

### **4.3 Casi di studio**

Una delle attività principali del progetto “TRIZ – Innovazione sistematica per le PMI” è stata certamente la fase sperimentale. Questa fase ha permesso di introdurre gradualmente la metodologia TRIZ in azienda, valutarne l’efficacia su casi reali proposti dalle stesse aziende e infine di favorire la collaborazione tra il mondo industriale e quello universitario.

Per poter meglio documentare i risultati positivi ottenuti in questa fase di progetto si presentano in particolare tre casi aziendali che vengono presi come campione delle attività svolte.

Nello specifico, due casi aziendali presentati di seguito, hanno come oggetto l’applicazione della metodologia TRIZ per l’innovazione di prodotto e un caso per l’innovazione di un processo produttivo.

I casi sono stati redatti dagli esperti di TRIZ appartenenti al Politecnico di Milano e alle Università degli Studi di Firenze e Bergamo.

Tuttavia è opportuno ricordare che anche i casi delle altre aziende che hanno partecipato al progetto, sono di assoluta rilevanza pur non essendo stati riportati nel presente volume.

Infine si ricorda che nei casi presentati di seguito sono stati appositamente omessi alcuni risultati soprattutto per quanto concerne le idee concettuali per motivi di riservatezza. Talune soluzioni sono in fase di approfondimento e potenzialmente brevettabili.

## Il caso Scam Srl

A cura di Gaetano Cascini, Paolo Rissone, Francesco Frillici<sup>1</sup>

### IL CASO DI STUDIO: STUDIO DI BIELLE componibili per motori ENDOTERMICI

La Scam srl, come anticipato, è attiva nel settore automotive e progetta e realizza componenti per motori ad alte prestazioni, specificatamente 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.

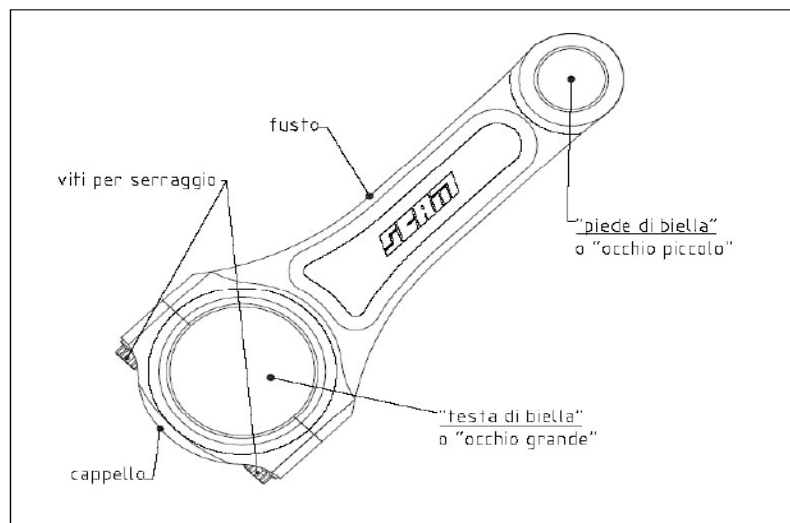


Figura 4.3.1: Biella componibile per motori endotermici

<sup>1</sup> Università degli Studi di Firenze - Dipartimento di Meccanica e Tecnologie Industriali.

Una biella componibile per motori endotermici è composta da tre sottoinsiemi (come mostrato in *Figura 4.3.1*): 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.

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.

### **L'APPROCCIO TRIZ ADOTTATO**

Essendo la biella un organo meccanico dal design consolidato nel tempo, l'attenzione dei progettisti si è per lo più concentrata sul ridimensionamento degli spessori al fine di minimizzare le masse in movimento, grazie all'introduzione di materiali con migliori caratteristiche meccaniche. Nel complesso, tuttavia, il layout del sistema è rimasto sostanzialmente invariato e semmai sono stati introdotti accorgimenti atti a migliorare la qualità della fabbricazione o a ridurre i costi.

Il caso studio in esame presenta diverse peculiarità che richiedono un impiego personalizzato della metodologia. In primis è opportuno notare che in questo caso è di poco aiuto un'analisi funzionale del sistema al fine di evidenziare i problemi elementari e le contraddizioni che ivi sussistono.

Tipicamente la costruzione di un modello del sistema ha come obiettivo la realizzazione di un processo di astrazione dal caso specifico, tale da ricondursi ad un modello generale di problema a cui applicare gli strumenti TRIZ. Tale processo di astrazione può essere condotto anche evidenziando direttamente i parametri del sistema in conflitto fra loro. Tuttavia, essendo la biella un componente ad elevato grado di maturità, diverse barriere psicologiche si oppongono al suo cambiamento e risulta estremamente difficile "intuire" le contraddizioni presenti.

Per questi motivi si è deciso di modellare il sistema secondo una particolare tecnica di modellazione causa-effetto, più propriamente conosciuta come

modellazione a eventi (RelEvent Diagram). Tale tecnica di modellazione è stata introdotta da Greg Yezerski nell'ambito della General Theory of Innovation, una delle odierne evoluzioni della teoria TRIZ classica. In *Figura 4.3.2* si riportano i simboli impiegati nei diagrammi RelEvent.





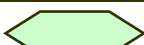

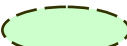

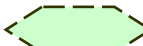
Un diagramma RelEvent prevede una schematizzazione del problema organizzata in un insieme di azioni (eventi), di condizioni e di caratteristiche del sistema collegate tra loro in sequenza causale e/o temporale, a partire dalle “condizioni al contorno”, dallo stato iniziale del sistema, fino agli stati finali, siano essi positivi e desiderati (*ultimate goals*), sia indesiderati e dannosi (*ultimate anti-goals*).

Prima di procedere all'attività di modellazione vera e propria, si sono esplicitati vincoli e cambiamenti ammissibili del sistema, risorse disponibili, obiettivi da raggiungere e criteri per la valutazione delle soluzioni generate. Tali informazioni sono state raccolte in maniera sistematica, seguendo la traccia di un questionario standardizzato.

Quindi, una volta costruito il modello, si sono analizzate individualmente le scelte progettuali elementari, evidenziando le eventuali conflittualità presenti, ed applicando conseguentemente i principiolutivi più idonei. Analogamente si sono analizzati gli “eventi” indesiderati, interrogandosi sulle condizioni per la loro eliminazione ed individuando le direzioni di intervento da adottare.

Nei paragrafi 4 e 5 vengono presentati il modello completo e l'analisi e soluzione rispettivamente dei principali problemi elementari evidenziati.

### The diagram elements

|   |   |
|---|---|
|    | Ultimate Goal                                   |
|    | Ultimate Anti-Goal                              |
|    | Desired Event                                   |
|    | Undesired Event                                 |
|    | Choice or Controllable Condition                |
|    | Uncontrollable Condition                        |
|    | Entrants (Events and Conditions): Dashed Border |

### Relationship between the diagram elements









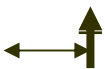
|   |                                    |
|---|------------------------------------|
|    | Design Intent (Dashed Perimeter)   |
|    | Creates a Positive (Desired Event) |
|    | Creates Negative (Undesired) Event |
|       | Together (Boolean AND)             |
|   | Either (Boolean OR)                |
|   | Cancel (Eliminates)                |

Figura 4.3.2: Simboli impiegati per la modellazione a eventi (RelEvent Diagram) e relativo significato.

## **FASE PRELIMINARE: STATO DELL'ARTE, VINCOLI, CRITERI PER LA SCELTA DELLE SOLUZIONI**

Le bielle da competizione sono oggetto continuo di miglioramento di dettaglio al fine di ridurre le inerzie del sistema; particolare attenzione viene posta soprattutto alle masse alterne, idealmente la porzione di biella oltre 1/3 della distanza fra i due occhi dall'asse della testa di biella.

I motori a 4 tempi presentano tutti bielle scomponibili e non si ritiene opportuno realizzare l'albero motore in più parti in modo tale da costruire bielle monolitiche, come nel caso del 2 tempi. Cappello e fusto sono normalmente accoppiati lungo un piano ortogonale all'interasse; nei motori di serie, per agevolare l'automazione delle attività di montaggio si ricorre anche a piani di accoppiamento inclinati di circa 45° rispetto all'interasse stesso.

L'assemblaggio fra fusto e cappello è oggi realizzato sempre mediante una coppia di viti mordenti con la testa in contatto con quest'ultimo. Dato che i materiali vengono sollecitati al limite delle loro potenzialità e per durate cicli di vita anche estremamente limitati, assume importanza notevole il controllo accurato del precarico delle viti. Per tradizione aziendale le bielle vengono realizzate in acciaio, con la sezione trasversale del fusto indifferentemente ad "H" o ad "H rovesciata".

Come già anticipato, si sono dettagliati risorse e vincoli del sistema in termini di:

- spazio (volumi disponibili, orientamento delle viti, asimmetrie, ecc.);
- tempo (ordine di montaggio, operazioni personale specializzato, strumentazione ad hoc, ecc.);
- campo-energia (sollecitazioni presenti);
- materiale (lavorazioni);
- funzioni.

Si omettono qui per brevità e per riservatezza dei dati aziendali i valori specifici relativi. Infine si sono esplicitati i criteri da adottare per la valutazione e la scelta delle soluzioni generate e la loro importanza relativa; nello specifico si sono definite due diverse serie di criteri, una per generici motori da competizione, fra cui i seguenti:

- prestazioni meccaniche;
- distribuzione dei pesi;
- costi;
- tempi di montaggio;
- unicità della soluzione;
- eccetera.

## ANALISI E FORMALIZZAZIONE DEL PROBLEMA

Il diagramma a eventi (RelEvent) è stato costruito a partire dalle informazioni raccolte con il questionario iniziale. Come prima cosa è stata descritta la fase di montaggio della biella, dall'avvicinamento all'albero al serraggio delle viti, arrivando al *ultimate goal*, e cioè il fatto che la biella funzioni (Figura 4.3.3). A partire poi dalla condizione di serraggio delle viti e da quella di carico affaticante sia sulle viti che sull'intera biella, sono stati considerati gli eventuali effetti negativi che potrebbero portare il sistema all'*ultimate anti goal*, ovvero ad un guasto (Figura 4.3.4).

Scopo di un diagramma RelEvent è quello di andare a caratterizzare i singoli problemi elementari presenti in tutta la "catena" del sistema. Per la risoluzione di questi è importante andare poi ad estrarre il parametro caratterizzante. Non è detto che ad un problema elementare corrisponda un unico parametro. Di seguito si riportano alcuni esempi di isolamento di un problema elementare dal diagramma RelEvent completo e relativa identificazione dei parametri di progetto ad esso pertinenti.

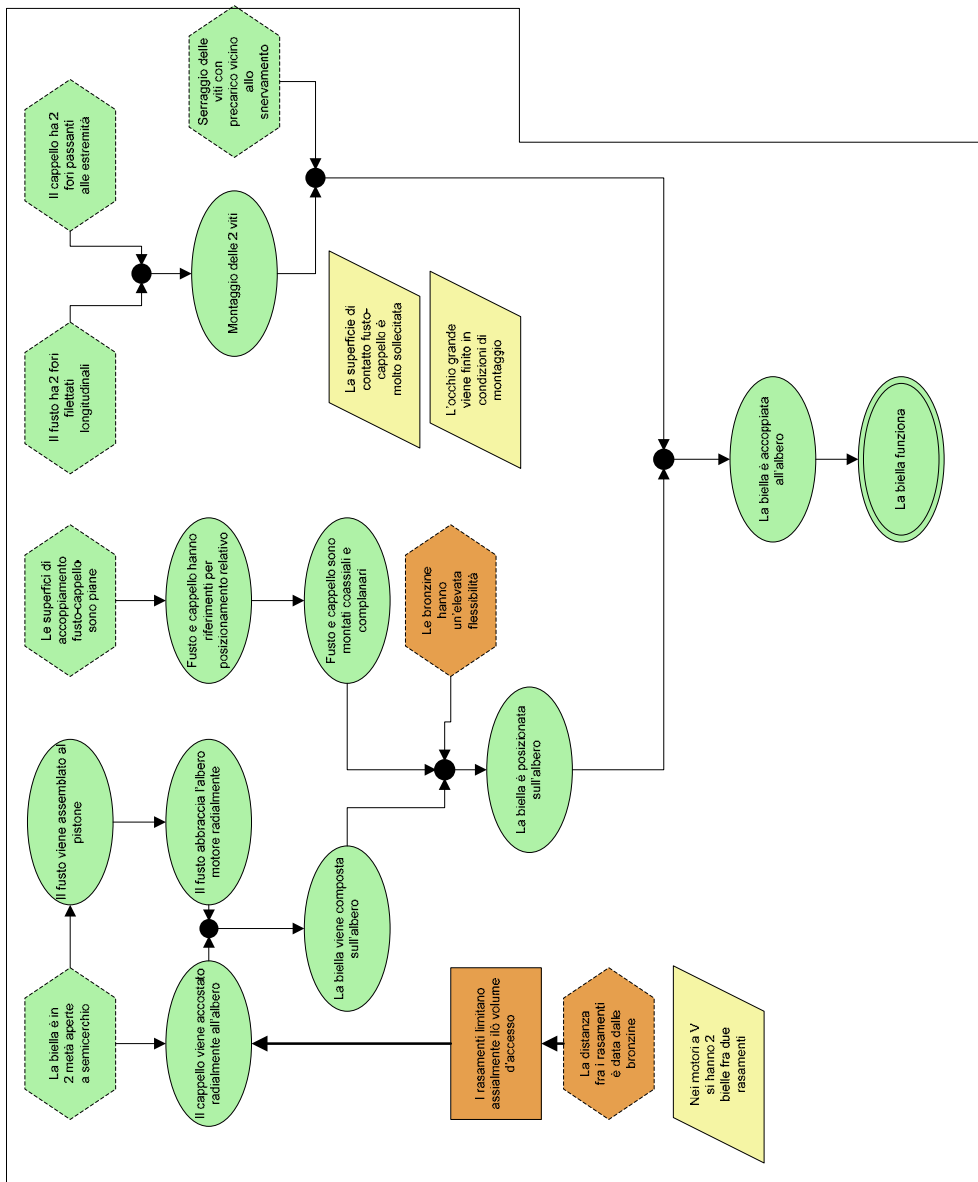
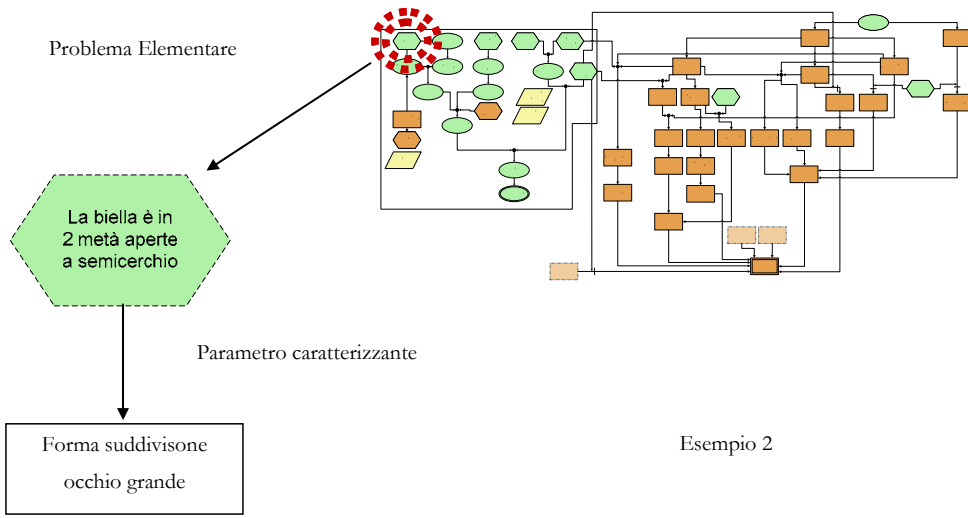
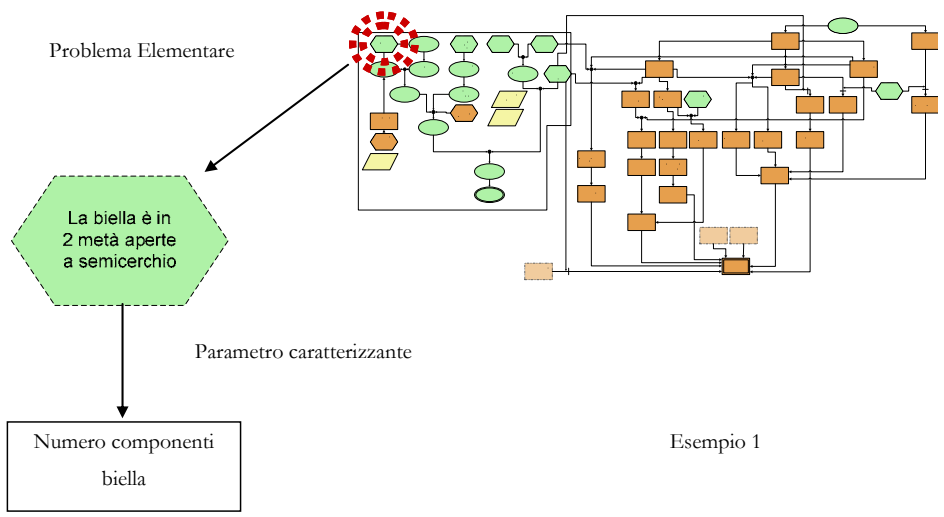
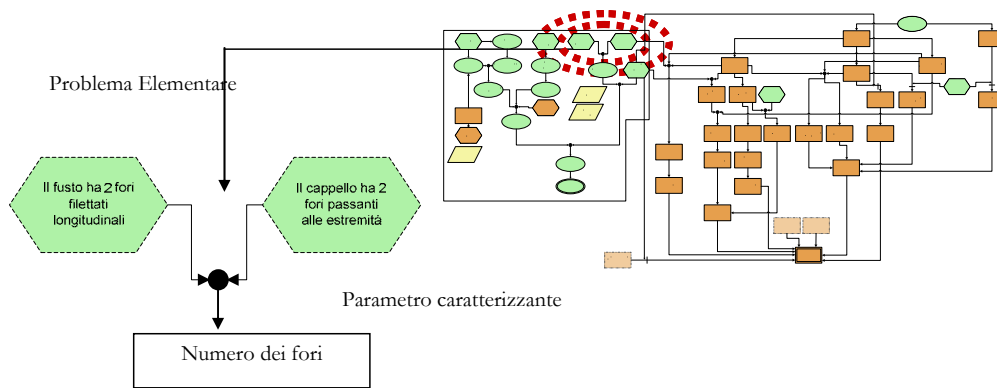


Figura 4.3.3: Parte destra del RelEvent

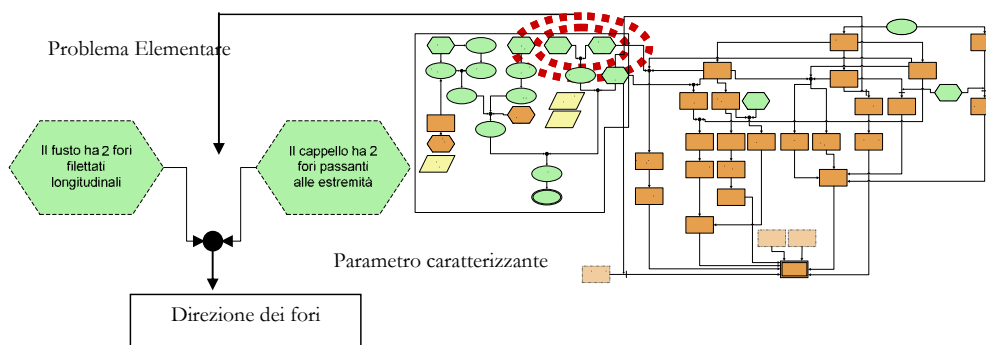








Esempio 3



Esempio 4

## GENERAZIONE DI PROPOSTE SOLUTIVE

Una volta isolati i problemi elementari ed identificati i parametri di progetto che su di essi impattano, si procede con la fase di generazione di idee, sulla base dei principi inventivi TRIZ. Per ogni gruppo *problema elementare – parametro* sono state ideate alcune soluzioni. Non verranno qui riportate tutte per brevità e per ovvi motivi di riservatezza.

Si prenda ad esempio il parametro “*numero componenti biella*”: attualmente la biella è in due pezzi per garantirne il montaggio sull’albero, ma trattandosi di due metà semicirculari, il moto di accostamento all’albero non può che essere radiale. Applicando il principio di Segmentazione (#1) si può ad esempio realizzare il cappello in due

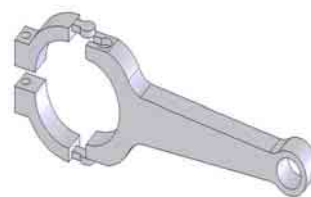
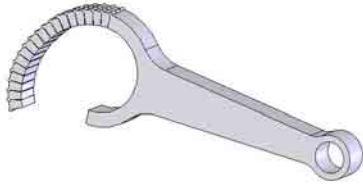


Figura 4.3.5

parti, anziché in un pezzo unico (*Figura 4.3.5*).

In questo modo l'accostamento all'albero può avvenire combinando moto radiale e moto circonferenziale e/o assiale (compatibilmente con lo spazio eventualmente lasciato libero dai rasamenti sull'albero motore). La giunzione al fusto può essere realizzata con un accoppiamento di forma (schematicamente rappresentato in figura).



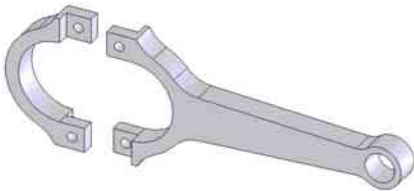
*Figura 4.3.6*

Una segmentazione più spinta può suggerire la realizzazione di un occhio grande a mo' di catena da avvolgere attorno alla bronzina (*Figura 4.3.6*).

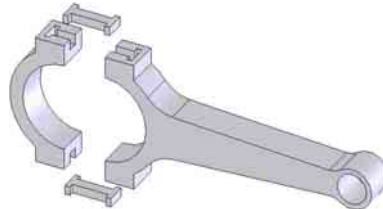
Se invece, insieme al parametro *direzione dei fori*, si considera anche la presenza della filettatura intesa come elemento di tenuta che si oppone alle forze di trazione, applicando il principio inventivo #28 “Sostituzione

Meccanica”, nasce l'idea di utilizzare la forza d'attrito. Le viti in questo caso hanno la funzione di generare la compressione tra le due parti per aumentarne l'adesione (*Figura 4.3.7*). È pensabile aumentare il coefficiente d'attrito con l'impiego di zigrinature o adesivi.

Agendo sul parametro *numero fori per le viti*, mentre un suo incremento non conduce a soluzioni vantaggiose, è utile indirizzarsi verso una sua riduzione. Riducendo il numero delle viti a uno, con un cappello diviso in due parti che in qualche maniera vanno ad innestarsi nel fusto, si ritorna al disegno di figura 1. Conducendo ad un estremo questa riduzione del numero di viti, si giunge alla sua eliminazione: si può ad esempio ipotizzare una sostituzione mediante chiavette (*Figura 4.3.8*).



*Figura 4.3.7*



*Figura 4.3.8*

## ANALISI BREVETTUALI E CONFRONTO SOLUZIONI

Per validare l'iter progettuale sopra descritto e per verificare al tempo stesso la presenza di brevetti che impediscano la realizzazione delle soluzioni proposte, si è effettuata un'accurata ricerca brevettuale. Vale la pena di osservare che in questo caso si è preferito non compiere l'analisi brevettuale in fase di analisi dello stato dell'arte per evitare di accrescere le inerzie psicologiche che avrebbero potuto impattare la generazione di soluzioni. Si suggerisce di posticipare l'analisi brevettuale in tutte le applicazioni in cui la complessità del sistema è limitata, per cui non sono necessari approfondimenti sulle diverse tecnologie adottate nel proprio campo di applicazione ed in quelli affini.

L'esito della ricerca ha di fatto chiuso le porte per lo sviluppo di alcune delle soluzioni sopra descritte, in quanto già brevettate; allo stesso tempo l'aver riscontrato che grandi case automobilistiche hanno generato soluzioni analoghe e le hanno tutelate mediante deposito di brevetto pur non adottandole necessariamente nella produzione ordinaria, è di per sé una dimostrazione dell'efficacia del metodo adottato grazie al quale in tempi contenuti e con minime risorse impegnate ha consentito il concepimento di soluzioni innovative ed efficaci.

La General Motors è titolare del brevetto US4836044 in cui la direzione di soluzione è quella di diminuire il numero di viti, e la variazione della direzione dei fori (Figura 4.3.9). Si noti l'analogia con alcune delle soluzioni descritte nel paragrafo precedente.

Anche la soluzione che prevede la sostituzione delle viti con chiavette di varia geometria mostrata in fig. 8 è già stata oggetto di studio e tutelata da Toyota con una domanda di brevetto presentata nel 2005 (Figura 4.3.10).

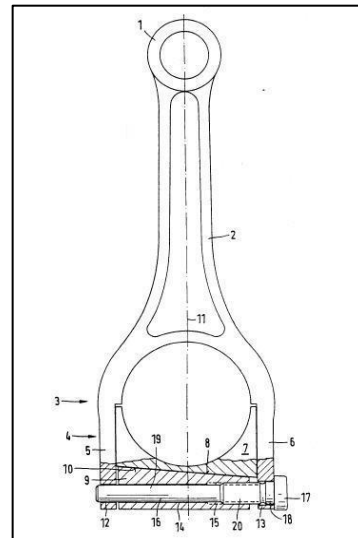
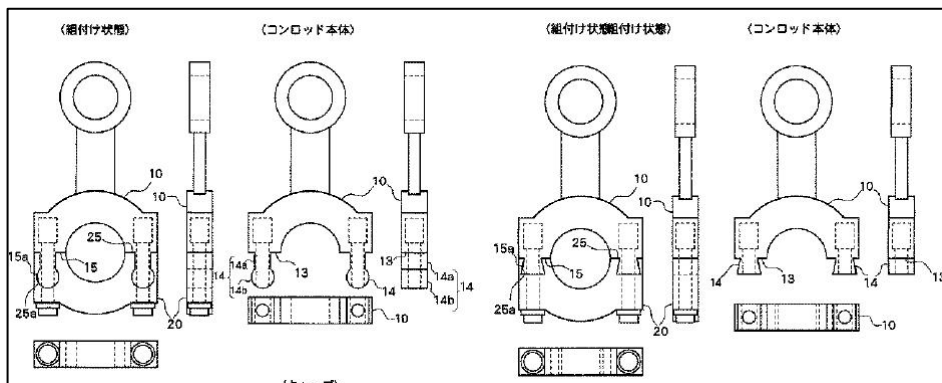


Figura 4.3.9: Brevetto US 4836044



4.3.10: Brevetto JP2005344826A

## CONCLUSIONI

Il caso studio qui brevemente descritto può considerarsi un'ulteriore conferma delle potenzialità che le tecniche di Innovazione Sistemática possono fornire: pur trattandosi di un campo estremamente competitivo in cui operano grandi aziende multinazionali, si è mostrato come anche un componente maturo e collaudato come una biella per motori 4 tempi possa essere oggetto di innovazioni anche radicali che ne migliorano significativamente le prestazioni. La soluzione finale scelta da Scam, qui omessa per motivi di riservatezza, consente di ottenere una riduzione in peso di circa il 12%.