

## MJF PROCESSING TOLERANCES

The MJF technology, like any production process, has inherent dimensional tolerances related to the process and the production system, as well as the interaction of these with the material used.

Nel caso di materiale PA12, tali tolleranze risultano pari a:

- $\pm 0.50$  mm for dimensions smaller than 100.00 mm;
- $\pm 0.50$  % per dimensions larger than 100.00 mm.

For BASF Ultrasint TPU01 material, the tolerances are as follows:

nominal: 0 - 30 mm		nominal: 30-50 mm		nominal: 50-80 mm	
XY	Z	XY	Z	XY	Z
$\pm 0,50$ mm	$\pm 1,10$ mm	$\pm 0,60$ mm	$\pm 1,40$ mm	$\pm 0,70$ mm	$\pm 1,80$ mm

For nominal values greater than this, the manufacturer (HP) does not provide specific guidelines due to the high variability of results.

### Non verranno considerati difetti:

#### Dettagli mancanti

Parti da produrre con tecnologia MJF che presentino dei dettagli dalle dimensioni confrontabili con le tolleranze di lavorazioni indicate per la tecnologia (cioè di dimensioni dello stesso ordine di grandezza, ad esempio con materiale PA12 0.70 mm contro 0.50 mm nel caso di dimensioni inferiori a 100.00 mm), o addirittura inferiori, potranno essere prodotte con tali dettagli differenti dalle matematiche o addirittura assenti.

Per lo stesso principio, fori o aperture di dimensioni non adeguate potranno risultare chiusi.

Analogamente, prodotti che presentano parti 'mobili' che non presentano i giusti giochi e innesti potranno risultare non mobili.

#### Distorsioni e deformazioni

Parti prodotte con tecnologia MJF che presentano un rapporto spessore/superficie sbilanciato, cioè parti con geometrie planari molto estese e poco spesse, possono risultare deformazioni e distorsioni indesiderate nel risultato per i fenomeni termici che si verificano durante la fase di stampa, in particolare modo se tali geometrie non presentano strutture di supporto e rinforzo (come ad esempio nervature o diaframmi rimovibili).

#### Layer di stampa

Le parti prodotte con tecnologia MJF devono essere orientate all'interno della build di stampa. Se le parti

da produrre presentano dettagli curvilinei (bordi raccordati, superfici freeform), su di questi potranno essere visibili i layer di stampa, dovuti alla discretizzazione dell'altezza di produzione in strati di polvere di altezza di 0.080 mm.

### Stepping

Le parti prodotte con tecnologia MJF devono essere orientate all'interno della build di stampa. Se le parti da produrre presentano dettagli obliqui e lineari (come ad esempio smussi, superfici di invito o più generalmente dettagli obliqui), su di questi potranno essere visibili degli scalini, dovuti alla discretizzazione dell'altezza di produzione in strati di polvere di altezza di 0.080 mm.

### Linee di stampa

Le parti prodotte per tecnologia MJF, in particolar modo quelle caratterizzate da una geometria con superfici planari estese, potrebbero presentare delle linee superficiali di stampa in rilievo e di colorazione differente rispetto al resto della superficie di riferimento, per via della precisione del processo di produzione soggetta alle tolleranze di lavorazioni di riferimento.

### Superfici frammentate

Le parti che presentano pareti con spessore inferiore ad 1.00 mm (in particolar modo quando queste si trovano in corrispondenza di cavità interne, profili esterni, variazioni di sezione e simili) potrebbero risultare in superfici frammentate sia per il processo di stampa in sé, sia per il processo di depowdering/sabbiatura a cui tutte le parti prodotte con tale tecnologia sono sottoposte. In questo secondo caso, il medium usato nel processo, impattando su tali superfici dallo spessore sottili ed estremamente fragili, può causarne il danneggiamento localizzato.

### Sbavature da inserimento inserti

Quando richiesto dai clienti, nelle parti prodotte per tecnologia MJF possono essere posizionati degli inserti metallici. Il processo di inserimento comporta la deformazione delle sedi di alloggiamento tramite apposita strumentazione a caldo o ad ultrasuoni. Le sedi di alloggiamento potrebbero dunque presentare leggere sbavature dovute al suddetto processo.

### Graffi da processi automatici

Le parti prodotte con tecnologia MJF possono essere sottoposte a processi automatizzati (ad esempio la fase di depowdering/sabbiatura) qualora la geometria ne consenta l'applicazione. Le parti risultanti potrebbero presentare lievissimi segni superficiali derivanti dal contatto con le altre parti sottoposte al medesimo processo.

### Parti pigmentate con marchiature

Le parti prodotte con tecnologia MJF sottoposte a processo di pigmentazione possono presentare marchiature, cioè zone localizzate con colorazione differente dal resto della parte. Queste sono dovute alla presenza di altri dettagli della parte (innesti, nervature, fazzoletti, pareti e altro) che causano una variazione nella densità locale (ad esempio, una scatola che presenti nel suo fondo interno dei particolari cilindrici potrà presentare nella corrispondente superficie esterna delle marchiature circolari caratterizzate da una colorazione più intensa rispetto al resto della stessa superficie).

### Parti verniciate con accumuli di vernice localizzati

Le parti prodotte con tecnologia MJF sottoposte a processo di verniciatura possono presentare accumuli localizzati di vernice in corrispondenza di scassi, incavi, fori, aperture, profili, variazioni di sezione, legati allo svolgimento del processo stesso e al materiale impiegato (vernice a base d'acqua).

### Pezzi di una stessa parte con caratteristiche non omogenee o tra loro differenti

Nel caso di produzione in serie di parti per tecnologia MJF (quindi la produzione di una certa quantità di uno stesso codice), i pezzi prodotti, specialmente se non richiedono post processi di vapour smoothing, pigmentazione e verniciatura, possono presentare caratteristiche differenti in quanto la loro produzione può avvenire in job di stampa differenti. La produzione in molteplici job di stampa differenti è legata all'ottimizzazione del job in dipendenza delle esigenze di produzione.

### Cross contamination (valutabile di caso in caso)

La tecnologia di produzione MJF prevede la sinterizzazione di polvere quando questa viene trattata con due specifici agenti (dettaglio e fusione) e poi sottoposta a calore. Questi due agenti sono gettati sulla polvere tramite delle testine di stampa. Può verificarsi che questi due agenti si contaminino vicendevolmente e in fase di stampa ci sia:

- 1) la sinterizzazione anche di polvere che non dovrebbe essere interessata dal processo e in questo caso sulla parte risulteranno delle sottili lamelle;
- 2) la non sinterizzazione della polvere che dovrebbe essere interessata dal processo e in questo caso sulla parte risulteranno delle lievi e sottili depressioni.

### Elephant Skin

L'elephant skin è un difetto delle parti prodotte con tecnologia MJF per cui il prodotto presenta una superficie rugosa. Questo difetto è dovuto ad una eccessiva massività della parte da produrre, che causa uno sviluppo di calore eccessivo localizzato durante la fase di stampa con un conseguente calore non omogeneo sul letto di stampa.



### Thermal Bleeding

Il thermal bleeding è un difetto superficiale delle parti prodotte con tecnologia MJF per cui il prodotto presenta tracce di polvere non sinterizzata, individuabile dal colore vergine della stessa (ad esempio, per il PA12 e il BASF Ultrasint TPU01 il colore è biancastro in contrasto con il grigio della parte sinterizzata). Questo difetto è dovuto al calore sviluppato in fase di stampa che causa appunto anche la fusione del materiale non interessato dalla sinterizzazione. Può verificarsi in casi in cui la geometria della parte da produrre è tale da non consentire il flusso di calore ottimale, come ad esempio spigoli interni, cavità (quando sottodimensionate e cieche), sottosquadri e altro.



### **TOLLERANZE DI LAVORAZIONE**

La tecnologia FDM, come ogni processo produttivo, ha delle tolleranze dimensionali intrinseche legate al processo e all'apparato di produzione. Tali tolleranze risultano pari a:

- $\pm 0.50$  mm per dimensioni inferiori ai 100.00 mm;
- $\pm 0.50$  % per dimensioni superiori ai 100.00 mm.

## **Elenco di condizioni verificabili con tecnologia FDM**

### Warping

Il difetto di warping nei pezzi prodotti con tecnologia FDM o FFF è causato dai fenomeni di ritiro che si verificano durante il processo di raffreddamento del materiale. Durante la stampa, il materiale fuso viene depositato strato per strato, e mentre si raffredda, tende a contrarsi. Questa contrazione può causare la deformazione dei pezzi, sollevando gli angoli dalla piattaforma di stampa e compromettendo la precisione e la qualità del prodotto finale.

### Stringing o cobwebbing

Le parti prodotte con tecnologia FDM possono presentare filamenti sottili trasparenti. Questi sono causati dal processo di estrusione per la produzione, quando il materiale fuso continua a fuoriuscire dall'ugello della stampante 3D mentre la testina si sposta da un punto all'altro, creando questi sottili filamenti trasparenti tra le varie zone della parte stampata.

### Elephant foot

Le parti prodotte per tecnologia FDM possono presentare alla base della stampa delle zone che risultano più ampie rispetto a quelle soprastanti, l'elephant foot. Tale situazione può essere dovuta ai fenomeni di ritiro di entità differente che si verificano tra piano di stampa-base della parte stampata e tra layer-layer successivi a quelli di base.

### Sbavature da inserimento inserti

Quando richiesto dai clienti, nelle parti prodotte per tecnologia FDM possono essere posizionati degli inserti metallici. Il processo di inserimento comporta la deformazione delle sedi di alloggiamento tramite apposita strumentazione a caldo o ad ultrasuoni. Le sedi di alloggiamento potrebbero dunque presentare leggere sbavature dovute al suddetto processo.

### Stepping

Le parti prodotte con tecnologia FDM sono prodotte tramite deposizione di materiale layer dopo layer. Se le parti da produrre presentano dettagli obliqui e lineari (come ad esempio smussi, superfici di invito o più generalmente dettagli obliqui e altro) o dettagli curvilinei (bordi raccordati, superfici freeform e altro), su di questi potranno essere visibili degli scalini, dovuti alla discretizzazione dell'altezza di produzione in strati di polvere di altezza di 0.200 mm o 0.100 mm.

### Superfici di interfaccia con il piano di stampa

Le parti prodotte con tramite FDM presentano una superficie a contatto con il piano di stampa. Le superfici della parte all'interfaccia con tale piano avranno necessariamente un aspetto (texture e colore) differente se confrontato con quello delle altre superfici.

### Superfici di interfaccia con supporti

Le parti prodotte con tecnologia FDM possono necessitare di strutture di supporto per la produzione laddove sono presenti dettagli a sbalzo, cavità interne e simili. Le superfici della parte di interfaccia con le strutture di supporto (che possono essere o non essere rimosse in base alla richiesta del cliente) avranno necessariamente un aspetto differente confrontato con quello delle altre superfici.