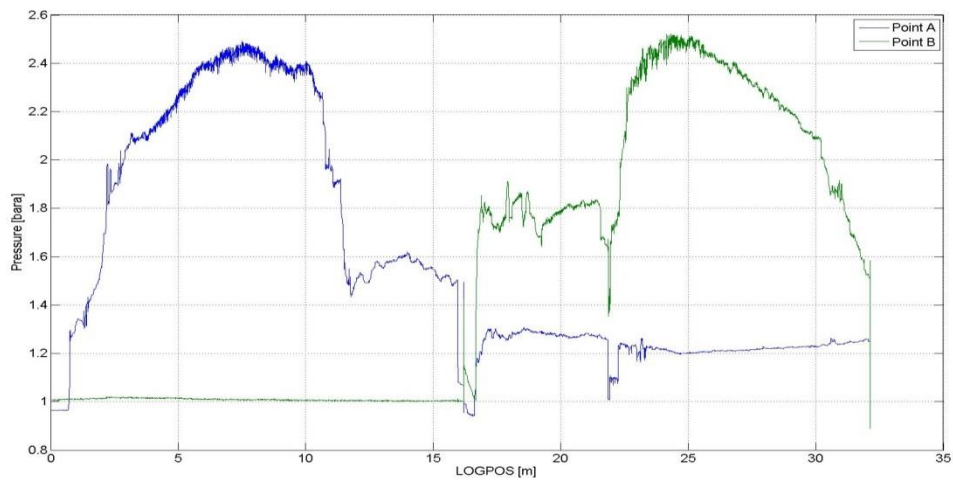
Se realizó una prueba completa a través de una bomba a escala para validar la funcionalidad del paquete de accionamiento de la herramienta y para verificar la presión estática y dinámica de accionamiento. El diseño del loop de prueba se muestra a la izquierda debajo, donde la construcción final se muestra a la derecha.



Los gráficos a continuación muestran la centralización de la herramienta y la inmersión en la nariz durante los ensayos de la bomba. Ambos fueron correctamente confirmados dentro de las especificaciones predefinidas.

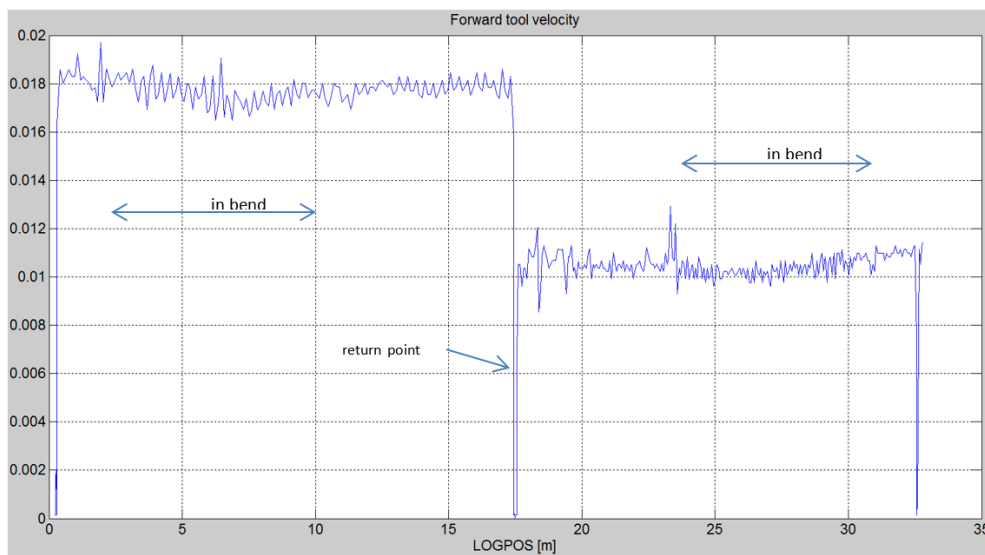


Se determinaron las presiones diferenciales para la presión de giro y la presión de accionamiento. La siguiente tabla muestra la presión delante y detrás de la herramienta en las piernas de salida y de entrada. Esto muestra que en la pata de salida no hay un pico de presión de lanzamiento distinto y que el DP requerido a través de la curva es de 1,5 bar (a) mientras que en las secciones de tubería recta es de 0,5 bar (a). Picos menores se pueden ver en el punto de retorno. Las presiones diferenciales observadas durante la pata de entrada son similares a las de la pata de salida. Todas las lecturas estuvieron dentro de la ventana predefinida.



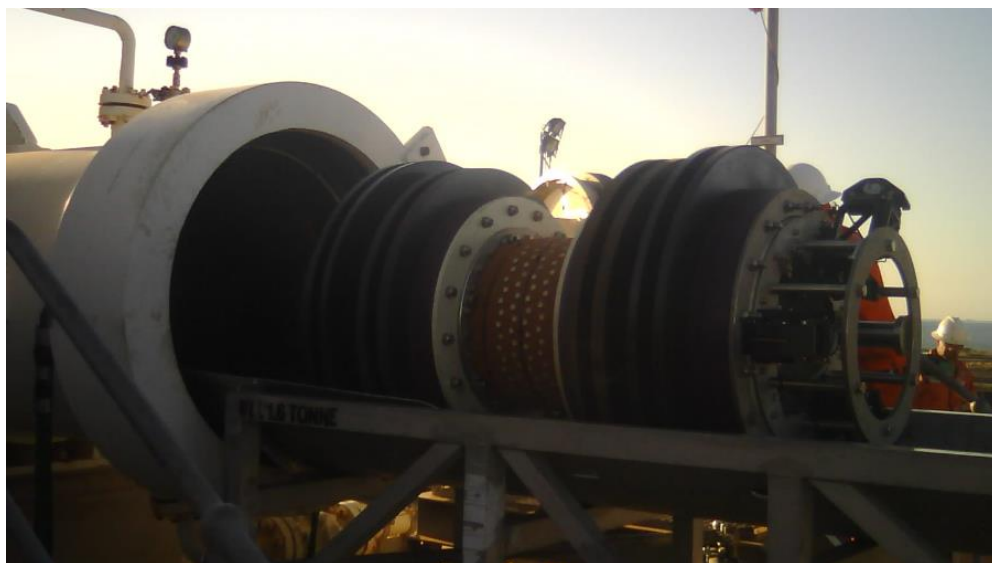
Velocidad de la herramienta

En la pierna de salida la herramienta desplazó el aire a presión ambiente. El gráfico muestra que la velocidad en la pata de salida se registró a aproximadamente 0,018 m / s. En la pierna de entrada la herramienta desplazó el agua a presión ambiente y viajó a una velocidad de aproximadamente 0,011 m / s. La herramienta funcionó suavemente a través del lazo en ambas direcciones sin ninguna excursión significativa de la velocidad.



Trabajo en campo

Después de exitosas pruebas de aprobación en fábrica, la herramienta fue movilizada al sitio de trabajo. El trabajo se ejecutó de acuerdo con procedimientos predefinidos, dentro del presupuesto y en tiempo. La fotografía de abajo muestra la herramienta en la trampa de pig (tanto lanzador y receptor en este caso).



Análisis de Datos

La herramienta registró datos completos de la forma esperada, tanto en la ejecución de salida como de entrada. El operador recibió y aceptó un informe de inspección completo. El cliente ha confirmado que está muy contento con el trabajo entregado, y espera utilizar ART nuevamente en futuras inspecciones.

Autor:

Willem Vos
Sales & Marketing Manager
Pipeline and Subsea Inspection
P+31 615 663 754
willem.vos@halfwave.com

Presenta:

Morken S.A.