

**4.**

**Esperienze applicative di TRIZ nelle imprese  
milanesi**

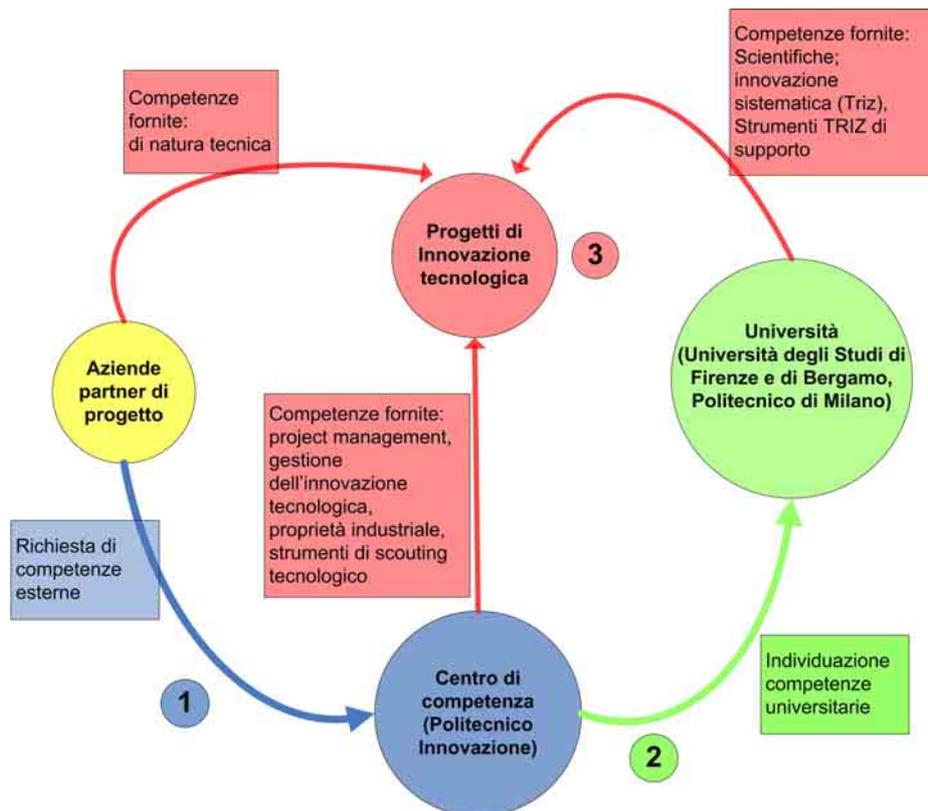
## **4.1 Il modello applicato**

*Marco Baccan*

Come già descritto, il progetto esposto in questo documento prevedeva una fase applicativa nella quale si offriva la possibilità alle 9 aziende coinvolte di applicare la metodologia TRIZ direttamente su casi reali da esse stesse proposti.

Il modello applicato per introdurre la metodologia TRIZ nelle aziende (*vedi Figura 4.1.1*), prevede un progetto di innovazione tecnologica proposto dalle aziende, un “Centro di competenze” - rappresentato da Politecnico Innovazione - e un bacino di competenze rappresentato dalle università e dagli Enti pubblici di ricerca (EPR).

Per attuare i progetti di innovazione tecnologica le aziende hanno fornito le competenze tecniche interne, Politecnico Innovazione ha fornito direttamente le competenze in project management, in gestione dell'innovazione, in proprietà industriale e in *scouting* tecnologici. Politecnico Innovazione ha anche individuato le competenze universitarie necessarie all'azienda per attuare i progetti. Nel progetto “TRIZ –Innovazione sistematica per le PMI” si sono utilizzate le competenze del Politecnico di Milano e delle Università degli Studi di Firenze e Bergamo.



**Figura 4.1.1: Modello applicato nel progetto "TRIZ - Innovazione sistematica per le Pmi lombarde"**

I progetti sono stati articolati nelle seguenti attività:

- formazione dei tecnici aziendali: si è realizzato un corso base strutturato in due giorni di aula e un giorno di formazione a distanza con l'obiettivo di introdurre la filosofia su cui si fonda la teoria TRIZ e i principali strumenti affinché i tecnici aziendali e gli esperti TRIZ accademici potessero lavorare parlando la stessa "lingua". Durante la fase sperimentale in occasione della presentazione dei risultati intermedi degli studi si sono organizzati dei seminari volti ad approfondire temi specifici sulla metodologia TRIZ non trattati nel corso di formazione e su altri strumenti di innovazione;
- formalizzazione del problema tecnico: è stata prevista la redazione congiunta di un documento da parte del gruppo di ricerca e dei referenti aziendali nel quale è stato definito esaurientemente il problema da affrontare nel progetto;

- indagine sullo stato dell'arte relativo al tema oggetto di studio, con particolare attenzione dedicata ad eventuali soluzioni alternative individuate nello specifico settore tecnico ed industriale. In generale tale attività è stata condotta preliminarmente e successivamente alla fase di generazione delle idee. In taluni progetti i Gruppi di ricerca universitari hanno preferito non condurre una ricerca brevettuale prima della generazione di idee per evitare di creare delle inerzie psicologiche che avrebbero potuto limitare il percorso creativo dei ricercatori;
- analisi del problema e formulazione di ipotesi di possibili soluzioni. Tra i molteplici strumenti della metodologia TRIZ sono stati utilizzati quelli ritenuti più adatti ed adeguati ad affrontare e risolvere il problema tecnico evidenziato. Grazie all'applicazione di questi strumenti è stato generato un ventaglio di potenziali soluzioni concettuali;
- validazione delle proposte di soluzione: le potenziali soluzioni sono state analizzate e classificate in modo da ottenere un ranking delle migliori soluzioni; questa classificazione è stata condotta in collaborazione con le aziende tenendo conto dei diversi vincoli delle specifiche di progetto;
- stesura del documento conclusivo: i prodotti di ogni attività sono stati raccolti in un documento finale completo dei risultati e delle attività per ottenerli.

Il risultato del rapporto di collaborazione è stato quindi un documento finale che presentava le potenziali soluzioni al problema evidenziato così distinte:

- indicazioni per soluzioni innovative di più ampio respiro, che mirano a fornire soluzioni al problema in termini più generali, svincolandosi dalle architetture e dalle soluzioni tecniche attualmente impiegate;
- indicazioni per una o più soluzioni mirate che rispettano e si adattano ai vincoli del problema, cercando di venire incontro alle esigenze espresse dai referenti aziendali e limitando gli interventi all'architettura ed alla composizione del sistema attuale.

In questo modo si è ritenuto di poter rispondere alla duplice esigenza di fornire delle soluzioni tecniche concrete e facilmente ingegnerizzabili e nel contempo di presentare un processo strutturato con cui affrontare e definire i problemi, finalizzato a superare le soluzioni tecniche attuali e ad aiutare a ragionare sul problema ad un livello di astrazione più elevato.

## 4.2 I progetti presentati

<b>TITOLO PROGETTO:</b>	<b>Studio di bielle componibili per motori endotermici</b>
<b>AZIENDA PROPONENTE:</b>	<b>SCAM – Realizzazione e progettazione motori Srl</b> Via F.lli Rosselli, 27 20027 Rescaldina (MI) www.scam-srl.it
<b>COMPETENZE TRIZ UTILIZZATE:</b>	<b>Università degli Studi di Firenze – Dipartimento di Meccanica e Tecnologie Industriali</b>

### **DESCRIZIONE ESIGENZA**

La Scam Srl, azienda con 58 dipendenti e 7,5 milioni di euro di fatturato, è attiva nel settore automotive. Progetta e realizza componenti per motori ad alte prestazioni, in particolare alberi distribuzione, alberi motore, bielle, coprendo l'intero range da piccoli motori 2 tempi a motori pluricilindrici 4 tempi.

Il livello tecnologico dei componenti realizzato è del tutto allineato con lo stato dell'arte del settore e l'azienda è alla continua ricerca di miglioramenti per la propria produzione.

Una biella componibile per motori endotermici è composta da tre sottoinsiemi (*Figura 4.2.1*): dal fusto, recante ad una estremità un foro chiamato occhio piccolo, dal cappello - che insieme al fusto forma l'occhio grande - e da due viti per il serraggio del cappello al fusto.

La biella ha la funzione di collegare rigidamente un organo meccanico dotato di moto rettilineo alterno (pistone) ad un altro organo meccanico dotato invece di un moto rotatorio (albero motore); le sollecitazioni a cui la biella è sottoposta sono affaticanti di tipo alternato, dovute alle forze di inerzia e alla pressione dei gas nella camera di combustione; anche le viti, nella loro disposizione tradizionale, sono sottoposte ad un carico affaticante alternato a valor medio non nullo (sempre in trazione), e sono state identificate come il punto più debole del sistema biella.

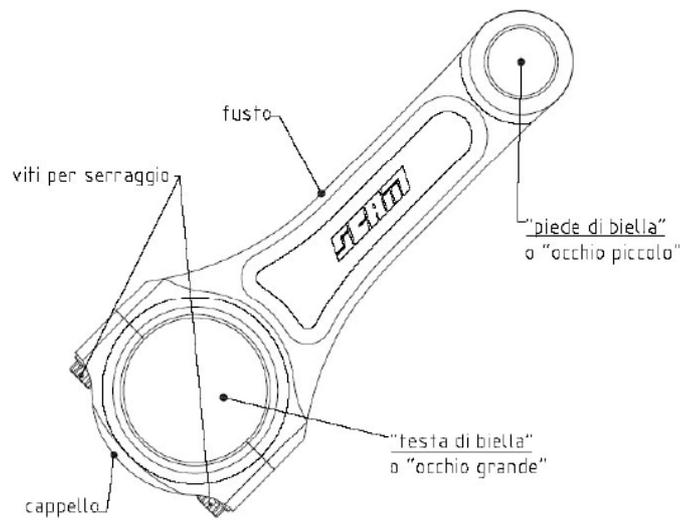


Figura 4.2.1: Biella componibile per motori endotermici

L'evoluzione tecnologica degli ultimi anni ha portato all'introduzione di nuovi materiali per le viti di serraggio della testa di biella, tali da garantire una minore fragilità rispetto al passato. Il progetto ha l'obiettivo di studiare soluzioni innovative per bielle componibili per motori endotermici.

<b>TITOLO PROGETTO:</b>	<b>Semplificazione di sistemi di montaggio di GRU a torre per l'edilizia</b>
<b>AZIENDA PROPONENTE:</b>	<b>Carlo Raimondi Gru Spa</b> Corso Garibaldi 253 20025 Legnano (Mi) www.raimondigru.it
<b>COMPETENZE TRIZ UTILIZZATE:</b>	<b>Università degli Studi di Bergamo –</b> Dipartimento di Ingegneria Industriale

#### **DESCRIZIONE ESIGENZA**

La Carlo Raimondi Gru Spa, azienda con 50 dipendenti e circa 40 milioni di euro di fatturato, progetta, fabbrica e commercializza gru a torre per il settore edilizio. Le diverse tipologie di gru che vengono vendute ad oggi si differenziano principalmente per altezza, portata massima e lunghezza del braccio, e si caratterizzano per velocità di rotazione dello stesso e potenza degli argani di sollevamento.

Una gru a torre è composta da un basamento zavorrato, una torre a traliccio su cui poggiano e ruotano un braccio (elemento a cui vengono appesi i carichi) ed una contro freccia che bilancia gli sforzi sulla torre. Ad eccezione di alcuni modelli di recente concezione detti “topless”, la torre è sovrastata da un altro elemento denominato cuspidi che collega con dei tiranti il braccio alla controfreccia.

Il prodotto gru si differenzia notevolmente da una casa produttrice all'altra per il sistema di montaggio e messa in opera. Date le notevoli dimensioni che si possono raggiungere (più di 100 metri d'altezza e 80 di braccio) e i vincoli di diversa natura che possono limitare lo spazio a disposizione, infatti, le operazioni di montaggio sono oggetto di ricerca.

Per questo motivo, nel contesto del progetto l'attenzione è stata posta sui dispositivi della gru coinvolti nelle operazioni montaggio, al fine di modificarli per ottenere una procedura più semplice, veloce e con costi minori.

Si è deciso di concentrare l'attenzione su una specifica tipologia di gru senza cuspidi denominate “topless” (*Figura 4.2.2*).

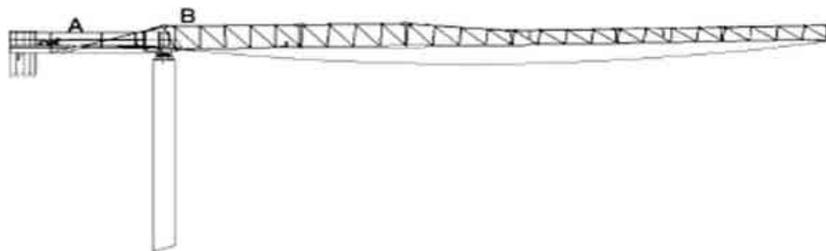


Figura 4.2.2 Gru Topless: (A) Controfreccia e (B) Freccia

La sequenza di montaggio delle gru “topless” può essere sintetizzata nei passi seguenti:

- posizionamento del basamento;
- montaggio in successione dei moduli della torre;
- montaggio della controfreccia e della relativa zavorra;
- montaggio della cuspidi;
- collegamento del braccio in posizione inclinata e allacciamento dei tiranti;
- posizionamento finale del braccio.

Il sottosistema ritenuto di maggior interesse dall'azienda è comunemente denominato Freccia ed ha il compito di sollevare e movimentare il carico. Quando possibile, la freccia viene pre-assemblata interamente a terra il più possibile vicino alla gru, vengono eseguite tutte le giunzioni e opportunamente predisposta viene sollevata ed agganciata alla controfreccia. La procedura richiede l'utilizzo di un'autogrù per il posizionamento dei moduli della gru, con considerevoli oneri in termini sia economici sia di autonomia nel montaggio.

Quindi, il problema proposto dall'azienda ha riguardato la fase di montaggio di tale sottosistema. L'obiettivo consisteva nel modificare la freccia e/o processo di montaggio eliminando l'impiego di autogrù e rendendo il processo più rapido ed economico.

<b>TITOLO PROGETTO:</b>	<b>Ottimizzazione del processo di deposizione di materiale d'apporto</b>
<b>AZIENDA PROPONENTE:</b>	<b>RT Valvole industriali Srl</b> Via Alle Cave 25-29 20029 Turbigo (MI) www.rtvales.com
<b>COMPETENZE TRIZ UTILIZZATE:</b>	<b>Politecnico di Milano</b> – Dipartimento di Meccanica

#### **DESCRIZIONE ESIGENZA**

RT Valvole Industriali Srl, azienda con 18 dipendenti e circa 2,5 milioni di euro di fatturato, produce valvole a saracinesca.

Le valvole a saracinesca sono caratterizzate da una paratia circolare (detta otturatore a saracinesca), con possibilità di movimento traslatorio, finalizzata a bloccare l'efflusso del liquido (*vedi Figura 4.2.3*).



**Figura 4.2.3: Esempio di valvola a saracinesca**

Il progetto proposto dall'azienda ha riguardato un aspetto del processo di fabbricazione dell'otturatore.

L'otturatore è leggermente cuneiforme e presenta dei riporti a settore circolari di acciaio inossidabile per garantire un'adeguata tenuta, come rappresentato in maniera qualitativa in *Figura 4.2.4*.

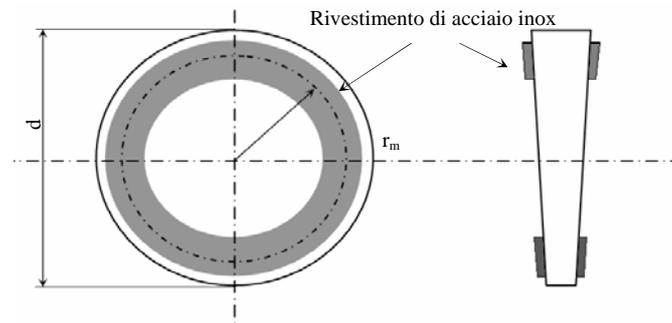


Figura 4.2.4: Vista frontale e laterale dell'otturatore a saracinesca

La corona di rivestimento è realizzata in acciaio inossidabile, mentre l'otturatore è realizzato in acciaio al carbonio per apparecchi a pressione con un contenuto di carbonio di circa 0,2%.

Il processo di deposizione del materiale sulla corona circolare di tenuta avviene con la tecnica denominata *GMA* (gas metal arc welding) o *MIG / MAG* (metal inert gas welding/metal active gas welding), che rientra nell'ambito dei processi di deposizione di tipo *gas-shielded welding*.

Nel caso specifico l'otturatore è posto su di un supporto rotante al disopra del quale è posizionata la torcia di deposizione con la possibilità di movimento oscillatorio in direzione radiale; combinando i due moti, la rotazione del supporto e la traslazione alternata della torcia, si ottiene la deposizione di materiale sulla superficie della corona circolare suddetta.

Due distinti sistemi di controllo, ognuno gestito da un PLC indipendente, consentono di regolare i movimenti della piastra circolare e della torcia.

I parametri di funzionamento della torcia (tensione ed intensità di corrente) dipendono direttamente dai materiali impiegati.

Il materiale di rivestimento è fornito da una bobina di filo che viene svolta con una velocità pressoché costante e controllabile limitatamente.

Il processo di deposizione avviene lavorando un pezzo alla volta e termina allorché l'otturatore, collocato sul supporto rotante, ha compiuto una rotazione completa. Il punto critico del processo è rappresentato dalla zona d'inizio-fine della deposizione, cioè dove si ha la massima variazione di temperatura tra gli estremi del cordone di materiale depositato. Se l'otturatore è di dimensioni sufficientemente grandi il tempo di processo aumenta e

quindi l'acciaio depresso all'inizio ha il tempo di raffreddarsi. Quando la torcia termina il ciclo di deposizione, il materiale raffreddato entra in contatto con del materiale incandescente appena depresso; l'elevato gradiente termico provoca uno stato di tensioni interne che nel peggiore dei casi dà luogo alla formazione di difettosità, principalmente cricche, rendendo il pezzo non conforme.

Attualmente la probabilità che questo fenomeno si verifichi su pezzi di grandi dimensioni è così alta che l'azienda preferisce eseguire direttamente un intervento di ripristino su tutti i pezzi piuttosto che spendere tempo in controlli di qualità.

Per ovviare a questo inconveniente, l'azienda ha pensato di ricorrere ad una modalità di deposizione del materiale leggermente differente, tale da realizzare una "rampa" iniziale, ovvero una deposizione a spessore variabile la cui lunghezza massima è pari a 15 mm.

In questo modo il materiale incandescente depositato per ultimo viene a contatto con il materiale raffreddato in maniera graduale, attenuando le tensioni dovute al gradiente termico. Questo tipo di deposizione si può attuare riducendo gradualmente la velocità della torcia fino a raggiungere lo spessore nominale. Tuttavia questa modalità di deposizione denominata "a rampa" può essere realizzata solo per cordoni lineari e quindi può essere difficilmente adottato in processi nei quali il moto della torcia è oscillatorio.

Obiettivo del progetto è stato di studiare soluzioni alternative per ridurre il fenomeno delle cricche, ottimizzando il processo di deposito.

<b>TITOLO PROGETTO:</b>	<b>Ottimizzazione del funzionamento di una pompa a vuoto ad anello liquido</b>
<b>AZIENDA PROPONENTE:</b>	<b>Pompetravaini Spa</b> Via per Turbigo, 44 20022 CASTANO PRIMO (MI) www.pompetravaini.it
<b>COMPETENZE TRIZ UTILIZZATE:</b>	<b>Politecnico di Milano</b> – Dipartimento di Meccanica

### DESCRIZIONE ESIGENZA

La Pompetravaini Spa, azienda con 120 dipendenti e circa 19 milioni di euro di fatturato, realizza come prodotto di punta le pompe a vuoto ad anello liquido, impiegate per applicazioni con fluidi gassosi, prevalentemente aria.

Le pompe a vuoto ad anello liquido appartengono alla classe delle pompe a vuoto a trasferimento. Il principio di funzionamento di questo tipo di pompe si basa sul fenomeno dell'espansione di un gas, o di una miscela di gas, come nel caso dell'aria, in una camera con volume in espansione.

Le pompe ad anello liquido sfruttano un liquido, generalmente acqua, non solo come lubrificante e sigillante per la camera, ma anche come vera e propria parte meccanica, che assolve la funzione di definire parte del contorno, mobile, della camera di espansione e compressione.

Come riportato nello schema di *Figura 4.2.5*, la pompa si compone di una girante montata eccentrica rispetto al carter; con il movimento della girante il liquido è spinto per effetto della forza centrifuga verso la periferia formando un anello in movimento lungo le pareti del carter e creando così una camera di pompaggio sigillata.

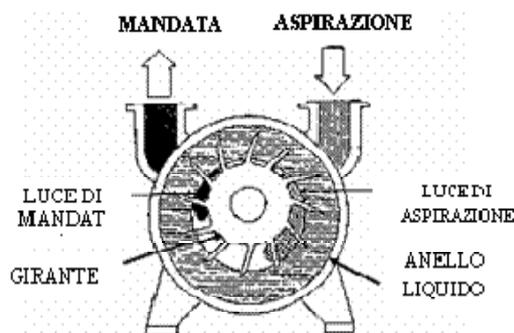


Figura 4.2.5. Schema di funzionamento di una pompa a vuoto ad anello liquido

L'eccentricità della girante consente un'espansione dell'aria tra le palette del rotore - in corrispondenza della zona di aspirazione - e realizza una compressione nella zona di mandata. Il gas aspirato nella pompa è pertanto racchiuso in una camera di volume dapprima crescente e poi decrescente.

Queste pompe sono impiegate tipicamente in impianti a singolo stadio o a doppio stadio ed il salto di pressione che si ottiene sfruttando acqua è intorno ai 25mm Hg (per valori più elevati si ricorre ad altri liquidi di lavoro).

Questa tipologia di pompa è ampiamente impiegata nel settore industriale, grazie alle ridotte perdite per attrito ed alla elevata affidabilità che la caratterizzano.

Una delle caratteristiche fondamentali di questo tipo di pompa è che l'aria, o il gas, compressa nella zona di mandata viene espulsa insieme a parte del liquido di esercizio, che quindi necessita di essere continuamente reintegrato.

Da tale punto di vista, l'espulsione di liquido caldo dall'anello liquido ha un effetto positivo, perché all'aumentare della temperatura di quest'ultimo si ha una diminuzione della portata reale di gas aspirato ed una variazione del grado di vuoto massimo ottenibile, oltre ad un maggior probabilità che si verificano fenomeni di cavitazione. L'aspetto negativo è rappresentato dalla necessità di recuperare il liquido espulso: a tal fine è installato a valle della pompa un serbatoio separatore, che recupera però solamente una parte del liquido, l'altra parte rimane sotto forma di umidità nell'aria ed è definitivamente persa con essa. Infatti in uscita dalla pompa l'aria si presenta satura con una temperatura incrementata di qualche grado rispetto alle condizioni d'ingresso.

La problematica evidenziata riguarda la necessità di reintegro del fluido di esercizio per compensare la frazione espulsa allo scarico, sotto forma di vapore presente nell'aria (o nel gas). Come accennato, per la modalità di funzionamento propria delle pompe ad anello liquido, l'aria allo scarico è satura al 100% e pertanto ad ogni ciclo di funzionamento parte del liquido di esercizio della pompa viene perso.

Le soluzioni attualmente previste per reintegrare il liquido di esercizio rispondono alle due esigenze di:

- fornire l'esatta quantità richiesta di liquido, per ripristinare l'entità dell'anello-pistone liquido;
- fornire liquido alla temperatura richiesta, in modo da raffreddare la quantità di liquido all'interno nella pompa.

La prima soluzione prevista si applica quando è necessario solamente ridurre il consumo del liquido di esercizio. Il "sistema a recupero parziale" prevede

che il liquido sotto forma di vapore in uscita dalla pompa sia separato dal gas in un serbatoio separatore ed una parte di tale quantità sia riutilizzata e miscelata con un'altra quantità di liquido fornita dall'esterno a temperatura inferiore, in modo da garantire la portata e la temperatura finali richieste.

La seconda soluzione consiste in un "impianto a recupero totale", che provvede ad un totale riciclo del liquido di esercizio. In questo caso oltre a disporre del serbatoio di separazione, lo schema d'impianto viene corredato di uno scambiatore di calore disposto sulla tubazione di ricircolo del liquido di esercizio, in modo da consentire la riduzione e la stabilizzazione della temperatura del liquido ricircolato. Dato che vi è in uscita dalla pompa aria satura, per questo schema d'installazione si verifica durante il funzionamento una diminuzione progressiva del liquido di esercizio dovuta al fatto che non tutta l'umidità dell'aria viene recuperata dal serbatoio. Si rende quindi necessario reintegrare il liquido di esercizio della quantità mancante con una certa periodicità.

In conclusione risulta che la problematica di avere aria satura in uscita dalla pompa è comune a tutti e tre gli schemi d'installazione. Tuttavia, mentre per gli schemi "a perdere senza recupero" e "a recupero parziale" tale problematica non è percepita perché è disponibile l'apporto del liquido dall'esterno nella quantità e nella temperatura richieste, nel sistema "a recupero totale" sarebbe desiderabile un impianto autosufficiente che non richieda l'intervento esterno di reintegro di liquido con frequenza, cioè un impianto in grado di evitare, o al più limitare al minimo, la perdita di liquido allo stato di vapore nell'aria.

L'interesse verso la problematica nasce dalla constatazione di un sentimento crescente verso l'ambiente e dalla maggiore attenzione a ridurre i consumi di acqua. Un bene non sempre facilmente disponibile.

<b>TITOLO PROGETTO:</b>	<b>Studio di un recuperatore di calore rotativo di tipo entalpico</b>
<b>AZIENDA PROPONENTE:</b>	<b>Recuperator Srl</b> Via Mantova, 4 20020 Lainate (MI) www.recuperator.net
<b>COMPETENZE TRIZ UTILIZZATE:</b>	<b>Università degli Studi di Firenze –</b> Dipartimento di Meccanica e Tecnologie Industriali

### **DESCRIZIONE ESIGENZA**

Recuperator Srl, azienda con 38 dipendenti e circa 7 milioni di euro di fatturato, è ai vertici mondiali nella progettazione e produzione di recuperatori di calore aria-aria.

I recuperatori di calore rotativi aria-aria di tipo entalpico sono tipicamente costituiti da

- un rotore cilindrico formato da due nastri, uno piano e l'altro ondulato, i quali sono avvolti l'uno sull'altro in modo da creare una serie di passaggi dove due flussi dell'aria possano passare. I rotori attualmente sono per lo più di alluminio o alluminio preverniciato per ambienti con elementi aggressivi. Lo spessore del materiale può essere di 70 o 100 micron. Il rotore ha un diametro variabile da 300 mm a 2500 mm. La robustezza dell'insieme è garantita dalla presenza di rinforzi radiali interni, saldati al mozzo ed alla fascia periferica;
- un telaio di contenimento formato da pannelli in lamiera con guarnizioni a spazzola per minimizzare il trafileamento fra i flussi d'aria di immissione e di espulsione;
- un sistema di azionamento formato da una cinghia, una puleggia, un motore elettrico dotato, secondo necessità, di un regolatore di velocità.

Il funzionamento del recuperatore è piuttosto semplice. Lo scambiatore, attraversato da un flusso d'aria di rinnovo e da un flusso d'aria di espulsione, aventi temperature differenti, consente il trasferimento di calore da un flusso all'altro. Lo scambio termico avviene per accumulo di calore nel rotore: mentre il cilindro ruota, l'aria di espulsione attraversa

una metà dello scambiatore e cede calore alla matrice del rotore che lo accumula. L'aria di rinnovo, che attraversa l'altra metà, assorbe il calore accumulato. Proseguendo la rotazione, le parti che assorbono e che cedono calore si invertono continuamente ed il processo può proseguire in modo ciclico (Figura 4.2.6).

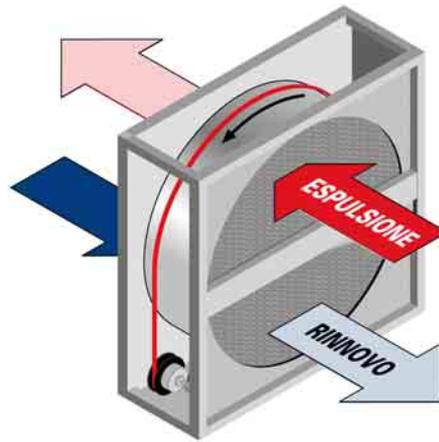


Figura 4.2.6: Principio di funzionamento di uno scambiatore rotativo

Il recuperatore potenzialmente può funzionare in tutte le stagioni, se naturalmente ci sia possibilità di recuperare calore. Le temperature di esercizio variano a seconda dei luoghi in cui sono installati gli impianti. Di solito l'aria di rinnovo è l'aria esterna (minimo  $-30^{\circ}\text{C}$ ), mentre l'aria di espulsione è quella all'interno degli edifici o degli impianti (massimo  $+60^{\circ}\text{C}$ ). Gli scambiatori possono essere usati nelle condizioni ambientali più diverse, dall'Arabia Saudita alla Norvegia.

Il problema di tale sistema è quello di non permettere il trasferimento dell'umidità da un flusso d'aria all'altro. Le soluzioni fin qui adottate (modifica della finitura superficiale delle parti in alluminio e sostituzione dell'alluminio con materiali "igroscopici") non hanno offerto risultati pienamente soddisfacenti.

In fase di produzione il rotore può essere reso "igroscopico" immergendolo in un bagno che rende la superficie dell'alluminio corrugato e capace di catturare le gocce d'acqua quando attraversa il flusso di aria di espulsione e di rilasciarle quando attraversa il flusso di aria di rinnovo. Con questo metodo però il recupero di umidità si è rilevato insufficiente.

Attualmente si stanno sperimentando “carte” che possano sostituire l’alluminio. Da una prima analisi sommaria emerge, infatti, che la cellulosa è igroscopica di sua natura e, pertanto, la carta può svolgere questo compito nei recuperatori. Il trasporto dell’umidità comporta la possibilità che anche germi e batteri possano essere trasportati. La carta, perciò, deve subire dei trattamenti con biocidi che costituiscono la parte più delicata e quindi più costosa della carta realizzata. Un recuperatore rotativo comporta la sottrazione dell’umidità ad una corrente d’aria che attraversa i suoi canali igroscopici ed il suo rilascio quando il canale si immerge nell’altra corrente d’aria. La carta igroscopica, quindi, non deve essere permeabile. Obiettivo del progetto è pensare a proposte di soluzioni alternative per un recuperatore di calore rotativo che oltre al calore permetta il trasferimento di umidità tra due flussi d’aria, tenendo presente che tuttavia nell’aria di rinnovo non ci debbano essere contaminazioni di natura batterica e fungina.

<b>TITOLO PROGETTO:</b>	<b>Ottimizzazione del processo di orientamento dei perni cifratori di cilindri per serrature</b>
<b>AZIENDA PROPONENTE:</b>	<b>Prefer Spa</b> Via F.lli Cervi, 63 20020 Cantalupo di Cerro Maggiore (MI) www.preferlocks.com
<b>COMPETENZE TRIZ UTILIZZATE:</b>	<b>Politecnico di Milano</b> – Dipartimento di Meccanica

### **DESCRIZIONE ESIGENZA**

La Prefer Spa, azienda con 47 dipendenti e circa 6,5 milioni di euro di fatturato, si occupa in particolare della realizzazione di serrature per garage, serrande e mobili per ufficio. Il processo di assemblaggio dei vari elementi costituenti il meccanismo di serratura richiede particolare attenzione per le ridotte dimensioni e per le strette tolleranze che caratterizzano questi componenti.

La problematica evidenziata interessa il processo automatico di orientamento dei perni cifratori, componenti fondamentali di un cilindro per serrature.

La tipologia più comune di serratura è quella cilindrica a perni, tipologia che utilizza perni di differente lunghezza per evitare che la serratura venga aperta senza la chiave adeguata.

Le serrature cilindriche - di cui un esempio è riportato in *Figura 4.2.7* - sono costituite da un carter esterno, chiamato corpo doppio cilindrico, contenente un foro, al cui interno è assemblata la spina o nottolino in cui si inserisce la chiave. Per aprire la serratura, il nottolino deve poter ruotare.

Il nottolino ha una cava longitudinale sagomata che consente l'inserimento della chiave (la sezione trasversale costituisce il primo codice della chiave); all'estremità della cava è posta una camma che, spinta dall'estremità della chiave, consente l'azionamento di un meccanismo per l'apertura/chiusura della porta.

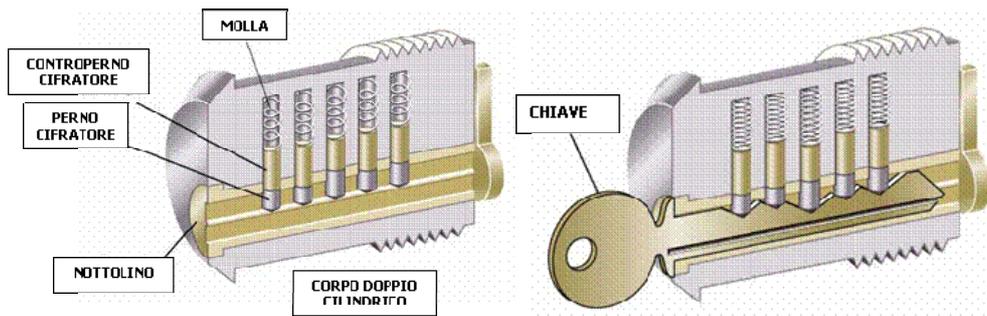


Figura 4.2.7: Serratura cilindrica a perni con i componenti principali

La chiave ha un secondo codice di sicurezza costituito dal profilo longitudinale. Il nottolino della serratura presenta una serie di fori, generalmente 5, ricavati in direzione verticale, all'interno dei quali sono collocati i perni cifratori, dei cilindretti pieni in ottone, di differente lunghezza, con un'estremità arrotondata per consentire alla chiave di scorrere su di essi agevolmente. Sopra ogni perno è collocato un controperno cifratore che, a sua volta, è in contatto con una molla opportunamente precaricata; i fori vengono chiusi con dei tappi cilindrici ribaditi secondo necessità.

Dopo aver inserito il nottolino all'interno del corpo cilindrico, l'assemblato viene posto in corrispondenza di un dispositivo automatico che inserisce i perni cifratori. Il dispositivo è costituito da una serie di serbatoi cilindrici, all'interno dei quali si trovano incolonnati ed orientati i perni cifratori da inserire nelle cavità. I perni cifratori in una serratura sono comunemente 5; i tipi di perni cifratori, che si distinguono in base alla lunghezza, sono sette e pertanto sette sono i serbatoi di cui dispone la macchina.

Impostata nel controllo della macchina la sequenza di perni cifratori, che costituisce il codice della serratura, l'assemblato nottolino-corpo cilindrico viene movimentato opportunamente sotto il dispositivo preposto all'inserimento dei perni, in modo da presentare il foro corrente in corrispondenza del serbatoio di perni della lunghezza richiesta dal codice della serratura.

A differenza dei controperni, delle molle e dei tappi di chiusura i perni cifratori presentano una testa, cioè un'estremità arrotondata in modo pronunciato, mentre l'altra estremità si presenta più piatta. Per il corretto funzionamento della serratura è necessario che siano inseriti nelle cavità del corpo cilindrico in modo che la testa arrotondata venga a contatto con il profilo scanalato della chiave.

Per caricare i serbatoi dei perni cifratori e per orientarli correttamente (testa rivolta verso il basso), sopra ogni tubo è disposto un contenitore vibrante a

forma di “tazza” troncoconica. Sulla parete interna di ciascun contenitore è ricavata una spirale che parte dalla base ed arriva all'estremità superiore dove si trova l'ingresso del tubo di alimentazione del corrispondente serbatoio. I perni, versati nella zona centrale della tazza, sono messi in movimento dalle vibrazioni assiali e torsionali della tazza ed in successione, disposti longitudinalmente, salgono sul profilo elicoidale, lo percorrono fino alla sommità ed entrano nel canale di alimentazione.

Prima dell'ingresso del tubo di alimentazione, è ricavato un gradino con una geometria opportuna. I perni orientati correttamente superano in modo agevole il gradino ed entrano nel tubo, mentre i perni non correttamente orientati urtano contro il gradino cadendo sul fondo della tazza.

La problematica evidenziata riguarda il processo appena descritto di selezione ed orientamento automatico dei perni cifratori.

Come detto, sono previste due distinte fasi di selezione dei perni non correttamente allineati; la prima durante il moto di salita lungo il profilo elicoidale, la seconda prima dell'entrata del tubo di alimentazione di serbatoio.

Il meccanismo di selezione non è completamente affidabile e capita con una certa frequenza che perni non correttamente orientati risalgano completamente il profilo elicoidale, superino il gradino e finiscano nel canale di alimentazione e quindi nel serbatoio. In assenza di sistemi di verifica e controllo prima dell'assemblaggio, un perno mal orientato nel canale di alimentazione non viene identificato e la serratura che lo contiene non può funzionare correttamente.

L'entità del danno provocato dal non corretto orientamento del perno dipende dal fatto che ogni serratura è verificata soltanto al termine dell'assemblaggio, quando i tappi di chiusura sono stati ribaditi per sigillare le cavità del corpo cilindrico, senza più la possibilità di smontare il meccanismo. Quindi la serratura difettosa viene scartata perché non è economicamente conveniente il ripristino.

L'azienda ha pertanto richiesto un miglioramento del processo/sistema di orientamento dei perni cifratori per ottenere una maggiore affidabilità dello stesso riducendo il prodotto scartato.

<b>TITOLO PROGETTO:</b>	<b>Innovazione e standardizzazione di valvole di regolazione per impianti di granigliatura</b>
<b>AZIENDA PROPONENTE:</b>	<b>Carlo Banfi Spa</b> Via Rugareto, 10 20027 Rescaldina (MI) www.carlobanfi.it
<b>COMPETENZE TRIZ UTILIZZATE:</b>	<b>Università degli Studi di Bergamo –</b> Dipartimento di Ingegneria Industriale

#### **DESCRIZIONE ESIGENZA**

La Carlo Banfi Spa, azienda con 52 dipendenti e circa 11,5 milioni di euro di fatturato progetta, fabbrica e commercializza macchine e impianti per la finitura superficiale tramite granigliatura, sabbiatura, pallinatura e decapaggio meccanico. Il principio di funzionamento, comune alle macchine di interesse per questo progetto, consiste nel lanciare della graniglia metallica contro il pezzo da lavorare in modo che gli urti provochino l'effetto desiderato di pulitura superficiale, sverniciatura, eliminazione della calamina o trattamento superficiale. L'elemento cuore del sistema è la turbina assiale/radiale (*Figura 4.2.8*) che accelera la graniglia e la lancia nella camera dove si trova il pezzo da trattare. Su ogni macchina possono essere installate una o più turbine che sono alimentate da una tramoggia tramite un sistema di condotti di alimentazione. Dopo aver impattato con il prodotto il materiale abrasivo viene recuperato, pulito e depolverato in un impianto a ciclo chiuso che abbatte la quantità di residui di lavorazione nell'aria.

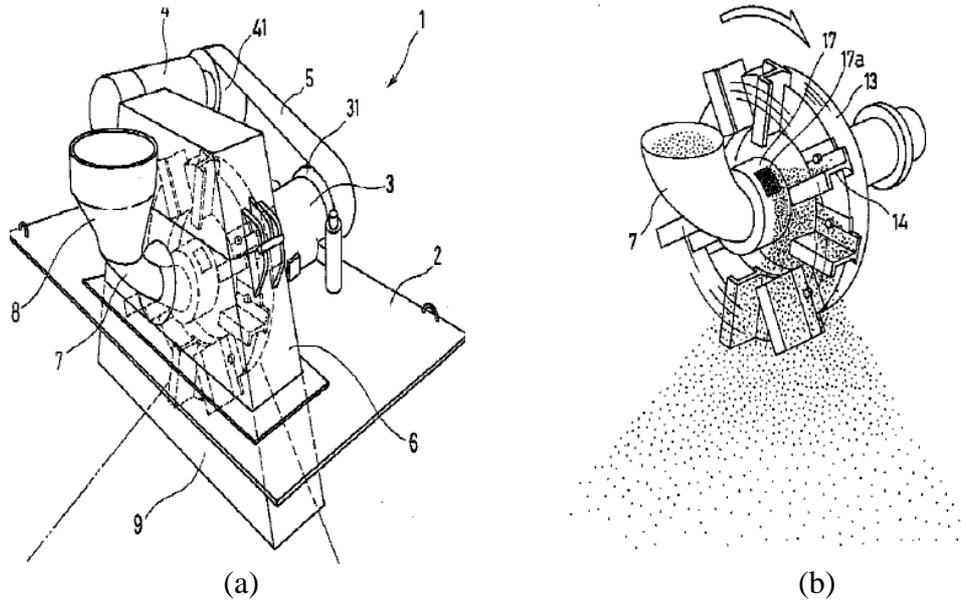


Figura 4.2.8: Particolari di una macchina per la granigliatura: sistema di lancio e (b) schema di funzionamento di una turbina (da Brevetto JP 10277942)

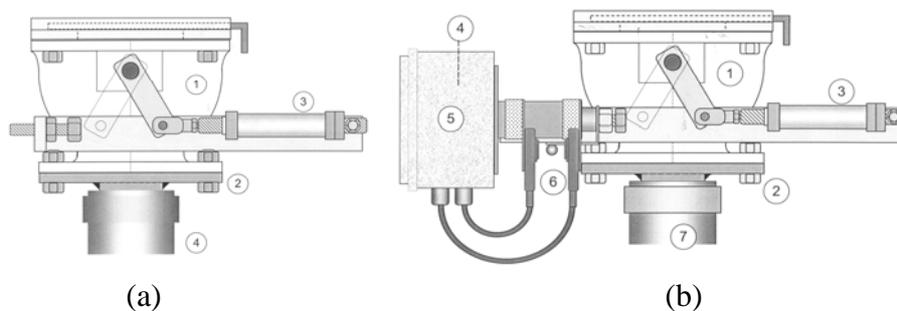
Il tema che si intende affrontare riguarda i sistemi di alimentazione e regolazione della graniglia a monte delle turbine che comprendono condotti e valvole di regolazione di diversa natura.

I dispositivi situati a monte di ogni turbina atti a garantire il corretto apporto di graniglia sono:

- una tramoggia: alimentata da un nastro a tazze, è posizionata nella parte alta della macchina per permettere il deflusso del materiale abrasivo per gravità;
- una valvola a saracinesca: operata manualmente si utilizza solo a macchina ferma per interrompere completamente il flusso di materiale abrasivo durante interventi di manutenzione;
- una valvola di regolazione (detta VAT): parzializza il flusso di graniglia in modo da ottimizzare il funzionamento della turbina, può essere regolata manualmente o tramite pistone pneumatico;
- un condotto in gomma: a sezione circolare, permette di collegare la VAT alla turbina evitando bruschi cambiamenti di direzione e quindi grosse perdite di carico concentrate.

La quantità di materiale abrasivo ottimale per ciascuna turbina dipende sia da caratteristiche intrinseche alla macchina - come la potenza installata e il layout della macchina - sia al tipo di pezzi da lavorare e al grado di finitura richiesto. Questa variabilità comporta la necessità di regolare il flusso della graniglia per ottenere buoni risultati utilizzando in modo efficiente la granigliatrice. Le valvole di regolazione sono gli elementi demandati a svolgere questa funzione e su di essi sarà centrata l'attività di analisi e soluzione dei problemi tramite la metodologia TRIZ.

Le VAT si differenziano per taglia, ovvero per quantità di graniglia che passa attraverso la valvola nell'unità di tempo, o per tipo di azionamento. A seconda delle esigenze della macchina e/o del cliente il flusso di materiale abrasivo che arriva alla turbina deve poter essere regolato in maniera più o meno rapida e controllabile. Di conseguenza in base al tipo di impiego che la macchina dovrà fornire, si possono preferire azionamenti manuali o automatici (*Figura 4.2.9*).



**Figura 4.2.9:** Schema della valvola VAT: con regolazione fine corsa pistone (a) manuale e (b) automatica.

La valvola è composta da un corpo, ottenuto per fusione, che contiene un condotto a sezione quadrata, detto alimentatore, alla cui estremità inferiore si presenta l'elemento mobile, detto tegolo, che ruotando attorno ad un asse trasversale alla direzione del flusso della graniglia definisce la luce di passaggio (*Figura 4.2.10*).

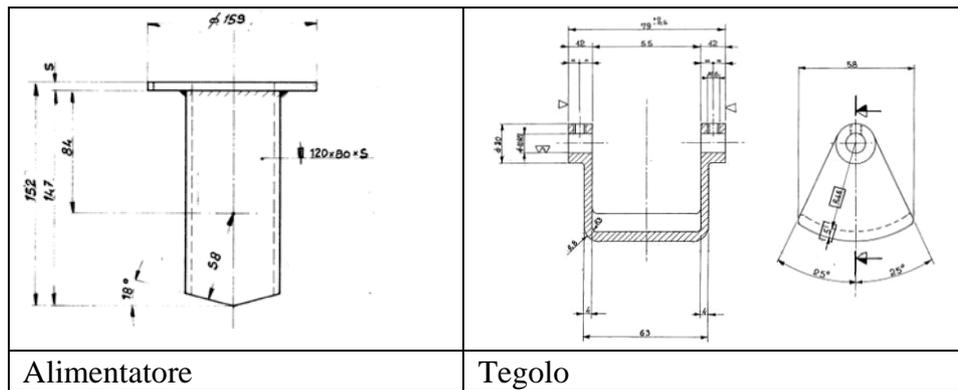


Figura 4.2.10: Elementi costituenti la valvola VAT

La rotazione del tegolo avviene per mezzo di uno o due pistoni pneumatici azionati da valvole elettriche con molla di ritorno. La regolazione del fine corsa del pistone può essere ottenuta manualmente con una vite di regolazione o attraverso un motore passo passo. La parte bassa del corpo valvola è detta tronchetto d'uscita e su di essa si fissa la flangia che regge il tubo di gomma a sezione circolare che si collega alla turbina.

Trattandosi di dispositivi dalla tecnologia matura, gli sforzi di innovazione sono stati imperniati sulla riduzione dei costi. Le strade che si sono delineate nel progetto sono state due: la prima era indirizzata alla semplificazione delle macchine, intesa come riduzione del numero e/o della complessità dei componenti in distinta, la seconda indicava una progettazione modulare più spinta che potesse permettere la riduzione del numero di codici.

In sintesi, gli obiettivi hanno riguardato lo studio di configurazioni alternative per la valvola VAT, in risposta alle esigenze di semplificazione intesa come riduzione del numero di componenti e/o della loro complessità e di standardizzazione intesa come diminuzione del numero di versioni di VAT attualmente in uso.

<b>TITOLO PROGETTO:</b>	<b>Ottimizzazione della resistenza all'usura di una girante per granigliatrice</b>
<b>AZIENDA PROPONENTE:</b>	<b>Officine Meccaniche San Giorgio Spa</b> Via A. Pacinotti 52-52A 20020 Villa Cortese (MI) www.omsg.it
<b>COMPETENZE TRIZ UTILIZZATE:</b>	<b>Politecnico di Milano</b> – Dipartimento di Meccanica

### DESCRIZIONE ESIGENZA

Le Officine Meccaniche San Giorgio Spa, azienda con 48 dipendenti e circa 9 milioni di euro di fatturato, realizza come prodotto di punta le granigliatrici, fabbricate in varie configurazioni (a gancio, a nastro, a rulli ecc), impiegate principalmente per operazioni di decapaggio. La problematica evidenziata è connessa alla necessità di limitare l'usura di alcuni dei componenti della macchina, a causa del contatto continuo con la graniglia abrasiva.

La granigliatrice è una macchina concepita per proiettare contro la superficie che si intende trattare una graniglia abrasiva, tipicamente d'acciaio. La macchina è costituita da una camera a tenuta stagna (o per lo meno il più possibile a tenuta, laddove il processo sia continuo, ad esempio a nastro), e da uno o più dispositivi il cui scopo è produrre un fascio di granuli abrasivi ad alta velocità (circa 80 m/s). Questi dispositivi, denominati turbine, vengono realizzati tramite un sistema costituito da una cassa statorica, da sistemi di diffusione e da una girante.

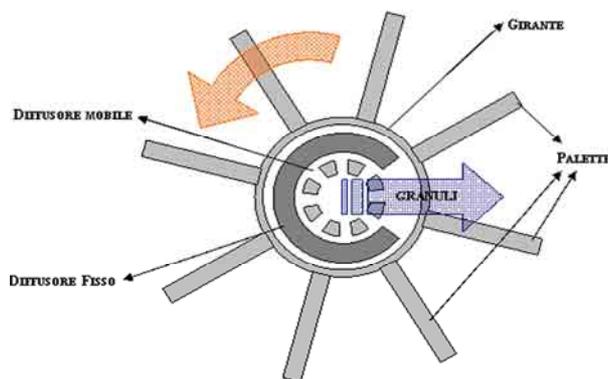


Figura 4.2.11: Schema di flusso della turbina centrifuga

Un condotto porta la graniglia abrasiva nella camera statorica, la quale passa attraverso i diffusori mobili, solidali con la girante e il diffusore fisso, che conferisce il moto ai granuli. Il diffusore mobile ha un numero di aperture pari al numero delle palette della girante. Ogni apertura del diffusore mobile è posizionata tra due palette della girante. Il diffusore fisso è un dispositivo orientabile a geometria assialsimmetrica coassiale con l'asse della girante (in verità può ruotare sul suo asse per regolare la macchina, ma è fisso durante il normale funzionamento) dotato di una singola bocca di uscita. La bocca è disposta in direzione radiale, in modo che il flusso di granuli investa solo una porzione di girante. Questa ha un numero delle palette che può variare da 6 a 8 in relazione alle dimensioni della macchina. Questo sistema è realizzato in modo che il flusso di granelli abrasivi sia direzionato con uno specifico angolo (deciso in base all'orientamento del diffusore) e con una velocità definita (stabilita dalla velocità angolare della girante).

In prossimità dell'ingresso nella camera statorica il condotto della . In seguito il flusso viene indirizzato dal diffusore in direzione radiale lungo le palette le quali conferiscono a loro volta direzione e moto definitivo alle singole particelle.

Per questo sistema tecnico il principale problema è l'usura eccessiva di alcuni componenti che vengono a contatto con la graniglia abrasiva. In particolare le palette della turbina si usurano a causa dello strisciamento della graniglia lungo l'intera paletta. Gli effetti dell'usura sono molto evidenti soprattutto alle estremità delle palette che vengono praticamente scavate dalla graniglia. In generale i fenomeni di usura sono legati alla velocità di strisciamento e alla pressione di contatto tra le parti. Si devono considerare, inoltre, pur se con un'influenza minima, i possibili urti tra granuli e palette.

La vita utile media di queste parti di macchina è di circa 500 ore. Oggi il problema viene affrontato in maniera tradizionale, ovvero trattando le zone a rischio con rivestimenti antiusura realizzati con materiali duri. Oltre a questa misura si ricorre ad una manutenzione preventiva che non è certo una soluzione ottimale, vista la frequenza degli interventi. Queste soluzioni sono tipicamente soluzioni di compromesso che di fatto non risolvono il problema.

<b>TITOLO PROGETTO:</b>	<b>Studio di impianti di granigliatura per la rimozione di etichette adesive</b>
<b>AZIENDA PROPONENTE:</b>	<b>Turbotecnica Srl</b> Via Macchiavelli, 19/21 20025 Legnano (MI) www.turbotecnica.it
<b>COMPETENZE TRIZ UTILIZZATE:</b>	<b>Università degli Studi di Firenze –</b> Dipartimento di Meccanica e Tecnologie Industriali

### **DESCRIZIONE ESIGENZA**

La Turbotecnica Srl, azienda con 20 dipendenti e circa 3,5 milioni di euro di fatturato, progetta e realizza impianti altamente personalizzati per la granigliatura, sabbiatura, pallinatura, sverniciatura e pulitura mediante abrasione meccanica (*Figura 4.2.12*). Il principio di funzionamento, comune alle macchine di interesse per questo progetto, consiste nel lanciare della graniglia metallica o di nylon contro il pezzo da trattare in modo che gli urti con il materiale abrasivo provochino l'effetto desiderato. L'elemento cuore del sistema è una turbina che accelera la graniglia e la lancia nella camera dove si trova il pezzo da trattare. Su ogni macchina possono essere installate una o più turbine che sono alimentate da una tramoggia tramite un sistema di condotti di alimentazione. Dopo aver impattato il prodotto il materiale abrasivo viene recuperato, pulito e depolverato con particolare attenzione alla quantità di residui di lavorazione immessi nell'aria.

Il problema che è stato proposto, diversamente dagli altri progetti, riguardava un'applicazione della macchina granigliatrice in particolare per l'operazione di rimozione di etichette adesive da pannelli metallici.



Figura 4.2.12: Esempio di granigliatrice a passaggio continuo

Nel dettaglio il problema tecnico proposto dall'azienda riguardava la pulizia di pannelli in lamiera zincata di piccolo spessore su cui erano applicate erroneamente delle etichette adesive. La sperimentazione già condotta dall'azienda ha avuto esiti solo parzialmente positivi, perché la rimozione era limitata alla carta delle etichette, mentre lo strato di adesivo sottostante rimane sostanzialmente immutato. Un trattamento più aggressivo (es. tempo di granigliatura maggiore) non aveva dato buoni risultati nella rimozione dell'adesivo, introducendo ulteriori problemi come il danneggiamento della zincatura della lamiera e la deformazione delle lamiere sottili (spessore inferiore a 3mm).

In aggiunta, sono stati imposti vincoli in merito all'impossibilità di utilizzare agenti chimici per trattare le lamiere prima, durante o dopo la granigliatura. L'azienda ha proposto di studiare congiuntamente al gruppo di ricerca dell'Università degli Studi di Firenze, soluzioni alternative a quelle già sperimentate per risolvere il problema tecnico.