



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

DOMANDA NUMERO	102001900957209
Data Deposito	21/09/2001
Data Pubblicazione	21/03/2003

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
F	02	C		

Titolo

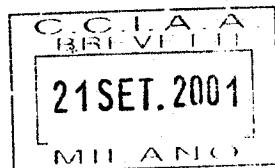
CONNESSIONE MIGLIORATA DI PALETTE SU DI UN DISCO ROTORICO DI UNA TURBINA A GAS

DESCRIZIONE dell'invenzione industriale

a nome: NUOVO PIGNONE HOLDING S.p.A.

di nazionalità: italiana

con sede in: FIRENZE FI



MI 2001 A 001970

La presente invenzione si riferisce ad una connessione migliorata di palette su di un disco rotorico di una turbina a gas.

Com'è noto, le turbine a gas sono macchine costituite da un compressore e da una turbina ad uno o più stadi, dove tali componenti sono tra loro collegati da un albero rotante e dove tra il compressore e la turbina è prevista una camera di combustione.

Il gas in uscita dalla camera di combustione, che ha una alta temperatura ed una alta pressione, raggiunge, attraverso opportuni condotti, i differenti stadi della turbina, la quale trasforma l'entalpia del gas in energia meccanica disponibile ad un utilizzatore.

Nelle turbine a due stadi il gas viene trattato nel primo stadio della turbina in condizioni di temperatura e di pressione assai elevate ed in essa subisce una prima espansione.

Poi, nel secondo stadio della turbina esso

subisce una seconda espansione a condizioni di temperatura e di pressione inferiori a quelle usate nello stadio precedente.

E' noto inoltre che per ottenere il massimo rendimento da una determinata turbina a gas è necessario che la temperatura del gas sia la più elevata possibile.

Tuttavia, i valori massimi di temperatura raggiungibili nell'impiego della turbina sono limitati dalla resistenza dei materiali che sono attualmente impiegati.

È altresì noto che nelle turbine a gas, le palette del rotore non formano un corpo unico con il disco del rotore, ma sono trattenute tramite loro estensioni di base in opportune sedi realizzate sulla circonferenza del disco.

In particolare, attualmente le sedi presentano fianchi aventi un profilo scanalato, nel quale si impegna la porzione terminale del piede o radice della corrispondente paletta.

Un problema particolarmente sentito nella tecnica attuale è quindi quello di garantire una ottimale connessione delle palette sul disco rotorico, in tutte le condizioni di funzionamento della macchina.

Si noti, infatti, che la modalità di connessione delle palette sul disco rotorico rappresenta un aspetto cruciale del progetto di qualsiasi rotore, tenendo presente che esso deve sostenere in modo soddisfacente ed affidabile i carichi generati dalle palette senza dar luogo a rotture o altri simili inconvenienti.

È infatti noto che le palette rotoriche sono soggette, durante il funzionamento della macchina, ad elevate sollecitazioni sia in senso radiale che, in misura minore, in senso assiale.

Le sollecitazioni radiali sono dovute alla elevata velocità di rotazione della turbina, mentre le sollecitazioni assiali sono dovute all'effetto prodotto dal flusso di gas sulle superfici sagomate delle palette.

Lo stesso flusso di gas trasmette alle palette la componente circonferenziale della sollecitazione che permette di raccogliere potenza utile sull'albero motore.

Tuttavia, le modalità di connessione delle palette devono comunque presentare le più piccole dimensioni possibili, occupando spazi veramente ristretti, in modo tale da ridurre il complesso costituito dal disco rotorico e dalle palette alle

minime dimensioni possibili.

Ulteriormente, oggigiorno la tendenza è quella di ottenere turbine a gas con rendimenti sempre maggiori.

Ciò comporta il fatto di dover incrementare sia la velocità di rotazione, sia la temperatura di combustione. Conseguentemente risulta incrementata anche la temperatura dei gas che si espandono negli stadi della turbina contro le palettature.

Questo crea di fatto un incremento delle sollecitazioni sulla connessione tra palette e dischi rotorici della turbina, con sempre maggiore difficoltà a garantire un'adeguata vita delle pale e dei dischi rotorici.

Attualmente la connessione più utilizzata è quella chiamata comunemente a "pino".

Essa consiste nel conformare la radice o piede della palette di modo che la sua sezione assuma una forma caratteristica che ricorda un pino rovesciato.

In questa particolare conformazione la radice ha i suoi fianchi che presentano un profilo scanalato in modo tale da formare una serie di denti con profilo arrotondato; diversamente, nella sua estremità inferiore la radice è formata dall'unione dei due denti inferiori dei due fianchi.

Queste radici vengono connesse a sedi o cave d'innesto ad esse complementari realizzate sulla circonferenza del disco rotorico, in maniera tale che ai denti della radice corrispondano gole sui fianchi della sede e che all'estremità inferiore della radice corrisponda una gola alla base della sede.

In forme di realizzazione di tipo tradizionale, tali sedi per le radici delle palette si sviluppano secondo una direzione sostanzialmente parallela all'asse del disco rotorico.

In diverse forme di realizzazione, invece, le sedi per le radici si sviluppano sostanzialmente secondo una direzione inclinata rispetto all'asse del disco stesso.

Questo tipo di connessione presenta zone di particolare concentrazione di sollecitazione che sono individuabili più precisamente in fondo alla gola alla base della sede e sul fondo delle gole di ciascun dente, che costituisce il profilo di connessione vero e proprio.

Scopo principale della presente invenzione è quindi quello di ovviare agli inconvenienti in precedenza menzionati ed in particolare quello di realizzare una connessione migliorata di palette su di un disco rotorico di una turbina a gas che

consenta di ridurre le concentrazioni di sollecitazione, permettendo così di incrementare la velocità di rotazione delle macchine o di aumentare la temperatura del fluido ovvero un'opportuna combinazione.

Altro scopo della presente invenzione è quello di realizzare una connessione migliorata di palette su di un disco rotorico di una turbina a gas che consente un facile montaggio e smontaggio, a seconda delle esigenze, delle palette dei diversi stadi della turbina.

E' ancora uno scopo della presente invenzione la realizzazione di una connessione migliorata di palette su di un disco rotorico di una turbina a gas che presenti anche elevata affidabilità.

Un ulteriore scopo della presente invenzione è quello di avere una durata dei componenti ben superiore a quella attualmente raggiungibile con le connessioni utilizzate.

Ulteriore scopo della presente invenzione è quello di realizzare una connessione migliorata di palette su di un disco rotorico di una turbina a gas particolarmente semplice, funzionale ed a costi relativamente contenuti, realizzabile secondo lavorazioni tradizionali.

Questi ed altri scopi secondo la presente invenzione sono raggiunti realizzando una connessione migliorata di palette su di un disco rotorico di una turbina a gas come esposto nella rivendicazione 1.

Ulteriori caratteristiche sono previste nelle rivendicazioni successive.

Secondo l'invenzione si è potuto rilevare inoltre che la riduzione dei valori massimi delle sollecitazioni nelle zone di concentrazione degli sforzi determina un notevole incremento della vita dei componenti.

Le caratteristiche ed i vantaggi di una connessione migliorata di palette su di un disco rotorico di una turbina a gas secondo la presente invenzione risulteranno maggiormente evidenti dalla descrizione seguente, esemplificativa e non limitativa, riferita ai disegni schematici allegati nei quali:

la figura 1 è una sezione in cui è visibile una connessione tra una radice di una paletta e una sede o cava d'estremità di un disco rotorico di tipo a "pino", secondo la tecnica nota;

la figura 2 è una sezione che mostra il profilo parziale di una radice di una paletta, realizzata secondo le indicazioni della presente invenzione;

la figura 3 è una sezione che mostra il profilo parziale di una sede o cava d'estremità di un disco rotorico, ove viene inserita la radice della paletta di figura 2.

Con riferimento alla figura 1, viene mostrata una connessione secondo la tecnica nota tra una radice o piede 10 di una paletta 12 e una sede o cava d'estremità 20 di un disco rotorico 22 di una turbina a gas.

La radice o piede 10 della paletta 12 ha una forma caratteristica, sostanzialmente a triangolo isoscele rovesciato, con i due lati che convergono inferiormente. Tale forma è simmetrica rispetto all'asse Y della radice 10.

I due lati o fianchi presentano un profilo scanalato a formare una serie di denti 14, aventi un profilo arrotondato.

Nell'esempio mostrato nella figura 1 sono realizzati tre denti 14 per ogni fianco della radice 10.

Una estremità inferiore 16 della radice 10 è formata dall'unione dei due denti 14 inferiori dei due fianchi della radice 10 stessa.

Queste radici 10 vengono connesse alle sedi o cave d'innesto 20 ad esse complementari realizzate su

una circonferenza del disco rotorico 22, in maniera tale che ai denti 14 della radice 10 corrispondano gole 24 sui fianchi della sede 20 e che all'estremità inferiore 16 della radice 10 corrisponda una gola d'estremità interna 26 alla base della sede 20.

Nelle figure 2 e 3 sono mostrate rispettivamente profili parziali della radice 10 e della sede 20 ad essa complementare di una connessione secondo la presente invenzione.

Nell'esempio mostrato la radice 10 presenta quattro denti 14 per ogni fianco.

Un ulteriore dente 14 presente ad una estremità inferiore del fianco della radice 10 è unito con un raccordo all'analogo dente 14 presente sull'altro fianco a formare l'estremità inferiore 16 della radice 10.

Corrispondentemente, la sede 20 presenta quattro gole 24 per ogni fianco.

Una ulteriore gola 24 presente ad una estremità inferiore del fianco della sede 20 è unito con un raccordo all'analogia gola 24 presente sull'altro fianco a formare la gola d'estremità interna 26 della sede 20.

Con riferimento alla figura 3, vengono precisate le variabili geometriche che caratterizzano il

profilo della sede 20, e conseguentemente anche la radice 10, complementare alla sede 20 stessa.

La serie di gole 24 si sviluppa lungo una linea X inclinata rispetto all'asse Y della sede 20 di un angolo  $\beta_1$ .

Conseguentemente, anche il fianco della sede 20 si sviluppa secondo tale inclinazione.

Le quattro gole 24 hanno lati rettilinei con inclinazioni rispetto all'asse Y della sede 20 di angoli  $\alpha_1$  e  $\alpha_2$ , dove  $\alpha_1$  è l'angolo del lato verso l'esterno del disco rotorico 22.

I due lati della gola 24 formano quindi un angolo di gola  $\alpha_g$  eguale ad  $\alpha_2$  sottratto di  $\alpha_1$ .

La gola 24 viene raccordata su un suo fondo secondo un arco di una circonferenza di raggio  $R_4$ .

Inoltre, tra le quattro gole 24 e tra la gola 24 inferiore e la gola d'estremità interna 26, esistono quattro raccordi secondo un arco di una circonferenza di raggio  $R_4$ .

Il lato con angolo  $\alpha_1$  della gola 24 superiore viene raccordato verso l'esterno del disco rotorico 22 secondo un arco di una circonferenza di raggio  $R_3$ .

La gola d'estremità interna 26 risulta a forma di omega rovesciata, con i due lati superiori simmetrici che giacciono secondo angoli  $\alpha_1$  rispetto

all'asse Y della sede 20.

Tali lati vengono raccordati tra loro secondo quattro archi di quattro circonferenze a due a due simmetriche tra loro.

Più precisamente, il lato superiore è raccordato inizialmente secondo un arco di una circonferenza di raggio  $R_1$  e centro individuato da una altezza  $H_1$  rispetto al fondo della gola d'estremità interna 26 e da una distanza  $D_1$  rispetto all'asse Y della sede 20.

A tale arco di circonferenza segue un arco di una circonferenza di raggio  $R_2$  e centro individuato da una altezza  $H_2$  rispetto al fondo della gola d'estremità interna 26 e da una distanza  $D_2$  rispetto all'asse Y della sede 20.

Complementarmente, come è visibile in figura 2, anche il dente 14 della radice 10 ha lati rettilinei con inclinazioni rispetto all'asse Y della radice 10 di stessi angoli  $\alpha_1$  e  $\alpha_2$ , dove  $\alpha_1$  è l'angolo del lato verso la paletta 12.

I due lati del dente 14 formano quindi un angolo di dentatura  $\alpha_d$  eguale ad  $\alpha_2$  sottratto di  $\alpha_1$  e quindi uguale all'angolo di gola  $\alpha_g$ .

Il dente 14 viene raccordato secondo un arco di una circonferenza di raggio  $R_4$ .

Inoltre, tra i quattro denti 14 e tra il dente

14 inferiore e l'estremità inferiore 16 della radice, esistono quattro raccordi secondo un arco di una circonferenza di raggio  $R_4$ .

Il lato con angolo  $\alpha_1$  del dente 14 superiore viene raccordato verso la paletta 12 secondo un arco di una circonferenza di raggio  $R_3$ .

L'estremità inferiore 16 risulta a forma di omega rovesciata, con i due lati superiori simmetrici che giacciono secondo angoli  $\alpha_1$  rispetto all'asse Y della radice 10.

Tali lati vengono raccordati tra loro secondo quattro archi di quattro circonferenze a due a due simmetriche tra loro.

Più precisamente, il lato superiore è raccordato inizialmente secondo un arco di una circonferenza di raggio  $R_1$  e centro individuato da una altezza  $H_1$  rispetto all'estremità inferiore 16 della radice 10 e da una distanza  $D_1$  rispetto all'asse Y della radice 10 stessa.

A tale arco di circonferenza segue un arco di una circonferenza di raggio  $R_2$  e centro individuato da una altezza  $H_2$  rispetto all'estremità inferiore 16 della radice 10 e da una distanza  $D_2$  rispetto all'asse Y della radice 10 stessa.

In definitiva, gli otto denti 14 dei due fianchi

della radice 10 e l'estremità inferiore 16 della radice 10 stessa vengono inseriti rispettivamente nelle otto gole 24 dei due fianchi della sede 20 e la gola d'estremità interna 26 della sede 20 stessa.

Inoltre, anche i due raccordi di raggio  $R_3$  della radice 10 e della sede 20 vengono fatti combaciare contestualmente all'inserimento della radice 10 nella sede 20, che avviene facendo scorrere lungo una direzione assiale la radice 10 nella corrispondente sede 20.

La presente invenzione tramite la sua applicazione con analisi delle sollecitazioni ha consentito di ridurre le concentrazioni di sollecitazione ed ha permesso di indicare una opportuna geometria dei profili di contatto tra radici 10 delle palette 12 e sedi 20 del disco rotorico 22.

Sono da ritenersi fondamentali i rapporti tra i raggi  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  e  $R_4$ , le altezze  $H_1$  e  $H_2$ , le distanze  $D_1$  e  $D_2$  e gli angoli  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$  e  $\beta_1$ .

Essi infatti individuano la forma dei denti 14, nonché dell'estremità inferiore 16 della radice 10 che portano alla connessione migliorata della presente invenzione.

Prendendo a riferimento il raggio  $R_4$ , si è

individuato secondo la presente invenzione che la connessione risulta ottimizzata se sussistono le seguenti relazioni:

il rapporto tra  $R_3$  e  $R_4$  è compreso tra 1,8 e 2,2, valori estremi compresi;

il rapporto tra  $R_1$  e  $R_4$  è compreso tra 1,8 e 2,2, valori estremi compresi;

il rapporto tra  $R_2$  e  $R_4$  è compreso tra 5,5 e 6, valori estremi compresi.

Contemporaneamente, per gli angoli devono sussistere le seguenti relazioni:

l'angolo  $\alpha_1$  è compreso tra  $42^\circ$  e  $48^\circ$ , valori estremi compresi;

l'angolo  $\alpha_2$  è compreso tra  $94^\circ$  e  $100^\circ$ , valori estremi compresi;

l'angolo  $\beta_1$  è compreso tra  $17^\circ$  e  $23^\circ$ , valori estremi compresi.

Con tali relazioni, l'angolo di gola  $\alpha_g$ , eguale all'angolo di dentatura  $\alpha_d$ , risulta compreso tra  $46^\circ$  e  $58^\circ$ , valori estremi compresi.

Le altezze  $H_1$  e  $H_2$  e le distanze  $D_1$  e  $D_2$  vengono determinate come diretta conseguenza delle dimensioni di massima della radice 10, e cioè essenzialmente dopo aver stabilito l'altezza della radice 10.

Si trova quindi secondo la presente invenzione

che i migliori risultati si ottengono utilizzando radici 10 con quattro denti 14, secondo la forma di realizzazione mostrata nelle figure 2 e 3, o radici 10 con cinque denti 14.

Dalla descrizione effettuata sono chiare le caratteristiche della connessione migliorata di palette su di un disco rotorico di una turbina a gas oggetto della presente invenzione, così come sono chiari i relativi vantaggi, fra i quali ricordiamo:

- incremento della vita dei componenti;
- incremento della velocità di rotazione delle macchine o aumento della temperatura del fluido ovvero un'opportuna combinazione dei due aspetti;
- costi contenuti, rispetto all'arte nota, in quanto i profili sono sempre ottenibili per broccatura, come già avviene per le connessioni della tecnica nota.

È chiaro infine che la connessione migliorata di palette su di un disco rotorico di una turbina a gas così concepita è suscettibile di numerose modifiche e varianti, tutte rientranti nell'invenzione; inoltre tutti i dettagli sono sostituibili da elementi tecnicamente equivalenti.

In pratica i materiali utilizzati, nonché le forme e le dimensioni, potranno essere qualsiasi a

seconda delle esigenze tecniche.

L'ambito di tutela dell'invenzione è pertanto delimitato dalle rivendicazioni allegate.

Ing. Barzanò & Zanardo Milano S.p.A.

### RIVENDICAZIONI

1. Connessione migliorata di palette (12) su di un disco rotorico (22) di una turbina a gas, del tipo in cui una radice o piede (10) di ciascuna paletta (12) viene inserita in una sede o cava d'estremità (20) del disco (22), ad essa complementare, ove detta radice (10) ha una forma a triangolo isoscele rovesciato, con i due lati convergenti inferiormente che presentano ciascuno un profilo scanalato a formare una serie di denti (14) e con una estremità inferiore (16) della radice (10) che è formata dall'unione raccordata dei due denti (14) inferiori dei due lati della radice (10), detti denti (14) della radice (10) corrispondendo a gole (24) realizzate su fianchi della sede (20) e detta estremità inferiore (16) della radice (10) corrispondendo ad una gola d'estremità interna (26) realizzata alla base della sede (20), caratterizzata dal fatto che la serie di dette gole (24) si sviluppa lungo una linea inclinata (X) rispetto all'asse (Y) della sede (20) di un angolo  $\beta_1$  compreso tra  $17^\circ$  e  $23^\circ$ , valori estremi compresi, e dal fatto che dette gole (24) presentano lati rettilinei con inclinazioni rispetto all'asse (Y) della sede (20) di angoli  $\alpha_1$  e  $\alpha_2$ , dove  $\alpha_1$  è l'angolo del lato verso l'esterno del

disco rotorico (22) ed è compreso tra  $42^\circ$  e  $48^\circ$ , valori estremi compresi, mentre  $\alpha_2$  è compreso tra  $94^\circ$  e  $100^\circ$ , valori estremi compresi.

2. Connessione secondo la rivendicazione 1, caratterizzata dal fatto che dette gole (24) vengono raccordate sul fondo secondo un arco di una circonferenza di raggio  $R_4$ , tra dette gole (24) essendo previsti raccordi secondo un arco di una circonferenza sempre di raggio  $R_4$ , dal fatto che il lato con angolo  $\alpha_1$  della gola (24) superiore viene raccordato verso l'esterno del disco rotorico (22) secondo un arco di una circonferenza di raggio  $R_3$ , e dal fatto che la gola d'estremità interna (26) risulta a forma di omega rovesciata, con i due lati superiori simmetrici, giacenti secondo angoli  $\alpha_1$  rispetto all'asse della sede (20), che vengono raccordati tra loro secondo quattro archi di circonferenze a due a due simmetriche tra loro, e precisamente secondo inizialmente archi di una circonferenza di raggio  $R_1$  e in seguito archi di circonferenza di raggio  $R_2$ , dove i raggi  $R_1$ ,  $R_2$  e  $R_3$  stanno nei seguenti rapporti con il raggio  $R_4$ :

$$1,8 \leq R_3/R_4 \leq 2,2 ;$$

$$1,8 \leq R_1/R_4 \leq 2,2 ;$$

$$5,5 \leq R_2/R_4 \leq 6 .$$

3. Connessione secondo la rivendicazione 1, caratterizzata dal fatto che detto raccordo secondo un arco di una circonferenza di raggio  $R_1$  è realizzato utilizzando come centro il punto individuato da una altezza  $H_1$  rispetto al fondo della gola d'estremità interna (26) e da una distanza  $D_1$  rispetto all'asse della sede (20), e dal fatto che detto raccordo secondo un arco di una circonferenza di raggio  $R_2$  è realizzato utilizzando come centro il punto individuato da una altezza  $H_2$  rispetto al fondo della gola d'estremità interna (26) e da una distanza  $D_2$  rispetto all'asse della sede (20), dove detti centri vengono determinati di conseguenza alle dimensioni di massima della profondità della sede (20).

4. Connessione secondo la rivendicazione 1, caratterizzata dal fatto che un angolo di gola  $\alpha_g$ , eguale all'angolo  $\alpha_2$  sottratto dall'angolo  $\alpha_1$ , risulta compreso tra  $46^\circ$  e  $58^\circ$ , valori estremi compresi.

5. Connessione secondo la rivendicazione 1, caratterizzata dal fatto che detta sede (20) presenta otto gole (24), a due a due simmetriche, e una gola d'estremità interna (26).

6. Connessione secondo la rivendicazione 1, caratterizzata dal fatto che detta sede (20) presenta

dieci gole (24), a due a due simmetriche, e una gola d'estremità interna (26).

7. Connessione migliorata di palette su di un disco rotorico di una turbina a gas come sostanzialmente descritto ed illustrato e per gli scopi specificati.

Ing. Barzanò & Zanardo Milano S.p.A.

SIN/

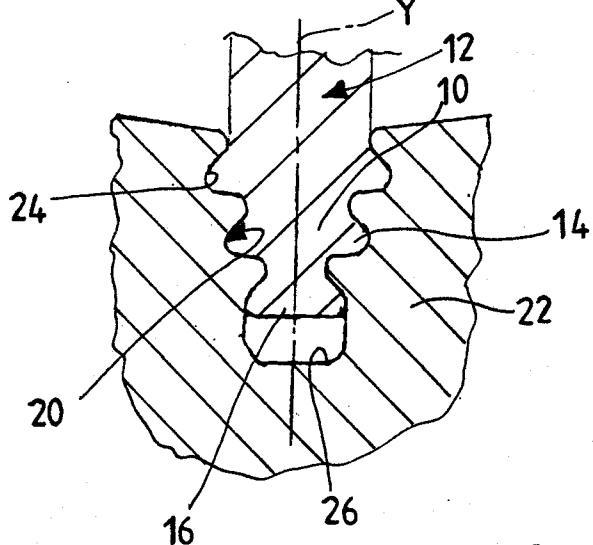
I MANDATORI

(firma)

(per sé e per gli altri)



Fig.1



M 2001 A 001970

Fig.2

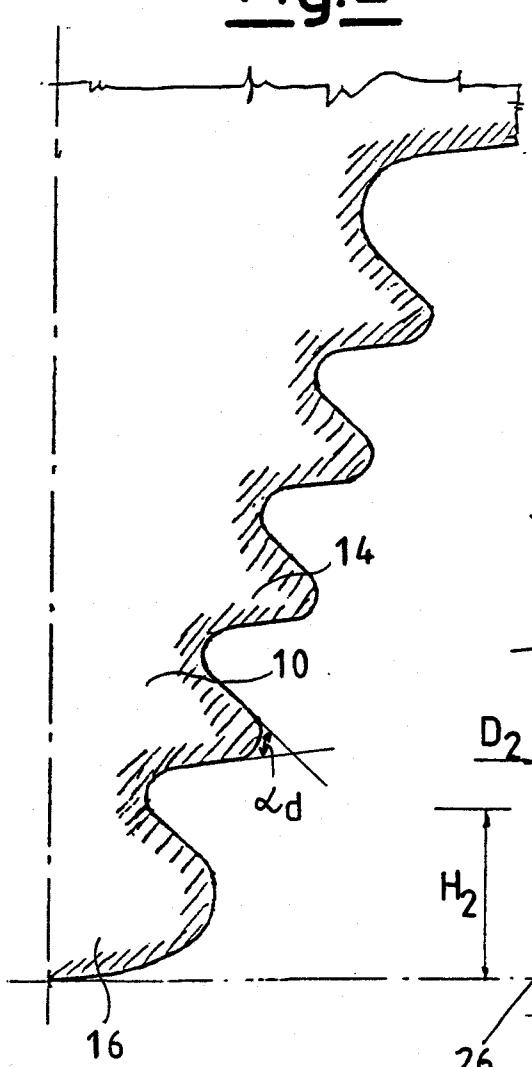
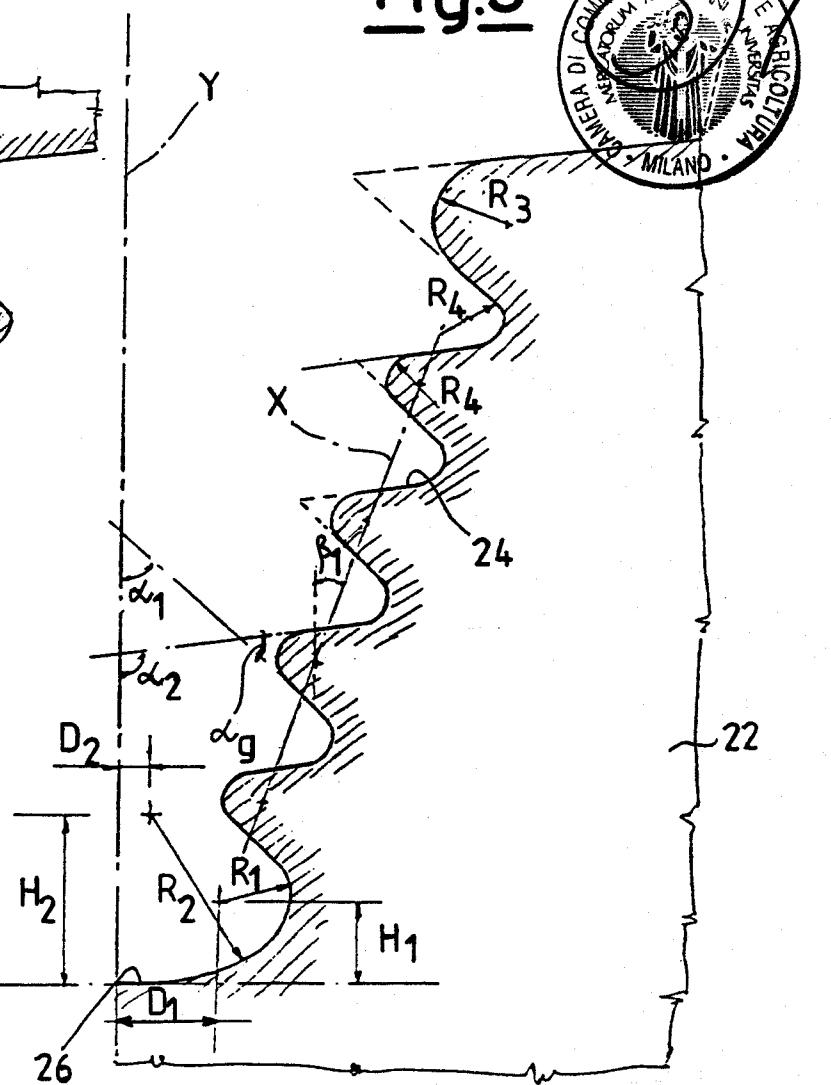


Fig.3



I MANDATORI  
(firma)

(per sé e per gli altri)