



MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO  
DIREZIONE GENERALE PER LA LOTTA ALLA CONTRAFFAZIONE  
UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHI

DOMANDA NUMERO	102006901455073
Data Deposito	09/10/2006
Data Pubblicazione	09/04/2008

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
G	05	B		

Titolo

CONTROLLO TERMICO DI UNA MACCHINA OPERATRICE MEDIANTE UN SISTEMA DI  
IMMAGANIZZINAMENTO DI ENERGIA TERMICA BASATO SUI MATERIALI A  
CAMBIAMENTO DI FASE

# **DESCRIZIONE ANNESSA ALLA DOMANDA DI BREVETTO PER INVENZIONE INDUSTRIALE**

**avente per TITOLO:**

“Controllo termico di una macchina operatrice mediante un sistema di immagazzinamento di energia termica basato sui materiali a cambiamento di fase”, a nome di:

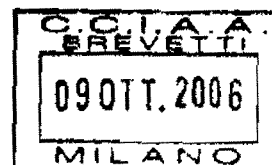
Ce.S.I. Centro Studi Industriali di Taddei Ing. Franco & C. S.a.s.

Sede: Cologno Monzese (MI) via Tintoretto 10 CAP 20093

Partita IVA: 00815570965

Codice fiscale: 06091680154

Depositata in data 09/10/2006



**MI2006 A 0 0 1 9 2 9**

## RIASSUNTO

È descritto un procedimento da adottare nel settore delle macchine operatrici ai fini del controllo termico. Tale procedimento è basato sull'utilizzo di un sistema di immagazzinamento di energia termica a materiali a cambiamento di fase. Forme preferite di realizzazione di tale sistema di immagazzinamento consistono, ad esempio, in un pannello (8) e in una camicia cilindrica (13), costituiti da due pelli metalliche (16) che racchiudono un'anima a struttura cellulare contenente almeno un tipo di materiale a cambiamento di fase.

La presenza di materiali a cambiamento di fase assicura al sistema di immagazzinamento di energia termica un'elevata capacità termica.

Il procedimento consiste nell'applicazione di almeno un suddetto sistema di immagazzinamento di energia termica come elemento strutturale termostabilizzante di una macchina operatrice, come barriera termica di interfaccia o come sistema per incrementare l'inerzia termica di un componente della macchina operatrice. In tal modo si limitano le variazioni di temperatura (dovute al calore generato da alcuni componenti interni alla macchina, oppure proveniente dall'ambiente esterno) e le conseguenti distorsioni termiche che sono causa di errori di lavorazione o di misura. Ciò garantisce il controllo termico passivo della macchina operatrice.

## DESCRIZIONE

### ***Campo di applicazione dell'invenzione***

La presente invenzione si riferisce a un procedimento da adottare nel settore delle macchine operatrici ai fini del controllo termico. Tale procedimento è basato sull'utilizzo di un sistema di immagazzinamento di energia termica a materiali a cambiamento di fase (o "*phase change materials*", PCMs) per proteggere una macchina operatrice dalle escursioni termiche dovute, ad esempio, al calore generato da alcuni componenti interni alla macchina stessa, oppure imputabili all'ambiente esterno.

Le escursioni termiche possono infatti avere notevoli ripercussioni sul funzionamento di una macchina operatrice. Tali escursioni comportano deformazioni termiche strutturali che possono provocare errori tali da compromettere la qualità del prodotto lavorato o della misurazione effettuata. Nelle applicazioni in cui tali errori non sono tollerabili, è dunque necessario il ricorso a costosi e complessi sistemi attivi per la compensazione delle deformazioni termiche.

Come meglio descritto nel seguito, il procedimento cui si riferisce la presente invenzione costituisce un'alternativa all'impiego dei sistemi attivi di compensazione sopra citati, e consiste nel controllo termico passivo di una macchina operatrice mediante l'impiego di almeno un tipo di materiale a cambiamento di fase.

## ***I materiali a cambiamento di fase***

I materiali a cambiamento di fase (o "*phase change materials*", PCMs) sono sali o composti organici in grado di accumulare e rilasciare energia termica sotto forma di calore latente. Lo scambio di calore avviene durante un processo di transizione di fase, processo in cui l'immagazzinamento o la cessione di energia ha luogo non per effetto di variazioni della struttura meccanica del sistema (come ad esempio quando si riscalda l'acqua allo stato liquido) ma per cambiamenti delle interazioni chimiche all'interno della struttura (come quando fonde il ghiaccio a 0 °C).

I materiali a cambiamento di fase sono per lo più impiegati come accumulatori di calore latente e i più diffusi sono i "*solid-liquid PCMs*" (a transizione solida-liquida) e i "*dry PCMs*".

I *solid-liquid PCMs* sono materiali che subiscono la transizione dalla fase solida alla fase liquida scambiando una quantità elevata di energia termica e mantenendo una temperatura quasi costante. Quando sono allo stato solido, questi materiali accumulano calore come i materiali tradizionali: l'assorbimento di calore comporta il progressivo aumento della temperatura. Quando la temperatura di fusione è raggiunta, si verifica un cambiamento di fase e tali materiali passano dallo stato solido a quello liquido, accumulando energia termica senza scaldarsi. La temperatura riprende a crescere a cambiamento di fase concluso, quando il materiale è completamente fuso e l'assorbimento di calore continua.

Analogo è il comportamento dei *solid-liquid PCMs* durante un processo di raffreddamento a partire dalla fase liquida. Il calore accumulato dal materiale è rilasciato nell'ambiente in un determinato intervallo di temperatura e la transizione dalla fase liquida alla fase solida avviene quando si raggiunge la temperatura di fusione. Durante il processo di cristallizzazione, la temperatura del materiale a cambiamento di fase rimane costante.

I *dry PCMs*, analogamente ai *solid-liquid PCMs*, scambiano elevato calore a temperatura quasi costante durante le transizioni di fase. Questi materiali subiscono però una transizione tra due fasi solide oppure sono materiali compositi che incapsulano *solid-liquid PCMs* in modo che la transizione di fase solida-liquida non sia apparente.

I *dry PCMs* che cambiano fase rimanendo allo stato solido, sono per lo più composti organici. I *dry PCM* che contengono *solid-liquid PCMs* micro-incapsulati sono invece costituiti da una matrice in cui sono disperse sfere di diametro variabile da 10 micron a 1 millimetro e dotate di una parete polimerica impermeabile di spessore inferiore al micron. I materiali a cambiamento di fase contenuti in tali sfere costituiscono solitamente l'80-85% della massa complessiva del composito.

I sistemi che utilizzano *solid-liquid PCMs* presentano problemi di contenimento dei liquidi e le loro prestazioni, quando il materiale a cambiamento di fase si trova nella fase liquida, potrebbero essere sensibili all'orientazione del sistema e alla forza di gravità. Tali difficoltà non si presentano impiegando i *dry PCMs*.

Anche se possono essere utilizzati per altri scopi, i materiali a cambiamento di fase sono per lo più impiegati come sistemi di accumulazione di energia termica. È con tale applicazione che i materiali a cambiamento di fase sono utilizzati nel procedimento descritto nella presente invenzione.

In particolare, l'applicazione del procedimento è resa possibile dallo sfruttamento di due vantaggi offerti dall'impiego dei materiali a cambiamento di fase: il fatto che l'accumulazione di calore avvenga in condizioni quasi isoterme e l'elevata capacità termica.

L'acqua rappresenta un ottimo materiale a cui far riferimento per avere un'idea dell'ordine di grandezza del calore che un materiale scambia durante una transizione di fase, rispetto al calore scambiato in altre circostanze (calore sensibile). L'energia necessaria per sciogliere 1 kg di ghiaccio a 0 °C è 333 kJ. Somministrando la stessa energia a 1 kg di acqua a 0 °C, la sua temperatura cresce a 80 °C.

Lo svantaggio principale associato all'impiego dei materiali a cambiamento di fase per accumulare energia termica, consiste nella loro scarsa conducibilità. La scarsa conducibilità rappresenta infatti un ostacolo all'accumulo di energia termica.

Nei sistemi di piccole dimensioni (come le microsfele in cui sono incapsulati i materiali a cambiamento di fase nei *dry PCMs*), tale difetto non costituisce un problema in quanto la superficie di scambio termico è notevole se rapportata alla massa del sistema e ciò favorisce la trasmissione del calore.

Nelle applicazioni che prevedono la realizzazione di sistemi di grandi dimensioni, la scarsa conducibilità termica può compromettere l'efficacia dell'immagazzinamento del calore durante la transizione di fase. La conducibilità del sistema va dunque incrementata e a tal fine si ricorre all'impiego di alette o matrici altamente conduttive, per lo più di natura metallica o a base di grafite.

Anche nel procedimento oggetto della presente invenzione, l'elevata conducibilità del sistema di immagazzinamento di energia termica è garantita dall'impiego di alette metalliche.

Oltre al ghiaccio, più di 500 materiali sintetici o naturali sono considerati materiali a cambiamento di fase. Tra questi vi sono sali idrati, metalli, leghe, poli-alcool, eutettici e paraffine. Questi materiali differiscono per la temperatura a cui avviene il cambiamento di fase e per la loro capacità termica.

Le paraffine sono il materiale a cambiamento di fase più diffuso. Rispetto agli altri materiali a cambiamento di fase, le paraffine possiedono elevate capacità di immagazzinamento di energia termica. Inoltre, le paraffine non sono tossiche, corrosive, né igroscopiche. Il comportamento termico è stabile anche durante un utilizzo permanente.

Le paraffine sono estremamente economiche in quanto derivano dalla raffinazione del petrolio. Ciò però comporta come svantaggio la scarsa resistenza all'ignizione.

La seguente tabella (Wirtz R. A., Zheng N. and Chandra D., 1999) riporta alcune caratteristiche dei materiali a cambiamento di fase più rappresentativi.

<b>Materiali a cambiamento di fase</b>	<b>Tipo di transizione</b>	<b>Temperatura di transizione di fase [°C]</b>	<b>Calore latente [J/cm<sup>3</sup>]</b>	<b>Densità [kg/m<sup>3</sup>]</b>
Paraffine	S - L	-12 ÷ 71	128 ÷ 197	750 ÷ 880
Composti organici che non sono paraffine	S - L	-13 ÷ 187	131 ÷ 438	850 ÷ 1540
Sali idrati	S - L	28 ÷ 137	270 ÷ 650	1500 ÷ 2200
Metalli	S - L	30 ÷ 125	200 ÷ 800	6000 ÷ 10000
Composti organici a transizione solida-solida	S - S	21 ÷ 100	144 ÷ 212	~ 1100
Paraffina microincapsulata	S - L	6 ÷ 101	95 ÷ 186	~ 900

Dalla precedente tabella è possibile osservare che le proprietà dei *dry PCMs* sono comparabili a quelle delle paraffine. I sali idrati e i metalli possiedono calori latenti più elevati a parità di volume.

## **Stato dell'arte**

In passato sono stati depositati numerosi brevetti relativi all'impiego di materiali a cambiamento di fase ai fini del controllo termico mediante l'immagazzinamento del calore latente di fusione.

Di seguito, i progetti maggiormente significativi studiati in questo contesto sono brevemente riassunti.

### **Brevetto DE1967009 (agosto 1976)**

Oggetto di questo brevetto è un pannello contenente un materiale a cambiamento di fase allocato in corrispondenza delle porosità o cavità strutturali dello stesso pannello. La temperatura di fusione del materiale a cambiamento di fase coincide con la temperatura media raggiunta normalmente dal pannello nell'arco della giornata.

Questo pannello può essere impiegato in edilizia oppure come isolante termico o accumulatore di calore.

### **Brevetto EP0271118 (giugno 1988)**

Oggetto di questo brevetto è un pannello denominato "thermo wall", caratterizzato da due pelli che racchiudono un'anima con una struttura a nido d'ape. Le celle della struttura sono riempite con un materiale a cambiamento di fase in modo da conferire al pannello una grande capacità di immagazzinamento di energia termica. Tra le forme di realizzazione preferite

del "thermo wall" si annoverano i ripiani removibili per un carrello porta vivande, le pareti del medesimo carrello, vassoi, piatti, bicchieri e simili.

#### **Brevetto US5637389 (giugno 1997)**

Oggetto di questo brevetto è una barriera termica costituita da una schiuma in cui sono disperse microsfere che incapsulano un materiale a cambiamento di fase. Le microsfere sono separate l'una dall'altra e sono distribuite in modo anisotropo in modo da minimizzare la conduttività termica del sistema.

Tale barriera termica può essere impiegata nella realizzazione delle suole delle calzature.

#### **Brevetto US5669584 (settembre 1997)**

Oggetto di questo brevetto è un apparato per mantenere un veicolo spaziale a temperatura costante. Tale sistema possiede una struttura sandwich e va applicato in corrispondenza della superficie esterna del veicolo spaziale. Le pelli della struttura a sandwich racchiudono compartimenti con celle con pareti traslucide contenenti materiali a cambiamento di fase. La pelle più esterna lascia filtrare le radiazioni luminose provenienti dal sole. Tali radiazioni raggiungono le celle e sono assorbite dal materiale a cambiamento di fase. Mediante l'assorbimento e la radiazione dell'energia termica, le celle contribuiscono a mantenere costante la temperatura all'interno del veicolo spaziale in condizioni sia di luce che di oscurità.

Date le notevoli escursioni termiche cui i veicoli spaziali sono sottoposti, il sandwich cellulare contiene due tipi di materiale a cambiamento di fase, a

temperature di fusione differenti. Il primo ha una temperatura di fusione inferiore alla temperatura massima che normalmente raggiunge il veicolo spaziale quando è esposto al sole. Il secondo ha una temperatura di fusione superiore alla temperatura minima che normalmente raggiunge il veicolo spaziale quando è in ombra. I materiali a cambiamento di fase mantengono il veicolo spaziale all'una o all'altra temperatura di fusione per significativi periodi di tempo, a seconda che il veicolo sia esposto alla luce o sia in ombra.

#### **Brevetto WO9846669 (ottobre 1998)**

Oggetto di questo brevetto è un sistema composito costituito da una schiuma con una configurazione a celle almeno parzialmente aperte, impregnata di un legante in cui sono disperse microsfere di un materiale a cambiamento di fase. Le microsfere possono essere microincapsulate. Secondo la forma di realizzazione preferita di questa invenzione, la schiuma è in poliestere o in poliuretano ed è tagliata in fogli sottili; il materiale a cambiamento di fase è una paraffina.

Oggetto di questo brevetto sono inoltre due procedimenti che possono essere impiegati per realizzare il suddetto sistema composito.

Il primo procedimento consiste nel disperdere il materiale a cambiamento di fase microincapsulato nel legante e applicare la dispersione così ottenuta sulla superficie superiore del foglio di schiuma. Creando il vuoto in corrispondenza della superficie inferiore, la dispersione permea la schiuma dal 20% al 100% del volume.

Il secondo procedimento consiste nuovamente nel disperdere il materiale a cambiamento di fase microincapsulato nel legante e applicare la dispersione sulla superficie superiore del foglio di schiuma. La permeazione della schiuma è ottenuta facendo passare una lama inclinata su tale superficie ed esercitando un'opportuna pressione in corrispondenza della superficie inferiore mediante un rullo.

#### **Brevetto WO0061360 (ottobre 2000)**

Oggetto di questo brevetto è una sistema costituito da una schiuma entro cui è disperso in modo omogeneo un mezzo contenente un materiale a cambiamento di fase non microincapsulato. La quantità e il tipo di mezzo da impiegare possono essere ottimizzati per il controllo termico e per l'ottenimento di desiderate proprietà cellulari. La struttura in tal modo ottenuta può essere applicata a tutti i prodotti per i quali si richiede un controllo termico.

#### **Brevetto US6217993 (aprile 2001)**

Oggetto di questo brevetto è un sistema di isolamento termico caratterizzato da tre strati. Il primo strato contiene un materiale ad alta densità in cui sono disperse microsferiche in cui è incapsulato un materiale a cambiamento di fase. Il secondo strato ha densità inferiore e consiste in una maglia fibrosa contenente microsferiche in cui è incapsulato un materiale a cambiamento di fase. Il terzo strato è estremamente flessibile.

Questo sistema di isolamento a tre strati può essere impiegato nella realizzazione di indumenti.



### **Brevetto WO02083440 (ottobre 2002)**

Oggetto di questo brevetto è un procedimento di controllo termico per l'abitacolo di un'autovettura allo scopo di risparmiare energia e incrementare il comfort termico dei passeggeri. Tale procedimento prevede l'inserimento di materiali a cambiamento di fase con differenti temperature di fusione, nel tettuccio, nei sedili e nel pannello degli strumenti dell'autovettura, in modo da assorbire, durante i mesi più caldi, il calore corporeo in eccesso e il calore che penetra dai cristalli. Per quanto riguarda le forme preferite di realizzazione, i materiali a cambiamento di fase sono microincapsulati e dispersi in una matrice con una struttura composta polimerica o elastomerica, oppure in una schiuma. Quando impiegato nei sedili, il materiale a cambiamento di fase è incorporato in un tessuto a maglie distanziate, con struttura polimerica. I materiali compositi ottenuti in tal modo possiedono un'elevata capacità termica.

### **Brevetto WO2005057119 (giugno 2005)**

Oggetto di questo brevetto è uno scambiatore di calore a cambiamento di fase per termocondizionare un fluido. Lo scambiatore è dotato di condotti attraverso i quali scorre il fluido, e di una schiuma in contatto termico con almeno un condotto. La schiuma possiede legamenti interconnessi in modo da realizzare una struttura reticolata tridimensionale a celle aperte. La schiuma è impregnata di un materiale a cambiamento di fase che riceve energia termica dal fluido attraverso i legamenti presenti nella schiuma.

## ***Carattere innovativo***

Il procedimento oggetto della presente invenzione prevede l'utilizzo dei materiali a cambiamento di fase ai fini del controllo termico nel settore delle macchine operatrici.

In tale settore, la stabilità termica delle strutture è un aspetto estremamente critico. I riscaldamenti dovuti agli organi meccanici o elettrici durante il funzionamento di una macchina operatrice o le variazioni di temperatura nell'ambiente esterno, creano campi termici che provocano distorsioni strutturali. Tali distorsioni si traducono in errori che, se non corretti, compromettono la qualità del pezzo lavorato o della misurazione effettuata.

Quando si impiegano macchine operatrici (ad esempio macchine utensili, macchine di misura o macchine per le lavorazioni meccaniche ad altissima precisione), la compensazione di tali errori è spesso necessaria e ha luogo per lo più mediante sistemi attivi. Tali sistemi correggono la posizione di lavoro o di misura mediante il controllo numerico, sulla base della predizione dell'errore termico realizzata mediante modelli matematici (reti neurali, regressione multipla, ...) estremamente complessi e spesso poco robusti e inaffidabili. Questi modelli effettuano la predizione a partire dalla posizione corrente e dalle temperature rilevate tramite sensori collocati in opportuni punti della macchina.

Il procedimento oggetto della presente invenzione rappresenta una soluzione alternativa al problema delle distorsioni termiche di una macchina operatrice. Tale procedimento consiste in un sistema passivo di prevenzione o limitazione delle deformazioni, basato sull'impiego di materiali a cambiamento

di fase. Un simile procedimento costituisce un'innovazione rispetto allo stato della tecnica esistente.

I sistemi attuali sono infatti esclusivamente attivi e risolvono il problema delle distorsioni termiche compensando gli errori di lavorazione o di misura da esse provocati. Tali sistemi agiscono cioè sugli effetti di tali deformazioni anziché rimuoverne le cause. Il procedimento oggetto della presente invenzione mira invece ad impedire che tali deformazioni abbiano luogo. Questo risultato è ottenuto mediante l'assorbimento isotermico da parte di almeno un tipo di materiale a cambiamento di fase, dell'energia termica che provoca le suddette deformazioni (e quindi mantenendo pressoché costante la temperatura degli elementi strutturali della macchina). Rispetto agli attuali sistemi attivi, questo procedimento risulta estremamente semplice, efficace e relativamente economico.

I suddetti ed altri scopi e vantaggi dell'invenzione, quali risulteranno dal seguito della descrizione, sono raggiunti con un procedimento di controllo termico come quello descritto nella rivendicazione 1.

Forme di realizzazione preferite e varianti non banali della presente invenzione costituiscono l'oggetto delle rivendicazioni dipendenti.

## **Breve descrizione dei disegni**

La presente invenzione sarà meglio descritta da alcune forme preferite di realizzazione, fornite a titolo esemplificativo e non limitativo, con riferimento ai disegni allegati, nei quali:

### **Fig. 1**

Mostra una vista in prospettiva di una realizzazione preferita del sistema di immagazzinamento di energia termica a materiali a cambiamento di fase, secondo la presente invenzione.

### **Fig. 2**

Mostra una vista in prospettiva di una realizzazione preferita di un componente di una macchina utensile, ottenuto assemblando più sistemi di Fig. 1.

### **Fig. 3**

Mostra un'altra vista in prospettiva del componente di Fig. 2.

### **Fig. 4**

Mostra una vista schematica di una macchina utensile su cui è montato il componente di Fig. 2.



**Fig. 5**

Mostra una vista in prospettiva di una realizzazione preferita di un altro componente di una macchina utensile, ottenuto assemblando più sistemi di Fig. 1.

**Fig. 6**

Mostra una vista in prospettiva di una realizzazione preferita di un altro componente di una macchina utensile, contenente il sistema di Fig. 1.

**Fig. 7**

Mostra un'altra vista in prospettiva del componente di Fig. 6.

**Fig. 8**

Mostra una vista in prospettiva di un'altra realizzazione preferita del sistema di immagazzinamento di energia termica a materiali a cambiamento di fase, secondo la presente invenzione.

**Fig. 9**

Mostra una vista in prospettiva di come è possibile interfacciare due componenti di una macchina operatrice mediante il componente di Fig. 8.

**Fig. 10**

Mostra una vista in prospettiva di una realizzazione preferita di un componente di una macchina operatrice, contenente un'altra realizzazione

preferita del sistema di immagazzinamento di energia termica a materiali a cambiamento di fase, secondo la presente invenzione.

**Fig. 11**

mostra una vista in prospettiva di un componente di una macchina operatrice, a cui sono applicati più sistemi di Fig. 1.

**Fig. 12**

mostra una vista in prospettiva di un componente di una macchina operatrice.

**Fig. 13**

mostra una vista in prospettiva del componente di Fig. 12 incapsulato nel componente di Fig. 8.

**Fig. 14**

mostra una vista schematica del sistema di Fig. 1.

**Fig. 15**

mostra una rappresentazione grafica di un andamento nel tempo, della temperatura dell'ambiente esterno al sistema di Fig.1.

**Fig. 16**

mostra una rappresentazione grafica di un andamento nel tempo, della temperatura superficiale del sistema di Fig. 1.

## ***Procedimento di controllo termico oggetto della presente invenzione***

Il controllo termico di una macchina operatrice effettuato secondo il procedimento cui si riferisce la presente invenzione, prevede tre particolari applicazioni di un sistema di immagazzinamento di energia termica a materiali a cambiamento di fase.

La prima applicazione consiste nell'impiego di un sistema di immagazzinamento di energia termica a materiali a cambiamento di fase, come elemento strutturale di una macchina operatrice.

Secondo il procedimento oggetto della presente invenzione, il sistema di immagazzinamento di energia termica è impiegato all'interno di una macchina operatrice come struttura di supporto alla quale è possibile vincolare i componenti della macchina che, ad esempio in corrispondenza dei picchi di potenza, emettono una grande quantità di calore, con il rischio di provocare distorsioni termiche nelle strutture della macchina circostanti.

Il sistema di immagazzinamento di energia termica, assorbe il calore proveniente da tali componenti o dall'ambiente esterno. Fino a che la temperatura del materiale a cambiamento di fase contenuto nel sistema di immagazzinamento è inferiore alla temperatura di fusione, il suddetto sistema si comporta come se fosse composto da materiali tradizionali, scaldandosi con il progressivo assorbimento del calore. Quando il materiale a cambiamento di

fase raggiunge la temperatura di fusione, tale materiale subisce una transizione dalla fase solida alla fase liquida, assorbendo calore in condizioni isoterme. Ciò fa sì che la temperatura superficiale del sistema di immagazzinamento di energia termica, con il procedere dell'assorbimento del calore, cresca più lentamente di quanto avverrebbe nel caso di impiego di materiali tradizionali. Inoltre, se il flusso di calore tra il sistema di immagazzinamento di energia termica e i componenti della macchina o l'ambiente esterno è relativamente basso (ad esempio, se la trasmissione di calore avviene per convezione naturale), la temperatura superficiale del sistema si mantiene quasi costante durante l'assorbimento del calore.

Il sistema di immagazzinamento di energia termica, assorbendo calore e contenendo l'incremento di temperatura superficiale, limita dunque gli sbalzi termici che potrebbero subire gli altri componenti della macchina operatrice.

La seconda applicazione di un sistema di immagazzinamento di energia termica a materiali a cambiamento di fase secondo il procedimento cui si riferisce la presente invenzione, consiste nell'utilizzare tale sistema come barriera termica da impiegare, ad esempio, in una macchina operatrice al fine di prevenire o limitare le distorsioni termiche.

Secondo il procedimento oggetto della presente invenzione, il sistema di immagazzinamento di energia termica è impiegato, all'interno di una macchina operatrice, come interfaccia di isolamento termico da interporre tra i componenti della macchina che emettono grandi quantità di calore, e altre parti della

macchina da proteggere dalle escursioni termiche che tali emissioni di calore potrebbero provocare.

A differenza di quanto detto per l'applicazione precedente, il sistema di immagazzinamento di energia termica non è dunque impiegato come elemento strutturale ma come interfaccia tra gli organi fonti di calore e le strutture adiacenti. Il principio di funzionamento di tale sistema è però analogo a quello descritto per l'applicazione precedente: il sistema di immagazzinamento di energia termica assorbe il calore emesso dagli organi della macchina adiacenti al sistema, contenendo l'incremento di temperatura superficiale. Grazie all'elevata conduttività e capacità termica, il sistema funge da isolante termico tra le strutture interfacciate.

La terza applicazione di un sistema di immagazzinamento di energia termica a materiali a cambiamento di fase secondo il procedimento cui si riferisce la presente invenzione, consiste nell'utilizzare tale sistema per incrementare l'inerzia termica dei componenti di una macchina operatrice che emettono grandi quantità di calore, oppure schermare le parti funzionali della macchina che assorbono tale calore (non a contatto diretto con la sorgente), al fine di termostabilizzarle.

Nuovamente, l'obiettivo consiste nel prevenire o limitare le distorsioni termiche che tali emissioni di calore potrebbero provocare nelle strutture della macchina circostanti. Il principio di funzionamento è basato sull'assorbimento del calore con contenimento dell'incremento di temperatura, secondo quanto già descritto precedentemente.



Se il componente oggetto dell'applicazione è in fase di sviluppo, è possibile incrementare l'inerzia termica del suddetto componente concependo nella struttura stessa del componente alcune cavità da riempire mediante il sistema di immagazzinamento di energia termica a materiali a cambiamento di fase. In tal caso, questa applicazione costituisce una variante della prima applicazione precedentemente descritta. Anziché concepire il sistema di immagazzinamento di energia termica come elemento strutturale di una macchina operatrice, tale sistema può essere integrato nella struttura stessa del componente della macchina, con l'obiettivo di incrementarne l'inerzia termica.

Se il componente di cui si vuole incrementare l'inerzia termica è un componente già esistente, è possibile termostabilizzare il suddetto componente e contenere gli sbalzi termici nelle strutture circostanti applicando, ad esempio, il sistema di immagazzinamento di energia termica alle superfici interne o esterne del suddetto componente. Tale applicazione costituisce una variante della seconda applicazione precedentemente descritta. Anziché impiegare il sistema di immagazzinamento di energia termica come barriera termica mediante la quale interfacciare un componente che emette grandi quantità di calore e le altre strutture adiacenti, in questa applicazione tale sistema funge da interfaccia tra il suddetto componente e l'intero ambiente circostante.

Nelle applicazioni sopra descritte, il materiale o i tipi di materiale a cambiamento di fase da utilizzare nel sistema di immagazzinamento di energia termica vanno selezionati in base alla temperatura di fusione e al calore latente

di fusione, e vanno impiegati in quantità opportune, in modo da ottenere l'effetto termostabilizzante desiderato.

Il vantaggio derivante dalla realizzazione di un sistema di immagazzinamento di energia termica contenente più materiali a cambiamento di fase con temperature di fusione differenti (ovvero un sistema ibrido), consiste nell'ottenimento dell'effetto termostabilizzante su un ampio intervallo di temperature. Come descritto precedentemente, nel caso di impiego di un unico materiale a cambiamento di fase, durante l'assorbimento di calore prima del raggiungimento della temperatura di fusione, il materiale a cambiamento di fase si comporta come un materiale tradizionale, scaldandosi progressivamente. Realizzando invece un sistema ibrido, è possibile selezionare i materiali a cambiamento di fase in modo che, ad esempio, durante il riscaldamento dei materiali a cambiamento di fase già completamente fusi oppure ancora in fase solida, vi sia almeno un materiale a cambiamento di fase per cui abbia luogo il processo di fusione. Gli incrementi di temperatura del sistema di immagazzinamento di energia termica durante l'assorbimento del calore sono contenuti durante il processo di fusione di ciascun materiale a cambiamento di fase. Ciò assicura quindi un controllo termico su un intervallo più ampio di temperatura rispetto all'impiego di un unico materiale a cambiamento di fase.

La soluzione ibrida, caratterizzata dall'impiego di più materiali a cambiamento di fase con temperature di fusione differenti, può essere adottata per ciascuna delle tre applicazioni sopra esposte.

A titolo esemplificativo e non limitativo, tra le macchine operatrici a cui è possibile applicare il procedimento oggetto della presente invenzione vi sono le macchine utensili, le macchine di misura, le macchine per le lavorazioni meccaniche ad alta precisione, i robot e i macchinari in generale

In particolare, tra le macchine utensili, a titolo esemplificativo, si annoverano:

- fresatrici per la lavorazione di stampi e superfici sculturate;
- centri di lavoro per la lavorazione di pezzi prismatici;
- macchine per taglio laser;
- rettifiche;
- macchine per la lavorazione del legno e della plastica;
- macchine water-jet;
- punzonatrici.

Tra i componenti di una macchina operatrice che emettono grandi quantità di calore vi sono, a titolo esemplificativo: i moduli di processo (ad esempio un elettromandrino (1) che porta un utensile da taglio, o un tastatore di misura), i motori lineari (2) e rotativi (3), le guide di scorrimento (4) o i pattini (5) che scorrono su guide, i sistemi vite-chiocciola e relativi supporti (6), i cuscinetti e relativi supporti (7), eventuali organi lineari e/o rotanti, e simili.

Un esempio di applicazione del sistema di immagazzinamento di energia termica come elemento strutturale di una macchina operatrice, consiste nel realizzare il suddetto sistema in forma di pannello (8), come meglio descritto in

seguito, e nell'assemblare più pannelli (8) in modo da realizzare un ram (9) o una testa (10) di una macchina utensile (11) a cui sono vincolati componenti della macchina che emettono grandi quantità di calore (quali potrebbero essere, ad esempio, i componenti citati precedentemente).

Un esempio di utilizzo del sistema di immagazzinamento di energia termica come barriera termica di interfaccia all'interno di una macchina operatrice, consiste nell'impiegare il suddetto pannello (8) per interfacciare a un ram (12) di una macchina utensile, singoli componenti della macchina che emettono grandi quantità di calore (quali potrebbero essere, ad esempio, i componenti citati precedentemente). Un altro esempio consiste nel realizzare il sistema di immagazzinamento di energia termica in forma di camicia cilindrica (13), come meglio descritto in seguito, e nell'impiegare tale sistema come interfaccia termica tra una chiocciola (14) di una macchina operatrice e il proprio supporto (6).

Un esempio di impiego del sistema di immagazzinamento di energia termica per incrementare l'inerzia termica dei componenti di una macchina operatrice, consiste nel progettare un supporto chiocciola (6) in modo da dotarlo di cavità (15) in cui poter inserire il sistema di immagazzinamento di energia termica. Altri esempi consistono nell'applicare il sistema di immagazzinamento di energia termica realizzato in forma di pannello (8) alle superfici esterne di un supporto chiocciola (6), oppure nell'incapsulare un motore rotativo (3) nel sistema di immagazzinamento di energia termica realizzato in forma di camicia



cilindrica (13). In entrambi i casi, l'inerzia termica dei due componenti (6 e 3) risulterebbe incrementata.



**Forme preferite di realizzazione del sistema di immagazzinamento di energia termica da impiegare nell'applicazione del procedimento di controllo termico oggetto della presente invenzione**

Tra le diverse forme in cui realizzare il sistema di immagazzinamento di energia termica a materiali a cambiamento di fase, da impiegare per l'applicazione del procedimento oggetto della presente invenzione, è possibile adottare, ad esempio, un pannello (8) o una camicia cilindrica (13) con struttura cellulare, ad esempio a sandwich, costituiti da due pelli metalliche (16) (ad esempio, in acciaio o in alluminio) che racchiudono un'anima caratterizzata da alette metalliche trasversali (17) (ad esempio, in acciaio o in alluminio) altamente conduttive. Tali alette (17) connettono tra loro le pelli (16) e creano compartimenti (18) nei quali è allocato almeno un tipo di materiale a cambiamento di fase. Le alette (17) sono ottenute, ad esempio, incollando o saldando una lamina metallica corrugata alle pelli (16).

L'adozione di una struttura a sandwich comporta notevoli vantaggi.

Da un punto di vista termico, la presenza delle alette trasversali (17) assicura al pannello (8) o alla camicia cilindrica (13) un'ottima conducibilità. Questo requisito è fondamentale per garantire al sistema una buona efficienza nel processo di immagazzinamento dell'energia termica. Le alette trasversali (17) incrementano infatti la superficie di scambio termico per il materiale a cambiamento di fase. Ciò si traduce in una più rapida trasmissione del calore a

tale materiale e dunque in un più efficiente assorbimento (o cessione) di energia termica.

L'impiego di alette trasversali altamente conduttive (17) previene inoltre distorsioni termiche all'interno dello stesso pannello (8) o camicia cilindrica (13). Uno dei principali difetti dei materiali a cambiamento di fase consiste nella loro elevata resistenza termica. In assenza di mezzi o componenti che facilitino la trasmissione di calore all'interno del pannello (8) o della camicia cilindrica (13), vi è il rischio che tra le due pelli (16) si crei un gradiente di temperatura tale da distorcere il pannello (8) o la camicia cilindrica (13). Un simile fenomeno comprometterebbe, ad esempio, l'impiego del sistema di immagazzinamento di energia termica come elemento strutturale di una macchina operatrice. Per evitare tali distorsioni, è dunque opportuno connettere le pelli (16) mediante alette altamente conduttive (17).

L'impiego di alette trasversali (17) e, più in generale, il ricorso ad una struttura a sandwich, comporta infine vantaggi anche da un punto di vista puramente meccanico. Le strutture a sandwich presentano infatti elevata inerzia e basso peso specifico, caratteristiche estremamente apprezzabili ai fini della realizzazione, ad esempio, di un elemento strutturale mobile.

Le forme preferite di realizzazione del sistema di immagazzinamento di energia termica da impiegare per l'applicazione del procedimento oggetto della presente invenzione, si differenziano anche per la modalità di utilizzo del materiale a cambiamento di fase. In particolare, facendo riferimento al pannello (8) o alla camicia cilindrica (13) descritti precedentemente, il riempimento dei

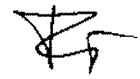
compartimenti (18) racchiusi tra le pelli (16) e le alette (17) potrebbe avvenire, ad esempio, mediante:

- almeno un tipo di materiale a cambiamento di fase (ad esempio, una paraffina) non incapsulato;
- almeno un tipo di materiale a cambiamento di fase (ad esempio, una paraffina) microincapsulato disperso in una resina (ad esempio, epossidica);
- almeno un tipo di materiale a cambiamento di fase (ad esempio, una paraffina) non incapsulato disperso in una schiuma sintattica e alla quale è vincolato mediante un legante.

Per qualsiasi delle modalità di riempimento sopra menzionate, l'impiego di più materiali a cambiamento di fase con temperature di fusione diverse comporta la realizzazione di un sistema di immagazzinamento di energia termica ibrido che, come esposto precedentemente, assicura il controllo termico delle parti su un intervallo molto ampio di temperature operative.

Facendo riferimento al pannello (8) o alla camicia cilindrica (13) descritti precedentemente, i vantaggi e gli eventuali svantaggi associati a queste tre forme preferite di realizzazione sono analizzate in seguito nel dettaglio.

Nel caso di impiego di almeno un tipo di materiale a cambiamento di fase non incapsulato, massima è la quantità di materiale a cambiamento di fase che è possibile inserire nei compartimenti interni (18) del pannello (8) o della



camicia cilindrica (13). Questa caratteristica è estremamente vantaggiosa nel caso in cui l'escursione termica da compensare si protragga a lungo nel tempo. Supponiamo infatti, a titolo esemplificativo, di impiegare come materiale a cambiamento di fase una paraffina. Riferendoci a questo esempio, a parità di altre condizioni, tanto maggiore è la quantità di paraffina presente nel pannello (8) o nella camicia cilindrica (13), tanto maggiore è la capacità termica del sistema. Ciò si traduce in una maggiore durata del processo di transizione di fase. Quindi, tanto maggiore è la quantità di paraffina impiegata, tanto maggiore è il tempo richiesto affinché la transizione di fase sia completamente avvenuta e tanto maggiore è il tempo durante il quale il pannello (8) o la camicia cilindrica (13) sono in grado di limitare gli sbalzi termici.

Nel caso di impiego di materiali a transizione di fase solida-liquida, eventuali svantaggi connessi a tale forma di realizzazione potrebbero consistere nei problemi di contenimento del materiale a cambiamento di fase allo stato liquido, e nella dipendenza delle prestazioni del pannello (8) o della camicia cilindrica (13) dall'orientazione del sistema rispetto alla forza di gravità.

Un'altra forma preferita di realizzazione del sistema di immagazzinamento di energia termica sopra citata, prevede il riempimento dei compartimenti interni (18) del pannello (8) o della camicia cilindrica (13) mediante almeno un tipo di materiale a cambiamento di fase microincapsulato disperso in una matrice di resina. Come materiale a cambiamento di fase è possibile, ad esempio, utilizzare nuovamente una paraffina; come resina, una resina epossidica. Nella matrice di resina è possibile inoltre disperdere anche microsferiche cave (ad

esempio, di vetro) per migliorare le proprietà meccaniche del sistema di immagazzinamento di energia termica.

Tale forma preferita di realizzazione prevede quindi l'utilizzo di un *dry PCM*. In tal modo, il contenimento del materiale a cambiamento di fase allo stato liquido non costituisce un problema e il comportamento del sistema di immagazzinamento di energia termica non risente dell'orientazione del sistema rispetto alla forza di gravità.

Rispetto alla forma di realizzazione precedente, a parità di dimensioni del pannello (8) o della camicia cilindrica (13), minore è la quantità di materiale a cambiamento di fase contenuta nel sistema. Come detto precedentemente, ciò si potrebbe tradurre in un minor tempo necessario affinché la transizione di fase sia completamente avvenuta.

L'altra forma preferita di realizzazione del sistema di immagazzinamento di energia termica sopra citata, prevede nuovamente l'impiego di un *dry PCM*. In particolare, si riempiono i compartimenti interni (18) del pannello (8) o della camicia cilindrica (13) mediante almeno un tipo di materiale a cambiamento di fase non incapsulato, disperso in una matrice di schiuma sintattica alla quale è vincolato mediante un legante. Nuovamente, come materiale a cambiamento di fase è possibile, ad esempio, impiegare una paraffina. Per schiuma sintattica si intende un sistema trifasico costituito da resina, ad esempio epossidica, in cui sono disperse microsfere cave, ad esempio di vetro e/o di Allumina ( $Al_2O_3$ ). L'aggiunta di Allumina permette di aumentare la conducibilità termica del sistema. Ciò offre il vantaggio di diminuire eventuali innalzamenti di temperatura



prima che abbia inizio la fusione del materiale a cambiamento di fase, e consente inoltre di omogeneizzare meglio il campo termico sulle superfici del sistema evitando quindi anche piccoli gradienti che possono dar luogo a distorsioni strutturali.

Sebbene il materiale a cambiamento di fase non sia microincapsulato, il composito ottenuto è considerabile un *dry PCM*. Grazie infatti all'impiego di un opportuno legante, il materiale a cambiamento di fase è vincolato alle microsfere cave della schiuma sintattica in modo da non fuoriuscire dal sistema quando viene a trovarsi in fase liquida. Inoltre, l'impiego di una schiuma sintattica fa sì che nella matrice vi siano cavità (ovvero porosità d'aria) mediante le quali sono risolti eventuali problemi connessi all'espansione volumetrica del materiale a cambiamento di fase durante il processo di fusione.

Rispetto alle precedenti forme preferite di realizzazione, l'impiego di una schiuma sintattica come matrice comporta un ulteriore vantaggio da un punto di vista meccanico. Le schiume conferiscono infatti ottime proprietà smorzanti. Impiegando, ad esempio, il pannello (8) o la camicia cilindrica (13) come elemento strutturale per la realizzazione di una macchina operatrice, le migliori proprietà smorzanti si traducono in una riduzione delle vibrazioni della struttura. Ciò è estremamente vantaggioso in quanto tali vibrazioni sono, assieme alle distorsioni termiche, una delle principali fonti di errore nelle lavorazioni ad alta precisione.

Altre forme preferite di realizzazione del sistema di immagazzinamento di energia termica coincidono con gli stessi tre sistemi riempitivi sopra descritti da

inserire nei compartimenti interni (18) del pannello (8) o della camicia cilindrica (13). Tali riempitivi possono cioè essere utilizzati direttamente come sistema di immagazzinamento di energia termica. Una possibile applicazione consiste, ad esempio, nel collocare questi riempitivi nelle cavità progettate appositamente in un componente di una macchina operatrice per incrementarne l'inerzia termica.

***Analisi del comportamento termico del sistema di immagazzinamento di energia termica da impiegare nell'applicazione del procedimento di controllo termico oggetto della presente invenzione***

A riprova della validità del procedimento descritto nella presente invenzione, si riportano i risultati di un'analisi termica condotta su un pannello (8) che ha una struttura analoga a quella descritta precedentemente e realizzato secondo una delle forme preferite descritte precedentemente. L'attenzione è focalizzata sull'evoluzione della temperatura nelle pelli metalliche (16) che delimitano il pannello (8). Grazie alla presenza delle alette trasversali (17) all'interno del pannello (8), la temperatura nelle due pelli (16) è pressoché coincidente.

L'ambiente esterno al pannello (8) è assimilabile a un pozzo di calore la cui temperatura, come mostrato in figura 15, cresce linearmente da 20 °C a 45 °C durante la prima ora e decresce linearmente da 45 °C a 20 °C durante le tre ore successive. L'evoluzione della temperatura nelle pelli (16) del pannello (8) è dunque monitorata per quattro ore.

La temperatura del pannello (8) all'istante iniziale è 20 °C.

La trasmissione del calore tra l'ambiente esterno e le pelli (16) avviene per convezione naturale.

Le pelli (16) e le alette trasversali (17) del pannello (8) sono in alluminio. I compartimenti interni (18) del pannello (8) sono riempiti esclusivamente con un

unico materiale a cambiamento di fase non incapsulato. Tale materiale è una paraffina con temperatura di fusione di 25 °C.

I valori assegnati ai parametri geometrici del pannello (8) oggetto dell'analisi sono riportati nella seguente tabella.

<b>Altezza del pannello (8) [mm]</b>	1009
<b>Lunghezza del pannello (8) [mm]</b>	12
<b>Profondità del pannello (8) [mm]</b>	1000
<b>Spessore delle pelli (16) [mm]</b>	1
<b>Spessore delle alette trasversali (17) [mm]</b>	1
<b>Inclinazione delle alette trasversali (17) rispetto alle pelli (16) [gradi]</b>	90
<b>Distanza tra due alette trasversali (17) consecutive [mm]</b>	15

Come mostrato in figura 16, dall'analisi emerge che la temperatura delle pelli (16) (rappresentata dal tracciato continuo in figura 16) cresce di circa 5,5 °C durante i primi tre quarti d'ora, sino a quando cioè ha inizio la transizione di fase della paraffina. Dopo questo istante (indicato sul tracciato continuo con (19)), il pannello (8) continua ad assorbire calore fino a che la temperatura delle pelli (16) si mantiene superiore a quella di fusione della paraffina. Tale assorbimento di calore avviene a temperatura delle pelli (16) quasi costante. Quando la temperatura delle pelli (16) scende al di sotto di quella di fusione della paraffina (istante indicato sul tracciato continuo con (21)), la paraffina non è completamente fusa e il processo di transizione di fase si inverte. La paraffina contenuta nel sistema comincia a solidificare emettendo calore. Tale calore,

attraverso le pelli (16), è ceduto all'ambiente esterno al pannello (8). Anche durante tale emissione, la temperatura delle pelli (16) del pannello (8) si mantiene quasi costante.

Riassumendo, la temperatura delle pelli (16) è circa 25.5 °C all'inizio della transizione di fase (dopo tre quarti d'ora, istante indicato sul tracciato continuo con (19)), circa 25.8 °C quando la temperatura esterna è 45 °C (dopo un'ora, istante indicato sul tracciato continuo con (20)), circa 24.8 °C al termine dell'analisi (dopo 4 ore, istante indicato sul tracciato continuo con (22)). Le pelli (16) subiscono uno sbalzo termico di circa 1 °C in più di tre ore.

Se non avvenisse la transizione di fase della paraffina, la temperatura delle pelli (16) (rappresentata, sotto tale ipotesi, dal tracciato tratteggiato in figura 16) raggiungerebbe invece durante le quattro ore una temperatura di circa 35 °C (istante indicato sul tracciato tratteggiato con (23)), con uno sbalzo termico di circa 10 °C dall'istante (indicato sul tracciato continuo con (19)) in cui la paraffina, nel sistema reale, comincia a fondere.



## RIVENDICAZIONI

1. Procedimento passivo di controllo termico per una macchina operatrice comprendente un sistema di immagazzinamento di energia termica contenente almeno un tipo di materiale a cambiamento di fase, detto procedimento caratterizzato dal fatto di prevenire o limitare le distorsioni termiche che provocano errori di lavorazione o di misura mediante l'assorbimento dell'energia termica che provoca dette distorsioni, da parte del detto sistema di immagazzinamento di energia termica.
2. Procedimento di controllo termico secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che detto procedimento consista nell'impiegare detto sistema di immagazzinamento di energia termica come elemento strutturale di una macchina operatrice.
3. Procedimento di controllo termico secondo la rivendicazione 2, caratterizzato dal fatto che detto elemento strutturale sia impiegato come struttura di supporto a cui vincolare i componenti della detta macchina che emettono una grande quantità di calore.
4. Procedimento di controllo termico secondo la rivendicazione 3, caratterizzato dal fatto che detta struttura di supporto, assorbendo il calore emesso dai detti componenti della detta macchina o proveniente dall'ambiente esterno alla detta macchina, si scaldi come un materiale



tradizionale sino al raggiungimento da parte del detto materiale a cambiamento di fase della temperatura di fusione.

5. Procedimento di controllo termico secondo la rivendicazione 4, caratterizzato dal fatto che, dopo il raggiungimento della temperatura di fusione da parte del detto materiale a cambiamento di fase, la temperatura superficiale di detta struttura di supporto, durante l'assorbimento del calore, cresca più lentamente rispetto a quanto avverrebbe nel caso di impiego di materiali tradizionali, impedendo al detto calore di provocare distorsioni nella strutture circostanti della detta macchina.
6. Procedimento di controllo termico secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che detto procedimento consista nell'impiegare detto sistema di immagazzinamento di energia termica come barriera termica all'interno di una macchina operatrice.
7. Procedimento di controllo termico secondo la rivendicazione 6, caratterizzato dal fatto che detta barriera termica sia impiegata come interfaccia di isolamento termico da interporre tra i componenti della detta macchina che emettono grandi quantità di calore e altre parti della detta macchina da proteggere dalle escursioni termiche che dette emissioni di calore potrebbero provocare.

8. Procedimento di controllo termico secondo le rivendicazioni 7, caratterizzato dal fatto che detta barriera termica, assorbendo il calore emesso dai detti componenti della detta macchina, si scaldi come un materiale tradizionale sino al raggiungimento da parte del detto materiale a cambiamento di fase della temperatura di fusione.
  
9. Procedimento di controllo termico secondo la rivendicazione 8, caratterizzato dal fatto che, dopo il raggiungimento della temperatura di fusione da parte del detto materiale a cambiamento di fase, la temperatura superficiale di detta barriera termica, durante l'assorbimento del calore, cresca più lentamente rispetto a quanto avverrebbe nel caso di impiego di materiali tradizionali, impedendo al detto calore di provocare distorsioni nella strutture circostanti della detta macchina.
  
10. Procedimento di controllo termico secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che detto procedimento consista nell'impiegare detto sistema di immagazzinamento di energia termica per incrementare l'inerzia termica dei componenti di una macchina operatrice che emettono grandi quantità di calore, oppure schermare le parti funzionali della detta macchina che assorbono detto calore.
  
11. Procedimento di controllo termico secondo la rivendicazione 10, caratterizzato dal fatto che detto sistema di immagazzinamento di energia



termica sia inserito in cavità appositamente concepite nella struttura del detto componente.

12. Procedimento di controllo termico secondo la rivendicazione 11, caratterizzato dal fatto che detto sistema di immagazzinamento di energia termica sia applicato alle superfici interne o esterne del detto componente.

13. Procedimento di controllo termico secondo le rivendicazioni 11 e 12, caratterizzato dal fatto che detto sistema di immagazzinamento di energia termica, assorbendo il calore emesso da detto componente, si scaldi come un materiale tradizionale sino al raggiungimento da parte del detto materiale a cambiamento di fase della temperatura di fusione.

14. Procedimento di controllo termico secondo la rivendicazione 13, caratterizzato dal fatto che, dopo il raggiungimento della temperatura di fusione da parte del detto materiale a cambiamento di fase, la temperatura di detto sistema di immagazzinamento di energia termica, durante l'assorbimento del calore, cresca più lentamente rispetto a quanto avverrebbe nel caso di impiego di materiali tradizionali.

15. Procedimento di controllo termico secondo le rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che detto sistema di immagazzinamento di energia termica contenga più materiali a cambiamento di fase con temperature di fusione differenti.



16. Procedimento di controllo termico secondo la rivendicazione 15, caratterizzato dal fatto che, durante l'assorbimento del calore, contemporaneamente al riscaldamento dei detti materiali a cambiamento di fase già completamente fusi oppure ancora in fase solida, vi sia almeno un materiale a cambiamento di fase per cui abbia luogo il processo di fusione.
17. Procedimento di controllo termico secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che detta macchina operatrice sia una macchina utensile.
18. Procedimento di controllo termico secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che detta macchina operatrice sia una macchina di misura.
19. Procedimento di controllo termico secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che detta macchina operatrice sia una macchina per le lavorazioni meccaniche ad alta precisione.
20. Procedimento di controllo termico secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che detta macchina operatrice sia un robot.



21. Procedimento di controllo termico secondo la rivendicazione 17, caratterizzato dal fatto che detta macchina utensile sia una fresatrice per la lavorazione di stampi e pezzi prismatici.
  
22. Procedimento di controllo termico secondo la rivendicazione 17, caratterizzato dal fatto che detta macchina utensile sia un centro di lavoro per la lavorazione di pezzi prismatici.
  
23. Procedimento di controllo termico secondo la rivendicazione 17, caratterizzato dal fatto che detta macchina utensile sia una macchina a taglio laser.
  
24. Procedimento di controllo termico secondo la rivendicazione 17, caratterizzato dal fatto che detta macchina utensile sia una rettifica.
  
25. Procedimento di controllo termico secondo la rivendicazione 17, caratterizzato dal fatto che detta macchina utensile sia una macchina per la lavorazione del legno.
  
26. Procedimento di controllo termico secondo la rivendicazione 17, caratterizzato dal fatto che detta macchina utensile sia una macchina water-jet.



27. Procedimento di controllo termico secondo la rivendicazione 17, caratterizzato dal fatto che detta macchina utensile sia una punzonatrice.
28. Procedimento di controllo termico secondo le rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che detto componente di detta macchina che emette grandi quantità di calore sia un modulo di processo.
29. Procedimento di controllo termico secondo la rivendicazione 28, caratterizzato dal fatto che detto modulo di processo sia un elettromandrino (1) che porta un utensile da taglio, oppure un tastatore in caso di macchina di misura.
30. Procedimento di controllo termico secondo le rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che detto componente di detta macchina che emette grandi quantità di calore sia un motore lineare (2).
31. Procedimento di controllo termico secondo le rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che detto componente di detta macchina che emette grandi quantità di calore sia un motore rotativo (3).
32. Procedimento di controllo termico secondo le rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che detto componente di detta macchina che emette grandi quantità di calore sia una guida di scorrimento (4).

33. Procedimento di controllo termico secondo le rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che detto componente di detta macchina che emette grandi quantità di calore sia un pattino (5) che scorre su una guida.
34. Procedimento di controllo termico secondo le rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che detto componente di detta macchina che emette grandi quantità di calore sia un sistema vite-chiocciola o relativo supporto (6).
35. Procedimento di controllo termico secondo le rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che detto componente di detta macchina che emette grandi quantità di calore sia un cuscinetto o relativo supporto (7).
36. Procedimento di controllo termico secondo le rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che detto componente di detta macchina che emette grandi quantità di calore sia un organo lineare.
37. Procedimento di controllo termico secondo le rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che detto componente di detta macchina che emette grandi quantità di calore sia un organo rotante.
38. Procedimento di controllo termico secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che detto sistema di immagazzinamento di energia termica sia un pannello (8).

39. Procedimento di controllo termico secondo la rivendicazione 38 e le rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che più detti pannelli (8) siano impiegati per la realizzazione di un ram (9) di una macchina utensile (11), a cui vincolare detti componenti della detta macchina (11) che emettono una grande quantità di calore.
40. Procedimento di controllo termico secondo la rivendicazione 38 e le rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che più detti pannelli (8) siano impiegati per la realizzazione di una testa (10) di una macchina utensile, a cui vincolare detti componenti della detta macchina che emettono una grande quantità di calore.
41. Procedimento di controllo termico secondo la rivendicazione 38 e le rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che detto pannello (8) sia impiegato per interfacciare a un ram (12) di una macchina utensile i detti componenti della detta macchina che emettono grandi quantità di calore.
42. Procedimento di controllo termico secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che detto sistema di immagazzinamento di energia termica sia una camicia cilindrica (13).
43. Procedimento di controllo termico secondo la rivendicazione 42, caratterizzato dal fatto che detta camicia cilindrica (13) sia impiegata per



interfacciare una chiocciola (14) di una macchina operatrice al proprio supporto (6).

44. Procedimento di controllo termico secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che detto sistema di immagazzinamento di energia termica sia inserito in cavità (15) appositamente progettate di cui è dotato un supporto chiocciola (6) di una macchina operatrice.

45. Procedimento di controllo termico secondo la rivendicazione 38, caratterizzato dal fatto che detto pannello (8) sia applicato alle superfici esterne di un supporto chiocciola (6) di una macchina operatrice.

46. Procedimento di controllo termico secondo la rivendicazione 42, caratterizzato dal fatto che in detta camicia cilindrica (13) sia incapsulato un motore rotativo (3) di una macchina operatrice.

47. Procedimento di controllo termico secondo le rivendicazioni 38 e 42, caratterizzato dal fatto che detto pannello (8) o detta camicia cilindrica (13) abbiano una struttura cellulare.

48. Procedimento di controllo termico secondo le rivendicazioni 38 e 42, caratterizzato dal fatto che detto pannello (8) o detta camicia cilindrica (13) abbiano una struttura a sandwich.



49. Procedimento di controllo termico secondo le rivendicazioni 38 e 42, caratterizzato dal fatto che detto pannello (8) o detta camicia cilindrica (13) siano delimitati da due pelli (16).
50. Procedimento di controllo termico secondo la rivendicazione 49, caratterizzato dal fatto che dette pelli (16) siano metalliche.
51. Procedimento di controllo termico secondo la rivendicazione 50, caratterizzato dal fatto che dette pelli (16) siano in alluminio.
52. Procedimento di controllo termico secondo la rivendicazione 50, caratterizzato dal fatto che dette pelli (16) siano in acciaio.
53. Procedimento di controllo termico secondo la rivendicazione 49, caratterizzato dal fatto che dette pelli (16) racchiudano un'anima caratterizzata da almeno un'aletta trasversale (17).
54. Procedimento di controllo termico secondo la rivendicazione 53, caratterizzato dal fatto che dette alette trasversali (17) siano metalliche.
55. Procedimento di controllo termico secondo la rivendicazione 53, caratterizzato dal fatto che dette alette trasversali (17) siano conduttive.



56. Procedimento di controllo termico secondo la rivendicazione 54, caratterizzato dal fatto che dette alette trasversali (17) siano in alluminio.
57. Procedimento di controllo termico secondo la rivendicazione 54, caratterizzato dal fatto che dette alette trasversali (17) siano in acciaio.
58. Procedimento di controllo termico secondo la rivendicazione 53, caratterizzato dal fatto che dette alette trasversali (17) siano ottenute incollando una lamina corrugata alle dette pelli (16).
59. Procedimento di controllo termico secondo la rivendicazione 53, caratterizzato dal fatto che dette alette trasversali (17) siano ottenute saldando una lamina corrugata alle dette pelli (16).
60. Procedimento di controllo termico secondo le rivendicazioni 58 e 59, caratterizzato dal fatto che detta lamina corrugata sia metallica.
61. Procedimento di controllo termico secondo le rivendicazioni precedenti caratterizzato dal fatto che detto materiale a cambiamento di fase sia allocato nei compartimenti interni (18) al detto pannello (8) o alla detta camicia cilindrica (13), compresi tra le dette pelli (16) e le dette alette trasversali (17).

62. Procedimento di controllo termico secondo le rivendicazioni precedenti caratterizzato dal fatto che detto materiale a cambiamento di fase sia allocato nelle cavità appositamente progettate di un componente di una macchina operatrice.
63. Procedimento di controllo termico secondo le rivendicazioni 61 e 62, caratterizzato dal fatto che detti compartimenti (18) o dette cavità siano riempiti con almeno un tipo di materiale a cambiamento di fase non incapsulato.
64. Procedimento di controllo termico secondo le rivendicazioni 61 e 62, caratterizzato dal fatto che detti compartimenti (18) o dette cavità siano riempiti con microsfere in cui sia incapsulato almeno un tipo di materiale a cambiamento di fase, disperse in una matrice.
65. Procedimento di controllo termico secondo le rivendicazioni 61 e 62, caratterizzato dal fatto che detti compartimenti (18) o dette cavità siano riempiti con microsfere in cui sia incapsulato almeno un tipo di materiale a cambiamento di fase e con microsfere cave, entrambe disperse in una matrice.
66. Procedimento di controllo termico secondo le rivendicazioni 61 e 62, caratterizzato dal fatto che detti compartimenti (18) o dette cavità siano

riempiti con almeno un tipo di materiale a cambiamento di fase non incapsulato e un legante, entrambi dispersi in una matrice.

67.Procedimento di controllo termico secondo le rivendicazioni 63, 64, 65 e 66, caratterizzato dal fatto che detto materiale a cambiamento di fase sia una paraffina.

68.Procedimento di controllo termico secondo le rivendicazioni 64 e 65, caratterizzato dal fatto che detta matrice sia una resina epossidica.

69.Procedimento di controllo termico secondo la rivendicazione 66, caratterizzato dal fatto che detta matrice sia una schiuma sintattica.

70.Procedimento di controllo termico secondo la rivendicazione 69, caratterizzato dal fatto che detta schiuma sintattica sia un sistema multifasico costituito da microsfere cave disperse in una resina.

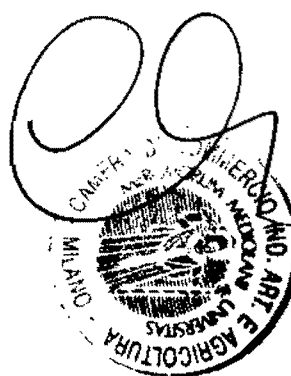
71.Procedimento di controllo termico secondo le rivendicazioni 66, 69 e 70, caratterizzato dal fatto che detto materiale a cambiamento di fase sia vincolato mediante detto legante alle dette microsfere cave della detta schiuma sintattica.

72.Procedimento di controllo termico secondo le rivendicazioni 65 e 70, caratterizzato dal fatto che dette microsfere cave siano di vetro.

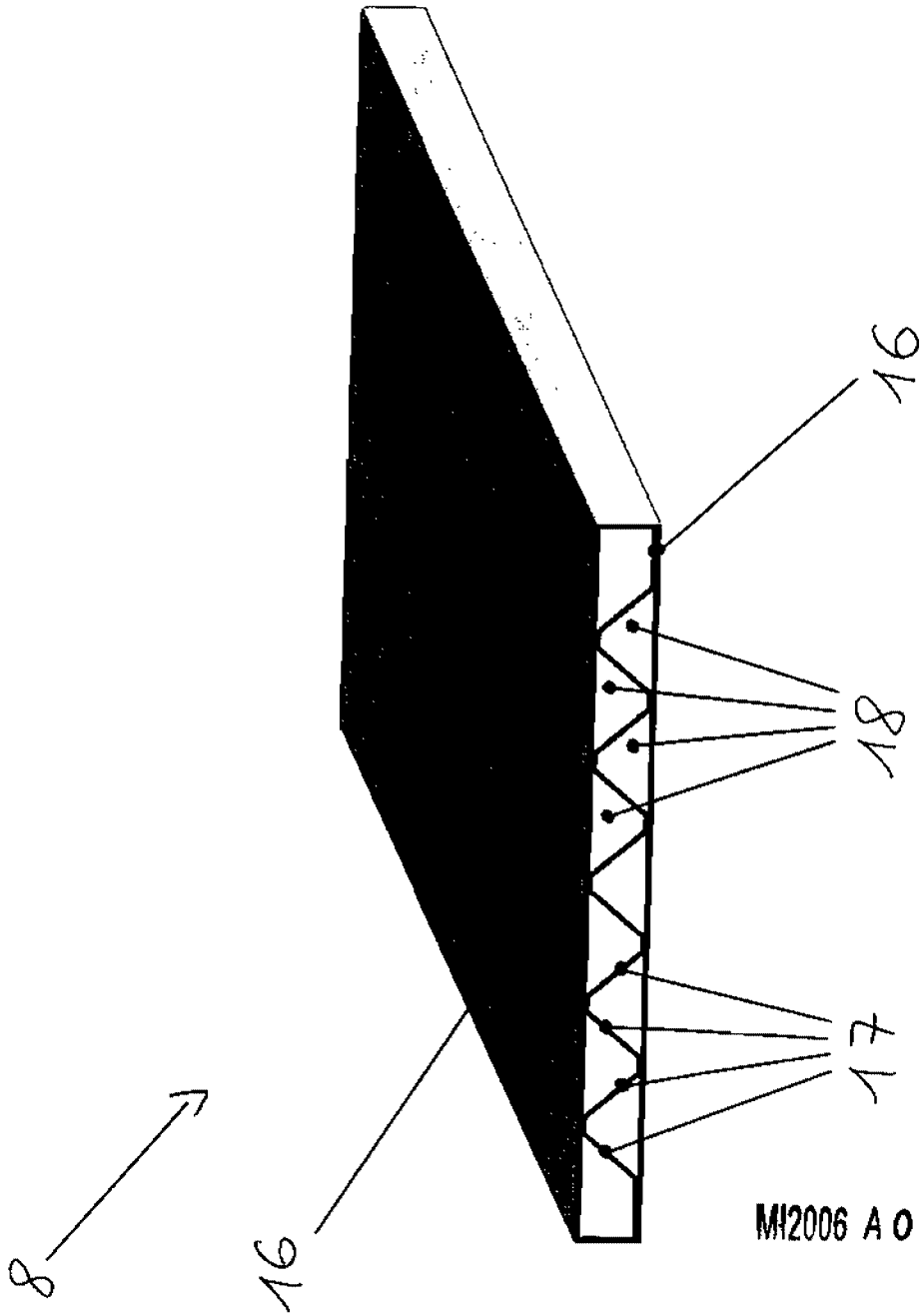
73. Procedimento di controllo termico secondo la rivendicazione 70,  
caratterizzato dal fatto che dette microsferiche cave siano di Allumina.

74. Procedimento di controllo termico secondo la rivendicazione 70,  
caratterizzato dal fatto che detta resina sia epossidica.

*Franco Alli*



1/16



Francis D.M.

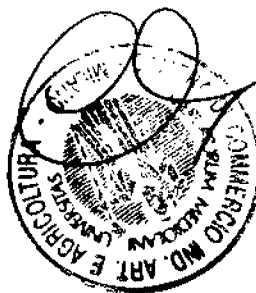
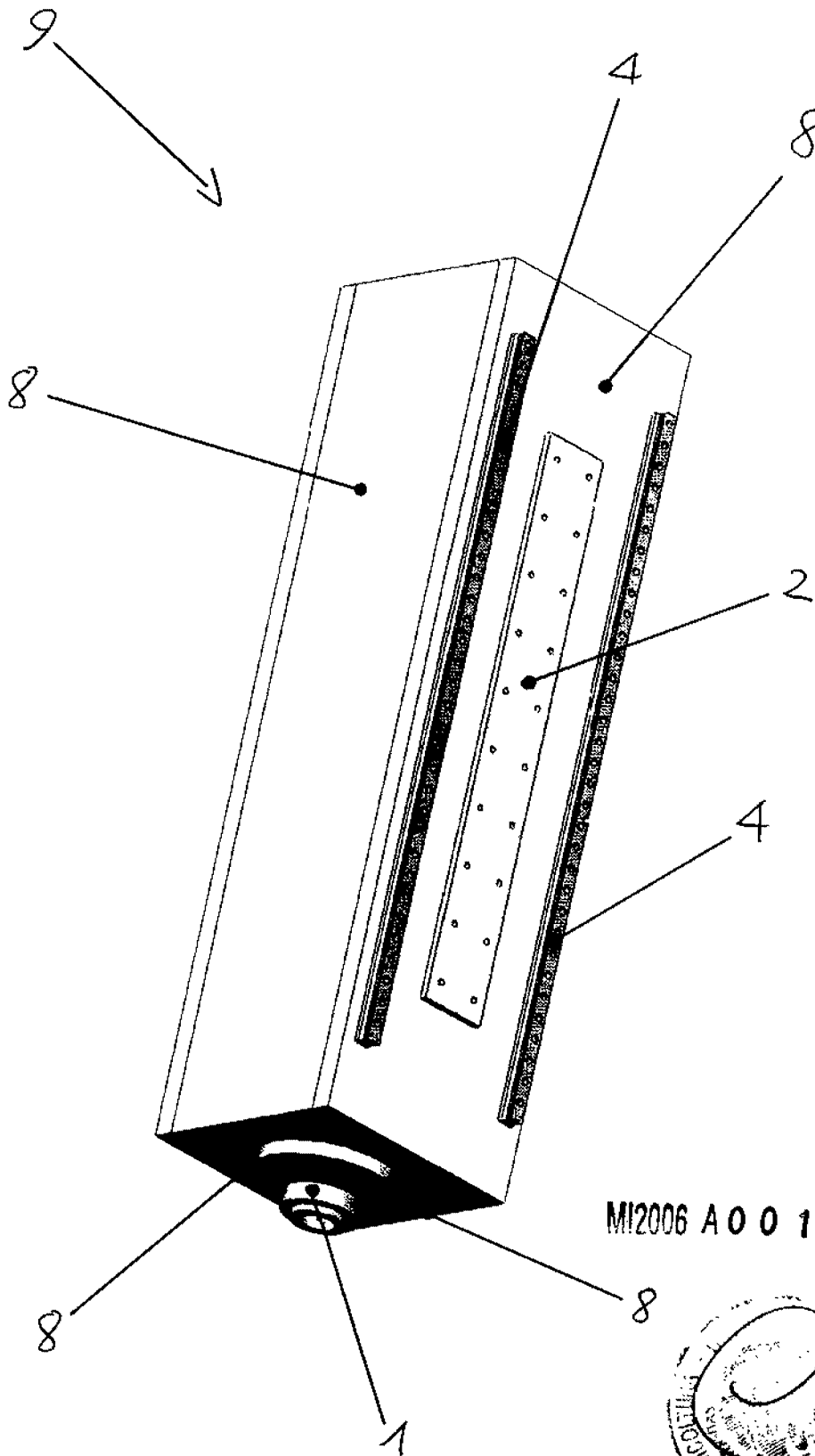


FIG. 1

2/16



MI2006 A001929

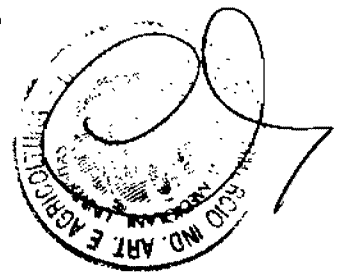
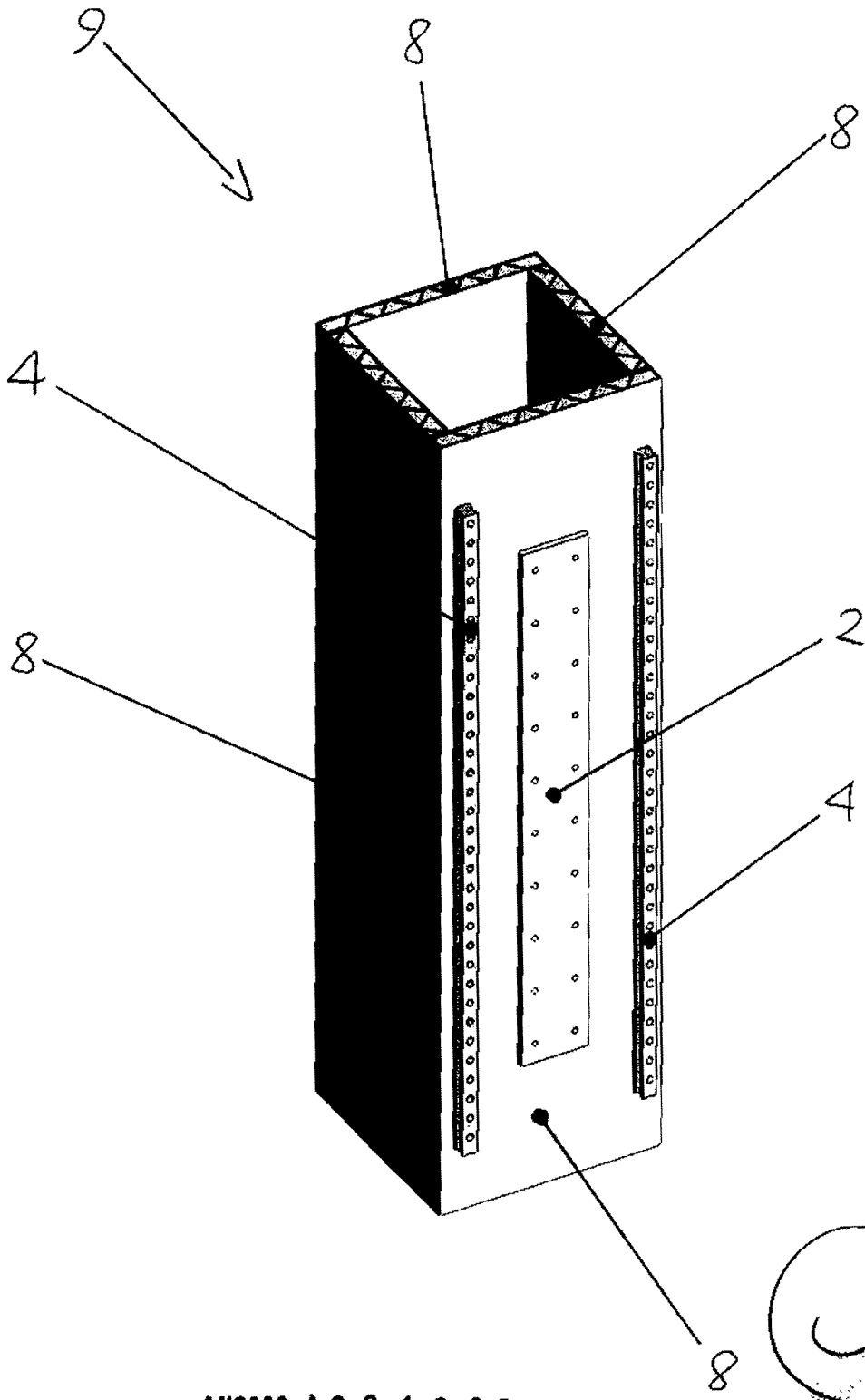


FIG. 2

Franco Pelli

3/16



M12006 A 0 0 1 9 2 9

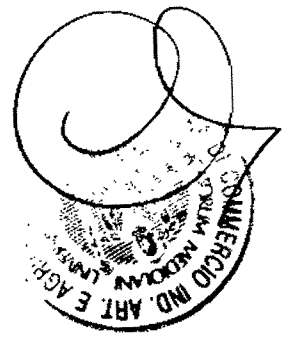
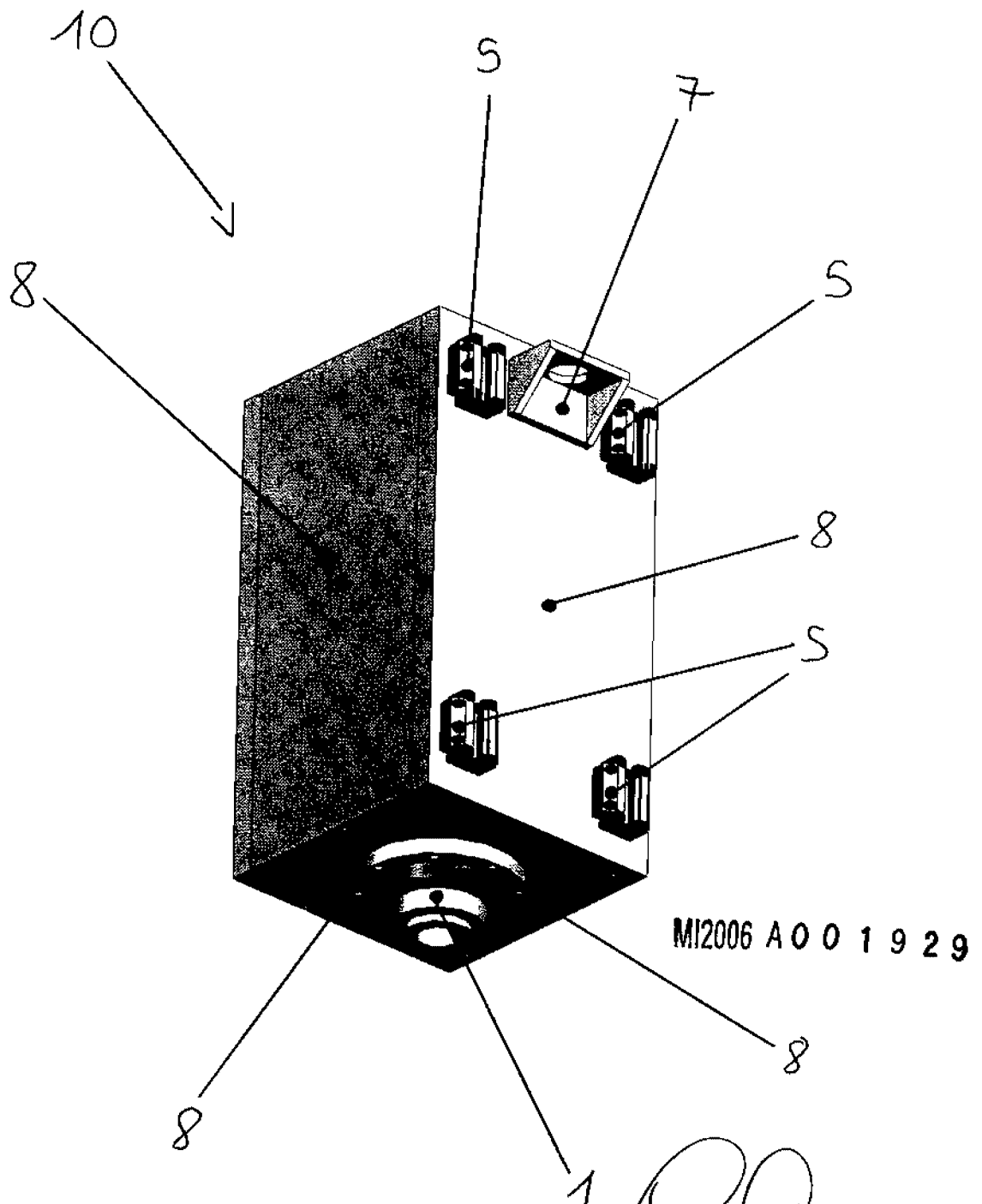


FIG. 3

Francis D. K.



5/16



MI2006 A 0 0 1 9 2 9

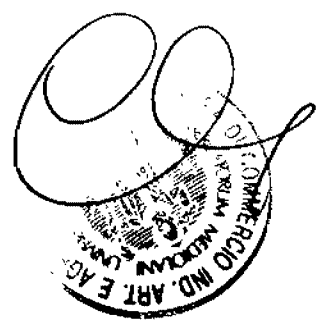
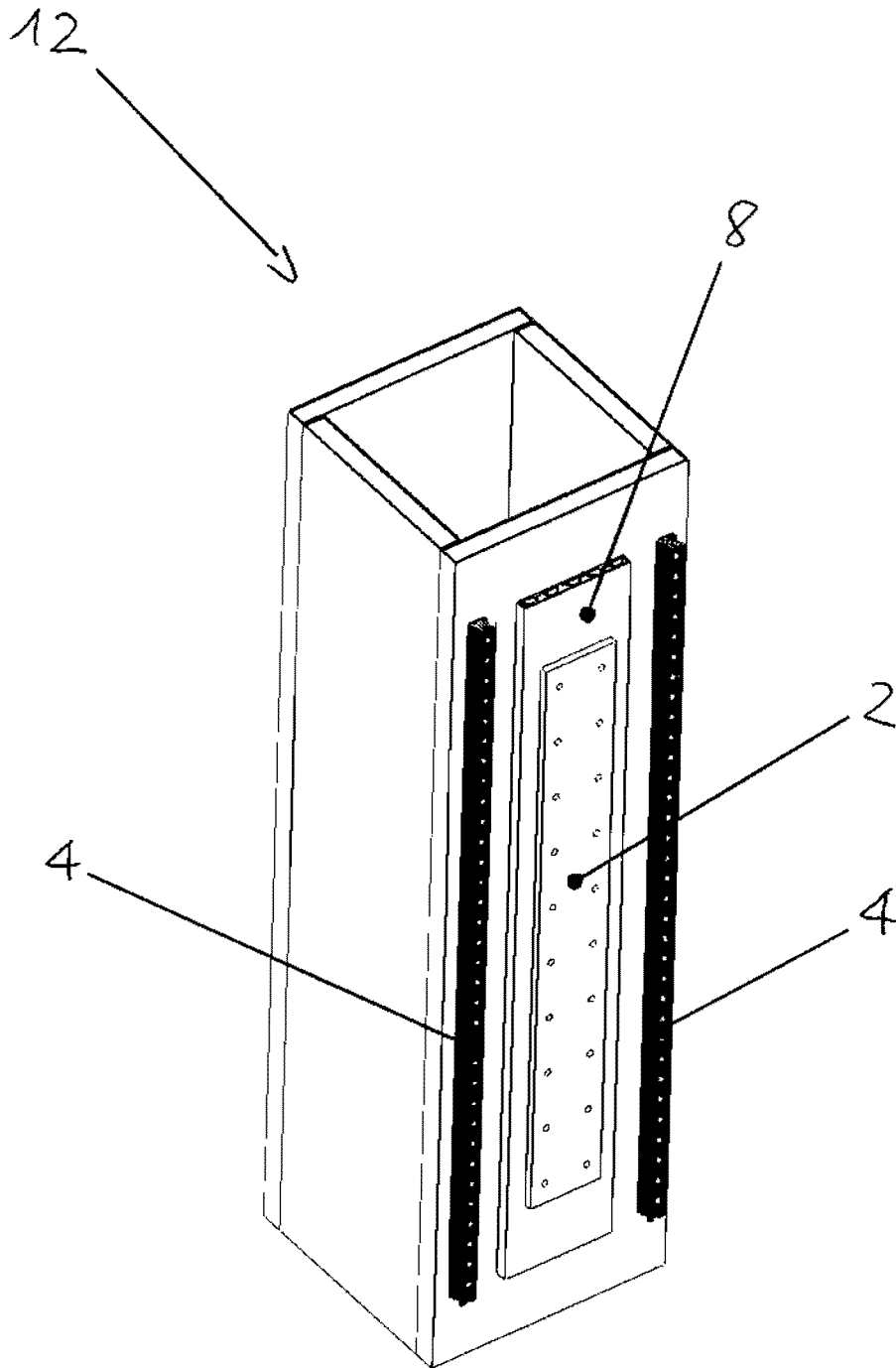


FIG. 5

Francisco Rollé



7116



MI2006 A 0 0 1 9 2 9

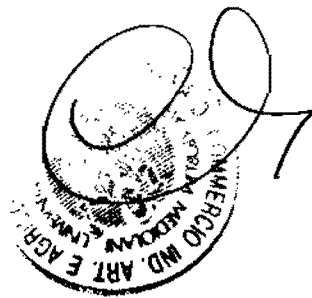
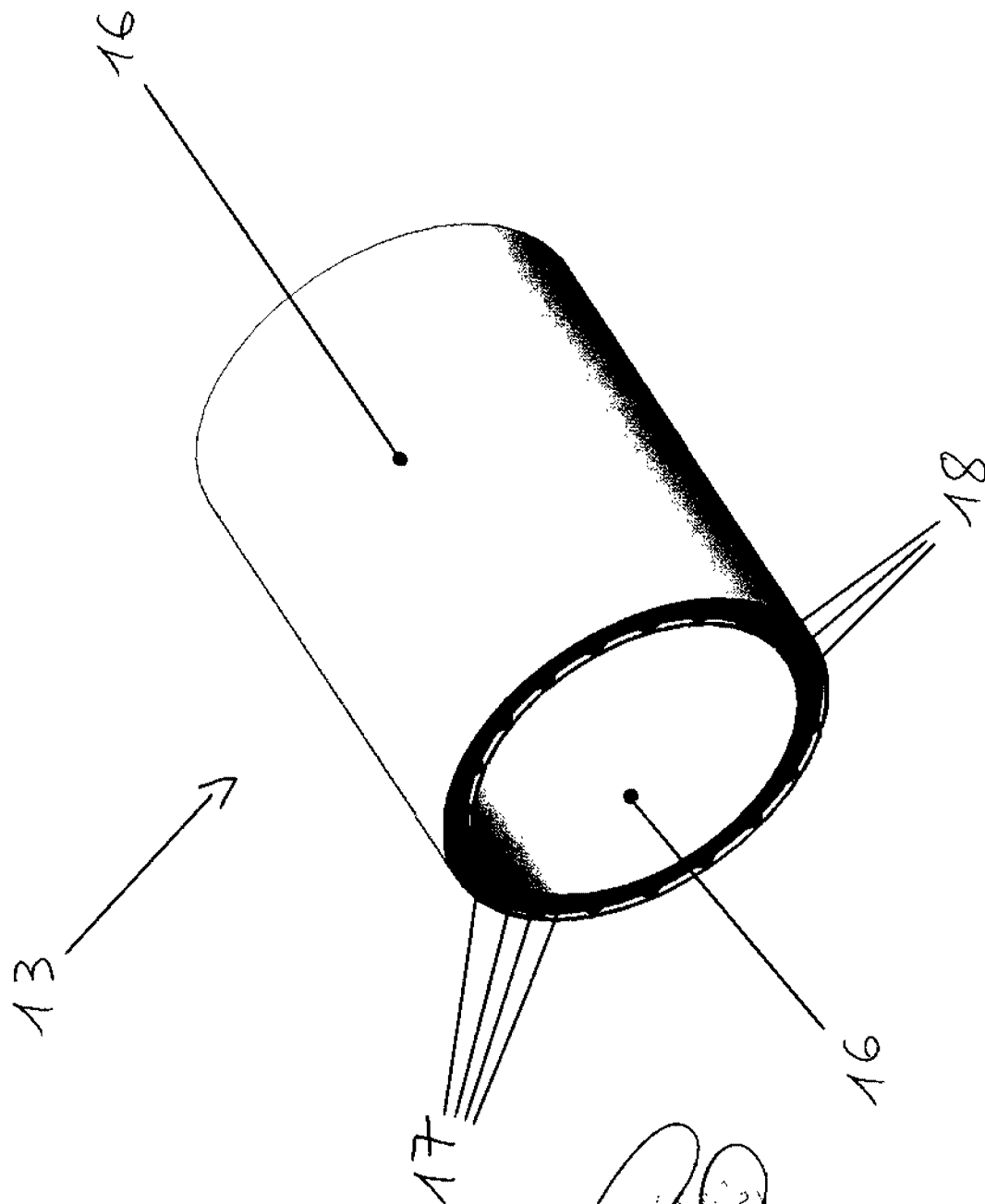


FIG. 7

Franco R. D. L.

8116



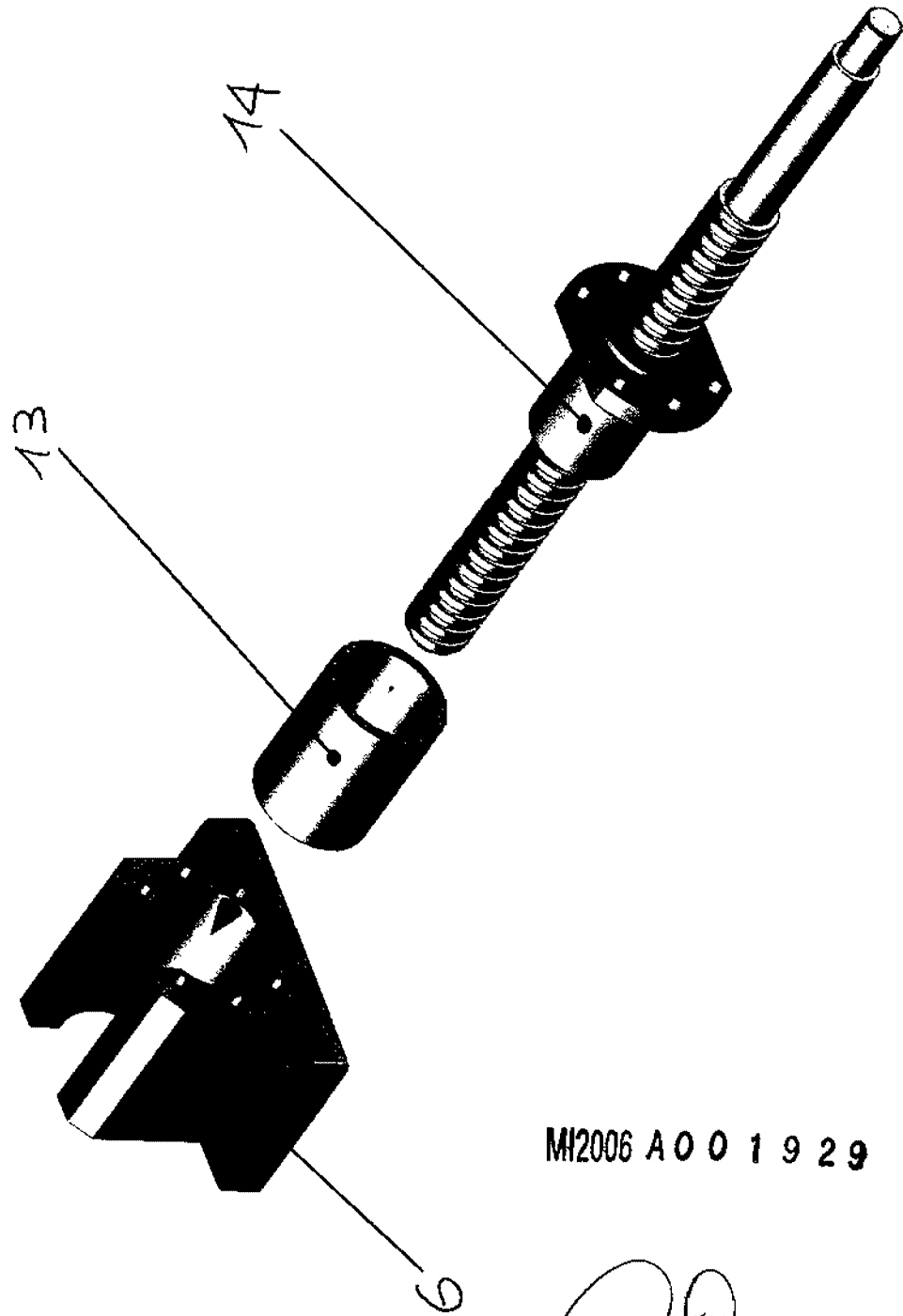
MI2006 A 00 1 9 2 9



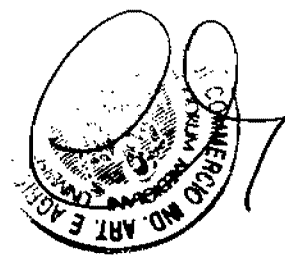
*Franco Adli*

FIG. 8

9/16



MI2006 A001929

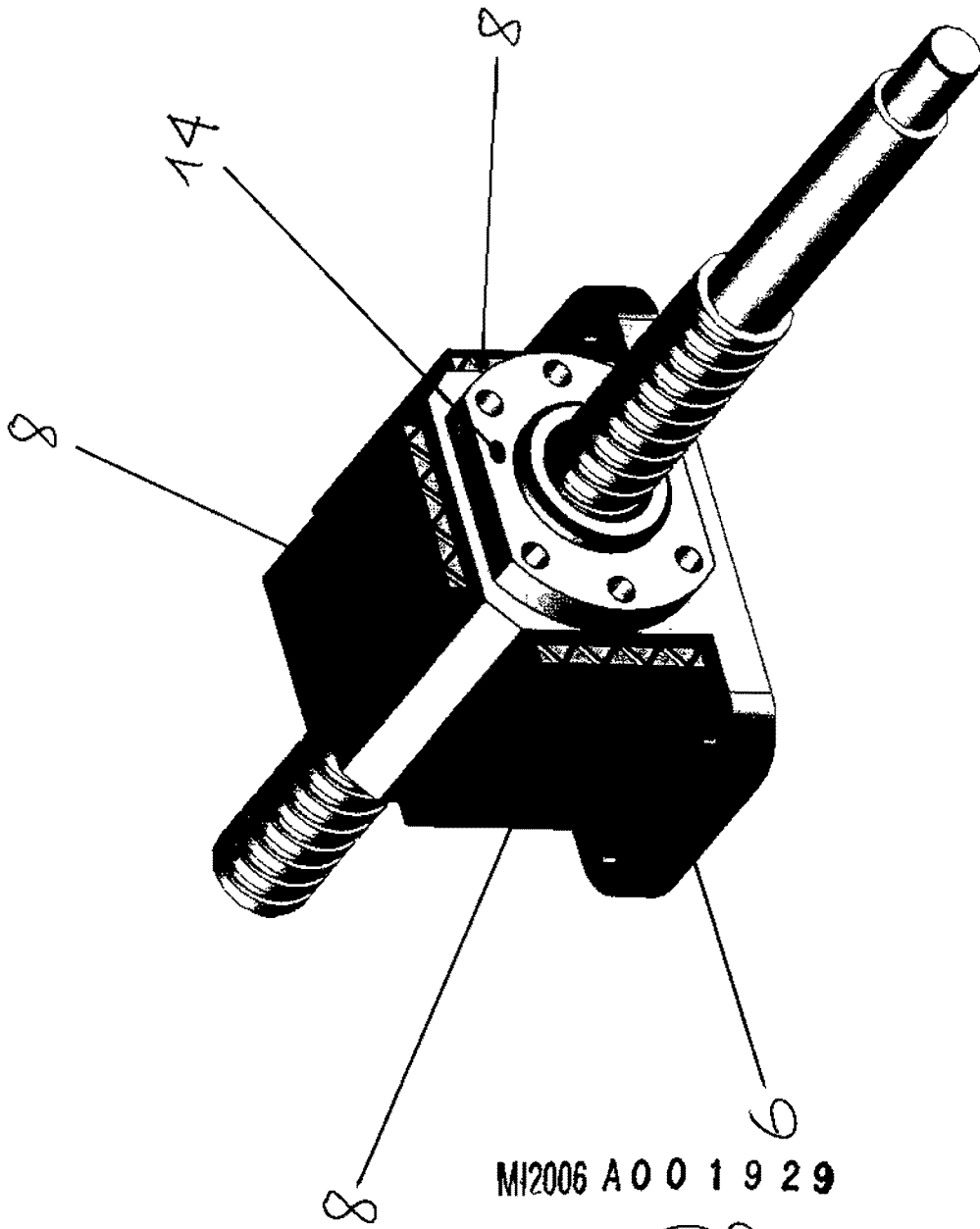


*Franco Pelli*

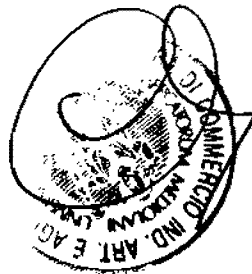
FIG. 9



11/16



MI2006 A 0 0 1 9 2 9

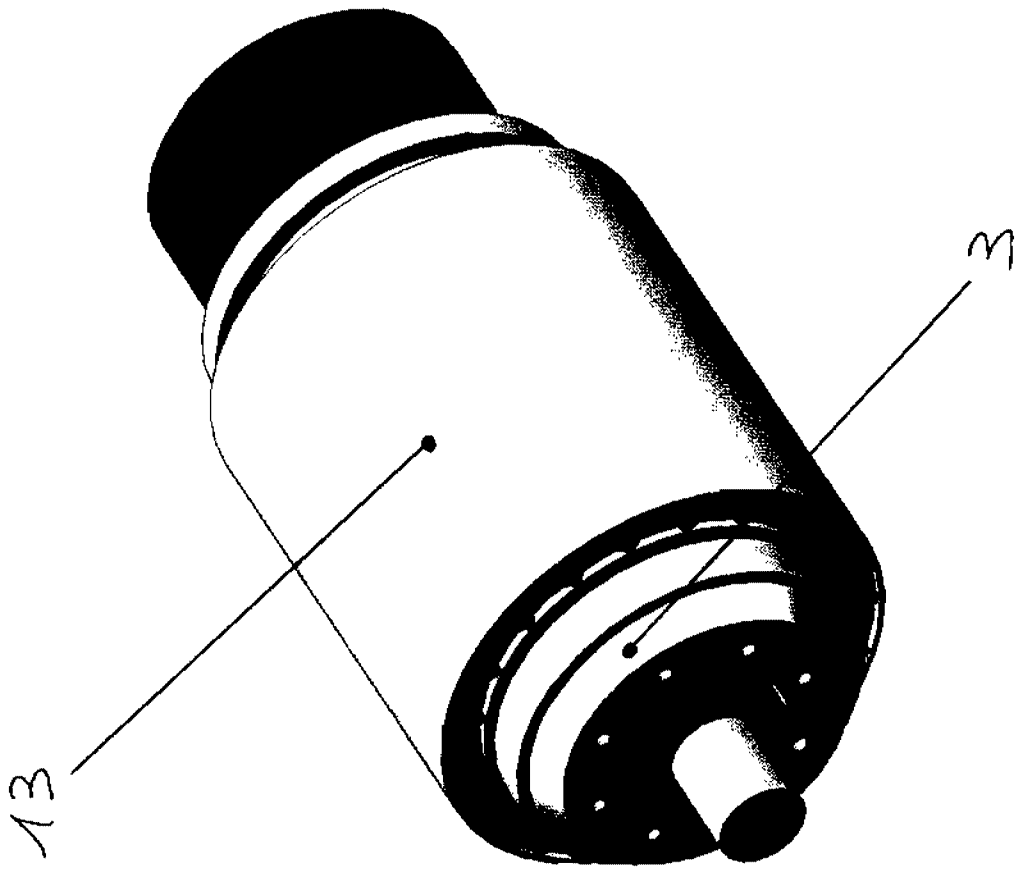


Francisco M.

FIG. 11



13/16



MI2006 A 0 0 1 9 2 9

Franco Ralli

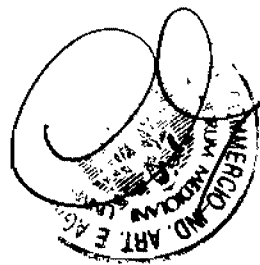
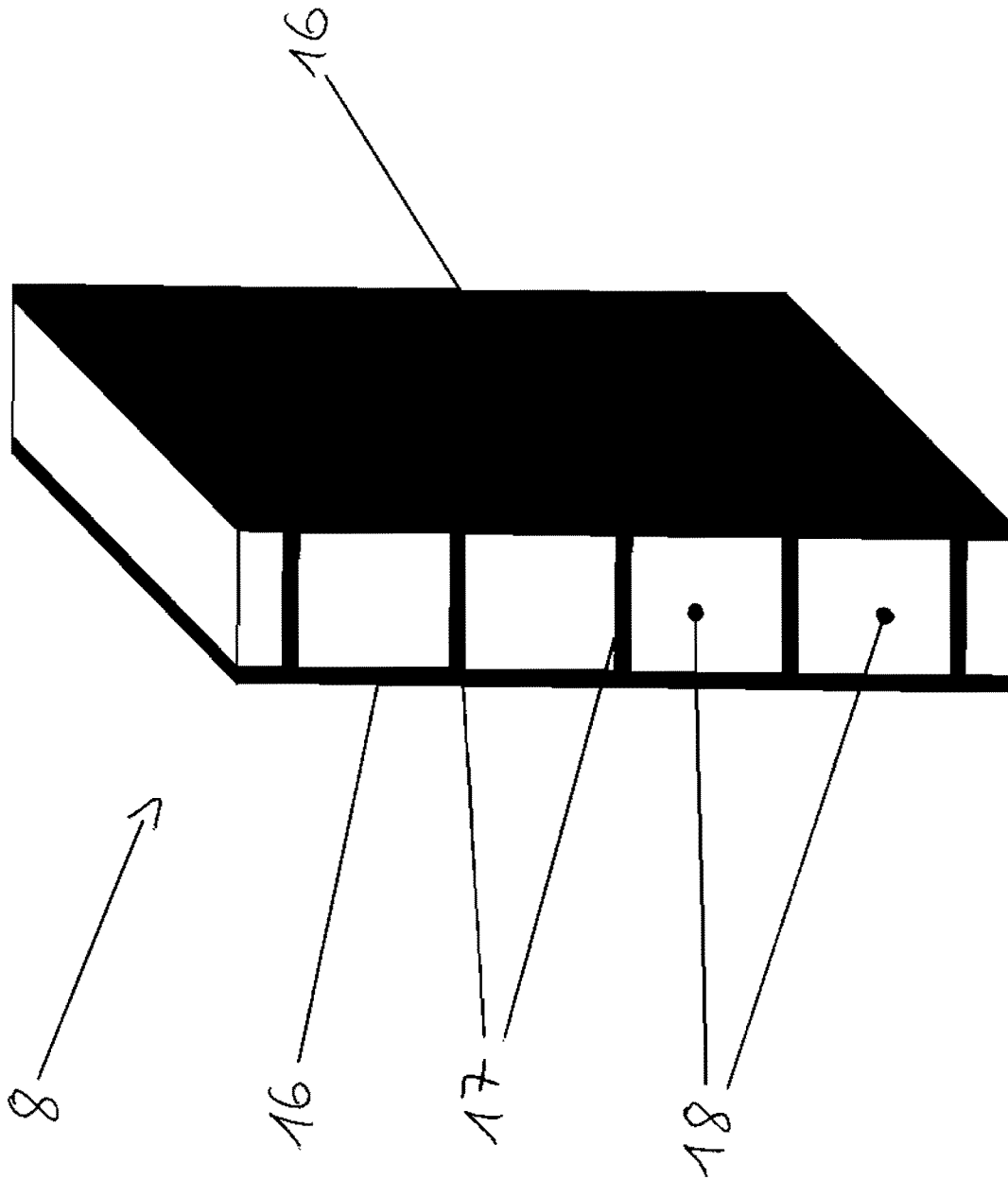


FIG. 13

14/16



MI2006 A 0 0 1 9 2 9

*Franco Relli*

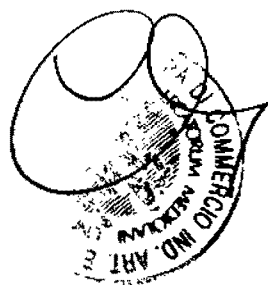
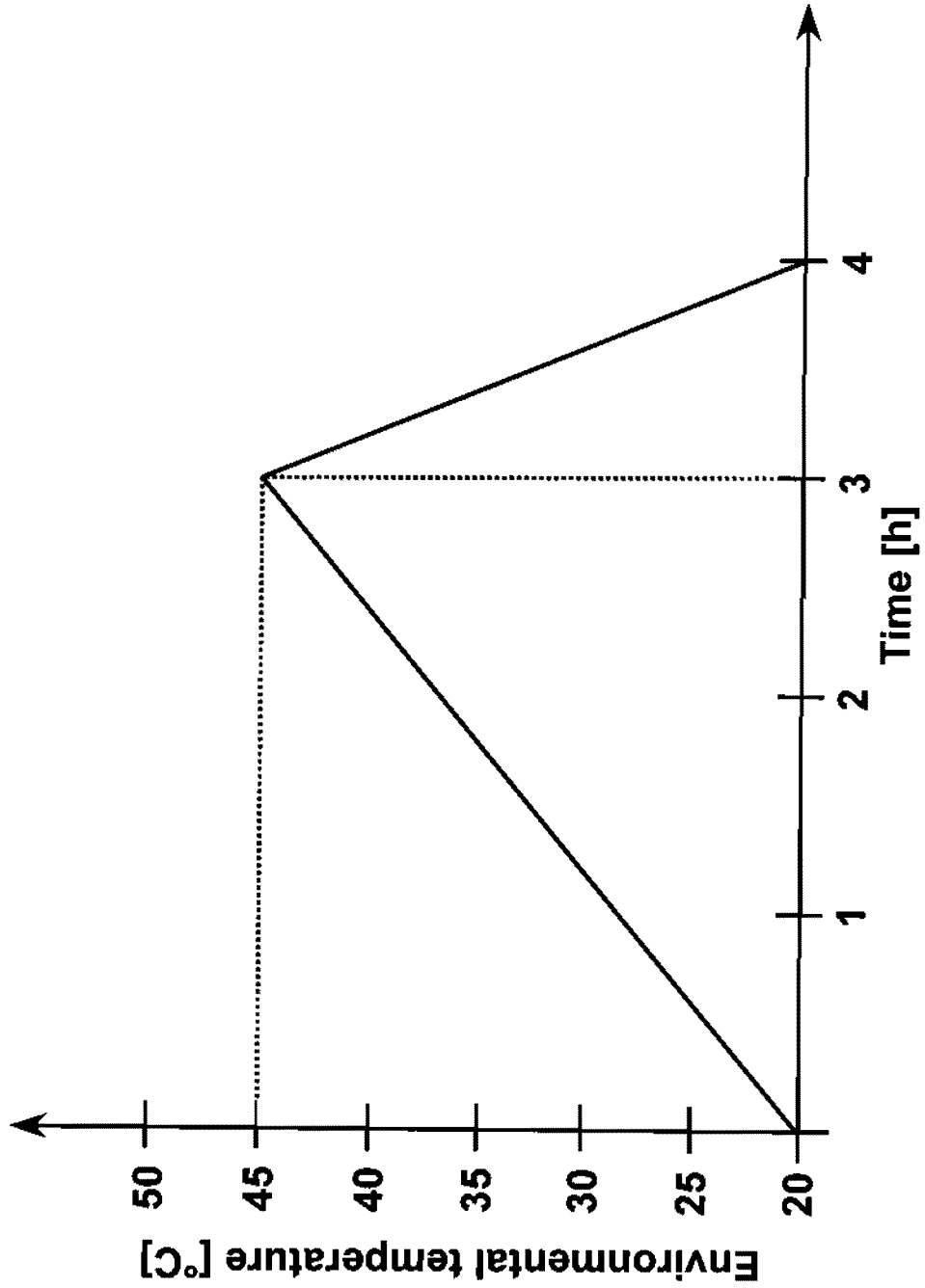


FIG 14

15/16



MI2006 A 0 0 1 9 2 9

Franco Rini

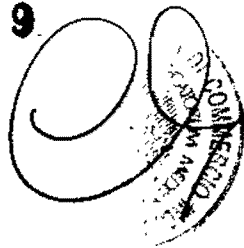
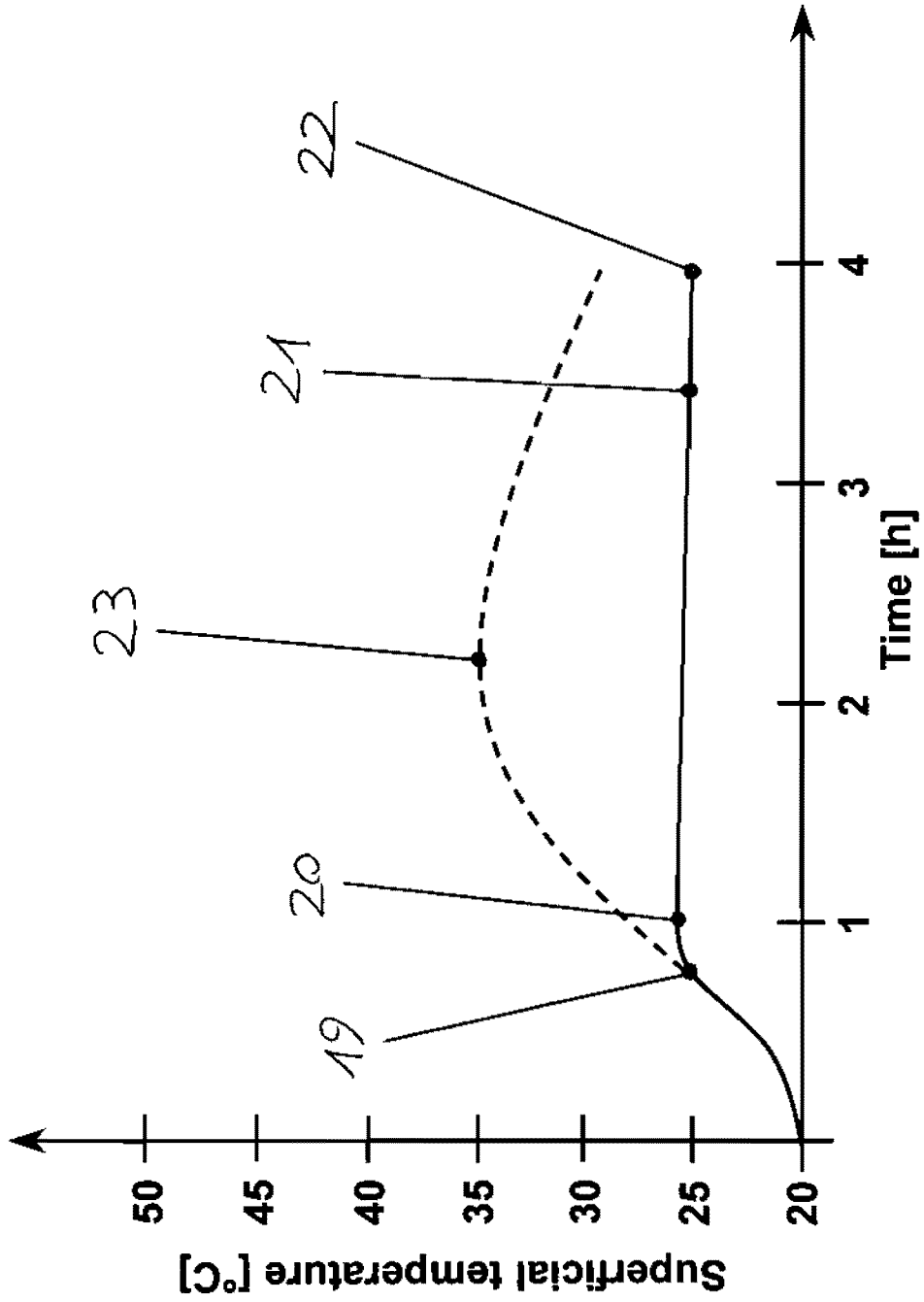


FIG. 15

16/16



Franco Rilli

MI2006 A 0 0 1 9 2 9

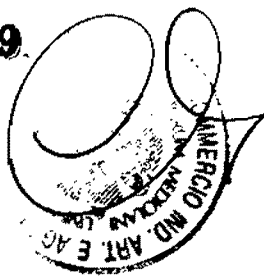


FIG. 16