

①9



CONFEDERAZIONE SVIZZERA

ISTITUTO FEDERALE DELLA PROPRIETÀ INTELLETTUALE

①1 CH 691 401 A5

⑤1 Int. Cl.⁷: F 02 B 017/00
F 02 B 019/12

Brevetto d'invenzione rilasciato per la Svizzera ed il Liechtenstein

Trattato sui brevetti, del 22 dicembre 1978, fra la Svizzera ed il Liechtenstein

①2 FASCICOLO DEL BREVETTO A5

②1 Numero della domanda: 01855/97

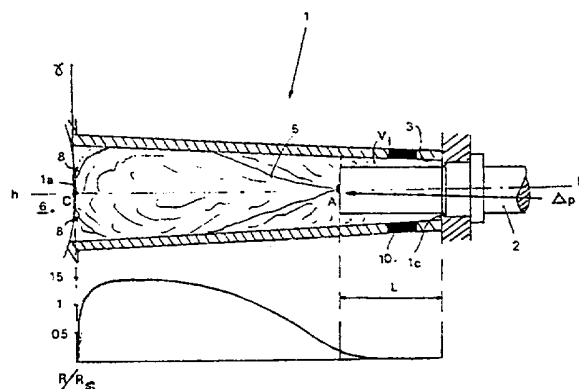
②2 Data di deposito: 05.08.1997

②4 Brevetto rilasciato il: 13.07.2001

④5 Fascicolo del
brevetto pubblicato il: 13.07.2001⑦3 Titolare/Titolari:
Pier Andrea Rigazzi, Contrada San Marco 42,
6982 Agno (CH)⑦2 Inventore/Inventori:
Pier Andrea Rigazzi, Contrada San Marco 42,
6982 Agno (CH)⑦4 Mandatario:
Fiammenghi-Fiammenghi, Via San Gottardo 15,
6900 Lugano (CH)

⑤4 Procedimento per la formazione della miscela di carburante e per la sua accensione in una precamera aperta verso i cilindri.

⑤7 In un procedimento per effettuare la miscelazione di una prefissata quantità di carburante liquido o gassoso con l'aria contenuta in una precamera (1) con un'estremità aperta verso i cilindri (6) di un motore alternativo a c.i. nonché l'accensione della miscela, il carburante venendo iniettato assialmente dall'estremità chiusa (1c) della precamera (1) mediante un iniettore (2) azionato da una prefissata prevalenza di pressione (Δp) rispetto a quella esistente nella precamera (1) medesima, la detta iniezione viene effettuata durante la fase terminale del semiciclo di compressione, l'iniettore (2) e la prevalenza (Δp) essendo tali da far sì che il getto (5) di carburante iniettato sia totalmente evaporato e/o miscelato con l'aria contenuta nella precamera (1) nell'istante in cui esso raggiunge la detta estremità aperta (1a) della precamera stessa e che, durante il suo moto di traslazione, si mescoli con l'aria suddetta secondo dei valori di ricchezza (R) di miscela rappresentabili con una prefissata curva (7) crescente dal punto di iniezione (A) verso il centro (C) della detta estremità aperta (1a) della precamera (1).



Descrizione

La presente invenzione riguarda il campo delle precamere, e più in particolare quelle aperte all'estremità che sfocia nel o nei cilindri di un motore alternativo a combustione interna preferibilmente di tipo lineare. Tali precamere sono state descritte dallo stesso richiedente in domande precedenti nelle quali veniva spiegato che, per determinare il loro funzionamento occorre iniettarvi il carburante necessario a saturare con ricchezza prefissata la massa di aria in esse contenuta.

La combustione della miscela, proiettando i gas combusti nell'aria rimanente contenuta nei cilindri, nei quali non viene iniettato carburante, avviene a temperature notevolmente basse ed in presenza di un tale rilevante eccesso d'aria ($\lambda = 4 + 10$) da garantire l'assenza di composti tossici quali CO ed NO_x nei gas di scarico.

Benché il principio si sia dimostrato valido, prove condotte su dei prototipi hanno posto in evidenza un inconveniente che rende molto arduo il raggiungimento di una percentuale di prodotti tossici e di incombusti nello scarico effettivamente uguale a zero.

Ciò è dovuto al fatto che, dopo la fase di combustione «primaria» nella precamera, la massa dei residui incombusti in essa contenuti si raffredda, per effetto della contemporanea espansione dovuta alla corrispondente corsa del pistone, fino a temperature inferiori al loro limite di accensione, senza che nessuna forza li abbia potuti eiettare nei cilindri, e quindi, in definitiva, senza aver potuto subire la «combustione secondaria» caratteristica del tipo di motori di cui si tratta, che offre i risultati esposti prima.

In altre parole, con un procedimento generico di saturazione della precamera si ottengono dei risultati nella composizione dei gas di scarico migliori rispetto ai motori tradizionali, ma che non raggiungono lo zero effettivo per quanto riguarda la percentuale totale di composti non desiderati.

L'inventore del presente trovato ha ideato un procedimento per effettuare la saturazione di una precamera e l'accensione della miscela che evita gli inconvenienti sopradescritti e garantisce una percentuale di composti tossici nei gas di scarico effettivamente uguale ad un sostanziale zero.

Egli ha infatti ideato un procedimento in cui, iniettando con modalità particolari un carburante liquido o gassoso, si crea una stratificazione della miscela a ricchezze variabili lungo l'asse della precamera con una parte del volume d'aria in essa contenuta che sostanzialmente non si mescola con il carburante e che, espandendosi nella corsa di ritorno del pistone, proietta i gas combusti contenuti nella precamera stessa verso i cilindri prima che la temperatura in questi ultimi sia discesa al di sotto del loro limite di accensione.

In particolare, l'oggetto della presente invenzione consiste in un procedimento per effettuare la miscelazione di una prefissata quantità di carburante secondo le modalità descritte nel preambolo della rivendicazione 1, caratterizzato dalla parte caratterizzante della medesima rivendicazione.

Il procedimento suddetto verrà ora descritto me-

glio, facendo anche riferimento ai disegni allegati che rappresentano:

in fig. 1 la sezione longitudinale di una precamera accoppiata ad un diagramma della ricchezza di miscela lungo il suo asse ottenuto secondo il procedimento dell'invenzione; (R = ricchezza ed R_{st} = ricchezza stechiometrica);

in fig. 2 la vista frontale dell'estremità aperta della precamera di fig. 1 con applicato su di essa un dispositivo di accensione atto ad ottimizzare i risultati del procedimento oggetto dell'invenzione.

Si consideri la fig. 1: il carburante viene iniettato lungo l'asse h-h della precamera 1, che nel caso raffigurato è tronco-conica con un'estremità aperta 1a circolare sfociante nei cilindri 6, da un iniettore 2, azionato da una prevalenza di pressione Δp rispetto alle pressioni esistenti in precamera durante l'iniezione, che è fissato sull'altra estremità chiusa 1c della precamera 1 stessa.

Detto carburante forma un getto 5 anch'esso tronco-conico o conico, a seconda del tipo di iniettore.

Per realizzare il procedimento dell'invenzione occorre dimensionare il o gli ugelli dell'iniettore 2, e calcolare la prevalenza Δp di iniezione in modo che, iniettando durante la fase terminale del semidetto di compressione del motore a c.i., la dimensione delle goccioline di carburante che si formano (nel caso di carburante liquido), nonché la loro energia cinetica e la loro distribuzione su sezioni rette della precamera 1 siano tali da garantire la totale evaporazione del getto 5 immediatamente prima dell'istante in cui esso raggiunge il centro C dell'apertura della precamera 1, e da provocare una miscelazione dei vapori di carburante con l'aria contenuta nella precamera presentante ricchezze crescenti dal punto di iniezione A in direzione del detto centro C dell'apertura 1a della precamera stessa. Nei casi in cui il carburante sia gassoso (metano o simili) occorre eseguire i calcoli ed il dimensionamento suddetti in modo che il gas iniettato 5, quando raggiunge il detto centro C, si sia mescolato con modalità analoghe con l'aria contenuta nella parte di precamera posta a valle dell'iniettore 2.

Le citate ricchezze devono pertanto essere rappresentabili con una linea all'incirca simile alla curva 7 disegnata in fig. 1 parallelamente alla precamera 1.

Procedendo in tal modo si ottiene infatti che un prefissato volume V_1 dell'aria contenuta nella precamera a ridosso della sua estremità chiusa 1c ove è installato l'iniettore 2 presenti una ricchezza media molto bassa, con una parte di esso che sostanzialmente non si miscela al carburante.

Se si ha cura di far sì che questo volume abbia un valore uguale al, od ancora più convenientemente, maggiore in prefissata misura del volume totale della precamera diviso per il rapporto di compressione raggiunto in un determinato ciclo nel motore a c.i., si ottiene che tale volume d'aria, che fra l'altro viene riscaldato prevalentemente per irraggiamento dalla combustione che avviene in precamera, si espanda in determinata misura durante la fase di

espansione del motore stesso, «lavando» i gas combusti presenti in essa, con i quali peraltro si mescola parzialmente aumentando il rapporto ossigeno/CO + incombusti prima che essi si raffreddino, e proiettandoli nei cilindri, ove i gas combusti stessi possono subire una combustione secondaria di durata prefissata (ad es. 3 ÷ 4 ms.) per la temperatura regnante nei cilindri medesimi, la quale non deve essere scesa nel frattempo al di sotto dei limiti di accensione.

Il «lavaggio» in questione rimuove oltretutto gli HC incombusti eventualmente ristagnanti contro le pareti della precamera 1, pareti che, per meglio ottenere questo scopo, è bene che siano rese «lucide» mediante ad esempio cromatura, levigatura o altri procedimenti dai risultati analoghi.

Per ottenere dei valori di ricchezza media nel detto volume V_1 convenientemente bassi anche quando il carburante sia gassoso, l'inventore suggerisce di inserire l'iniettore 2 entro la precamera 1 per una prefissata lunghezza L, delimitando così tale volume V_1 , a monte dell'ugello, fra le pareti esterne dell'iniettore e la superficie interna 3 della precamera 1 in prossimità della sua estremità chiusa 1c.

Un altro accorgimento eventuale previsto è quello di fornire, nei casi in cui fosse necessario, una data quantità di calore, ad esempio mediante un resistore 10, all'aria contenuta nel detto volume V_1 , in modo da facilitare la combustione della miscela povera con la quale si mescola espandendosi.

Durante il corso dei test già menzionati si è pure rilevato come, utilizzando un solo punto di accensione sul centro C dell'apertura 1a, si generi l'inconveniente dell'espulsione iniziale di una certa percentuale di miscela non ancora combusta verso i cilindri 6, nei quali la temperatura è ancora leggermente inferiore alla temperatura necessaria alla sua accensione.

Ciò è dovuto all'azione del fronte del globo di fiamma iniziale che, espandendosi radialmente dal detto centro C, esercita una pressione sulla miscela in precamera ancora incombusta, raggiungendo le pareti della precamera 1 stessa con una velocità insufficiente a garantire la tempestiva copertura di tutta la sezione di quest'ultima in modo da evitare la fuoruscita di incombusti.

Una certa percentuale di miscela incombusta, favorita in ciò anche dalla sua espansione dovuta al moto del pistone, raggiunge perciò il cilindro 6 senza bruciare, e deve venire combusta nel corso della combustione secondaria che avviene all'interno del cilindro stesso per l'immissione dei gas caldi già combusti nelle precamere 1.

Ciò comporta un reale seppur limitato aumento delle probabilità di esistenza di CO e di HC incombusti nei gas di scarico.

Per evitare tale inconveniente, l'inventore del presente procedimento prevede di usare una pluralità di punti di innesco di accensione 8 disposti su di un piano perpendicolare all'asse della precamera 1 (v. fig. 2) e disposto in corrispondenza della sua estremità aperta 1a, meglio se passante per il suo già citato centro C.

L'esistenza di una pluralità di punti di innesco 8

riduce notevolmente il tempo (pochi decimi di millisecondo) necessario per la formazione di un fronte di fiamma sufficientemente regolare e di dimensioni sufficienti a coprire tutta la sezione della precamera 1, «otturandola» con una sovrappressione ed impedendo così la fuoruscita di miscela incombusta.

Una soluzione suggerita è quella (fig. 2) di utilizzare un elettrodo con quattro punte disposte a croce, fissato sulla apertura la della precamera 1 mediante un braccio 9 in materiale conduttore collegato ad una polarità di un generatore di scariche in corrente continua. A ciascuna punta viene opposto un terminale appuntito 8 collegato all'altra polarità, come rappresentato per uno solo di essi nel disegno. (Le necessarie parti isolanti non sono state rappresentate.) Generando delle scariche secondo i ben noti procedimenti di accensione mediante bobine o dispositivi elettronici si generano così quattro punti di innesco simultaneo. Ovviamente le coppie di punte e terminali possono essere più di quattro, ma il richiedente ha constatato che una soluzione soddisfacente consiste nell'utilizzare anche solo quattro punti di innesco come prima descritti disposti lungo una circonferenza β concentrica all'apertura 1a ed avente un diametro d uguale alla metà del diametro D di quest'ultima.

Onde realizzare convenientemente il procedimento dell'invenzione, l'inventore suggerisce inoltre di dimensionare la precamera 1 in modo che il suo volume sia compreso fra 1/5 ed 1/3 del volume dello spazio morto lasciato dal pistone del motore nel cilindro 6 relativo quando ha raggiunto il punto morto corrispondente alla massima compressione.

Si ottiene così un λ globale (= aria totale/aria stechiometrica) compreso fra 6 e 4, con delle temperature medie del ciclo termodinamico intorno ai 300°C che non comportano né la lubrificazione, né il raffreddamento del motore.

L'inventore prevede anche che la quantità di carburante iniettata in un ciclo sia tale che il calore prodotto dalla sua combustione nella precamera 1 sia sufficiente ad innalzare la temperatura dell'intera massa d'aria contenuta nel o nei cilindri 6 e nella precamera 1 in misura tale da garantire che, durante la corsa di ritorno e di espansione che il pistone esegue dopo l'accensione secondo una data curva di velocità, tale temperatura si mantenga superiore alla temperatura di accensione del carburante per un prefissato tempo (ad es. $\geq 6 + 10$ ms).

L'esempio descritto e raffigurato non è limitativo né vincolativo nei confronti di altre realizzazioni diverse del procedimento basate sui concetti espressi nelle allegate rivendicazioni. I valori orientativi indicati possono fra l'altro venire cambiati a seconda delle esigenze, ad esempio a seconda del tipo di carburante impiegato (benzine, alcool, gasolio, gas ecc).

Le citate realizzazioni così ottenute rientreranno comunque nell'ambito della protezione conferita dalla presente domanda di brevetto.

È bene che, nel procedimento secondo la presente invenzione, l'istante di fine compressione nella corsa del pistone coincida con l'istante di fine iniezione, ma lievi scostamenti da tale condizione non comportano inconvenienti significativi.

Analogamente si può apportare un lieve anticipo all'istante di accensione rispetto all'istante di inversione della direzione del moto del pistone al fine di ottenere secondo criteri ben noti un miglior rendimento del ciclo termodinamico.

Si ritiene utile fornire un esempio numerico di dimensionamento di una precamera 1 e del relativo volume V_1 atto a realizzare il procedimento descritto in precedenza.

Si supponga che il volume della parte «attiva» di precamera contenente l'aria che deve venir mescolata al carburante sia di 5 cm^3 , che la pressione assoluta di picco durante la combustione sia uguale a 25 bar, e che la temperatura nei cilindri 6 si mantenga superiore alla temperatura minima di combustione (ca. 400°C) per 7 ms successivi a tale picco. Se si vuole che anche i gas combusti contenuti nella precamera subiscano una combustione secondaria di 4 ms occorre rilevare la pressione nei cilindri 4 millisecondi prima del momento in cui si raggiunge il detto limite oltre il quale non avviene più la combustione.

Ammettendo che, data la curva delle velocità di espansione del pistone nel caso in esame, questa pressione sia di 10 bar, ciò significa che il descritto volume V_1 , per eseguire il desiderato lavaggio della precamera in tempo utile, deve essere tale da avere occupato l'intera precamera (cioè parte «attiva» più V_1) dopo essersi espanso adiabaticamente 1,9 volte. Occorre cioè che si verifichi l'equazione:

Volume totale della precamera = volume «attivo» + $V_1 = 1,9 V_1$ ovvero: $V_1 + 5 \text{ cm}^3 = 1,9 V_1$, o ancora:

$$V_1 = \frac{5}{0,9} \text{ cm}^3 = 5,6 \text{ cm}^3$$

Se il rapporto di compressione ρ nel ciclo in questione è 8,5:1, e, come si è visto, il volume totale della precamera (parte attiva + V_1) è uguale a $(5 + 5,6) = 10,6 \text{ cm}^3$, si può stabilire un coefficiente ϵ uguale al rapporto fra il volume totale della precamera e ρ , che in questo caso è

$$\epsilon = \frac{10,6}{8,5} = 1,25.$$

Come si può rilevare il volume V_1 è 4,5 volte maggiore del suddetto valore di ϵ .

Nei calcoli orientativi di massima di cui sopra non si è tenuto conto della limitata compressione che subisce il volume V_1 per l'aumento della pressione fra il punto morto di massima compressione ed il detto picco di pressione dovuto alla combustione. Nei calcoli definitivi più precisi occorre tenere conto di questo fatto, sovradimensionando di conseguenza il volume V_1 .

Sempre effettuando il sopradescritto lavaggio intrinseco della precamera 1, l'inventore suggerisce di ricercare una realizzazione del procedimento nella quale il fronte di fiamma che si forma poco dopo

l'accensione in prossimità dell'apertura 1a della precamera 1 permanga sostanzialmente in tale posizione per tutta la durata della combustione, in modo che i gas combusti fuoriescano immediatamente dalla precamera durante la loro stessa combustione, mescolandosi con l'aria rimanente dei cilindri, senza poter raggiungere in nessun punto dello spazio da essi occupato la temperatura (di ca. 1500°K) di attivazione della reazione di ossidazione dell'azoto.

A tal fine occorre che la precamera 1 sia dimensionata e sagomata in modo che, durante l'intervallo di tempo in cui avviene in essa la combustione primaria, il detto volume V_1 contenente aria non miscelata a carburante si espanda per effetto del moto di allontanamento del pistone fino ad occupare sostanzialmente tutto il suo volume. Ciò comporta un arretramento del fronte della combustione con velocità relativa rispetto alla precamera uguale e contraria alla velocità di avanzamento della combustione, con il risultato che il detto fronte rimane praticamente fisso, per tutta la durata della combustione primaria, in una desiderata posizione posta in corrispondenza od in prossimità del punto (la zona vicina agli elettrodi 8) ove il fronte di fiamma della combustione si è formato.

Per ottenere ciò basta ad esempio che il rapporto fra il volume totale della precamera 1 ed il detto volume V_1 contenente aria non miscelata a carburante sia sostanzialmente uguale al rapporto di compressione che genererebbe l'aumento di pressione a volume costante che si verificherebbe nel ciclo in questione per effetto della combustione se il ciclo stesso fosse di tipo Otto.

Così facendo, il volume V_1 , per effetto dell'espansione dovuta al moto di arretramento del pistone, occupa gradualmente tutto il volume della precamera, mantenendo fisso il fronte di fiamma ed espellendo, alla fine della combustione primaria, gli eventuali incombusti. Si ottiene così un ciclo Diesel dal buon rendimento termodinamico con combustione a pressione costante.

Perché quanto descritto avvenga occorre naturalmente che, in qualsiasi ciclo, la durata della combustione primaria sia uguale al tempo impiegato dal pistone per effettuare la suddetta espansione, pertanto vanno regolati i parametri di tempo e pressione di iniezione, e vanno opportunamente dimensionati sia la massa del pistone che le misure della precamera (che può essere anche cilindrica) e della sua apertura 1a, che può essere anche ristretta nella sua sezione finale per ridurre lo spazio morto e per aumentare la velocità di efflusso dei gas combusti nella combustione primaria aumentando la turbolenza da essi prodotta. La citata riduzione della sezione finale di efflusso della precamera può venire ottenuta aumentando l'ingombro degli elettrodi che generano i punti di innesco: così facendo (si vedano ad esempio le linee tratteggiate di fig. 2) si diminuisce lo spessore massimo della fiamma, riducendo in voluta misura le temperature al suo interno, e si dispone altresì di un volano termico che assorbe per irraggiamento e convezione le «punte» di innalzamento termico della fiamma in formazione.

Rivendicazioni

1. Procedimento per effettuare la miscelazione di una prefissata quantità di carburante liquido o gassoso con l'aria contenuta in una precamera (1) avente un'estremità (1a) aperta verso un cilindro o dei cilindri (6) di un motore alternativo a combustione interna, non essendo iniettato alcun carburante all'interno di detto cilindro o cilindri, e per provocare l'accensione della miscela ottenuta, il carburante essendo iniettato assialmente da una estremità chiusa (1c) della precamera (1) mediante un iniettore (2) azionato da una prevalenza di pressione (Δp) rispetto a quella esistente nella precamera medesima, la detta iniezione di carburante essendo effettuata durante il semiciclo di compressione del motore a combustione interna, e l'iniettore (2) assieme alla prevalenza (Δp) che genera la sua mandata essendo tali da far sì che il getto (5) di carburante iniettato sia completamente evaporato e/o miscelato con l'aria contenuta nella precamera (1) nell'istante in cui esso raggiunge detta estremità aperta (1a) della precamera stessa e che, durante il suo moto di traslazione, si mescoli con l'aria suddetta secondo dei valori di ricchezza (R) di miscela rappresentabili con una prefissata curva (7) crescente dal punto di iniezione (A) verso il centro (C) di detta estremità aperta (1a) della precamera, caratterizzato dal fatto che il valore di ricchezza media della miscela in un volume definito di aria (V_1) situato vicino all'estremità chiusa (1c) della precamera (1), è sostanzialmente nullo, e la precamera (1), è dimensionata in maniera che durante l'intervallo di tempo in cui al suo interno avviene la combustione, detto volume (V_1) contenente aria si espanda sotto l'azione del moto di arretramento del pistone o dei pistoni, occupando infine tutto il suo volume e mantenendo la posizione del fronte di combustione essenzialmente prossima all'apertura (1a) della precamera (1) per l'intera durata della combustione.

2. Procedimento secondo la rivendicazione 1, nel quale detto volume (V_1) nel quale la ricchezza della miscela è sostanzialmente nulla, viene modificato al variare del regime del motore.

3. Procedimento secondo la rivendicazione 1 oppure 2, nel quale l'iniettore (2) è inserito per una determinata lunghezza (L) all'interno della precamera (1) in modo da definire un prefissato volume di aria (V_1) compreso fra la sua superficie esterna e la superficie interna (3) della precamera (1) stessa, a monte dell'ugello dell'iniettore, in cui il valore medio della ricchezza della miscela, è sostanzialmente nullo.

4. Procedimento secondo una delle rivendicazioni 1 sino a 3, nel quale il detto volume (V_1) è uguale al o maggiore del volume della precamera (1) diviso per il rapporto di compressione raggiunto nel motore a combustione interna.

5. Procedimento secondo una delle rivendicazioni da 1-4, in cui una prefissata quantità di calore viene fornito all'aria contenuta nel detto volume (V_1).

6. Procedimento secondo una delle rivendicazioni precedenti, nel quale l'accensione viene effettuata nell'istante in cui il pistone del motore a combustio-

ne interna ha raggiunto il punto morto di massima compressione.

7. Procedimento secondo una delle rivendicazioni precedenti, nel quale l'accensione viene ottenuta generando una pluralità di scariche elettriche i punti di innesco (8) delle quali sono situati su di un piano (γ) perpendicolare all'asse della precamera (1) e disposto in corrispondenza dell'estremità aperta (1a) di questa.

8. Procedimento secondo la rivendicazione 7, nel quale l'estremità aperta (1a) della precamera (1) è circolare, ed i detti punti di innesco (8) sono in numero di quattro e sono situati lungo una circonferenza (β), concentrica all'estremità aperta (1a) circolare della precamera ed avente un diametro (d) uguale alla metà del diametro (D) di quest'ultima.

9. Procedimento secondo una delle rivendicazioni precedenti, nel quale il volume totale della precamera (1) è compreso fra 1/5 ed 1/2 del volume dello spazio morto lasciato dal pistone del motore a c.i. in corrispondenza della massima compressione.

10. Procedimento secondo una delle rivendicazioni precedenti, durante il quale viene iniettata una quantità di carburante per ciclo tale che il calore prodotto dalla sua combustione nella precamera (1) sia sufficiente ad innalzare la temperatura dell'intera massa di aria contenuta nel o nei cilindri (6) e nella precamera (1) stessa in misura tale da garantire che, durante la corsa di ritorno ed espansione che il pistone esegue secondo una data curva di velocità, tale temperatura si mantenga superiore alla temperatura di accensione del carburante per un tempo prefissato.

11. Procedimento secondo una delle precedenti rivendicazioni, in cui le pareti interne della precamera (1) vengono rese lucide mediante cromatura, levigatura, o altri procedimenti dai risultati analoghi.

