



**9.Karlsruher
Fahrzeugklima-Symposium
21.September 2006**




1


**Verbindungstechniken in R 744-Kreisläufen
K.Liehr – S.M.A. Metalltechnik GmbH**



R 744 Fitting Technology
SMA Confidential
www.sma-metalltechnik.de




Von R12 über R 134a zu R 744



2

	R 12	R 134a	R 744
	$\begin{array}{c} \text{F} \\ \\ \text{F}-\text{C}-\text{Cl} \\ \\ \text{Cl} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{F} \quad \text{F} \\ \quad \\ \text{F}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ \quad \\ \text{F} \quad \text{H} \end{array}$	$\text{O}=\text{C}=\text{O}$
	•Höhere Drücke	•Höhere Temperaturen	•Kleineres Molekül
	EINFLUSS AUF...		
	•Designfreiheit	•Werkstoffe	•Handling
	•Prüftechnik		



R 744 Fitting Technology
www.sma-metalltechnik.de

Besondere Anforderungen an die Verbindungstechnik ergeben sich aus den systembedingt höheren Drücken und Temperaturen, sowie der geringen Molekülgröße von CO₂.

Dies grenzt natürlich die Designfreiheiten hinsichtlich Bauteilgröße und Variantenvielfalt ein, begrenzt möglicherweise die Werkstoffauswahl, erfordert einen geschulten und ggfs. sensiblen Umgang bei Lagerung Transport und Montage und bedeutet nicht nur bei den Prüfparametern eine Herausforderung an die Prüftechnik.

Anforderungen an die Verbindungstechnik

Bei FZG mit Heckklimatisierung
bis zu **30** Verbindungsstellen

Verbindungstechnik darf als untergeordnetes Element
des Kreislaufes nicht zusätzlich die Freiheitsgrade der
Hauptkomponenten einschränken

 R 744 Fitting Technology
www.sma-metalltechnik.de

R 744-Kreisläufe werden bis zu 30 Verbindungsstellen aufweisen. Diese sollten in ihren Ansprüchen an die sonstigen Kreislaufkomponenten so „gutmütig“ sein, dass den Herstellern Ihre eigene Gestaltungsspielräume möglichst erhalten bleiben.



Grundsätzliche Anforderungen

4

- Wenige Einzelkomponenten
- Einfaches Herstellen der Mutterteile
- „blind“ montierbar
- geringe Beschädigungssensibilität
- Edelstahl- und Stahlvarianten



R 744 Fitting Technology
www.sma-metalltechnik.de

Damit der Umgang mit R744-Verbindungstechniken keine zusätzlichen Handicaps gegenüber heutigen Systemen verursacht, sollten einige Grundanforderungen beachtet sein:

Je einfacher das Dichtsystem und je weniger Komponenten, umso geringer dürfte das Fehlbehandlungsrisiko sein.

Gleichzeitig sollte die Gestaltung des Mutterteiles einfach und mit herkömmlichen Bearbeitungsmethoden möglich sein. Der Komponentenhersteller sollte sich auf seine Problemkreise konzentrieren können, ohne zu großes Augenmerk auf die Verbindungssysteme richten zu müssen.

Eine Montage ohne Sichtkontakt sollte beschädigungsfrei und mit herkömmlicher Ausstattung am Band möglich sein.

Wegen der auf der Heissgasseite derzeit verwendeten Schlauchlösungen müssen Edelstahlvarianten genauso wie Alu-Varianten evaluiert sein.



Anforderungen an die Verbindungstechnik VDA-Lastenheft

5

VDA	Anforderung	Wert	Kommentar
2.12	Mehrfachmontage(Produktion)	10 x	Kritisch je nach Dichtvariante
2.1.3	Axialer oder seitlicher Abgang		Achtung: Löt einfluss
2.3	Anzugsmomente mit M6	10Nm +/-20%	Reibwerte beachten
3.1.1	Temperaturbeständigkeit	-40 °C-180 °C kurz. -10 °C-165 °C dauer	Kritisch für Elastomere
3.2.1	Berstdruck	39MPa/80 °C 51MPa/165 °C	Kritisch für Elastomere
3.3	Korrosionsfestigkeit	Salzsprühetest	Materialpaarung wichtig
4.1.1	Gasdichtheit	0,5g/a	Unkritisch für met. VBT; 0,5g/a ist für System zu hoch
4.3.3	Schwingung		Elastisches Dichtsystem
4.4.3	Impuls	255.000LW	Design-abhängig
4.8	Dekompression	Keine Leckage	Sehr Kritisch für Elastomere




R 744 Fitting Technology
www.sma-metalltechnik.de


Das derzeitige VDA-Lastenheft stellt vielfältige Anforderungen. Einige davon sind für Verbindungstechniken leicht, andere wiederum nur mit Aufwand lösbar.

Teils sind vernünftige Kompromisse erforderlich.

Auf die Erfahrungen hinsichtlich der genannten Anforderungen wird später noch eingegangen.




Anforderungen aus der Erprobung



6

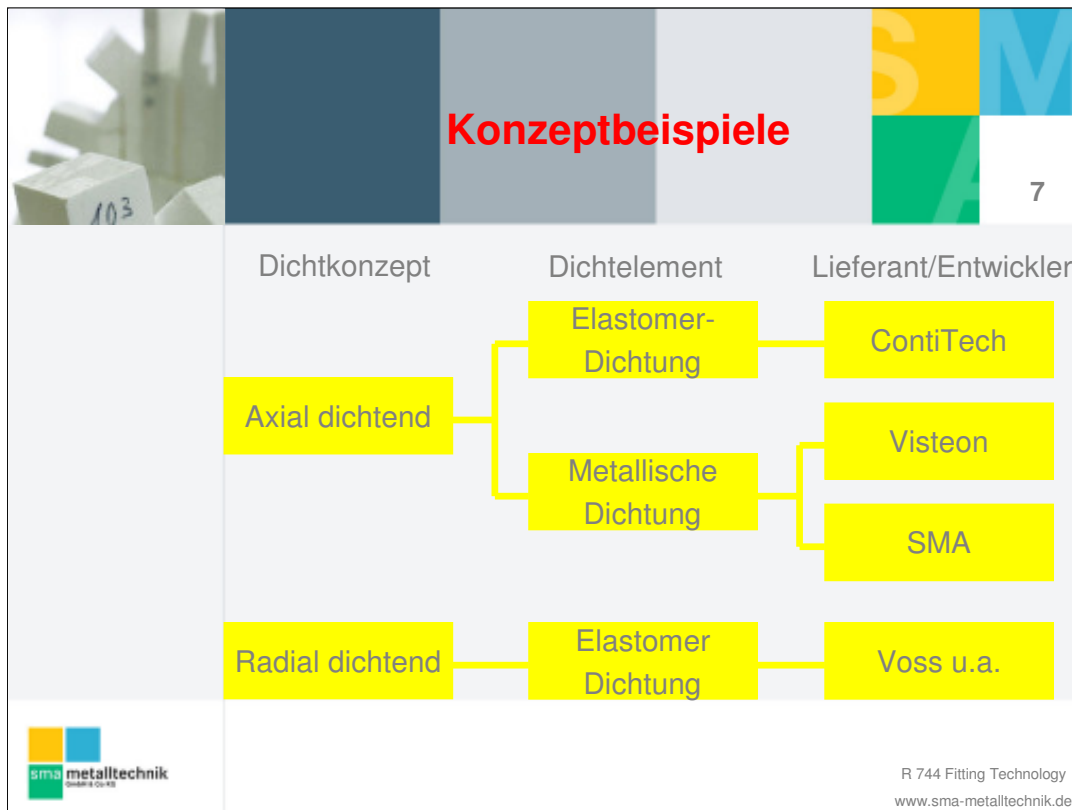
Kriterien	Zu Beachten:
Schraubenreibwerte	Reibwertzunahme bei Mehrfachverschraubung
Löteinflüsse	Flussmittelrückstände
Härteänderungen	Erweichen der Komponentenmaterialien beim Löten; Wartezeiten nicht akzeptabel für Serie
Herstellprozess der Mutterteile	Prozessicherheit, Kosten; keine Nachbearbeitung nach z.B. Lötöfen
Einfluss der Prozesskette	Löteinflüsse; Verschmutzung; Beschädigungen
Fehlbehandlung	Transport und Handlungsschutz
Materialsetzungen	Weiche Materialpartner; dauerhaft verbleibende Anpresskräfte
Designfreiheit	u.a. rechtwinklige Abgänge
Sinnvolle Serienprüfung	Ohne Zusatzaufwand beim Leitungsprüfen



R 744 Fitting Technology
www.sma-metalltechnik.de

Neben den Anforderungen der VDA-Vorschläge ergeben sich aus den Fertigungsprozessen, bei der Bandmontage, dem Praxiseinsatz im Fahrzeug oder im Service einige weitere, wichtige Aspekte.

Auf die besonders wichtigen wie Löteinflüsse, Fehlbehandlung und Setzungen durch Härteveränderungen, sowie Prüftechnik wird später noch eingegangen.



Wie auch bereits bei R 134a kann R 744 axial oder radial abgedichtet werden. Zur axialen Abdichtung liegen verschiedene Konzepte vor, mit denen wir uns näher beschäftigt haben: ContiTech, Visteon und SMA.

Dabei wird von ContiTech eine Mischung aus metallischer und Elastomer-Dichtung gewählt, während Visteon und SMA auf die rein metallische Dichtung setzen.

Radial dichtende Systeme sind zumindest uns noch nicht so geläufig, da die bekannten Probleme der Elastomere bisher nicht gelöst scheinen.

Darüber mehr wird in der Präsentation von Voss Automotive zu hören sein.



Konzeptvergleich

8

EIGENSCHAFT	VBT-Typ	
	radial	axial
Verfügbare Systeme evaluiert und teils erprobt	0	+
Verfügbarkeit von Dichtwerkstoffen	-	+
Einfluss der Oberflächenrauigkeit	0	-
Explosive Dekompression kritisch	-	+
Kriechende Leckraten	-	+
Einfluss der Oberflächenhärte	+	-
Öffnen unter Druck kritisch	-	+
Gasdichtheit	0	+
Abhängigkeit von Anzugsmomenten	+	-
Temperaturabhängigkeit	-	+



R 744 Fitting Technology
www.sma-metalltechnik.de

Ein Konzeptvergleich kann natürlich nur subjektiv erfolgen und stellt daher nur eine grobe Orientierung dar.

Derzeit gravierende Unterschiede liegen in der geringeren Auswahlmöglichkeit der Werkstoffe, der explosiven Dekompression von Elastomeren und der eher kriechenden Leckage bei radialen Konzepten,

Für axial dichtende Systeme sind möglicherweise eher Oberflächenhärten, sowie die Abhängigkeit der Dichtwirkung von den verfügbaren Schrauben-Spannkräften kritisch.

Konzept-bedingt ist das versehentliche Öffnen unter Druck bei den untersuchten axial dichtenden Systemen äußerst unkritisch.

Beispiele

9

- ContiTech
- Visteon
- SMA

„ContiLockR744“

10

Male connector:

- Aluminium or Steel
- Inner dimension: DN 6 or DN 8

Screw-and-washer assy

- Cr6 free coating
- Torque: 10,2 Nm +-20%
- M6

Loss protection:

- Clipping plastic cap (165°C)
- Holds gasket on connector
- Easy mounting
- Dirt protection

Female connector:

- Connection line - line
- Connection line - component

Contur:

Easy integration in components by machining

Gasket seal:

Spring metal with a thin coat of NBR

Central R&D
Product Market Segment
Air Conditioning

Continental
CONTITECH

Das Dichtkonzept von ContiTech basiert auf einer Dichtscheibe aus Federstahl, die mit einer dünnen Elastomerschicht versehen, zwischen Vater- und Mutterteil gespannt wird.

„ContiLock R“ the Formed Solution!

11



- **High functional Performance**
 - Leakage rate 0,3g/a at 176bar and 165 °C
 - approved (e.g. vibration and endurance test)
- **No heat influence**
 - constant physical material data´s
 - better tolerance situation in the sealing area
- **Free choice of the flange material**
 - selection of the flange material in order to economic issues
 - sealing area is the formed pipe

Continental
CONTITECH

Mit dem System sind Leckraten von 3g/a pro Verbindung bei den erforderlichen Lastenheftkollektiven nachgewiesen.

Wie bei allen metallischen Dichtsystemen ist dabei die Temperaturbeeinflussung gering und die Wahl der Flanschmaterialien sehr flexibel.

„Visteon VisCO₂NNECT“

12

VISTEON VisCO₂NNECT™ FITTING


VISTEON VisCO₂NNECT™ FITTING

sma metalltechnik
SMA METALTECHNIK

R 744 Fitting Technology
www.sma-metalltechnik.de

Das System von Visteon ist dem ContiTech-System äußerst ähnlich.
 Gravierender Unterschied ist die Wahl einer weichen Kupferlegierung als
 Dichtscheibe.

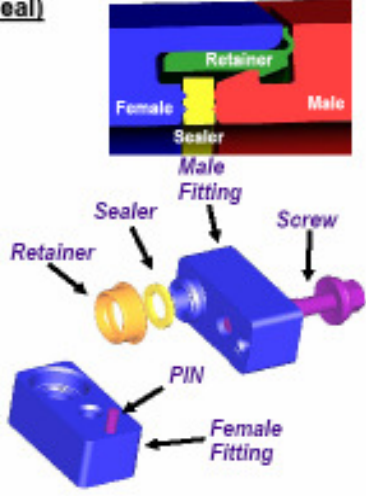
R744 – Fluid Transport Fitting Design




R744 Visteon Fitting (Axial-Metal-Seal)

- Exchangeable, metal Seal
- No polymeres – no explosive decompression
- Small Design with no flow diameter restriction
- Safe handling and quick R744 release

R744 Technology
01. Markt 2286 – RIGV – Paris
Copyright 2006, Visteon Corporation.












Visteon confidential



R 744 Fitting Technology
www.sma-metalltechnik.de

Zusätzlich wird durch die Formgebung des Dichtsitzes bei Vater- und Mutterteil eine hohe, örtliche Flächenpressung erzielt.

Für Fragen zu den Systemen stehen die Vertreter der jeweiligen Unternehmen sicherlich zur Verfügung.




	<h2 style="color: red;">SMA</h2> <h3 style="color: red;">Fitting Technologie</h3> <h3 style="color: red;">Aluminium-Version</h3>		 <p>14</p>						
	<p>Fitting Beispiel</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%;">Mutter-Teil</th> <th style="width: 50%;">Vater-Teil</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">  </td> <td style="text-align: center;">  </td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"> <p>Üblicherweise an Komponenten</p> </td> <td style="text-align: center;"> <p>Üblicherweise an Leitung</p> </td> </tr> </tbody> </table>		Mutter-Teil	Vater-Teil			<p>Üblicherweise an Komponenten</p>	<p>Üblicherweise an Leitung</p>	<p>Flansch:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aluminium oder Edelstahl • Dichtfläche = einfache Senkung • Abgang axial oder senkrecht • Rohr an Flansch gelötet <p>Dichtelement:</p> <ul style="list-style-type: none"> • separat; Stahl aluminisiert oder Edelstahl für Alu-Flansche • Direkt angeformt bei Edelstahl <p>• Vater- und Mutterteil wahlweise Alu oder Edelstahl</p> <p>Schraube M6</p> <ul style="list-style-type: none"> • Beschichtete Schraube mit Federscheibe
Mutter-Teil	Vater-Teil								
									
<p>Üblicherweise an Komponenten</p>	<p>Üblicherweise an Leitung</p>								
			<p>R 744 Fitting Technology www.sma-metalltechnik.de</p>						


Auch die SMA-Verbindungstechnik sieht auf den ersten Blick nicht anders aus. Beide Flansche können hier jedoch gleich gearbeitet sein, da die Dichtflächen für Mutter- und Vater-Teil identisch sind. Eigentlich wird erst beim Einsetzen des Dichtkörpers über „Mutter oder Vater“ entschieden.

Zum Vorteil der Komponentenlieferanten wurde bei der Gestaltung des Muttersitzes darauf geachtet, dass dieser durch einen einfachen spanenden Prozess zu gestalten ist (Bohren).

SMA
Fitting Technologie
Aluminium Version

15

		
1	2	3
1 : Fitting Vaterteil (=Mutterteil)	2 : Dichtelement	3 : Komplettes Vaterteil



R 744 Fitting Technology
R 744 Fitting Technology
www.sma-metalltechnik.de

Im Gegensatz zu den anderen Systemen ist beim SMA-Konzept der Dichtkörper aus dem härteren Werkstoff (Edelstahl, oder wahlweise aluminierter Stahl).

Als besondere Vorteil wird darin die geringe Abhängigkeit vom Flanschwerkstoff gesehen (Härte). Zusätzlich ist dadurch eine geringe Verletzungsgefahr des, gegenüber seinem Umfeld härteren, Dichtkörpers gegeben.

Ansonsten unterscheidet sich auch das SMA-System hinsichtlich Zentrierstift, Verschraubung und Handling nicht von seinen Kollegen.

SMA
Fitting Technologie
Edelstahlvariante

103

16



Vaterteil
(mit seitlichem Abgang)
Dichtkegel angeformt

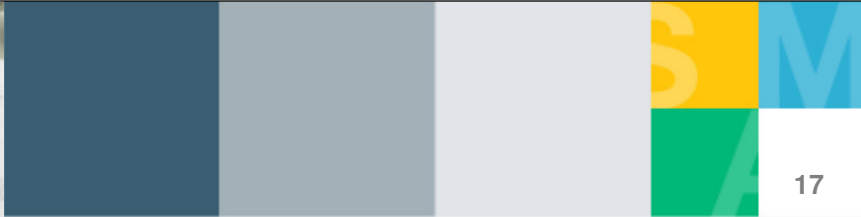
Mutterteil ist immer gleich (Alu)

 sma metalltechnik
R 744 Fitting Technology
R 744 Fitting Technology
www.sma-metalltechnik.de

Zur Verbindung mit Edelstahlrohren wird das Vaterteil in einem Prozess mit dem Dichtkegel gefertigt.

Dabei ist jede Abgangsvariante denkbar.

Zur Kostensenkung wird in der derzeitigen Generation an einer Edelstahl-Aluminiumkombination gearbeitet.



Anforderungen

Kritische Anforderungen aus Lastenheft				18
Gasdichtheit		Explosive Dekompression		Schwingung
	Impuls		Korrosion	
		R 744 Fitting Technology www.sma-metalltechnik.de		

Aus den Lastenheftanforderungen kristallisieren sich einige als so genannte KO-Kriterien heraus:

Allen voran ist dies natürlich die Gasdichtheit, gefolgt von der Impulsprüfung.

Explosive Dekompression ist nur für Elastomere kritisch, dort aber dominant neben den Temperaturbelastungen zu sehen.

Korrosionsproblemen kann mit richtiger Materialwahl begegnet werden.

Das Schwingungsverhalten ist stark vom Leitungskonzept abhängig.

Kritische Anforderungen aus Praxistests

19

The collage is organized into a grid with labels below each section:

- Löteinfluss** (Welding influence): Image of a welding torch.
- Setzverhalten** (Settlement behavior): Image of a factory floor with machinery.
- Verspannung** (Tension): Image of a tensile test with a label "8.800 N Zugkraft".
- Härte** (Hardness): Technical drawing and surface analysis plot.
- Bearbeitungskontur** (Machining contour): Technical drawing and surface analysis plot.
- Rundheit** (Roundness): Technical drawing with circular runout plots.
- Rauheit** (Surface roughness): Technical drawing with surface analysis plots.

Logo: sma metalltechnik

Für die Fertigung aller Dichtkonturen sind hohe Maßstäbe an zeichnungsgerechte Kontur, Rundheit und Oberflächenrauigkeit anzusetzen.

Aus der Praxis als besonders kritisch haben sich zudem Fertigungseinflüsse der weiteren Prozesskette – insbesondere beim Flammlöten oder Ofenlöten ergeben. Dabei sind nicht nur die Ablagerungen der Flussmittel, sondern auch Erweichung der Materialien unter Temperatur zu berücksichtigen.

Bei weichen Komponentenmaterialien kann zudem das Fließen der Flansch- oder Dichtflächen kritisch werden.

Es hat sich ausserdem gezeigt, dass Leitungen über die Verbindung „gerade gezogen“ werden. Die damit geminderten Anpresskräfte können die Dichtwirkung beeinträchtigen.



SMA Fitting Technologie Erfahrungen

20

Möglichkeiten des metallischen Dichtkonzepts:

- Permeation <math><0.05\text{g/a}</math>
- „Dicht oder undicht“ (nichts dazwischen)
- Robust
- Einfache Fertigung für Komponentenhersteller
- Herstellkosten für Mutterteil wie R 134a
- Dichtwirkung auch nach 20-facher Montage
- Kompensation von Materialerweichung
- Standardmässige Heliumprüfung möglich
- Gewohnte Montageprozesse am Band
- Kein schlagartiger Druckabfall beim Öffnen im Service



R 744 Fitting Technology
www.sma-metalltechnik.de

Insgesamt deckt das metallische Dichtkonzept die gestellten Ansprüche recht gut ab:

Es kann mit extrem geringen Lackraten aufweisen. Link zu 21:

Es gibt keine schleichende Undichtigkeit.

Das System kann robust und für die Komponentenhersteller einfach gestaltet werden.

Mindestens die Mutterteile lassen sich auf dem Kostenniveau von R 134a fertigen.

Eine Mehrfachverwendung ist möglich, jedoch sollte auf den Abrieb der Schrauben geachtet werden.

Je nach Konstruktion lassen sich Materialerweichungen der Komponenten kompensieren. Link zu 22

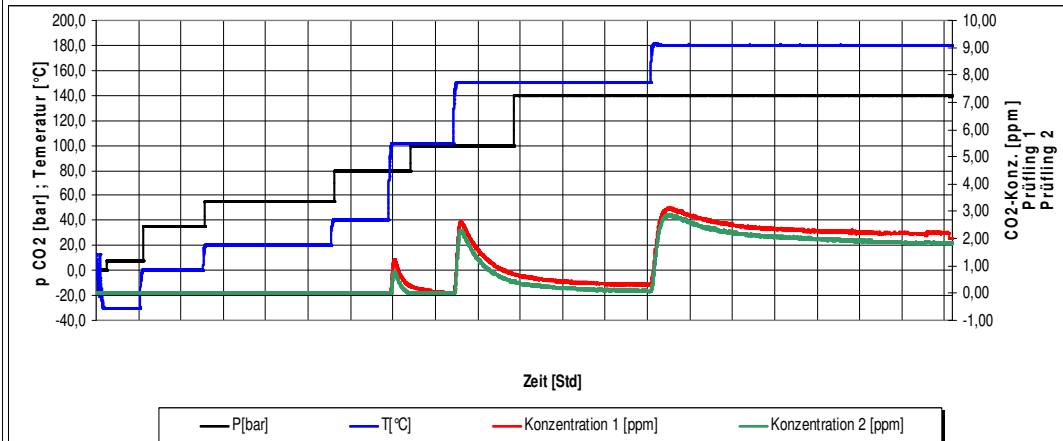
Die SMA-Verbindungstechnik kann „normal“ komplett mit der Leitung in der He-Prüfung geprüft werden.

Der Werker am Band hat es mit gewohnten Vorgängen zu tun.

Explosionsartiges Entweichen kann beim Öffnen nicht simuliert werden.

SMA Fitting Technologie Permeation

21



R 744 Fitting Technology
www.sma-metalltechnik.de

Link zu 20:

Als beeindruckend kann die Gasdichtheit bezeichnet werden (Hier: SMA-Verbindungstechnik). Gewichtete Verluste unterhalb von 0,05g/a lassen enormen Spielraum für die restlichen Komponenten im Kreislauf.



SMA Fitting Technologie

Oberflächenhärte



22

Dichtfläche kann durch Vorsetzen verbessert werden:

- Im Herstellprozess oder ..
- Härtezunahme 15-20%
- Bei Serien-Dichtprüfung
- Verringerung der Rauheit



Rauhtiefe nach 1. Setzung



Prüflinge	Rauhtiefe (µm) - Blue Line	Rauhtiefe (µm) - Red Line
1	4,000	2,000
2	6,000	3,000
3	13,000	4,000
4	8,000	2,000
5	2,000	2,000
6	4,000	3,000
7	8,000	2,500
8	4,000	2,000
9	16,000	2,500
10	15,000	4,000



R 744 Fitting Technology
 www.sma-metalltechnik.de

Link zu 20:

Durch Vorpressen der Dichtfläche kann diese kaltverfestigt werden. Dabei werden die Oberflächenhärte erhöht (um bis zu 20%), die Setzungen der ersten Montage überbrückt (80% aller Setzungen) und die Oberflächenrauigkeit um rund 50% reduziert.

Dieser „Vorsetzungs-Prozess“ kann entweder direkt nach der Fertigung durch eindrücken eines Stempels erfolgen oder wird automatisch bei der Dichtprüfung durch das Andrücken des gleichartig geformten Prüfadapters erledigt (empfohlen!).



SMA Fitting Technologie Erfahrungen

23

Grenzen des metallischen Dichtkonzepts:

- Nur geringe Oberflächenfehler kompensierbar
- Schraubenzugmoment
- Verspannungen im Kreislauf
- Sensibilisierung der Prozessbeteiligten erforderlich



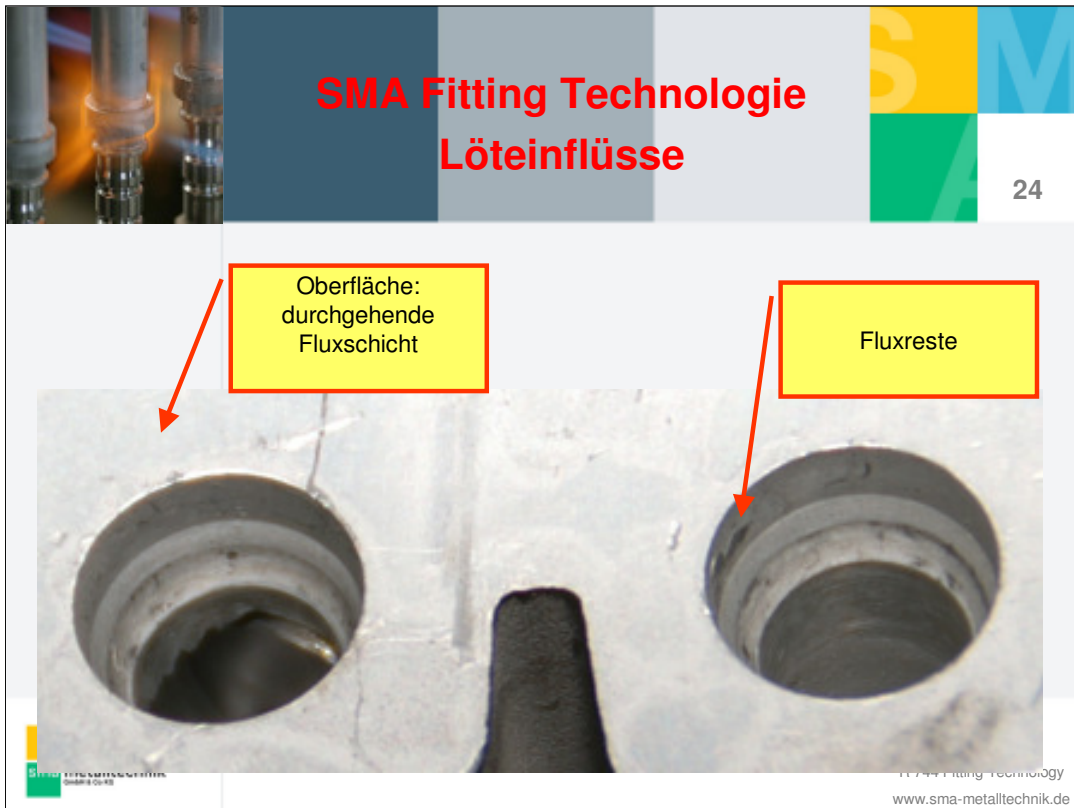
R 744 Fitting Technology
www.sma-metalltechnik.de

Natürlich gibt es auch bei den R 744-Dichtkonzepten gewisse Handicaps:
Link zu 24.

Das Schraubenzugmoment sollte auch bei Mehrfachmontage im geforderten Bereich liegen. Dabei ist eher empfehlenswert, die Schrauben nach jedem Montagevorgang auszutauschen.




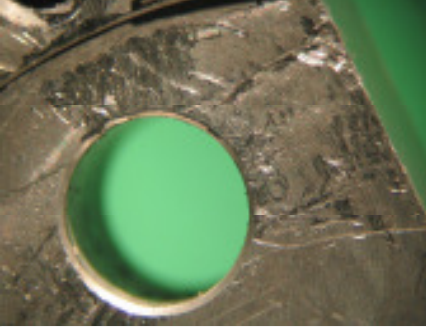
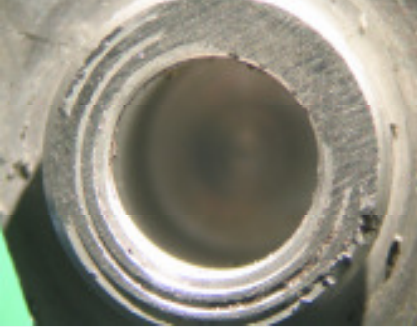
Wie auch bei R 134a sollte hier noch mehr Rücksicht auf die spannungsfreie Verlegung der Leitungskomponenten gelegt werden.

Link zu 25:



Oberflächenfehler sollten eigentlich generell vermieden werden. Inwieweit sich Lötöfenprozesse morgen so steuern lassen, dass Flussmittelreste, Lunker und anhaftende Kristalle minimiert werden, müssen die Spezialisten dieser Branche beantworten. Dabei handelt es sich aber um Probleme, die kein Dichtsystem verzeihen wird.

Hier versagt metallisch genauso wie nichtmetallisch.

	Fitting Technologie „Sensibilität“				 25
					
	„unsachgemässes“ Handling		Dichtfläche „glatt“ gefeilt		
	R 744 Fitting Technology www.sma-metalltechnik.de				

Und allem voran sollte jeder Beteiligte sensibel genug sein, um zu erkennen, wie Dichtsysteme zu behandeln sind.

Im Laufe der Untersuchungen wurden Verbindungsteile gefunden, die beim Anwender mit Schraubendrehern, Drahtbürsten oder Feilen behandelt wurden. Das ist dem CO₂-Molekül ein willkommener Fluchtweg.

				
		<h2>Fitting Technologie Fazit</h2>		
				26
		<ul style="list-style-type: none">•Gute Verbindungstechnik gibt den Komponenten Spielraum für ihre Gasdichtheit•Sensibilität sollte etwas ausgeprägter sein als bei R 134a•Metallische Verbindungstechnik kann auch bei R 134a deutlich die Gasdichtheit erhöhen		
				
				R 744 Fitting Technology www.sma-metalltechnik.de

Als Fazit kann das Thema Verbindungstechnik als lösbar angesehen werden, auch wenn alle Beteiligten noch Ihre Hausaufgaben erledigen müssen.

Für uns ist es dann gelöst, wenn 1.000 Verbindungen bei Erstmontage 1000x dicht sind.

Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit !