



# SARGOM S

articoli gomma e plastica tecnico-industriali

Sargom s.r.l. via G.Bertoli, 15

25050 Rodengo Saiano (Bs)

Tel.030/317741-6810320 - Fax 030/320882

Scheda tecnica (conforme a scheda produttore)

Distribuita da SARGOM S.R.L.

**GE Structured Products**

**Lexan® Lastre®**

9030 • Exell D • Exell D ST • Margard  
SG305 • ULG1000 • Gepax

## Guida per la lavorazione

- Formatura
- Costruzione, produzione e  
assemblaggio di componenti
- Finitura e decorazione

Lexan

# Introduzione

---

Questo opuscolo si propone come una guida per la lavorazione delle lastre di policarbonato Lexan®.

Vengono discussi i metodi di formatura, costruzione, produzione e assemblaggio di componenti, finitura e decorazione. Per maggiori informazioni o consigli vi invitiamo a contattare la GE Structured Products.

## Indice

1.0	Formatura .....	3
1.1	Pre-essiccamento .....	4
1.2	Termoformatura .....	5
1.3	Riscaldamento e raffreddamento .....	6
1.4	Formatura per caduta libera su stampo maschio o femmina .....	7
1.5	Formatura a pressione .....	8
1.6	Formatura di lastre a coppia.....	9
1.7	Progettazione del prodotto .....	10
1.8	Stampi e progettazione dello stampo .....	12
1.9	Cupole e piramidi.....	13
1.10	Piegatura a caldo .....	14
1.11	Curvatura a freddo.....	15
2.0	Tecniche di fabbricazione .....	16
2.1	Impiego di utensili da taglio e di seghe .....	17
2.2	Foratura.....	18
2.3	Fresatura .....	19
2.4	Dispositivi di fissaggio meccanici .....	20
2.4.1	Viti, dadi e bulloni .....	21
2.4.2	Sistemi di rivettatura .....	22
2.5	Tecniche miste di fabbricazione .....	23
3.0	Finitura, decorazione e pulizia .....	24
3.1	Resistenza chimica.....	25
3.2.1	Verniciatura.....	26
3.2.2	Serigrafia.....	27
3.2.3	Trattamenti antistatici .....	28
3.3	Adesivi e sigillanti .....	29
3.4	Raccomandazioni per la pulizia .....	32

# 1.0 Formatura

I prodotti ottenuti con l'impiego di lastre Lexan® vengono progettati e realizzati in un'ampia gamma di forme e dimensioni per innumerevoli applicazioni nei più disparati settori: dai componenti per treni ad alta velocità alle insegne e cartelli stradali, dalle cassette delle lettere alle parti per motoslitte. Uno dei metodi più economici per la produzione di queste parti è la termoformatura.

La termoformatura di lastre di policarbonato Lexan® è un processo ormai ampiamente utilizzato in molti settori industriali e artigianali, che consente al progettista un notevole grado di libertà nello sviluppo di forme complesse con caratteristiche di costi/prestazioni che presentano significativi vantaggi rispetto a metodi di produzione più tradizionali. Basso costo delle attrezzature, produzione di parti di notevoli dimensioni e tempi di riapprovvigionamento ridotti: sono tutti elementi che contribuiscono a fare della termoformatura un processo ideale per la realizzazione di prodotti da lastra. Con l'introduzione di Lexan® Exell® D e Lexan® Margard FMR, lastre con particolari trattamenti superficiali che ne aumentano considerevolmente la resistenza ai raggi UV e all'abrasione, si sono aperte per i progettisti nuove, insperate e interessanti opportunità per la realizzazione di una vasta gamma di nuove applicazioni.

Mentre il processo di termoformatura è sostanzialmente molto semplice, sono invece abbastanza diverse tra loro le fasi di lavorazione, produzione, progettazione e finitura. Per assistere il progettista e il trasformatore nella selezione del metodo di produzione più adatto, la sezione riportata qui sotto riassume alcune delle tecniche usate nella progettazione e produzione di prodotti termoformati in lastre di policarbonato Lexan®.

**Tavola 1.0: Formabilità**

Materiale	Formatura sottovuoto*	Formatura per caduta libera su stampo maschio o femmina	Formatura di lastre a coppia*	Formatura a pressione	Piegatura a caldo /a freddo**	Curvatura a freddo	Laminazione piana	Laminazione curva
Lexan® 9030	x	x	x	x	x	x	x	x
Margard® MR5E					x			
Margard® MRA3					x			
Margard® HLG5					x		x	
Margard® HLG3					x		x	
Margard® FMR		x			x	x		
Margard® FLG5		x			x		x	x
Exell® D	x	x	x	x	x	x		
Exell® D ST	x	x	x	x	x	x		
Gradi per insegne	x	x	x	x	x	x		
CTG	x				x			
FR gradi	x	x	x	x	x	x		
Gepax®	x	x	x	x	x	x		
Ultem®	x		x	x	x	x		

\*Il contatto con la superficie dello stampo può causare una leggera opacizzazione (perdita di trasparenza) e una distorsione ottica della superficie della lastra trasparente.

\*\*Le superfici resistenti all'abrasione o protette contro l'azione dei raggi UV possono risultare danneggiate attorno all'area piegata durante il processo di piegatura.

## 1.1 Pre-essiccamento

---

La maggioranza delle resine termoplastiche, incluso i prodotti in lastra, sono igroscopiche, assorbono cioè umidità. L'umidità si accumula nella lastra del polimero durante la produzione, il trasporto e lo stoccaggio. Nella condizione "come estruso" non presenta alcun problema. Durante la formatura, però, un grado di umidità eccessivo può causare la formazione di bolle e altri problemi di aspetto superficiale, come pure una riduzione delle proprietà.

Sebbene l'entità di acqua assorbita non sia significativa se comparata a quella di altri materiali igroscopici, è comunque essenziale che essa venga rimossa prima della formatura. Si raccomanda l'impiego di un forno a circolazione d'aria calda ad una temperatura di  $125^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ . Per evitare deformazioni, la temperatura di essiccazione non dovrebbe superare i  $125^{\circ}\text{C}$  e il volume d'aria nel forno dovrebbe essere cambiato sei volte all'ora per permettere una corretta rimozione del vapore acqueo. Dopo la rimozione della pellicola protettiva, le lastre vanno appese verticalmente nel forno di essiccamento e pre-essiccate conformemente alle raccomandazioni indicate nella Tavola 1.1. In alternativa, le lastre possono essere poste su rastrelliere avendo cura di lasciare uno spazio di separazione tra le lastre di circa 1.0 - 2.5 cm. Dopo il pre-essiccamento, la lastra può essere lavorata entro poche ore. Il limite di tempo dipende dallo spessore della lastra e dalle locali condizioni ambientali.

**Tavola 1.1: Tempi di essiccamento raccomandati**

Spessore della lastra (mm)	Tempo di essiccamento (ore)
0.375	0.15
0.50	0.25
0.75	0.50
1.00	1.00
1.50	1.50
2.00	3.00
3.00	4.00
4.00	10.00
5.00	16.00
6.00	24.00
8.00	36.00
9.50	40.00
12.00	48.00

## 1.2 Tecniche di termoformatura

Le lastre di polycarbonato Lexan<sup>®</sup> sono facilmente termoformabili e l'impiego di questo processo consente la realizzazione di un'ampia gamma di applicazioni. Le fasi principali del processo di termoformatura sono il riscaldamento, la formatura e il raffreddamento di una lastra termoplastica. Vi sono diverse tecniche di formatura, alcune delle quali richiedono solo il riscaldamento della lastra alla temperatura voluta e il suo semplice adattamento alla forma di uno stampo maschio o femmina. Altre, come la formatura sotto vuoto e a pressione, richiedono che, dopo il riscaldamento, la lastra venga sottoposta ad un processo di formatura (di adattamento cioè alla forma di uno stampo opportunamente predisposto) mediante l'applicazione della pressione o del vuoto.

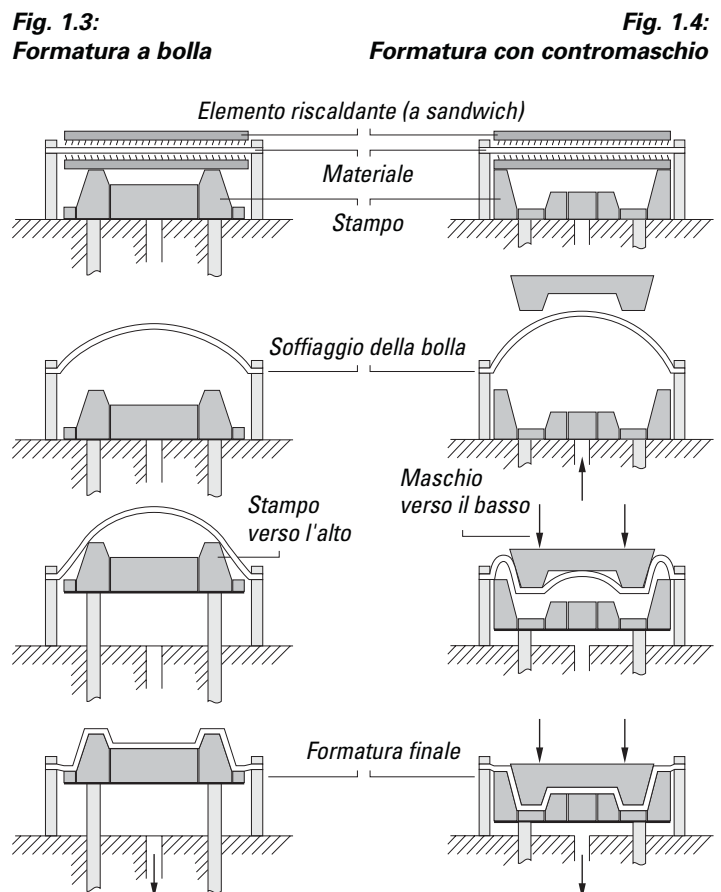
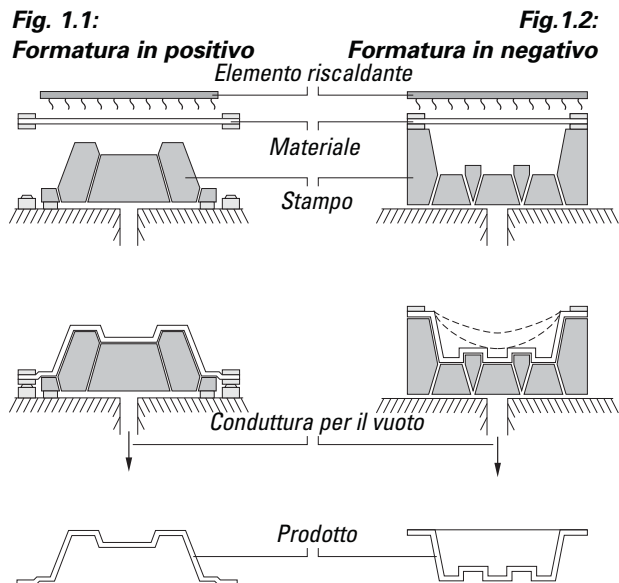
Sebbene ogni processo sia leggermente diverso, le fasi principali sono, come illustrato nelle figure 1.1-1.4, molto simili tra loro. La lastra viene dapprima bloccata (su tutto il suo perimetro) su un telaio di fissaggio. Una sorgente di calore viene posta sopra la lastra aumentando progressivamente la temperatura fino a quando la lastra assume una consistenza plastica. Viene allora rimossa la sorgente di calore e sollevata la tavola portastampo. L'aria che si trova nello spazio tra la lastra e lo stampo viene rimossa e la lastra si distende sullo stampo assumendone la forma. Per riprodurre più fedelmente particolari configurazioni dello stampo o dettagli si può anche applicare una pressione sul lato positivo dello stampo. La lastra viene raffreddata, lo stampo abbassato e il prodotto viene tolto dalla macchina. Viene infine rimosso il telaio di fissaggio e, se necessario, vengono effettuate lavorazioni meccaniche supplementari per finire il prodotto.

Come processo di produzione, la tecnica offre notevoli vantaggi ed è largamente impiegata per la sua semplicità e i bassi costi di produzione.

Il processo di termoformatura non può essere impiegato per le lastre Lexan<sup>®</sup> Margard<sup>®</sup> in quanto potrebbe danneggiarne i rivestimenti protettivi.

I principali vantaggi della termoformatura sono:

- possono essere prodotte sia parti di piccole dimensioni sia parti di grandi dimensioni
- tempi brevi di riapprovvigionamento
- serie di piccola - media dimensione
- flessibilità



## 1.3 Riscaldamento e raffreddamento

### **Riscaldamento**

Nella produzione di parti termoformate di buona qualità, il fattore critico è il riscaldamento controllato e uniforme della lastra di polycarbonato Lexan". È raccomandato l'uso di elementi riscaldanti del tipo a sandwich che consentono di riscaldare lentamente e uniformemente la lastra su entrambi i lati. Possono essere del tipo a raggi infrarossi in ceramica o quarzo. Si raccomanda anche l'impiego di timer proporzionali con una velocità di riscaldamento controllata. Una particolare attenzione va infine riservata all'influenza delle variazioni di corrente e ai tiraggi dell'aria. Basse velocità di riscaldamento compensano eventuali punti di surriscaldamento e permettono anche ai bordi della lastra di raggiungere la temperatura di formatura richiesta. Si raccomanda di pre-riscaldare il telaio di fissaggio ad una temperatura di 120°C - 130°C. Poiché la lastra di polycarbonato Lexan" si raffredda rapidamente, è essenziale che il controllo finale e il riscaldamento siano effettuati sulla stessa macchina di formatura. Per formature meccaniche e sottovuoto le temperature della lastra variano normalmente tra i 170°C e i 225°C.

Le condizioni ottimali di formatura dipendono dal disegno della parte, dal rapporto di stiramento, dallo spessore della lastra e dalla tecnica di formatura impiegata. Valgono comunque le seguenti regole di base:

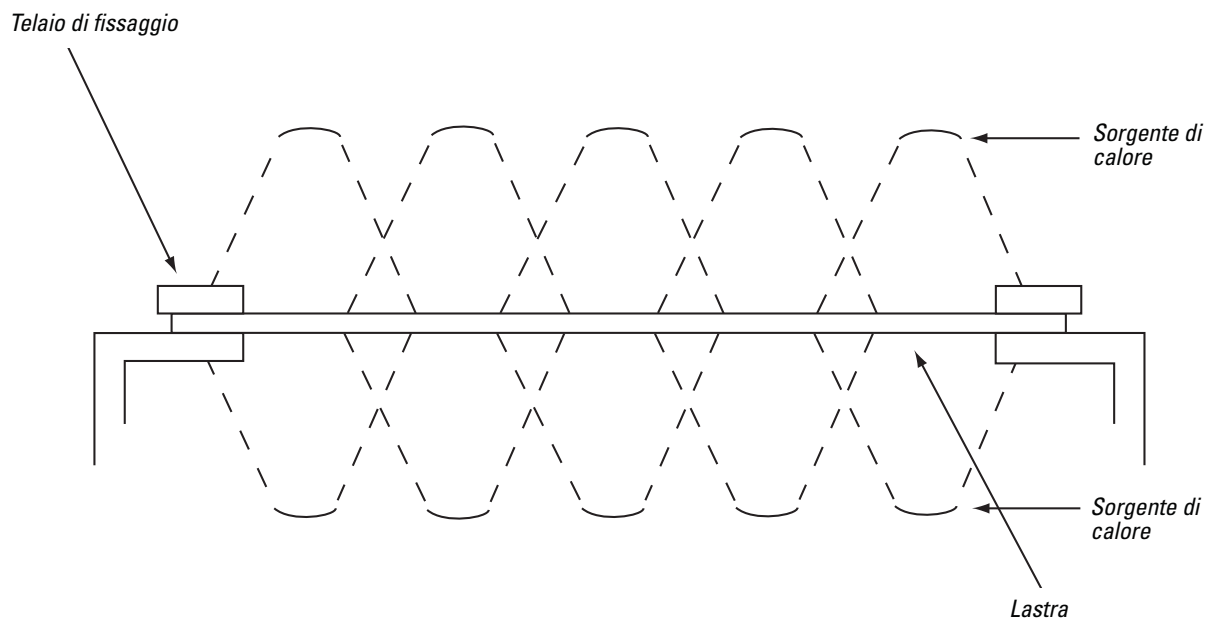
- formature a basse temperature consentono di ottenere una migliore resistenza a caldo, di minimizzare i punti di assottigliamento del materiale e, in generale, di ridurre i tempi di ciclo
- formature ad alte temperature consentono di ridurre al minimo i livelli di tensione interni ma aumentano il ritiro e lo spessore del materiale potrebbe non essere uniforme.

Un compromesso tra le due varianti permette di solito di produrre parti con proprietà accettabili mantenendo i tempi di ciclo entro limiti soddisfacenti.

### **Raffreddamento**

I tempi di raffreddamento dipendono da numerosi fattori: l'ambiente, la temperatura di formatura, la temperatura e il materiale dello stampo, il sistema di raffreddamento, lo spessore della parte e la geometria del pezzo. Tuttavia, poiché il polycarbonato Lexan" ha una temperatura di deformazione relativamente elevata, le parti formate possono essere rimosse dallo stampo a circa 125°C. Per il raffreddamento non è consigliabile utilizzare una circolazione d'aria forzata o acqua.

**Fig. 1.5: Riscaldamento a sandwich**



## 1.4 Formatura per caduta libera su stampo maschio o femmina

Questa tecnica di termoformatura è la più semplice. La lastra viene riscaldata e "adagiata" su uno stampo maschio o femmina: sotto l'azione del suo stesso peso o di una leggera pressione meccanica, la lastra assume man mano la forma dello stampo. La lastra (priva della pellicola protettiva) e lo stampo vengono posti in un forno a circolazione d'aria calda. La temperatura viene aumentata fino al punto in cui la lastra cede sotto il suo peso (tra i 140°C e i 155°C) adattandosi alla forma dello stampo. Stampo e lastra possono poi essere tolti dal forno e lasciati raffreddare. Le figure 1.6 e 1.7 illustrano le fasi fondamentali.

Il superamento della temperatura di transizione vetrosa del Lexan si traduce in una diminuita qualità ottica della parte. Il pre-essiccamento non è necessario poiché le temperature di lavorazione sono relativamente basse.

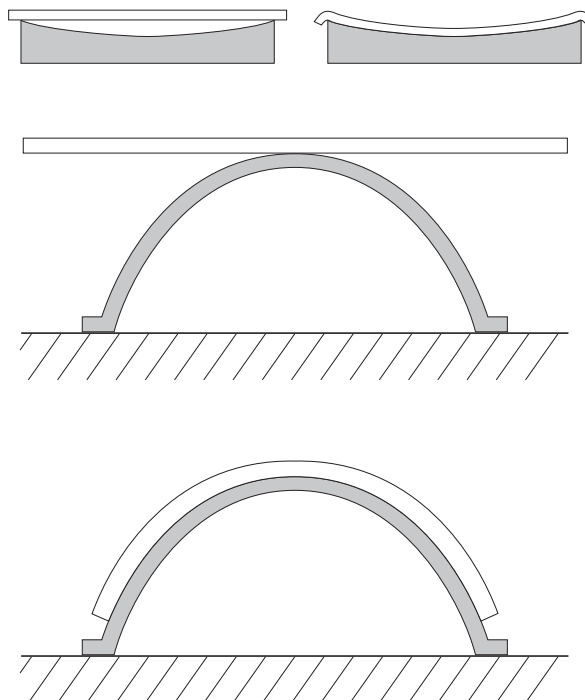
Questo processo di formatura può essere una combinazione di metodi diversi. Questi includono:

- formatura per azione del peso stesso della lastra portata ad una temperatura di 155°C
- formatura per azione del peso stesso della lastra con una leggera pressione meccanica (temp. 155°C)
- curvatura a freddo in una maschera di montaggio e sistemazione in un forno a temperature tra i 140°C e i 155°C
- curvatura a freddo della lastra su uno stampo, esposizione ad una temperatura di 150°C e applicazione del vuoto per ottenere una forma tridimensionale.

Per evitare la formazione di incrinature superficiali su prodotti dotati di speciali rivestimenti o trattamenti, vanno osservate rigorosamente le istruzioni concernenti la curvatura a freddo. La fase di raffreddamento dovrebbe essere sempre lenta e non forzata. Quando la formatura viene effettuata ricorrendo al sistema della caduta libera della lastra su stampo maschio o femmina, usare lastre opportunamente sovradimensionate per evitare problemi di ritiro del materiale. In alternativa, le lastre possono essere poste nel forno con lo stampo direttamente all'esterno del forno stesso. Quando la lastra ha raggiunto la temperatura richiesta, va velocemente rimossa e adagiata sullo stampo dove, per il suo stesso peso, tenderà ad assumere la forma finale. Il passaggio dal forno allo stampo deve essere effettuato molto velocemente poiché la lastra Lexan® perde rapidamente la sua plasticità una volta tolta dal forno.

Tipiche applicazioni realizzate con questo sistema sono visiere e vetri di sicurezza per auto, dove le lastre di policarbonato Lexan® soddisfano facilmente le severe esigenze qualitative imposte dalle normative internazionali e dagli stessi costruttori. In questi tipi di applicazione lo stampo deve essere realizzato in materiali ad alta lucentezza come acciaio, alluminio o anche vetro per ottenere la necessaria qualità ottica.

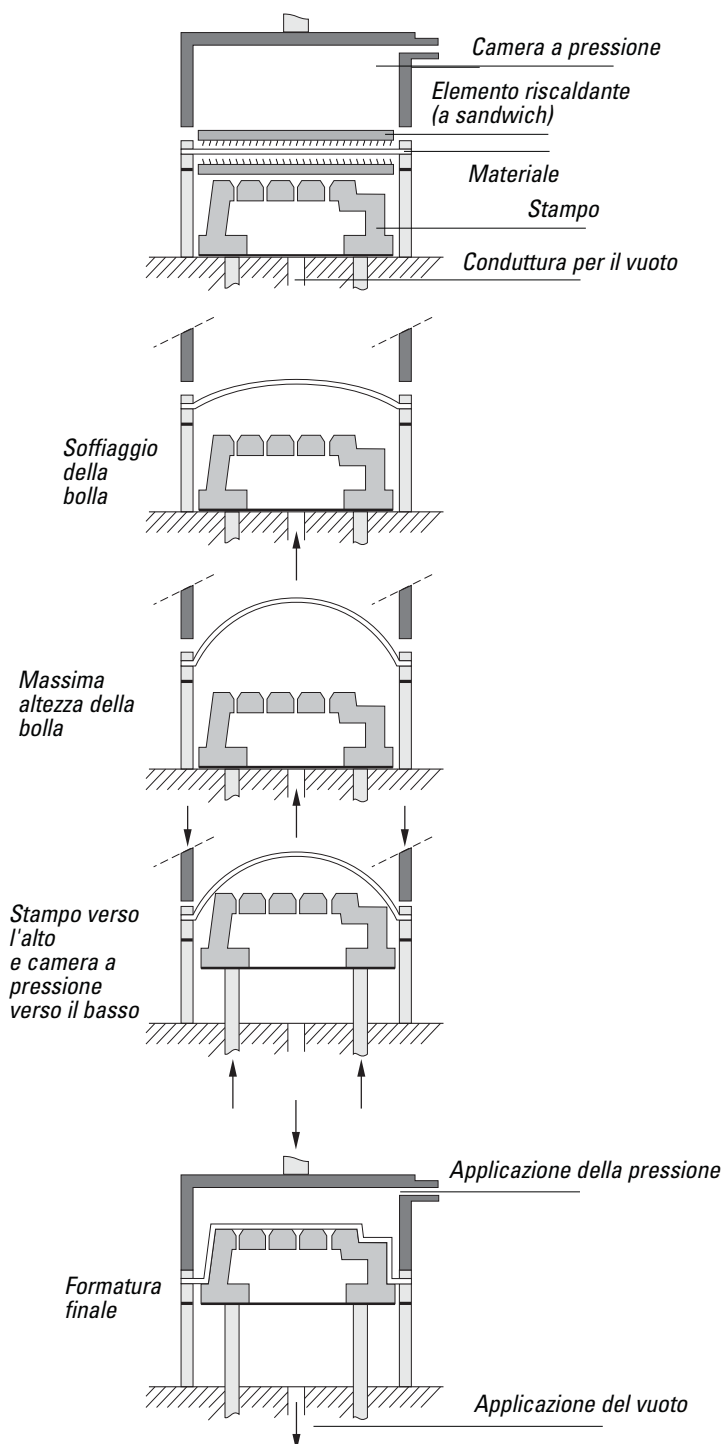
Fig. 1.6 / 1.7: Tipico set-up per la formatura a caduta libera



## 1.5 Formatura a pressione

La formatura a pressione è fondamentalmente simile alla formatura sottovuoto. Durante lo stadio finale dell'operazione di formatura viene però applicata sul lato positivo dello stampo aria compressa per forzare la lastra a conformarsi in modo più preciso allo stampo. Si possono così ottenere anche configurazioni con spigoli vivi e geometrie con dettagli molto accurati. Le fasi principali della lavorazione sono illustrate nella figura 1.8, con la camera a pressione montata sopra lo stampo. Superfici goffrate e raggi molto ridotti sono tipici esempi dei dettagli che possono essere ottenuti con questo processo.

**Fig. 1.8: Formatura a pressione**





## 1.6 Formatura di lastre a coppia

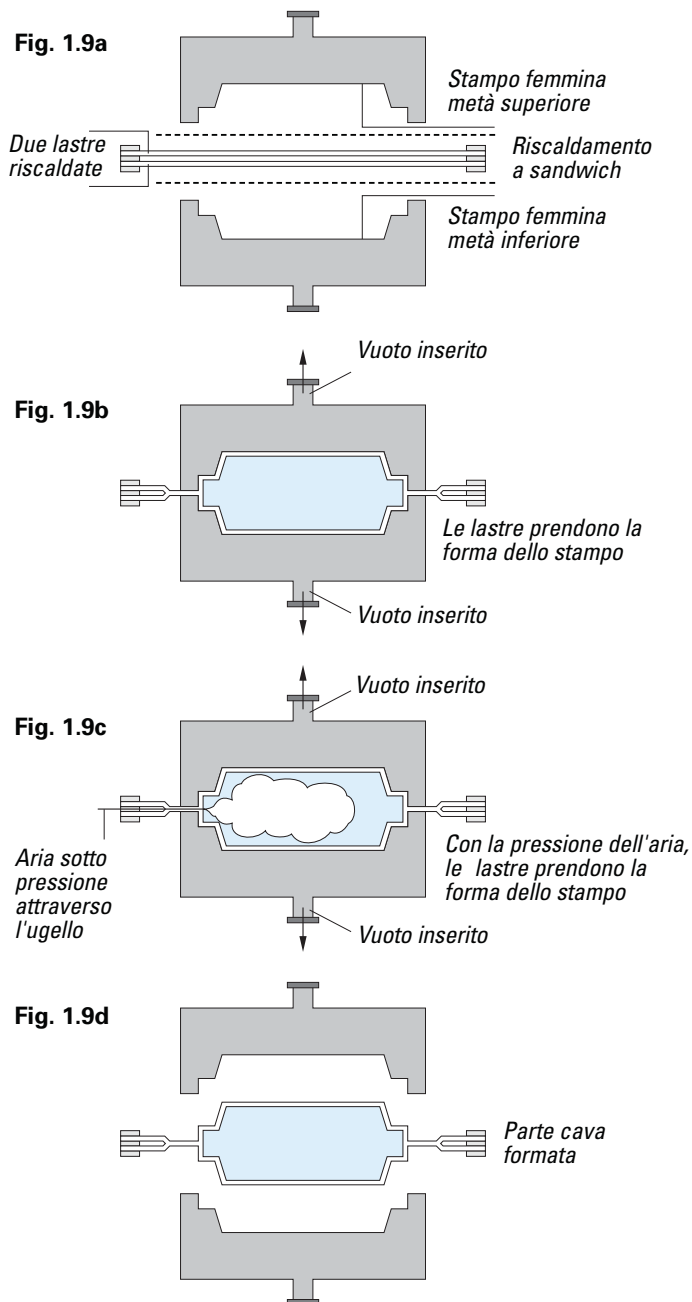
La formatura di lastre a coppia è uno sviluppo della tecnologia di formatura sottovuoto che consente di formare contemporaneamente due lastre "gemelle" e di realizzare applicazioni con sezioni cave ermeticamente sigillate. Le fasi principali del processo sono illustrate nelle figure 1.9a-d.

Quando si usa questa tecnica è essenziale un controllo accurato delle temperature poiché solo un lato della lastra viene riscaldato. La possibilità di controllare il riscaldamento in singole aree della lastra è di importanza vitale. È necessario anche installare delle fotocellule per controllare la curvatura della lastra (il cosiddetto "insellamento") man mano che la temperatura aumenta. Spesso viene utilizzata aria calda per evitare che le due lastre vengano a contatto.

Il processo si presta molto bene per la produzione di parti cave, in particolare di grandi dimensioni, come p. es. contenitori per bagagli, condotte di ventilazione, cupole e aperture per tetti.

La giunzione tra le due parti viene ottenuta combinando la fusione dei due materiali e la pressione esercitata sugli stampi. Non è perciò necessario l'impiego di adesivi o colle. Questo metodo può essere utilizzato per produrre parti composte da due diversi materiali, colori e spessori. Attrezzature che consentono il controllo completamente automatico del processo sono prodotte dalla Geiss-Germania e dalla Shelley-UK.

**Fig. 1.9a-d: Formatura di lastre a coppia**



# 1.7 Progettazione del prodotto

I fattori più importanti che influenzano la progettazione di un prodotto ottenuto per termoformatura sono classificabili in quattro categorie principali: funzione, economia, estetica e produzione. Le prime tre di queste sono largamente dipendenti dal prodotto stesso. Nell'ambito della produzione sussistono però alcune limitazioni imposte dalla natura stessa del processo. Per facilitare il compito di progettisti e produttori alle prese con la realizzazione di un prodotto termoformato, riassumiamo qui di seguito i fattori che svolgono un ruolo particolarmente critico nella fase di produzione.

**Geometria del prodotto** La geometria del componente determina il grado di imbutitura

della lastra che, a sua volta, è una funzione del rapporto di stiramento. Il rapporto di stiramento è la relazione tra l'area della superficie del prodotto termoformato ( $S$ ) e la superficie della lastra disponibile all'interno del telaio di fissaggio ( $s$ ). (Vedi figura 1.10a-b)

$$\text{Rapporto di stiramento (QS)} = S/s \\ = \frac{LW + 2LH + 2WH}{LW}$$

Una relazione simile esiste anche tra lo spessore della lastra e lo spessore medio del prodotto.

$$Q_T = T / T'$$

Queste raccomandazioni presumono che la distribuzione degli spessori sia in tutto il pezzo uniforme, con una geometria della parte più o meno simmetrica. Se il componente è lungo e sottile, l'imbutitura può essere unidirezionale causando in alcune aree un assottigliamento eccessivo. In questi casi si raccomanda di limitare la profondità di imbutitura ad un valore uguale alla larghezza minima del prodotto. Per prodotti formati sottovuoto, viene comunemente accettato come massimo un rapporto di stiramento di 3:1.

**Raggi del prodotto** In tutti i casi, sia che si tratti di una formatura positiva o negativa, tutti i cambiamenti di geometria devono prevedere raggi piuttosto ampi. Il criterio di base è: tutti i raggi dovrebbero essere almeno uguali allo spessore della parete. Le linee guida generali sono illustrate in figura 1.12.

**Angoli di sformo** I prodotti realizzati con lastre di policarbonato Lexan® tendono, come tutti i materiali termoplastici, a ritirarsi con il raffreddamento. È perciò essenziale che tutte le superfici abbiano adeguati angoli di sformo per facilitare il distacco della parte dallo stampo. Per stampi positivi si raccomanda di utilizzare angoli minimi di 2°-3°. Se la geometria della parte lo permette, sarebbero comunque preferibili valori

Fig. 1.10a-b: Determinazione delle dimensioni del pezzo tranciato

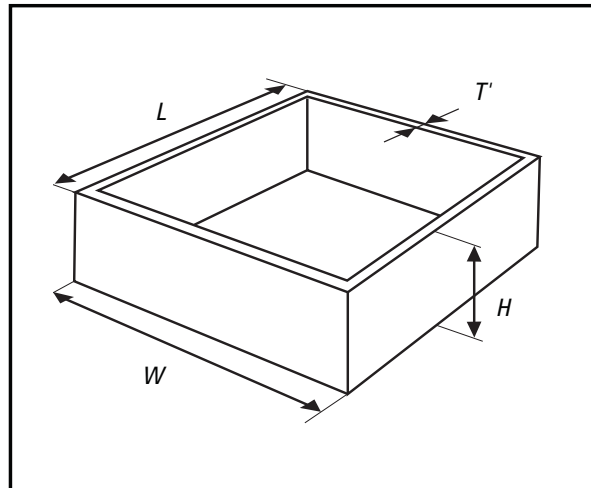
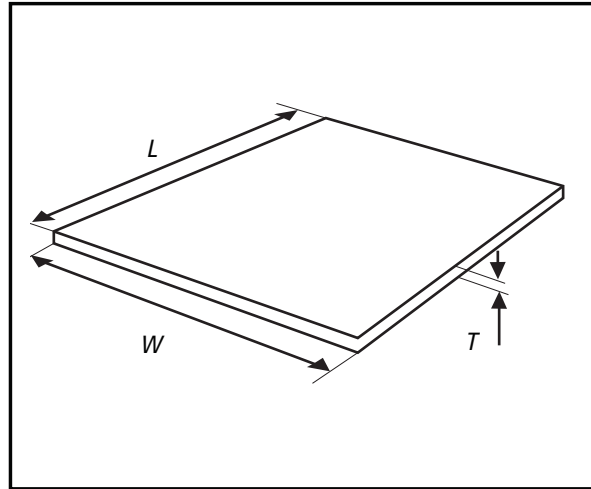
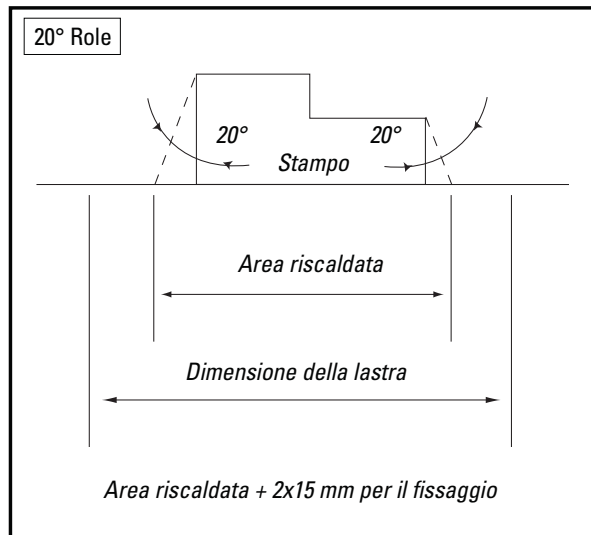


Fig. 1.11: Dimensioni del pezzo tranciato richieste per la formatura



## 1.7 Progettazione del prodotto

compresi tra i 5° e i 7°. Per formature negative si raccomanda di utilizzare angoli minimi di 0.5°-1°. Se lo stampo presenta una superficie lavorata (p. es. goffratura), i valori dovrebbero salire fino ad un minimo di 2°-3°. Per evitare l'aumento delle tensioni interne ed eccessive difficoltà di rimozione della parte a causa del post-ritiro nello stampo (0.8-1%), l'estrazione della parte in Lexan® dovrebbe avvenire ad una temperatura di 120°C.

### Sottosquadra

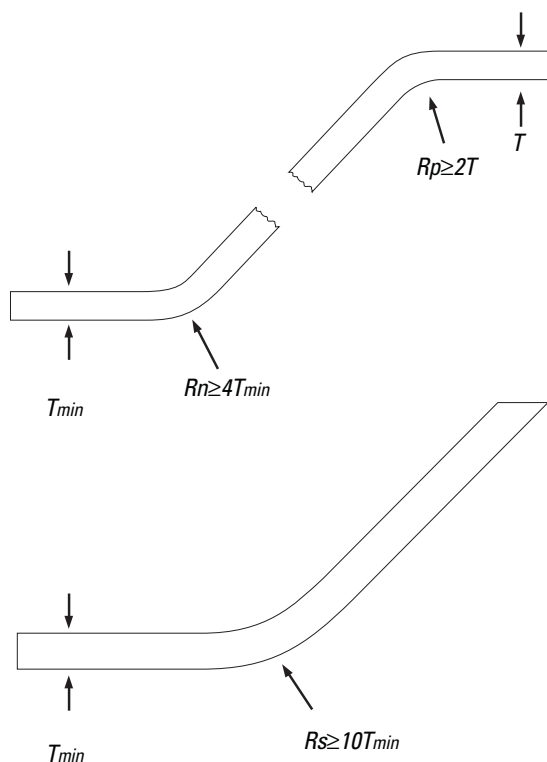
Con la formatura sottovuoto è possibile realizzare dei

sottosquadra. Questo rende però più complessi gli stampi e più critica la lavorazione. I sottosquadra sono più comuni nelle formature negative e il modo più semplice per ottenerli è di far uso nello stampo di una parte staccata, rimovibile.

Un tipico esempio è quello di un bordo attorno alla circonferenza della parte come mostrato in figura 1.13.

La parte staccata può essere un anello in uno o più pezzi che viene rimosso una volta che la parte è completamente formata. Questo metodo per creare un sottosquadra richiede ovviamente più lavoro con un inevitabile allungamento del tempo di ciclo. Per grandi serie, le parti mobili possono essere installate nello stampo e azionate mediante cilindri pneumatici o idraulici.

Fig. 1.12: Raggi minimi raccomandati



$T$  - Spessore iniziale della lastra

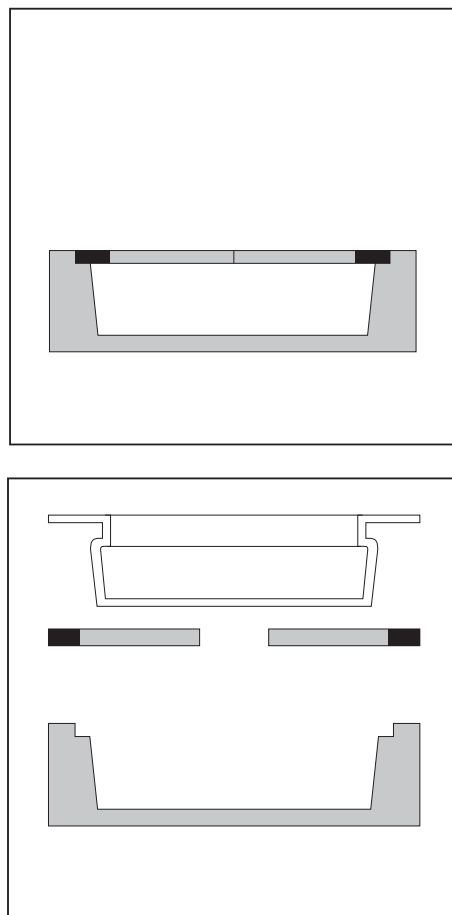
$T_{min}$  - Spessore minimo della parte formata

$R_p$  - Raggio sullo stampo positivo

$R_n$  - Raggio sullo stampo negativo

$R_s$  - Raggio nell'area, o vicino all'area, dove vi è un accumulo di tensioni

Fig. 1.13: Tipico disegno di un sottosquadra



## 1.8 Stampi e progettazione dello stampo

Gli stampi utilizzati per la formatura di lastre di polycarbonato Lexan<sup>®</sup> sono relativamente economici e possono essere realizzati sfruttando diversi materiali.

In funzione del numero delle parti da produrre e della loro qualità, gli stampi possono essere realizzati in legno, gesso cotto, resine epossidiche, poliestere con cariche metalliche o metallo. Poiché devono resistere a pressioni molto basse (normalmente la sola pressione atmosferica), l'usura è molto limitata e lo scorrimento del materiale plastico contro la superficie dello stampo è minimo.

Per prototipi e produzioni di piccole serie può essere utilizzato il legno che offre significativi vantaggi in termini di disponibilità e facilità di lavorazione ma che presenta anche qualche svantaggio. Gli stampi in legno non sono stabili dimensionalmente, in particolare alle alte temperature di formatura, e spesso, con parti di grandi dimensioni, la pressione che deve essere esercitata per il distacco del pezzo può danneggiare la superficie dello stampo.

Per lotti di produzione medio-grandi è raccomandato l'impiego di resine epossidiche o acriliche con indurimento a freddo o di materiali per stampi caricati con alluminio. In questi casi potrebbe essere necessario provvedere lo stampo di canali di raffreddamento per eliminare il calore accumulato. È essenziale per la stabilità e la resistenza della parte che la temperatura dello stampo venga mantenuta costante durante l'operazione di formatura.

**Ritiro** Per compensare il post-ritiro del pezzo, tutte le dimensioni dovrebbero essere maggiorate dello 0.8%-1%.

**Aperture per il vuoto** L'evacuazione dell'aria dallo stampo deve essere effettuata quanto

più rapidamente possibile. La grandezza delle aperture per il vuoto non dovrebbe però essere tale da lasciare segni sul prodotto dopo la formatura. Per evitare che sulla parte termoformata rimangano dei segni in corrispondenza delle aperture per il vuoto, si raccomanda di tenere il diametro dei fori su valori compresi tra 0.5 e 0.75 mm. I fori possono essere alloggiati nella parte inferiore dello stampo per migliorare l'evacuazione dell'aria, come illustrato in figura 1.15a.

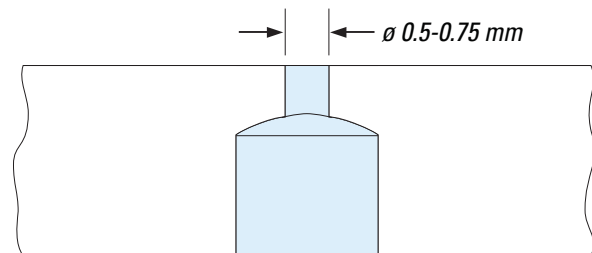
La figura 1.15b illustra i distanziatori e il disegno della fessura.

**Fig. 1.14: Un tipico stampo per la formatura sottovuoto**

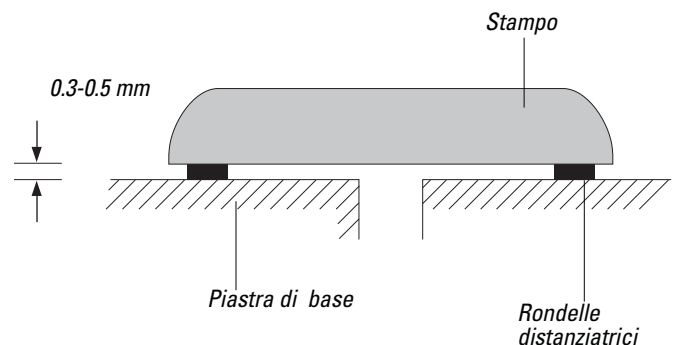


**Fig. 1.15a: Aperture per il vuoto raccomandate**

Diametro dei fori compreso tra 0.5 e 0.75 mm  
Raccomandata l'alesatura del foro



**Fig. 1.15b: Disegno della fessura raccomandato**

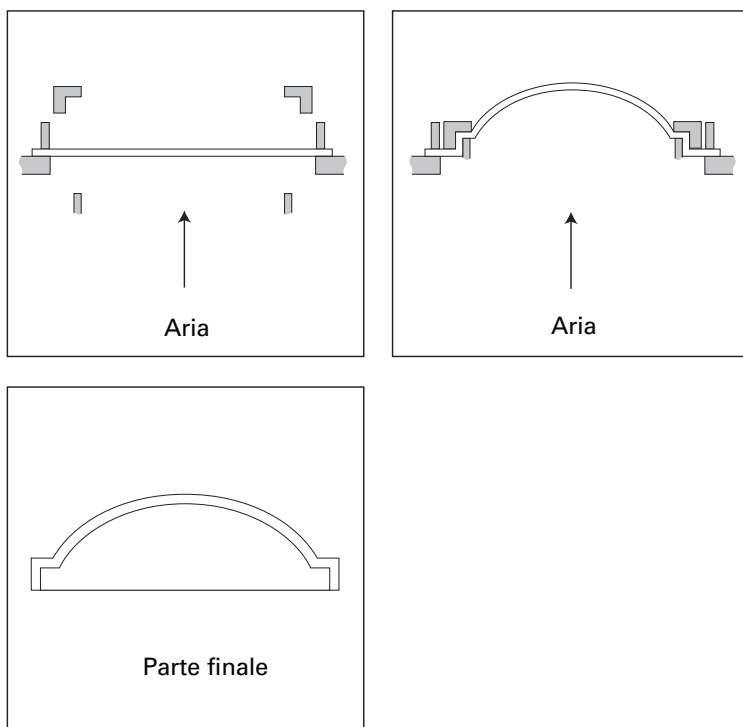


## 1.9 Cupole e piramidi

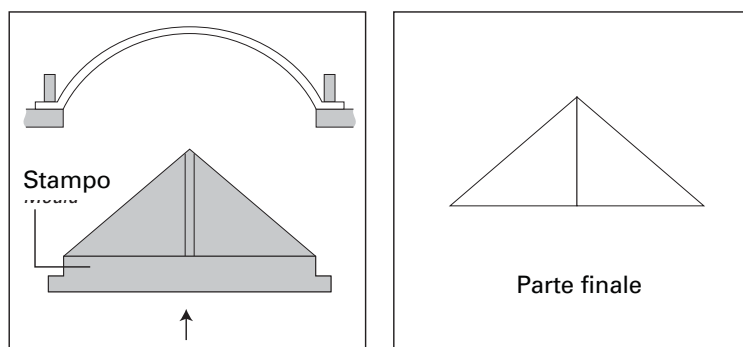
Le cupole sono probabilmente le applicazioni più semplici realizzate con il processo di termoformatura. La tecnica comporta il fissaggio dei bordi della lastra e, dopo il riscaldamento, l'applicazione di una leggera pressione sulla parte inferiore della lastra. La lastra si stira come una membrana elastica formando la cupola. Con un accurato controllo della pressione, la forma viene mantenuta fino a quando la lastra si è raffreddata. Le fasi principali del processo sono illustrate in figura 1.16.

Aggiungendo un'ulteriore fase al processo possono essere prodotte le piramidi, come mostrato in figura 1.17. Un semplice scheletro di legno funge da stampo: dopo l'applicazione della pressione, lo stampo viene sollevato, portato a contatto con la cupola e la lastra viene lasciata raffreddare sullo stampo. Il contatto con lo stampo è limitato ai bordi della piramide: con questo sistema possono essere prodotte facilmente parti con una buona qualità ottica. Le temperature di lavorazione raccomandate sono comprese tra i 170°C e i 180°C.

**Fig. 1.16: Cupole ottenute per soffiaggio senza stampo**



**Fig. 1.17: Tipica formazione a piramide**



## 1.10 Piegatura a caldo

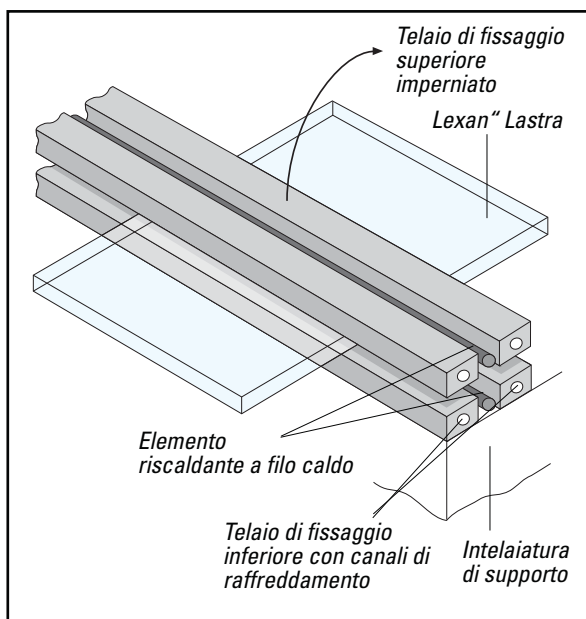
La piegatura a caldo è un processo che implica il riscaldamento della zona di piegatura per permettere la formatura di lastre di notevole spessore e di angoli più acuti. La lastra viene riscaldata localmente lungo la prevista linea di piegatura utilizzando un elemento riscaldante a radiazione, abitualmente un elemento riscaldante a resistenza elettrica. In funzione della messa a punto utilizzata, la lastra può essere riscaldata su uno o su entrambi i lati. Se si opta per il riscaldamento su un solo lato, la lastra deve essere girata più volte per ottenere un riscaldamento ottimale. Durante il processo di piegatura a caldo, si può evitare di togliere la pellicola protettiva.

Quando la lastra ha raggiunto la temperatura di 155°C-165°C, gli elementi riscaldanti vengono spenti e la lastra piegata con l'angolatura richiesta. Per tolleranze precise e/o per produzioni di grandi serie, si raccomanda l'impiego di una piegatrice dotata di elementi riscaldanti su entrambi i lati. In questo caso è indispensabile disporre di un sistema di controllo delle temperature degli elementi riscaldanti.

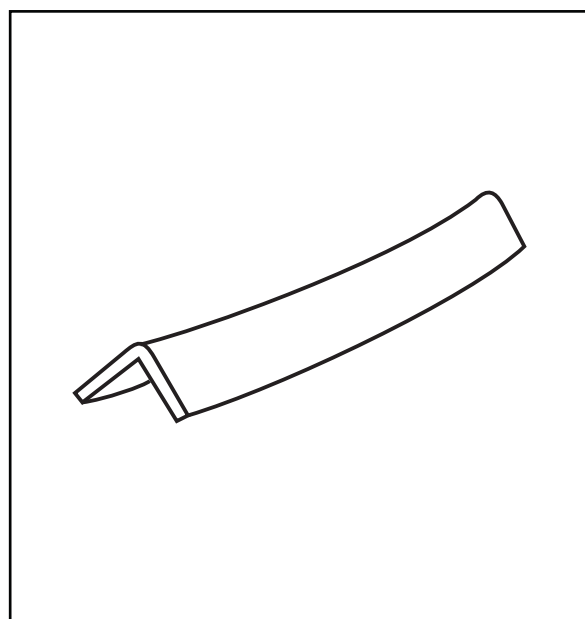
Una messa a punto tipica è illustrata in figura 1.18. Poiché il processo prevede un riscaldamento localizzato, le caratteristiche di dilatazione della lastra non sono completamente prevedibili. Per lastre di larghezza fino a 1 m, la linea di piegatura è abitualmente diritta. Per lastre di larghezza maggiore di 1 m, la linea della piegatura è spesso concava con una tendenza dei bordi esterni a sollevarsi, come mostrato in figura 1.19.

Possono essere costruite semplici maschere di montaggio per permettere alla lastra di raffreddarsi in una posizione tale da ridurre il grado di distorsione. In tutti i casi si raccomanda di condurre preliminarmente alcuni test su prototipi per determinare la fattibilità dell'operazione di piegatura.

**Fig. 1.18: Tipica messa a punto per la piegatura a caldo**



**Fig. 1.19: Possibile effetto di spigolo concavo su lastre di notevole larghezza**



## 1.11 Curvatura a freddo

Con questa tecnica la lastra viene posta sotto tensione. Adottando alcune precauzioni, tuttavia, le caratteristiche fisiche e meccaniche della lastra non vengono sostanzialmente alterate.

**Curvatura a freddo** Questa tecnica implica semplicemente l'installazione di una lastra curvata mediante applicazione di una leggera sollecitazione di flessione su tutta la lastra.

I livelli di tensione nella curva sono in funzione dello spessore e dei raggi della lastra: se questi non superano il massimo raccomandato, la tensione non avrà alcuna influenza sulle proprietà e sulle prestazioni della lastra. I criteri base per il calcolo dei raggi minimi sono: 100 volte lo spessore della lastra per lastre Lexan® senza rivestimenti o trattamenti superficiali, 175 volte lo spessore della lastra per lastre Lexan® Exell® D e 300 volte lo spessore della lastra per lastre Lexan® Margard® FMR. La Tabella 1.2a riassume i raggi raccomandati per una gamma di spessori della lastra. Questa tecnica non è raccomandabile per le lastre Lexan® Margard® MR5E. Poiché le combinazioni di tensioni/sollecitazioni elevate e sfavorevoli condizioni chimiche possono causare la formazione di incrinature esterne o interne (fenomeno dello stress cracking), è essenziale che prima dell'installazione venga controllata la compatibilità chimica di tutti i materiali.

La curvatura di lastre Lexan® CTG o di lastre Lexan® senza rivestimenti o trattamenti superficiali, prima del processo di formatura a caduta libera su stampo maschio o femmina, può essere fatta con raggi 100 volte lo spessore della lastra.

**Piegatura a freddo** La elevata duttilità delle lastre Lexan, anche a basse temperature, rende possibile l'utilizzo del processo di piegatura a freddo. Il processo, tuttavia, comporta un certo grado di deformazione plastica permanente e i risultati dipendono dallo spessore della lastra, dall'attrezzatura impiegata e dall'angolo di piegatura. Una tipica operazione di piegatura a freddo è illustrata nelle figure 1.20 e 1.21.

### Raccomandazioni per la piegatura a freddo

- Usare utensili a spigolo vivo.
- Permettere al materiale di compiere tutto il processo di rilasciamento delle tensioni accumulate durante l'operazione di piegatura (±

Tabella 1.2a: Raggi minimi per la curvatura a freddo

Spessore della lastra (mm)	Lexan® Exell® D Raggio min. (mm)	Lexan® senza rivestimenti o trattamenti superficiali Raggio min. dei prodotti (mm)
1.0	-	100
1.5	-	150
2.0	350	200
3.0	525	300
4.0	700	400
5.0	875	500
6.0	1050	600
8.0	1400	800

Tabella 1.2b: Raggi minimi per la curvatura a freddo

Spessore della lastra (mm)	Lexan® Margard® FMR5E/FLG5*
2	600
3	900
4	1200
5	1500
6	1800
8	2400

\* Un lato rivestito FMR5E

- 1-2 giorni).
- Non ridurre l'angolo di piegatura durante l'installazione o non tentare di forzare la lastra nella posizione desiderata.
- Per ottenere ottimi risultati, effettuare rapidamente l'operazione di piegatura.
- In caso di piegatura di lastre goffrate, la compressione va esercitata sulla superficie goffrata.
- Poiché immediatamente dopo la piegatura interviene un fenomeno di diminuzione della deformazione dopo l'allontanamento della sollecitazione, si aumenta abitualmente il valore di piegatura teorico per compensare il ritorno del materiale.
- Dopo la piegatura, le lastre colorate possono mostrare variazioni di colore lungo la linea di piegatura.

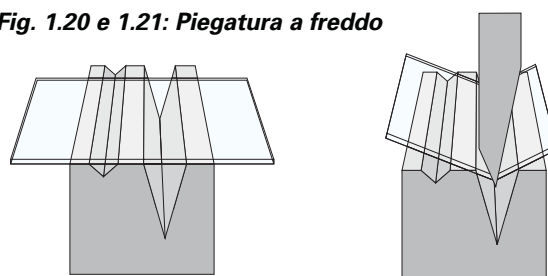
È necessario che i bordi delle lastre Lexan® siano lisci e non presentino intagli (bordi arrotondati e/o rastremati a 45°) per evitare la formazione di incrinature laterali durante la piegatura. Per limitare la deformazione elastica, l'angolo di piegatura viene abitualmente limitato a 90° o più per lastre fino a 6 mm di spessore.

Lastre Lexan® con spessori più elevati (8, 9.5 e 12 mm) possono essere piegate a freddo fino ad un angolo di 135°.

Dopo l'operazione di piegatura nella lastra rimangono tensioni residue che potrebbero ridurre la resistenza all'urto del materiale nell'area lungo la linea di piegatura. L'impiego di questa tecnica dovrebbe quindi essere limitata ad applicazioni meno critiche.

Il rivestimento antiabrasione delle lastre Lexan® Margard® MR5E e FMR e la superficie con la protezione contro i raggi UV della lastra Lexan® Exell® D potrebbero subire dei danneggiamenti attorno all'area di piegatura. Per maggiori informazioni sulle tecniche di formatura, vi invitiamo a contattare il Centro di assistenza tecnica locale della GE Structured Products.

Fig. 1.20 e 1.21: Piegatura a freddo



## *2.0 Tecniche di fabbricazione*

---

La fabbricazione può essere definita come la costruzione, la produzione o l'assemblaggio di un certo numero di parti di un relativo componente. Per prodotti derivati da lastre di policarbonato Lexan" questo potrebbe comportare la costruzione di pannelli per finestre, la produzione di un grande cartello autostradale o l'assemblaggio di uno schermo di sicurezza attorno ad un pezzo di macchina utensile. In un modo o nell'altro, ognuno di queste applicazioni richiede operazioni che genericamente definiamo di fabbricazione. La sezione seguente prende in esame alcune delle tecniche e dei processi utilizzati per "fabbricare" prodotti finiti partendo da lastre di policarbonato Lexan" e fornisce una serie di raccomandazioni e avvertenze per ottenere i migliori risultati.



## 2.1 Impiego di utensili da taglio e di seghe

Le lastre di policarbonato Lexan<sup>®</sup> possono essere facilmente e accuratamente tagliate e segate utilizzando normali attrezzi d'officina. Seghe circolari, seghe a nastro, seghetti alternativi e comuni seghetti da traforo danno tutti risultati più che soddisfacenti. Vanno tuttavia rispettate alcune importanti indicazioni di massima. Qui di seguito vengono date delle istruzioni di carattere generale, rinviando ai singoli paragrafi per raccomandazioni più specifiche.

- La lastra deve essere sempre accuratamente bloccata durante tutte le operazioni di taglio per evitare vibrazioni e bordi tagliati irregolarmente.
- Tutti gli utensili devono essere adatti per il taglio di materiali plastici, con lame a denti fini.
- La pellicola protettiva va lasciata sulla lastra per evitare graffiature e altri danni superficiali.
- Ad operazione ultimata, i bordi di tutte le lastre Lexan devono essere puliti e non devono presentare tacche o dentellature.
- Se è possibile, si dovrebbe provvedere a togliere tutti gli sfridi e la polvere formatasi impiegando un getto d'aria compressa.

### Seghe circolari

Questo tipo di operazione di taglio è il più comune e sebbene la velocità di taglio e di avanzamento non siano così critiche come per altri materiali plastici è comunque importante attenersi alle seguenti istruzioni.

- Sono generalmente preferite lame con placchette riportate di carburo di tungsteno, con denti alternati smussati a 45° su entrambi i lati per migliorare il taglio e ridurre la pressione laterale.
- Usare sempre una bassa velocità di avanzamento per ottenere un taglio netto.
- Iniziare sempre il taglio con la lama alla massima velocità.
- Per lastre singole, con spessore inferiore ai 3 mm, è preferibile usare seghe a nastro o seghetti alternativi invece delle seghe circolari.

### Seghe a nastro

Queste possono essere del tipo convenzionale a nastro verticale o del tipo orizzontale appositamente sviluppato per il taglio di lastre di materiali plastici. In entrambi i casi è importantissimo che la lastra sia adeguatamente supportata e bloccata durante l'operazione di taglio. Le guide della sega vanno tenute il più vicino possibile alla lastra per ridurre la torsione della lama e il taglio non in linea.

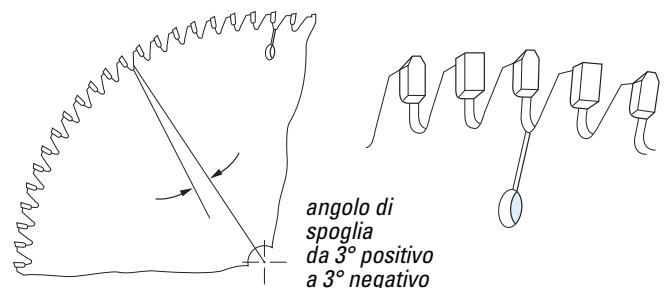
### Seghetti alternativi e seghetti da traforo

La cosa più importante di cui si deve tenere conto quando si usa questo tipo di taglio è il supporto e il bloccaggio, specialmente se si usa il seghetto alternativo. Le lame con uno spazio tra i denti di 2-2.5 mm sono ideali, avendo cura di mantenere una bassa velocità di avanzamento.

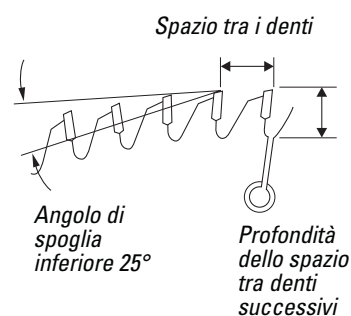
**Tabella 2.1: Raccomandazioni per l'impiego di utensili da taglio e di seghe**

	Sega circolare	Sega a nastro
Angolo di spoglia inferiore	20°-30°	20°-30°
Angolo di spoglia	5-15°	0-5°
Velocità di rotazione	1800-2400 m/min	600-1000 m/min
Spazio tra i denti	9-15 mm	1.5-4 mm

**Fig. 2.2: Tipica sega circolare con placchette riportate di carburo di tungsteno adatta per il taglio di lastre Lexan<sup>®</sup>**



Una lama con placchetta riportata di carburo di tungsteno per il taglio di lastre Lexan<sup>®</sup>



### Dettagli di una sega tipica:

Diametro 400 mm  
 Spazio tra i denti 12 mm  
 Profondità dello spazio tra denti successivi 11 mm  
 Velocità dell'albero 4000 giri/min

Denti alternati smussati a 45° su entrambi i lati

## 2.2 Foratura

Per forare lastre Lexan<sup>®</sup> possono essere impiegati trapani standard ad alta velocità con punte elicoidali in acciaio o trapani con punte angolari a cuneo. Possono essere usate anche punte con placchetta di riporto in carburo di tungsteno che mantengono il loro filo di taglio.

Il fattore più importante da tenere presente quando si effettuano forature su lastre Lexan<sup>®</sup> è il calore generato durante il vero e proprio processo di foratura. Per ottenere un foro pulito e dai contorni precisi, con tensioni ridotte al minimo o inesistenti, è importante mantenere su valori minimi il calore generato. Seguendo poche regole basilari, non sarà difficile ottenere fori puliti e privi di tensioni.

- È importante liberare di frequente il foro per evitare l'accumulo di trucioli e un eccessivo calore causato dall'attrito.
- Togliere frequentemente il trapano dal foro e raffreddarlo con aria compressa.
- La lastra o il prodotto devono essere adeguatamente bloccati e supportati per ridurre la vibrazione e per ottenere un foro correttamente dimensionato.
- Non bisogna praticare fori ad una distanza dal bordo della lastra inferiore a 1-1.5 volte il diametro del foro.
- Tutti i fori devono essere più grandi del bullone, della vite o dell'elemento di fissaggio, per permettere la dilatazione e la contrazione termica.
- Per produzioni di serie si raccomanda l'impiego di punte elicoidali con placchette di riporto in carburo di tungsteno.

Avanzamenti e velocità di foratura sono riassunti nella Tabella 2.2 con le varie configurazioni della punta nelle figure 2.3 - 2.6.

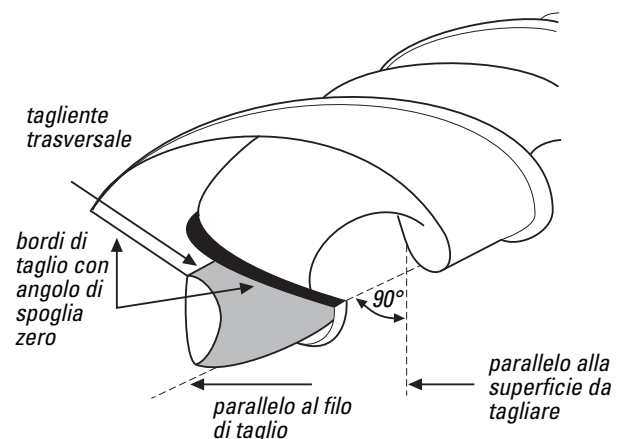
**Tabella 2.2: Raccomandazioni per la foratura**

Diametro del foro	Velocità (giri/min)	Avanzamento (mm/min)
3	1750	125
6	1500	100
9	1000	75
12	650	50
18	350	25

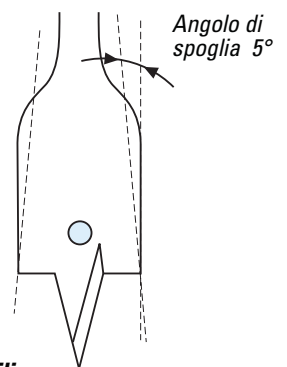
### Angoli della punta raccomandati:

Angolo di spoglia inferiore	$\alpha$	15°
Angolo di spoglia	$\lambda$	0°-5°
Angolo incluso dell'estremità	$\varphi$	120°-160°
Angolo d'inclinazione dell'elica	$\beta$	30°

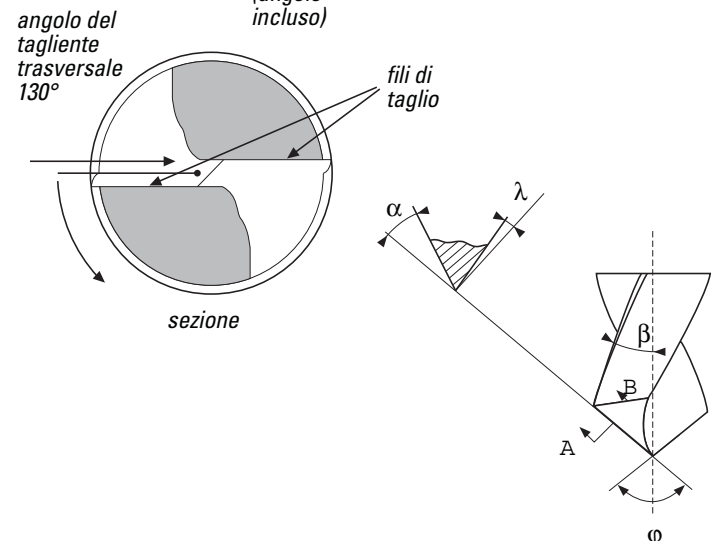
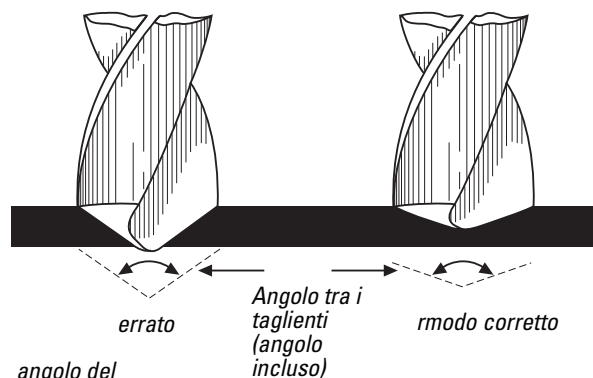
**Fig. 2.3 e 2.4: Tipica configurazione di una punta**



**Fig. 2.5: Punta adatta per fori larghi**



**Fig. 2.6: Punta adatta per lastre sottili**



## 2.3 Fresatura

La lastra Lexan<sup>®</sup> può essere lavorata usando fresatrici convenzionali dotate di utensili da taglio ad alta velocità.

Ancora una volta va sottolineata l'importanza di disporre di un adatto sistema di bloccaggio della lastra da lavorare. Maschere di montaggio ed elementi di fissaggio meccanici o mandrini pneumatici (sottovuoto) sono normalmente adatti per il bloccaggio della lastra.

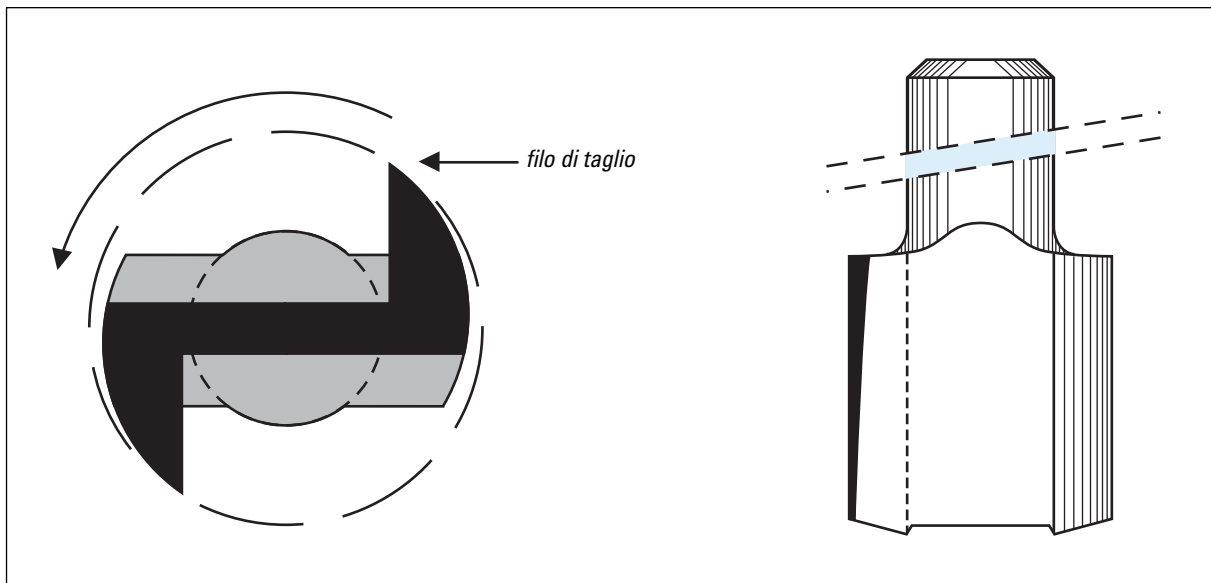
La Tabella 2.3 riassume le velocità di taglio e di avanzamento con un tipico utensile da taglio del tipo illustrato in figura 2.7. Un raffreddamento a circolazione forzata d'aria consente di mantenere velocità di taglio più elevate. Va fatta tuttavia attenzione a non surriscaldare il materiale. Non è raccomandabile l'impiego di fluidi da taglio per lubrificare o raffreddare la lastra.

La rifilatura/sbavatura computerizzata è un processo completamente automatico. È estremamente accurato e funziona sia orizzontalmente che verticalmente. L'uso di una maschera di montaggio con sottovuoto evita le vibrazioni della parte assicurando un taglio senza irregolarità. È raccomandabile l'impiego di router di taglio standard ad alta velocità a due facce con placchette di riporto di carburo di tungsteno, con una velocità di taglio di ca. 250 m/min a 25'000/30'000 giri/min per uno spessore della lastra di 4 mm.

**Tabella 2.3: Raccomandazioni per la fresatura**

Angolo di spoglia inferiore	5°-10°
Angolo di spoglia	0°-10°
Velocità di taglio	100-500 m/min
Avanzamento del taglio	0.1-0.5 mm/giro

**Fig. 2.7: Una tipica fresa**



## 2.4 Dispositivi di fissaggio meccanici

---

Salvo poche eccezioni, tutte le tecniche di assemblaggio meccaniche comportano qualche forma di dispositivo di fissaggio aggiuntivo. La scelta del dispositivo è spesso dipendente dalla natura del fissaggio richiesto. Mentre i rivetti tendono ad essere permanenti, viti e dadi possono essere più o meno frequentemente rimossi e alcuni tipi di clip a molla possono essere sia permanenti che rimovibili.

Ci sono molti tipi diversi di sistemi di fissaggio meccanici che possono essere usati con successo per assemblare componenti di lastre in materiale plastico.

Qui ne vengono presi in considerazione solo alcuni a titolo d'esempio.

Per semplicità, questi sistemi sono suddivisi in tre gruppi:

- viti, dadi e bulloni
- rivetti
- clip a molla o altri dispositivi di fissaggio

Con tutti questi sistemi di fissaggio occorre tenere in considerazione due importanti fattori. Primo: vanno previste delle tolleranze per compensare le dilatazioni e le contrazioni termiche. Tutti i fori, gli alloggiamenti, etc. devono essere lavorati a macchina con dimensioni maggiorate rispetto al valore teorico richiesto per permettere le variazioni dimensionali che intervengono con i cambiamenti di temperatura. Secondo: la distribuzione della coppia di serraggio dovrebbe essere quanto più uniforme possibile. Con l'aiuto di rondelle in gomma (compatibile chimicamente con la lastra di policarbonato), di viti larghe e delle teste dei rivetti, la coppia di serraggio dovrebbe essere distribuita su un'area più ampia possibile e non dovrebbe essere eccessiva.

**Tabella 2.4: Coefficienti di dilatazione termica**

Materiale	m/m°C x 10-5
Lastra Lexan	6.7
Vetro	0.7 - 0.9
Alluminio	21. - 2.3
Acciaio	1.2 - 1.5

## 2.4.1 Viti, dadi e bulloni

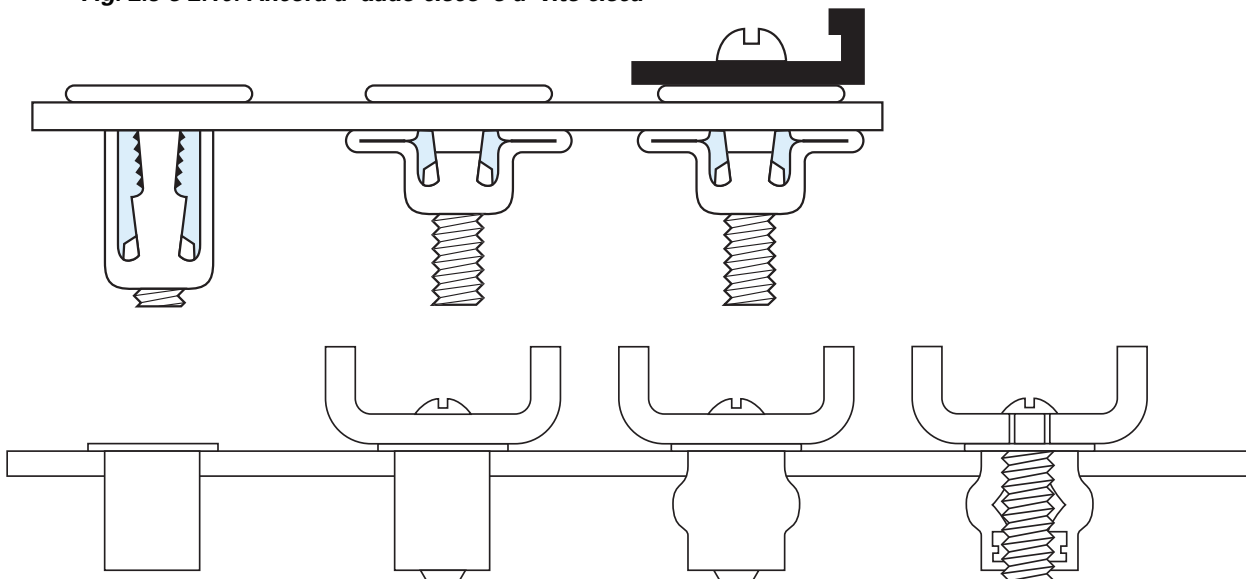
**Viti d'assemblaggio** La maggioranza di queste viti sono realizzate in acciaio, ma per applicazioni speciali vengono utilizzati altri metalli e leghe. In questa pagina vengono mostrati alcuni esempi di questo tipo di sistema di fissaggio. Le figure 2.9 e 2.10 illustrano dispositivi di fissaggio per lastra conosciuti come àncore a 'vite cieca' e 'dado cieco'.

**Viti automaschianti** Le viti automaschianti sono largamente utilizzate nell'industria delle materie plastiche. Introdotte nel foro opportunamente predisposto, sotto l'azione della forza di avvitarimento formano il proprio filetto: sono utili in tutti i casi in cui è previsto che un assieme di parti debba poter essere disassemblato e riassembleato. Sebbene la maggioranza di queste viti siano progettate per pezzi stampati in materiale plastico, esse possono, con l'ausilio di clip a molla e rondelle o distanziatori, essere adattate per applicazioni ottenute da lastra. Le figure da 2.11 a 2.14 mostrano alcuni tipici sistemi di fissaggio.

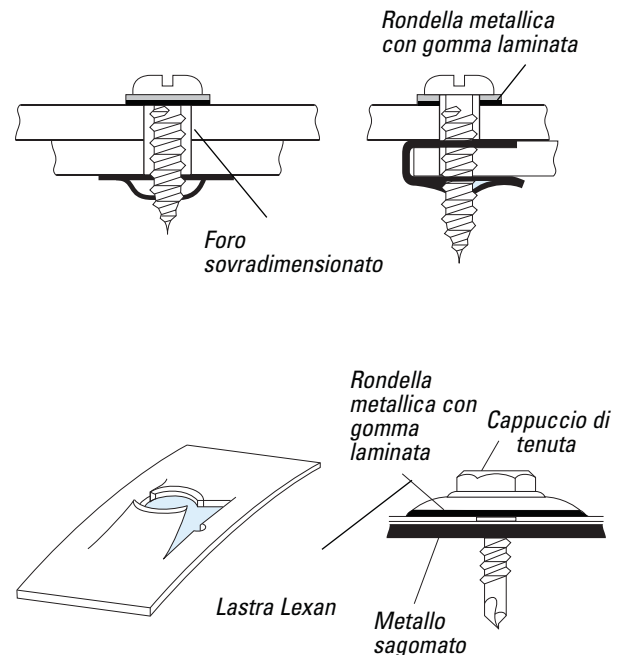
**Precauzione** Se l'applicazione richiede un assemblaggio a vite, è di vitale importanza tenere in considerazione le seguenti raccomandazioni.

- Non utilizzare viti a testa conica perché l'azione di 'cuneo' esercitata dalla testa conica causa un'eccessiva sollecitazione sulla lastra. Questo può causare la rottura della parte.
- Accertarsi che tutte le tracce d'olio, grasso e altri rivestimenti eventualmente presenti sulle viti siano rimossi prima dell'assemblaggio. Certi oli e grassi possono causare la formazione di incrinature interne o esterne del materiale (fenomeno conosciuto anche con il nome di stress cracking).

**Fig. 2.9 e 2.10: Àncora a 'dado cieco' e a 'vite cieca'**



**Fig. 2.11-2.14: Altri tipici sistemi di fissaggio**



Sono disponibili diversi stili della testa.

Il distanziatore a gambo è libero di ruotare ed è preassemblato sulla vite. Un carico controllato della molla è applicato sul materiale plastico.

Lastra

Lastra di metallo, elemento pressofuso o in materiale plastico di ogni spessore.

I filetti all'interno del distanziatore esercitano una resistenza all'azione di strappo che si viene a determinare nella sottile lastra di metallo.

L'elemento portante del distanziatore sopporta il carico di chiusura.

È disponibile un'ampia gamma di forme di filetto.

Sono disponibili diversi stili della parte terminale a punta.

## 2.4.2 Sistemi di rivettatura

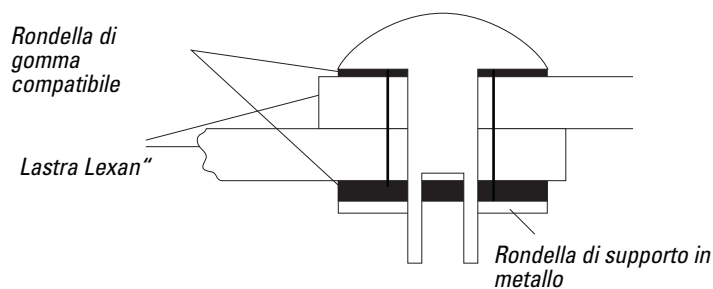
Sebbene la rivettatura sia una tecnica popolare ed efficace, ci si dovrebbe sempre attenere ad alcune linee guida quando si ritiene opportuno far ricorso a questo metodo di assemblaggio. La rivettatura può causare sollecitazioni sia radiali sia di compressione nella lastra e dovrebbero essere adottate tutte le possibili precauzioni per distribuire queste forze su un'area quanto più ampia possibile.

In un assemblaggio 'plastica - plastica', si raccomanda l'impiego di rondelle metalliche di supporto con gomma laminata per ridurre le sollecitazioni di compressione. Se il diametro del rivetto con una rondella di gomma è leggermente superiore al diametro del foro, allora le tensioni sulla circonferenza verranno trasmesse alla rondella piuttosto che alla lastra. Per le giunzioni 'plastica - metallo', la testa del rivetto con una rondella di gomma dovrebbe trovarsi a contatto della plastica e il foro nella lastra dovrebbe essere largo a sufficienza per permettere le dilatazioni termiche. La dimensione del foro è 1.5 volte il diametro del rivetto espanso.

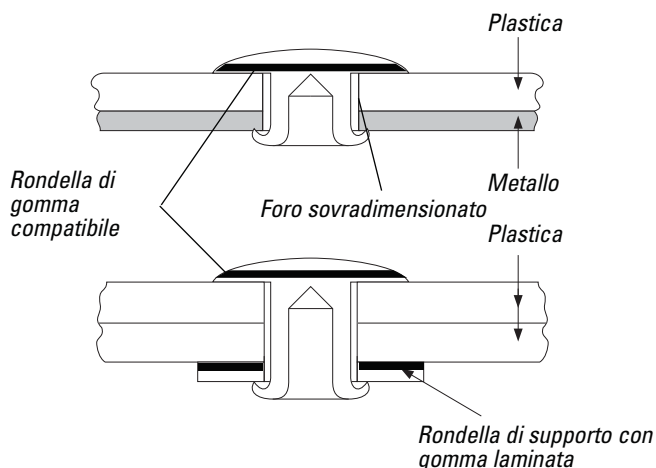
I diametri dei rivetti dovrebbero essere quanto più grandi possibili e la lunghezza ca. 5-10 volte il loro diametro. La GE Plastics Structured Products raccomanda l'utilizzo di rivetti d'alluminio, ottone e rame.

Vi sono diversi tipi di sistemi di rivettatura: il più popolare rimane comunque quello della ribaditura del rivetto. Questo sistema permette di assemblare due componenti con l'accesso alla zona della rivettatura limitato ad un solo lato. Le figure 2.15 e 2.16 illustrano tipici assemblaggi con rivetti.

**Fig. 2.15**



**Fig. 2.16: Tipico assemblaggio con ribaditura del rivetto**



## 2.5 Tecniche miste di fabbricazione

---

Per tagliare e fabbricare prodotti con lastre di policarbonato Lexan® vengono utilizzate molte tecniche diverse.

Queste tecniche comprendono:

- Tranciatura
- Punzonatura
- Maschiatura
- Taglio laser
- Taglio con getto d'acqua

Sebbene queste tecniche vengano utilizzate di sovente, se ne sconsiglia il loro impiego perché causano inutili sollecitazioni nella parte finita o danno luogo a finiture superficiali piuttosto scadenti.

Sia la tranciatura che la punzonatura causano un'azione di taglio con una cesoia/taglierina o un punzone che tendono a lasciare una superficie di taglio alquanto irregolare. Questa superficie contiene spesso delle mini-fratture che possono causare col passare del tempo il cedimento della parte.

È possibile effettuare operazioni di maschiatura nel policarbonato Lexan®. Il processo, tuttavia, è abitualmente limitato alle parti stampate. Viti automaschianti o viti d'assemblaggio richiedono una profondità minima per ottenere la necessaria forza di tenuta e i prodotti in lastra non hanno il necessario spessore.

Il taglio laser delle lastre GE non è raccomandato a causa dei seguenti svantaggi:

- Bordi del taglio irregolari
- Depositi carboniosi sui bordi del taglio
- Aumento del livello di tensioni nelle lastre con spessori elevati

Con il taglio a getto d'acqua (water jet), vanno tenute presenti le seguenti considerazioni:

- Nessuna tensionatura indipendentemente dallo spessore della lastra
- Il bordo del taglio richiede una successiva finitura
- Limitata velocità di taglio
- Attrezzature costose

Per maggiori informazioni sulle tecniche di fabbricazione o su un qualsiasi processo d'assemblaggio vi preghiamo di contattare il più vicino Centro d'assistenza tecnica della GE Structured Products.

## *3.0 Finitura, decorazione e pulizia*

---

Come fasi finali in un processo d'assemblaggio, la finitura e la decorazione assorbono la maggior parte del tempo e richiedono un'accurata analisi preventiva dei vari parametri in gioco. Le operazioni vengono abitualmente eseguite sulla superficie a vista delle parti assemblate. Per la funzionalità ottimale dei componenti è essenziale prestare attenzione ai dettagli. In questo particolare ambito, una specifica considerazione deve essere riservata ai prodotti chimici con cui viene a contatto la lastra di policarbonato Lexan". Indipendentemente dal fatto che il prodotto chimico sia una vernice, un adesivo o un agente di pulizia, è essenziale che sia compatibile con la lastra Lexan".

La GE Structured Products dispone di un database completo con l'elenco dei sistemi compatibili. Tutti i Centri di assistenza tecnica della GE Structured Products sono inoltre disponibili per dare ogni tipo di supporto e di consiglio in merito.



## 3.1 Resistenza chimica

La resistenza chimica di un termoplastico dipende da cinque fattori principali:

1. Livello di tensioni nell'applicazione
2. Temperatura
3. Tempo d'esposizione
4. Concentrazione chimica
5. Tipo di prodotto chimico coinvolto

Il policarbonato Lexan® ha una buona resistenza chimica, a temperatura ambiente, ad un'ampia gamma di acidi organici e inorganici diluiti. In questa categoria sono compresi anche acqua, oli vegetali, soluzioni di sali neutri, idrocarburi alifatici e alcol. Quando un termoplastico viene attaccato da un prodotto chimico, questo attacco avviene in tre forme. Nel primo caso il prodotto chimico viene assorbito dal materiale plastico con conseguente plastificazione e/o cristallizzazione del materiale. I segni visibili di questo tipo d'attacco sono rigonfiamenti o imbiancamenti superficiali. Il policarbonato Lexan® è influenzato in questo modo da solventi parziali come le aldeidi e gli esteri a basso peso molecolare, chetoni, esteri, idrocarburi aromatici e idrocarburi perclorati.

Un attacco chimico che può comportare la distruzione parziale o totale del policarbonato Lexan® interviene anche quando il prodotto entra in contatto con sostanze alcaline, sali alcalini, ammine e in presenza di elevate concentrazioni di ozono. Il terzo tipo di attacco è spesso il più difficile da prevedere dal momento che sono le condizioni ambientali a stabilire se il materiale plastico sarà o meno influenzato.

Le combinazioni di certi ambienti, abbinate a sollecitazioni e/o deformazioni, causano nel policarbonato screpolature o incrinature che, a lungo andare, possono portare ad un completo cedimento del materiale. Le screpolature possono essere causate, a livelli moderati-alti di sollecitazione, da idrocarburi a basso peso molecolare. Prodotti come l'acetone e lo xilolo possono causare incrinature anche a bassi livelli di sollecitazione e il loro impiego dovrebbe quindi essere evitato.

Tenendo in considerazione la complessità della compatibilità chimica, tutti i prodotti chimici che si ritiene possano entrare in contatto con il policarbonato dovrebbero essere preventivamente testati. Per i prodotti da lastra, il contatto più frequente è quello con sigillanti, guarnizioni e vari mezzi di pulizia.

La verifica della compatibilità chimica, figura 3.1, è un processo in corso presso la GE Structured Products e molti prodotti standard sono già stati testati. Un elenco completo di prodotti per la pulizia, guarnizioni e sigillanti è disponibile su richiesta. Un elenco ridotto di alcuni dei più comuni composti è riportato nelle Tabelle 3.2-3.6.

In caso di dubbio su un qualsiasi aspetto della compatibilità chimica del policarbonato Lexan® consultate sempre il più vicino Centro di assistenza tecnica della GE Structured Products.

**Resistenza chimica del Lexan® Margard® MR5E** Il rivestimento resistente all'abrasione del Lexan® Margard® offre un ulteriore vantaggio in termini di resistenza chimica. Il rivestimento brevettato è resistente ad un'ampia gamma di agenti chimici che in condizioni normali potrebbero essere dannosi per il policarbonato Lexan®.

La Tabella 3.1 riassume i risultati di una serie di test condotti su lastre di policarbonato Lexan® con e senza rivestimento.

I test comprendono anche una valutazione della resistenza all'urto e in ciascuno dei casi l'applicazione del prodotto chimico non ha evidenziato alcun significativo effetto sulla resistenza all'urto del Lexan® Margard®. I test sono stati condotti su campioni di 3 mm con un tempo di esposizione di 5 minuti, a temperatura ambiente e in assenza di sollecitazioni.

**Fig. 3.1: Sommario della compatibilità chimica della lastra Lexan®**

Classe chimica	Effetti
Acidi (minerali)	Nessun effetto nella maggior parte delle condizioni di concentrazione e temperatura.
Alcoli	Generalmente compatibili
Alcali	Accettabili a bassa concentrazione e a bassa temperatura. A concentrazioni e temperature più elevate causano corrosioni e attacchi come evidenziato dalla decomposizione del materiale.
Idrocarburi alifatici	Generalmente compatibili.
Ammine	Cristallizzazione superficiale e attacco chimico.
Idrocarburi aromatici	Agenti solventi e in grado di causare la formazione di incrinature esterne o interne.
Detersivi e prodotti per la pulizia	Soluzioni di saponi delicati sono compatibili. Dovrebbe invece essere evitato l'utilizzo di materiali contenenti elevate concentrazioni di prodotti alcalini e ammoniacali.
Esteri	Causano la cristallizzazione del materiale. Svolgono in parte anche un'azione solvente.
Succhi di frutta e bevande analcoliche	Compatibili a bassi livelli di sollecitazione. Alcuni concentrati non sono raccomandati.
Benzina	Non compatibile a temperature elevate e con alti livelli di sollecitazione.
Grassi e oli	I tipi a base di petrolio puro sono generalmente compatibili. Molti additivi usati, però, non lo sono: i materiali contenenti additivi vanno quindi preventivamente testati.
Idrocarburi alogenati	Agenti solventi e in grado di causare la formazione di incrinature esterne o interne.
Chetoni	Causano la cristallizzazione del materiale e la formazione di incrinature esterne o interne. Solventi.
Oli e grassi silconici	Generalmente compatibili fino a 80°C.

**Fig. 3.1: Test di resistenza chimica del Lexan® Margard®**

Prodotti chimici	PC non rivestito	Lexan® Margard® MR5E
Toluolo	W/S	ok
Acetone	S	ok
Metiletilchetone	S	ok
Diclorometano	W/S	ok
Acido solforico (95-97%)	ok	ok
Acido cloridrico (32%)	ok	ok
Ammoniaca (25%)	ok	ok
Diluenti (Sikkens 1-2-3)	W/S	ok
Benzina Super (Esso)	W/S	ok
Diesel (Esso)	ok	ok
Carburante C	ok	ok
Spray per capelli	ok	ok

W = imbiancamento superficiale

S = dissoluzione superficiale

## 3.2.1 Verniciatura

Sia semplice o complessa, decorativa o funzionale, a mano o automatica, la verniciatura di prodotti realizzati con lastre Lexan® offre al progettista la libertà di creare effetti eccezionali in un'insegna o in un semplice codice a colori per le istruzioni.

A patto di rispettare determinate condizioni di base, per le lastre Lexan® possono essere utilizzate la maggior parte delle tecniche già impiegate per verniciare legno, metalli, materiali da costruzione e altre materie plastiche. Il fattore importante è, ancora una volta, la compatibilità. Vanno utilizzati solo sistemi di verniciatura approvati. Alcune vernici e diluenti non sono compatibili con la lastra Lexan® e possono causare incrinature del materiale e una riduzione della resistenza all'urto.

Le vernici impiegate dovrebbero avere una buona flessibilità. Vengono utilizzate anche combinazioni di primer flessibili con rivestimenti di finitura duri.

Ogni vernice impiegata dovrebbe mantenere un buon grado di flessibilità anche a temperature al di sotto dello zero.

La verniciatura non è invece raccomandata per la decorazione dei lati dotati di speciali rivestimenti delle lastre Lexan® Margard® MR5E o Lexan® Margard® FMR: potrebbero infatti verificarsi problemi di adesione della vernice.

### Raccomandazioni per la verniciatura

- Pulire la lastra e rimuovere le cariche statiche superficiali con pelle scamosciata inumidita o con aria ionizzata.
- Evitare velocità di applicazione della vernice troppo elevate e spessori dello strato umido troppo consistenti.
- Lasciare essiccare adeguatamente prima di applicare maschere di spruzzatura alle aree verniciate.
- Durante l'essiccamento non esporre le superfici verniciate a condizioni ambientali con basse temperature e alta umidità.
- Usare aria secca in tutte le linee ad aria compressa. Scaricare frequentemente i separatori di condensa.
- L'evaporazione dei solventi presenti nella superficie verniciata dovrebbe essere la più rapida possibile mediante il mantenimento di un'adeguata circolazione d'aria.
- Per la finitura delle superfici post-decorare attenersi ai procedimenti di lavorazione a macchina e di rifinitura raccomandati.

**Fig. 3.2: Sistemi di verniciatura per lastre Lexan® senza rivestimenti superficiali**

Fornitore	Vernice	Diluyente	Commenti
AKZO Coatings	Autocryl 01-69004 Classe 45	- 06-302007	Acrilica bi-comp. Primer/bi-comp./PUR Rivestimento finale/bi-comp./PUR
Diegel	PA 21	24896	Acrilica flessibile mono-comp.
Schaepman	C1 F57 C1 W28 C4 P212	VOA 462 Acqua VOA421/H4P4	Acrilica Acrilica/a base acquosa Acrilica bi-comp.
Herberts	R 47633 41605 R 4790 R 4780	- 11098 - -	Primer bi-comp. Rivestimento base metallizzato BMW Rivestimento trasparente bi-comp. Sistema monostrato bi-comp.
Becker	TH 130 DJ-331-5176 TC 132	NT19 ET-134 -	Rivestimento finale bi-comp. Primer (flessibile) mono-comp. Rivestimento trasparente bi-comp.
HSH	Interplan 1000		A base acquosa mono-comp.
Morton	L446	U987	Sistema acrilico mono-comp.

NB. Per informazioni riguardanti le tecniche di applicazione e le proprietà vi invitiamo a contattare il relativo fornitore della vernice.

## 3.2.2 Serigrafia

La stampa serigrafica è un processo ormai consolidato che offre un'ampia gamma di opzioni per la finitura decorativa. Nella maggior parte dei casi, tuttavia, la stampa deve essere realizzata prima dell'installazione poiché il procedimento di lavorazione si svolge sostanzialmente su piani orizzontali ed è generalmente limitato a parti di dimensioni piccole-medie.

Il processo consiste nel far passare, sotto l'azione esercitata dalla racla di serigrafia, inchiostri di consistenza abbastanza viscosa attraverso un retino molto fine trattato in modo da permettere il passaggio dell'inchiostro solo attraverso le aree della matrice non occluse. Vengono utilizzati inchiostri speciali formulati in modo da passare attraverso le maglie del retino ma ancora sufficientemente viscosi da prevenire la 'fuga' dell'inchiostro.

Questo tipo di operazione di finitura è spesso usato nell'industria delle insegne ed è disponibile un'ampia gamma di inchiostri e diluenti per serigrafia.

Va sottolineata, ancora una volta, l'importanza del controllo della compatibilità chimica dei prodotti impiegati: si raccomanda di utilizzare esclusivamente inchiostri e diluenti la cui compatibilità con la lastra Lexan™ sia stata adeguatamente testata.

Questo procedimento di lavorazione non è adatto per decorare Lexan™ Margard™ MR5E, Lexan™ Margard™ FMR5E e Lexan™ Margard™ MRA3.

I gradi Margard™ con rivestimento su un solo lato, come Lexan™ Margard™ HLG5, Lexan™ Margard™ FLG5 e Lexan™ Margard™ HLG3 possono essere serigrafati sul lato non trattato.

### Raccomandazioni per la serigrafia

- Usare solo inchiostri e diluenti approvati.
- Non mischiare differenti vernici e inchiostri.
- Non sostituire i diluenti per serigrafia con diluenti utilizzati per la verniciatura a spruzzo.
- Non aggiungere agli inchiostri solventi quali toluolo, xilolo, acetilcellulosa, metiletilchetone o altri prodotti chimici affini.
- Usare pelle scamosciata inumidita con acqua o panni soffici per evitare abrasioni o graffi durante la pulizia prima della stampa.
- Usare il colore corretto dell'inchiostro/vernice per ottenere l'opacità richiesta.
- Mantenere durante la fase di essiccazione una buona circolazione d'aria e ventilazione.

**Fig. 3.3: Inchiostri serigrafici per lastre Lexan™ senza trattamenti superficiali**

Fornitore	Inchiostri
Sericol	Seritec TH Polyplast PY Uvispeed UX
Diegel	HV/Z
Gibbon Inks & Coating Ltd.	Malercryl Polyvin/Marlerstyrene
Coates	Vynaglaze/Vynafresh /Touchkey/HG/PK/PK-Jet
Pröll	Jet 200/Thermo-Jet/ Noriprint PS
Marabu	Marastar SR/Maraplast D

### *3.2.3 Trattamenti antistatici*

---

Come per tutti i materiali isolanti, la lastra di policarbonato Lexan™ tende ad accumulare sulla sua superficie cariche statiche. È spesso necessario pulire e 'scaricare' la superficie prima di procedere a processi di verniciatura o di serigrafia.

Nella maggior parte dei casi è sufficiente pulire la lastra con una pelle scamosciata inumidita o trattare con aria deionizzata la superficie. Un altro metodo efficace per minimizzare l'accumulo di cariche statiche è il controllo dell'umidità relativa: maggiore è l'umidità relativa, minore sarà l'accumulo delle cariche statiche. L'umidità relativa dovrebbe preferibilmente essere sempre superiore al 60%.

### *3.3 Adesivi e sigillanti*

---

L'uso di adesivi per unire materiali diversi è ora universale. Nel corso degli ultimi vent'anni, i tecnologi che operano nel campo dei polimeri hanno sviluppato adesivi con un'ampia gamma di proprietà e di profili applicativi. La tecnologia dell'adesione è diventata di diritto un ramo dell'industria delle materie plastiche, in grado di offrire una tecnica che è uno dei metodi più efficaci ed economici per unire componenti plastici tra loro o con altri materiali.

È però una tecnica che spesso causa non pochi problemi. Alcuni adesivi/sigillanti formano una giunzione flessibile, altri una giunzione rigida. Alcuni sono adatti per il riempimento di interspazi mentre altri sono ideali per la giunzione di parti a stretto contatto tra loro. Alcuni resistono ad elevate temperature, altri no. La scelta dei tipi di adesivo è vasta, tanto quanto lo sono le aree applicative. È perciò estremamente importante selezionare accuratamente l'adesivo e assicurarsi che sia compatibile con i materiali che vengono utilizzati e con le condizioni ambientali in cui la parte dovrà operare.

L'importanza della compatibilità chimica è stata discussa nella Sezione 3.1 e il processo di selezione e prova degli adesivi è in continua fase di sviluppo presso la GE Structured Products. È disponibile un database completo che riporta tutti gli adesivi testati e considerati compatibili con le lastre di policarbonato Lexan™. Si raccomanda vivamente comunque di controllare prima dell'uso la compatibilità di tutti gli adesivi che si intende impiegare nel processo di lavorazione.

La Tabella 3.5 presenta una visione d'insieme di alcuni dei criteri iniziali usati per selezionare un adesivo e la Tabella 3.6 fornisce un elenco di adesivi compatibili indicando i tipi generici, i nomi commerciali e le aree di applicazione. Le figure 3.2 e 3.3 illustrano alcune tipiche configurazioni di giunzione e possono servire da guida per determinare la corretta geometria della giunzione per una determinata applicazione.

## 3.3 Adesivi e sigillanti

**Tabella 3.5: Gruppi di adesivi e profilo delle proprietà**

	Comportamento all'urto	Comportamento all'umidità	Numero di componenti	Limiti di temperatura (°C)	Riempimento interspazi
Epossidici	Cattivo	Molto buono	1 o 2	200 +	+
Poliuretanic	Molto buono	Buono	1 o 2	140	+
Collanti a caldo	Buono	Buono	1	60	+/-
Siliconici	Eccellente	Molto buono	1 o 2	250	+

**Tabella 3.6: Guida per la selezione degli adesivi per lastre di policarbonato Lexan®**

Tipo di adesivo	Nome del prodotto	Per unire la lastra Lexan® a:	Sistema a 1/2 componenti	Fornitore	Commenti
Epossidico	Scotch Weld DP 110	Metalli, materiali plastici, gomme	2 comp.	3M Company	Reticolazione rapida, epossidico con elevata resistenza al taglio
Epossidico	Scotch Weld DP 190	Materiali plastici	2 comp.	3M Company	Epossidico con elevata resistenza al taglio
Poliuretanic	Bison PUR	Materiali plastici, metalli, legno	2 comp.	Perfecta	
Poliuretanic	Plio-grip 6000	Materiali plastici, metalli, legno	2 comp.	Good Year	Flessibile, tempo d'impiego molto breve (10 min.)
Collante a caldo	Jet Melt 3736 Jet Melt 3764	Materiali plastici, legno Materiali plastici, legno	1 comp.	3M Company	Buona resistenza termica. Resistente a olio e acqua
Collante a caldo	Macromelt XS6335	Materiali plastici, metalli, vetro, ceramica	1 comp.	Henkel	Trasparente
Siliconico	*Silpruf® SCS2000	Lexan® senza trattamenti superficiali Lexan® Exell® D, Lexan® Margard® MR5E + FMR Materiali da costruzione	1 comp.	GE Bayer Silicones	Eccellente adesione, resistente ai raggi UV e agli agenti atmosferici, flessibile.
Siliconico	*SEA 210	Materiali plastici, vetro metallo, legno	2 comp.	GE Bayer Silicones	Reticolazione rapida
SSiliconico	Multi Sil	Lexan® senza trattamenti superficiali Lexan® Exell® D, Lexan® Margard® MR5E + FMR Materiali da costruzione	1 comp.	GE Bayer Silicones	Eccellente adesione, resistente ai raggi UV e agli agenti atmosferici, flessibile.
Nastri	Scotchtape VHB Range	Materiali plastici, vetro, metalli	-	3M Company	Adesivizzato sui due lati, autoadesivo
Nastri	Fas Tape	Metalli/Materiale plastico	-	Fasson	Adesivizzato sui due lati
Nastri	PS-18	-	-	Velcro	Nastro con chiusura tipo 'Velcro'
Nastri	SR 321 SW 321	-	-	Multifoil	PE espanso, 2 lati PE espanso, 2 lati
Nastri	5669	-	-	Sellotape	PE espanso, 2 lati

\* Questi prodotti sono compatibili con le lastre Lexan® dotate di speciali trattamenti superficiali, Lexan® Exell® D, Lexan® Margard®. Altri sigillanti siliconici potrebbero contenere prodotti reticolanti a base di AMMINE o BENZAMMIDE che non sono compatibili con le lastre Lexan® e che potrebbero causare fenomeni di tensocorrosione (corrosione sotto sforzo). Prima di usare altri sigillanti siliconici, consultare il produttore.

Gli adesivi, i nastri adesivi e i sigillanti elencati sono stati testati solo in condizioni atmosferiche normali per determinare la loro compatibilità e le caratteristiche di adesione con le lastre Lexan®. L'effettiva scelta dell'adesivo dipende dal disegno della giunzione, dalle circostanze in cui la giunzione verrà utilizzata e dalle prevalenti condizioni ambientali. In tutti i casi il tipo di adesivo dovrebbe essere prima testato nelle esatte condizioni in cui si troverà successivamente ad operare per determinare la sua piena compatibilità e le sue prestazioni.

## 3.3 Adesivi e sigillanti

### Giunzioni a sovrapposizione

La giunzione a sovrapposizione a doppia testa assicura la massima uniformità di distribuzione delle tensioni nell'area sottoposta a carico.

La giunzione a sovrapposizione con ribasso permette una distribuzione più uniforme delle tensioni di quanto sia in grado di fare una giunzione a sovrapposizione singola rastremata.

Una giunzione a sovrapposizione singola rastremata è più efficace di una giunzione a sovrapposizione semplice, consentendo la flessione del bordo della giunzione sotto sforzo.

Una giunzione a sovrapposizione doppia garantisce una maggior rigidità rispetto ad una giunzione a sovrapposizione semplice.

Una giunzione a sovrapposizione semplice può originare sotto carico una sollecitazione a leva o di pelatura, particolarmente nell'incollaggio di lastre sottili.

Una giunzione a sovrapposizione circolare può essere usata per dare maggiore rigidità e resistenza ad un assemblaggio e per minimizzare l'inflessione delle lastre piane.

Le giunzioni a sovrapposizione a doppia coda hanno una migliore resistenza alla flessione delle giunzioni a doppia testa.

### Giunzioni di testa

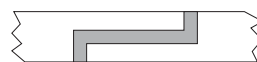
Le giunzioni maschio/femmina arrotondate hanno il vantaggio di autoallinearsi e possono fungere da serbatoio di troppopieno per gli adesivi.

Le giunzioni maschio/femmina con superficie d'appoggio a cuneo funzionano come stop di controllo per lo spessore dell'adesivo.

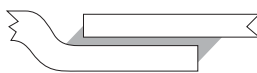
Le giunzioni maschio/femmina incassate aumentano la resistenza all'effetto leva delle giunzioni di testa in linea.

Le giunzioni di testa in linea non sono di solito raccomandate per la maggior parte dei tipi di applicazioni.

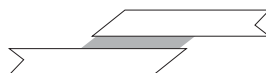
Fig. 3.2: Configurazioni di alcuni tipi di giunzioni



1. Giunzione a sovrapposizione a doppia testa



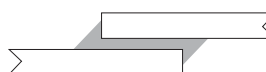
2. Giunzione a sovrapposizione con ribasso



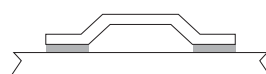
3. Giunzione a sovrapposizione singola rastremata



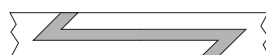
4. Giunzione a sovrapposizione doppia



5. Giunzione a sovrapposizione semplice



6. Giunzione a sovrapposizione circolare



7. Giunzione a sovrapposizione a doppia coda

Fig. 3.3: Configurazioni di alcuni tipi di giunzioni



1. Giunzione maschio/femmina arrotondata



2. Giunzione maschio/femmina con superficie d'appoggio a cuneo



3. Giunzione maschio/femmina



4. Giunzione di testa

## 3.4 Raccomandazioni per la pulizia

La pulizia periodica delle lastre di policarbonato Lexan™ può essere effettuata facilmente e senza l'impiego di speciali agenti di pulizia. Ciononostante, come per tutti i materiali termoplastici, certi prodotti chimici possono causare sia danni strutturali che superficiali e occorre adottare alcune precauzioni per evitare ogni agente chimico aggressivo.

L'agente base di pulizia per tutti i prodotti in policarbonato Lexan™ è una soluzione di acqua tiepida con sapone neutro o detersivo per usi domestici, utilizzando un panno morbido o una spugna per rimuovere le tracce di sporco. Per prevenire la formazione di macchie residue, tutte le superfici devono poi essere risciacquate con acqua fredda e asciugate con un panno morbido. In alcuni casi questo potrebbe però non essere sufficiente, rendendo necessario l'impiego di certi prodotti pulenti a base di solventi per rimuovere macchie ostinate, graffiti, etc. In questi casi i prodotti pulenti elencati qui di seguito sono approvati per utilizzo a temperatura ambiente:

- Alcol metilico
- Alcol etilico
- Alcol butilico
- Alcol isopropilico
- Acqua ragia minerale
- Eptano
- Esano
- Etere di petrolio (punto di ebollizione 65°C)

### Pulizia prima della formatura

Se si rende necessario pulire la lastra Lexan™ prima della formatura, si raccomanda di

rimuovere la polvere eventualmente presente con un getto d'aria ionizzata o di passare sulla lastra un panno morbido inumidito con acqua o con una miscela di alcol isopropilico e acqua.

### **Raccomandazioni per la pulizia di Lexan™ Margard™**

L'esclusiva superficie della lastra Lexan™ Margard™ offre un'eccellente protezione contro l'attacco di prodotti chimici. Persino i graffiti fatti con vernice spray possono essere facilmente e rapidamente rimossi. Tuttavia, proprio per la presenza di questo rivestimento resistente all'abrasione, si dovrebbe evitare l'uso di agenti pulenti abrasivi e/o attrezzi di pulizia che potrebbero danneggiare o graffiare il rivestimento.

Il procedimento di pulizia raccomandato per la rimozione di graffiti, etc. è il seguente:

- per vernici, segni di pennarello, inchiostri, rossetto, etc. utilizzare i prodotti per la rimozione dei graffiti. (Vedi Tabella 3.7)
- per etichette, adesivi, utilizzare cherosene o acqua ragia minerale.
- lavare poi con una soluzione calda di sapone e risciacquare con acqua pulita.

**Tabella 3.7: Prodotti raccomandati per la rimozione dei graffiti**

Fornitore	Prodotto	Applicazione
Chemalex	Vandalex	spray/manuale
Nucoat	AG 2	manuale/panno
Prochemko	Graffitex III	manuale/panno
Jumbo	J.T. Graffity	spray/manuale/panno

### Fornitori di prodotti di pulizia raccomandati

**DiverseyLever Divizia**  
Odborárska 52  
SK-831 02 Bratislava  
Slovakia  
Ph: 07 - 501 29 88/  
Ph: 07 - 525 48 95

**DiverseyLever**  
Haachtesteenweg 672  
B-1910 Kampenhout  
Belgium  
Ph: 016 - 61 77 77

**DiverseyLever AG**  
CH-9542 Münchwilen  
Switzerland  
Ph: 071 - 969 27 27

**DiverseyLever**  
Wienerbergstrasse 7  
A-1103 Vienne  
Austria  
Ph: 01 - 60 55 70

**DiverseyLever SRO**  
Táborská 5/979  
140 00 Praha 4  
Czech Republic  
Ph: 02 - 61 22 25 24

**DiverseyLever A/S**  
Smedeholm 3-5  
DK-2730 Herlev  
Denmark  
Ph: 044 - 85 61 00

**DiverseyLever France**  
9-11, Avenue du Val de Fontanay  
94133 Fontanay Sous Bois  
France  
Ph: 01 - 45 14 76 76

**DiverseyLever (Offices)**  
Via Meucci 40  
20128 Milan  
Italy  
Ph: 02 - 25801

**DiverseyLever Sp. z o.o.**  
Ul Zupnica 17  
03-821 Warsaw  
Poland  
Ph: 022 - 670 24 32

**DiverseyLever**  
Rautatienkarn 9-11  
FIN-20200 Turku  
Finland  
Ph: 02 - 269 72 22

**DiverseyLever AB**  
Röntgenvägen 3  
S-14152 Huddinge  
Sweden  
Ph: 08 - 779 93 00

**DiverseyLever**  
Jamestown Road  
Finglas  
Dyblin 11  
Ireland  
Ph: 08 - 779 93 00

**DiverseyLever**  
Calle Rosselon 174-176  
08036 Barcelona  
Spain  
Ph: 93 - 323 10 54

**DiverseyLever**  
General Offices  
Weston Favell Centre  
Northampton NN3 8 PD  
United Kingdom  
Ph: 01604 - 40 53 11

**DiverseyLever**  
Mallaustrasse 50-56  
Postfach 81 03 60  
D-68 219 Mannheim  
Germany  
Ph: 0621 - 875 70

**DiverseyLever**  
Maarssebroekseweg 2  
3606 AN Maarsse  
Netherlands  
Ph: 030 - 247 69 11

**Web page:**  
[www.diverseylever.com](http://www.diverseylever.com)

**Prodotti pulenti raccomandati**  
**SUMALIGHT D12**

**BRUCODECID**

(prodotto pulente per situazioni particolarmente difficili p. es. stazioni ferroviarie)

## Punti da ricordare



- **Non usare abrasivi o agenti pulenti fortemente alcalini.**
- **Non raschiare mai la lastra con tergivetri, lamette o altri utensili appuntiti.**
- **Non pulire le lastre Lexan™ sotto il sole cocente o a temperature elevate, perché questo potrebbe causare la formazione di macchie.**



---

Ogni informazione, raccomandazione o suggerimento – scritto o orale – fornito da General Electric Company, USA, o da qualsiasi altra sua consociata, affiliata ovvero dai relativi rappresentanti autorizzati, sono dati in buona fede, sulla base delle cognizioni ed in base alla prassi al momento in essere presso la General Electric.

I prodotti della General Electric Company, o se applicabile, quelli delle Società collegate o affiliate, sono venduti in base alle Condizioni di Vendita stampate sul retro della conferma d'ordine o della fattura o disponibili a richiesta. Il presente documento non comporta alcuna modifica, mutamento, sostituzione o rinuncia ad una qualsiasi delle Condizioni di Vendita. Ciascun utilizzatore del prodotto è responsabile della relativa scelta e della idoneità del prodotto fornito al particolare scopo cui è destinato e ciò attraverso tutte le fonti disponibili (incluso il collaudo del prodotto finito, nelle condizioni ambientali del caso). Poiché l'effettivo utilizzo dei prodotti è al di fuori del controllo di General Electric Company, delle sue consociate e affiliate, tale uso è sotto la specifica ed esclusiva responsabilità dell'utilizzatore e General Electric Company, le sue sussidiarie ed affiliate non saranno ritenute né responsabili né perseguibili per qualsiasi danno occorso per incorretto o errato uso dei materiali. Nessuna informazione, raccomandazione e/o suggerimento forniti possono essere interpretati come fatti per consentire la violazione di brevetti, o per consentire la concessione di una licenza su un brevetto della General Electric Company, USA, o qualsiasi sua società consociata, ovvero per consentire la concessione del diritto di depositare qualsiasi brevetto.

Lexan® e Valox® sono marchi registrati della General Electric Co., USA.

[www.GEStructuredProducts.com](http://www.GEStructuredProducts.com)



**GE Structured Products**

---