

Nello studio che segue che ho svolto durante l'attività di tirocinio si è valutato **l'influenza sui dati rilevati nelle misure di vibrazioni mano-braccio relativamente alla diversa tipologia di montaggio dei trasduttori, in questo caso accelerometri triassiali, su utensili portatili.**

La misura della vibrazione trasmessa al sistema mano-braccio dei lavoratori che utilizzano strumenti vibranti, è caratterizzata da un'incertezza che risulta influenzata da molteplici fattori, e tra questi riveste un ruolo determinante la **tecnica di montaggio degli accelerometri** in relazione anche al tipo di utensile ed al tipo di sollecitazione che esso genera.

I trasduttori a contatto, che rappresentano la tipologia di accelerometri piezoelettrici più utilizzata, devono essere fissati il più possibile rigidamente alla superficie vibrante.

La criticità risulta essere la possibilità che la connessione meccanica tra l'accelerometro e la struttura da esaminare possa alterare la misura.

Il sistema di montaggio deve essere eseguito in modo che abbia una risposta in frequenza piatta sull'intervallo delle frequenze in corso di misurazione e non attenni, amplifichi o abbia alcuna risonanza in questo intervallo di frequenze.

A tal riguardo la **norma ISO 5348/2007 fornisce delle raccomandazioni sul montaggio meccanico degli accelerometri** e per quanto riguarda la **valutazione dell'esposizione dei lavoratori bisogna far riferimento all'appendice D della norma UNI 5349-2, esplicitamente richiamata dall'Allegato XXXV del D.Lgs. 81/08.**

Utilizzando un accelerometro triassiale, sono state effettuate misure su una smerigliatrice angolare modello Bosch GWS 6-115, di peso pari a 1,4 kg, diametro della mola abrasiva di 115 mm, l'utensile è stato utilizzato in condizioni di lavorazione in modalità taglio, su un profilato di acciaio sagomato ad U delle dimensioni di mm 14x25x14 e spessore di mm 1.

I metodi di montaggio dell'accelerometro sull'impugnatura anteriore della smerigliatrice oggetto delle varie prove di confronto dei dati rilevati, sono stati:

- **montaggio con collante;**
- **fissaggio con fascette in cavo di nylon;**
- **fissaggio con fascette metalliche;**
- **fissaggio con nastro biadesivo;**
- **fissaggio con fascette elastiche.**

La scelta è stata dettata anche dalle difficoltà operative che altre tipologie di montaggio, consigliate dalle norme, presentano nelle misure in ambienti di lavoro.

Per il montaggio con collante è stata utilizzata della **ceralacca** per l'accoppiamento tra utensile ed accelerometro; con questa tecnica occorre prestare molta attenzione nella fase preliminare al fissaggio, attuando un'adeguata pulizia e scegliendo superfici di

accoppiamento non troppo curve, inoltre si può deteriorare l'utensile e non tutti i datori di lavoro sono disposti a correre il pericolo, **il biadesivo** ha comportato problemi durante l'esecuzione delle misure in operatività in quanto non forniva la necessaria adesività e il trasduttore frequentemente si staccava dalla sua sede, le fascette **elastiche** invece provocavano la non solidità tra il trasduttore e l'utensile con i problemi conseguenti.

Il fissaggio con fascette di nylon si è rivelata la più rapida, pratica ed adattabile a diversi tipo di impugnature dell'utensile; occorre però assicurarsi che qualsiasi frequenza di risonanza del gruppo di montaggio sia sufficientemente elevata rispetto al limite massimo dell'intervallo di frequenza di misura.

Abbiamo verificato che la tipologia di montaggio dell'accelerometro influisce sulla riduzione della risposta in frequenza, in quanto rimuovendo il sensore dal suo intimo contatto con il punto di misura e inserendo altri elementi nell'installazione, come basi adesive o adattatori, si introduce una risonanza di montaggio, che risulta ad una frequenza più bassa della risonanza naturale del sensore e ne riduce l'intervallo di frequenza utile.

In linea di massima, più il sensore è lontano dal punto di misura, più bassa sarà la risonanza di montaggio e più bassa la frequenza utile.

Questo influisce sul risultato della misura, nel nostro caso con una variazione del 12%, quindi il risultato finale è sensibilmente influenzato da tale fattore, per cui è necessario attribuire alle metodologie di montaggio delle procedure **standardizzate** in modo da circoscrivere il campo di variabilità.

Nei valori misurati riportati in tabella n.1 e visibili nel grafico “scostamento delle misure dal valore medio” si evince che i dati a cui riferirsi sono quelli analizzati quando l'utensile era in fase lavorazione (CLCI).

La variazione del valore DELTA % in valore assoluto ci indica quale valore sia più vicino alla realtà.

Il montaggio dell'accelerometro è stato effettuato sempre con l'ausilio dell'adattatore interdigitale per evidenti difficoltà nell'utilizzo dell'utensile, anche se in letteratura è sconsigliato tale accorgimento (poiché è stato riscontrato che tali elementi possono introdurre un fattore di errore fino al 20%), si è constatato che, operativamente, esso è indispensabile.

È da sottolineare, però, che l'accelerometro e l'adattatore (appositamente progettato dal produttore del trasduttore) sono estremamente solidali e tali da costituire un unico corpo rigido.

Per cui, quando si parla di montaggio di accelerometro, è da intendersi il fissaggio dell'adattatore con la superficie vibrante (Figura 1 della tesi).

La strumentazione utilizzata è la seguente:

- analizzatore multicanale Brüel & Kjær modello 2260;
- condizionatore di segnale Brüel & Kjær tipo 1700 con filtro di ponderazione in ingresso conforme alla norma ISO 5349;
- accelerometro triassiale Ortho – Shear Delta Tron.
- la calibrazione della catena di misura è stata effettuata tramite calibratore Brüel & Kjær mod.4294.

L'analizzatore è stato posto in modalità "integrazione lineare" al fine di ottenere i livelli equivalenti delle componenti per bande di 1/3 di ottava nell'intervallo tra 6,3 e 4000 Hz.

I livelli equivalenti delle componenti sono stati ponderati sulla base del filtro definito dalla norma UNI EN ISO 5349-1 e opportunamente sommati tra di loro al fine di ottenere dapprima il livello, espresso in dB, e successivamente il valore espresso in m/s^2 dell'accelerazione ponderata in frequenza.

Sono state eseguite una serie di cinque prove consecutive nelle seguenti condizioni:

- 1) utensile fatto girare a vuoto senza la mano dell'operatore sull'adattatore interdigitale dell'accelerometro (condizione indicata con AVSI);
- 2) utensile fatto girare a vuoto con la mano dell'operatore sull'adattatore interdigitale dell'accelerometro (condizione indicata con AVCI);
- 3) utensile in fase di lavorazione (condizione indicata con CLCI).

Resta comunque imperativo che lo scopo primario della prevenzione è l'eliminazione dei rischi alla fonte, la circoscrizione del rischio, l'allontanamento del rischio dall'ambiente lavorativo o in alternativa la riduzione del rischio per il lavoratore.

Si ricorda che l'articolo 2087 del Codice Civile dispone di adottare tutte le misure che secondo l'esperienza e la tecnica sono necessarie a tutelare l'integrità fisica del lavoratore e ad aggiornarle in relazione all'evoluzione delle conoscenze tecniche.

Il D.Lgs. 81/08 quindi prescrive in particolare l'obbligo, da parte dei datori di lavoro, di valutare il rischio da esposizione a vibrazioni dei lavoratori durante il lavoro.

Nel caso dell'impiego di strumenti vibranti, quindi, risulta fondamentale l'eliminazione delle vibrazioni in sede progettuale - costruttiva, inoltre il **datore di lavoro, qualora siano uguali o superati i livelli di azione** stabiliti dal D.Lgs. 81/08, (**mano braccio: $A(8) = 2,5 m/s$; corpo 2 intero: $0,5 m/s$**) come abbiamo visto precedentemente, **è tenuto ad elaborare e**

ad applicare un piano di lavoro volto a ridurre al minimo l'esposizione a vibrazioni.

In particolare dovrà considerare e predisporre:

1. scelta di attrezzature adeguate concepite nel rispetto dei principi ergonomici e che producano, tenuto conto del lavoro da svolgere, il minor livello possibile di vibrazioni;
2. fornitura di attrezzature accessorie per ridurre i rischi di lesioni provocate da vibrazioni, ad esempio guanti certificati "anti-vibrazioni" ai sensi della norma EN ISO 10819 1996, maniglie che riducano la vibrazione trasmessa al sistema mano-braccio o sedili che attenuino efficacemente le vibrazioni trasmesse al corpo intero;
3. adeguati programmi di manutenzione delle attrezzature di lavoro, del luogo di lavoro e dei sistemi sul luogo di lavoro;
4. limitazione della durata e dell'intensità dell'esposizione;
5. orari di lavoro adeguati con appropriati periodi di riposo;
6. fornitura ai lavoratori esposti di indumenti di protezione dal freddo e dall'umidità;
7. **adeguata informazione e formazione per insegnare ai lavoratori ad utilizzare correttamente e in modo sicuro le attrezzature di lavoro, riducendo al minimo l'esposizione a vibrazioni meccaniche.**

Il Decreto raccomanda, per quanto possibile, di limitare l'esposizione al minimo indispensabile e per tutti coloro che sono esposti a livelli di vibrazioni superiori ai valori indicati, è prevista nel Decreto la sorveglianza sanitaria da effettuarsi almeno una volta l'anno o con periodicità diversa dietro parere di un medico competente.

Qualora il medico riscontri anomalie in un lavoratore, deve informare il datore di lavoro che, a sua volta, è tenuto a:

- sottoporre a revisione la valutazione dei rischi prevista da questo Decreto;
- rivedere le misure messe in atto per eliminare o ridurre i rischi;
- tenere conto del parere del medico competente nell'attuazione delle misure necessarie per eliminare o ridurre il rischio;
- predisporre una visita medica straordinaria per tutti gli altri lavoratori che abbiano subito un'esposizione simile.