

ITALIAN PATENT OFFICE

Document No.

102010901876068A1

Publication Date

20120329

Applicant

MAGNETI MARELLI S.P.A.

Title

MACCHINA ELETTRICA PRESENTANTE UN AVVOLGIMENTO STATORICO
CON BARRE RIGIDE E RELATIVO METODO DI COSTRUZIONE

D E S C R I Z I O N E

del brevetto per Invenzione Industriale dal titolo:

"MACCHINA ELETTRICA PRESENTANTE UN AVVOLGIMENTO STATORICO
CON BARRE RIGIDE E RELATIVO METODO DI COSTRUZIONE"

di MAGNETI MARELLI S.P.A.,

di nazionalità italiana,

con sede: VIALE ALDO BORLETTI 61/63

CORBETTA (MI)

Inventori: COMINETTI Paolo; CIAMPOLINI Franco; GIORGIANNI
Vincenzo

*** **

SETTORE DELLA TECNICA

La presente invenzione è relativa ad una macchina elettrica presentante un avvolgimento statorico con barre rigide e ad un relativo metodo di costruzione.

ARTE ANTERIORE

Tradizionalmente, l'avvolgimento statorico di una macchina elettrica viene realizzato mediante conduttori filiformi e flessibili che vengono inizialmente avvolti in matasse; successivamente, le matasse vengono infilate nelle cave di statore e quindi vengono elettricamente collegate tra loro. Tale modalità costruttiva è complessa da automatizzare, in quanto è molto difficile infilare in modo automatico le matasse all'interno delle cave di statore non avendo le matasse una forma stabile e dovendo venire

Matteo MACCAGNAN
(Iscrizione Albo N.987/BM)

deformate per passare attraverso la piccola apertura assiale delle cave.

Per superare le difficoltà di costruzione dell'avvolgimento statorico realizzato mediante conduttori filiformi e flessibili, è stata proposto un avvolgimento statorico realizzato mediante barre rigide. In un avvolgimento statorico realizzato mediante barre rigide, vengono utilizzate una serie di barre rigide che vengono inizialmente conformate ad "U" e quindi vengono infilate assialmente nelle cave di statore formando un lato di ingresso, in cui si dispongono le cuspidi delle barre conformate ad "U", ed un lato di uscita, in cui si dispongono le gambe (cioè le porzioni diritte) delle barre conformate ad "U". Una volta infilate tutte le barre nelle cave di statore le gambe nel lato di uscita vengono torte (mediante una operazione denominata "torcitura") e quindi le estremità libere delle gambe vengono tra loro collegate mediante saldatura per costituire i percorsi elettrici dell'avvolgimento statorico.

E' stato proposto di differenziare le dimensioni delle cuspidi delle barre conformate ad "U" in modo tale da realizzare grazie a tale differenziazione i percorsi elettrici dell'avvolgimento 8 statorico; tuttavia, differenziare le dimensioni delle cuspidi delle barre conformate ad "U" comporta una notevole complicazione sia

nella realizzazione delle barre conformate ad "U" (dovendo realizzare almeno due tipi diversi di barre conformate ad "U"), sia nell'inserimento delle barre conformate ad "U" nella cave di statore (in quanto è necessario gestire almeno due tipi diversi di barre conformate ad "U" che devono venire infilate in posizione precise e predeterminate e non sono tra loro in alcun modo intercambiabili).

Durante la costruzione dell'avvolgimento statorico, è stato proposto di riunire tutte le barre conformate ad "U" all'esterno del nucleo magnetico di statore e quindi di inserire insieme con un unico movimento tutte le barre conformate ad "U" nelle cave di statore. Tuttavia, in questo modo una spinta di intensità elevata viene esercitata contemporaneamente su tutte le barre conformate ad "U" e quindi è possibile che una o più barre conformate ad "U" "sfortunate" siano sottoposte ad una spinta eccessiva (cioè troppo forte) e/o direzionata male che provochi il danneggiamento dello smalto esterno isolante che ricopre le barre conformate ad "U" stesse.

DESCRIZIONE DELLA INVENZIONE

Scopo della presente invenzione è di fornire una macchina elettrica presentante un avvolgimento statorico con barre rigide ed un relativo metodo di costruzione, i quali macchina elettrica e metodo di costruzione siano di

Matteo MACCAGNAN
(Iscrizione Albo N.987/BM)

facile ed economica realizzazione.

Secondo la presente invenzione vengono forniti una macchina elettrica presentante un avvolgimento statorico con barre rigide ed un relativo metodo di costruzione secondo quanto rivendicato dalle rivendicazioni allegate.

BREVE DESCRIZIONE DEI DISEGNI

La presente invenzione verrà ora descritta con riferimento ai disegni annessi, che ne illustrano un esempio di attuazione non limitativo, in cui:

- la figura 1 è una vista in sezione trasversale, schematica e con parti asportate per chiarezza di una macchina elettrica realizzata in accordo con la presente invenzione;
- la figura 2 è una vista prospettica, schematica, e con parti asportate per chiarezza di uno statore della macchina elettrica della figura 1;
- la figura 3 è una vista prospettica e schematica di una barra rigida ripiegata ad "U" facente parte di un avvolgimento statorico dello statore della figura 2;
- le figure 4-6, 9 e 11-14 sono una successione di viste prospettiche, schematiche e con parti asportate per chiarezza delle fasi di costruzione dell'avvolgimento statorico dello statore della figura 2;
- le figure 7 e 8 sono due viste in scala ingrandita di rispettivi particolari della figura 6;

- la figura 10 è una vista in scala ingrandita di un particolare della figura 9;
- la figura 15 è vista prospettica, schematica, e con parti asportate per chiarezza di una variante dello statore della figura 2;
- la figura 16 è una vista in scala ingrandita di un particolare della figura 15; e
- la figura 17 è una vista prospettica ed in scala ingrandita di un tegolino dello statore della figura 15.

FORME DI ATTUAZIONE PREFERITE DELL'INVENZIONE

Nella figura 1, con il numero 1 è indicata nel suo complesso una macchina elettrica sincrona per autotrazione di tipo reversibile (cioè che può funzionare sia come motore elettrico assorbendo energia elettrica e generando un coppia meccanica motrice, sia come generatore elettrico assorbendo energia meccanica e generando energia elettrica). La macchina 1 elettrica comprende un albero 2, il quale è montato girevole per ruotare attorno ad un asse 3 di rotazione centrale, un rotore 4 a magneti permanenti calettato all'albero 2 per ruotare assieme all'albero 2 stesso, ed uno statore 5 di forma tubolare cilindrica disposto attorno al rotore 4 per racchiudere al proprio interno il rotore 4 stesso.

Lo statore 5 comprende un nucleo 6 magnetico che è

costituito da una serie di lamierini serrati a pacco e presenta una forma tubolare centralmente forata; il nucleo 6 magnetico è attraversato longitudinalmente da trentasei cave 7 di statore che sono uniformemente distribuite lungo il lato interno del nucleo 6 magnetico ed alloggiavano un avvolgimento 8 statorico trifase (illustrato nella figura 2). Nella forma di attuazione illustrata nelle figure allegate, l'avvolgimento 8 statorico trifase è distribuito in trentasei cave 7 di statore ed il rotore 4 a magneti permanenti comprende sei poli; di conseguenza, la macchina 1 elettrica sincrona presenta 2 cave per polo e per fase.

Secondo quanto illustrato nella figura 2, l'avvolgimento 8 statorico trifase comprende una serie di barre 9 rigide conformate ad "U", ciascuna delle quali comprende due gambe 10 collegate tra loro da una cuspidi 11 (come meglio illustrato nella figura 3); le due gambe 10 di una stessa barra 9 costituiscono due corrispondenti conduttori dell'avvolgimento 8 statorico. E' importante osservare che ciascuna barra 9 conformata ad "U" presenta una piegatura "tridimensionale", cioè che prevede una piegatura su due piani tra loro perpendicolari. Le barre 9 conformate ad "U" sono inserite attraverso le cave 7 di statore definendo un lato 12 di ingresso, in cui si dispongono le cuspidi 11 delle barre 9 conformate ad "U", ed un lato 13 di uscita, in cui si dispongono le gambe 10

Matteo MACCAGNAN
(Iscrizione Albo N.987/BM)

delle barre 9 conformate ad "U". In particolare, in ciascuna cava sono disposte quattro gambe 10 (cioè quattro conduttori dell'avvolgimento 8 statorico) appartenenti a quattro corrispondenti barre 9 rigide conformate ad "U" tra loro diverse. Le estremità delle gambe 10 delle barre 9 conformate ad "U" sono tra loro elettricamente collegate per costituire i percorsi elettrici dell'avvolgimento 8 statorico.

Secondo una preferita forma di attuazione, tra i quattro cerchi di gambe 10 che sporgono dal lato 13 di uscita del nucleo 6 magnetico di statore vengono interposti tre strati isolanti (non illustrati) di forma anulare di materiale elettricamente isolante (tipicamente carta isolante "Nomex®").

Inoltre, l'avvolgimento 8 statorico trifase comprende tre morsetti 14 di collegamento che costituiscono l'interfaccia elettrica con l'esterno dell'avvolgimento 8 statorico e vengono collegati elettricamente ad un convertitore elettronico di potenza (non illustrato) che pilota la macchina 1 elettrica sincrona.

Con riferimento alle figure 4-14 viene di seguito descritta la modalità di costruzione dell'avvolgimento 8 statorico.

Inizialmente, le barre 9 rigide vengono piegate centralmente di 180° per venire conformate ad "U" ed

assumere la forma mostrata nella figura 3. Questa piegatura viene preferibilmente realizzata mediante una macchina utensile a controllo elettronico che in una unica operazione conferisce a ciascuna barra 9 rigida la forma definitiva. Le barre 9 conformate ad "U" sono tutte uguali tra loro, cioè presentano tutte esattamente le stesse dimensioni.

Una volta che le barre 9 conformate ad "U" sono pronte (in particolare nell'avvolgimento 8 statorico illustrato nelle figure allegate sono presenti settantadue barre 9 conformate ad "U"), ciascuna barra 9 conformata ad "U" viene inserita singolarmente (cioè da sola) nelle corrispondenti due cave 7 di statore (cioè le due gambe 10 della barra 9 conformata ad "U" vengono inserite assialmente nelle corrispondenti due cave 7 di statore). In altre parole, all'interno di due cave 7 di statore non adiacenti viene inserita una sola barra 9 conformata ad "U" alla volta. Preferibilmente, prima di inserire le barre 9 conformate ad "U" nelle cave 7 di statore, ciascuna cava 7 di statore viene internamente "rivestita" mediante uno strato isolante (non illustrato) di materiale elettricamente isolante (tipicamente carta isolante "Nomex®").

Quando è stato terminato l'inserimento nelle cave 7 di statore di tutte le settantadue barre 9 conformate ad "U",

Matteo MACCAGNAN
(Iscrizione Albo N.987/BM)

l'avvolgimento 8 statorico si presenta come illustrato nelle figure 4 e 5. A questo punto e come meglio illustrato nella figura 6, le gambe 10 delle barre 9 conformate ad "U" che fuoriescono nel lato 13 di uscita del nucleo 6 magnetico vengono torte mediante rispettive doppie pieghe per assumere una forma a "Z". Come meglio illustrato negli ingrandimenti delle figure 7 e 8, ciascuna doppia piega di una gamba 10 comprende una piegatura 15 interna (cioè più vicina al nucleo 6 magnetico dello statore 5) in una direzione ed una piegatura 16 esterna (cioè più lontana al nucleo 6 magnetico dello statore 5) in una direzione opposta. A titolo di esempio, per ciascuna gamba 10 la piegatura 15 interna ha una ampiezza di circa 60° in un verso e la piegatura 16 esterna ha una ampiezza di circa 60° nel verso opposto. In ciascuna cava 7 di statore sono disposte quattro corrispondenti gambe 10 (appartenenti a quattro corrispondenti barre conformate ad "U" diverse) che sono torte in versi alternativamente opposti mediante rispettive doppie pieghe. In altre parole, metà delle gambe 10 è torta in verso orario con una data ampiezza mentre l'altra metà delle gambe 10 è torta in verso antiorario (cioè in verso opposto) con la stessa ampiezza. E' importante osservare che tutte le doppie pieghe delle gambe 8 presentano la stessa ampiezza (pari, nella forma di attuazione illustrata nelle figure allegate, ad una

Matteo MACCAGNAN
(Iscrizione Albo N.987/BM)

distanza corrispondente a tre cave 7 di statore).

Secondo una preferita forma di attuazione, durante la torcitura delle gambe 10 delle barre 9 conformate ad "U" le gambe 10 non vengono torte tutte insieme, ma vengono torte per gruppi; in altre parole, le gambe 10 delle barre 9 conformate ad "U" vengono divise in almeno due gruppi che vengono torti con due operazioni successive (cioè non contemporanee). Durante la torcitura di un primo gruppo di gambe 10, le gambe 10 del secondo gruppo che verranno torte in seguito vengono temporaneamente traslate assialmente lungo le cave 7 di statore in modo da ridurre la lunghezza che sporge dalle cave 7 di statore nel lato 13 di uscita (tipicamente fino ad annullare o quasi annullare la lunghezza delle gambe 10 che sporge dalle cave 7 di statore nel lato 13 di uscita). In questo modo le gambe 10 del secondo gruppo non sono di ostacolo alla torcitura delle gambe 10 del primo gruppo, ma nello stesso tempo le gambe 10 del secondo gruppo impegnano le cave 7 di statore per contribuire a mantenere ferme le gambe 10 del primo gruppo durante la torcitura. Al termine della torcitura del primo gruppo di gambe 10, le gambe 10 del secondo gruppo vengono traslate assialmente in senso inverso per tornare nella posizione originale e quindi venire torte a loro volta. In questo modo, viene semplificata la torcitura delle gambe 10 del primo gruppo in quanto tale torcitura avviene senza

Matteo MACCAGNAN
(Iscrizione Albo N.987/BM)

l'ostacolo rappresentato dalle gambe 10 del secondo gruppo. La torcitura delle gambe 10 del secondo gruppo è comunque più semplice, in quanto avviene quando le gambe 10 del primo gruppo sono già state torte e quindi presentano un ingombro assiale molto più ridotto.

Una volta terminata la torcitura delle gambe 10 delle barre 9 conformate ad "U", le estremità delle gambe 10 delle barre 9 conformate ad "U" vengono tra loro collegate elettricamente (tipicamente mediante saldatura eseguita al laser) per costituire i percorsi elettrici dell'avvolgimento 8 statorico. E' opportuno osservare che le due gambe 10 le cui estremità sono tra loro elettricamente collegate sono torte in versi opposti mediante rispettive doppie pieghe.

Come detto in precedenza, le barre 9 conformate ad "U" sono tutte uguali e quindi l'ampiezza delle cuspidi 11 delle barre 9 conformate ad "U" è uguale per tutte le barre 9 conformate ad "U". Come illustrato nella figura 7, per permettere la realizzazione dei previsti percorsi elettrici dell'avvolgimento 8 statorico nella parte dell'avvolgimento 8 statorico di ciascuna fase le estremità di almeno una coppia 17 di gambe 10 inizialmente non adiacenti sono ripiegate una verso l'altra fino a toccarsi per permettere un collegamento elettrico tra le due estremità stesse. Secondo una preferita forma di attuazione, le piegature 16

esterne di ciascuna coppia 17 di gambe 10 presentano una forma ad "U" (cioè presentano una ampiezza di circa 150°) ed orientamenti opposti in modo tale che le corrispondenti estremità delle gambe 10 si tocchino. Questo è reso possibile dal fatto che le gambe 10 di ciascuna coppia 17 di gambe 10 sono torte in versi opposti mediante rispettive doppie pieghe. Come illustrato nella figura 6, nell'avvolgimento 8 statorico illustrato nelle figure allegate, ciascuna fase comprende quattro coppie 17 di gambe 10 inizialmente non adiacenti che vengono ripiegate una verso l'altra fino a toccarsi e quindi complessivamente in tutto l'avvolgimento 8 statorico sono presenti dodici coppie 17 di gambe 10.

Come illustrato nella figura 9, per permettere la realizzazione dei previsti percorsi elettrici dell'avvolgimento 8 statorico nella parte dell'avvolgimento 8 statorico di ciascuna fase le estremità di almeno una coppia 18 di gambe 10 inizialmente non adiacenti sono tra loro elettricamente collegate mediante un ponte 19 di collegamento. Come illustrato nella figura 9, nell'avvolgimento 8 statorico illustrato nelle figure allegate ciascuna fase comprende due coppie 18 di gambe 10 e due corrispondenti ponti 19 di collegamento e quindi complessivamente in tutto l'avvolgimento 8 statorico sono presenti sei coppie 18 di gambe 10 e sei corrispondenti

ponti 19 di collegamento. Secondo una preferita forma di attuazione, ciascun ponte 19 di collegamento è costituito da una piastra piana che è disposta perpendicolarmente all'asse 3 centrale di rotazione, è conformata a "S", e presenta due sedi contrapposte che impegnano le rispettive estremità delle gambe 10 della coppia 18 di gambe 10. Inoltre, secondo una preferita forma di attuazione tutte le estremità delle coppie 17 di gambe 10 sono disposte ad uno stesso primo livello assiale e tutte le estremità delle coppie 18 di gambe 10 assieme ai corrispondenti ponti 19 di collegamento sono disposti ad uno stesso secondo livello assiale che è disposto sopra al primo livello assiale. Preferibilmente, tra il primo livello assiale ed il secondo livello assiale è interposto uno strato 20 isolante di materiale elettricamente isolante (tipicamente carta isolante "Nomex®") che separa le estremità delle gambe 10 delle coppie 17 di gambe 10 dalle estremità delle gambe 10 delle coppie 18 di gambe 10.

In altre parole, come detto in precedenza tutte le doppie pieghe delle gambe 8 presentano la stessa ampiezza pari, nella forma di attuazione illustrata nelle figure allegate, ad una distanza corrispondente a tre cave 7 di statore. Quindi normalmente il collegamento elettrico tra due estremità adiacenti di due gambe 10 avviene tra due gambe 10 distanti una dall'altra sei cave 7 di statore

(cioè con un salto di sei cave 7 di statore); tuttavia, ad ogni giro completo del nucleo 6 magnetico di statore è necessario che vi sia un salto di cinque cave 7 di statore (realizzato per le coppie 17 di gambe 10 mediante la piegatura ad "U" delle estremità) oppure un salto di sette cave 7 di statore (realizzato per le coppie 18 di gambe 10 mediante i ponti 19 di collegamento) in modo tale da seguire i percorsi elettrici dell'avvolgimento statorico.

Secondo quanto illustrato nella figura 11, le tre estremità di rispettive gambe 10 che costituiscono un centro-stella dell'avvolgimento 8 statorico sono tra loro elettricamente collegate mediante un ponte 21 di collegamento, il quale è costituito da una piastra piana che è disposta perpendicolarmente all'asse 3 centrale di rotazione ed è provvista di tre sedi che impegnano le rispettive estremità delle gambe 10. Come illustrato nella figura 11, nell'avvolgimento 8 statorico illustrato nelle figure allegate sono previsti due collegamenti a stella che sono a loro volta tra loro collegati in parallelo (come verrò meglio descritto in seguito). I due ponti 21 di collegamento sono disposti ad un terzo livello assiale che è disposto sopra al secondo livello assiale dei ponti 19 di collegamento. Preferibilmente, tra il secondo livello assiale ed il terzo livello assiale è interposto uno strato 22 isolante di materiale elettricamente isolante

Matteo MACCAGNAN
(Iscrizione Albo N.987/BM)

(tipicamente carta isolante "Nomex®") che separa i due ponti 21 di collegamento dai sei ponti 19 di collegamento.

Secondo quanto illustrato nelle figure 12-14, ciascun morsetto 14 di collegamento è elettricamente collegato alle due estremità di due gambe 10 che costituisce rispettivi terminali di un collegamento a stella dell'avvolgimento 8 statorico; in questo modo, ciascun morsetto 14 di collegamento realizza parte del collegamento in parallelo dei due collegamenti a stella dell'avvolgimento 8 statorico. Preferibilmente, ciascun morsetto 14 di collegamento è costituito da una piastra piana trasversale che è disposta perpendicolarmente all'asse 3 centrale di rotazione, collega tra loro le due estremità delle due corrispondenti gambe 10 e presenta due sedi che impegnano le estremità delle gambe 10 stesse, e da una piastra piana assiale che si eleva perpendicolarmente dalla piastra trasversale, è disposta parallelamente all'asse 3 centrale di rotazione, e viene utilizzata per il collegamento esterno della macchina 1 elettrica sincrona. Preferibilmente, le tre piastre trasversali dei tre morsetti 14 di collegamento sono disposte (impilate) una sull'altra in rispettivi quarti livelli assiali disposti sopra al terzo livello assiale. Preferibilmente, al di sotto delle piastre trasversali dei tre morsetti 14 di collegamento sono disposti tre rispettivi strati 23

isolante di materiale elettricamente isolante (tipicamente carta isolante "Nomex®") che separano il primo morsetto 14 di collegamento dai sottostanti due ponti 21 di collegamento e separano tra loro i tre morsetti 14 di collegamento.

Nella forma di attuazione illustrata nella figura 15, è inoltre prevista una pluralità di tegolini 24, ciascuno dei quali è realizzato in materiale plastico stampato (quindi in materiale elettricamente isolante), è appoggiato ad una superficie di base del nucleo 6 magnetico in corrispondenza del lato 13 di uscita, è disposto tra due cave 7 di statore successive, e presenta una forma che riproduce la curvatura delle piegature 15 interne delle doppie pieghe delle gambe 10 delle barre 9 conformate ad "U" in modo tale che le gambe 10 stesse si appoggino al tegolino 24.

Secondo quanto illustrato nella figura 17, ciascun tegolino 24 comprende una parete 25 esterna che è disposta all'esterno dell'avvolgimento 8 statorico e presenta una dimensione maggiore rispetto allo spazio presente tra due cave 7 di statore successive. Inoltre, ciascun tegolino 24 comprende un elemento 26 interno che è collegato di testa alla parete 25 esterna, si estende perpendicolarmente alla parete 25 esterna, e presenta una forma bombata ed una sezione trasversale a mezza-luna. La superficie 27

superiore dell'elemento 26 interno riproduce la curvatura delle piegature 15 interne delle doppie pieghe delle gambe 10 delle barre 9 conformate ad "U". Per seguire il contorno delle cave 7 di statore, l'elemento 26 interno di ciascun tegolino 24 presenta in pianta una forma trapezoidale che si rastrema verso il centro dello statore 5.

Preferibilmente, ciascun tegolino 24 viene disposto tra ciascuna coppia di cave 7 di statore successive prima di torcere le gambe 10 delle barre 9 conformate ad "U" che fuoriescono nel lato 13 di uscita del nucleo 6 magnetico; successivamente, le gambe 10 delle barre 9 conformate ad "U" che fuoriescono nel lato 13 di uscita del nucleo 6 magnetico vengono torte contro i tegolini 24 (cioè appoggiandosi alle superfici 27 superiori dei tegolini 24).

La macchina 1 elettrica sopra descritta presenta numerosi vantaggi.

In primo luogo, la macchina 1 elettrica sopra descritta è di semplice ed economica realizzazione, in quanto tutte le barre 9 conformate ad "U" presentano la stessa forma e le stesse dimensioni (in questo modo vengono grandemente semplificati sia la realizzazione delle barre 9 conformate ad "U", sia l'inserimento delle barre 9 conformate ad "U" nella cave 7 di statore in quanto tutte le barre 9 conformate ad "U" sono identiche e quindi equivalenti). Per potere realizzare i percorsi elettrici

Matteo MACCAGNAN
(Iscrizione Albo N.987/BM)

dell'avvolgimento 8 statorico, vengono utilizzate le particolari piegature delle estremità delle coppie 17 di gambe 10 ed i ponti 19 di collegamento tra le estremità delle coppie 18 di gambe 10; in questo modo, i percorsi elettrici dell'avvolgimento 8 statorico vengono realizzati in modo semplice, veloce, facilmente automatizzabile anche in presenza di barre 9 conformate ad "U" tutte uguali.

Inoltre, inserendo le barre 9 conformate ad "U" singolarmente (cioè una alla volta) nelle corrispondenti due cave 7 di statore è possibile ridurre le sollecitazioni a cui sono sottoposte le barre 9 conformate ad "U" durante l'inserimento evitando quindi possibili danneggiamenti allo smalto esterno isolante che ricopre le barre 9 conformate ad "U" stesse. Tale risultato viene ottenuto grazie al fatto che ciascuna barra 9 conformata ad "U" viene spinta singolarmente e quindi risulta possibile sia calibrare in modo preciso la massima forza di spinta esercitabile su ciascuna barra 9 conformata ad "U", sia applicare piccole correzioni alla direzione di spinta per tenere conto delle specificità di ogni barra 9 conformata ad "U". Invece, quando tutte le barre 9 conformate ad "U" vengono inserite insieme nelle cave 7 di statore, la spinta viene esercitata contemporaneamente su tutte le barre 9 conformate ad "U" e quindi è possibile che una o più barre 9 conformate ad "U" "sfortunate" siano sottoposte ad una spinta eccessiva (cioè

Matteo MACCAGNAN
(Iscrizione Albo N.987/BM)

troppo forte) e/o direzionata male che provoca il danneggiamento dello smalto esterno isolante che ricopre le barre 9 conformate ad "U" stesse.

Infine, la presenza dei tegolini 24 migliora la qualità delle piegature 15 interne delle doppie pieghe delle gambe 10, in quanto in corrispondenza di ciascuna piegatura 15 interna la gamba 10 viene piegata contro un rispettivo tegolino 24 che accompagna e guida la deformazione della gamba 10 grazie alla conformazione della propria superficie 27 superiore. Non meno importante, la presenza dei tegolini 24 evita che in corrispondenza delle piegature 15 interne delle doppie pieghe delle gambe 10 le gambe 10 possano accidentalmente arrivare a toccare il nucleo 6 magnetico di statore contro cui è facile danneggiare lo smalto esterno isolante che ricopre le barre 9 conformate ad "U".

R I V E N D I C A Z I O N I

1) Macchina (1) elettrica comprendente:

uno statore (5) comprendente un nucleo (6) magnetico attraversato longitudinalmente da una pluralità di cave (7) di statore; ed

un avvolgimento (8) statorico comprendente una serie di barre (9) rigide, le quali sono conformate ad "U" e sono inserite attraverso le cave (7) di statore definendo un lato (12) di ingresso, in cui si dispongono le cuspidi (11) delle barre (9) conformate ad "U", ed un lato (13) di uscita, in cui si dispongono le gambe (10) delle barre (9) conformate ad "U";

in cui le gambe (10) delle barre (9) conformate ad "U" che fuoriescono nel lato (13) di uscita del nucleo (6) magnetico sono torte mediante rispettive doppie pieghe, ciascuna delle quali comprende una piegatura (15) interna in una direzione ed una piegatura (16) esterna in una direzione opposta; ed

in cui le estremità delle gambe (10) delle barre (9) conformate ad "U" sono tra loro elettricamente collegate per costituire i percorsi elettrici dell'avvolgimento (8) statorico;

la macchina (1) elettrica è **caratterizzata dal fatto di comprendere** una pluralità di tegolini (24), ciascuno dei quali è appoggiato ad una superficie di base del nucleo (6)

Matteo MACCAGNAN
(Iscrizione Albo N.987/BM)

magnetico in corrispondenza del lato (13) di uscita, è disposto tra due cave (7) di statore successive, e presenta una forma che riproduce la curvatura delle piegature (15) interne delle doppie pieghe delle gambe (10) delle barre (9) conformate ad "U" in modo tale che le gambe (10) stesse si appoggino al tegolino (24).

2) Macchina (1) elettrica secondo la rivendicazione 1, in cui ciascun tegolino (24) comprende:

una parete (25) esterna che è disposta all'esterno dell'avvolgimento (8) statorico e presenta una dimensione maggiore rispetto allo spazio presente tra due cave (7) di statore successive; ed

un elemento (26) interno che è collegato di testa alla parete (25) esterna, si estende perpendicolarmente alla parete (25) esterna, e presenta una forma bombata ed una sezione trasversale a mezza-luna.

3) Macchina (1) elettrica secondo la rivendicazione 2, in cui l'elemento (26) interno di ciascun tegolino (24) presenta in pianta una forma trapezoidale che si rastrema verso il centro dello statore (5).

4) Macchina (1) elettrica secondo la rivendicazione 1, 2 o 3, in cui i tegolini (24) sono realizzati in materiale plastico elettricamente isolante.

5) Metodo di costruzione di una macchina (1) elettrica, la quale comprende:

Matteo MACCAGNAN
(Iscrizione Albo N.987/BM)

uno statore (5) comprendente un nucleo (6) magnetico attraversato longitudinalmente da una pluralità di cave (7) di statore; ed

un avvolgimento (8) statorico presentante un numero di fasi e comprendente una serie di barre (9) rigide, le quali sono conformate ad "U" e sono inserite attraverso le cave (7) di statore definendo un lato (12) di ingresso, in cui si dispongono le cuspidi (11) delle barre (9) conformate ad "U", ed un lato (13) di uscita, in cui si dispongono le gambe (10) delle barre (9) conformate ad "U";

il metodo di costruzione comprende le fasi di:

torcere le gambe (10) delle barre (9) conformate ad "U" che fuoriescono nel lato (13) di uscita del nucleo (6) magnetico mediante rispettive doppie pieghe, ciascuna delle quali comprende una piegatura (15) interna in una direzione ed una piegatura (16) esterna in una direzione opposta; e

collegare elettricamente le estremità delle gambe (10) delle barre (9) conformate ad "U" sono tra loro per costituire i percorsi elettrici dell'avvolgimento (8) statorico;

il metodo di costruzione è **caratterizzata dal fatto di** comprendere l'ulteriore fase di disporre tra ciascuna coppia di cave (7) di statore successive un corrispondente tegolino (24), il quale è appoggiato ad una superficie di base del nucleo (6) magnetico in corrispondenza del lato

Matteo MACCAGNAN
(Iscrizione Albo N.987/BM)

(13) di uscita, e presenta una forma che riproduce la curvatura delle piegature (15) interne delle doppie pieghe delle gambe (10) delle barre (9) conformate ad "U" in modo tale che le gambe (10) stesse si appoggino al tegolino (24).

6) Metodo di costruzione secondo la rivendicazione 5 e comprendente le ulteriori fasi di:

disporre i tegolini (24) tra le cave (7) di statore prima di torcere le gambe (10) delle barre (9) conformate ad "U" che fuoriescono nel lato (13) di uscita del nucleo (6) magnetico; e

torcere le gambe (10) delle barre (9) conformate ad "U" che fuoriescono nel lato (13) di uscita del nucleo (6) magnetico contro i tegolini (24).

p.i.: MAGNETI MARELLI S.P.A.

Matteo MACCAGNAN

Matteo MACCAGNAN
(Iscrizione Albo N.987/BM)

C L A I M S

1) An electric machine (1) comprising:

a stator (5) comprising a magnetic core (6) crossed longitudinally by a plurality of stator slots (7); and

a stator winding (8) comprising a series of rigid bars (9), which are "U" shaped and are inserted through the stator slots (7) defining an entry side (12) in which the cusps (11) of the "U" shaped bars (9) are placed, and an exit side (13), in which the legs (10) of the "U" shaped bars (9) are placed;

wherein the legs (10) of the "U" shaped bars (9) coming out of the exit side (13) of the magnetic core (6) are twisted through respective double folds, each of which comprises an internal fold (15) in one direction and an external fold (16) in the opposite direction; and

wherein the ends of the legs (10) of the "U" shaped bars (9) are electrically connected to each other to form electrical paths of the stator winding (8);

the electric machine (1) is **characterized in that** it comprises a plurality of tiles (24), each of which rests on a base surface of the magnetic core (6) in correspondence of the exit side (13), is placed between two successive stator slots (7), and has a shape that mimics the curvature of the internal fold (15) of the double folds of the legs (10) of the "U" shaped bars (9) so that the legs (10) rest on the

tile(24).

2) An electric machine (1) according to claim 1, wherein each tile (24) comprises:

an external wall (25) which is placed outside the stator winding (8) and has a dimension greater than the space between two successive stator slots (7); and

an internal element (26) which is connected by the head to the top of the external wall (25), extends perpendicular to the external wall (25), and has a rounded shape and an half-moon cross-section.

3) An electric machine (1) according to claim 2, wherein the internal element (26) of each tile (24) has, in plant, a trapezoidal shape that tapers towards the center of the stator (5).

4) An electric machine (1) according to claim 1, 2 or 3, wherein the tile (24) are made of electrically insulating plastic material.

5) A method of construction of an electric machine (1), which comprises:

a stator (5) comprising a magnetic core (6) crossed longitudinally by a plurality of stator slots (7); and

a stator winding (8) presenting a number of phases and comprising a series of rigid bars (9) which are "U" shaped and are inserted through the stator slots (7) defining an entry side (12) in which the cusps (11) of the "U" shaped

bars (9) are placed, and an exit side (13), in which the legs (10) of the "U" shaped bars (9) are placed;

the method of construction comprises the following steps:

twisting the legs (10) of the "U" shaped bars (9) coming out of the exit side (13) of the magnetic core (6) through respective double folds, each of which comprises an internal fold (15) in one direction and an external fold (16) in the opposite direction; and

electrically connecting the ends of the legs (10) of the "U" shaped bars (9) to each other to form electrical paths of the stator winding (8);

the method of construction is **characterized in that** it comprises the additional step of placing between each pair of successive stator slots (7) a corresponding tile (24), which rests on a base surface of the magnetic core (6) in correspondence of the exit side (13) and has a shape that mimics the curvature of the internal folds (15) of the double folds of the legs (10) of the "U" shaped bars (9) so that the legs (10) rest against the tile (24).

6) A method of construction according to claim 5 and comprising the additional steps of:

arranging the tiles (24) between the stator slots (7) before twisting the legs (10) of the "U" shaped bars (9) coming out of the exit side (13) of the magnetic core (6); and

twisting the legs (10) of the "U" shaped bars (9) coming out of the exit side (13) of the magnetic core (6) against the tiles (24).

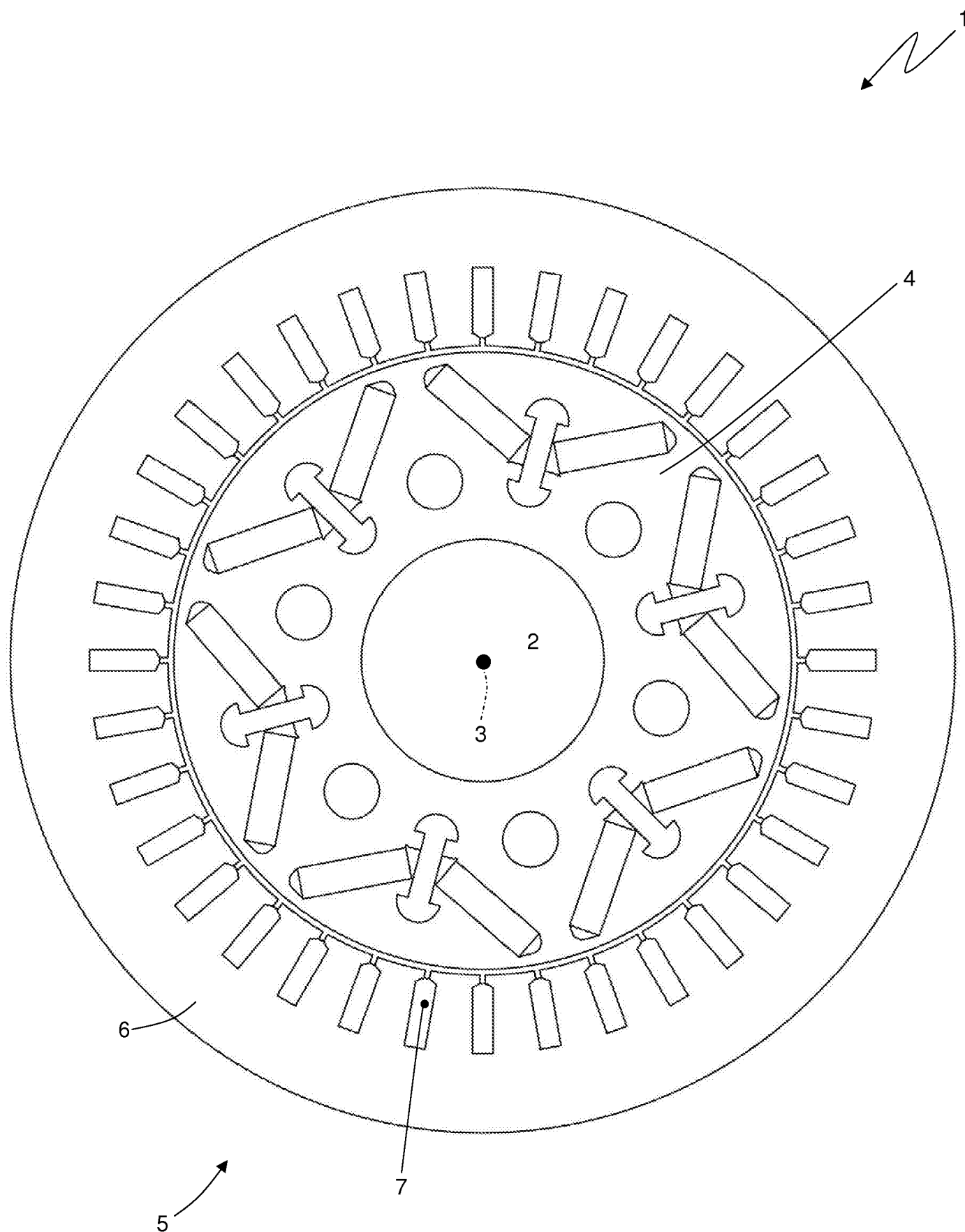


Fig. 1

p.i.: MAGNETI MARELLI S.P.A.

Matteo MACCAGNAN
(Iscrizione Albo N.987/BM)

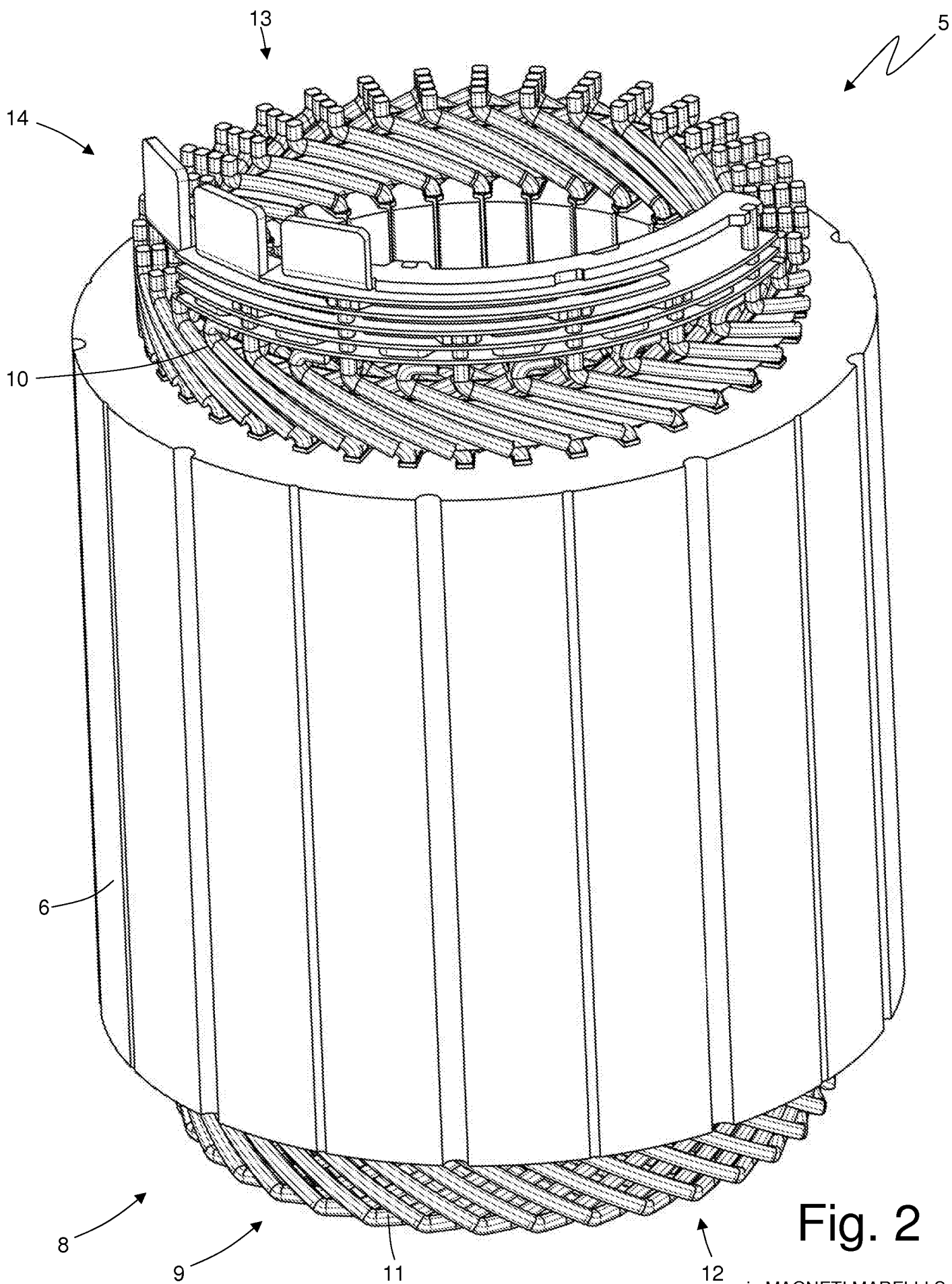


Fig. 2

p.i.: MAGNETI MARELLI S.P.A.
Matteo MACCAGNAN
(Iscrizione Albo N.987/BM)

9 →

10

11

10

Fig. 3

p.i.: MAGNETI MARELLI S.P.A.
Matteo MACCAGNAN
(Iscrizione Albo N.987/BM)

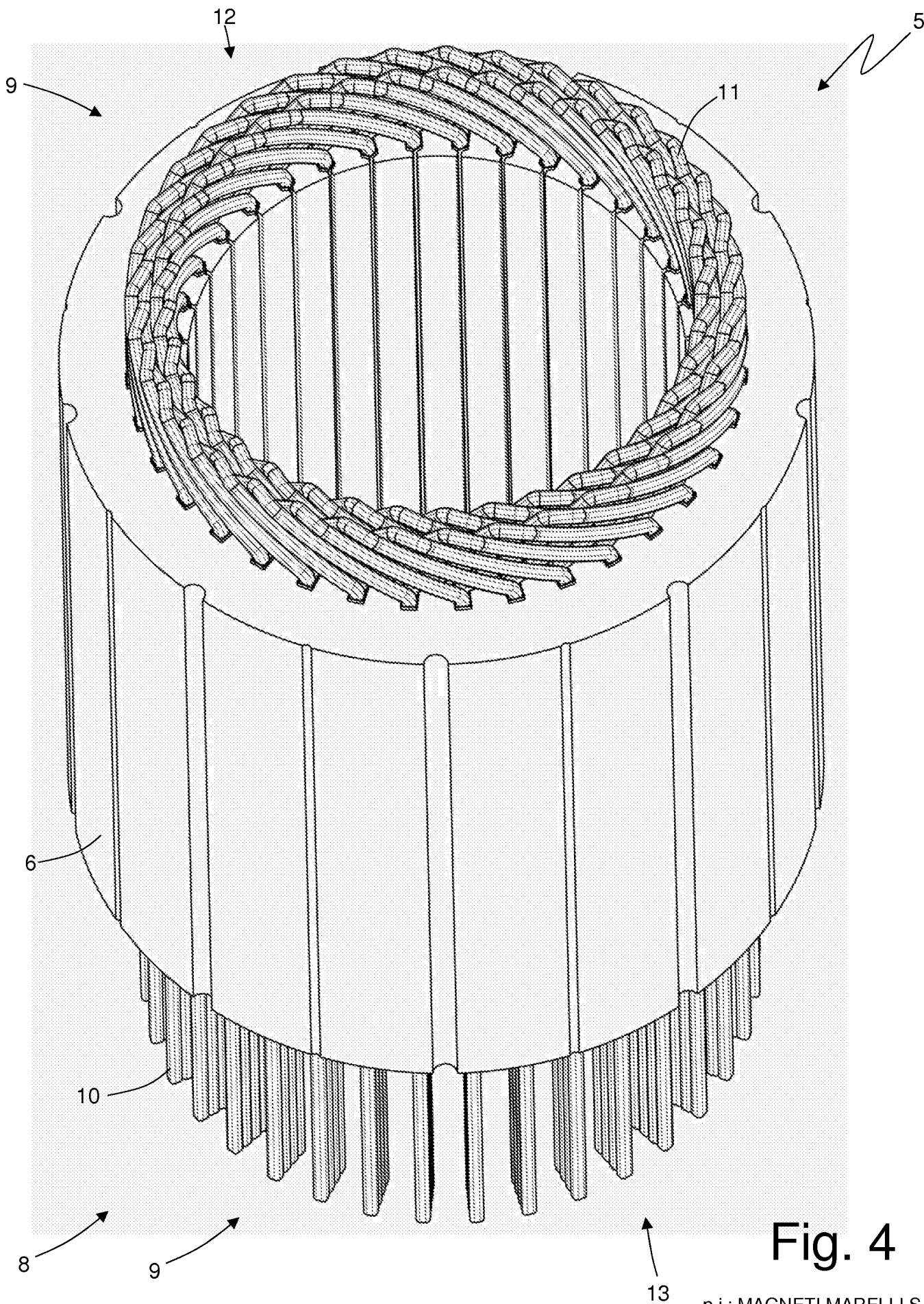


Fig. 4

p.i.: MAGNETI MARELLI S.P.A.
 Matteo MACCAGNAN
 (Iscrizione Albo N.987/BM)

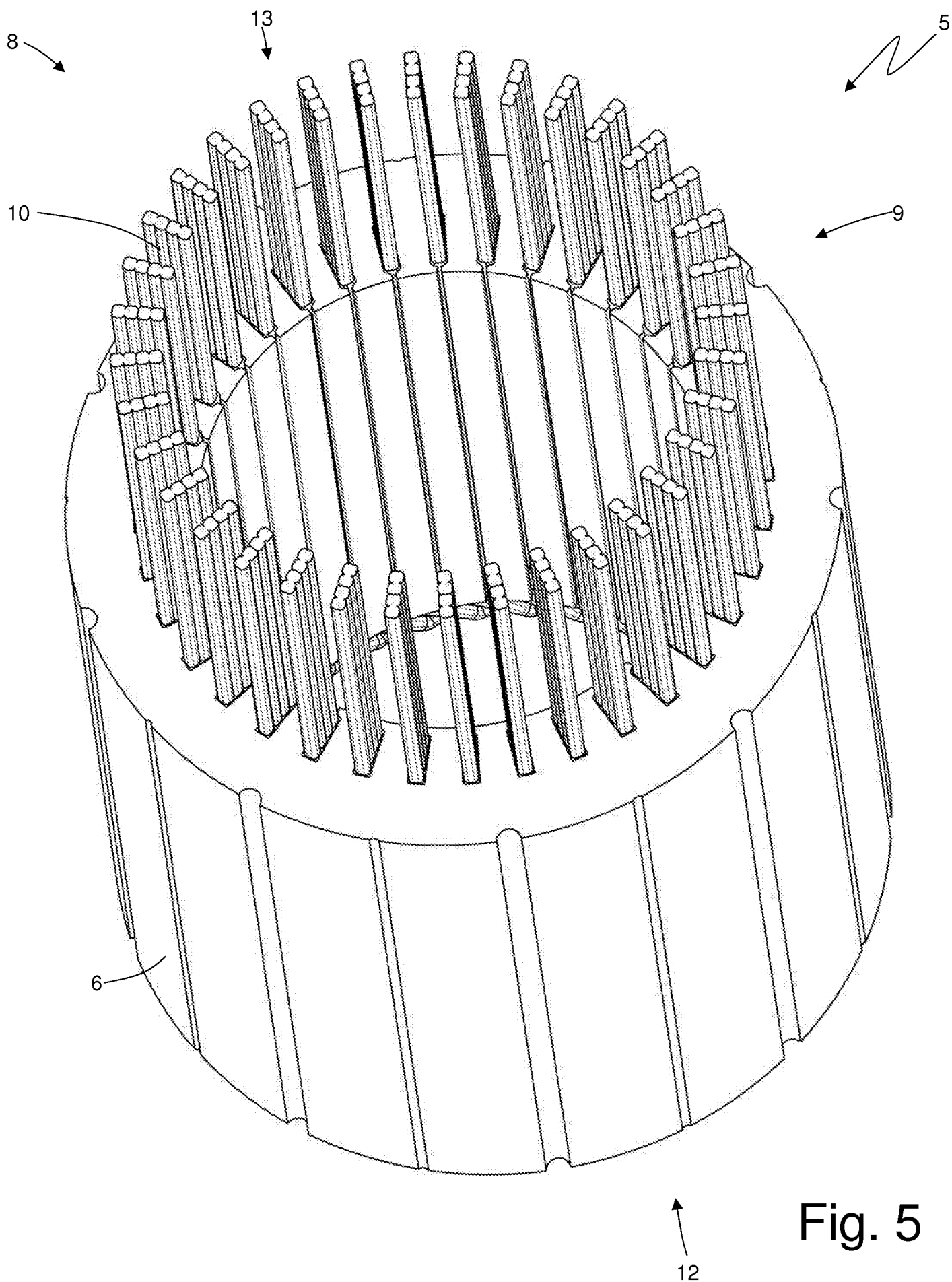


Fig. 5

p.i.: MAGNETI MARELLI S.P.A.
 Matteo MACCAGNAN
 (Iscrizione Albo N.987/BM)

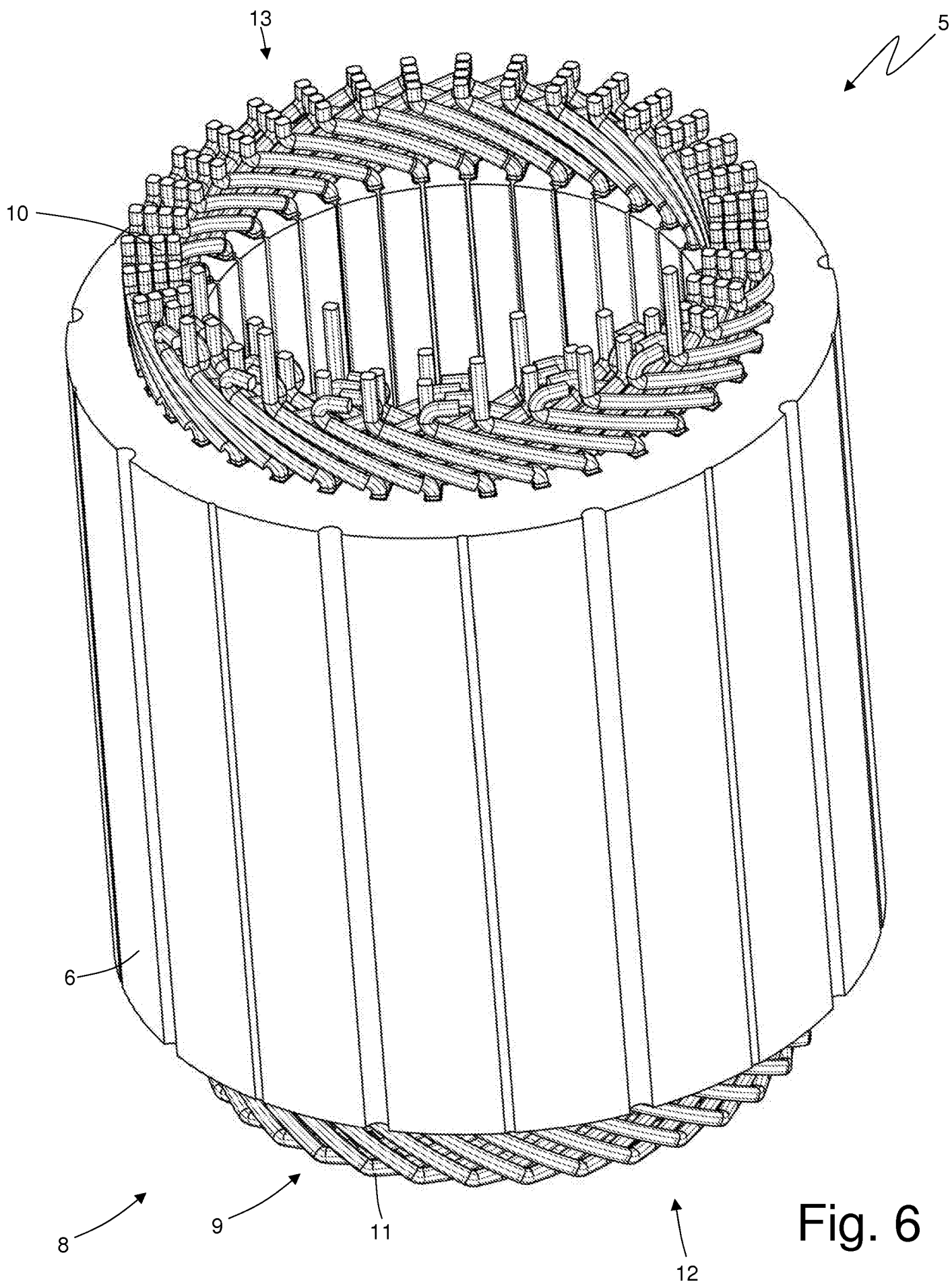
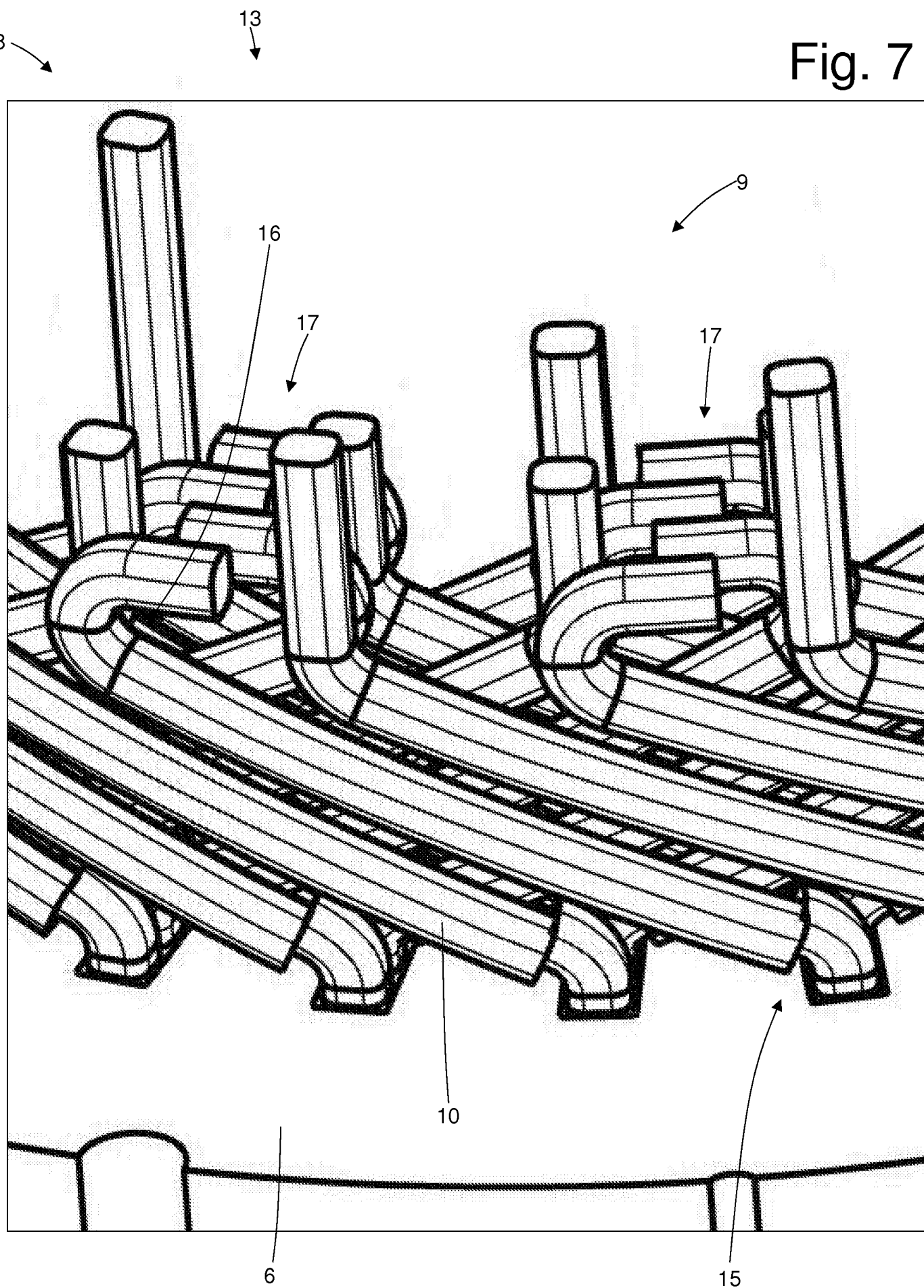


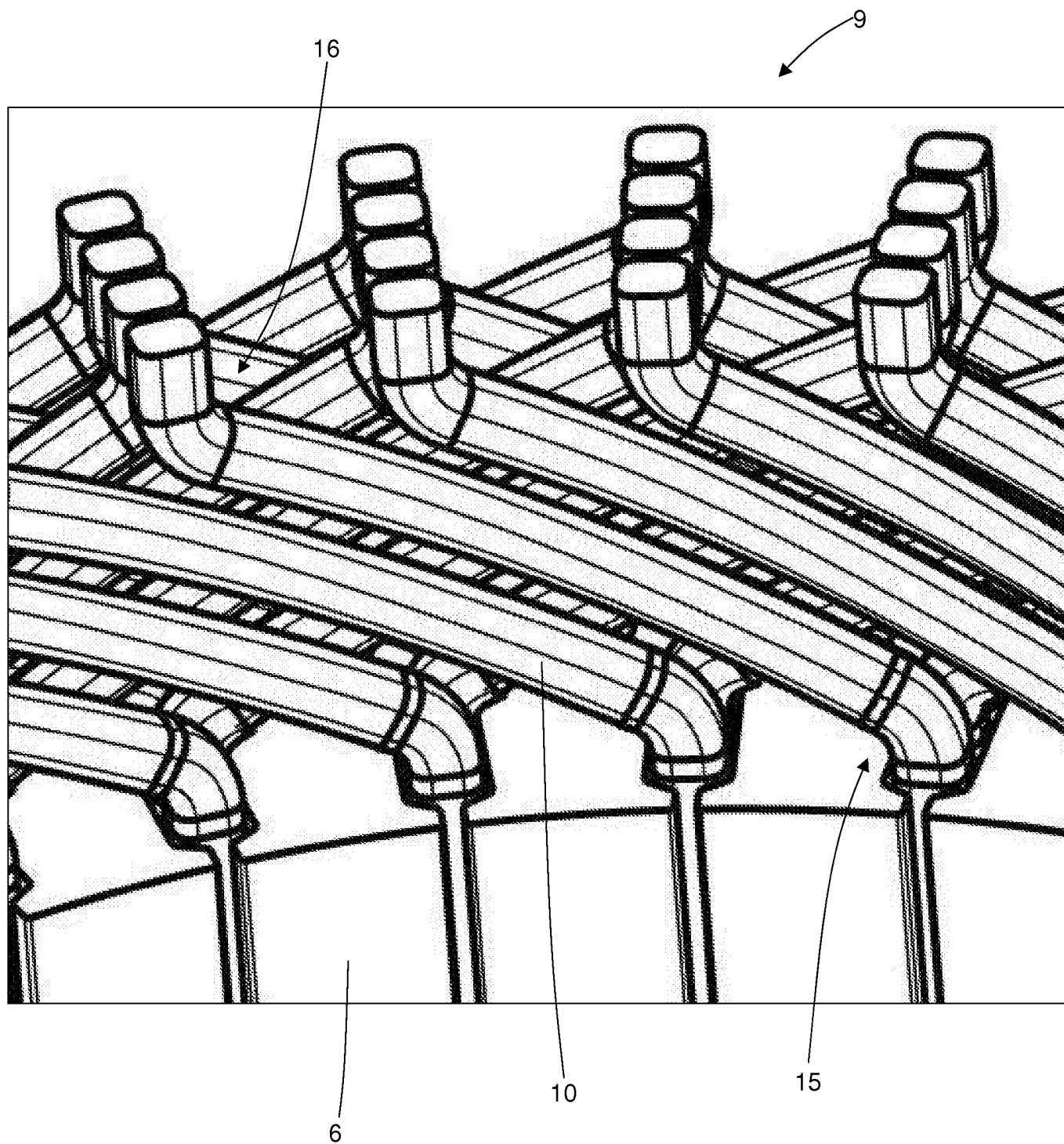
Fig. 6

p.i.: MAGNETI MARELLI S.P.A.
 Matteo MACCAGNAN
 (Iscrizione Albo N.987/BM)

Fig. 7



8 13 Fig. 8



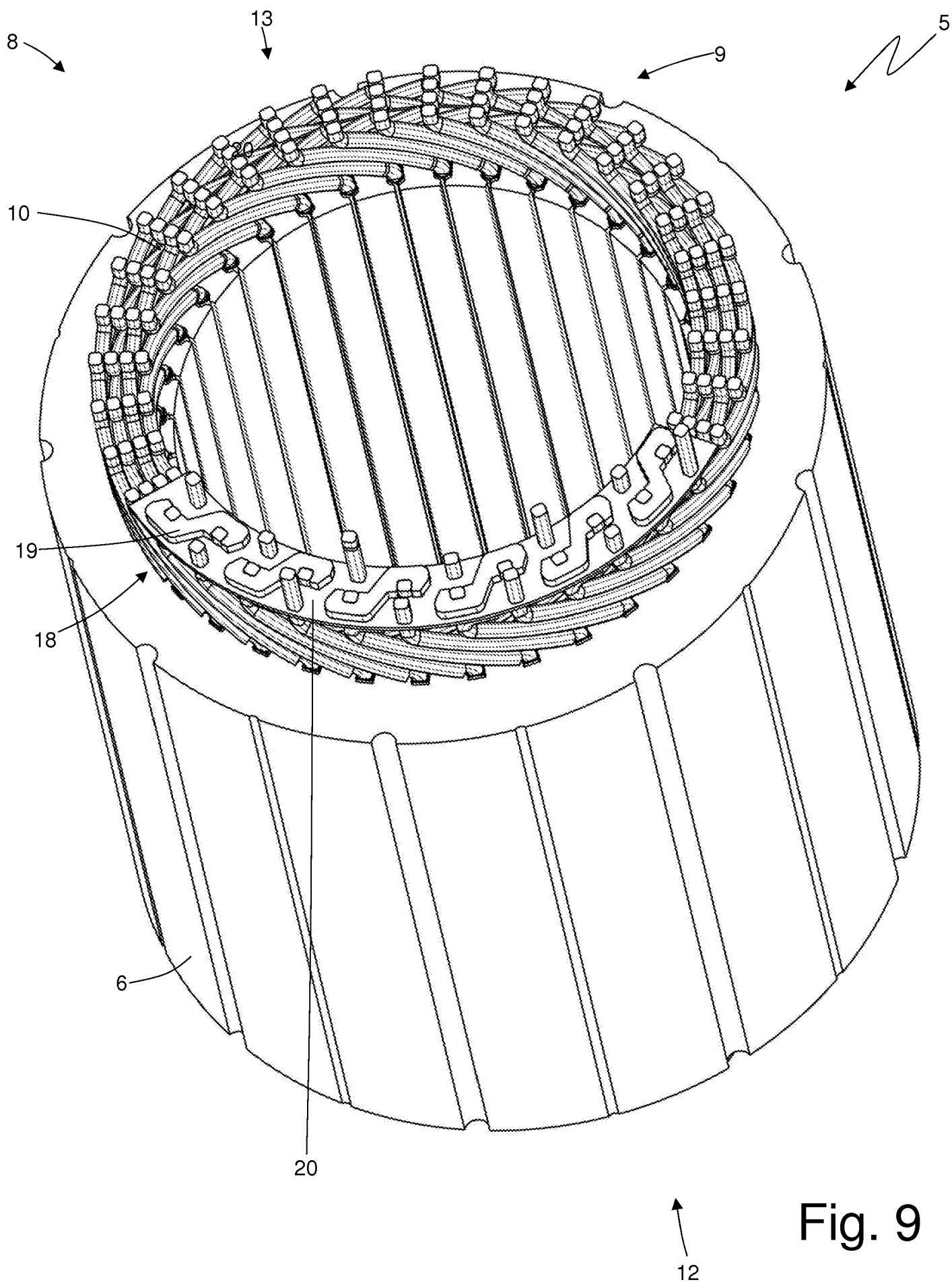


Fig. 9

p.i.: MAGNETI MARELLI S.P.A.
 Matteo MACCAGNAN
 (Iscrizione Albo N.987/BM)

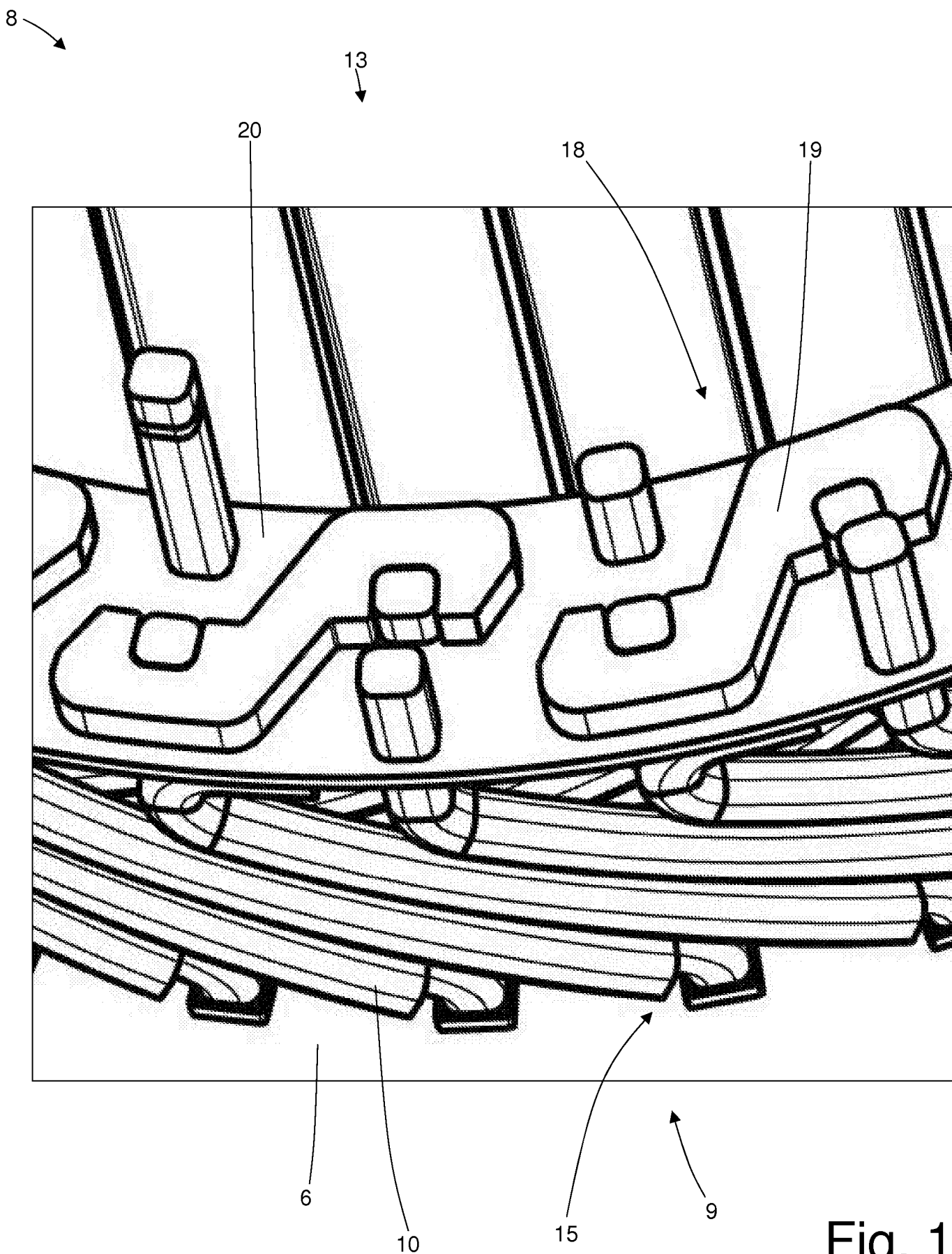


Fig. 10

p.i.: MAGNETI MARELLI S.P.A.
 Matteo MACCAGNAN
 (Iscrizione Albo N.987/BM)

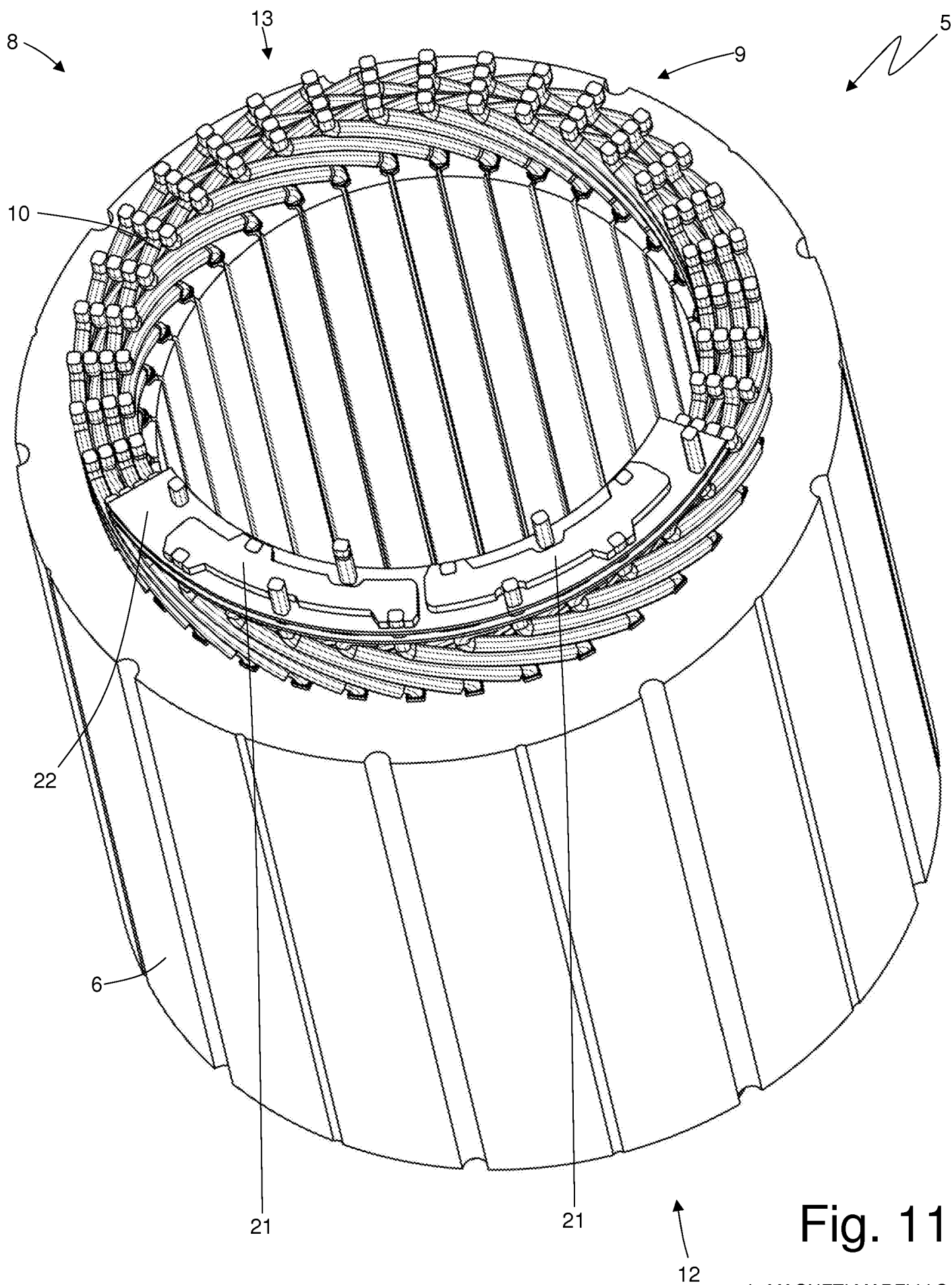


Fig. 11

p.i.: MAGNETI MARELLI S.P.A.
 Matteo MACCAGNAN
 (Iscrizione Albo N.987/BM)

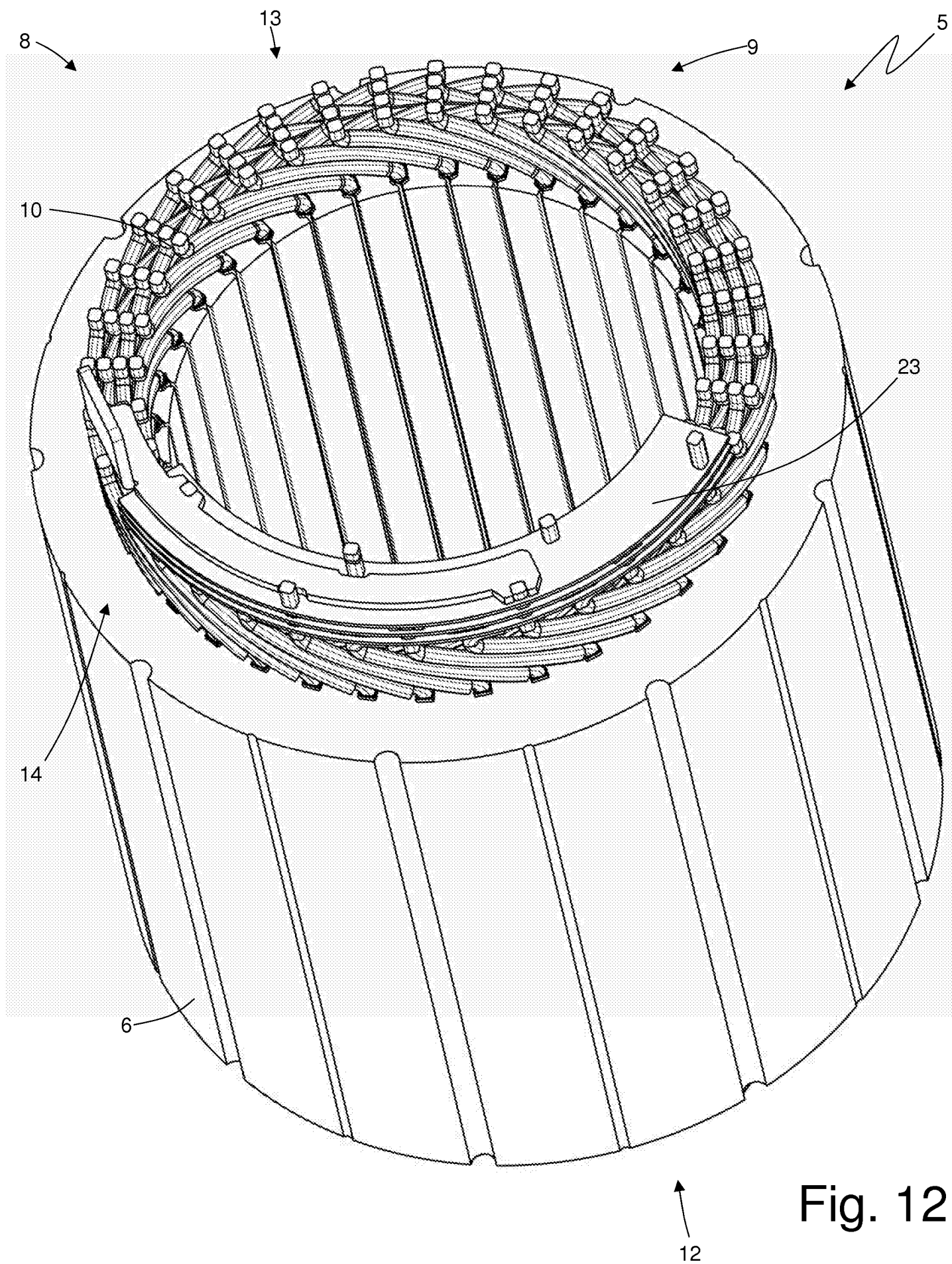


Fig. 12

p.i.: MAGNETI MARELLI S.P.A.
Matteo MACCAGNAN
(Iscrizione Albo N.987/BM)

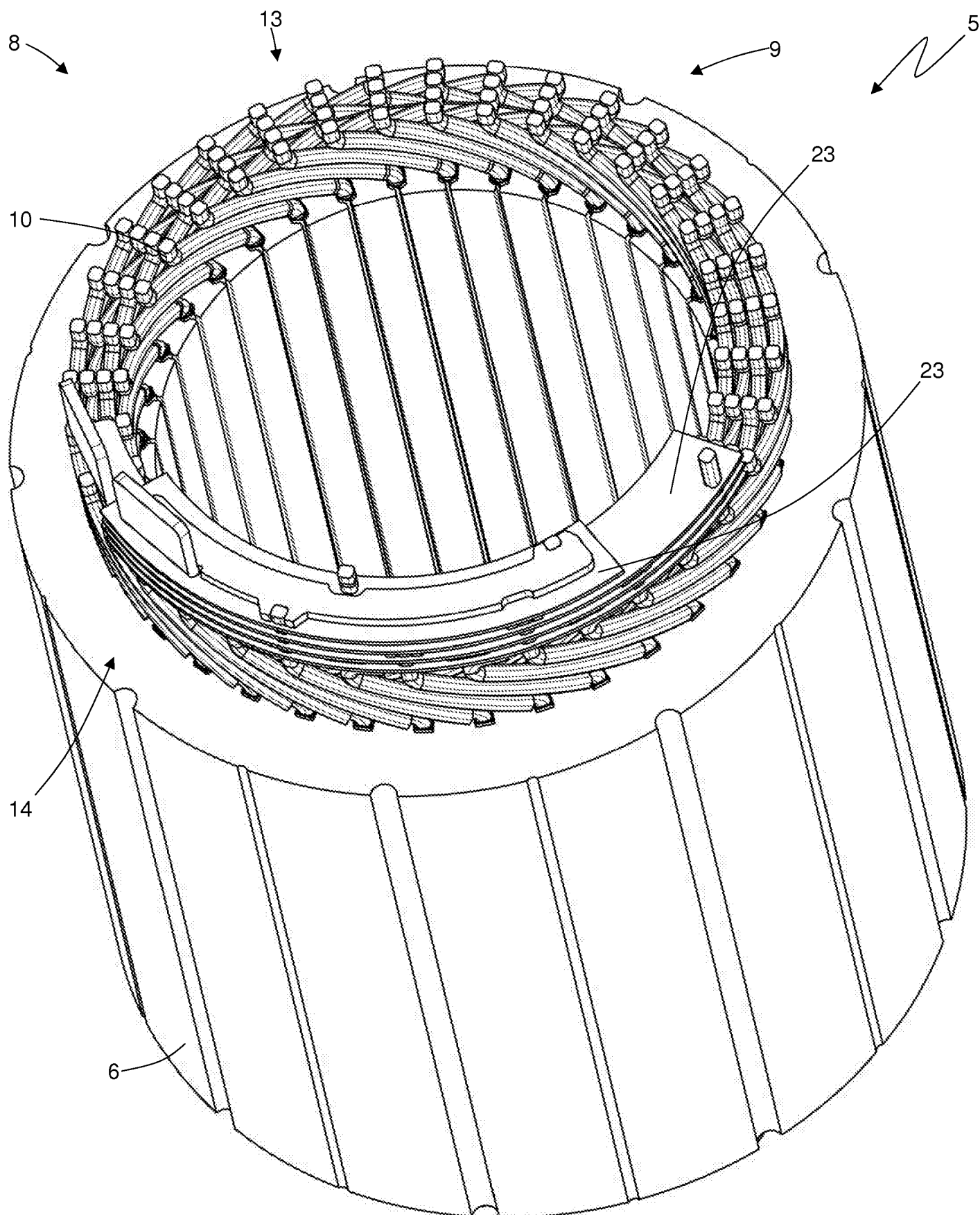


Fig. 13

p.i.: MAGNETI MARELLI S.P.A.
Matteo MACCAGNAN
(Iscrizione Albo N.987/BM)

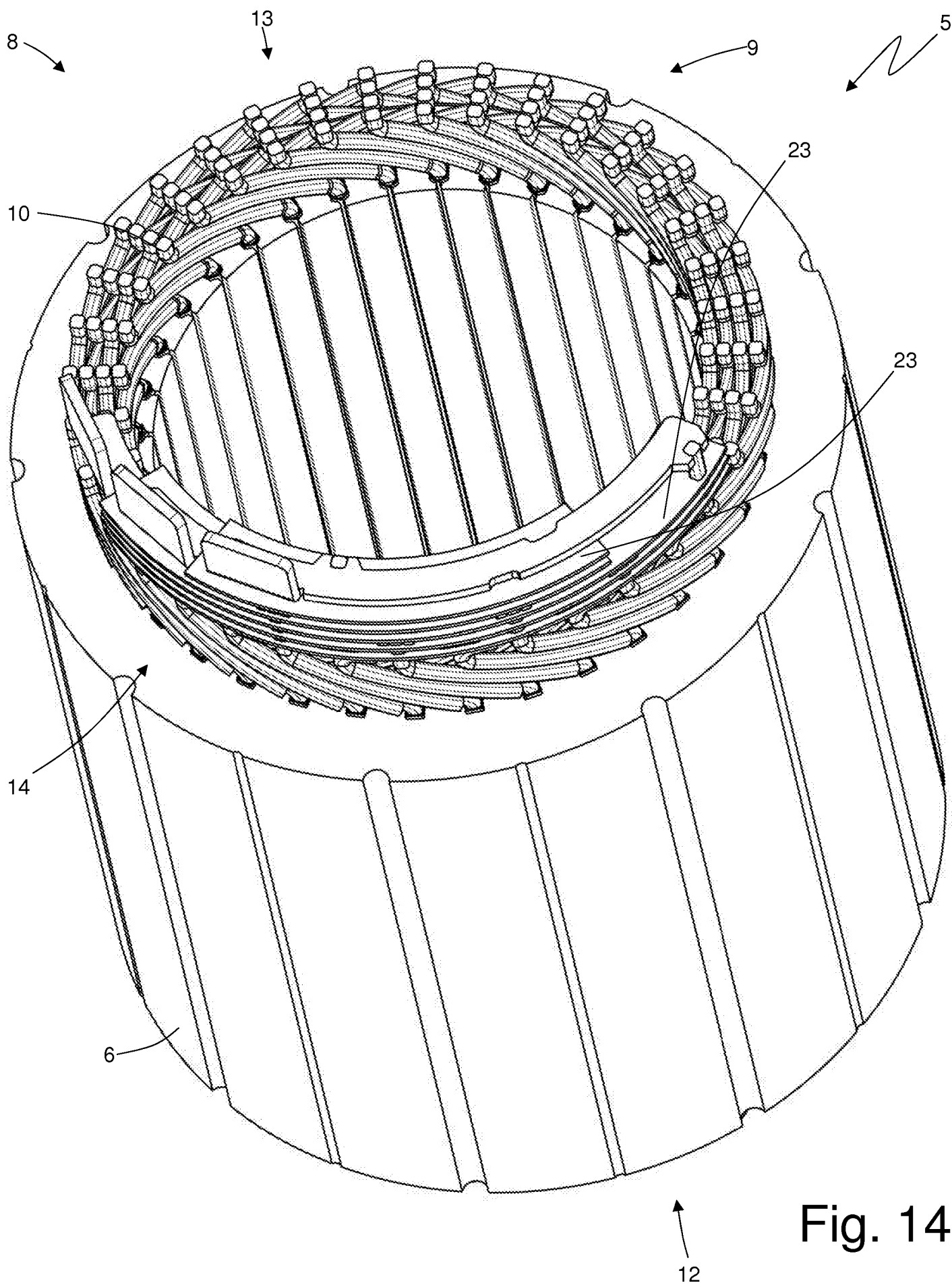


Fig. 14

p.i.: MAGNETI MARELLI S.P.A.
 Matteo MACCAGNAN
 (Iscrizione Albo N.987/BM)

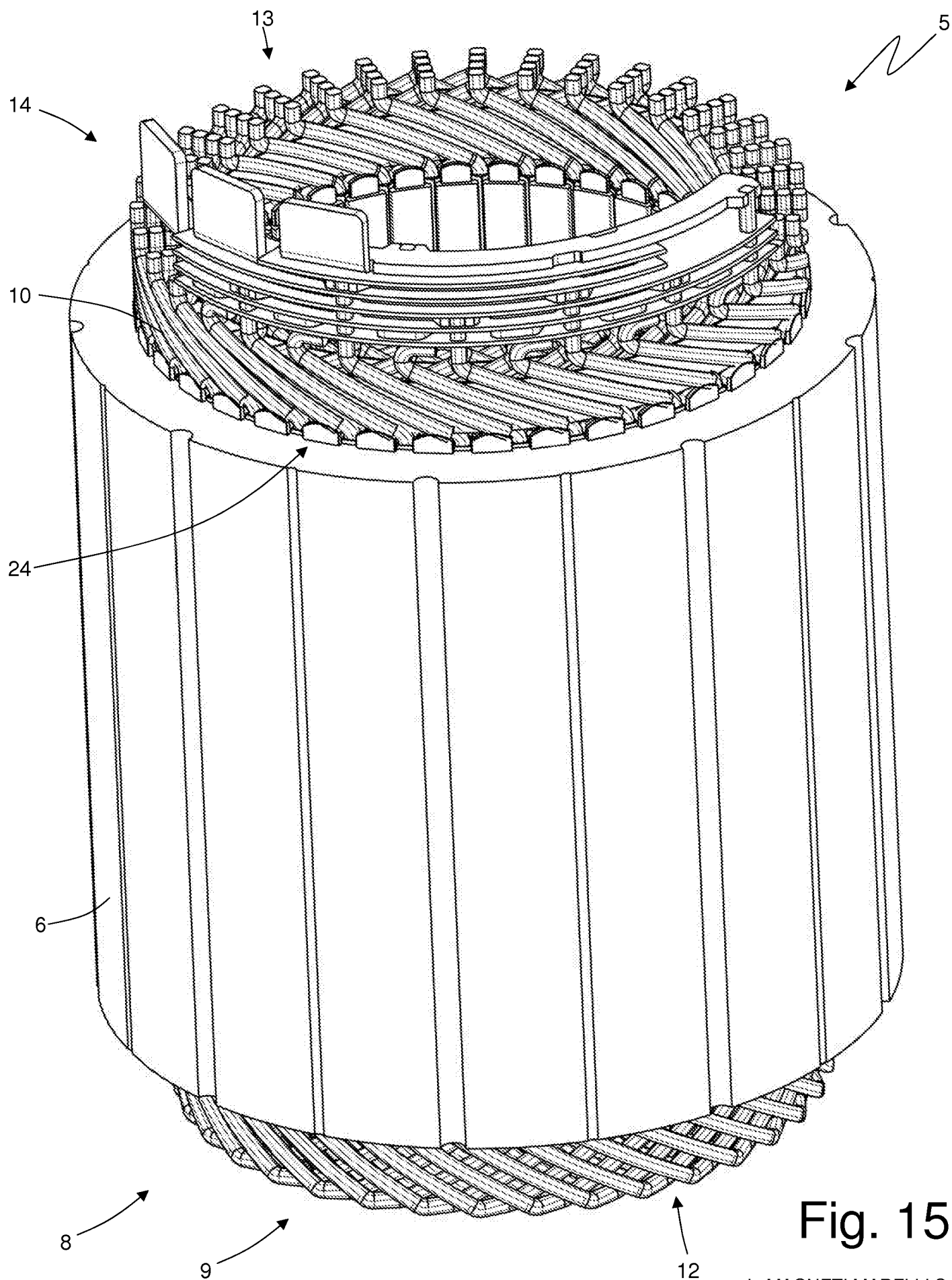


Fig. 15

p.i.: MAGNETI MARELLI S.P.A.
 Matteo MACCAGNAN
 (Iscrizione Albo N.987/BM)

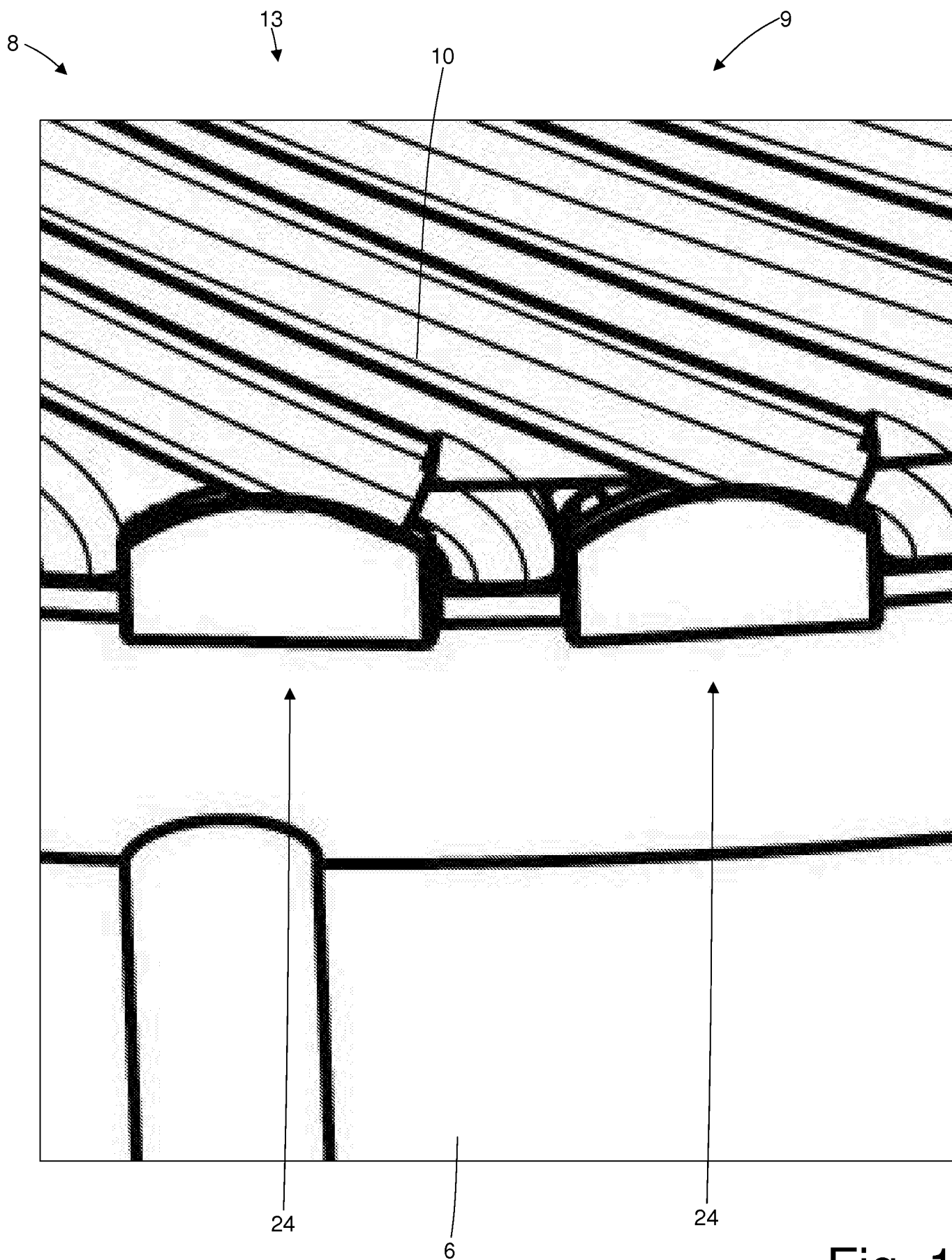


Fig. 16

p.i.: MAGNETI MARELLI S.P.A.
Matteo MACCAGNAN
(Iscrizione Albo N.987/BM)

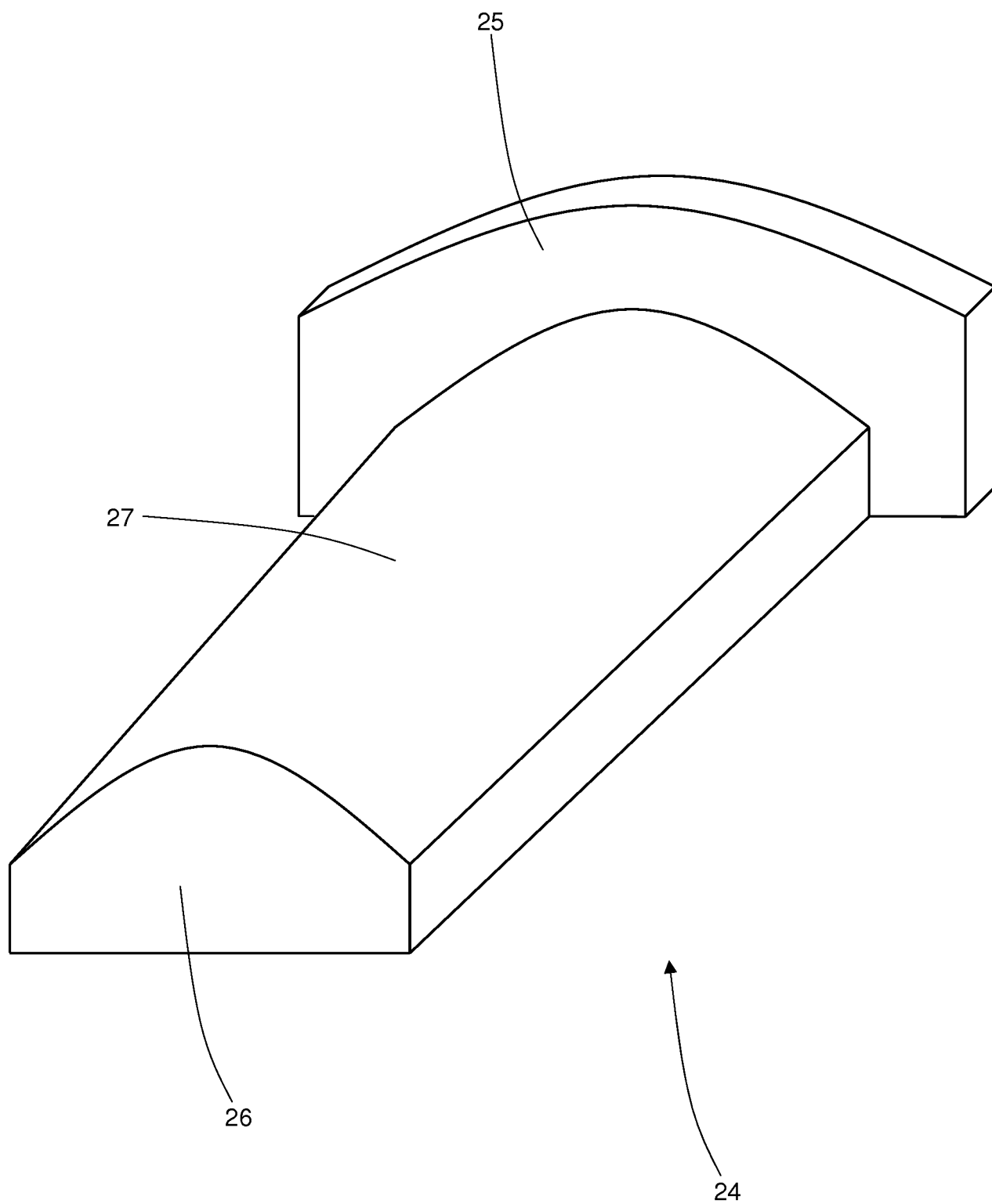


Fig. 17

p.i.: MAGNETI MARELLI S.P.A.
Matteo MACCAGNAN
(Iscrizione Albo N.987/BM)