

“Diagnostica e controllo qualità in ottica E-Maintenance: tecniche e applicazioni industriali”

Ing. Emiliano Mucchi
MechLav

emiliano.mucchi@unife.it

- L'enciclopedia Treccani alla voce **Manutenzione** dice:
«il mantenere in buono stato; in particolare, l'insieme di operazioni che vanno effettuate per tenere sempre nella dovuta efficienza funzionale, in rispondenza agli scopi per cui sono stati costituiti, un edificio, un impianto, una macchina, ecc.»
- *Un po' di storia...*
 - **Homo Abilis** (2 milioni di anni fa): produceva manufatti elementari per la caccia e per lavorare. E' probabile che facesse una qualche forma di manutenzione per tenerli efficienti.
 - **Egiziani** (3000 a.c): un alto funzionario praticava la manutenzione (affinché non si ostruissero) dei canali per portare acqua dove il fiume Nilo non arrivava.
 - **Il Diritto Romano** conteneva regole su come effettuare la manutenzione delle strade, degli edifici e degli acquedotti.
 - **Nel 1959 in Italia** nasce l'associazione italiana tecnici di Manutenzione (AIMAN).

- Tutte le macchine hanno una naturale tendenza ad invecchiare con l'uso, diminuendo conseguentemente la propria efficienza.

Tre metodologie principali di Manutenzione:

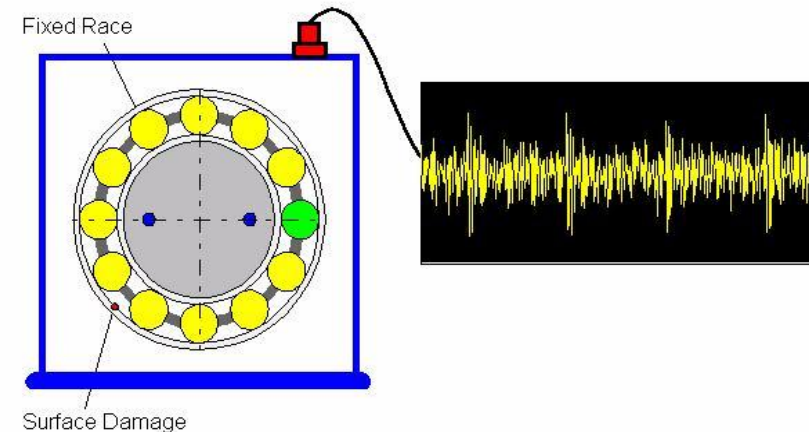
- **Manutenzione a rottura (o a guasto)**: si attende il manifestarsi di un guasto e si procede poi alle riparazioni.
- **Manutenzione preventiva**: prevede interventi ad intervalli di «tempo» predeterminati al fine di ridurre la probabilità di rotture. Gli intervalli fra due interventi successivi sono in genere stabiliti in base all'energia consumata, alla distanza percorsa, alle ore di funzionamento, ecc.

- **Manutenzione predittiva:** possibilità di gestire la manutenzione preventiva conoscendo le reali condizioni operative della macchina. Gli interventi non sono più ad intervalli regolari, ma in base alle **effettive condizioni di funzionamento**. Per conoscere lo stato di salute della macchina occorre un monitoraggio della stessa (**condition monitoring**) mediante sensori che forniscano parametri legati allo stato di salute della macchina (es. vibrazioni, corrente assorbita, ecc)

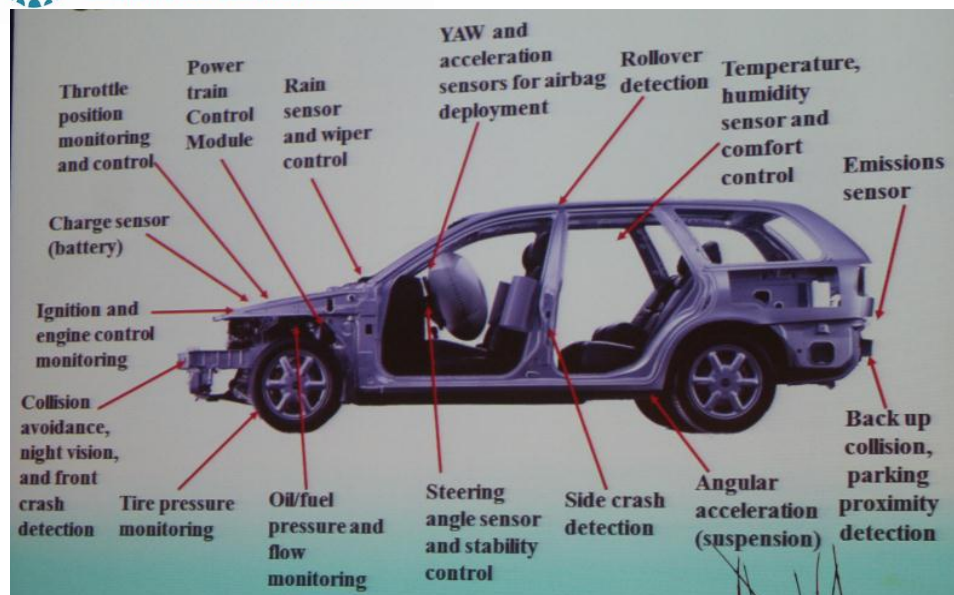
E-maintenance: la macchina monitora se stessa e notifica il suo stato di salute.

Ingredienti:

- sensori e sistema di acquisizione on-board per la misura sperimentale di grandezze fisiche;
- Scelta dei KPI (Key Performance Indicators) e dei valori di soglia;
- Algoritmo di monitoraggio e diagnostica sano/guasto;
- Trasferimento informazioni e gestione della manutenzione



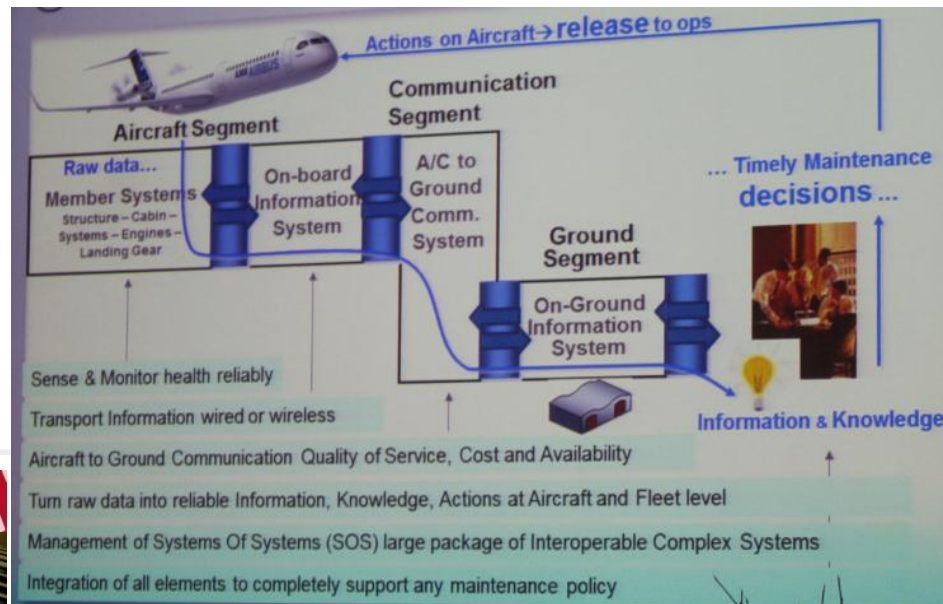
Esempi di E-maintenance



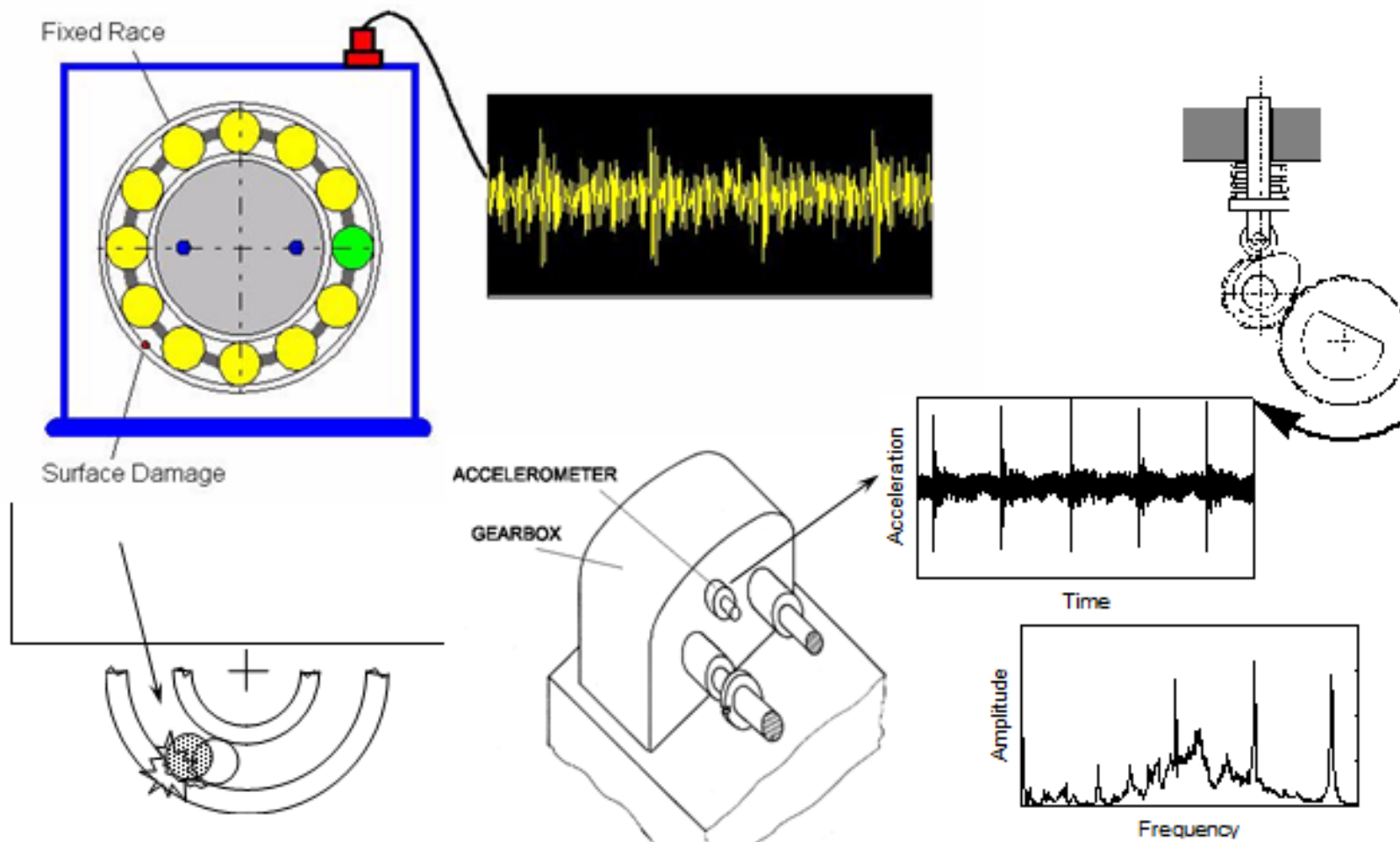
Il sistema on-line SKF Multilog IMx-R è stato realizzato appositamente per le applicazioni ferroviarie e prevede l'impiego di diversi sensori modulari che controllano e trasmettono simultaneamente una varietà di dati sulle condizioni operative dei carrelli. Esso opera nell'ambito di un sistema completo di monitoraggio delle condizioni meccaniche e di protezione



Esempi di E-maintenance



LA DIAGNOSTICA VIBRO-ACUSTICA PER LA MANUTENZIONE



- Monitoraggio: condizione di salute (macchina sana o guasta ?)
- Diagnostica: Individuazione del guasto, della sua posizione e delle sua severità.

- Rilievo e analisi delle vibrazioni e del rumore
- Analisi dei particolati
- Termografia
- Ultrasuoni
- Emissione acustica
- Potenza dissipata
- Rumore

Controllo qualità e diagnostica di difetti mediante analisi vibratoria

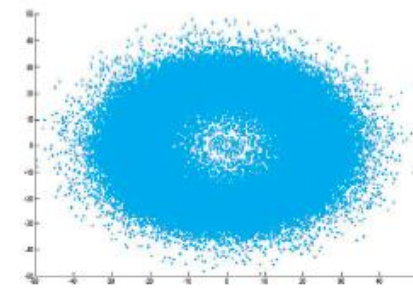
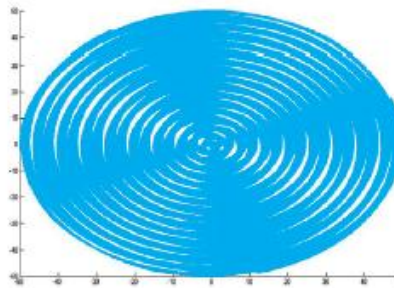
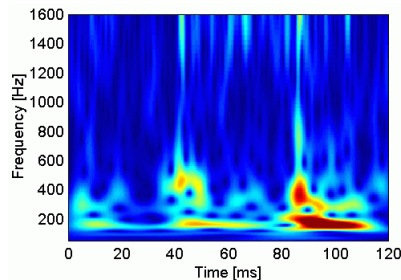
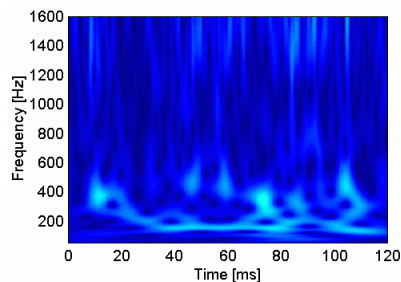
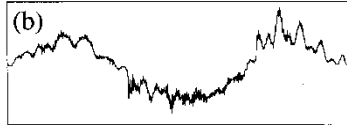
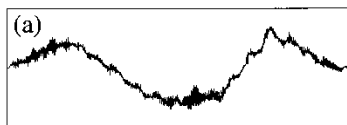
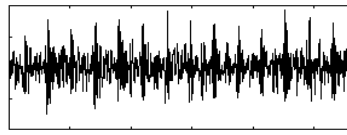
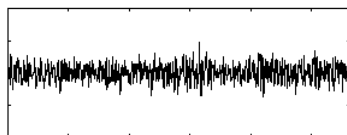
Manutenzione predittiva

Diagnostica di malfunzionamenti

Controllo qualità

Organo sano

Organo danneggiato

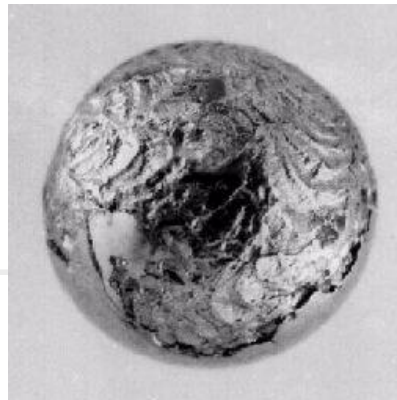


Tecnica basata sulla correlazione di immagini per la classificazione buono/scarto in motori a c.i.

Esempio 1: Diagnostica e controllo qualità in Cuscinetti

- Il contatto tra elementi rotolanti e piste è caratterizzato da elevata pressione superficiale. Ogni punti della superficie di contatto è soggetto a fenomeni di ***fatica superficiale***. Di conseguenza, la maggior parte dei malfunzionamenti si manifesta in un danno superficiale nelle piste o negli elementi rotolanti.
- Rumore, vibrazioni, surriscaldamento, sono le comuni conseguenze.
- Il più comune danno superficiale è il *pitting*.

Pitting: asporto di materiale in superficie che dà luogo a scalfitture sulle piste o sugli elementi volventi



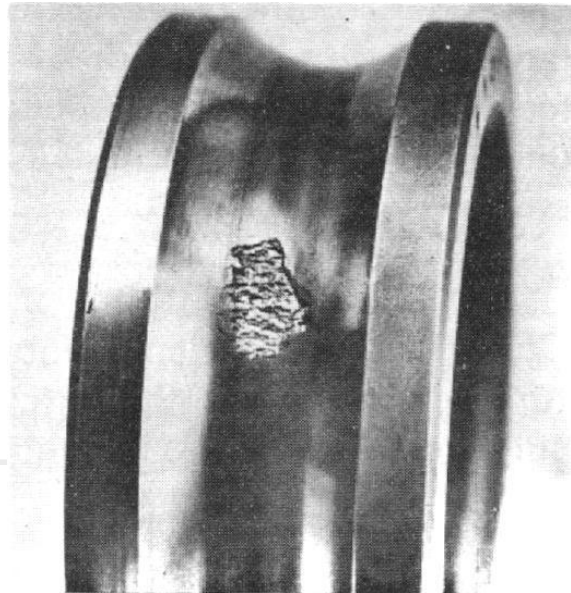
Esempio 1: Diagnostica e controllo qualità in Cuscinetti

Cause

- Sovraccarichi
- Difetti creati prima o durante il montaggio
- Contaminazione
- Difetti di produzione e nei materiali

Note

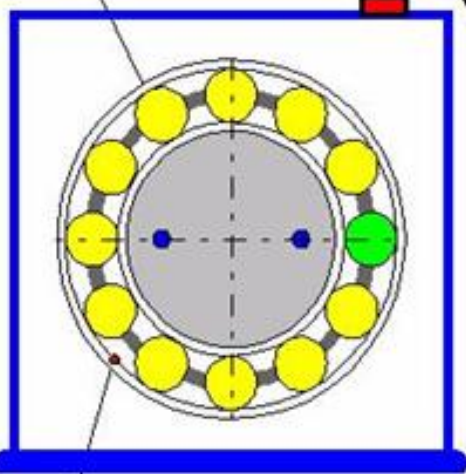
- Dovuti a disallineamento, picchi di carico, montaggio scorretto
- Tenute inefficienti



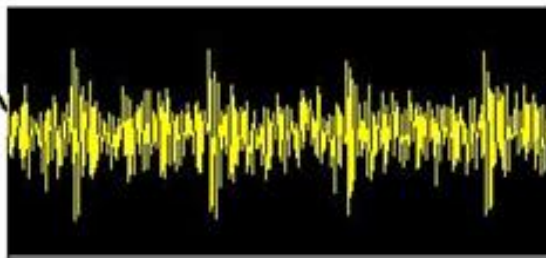
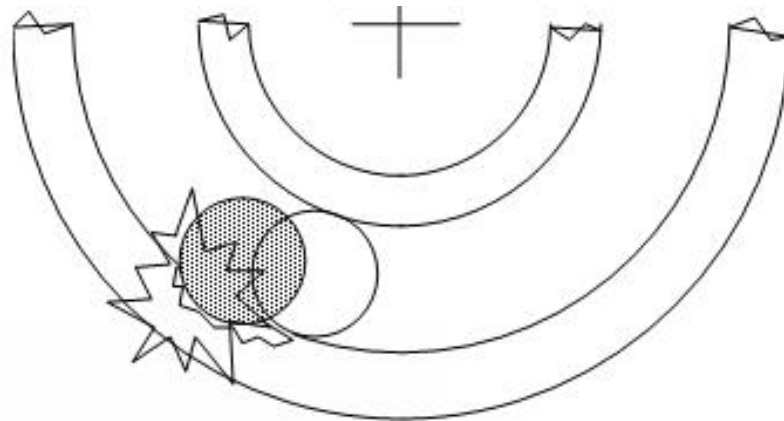
Esempio 1: Diagnostica e controllo qualità in Cuscinetti

- Avviene un impatto ogni volta che un elemento volvente attraversa un danno superficiale.

Fixed Race



Surface Damage

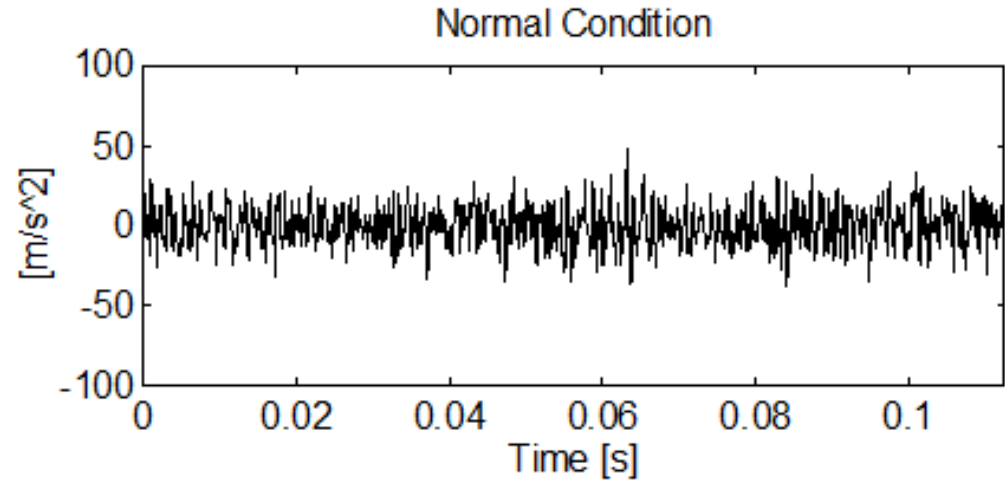


- Gli impatti originano forze impulsive che sono sorgenti di vibrazione e, di conseguenza, fonti di rumore.

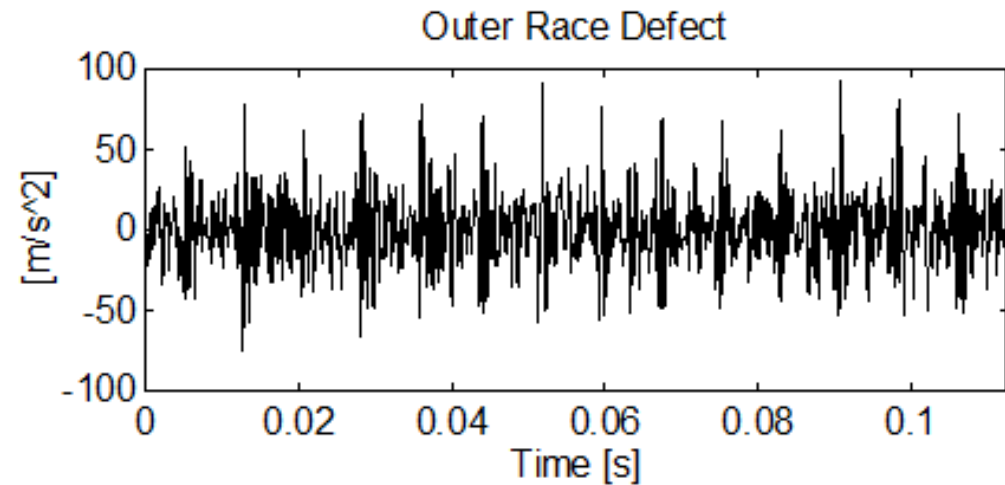


Esempio 1: Diagnostica e controllo qualità in Cuscinetti

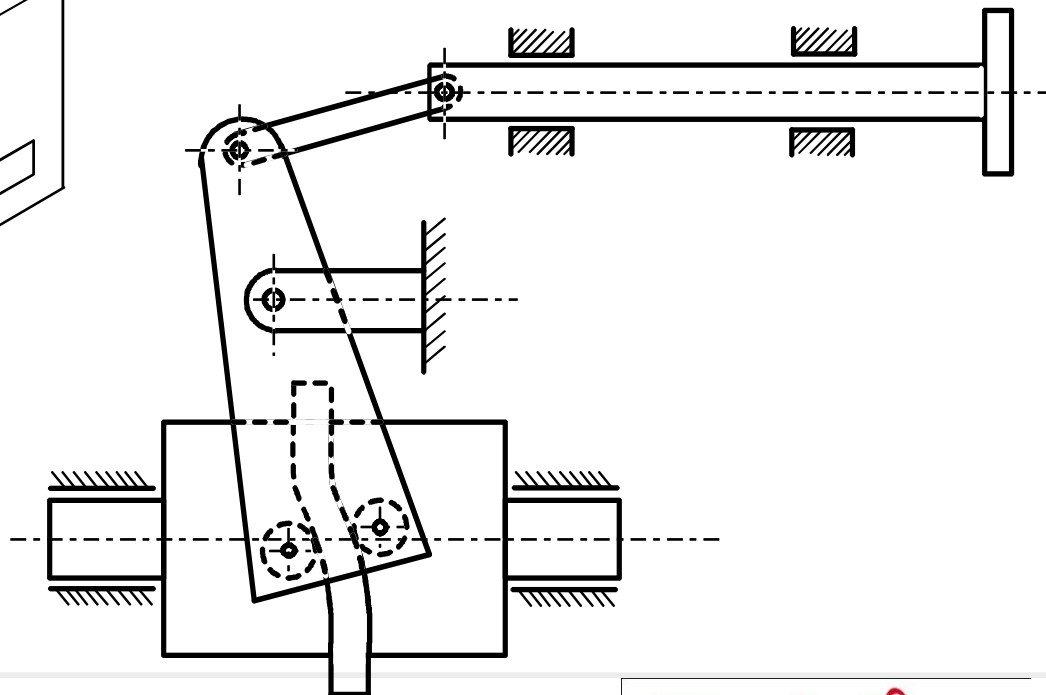
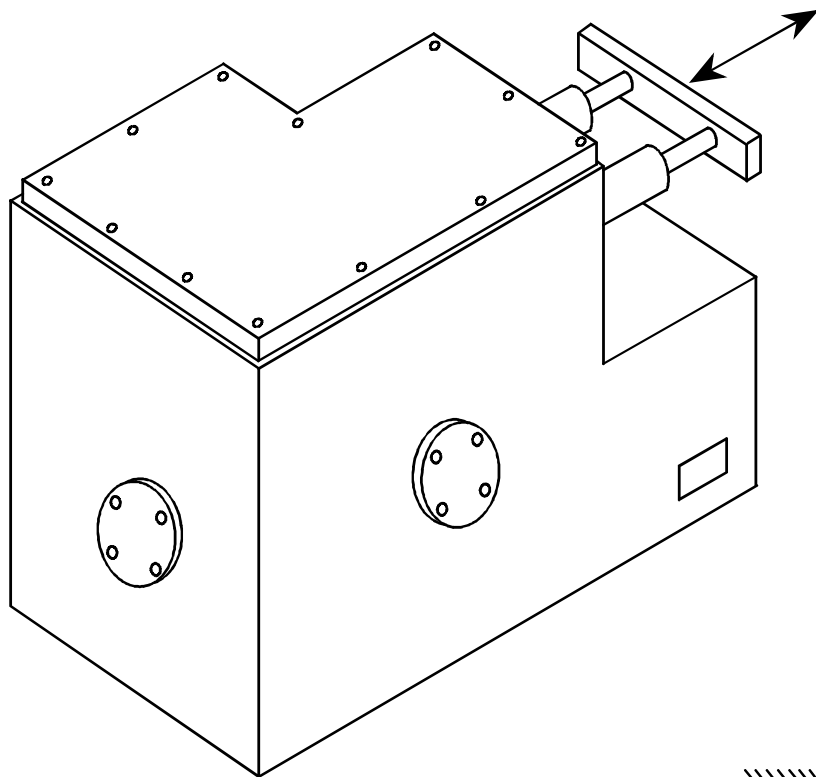
Cuscinetto in
condizioni **normali**



- Cuscinetto con difetto sull'anello esterno



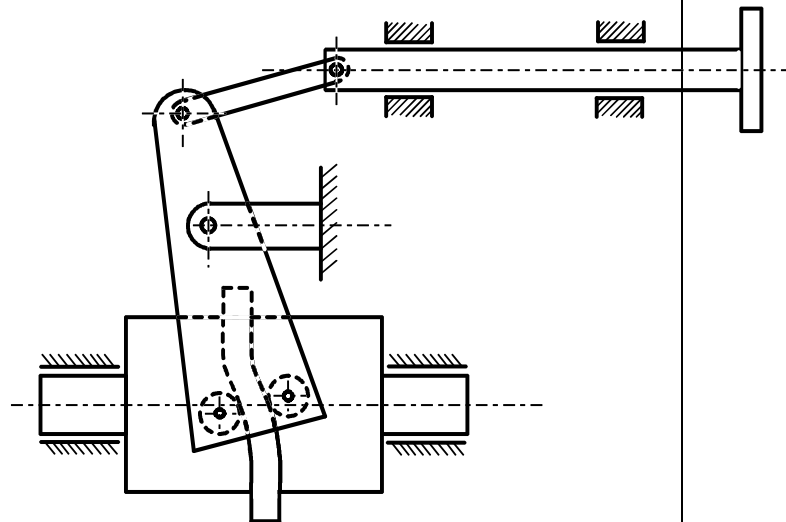
Esempio 2: Meccanismo a camma



Esempio 2: Meccanismo a camma

- Con riferimento alla coppia cinematica camma-rulli, sono state esaminate due condizioni:

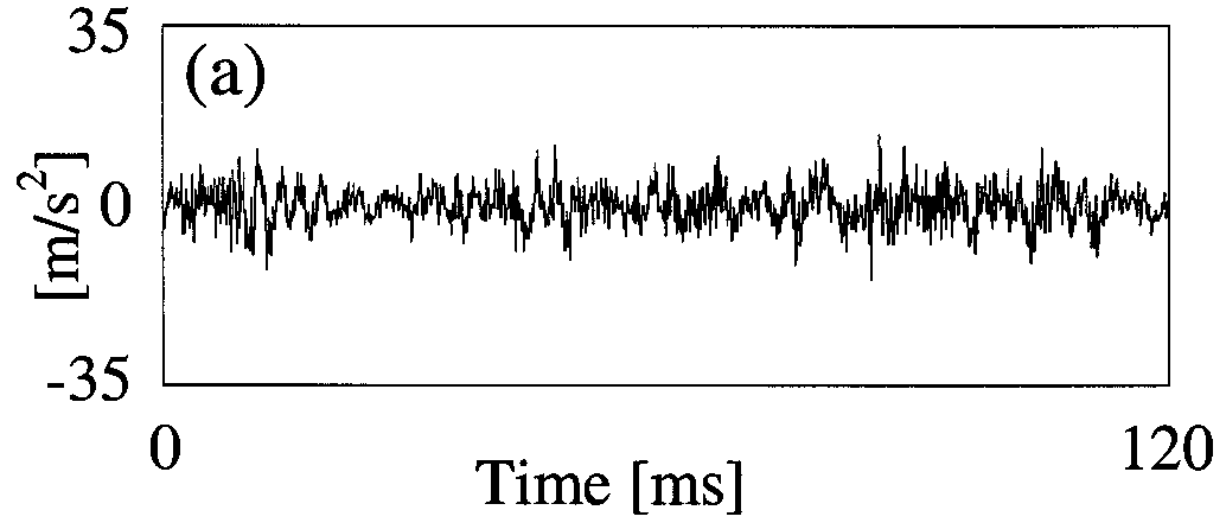
- Condizioni **Normali** 0.03 mm



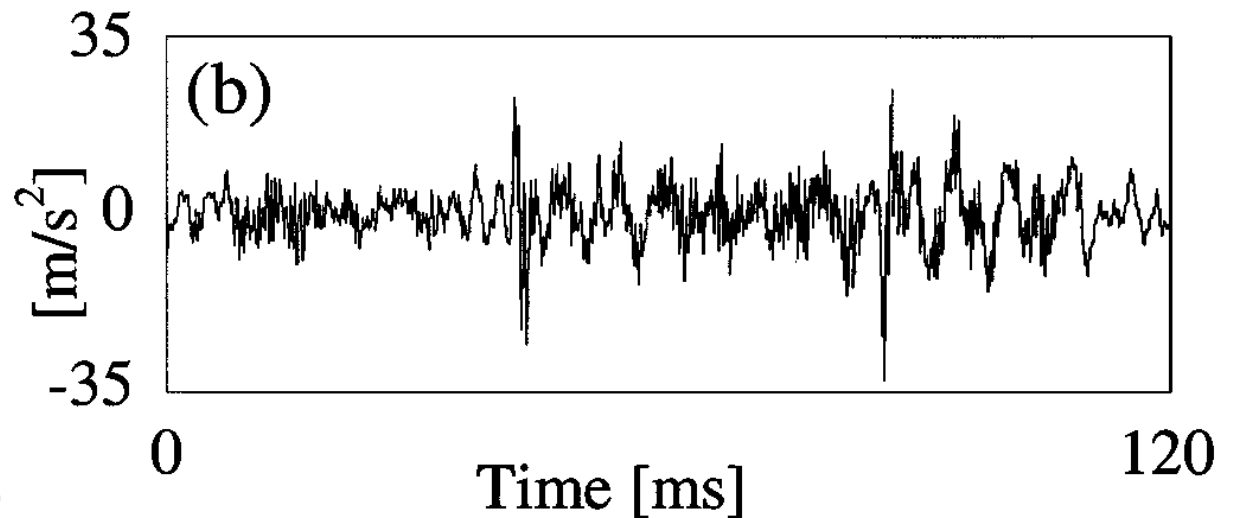
- Gioco Incrementato** 0.125 mm
✓ la *condizione simula il malfunzionamento dovuto a usura.*

Esempio 2: Meccanismo a camma

- a) condizioni normali



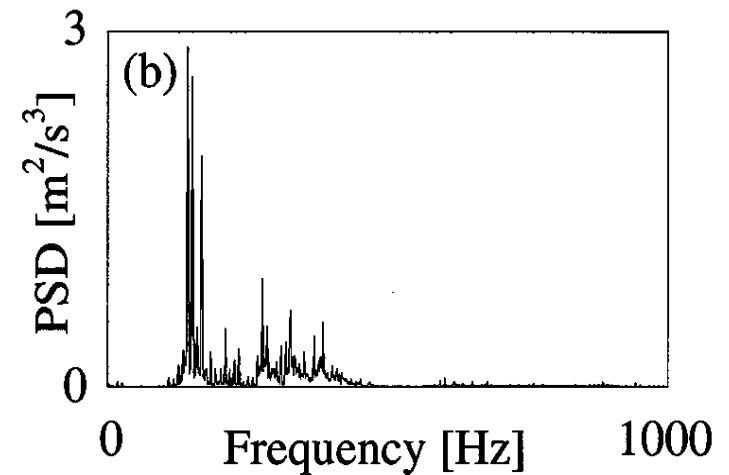
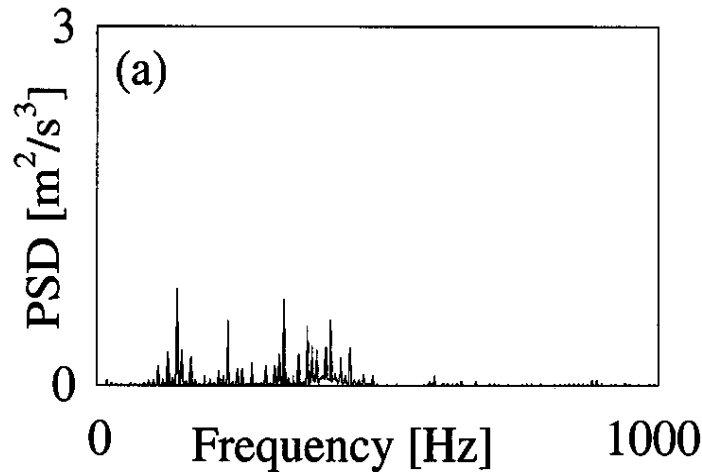
- b) gioco incrementato



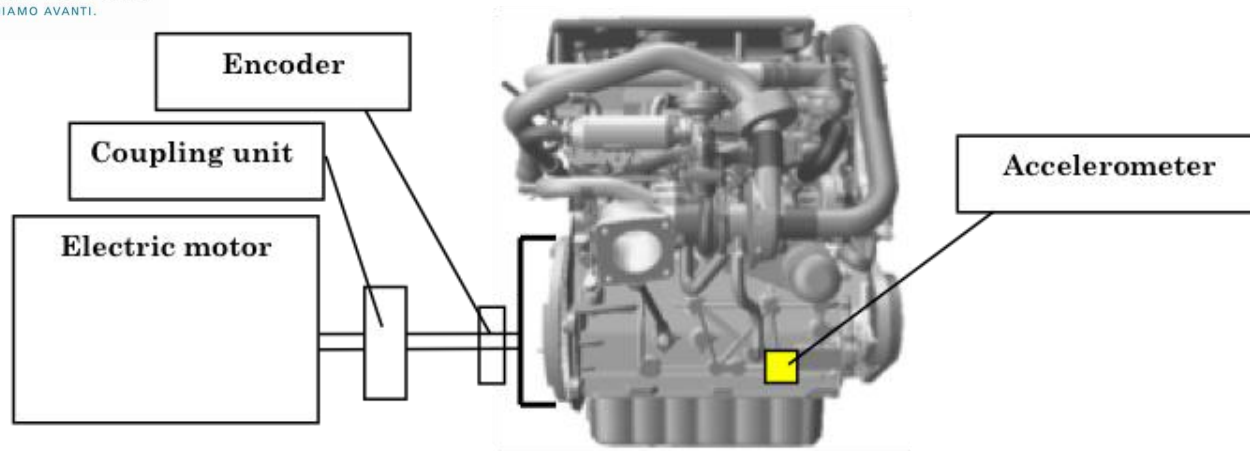
Esempio 2: Meccanismo a camma

a) *Condizioni normali*

b) *Condizioni danneggiate*



Esempio 3: Diagnostica e controllo qualità in motori C.I.

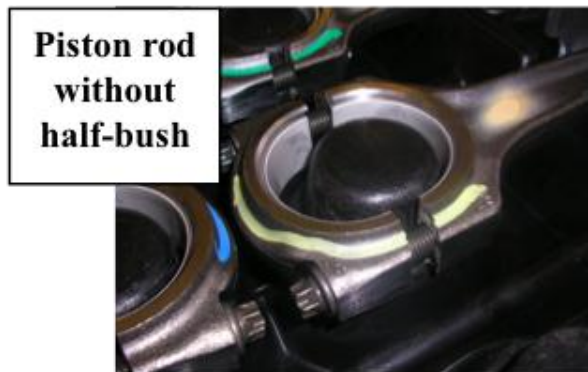


Fault 1



Cylinder 3 (RC3 engine)

Fault 2



Cylinder 4 (RC4 engine)

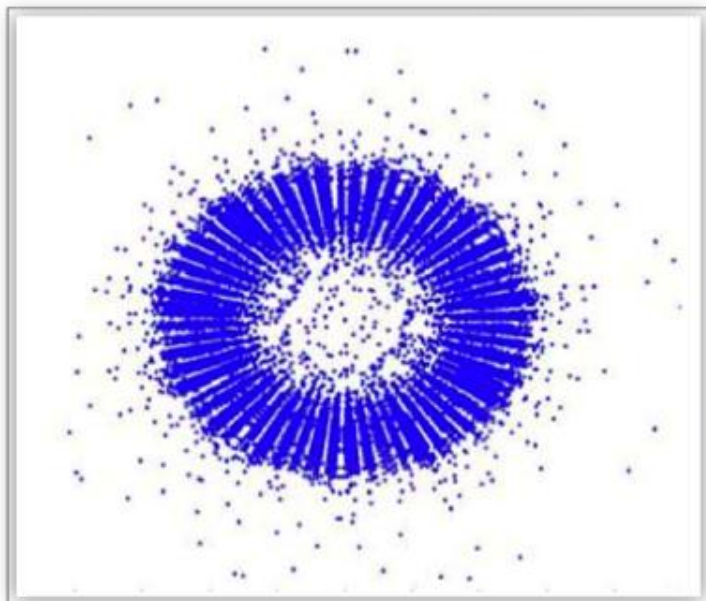
Fault 3



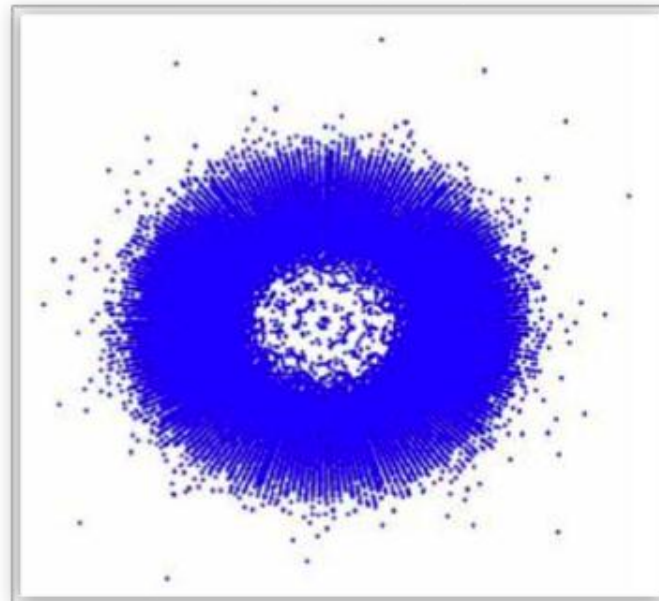
CRM engine

Esempio 3: Diagnostica e controllo qualità in motori C.I.

Healthy REFERENCE Pattern



Rod screws tightened with a pre-load of only 3 kgm (RS3 engine)



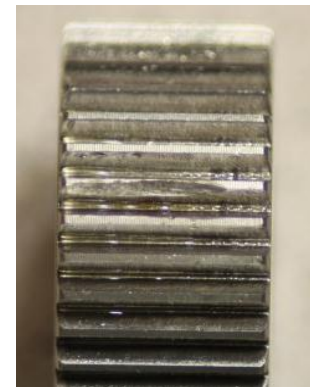
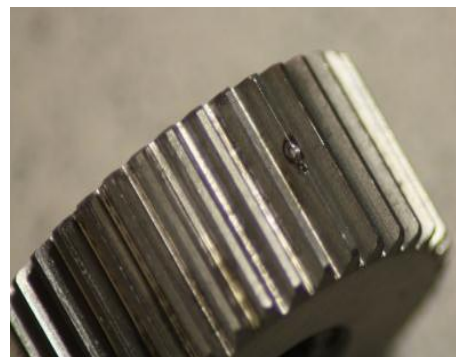
Percentage of common white pixel correlations

- ▶ **Pattern REFERENCE Healthy – Pattern Healthy engine (THRESHOLD) = 25.08%**
- ▶ **Pattern REFERENCE healthy – Pattern Faulty RS3 engine = 10.80%**
- ▶ **Pattern REFERENCE healthy – Pattern Faulty RS4 engine = 21.83%**
- ▶ **Pattern REFERENCE healthy – Pattern Faulty CRM engine = 22.07%**

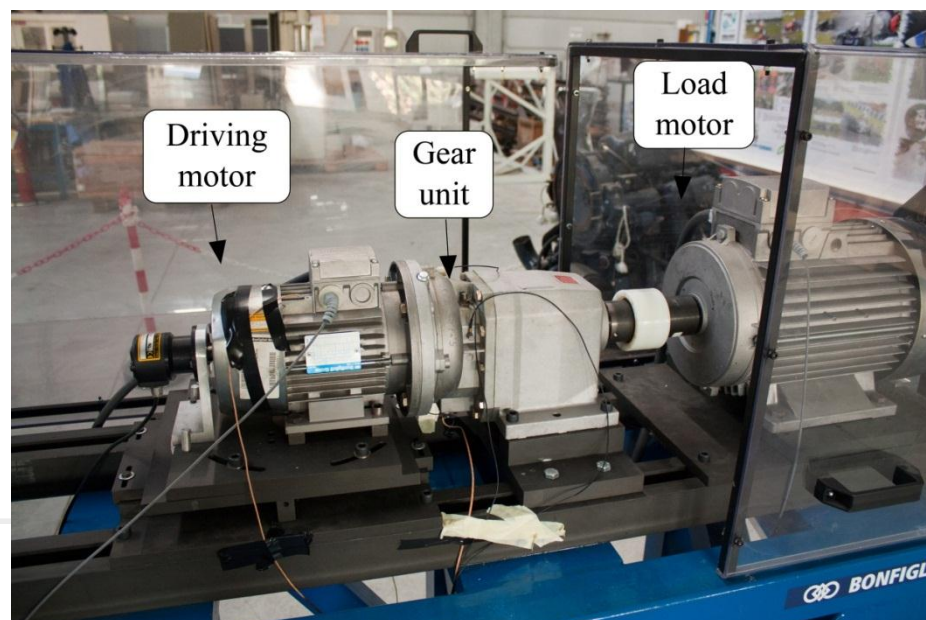
Esempio 4: Diagnostica e controllo qualità in ruote dentate e riduttori (ordinari e epicicliodali)

Tipologie di difetti studiati:

- cattiva lavorazione**
- usura**
- scarsa lubrificazione**
- cricche**
- ammaccature**



5 mm



BONFIGLIA

COSTRUIAMO INSIEME IL FUTURO

Esempio 4: Diagnostica e controllo qualità in ruote dentate e riduttori

