

Klea® Edge™ 444A

Anwendungsleitfaden und technisches Datenblatt

Einführung

Orbia Fluor & Energy Materials, ein erfahrener Entwickler und Hersteller von Kältemitteln, bietet mit R-444A ein Kältemittel an, das die aktuellen Leistungsstandards übertrifft und gleichzeitig die anerkannten Umweltkriterien* mit niedrigem Treibhauspotenzial (GWP) und minimalem Werten bei Trifluoressigsäure (TFA) erfüllt. Orbia Fluor & Energy Materials hat eine Reihe von Kältemitteln konzipiert und entwickelt, die diese sich ändernden gesetzlichen Anforderungen erfüllen und übertreffen.

Klea® Edge™ 444A ist ein schwer entflammbares Kältemittelgemisch mit niedrigem Treibhauspotenzial, das von Orbia Fluor & Energy Materials entwickelt wurde, um R-1234yf auf dem weltweiten Aftermarket für Kfz-Klimaanlagen zu ersetzen. Dank seiner vorteilhaften ökologischen und physikalischen Eigenschaften hat sich R-444A als sicheres und leistungsstarkes Kältemittel in einer Vielzahl von Anwendungen erwiesen, das sich als direkter Ersatz eignet.

R-444A ist ein zeotropes Kältemittelgemisch aus R-32/R-152a/R-1234ze(E) (12,0/5,0/83,0 Gew.-%). Es ist ein schwach toxisches und schwer entflammbares Gemisch, eingestuft als A2L-Kältemittel nach der Kältemittelklassifizierung der Normen ANSI/ASHRAE 34/ISO. Es ist eine flexible, kostengünstige und umweltfreundliche Alternative zu R-1234yf.

Anwendungen

Automobil- und Transportsektor



Direkter Ersatz für R-1234yf in Kfz-Klimaanlagen für den Service bei neuen und vorhandenen Fahrzeugen weltweit.

*Basierend auf den Ergebnissen des EFCTC Position Paper vom 08. Oktober 2021, in dem es heißt: „Es wird allgemein geschätzt, dass HFO-1234ze, HFO-1336mzz und HCFO-1233zd bis zum Jahr 2050 weniger als 0,01 µg/L zur durchschnittlichen TFA-Konzentration im europäischen Regenwasser beitragen werden.“

Vorteile

R-444A bietet Benutzern folgende Vorteile:

- **A2L-Klassifizierung:** R-444A wurde von ASHRAE/ISO als „A2L“ klassifiziert, d. h. es ist schwer entflammbar und weist eine geringe Toxizität auf.¹
- **Entspricht den Vorschriften:** R-444A mit einem GWP100 < 150 erfüllt strenge Vorgaben bezüglich des Treibhauspotenzials (und entspricht den EPA Technology Transition Rules für viele Sektoren). Es hat kein Ozonabbaupotenzial (ODP).
- **Kompatibel:** R-444A kann in jedem System eingesetzt werden, das R-1234yf verwendet.
- **Einfache Anwendung:** R-444A ist ein direkter Ersatz für R-1234yf in Kfz-Klimaanlagen. R-1234yf- oder R-134a-Servicegeräte können für den Service von R-444A-Fahrzeugen umgerüstet werden. Die Umrüstung kann mit handelsüblichen Servicewerkzeugen für Klimaanlagen durchgeführt werden.
- **Leistungsstark:** R-444A bietet im Vergleich zu R-1234yf eine um bis zu 10 % höhere Kühl-/Heizleistung², wenn es als direkter Ersatz genutzt wird; der Fahrzeuginnenraum kühlt 4 Minuten schneller ab als bei R-1234yf. Es kann auch zu einer höheren Energieeffizienz beitragen, die bei Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor zu einem geringeren Kraftstoffverbrauch und bei Elektrofahrzeugen zu einer höheren Reichweite führt. Beides verbessert das Fahrerlebnis für die Fahrzeuginsassen.
- **Kostengünstig:** R-444A ist eine wirtschaftliche Alternative zu R-1234yf.³ Die Füllmenge ist die gleiche wie bei R-1234yf.
- **Nachhaltig:** Die CO₂-Bilanz⁴ von R-444A ist vergleichbar mit der von R-1234yf mit minimaler Abweichung bei der Trifluoressigsäure (TFA) in der Atmosphäre.⁵
- **Stabil:** R-444A ist chemisch stabil, seine Zusammensetzung bleibt von der Befüllung bis zur Rückgewinnung aus Klimaanlagen innerhalb der spezifizierten Werte und es ist keine Polymerisation bekannt.⁶
- **Serviceausrüstung:** Servicewerkzeuge und -geräte werden von führenden Herstellern zur Verfügung gestellt. Auch die Umrüstung und Nutzung vorhandener Ausrüstung ist eine Option.



1. Siehe die geltenden regionalen Vorschriften und Produktnormen zur Verwendung von entflammbaren Kältemitteln, z. B. ASHRAE 15.
2. Testdaten von Dritten aus Kfz-Anwendungen bestätigten, dass R-444A um 2 bis 3 °C kältere Luft liefert und 4 Minuten schneller auf 22 °C abkühlt als R-1234yf.
3. Basierend auf den Marktbedingungen im Juli 2024.

4. LCCP (Life Cycle Climate Performance) CO₂-Äquivalent-Emissionen während der Lebensdauer des Fahrzeugs.
5. Basierend auf den Ergebnissen des EFCTC Position Paper vom 08. Oktober 2021, in dem es heißt: „Es wird allgemein geschätzt, dass HFO-1234ze, HFO-1336mzz und HCFO-1233zd bis zum Jahr 2050 weniger als 0,01 µg/L zur durchschnittlichen TFA-Konzentration im europäischen Regenwasser beitragen werden.“
6. Basierend auf internen Labortests¹.

Umrüstung auf R-444A

Anleitung zur Umrüstung auf Kältemittelgemisch R-444A

R-1234yf (A2L) auf R-444A (A2L)

01	Das Kältemittel durch die ordnungsgemäße Bedienung eines zertifizierten Kältemittel-Recycling/-Rückgewinnungsgeräts für das zu ersetzende Kältemittel aus dem Fahrzeug entfernen. Die Menge des entfernten Öls notieren.	06	Vakuum-Dichtigkeitsprüfung für 5 Minuten. Weiter mit (8), wenn das Vakuum um weniger als 770 mm/Hg (3 in/Hg) abfällt, andernfalls Schritt 7 wiederholen.
02	Die Niederdruck- und Hochdruck-Serviceanschlüsse an die für das neue Kältemittel vorgesehenen Anschlüsse anpassen.	07	Mit der gleichen Ausrüstung das Fahrzeug mit neuem Kältemittel nach Gewicht befüllen. <ul style="list-style-type: none">Nach Gewicht: Die Befüllwaage auf das auf dem J639-Etikett angegebene R1234yf-Gewicht oder auf die in den OEM-Serviceinformationen angegebenen Werte einstellen. Aus neuem R444A-Zylinder im flüssigem Zustand befüllen. Das Fahrzeug starten und die Klimaanlage auf höchste Stufe stellen. Die Drücke beobachten und sicherstellen, dass die Temperatur der mittleren Lüftungsöffnung den Spezifikationen entspricht. Die Kupplung der Hochdruckseite schließen und die Drücke stabilisieren lassen. Die Kupplung der Niederdruckseite schließen und vom Fahrzeug trennen.
03	Etikett für das neue Kältemittel gemäß den lokalen Vorschriften auf dem SAE-J639-Etikett anbringen.		
04	Das vorgeschriebene Öl entsprechend der bei der Rückgewinnung entfernten Menge oder gemäß den Vorgaben des Kältemittelherstellers hinzufügen.		
05	Spezialausrüstung (kann von R134a oder R-1234yf umfunktioniert werden) für das neue Kältemittel an das Fahrzeug anschließen und das System für 10 Minuten absaugen.		

Anleitung für den Service bei Kältemittelgemischen

R-444A (A2L)

01	Wenn das Kältemittel R-444A entfernt werden muss, die R444A-Servicestation an das Fahrzeug anschließen.	05	Die Waage an der Servicestation auf das gewünschte Befüllgewicht gemäß J639-Etikett oder OEM-Reparaturinformationen einstellen. Das Flüssigkeitsventil am Rückgewinnungstank öffnen, damit das rückgewonnene Gas zuerst eingefüllt wird, dann bei Bedarf das Flüssigkeitsventil des Tanks mit neuem Kältemittel öffnen, um die Befüllung abzuschließen. Es wird die Verwendung computergesteuerter Magnetventile empfohlen, um eine genaue (+/- 15 g) Befüllung zu gewährleisten.
02	Auf Rückgewinnung einstellen. Beim Rückgewinnungsverfahren sollten Öl und Partikel aus dem Kältemittel entfernt, das Kältemittel verdichtet und in einem Standard-Rückgewinnungstank aufbewahrt werden.	06	Das Fahrzeug starten, den Druck auf der Hoch- und Niederdruckseite beobachten und sicherstellen, dass an der mittleren Lüftungsöffnung die gewünschte Temperatur erreicht wird. Die Kupplung der Hochdruckseite schließen und die Drücke stabilisieren lassen. Die Niederdruckseite schließen und die Kupplungen entfernen.
03	Komplette Klimaanlage-Reparatur und Dichtigkeitsprüfung.		
04	Eine kältemittelspezifische Servicestation verwenden und an die Hochdruck- und Niederdruck-Serviceanschlüsse anschließen. Auf eine Absaugdauer von 10 Minuten einstellen oder absaugen, bis das Vakuum für 5 Minuten gehalten wird und um weniger als 770 mmHg/3 inHg fällt.		

Leckdetektoren

Leckdetektoren (SAE J2913), die für die Erkennung von austretendem R-134a und/oder R-1234yf ausgelegt und qualifiziert sind, erkennen auch Austritte von R-444A. Leckagen von R-444A sollten wie bei R-1234yf behandelt werden.

***Besonderer Hinweis:** Es hat sich bewährt, Kältemittel getrennt zu halten. R444A ist jedoch mit R-1234yf und den in R-1234yf-Systemen verwendeten Schmiermitteln kompatibel. Es sollten die Fahrzeuggarantien und örtlichen Vorschriften beachtet werden.

Materialverträglichkeit

Die Kompatibilität von R-444A wurde mit Metall, Kunststoffen und Kautschuk nach Standardprüfmethoden getestet.*

R-444A ist in Kfz-Anwendungen mit Polyalkylenglykol-Ölen (PAG) in OEM-Qualität kompatibel. Polyolester-Öle (POE) in OEM-Qualität können ebenfalls zusammen mit R-444A verwendet werden. Die Art des Schmierstoffs hängt vom Kompressor und den Anforderungen des Fahrzeugherstellers ab. R-444A ist für die Verwendung mit PAG- und POE-Schmierstoffen für R-1234yf ausgelegt. Bei der Umstellung eines Systems von R-1234yf auf R-444A muss das Öl nicht gewechselt werden. Wenn das System zusätzliches Schmiermittel benötigt, werden POE-Öle für R-1234yf wie ND-12 von Denso, von Shrieve oder SP-A2 von Sanden empfohlen. Wir empfehlen die Verwendung von HFO-stabilisierenden Additiven für PAG- und POE-Öle. PAG-Öle und Additive für R-134a sollten nicht mit R-444A verwendet werden.

In Kfz-Klimaanlagen wird eine Vielzahl von Kunststoffen und Kautschuken verwendet. Diese Materialien werden unter anderem bei der Herstellung von Dichtungen, Schläuchen und Motoren sowie in Isolierungen verwendet. Vergleichbare Tests mit R-1234yf zeigen, dass R-444A weniger aggressiv gegenüber Kunststoffen ist als R-1234yf. Mit ähnlichen Permeationsraten wie R-1234yf ist R-444A mit einem breiten Spektrum von Elastomeren kompatibel, die mit R-1234yf verwendet werden. Die für R-1234yf verwendeten und empfohlenen Schläuche sind auch mit R-444A kompatibel. Wenden Sie sich für weitere Einzelheiten zur Materialverträglichkeit bitte an Ihren Vertreter von Orbia Fluor & Energy Materials vor Ort.

Hinweis: Die Leistung von Elastomeren und Kunststoffen hängt von der Formulierung und den Einsatzbedingungen ab. Die maximale Betriebstemperatur des Kunststoffes und die maximale Anwendungstemperatur sollten bei der Auswahl immer berücksichtigt werden.

*ASHRAE- und ASTM-Prüfnormen

Physikalische Eigenschaften

Eine Zusammenfassung ausgewählter Eigenschaftsdaten von R-444A ist in der nachstehenden Tabelle 1 aufgeführt. Die Sättigungsdaten und pT-Tabellen sind in den Tabellen 2 und 3 zu finden.

Tabelle 1. | R-444A – Grundlegende Daten zu Kältemittleigenschaften

Eigenschaft	Einheiten	R-444A
Treibhauspotenzial (GWP) *	---	93
Treibhauspotenzial (GWP) **	---	88
Molmasse	g/mol	96,7
Normale Siedepunkttemperatur (NBP) (101,325 kPa/14,696 psia)	°C	-30
Kritische Temperatur	°C	102,8
Kritischer Druck	kPa	4173,8
Kritisches Volumen	m ³ /kg	0.0021
Dichte der gesättigten Flüssigkeit (0 °C)	kg/m ³	1204
Blasendruck (-40 °C)	kPa	83,62
Blasendruck (0 °C)	kPa	390
Isentropenindex (Cp/Cv) (gesättigter Dampf bei 0 °C)		1,17
Latente Wärme der Verdampfung bei 0 °C	kJ/kg	233
Sicherheitsklassifizierung (ASHRAE/ISO 817)		A2L

*Verordnung (EU) 517/2014 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 16. April 2014 über fluorierte Treibhausgase und zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 842/2006.

**Verordnung (EU) 2024/573 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 7. Februar 2024 über fluorierte Treibhausgase, zur Änderung der Richtlinie (EU) 2019/1937 und zur Aufhebung der Verordnung (EU) Nr. 517/2014.

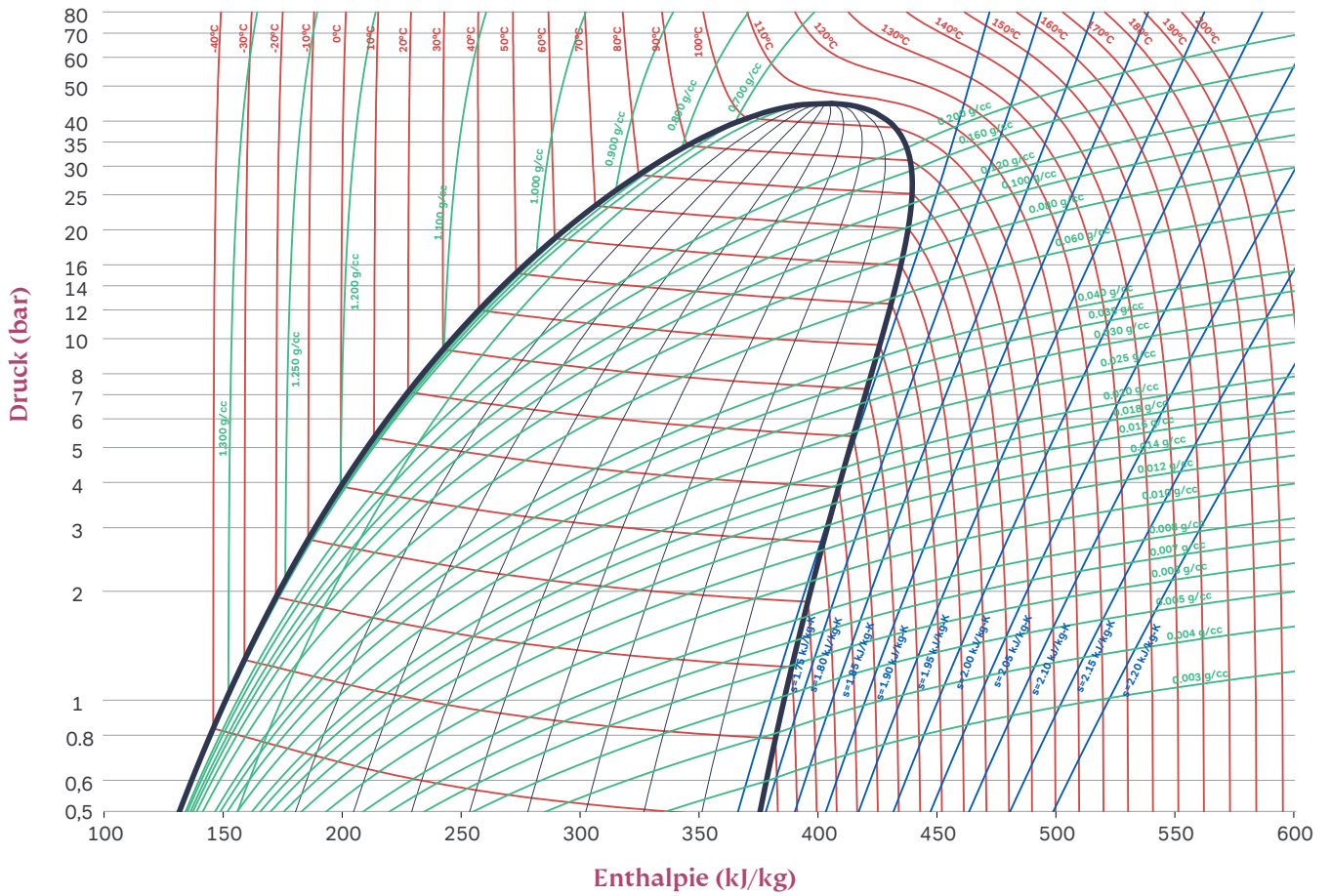
Tabelle 2. | R-444A – Sättigungseigenschaften – Temperaturtabelle

Temperatur	Druck		Dichte		Enthalpie		Entropie	
	Flüssig	Dampf	Flüssig	Dampf	Flüssig	Dampf	Flüssig	Dampf
(°C)	(bar)	(bar)	(kg/m ³)	(kg/m ³)	(kJ/kg)	(kJ/kg)	(kJ/kg/K)	(kJ/kg/K)
-40	0,84	0,47	1318	2,4	146,2	376,1	0,79	1,79
-38	0,92	0,52	1312	2,6	148,9	377,5	0,80	1,79
-36	1,00	0,58	1307	2,9	151,5	378,9	0,81	1,79
-34	1,09	0,64	1302	3,2	154,1	380,3	0,82	1,78
-32	1,19	0,70	1296	3,5	156,8	381,7	0,83	1,78
-30	1,29	0,78	1291	3,8	159,4	383,1	0,84	1,78
-28	1,41	0,85	1285	4,2	162,1	384,5	0,85	1,78
-26	1,52	0,94	1280	4,6	164,7	385,8	0,87	1,78
-24	1,65	1,03	1274	5,0	167,4	387,2	0,88	1,77
-22	1,79	1,12	1268	5,4	170,1	388,6	0,89	1,77
-20	1,93	1,23	1263	5,9	172,7	390,0	0,90	1,77
-18	2,08	1,34	1257	6,4	175,4	391,3	0,91	1,77
-16	2,24	1,46	1251	6,9	178,1	392,7	0,92	1,77
-14	2,41	1,58	1246	7,5	180,8	394,0	0,93	1,76
-12	2,59	1,72	1240	8,1	183,5	395,4	0,94	1,76
-10	2,78	1,86	1234	8,7	186,3	396,7	0,95	1,76
-8	2,98	2,01	1228	9,4	189,0	398,0	0,96	1,76
-6	3,20	2,17	1222	10,1	191,7	399,4	0,97	1,76
-4	3,42	2,35	1216	10,9	194,5	400,7	0,98	1,76
-2	3,65	2,53	1210	11,7	197,2	402,0	0,99	1,76
0	3,90	2,72	1204	12,6	200,0	403,3	1,00	1,76
2	4,16	2,93	1198	13,5	202,8	404,6	1,01	1,75
4	4,43	3,14	1192	14,4	205,6	405,9	1,02	1,75
6	4,72	3,37	1186	15,5	208,4	407,2	1,03	1,75
8	5,02	3,61	1179	16,5	211,2	408,4	1,04	1,75
10	5,33	3,87	1173	17,6	214,0	409,7	1,05	1,75
12	5,66	4,14	1166	18,8	216,8	410,9	1,06	1,75
14	6,00	4,42	1160	20,1	219,7	412,2	1,07	1,75
16	6,36	4,71	1153	21,4	222,6	413,4	1,08	1,75
18	6,73	5,02	1147	22,8	225,4	414,6	1,09	1,75
20	7,12	5,35	1140	24,2	228,3	415,8	1,10	1,75
22	7,53	5,69	1133	25,7	231,2	417,0	1,11	1,75
24	7,95	6,05	1126	27,4	234,1	418,2	1,12	1,75
26	8,39	6,43	1120	29,0	237,1	419,3	1,13	1,75
28	8,85	6,82	1112	30,8	240,0	420,5	1,14	1,75
30	9,32	7,23	1105	32,7	243,0	421,6	1,15	1,74

Fortsetzung Tabelle 2. | R-444A – Sättigungseigenschaften – Temperaturtabelle

Temperatur	Druck		Dichte		Enthalpie		Entropie	
	Flüssig	Dampf	Flüssig	Dampf	Flüssig	Dampf	Flüssig	Dampf
(°C)	(bar)	(bar)	(kg/m ³)	(kg/m ³)	(kJ/kg)	(kJ/kg)	(kJ/kg/K)	(kJ/kg/K)
32	9,82	7,66	1098	34,6	246,0	422,7	1,16	1,74
34	10,33	8,11	1091	36,7	249,0	423,8	1,17	1,74
36	10,86	8,57	1083	38,9	252,0	424,9	1,18	1,74
38	11,42	9,06	1076	41,1	255,0	425,9	1,19	1,74
40	11,99	9,57	1068	43,5	258,1	426,9	1,20	1,74
42	12,58	10,10	1060	46,0	261,1	428,0	1,21	1,74
44	13,20	10,65	1052	48,7	264,2	428,9	1,22	1,74
46	13,83	11,23	1044	51,4	267,4	429,9	1,22	1,74
48	14,49	11,83	1036	54,3	270,5	430,8	1,23	1,74
50	15,17	12,45	1028	57,4	273,7	431,8	1,24	1,74
52	15,88	13,09	1019	60,6	276,9	432,6	1,25	1,74
54	16,61	13,77	1010	64,0	280,1	433,5	1,26	1,74
56	17,36	14,46	1001	67,5	283,3	434,3	1,27	1,74
58	18,13	15,19	992	71,3	286,6	435,1	1,28	1,74
60	18,93	15,94	983	75,2	289,9	435,9	1,29	1,74
62	19,76	16,72	973	79,4	293,2	436,6	1,30	1,73
64	20,61	17,53	963	83,8	296,6	437,2	1,31	1,73
66	21,49	18,36	953	88,5	300,0	437,9	1,32	1,73
68	22,39	19,23	942	93,4	303,5	438,4	1,33	1,73
70	23,32	20,13	932	98,6	307,0	439,0	1,34	1,73
72	24,28	21,07	920	104,1	310,5	439,4	1,35	1,73
74	25,26	22,03	909	110,0	314,1	439,8	1,36	1,73
76	26,28	23,03	897	116,3	317,8	440,2	1,37	1,73
78	27,32	24,07	884	123,0	321,5	440,4	1,38	1,72
80	28,39	25,14	871	130,2	325,3	440,6	1,39	1,72
82	29,49	26,26	858	137,9	329,1	440,7	1,40	1,72
84	30,62	27,41	843	146,2	333,0	440,7	1,41	1,72
86	31,78	28,60	828	155,2	337,1	440,6	1,42	1,72
88	32,96	29,84	812	165,0	341,2	440,3	1,44	1,71

Druck-Enthalpie-Diagramm für R-444A



Referenzzustand: IIR
 $h = 200 \text{ kJ/kg}$, $s = 1,0 \text{ kJ/kg-K}$
 @ gesättigte Flüssigkeit bei $0 \text{ }^\circ\text{C}$

Tabelle 3. | pT-Tabelle – Sättigungsdruck-Temperatur-Diagramm für R-444A

°F	R-444A		°C	°F	R-444A		°C
	psig	barg			psig	barg	
-42	16,9	16,9	-41,1	66	85,4	5,9	18,9
-38	15,2	15,2	-38,9	70	91,8	6,3	21,1
-34	13,5	13,5	-34,4	74	98,5	6,8	23,3
-30	11,5	11,5	-34,4	78	105,5	7,3	25,6
-26	9,3	9,3	-32,2	82	112,8	7,8	27,8
-22	7,0	7,0	-30,0	86	120,5	8,3	30,0
-18	4,5	4,5	-27,8	90	128,5	8,9	32,2
-14	1,7	1,7	-25,6	94	136,8	9,4	34,4
-10	0,6	0,0	-23,3	98	145,5	10,0	36,7
-6	2,2	0,2	-21,1	102	154,5	10,7	38,9
-2	4,0	0,3	-18,9	106	163,9	11,3	41,1
2	5,8	0,4	-16,7	110	173,7	12,0	43,3
6	7,8	0,5	-14,4	114	183,9	12,7	45,6
10	10,0	0,7	-12,2	118	194,4	13,4	47,8
14	12,3	0,8	-10,0	122	205,4	14,2	50,0
18	14,7	1,0	-7,8	126	216,7	14,9	52,2
22	17,4	1,2	-5,6	130	228,5	15,8	54,4
26	20,2	1,4	-3,3	134	240,8	16,6	56,7
30	23,2	1,6	-1,1	138	253,4	17,5	58,9
34	26,4	1,8	1,1	142	266,5	18,4	61,1
38	29,8	2,1	3,3	146	280,1	19,3	63,3
42	33,5	2,3	5,6	150	294,1	20,3	65,6
46	37,3	2,6	7,8				
50	41,4	2,9	10,0				
54	67,9	4,7	12,2				
58	73,5	5,1	14,4				
62	79,3	5,5	16,7				

Schwarz = gesättigter Dampf (Taupunkt) – zur Berechnung der Überhitzung verwenden

Fett = gesättigte Flüssigkeit (Siedepunkt) – zur Berechnung der Unterkühlung verwenden

Rot = Zoll Quecksilbersäule unter Atmosphärendruck

Die in dieser Publikation enthaltenen oder anderweitig den Anwendern zur Verfügung gestellten Informationen werden als korrekt angesehen und wurden in gutem Glauben erstellt. Die in dieser Publikation offengelegten Informationen stellen jedoch eine Zusicherung, Gewährleistung, Garantie oder Veranlassung seitens Mexichem Fluor Inc. und seiner Tochtergesellschaften (handelnd unter dem Namen Orbia Fluor & Energy Materials) gegenüber dem Anwender in Bezug auf den Inhalt oder die Genauigkeit der in dieser Publikation enthaltenen Informationen dar. Es obliegt dem Anwender, sich von der Eignung für seinen eigenen speziellen Zweck zu überzeugen, und Mexichem übernimmt keine Garantie für die Eignung des Produkts für einen bestimmten Zweck. Eine stillschweigende Garantie oder Bedingung (gesetzlich oder anderweitig) ist ausgeschlossen, es sei denn, ein solcher Ausschluss ist gesetzlich untersagt. Keine der Angaben in dieser Publikation ist als Garantie, Zusicherung oder Gewährleistung von Mexichem gegenüber den Anwendern in Bezug auf die Verletzung von Patenten, Urheberrechten oder anderen Rechten Dritter auszulegen. Freiheit von Patent-, Urheber- oder Gebrauchsmusterschutzrechten kann nicht vorausgesetzt werden. Mexichem übernimmt keine Haftung für Verluste oder Schäden (mit Ausnahme von Schäden, die durch Tod oder Körperverletzung aufgrund eines fehlerhaften Produkts entstehen, sofern diese nachgewiesen werden), die sich aus dem Vertrauen auf diese Informationen ergeben. Klea® Edge™ ist eine eingetragene Marke von Mexichem Amanco Holding, S.A. de C.V.

Weitere Informationen erhalten
 Sie unter fem@orbia.com
orbia-fem.com

Klea® Edge



Fluor & Energy
 Materials