





 MANNESMANN LINE PIPE <small>Ein Unternehmen der Salzgitter Gruppe</small>	Technischer Standard	T 11.00.001_HS_Q Stand 11/2017 Rev. 0 Seite 1 / 5
HFI-geschweißte Rohre für den Transport von gasförmigem Druckwasserstoff		

HFI-geschweißte Rohre für den Transport von gasförmigem Druckwasserstoff

In Anlehnung an API 5L PSL 2, bzw. ISO 3183 PSL 2,
und EIGA-Richtlinie IGC Doc 121/14

erstellt: Hr. Dr. Brauer Datum:		geprüft: Hr. Dr. Löbbe Datum:	genehmigt: Hr. Dr. Kocks Datum:
			

 MANNESMANN LINE PIPE <small>Ein Unternehmen der Salzgitter Gruppe</small>	Technischer Standard	T 11.00.001_HS_Q
	HFI-geschweißte Rohre für den Transport von gasförmigem Druckwasserstoff	Stand 11/2017 Rev. 0 Seite 2 / 5

1. Allgemein

Längsnaht-geschweißte Rohre von Mannesmann Line Pipe (MLP), hergestellt nach dem Hoch-Frequenz-Induktions- (HFI-) Verfahren, für den Transport von gasförmigem Druckwasserstoff (H₂) basieren auf manganlegierten Kohlenstoffstählen (Fe, C, Mn). Sie sind sowohl als normalisierte N-Variante, als auch als thermomechanisch-gewalzte TM-Variante verfügbar, und erfüllen grundsätzlich die Anforderungen der API 5L PSL 2, bzw. ISO 3183 PSL 2. Darüber hinaus optimierte Eigenschaften für den Transport von gasförmigem Druckwasserstoff sind im Folgenden näher erläutert.

2. Basisnormen

- API SPEC 5L: 2015-04 "Specification for Line Pipe"
- DIN EN ISO 3183: 2013-03 "Petroleum and natural gas industries - Steel pipe for pipeline transportation systems"
- EIGA (European Industrial Gases Association) Richtlinie IGC Doc 121/14 "HYDROGEN PIPELINE SYSTEMS"
- DIN EN ISO 148-1: 2017-05 „Metallische Werkstoffe - Kerbschlagbiegeversuch nach Charpy – Teil 1: Prüfverfahren“
- DIN EN ISO 6892-1: 2017-02 „Metallische Werkstoffe - Zugversuch - Teil 1: Prüfverfahren bei Raumtemperatur“
- ASTM E 112: 2013 „Bestimmung der mittleren Korngröße“
- DIN EN 10204:2005-01 „Metallische Erzeugnisse - Arten von Prüfbescheinigungen“

3. Geometrie

3.1. Rohrgeometrie im Schweißnahtbereich


MLP-Rohre werden im Zustand „Innenoberfläche im Nahtbereich frei von Oberflächenabsätzen“ geliefert. Dies wird durch eingeschränkte Toleranzen erreicht. Hierzu erfüllen die Rohre von MLP die Anforderungen des Annex M, Abschnitt M.6.2 der ISO 3183: die innere Stauchwulst soll nicht weiter aus der Rohrkontur herausragen als $0,3 \text{ mm} + 0,05 * t$ ($t = \text{Wanddicke}$) bis zu einem Maximum von 1,5 mm. Entsprechende Abweichungen sowie nach der Norm zulässige Bandkantenversätze (BKV) werden durch schleifen nachgearbeitet. Dabei wird an allen Stellen die Mindestwanddicke eingehalten.

Auf der Rohraußenseite wird die Schweißnahtüberhöhung auf Rohrebene geschabt.

4. Werkstoffe

4.1. Normalisierend gewalzte N-Stähle

Hier sind die Güten X42N und X52N gebräuchlich. Die MLP-Varianten weisen folgende maximale Legierungsgehalte auf, die teilweise gegenüber der EIGA-Richtlinie IGC Doc 121/14 für Rohre für den Wasserstofftransport weiter eingeschränkt sind:

 MANNESMANN LINE PIPE <small>Ein Unternehmen der Salzgitter Gruppe</small>	Technischer Standard	T 11.00.001_HS_Q Stand 11/2017 Rev. 0 Seite 3 / 5
	HFI-geschweißte Rohre für den Transport von gasförmigem Druckwasserstoff	

Element	MLP H2-Güte N-Stahl	EIGA Doc 121/04	API 5L PSL2
Schwefel	≤ 0,006 % ^{*1}	≤ 0,010 %	≤ 0,015 %
Phosphor	≤ 0,015 %	≤ 0,015 %	≤ 0,025 %
Kohlenstoffäquivalent CE_{IW}^{*2}			
X42N	≤ 0,36 %	≤ 0,43 %	≤ 0,43 %
X52N	≤ 0,42 %		
andere N-Güten auf Anfrage			

^{*1} durch den gegenüber der EIGA Doc 121/04 weiter eingeschränkten Schwefelgehalt wird ein höherer Reinheitsgrad erreicht, so dass weniger Einlagerungsmöglichkeiten und damit Angriffspunkte für den Wasserstoff existieren

^{*2} $CE_{IW} = \%C + \%Mn/6 + (\%Mo + \%Cr + \%V)/5 + (\%Ni + \%Cu)/15$

Die zugesagten mechanisch-technologischen Eigenschaften können der API 5L PSL 2 bzw. ISO 3183 entnommen werden.

4.2. Thermomechanisch-gewalzte TM-Stähle

Als thermomechanisch-gewalzte Variante werden neben den Güten X42M und X52M auch höchstfeste Güten X60M, X65M und X70M angeboten. Zusätzlich zur API 5L weisen die Rohre aus den TM-Werkstoffen von MLP für den Transport von Wasserstoff optimierte Eigenschaften auf. Diese richten sich im Wesentlichen nach der EIGA IGC Doc 121/14, oder erfüllen gegenüber dieser weiter eingeschränkte Kriterien. Höchstfeste Güten wie beispielsweise X70M haben die Eignung für Druckwasserstofftransport in Versuchen erbracht und werden ebenfalls nach den genannten oder nach noch abzustimmenden Kriterien angeboten.

4.3. Legierungsgehalt


Für die TM-Varianten sind die Legierungsgehalte gegenüber der API 5L und der EIGA Richtlinie eingeschränkt. Folgende Tabelle gibt eine vergleichende Übersicht.

Element	MLP H2-Güte TM-Stahl	EIGA Doc 121/04/E	API 5L PSL2
Schwefel	≤ 0,005 %	≤ 0,010 %	≤ 0,015 %
Phosphor	≤ 0,015 %	≤ 0,015 %	≤ 0,025 %
Kohlenstoffäquivalent CE_{PCM}^{*3}	≤ 0,18 %	≤ 0,2 %	≤ 0,25%

^{*3} Aufgrund des reduzierten Kohlenstoffgehaltes ($C \leq 0,12 \%$) für eine bessere Schweißbarkeit gegenüber den N-Stählen, wird eine andere Berechnungsgrundlage für das Kohlenstoffäquivalent herangezogen:
 $CE_{PCM} = \%C + (\%Mn + \%Si + \%Cu + \%Co)/20 + \%Ni/60 + \%Mo/15 + \%V/10 + \%B*5$

4.4. Flattening Test

Ringfaltproben dienen der fortlaufenden Überwachung der Qualität des Grundwerkstoffes und der Schweißnaht. Dazu wird von einem Rohr ein Ring abgetrennt. Dieser wird zwischen zwei Platten eingelegt, mit Lage der HFI-Schweißnaht entsprechend den Vorgaben (üblicherweise auf 12 Uhr oder 9 Uhr), und kontinuierlich bis auf den vorgegebenen Plattenabstand gedrückt. Bei Erreichen des Plattenabstandes von 0,5 x Rohrdurchmesser darf es zu keiner Öffnung der HFI-Schweißnaht kommen.

 MANNESMANN LINE PIPE <small>Ein Unternehmen der Salzgitter Gruppe</small>	Technischer Standard	T 11.00.001_HS_Q Stand 11/2017 Rev. 0 Seite 4 / 5
	HFI-geschweißte Rohre für den Transport von gasförmigem Druckwasserstoff	

4.5. Kerbschlagbiegeversuch

Der Kerbschlagbiegeversuch wird gemäß DIN EN ISO 148-1 bei einer Prüftemperatur von 0 °C durchgeführt. Je Schmelze wird ein Satz in Quer- und Längsrichtung geprüft. Bei Rohren mit einem kleinem Außendurchmesser OD, bei denen keine normgerechten Querproben angefertigt werden können, braucht nur in Längsrichtung geprüft zu werden. Die Kerbschlag-Mindestwerte im Grundwerkstoff betragen nach EIGA Doc 121/04:

Probengröße	quer		längs	
	Mittelwert in J	Einzelwert in J	Mittelwert in J	Einzelwert in J
Full-Size	94	71	118	88
³ / ₄	71	53	88	67
¹ / ₂	35	35	58	43

Bei der Bestimmung der Scherbruchanteile muss der Mittelwert aus drei Proben mindestens 75 % betragen. Dabei darf davon kein Einzelwert kleiner als 60 % sein.

4.6. Zugversuch

Der Zugversuch wird gemäß DIN EN ISO 6892-1 bei Raumtemperatur durchgeführt. Die Streckgrenze (YS) und die Zugfestigkeit (TS) weisen gemäß folgender Tabelle Spannen mit Einschränkungen der oberen Grenzen gegenüber der API 5L auf.

Güte	Streckgrenze YS in N/mm ²	Zugfestigkeit TS in N/mm ²
X42M	290 - 462	415 - 587
X52M	360 - 525	460 - 625
X60M	415 - 535 ^{*4}	520 - 670 ^{*4}
X65M	450 - 570 ^{*4}	535 - 685 ^{*4}
X70M	485 - 605 ^{*4}	570 - 720 ^{*4}

^{*4} für die Güten größer X52 sind in der EIGA Doc 121/04 keine Einschränkungen festgelegt; daher entsprechen ab der Güte X60M die oberen Grenzwerte den MLP-spezifischen Zusagen der Einschränkung auf Basis der API 5L PSL 2;

4.7. Korngröße Ferrit


Die Korngrößenbestimmung gemäß ASTM E 112 erfolgt im Umfang der Vorgaben für die Schlifferstellung im Schweißnahtbereich. Als maximal zulässige Korngröße gilt ASTM 8.

4.8. Härte

Die Messung der Härte nach Vickers erfolgt über Wanddicke in der Naht (Weld), der Wärmeeinflusszone (HAZ) und im Grundwerkstoff (BM). Für die Güten X42M und X52M ist eine maximale Härte von 220 HV 10 (= 95 HRB) erlaubt.

5. Längen

Die Rohrlängen werden auftragsbezogen festgelegt. Hierbei liegt die typische Längentoleranz bei -0 / +300 mm. Die Rohrlängen werden ohne Schweißstoß geliefert.

 MANNESMANN LINE PIPE <small>Ein Unternehmen der Salzgitter Gruppe</small>	Technischer Standard	T 11.00.001_HS_Q
	HFI-geschweißte Rohre für den Transport von gasförmigem Druckwasserstoff	Stand 11/2017 Rev. 0 Seite 5 / 5

6. Prüfbescheinigungen

Es wird ein 3.1 Abnahmeprüfzeugnis gemäß DIN EN 10204 erstellt.

7. Kennzeichnung

Die Rohre müssen in Übereinstimmung mit den Anforderungen der anwendbaren Normen markiert werden. Üblicherweise erfolgt eine Hartstempelung an einem Rohrende mit Angabe des Herstellerkennzeichen + Rohr Nr., Basisnorm + Werkstoff, Ø + Wanddicke. Als Alternative kann das Rohr mit einem wetterfesten Klebeetikett versehen werden.

8. US - Prüfung

Es erfolgt eine 100 %ige Prüfung der HFI-Längsnaht mittels Ultraschalltechnologie.

9. Korrosionsprüfung

9.1. Slow-Strain-Rate Versuche

Zu jedem Auftrag werden die vergleichenden Ergebnisse von zwei Slow-Strain-Rate Versuchen mitgeliefert, um den Einfluss von H₂ auf die Wasserstoffgas-Versprödung zu dokumentieren. Je eine Probe wird an Luft und eine in Druckwasserstoff (üblicherweise trockenes gasförmiges H₂ bei Raumtemperatur und 100 bar) an der SZMF durchgeführt.

9.2. weitere Versuche

Auf Kundenwunsch können gegen Aufpreis der Versuchskosten weitere Versuche gemäß Appendix B des EIGA IGC Doc 121/14 vorgenommen werden.