

## AMBIENTE, SALUTE E SICUREZZA

### Domande frequenti sugli isolanti a base d'Aerogel

\* Testo estratto dal sito web Aspen Aerogels - <http://www.aerogel.com/ehs.html>

#### 1. Cos'è l'Aerogel?

L'Aerogel è un gel di silice amorfo prodotto sinteticamente (decisamente diverso dalla silice cristallina) impregnato in un substrato flessibile di tessuto non tessuto, che offre il duplice beneficio di estrema performance termica e di una forma a pannello flessibile. Per soddisfare le richieste dei clienti, Aspen Aerogels si avvale di una varietà di additivi di Aerogel e materiali di tessuto di substrato. I prodotti della Aspen Aerogels utilizzano strutture nano porose che minimizzano i tre meccanismi di trasmissione del flusso termico, portando i valori di conducibilità termica nel range di 12-20 mW/m-K a 40°.

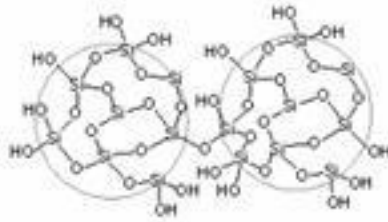
La differenza principale tra la silice cristallina e la silice amorfa risiede nella mancanza di ordine a lungo raggio tra gli atomi nella silice amorfa, invece presente nella silice cristallina (vedi immagine in basso). L'alto grado di ripetitività dell'ordine atomico nella silice cristallina dà origine alle sue proprietà fisiche e alla peculiare morfologia sfaccettata dei suoi cristalli.



Scansione al microscopio elettronico dell'aerogel di silice (silice amorfa)



Scansione al microscopio elettronico del quarzo (silice cristallina)



Mancanza di ordine a lungo raggio tra gli atomi  
nelle particelle della silice amorfa



Ordine a lungo raggio tra gli atomi dei cristalli di quarzo

## 2. A cosa è riferita la nanotecnologia nei prodotti Aspen Aerogels?

Per prima cosa, la “nanotecnologia” non è né un processo né un tipo prodotto, e non dovrebbe essere confuso con il termine “nano particelle”. Il sottocomitato sulla Nanotecnologia dell’ASTM ha pubblicato delle definizioni dettagliate per ognuno di questi termini secondo lo standard ASTM E 2456-06 (disponibile gratuitamente sul sito: <http://www.astm.org/Standards/E2456.htm>):

- Nanotecnologia - Un termine che si riferisce ad una vasta gamma di tecnologie che misurano, manipolano, o incorporano materiali e/o caratteristiche aventi almeno una dimensione compresa approssimativamente tra 1 e 100 nanometri (nm). Tali applicazioni sfruttano le proprietà dei componenti in nano scala, diverse dai sistemi di massa/macrosopici.
- Nano particelle - In nanotecnologia, rappresentano una sotto classificazione di particelle ultra fini la cui lunghezza in due o tre dimensioni è maggiore di 0.001 micrometri (1 nanometro) ed è minore di circa 0.1 micrometri (100 nanometri) e che possono o meno mostrare proprietà intensive legate alla dimensione stessa.

In seconda istanza, l’aspetto “nanotecnologico” dei prodotti a pannello è collegato ai vuoti in scala nanometrica incorporati nella matrice della silice amorfa. Pertanto, i materiali della Aspen sono considerati nanotecnologici sulla base degli spazi vuoti, parliamo quindi di un prodotto nanoporoso e non di un nanoparticolato. Lo spazio vuoto è ciò che dà origine alle eccezionali prestazioni di isolamento dei nostri materiali.

La struttura della matrice dell'Aerogel è continua ed omogenea in tutto il volume dei nostri prodotti ed è formata da una rete estremamente aggregata di silice amorfa. I materiali liberati come polvere dai nostri prodotti hanno solitamente dimensioni medie che si aggirano intorno al decimo di millimetro. Tali particelle sono molto più grandi di un nanometro ( $10^{-9}$  metri) o della definizione accettata di nano particelle (vedere ad esempio lo standard ASTM E 2456-06 trattato sopra). I pori (o lo spazio per l'aria) della struttura dell'Aerogel variano solitamente tra i 2 e i 50 nanometri. Tuttavia, si necessita di enormi quantità di energia per separare le particelle di Aerogel dal loro stato originario di forte aggregazione, e una volta separate, queste tendono a riaggregarsi rapidamente per formare particelle più grandi.

Infine, analisi indipendenti di laboratorio sulle polveri liberate dai prodotti della Aspen Aerogels, tra cui studi che utilizzano la diffrazione laser, la diffusione dinamica della luce e il microscopio elettronico a scansione, confermano che i prodotti della Aspen Aerogel non contengono quantità di nano particelle dispersibili (vedi definizione di cui sopra). Per esempio, il grafico in basso sulla distribuzione di grandezza delle particelle (Figura 1) è calcolato per i materiali rilasciati dal Cryogel attraverso strappi, lacerazioni, tagli, flessioni, abrasioni e sollecitazioni da vibrazioni. Tali sollecitazioni descrivono a grandi linee il trattamento "brusco" che questi prodotti possono ricevere al lavoro durante il trasporto, la fabbricazione o l'installazione. In questo caso la minima dimensione rilevabile delle particelle è stata di 8 micron (il limite di rilevazione di dimensione per l'apparecchiatura e i metodi utilizzati era di 20 nm).

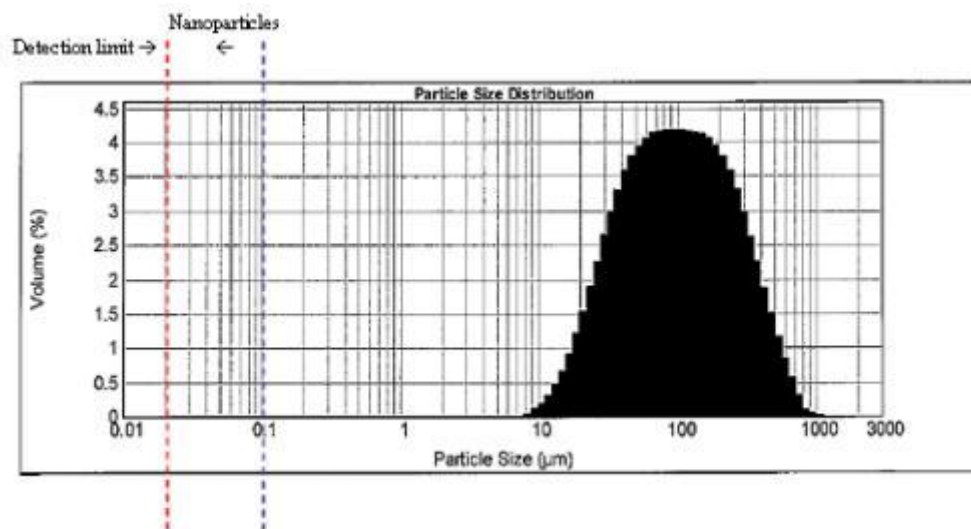


Figura 1. Distribuzione granulometrica delle particelle di polvere rimosse dal Cryogel 5201 mediante strappi, lacerazioni, tagli, flessioni, abrasioni e vibrazioni.

Una parte dello stesso campione di polvere descritto in precedenza (vedi Figura 1) è stato soggetto a forti sforzi di taglio e in una "Shatterbox" della Spex, un mulino planetario di macinazione. La distribuzione granulometrica si sposta ad una grandezza media inferiore, ma ancora non genera quantità rilevabili di nanoparticelle dispersibili, come si vede nella Figura 2 in basso. In questo caso, la dimensione più piccola rilevabile delle particelle era di 0.6 micron (o 600 nm). Questo processo violento di macinazione, utilizzato nell'industria per produrre le polveri più sottili da materiali ad elevata durezza, applica forze che vanno ben oltre quelle sperimentate nel tipico utilizzo dell'applicazione.

Si può vedere nella Figura 2 che, come previsto, la massima distribuzione granulometrica si è spostata verso valori minori ma non è stata rilevata alcuna nanoparticella in seguito alla macinazione. Tale comportamento è tipico degli altri prodotti testati utilizzando questo protocollo. Risultati simili sono stati riscontrati sia con campionamenti, come il campionamento dell'aerosol asciutto, o come dispersione del particolato in un solvente, facilitato da agitazione ultrasonica.

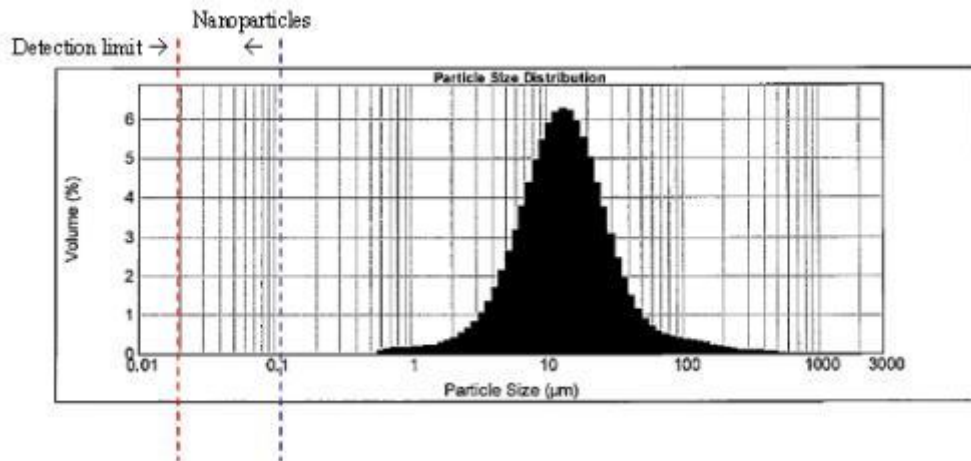


Figura 2. Distribuzione granulometrica per polvere ottenuta dal Cryogel (vedi Figura 1 sopra) e successivamente trattata con forte macinazione.

### 3. I prodotti della Aspen Aerogel mi esporranno a quantità nocive di nanoparticelle?

Come spiegato precedentemente, non abbiamo rilevato alcuna nano particella liberatasi dai nostri prodotti in Aerogel, anche dopo averli sottoposti a immense forze di compressione e di taglio. Non si può affermare con accuratezza che un prodotto contenga zero nano particelle, ma la nostra tecnologia è basata su di una struttura finemente divisa di gel di silice, che NON è nano particolato in termini di polvere liberata dal materiale. Produciamo e vendiamo prodotti che possono essere utilizzati in piena sicurezza con metodi convenzionali e apparecchiature protettive personali, che permettono all'utente di conformarsi alle norme sull'esposizione al materiale presenti in tutto il mondo. Tali limiti di esposizione si riferiscono a quelli che regolano l'uso di silice amorfa, biossido di titanio o qualsiasi altro componente aggiunto dei nostri prodotti.

### 4. Quali studi sulla salute sono stati condotti per la silice amorfa sintetica?

L'Organizzazione per la cooperazione e lo sviluppo economico (OCSE) ha definito le proprietà pericolose delle sostanze chimiche ad elevato volume di produzione (HPV). Lo "Screening Information Data Set" (SIDS) per la silice amorfa sintetica è stato pubblicato nel 2004. Il rapporto del SIDS ha stabilito che la silice amorfa sintetica (SAS) avrà una priorità bassa per gli studi successivi. Seguono qui in basso alcuni passaggi tratti dalle conclusioni del SIDS sviluppato dall'OCSE sulla Salute Umana (1):

Assorbimento, distribuzione, eliminazione: Le forme di SAS [CAS No 7631-86-9] vengono eliminate rapidamente dal tessuto polmonare durante e dopo un'esposizione per inalazione prolungata di cavie animali, con nessuna distribuzione eccessiva nei linfonodi mediastinici, mentre le forme cristalline mostrano una tendenza marcata ad accumularsi e persistere nei polmoni e nei linfonodi.

L'assorbimento intestinale della SAS appare irrilevante sia negli animali che negli umani. Ci sono prove della rapida eliminazione renale di porzioni biodisponibili.

*Tossicità acuta:* In seguito all'esposizione per inalazione di ratti, alle massime concentrazioni tecnicamente realizzabili di SAS da 140 fino a ~2000 mg/m<sup>3</sup>, non sono stati osservati effetti letali. La somministrazione orale e cutanea di SAS e di silicati amorfi non ha causato mortalità alle dosi massime testate: I valori di LDO variavano da 3300 a 20000 mg/kg nei ratti.

*Irritazione e sensibilizzazione:* In condizioni sperimentali la silice sintetica amorfa e i silicati non irritano la pelle e gli occhi, ma possono causare secchezza sin seguito ad esposizione prolungata e ripetuta.

Non vi sono dati sperimentali disponibili sulla sensibilizzazione per quanto riguarda le silici amorfe sintetiche e i silicati. Tuttavia vi sono precedenti a lungo termine in ambito lavorativo industriale con questi materiali. I dati raccolti dai controlli sanitari industriali negli ultimi 50 anni non indicano alcuna potenziale sensibilizzazione cutanea. Date le intrinseche proprietà fisico-chimiche e la natura ubiquitaria di questa classe di composti, non vi è alcun allarme strutturale per indicare un potenziale di sensibilizzazione.

La US EPA ha esaminato diversi studi sulla tossicità di silice sintetica amorfa, inclusi quattro studi sulla tossicità acuta (assunzione orale acuta di LD<sub>50</sub> nei ratti, inalazione acuta di LC<sub>50</sub> nei ratti, irritazione primaria agli occhi nei conigli, e irritazione primaria cutanea nei conigli); quattro studi sulla mutagenicità, ed uno studio sulla tossicità orale. La sintesi della US EPA sui risultati di questi studi è stata la seguente(2):

*1. Studi sulla tossicità acuta.* Nessun decesso è stato riscontrato durante gli studi sull'assunzione orale e per inalazione. Per quanto riguarda lo studio sull'irritazione primaria agli occhi, non è stata riscontrata alcuna opacità alla cornea o irritazione dell'iride in nessun occhio. In quanto allo studio sulla cute, non è stata riscontrata alcuna irritazione dopo 72 ore. Per lo studio sulla tossicità acuta, l'LD<sub>50</sub> assunto oralmente è >5,000 milligrammi/kilogrammi (mg/kg). Per lo studio sulla inalazione acuta l'LC<sub>50</sub> è >2.08 mg/L. Tutti gli studi appartengono alla categoria di tossicità IV.

*2. Studi sulla mutagenicità.* In tutti e quattro gli studi non c'è stata alcuna indicazione di attività mutagena associata alla esposizione a silice, amorfa, pirogenica (priva di cristalli).

*3. Tossicità orale della silice pirogenica.* Non si sono riscontrati decessi o segni clinici. Non vi è stata alcuna differenza significativa tra il gruppo di test e il gruppo di controllo per quanto riguarda la concentrazione di silice nella carcassa.

Sulla base delle analisi degli studi esaminati, la US EPA ha stabilito quanto segue(3):

*“La silice, amorfa, pirogenica (priva di cristalli) è caratterizzata da una comprovata mancanza di tossicità. Tutti gli studi appartengono alla categoria di tossicità IV. Gli studi sulla mutagenicità sono negativi. La silice, amorfa, pirogenica (priva di cristalli) non è classificabile; quanto alla sua carcinogenicità, tuttavia, non si prevede che rappresenti un rischio data la sua natura amorfa. Le silici non sono considerate inerti quando vengono ingerite, e, a causa dell'elevato peso molecolare, è improbabile che vengano assorbite per via cutanea.*

Non ci dovrebbe essere alcuna preoccupazione per la salute umana, nel caso in cui l'esposizione sia acuta, subcronica o cronica per qualsiasi modalità di immissione.

Gli effetti sulla salute della silice amorfa sintetica sono molto differenti da quelli della silice cristallina. Non vi è segno di silicosi negli studi epidemiologici sui lavoratori, esposti per un lungo tempo a silice amorfa sintetica prodotta intenzionalmente(4). Dal punto di vista della salute, una differenza significativa tra la silice cristallina e amorfa potrebbe essere rappresentata dalla clearance polmonare. Studi condotti su varie specie animali hanno mostrato che i prodotti in silice amorfa possono essere eliminati completamente dai polmoni(5).

L'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC) considera la silice amorfa non classificabile quanto alla sua carcinogenicità sull'uomo (Gruppo 3).

(1) United Nations Environmental Programme (UNEP), Organizzazione per la cooperazione e lo sviluppo economico (OCSE) Screening Information Data Set (SIDS) Relazione di valutazione iniziale, Silice Sintetica Amorfa, 23 Luglio, 2004.

(2) Federal Register, Vol. 67, No. 94, 15 Maggio, 2002, 34616-34620.

(3) Federal Register, Vol. 67, No. 94, 15 Maggio, 2002, 34616-34620.

(4) Merget, R et al, "Health hazards due to the inhalation of amorphous silica", Arch Toxicol (2002) 75: 625-634, 29 Novembre, 2001.

(5) Warheit, David, "Inhaled Amorphous Silica Particulates: What Do We Know About Their Toxicological Profiles?", Journal of Environmental Toxicology and Oncology, 20(Suppl. 1) 133-141 (2001).

## 5. Quali sono gli effetti sulla salute della polvere di Aerogel?

L'utilizzo di pannelli in Aerogel produrrà polvere. L'esposizione alla polvere di Aerogel può produrre i seguenti effetti:

- Sensazione di secchezza alla pelle.
- Irritazione agli occhi, alla pelle e al tratto respiratorio.

Questi effetti non sono esclusivi solo degli Aerogel, ma sono in linea con l'utilizzo di una serie di materiali polverosi. Quando inalati in quantità sufficienti, qualsiasi polvere o particolato ha effetti sull'apparato respiratorio. L'eccessiva esposizione a qualsiasi tipo di polvere può causare irritazione della pelle o della mucosa con azione chimica o meccanica, oppure una pulizia rigorosa della pelle.

## 6. Quali sono i limiti di esposizione alla polvere di Aerogel?

La risposta dipende dal Paese in cui i materiali vengono utilizzati e dalle normative di riferimento per l'utilizzo dei materiali che possono generare silice amorfa respirabile, contenente polvere di biossido di titanio. Per esempio, visto che la percentuale di silice cristallina nell'Aerogel è dello 0%, i limiti di particolato imposti dall'OSHA (Agenzia per la sicurezza e la salute sul lavoro) di 15 mg/m<sup>3</sup> (polvere totale) e 5 mg/m<sup>3</sup> (polvere respirabile) possono essere applicati per l'esposizione all'Aerogel. Lo standard NIOSH (US National Institute for Occupational Safety & Health) per la silice amorfa è di 6 mg/m<sup>3</sup>.

Per il MAK tedesco i valori di silice amorfa sono di 4 mg/m<sup>3</sup> (frazione inalabile). Si prega di consultare le Informazioni locali in materia di regolamentazione per la guida e/o raccomandazioni per i limiti di esposizione.

Va riconosciuto che l'effettiva esposizione alla polvere dipenderà da come e dove verrà utilizzato il materiale (all'estero o negli spazi ristretti). Anche la disponibilità di areazione e di altri controlli tecnici influiranno sull'effettiva esposizione. Studi sull'igiene industriale condotti durante operazioni intensive di fabbricazione dell'Aerogel, mostrano solitamente che le concentrazioni misurate di polvere variano da 0.2 a 5 mg/m<sup>3</sup> e che le concentrazioni di polvere respirabile variano da <0.1 to 1.2 mg/m<sup>3</sup>.

## **7. Come si smaltiscono i rifiuti dei pannelli in Aerogel?**

I pannelli isolanti della Aspen Aerogel sono composti di silice amorfa impregnata su di un materiale in tessuto. Il prodotto finale non contiene alcun materiale liquido. I pannelli in Aerogel scartati possono essere smaltiti in discariche autorizzate ad accettare rifiuti industriali. I pannelli in Aerogel scartati produrranno della polvere nelle operazioni di scarica. Le discariche di rifiuti industriali dovrebbero essere informate della probabilità che venga generata polvere durante il processo di approvazione dei rifiuti. I materiali scartati dalle operazioni di produzione della Aspen vengono smaltiti in una discarica autorizzata.

Per soddisfare le richieste dei clienti, Aspen Aerogels si avvale di una varietà di additivi di Aerogel e materiali di tessuto di substrato. Questi additivi possono includere materiali quali il nero di carbone, il biossido di carbonio e l'ossido di alluminio. I pannelli in Aerogel non soddisfano nessuna delle caratteristiche dei rifiuti pericolosi della US EPA [40 CFR Part 261, Subpart C].

## **8. Qual è la combustibilità della polvere di Aerogel?**

Un laboratorio indipendente ha valutato che la Minima Concentrazione Esplosiva per la polvere di Aerogel è di 575 g/m<sup>3</sup> per ASTM E1515-03, "Standard Test Method for Minimum Explosible Concentration of Combustible Dusts." Il laboratorio ha anche condotto un test MIE (Minimum Ignition Energy) sulla polvere per ASTM E2019-03, "Standard Test Method for Minimum Ignition Energy of a Dust Cloud in Air." Non si è osservata alcuna accensione a 28.8 Joule di energia immagazzinata nel condensatore, la massima energia accumulata in un condensatore liberata dal Tester di Scarica Elettrostatica utilizzato per la prova.

## **9. Quali sono le linee guida d'uso?**

I pannelli in Aerogel dovrebbero essere usati come descritto nella pagina di informazioni del prodotto e sulle schede tecniche di sicurezza. Le attuali schede tecniche di sicurezza sono disponibili contattando il rappresentante Aspen Aerogels.