

Parallelmessung von Wanddicke und Außendurchmesser sowie Berechnung von geometrischen Rohrquerschnittswerten mit einer ROWA USIP|xx-Phased-Array-Ultraschall-Prüfanlage

Daniel KOERS, Reinhard PRAUSE, Thomas WEISE, Thomas WÜRSCHIG
GE Sensing & Inspection Technologies GmbH

Kurzfassung

Bei der Prüfung der Wanddicke und dem Auffinden von Dopplungen und Innenwandverformungen hat sich der Einsatz von Ultraschall-Prüfanlagen mit einem rotierenden Wassermantel (ROWA) als sehr zuverlässig bewährt. Großer Vorteil der auf dem Anwendungsgebiet etablierten und weit verbreiteten Prüfanlagen ist die Tatsache, dass keine bewegten mechanischen Komponenten benötigt werden. Neben dem damit verbundenen geringen Wartungsaufwand wird daher auch ein sehr kompaktes Design ermöglicht.

Die Weiterentwicklung der bestehenden ROWA-Prüftechnologie basiert auf der neuen USIP|xx-Elektronik und ermöglicht eine wesentliche Verbesserung vorhandener Leistungsparameter (beispielsweise der Durchsatzgeschwindigkeit) und zusätzlich die Bestimmung geometrischer Rohrquerschnittsgrößen.

Als zentrale Verbesserung der neu integrierten Elektronik ist der parallele Betrieb aller einzelnen Phased-Array-Prüfkopfelemente hervorzuheben. Nach der Akquirierung (Digitalisierung des gesamten Auswertebereiches) werden in n Subcycles verschiedene Messungen bzw. Prüfungen durchgeführt.

Dieses sind im Wesentlichen die Laufzeitmessung von Wasservorlaufstrecke und Wanddicke mit der Berechnung von Außen- und Innendurchmesser (DA/DI), Exzentrizität (EX) und Ovalität (OV). Zusätzlich erfolgt eine Prüfung auf Dopplungen (DPL) und Innenwandverformungen (IWV).

Durch den beschriebenen Arbeitszyklus erhöht sich die Impulsfolgefrequenz der virtuellen Prüfköpfe. Die Folgen sind ein kleiner radialer Impulsabstand und eine kleine axiale Spurbreite bei gleichzeitig erhöhter Prüfgeschwindigkeit von 2 m/s und mehr.



Parallelmessung von Wanddicke und Außendurchmesser sowie Berechnung von geometrischen Rohrquerschnittswerten mit einer ROWA USIP|xx-Phased-Array-Ultraschall-Prüfanlage

D. Koers, R. Prause, T. Weise, T. Würschig, GE Sensing & Inspection Technologies GmbH, Hürth, Deutschland

Motivation

Die Anforderungen an eine automatisierte Prüfung von Rohren hinsichtlich

- Fehlerrückmeldung und Prüfdichte
 - Reproduzierbarkeit der Prüfergebnisse
 - Messung und Berechnung geometrischer Größen
 - Prüfgeschwindigkeit
- steigen kontinuierlich an und werden sukzessive erweitert. Diesem Bedarf wird durch den Einsatz der neuen USIP|xx-Phased-Array-Elektronik in der bestehenden ROWA WD-Prüftechnologie Rechnung getragen.

ROWA WD-Prüffunktionen

Bei linearer Durchlaufrichtung erfolgen:

- Laufzeitmessung von Wasservorlaufstrecke und Wanddicke
- Berechnung von Außen- und Innendurchmesser (DA/DI)
- Berechnung von Exzentrizität (EX) und Ovalität (OV)
- Prüfung auf Dopplungen (DPL) und Innenwandverformungen (IWW)



Phased-Array-Prüfprinzip „Paint Brush“

Datenaufnahme und -auswertung

- Alle Elemente eines Phased-Array-(PA)-Prüfkopfes erhalten zeitgleich oder zeitversetzt („Steering“) einen Sendepuls (neuer Prüfzyklus = Datenaufnahme).
- Die empfangenen Echosignale werden zunächst elementweise verstärkt und nach Laufzeit und Amplitude digitalisiert.
- Die gespeicherten Werte können in n Untertakten (Subcycles) mit unterschiedlichen Randbedingungen abgearbeitet werden, ohne dabei einen neuen Sendepuls auslösen zu müssen.
- Das Messfenster kann dabei in einen bestimmten Teilausschnitt gelegt werden (z. B. Eintrittscho bis 5. Rückwandecho). Vorteil: Der volle Wasser- und Materialpfad muss nur einmal durchlaufen werden.

Notwendigkeit der Geometriebestimmung

- Integrierte Lösung, keine weiteren Prozessschritte notwendig (beispielsweise Drifttest oder Lasermessung)
- Geometriebasiertes Schweißen von Rohren (z. B. Ölfeld) zur Reduzierung von Strömungswiderständen an Übergängen
- Erhöhte Anforderungen an Wanddicken- und Geometrietoleranzen, im Besonderen bei „casing and tubing“ Produkten.

Stichworte: Burst, Collapse, Tensile
• Spezielle Auswertung an den Rohrenden zwecks weiterführender Bearbeitung (z. B. Gewindeherstellung)

ROWA - Vorteile

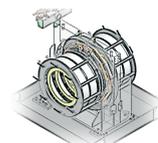
- Keine bewegten mechanischen Komponenten
- Ultraschallprüfung durch am Umfang (360°) versetzte Phased-Array-Prüfköpfe
- Geringer Wartungsaufwand
- Kompaktes Design
- Schneller Dimensionswechsel
- Keine mechanischen Einstellarbeiten
- Prüfkopfjustierung erfolgt über den gesamten Durchmesserbereich rein elektronisch

ROWA WD - Erläuterung und Abgrenzung

ROWA: Rotierender Wassermantel, WD: Wanddicke
Prüfung von (nahtlosen) Rohren im Durchmesserbereich ~25 mm - ~520 mm (abhängig von der Prüfanlage)

ROWA-Durchmesser

180	25 mm - 120 mm
240	40 mm - 180 mm
360	80 mm - 280 mm
480	120 mm - 400 mm
560	160 mm - 440 mm
640	200 mm - 520 mm

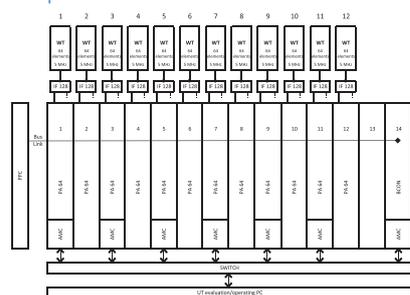


Prüfkopfanzordnung



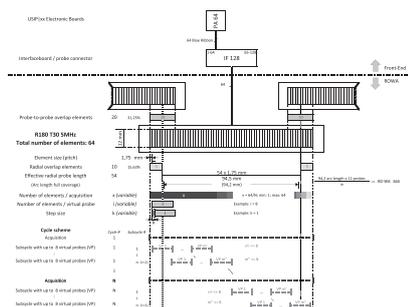
USIP|xx-Blockdiagramm

Beispiel: ROWA 360 - 12WD



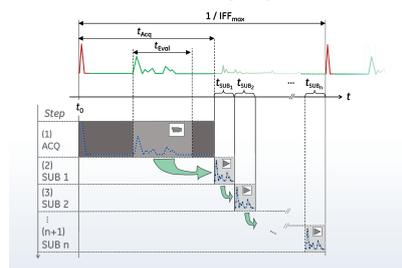
USIP|xx Datenaufnahme und Subcycles

Beispiel: ROWA 360 - 12WD



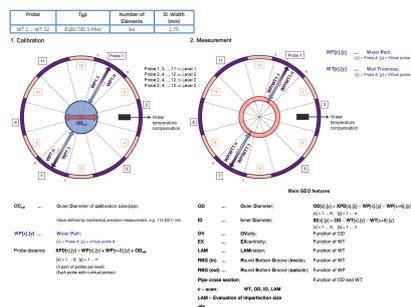
Zeitabfolge

Datenaufnahme (ACQ) / Subcycling-Taktschema:



USIP|xx GEO Measurement

Beispiel: ROWA 360 - 12WD



ROWA 360 - 12WD-USIP|xx

Exemplarische Leistungsdaten

Durchmesser (mm)	Schuldbereich radial (mm)	Schuldbereich axial (mm)	Prüfgeschwindigkeit (m/s) für WD-Res. 10 x 1,0 mm, FBH Ø 5 mm	Schuldbereich axial (mm) reduziert für FBH Ø 3,2 mm	Prüfgeschwindigkeit (m/s) reduziert für FBH Ø 3,2 mm
134,3	0,56	1,82	In Abhängigkeit vom Durchmesser und den gewählten axialen und radialen Schwebeständen beträgt die Prüfgeschwindigkeit ca. 0,9 m/s bis 1,8 m/s.	1,30	In Abhängigkeit vom Durchmesser und den gewählten axialen und radialen Schwebeständen beträgt die Prüfgeschwindigkeit ca. 0,9 m/s bis 1,3 m/s.
121,0	0,59	1,82		1,30	
127,0	0,62	1,82		1,30	
133,0	0,65	1,82		1,30	
139,7	0,68	1,78		1,30	
146,0	0,71	1,70		1,30	
152,4	0,74	1,63		1,30	
159,0	0,77	1,56		1,30	
166,3	0,82	1,48		1,30	
173,8	0,86	1,40		1,30	
193,5	0,94	1,28		1,28	
203,0	0,99	1,22		1,22	
219,0	1,06	1,13	1,13		
229,0	1,11	1,08	1,08		
244,5	1,19	1,02	1,02		
254,0	1,23	0,98	0,98		
267,0	1,30	0,93	0,93		
273,0	1,33	0,91	0,91		

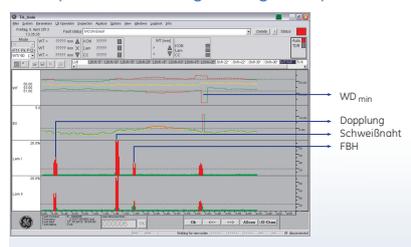
Highlights

Zusammenfassung

- Parallele Abarbeitung der gespeicherten digitalen Echosignale in n Subcycles ohne erneute Datenaufnahme
- Synchrone Auswertung in einem Prüfpuls:
 - Laufzeitmessung von Wasservorlaufstrecke und Wanddicke
 - Berechnung von Außen- und Innendurchmesser (DA/DI)
 - Berechnung von Exzentrizität (EX) und Ovalität (OV)
 - Prüfung auf Dopplung (DPL) und Innenwandverformung (IWW)
- Erhöhte Prüfdichte bei gesteigerter Prüfgeschwindigkeit
- Zusätzliche Mittelwand-Auswertung an einem Querschnitt

ROWA WD

Exemplarisch: Analoge Prüfgrafikspuren



Exemplarisch: Wanddicke C-Scan

