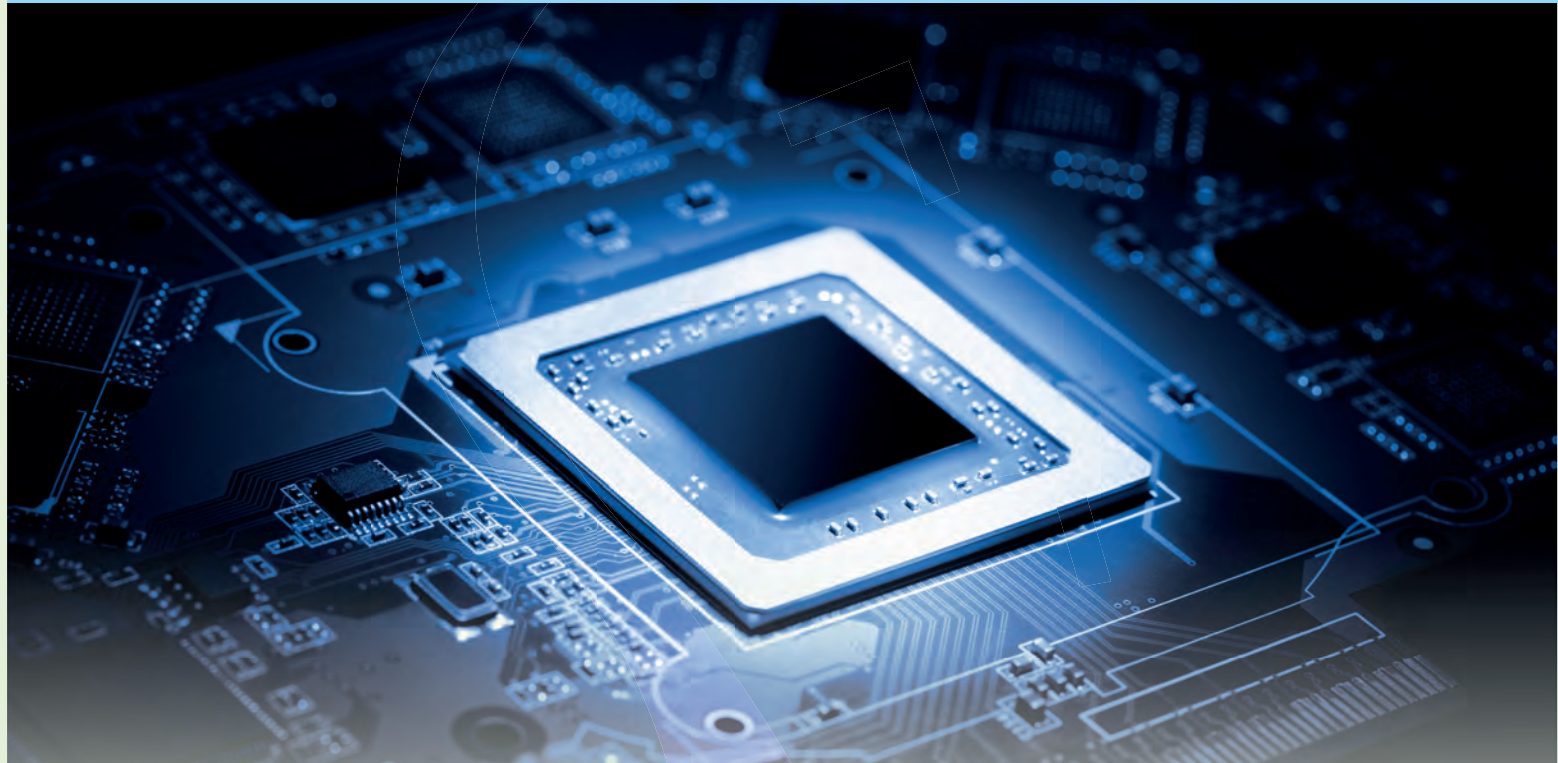


### PRECISION CLEANING IN 21<sup>ST</sup> CENTURY: SOLSTICE™ PERFORMANCE FLUID - A NEW SOLVENT WITH LOW GLOBAL WARMING POTENTIAL

Il lavaggio di precisione nel 21° secolo: Solstice™ Performance Fluid – un nuovo solvente con un basso potenziale di riscaldamento globale



#### **Abstract**

*As we progress in 21<sup>st</sup> century, electronics, mechanical and biomedical manufacturing will need more and more precision. Parts will get more complex since more components have to be assembled in smaller spaces. Circuit boards and other electronic assemblies will become more densely populated, spacings between components will be shorter. Finely engineered mechanical and biomedical components need close to zero residues to guarantee longer lasting functionalities. This will require precision manufacturing and efficient cleaning during and post manufacturing. In addition, with population and technology progressing, larger amount of greenhouse gases will be emitted resulting in higher global warming. Intense research effort is going on to develop new generation of chemicals to address both cleaning and global warming issues. Low global warming solutions in refrigeration and as insulating agents are already in the marketplace. This paper will detail the development of a new, very low global warming potential, environmentally friendly, non-flammable solvent with excellent cleaning abilities. Environmental properties, cleaning efficacies, stability in various conditions, and compatibility with plastics, elastomers, and metals of the solvent will also be described in this paper.*

#### **Abstract**

Con il progredire del 21 secolo, le industrie elettronica, meccanica e biomedica richiederanno una precisione sempre maggiore. I pezzi si faranno sempre più complessi, dal momento che più componenti dovranno essere assemblati in spazi più piccoli. I circuiti stampati e altri assemblati elettronici diventeranno ancora più densamente “popolati”, mentre gli spazi fra i vari componenti si ridurranno sempre di più. I componenti meccanici e biomedici finemente ingegnerizzati necessitano di residui vicini allo zero per garantire una funzionalità a lunghissima durata. Ciò richiederà lavorazioni di precisione e un lavaggio efficiente durante e dopo la lavorazione. Inoltre, con il progredire della civiltà e della tecnologia, si emetteranno maggiori quantità di gas serra, il che comporterà un maggiore riscaldamento globale. Si sta portando avanti un intenso lavoro di ricerca per sviluppare una nuova generazione di prodotti chimici in grado di soddisfare sia le istanze ambientali che i requisiti di lavaggio. Sono già sul mercato soluzioni a basso potenziale di surriscaldamento globale per la refrigerazione e l’isolamento. Questo articolo illustra nel dettaglio lo sviluppo di un nuovo solvente non infiammabile, a basso impatto ambientale, con un potenziale di riscaldamento globale molto basso, e con eccellenti proprietà di pulizia. L’articolo descrive anche le caratteristiche ambientali, l’efficacia pulente, la stabilità in condizioni diverse e la compatibilità con materie plastiche, elastomeri e metalli.

## Introduction

*In 1970 Professors Rowland and Molina<sup>1</sup> discovered earth's stratospheric ozone depletion by chlorofluorocarbons (CFCs) and various halogenated compounds which brought about a big change in the use of CFCs for use as cleaning solvents, as refrigerants, as foam expansion agents, and in various other applications. CFC-113 (1,1,2-trichloro-1,2,2-trifluoro-ethane) and 1,1,1-trichloroethane used to be the workhorses in industrial cleaning. The printed circuit board industry primarily used CFC-113 in cleaning solder flux post-soldering. These solvents were also used in metal degreasing, precision cleaning of aerospace components, cleaning of medical devices and in many other applications. Since the phase-out of these solvents in 1996, industrial solvent users have been using many different solvents, but with a different solvent or group of solvents being used for each specific application. No solvent has been found that can be used effectively for many applications in the same way that CFC-113 and 1,1,1-trichloroethane were. In this article we are going to discuss the discovery of a new solvent in cleaning. This chemical that will be described has the chemical name of trans-3,3,3-trifluoro-1-chloropropene. Using the numbering system of halogenated compounds it can also be referred to as 1233zd(E). It has been found to be as good as CFC-113 but with superior environmental properties. In this paper we are going to describe the advantages of this solvent in greater detail including its cleaning efficacy, environmental properties, stability under various conditions, including its recovery by carbon adsorption and compatibility with plastics and elastomers.*

## Background

*After CFC-113 was phased out in 1996 following the phase-out schedule of substances that deplete earth's stratospheric ozone following Montreal Protocol ratified by UNEP (United Nations Environmental Program), many alternate solvents and technologies have been introduced in the marketplace for cleaning printed circuit boards. This industry has gone through a tremendous change in the manufacturing and cleaning of printed circuit boards since then. A detailed description of many of these alternates may be found in "Handbook for Critical Cleaning"<sup>2</sup>. These cleaning technologies can be divided into a few major categories such as solvent, aqueous, semi-aqueous and not-in-kind which includes so-called "no-clean" fluxes. Solvent cleaning has included various hydrocarbons, halogenated hydrocarbons, hydrofluoroethers and several others, and blends of these materials with alcohols and other compounds. Aqueous cleaning generally involves the use of water with various detergents. Semi-aqueous generally involves the removal of soils with terpene or citrus based solvents and then washing these materials with water. None of these cleaning alternatives became the workhorse*

## Introduzione

Nel 1970 i Professori Rowland e Molina<sup>1</sup> scopirono il danneggiamento dell'ozono stratosferico terrestre causato dai clorofluorocarburi (CFC) e da vari composti alogenati. La scoperta comportò un cambiamento radicale nell'utilizzo dei CFC come solventi di lavaggio, refrigeranti, espandenti per schiume e in molte altre applicazioni. I CFC-113 (1,1,2-tricloro-1,2,2-trifluoro-etano) e 1,1,1-tricloroetano erano i "cavalli di battaglia" del lavaggio industriale. L'industria dei circuiti stampati, prima fra tutte, utilizzava i CFC-113 per lavare i flussanti di saldatura dopo la saldatura. Questi solventi erano utilizzati anche per lo sgrassaggio dei metalli, per il lavaggio di precisione di componenti aerospaziali, per il lavaggio di dispositivi medicali e in molte altre applicazioni. Fin dalla messa al bando di questi solventi nel 1996, gli utilizzatori industriali hanno utilizzato molti solventi diversi, impiegando però un solvente o un gruppo di solventi diverso per ogni specifica applicazione. Non è mai stato trovato un unico solvente che potesse essere usato efficacemente per applicazioni diverse come lo furono il CFC-113 e l'1,1,1-tricloroetano. In questo articolo discuteremo la scoperta di un nuovo solvente di lavaggio. Questo prodotto qui descritto possiede il nome chimico di trans-3,3,3-trifluoro-1-cloropropene. Utilizzando il sistema di numerazione dei composti alogenati può essere chiamato anche 1233zd(E). Si è scoperto che questo solvente è efficace quanto il CFC-113 ma possiede caratteristiche ambientali superiori. In questo articolo descriveremo nel dettaglio i suoi vantaggi, inclusa la sua efficacia pulente, le caratteristiche ambientali, la stabilità in condizioni diverse, il suo recupero con l'adsorbimento con carboni attivi e la compatibilità con i materiali plastici e gli elastomeri.

## Background

Dopo la messa al bando del CFC-113 nel 1996, a seguito del programma di eliminazione graduale delle sostanze che danneggiavano l'ozono stratosferico terrestre - Protocollo di Montreal ratificato dall'UNEP (United Nations Environmental Program) - sono stati introdotti sul mercato molti solventi e molte tecnologie alternative per il lavaggio dei circuiti stampati. Da allora questa industria ha attraversato cambiamenti fortissimi nella produzione e nel lavaggio di circuiti. Una descrizione dettagliata di molte di queste alternative si trova nel "Handbook for Critical Cleaning"<sup>2</sup>. Queste tecnologie di lavaggio possono essere suddivise in alcune categorie principali quali: a solvente, acquose, semi-acquose e tecnologie di tipo diverso, ad esempio i cosiddetti flussanti "no-clean". Il lavaggio a solvente comprende varie tipologie di idrocarburi, idrocarburi alogenati, idrofluoroeteri e alcuni altri, nonché miscele di questi materiali con alcoli e altri composti. Il lavaggio in sistemi acquosi prevede l'utilizzo di acqua con detergenti vari. Il lavaggio semi-acquoso prevede la rimozione dello sporco con solventi vegetali a base di terpene o agrumi e il successivo risciacquo di questi materiali con acqua. Nessuna di queste alternative di lavaggio è diventata il cavallo di

*of the industry as CFC-113 used to be many years back. All of them have disadvantages.*

*One new problem has arisen with cleaning of printed circuit boards. As technology in printed circuit board design is advancing, the line spacing is becoming narrower, components are being spaced closer to the boards and more surface mount devices are being used. All of these factors are making cleaning printed circuit boards more and more difficult to clean, resulting in an increasing need for better solvents and technologies.*

*Now going into some issues with existing technology we can see that hydrocarbon based solvents are flammable, which makes handling and use of such materials difficult. Semi-aqueous and aqueous clean techniques were initially favored to replace CFCs because of their lack of flammability, low price and availability. However, with the advances in printed circuit board design mentioned above, it has become apparent that the relatively high surface tension of water makes it difficult to penetrate in narrower spacing. The corrosive nature of water can also be problematic. In addition, drying is very energy intensive and waste water disposal brings in difficulty in operation. In the case of semi-aqueous techniques, the same problems mentioned above occur and, in addition, odor and some flammability are also issues that users have to deal with. Last but not least, some electronic components are sensitive to ultrasounds and to temperature or vacuum. Azeotropic mixtures of HCFC-225 (dichloropentafluoropropane) and HCFC-141b with alcohols were adopted by many users at the outset. However, these compounds have ozone depletion potential. As a result, 141b was phased-out several years back, and HCFC-225 will be phased out in a few years. So, companies using these materials as solvents have realized a need to adapt new technologies. Certain azeotropic mixtures of HFCs and HFEs have replaced some of these in defluxing. However, these materials have not had sufficient solvency to be used alone, the chlorinated hydrocarbon tr-1,2-dichloroethylene has frequently been added to these materials to boost their solvency (often in high percentages), while alcohols have also been added to remove ionic contaminants. Among the not-in kind technologies, the attempt to use so-called "no-clean" fluxes to avoid post-soldering cleaning all together is worth discussing. Such "no-clean" fluxes with lower ionic content are used by many people in the industry. While the use of such material would in theory have eliminated the need for post-soldering cleaning altogether, it was found that for many applications post-soldering cleaning is still required in order to preserve long-term reliability of the electronic components. As a result, it is common that even "no-clean" fluxes are cleansed after soldering. There are other technologies such as supercritical cleaning with CO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> snow, plasma cleaning available but they are not often used in defluxing. In a similar fashion, the manufacturing industry has started to request higher standards for*

battaglia dell'industria come lo fu il CFC-113 molti anni prima: tutte presentano degli svantaggi.

Un problema si era presentato nel lavaggio dei circuiti stampati. Con il progredire della loro tecnologia di progettazione, la spaziatura fra le linee diventa più stretta, i componenti sono posizionati più vicino al circuito e si utilizzano più dispositivi a montaggio superficiale. Tutti questi fattori stanno rendendo il lavaggio sempre più difficoltoso, cui consegue un bisogno crescente di migliori solventi e migliori tecnologie.

Entrando nello specifico di alcune criticità della tecnologia esistente, possiamo notare che i solventi a base di idrocarburi sono infiammabili, il che rende difficile la loro gestione e il loro uso. Le tecniche acquose e semi-acquose furono inizialmente le preferite per sostituire i CFC grazie alla loro non infiammabilità, costo contenuto e disponibilità. Tuttavia, con i progressi nella progettazione menzionati sopra, è diventato evidente che la tensione superficiale dell'acqua rende difficoltosa la penetrazione nelle spaziature strette. Anche la natura corrosiva dell'acqua può essere problematica. Inoltre, l'asciugatura consuma molta energia e lo smaltimento delle acque aggiunge criticità al processo. Nel caso delle tecniche semi-acquose, si verifica lo stesso problema menzionato sopra e, in aggiunta, è necessario gestire anche problemi di odore e di lieve infiammabilità. Ultimo ma non per importanza, alcuni componenti elettronici sono sensibili agli ultrasuoni, alla temperatura o al vuoto.

Molti utilizzatori adottarono, al contrario, miscele azeotropiche di HCFC-225 (dicloropentafluoropropano) e HCFC-141b con alcoli. Tuttavia, questi composti possiedono ancora un potenziale di danneggiamento dell'ozono, sebbene inferiore a quello dei precedenti solventi. Di conseguenza, il 141b fu progressivamente eliminato alcuni anni fa e il HCFC-225 sarà messo al bando tra qualche anno. Quindi, le aziende che utilizzano questi materiali si sono rese conto di doversi adattare alle nuove tecnologie. Alcune miscele azeotropiche di HFC e HFE hanno sostituito alcuni di questi solventi nella rimozione dei fluxanti. Questi materiali non hanno tuttavia un potere solvente sufficiente per poter essere usati da soli: spesso gli si aggiunge (anche in alte percentuali) il composto clorurato trans-1,2-dicloroetilene per potenziarne il potere solvente, oppure alcoli per rimuovere i contaminanti ionici.

Tra le tecnologie di tipo diverso vale la pena di menzionare il tentativo di utilizzare i cosiddetti fluxanti "no-clean" per evitare il lavaggio post-saldatura. Tali fluxanti "no-clean", con un contenuto ionico più basso dei tradizionali, sono ad oggi utilizzati da molti operatori in quest'industria. Sebbene l'uso di tali materiali eliminerebbe in teoria il bisogno di lavaggio post-saldatura, si scoprì che per molte applicazioni il lavaggio era comunque richiesto al fine di preservare l'affidabilità a lungo termine dei componenti elettronici. Di conseguenza, è comune che anche i fluxanti "no-clean" vengano rimossi dopo la saldatura. Accanto a questi sistemi esistono altre tecnologie come il lavaggio con CO<sub>2</sub> supercritica, neve di CO<sub>2</sub>, plasma ma non sono utilizzati frequentemente per la rimozione dei fluxanti. Allo stesso

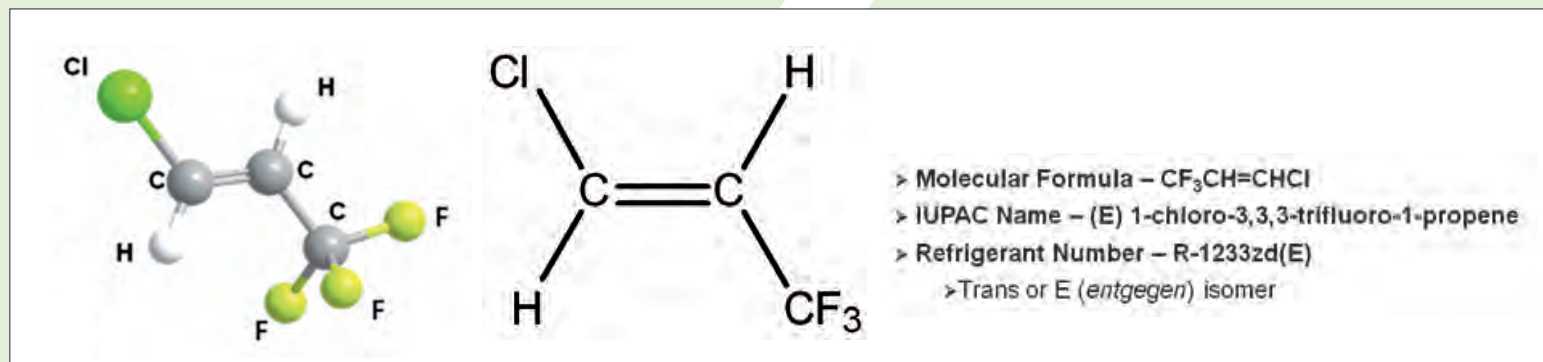
their precision components.

In addition all the answers to these more stringent requirements need to comply with the even higher safety and environmental standards.

As a result, Honeywell has recognized the need in the industry for better solvents and technology in cleaning and defluxing. A new generation of compounds, hydrochlorofluoroolefins and hydrofluoroolefins have been identified and developed for various applications including refrigeration and air conditioning, foam expansion agents and some solvent applications. In the rest of the paper we are going to describe properties, performance and other characteristics of a new hydrochlorofluoroolefin solvent developed in our laboratories; a solution for use in defluxing of electronic printed circuit boards and other high precision cleaning applications (i.e. aerospace and biomedical components, high precision mechanical parts, etc.).

### New Solvent Properties

The new solvent that will be described here is a hydrochlorofluoroolefin. The molecular structure, formula, IUPAC name, refrigerant number etc. are shown below.



Honeywell International Inc. offers this new solvent under the name Solstice™ Performance Fluid.

A next generation solvent must satisfy a complex mosaic of properties. Among the first considerations in the identification of such a solvent are its physical properties. Some of the properties of Solstice™ Performance Fluid, along with some of the properties of existing solvents used today, are shown below. After extensive study, testing and analysis, Honeywell has found that the performance of Solstice™ Performance Fluid compares quite favorably with CFC-113, making it an excellent CFC-113 replacement and for many alternates that were used as replacements for CFC-113, while providing dramatically superior environmental properties. Moreover, the fact that Solstice™ Performance Fluid has a slightly lower boiling point than CFC-113 could be an advantage in certain applications. One of the advantages of Solstice™ Performance Fluid is its high heat of

modo, l'industria manifatturiera ha iniziato a richiedere *standard* più elevati per i suoi componenti di precisione ed in aggiunta, tutte le risposte a queste richieste più severe devono essere oramai conformi a *standard* di sicurezza e ambientali più elevati rispetto al passato. Honeywell ha riconosciuto il bisogno dell'industria di avere migliori solventi e migliori tecnologie di lavaggio e di rimozione dei flussanti e ha quindi prima identificato e successivamente sviluppato una nuova generazione di composti, le idro-cloro-fluoro-olefine e le idro-fluoro-olefine per coprire le diverse applicazioni: refrigerazione, condizionamento dell'aria, espandenti per schiume e solventi. Nel resto dell'articolo andremo a descrivere proprietà, prestazioni e altre caratteristiche di un nuovo solvente (idro-cloro-fluoro-olefina) sviluppato nei nostri laboratori; una soluzione da impiegare per la rimozione dei flussanti dai circuiti stampati elettronici e per altre applicazioni di lavaggio ad alta precisione (ad. es componenti aerospaziali e biomedici, parti meccaniche di precisione, e così via).

### Nuove proprietà del solvente

Il nuovo solvente descritto qui di seguito è un idro-cloro-fluoro-olefina. Struttura molecolare, formula, nome IUPAC, sigla come ASHRAE sono mostrati sotto.

Honeywell International Inc. offre questo nuovo solvente con il nome di Solstice™ Performance Fluid.

Un solvente di nuova generazione deve soddisfare un complesso mosaico di proprietà. Tra le prime considerazioni nell'identificazione di un nuovo solvente vi sono le sue proprietà fisiche. Alcune delle caratteristiche di Solstice™ Performance Fluid, insieme ad alcune delle proprietà dei solventi esistenti oggi in uso, sono descritte di seguito. Dopo studi, prove e ampie analisi, Honeywell ha scoperto che le prestazioni di Solstice™ Performance Fluid sono paragonabili favorevolmente al CFC-113, il che lo rende un eccellente sostituto del CFC-113 nonché di numerose alternative usate a loro volta in sostituzione del CFC-113, possedendo tuttavia caratteristiche ambientali notevolmente superiori ad esso. Inoltre, il fatto che Solstice™ Performance Fluid abbia un punto di ebollizione leggermente inferiore al CFC-113 può costituire un vantaggio in talune applicazioni. Uno dei vantaggi di Solstice™ Performance Fluid is è il

vaporization. Because of the high heat of vaporization it vaporizes slowly even when used at temperatures above the boiling point of the material. So, contrary to a perception that the solvent will readily evaporate at room temperature, it has been found that if one pours the solvent in a beaker at room temperature around 25°C, the solvent takes quite a while to evaporate. However, because of higher vapor pressure, it has to be packaged and handled differently. The lower boiling point can also be an advantage in many applications where faster evaporation will be required. Besides being completely non-flammable, Solstice™ Performance Fluid has a very low surface tension. As a result, Honeywell has found it is excellent for use in applications where there is a need to penetrate narrow spacings and thus would be able to clean under surface mounts.

A comparison of Solstice™ Performance Fluid with other commonly used solvents is shown in the Table-1 below. In the table, "Perc" is used as an abbreviation for perchloroethylene.

**Table – 1 - Selected Physical Properties of Solvents**

Property	Solstice™ Performance Fluid	HFC 43-10mee	HFE-7100	HCFC-225	CFC-113	n-propyl bromide	Perc
Molecular Weight	130.5	252	250	203	187.4	122	165.8
Boiling Point (°C)	19.5	54	61	54	47.6	71	121.3
Vapor Pressure psi@20°C	15.2	4.4	3.2	5.6	5.27	2.1	0.27
Heat of Vaporization (kJ/kg) at B.P.	193.9	129.7	112.4	145 <sub>@25°C</sub>	144.7	246	207
Flash Point (°C)	None	None	None	None	None	None	None

Because of its higher vapor pressure, Solstice™ Performance Fluid will require shipping and handling that is different than many of the existing materials. It will be shipped in a pressure rated drum or cylinder.

Solstice™ Performance Fluid has a surface tension of 12.7 dynes/cm and a Kauri-Butanol value of 25, providing it with a balance of penetration ability (low surface tension – compare to water at 72.1 dynes/cm) and solvent power (Kauri-Butanol – compare to CFC-113 at 31) that make it an excellent candidate to become the new environmentally friendly workhorse of solvents.

### **Environmental Properties of Solstice™ Performance Fluid**

In today's world of environmental awareness and preferences for environmentally safe products it is very important to discuss environmental properties of new chemicals.

A comparison of Solstice™ Performance Fluid with several other solvents is provided below.

suo elevato calore di evaporazione. Grazie a questa caratteristica, evapora lentamente anche quando utilizzato a temperature superiori al suo punto di ebollizione. Di conseguenza, contrariamente alla percezione che il solvente evapori velocemente a temperatura ambiente, si è scoperto che se lo si versa in un *beker* a temperatura ambiente (circa 25°C), il solvente ci mette un po' di tempo ad evaporare. Tuttavia, a causa della più elevata tensione di vapore, deve essere confezionato e manipolato in maniera differente dai solventi classici. Il punto di ebollizione più basso può essere un vantaggio in molte applicazioni dove sia richiesta un'evaporazione più rapida. Oltre ad essere completamente non infiammabile, Solstice™ Performance Fluid ha una tensione superficiale molto bassa. Honeywell ha quindi scoperto che è eccellente da utilizzare in quelle applicazioni dove c'è la necessità di penetrare spazi stretti e che è in grado di pulire sotto i montaggi superficiali. La tabella 1 mostra un confronto fra Solstice™ Performance Fluid e altri solventi comunemente usati. Nella tabella, "Perc" è usato come abbreviazione di perchloroetilene.

**Tabella – 1: Proprietà fisiche dei solventi selezionati**

A causa della sua tensione di vapore più elevata, Solstice™ Performance Fluid richiede una spedizione e una gestione diverse rispetto ai prodotti attuali. Deve essere spedito in bombole sotto pressione.

Solstice™ Performance Fluid ha una tensione superficiale di 12.7 dyne/cm e un valore Kauri-Butanolo di 25, il che gli fornisce equilibrio fra capacità di penetrazione (bassa tensione superficiale – in paragone l'acqua ha 72.1 dynes/cm) e potere solvente (Kauri-Butanolo – in paragone il CFC-113 ha 31) che lo rende un candidato eccellente a diventare il cavallo di battaglia dei solventi a basso impatto ambientale.

### **Caratteristiche ambientali di Solstice™ Performance Fluid**

Nel mondo attuale fatto di coscienza ambientale e predilezione per prodotti sicuri per l'ambiente è molto importante, discutere le proprietà ambientali dei nuovi prodotti chimici. Di seguito forniamo un confronto fra Solstice™ Performance Fluid e alcuni altri solventi.

**Table – 2 Environmental Properties of Selected Solvents**

Property	Solstice™ Performance Fluid	HFC 43-10mee	HFE-7100	HCFC-225	n-propyl bromide	Perc
Atmospheric Life	26 days	17.1 yrs	4.1 yrs	2.1/6.2 yrs	16 days	111 days
ODP	~0(1)	~0(1)	~0(1)	0.03	0.002-0.03	~0(1)
GWP100	7	1700	320	180/620	N/A	10
VOC (USA)	No (2)	No	No	No	Yes(3)	Yes
VOC (EU)(4)	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes

1. No impact on ozone layer depletion and is commonly referred to as statistically zero (Wuebbles<sup>3</sup>)
2. BA measured MIR of 0.27, which is lower than MIR of Ethane (ref. point)
3. Applied for but not granted
4. Any organic compound that has a vapor pressure greater than 0.01 kPa at 20°C

The table shows that Solstice™ Performance Fluid has low Global Warming Potential (GWP) compared to other solvents and it is not photochemically reactive to produce ground level ozone. This is measured by an experimentally determined number called maximum incremental reactivity (MIR). In the United States, to be non-VOC a chemical has to have MIR less than MIR of ethane (0.27 g of ozone produced/g of VOC). MIR of Solstice™ Performance Fluid is well below that value; therefore, it is expected to be ruled as a non-VOC. However, the definition is different in Europe and practically all solvents are VOC in Europe. In Europe VOC is defined as: Any chemical with a vapor pressure greater than 0.01 kPa at 20°C is VOC. Lower lifetime compounds have lower GWP since they do not stay in the atmosphere longer and that results in lower greenhouse warming of the earth. The lifetime of the compound and GWP and ozone depletion potentials for Solstice™ Performance Fluid is determined by world renowned scientists<sup>4</sup>.

**Tabella – 2: Proprietà ambientali dei solventi selezionati**

1. Comunemente ci si riferisce all'assenza di impatto sullo strato di ozono come statisticamente zero (Wuebbles<sup>3</sup>)
2. MIR misurato di 0.27, più basso del MIR dell'etano (Punto di riferimento oltre il quale un prodotto diventa VOC)
3. Inoltrato ma non concesso
4. Qualsiasi composto organico che possiede una tensione di vapore maggiore di 0.01 kPa a 20°C.

La tabella mostra che Solstice™ Performance Fluid possiede un basso potenziale di riscaldamento globale (GWP - Global Warming Potential) rispetto ad altri solventi e non è fotochimicamente reattivo per produrre ozono a livello del terreno. Questo si misura con un numero determinato sperimentalmente chiamato reattività incrementale (MIR). Negli Stati Uniti, per non essere classificato COV (Composto Organico Volatile), un prodotto chimico deve possedere un MIR inferiore al MIR dell'etano (0,27 g di ozono prodotto /g di COV). Il MIR di Solstice™ Performance Fluid è ben al di sotto di quel valore; quindi ci si aspetta che sia regolamentato come un non -COV. Tuttavia, in Europa la definizione è diversa e qui praticamente tutti i solventi sono COV. In Europa è definito COV qualsiasi prodotto chimico avente una tensione di vapore maggiore di 0,01 kPa a 20°C. Composti con una vita utile più bassa hanno un GWP inferiore dal momento che non permangono in atmosfera a lungo, il che risulta in un più basso effetto serra. La vita utile di un composto e i potenziali GWP e di degradazione dell'ozono di Solstice™ Performance Fluid sono determinati da scienziati di fama mondiale<sup>4</sup>.

## MACCHINE LAVAGGIO METALLI METAL CLEANING MACHINES

Serie **IK**  
Series

ALCOOL MODIFICATI e  
IDROCARBURI ALIFATICI  
Modified alcohols and Aliphatic hydrocarbon

Serie **IPV**  
Series

PERCLORETTILENE  
ASCIUGAMENTO IN VUOTO  
Perchloroethylene - Vacuum drying

Serie **IPK**  
Series

CONVERTIBILI  
MULTISOLVENTE  
Convertible multisolvent

Serie **ILS**  
Series

APPLICAZIONI SPECIALI  
e GRANDI DIMENSIONI  
Special and big sized applications

Serie **IWV**  
Series

ACQUA e DETERGENTI  
ASCIUGAMENTO IN VUOTO  
Water and detergents - Vacuum drying



**ih** SERIES  
NEW

very high precision cleaning  
very low consumption

**MAGGIOR PRODUTTIVITÀ  
MINOR CONSUMO  
MINOR INGOMBRO**

**HIGHER PRODUCTIVITY  
LOWER CONSUMPTION  
LESS SPACE**

**ilsa**®

Via C.Bassi, 1  
S.Vincenzo di Galliera (BO)  
ITALY  
Tel. +39 051 815154  
Fax +39 051 812697  
info@ilsa.it - www.ilsa.it

La certezza di trovare la giusta soluzione potendo scegliere fra tutte le tecnologie disponibili  
The assurance to find the right solution by choosing among all available technologies.

## Solstice™ Performance Fluid cleaning performance

We are going to describe the cleaning performance of Solstice™ Performance Fluid in this section. To start with, we compared the solubility of various materials which may be considered as contaminants to be cleaned in Solstice™ Performance Fluid in **Table 3** and then the cleaning test results are shown in **Table 4** below. The miscibility test was done where equal parts of solvent and oils are mixed together and visual observation was made to see if the contaminants and the Solstice™ Performance Fluid remained in a single phase, indicating that the contaminants were completely dissolved in the solvent. In all cases the solvent looked clear and the mixtures are reported as miscible below. This is an initial mode of testing to check how well the solvent performs in dissolving the contaminants.

**Table – 3 Dissolution of contaminants in Solvents**

Oil	Solstice™ Performance Fluid	n-propyl bromide
Mineral Oil	Miscible	Miscible
Solder Flux	Miscible	Miscible
Refrigerant oil	Miscible	Miscible
Silicone Lubricant	Miscible	Miscible

The table showed that Solstice™ Performance Fluid has miscibility properties similar to n-propyl bromide which is a very good solvent. This comparison is not shown with all the other solvents. All of these oils were found insoluble in HFCs and HFEs. However, HFCs and HFEs are not used by themselves as solvents so a comparison with neat HFCs and HFEs is not meaningful. In addition to the oils shown in Table-3, a few other oils were also tested for solubility in Solstice™ Performance Fluid, such as: Perfluorinated lubricants, and polyalkylene glycols. All of these fluids showed solubility in the Solstice™ Performance Fluid at greater than 10 percent.

In the next step, we did an evaluation of how good the solvent is in cleaning parts soiled with oils. In these tests we soiled small 2" by 1" stainless steel coupons with various commercial oils used in the field and the coupons were immersed in boiling Solstice™ Performance Fluid for 2 minutes and dried in the solvent vapors. This test was performed in small beakers with condenser coils near its lips which emulated conditions similar to a lab open top vapor degreaser. Coupons were visually observed for cleanliness and weight changes of the coupons were also noted. Cleaning results are given in the table below and it shows that Solstice™ Performance Fluid removed the contaminants from stainless steel coupons quite well for almost all the soils except for one. This demonstrates good degreasing efficacy of the solvent Solstice™ Performance Fluid for a large

## Prestazioni di lavaggio di Solstice™ Performance Fluid

In questa sezione andremo a descrivere le prestazioni di lavaggio di Solstice™ Performance Fluid. Innanzitutto, abbiamo confrontato in tabella – 3 la solubilità di vari materiali che possono essere considerati come contaminanti da lavare con Solstice™ Performance Fluid e i risultati dei test di lavaggio sono mostrati in tabella - 4. È stata eseguita la prova di miscibilità dove solvente e oli in parti uguali sono stati miscelati insieme e poi osservati visivamente per verificare se i contaminanti e il Solstice™ Performance Fluid rimanevano un composto omogeneo, il che indica che i contaminanti si sono completamente disciolti nel solvente. In tutti i casi il solvente appariva trasparente e le miscele sono state quindi classificate come solubili. Questo test è solo una modalità iniziale per testare come il solvente si comporta nel dissolvere i contaminanti.

**Tabella – 3: Dissoluzione dei contaminanti nei solventi**

La tabella mostra che Solstice™ Performance Fluid ha proprietà di miscibilità simili a quelle del n-propil bromuro, un solvente molto efficace. Non si ottiene lo stesso risultato con tutti gli altri solventi. Si è scoperto che tutti questi oli sono insolubili negli HFC e HFE. Tuttavia, HFC e HFE non si utilizzano da soli come solventi, quindi una comparazione con HFC e HFE puri non è significativa. Oltre agli oli mostrati in **tabella -3**, è stata testata la solubilità di qualche altro olio in Solstice™ Performance Fluid, ad esempio: lubrificanti perfluorurati e polialchilene glicoli. Tutti questi fluidi hanno mostrato solubilità nel Solstice™ Performance Fluid a percentuali superiori al 10%.

Nella fase successiva, abbiamo valutato quanto efficace fosse il solvente nel lavaggio di pezzi sporchi d'olio. In queste prove abbiamo sporcato piccoli lamierini da 2" x 1" di acciaio inossidabile con vari oli commerciali usati nel settore; successivamente sono stati immersi nel Solstice™ Performance Fluid in ebollizione per 2 minuti, infine asciugati nei vapori del solvente. Questa prova è stata eseguita in piccoli beakers con serpentine di condensazione vicino al loro bordo superiore, per simulare condizioni simili a uno sgrassatore a vapore da laboratorio di tipo aperto. Si sono poi osservati i lamierini per verificare il grado di pulizia e si sono annotati i loro cambiamenti di peso. I risultati di pulizia sono mostrati nella **tabella 4** e si può concludere come Solstice™ Performance Fluid abbiamo rimosso piuttosto bene quasi tutti i contaminanti dai lamierini in acciaio inossidabile, eccetto che in un caso. Questo dimostra la buona efficacia sgrassante del solvente Solstice™

*class of fluids many of which are used in precision cleaning in aerospace and medical equipment manufacturing. Thanks to the low boiling point of Solstice™ Performance Fluid, all cleaning tests have been conducted around room temperature. Such very mild conditions are compatible with most thermoplastic and heat sensitive materials.*

**Table – 4 Soil removal from Coupons Using Solstice™ Performance Fluid**

Test Soil	% Removed	Test Soil	% Removed
Vacuum pump oil	99.7	Mil-PRF-83282	100
Cutting oil	99.3	Mil-PRF-C-81309	98.8
Silicone oil	99.4	VV-D-1078	97.7
Mineral oil	99.8	Nye oil 438	72.4

*We also did a defluxing study with Solstice™ Performance Fluid and alcohol blend. Small pieces of metal coupons were immersed in solvent for 2 minutes and dried in the vapor. The laboratory experimental set-up is same as mentioned before with boiling liquid in beaker with condenser coils near the lip. A commercial solder was used in this test. Test results showed that the removal was good by visual observations and gravimetric analysis. It showed equal or better performance compared to another commercial solvent/alcohol blends as shown in the **Table-5** below. Ionic contamination tests were not performed.*

**Table – 5 - Solder Flux removal from coupons**

Solvent	Wt% flux removed
Solstice™ Performance Fluid /alcohol blend	96.9
HFC-43-10/alcohol blend	95.3

*Solstice™ Performance Fluid and alcohol blend has also shown promising result in tests as a cleaner in defluxing with aerosol spray cleaning applications. Aerosol spray is generally used in a number of cases especially for rework. Here the solvent blend is used in conjunction with a propellant and sprayed onto printed circuit boards and visual observation was made to see that the circuit boards look clean and gravimetric measurements were done as described in connections with **Table 4** to show cleaning ability.*

**Solstice™ Performance Fluid Stability Studies**

*The chemical stability of the compound Solstice™ Performance Fluid by itself and also in the presence of water, metals, flux is another important factor to be considered in*

Performance Fluid per un’ampia classe di fluidi, molti dei quali utilizzati nella produzione di componenti aerospaziali e medicali. Grazie al basso punto di ebollizione di Solstice™ Performance Fluid, tutte le prove di lavaggio sono state condotte a temperatura ambiente. Tali condizioni molto miti sono compatibili con la maggior parte dei materiali termoplastici e termo sensibili.

**Tabella – 4: Rimozione dello sporco da lamierini usando Solstice™ Performance Fluid**

Abbiamo anche condotto uno studio di rimozione delle resine flussanti con Solstice™ Performance Fluid in miscela con alcol. Piccoli pezzi di lamierini metallici sono stati immersi nel solvente per 2 minuti e asciugati nel vapore. L’attrezzatura da laboratorio era la medesima descritta in precedenza, con il liquido bollente nel *beker* e le serpentine di condensazione vicino al suo bordo superiore. Per la prova è stata utilizzata una pasta saldante commerciale. I risultati delle prove hanno mostrato che la rimozione è stata buona sia con osservazione visiva che con analisi gravimetriche. Ha mostrato prestazioni uguali o migliori rispetto ad altri solventi commerciali in miscele con alcol, come mostrato nella **tabella 5**. Non sono state effettuati test di contaminazione ionica.

**Tabella – 5: Rimozione dei flussi di saldatura dai lamierini**

Solstice™ Performance Fluid in miscela con alcol han mostrato anche risultati promettenti nei *test* quando impiegati per deflussaggio con prodotti aerosol. La spruzzatura aerosol è generalmente utilizzata in un certo numero di casi specialmente per rilavorazioni. In questo caso la miscela di solvente è stata utilizzata insieme a un propellente, poi spruzzata sul circuito stampato. L’osservazione visiva ha dimostrato che il circuito stampato appariva pulito mentre le misurazioni gravimetriche hanno mostrato la capacità pulente in connessione con i risultati mostrati in **tabella 4**.

**Solstice™ Performance Fluid Stability Studies**

La stabilità chimica del composto Solstice™ Performance Fluid da solo ma anche in presenza di acqua, metalli, flussanti è stato un altro importante fattore da considerare nell’identificazione di que-



*the identification of a next generation solvent. To test this, chilled water cooled condensers were connected to small flasks and the solvents were boiled in the flasks and refluxed back to the flask. This test continued for 2 weeks.*

*Solvent is boiled with water alone and also in presence of various metal coupons such as stainless steel 304, cold-rolled steel, galvanized steel, copper, and aluminum. The coupons are partially immersed in the solvent which allowed us to look at the state of the coupons at the interface of liquid and vapor. After the test, coupons were observed visually for rusting or pitting and the remaining solvent in the flask was examined for breakdown products including chlorides and fluorides which are good indicators of breakdown of solvents. Tests showed that there was no increase of chlorides and fluorides in the solvent over the baseline and no other degradation products indicating that the solvent is quite stable under these conditions. The test coupons also showed no rusting or pitting. Similar tests also continued with addition of solder flux in the liquid and in that case also solvent showed excellent stability under these adverse conditions. The important thing to note is that the solvent does not turn acidic which has been a problem with some solvent blends which use the chemical tr-1,2-dichloroethylene.*

*This test essentially simulates the condition in a vapor degreaser and as such suggests that it is unlikely that the solvent will break down in use in vapor degreasers which are commonly used in industrial cleaning.*

*Solvent stability is also studied in recovery with carbon adsorption. The tests were done by an outside agency and also showed no breakdown of solvent in adsorption and desorption with activated carbon. Solstice™ Performance Fluid is found to be compatible with carbon recovery unlike some HFCs and HFEs. The detailed results will be presented in future.*

### **Solstice™ Performance Fluid with plastics and elastomers**

*Compatibility of common plastics and elastomers were studied in Solstice™ Performance Fluid. Here also commonly used plastics such as acrylonitrile-butadiene-styrene*

sto solvente di nuova generazione. Per testare questo aspetto, condensatori Claesen raffreddati ad acqua fredda sono stati connessi a palloncini di vetro da laboratorio; i solventi sono stati portati ad ebollizione nei palloncini, poi distillati nuovamente. Questa prova è proseguita per 2 settimane.

Il solvente viene portato ad ebollizione con acqua e anche in presenza di lamierini metallici vari, come acciaio inox 304, acciaio laminato a freddo, acciaio zincato, rame e alluminio. I lamierini sono stati parzialmente immersi nel solvente, il che ci ha consentito di osservarne gli effetti all'interfaccia fra liquido e vapore. Dopo il



*test*, I lamierini sono stati osservati visivamente per verificare la presenza di ruggine o di *pitting* e il solvente rimasto nei palloncini è stato esaminato per verificare la presenza di prodotti di decomposizione, tra cui cloruri e fluoruri che sono un buon indicatore del degrado del solvente. Le prove hanno mostrato che non vi è stato aumento di cloruri e fluoruri al di sopra della concentrazione iniziale, né è stato riscontrato alcun altro prodotto di decomposizione. Ciò indica che il solvente è stabile in queste condizioni. Inoltre, i lamierini di prova non hanno mostrato ruggine né *pitting*. Ulteriori prove simili sono state eseguite con l'aggiunta di flussanti di saldatura nel liquido e anche in quel caso il solvente ha mostrato eccellente stabilità in queste difficili condizioni.

La cosa importante da notare è che il solvente non acidifica, cosa che costituiva un problema con alcune miscele di solventi che usano il trans-1,2-dicloroetilene.

Questa prova simula essenzialmente le condizioni in uno sgrassatore a vapori e in quanto tale suggerisce che difficilmente il solvente si degraderà se utilizzato negli sgrassatori a vapore comunemente usati nel lavaggio industriale.

La stabilità del solvente è stata studiata anche per il recupero con adsorbimento a carboni attivi. I test sono stati condotti da un laboratorio esterno e hanno mostrato assenza di degradazione del solvente nell'adsorbimento e desorbimento con carbone attivo. Solstice™ Performance Fluid è risultato compatibile con il recupero a carboni a differenza di alcuni HFC e HFE. I risultati dettagliati sono disponibili su richiesta.

### **Compatibilità di Solstice™ Performance Fluid con materie plastiche ed elastomeri**

È stata studiata la compatibilità di Solstice™ Performance Fluid con le plastiche comuni e gli elastomeri. Anche in questo caso plastiche comuni come acrylonitrile butadiene styrene (ABS), polietil-

(ABS), high-density polyethylene (HDPE), nylon, polycarbonate, polypropylene, polyethylene terephthalate, poly-vinyl chloride, high-impact polystyrene, acrylic were immersed in the solvent for 2 (two) weeks at room temperature in enclosed cells and at the end of the two weeks they were taken out and weight and volume changes were recorded. Except for high-impact polystyrene and acrylic all other plastics have minimal or no effect. Solstice™ Performance Fluid completely dissolved acrylic material, including PMMA.

Similar tests were performed with elastomers. Elastomers used in the compatibility test are Viton®B, epichlorohydrin, Buna N, butyl rubber, buna-nitrile, polyurethane 390, neoprene, silicone, Kalrez® and EPDM. Again weight change and dimensional change were carried out along with visual observation for cracks or other degradation. Significant changes were observed for Buna-nitrile, EPDM and for others the changes observed are minimal.

Nowadays there are vast array of plastics and elastomers in the marketplace made by many different manufacturers and it is not possible to test all kinds of plastics and elastomers.

So we would advise that for each specific application, the plastic/elastomeric material that will be exposed to the solvent is tested for compatibility with the solvent.

### Conclusions

In conclusion in this paper we have demonstrated that a new solvent Solstice™ Performance Fluid or 1233zd(E) or 3,3,3-trifluoro-1-trichloropropene showed excellent promise as a solvent for defluxing and other precision cleaning applications. Thanks to its high solvent efficiency around room temperature, it represents a suitable solution for heat sensitive materials. It has better environmental and toxicity properties when compared to many other solvents in the marketplace today. It is also a stable, non-flammable product with reasonable compatibility with materials. Presently Solstice™ Performance Fluid registration for solvent and other uses is underway in many countries. This new solvent has been tested and validated for use with various cleaning technologies.

### References

1. M.J. Molina and F.S. Rowland, "Stratospheric Sink for Chlorofluoromethanes: Chlorine Atom Catalyzed Destruction of Ozone", *Nature*, Vol. 249, 1974, pp. 810-812.
2. *Handbook of Critical Cleaning*, ed. Barbara and Ed Kanegsberg, 2<sup>nd</sup> Edition, CRC Press, FL, 2011.
3. Prof Donald Wuebles, University of Illinois, Private Communication 2011.
4. D. Wang, S. Olsen and D. Wuebbles, "Preliminary Report: Analyses of CFP's potential impact on atmospheric ozone" in <http://www.honeywell-solstice.com/product-info/environmental-regulatory/#atmospheric-impact>.

"The information provided herein is believed to be accurate and reliable, but are presented without guarantee or warranty of any kind, express or implied. User assumes all risk and liability for use of the information and results obtained. Statements or suggestions concerning possible use of materials and processes are made without representation or warranty that any such use is free of patent infringement, and are not recommendations to infringe any patent. The user should not assume that all safety measures are indicated herein, or that other measures may not be required." ■

lene ad alta densità (HDPE), nylon, polycarbonato, polipropilene, polietilentereftalato, polivincloruro, polistirene ad alta resistenza all'impatto, materiali acrilici sono stati immersi nel solvente per 2 (due) settimane a temperatura ambiente in celle chiuse e alla fine delle due settimane sono stati prelevati e sono stati registrati i cambiamenti in peso e volume. Eccetto che per il polistirene ad alto impatto e i materiali acrilici, le altre materie plastiche ha avuto un effetto minimo o alcuno. Solstice™ Performance Fluid ha invece completamente dissolto il materiale acrilico, incluso il PMMA. Prove simili sono state eseguite con gli elastomeri. Gli elastomeri utilizzati nei test di compatibilità sono Viton®B, epicloridrina, Buna N, gomma butilica, buna-nitrile, poliuretane 390, neoprene, silicone, Kalrez® ed EPDM. Ancora una volta sono state misurate variazioni di peso e dimensioni insieme a valutazioni visive di cricche o altre degradazioni. Sono stati osservati cambiamenti significativi nel Buna-nitrile, nell'EPDM mentre negli altri casi sono stati osservati cambiamenti minimi.

Oggigiorno esistono sul mercato numerose materie plastiche ed elastomeri di produttori diversi e non è possibile testarle tutte. Quindi consigliamo che per ogni specifica applicazione, si verifichi la compatibilità del solvente con il materiale plastico/elastomero che sarà esposto al solvente stesso.

### Conclusioni

In conclusione, in questo articolo abbiamo dimostrato che un nuovo solvente Solstice™ Performance Fluid o 1233zd(E) o 3,3,3-trifluoro-1-tricloropropene si è dimostrato una promessa eccellente come solvente di deflussaggio e per altre applicazioni in sgrassaggio di precisione. Grazie al suo elevato potere solvente a temperatura ambiente, rappresenta una soluzione adatta per i materiali termo sensibili. Possiede caratteristiche ambientali e di tossicità migliori rispetto a molti altri solventi oggi sul mercato. È anche stabile, non infiammabile e ha una compatibilità ragionevole con i materiali. Attualmente la registrazione di Solstice™ Performance Fluid come solvente e per altri usi è in corso in molti paesi. Questo nuovo solvente è stato testato e validato per l'impiego con varie tecnologie di lavaggio.