

## On the Press-Fit-Induced Rotation of the Crankpin Axis in Built-Up Crankshafts

*Wednesday 2 September 2026 12:00 (15 minutes)*

Negli alberi a gomiti scomponibili per motori a combustione interna, il montaggio a interferenza del perno di biella nelle maschette costituisce una soluzione costruttiva consolidata. Esempi applicativi di questa architettura si riscontrano nei piccoli motori motociclistici e, più in generale, nei motori a due tempi ad alte prestazioni. Il forzamento richiesto è spesso molto elevato per garantire la trasmissione di coppia ed evitare scorrimenti relativi tra le parti che ne comprometterebbero il funzionamento. Di conseguenza, si introduce uno stato tensionale molto severo e una deformazione locale della sede che può compromettere la geometria finale dell'assieme. In particolare, l'esperienza applicativa mostra che, dopo il forzamento, l'asse del perno può presentare una distorsione rispetto alla configurazione nominale. Sebbene il problema del forzamento cilindrico sia ampiamente noto, l'origine di tale rotazione non è immediatamente spiegabile con i modelli assialsimmetrici classici, che non colgono gli effetti tridimensionali della reale geometria del collegamento.

Il lavoro propone una interpretazione meccanica del fenomeno e ne sviluppa una quantificazione numerica mediante analisi agli Elementi Finiti tridimensionali. I primi riscontri numerici evidenziano che, nel collegamento tra perno e maschetta, la pressione di contatto non sia uniforme lungo la direzione assiale del foro. Nel collegamento in esame, il perno di biella è forzato nelle due maschette e risulta a filo rispetto alle superfici esterne, mentre il tratto compreso tra le maschette resta libero per l'alloggiamento della biella. In tali condizioni, la distribuzione della pressione di contatto lungo l'asse della sede non è uniforme: in prossimità del bordo interno della maschetta si manifesta infatti un picco locale di pressione. Tale gradiente assiale produce una deformazione radiale della sede anch'essa non uniforme assialmente, maggiore nella zona del picco di pressione. Inoltre, la geometria della maschetta è intrinsecamente asimmetrica, soprattutto per la presenza del ligament, porzione superiore di materiale compresa tra la sede del perno e il bordo esterno della maschetta. Di conseguenza, la rigidità della maschetta risulta non uniforme tra la zona superiore e quella inferiore rispetto al perno. Tale asimmetria, combinata con il gradiente assiale di pressione, induce una rotazione globale dell'asse della sede. Ne consegue che l'asse del perno, a seguito del forzamento, risulta non più parallelo all'asse di rotazione dell'albero a gomiti, con possibili ripercussioni sul corretto funzionamento del sistema.

Per analizzare nel dettaglio questo problema è stato sviluppato un modello FEM parametrico dell'interferenza tra perno di biella e maschetta, finalizzato a studiare la sensibilità del fenomeno rispetto ai principali parametri geometrici e costruttivi. In particolare, vengono analizzati diversi rapporti dimensionali tra perno e maschetta, differenti valori di interferenza, diverse configurazioni del perno in termini di cedevolezza, nonché diversi spessori del ligament. Il perno è considerato sia come componente deformabile, in configurazione piena o cava, sia nel limite di rigidità infinita, assunto come riferimento asintotico. Le simulazioni consentono di mettere in relazione la rotazione dell'asse con i parametri geometrici analizzati e di costruire grafici di progetto utilizzabili in fase di dimensionamento o verifica.

Su questa base vengono inoltre discusse alcune possibili strategie di mitigazione del fenomeno. Una prima soluzione consiste nell'introduzione di una gola frontale in prossimità del foro, con lo scopo di ridurre il picco locale di pressione e riequilibrare la cedevolezza della maschetta nella zona inferiore. Una seconda soluzione consiste nell'inclinare opportunamente l'asse della sede in fase di lavorazione, in modo da compensare l'inclinazione generata dall'interferenza durante il montaggio. Tale approccio richiede però una previsione affidabile dell'angolo indotto, poiché una compensazione eccessiva potrebbe produrre un effetto opposto. Una terza possibilità è rappresentata dalla profilatura della superficie interna della sede, soluzione più complessa dal punto di vista produttivo ma potenzialmente efficace nel rendere più regolare la distribuzione assiale delle pressioni di contatto.

Il contributo del lavoro propone una chiave interpretativa fisicamente consistente per un fenomeno osservato nella pratica motoristica. Inoltre, fornisce strumenti numerici e criteri progettuali utili sia alla previsione della rotazione dell'asse del perno, sia alla sua compensazione o riduzione mediante opportune modifiche

geometriche del collegamento.

**Primary authors:** Prof. GIACOPINI, Matteo (Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia - Dipartimento di Ingegneria "Enzo Ferrari"); Prof. BERTOCCHI, Enrico (Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia - Dipartimento di Ingegneria "Enzo Ferrari"); MANGERUGA, Valerio (Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia - Dipartimento di Ingegneria "Enzo Ferrari"); BARBIERI, Saverio Giulio (Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia, Dipartimento di Ingegneria "Enzo Ferrari")

**Co-authors:** Prof. MANTOVANI, Sara (Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia - Dipartimento di Ingegneria "Enzo Ferrari" - Laboratorio MilleChili); Prof. BALDINI, Andrea (Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia - Dipartimento di Ingegneria "Enzo Ferrari"); GIACALONE, Mauro (Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia - Dipartimento di Ingegneria "Enzo Ferrari" - Laboratorio MilleChili)

**Presenters:** Prof. GIACOPINI, Matteo (Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia - Dipartimento di Ingegneria "Enzo Ferrari"); MANGERUGA, Valerio (Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia - Dipartimento di Ingegneria "Enzo Ferrari"); BARBIERI, Saverio Giulio (Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia, Dipartimento di Ingegneria "Enzo Ferrari")

**Session Classification:** Automotive

**Track Classification:** Automotive