Renishaw S.p.A.
Via dei Prati 5,
10044 Pianezza
Torino, Italia

T +39 011 966 67 00
F +39 011 966 40 83
E italy@renishaw.com
www.renishaw.it

RENISHAW
apply innovation™

Progettazione per Additive - stampa i tuoi pezzi in maniera efficiente



La produzione additiva (AM) dà una grande libertà nella creazione di pezzi con forme libere e caratteristiche intricate, che sarebbero estremamente difficili da creare - se non impossibili - con i metodi convenzionali.

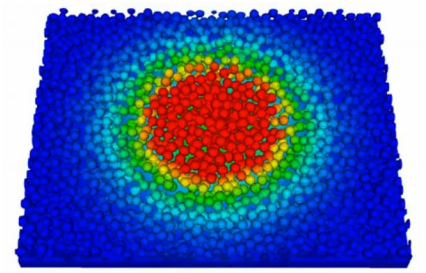
Quindi l'AM ci garantisce la libertà illimitata di progettare quello che ci pare, giusto? Beh, non è proprio così.

Come qualsiasi processo produttivo, le diverse tecnologie AM hanno capacità specifiche ma anche alcune limitazioni. In questo articolo, parleremo di progettazione additiva (o DfAM, Design for AM) di componenti metallici da produrre per fusione laser. Terremo conto delle dimensioni degli elementi e della finitura superficiale, puntando a minimizzare i supporti e ad evitare distorsioni del componente.

Dimensioni degli elementi

Durante i processi ad asportazione di truciolo, le dimensioni dei dettagli che possono essere prodotti sono limitate dall'utensile di taglio prescelto. Le dimensioni minime dei fori e delle scanalature sono vincolate a quelle dell'utensile di taglio.

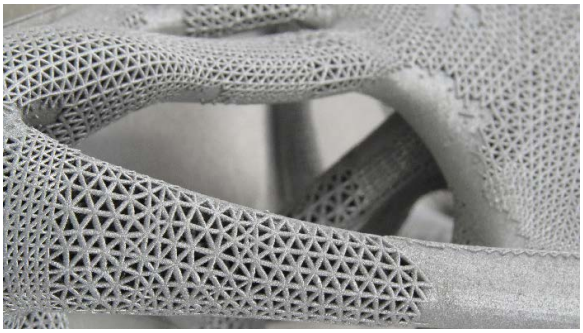
La stessa regola si applica all'AM, però ci concentriamo sui pieni invece che sui vuoti e sono le dimensioni dello spot del laser che contano, non quelle dell'utensile. Il laser riscalda la polvere per creare una pozza di fusione, che, una volta rimossa l'energia, si raffredda e crea una struttura solida. Le dimensioni dello spot, unitamente alla potenza e alla modulazione del laser, controllano le dimensioni della pozza di fusione e quindi della struttura che viene costruita.



L'immagine sopra mostra come l'energia laser riscaldi i grani di polvere sotto il punto, e come questo calore si diffonda nella polvere adiacente. Per fondere il materiale nella zona centrale e creare un pezzo completamente denso è necessaria una quantità sufficiente di energia, ma la conseguenza è che una parte del calore si disperde oltre il perimetro dello spot del laser. Questo effetto riscaldante si verifica anche verso il basso nel letto di polvere.

Le dimensioni minime consentite per il dettaglio sono generalmente un po' superiori a quelle delo spot del laser. La quantità di sinterizzazione dipende, oltre che dalla dimensione dello spot dalla conduttività termica della polvere e dalla quantità di energia erogata.

Per le strutture molto dettagliate, come i reticoli, è possibile costruire segmenti di dimensioni fino a 140 micron con un punto laser da 70 µm. È possibile anche ottenere spessori di parete fino a 200 µm.

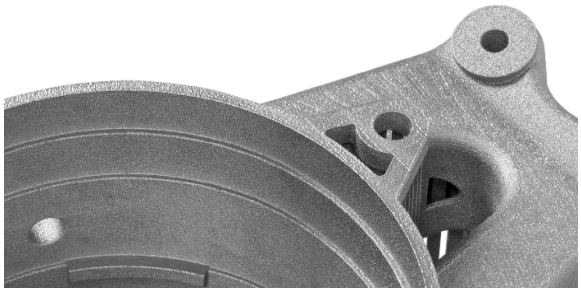


Finitura superficiale

L'intenso calore del fascio laser concentrato fonde la polvere trasformandola in un liquido che si raffredda, diventando poi un solido denso. La temperatura diminuisce al crescere della distanza dal centro della pozza di fusione, fino a un punto in cui i grani di polvere sono più malleabili ma non liquefatti.

Alcuni di questi grani parzialmente sinterizzati verranno catturati dal metallo fuso, rimanendo saldati alla superficie del componente. I grani che invece non sono così vicini alla fonte di calore non aderiranno a quelli adiacenti mentre si raffreddano. Questa saldatura grano a grano, con alcuni che aderiscono al componente ed altri no, crea la caratteristica superficie testurizzata dei componenti in AM.

L'effetto viene in qualche modo ridotto dalla parziale ri-fusione che può verificarsi quando viene lavorato lo strato successivo, a causa della trasmissione di calore allo strato sottostante. È questo riscaldamento e raffreddamento progressivo degli strati che crea le caratteristiche strisce sulla superficie del componente, proprio dove s'incontrano gli strati.



© 2017 Renishaw plc. Tutti i diritti riservati.

La finitura superficiale ottenuta dipende quindi in gran parte dalla potenza e dalla modulazione del laser, dalle dimensioni dei grani di polvere e dallo spessore dello strato. La finitura superficiale migliora al diminuire dello spessore dello strato, imponendo però tempi di costruzione maggiori. In un processo di fusione laser, la finitura superficiale (Ra) producibile sulla macchina (senza lavorazioni successive) utilizzando le dimensioni tipiche dei grani di polvere è solitamente compresa tra 5 e 10 µm.

Sporgenze

Nei processi a letto di polvere, nei quali le forme vengono costruite strato su strato, la relazione tra gli strati è importante. Durante la fusione, ogni strato conta su quello sottostante in termini sia di supporto fisico, sia di percorso di dispersione del calore.

Quando il laser fonde la polvere in un'area dove lo strato sottostante è metallo solido, il calore fluisce dalla pozza di fusione alla struttura sottostante, rifondendola parzialmente e creando una saldatura robusta. Inoltre, la pozza di fusione si solidifica rapidamente, una volta rimossa la sorgente laser e disperso efficacemente il calore.

Quando i dettagli del componente sono sporgenti rispetto alla struttura sottostante, la zona sotto la pozza di fusione sarà almeno parzialmente costituita da polvere non fusa. La densità della polvere è inferiore rispetto a quella del metallo solido, quindi i sottili strati di metallo appena fuso privi di supporto possono cedere. La polvere non fusa è inoltre assai meno conduttiva dal punto di vista termico rispetto al metallo solido, quindi il calore della pozza di fusione viene trattenuto più a lungo, causando una maggiore sinterizzazione della polvere circostante. Per questo, è probabile che le sporgenze presentino una finitura superficiale più grezza.

Nell'esempio sopra, gli strati di metallo vengono costruiti verso l'alto per creare un canale profilato interno. Gli strati verdi verranno costruiti senza problemi, quelli gialli verranno costruiti ma con una finitura superficiale scarsa, quelli rossi presenteranno distorsioni. Spostandoci verso l'alto sul bordo curvo a sinistra del canale, il supporto agli strati diminuisce gradatamente al crescere dell'inclinazione della sporgenza, fino al punto in cui gli strati possono cedere del tutto in corrispondenza della sporgenza orizzontale.

Come regola generale, è preferibile evitare sporgenze con inclinazioni superiori a 45 gradi rispetto alla verticale, preferibilmente mantenendosi entro i 30 gradi. Le sporgenze con inclinazioni maggiori richiedono supporti.

Fori laterali

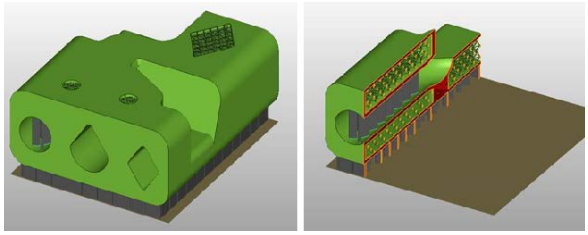
I fori sui lati dei componenti prodotti in AM creano sporgenze. La scala della distorsione nei fori circolari dipende innanzitutto dal loro diametro, e varia da un materiale all'altro. Come regola generale, i cerchi con diametro inferiore a 10 mm possono essere autoportanti senza distorsioni visivamente rilevabili.

Minimizzare i supporti

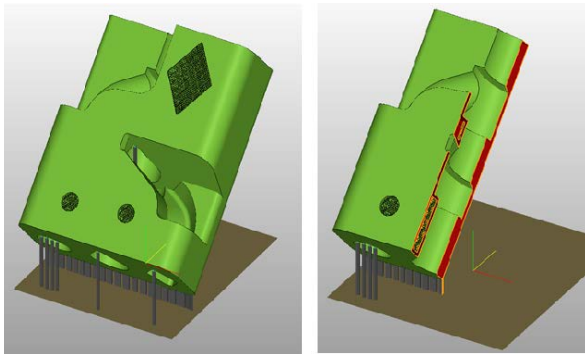
Una risposta al problema delle sporgenze è supportare il dettaglio sporgente. Tuttavia, i supporti sono in effetti uno speco e devono essere eliminati una volta completata la costruzione: è vero che consentono la riuscita del processo AM, ma aggiungono complessità e costi a valle della linea di lavorazione.

Di conseguenza, un aspetto importante della progettazione per AM riguarda la riduzione dei supporti al minimo. Questo significa eliminare le sporgenze inclinando la parte e modificando la progettazione dei dettagli con sporgenze, come fori, scanalature e canali.

Siamo abituati a progettare fori rotondi perché sono i più facili da produrre con metodi sottrattivi. Quando la rotondità è irrinunciabile, è meglio orientare il foro in modo che il suo asse sia verticale, senza sporgenze durante la costruzione. Se il foro deve essere sul lato del componente, si consideri se debba essere rotondo o se possa invece essere modificato in modo da essere più costruibile, ad esempio a forma di goccia o di rombo. Nel seguente esempio, il foro laterale rotondo richiede supporti interni, mentre quelli a forma di goccia e di rombo non ne hanno bisogno.



L'orientamento è un altro modo per evitare supporti, nonostante questo possa risultare uno svantaggio in termini di ulteriori strati e tempi di costruzione. Nell'immagine sotto, abbiamo inclinato il componente in modo che siano necessari supporti solo nel punto in cui il foro arriva alla superficie del pezzo, e non all'interno del foro stesso.

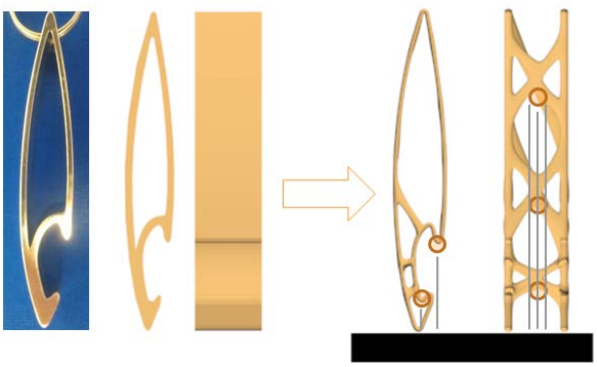


Una tale ottimizzazione del design del componente e del suo orientamento di costruzione può essere problematica: eliminare i supporti da un'area del componente riorientandolo potrebbe renderli necessari in un'altra. Il nuovo software di preparazione delle costruzioni QuantAM di Renishaw consente di visualizzare istantaneamente le aree prive di supporti della parte, e dare assistenza nella loro implementazione.

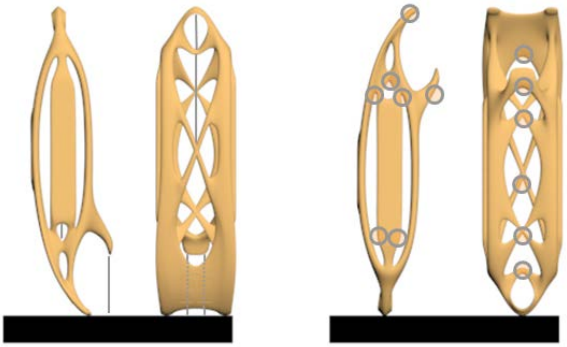
© 2017 Renishaw plc. Tutti i diritti riservati.

Case study - eliminazione dei supporti

Vediamo un esempio di come affrontare le sporgenze. L'apribottiglie in AM di Renishaw era stato originariamente concepito con l'elegante design mostrato sotto a sinistra. Il nostro primo tentativo di ottimizzare questo componente per l'AM implicava una riduzione di peso, creando la struttura più intricata mostra sotto a destra. Questo generava però diverse sporgenze (evidenziate in arancione), che richiedevano ulteriore materiale per i supporti (grigio).



Abbiamo riprovato, aggiungendo alcune strutture che minimizzassero i supporti richiesti (sotto a sinistra). Rovesciare il componente (sotto a destra) ci ha consentito di progettare una costruzione con sporgenze autoportanti (nei cerchietti in grigio), con un solo supporto di piccole dimensioni che collegasse l'apribottiglie alla piastra di costruzione.



Ed eccoli sulla piastra di costruzione. Salute!



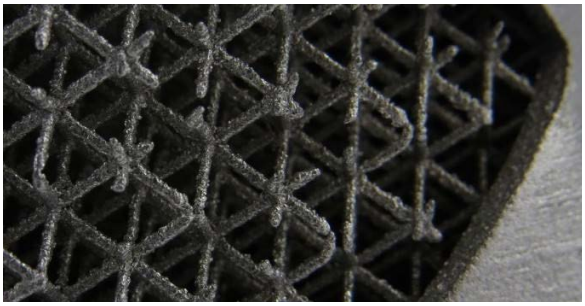
Tensioni residue e distorsioni

La lavorazione additiva è essenzialmente un processo di saldatura, nonostante il diametro del punto del fascio sia più piccolo rispetto a una saldatura convenzionale e la densità di energia sia quindi maggiore. Questo può causare tensioni nelle sezioni molto ampie o nei componenti con sezioni variabili. Tali tensioni cercano sfogo attraverso il bordo del componente, come mostrato sotto,

e possono causare distorsioni nonché, nei casi più estremi, determinare il distacco del componente dai supporti o addirittura la sua rottura. Quando è necessario costruire sezioni molto spesse, è preferibile scegliere anche una piastra di costruzione più spessa che possa resistere.

In generale, è preferibile evitare sezioni troppo spesse nei componenti prodotti in AM, specialmente con materiali come il titanio le cui temperature di fusione e tensioni residue possono essere elevate. Quando possibile, è meglio che lo spessore delle sezioni sia ridotto e costante, in modo che le tensioni in un punto del componente non ne deformino il resto. Quando è essenziale che ci siano blocchi di materiale, si consideri la possibilità di riempirli con strutture reticolari per ridurre tensioni, peso, costo del materiale e tempo di costruzione.

I reticoli possono anche essere utilizzati per rinforzare le strutture con pareti molto sottili, che potrebbero altrimenti deformarsi a causa delle tensioni indotte durante il raffreddamento.



Riepilogo

La produzione additiva offre la massima libertà nel progettare i componenti in modo diverso, ma la riuscita della costruzione richiede la perfetta conoscenza delle caratteristiche e dei limiti del relativo processo.

Le regole di progettazione descritte sopra non sono troppo onerose all'atto pratico, e ci aiutano a pensare e a produrre componenti più leggeri, economici e rapidi da costruire.

I moderni software di progettazione e preparazione delle costruzioni sono di grande aiuto nell'individuare le scelte ottimali in termini di design, orientamento e supporto, per produrre componenti economici.

© 2017 Renishaw plc. Tutti i diritti riservati.



Informazioni sull'autore

Marc Saunders, Director of AM Applications

Marc Saunders vanta più di 25 anni di esperienza in ambito produzione. In Renishaw, ha già avuto in precedenza un ruolo fondamentale nello sviluppo della piattaforma di lavorazione automatica RAMTIC e nell'offrire soluzioni metrologiche chiavi in mano a importanti clienti del settore aerospaziale.

Marc gestisce la rete globale di Solution Center per la stampa 3D di Renishaw, che consente ai clienti che stanno prendendo in considerazione il passaggio a questo metodo di produzione di provarlo nella pratica, prima di impegnarsi in una nuova struttura.

www.renishaw.it/additive

© 2017 Renishaw plc. Tutti i diritti riservati.