

In tale progetto Proxicad srl, ha portato avanti innanzitutto lo studio dello stato dell'arte delle seguenti tecnologie di Manifattura additive adatte alla deposizione dei metalli: Fusione su letto di polvere (PBF), deposizione di energia diretta (DED) e binder jetting (BJT). In seguito, sono stati analizzati diversi materiali metallici più comunemente utilizzati, nella Manifattura additiva a Deposizione, quali acciaio inossidabile, alluminio, titanio, leghe di nichel, leghe di cobalto-cromo, in modo tale da determinare la composizione di polveri metalliche ideale alla realizzazione del nostro coltello. Sono stati considerati diversi tipi di polvere metallica anche i metalli puri, i composti di leghe metalliche e anche combinazioni di metalli e non metalli, come ad esempio i cementi, o i compositi a matrice metallica. L'ottimizzazione e lo studio dei materiali metallici sono stati focalizzati principalmente su due aspetti distinti: il perfezionamento delle composizioni delle leghe per migliorare l'interazione tra la lega in polvere e il fascio di energia, e l'ottimizzazione della reologia della polvere, in particolare la morfologia della polvere, la dimensione delle particelle, la distribuzione delle dimensioni e la fluidità, per semplificare e velocizzare la deposizione di strati uniformi di polvere e controllare meglio la densità del prodotto finale. Inoltre, le parti metalliche prodotte in modo additivo presentano una microstruttura diversa dalle parti prodotte mediante tecniche convenzionali come colata, forgiatura o stampaggio ad iniezione. Ciò significa che sono stati studiati anche i trattamenti termici più specifici per adattare le proprietà delle parti finali AM ai requisiti specifici dell'applicazione finale. Nel nostro caso specifico, la Manifattura additiva a deposizione, è stata applicata alla produzione di Coltelli rotanti per tagliare materiali in nastro quali ad esempio carta, nonwoven, tessuti, film di polietilene, pellicole metalliche o di plastica e materiali in nastro più complessi quali ad esempio gli sbocchi di prodotti assorbenti ottenuti accoppiando tra loro vari materiali in nastro sono ben noti nella tecnica e ben descritti in letteratura.

Com'è noto, i coltelli rotanti possono realizzare tagli con varie sagome che, a loro volta, possono essere aperte o chiuse. Infatti, i coltelli possono realizzare tagli diritti, come nel caso di operazioni di segmentazione dei nastri, oppure possono operare tagli curvi per eseguire operazioni di sagomatura dei materiali in nastro.

Per poter lavorare in modo appropriato, i coltelli rotanti sono inseriti in opportune unità dette, per l'appunto, unità di taglio ben note nella tecnica e Nel nostro caso specifico, la Manifattura additiva a deposizione, è stata applicata alla produzione di Coltelli rotanti per tagliare materiali in nastro quali ad esempio carta, nonwoven, tessuti, film di polietilene, pellicole metalliche o di plastica e materiali in nastro più complessi quali ad esempio gli

sbozzi di prodotti assorbenti ottenuti accoppiando tra loro vari materiali in nastro sono ben noti nella tecnica e ben descritti in letteratura.

Com'è noto, i coltelli rotanti possono realizzare tagli con varie sagome che, a loro volta, possono essere aperte o chiuse. Infatti, i coltelli possono realizzare tagli diritti, come nel caso di operazioni di segmentazione dei nastri, oppure possono operare tagli curvi per eseguire operazioni di sagomatura dei materiali in nastro.

Per poter lavorare in modo appropriato, i coltelli rotanti sono inseriti in opportune unità dette, per l'appunto, unità di taglio ben note nella tecnica e descritte ad esempio in US 8,100,040 B2 "Rotary cutting Device" di titolarità della Aichele Werkzeuge GmbH di Crailsheim (Germania).

Generalmente, una unità di taglio è composta da un telaio, all'interno del quale sono montati un rullo provvisto di una o più lame (il coltello rotante o coltello) e un rullo antagonista (o controcoltello) che normalmente ha una superficie cilindrica liscia. Per attuare il taglio del materiale in nastro che viene alimentato tra i due rulli, la lama del coltello viene premuta contro la superficie cilindrica liscia del controcoltello.

Nelle unità di taglio, in particolare nelle unità che devono realizzare tagli sagomati, il coltello è l'elemento più complesso e difficile da realizzare e, pertanto, è il più costoso.

Infatti, il coltello rotante deve avere la lama realizzata con un materiale pregiato, nel nostro caso Carburo di Tungsteno, che sia in grado di resistere alle sollecitazioni e all'usura del processo di taglio per poter fare il maggior numero possibile di tagli, inoltre la lama deve essere opportunamente sagomata per poter attuare il taglio del materiale.

I coltelli possono essere realizzati con acciai speciali, che normalmente sono degli acciai prodotti con la metallurgia delle polveri, o con materiali sinterizzati di polveri di carburo di tungsteno, detti anche "coltelli in metallo duro".

Entrambe le tipologie di coltelli sono complesse e costose.

A quanto detto si deve aggiungere che una volta che la lama di un coltello si è usurata, e pertanto non è più in grado di realizzare un taglio di qualità, si può ripristinare solo per un numero limitato di volte con delle lavorazioni dette di riaffilatura del tagliente.

Infatti, nella pratica, non è possibile riaffilare un coltello più di 3, massimo 4 volte, perché ad ogni riaffilatura corrisponde una diminuzione del diametro esterno della lama e poiché nei coltelli, soprattutto in quelli destinati ad effettuare dei tagli sagomati, la lama non può

scendere al di sotto di un diametro minimo che è imposto dalle specifiche di lunghezza del prodotto da tagliare, dopo aver effettuato le 3 – 4 riaffilature il coltello deve essere sostituito con uno nuovo.

Come detto entrambe le tipologie di coltelli sono costose, ovviamente un coltello in acciaio costa di meno di uno omologo in metallo duro, ma ha una vita, espressa in numeri di tagli, più breve; pertanto, l'incidenza economica per ogni taglio è simile per le due tecnologie e si può facilmente comprendere quanto sia elevata la perdita economica nell'istante in cui si è costretti a gettare un utensile di taglio perché non si può più ripristinare.

Fino ad oggi, tutti i tentativi volti a ripristinare il diametro esterno della lama di un coltello per allungarne ulteriormente la vita non hanno prodotto alcun risultato concreto.

Una ulteriore problematica presente nell'attuale tecnologia di produzione dei coltelli risiede nel fatto che tutto l'utensile deve essere realizzato in materiale pregiato (acciaio speciale o carburo di tungsteno) anche se è solo la lama che attua il taglio e quindi solo la lama dovrebbe essere di materiale pregiato.

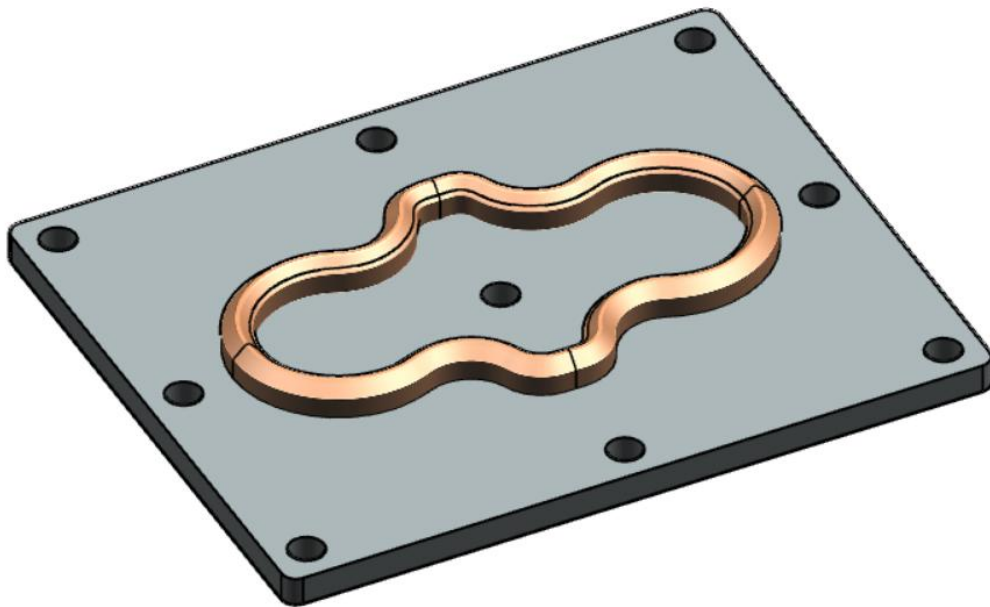
Per mitigare tale inconveniente si è iniziato a realizzare i coltelli rotanti assemblando dei gusci di materiale pregiato su degli alberi in acciaio più economico, normalmente in acciaio da bonifica. Tuttavia, è evidente che si tratta solo di un piccolo risparmio economico che non risolve tutti gli altri problemi tecnici evidenziati.

Grazie alla realizzazione di una lama con una pluralità di strati comprendenti un materiale in polvere sinterizzato che hanno una concentrazione di carburo di tungsteno variabile e crescente dalla base alla cresta della lama e/o una concentrazione di nichel decrescente dalla base alla cresta della lama del coltello è possibile superare gli inconvenienti elencati nella tecnica nota e grazie al basso contenuto di carburo di tungsteno e all'alto contenuto di nichel del primo strato comprendente la base della lama è possibile ottenere buoni livelli di aderenza tra il primo materiale metallico con il quale è realizzato il corpo del coltello e il materiale in polveri con cui è realizzato il primo strato della lama riducendo le tensioni che insorgono per il fatto che sono messi in intimo contatto materiali che presentano delle differenze nei valori delle proprietà fisiche e in particolare nei coefficienti di dilatazione termica lineare. Inoltre, grazie alla realizzazione di una lama con una cresta realizzata con uno strato di materiale in polvere con un'alta concentrazione di carburo di tungsteno è possibile ottenere un coltello che ha una lama con una cresta in grado di resistere alle sollecitazioni e all'usura del processo di taglio.

In una forma di attuazione del presente trovato, il materiale in polvere dello strato della lama comprendente la cresta può comprendere una concentrazione di carburo di tungsteno superiore allo 80% in peso e/o una concentrazione di nichel inferiore al 10% in peso.

In accordo a una possibile forma di attuazione del presente trovato, il materiale in polvere dello strato della lama comprendente la cresta può comprendere una concentrazione di carburo di tungsteno superiore allo 85% in peso e/o una concentrazione di nichel dello 0%.

Secondo possibili forme di attuazione del presente trovato, un materiale in polvere adatto alla realizzazione dello strato di materiale comprendente la cresta della lama può essere un materiale comprendente carburo di tungsteno e cobalto.



La natura del processo consente risparmi di materiale, così come la capacità di riutilizzare materiale di scarto (esempio la resina) non utilizzato durante la produzione → per le polveri metalliche si stima una riciclabilità del 95-98%. La produzione additiva consente la progettazione di componenti più complessi e ottimizzati grazie a maggiori libertà di forma e geometria, con assiemi più semplici composti da meno parti e meno materiali diversi. Esempi di miglioramento del prodotto includono una maggiore efficienza operativa, maggiori funzionalità e maggiore facilità di produzione e manutenzione. Infatti, le libertà di progettazione consentono la creazione di nuove strutture di materiali come reti porose e schiume cellulari aperte. L'incorporazione di queste nuove strutture nel nucleo dei prodotti

migliora notevolmente le caratteristiche dei componenti in fase di design; in questo modo componenti e prodotti possono essere riprogettati per sfruttare le proprietà benefiche della produzione additiva. Incorporando componenti prodotti dalla produzione additiva, come per esempio gli stampi, il processo di produzione può diventare più efficiente dal punto di vista energetico e delle risorse. L'adozione della produzione additiva ha comportato riconfigurazioni della catena di produzione e la riprogettazione di prodotti e loro componenti. Pertanto, il miglioramento della produzione dei prodotti attraverso la semplificazione della componentistica, ha ridotto i flussi di materiale e portare ad una riduzione dell'impatto ambientale sull'intera catena di approvvigionamento. Questa caratteristica ha un profondo impatto sulla riduzione dei costi del ciclo di vita del prodotto; infatti, circa un terzo del risparmio energetico si applica alla fase di produzione, il 55-60% durante la fase di utilizzo. Inoltre, la produzione additiva, richiede generalmente una quantità inferiore di risorse per la produzione e può consentire la conversione di rifiuti e sottoprodotti in prodotti, infatti ci sono esempi, come l'upcycling, che dimostrano che il materiale tradizionalmente considerato come rifiuto può essere riciclato per produrre prodotti di lusso; questo consente di creare valore da ciò che altrimenti sarebbe considerato uno spreco. La produzione additiva può migliorare le prestazioni ambientali di un'impresa sia attraverso le operazioni eseguite al di fuori del sistema di produzione, come la riduzione dei trasporti attraverso la produzione distribuita, sia quelle operazioni eseguite all'interno del sistema di produzione. I miglioramenti interni includono un minor utilizzo e spreco di materiale, ottimizzazione del design e selezione ottimale dei parametri di processo. Pertanto, è chiaro che l'efficienza energetica e gli impatti ambientali della produzione assistita sono altamente specifici in base alle casistiche e dipendono dall'entità dell'ottimizzazione del progetto, dal volume di produzione, dalla selezione ottimale dei parametri di processo e dalle configurazioni della catena.

Dal punto di vista della sostenibilità, infatti, la natura di questa produzione la rende un processo più efficiente in termini di risorse poiché vengono generati meno rifiuti rispetto alle tecniche sottrattive. Sebbene si possa sostenere che la produzione additiva sia più energivora per unità prodotta, si può dire che questo tipo di produzione consente di produrre unità per soddisfare esattamente la domanda e quindi va ad offrire il potenziale per migliori prestazioni assolute. Oltre a ridurre il consumo di risorse, questo modello make-to-order consente l'integrazione diretta tra consumatori/clienti e locali/produttori, con i vantaggi di apprendimento collaborativo di questo approccio. Lo sviluppo di queste competenze organizzative nella progettazione per la produzione additiva consente di produrre e

conservare progetti digitali in modo che i pezzi di ricambio possano essere prodotti su richiesta quando sono necessarie riparazione. Quindi, insieme agli approcci di progettazione modulare, riparazione, rigenerazione e ricondizionamento, la produzione additiva consentirà l'estensione ed il miglioramento della vita del prodotto. La relativa facilità e convenienza della produzione di tali pezzi di ricambio e l'integrazione di componenti modulari aggiornati possono indurre aziende affermate a ripensare al proprio modello di business oltre che agli impatti sulla sostenibilità delle loro pratiche. La semplificazione di prodotti multicomponente complessi in prodotti a componente singolo semplificherà a sua volta le complesse catene del valore ad essi associate, con catene del valore che diventeranno meno gerarchiche e avranno meno fasi di produzione. Quindi indagando sull'adozione della produzione additiva attraverso una prospettiva del ciclo di vita, sono state identificate tre categorie principali in cui questo tipo di produzione consente di ottenere vantaggi in termini di sostenibilità. Dati questi vantaggi, è chiaro che la produzione additiva svolgerà un ruolo importante nella transizione verso un sistema industriale più sostenibile poiché l'applicazione di queste tecnologie crea opportunità per una produzione ed un consumo più sostenibili. . Inoltre, l'uso dell'AM per i servizi di riparazione promuove l'adozione di modelli di business sostenibili, generando una maggiore redditività, e quindi ricavi. Come nel caso, ancora una volta, di Caterpillar che ha utilizzato il “cold spraying” nella riparazione e, secondo gli studi, l'azienda è riuscita a riutilizzare in media il 94% dei suoi prodotti a fine vita: l'azienda ha utilizzato questa tecnologia AM nella riconversione dei suoi motori Diesel sostituendo le parti difettose con una miscela di parti nuove e rigenerate. Questa innovativa tecnica di riparazione AM ha migliorato i margini di profitto dell'azienda portando dal 40% al 25% la percentuale di componenti inutilizzati in ciascun nuovo motore, causando minori scarti e sprechi, ed evidenziando il ruolo dell'AM nella creazione di soluzioni innovative che incentivano le aziende a ripensare i loro modelli di business plasmandoli in modo più sostenibile ed efficiente dal punto di vista dei costi. L'implementazione delle tecnologie digitali AM nell'industria 4.0 rimane comunque impegnativa e richiede nuove competenze ingegneristiche e manageriali adattate al fine di cogliere i vantaggi di questa nuova tecnologia.

Grazie alla possibilità di poter costruire una lama con sinterizzando un materiale in polvere direttamente sul corpo del coltello è possibile utilizzare indifferentemente per il corpo sia un elemento monolitico che un elemento costituito dall'accoppiamento di un albero con una o più boccole.

In accordo a possibili forme di attuazione del presente trovato, l'elemento monolitico o la boccia su cui è realizzata almeno una lama possono essere di acciaio inox.

Grazie al fatto di poter realizzare il corpo del coltello in acciaio inox è possibile evitare un eventuale trattamento superficiale del corpo del coltello contro la corrosione.

Un ulteriore scopo del presente trovato è quello di fornire gli insegnamenti necessari per poter attuare un metodo per ripristinare il diametro esterno della lama usurata di un coltello rotante per tagliare materiali in nastro realizzato anche con tecnologie convenzionali.

Secondo possibili forme di attuazione del presente trovato, un metodo per ripristinare la lama usurata di un coltello rotante per tagliare materiali in nastro comprendente un corpo e almeno una lama di un primo materiale metallico comprende le fasi di:

- fornire un coltello usurato;
- generare un crogiuolo di metallo fuso sulla sommità della lama usurata;
- alimentare la polvere del primo materiale metallico;
- fondere la polvere del primo materiale metallico;
- solidificare la polvere del primo materiale metallico in modo da realizzare una pluralità di cordoni di saldatura atti a realizzare almeno uno strato di materiale per ripristinare il diametro esterno della lama del coltello;

Grazie al fatto di poter realizzare la lama con una pluralità di strati sinterizzati del secondo materiale metallico è possibile superare un ulteriore inconveniente della tecnica nota riguardante il ripristino dei coltelli usurati che non potrebbero più essere riaffilati, perché il loro diametro è ormai divenuto troppo piccolo dopo le 3 – 4 riaffilature di routine, ricostituendo il diametro della lama rifabbricando gli strati usurati e riportandola al diametro originale.

In accordo a possibili forme di attuazione del presente trovato, nel procedimento di ripristino della lama usurata di un coltello il crogiuolo di metallo fuso può essere realizzato per mezzo di un raggio laser che ha un diametro focale.