

DOMANDA DI INVENZIONE NUMERO	10202000008386
Data Deposito	20/04/2020
Data Pubblicazione	20/10/2021

Classifiche IPC

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
B	23	K	26	70

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
B	23	K	26	146

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
B	23	K	26	14

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
B	23	K	101	14

Titolo

TERMINALE OPERATIVO LASER, MACCHINA OPERATRICE LASER E PROCEDIMENTO DI FABBRICAZIONE CORRISPONDENTI

DESCRIZIONE dell'invenzione industriale intitolata:

“Terminale operativo laser, macchina operatrice laser e procedimento di fabbricazione corrispondenti”

di: Prima Industrie S.p.A., di nazionalità Italiana, Via Torino-Pianezza 36, 10093 - Collegno (TO)

Inventori designati: Enrico PISANU, Silvio PARISE

Depositato il: 20 aprile 2020

TESTO DELLA DESCRIZIONE

Campo tecnico

La descrizione è relativa ad un terminale operativo per una macchina operatrice di lavorazione laser configurato per guidare un fascio laser su una superficie di lavoro secondo un asse ottico di propagazione del fascio laser.

Tale terminale operativo comprende un corpo di supporto avente un condotto con un asse parallelo ad almeno una porzione dell'asse ottico di propagazione del laser e un'estremità terminale comprendente un ulteriore condotto ed essendo configurata per essere accoppiata al corpo di supporto e per fornire un'uscita al fascio laser.

Una o più forme di attuazione possono essere applicate in una macchina operatrice di lavorazione laser, come ad esempio una macchina per il taglio laser.

Sfondo tecnologico

Nell'ambito delle lavorazioni laser esistono molteplici dispositivi per il trasporto della radiazione elettromagnetica, correntemente noti come “teste (operative) laser”, operabili come terminali (utensili) di una macchina operatrice laser. Ciascun tipo di testa laser può essere specializzata per eseguire un certo numero o un certo insieme di lavorazioni laser in uno stesso tempo. Ad

esempio possono esistere teste laser per la saldatura laser, diverse da teste laser per il taglio laser, in quanto i percorsi ottici impiegati possono essere diversi.

Una testa laser di questo tipo è nota, ad esempio, dal documento EP1134052A1 della stessa Richiedente.

Sono noti dispositivi per fornire sorgenti di radiazione, in particolare una sorgente laser, sotto forma di un fascio di elaborazione che può essere posto in contatto con un pezzo in lavorazione in modo da elaborare il materiale.

Mentre il fascio laser viene impiegato per effettuare una lavorazione su un materiale, parte della potenza emessa dal laser, a causa della diffrazione e della diffusione della luce (a causa del coating delle ottiche impiegate), si dissipa sotto forma di calore all'interno di un condotto di guida del fascio laser che si trovi all'interno del terminale della macchina operatrice.

Ciascuna testa laser può essere atta a guidare quindi fasci laser emessi da sorgenti di radiazione laser con caratteristiche particolari. Ad esempio, in varie teste laser un tale valore di potenza impiegabile è limitato a 20 kW impiegando metodi di raffreddamento convenzionali.

Una testa laser può essere configurata per essere accoppiata a dei condotti di distribuzione di gas di processo di lavorazione, come ad esempio gas inerti che è conveniente indirizzare su una superficie di lavoro mentre essa è lavorata (ad esempio, durante il taglio) con il fascio laser.

L'insieme della testa laser insieme ad i canali di distribuzione del gas che vanno ad accoppiarsi può presentare quindi un notevole ingombro. Tale testa laser può avere anche un notevole peso, che può complicarne la dinamica sul piano di lavoro.

Alleggerire il peso di tale testa laser, ad esempio riducendo il quantitativo di materiale impiegato per la realizzazione, potrebbe ridurre l'ingombro e migliorarne la dinamica al costo di una variazione dell'inerzia termica di

raffreddamento. Tale costo potrebbe comportare una ulteriore limitazione della potenza laser impiegabile per le lavorazioni.

Scopo e sintesi

Uno scopo di una o più forme di attuazione è di fornire una soluzione che tenga conto dei problemi tecnici precedentemente discussi.

Secondo una o più forme di attuazione, tale scopo può essere raggiunto per mezzo di un terminale operativo avente le caratteristiche esposte nelle rivendicazioni che seguono. Un terminale operativo (o testa laser) configurato per essere impiegata come terminale utensile in una macchina operatrice laser può essere un esempio di un tale dispositivo utensile.

Una o più forme di attuazione possono essere relative a un apparato corrispondente. Una macchina operatrice comprendente una testa laser come ivi discusso può essere un esempio di un tale apparato.

Una o più forme di attuazione possono essere relative a un procedimento di produzione additiva e ad una corrispondente testa laser ottenuta tramite il procedimento.

Nella presente descrizione, e nelle rivendicazioni che seguono, con il termine "additive manufacturing" si intende una tecnologia, di per sé nota nella tecnica, nel quale si fa uso di una sorgente di energia, come ad esempio un fascio laser, per fondere selettivamente strati di polveri di materiale di varie dimensioni, in modo tale da formare strato dopo strato un componente di materiale metallico o di materiale plastico.

Forme di attuazione hanno il vantaggio di impiegare scambiatori termici per il raffreddamento che lambiscono la maggior superficie possibile di un condotto di guida della radiazione laser.

Una o più forme di attuazione facilitano il superamento dei convenzionali limiti di potenze laser impiegabili in lavorazioni laser, quali il taglio laser.

Una o più forme di attuazione possono prevedere una nuova configurazione di scambiatore di calore che comprenda una pluralità di canali per il flusso di un liquido di raffreddamento, in cui i canali si estendono ciascuno secondo un percorso tortuoso, così da aumentare la superficie di scambio termico.

Una o più forme di attuazione facilitano di incrementare l'efficienza di scambio termico a parità di volume complessivo dello scambiatore di calore.

Una o più forme di attuazione permettono di realizzare uno scambiatore di calore avente una struttura più leggera, a parità di efficienza di scambio termico, rispetto ai dispositivi noti.

Le rivendicazioni sono parte integrante dell'insegnamento tecnico qui fornito con riferimento alle forme di attuazione.

Breve descrizione di varie viste dei disegni

Una o più forme di attuazione saranno ora descritte, a puro titolo di esempio, con riferimento alle figure annesse, nelle quali:

Figura 1 è un diagramma esemplificativo di un apparato per lavorazioni laser,

Figura 2 è un diagramma esemplificativo di un modulo di controllo dell'apparato per lavorazioni laser di Figura 1,

Figura 3 è una vista prospettica parzialmente sezionata di una testa laser secondo una o più forme di attuazione,

Figura 4 è una vista prospettica di un corpo di supporto della testa laser di Figura 3,

Figura 5 è una vista parzialmente sezionata di un condotto nel corpo di supporto della Figura 4,

Figura 6 è una vista del riquadro indicato dalla freccia VI in Figura 4,

Figura 7 è una vista prospettica del riquadro indicato dalla freccia VII in Figura 6,

Figura 8 è un diagramma illustrativo di principi di funzionamento di una o più forme di attuazione,

Figura 9 è una ulteriore vista prospettica della testa laser di Figura 3,

Figura 10 è una vista prospettica parzialmente sezionata di una testa laser secondo una o più forme di attuazione,

Figura 11 è una vista in sezione lungo la linea XI-XI in Figura 10,

Figura 12 è una vista prospettica allargata di una porzione di della testa laser di Figura 10,

Figura 13 è una vista in sezione secondo un piano secondo la linea XIII-XIII di Figura 10;

Figura 14 è una vista prospettica sezionata secondo la linea XIII-XIII di Figura 10,

Figura 15 è una vista prospettica di un corpo di supporto secondo una o più forme di attuazione,

Figura 16 è una vista prospettica di una sezione secondo la linea XVI-XVI di Figura 15,

Figura 17 è una vista in sezione secondo la linea XVII-XVII di Figura 15,

Figura 18 è una vista in sezione secondo la linea XVIII-XVIII di Figura 15,

Figura 19 è una vista in sezione di una porzione di Figura 15 secondo la freccia XIX.

Descrizione dettagliata di esempi di forme di attuazione

Nella descrizione che segue, sono illustrati uno o più dettagli specifici, allo scopo di fornire una comprensione approfondita di esempi di forme di attuazione di questa descrizione. Le forme di attuazione possono essere ottenute senza uno o più dei dettagli specifici o con altri procedimenti, componenti, materiali, ecc. In altri casi, operazioni, materiali o strutture note non sono illustrate o descritte in dettaglio in modo tale che certi aspetti delle forme di attuazione non saranno resi poco chiari.

Un riferimento a “una forma di attuazione”, nel quadro della presente descrizione, intende indicare che una particolare configurazione, struttura, o caratteristica descritta con riferimento alla forma di attuazione è compresa in almeno una forma di attuazione. Per cui, le frasi come “in una forma di attuazione” che possono essere presenti in uno o più punti della presente descrizione non fanno necessariamente riferimento proprio alla stessa forma di attuazione.

Inoltre, particolari conformazioni, strutture o caratteristiche possono essere combinate in un modo adeguato qualsiasi in una o più forme di attuazione.

I riferimenti usati qui sono forniti semplicemente per convenienza e quindi non definiscono l’ambito di protezione o l’ambito delle forme di attuazione.

In Figura 1 è rappresentato un diagramma di un apparato 10 di lavorazione laser, o macchina operatrice laser, comprendente:

- una sorgente di radiazione elettromagnetica laser 12, configurata per produrre un fascio laser L che si propaga secondo un cammino ottico,
- un insieme di componenti ottici 14 posti lungo il cammino ottico del laser L e configurati per deviarne la direzione, dirigendolo lungo un asse ottico OP verso una superficie di lavoro 16 su cui può essere appoggiato un componente da lavorare,
- una testa (o terminale operativo) laser 20 configurata per guidare il fascio laser e avente un condotto centrale 26 che circonda almeno una porzione del cammino ottico del laser L lungo l’asse ottico OP configurata così da guidare il fascio laser verso la superficie di lavoro 16, tale testa laser 20 essendo configurata per essere impiegata come terminale operativo della macchina operatrice laser 10.

Per esempio, una tale macchina operatrice 10 può comprendere una struttura di trasporto, configurata per traslare e/o ruotare la testa laser 20, del

tipo a cantilever, a braccio robotico (antropomorfo) o di altro tipo di per sé noto, come apprezzabile da una persona esperta nel ramo della tecnica.

Come menzionato, la testa laser 20 è predisposta per ricevere un fascio laser L che si propaga secondo un asse ottico OP e per guidarlo o trasportarlo al suo interno, in un condotto (centrale) 26, fino ad una apertura di uscita che ne permette l'uso su una superficie di lavoro 16.

In particolare, l'apparato 10 come esemplificato in Figura 1 può essere predisposto per operare in maniera flessibile una pluralità di diverse lavorazioni laser, tra cui in particolare taglio laser, saldatura, cladding, additive manufacturing a deposizione diretta di energia (DED – Direct Energy Deposition), ablazione, trattamento termico, texturing.

Si noti che tale elenco di possibili lavorazioni laser e tali abbinamenti di lavorazioni alle sorgenti sono presentati puramente a titolo di esempio, non essendo in alcun modo limitativo delle tipologie di lavorazione laser per cui l'apparato può essere predisposto ad operare in maniera flessibile.

Nella presente descrizione, con il termine "additive manufacturing" si intende un procedimento, noto nella tecnica, nel quale è previsto di depositare in sequenza strati di polvere di materiale e fare uso di una sorgente di energia, come ad esempio un fascio laser, per fondere o sinterizzare selettivamente regioni degli strati di polveri di materiale, man mano che vengono depositate, in modo tale da formare, strato dopo strato, un componente di un certo materiale (ad esempio, metallico o plastico). Gli strati di polvere possono essere, ad esempio, letti di polvere nei quali un fascio laser selettivamente opera per fusione o sinterizzazione, oppure possono essere strisce e punti di polvere depositate tramite un ugello nella regione di azione del fascio laser.

Ad esempio, tale testa laser 20, come mostrato in Figura 1, può avere una struttura di supporto, comprendente:

- un corpo di supporto 22, comprendente il condotto centrale 26, ad esempio tubolare, che può comprendere un accoppiatore configurato per

accoppiare meccanicamente la testa 20 alla struttura di trasporto, per esempio al braccio robotico della macchina operatrice 10. Il condotto centrale 26 tubolare, il cui asse principale nell'esempio mostrato è sostanzialmente perpendicolare a una superficie di lavoro 16, è configurato per ricevere il fascio laser L e guidarlo verso la superficie di lavoro 16, e

- una parte d'uscita, cono sensore, 24 comprendente al suo interno un condotto 28 di forma tronco conica comprendente un'apertura di ingresso, che costituisce la base maggiore di tale condotto di forma tronco conica, da cui ricevere il fascio laser L, a valle del condotto centrale 26 del corpo di supporto 22 e un'apertura di uscita 28a, ossia la base minore, affacciato alla superficie di lavoro 16 per trasmettere il fascio laser L.

In varie forme di attuazione, la testa laser 20 può includere al suo interno i componenti ottici 14. Tali componenti (o moduli) ottici, come detto convogliano il fascio laser L proveniente dalla sorgente laser 12, in modo che incida sul piano di lavoro 16 secondo l'asse ottico OP, che è di solito sostanzialmente perpendicolare a tale piano 16. Tali componenti ottici 14 possono essere orientabili (ossia mobili) in modo da indirizzare il fascio laser L sulla superficie di lavoro 16, per funzioni specifiche del processo di lavorazione e per seguire movimenti della testa laser 20, in particolare determinati dalla struttura di trasporto della macchina operatrice 10. Tale insieme di componenti ottici 14 può comprendere, ad esempio:

- un modulo di orientamento del fascio laser, indicata con 14' in Figura 1, configurato per impartire al fascio laser L almeno un movimento dinamico di oscillazione ω intorno all'asse ottico OP una volta che questo venga emesso dalla testa laser 20 sulla superficie di lavoro 16. In figura 1 in particolare sono raffigurati uno specchio fisso 14'' che deflette una prima volta il fascio originato dalla sorgente 12 verso tale modulo 14', che è comandato per orientare il fascio laser L all'interno del condotto 26.

- un'ottica di beam shaping, per esempio una lente diffrattiva per variare un modo (risonante) del fascio laser L, ossia configurata per variare selettivamente una distribuzione di potenza del fascio laser indirizzato sulla regione della superficie di lavorazione,

- una lente focalizzante, configurata per indirizzare il fascio laser L sopra una regione del piano di lavoro 16, formando uno spot di focalizzazione del fascio laser su tale regione.

In generale, con piano di lavorazione 16 si intende il piano alla quota su cui si esegue il processo, in particolare il piano, sia esso anche del supporto o dell'elemento su cui si effettua la lavorazione.

Si noti che tale insieme di componenti ottici 14 è presentato a puro titolo di esempio non limitativo, restando peraltro inteso che in varie forme di attuazione uno o più degli elementi 14 potrebbero essere diversi o assenti a seconda delle esigenze di un utente, così da configurare l'apparato 10 secondo le esigenze delle tipologie di lavorazione da eseguire.

Il modulo di orientamento del fascio laser nell'insieme di moduli ottici 14 può comprendere, ad esempio, uno specchio orientabile tramite uno o più attuatori ad esso accoppiati, per esempio attuatori galvanometrici configurati per variarne almeno un angolo di inclinazione tramite uno scanner ottico. Per esempio, tale scanner ottico può prevedere di pilotare almeno un attuatore dello specchio orientabile secondo un procedimento per impartire un movimento dinamico al fascio laser L, per esempio variando con frequenza ω , almeno un angolo α tra un asse normale ad una superficie riflettente dello specchio ed una direzione di propagazione del fascio laser L, ossia l'asse ottico OP. Un tale procedimento può essere implementato, ad esempio, in modi di per sé noti.

Si noti che sebbene discussi come compresi nella testa, in varie forme di attuazione tali componenti ottici potrebbero non essere presenti o essere compresi al di fuori della testa, in particolare il modulo di orientamento del

fascio laser potrebbe trovarsi all'ingresso della testa ma disaccoppiato meccanicamente da essa.

L'apparato 10, come esemplificato in Figura 1, comprende inoltre un sistema di raffreddamento 40, ad esempio uno scambiatore di calore integrato nel corpo di supporto 22 della testa laser 20, come discusso nel seguito. Il sistema di raffreddamento può essere configurato per fornire un flusso di un fluido di raffreddamento, ad esempio acqua, in ingresso ed in uscita a delle rispettive camere di ingresso e di uscita nel corpo di supporto 22, come discusso nel seguito.

Alcuni processi lavorazioni laser impiegano, oltre al fascio laser, anche fluidi o gas per operare la lavorazione. L'apparato 10, come esemplificato in Figura 1, può quindi comprendere un sistema di distribuzione 50 di tali gas di lavorazione. In particolare, nel caso di lavorazioni di taglio laser, è possibile che la testa laser 20 comprenda dei condotti integrati configurati per fornire un gas di supporto alla lavorazione che possono essere immessi nella parte terminale 24 della testa laser 20 in modo che il gas fuoriesca dal medesimo foro di uscita 28 del fascio laser L (ad esempio, in modo ad esso coassiale), così come discusso nel seguito. La testa laser 20 nell'apparato 10, come esemplificato in Figura 1, è dunque collegata ad uno o più tubi flessibili 52, così che i tubi 52 possano fornire al condotto centrale 26 un flusso di gas.

In varie forme di attuazione l'apparato può comprendere ulteriori moduli, come ad esempio un modulo di controllo 30 per pilotare, ad esempio, uno o più tra:

- la sorgente laser 10, così da produrre un fascio L con determinate caratteristiche;
- i componenti ottici 14, ad esempio per applicare rapide oscillazioni al fascio al fine di ottenere lavorazioni migliorate, in modi di per sé noti;

- la struttura di trasporto della testa laser 20, così da spostare la testa laser 20 per effettuare le lavorazioni programmate sul pezzo appoggiato sulla superficie di lavoro 16,

- il sistema di raffreddamento 40 o il sistema di distribuzione 50 dei gas.

In varie forme di attuazione dell'apparato 10, ad esempio, una porzione del fascio laser L può essere deviata ed analizzata, applicando eventualmente un feedback alla sorgente 10 tramite il modulo di controllo 30 in funzione dell'analisi.

In varie forme di attuazione, il modulo di controllo 30 può comprendere un'unità di controllo numerico 60, come esemplificato in figura 2.

L'unità di controllo numerico 60 può essere configurata per gestire il controllo degli attuatori, ossia i motori quali ad esempio i motori della struttura di trasporto che ne movimentano gli assi i motori che movimentano il modulo di orientamento del fascio laser 14, nonché ulteriori sistemi quali quello di raffreddamento 40 o di distribuzione dei gas di supporto 50.

Tale unità 60 può comprendere un primo computer 61 che opera quale interfaccia utente per inviare istruzioni e comandi ad un secondo computer 62. Tale secondo computer comprende, preferibilmente comprende un sistema operativo 62a associato a estensioni di tipo Real Time 62b per la gestione della macchina 10. Il sistema operativo può essere ad esempio di tipo Linux, WinCE, o essere ottenuto tramite soluzioni proprietarie.

Nel computer 62 e nella scheda di servo controllo 63, ad esempio, sono implementate procedure per pilotare l'apparato 10. Il computer 62 può fornire le traiettorie da eseguire a una scheda di servo controllo 63 per il controllo degli attuatori.

La Figura 3 mostra una vista prospettica della testa laser 20 in cui è visibile una sezione interna del corpo di supporto 22.

Tale corpo di supporto 22 può essere realizzato in materiale metallico, preferibilmente leghe di alluminio, leghe di titanio o leghe di nichel.

In particolare, il corpo di supporto 22 può essere ottenuto tramite un processo di additive manufacturing, in modo da facilitare di ottenere le complesse strutture integrate all'interno, come discusso nel seguito.

Nel seguito, per semplicità, si farà riferimento a una testa 20 comprendente un corpo di supporto 22 realizzato in tecnologia di additive manufacturing del tipo fusione su letto di polvere (o "powder bed fusion"), restando peraltro inteso che tale tipo di tecnologia additive impiegata è puramente esemplificativo e non limitativo.

Nel realizzare varie forme di attuazione è possibile impiegare altri procedimenti di additive manufacturing, quali ad esempio binder jetting, electron beam melting, material extrusion, material jetting, ed altri procedimenti di per sé noti alla persona esperta nel ramo.

Preferibilmente, il corpo di supporto 22 è ottenibile impiegando tecnologia di additive manufacturing configurata per fondere strati di materiale aventi uno spessore sostanzialmente pari a 30 micron (1 micron = 1 micrometro = 10^{-6} m).

Come esemplificato in Figura 3, il corpo di supporto 22 di forma parallelepipedica nell'esempio, comprende al suo interno un serbatoio 400 che circonda il condotto centrale 26. Tale condotto centrale 26, meglio visibile in figura 4 o figura 16, è sormontato da un cassetto posizionario 23, di forma sostanzialmente parallelepipedica, e dotato di un proprio foro cilindrico sostanzialmente di sezione congruente con quella del condotto centrale 26, che comprende ottiche di focalizzazione del fascio laser L e ne regola la posizione.

In Figura 3 è inoltre mostrato che il corpo di supporto 22 comprende inoltre un insieme di canali tubolari 520, 522, 523, 524 per il trasporto di fluidi di supporto alla lavorazione laser. Tale insieme di canali tubolari può essere accoppiato ad uno o più sistemi di distribuzione di gas o altri elementi di supporto alla lavorazione 50.

Ad esempio, l'insieme di canali tubolari 520, 522, 523, 524 può comprendere, come esemplificato in Figura 3:

- un primo canale tubolare 520 configurato per trasportare un gas di supporto al taglio laser, come ad esempio ossigeno,
- opzionalmente, un secondo canale tubolare 522, configurato per trasportare un liquido di supporto al taglio laser, per eseguire il water-aided cutting (brevemente, WAC),
- opzionalmente, un terzo canale tubolare 523 configurato per trasportare ulteriori gas di supporto, come ad esempio gas azoto per il "nitrogen piercing",
- un quarto canale tubolare 524 configurato per portare aria di raffreddamento.

Si noti che un tale insieme di quattro tubi è puramente esemplificativo e non limitativo, restando peraltro inteso che in varie forme di attuazione un qualsiasi numero di canali di distribuzione di gas e altri elementi di supporto 520, 522, 523, 524 può essere accoppiato alla testa laser 22 e integrato in essa.

Una testa laser 20 come esemplificato in Figura 3 comprende inoltre uno o più regolatori 70, cioè regolatori a vite, configurati per essere accoppiati a uno o più degli elementi ottici di focalizzazione del cassetto 23, che in generale fanno parte degli elementi ottici 14, in modo da variarne in maniera "fine" l'allineamento all'interno del condotto 26 e le conseguenti proprietà di focalizzazione ottica del fascio laser L che si propaga lungo il cammino ottico OP.

Figura 4 è una vista frontale del solo corpo di supporto 22 della testa laser 24, in cui è delineata una porzione di volume scambiatore di calore 400 (con la struttura esterna della struttura del corpo di supporto 22 indicata in linee tratteggiate).

Come esemplificato in Figura 4, tale scambiatore di calore 400 circonda il condotto tubolare 26 attraversante il corpo di supporto 22.

In varie forme di attuazione, come esemplificato in figura 4, il sistema di raffreddamento 400 può essere accoppiato al corpo di supporto 22 tramite una camera di ingresso 224 e una camera di uscita 225 configurate per ricevere in ingresso e riportare in uscita il liquido di raffreddamento, rispettivamente.

Come discusso nel seguito, il volume dello scambiatore 400 comprende una struttura a reticolo o “mesh” al suo interno. Tale struttura a reticolo può comprendere, come mostrato in Figura 6 o Figura 7, una pluralità di celle di elementi connettori termicamente conduttivi, ad esempio disposte a rete tridimensionale. In forme varianti, tale disposizione può creare una rete bidimensionale. Tale mesh o reticolo può offrire una superficie termicamente conduttiva estesa configurata per trasferire il calore che si dissipa sulle pareti del condotto 26 (ad esempio, mentre viene attraversato dal fascio laser L durante una o più lavorazioni).

Il liquido di raffreddamento fornito dal sistema di raffreddamento 400 fluisce all'interno dello scambiatore di calore 400 passando tra la camera di ingresso 224 e la camera di uscita 225. Mentre fluisce, il liquido estrae tale calore sia direttamente dalle porzioni di condotto 26 che lo scambiatore di calore 400 lambisce, sia quello che viene “portato via” dalla struttura del reticolo (che occupa il volume tridimensionale del serbatoio), dato che il liquido di raffreddamento passa attraverso gli interstizi nelle maglie del reticolo, come discusso nel seguito (ad esempio in relazione alla Figura 8).

In Figura 5 è mostrata una vista prospettica parzialmente sezionata del volume interno al condotto 26 all'interno del corpo di supporto 22 secondo forme di attuazione.

Come esemplificato in Figura 5, il condotto 26 ha al suo interno una forma tubolare cilindrica, una porzione 260 della quale presenta un rigonfiamento così da funzionare come alloggiamento 260 per un corpo cilindrico di vetro o vetrino 262 che protegga i componenti ottici a monte, come

ad esempio una lente ottica di focalizzazione del fascio laser L, da potenziali danni durante la lavorazione.

Il tubo cilindrico del condotto 26, ad esempio, ha un primo diametro W mentre l'alloggiamento 260 a forma di "ciambella" per il vetrino 260 ha un secondo diametro W_m maggiore del primo diametro W .

In maniera vantaggiosa, la presenza di tale rigonfiamento facilita l'inserimento del vetrino di protezione nel condotto 26 del corpo di supporto 22 tramite un meccanismo di incastro meccanico, semplificando i meccanismi di accoppiamento. Figura 6 mostra una porzione della struttura interna del serbatoio 400 all'interno di un riquadro indicato da una freccia VI in Figura 4.

Come esemplificato in Figura 6, la struttura a reticolo o "mesh" dello scambiatore di calore 400 comprende una pluralità di elementi termicamente conduttivi, ossia elementi connettori 402, cioè segmenti rettilinei (cioè in forma d'asta o barra), in particolare sostanzialmente cilindrici, pieni, di materiale metallico, che si interconnettono fra loro. Tali segmenti sono termicamente conduttivi e disposti in modo da creare una rete che occupi un volume tridimensionale, che può essere ottenuta per ripetizione periodica spaziale (ad es., bidimensionale o tridimensionale) di celle unitarie. Tale mesh o reticolo offre una superficie di dissipazione del calore che si trova sulle pareti del condotto 26 mentre viene attraversato dal fascio laser L durante una o più lavorazioni. In altre parole, la struttura a reticolo dello scambiatore 400 agisce come una parete porosa nei cui interstizi scorre il liquido di raffreddamento.

La struttura a reticolo nello scambiatore di calore 400 può comprendere un insieme di celle sostanzialmente identiche. Ad esempio, ciascuna cella può avere la forma di uno scheletro di un poliedro, del quale i connettori 402 rappresentano gli spigoli. In forme varianti, ciascuna cella può anche avere forma bidimensionale o tridimensionale, regolare o irregolare, poligonale o poliedrica.

Figura 7 mostra una vista prospettica della struttura tridimensionale di una singola cella di tale pluralità di celle tra di loro sostanzialmente identiche, ad esempio la cella nel riquadro VII di Figura 6.

Come esemplificata in Figura 6, la singola cella della struttura a reticolo del serbatoio 400 può avere forma di scheletro di un dodecaedro rombico o rombotrapezoidale.

Resta peraltro inteso che una tale forma di poliedro è discusso a puro titolo di esempio, restando peraltro inteso che la singola cella della struttura a reticolo del serbatoio 400 può avere virtualmente una qualsiasi forma, sia regolare che irregolare, in particolare qualsiasi forma ottenibile tramite processo di fabbricazione di additive manufacturing.

La struttura a reticolo del serbatoio può essere parametrizzata secondo le dimensioni della cella, che possono comprendere, come esemplificato in Figura 7: un diametro D del connettore 402, una lunghezza o passo P e un angolo di inclinazione β rispetto ad un piano (ad esempio, un piano orizzontale).

In varie forme di attuazione, il diametro D dei connettori 402 delle celle può essere preferibilmente compreso tra 0.5 mm e 1 mm (1 mm = 1 millimetro = 10^{-3} m), in modo da consentire il fluire del liquido di raffreddamento all'interno di canali di scorrimento per i fluidi di raffreddamento nella struttura a reticolo del serbatoio scambiatore di calore 400.

In una o più forme di attuazione, il reticolo ha preferibilmente un passo P di reticolo compreso tra 4 mm e 10 mm.

In varie forme di attuazione, le celle del reticolo del serbatoio scambiatore di calore 400 possono essere inclinate rispetto ad un piano orizzontale, preferibilmente con un angolo β superiore a 40° .

Tali forme di attuazione hanno il vantaggio di presentare un numero molto elevato di connettori termicamente conduttivi per unità di superficie della sezione trasversale dello scambiatore di calore 400 e conseguentemente un valore molto elevato della superficie di scambio termico, a parità di volume.

La Figura 8 è una simulazione del flusso di liquido di raffreddamento, ad esempio acqua, che può avvenire all'interno del serbatoio scambiatore di calore 400 del corpo di supporto 22 accoppiato al sistema di raffreddamento 40 tramite la camera di ingresso 224 e la camera di uscita 225.

Come esemplificato in Figura 8, il sistema di raffreddamento 40 fornisce un liquido ad una prima temperatura, ad es. T_i , alla camera di ingresso 224 da cui fluisce seguendo le intricate linee di flusso, andando a lambire le pareti laterali del condotto 26 interno al corpo di supporto 22 e propagarsi nelle maglie della rete che occupa il volume tridimensionale del serbatoio 400, estraendone il calore che può essere presente a causa della potenza del laser dissipata durante la lavorazione. Il flusso di liquido di raffreddamento procede quindi verso la camera di uscita 225 da cui viene riportato al sistema di raffreddamento 40 ad una seconda temperatura T_o maggiore della prima temperatura T_i .

Come esemplificato in Figura 8, il liquido di raffreddamento, ad esempio acqua, attraversa il volume dello scambiatore di calore 400, che opera come una sorta di "serbatoio". Il liquido di raffreddamento, come detto passando dalla camera di ingresso 224 alla camera di uscita 225, per cui il volume interno dello scambiatore di calore 400 è accoppiato al sistema di raffreddamento 40 tramite due parti di un tubo in cui scorre del liquido di raffreddamento, in maniera da permettere la circolazione del flusso all'interno del serbatoio 400.

Il liquido di raffreddamento, ad esempio acqua, scorrendo all'interno dei tubi nel serbatoio 400, porta via il calore, generato dal laser che percorre il suo cammino ottico OP, dalle pareti del condotto 26. Ciò può contribuire, in particolare, a salvaguardare le proprietà dell'ottica di focalizzazione e del vetrino 262, la cui distanza focale di focalizzazione del laser, ad esempio, può essere particolarmente sensibile a variazioni di calore. Ciò può inoltre contribuire a salvaguardare le proprietà meccaniche della testa laser 20.

L'incrementata efficacia dello scambiatore di calore 400 a reticolo nel dissipare il calore prodotto dal laser nel condotto 26 (e nella lente 262) facilita l'impiego di laser con potenze maggiori di quelle correntemente impiegate, ad esempio raggiungendo una potenza del laser L intorno ai 20 kW (1 kW = 10^3 W = 1 kiloWatt).

Grazie all'adozione della tecnologia di additive manufacturing, la struttura dei connettori 402 dello scambiatore di calore 400 può essere ottenuta internamente al corpo di supporto 22, altrimenti di difficile realizzazione e a basso costo. Tale tecnologia consente anche di dare al corpo dello scambiatore di calore 400 una conformazione generale desiderata, diversa da quella degli scambiatori convenzionali. Figura 9 è una vista prospettica della testa laser 20 in cui la struttura esterna del corpo di supporto 22 è delineata con linee tratteggiate mentre sono visibili le strutture interne alla testa laser 20 dell'insieme di canali tubolari 520, 522, 523, 524.

Tali canali tubolari 520, 522, 523, 524 si estendono da una sommità del corpo di supporto 22 fino quasi al fondo del corpo stesso, in maniera sostanzialmente parallela e linearmente estesa, fino ad affacciarsi all'interno del condotto 26 interno al corpo di supporto 22 e/o ad un'interfaccia di accoppiamento con il cono sensore 24.

Come esemplificato in Figura 9, il cono sensore 24 può avere il suo condotto interno tubolare 28 di guida del laser ripartito in due porzioni rispetto alla posizione di una piastra centrale 240, o flangia, a base circolare. Il corpo 22 comprende una corrispondente sede circolare 222 nella propria porzione inferiore al di sotto del condotto 26, in cui tale flangia è inserita per accoppiare il cono sensore 24 al corpo 22. Tale sede 222 è visibile anche figura 4, dove il cono sensore 24 è assente.

Ad esempio, come esemplificato inoltre in Figura 14, il condotto interno 28 al cono sensore 24 può comprendere:

- una prima porzione 242 di condotto, sostanzialmente cilindrica sia nella parete esterna che nella parete interna, ad esempio una porzione superiore rispetto alla piastra 240, configurata per accoppiarsi con una porzione finale del condotto 26 interno alla testa laser 20 e comprendente una pluralità di camere 520', 522', 524' di accoppiamento con almeno uno dei canali tubolari, per esempio quello indicato con 520, tali camere 520', 522', 524' essendo in comunicazione a loro volta con l'interno del cono sensore 24, cioè il condotto 28, in particolare attraverso fori 521 nelle camere che adducono all'interno del condotto 28;

- una seconda porzione 244 di condotto, ad esempio una porzione posta inferiormente rispetto alla piastra 240, che presenta una parte distale 246 rastremata fino al foro di uscita del laser L. Internamente alla seconda porzione 244 il condotto 29 presenta analogamente un restringimento progressivo verso il basso del diametro, secondo una forma sostanzialmente troncoconica.

In varie forme di attuazione, come esemplificato in figura 9, nei pressi della prima porzione 242 del cono sensore configurata per accoppiarsi al condotto 26 del corpo di supporto 22, almeno uno dei canali tubolari, ad esempio il primo canale tubolare 520, si dirama in una pluralità di sotto-canali di distribuzione.

Ad esempio, il primo canale tubolare 520 può diramarsi in quattro sotto-canali di distribuzione interni di cui due visibili in figura 9 indicati con i riferimenti 520a, 520b, come discusso nel seguito (ad esempio, rispetto alla Figura 11).

Figura 10 è una vista prospettica della testa laser 20 in cui è visibile una parziale sezione del corpo di supporto 22.

Come esemplificato in Figura 10, la testa laser 20 può comprendere un collettore 526 configurato per convogliare verso i rispettivi canali della testa 22 uno o più tubi 52 di sistemi 50 per fornire gas o altri fluidi di lavorazione, così come tubi del sistema di raffreddamento 40 per la distribuzione del liquido di

raffreddamento per collegare alle camere di ingresso/uscita 224, 225 dello scambiatore di calore 400.

Per esempio, il collettore 526 può comprendere canali per accoppiare il sistema di distribuzione di gas di supporto al taglio laser, ai rispettivi canali di distribuzione interni alla testa laser 20, ad esempio al primo canale di distribuzione 52, nell'insieme di canali di distribuzione 520, 522, 524, 523 situati all'interno del corpo di supporto 22.

Figura 11 è una vista dall'alto di una sezione lungo un piano XY (ortogonale all'asse ottico OP di propagazione del laser L) passante per la linea indicata dalle frecce XI-XI della testa laser 20 della Figura 10.

Nella vista di Figura 11 è visibile l'interno della seconda porzione del condotto interno 28 del cono sensore, in particolare la parte rastremata 246 o tip, che fa sì che ci sia un alloggio per l'ugello di uscita per i gas e il fascio laser.

In tale sezione orizzontale si evidenzia il serbatoio 400a in cui corrono i canali tubolari 520, 522, 524.

Come esemplificato in Figura 11, il canale di distribuzione 520 per il gas di supporto alla lavorazione può comprendere quattro diramazioni 520a, 520b, 520c, 520d che possono essere configurate in modo tale da accoppiarsi alla prima porzione 242 del condotto interno cilindrico 28 del cono sensore 24 in corrispondenza di rispettivi quattro punti disposti a una medesima quota sulla circonferenza individuata dal suo bordo circolare della prima porzione 242 del condotto interno 28 a distanze eguali l'uno dall'altro, ossia ciascun arco della circonferenza fra due punti sottende un angolo retto situati sul bordo circolare. Dunque, in questo modo il gas di supporto, ad esempio ossigeno, viene distribuito in modo uniforme nella camera. La configurazione delle diramazioni 520a, 520b, 520c, 520d può essere dunque realizzata in maniera da facilitare una distribuzione uniforme del fluido di supporto alla lavorazione laser all'interno del condotto 26, 28 di propagazione del laser, in particolare nella

porzione del condotto 28 all'interno del cono sensore 24, oppure secondo altre configurazioni che siano necessarie.

Usando un processo di additive manufacturing è possibile ottenere geometrie flessibili di tali diramazioni che possono avere, perlomeno virtualmente, un qualsiasi numero e forma.

Come menzionato, avere un insieme di diramazioni 520a, 520b, ad esempio quattro diramazioni del canale tubolare di distribuzione dei gas di supporto al taglio laser può rallentare il gas e ridurre la turbolenza, andando a facilitare l'accoppiamento fluidodinamico tra il cono sensore 24 e la forma di attuazione stessa.

In varie forme di attuazione il cono sensore può essere realizzato con tecnologia additiva o con tecnologie tradizionali.

Come esemplificato in Figura 12, che lo presenta in vista prospettica, e in Figura 14, che mostra una sezione parziale del cono sensore 24 accoppiata al condotto 26, il cono sensore 24 presenta la porzione 242 cilindrica che si inserisce nel condotto 26. Il diametro esterno della porzione cilindrica 242 è sostanzialmente simile al diametro interno del condotto 28, a meno di una tolleranza per permettere l'accoppiamento tramite inserimento. La porzione 242 cilindrica presenta una pluralità di scanalature anulari sulla propria parete esterna, ciascun anello giacente in un piano perpendicolare all'asse principale della porzione 242 cilindrica, disposte l'una sopra l'altra tali che quando la porzione 242 è inserita nel condotto 28, ciascuna scanalatura individua insieme alla parete interna del condotto 28 una camera anulare intorno alla porzione 242.

In Figura 12 sono indicate tre camere 520', 522', 524' che determinano rispettive zone di distribuzione rispettivamente divise, partendo dall'alto, in zona gas di taglio 520' in cui si accoppia il canale tubolare 520, zona aria di raffreddamento, 522' in cui si accoppia il canale tubolare 522 e zona di emulsione di taglio 524' in cui si accoppia il canale tubolare 524. Tali zone,

come esemplificato in Figura 12, sono separate ed isolate attraverso delle guarnizioni, ad esempio o-ring, sulle porzioni non scanalate fra una scanalatura e l'altra, i per assicurare la tenuta rispetto ai fluidi, in particolare gas, in modo da definire delle camere.

Come esemplificato in Figura 18, i canali tubolari 520, 522, 524 sfociano in tali rispettive zone o camere 520', 522', 524', che comprendono poi rispettivi fori 521 sulla parete della porzione 242 per permettere l'ingresso all'interno del cono sensore 24.

In figura 12 viene altresì mostrata la camera 523' che determina la zona di distribuzione del condotto ausiliario di fluido 523 configurato per trasportare ulteriori gas di supporto, ad esempio azoto per nitrogen piercing.

Realizzare una o più forme di attuazione con tecnologia additive facilita posizionare tutte queste alimentazioni in una zona molto limitata del cono sensore 24, in maniera compatta.

L'accoppiamento così realizzato tra cono sensore 24 e la forma di attuazione facilita l'aumento di portata del gas in alta pressione. Inoltre, si ha ampia la flessibilità di variazione dei parametri a disposizione del progettista nella realizzazione di tale accoppiamento in modo da controllare e variare la portata di gas in alta/bassa pressione.

Figura 13 è esemplificativa di una sezione lungo un piano passante per l'asse ottico del corpo di supporto 22 della testa laser 20. Come esemplificato in Figura 13, il corpo di supporto 22 del terminale operativo 20 comprende inoltre un'apertura predisposta in modo da mettere in comunicazione l'interno del condotto 26 con l'esterno tramite un'apertura 268.

Una tale apertura può essere predisposta per fornire un alloggiamento per un sensore ottico 1300, in particolare un fotodiodo, in corrispondenza della prima porzione a monte dell'alloggiamento 260 per il vetrino di protezione 262 del condotto 26.

Ad esempio, l'alloggiamento può essere configurato in modo che il sensore 1300 sia disposto orientato, in particolare a formare un angolo γ che faciliti il monitoraggio della luce che, riflessa dalla parete superiore del vetrino di protezione 262 durante la lavorazione laser, vada a raggiungere il sensore 1300. Tale angolo γ può ad esempio essere circa pari a 45° tra un piano orizzontale del vetrino e un asse ottico del sensore 1300 così da rilevare uno stato di conservazione del vetrino di protezione 262, facilitandone la sostituzione nei tempi e nelle modalità maggiormente efficaci.

Si noti che l'apertura 268 può essere chiusa una volta inserito il sensore ottico 1300 tramite uno "sportello" mobile 270 tramite appositi mezzi di collegamento, ad esempio incernierato con delle viti al corpo di supporto 22.

In figura 15 è mostrato in vista prospettica il corpo 22, che è in generale prodotto in un pezzo solo tramite additive manufacturing, che comprende nel corpo 22 sia lo scambiatore 400 che i canali tubolari 520, 522, 523, 524. Il corpo 22 ha forma sostanzialmente parallelepipedica e presenta una parete posteriore 22a, sormontata dal collettore 526. Fra le pareti laterali 22d del corpo 22, ricavato in una parete di tetto 22b, è presente un alloggiamento 22c a forma di U o di C, aperto verso la parete anteriore 22e e la cui parete posteriore, curva nell'esempio mostrato, definisce un'intercapedine con la parete posteriore 22a, nel cui fondo si apre il condotto 26, la cui bocca è quindi ribassata rispetto al tetto 22b, a circa metà dell'altezza del corpo 22. Tale alloggiamento 22c accoglie il cassetto posizionatore 23 visibile in figura 3.

In figura 16, che mostra una vista prospettica del corpo 22 sezionata lungo un piano verticale parallelo all'asse OP, si può osservare che i canali tubolari 520, 522, 524 corrono verticalmente lungo tale parete posteriore 22a, in prossimità di essa. Lo scambiatore 400, identificato dalla struttura reticolare visibile nella sezione, comprende una porzione di serbatoio 400a, nell'intercapedine fra la parete posteriore 22a e la parete posteriore dell'alloggiamento 22c, nonché una porzione tubolare 400b sostanzialmente

circolare che si estende dal serbatoio 400a circondando il condotto 26, sostanzialmente all'altezza della sua porzione mediana.

Ciò è anche visibile in figura 17, che rappresenta una sezione secondo un piano orizzontale, passante per il diametro maggiore della porzione tubolare 400b.

Si osserva che la sezione di figura 17 può corrispondere alla rappresentazione di uno strato di crescita durante la fabbricazione per additive manufacturing.

In figura 16 inoltre si osserva come la porzione di serbatoio 400b si estenda per tutta la lunghezza del condotto 26, anche al di sotto della porzione 260, ossia nella porzione in cui si inserisce la porzione 242, dove i canali tubolari 520, 522, 524 che scendono verticali si incurvano per raggiungere sostanzialmente orizzontali la posizione dove si trovano le rispettive camere 520', 522', 524' sul cono sensore 24, in modo da affacciarsi con le proprie aperture d'uscita su tali camere 520', 522', 524'.

In figura 18 è mostrata una vista frontale del corpo 22, che evidenzia ulteriormente come lo scambiatore 400 circonda il condotto 26.

In figura 19 è mostrata una sezione lungo un piano verticale parallelo alla parete posteriore 22a, in prossimità di essa, ossia passante per il diametro maggiore dei canali tubolari 520, 522, 524, che mostra come essi entrino orizzontalmente nel collettore 526, che comprende corrispondenti ingressi connessione per le linee dei fluidi, per poi curvare verso il basso e correre verticalmente, all'interno del serbatoio 400, fino all'altezza dove si trova la porzione 242 del cono 24, quando inserita, dove, come indicato in figura 16, curvano nuovamente per giungere orizzontali alla porzione 242. Si sottolinea come vantaggiosamente tramite la lavorazione di additive manufacturing sia possibile ottenere sia lo scambiatore, in particolare serbatoio 400a, che tali tubolari 520, 522, 524 che corrono all'interno, curvandosi come illustrato

secondo le necessità di accoppiamento per la distribuzione dei fluidi impiegati nel processo.

Dunque, da quanto evidenziato qui sopra, il terminale operativo secondo forme realizzative comprende uno scambiatore 400 che comprende una porzione di serbatoio 400a, che è predisposta in parte o in tutto in uno spazio, compreso fra il condotto centrale 28 e pareti di detto corpo 22, in particolare l'intercapedine fra la parete posteriore 22a e almeno la parete esterna del condotto 28 ad essa affacciata.

Inoltre, il terminale operativo secondo forme realizzative comprende almeno una porzione di forma tubolare 400b disposta intorno a detto condotto centrale 28. In forme varianti si potranno avere anche più porzioni tubolari intorno al condotto 28.

Fermi restando i principi di fondo, i dettagli e le forme di attuazione possono variare, anche in modo apprezzabile, rispetto a quanto è stato descritto, puramente a titolo di esempio, senza uscire dall'ambito di protezione. L'ambito di protezione è definito dalle rivendicazioni annesse.

Si evidenzia come secondo un aspetto della descrizione, la soluzione descritta possa essere anche diretta a un terminale operativo in cui detto corpo di supporto 22 di detto terminale operativo 20 fra insieme di condotti 520-524 e scambiatore 400, comprende, integrato nel medesimo pezzo, ad esempio tramite additive manufacturing, il solo insieme di condotti ausiliari di fluidi 520, 522, 524, 523 configurati per guidare rispettivi fluidi impiegati in processi di lavorazione laser su detta superficie di lavoro 16, i configurati per accoppiarsi a detta porzione di uscita 24, in particolare in cui almeno un condotto ausiliario di fluido 520, in detto insieme di condotti ausiliari di fluidi 520, 522, 524, 523 comprende una pluralità di diramazioni 520a, 520b, 520c, 520d configurati per accoppiarsi a detta porzione di uscita 24 in modo da fornire un flusso sostanzialmente uniforme di fluido in detto ulteriore condotto 28 in detta porzione di uscita 24.

Dunque, in questo modo il gas di supporto, ad esempio ossigeno, viene distribuito in modo uniforme nella camera 520'. La configurazione delle diramazioni 520a, 520b, 520c, 520d può essere dunque realizzata in maniera da facilitare una distribuzione uniforme del fluido di supporto alla lavorazione laser all'interno del condotto 26, 28 di propagazione del laser, in particolare nella porzione del condotto 28 all'interno del cono sensore 24, oppure secondo altre configurazioni che siano necessarie.

Tale soluzione presenta vantaggi in termini di ingombro e peso, integrando i canali nel corpo, che possono essere conformati, in particolare usando un processo di additive manufacturing, con geometrie flessibili, in particolare delle diramazioni, che possono avere, perlomeno virtualmente, un qualsiasi numero e forma. Le geometrie possono ad esempio nel canale tubolare di distribuzione dei gas di supporto al taglio laser può rallentare il gas e ridurre la turbolenza, andando a facilitare l'accoppiamento fluidodinamico tra il cono sensore e la forma di attuazione stessa.

Si evidenzia come secondo un ulteriore aspetto della descrizione, la soluzione descritta possa essere anche diretta a un terminale operativo in cui detto corpo di supporto 22 di detto terminale operativo 20 fra insieme di condotti 520-524 e scambiatore 400 comprende, integrato nel medesimo pezzo, ad esempio tramite additive manufacturing il solo scambiatore di calore 400 per sistemi di raffreddamento 40 situato in detto corpo di supporto 22 in modo da occupare un volume 400a, 400b che circonda almeno una porzione di detto condotto tubolare 26 in detto corpo di supporto 22, in cui detto scambiatore di calore 400 comprende una camera d'ingresso 224 e una camera di uscita 225 in comunicazione fra loro per il passaggio di fluido di raffreddamento, ed in cui detto scambiatore di calore 400 ha una struttura a reticolo di elementi termicamente conduttivi 402 disposti in modo da creare una rete tridimensionale configurata per permettere il passaggio di un fluido di raffreddamento in detto scambiatore di calore 400 tra detta camera di ingresso

224 e detta camera di uscita, in particolare detta struttura a reticolo tridimensionale di elementi termicamente conduttivi in detto serbatoio scambiatore di calore 400 comprende un insieme di celle (ad esempio, tridimensionali) di elementi termicamente conduttivi 402, dette celle essendo sostanzialmente identiche tra loro, ad esempio ciascuna cella avendo una struttura di uno scheletro di un poliedro.

Tale soluzione ha il vantaggio di impiegare scambiatori termici per il raffreddamento che lambiscono la maggior superficie possibile di un condotto di guida della radiazione laser, e facilitano il superamento dei convenzionali limiti di potenze laser impiegabili in lavorazioni laser, quali il taglio laser.

Inoltre, tale soluzione, tramite la struttura reticolare e il fatto che lambisce il condotto, incrementa l'efficienza di scambio termico a parità di volume complessivo dello scambiatore di calore e permette di realizzare uno scambiatore di calore avente una struttura più leggera, a parità di efficienza di scambio termico, rispetto ai dispositivi noti.

Tale scambiatore di calore 400 o insieme di condotti ausiliari 520, 522, 523, 524 sono pure ricavati ciascuno in un sol pezzo nel corpo 22 mediante tecnologia di additive manufacturing del tipo fusione a letto di polvere configurata per fondere strati di materiale metallico.

In generale i due aspetti sopra indicati possono essere quindi impiegati individualmente o in combinazione. In combinazione la soluzione descritta e qui rivendicata si riferisce in particolare a una forma realizzativa di terminale operativo 20 per una macchina operatrice 10 per processi di lavorazione laser configurato per guidare un fascio laser L su una superficie di lavoro 16 secondo un asse ottico OP, detto terminale operativo 20 comprendendo:

- un corpo di supporto 22 comprendente un condotto 26 avente un asse parallelo ad almeno una porzione di detto asse ottico OP di propagazione del laser L;

- detto corpo di supporto 22 essendo configurato per accoppiare detto condotto 26 a una porzione di uscita, in particolare cono sensore 24, comprendente un ulteriore condotto 28 avente un asse parallelo ad almeno una porzione di detto asse ottico OP di propagazione del laser L per fornire un'uscita a detto fascio laser L verso una superficie di lavoro 16;

in cui detto corpo di supporto 22 di detto terminale operativo 20 comprende inoltre, ricavati in un sol pezzo:

- un insieme di condotti ausiliari di fluidi 520, 522, 524, 523 configurati per guidare rispettivi fluidi impiegati in processi di lavorazione laser su detta superficie di lavoro 16, i configurati per accoppiarsi a detta porzione di uscita 24; e

- uno scambiatore di calore 400 per sistemi di raffreddamento 40 situato in detto corpo di supporto 22 in modo da occupare un volume 400a, 400b che circonda almeno una porzione di detto condotto tubolare 26 in detto corpo di supporto 22, in cui detto scambiatore di calore 400 comprende una camera d'ingresso 224 e una camera di uscita 225 in comunicazione fra loro per il passaggio di fluido di raffreddamento, ed in cui detto scambiatore di calore 400 ha una struttura a reticolo di elementi termicamente conduttivi 402 configurata per permettere per il passaggio di un fluido di raffreddamento in detto scambiatore di calore 400 tra detta camera di ingresso 224 ed detta camera di uscita.

Tale pezzo unico è in particolare realizzato per additive manufacturing.

Tale soluzione, integrando in un sol pezzo canali conformati, in particolare con una pluralità di diramazioni ed uno scambiatore con struttura reticolare vantaggiosamente nel complesso permette di realizzare un terminale con un efficace raffreddamento senza pregiudicare il peso e quindi l'inerzia del terminale operativo, favorendo quindi anche il superamento dei convenzionali limiti di potenze laser impiegabili in lavorazioni laser, quali il taglio laser.

Inoltre, la fabbricazione in un solo pezzo del corpo centrale del terminale, in particolare per additive manufacturing, permette una riduzione del numero di pezzi e la riduzione del numero di lavorazioni, nonché la gestione di una sola distinta. In particolare, con l'additive manufacturing non è necessario sigillare le eventuali superfici di contatto (riduzione contaminazione); la riduzione contaminazione è un vantaggio per le prestazioni del terminale in quanto determina una diminuzione dei tassi di failure.

Inoltre, la soluzione può anche essere diretta a un terminale operativo in cui detto condotto 26 di detto corpo di supporto 22 ha un corpo tubolare a diametro variabile, in cui:

una prima porzione prossimale del condotto 26 ha un primo diametro W ,
una seconda porzione centrale di detto condotto 26 ha un secondo diametro W_m maggiore di detto primo diametro W ed è configurata per fornire un alloggiamento 260 per un corpo cilindrico di vetro impiegato quale vetrino di protezione 262, in cui detto secondo diametro W_m è sostanzialmente uguale ad un diametro del corpo cilindrico di vetro impiegato quale vetrino di protezione 262,

una terza porzione distale di detto condotto 26 ha un diametro pari o inferiore al primo diametro W ;

ed in cui il terminale operativo comprende inoltre un'apertura 268 predisposta in modo da mettere in comunicazione con un interno di detto condotto 26 avente un asse parallelo ad almeno una porzione di detto asse ottico OP di propagazione del laser L situato in detto corpo di supporto, detta apertura essendo predisposta per fornire un alloggiamento per un sensore ottico in corrispondenza di detta prima porzione del condotto in detto corpo di supporto del terminale operativo, detto alloggiamento essendo predisposto per alloggiare sensore ottico, preferibilmente un fotodiodo, orientato così da rilevare uno stato di conservazione di detto vetrino di protezione.

Tale soluzione facilita installare il sensore ottico senza l'ausilio di ulteriori supporti di fissaggio nel corpo testa in quanto il canale è parte integrante del corpo testa e può essere personalizzato per ciascun sensore.

RIVENDICAZIONI

1. Terminale operativo (20) per una macchina operatrice (10) per processi di lavorazione laser, detto terminale operativo (20) configurato per guidare un fascio laser (L) su una superficie di lavoro (16) secondo un asse ottico (OP), detto terminale operativo (20) comprendendo:

un corpo di supporto (22) comprendente un condotto (26) avente un asse parallelo ad almeno una porzione di detto asse ottico (OP) di propagazione del laser (L); detto corpo di supporto (22) essendo configurato per accoppiare detto condotto (26) a una porzione di uscita (24), in particolare cono sensore, comprendente un ulteriore condotto (28) avente un asse parallelo ad almeno una porzione di detto asse ottico (OP) di propagazione del laser (L) per fornire un'uscita per detto fascio laser (L) verso una superficie di lavoro (16);

in cui detto corpo di supporto (22) di detto terminale operativo (20) comprende inoltre, ricavati in un sol pezzo:

un insieme di condotti ausiliari di fluidi (520, 522, 523, 524) configurati per guidare rispettivi fluidi impiegati in processi di lavorazione laser su detta superficie di lavoro (16) e per accoppiarsi a detta porzione di uscita (24); e

uno scambiatore di calore (400) per sistemi di raffreddamento (40) situato in detto corpo di supporto (22) in modo da occupare un volume (400a, 400b) che circonda almeno una porzione di detto condotto (26) in detto corpo di supporto (22), in cui detto scambiatore di calore (400) comprende una camera d'ingresso (224) e una camera di uscita (225) in comunicazione fra loro per il passaggio di un fluido di raffreddamento, ed in cui detto scambiatore di calore (400) ha una struttura a reticolo di elementi termicamente conduttivi (402) configurata per permettere il passaggio di un fluido di raffreddamento in detto scambiatore di calore (400) tra detta camera di ingresso (224) ed detta camera di uscita (225).

2. Il terminale operativo (20) secondo la rivendicazione 1, in cui almeno un condotto ausiliario (520) in detto insieme di condotti ausiliari di fluidi (520, 522, 523, 524) comprende una pluralità di diramazioni (520a, 520b, 520c, 520d) configurati per accoppiarsi a detta porzione di uscita (24) in modo da fornire un flusso sostanzialmente uniforme di fluido in detto ulteriore condotto (28) in detta porzione di uscita (24);

3. Il terminale operativo (20) secondo la rivendicazione 1 o 2, in cui detto scambiatore di calore (400) per sistemi di raffreddamento (40) situato in detto corpo di supporto (22) e detto insieme di condotti ausiliari (520, 522, 523, 524) sono ricavati in un sol pezzo mediante tecnologia di additive manufacturing, preferibilmente del tipo fusione a letto di polvere, configurata per fondere strati di materiale metallico.

4. Il terminale operativo (20) secondo una qualsiasi delle precedenti rivendicazioni, in cui detto terminale operativo (20) comprende, quale materiale metallico, almeno una lega di metalli selezionati dal gruppo che consiste di alluminio, titanio, nichel.

5. Il terminale operativo (20) secondo una qualsiasi delle precedenti rivendicazioni, in detta struttura a reticolo in detto scambiatore di calore (400) comprende elementi termicamente conduttivi (402) disposti in modo da creare una rete tridimensionale configurata per permettere il passaggio di un fluido di raffreddamento in detto scambiatore di calore (400) tra detta camera di ingresso (224) e detta camera di uscita (225).

6. Il terminale operativo (20) secondo la rivendicazione 5, caratterizzato dal fatto che detta struttura a reticolo tridimensionale di elementi termicamente conduttivi in detto serbatoio scambiatore di calore (400) comprende un insieme

di celle tridimensionali di elementi termicamente conduttivi (402), dette celle essendo sostanzialmente identiche tra loro.

7. Il terminale operativo (20) secondo la rivendicazione 6, in cui detta struttura di ciascuna cella in dette celle di elementi termicamente conduttivi (402) ha una struttura di uno scheletro di un poliedro, preferibilmente uno scheletro di un dodecaedro rombico o rombotrapezoidale.

8. Il terminale operativo (20) secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 5 a 7, in cui detti elementi termicamente conduttivi in detta struttura a reticolo in detto serbatoio scambiatore di calore (400) hanno forma sostanzialmente cilindrica, preferibilmente di diametro (D) compreso tra 0.5 mm e 1 mm.

9. Il terminale operativo (20) secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 5 a 8, in cui detto insieme di celle tridimensionali comprende una ripetizione spaziale periodica di celle tridimensionali di elementi termicamente conduttivi (402) avente un certo passo di ripetizione spaziale periodica (P), preferibilmente compreso tra 4 mm e 10 mm.

10. Il terminale operativo (20) secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 5 a 9, in cui detto insieme di celle sostanzialmente identiche comprende celle inclinate di un certo angolo (β) rispetto a una superficie di lavoro (16), preferibilmente di un angolo (β) superiore a 40 gradi.

11. Il terminale operativo (20) secondo una qualsiasi delle precedenti rivendicazioni, in cui detto volume (400a, 400b) comprende una porzione di serbatoio (400a), in particolare disposta in parte o in tutto in uno spazio compreso fra il condotto centrale (26) e pareti di detto corpo di supporto (22).

12. Il terminale operativo (20) secondo una qualsiasi delle precedenti rivendicazioni, in cui detto volume (400a, 400b) comprende almeno una porzione di forma tubolare (400b) disposta intorno a detto condotto (26).

13. Il terminale operativo (20) secondo una qualsiasi delle precedenti rivendicazioni, in cui anche detta porzione di uscita (24) comprendente un ulteriore condotto (28) è ricavata mediante tecnologia di additive manufacturing, preferibilmente del tipo fusione a letto di polvere, configurata per fondere strati di materiale metallico.

14. Il terminale operativo (20) secondo una qualsiasi delle precedenti rivendicazioni, in cui detta pluralità di diramazioni (520a, 520b, 520c, 520d) di detto almeno un condotto ausiliario (520) comprende quattro diramazioni (520a, 520b, 520c, 520d) configurate per accoppiarsi a detto porzione di uscita (24) in corrispondenza di punti a distanze eguali l'uno dall'altro lungo una circonferenza di detto ulteriore condotto (28) in detta porzione di uscita (24).

15. Il terminale operativo (20) secondo una qualsiasi delle precedenti rivendicazioni, in cui detto insieme di condotti ausiliari di fluidi (520, 522, 523, 524) configurati per guidare fluidi impiegati in processi di lavorazione laser comprende almeno uno tra:

un primo condotto ausiliario di fluido (520) configurato per trasportare un gas di supporto al taglio laser, ad esempio ossigeno,

un secondo condotto ausiliario di fluido (522), configurato per trasportare un liquido di supporto al taglio laser per water-aided cutting, WAC,

un terzo condotto ausiliario di fluido (523) configurato per trasportare ulteriori gas di supporto, ad esempio azoto per nitrogen piercing,

un quarto condotto ausiliario di fluido (524) configurato per trasportare aria di raffreddamento.

16. Il terminale operativo (20) secondo una qualsiasi delle precedenti rivendicazioni, in cui detto condotto (26) di detto corpo di supporto (22) ha un corpo tubolare di diametro variabile, in cui:

una prima porzione prossimale di detto condotto (26) ha un primo diametro (W),

una seconda porzione centrale di detto condotto (26) ha un secondo diametro (Wm) maggiore di detto primo diametro (W) ed è configurata per fornire un alloggiamento (260) per un corpo sostanzialmente cilindrico di vetro impiegato quale vetrino di protezione (262), in cui detto secondo diametro (Wm) è pari ad un diametro del corpo sostanzialmente cilindrico di vetro impiegato quale vetrino di protezione (262),

una terza porzione distale di detto condotto (26) ha un diametro pari o inferiore al primo diametro (W).

17. Il terminale operativo (20) secondo una qualsiasi delle precedenti rivendicazioni, comprendente inoltre un'apertura (268) predisposta in modo da mettere in comunicazione con un interno di detto condotto (26) in detto corpo di supporto (22), detta apertura (268) essendo predisposta per fornire un alloggiamento per un sensore ottico (1300) in corrispondenza di detta prima porzione del condotto (26) in detto corpo di supporto (22), detto alloggiamento (268) essendo predisposto per alloggiare un sensore ottico (1300), preferibilmente un fotodiode, orientato (γ) così da rilevare uno stato di conservazione di detto vetrino di protezione (262).

18. Macchina operatrice (10) per processi di lavorazione laser, preferibilmente per processi di taglio laser, detta macchina operatrice (10) comprendendo:

almeno una sorgente laser (12, 14) configurata per produrre almeno un fascio laser (L);

un terminale operativo (20) secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 1 a 17;

uno o più assi movimentati da uno o più attuatori accoppiati a detto terminale operativo (20); e

un modulo di elaborazione (30) comprendente almeno un'unità di controllo numerico (60) e accoppiato a detti uno o più attuatori in detta macchina operatrice laser (10) per pilotare detti attuatori a movimentare detto terminale operativo (20) su una superficie di lavoro (16) per eseguire almeno un processo di lavorazione laser.

19. Procedimento di fabbricazione di un terminale operativo (20) per una macchina operatrice (10) per processi di lavorazione laser secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 1 a 17, il procedimento comprendente ricavare in un sol pezzo detto insieme di un insieme di condotti ausiliari di fluidi (520, 522, 523, 524) configurati per guidare rispettivi fluidi impiegati in processi di lavorazione laser su detta superficie di lavoro (16) e detto scambiatore di calore (400) per sistemi di raffreddamento (40) situati in detto corpo di supporto (22) in detto terminale operativo (20) mediante tecnologia di additive manufacturing, preferibilmente del tipo fusione a letto di polvere, configurata per fondere strati di materiale metallico.

FIG. 1

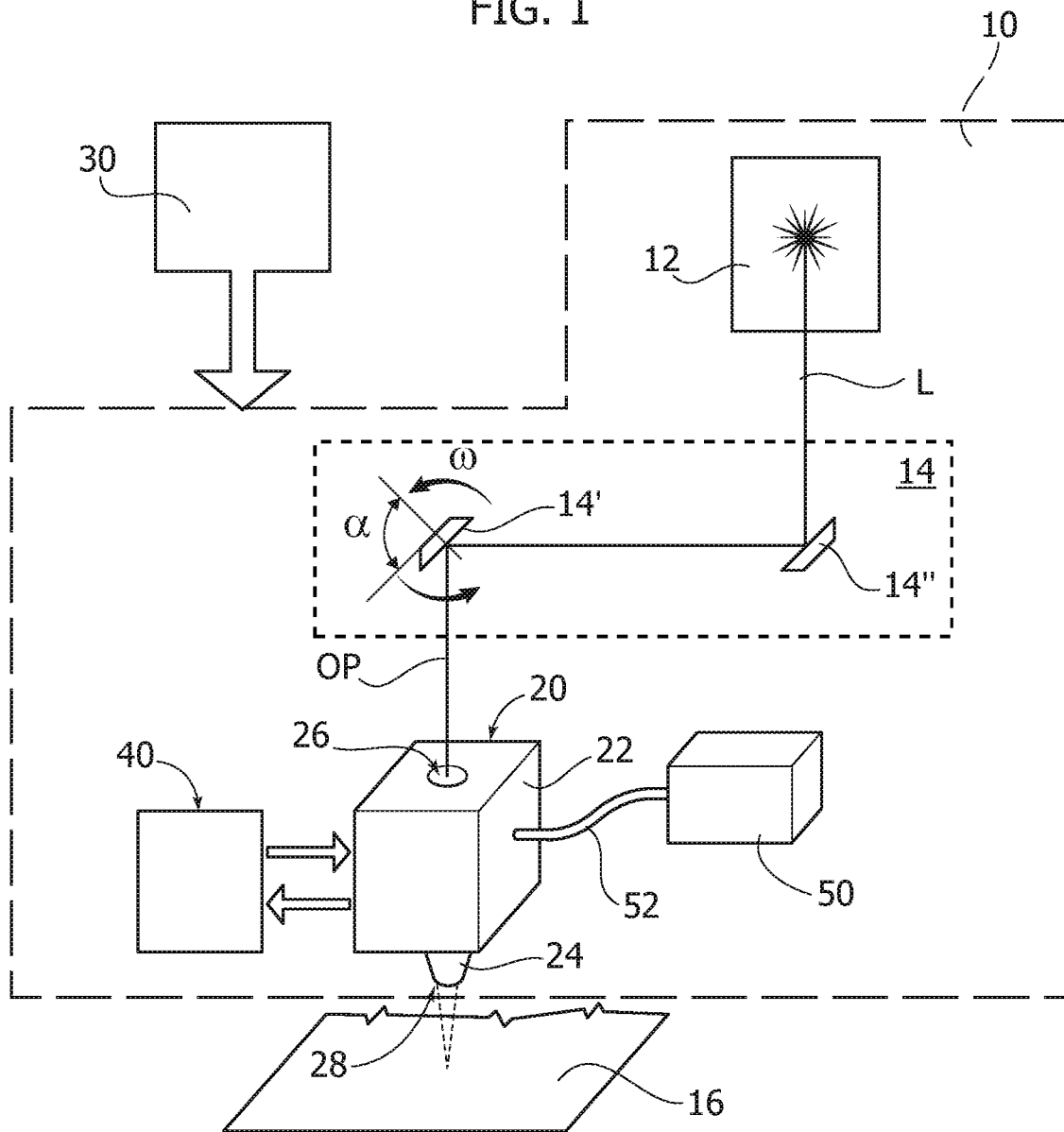


FIG. 2

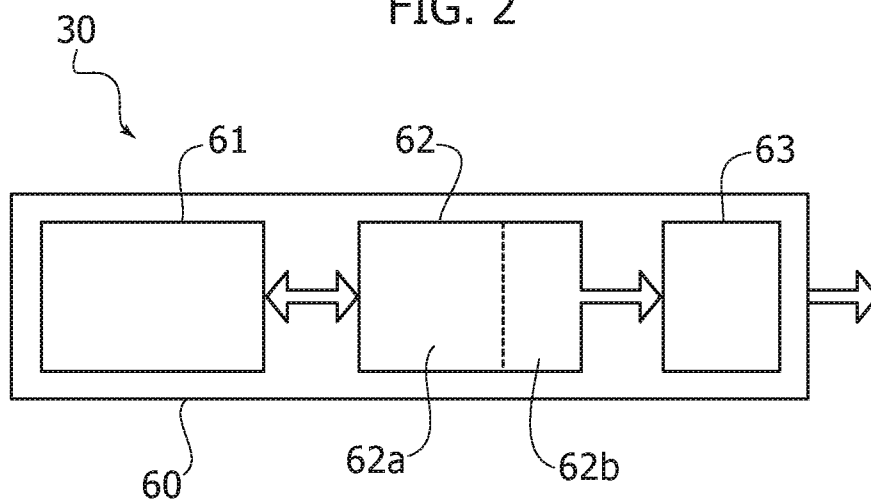


FIG. 3

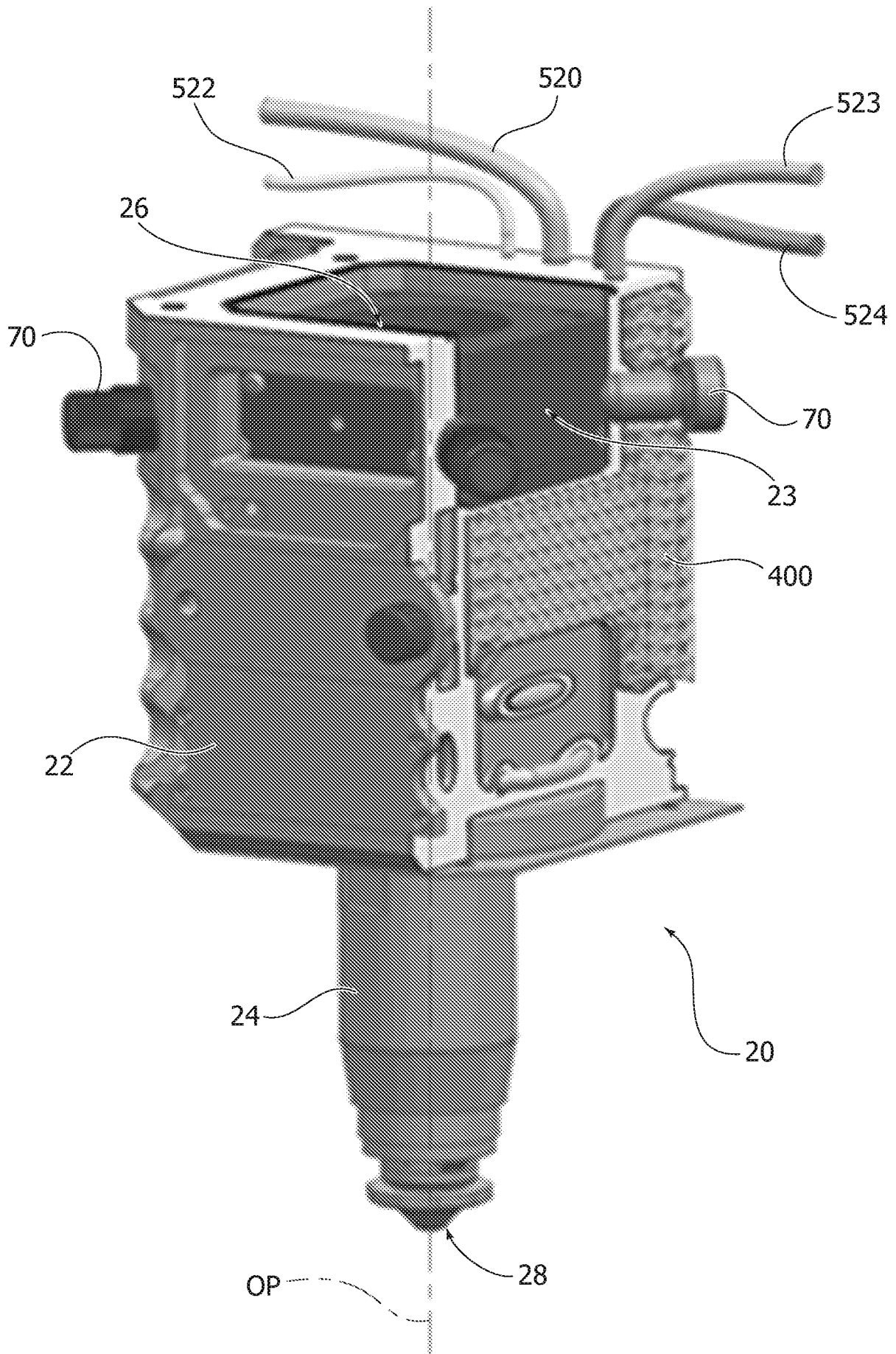


FIG. 4

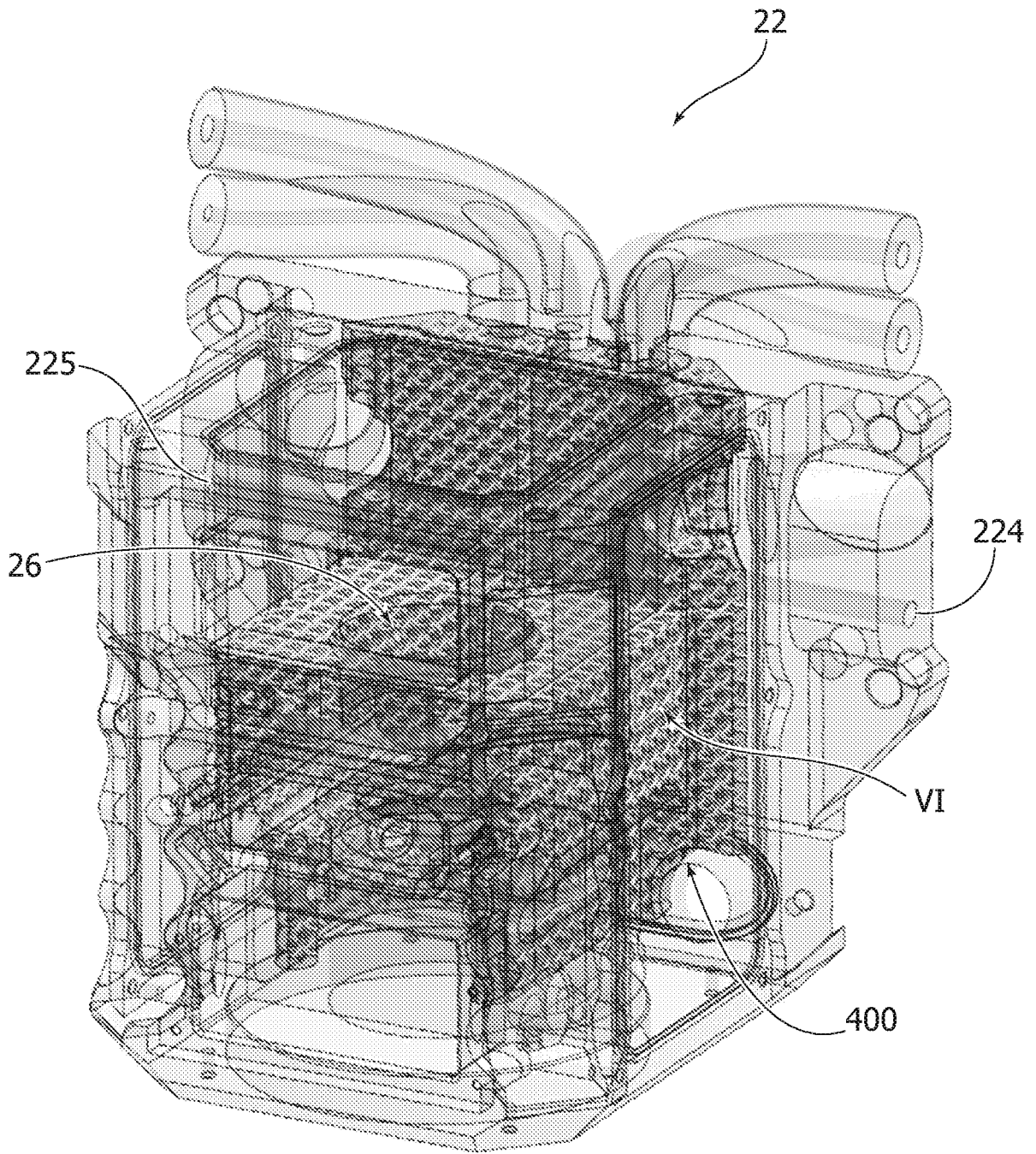


FIG. 6

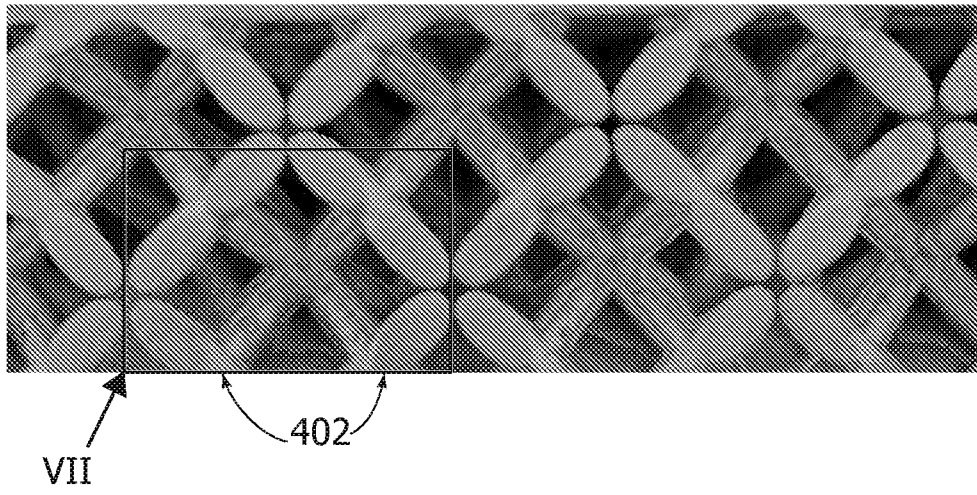


FIG. 7

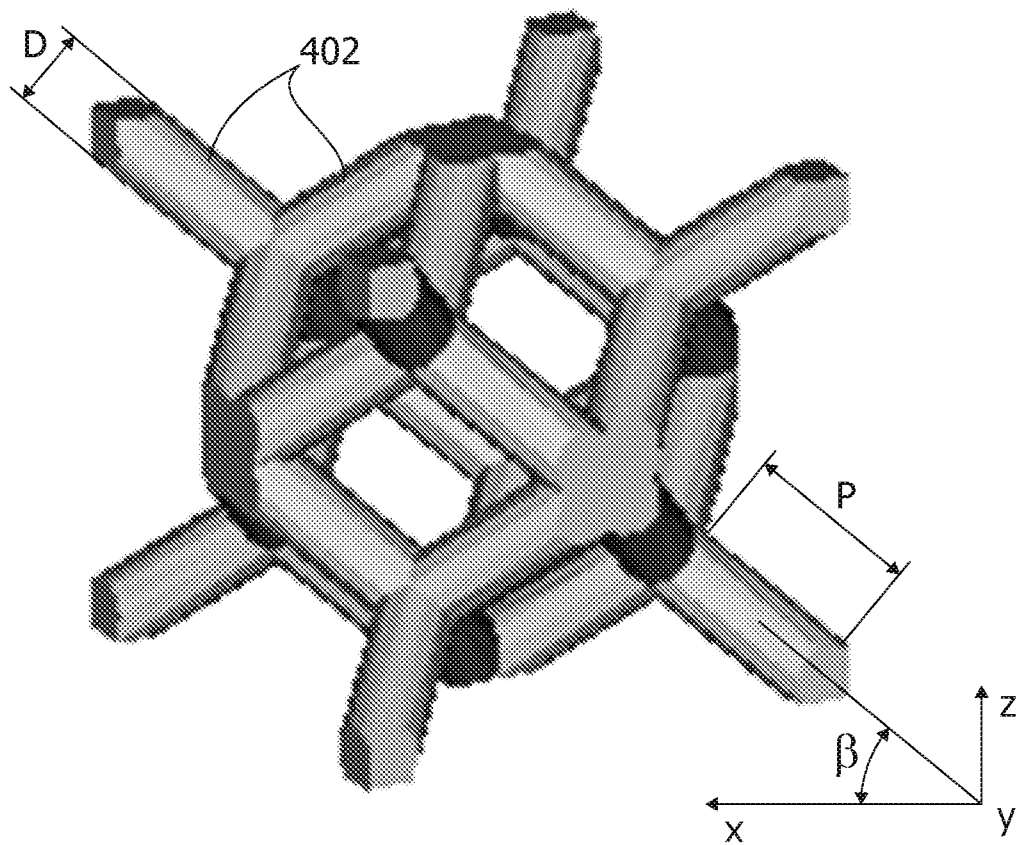


FIG. 5

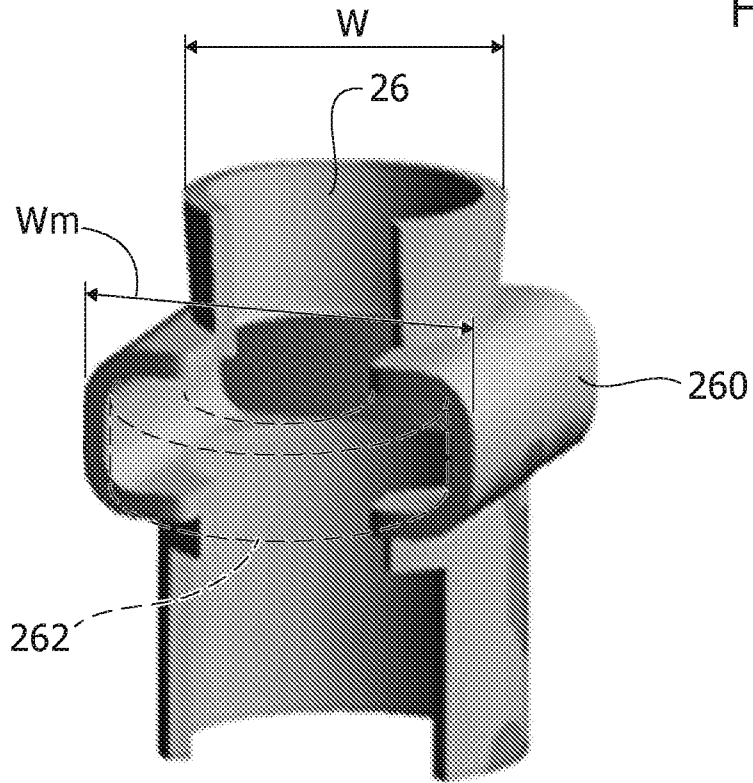


FIG. 8

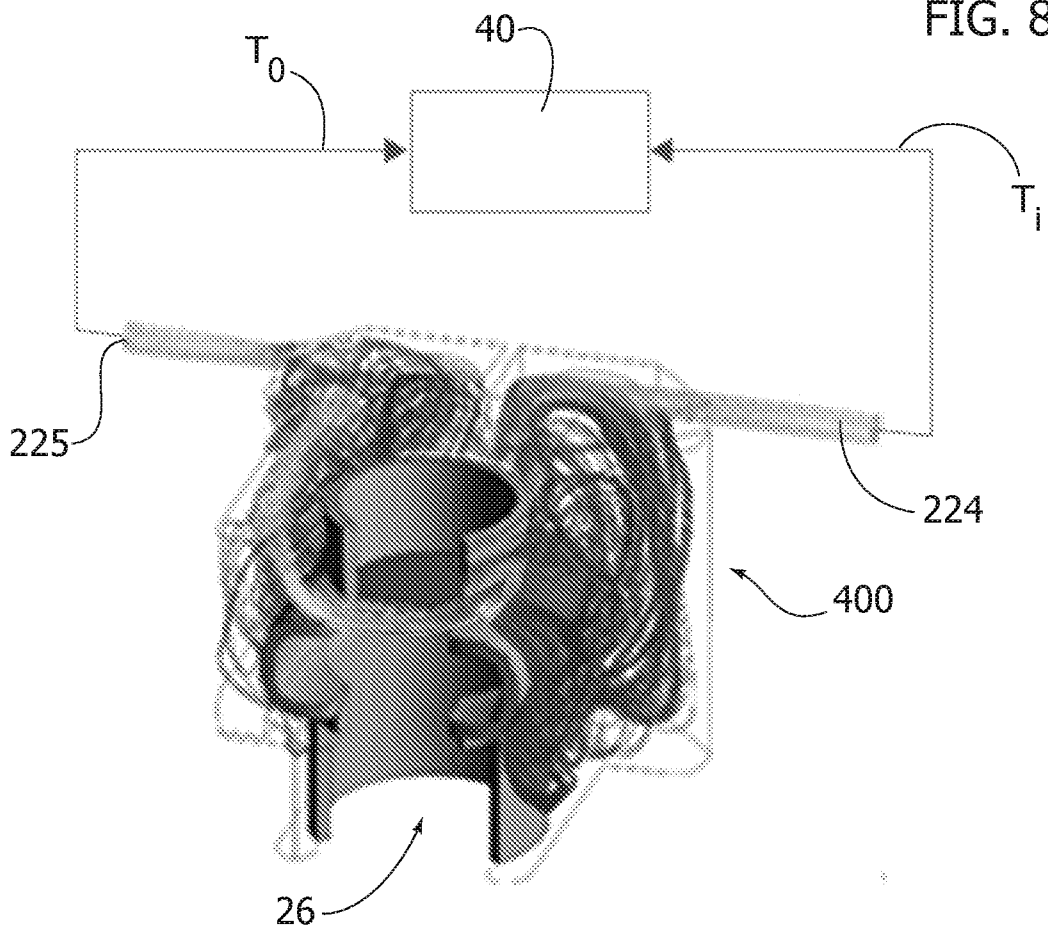


FIG. 9

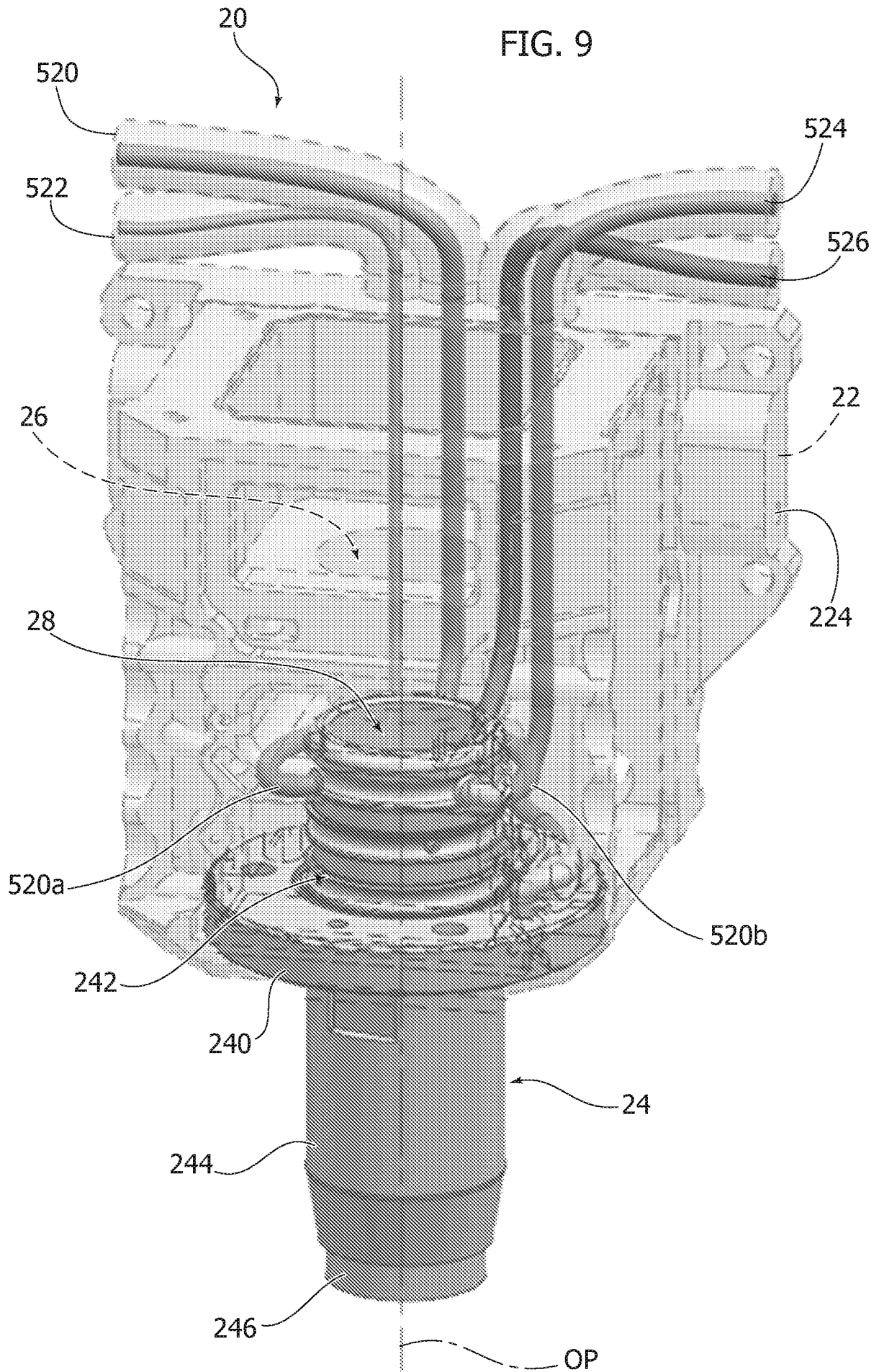


FIG. 10

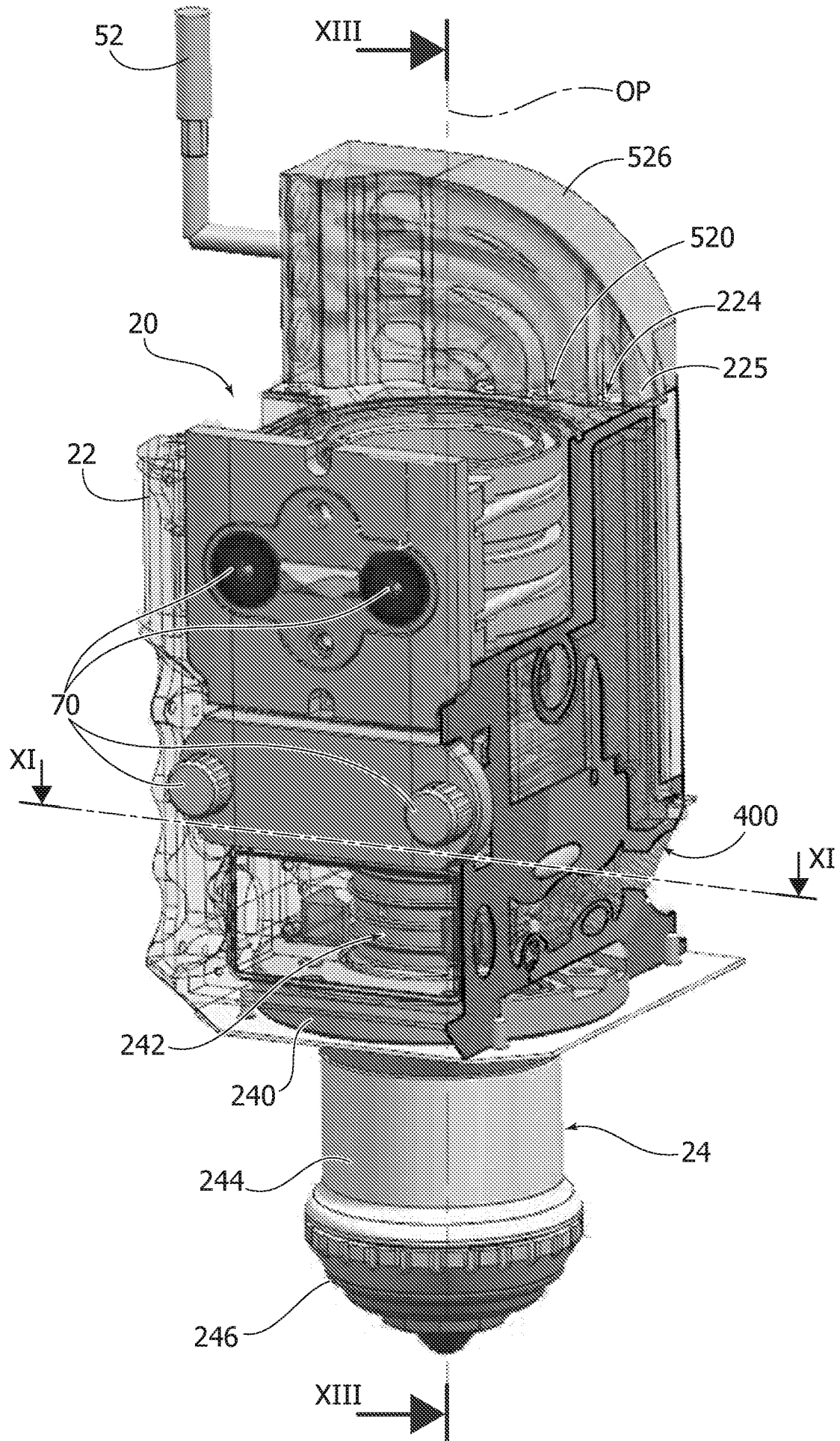


FIG. 12

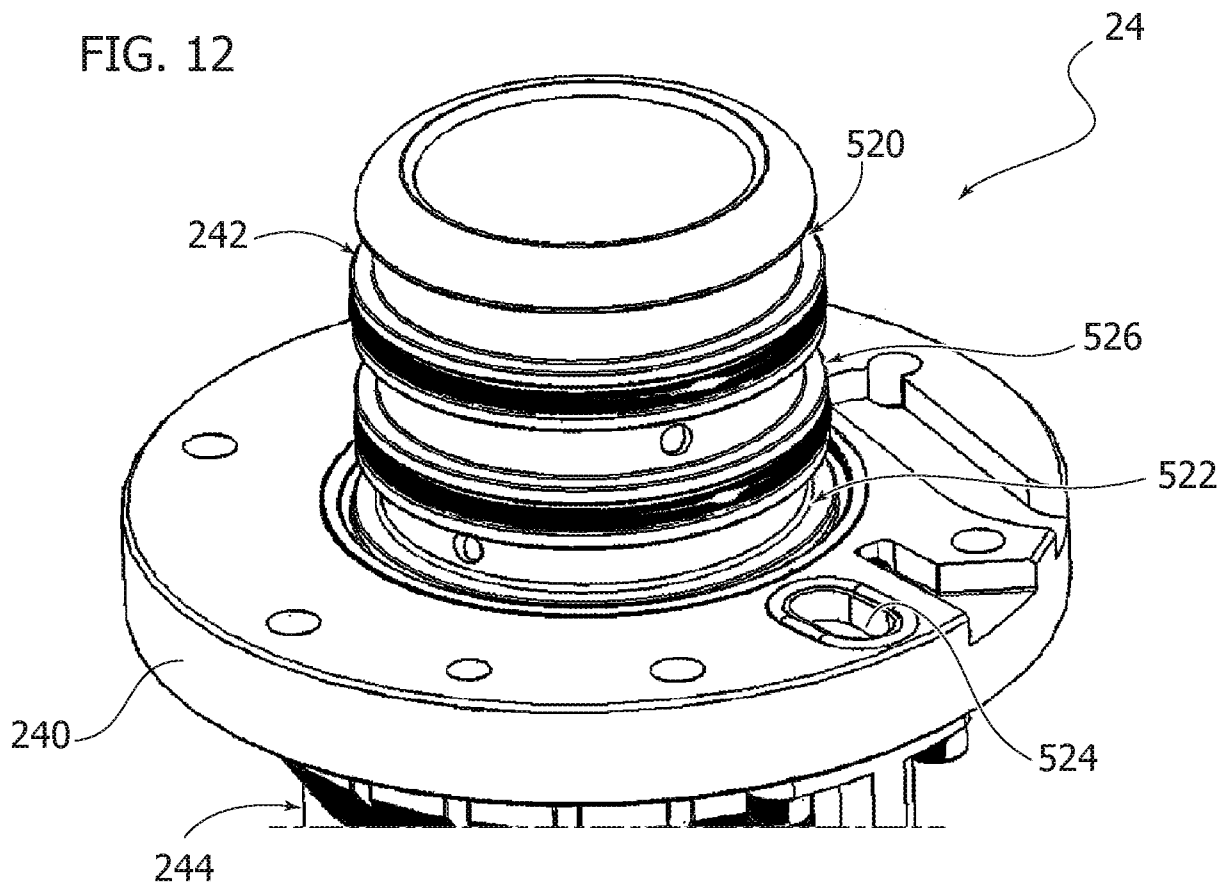


FIG. 13

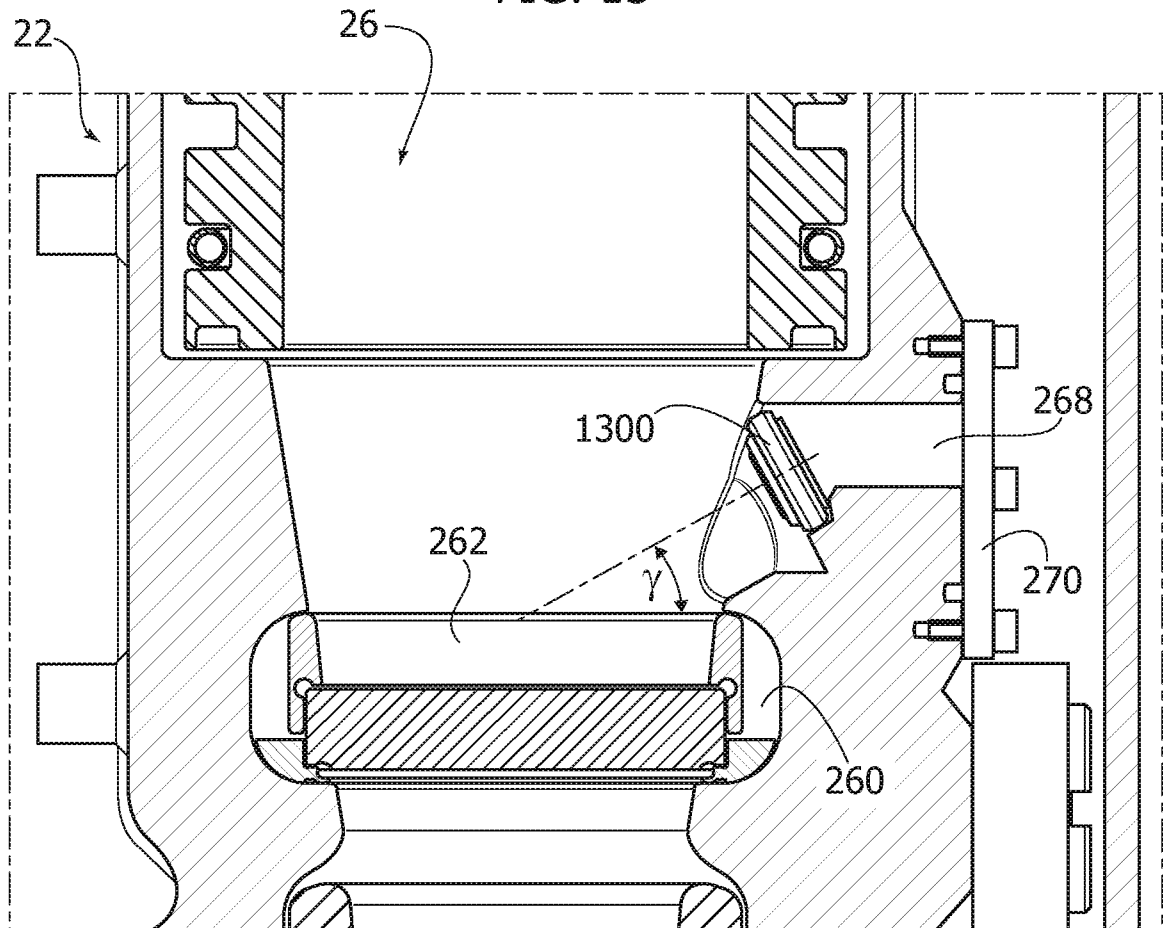


FIG. 14

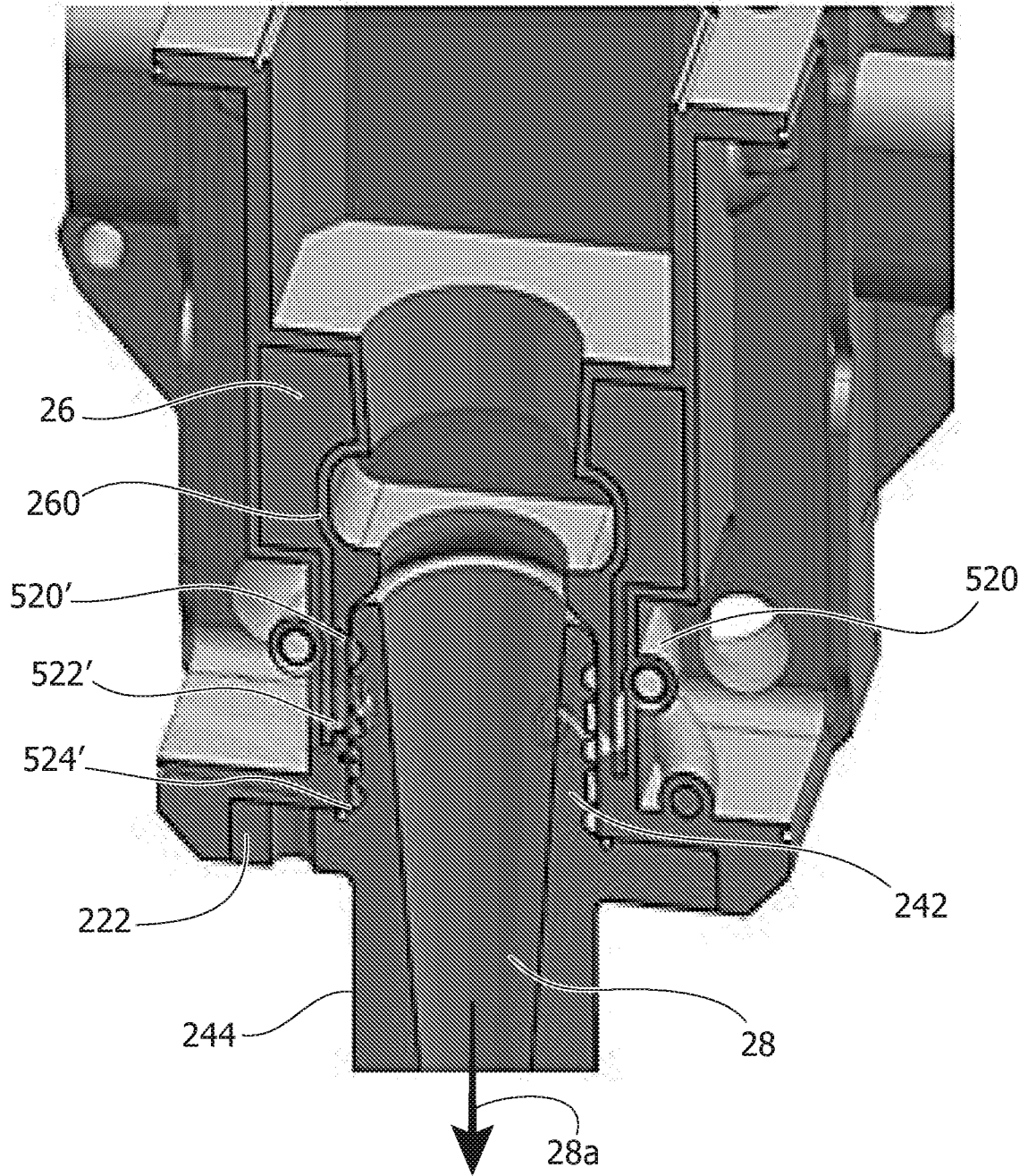


FIG. 15

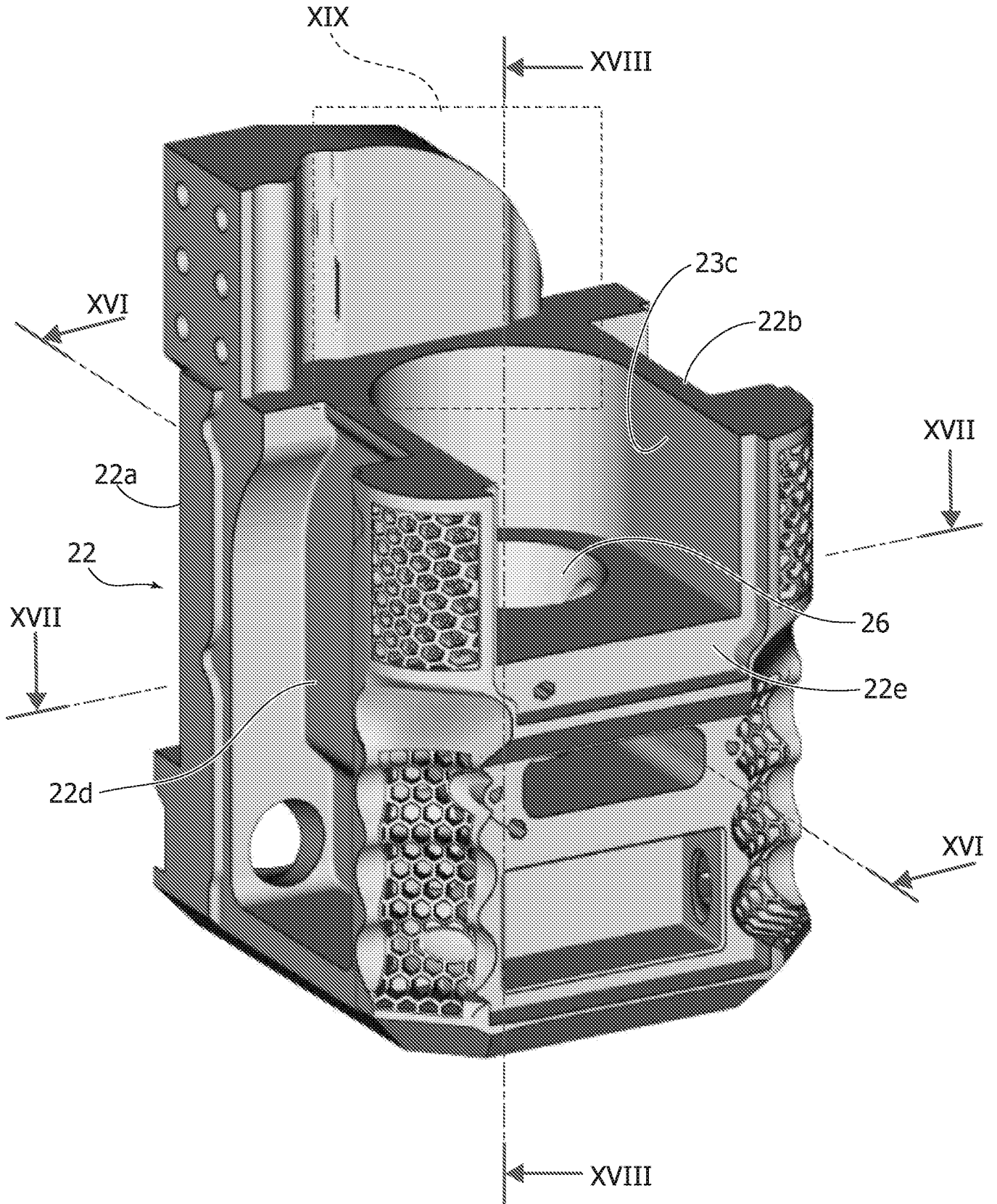


FIG. 16

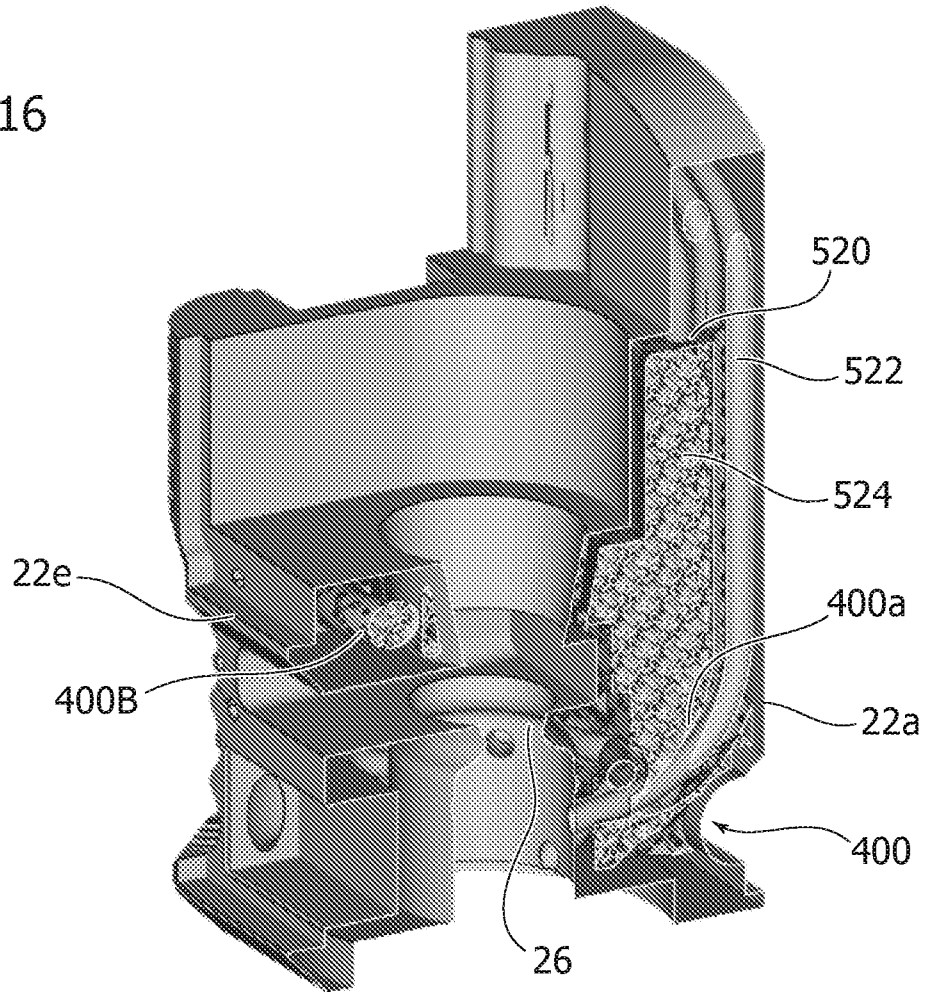


FIG. 17

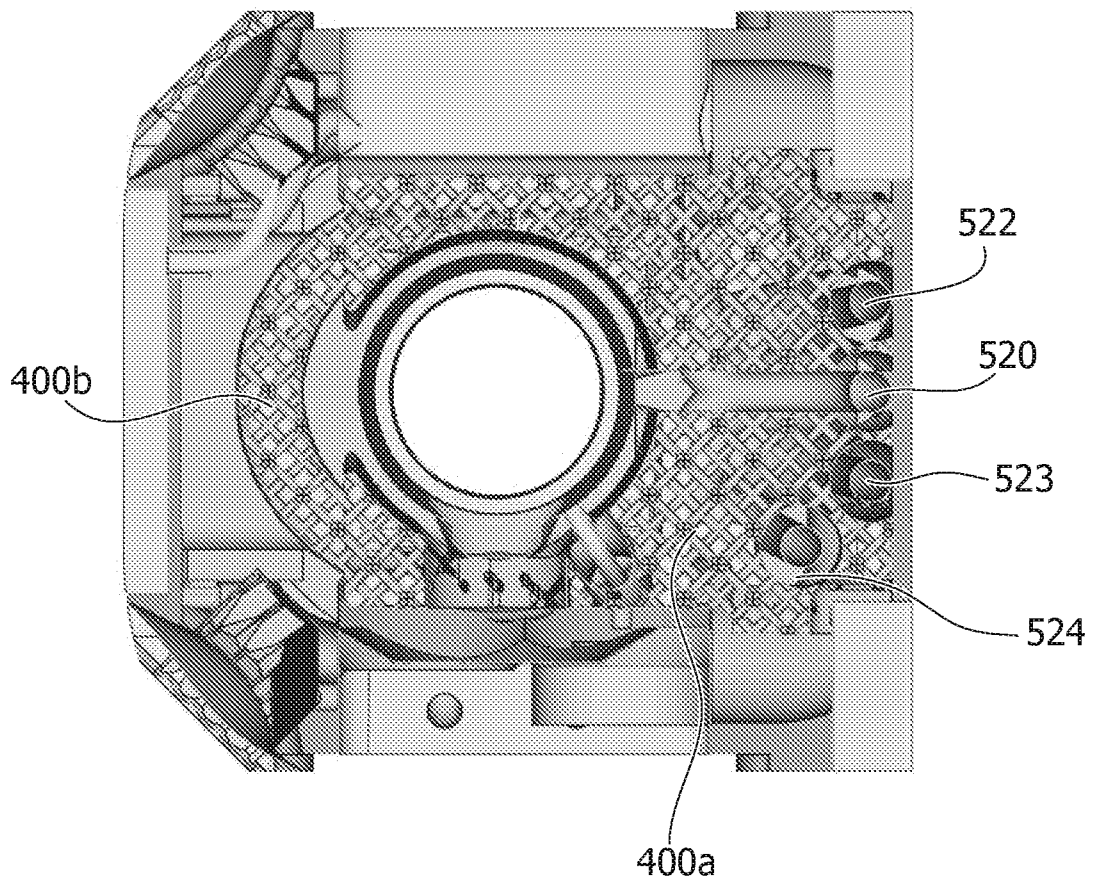


FIG. 18

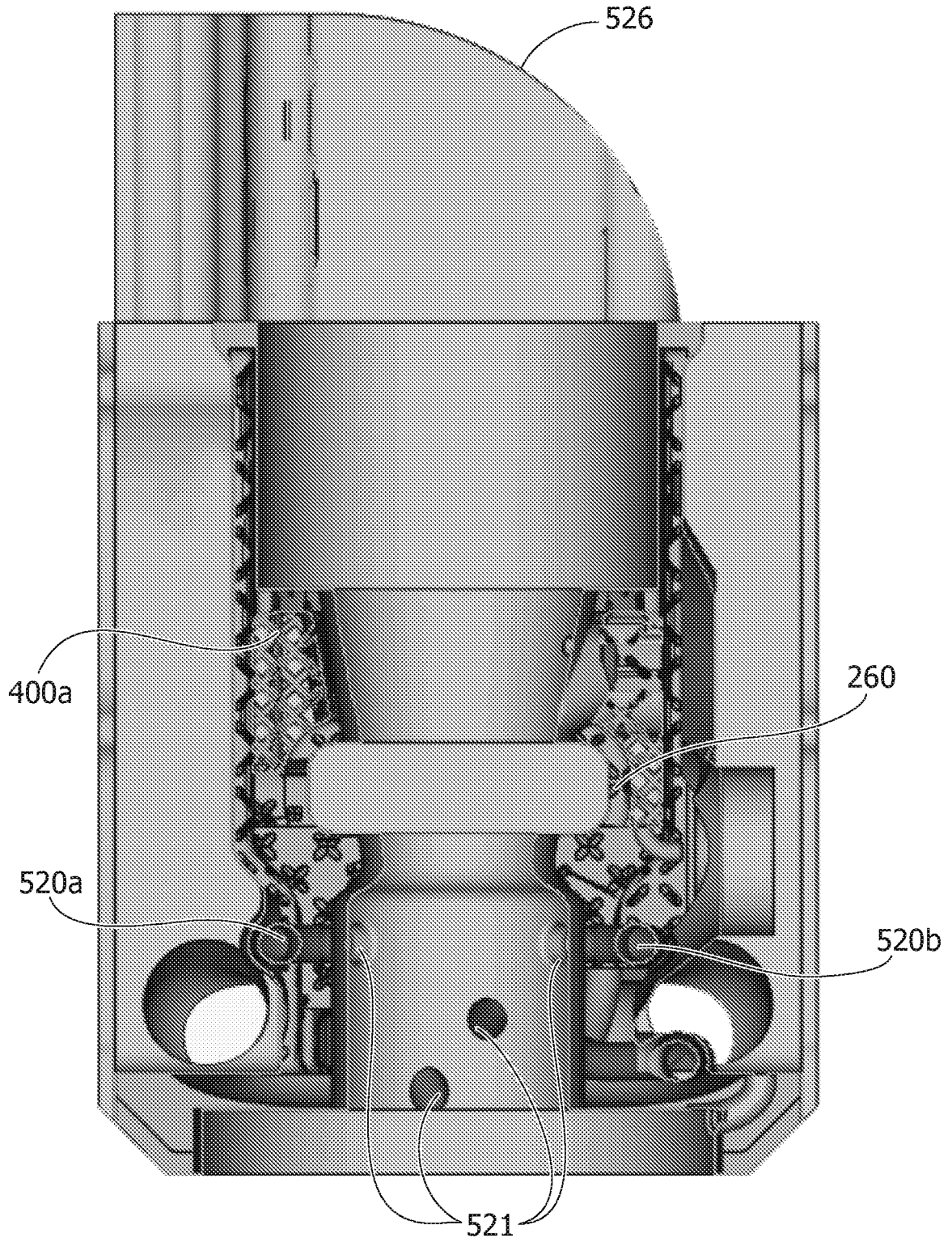


FIG. 19

