

Resistenza dei materiali SAF™ ai prodotti chimici del settore automobilistico

I risultati sono riportati in questo white paper.

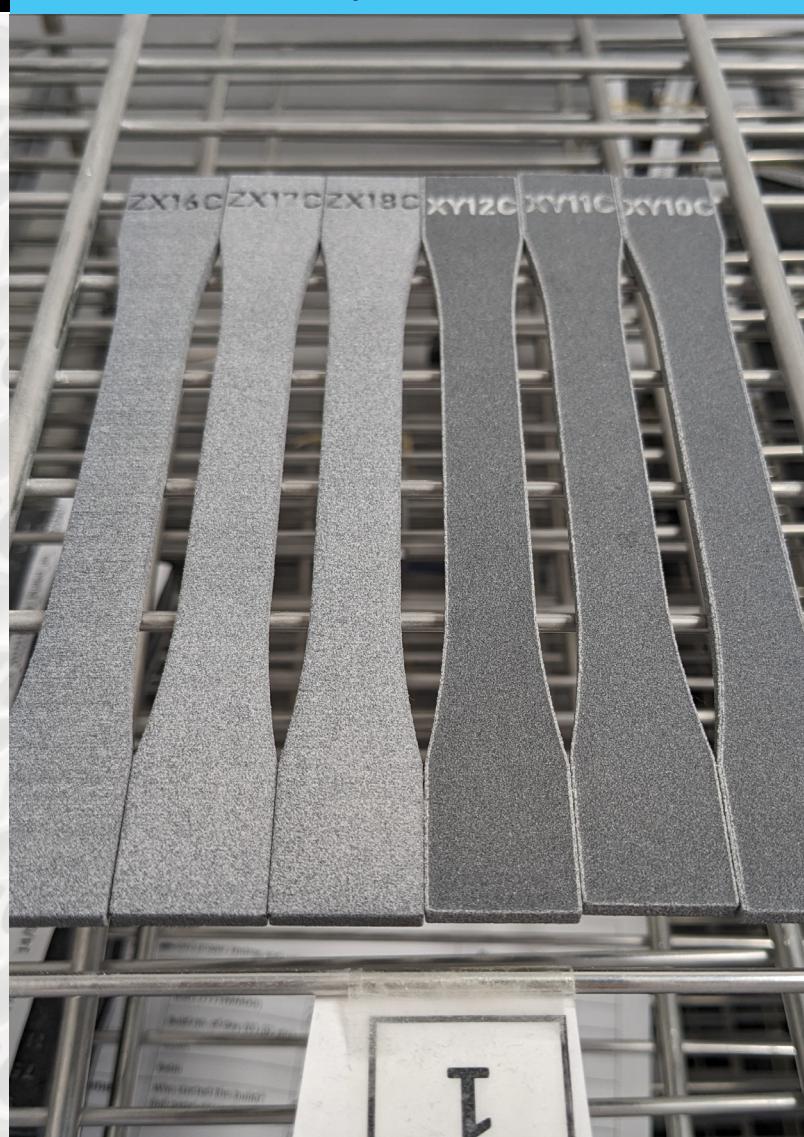


Introduzione

Lo scopo di questo documento è quello di fornire ai clienti un'indicazione sulle prestazioni dei materiali Stratasys® High Yield PA11, SAF PA12 e SAF PP in caso di esposizione ai prodotti chimici di uso più comune nel settore automobilistico.

I reagenti testati sono i seguenti:

- Acido per batterie
- Antigelo
- Olio motore sintetico
- Grasso al silicone
- Grasso a base di petrolio
- Lavavetri
- Acqua distillata
- Benzina
- Diesel





Metodologia

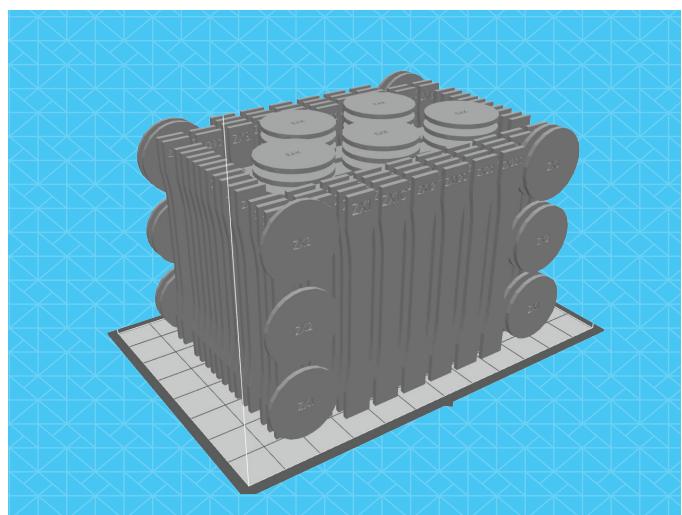
L'esperimento è stato condotto in conformità alla norma ASTM D543 che definisce una procedura standard per valutare la resistenza delle materie plastiche ai reagenti chimici.

I campioni sono stati creati utilizzando le stampanti 3D Stratasys H350™ SAF™, testando sia l'orientamento di stampa verticale (ZX) sia quello orizzontale (XY). I due tipi di campioni utilizzati per il test sono stati i seguenti:

- Barre di trazione ASTM D638 Tipo 1, per valutare le proprietà meccaniche
- Dischi da 50,80 mm x 3,175 mm, per valutare le variazioni dimensionali e di peso



Figura 1. Layout dei provini per test chimici elaborato con il software GrabCAD® Print™ per la stampa sulla H350.



Per ciascun esperimento, tutti i campioni sono stati precondizionati a 23 °C e al 50% di umidità relativa per un minimo di 40 ore prima del contatto con il reagente. I campioni di controllo sono rimasti sui rack di precondizionamento per tutta la durata dell'esperimento (Figura 2), mentre i campioni di test sono stati immersi a bagno in 4 litri di reagente per 168 ore (1 settimana).

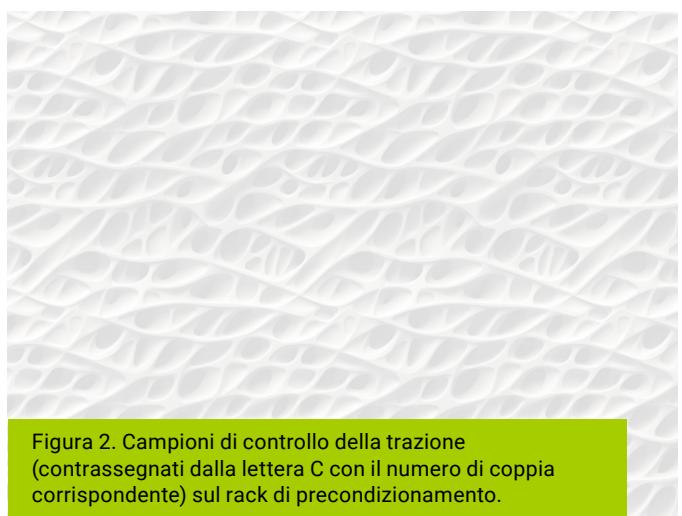
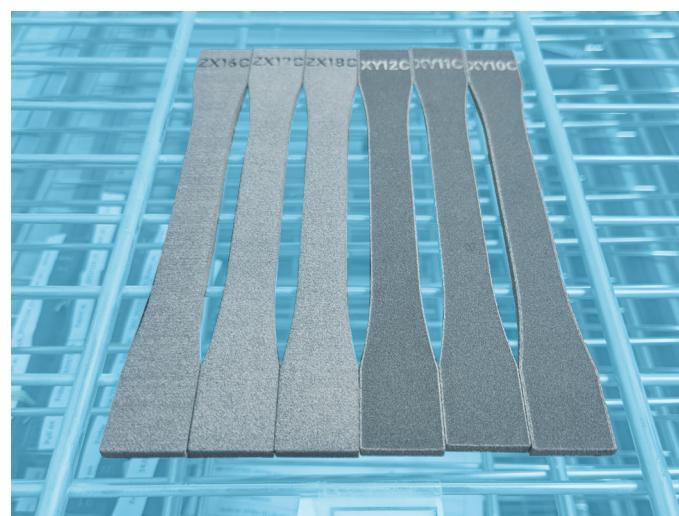


Figura 2. Campioni di controllo della trazione (contrassegnati dalla lettera C con il numero di coppia corrispondente) sul rack di precondizionamento.



I telai sono stati realizzati in acciaio inossidabile e filo di nichelcromo per mantenere i campioni in posizione ed evitare che toccassero le pareti del contenitore o che si toccassero tra loro durante l'immersione nel reagente (Figura 3).

Prima di sigillare il contenitore per l'esperimento, è stata posizionata una barretta magnetica per agitare il reagente per 30 minuti per sei volte a intervalli di 24 ore prima della rimozione delle parti al termine delle 168 ore. Una piastra magnetica temporizzata digitalmente (Figura 4) ha garantito un tempo di agitazione costante in tutti gli esperimenti.

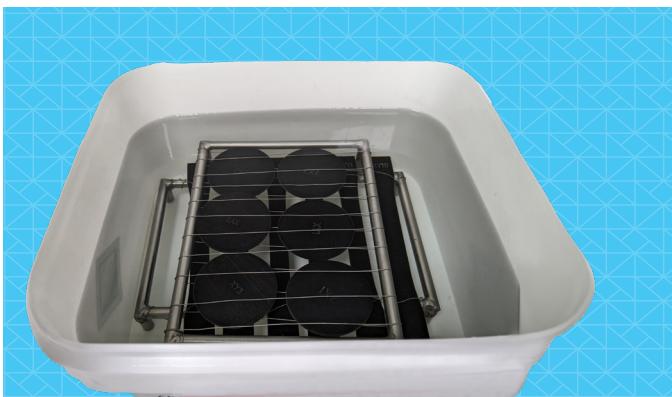


Figura 3. Parti da testare sostenute da telai in acciaio durante il tempo di immersione nel reagente.



Figura 4. Contenitore per esperimenti sigillato, appoggiato sulla piastra magnetica di agitazione temporizzata digitalmente.

Il metodo fin qui descritto non sarebbe praticabile per il grasso al silicone e per quello a base di petrolio. Pertanto si è proceduto a distribuire un primo strato di reagente più spesso all'inizio di ogni test, seguito dall'applicazione di strati più sottili a intervalli di 24 ore. Le parti sono state controllate visivamente per assicurare una copertura uniforme ad ogni applicazione.

Campioni di trazione

I test di trazione sono stati eseguiti, in conformità allo standard ASTM D638, nei 30 minuti seguenti all'estrazione dal bagno di reagente su una Tinius Olsen modello 10ST, con una configurazione di test universale (Figura 5).



Figura 5. Macchina utilizzata per il test di trazione.

Per ogni reagente sono stati analizzati 12 campioni, sei dei quali sono stati immersi nel reagente, mentre gli altri sei, ottenuti nel medesimo ciclo di stampa, sono stati utilizzati per fornire i valori di riferimento ai fini del test. Le parti di riferimento per il controllo sono state stampate adiacenti alle parti di prova corrispondenti.



Dischi per peso e dimensioni

I test di peso e dimensioni mettono a confronto i valori prima e dopo l'immersione dei campioni a forma di disco (Figura 6). I pesi sono stati misurati utilizzando una bilancia analitica A&D HR-100AZ. I valori di spessore e diametro sono stati misurati manualmente utilizzando rispettivamente un micrometro e calibri digitali. Per ogni reagente sono state analizzate in totale sei parti di peso e dimensione.

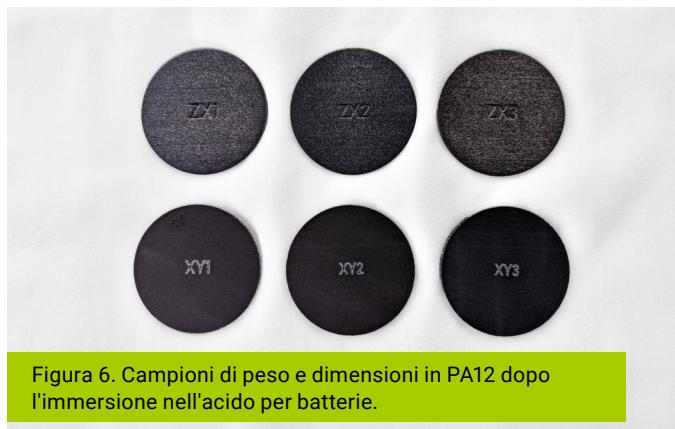
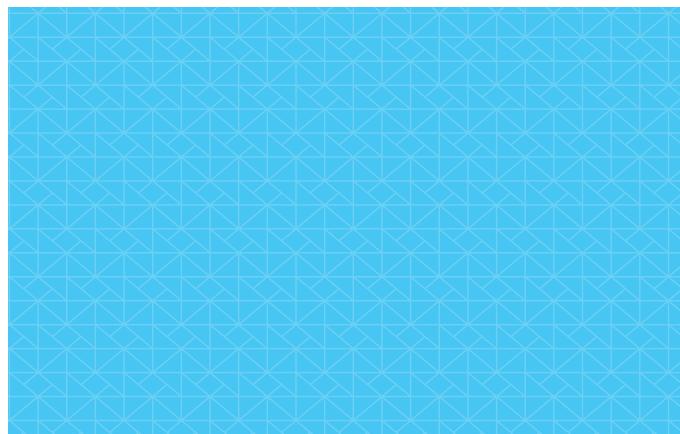


Figura 6. Campioni di peso e dimensioni in PA12 dopo l'immersione nell'acido per batterie.

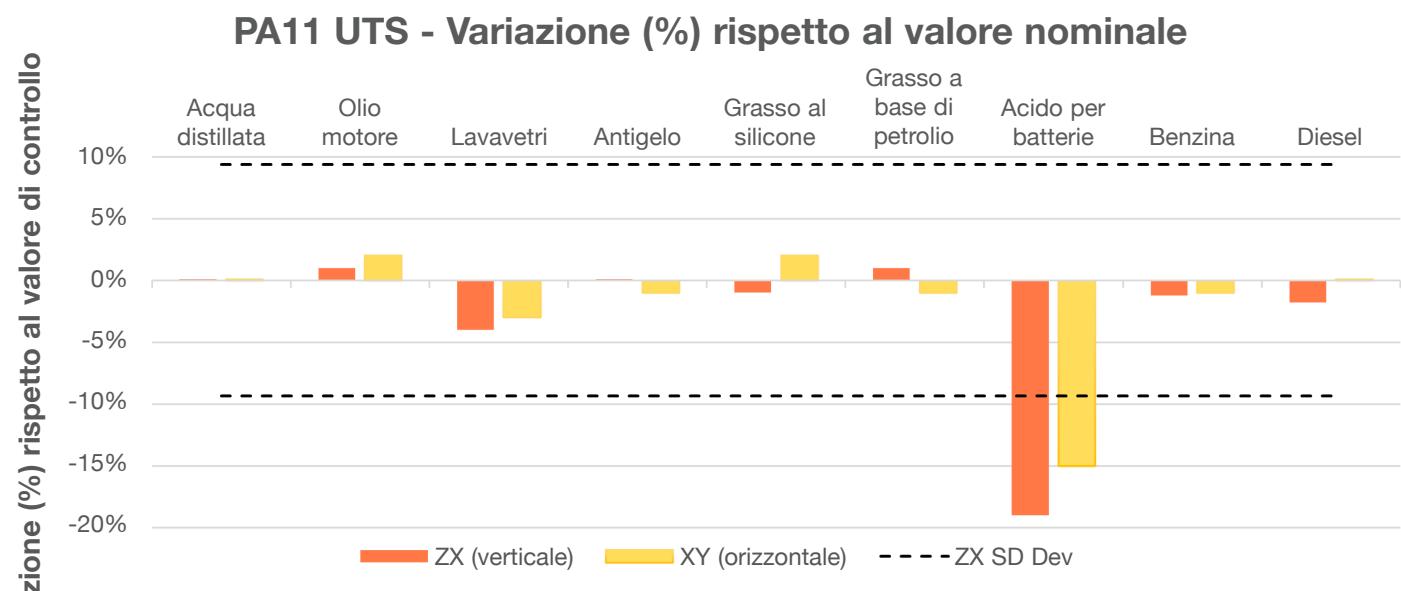


Tutti i dischi per peso e dimensioni sono rimasti per altre 168 ore sui rack di precondizionamento dopo la rimozione dal reagente; quindi si è proceduto a pesarli di nuovo per esaminare come si asciugano le parti dopo il contatto con le sostanze chimiche.

Grafici della variazione (%) per proprietà

PA11 - Risultati

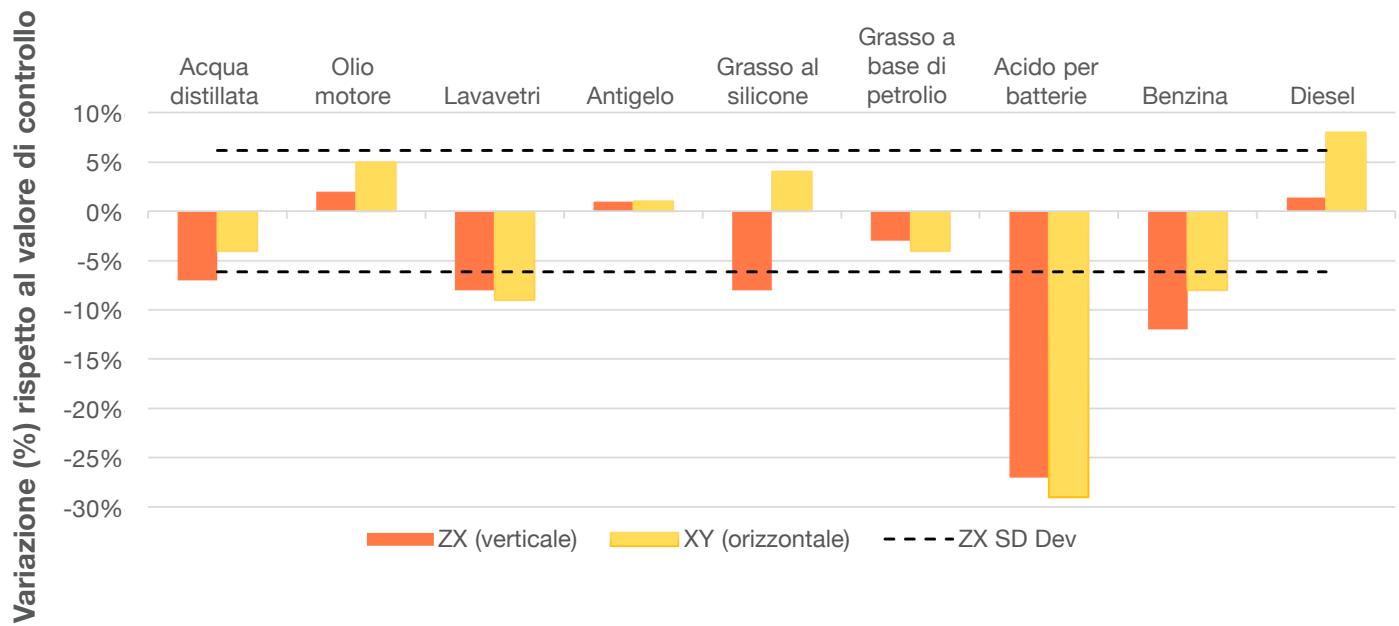
Trattandosi di uno dei materiali preferiti da Stratasys, i valori di deviazione standard sono disponibili nella nostra scheda tecnica dell'High Yield PA11. Questi sono indicati da linee tratteggiate nere.



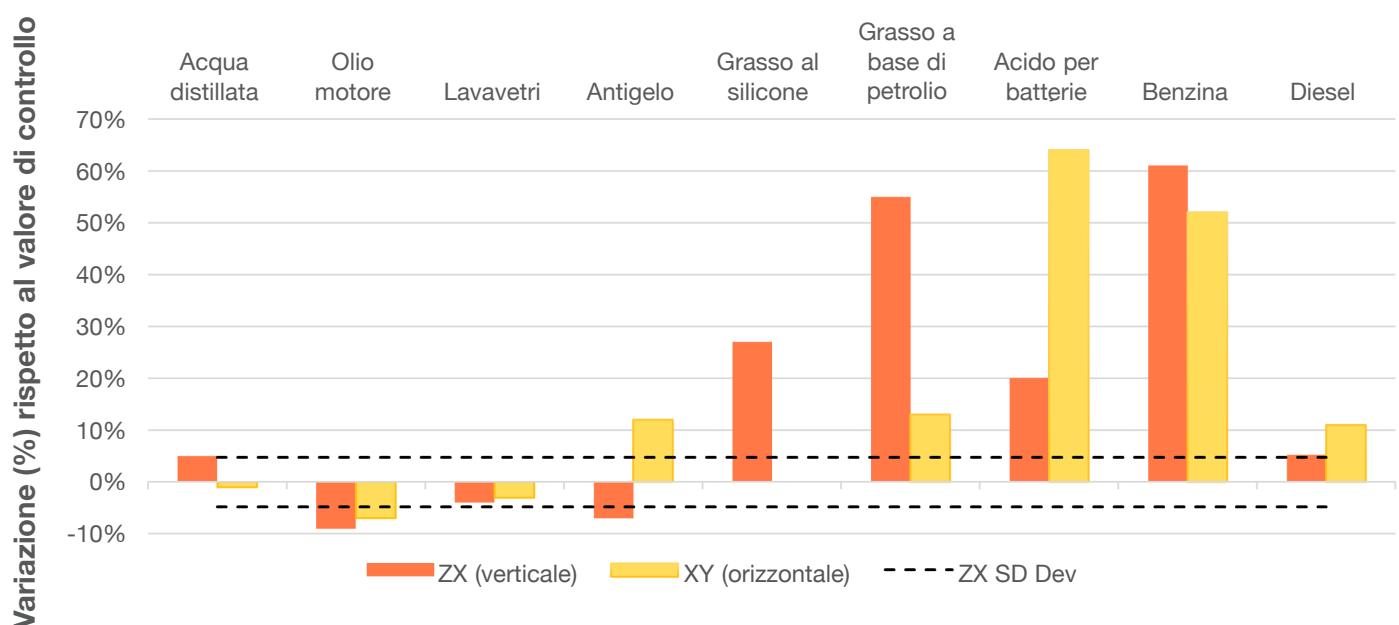


Risultati PA11 (continua)

PA11 - Variazione (%) del modulo di Young rispetto al valore nominale



PA11 - Variazione (%) dell'allungamento a rottura rispetto al valore nominale

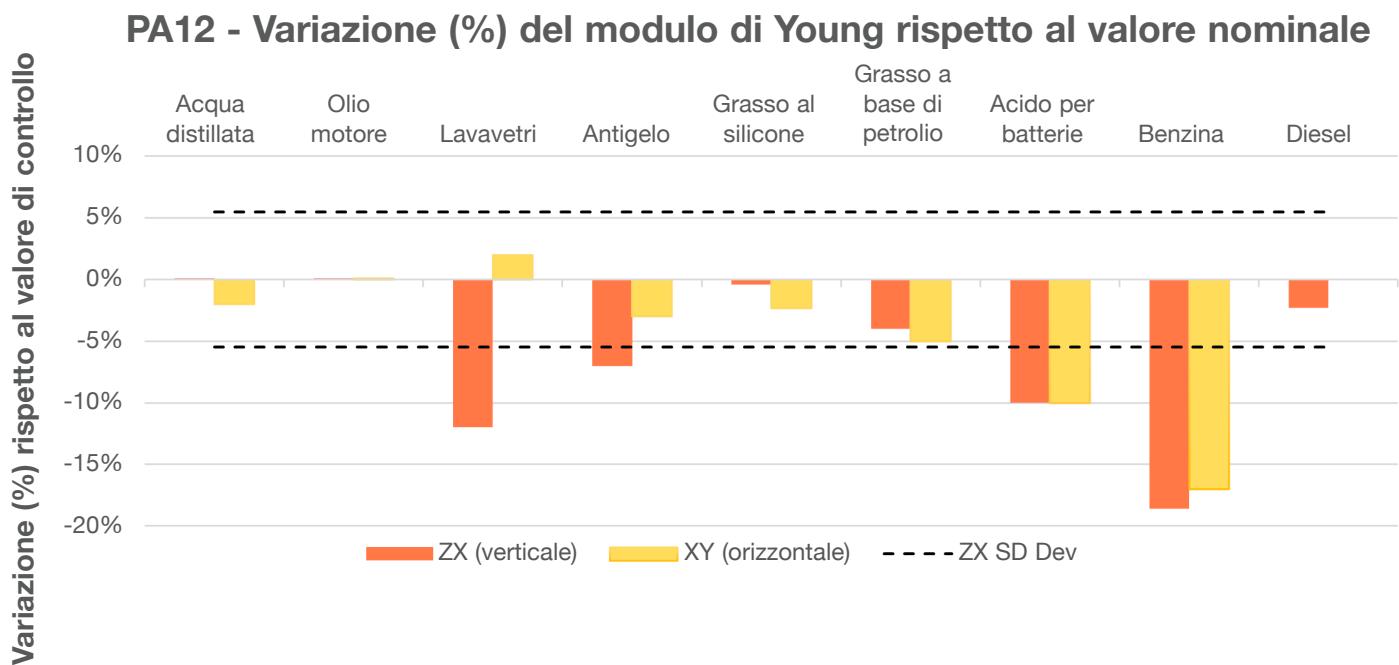
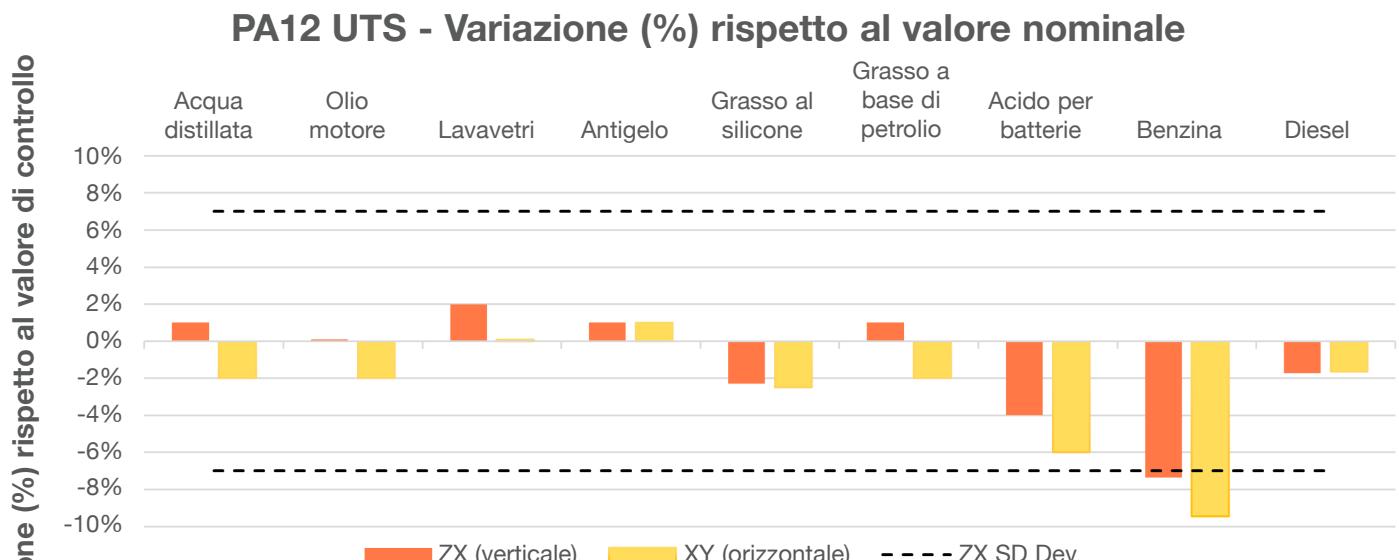




Grafici della variazione (%) per proprietà

PA12 - Risultati

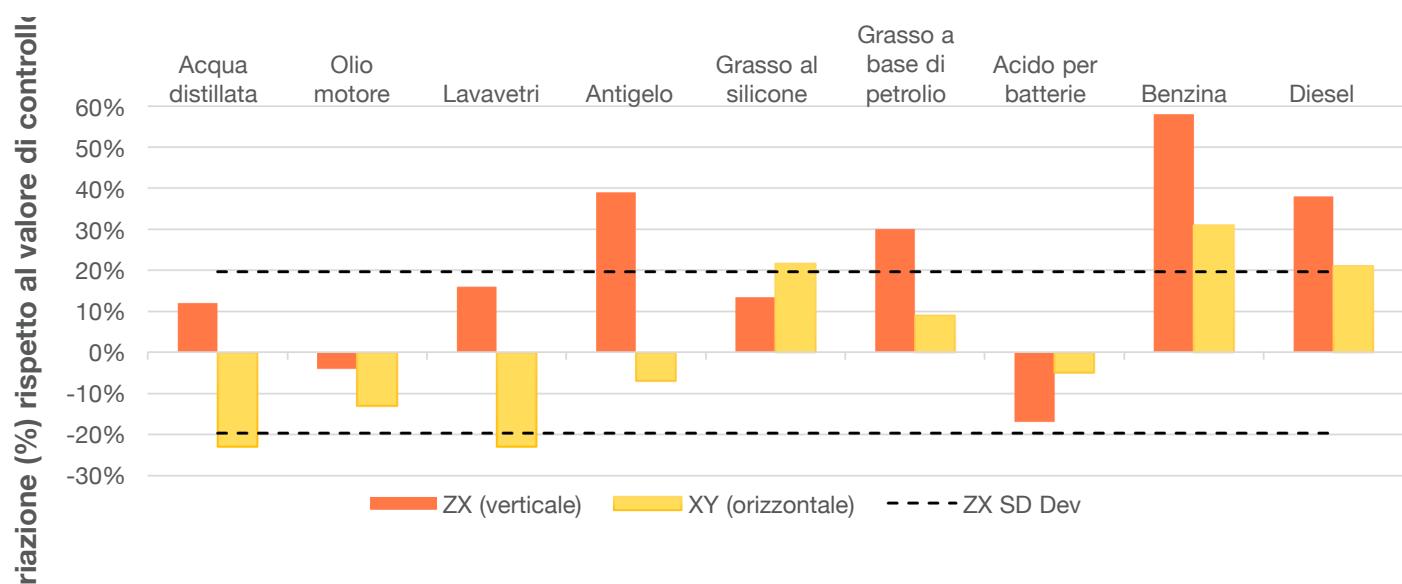
I valori indicativi di deviazione standard sono indicati nei grafici dalle linee nere tratteggiate.





Risultati PA12 (continua)

PA12 - Variazione (%) dell'allungamento a rottura rispetto al valore nominale



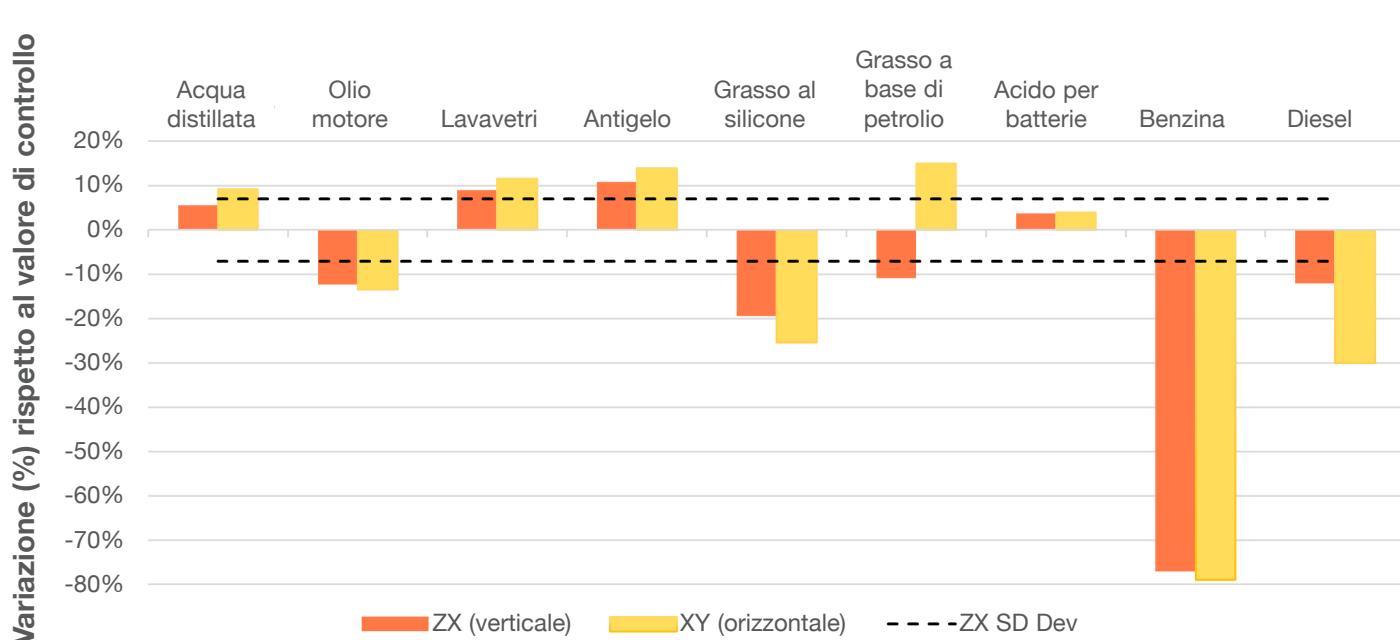
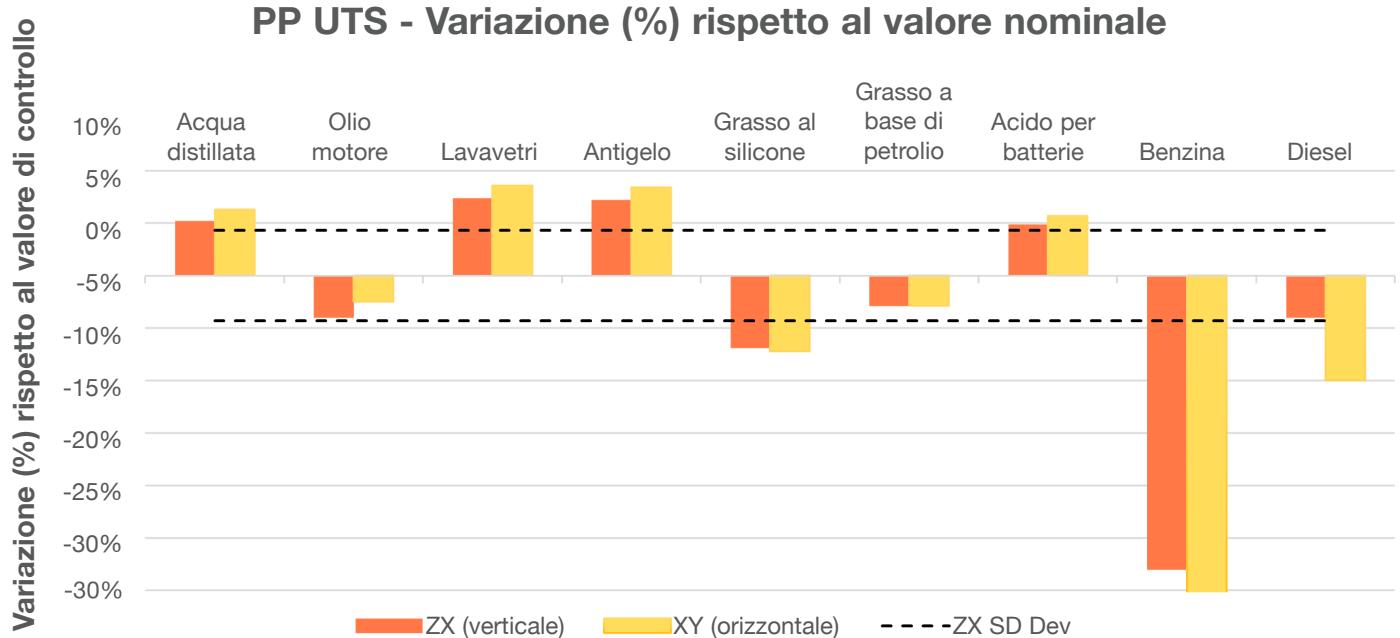


Grafici della variazione (%) per proprietà

Risultati PP

Trattandosi di uno dei materiali consigliati da Stratasys, i valori di deviazione standard sono disponibili nella scheda tecnica del SAF PP.

Questi sono indicati da linee tratteggiate nere.





Risultati PP (continua)

PP - Variazione (%) dell'allungamento a rottura rispetto al valore nominale

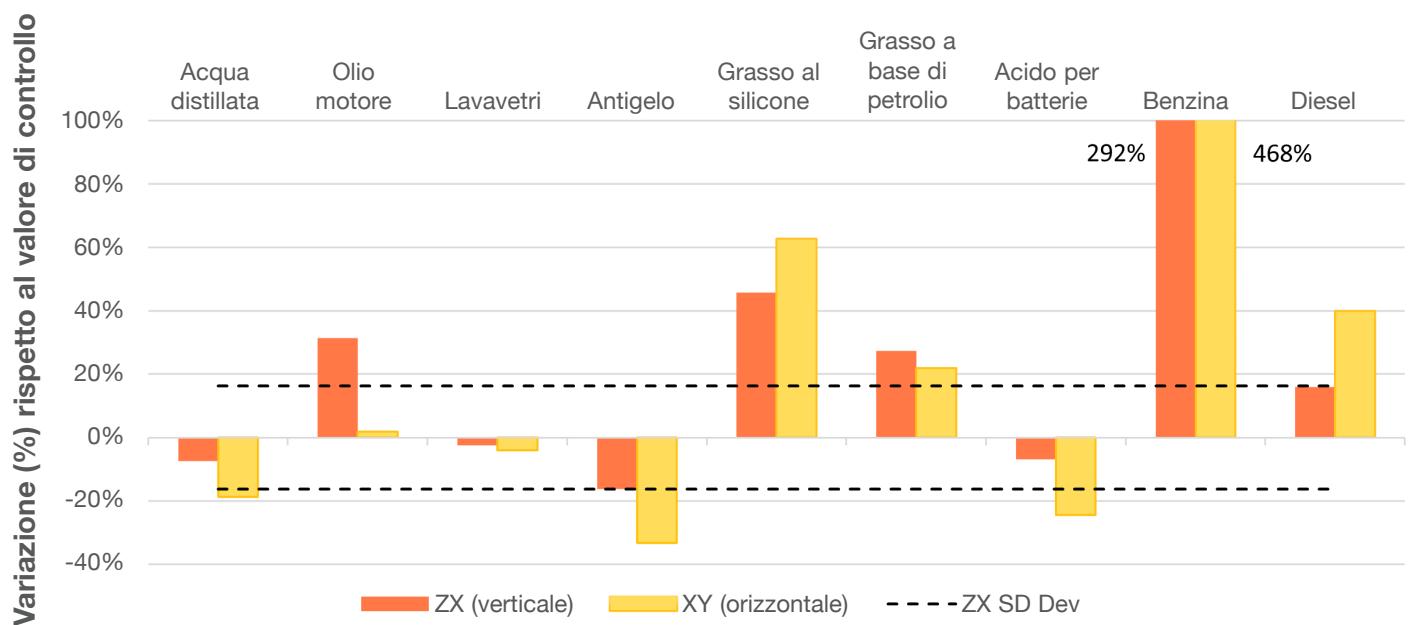




Tabelle dei risultati finali

PA11 - Variazione delle proprietà meccaniche - 168 ore di esposizione (ASTM D543)

	Reagente	Variazione (%) di ZX	Variazione (%) di XY
UTS (MPa)	Acqua distillata	0%	0%
	Olio motore (sintetico)	+1%	+2%
	Lavavetri	-4%	-3%
	Antigelo	0%	-1%
	Grasso al silicone	-1%	+2%
	Grasso a base di petrolio	+1%	-1%
	Acido per batterie	-19%	-15%
	Benzina (Gasolio)	-1%	-1%
	Diesel	-2%	0%
Modulo (MPa)	Acqua distillata	-7%	-4%
	Olio motore (sintetico)	+2%	+5%
	Lavavetri	-8%	-9%
	Antigelo	+1%	+1%
	Grasso al silicone	-8%	+4%
	Grasso a base di petrolio	-3%	-4%
	Acido per batterie	-27%	-29%
	Benzina (Gasolio)	-12%	-8%
	Diesel	+1%	+8%
EaB (%)	Acqua distillata	+5%	-1%
	Olio motore (sintetico)	-9%	-7%
	Lavavetri	-4%	-3%
	Antigelo	-7%	+12%
	Grasso al silicone	+27%	0%
	Grasso a base di petrolio	+55%	+13%
	Acido per batterie	+20%	+64%
	Benzina (Gasolio)	+61%	+52%
	Diesel	+5%	+11%

High Yield PA11 - Valori di riferimento

Proprietà (orientamento)	Valore medio
Resistenza alla trazione (ZX)	47 MPa
Resistenza alla trazione (XZ, YX)	51 MPa
Allungamento a rottura (ZX)	11%
Allungamento a rottura (XZ, YX)	30%
Modulo di trazione (XY)	1.609 MPa
Modulo di trazione (XZ, YX)	1.529 MPa



Tabelle dei risultati finali

PA12 - Variazione delle proprietà meccaniche - 168 ore di esposizione (ASTM D543)

	Reagente	Variazione (%) di ZX	Variazione (%) di XY
UTS (MPa)	Acqua distillata	+1%	-2%
	Olio motore (sintetico)	0%	-2%
	Lavavetri	+2%	0%
	Antigelo	+1%	+1%
	Grasso al silicone	-2%	-3%
	Grasso a base di petrolio	+1%	-2%
	Acido per batterie	-4%	-6%
	Benzina (Gasolio)	-7%	-9%
	Diesel	-2%	-2%
Modulo (MPa)	Acqua distillata	0%	-2%
	Olio motore (sintetico)	0%	0%
	Lavavetri	-1%	+2%
	Antigelo	-7%	-3%
	Grasso al silicone	0%	-2%
	Grasso a base di petrolio	-4%	-5%
	Acido per batterie	-10%	-10%
	Benzina (Gasolio)	-19%	-17%
	Diesel	-2%	0%
EaB (%)	Acqua distillata	+12%	-23%
	Olio motore (sintetico)	-4%	-13%
	Lavavetri	+16%	-23%
	Antigelo	+39%	-7%
	Grasso al silicone	+14%	+22%
	Grasso a base di petrolio	+30%	+9%
	Acido per batterie	-17%	-5%
	Benzina (Gasolio)	+58%	+31%
	Diesel	+38%	+21%

SAF PA12 - Valori di riferimento

Proprietà (orientamento)	Valore medio
Resistenza alla trazione (ZX)	46 MPa
Resistenza alla trazione (XZ, YX)	47 MPa
Allungamento a rottura (ZX)	5%
Allungamento a rottura (XZ, YX)	11%
Modulo di trazione (XY)	1.700 MPa
Modulo di trazione (XZ, YX)	1.750 MPa

Nota: valori di allungamento ridotti sono dovuti alla rigidità del PA12. Pertanto, questo test è più suscettibile a interferenze e potrebbe registrare grandi variazioni percentuali su un campione di dimensioni limitate come questo.



Tabelle dei risultati finali

PP - Variazione delle proprietà meccaniche - 168 ore di esposizione (ASTM D543)

	Reagente	Variazione (%) di ZX	Variazione (%) di XY
UTS (MPa)	Acqua distillata	+5%	+6%
	Olio motore (sintetico)	-4%	-3%
	Lavavetri	+7%	+9%
	Antigelo	+7%	+8%
	Grasso al silicone	-7%	-7%
	Grasso a base di petrolio	-3%	-3%
	Acido per batterie	+5%	+6%
	Benzina (Gasolio)	-28%	-36%
	Diesel	-4%	-10%
Modulo (MPa)	Acqua distillata	+6%	+9%
	Olio motore (sintetico)	-12%	-13%
	Lavavetri	+9%	+12%
	Antigelo	+11%	+14%
	Grasso al silicone	-19%	-25%
	Grasso a base di petrolio	-11%	+15%
	Acido per batterie	+4%	+4%
	Benzina (Gasolio)	-77%	-79%
	Diesel	-12%	-30%
EaB (%)	Acqua distillata	-8%	-19%
	Olio motore (sintetico)	+31%	+2%
	Lavavetri	-2%	-4%
	Antigelo	-16%	-33%
	Grasso al silicone	+46%	+63%
	Grasso a base di petrolio	+27%	+22%
	Acido per batterie	-7%	-25%
	Benzina (Gasolio)	+292%	+468%
	Diesel	+16%	+40%

SAF PP - Valori di riferimento

Proprietà (orientamento)	Valore medio
Resistenza alla trazione (ZX)	25,8 MPa
Resistenza alla trazione (XZ, YX)	25,8 MPa
Allungamento a rottura (ZX)	10,7%
Allungamento a rottura (XZ, YX)	22,5%
Modulo di trazione (XY)	1.212 MPa
Modulo di trazione (XZ, YX)	1.260 MPa



Tabelle dei risultati finali

PA11 - Variazione di dimensioni e peso - 168 ore di esposizione (ASTM D453)

	Reagente	Variazione (%) di ZX	Variazione (%) di XY
Diametro	Acqua distillata	0,0%	0,0%
	Olio motore (sintetico)	0,0%	0,0%
	Lavavetri	0,0%	0,0%
	Antigelo	0,1%	-0,1%
	Grasso al silicone	0,0%	0,0%
	Grasso a base di petrolio	0,0%	0,0%
	Acido per batterie	0,4%	0,4%
	Benzina (Gasolio)	0,1%	0,3%
	Diesel	0,1%	0,0%
Spessore	Acqua distillata	0,2%	0,7%
	Olio motore (sintetico)	0,0%	-0,5%
	Lavavetri	0,2%	1,0%
	Antigelo	0,0%	0,1%
	Grasso al silicone	-0,4%	-0,2%
	Grasso a base di petrolio	0,1%	0,3%
	Acido per batterie	7,0%	6,6%
	Benzina (Gasolio)	0,6%	0,5%
	Diesel	-0,7%	0,0%
Peso	Acqua distillata	1,0%	0,6%
	Olio motore (sintetico)	1,0%	0,4%
	Lavavetri	0,3%	0,3%
	Antigelo	0,9%	0,4%
	Grasso al silicone	1,0%	0,6%
	Grasso a base di petrolio	1,8%	1,0%
	Acido per batterie	13,3%	13,0%
	Benzina (Gasolio)	1,2%	1,2%
	Diesel	0,5%	0,2%
Peso (168 ore di asciugatura)	Acqua distillata	0,2%	0,2%
	Olio motore (sintetico)	1,0%	0,5%
	Lavavetri	0,3%	0,4%
	Antigelo	0,2%	0,2%
	Grasso al silicone	0,2%	0,2%
	Grasso a base di petrolio	1,6%	0,9%
	Acido per batterie	11,5%	10,9%
	Benzina (Gasolio)	0,6%	0,7%
	Diesel	0,2%	0,1%



Tabelle dei risultati finali

PA12 - Variazione di dimensioni e peso - 168 ore di esposizione (ASTM D453)

	Reagente	Variazione (%) di ZX	Variazione (%) di XY
Diametro	Acqua distillata	0,1%	0,1%
	Olio motore (sintetico)	0,0%	0,0%
	Lavavetri	0,0%	0,0%
	Antigelo	0,0%	0,0%
	Grasso al silicone	0,0%	0,0%
	Grasso a base di petrolio	0,0%	0,0%
	Acido per batterie	0,1%	0,1%
	Benzina (Gasolio)	0,3%	0,2%
Spessore	Diesel	0,1%	0,0%
	Acqua distillata	0,1%	0,1%
	Olio motore (sintetico)	-0,4%	-0,1%
	Lavavetri	-0,1%	0,0%
	Antigelo	-0,4%	0,1%
	Grasso al silicone	0,1%	0,2%
	Grasso a base di petrolio	2,4%	0,6%
	Acido per batterie	1,1%	1,3%
Peso	Benzina (Gasolio)	0,6%	0,4%
	Diesel	0,0%	-0,3%
	Acqua distillata	-2,1%	-1,0%
	Olio motore (sintetico)	1,0%	0,7%
	Lavavetri	0,7%	0,5%
	Antigelo	1,4%	1,1%
	Grasso al silicone	1,0%	0,5%
	Grasso a base di petrolio	1,8%	1,2%
Peso (168 ore di asciugatura)	Acido per batterie	3,9%	3,8%
	Benzina (Gasolio)	1,2%	1,2%
	Diesel	0,7%	0,6%
	Acqua distillata	2,3%	-2,1%
	Olio motore (sintetico)	1,3%	1,0%
	Lavavetri	0,4%	0,4%
	Antigelo	0,2%	1,5%
	Grasso al silicone	0,3%	0,6%



Tabelle dei risultati finali

PP - Variazione di dimensioni e peso - 168 ore di esposizione (ASTM D453)

	Reagente	Variazione (%) di ZX	Variazione (%) di XY
Diametro	Acqua distillata	0,0%	0,0%
	Olio motore (sintetico)	0,0%	0,0%
	Lavavetri	-0,6%	0,0%
	Antigelo	-0,1%	-0,1%
	Grasso al silicone	0,3%	0,4%
	Grasso a base di petrolio	0,1%	0,1%
	Acido per batterie	0,0%	-0,1%
	Benzina (Gasolio)	5,0%	4,4%
Spessore	Diesel	0,3%	0,3%
	Acqua distillata	0,6%	0,0%
	Olio motore (sintetico)	0,0%	-0,3%
	Lavavetri	-0,1%	-0,3%
	Antigelo	-0,1%	-0,3%
	Grasso al silicone	1,3%	1,4%
	Grasso a base di petrolio	0,4%	0,5%
	Acido per batterie	-0,2%	-0,1%
Peso	Benzina (Gasolio)	4,1%	5,5%
	Diesel	1,1%	0,2%
	Acqua distillata	0,2%	0,1%
	Olio motore (sintetico)	1,1%	0,9%
	Lavavetri	0,2%	0,2%
	Antigelo	0,3%	0,1%
	Grasso al silicone	2,3%	2,8%
	Grasso a base di petrolio	2,6%	1,9%
Peso (168 ore di asciugatura)	Acido per batterie	0,5%	0,3%
	Benzina (Gasolio)	15%	15%
	Diesel	1,4%	1,3%
	Acqua distillata	0,0%	0,0%
	Olio motore (sintetico)	1,0%	0,9%
	Lavavetri	0,0%	0,0%
	Antigelo	0,6%	0,0%
	Grasso al silicone	0,8%	1,0%



PA11 - Conclusioni

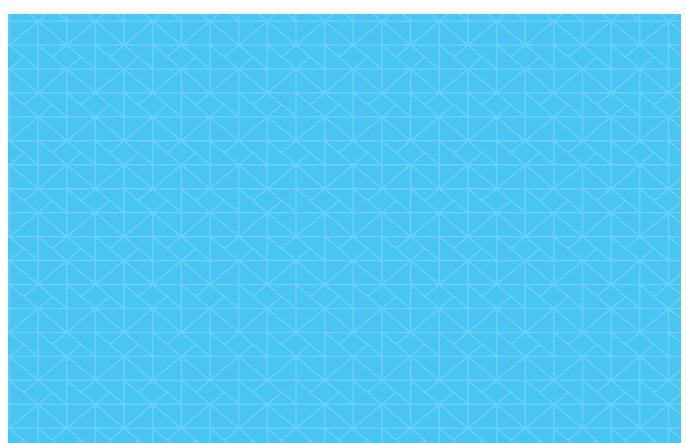
Reagente	Stabilità di peso e dimensioni	Stabilità meccanica
Acqua distillata	Eccellente	Eccellente
Olio motore sintetico	Eccellente	Eccellente
Lavavetri	Eccellente	Eccellente
Antigelo	Eccellente	Eccellente
Grasso al silicone	Eccellente	Eccellente
Grasso a base di petrolio	Eccellente	Eccellente
Acido per batterie	Resistenza chimica limitata	Resistenza chimica limitata
Benzina (Gasolio)	Eccellente	Eccellente
Diesel	Eccellente	Eccellente

Il PA11 ad alto rendimento ha dimostrato eccellenti proprietà di resistenza chimica a sette dei nove reagenti testati. Gli effetti di acqua distillata, olio motore sintetico, lavavetri, antigelo, grasso al silicone, grasso a base di petrolio e gasolio sul materiale sono risultati trascurabili. L'acido della batteria ha causato una riduzione media della resistenza meccanica del -17% con un conseguente aumento dell'elasticità dovuto all'ammorbidimento del materiale. L'immersione nella benzina sembra avere anche un effetto plastificante.

Mentre le variazioni dimensionali sono state trascurabili con tutti i reagenti, è stato osservato un notevole aumento di peso del PA11 sottoposto a bagno in acido per batterie. Si è anche riscontrato un cambiamento permanente della colorazione da grigio chiaro a blu scuro (Figura 7), l'unico test a mostrare tale variazione.



Figura 7. Parti in PA11 a contatto con acido per batterie che mostrano una variazione di colore dopo 168 ore di asciugatura.





PA12 - Conclusioni

Reagente	Stabilità di peso e dimensioni	Stabilità meccanica
Acqua distillata	Eccellente	Eccellente
Olio motore sintetico	Eccellente	Eccellente
Lavavetri	Eccellente	Eccellente
Antigelo	Eccellente	Eccellente
Grasso al silicone	Eccellente	Eccellente
Grasso a base di petrolio	Eccellente	Eccellente
Acido per batterie	Buona resistenza chimica	Buona resistenza chimica
Benzina (Gasolio)	Eccellente	Buona resistenza chimica
Diesel	Eccellente	Eccellente

SAF PA12 ha mostrato eccellenti proprietà di resistenza chimica a sette dei nove reagenti. Gli effetti di acqua distillata, olio motore sintetico, lavavetri, antigelo, grasso al silicone, grasso a base di petrolio e gasolio sono risultati trascurabili.

Il PA12 ha sperimentato solo una lieve riduzione della resistenza del pezzo e una leggera diminuzione dell'elasticità in seguito all'esposizione all'acido per batterie. Anche l'immersione in benzina ha evidenziato una riduzione altrettanto lieve delle proprietà meccaniche.

Tutte le variazioni dimensionali rilevate durante l'esecuzione del test sono state trascurabili. Il materiale ha inoltre subito un ridotto incremento del peso in seguito all'esposizione all'acido per batterie, registrando prestazioni migliori del PA11 da questo punto di vista.



PP - Conclusioni

Reagente	Stabilità di peso e dimensioni	Stabilità meccanica
Acqua distillata	Eccellente	Eccellente
Olio motore sintetico	Eccellente	Eccellente
Lavavetri	Eccellente	Eccellente
Antigelo	Eccellente	Eccellente
Grasso al silicone	Buona resistenza chimica	Buona resistenza chimica
Grasso a base di petrolio	Eccellente	Eccellente
Acido per batterie	Eccellente	Eccellente
Benzina (Gasolio)	Resistenza chimica limitata	Resistenza chimica limitata
Diesel	Eccellente	Eccellente

Il PP SAF ha dimostrato eccellenti proprietà di resistenza chimica a sette dei nove reagenti. Gli effetti di acqua distillata, olio motore, lavavetri, antigelo, grasso a base di petrolio, acido per batterie e gasolio sono risultati trascurabili. Come previsto, la benzina ha provocato un degrado significativo delle proprietà meccaniche di questo materiale. I risultati suggeriscono un forte effetto plastificante.

La performance a seguito di esposizione all'azione dell'acido per batterie (solforico concentrato) è stata eccezionale, confermando che attualmente si tratta del materiale SAF più idoneo per le applicazioni acide.



stratasys.com
Certificazione ISO
9001:2015

Sedi principali di Stratasys
7665 Commerce Way,
Eden Prairie, MN 55344
+1 800 801 6491 (numero verde USA)
+1 952 937-3000 (internazionale)
+1 952 937-0070 (Fax)

1 Holtzman St., Science Park,
PO Box 2496
Rehovot 76124, Israele
+972 74 745 4000
+972 74 745 5000 (Fax)

WHITE PAPER
SAF