

ITALIAN PATENT OFFICE

Document No.

102012902065969A1

Publication Date

20140105

Applicant

DANIELI & C. OFFICINE MECCANICHE S.P.A.

Title

METODO DI DETERMINAZIONE DELLA POSIZIONE DI CHIUSURA DEL
CONO LIQUIDO NELLA COLATA CONTINUA DI PRODOTTI METALLICI

Domanda di brevetto per invenzione industriale dal titolo:

“METODO DI DETERMINAZIONE DELLA POSIZIONE DI CHIUSURA DEL CONO LIQUIDO NELLA COLATA CONTINUA DI PRODOTTI METALLICI”

Campo dell'invenzione

La presente invenzione si riferisce ad un metodo per la determinazione della posizione di chiusura del cono liquido durante la colata continua di prodotti metallici, quale bramme, blumi, billette.

Stato della tecnica

Nello stato della tecnica è noto un procedimento di schiacciamento dei prodotti metallici colati, ad esempio bramme o blumi o billette, con riduzione di spessore in cui il prodotto metallico colato viene sottoposto ad un'azione di riduzione dello spessore avendo un cuore ancora liquido o parzialmente liquido in una zona a valle dei rulli al piede della lingottiera. Tale schiacciamento viene detto anche “liquid core reduction” o “soft reduction” del prodotto colato e viene eseguito a valle del cristallizzatore, ottenendo all'uscita della macchina di colata continua uno spessore ridotto del prodotto colato rispetto a quello fornito dal cristallizzatore.

I principali vantaggi della riduzione di spessore a cuore liquido o parzialmente liquido sono di ottenere:

- all'uscita della macchina di colata un prodotto colato con una predeterminata dimensione (es. spessore), utilizzando un cristallizzatore avente una dimensione maggiore di detta predeterminata dimensione;
- una affinazione della struttura di solidificazione interna nonché un miglioramento della segregazione nella zona centrale del prodotto colato.

Affinché sia efficace, la soft reduction deve avvenire con una continua e controllata riduzione dello spessore del prodotto colato fino a quando all'interno dello stesso vi è un cuore liquido o parzialmente liquido, il che è ottenibile con un profilo di riduzione sostanzialmente conico del tratto di prodotto colato interessato.

Un modello matematico di calcolo in linea, noto anche come Liquid Pool Control System (LPCS), permette la determinazione del profilo termico del prodotto colato e della lunghezza di solidificazione del cono liquido, assiste il controllo della soft

reduction per individuare il profilo di riduzione ottimale di spessore e conseguire la massima flessibilità operativa. Tale modello matematico utilizza i parametri operativi (surriscaldamento dell'acciaio liquido in paniera, raffreddamento primario e raffreddamento secondario, tipo di acciaio, velocità di colata) ed è in grado di controllare in linea il profilo di raffreddamento, e quindi la lunghezza del cono liquido, e di controllare l'apertura tra i rulli della linea di colata coinvolti nella Soft Reduction.

Se il profilo di raffreddamento non è quello ottimale, lo stesso sistema è in grado di pilotare anche il raffreddamento secondario, ossia quello realizzato a valle del cristallizzatore, per ottimizzare il processo di solidificazione. Si riesce così a controllare l'intero processo di solidificazione determinando la frazione equiassica centrale necessaria per ridurre la segregazione centrale: all'aumentare dello spessore della frazione equiassica diminuisce, infatti, la segregazione.

Il modello matematico (LPCS) è basato essenzialmente sulle proprietà chimico-fisiche del prodotto e, acquisendo in continuo tutti i parametri di processo, calcola il profilo termico ed il profilo di solidificazione.

Per quanto riguarda il profilo termico, al fine di validare il modello è possibile inserire dei misuratori di temperatura superficiale (ad esempio pirometri, termocoppie, ecc.).

Per valutare la correttezza del calcolo dello spessore solidificato, uno dei metodi di verifica consiste nell'individuare l'effettivo punto di incontro delle due semipelli nella posizione di chiusura del cono liquido ovvero il punto finale di solidificazione del prodotto colato detto anche kissing point .

Un metodo per la rilevazione del punto finale di solidificazione di una bramma è descritto nel documento KR20010045770, che prevede l'analisi del livello dell'acciaio nel cristallizzatore e il rilevamento del bulging lungo la linea di colata. Il metodo descritto in questo documento presuppone di posizionare un tastatore, che verifica la presenza del bulging sulla bramma , in diversi punti della linea di colata per poter effettuare tale analisi in diverse condizioni di colata determinate dalla variazione dei parametri seguenti: surriscaldamento dell'acciaio liquido in paniera, raffreddamento primario e secondario, tipo di acciaio, velocità di colata. Inoltre, il documento prevede di analizzare la correlazione tra il bulging rilevato e

la fluttuazione del livello nel cristallizzatore per dedurre se nel punto in cui si è effettuata la misurazione del bulging, è ancora presente il cono liquido o se esso si è chiuso più a monte. Per ricavare un punto preciso in cui si può identificare la fine del cono liquido, è quindi necessario effettuare più misurazioni del bulging, dovendo quindi spostare lo strumento di misura sui diversi punti di interesse (operazione non consentita durante il colaggio) per una data condizione di colaggio. In alternativa sarebbe possibile variare le condizioni di colata (ad es. la velocità di colata) e far terminare la solidificazione nel punto di rilievo del bulging. Questo approccio è sconsigliato in quanto richiede comunque una procedura ricorsiva di determinazione della fine del cono liquido per la condizione operativa ritenuta "ottimale" dal punto di vista operativo.

È noto anche un altro metodo, commercialmente conosciuto con il nome di "Castercrown", per la rilevazione del punto finale di solidificazione di una bramma in uscita da una lingottiera. Questo processo prevede di equipaggiare la linea di colata di un apposito rullo, denominato rullo Castercrown, e della relativa struttura di supporto e comando, mediante il quale viene dato un impulso alla bramma per valutarne la risposta in termini di forza e risonanza della struttura. In base alla reazione elastica ottenuta, è possibile dedurre se nel punto di applicazione dell'oscillazione è presente un cuore liquido o se invece la bramma è completamente solidificata. Anche in questo metodo è necessario equipaggiare la linea di dispositivi aggiuntivi. In particolare il rullo Castercrown deve essere posizionato al posto di un rullo (ad esempio un pinch roll) previsto normalmente nella linea di colata. Come nel metodo descritto nel documento KR20010045770, anche per il metodo "Castercrown" è necessario spostare il rullo Castercrown per effettuare la verifica in punti distinti della linea di colata. In alternativa è possibile fornirsi di una pluralità di rulli Castercrown con un proporzionale dispendio economico. In questo ultimo caso, inoltre, vi sono anche delle limitazioni dovute al fatto di consentire un adeguato contenimento della bramma lungo la linea di colata.

Sommario dell'invenzione

Scopo primario della presente invenzione è quello di fornire un metodo per individuare con precisione il punto finale di solidificazione di un prodotto metallico

colato in continuo, quale una bramma, un blumo o una billetta, in modo da definire di conseguenza il profilo ottimale di riduzione dello spessore attraverso i rulli di soft reduction, utilizzando i soli equipaggiamenti normalmente installati in una macchina di colata continua che applica la soft reduction.

La presente invenzione, pertanto, si propone di raggiungere gli scopi sopra discussi realizzando un metodo di determinazione della posizione di chiusura del cono liquido di un prodotto metallico colato in continuo, in cui è prevista una linea di colata comprendente

- una lingottiera contenente il metallo liquido e in cui è definito un menisco,
- uno o più dispositivi di soft reduction a rulli,
- cilindri di azionamento di detti uno o più dispositivi di soft reduction,
- almeno due punti di applicazione di un impulso oscillante periodico lungo la linea di colata,

il metodo comprendente, conformemente alla rivendicazione 1, i seguenti stadi:

- a) applicare in sequenza un primo impulso oscillante periodico su un primo punto di applicazione, determinando una prima oscillazione sul prodotto colato, e poi un secondo impulso oscillante periodico su un secondo punto di applicazione, determinando una seconda oscillazione sul prodotto colato;
- b) rilevare la frequenza di oscillazione del livello del menisco in lingottiera contemporaneamente all'applicazione di detto primo impulso oscillante periodico e di detto secondo impulso oscillante periodico;
- c) confrontare la frequenza di oscillazione del livello del menisco nella lingottiera con la frequenza di oscillazione del primo punto di applicazione e confrontare la frequenza di oscillazione del livello del menisco in lingottiera con la frequenza di oscillazione del secondo punto di oscillazione.

Primo impulso oscillante periodico e secondo impulso oscillante periodico sono preferibilmente uguali tra loro.

Il metodo, oggetto della presente invenzione, è basato sull'analisi in frequenza del livello del menisco in lingottiera a seguito di un impulso oscillante periodico, per esempio di tipo sinusoidale, applicato al prodotto colato (bramma o blumo o billetta) dai rulli presenti lungo la linea di colata che possono variare la loro posizione o forza rispetto al prodotto colato tramite cilindri idraulici.

Nel caso delle bramme detto impulso sinusoidale può essere applicato dai cilindri di azionamento dei segmenti dei rulli di soft reduction, noti anche come cilindri di clampaggio. Oppure l'impulso può essere applicato anche dai rulli motorizzati (pinch rolls) presenti all'interno dei segmenti di soft-reduction e dotati di autonomi cilindri di azionamento.

Nel caso di blumi o billette detto impulso sinusoidale può essere applicato dai cilindri di azionamento dei rulli estrattori (pinch rolls).

Per avere conferma che il punto di chiusura del cono liquido nel prodotto colato sia localizzato dove stimato o dove calcolato dal modello matematico online, quando presente, o per determinare ex novo detto punto di chiusura, il metodo prevede di applicare, tramite i cilindri idraulici dei rulli presenti lungo la linea di colata, delle oscillazioni o degli impulsi al prodotto colato in corrispondenza di due o più punti e confrontare la frequenza di oscillazione (con riferimento alla posizione o alla forza) applicata da detti cilindri idraulici con la frequenza di oscillazione misurata al livello del menisco in lingottiera. Se tra le due frequenze (posizione o forza dei cilindri idraulici e livello lingottiera) vi è corrispondenza, ossia gli spettri sono sovrapponibili, significa che è ancora presente del liquido all'interno del prodotto colato. Se la frequenza di oscillazione dei cilindri idraulici non viene rilevata nello spettro di frequenza del livello del menisco in lingottiera (analisi della trasformata di Fourier o FFT), significa che il prodotto colato è completamente solidificato.

Vantaggiosamente, con il metodo dell'invenzione il livello del menisco in lingottiera non subisce variazioni significative che possano influire negativamente sul processo di colata, in quanto la forza o l'ampiezza delle oscillazioni imposte dai cilindri idraulici che vengono attivati sono ridotte, e soprattutto perché le frequenze di oscillazione utilizzate sono tali per cui il sistema di controllo del livello in lingottiera riesce a mantenere il livello effettivo all'interno dell'intervallo ottimale, praticamente in tutte le condizioni operative di colata.

Pertanto, con il metodo della presente invenzione non si produce alcun disturbo rilevante al processo di colata, mentre invece viene migliorata la qualità finale del prodotto colato.

Il metodo dell'invenzione può essere utilizzato per trovare con esattezza il punto di chiusura del cono liquido sia partendo dalla previsione fornita da un modello

matematico on-line, sia in mancanza di un riferimento di partenza.

Nel primo caso, una volta calcolato col modello matematico il punto teorico di chiusura del cono liquido, il metodo dell'invenzione prevede di far oscillare il punto di applicazione a monte di detto punto teorico di chiusura e poi il punto di applicazione a valle di detto punto teorico, in modo da verificare se il punto reale di chiusura del cono liquido è compreso tra detti due punti di applicazione dell'oscillazione. Se la previsione è corretta, vi è corrispondenza tra la frequenza di oscillazione del livello del menisco in lingottiera e la frequenza di oscillazione della posizione o della forza del primo punto di applicazione, mentre al contempo non vi è corrispondenza tra la frequenza di oscillazione del livello del menisco in lingottiera e quella del secondo punto di applicazione.

Nel secondo caso, oppure nell'eventualità in cui un'analisi effettuata su due punti di applicazione abbia constatato che il modello matematico aveva dato un risultato errato, è possibile effettuare un'analisi su tutta la linea di colata oppure su una zona limitata della stessa. In questo caso si faranno oscillare uno dopo l'altro tutti i punti di applicazione successivi di interesse, fino a individuare il punto di applicazione in cui non c'è più corrispondenza con la frequenza di oscillazione rilevata al livello del menisco in lingottiera.

Una volta stabilito con esattezza il punto di chiusura del cono liquido all'interno del prodotto colato, è possibile organizzare e posizionare tutti i segmenti di rulli di soft reduction, nel caso di colata di bramme, oppure tutti i pinch rolls, nel caso di colata di blumi o billette, a monte e a valle del punto di chiusura del cono liquido, in modo tale da terminare la soft reduction nella posizione effettiva in cui si chiude il cono liquido, settando tutti gli spessori tra i componenti della linea di colata per arrivare al kissing point con lo spessore di bramma/blumo/billetta desiderato all'uscita della macchina di colata e garantendo un'ottima qualità interna del prodotto colato.

Il metodo, oggetto della presente invenzione, presenta i seguenti vantaggi:

- non necessita di equipaggiamenti aggiuntivi, utilizzando solo equipaggiamenti già presenti su una macchina di colata continua fornita di dispositivi per effettuare la soft reduction ed il controllo automatico di livello del menisco in lingottiera;
- è sufficiente un software aggiuntivo gestibile con l'automazione (PLC) presente;
- non disturba il processo di colata, né inficia la qualità finale del prodotto;

- permette di trovare con precisione la posizione del kissing point, anche al variare dei parametri di colata;
- sono sufficienti tempi molto ridotti per identificare la posizione effettiva del kissing point.

Le rivendicazioni dipendenti descrivono forme di realizzazione preferite dell'invenzione.

Breve descrizione delle figure

Ulteriori caratteristiche e vantaggi dell'invenzione risulteranno maggiormente evidenti alla luce della descrizione dettagliata di forme di realizzazione preferite, ma non esclusive, di un metodo per la determinazione della posizione di chiusura del cono liquido di un prodotto metallico colato, illustrato a titolo esemplificativo e non limitativo, con l'ausilio delle unite tavole di disegno in cui:

la Figura 1a rappresenta una vista in sezione di una macchina di colata continua per la colata di bramme, provvista di segmenti di rulli di soft reduction;

la Figura 1b rappresenta una vista in sezione di una macchina di colata continua per la colata di blumi o billette, provvista di pinch rolls;

la Figura 1c rappresenta una vista in sezione di una porzione di una macchina di colata continua per la colata di blumi o billette, provvista di pinch rolls e di segmenti di rulli di soft reduction;

la Figura 2a rappresenta una vista in prospettiva di un segmento di rulli di soft reduction della figura 1a;

la Figura 2b rappresenta una vista in sezione di un ulteriore segmento di rulli di soft reduction;

la Figura 3 rappresenta un grafico esemplificativo in cui sono illustrati il livello del menisco in lingottiera, la posizione dei cilindri di azionamento di un segmento di rulli a monte del kissing point e la posizione dei cilindri di azionamento di un segmento di rulli a valle del kissing point;

la Figura 4a rappresenta un grafico in cui sono illustrate la frequenza di oscillazione del livello del menisco in lingottiera e la frequenza di oscillazione rilevata dalla forza o posizione di un punto di applicazione in un esempio in cui è presente una porzione liquida nel prodotto colato in detto punto di applicazione;

la Figura 4b rappresenta un grafico in cui sono illustrate la frequenza di

oscillazione del livello del menisco in lingottiera e la frequenza di oscillazione rilevata dalla forza o posizione di un punto di applicazione in un esempio in cui il prodotto colato è completamente solidificato.

Gli stessi numeri di riferimento nelle figure identificano gli stessi elementi o componenti.

Descrizione in dettaglio di forme di realizzazione preferite dell'invenzione

Il metodo per la determinazione della posizione di chiusura del cono liquido in un prodotto metallico colato in continuo, oggetto della presente invenzione, prevede di utilizzare esclusivamente gli equipaggiamenti convenzionali, normalmente installati in una macchina di colata continua che applica la soft reduction.

La Figura 1a illustra una macchina di colata continua 1 per la colata di bramme in cui sono previsti, a valle della lingottiera 2, una pluralità di segmenti 3 di rulli di soft reduction.

La Figura 2a illustra uno di detti segmenti di soft reduction 3 comprendente quattro cilindri di azionamento (clampaggio) 5, 5' del segmento, un numero "n" di rulli 6 sul lato fisso 7 e di "n" rulli 6' sul lato mobile 7' di contenimento della bramma 10.

I due cilindri di azionamento 5 in entrata al segmento 3 formano una prima coppia di cilindri di azionamento mentre i due cilindri di azionamento 5' in uscita al segmento 3 formano una seconda coppia di cilindri di azionamento.

Una prima variante del metodo dell'invenzione prevede di utilizzare la prima coppia e la seconda coppia dei cilindri di azionamento 5, 5' dei segmenti di soft reduction 3 come punti di applicazione successivi sul prodotto colato di un'oscillazione o impulso periodici, per esempio di tipo sinusoidale. Questa prima variante prevede i seguenti stadi:

- applicare in sequenza un primo impulso oscillante periodico sulla prima coppia dei cilindri di azionamento 5, determinando una prima oscillazione sul prodotto colato, e poi un secondo impulso oscillante periodico sulla seconda coppia dei cilindri di azionamento 5', determinando una seconda oscillazione sul prodotto colato;
- rilevamento della frequenza di oscillazione del livello del menisco in lingottiera contemporaneamente all'applicazione di detto primo impulso oscillante periodico e di detto secondo impulso oscillante periodico;

- confronto tra la frequenza di oscillazione del livello del menisco in lingottiera e la frequenza di oscillazione della prima coppia dei cilindri di azionamento 5, e confronto tra la frequenza di oscillazione del livello del menisco in lingottiera e la frequenza di oscillazione della seconda coppia dei cilindri di azionamento 5'.

La Figura 2b illustra uno di detti segmenti di soft reduction 3 comprendente i quattro cilindri di azionamento del segmento, un numero "n" di rulli sul lato fisso 7 e di "n" rulli sul lato mobile 7' di contenimento della bramma 10.

I due cilindri di azionamento 5 in entrata al segmento 3 formano una prima coppia di cilindri di azionamento mentre i due cilindri di azionamento 5' (non illustrati in Figura 2b) in uscita al segmento 3 formano una seconda coppia di cilindri di azionamento.

All'interno del segmento di Figura 2b, a differenza del segmento di Figura 2a, al posto di uno dei rulli standard del segmento, preferibilmente al posto di un rullo centrale, è previsto un rullo motorizzato o pinch roll 8 azionato da due cilindri idraulici di azionamento indipendenti 9. La funzione di questo rullo motorizzato 8 è quella di garantire il contatto con la bramma 10 e svolgere un'azione di trascinamento della stessa bramma lungo la linea di colata. Tale rullo motorizzato 8 viene normalmente controllato in forza.

Una seconda variante del metodo dell'invenzione prevede di utilizzare la prima coppia dei cilindri di azionamento 5 del segmento 3 e la coppia dei cilindri idraulici indipendenti 9 di azionamento del pinch roll 8 come punti di applicazione successivi di un'oscillazione o di un impulso periodici. Questa seconda variante prevede i seguenti stadi:

- applicare in sequenza un primo impulso oscillante periodico sulla prima coppia dei cilindri di azionamento 5, determinando una prima oscillazione sul prodotto colato, e poi un secondo impulso oscillante periodico sulla coppia dei cilindri di azionamento 9 del pinch roll 8, determinando una seconda oscillazione sul prodotto colato;
- rilevamento della frequenza di oscillazione del livello del menisco in lingottiera contemporaneamente all'applicazione di detto primo impulso oscillante periodico e di detto secondo impulso oscillante periodico;

- confronto tra la frequenza di oscillazione del livello del menisco in lingottiera e la frequenza di oscillazione della prima coppia dei cilindri di azionamento 5 e confronto tra la frequenza di oscillazione del livello del menisco in lingottiera e la frequenza di oscillazione della coppia dei cilindri di azionamento 9 del pinch roll 8.

Una terza variante del metodo dell'invenzione prevede di utilizzare la coppia dei cilindri di azionamento 9 del pinch roll 8 e la seconda coppia dei cilindri di azionamento 5' in uscita del segmento 3 come punti di applicazione successivi di un'oscillazione o di un impulso periodici. Questa terza variante prevede i seguenti stadi:

- applicare in sequenza un primo impulso oscillante periodico sulla coppia dei cilindri di azionamento 9 del pinch roll 8, determinando una prima oscillazione sul prodotto colato, e poi un secondo impulso oscillante periodico sulla seconda coppia dei cilindri di azionamento 5', determinando una seconda oscillazione sul prodotto colato;

- rilevamento della frequenza di oscillazione del livello del menisco in lingottiera contemporaneamente all'applicazione di detto primo impulso oscillante periodico e di detto secondo impulso oscillante periodico;

- confronto tra la frequenza di oscillazione del livello del menisco in lingottiera e la frequenza di oscillazione della coppia dei cilindri di azionamento 9 del pinch roll 8 e confronto tra la frequenza di oscillazione del livello del menisco in lingottiera e la frequenza di oscillazione della seconda coppia dei cilindri di azionamento 5'.

Una quarta variante del metodo dell'invenzione prevede di utilizzare la seconda coppia dei cilindri di azionamento 5' all'uscita di un primo segmento di soft reduction e la prima coppia dei cilindri di azionamento 5 all'ingresso di un secondo segmento di soft reduction, successivo al primo, come punti di applicazione successivi di un'oscillazione o di un impulso periodici. Questa quarta variante prevede i seguenti stadi:

- applicare in sequenza un primo impulso oscillante periodico sulla seconda coppia dei cilindri di azionamento 5' all'uscita del primo segmento di soft reduction, determinando una prima oscillazione sul prodotto colato, e poi un secondo impulso oscillante periodico sulla prima coppia dei cilindri di azionamento 5 all'ingresso del secondo segmento di soft reduction, determinando una seconda

oscillazione sul prodotto colato;

- rilevamento della frequenza di oscillazione del livello del menisco in lingottiera contemporaneamente all'applicazione di detto primo impulso oscillante periodico e di detto secondo impulso oscillante periodico;
- confronto tra la frequenza di oscillazione del livello del menisco in lingottiera e la frequenza di oscillazione della seconda coppia dei cilindri di azionamento 5' del primo segmento di soft reduction e confronto tra la frequenza di oscillazione del livello del menisco in lingottiera e la frequenza di oscillazione della prima coppia dei cilindri di azionamento 5 all'ingresso del secondo segmento di soft reduction.

Una quinta variante del metodo dell'invenzione prevede di utilizzare, invece, i seguenti tre punti di applicazione dell'oscillazione in successione: la prima coppia dei cilindri di azionamento 5 di un segmento di soft reduction 3, la seconda coppia dei cilindri di azionamento 5' di detto segmento di soft reduction 3 e, se il kissing point risulta tra dette due coppie di cilindri di azionamento, anche la coppia dei cilindri idraulici indipendenti 9 di azionamento del pinch roll 8, per determinare con ancora maggiore precisione il punto di chiusura del cono liquido. Questa quinta variante prevede i medesimi stadi della prima variante, con l'aggiunta, se il confronto tra la frequenza di oscillazione del livello del menisco in lingottiera e le frequenze di oscillazione della prima coppia e della seconda coppia dei cilindri di azionamento 5, 5' ha dimostrato che il cono liquido si chiude tra dette due coppie di cilindri, dei seguenti stadi:

- applicare un terzo impulso oscillante periodico sulla coppia dei cilindri di azionamento 9 del pinch roll 8, determinando una terza oscillazione sul prodotto colato;
- rilevamento della frequenza di oscillazione del livello del menisco in lingottiera contemporaneamente all'applicazione di detto terzo impulso oscillante periodico;
- confronto tra la frequenza di oscillazione del menisco in lingottiera e la frequenza di oscillazione della coppia di cilindri di azionamento 9 del pinch roll 8.

La Figura 1b illustra una macchina di colata continua 1 per la colata di blumi o billette in cui sono previsti, nella parte terminale della macchina di colata, almeno due pinch rolls 4, 4', 4'' che, oltre ad agire come rulli estrattori e di raddrizzatura, possono eseguire anche l'operazione di soft reduction. Detti pinch rolls 4, 4', 4''

distanti tra loro ad esempio 1,5 metri, vengono controllati ognuno da un cilindro idraulico indipendente.

Una sesta variante del metodo dell'invenzione prevede di utilizzare il cilindro di azionamento di un primo pinch roll 4 ed il cilindro di azionamento di un secondo pinch roll 4' come punti di applicazione successivi di un'oscillazione o di un impulso periodici. Questa sesta variante prevede i seguenti stadi:

- applicare in sequenza un primo impulso oscillante periodico sul cilindro di azionamento del primo pinch roll 4, determinando una prima oscillazione sul prodotto colato, e poi un secondo impulso oscillante periodico sul cilindro di azionamento del secondo pinch roll 4', determinando una seconda oscillazione sul prodotto colato;
- rilevamento della frequenza di oscillazione del livello del menisco in lingottiera contemporaneamente all'applicazione di detto primo impulso oscillante periodico e di detto secondo impulso oscillante periodico;
- confronto tra la frequenza di oscillazione del livello del menisco in lingottiera e la frequenza di oscillazione del cilindro di azionamento del primo pinch roll 4 e confronto tra la frequenza di oscillazione del livello del menisco in lingottiera e la frequenza di oscillazione del cilindro di azionamento del secondo pinch roll 4'.

La Figura 1c illustra una porzione di una macchina di colata continua per la colata di blumi o billette in cui sono previsti, nella parte terminale della macchina di colata, oltre ad almeno due pinch rolls 4, 4' anche una pluralità di segmenti di soft reduction 3', analoghi a quelli utilizzati nella colata di bramme con la sola differenza che sia all'ingresso che all'uscita di ciascun segmento 3' è previsto un solo cilindro di azionamento 5, 5' e non una coppia di cilindri di azionamento.

In questo caso il metodo dell'invenzione, oltre a tutte le varianti sopra descritte, può anche essere eseguito utilizzando come punti di applicazione successivi di un'oscillazione periodica o di un impulso oscillante periodico:

- un cilindro di azionamento di uno dei pinch rolls 4, 4' ed un cilindro di azionamento 5 in entrata di uno dei segmenti di soft reduction 3';
- oppure un cilindro di azionamento di uno dei pinch rolls 4, 4' ed un cilindro di azionamento 5' in uscita di uno dei segmenti di soft reduction 3';
- oppure un cilindro di azionamento di uno dei pinch rolls 4, 4' ed un cilindro di

azionamento di un ulteriore pinch roll previsto all'interno di uno dei segmenti di soft reduction 3'.

In tutte le varianti sopra descritte del metodo dell'invenzione, essendo le macchine di colata convenzionali composte da una serie di pinch rolls e/o una serie di segmenti di rulli che effettuano la soft reduction, lungo la linea di colata c'è una moltitudine di possibili punti di applicazione dell'oscillazione o dell'impulso, ad intervalli sostanzialmente regolari, che possono coprire anche l'intera lunghezza della macchina di colata continua. Inoltre, poiché la distanza tra due successivi punti di applicazione dell'impulso lungo la linea di colata può essere molto ravvicinata, il metodo dell'invenzione permette di analizzare una zona circoscritta del prodotto colato (bramma o blumo o billetta) nella quale identificare la presenza del kissing point. In tal modo è possibile affinare la ricerca in un intorno più ristretto e individuare il kissing point con molta precisione.

In tutte le varianti sopra descritte del metodo dell'invenzione l'impulso oscillante imposto a ogni punto di applicazione è tipicamente una sinusoide, con un periodo di pulsazione di circa $1 \div 2$ minuti e, vantaggiosamente, con frequenze comprese nell'intervallo $10^{-3} \div 10$ Hz. Ottimi risultati sono stati ottenuti utilizzando frequenze comprese nell'intervallo $10^{-2} \div 5$ Hz.

Nel caso in cui i cilindri idraulici che applicano l'impulso siano controllati in posizione, come i cilindri di azionamento tipicamente utilizzati nei segmenti di soft reduction, l'oscillazione della posizione imposta ha un'ampiezza inferiore a 5 mm, preferibilmente inferiore a 2 mm.

Nel caso in cui i cilindri idraulici che applicano l'impulso siano controllati in forza, come i cilindri di azionamento tipicamente utilizzati per i pinch rolls, l'oscillazione della forza imposta ha una ampiezza inferiore all'80% (ottanta per cento) del valore nominale della forza esercitata da detti cilindri di azionamento.

In figura 3 è rappresentata una successione di oscillazioni imposte a punti di applicazione successivi: ogni elemento viene fatto oscillare in sequenza singolarmente. In particolare, con il riferimento numerico 11 è indicato l'andamento del livello del menisco in lingottiera nel tempo; con il riferimento numerico 12 è indicato l'andamento della posizione di un primo punto di applicazione a monte del presunto kissing point; con il riferimento numerico 13 è indicato l'andamento della

posizione di un secondo punto di applicazione a valle del presunto kissing point.

Il metodo dell'invenzione prevede in tutte le varianti l'analisi dello spettro in frequenza del segnale rilevato di livello del menisco in lingottiera, mediante ad esempio un sensore che può essere radioattivo, ottico, magnetico o termico, e l'analisi dello spettro in frequenza della forza o della posizione dei cilindri idraulici rilevata rispettivamente dal trasduttore di forza previsto nei cilindri di azionamento dei pinch rolls o dal trasduttore di posizione previsto nei cilindri di azionamento dei segmenti di soft reduction.

Applicando ad esempio la trasformata di Fourier (FFT), o eventualmente altri metodi noti per l'analisi dello spettro in frequenza, si effettua un confronto diretto tra la frequenza di oscillazione della forza o della posizione dei cilindri utilizzati come punti di applicazione dell'impulso oscillante e la frequenza di oscillazione del livello del menisco in lingottiera.

Se tra le due frequenze (forza o posizione del punto di applicazione e livello in lingottiera) vi è corrispondenza, ovvero i due spettri sono sovrapponibili (Figura 4a), significa che nel punto in cui è stato applicato l'impulso oscillante è ancora presente un cuore liquido; se invece non c'è corrispondenza tra le due frequenze, ovvero i due spettri non sono sovrapponibili (Figura 4b), significa che il prodotto colato (bramma o blumo o billetta) è completamente solidificato e non è più presente un cuore liquido.

RIVENDICAZIONI

1. Metodo per la determinazione della posizione di chiusura del cono liquido di un prodotto metallico colato in continuo, in cui è prevista una linea di colata comprendente

- una lingottiera contenente il metallo liquido e in cui è definito un menisco,
- uno o più dispositivi di soft reduction a rulli,
- cilindri di azionamento di detti uno o più dispositivi di soft reduction,
- almeno due punti di applicazione di un impulso oscillante periodico lungo la linea di colata,

il metodo comprendente i seguenti stadi:

a) applicare in sequenza un primo impulso oscillante periodico su un primo punto di applicazione, determinando una prima oscillazione sul prodotto colato, e poi un secondo impulso oscillante periodico su un secondo punto di applicazione, determinando una seconda oscillazione sul prodotto colato;

b) rilevare la frequenza di oscillazione del livello del menisco in lingottiera contemporaneamente all'applicazione di detto primo impulso oscillante periodico e di detto secondo impulso oscillante periodico;

c) confrontare la frequenza di oscillazione del livello del menisco nella lingottiera con la frequenza di oscillazione del primo punto di applicazione e confrontare la frequenza di oscillazione del livello del menisco in lingottiera con la frequenza di oscillazione del secondo punto di oscillazione.

2. Metodo secondo la rivendicazione 1, in cui primo impulso oscillante periodico e secondo impulso oscillante periodico sono di tipo sinusoidale.

3. Metodo secondo la rivendicazione 2, in cui detto primo impulso oscillante periodico e detto secondo impulso oscillante periodico hanno una durata dell'applicazione di 1÷2 minuti e una frequenza compresa nell'intervallo tra 10^{-3} e 10 Hz.

4. Metodo secondo la rivendicazione 3, in cui la frequenza di detto primo impulso oscillante periodico e detto secondo impulso oscillante periodico è compresa nell'intervallo tra 10^{-2} e 5 Hz.

5. Metodo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui lo stadio c) viene eseguito mediante un confronto tra uno spettro in frequenza di un segnale

del livello del menisco in lingottiera e spettri in frequenza della forza o della posizione di detti cilindri di azionamento, per cui se gli spettri a confronto sono sovrapponibili è presente un cuore liquido nel prodotto colato in corrispondenza del punto in cui è stato applicato l'impulso oscillante periodico, altrimenti il prodotto colato è completamente solidificato.

6. Metodo secondo la rivendicazione 5, in cui l'analisi dello spettro in frequenza viene eseguita applicando la trasformata di Fourier (FFT).

7. Metodo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui la linea di colata comprende almeno un primo (4) ed un secondo pinch roll (4') e detti almeno due punti di applicazione dell'impulso oscillante periodico sono rappresentati da un cilindro di azionamento del primo pinch roll (4) e da un cilindro di azionamento del secondo pinch roll (4') disposto a valle del primo pinch roll (4), detti primo pinch roll (4) e secondo pinch roll (4') agendo da dispositivi di soft reduction.

8. Metodo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 1 a 6, in cui la linea di colata comprende almeno un segmento di rulli di soft reduction (3, 3') e detti almeno due punti di applicazione dell'impulso oscillante periodico sono rappresentati da una coppia di cilindri di azionamento (5) previsti all'ingresso di un segmento di rulli di soft reduction (3) e una coppia di cilindri di azionamento (5') previsti all'uscita di detto segmento di rulli di soft reduction (3) o una coppia di cilindri di azionamento (9) di un rullo motorizzato (8) disposto all'interno di detto segmento di rulli di soft reduction (3'); oppure detti almeno due punti di applicazione dell'impulso oscillante periodico sono rappresentati da una coppia di cilindri di azionamento (9) di un rullo motorizzato (8) disposto all'interno di detto segmento di rulli di soft reduction (3') e da una coppia di cilindri di azionamento (5') previsti all'uscita di detto segmento di rulli di soft reduction (3').

9. Metodo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 1 a 6, in cui la linea di colata comprende almeno un pinch roll (4, 4') ed almeno un segmento di rulli di soft reduction (3, 3'), e detti almeno due punti di applicazione dell'impulso oscillante periodico sono rappresentati da un cilindro di azionamento di un pinch roll (4, 4') e da un cilindro di azionamento (5) previsto all'entrata di un segmento di soft reduction (3, 3') disposto a valle di detto pinch roll (4, 4'), oppure sono rappresentati da un cilindro di azionamento di un pinch roll (4, 4') e da un cilindro

di azionamento (5') previsto all'uscita di un segmento di soft reduction (3, 3') disposto a valle di detto pinch roll (4, 4'), oppure sono rappresentati da un cilindro di azionamento di un pinch roll (4, 4'), a valle della lingottiera, e da un cilindro di azionamento (9) di un rullo motorizzato (8) previsto all'interno di un segmento di soft reduction (3'), a valle di detto pinch roll (4, 4').

10. Metodo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti in cui nel caso di cilindri di azionamento idraulici controllati in posizione l'oscillazione della posizione ha un'ampiezza inferiore a 5 mm, ed in cui nel caso di cilindri di azionamento idraulici controllati in forza l'oscillazione della forza ha una ampiezza inferiore all'80% (ottanta per cento) del valore nominale della forza esercitata da detti cilindri di azionamento idraulici.

CLAIMS

1. A method for determining the closing position of the liquid cone of a continuously cast metal product, wherein there is provided a casting line comprising

- an ingot mold containing the liquid metal and in which a meniscus is defined,
- one or more soft reduction devices with rolls,
- actuating cylinders for actuating said one or more soft reduction devices,
- at least two points of application of a periodic oscillating impulse along the casting line,

the method comprising the following stages:

a) sequentially applying a first periodic oscillating impulse to a first point of application, thus determining a first oscillation on the cast product, and then a second periodic oscillating impulse to a second point of application, thus determining a second oscillation on the cast product;

b) detecting the oscillation frequency of the meniscus level in the ingot mold while simultaneously applying said first periodic oscillating impulse and said second periodic oscillating impulse;

c) comparing the oscillating frequency of the meniscus level in the ingot mold with the oscillation frequency of the first point of application and comparing the oscillating frequency of the meniscus level in the ingot mold with the oscillating frequency of the second point of oscillation.

2. A method according to claim 1, wherein the first periodic oscillating impulse and the second periodic oscillating impulse are of the sinusoidal type.

3. A method according to claim 2, wherein said first periodic oscillating impulse and said second periodic oscillating impulse have a duration of application of 1÷2 minutes and a frequency from 10^{-3} to 10 Hz.

4. A method according to claim 3, wherein the frequency of said first periodic oscillating impulse and said second periodic oscillating impulse is from 10^{-2} to 5 Hz.

5. A method according to any one of the preceding claims, wherein stage c) is carried out by comparing a frequency spectrum of a signal of the meniscus level in the ingot mold with frequency spectra of the force or position of said actuating

cylinders, whereby if the compared spectra are superimposable, a liquid core is present in the cast product at the point where the periodic oscillating impulse is applied, otherwise the cast product is completely solidified.

6. A method according to claim 5, wherein the analysis of the frequency spectrum is carried out by applying the Fourier Transform (FFT).

7. A method according to any one of the preceding claims, wherein the casting line comprises at least one first pinch roll (4) and one second pinch roll (4'), and said at least two points of application of the periodic oscillating impulse are represented by an actuating cylinder of the first pinch roll (4) and by an actuating cylinder of the second pinch roll (4') arranged downstream of the first pinch roll (4), said first pinch roll (4) and second pinch roll (4') acting as soft reduction devices.

8. A method according to any one of the claims from 1 to 6, wherein the casting line comprises at least one segment of soft reduction rolls (3, 3') and said at least two points of application of the periodic oscillating impulse are represented by a pair of actuating cylinders (5) provided at the inlet of a segment of soft reduction rolls (3) and a pair of actuating cylinders (5') provided at the outlet of said segment of soft reduction rolls (3) or a pair of actuating cylinders (9) of a motorized roll (8) arranged within said segment of soft reduction rolls (3'); or said at least two points of application of the periodic oscillating impulse are represented by a pair of actuating cylinders (9) of a motorized roll (8) arranged within said segment of soft reduction rolls (3') and by a pair of actuating cylinders (5') provided at the outlet of said segment of soft reduction rolls (3').

9. A method according to any one of the claims from 1 to 6, wherein the casting line comprises at least one pinch roll (4, 4') and at least one segment of soft reduction rolls (3, 3'), and said at least two points of application of the periodic oscillating impulse are represented by an actuating cylinder of a pinch roll (4, 4') and by an actuating cylinder (5) provided at the inlet of a soft reduction segment (3, 3') arranged downstream of said pinch roll (4, 4'), or they are represented by an actuating cylinder of a pinch roll (4, 4') and by an actuating cylinder (5') provided at the outlet of a soft reduction segment (3, 3') arranged downstream of said pinch roll (4, 4'), or they are represented by an actuating cylinder of a pinch roll (4, 4'), downstream of the ingot mold, and by an actuating cylinder (9) of a motorized roll

(8) provided within a soft reduction segment (3'), downstream of said pinch roll (4, 4').

10. A method according to any one of the preceding claims, wherein in the case of position-controlled, hydraulic actuating cylinders, the position oscillation has an amplitude of less than 5 mm, and wherein in the case of force-controlled, hydraulic actuating cylinders, the force oscillation has an amplitude of less than 80% (eighty percent) of the nominal value of the force exerted by said hydraulic actuating cylinders.

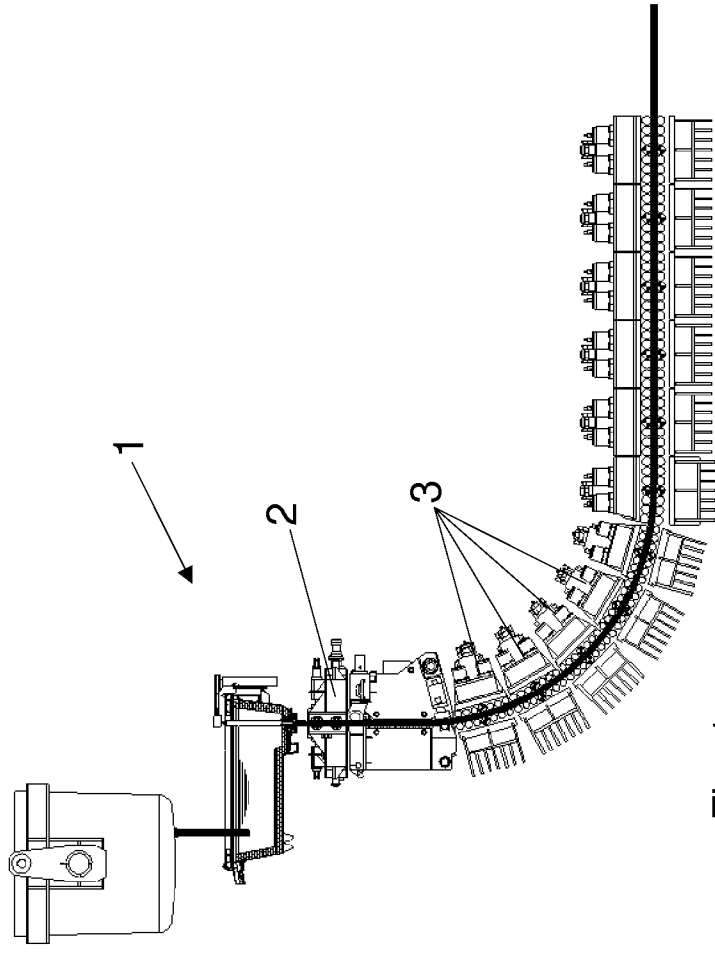


Fig. 1a

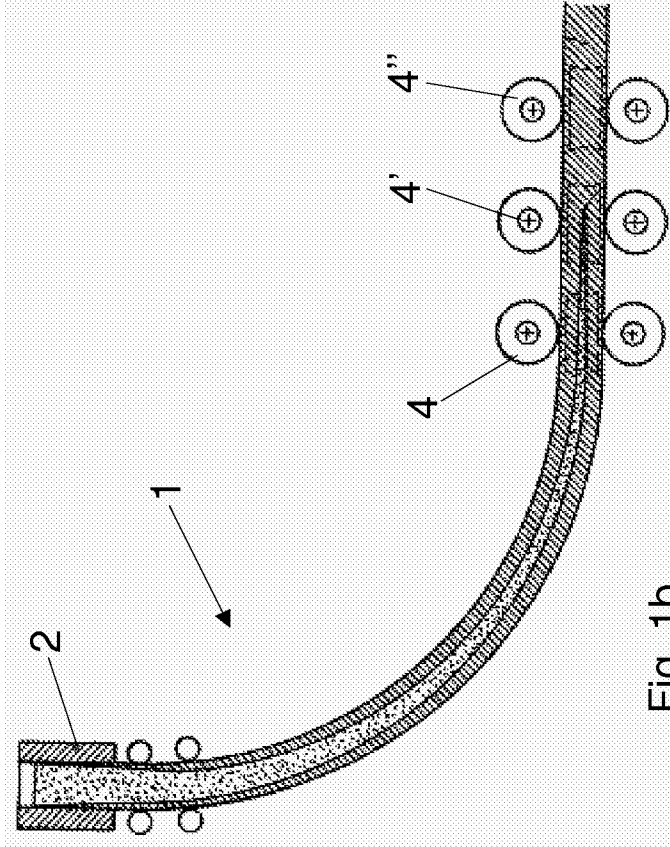


Fig. 1b

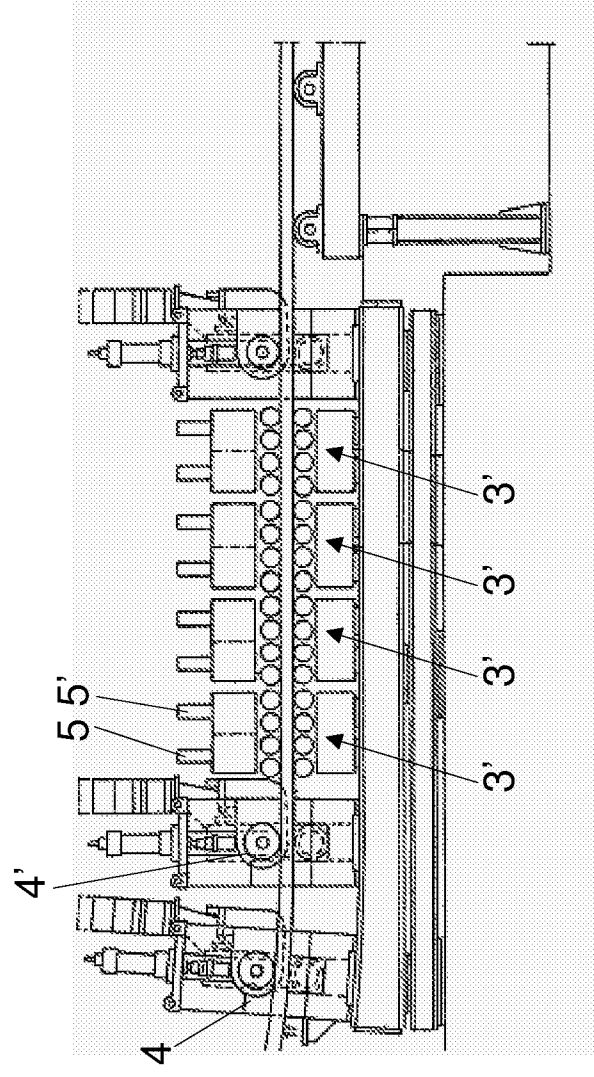


Fig. 1c

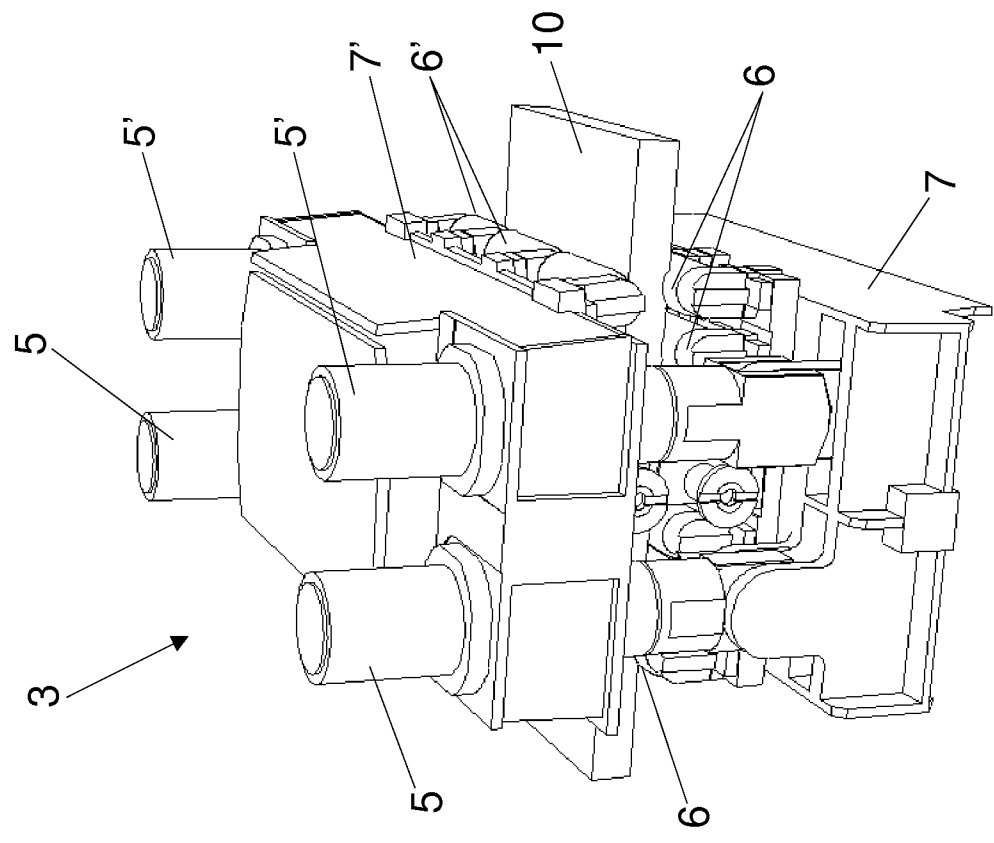


Fig. 2a

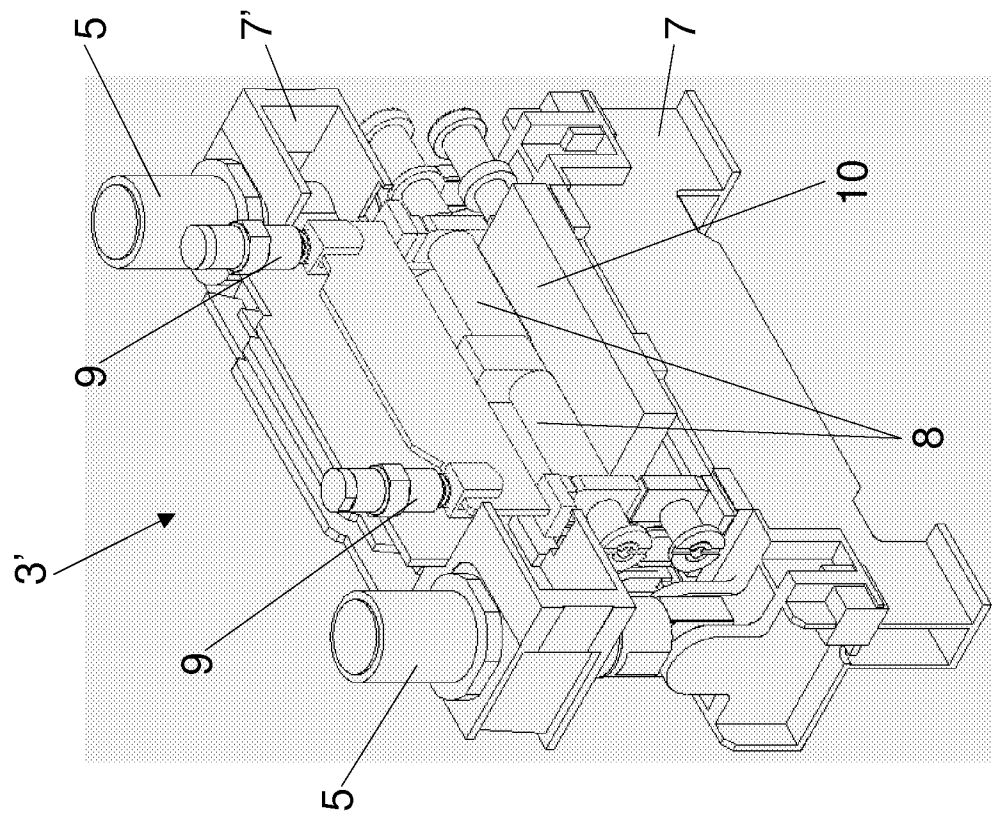


Fig. 2b

