

ITALIAN PATENT OFFICE

Document No.

102010901865087A1

Publication Date

20120206

Applicant

FIDIA S.P.A.

Title

SISTEMA PREDITTIVO DI CONTROLLO E VISUALIZZAZIONE VIRTUALE PER
UNA MACCHINA UTENSILE A CONTROLLO NUMERICO

DESCRIZIONE dell'invenzione industriale dal titolo:
"Sistema predittivo di controllo e visualizzazione virtuale per una macchina utensile a controllo numerico"

Di: FIDIA S.p.A., nazionalità italiana, Corso Lombardia 11, Zona Industriale Pescarito, I-10099 San Mauro Torinese (Torino)

Inventori designati: Giuseppe MORFINO, Carla FRANCESCESE, Mario VESCO, Edoardo GHEZZO

Depositata il: 6 agosto 2010

* * *

DESCRIZIONE

La presente invenzione riguarda in generale il settore delle macchine utensili a controllo numerico.

Più specificamente la presente invenzione ha per oggetto un sistema di controllo per una macchina utensile che in modo per sé noto comprende

un portautensile per un utensile,

un portapezzo per un pezzo da sottoporre ad una lavorazione mediante l'utensile, e

una pluralità di dispositivi attuatori, controllabili tramite associati mezzi di azionamento, per provocare spostamenti relativi controllati fra l'utensile ed il pezzo in lavorazione secondo ri-

spettivi assi;

il sistema di controllo comprendendo un controllo numerico accoppiato ai suddetti mezzi di azionamento ed atto ad attuare un programma di lavoro, predeterminato in funzione delle caratteristiche del pezzo da realizzare e delle caratteristiche dell'utensile utilizzato; il controllo numerico essendo atto a calcolare, in base a detto programma di lavoro, valori di coordinate-obiettivo definenti posizioni dell'utensile secondo i suddetti assi, destinate ad essere raggiunte tramite l'azionamento degli associati dispositivi attuatori.

Sono noti sistemi di controllo per macchine utensili che sono inoltre provvisti di dispositivi di visualizzazione di immagini, che consentono la visualizzazione in tempo reale di immagini reali o virtuali che mostrano il pezzo e l'utensile nelle loro posizioni istantanee.

Un tale sistema di controllo è descritto ad esempio nel brevetto US 6,546,127 B1.

Dalla domanda di brevetto US 2010/00063616 A1 è altresì noto un sistema di controllo e visualizzazione per una macchina utensile a controllo numerico in cui vengono selettivamente visualizzate im-

magini reali, ottenute a mezzo di una o più telecamere, o immagini virtuali ottenute per via di calcolo. Le immagini reali vengono visualizzate quando nella zona di lavoro della macchina non è in corso l'alimentazione di liquido refrigerante, mentre le immagini virtuali vengono visualizzate quando è in corso l'alimentazione del liquido refrigerante.

I sistemi di controllo e visualizzazione noti permettono in ogni caso soltanto la visualizzazione di immagini, reali o virtuali, di ciò che sta accadendo all'istante nella zona di lavoro.

Uno scopo della presente invenzione è la realizzazione di un sistema di controllo e visualizzazione migliorato che permetta un esame grafico preventivo dei movimenti che saranno eseguiti dalla macchina utensile non appena l'operatore impartisce il comando di avvio del programma di lavorazione.

Sono noti altresì sistemi di simulazione di programmi di lavorazione che validano i percorsi degli utensili prima che siano inviati in macchina. In molti ambiti, ad esempio nella lavorazione degli stampi, frequentemente l'operatore della macchina introduce nel controllo numerico delle trasformazioni da apportare al programma di lavorazione (ad esempio traslazioni, rotazioni, fattori di scala,

correzioni del raggio dell'utensile, ecc.) che non possono, ovviamente, essere verificati dai suddetti sistemi di simulazione.

Uno scopo della presente invenzione è dunque di visualizzare e consentire di verificare graficamente, prima dell'esecuzione in macchina, i movimenti degli assi della macchina utensile "a valle" di tutte le trasformazioni impostate dall'operatore, al fine di permettere di rilevare ogni potenziale errore e quindi di evitare danni all'utensile, al pezzo e alla macchina stessa.

Questi ed altri scopi vengono realizzati secondo l'invenzione con un sistema di controllo del tipo sopra definito, comprendente inoltre

mezzi di visualizzazione di immagini, e

un sistema di elaborazione, integrato nel e/o accoppiato al controllo numerico, per ricevere i valori calcolati delle suddette coordinate-obiettivo, e predisposto per generare, in base a dette coordinate-obiettivo e a modelli matematici memorizzati del pezzo, dell'utensile, degli staffaggi e della macchina utensile stessa, dati di immagini atti a realizzare su detti mezzi di visualizzazione una rappresentazione bidimensionale virtuale predittiva delle posizioni che verranno as-

sunte dal pezzo e dall'utensile sino ad un istante futuro preselezionato.

L'operatore della macchina utensile può allora definire una "finestra" di controllo e visualizzazione dei movimenti che verranno eseguiti in tempi successivi, impostando il numero di "blocchi di esecuzione" o la quantità di spazio (distanza percorsa) che il sistema dovrà visualizzare e controllare in anticipo. Nel seguito tale concetto sarà indicato con il termine "finestra predittiva".

Come "blocco di esecuzione" si intende l'unità elementare di esecuzione di un programma di lavorazione. Un programma di lavorazione è essenzialmente un file costituito principalmente da una sequenza di istruzioni di movimentazione degli assi, ognuna delle quali si traduce in una serie di movimenti elementari (o blocchi di esecuzione) della macchina utensile.

In virtù di tali caratteristiche, il sistema di controllo e di visualizzazione virtuale secondo l'invenzione può permettere ad esempio la verifica visiva anticipata di inconvenienti o situazioni di pericolo, quali future possibili collisioni dell'utensile con parti della macchina, di parti della macchina contro il pezzo, e asportazioni eccessive

di materiale dal pezzo. Il sistema può inoltre essere reso in grado di fermare l'esecuzione della lavorazione sulla macchina utensile, qualora sia abilitato a riscontrare in anticipo le situazioni di pericolo sopra citate.

Ulteriori caratteristiche e vantaggi dell'invenzione appariranno dalla descrizione dettagliata che segue, effettuata a puro titolo di esempio non limitativo, con riferimento ai disegni allegati, nei quali:

le figure 1 e 2 sono schemi a blocchi di due modi di realizzazione di un sistema di controllo e visualizzazione virtuale per una macchina utensile secondo la presente invenzione;

la figura 3 è un diagramma di flusso illustrativo delle modalità di funzionamento di un sistema di controllo e di visualizzazione virtuale secondo la presente invenzione; e

la figura 4 è un'illustrazione esemplificativa di un'immagine virtuale realizzata in un sistema secondo la presente invenzione.

Nella figura 1 è parzialmente e schematicamente rappresentata una macchina utensile M cui è associato un sistema predittivo di controllo e visualizzazione virtuale secondo l'invenzione, comples-

sivamente indicato con PS.

In modo per sé noto la macchina utensile M comprende un portautensile 2 che reca ad esempio un utensile per fresatura T.

La macchina utensile M in modo per sé noto comprende un involucro, una struttura portante ed una tavola.

La macchina M comprende inoltre un portapezzo 3, recante un pezzo W da sottoporre a lavorazione, e suscettibile di essere normalmente "aggiornato" in modo dinamico durante la lavorazione.

Nella macchina M è prevista una pluralità di dispositivi attuatori A1, ..., AN, ad esempio motori elettrici, controllabili tramite associati azionamenti D1, ..., DN per provocare spostamenti relativi controllati fra l'utensile T e il pezzo W in lavorazione, secondo rispettivi assi.

Agli attuatori A1, ..., AN sono associati rispettivi dispositivi rilevatori S1, ..., SN, atti a fornire rispettivi segnali elettrici o dati di posizione.

Alla macchina utensile M è associato un controllore numerico NC. Tale controllore numerico NC è accoppiato ai dispositivi di azionamento D1, ..., DN, ed è predisposto per attuare un programma di

lavorazione, predeterminato in funzione delle caratteristiche del pezzo da realizzare e delle caratteristiche della macchina utensile M e dell'utensile T utilizzati. In particolare, il controllore numerico NC è atto a calcolare, in base a detto programma di lavoro, i valori di coordinate-obiettivo che definiscono posizioni dell'utensile T secondo i suddetti assi della macchina M, le quali posizioni sono destinate ad essere raggiunte tramite l'azionamento degli associati dispositivi attuatori A₁, ..., A_N.

L'operatore della macchina M può interagire con il controllore numerico NC attraverso un pannello di comando CP.

Nel modo di realizzazione illustrato nella figura 1, il sistema predittivo di controllo PS condivide con il controllore numerico NC un dispositivo di visualizzazione di immagini ID, e il o un modulo P del controllore numerico NC, il quale utilizza i valori calcolati delle coordinate-obiettivo. In base a tali valori, nonché a modelli matematici memorizzati del pezzo W, della macchina M e dell'utensile T, il modulo P genera segnali o dati di immagini che fornisce al dispositivo di visualizzazione ID.

Il sistema di controllo PS è in particolare predisposto per generare segnali di immagine che consentono la realizzazione sul dispositivo di visualizzazione ID di una rappresentazione bidimensionale virtuale delle posizioni relative assunte dalla macchina M e dal pezzo W.

In particolare, il sistema di controllo PS è predisposto per generare immagini suscettibili di consentire selettivamente la realizzazione di

- una rappresentazione bidimensionale virtuale istantanea, in tempo reale, delle posizioni attuali del pezzo W e dell'utensile T; questa rappresentazione surroga in pratica le immagini che si potrebbero ottenere ad esempio a mezzo di una videocamera, per mostrare all'operatore ciò che sta avvenendo all'istante nella zona di lavorazione della macchina utensile M; o

- una rappresentazione bidimensionale virtuale predittiva delle posizioni assunte dal pezzo W, dall'utensile T e dalla macchina utensile M dall'inizio della lavorazione e sino alla fine della "finestra predittiva" impostata dall'operatore della macchina M, ad esempio mediante il pannello di controllo CP.

Le suddette rappresentazioni vengono conve-

nientemente realizzate sulla base dei valori delle coordinate-obiettivo calcolati dal controllo numerico NC e dei modelli matematici della macchina utensile M, del porta-utensile, dell'utensile T, delle attrezzature di fissaggio, del pezzo grezzo dinamico e dell'eventuale modello del pezzo teorico da raggiungere al termine della lavorazione.

Nella figura 2 è illustrato un altro modo di realizzazione della presente invenzione. In tale figura a parti e componenti già descritti sono stati attribuiti nuovamente i riferimenti alfanumerici utilizzati in precedenza.

Nel modo di realizzazione secondo la figura 2 il sistema predittivo di controllo e visualizzazione PS comprende un proprio pannello di comando (tastiera e/o mouse, ecc.) CP1, un proprio elaboratore P e un proprio dispositivo di visualizzazione ID1, distinti da quelli (CP e ID) associati al controllore numerico NC.

Per il resto le caratteristiche e le modalità operative del sistema secondo la figura 2 corrispondono a quelle già descritte in relazione al sistema secondo la figura 1.

Nella figura 4 è mostrata esemplificativamente un'immagine bidimensionale virtuale corrispondente-

mente presentabile sul dispositivo di visualizzazione ID: in tale immagine sono stati aggiunti, per facilità di identificazione da parte del lettore, i simboli alfa-numeriche utilizzati in precedenza per contraddistinguere le varie parti.

Nell'utilizzo del sistema si può avere la seguente sequenza di operazioni:

- a) l'operatore della macchina utensile seleziona il programma di lavoro;
- b) l'operatore definisce la "finestra predittiva";
- c) l'operatore può visualizzare i movimenti virtuali della macchina utensile e dell'utensile per verificare la correttezza del programma di lavorazione visualizzando la posizione dell'utensile avanti e indietro all'interno della "finestra predittiva";
- d) l'operatore preme il tasto di avvio e imposta la velocità di avanzamento; il controllo numerico determina il movimento degli assi della macchina secondo il programma di lavorazione selezionato;
- e) l'operatore della macchina utensile può visualizzare la posizione dell'utensile e gli assi macchina relativamente al pezzo in avanti e secondo l'estensione definita della "finestra predittiva";

e

f) se l'operatore desidera effettuare altre verifiche, porta a zero il valore della velocità di avanzamento o ferma la macchina e il sistema ritorna al punto c).

Nella figura 3 dei disegni allegati è rappresentato un possibile schema di flusso semplificato delle operazioni attuabili con il sistema predittivo di controllo e visualizzazione virtuale sopra descritto.

Nella figura 3 con 10 è indicata la fase di avvio del funzionamento, cui segue una fase 11 di lettura, da parte del controllore numerico NC, del programma di lavorazione precedentemente memorizzato, oppure di acquisizione dei comandi manuali impartiti dall'operatore della macchina tramite il pannello di controllo CP.

Segue quindi una fase 12 di verifica se il programma di lavorazione è completato: in caso affermativo, il procedimento passa ad una fase di conclusione 13, mentre in caso negativo si procede ad una fase 25 in cui si verifica se il comando di avvio e la velocità di avanzamento sono diversi da zero, oppure se l'operatore ha variato l'ampiezza della "finestra produttiva". In caso negativo, si

torna alla fase 12; in caso affermativo si passa ad una fase 14 in cui controllore numerico NC provvede al calcolo delle coordinate-obiettivo per i vari assi della macchina utensile M nella "finestra predittiva" impostata dall'operatore.

A tale fase segue una fase 26 di verifica del comando di avvio e della velocità di avanzamento: se uguali a zero, si torna alla fase 12, diversamente si passa ad una fase 15 di azionamento degli attuatori A1, ..., AN associati agli assi, per il raggiungimento delle posizioni indicate dalle coordinate-obiettivo. Seguono, quindi, una fase 16 di acquisizione dei segnali di posizione forniti dai rilevatori S1, ..., SN associati a tali assi, e una fase 17 in cui le posizioni effettive indicate dai rilevatori S1, ..., SN vengono confrontate con i valori delle coordinate-obiettivo corrispondenti.

Le differenze fra le posizioni effettive e le coordinate-obiettivo, o errori di posizione, vengono utilizzati per "regolare" in retroazione l'azionamento degli attuatori A1, ..., AN associati agli assi della macchina utensile M.

A seguito dell'avvio del processo sopra descritto, in una fase indicata con 18 nella rappresentazione della figura 3 si verifica se l'utente

ha richiesto la realizzazione di una visualizzazione virtuale della lavorazione in corso nella macchina M. In caso affermativo si procede ad una fase 19 in cui le coordinate-obiettivo via via calcolate dal controllore numerico NC vengono acquisite dal sistema di elaborazione PS.

In una successiva fase 20 si verifica se l'utente ha richiesto la generazione di una visualizzazione virtuale in tempo reale di quanto sta accadendo al presente nella zona di lavorazione della macchina utensile M. In caso affermativo, il sistema di elaborazione PS provvede, nella successiva fase 21, all'elaborazione delle immagini bidimensionali virtuali che vengono poi presentate all'utilizzatore sul dispositivo di visualizzazione ID nella fase 22.

Se invece nella fase 20 risulta che l'utilizzatore non ha richiesto la rappresentazione virtuale in tempo reale della situazione di lavorazione istantanea, allora si può passare alla fase 23 in cui si genera una rappresentazione bidimensionale virtuale predittiva delle posizioni assunte dalla macchina M, dal pezzo W e dall'utensile T dall'inizio della lavorazione e sino alla fine della "finestra predittiva" impostata dall'operatore.

Il termine della "finestra predittiva" può essere impostato dall'operatore mediante l'indicazione del corrispondente numero di "blocchi" di programma corrispondenti alla finestra temporale futura di interesse, oppure mediante l'indicazione della distanza da percorrere da parte dell'utensile T, come indicato alla fase 24.

L'elaborazione procede quindi in modo ciclico, secondo le fasi o tappe sopra descritte.

Il sistema PS può essere predisposto in modo tale per cui durante il normale svolgimento di un programma di lavorazione sul dispositivo di visualizzazione ID venga via via presentata l'immagine virtuale corrispondente al termine della "finestra predittiva" impostata.

Il sistema di elaborazione PS può essere convenientemente predisposto per verificare se le posizioni future calcolate dell'utensile W sono suscettibili di determinare eventuali pericolose collisioni con parti della macchina utensile M o con il pezzo W, e per eventualmente provocare l'emissione di una segnalazione di allarme e/o determinare l'arresto della lavorazione.

Il sistema di elaborazione PS può essere inoltre convenientemente predisposto per calcolare, le

seguenti quantità:

- la quantità complessiva di materiale destinata ad essere asportata dal pezzo W in lavorazione;
- la quantità complessiva residua ancora da asportare dal pezzo W; e
- eventuali asportazioni eccessive di materiale dal pezzo W,
- calcolare e regolare la velocità di avanzamento dell'utensile T, in base al volume di materiale asportato dal pezzo W, alla natura di tale materiale, al tipo di utensile T utilizzato e alle caratteristiche della macchina utensile M, e valutare la vita utile residua dell'utensile T in base a tali parametri.

Naturalmente, fermo restando il principio del trovato, le forme di attuazione ed i particolari di realizzazione potranno essere ampiamente variati rispetto a quanto è stato descritto ed illustrato a puro titolo di esempio non limitativo, senza per questo uscire dall'ambito dell'invenzione come definito nelle annesse rivendicazioni.

RIVENDICAZIONI

1. Sistema di controllo e visualizzazione virtuale (PS) per una macchina utensile (M) la quale comprende

un portautensile (2) per un utensile (T),

un portapezzo (3) per un pezzo (W) da sottoporre ad una lavorazione mediante l'utensile (T), e

una pluralità di dispositivi attuatori (A1, ..., AN), controllabili tramite associati mezzi di azionamento (D1, ..., DN), per provocare spostamenti relativi controllati fra l'utensile (T) ed il pezzo in lavorazione (W) secondo rispettivi assi;

il sistema di controllo (1) comprendendo

un controllo numerico (NC) accoppiato a detti mezzi di azionamento (D1, ..., DN) ed atto ad attuare un programma di lavorazione, predeterminato in funzione delle caratteristiche del pezzo (W) da realizzare e delle caratteristiche dell'utensile utilizzato (T); il controllo numerico (NC) essendo atto a calcolare, in base a detto programma di lavorazione, coordinate-obiettivo definenti posizioni dell'utensile (T) secondo i suddetti assi, destinate ad essere raggiunte tramite l'azionamento degli associati dispositivi attuatori (A1, ..., AN);

mezzi di visualizzazione di immagini (ID);

un sistema di elaborazione (P), integrato e/o accoppiato al controllo numerico (NC) per ricevere i valori calcolati di dette coordinate-obiettivo, e predisposto per generare, in base a dette coordinate-obiettivo e a modelli matematici memorizzati della macchina (M), del pezzo (W) e dell'utensile (T), dati di immagine atti a realizzare nei suddetti mezzi di visualizzazione (ID) una rappresentazione bidimensionale virtuale delle posizioni che verranno assunte dal pezzo (W) e dalla macchina (M) in una "finestra predittiva" impostata.

2. Sistema di controllo e di visualizzazione virtuale secondo la rivendicazione 1, in cui detto sistema di elaborazione (P) è predisposto per generare selettivamente dati di immagine atti a realizzare sui mezzi di visualizzazione (ID) una rappresentazione bidimensionale virtuale istantanea, in tempo reale, delle posizioni attuali del pezzo (W) e dell'utensile (T).

3. Sistema secondo la rivendicazione 1 o 2, comprendente mezzi di impostazione (CP) atti a consentire la selezione dell'estensione della "finestra predittiva" desiderata.

4. Sistema secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui detto sistema di elaborazione

zione (P) è predisposto per verificare se le posizioni future calcolate dell'utensile (T) sono suscettibili di determinare eventuali collisioni.

5. Sistema secondo la rivendicazione 4, in cui il sistema di elaborazione (P) è predisposto per determinare l'emissione di una segnalazione di allarme e/o per determinare l'arresto della lavorazione quando le posizioni future calcolate dell'utensile (T) sono suscettibili di determinare eventuali collisioni.

6. Sistema secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui detto sistema di elaborazione (P) è predisposto per calcolare la quantità complessiva di materiale destinata ad essere asportata dal pezzo (W) nella "finestra predittiva" di visualizzazione impostata, e/o la quantità complessiva residua ancora da asportare dal pezzo (W) sino al termine della lavorazione nella "finestra predittiva" impostata.

7. Sistema secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui detto sistema di elaborazione (P) è predisposto per calcolare predittivamente eventuali future asportazioni eccessive di materiale dal pezzo (W).

8. Sistema secondo una qualsiasi delle rivendica-

zioni precedenti, in cui detto sistema di elaborazione (P) è predisposto per calcolare e regolare la velocità di avanzamento dell'utensile (T) in base al volume di materiale asportato dal pezzo (W), alla natura di tale materiale, al tipo di utensile utilizzato e alle caratteristiche della macchina utensile (M).

9. Sistema secondo una delle rivendicazioni precedenti, in cui detto sistema di elaborazione (P) è predisposto per determinare, durante lo svolgimento di un programma di lavorazione, la presentazione, su detti mezzi di visualizzazione (ID), via via dell'immagine virtuale corrispondente al termine della "finestra predittiva" impostata.

10. Sistema secondo la rivendicazione 9, in cui detto sistema di elaborazione (P) è predisposto per stimare la residua vita utile dell'utensile (T).

CLAIMS

1. A control and virtual visualizing system (PS) for a machine tool (M) which comprises

- a holder (2) for a tool (T),
- a carrier (3) for a workpiece (W) intended to undergo machining by means of said tool (T), and
- a plurality of actuator devices (A1, ..., AN), adapted to be controlled by means of associated driving means (D1, ..., DN) to cause controlled relative displacements between the tool (T) and the workpiece (W) along respective axes;

the control system (1) comprising

- a numerical controller (NC) coupled to said driving means (D1, ..., DN) and adapted to carry out a machining program, predetermined on the basis of desired features of the workpiece (W) and features of the tool (T) used; the numerical controller (NC) being adapted to compute, on the basis of said machining program, target coordinates defining positions of the tool (T) along said axes, to be reached through the activation of the associated actuator devices (A1, ..., AN);
- image displaying means (ID); and
- a processing system (P) integrated and/or coupled with the numerical controller (NC) for receiv-

ing the computed values of said target coordinates, and predisposed for generating, on the basis of said target coordinates and stored mathematical models of the machine (M), the workpiece (W) and the tool (T), image data suitable for generating by means of said image displaying means (ID) a virtual bidimensional representation of the positions to be assumed by the workpiece (W) and the machine (M) in a pre-set "predictive time window".

2. A control and virtual visualizing system according to claim 1, wherein said processing system (P) is predisposed for selectively generating image data adapted to produce on the image displaying means (ID) an instantaneous virtual bidimensional representation, in real time, of the current positions of the workpiece (W) and the tool (T).

3. A system according to claim 1 or 2, comprising setting means (CP) allowing the selection of the width of the desired "predictive time window".

4. A system according to any of the preceding claims, wherein said processing system (P) is predisposed to check whether the computed future positions of the tool (T) are such as to cause possible collisions.

5. A system according to claim 4, wherein the

processing system (P) is predisposed to cause the generation of an alarm signal and/or to cause the machining to be stopped when the computed future positions of the tool (T) are such as to cause possible collisions.

6. A system according to any of the preceding claims, wherein said processing system (P) is predisposed to compute the total amount of material to be taken away from the workpiece (W) in the "predictive time window", and/or the total remaining amount of material still to be taken away from the workpiece (W) up to the end of the machining within the "predictive time window" which has been set.

7. A system according to any of the preceding claims, wherein said processing system (P) is predisposed to predictively compute possible future excessive removals of material from the workpiece (W).

8. A system according to any of the preceding claims, wherein said processing system (P) is predisposed for computing and adjusting the advancing speed of the tool (T) on the basis of the volume of material removed from the workpiece (W), the nature of said material, the kind of tool utilized and characteristics of the machine tool (T).

9. A system according to any of the preceding claims, wherein said processing system (P) is predisposed for causing, while a machining program is being performed, a representation on said image displaying means (ID) of a virtual image corresponding to the end of the "predictive time window" set.

10. A system according to claim 9, wherein said processing system (P) is predisposed for estimating the remaining life-time of the tool (T).

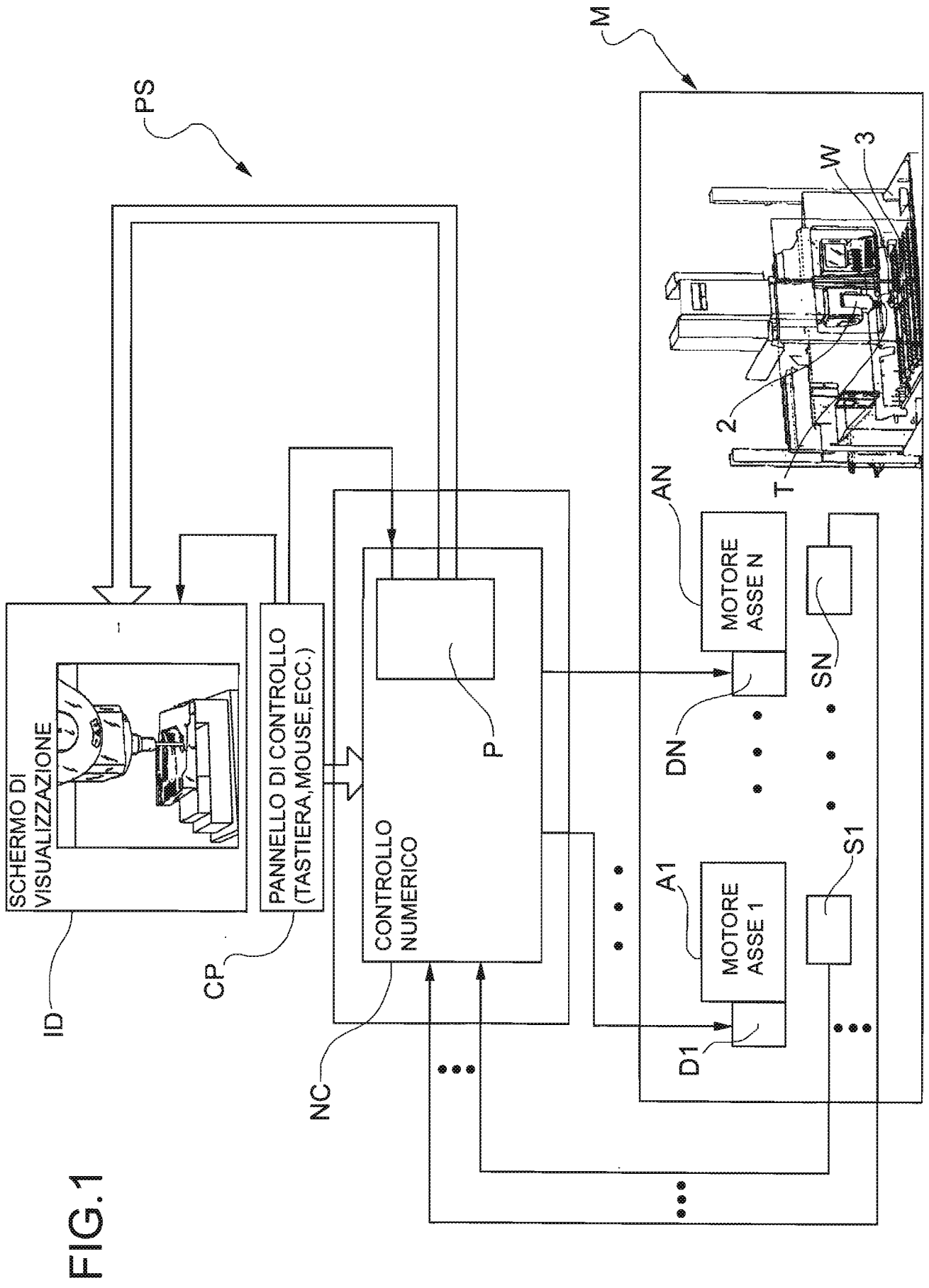


FIG.1

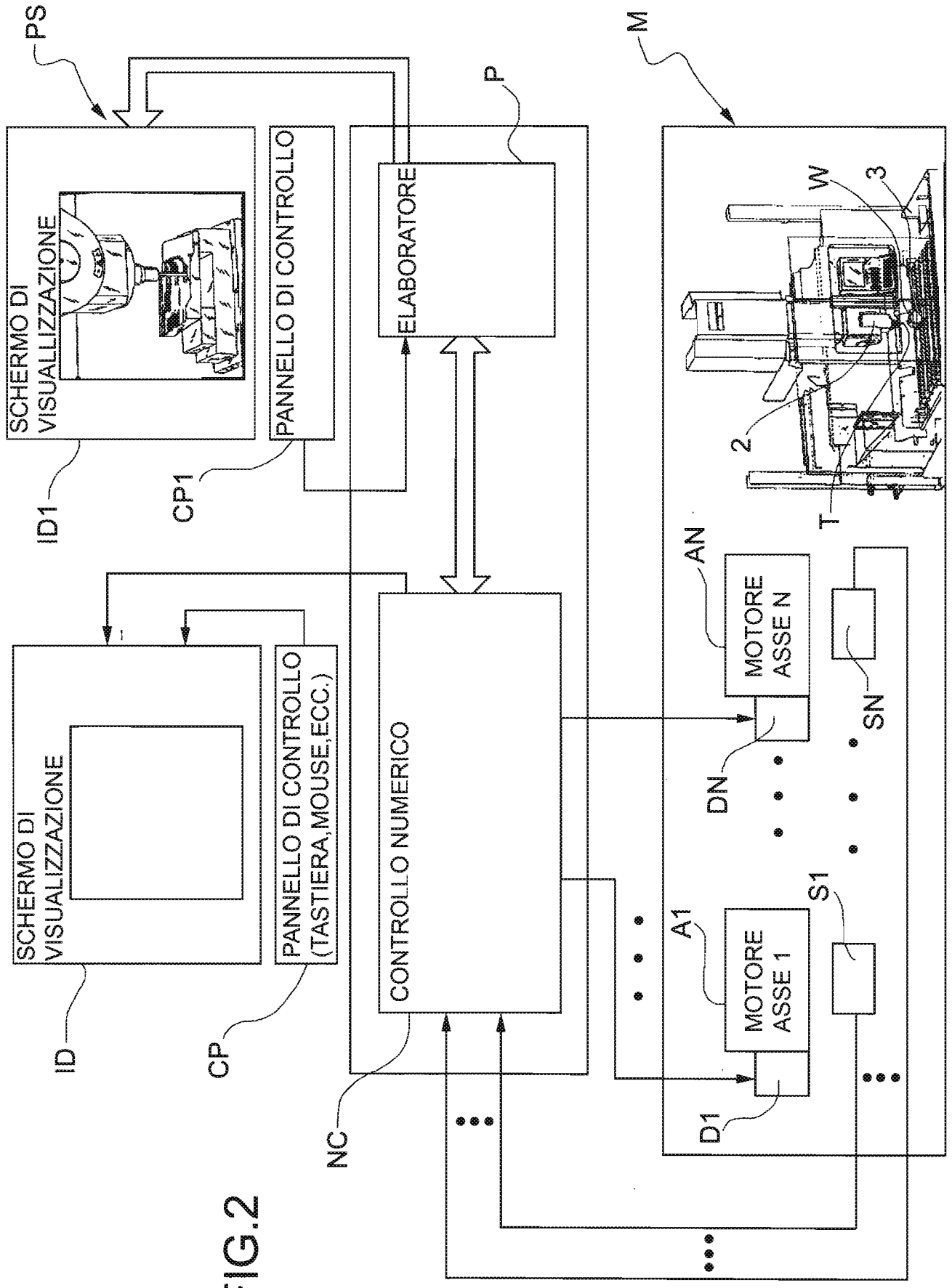


FIG.2

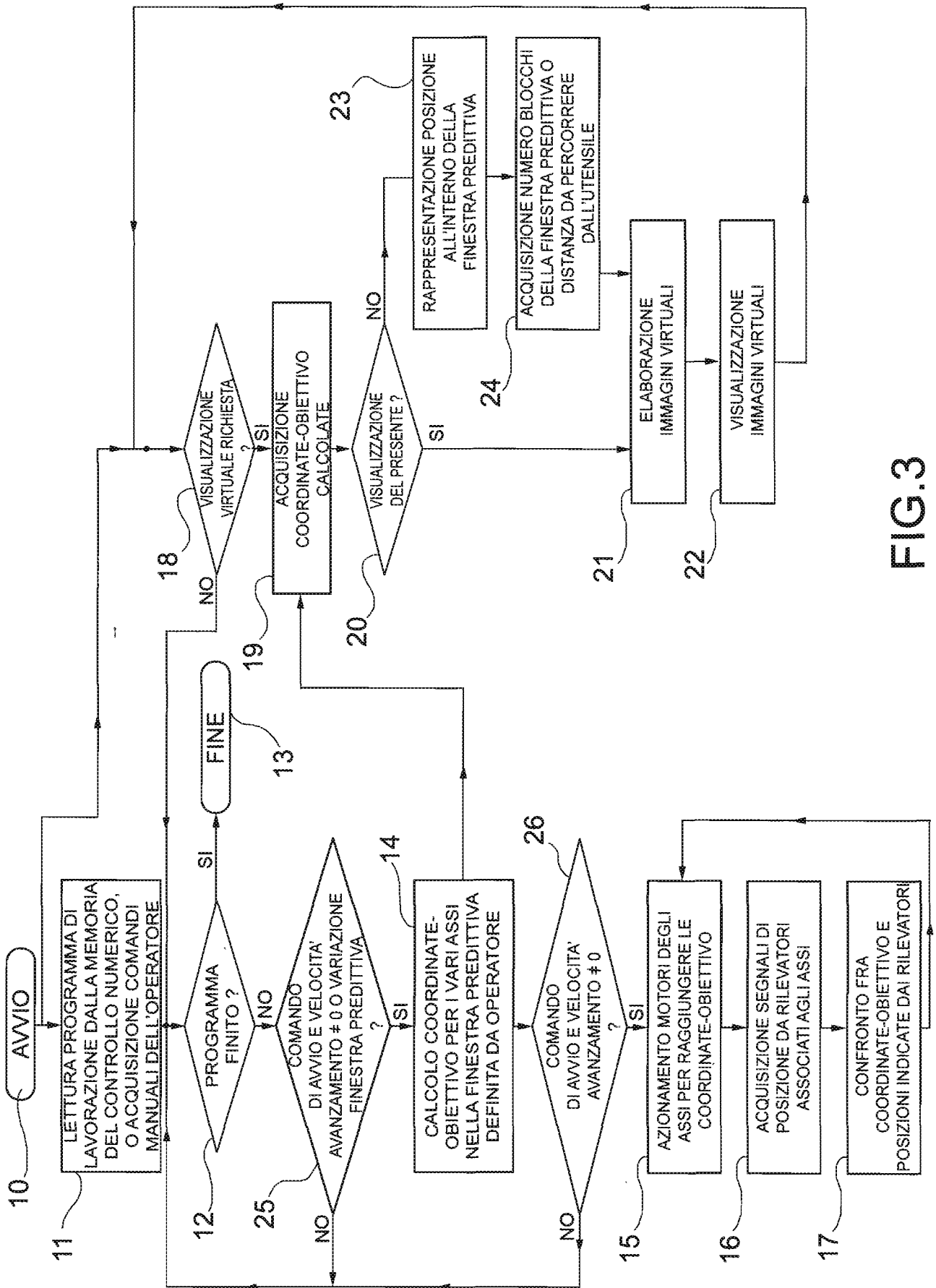


FIG.3

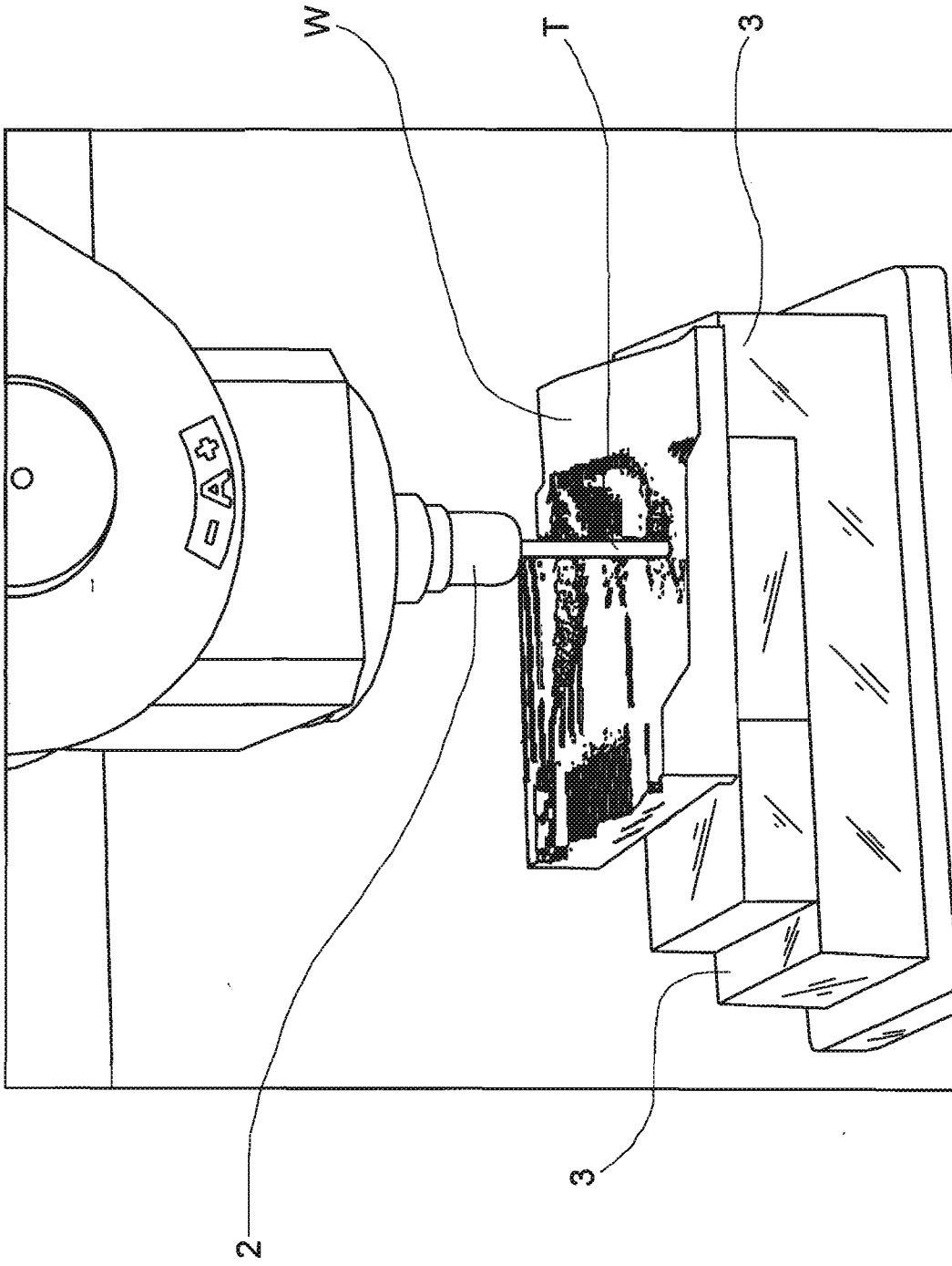


FIG.4