

ATTENUAZIONE DELLE VIBRAZIONI AL MANO-BRACCIO PER MEZZO DI MANIGLIE SMORZANTI

Enrico Marchetti, Angelo Tirabasso, Pietro Nataletti, Raoul Di Giovanni, Alessandro Lunghi, Federica Morgia

ISPESL, Dipartimento di Igiene del Lavoro, Laboratorio Agenti Fisici, Monte Porzio Catone (RM).

1. INTRODUZIONE

L'attenuazione delle vibrazioni impartite al mano-braccio dagli attrezzi manuali è un problema rilevante per la protezione dalle vibrazioni. Infatti per ridurre l'esposizione alle vibrazioni non sono disponibili dei validi dispositivi di protezione individuale come per l'esposizione al rumore. Si è visto che i guanti antivibranti non forniscono una valida attenuazione per basse frequenze e per le alte arrivano a circa il 50% di attenuazione [1]. Quindi, in assenza di questo valido ausilio, è necessario privilegiare la riduzione alla fonte. Questo obiettivo ha un duplice problema tecnico: ridurre le vibrazioni emesse dagli utensili nuovi e ridurre quelle emesse dagli utensili già in circolazione. Per il nuovo le soluzioni possono essere adottate in fase costruttiva e non presentano particolari limitazioni organizzative. Mentre per gli utensili *after market* il problema è come effettuare un intervento che ne riduca l'emissione di vibrazioni senza perdere la certificazione CE e con un effettivo vantaggio per l'utente.

Pertanto alcune fabbriche di attrezzi si sono dotate di smorzatori semplici inseriti in parti accessorie all'utensile, che non ne inficiano la certificazione in caso di sostituzione. La sostituzione è semplice e può essere fatta dall'utente stesso mediante una semplice operazione di avvitamento.

Il problema che ci si è posto è di verificarne l'effettiva capacità smorzante. L'industria produce utensili nuovi e su questi ha validato le sue soluzioni tecniche di attenuazione. Ma in campo il problema si presenta più articolato. Infatti ci sono utensili in diverso stato di manutenzione e di uso, che hanno una densità spettrale di potenza emessa (ossia l'emissione in frequenza) alquanto differente rispetto all'utensile nuovo. Il progetto messo in esecuzione prevede quindi tre fasi. Una prima fase di messa a punto di un protocollo di misura standardizzato ed efficace per la valutazione delle maniglie in laboratorio. La seconda fase prevede la valutazione degli utensili con e senza le maniglie in campo, con l'adattamento del protocollo di misura al lavoro sul campo e introducendo anche una valutazione della percezione delle maniglie da parte di utenti esperti. La terza

fase prevede la valutazione dell'efficacia delle maniglie sugli utensili in diverse condizioni di usura e manutenzione, sempre in campo. Scopo di questo articolo è descrivere lo sviluppo della prima fase di questo progetto di ricerca.

Lo studio della standardizzazione delle prove di attenuazione ha richiesto di mettere a punto un protocollo *ex novo*. Per fare questo è necessario operare sulle maniglie indipendentemente dall'utensile su cui si presume di impiegarle. Inoltre ci si è posto il problema di evitare di avere artefatti da risonanze della catena di misura. Le misure sono state fatte, quindi, sia con accelerometri tradizionali piezoelettrici, che con un interferometro laser doppler per confrontare due situazioni in cui la massa del sistema cambia ed evidenziare la presenza di risonanze intrinseche alla catena di misura costituita da mano - maniglia - supporto – piastra shaker.

Il caso in esame parte da due aziende produttrici di utensili vibranti che hanno realizzato delle maniglie smorzanti. Esse adottano due distinti sistemi per attenuare le vibrazioni emesse dall'utensile su cui sono montate. La prima azienda, che indicheremo con la lettera A, ha inserito una discontinuità nel materiale di struttura della maniglia allo scopo di disaccoppiare la maniglia dall'utensile. La seconda (indicata con la lettera B) ha modificato le proprietà della massa del 'sistema maniglia' aggiungendo massa sul tratto terminale del sistema.

2. MATERIALI I METODI

Il metodo scelto per la valutazione dell'attenuazione della vibrazione delle maniglie è un metodo operativo, in cui un soggetto impugna la maniglia che viene sollecitata da uno shaker sulla base di uno spettro predefinito e standardizzato. Si misurano le accelerazioni r.m.s. (*root mean square* – valori quadratici medi delle accelerazioni) sulla piastra dello shaker e all'interno della mano che impugna la maniglia; da queste si calcola la trasmissibilità della vibrazione come rapporto dell'accelerazione della mano rapportata a quella dello shaker.

Queste misure hanno richiesto la messa a punto di una catena di misura *ad hoc*. Tale catena è costituita da uno shaker elettrodinamico RMS modello SW 1508 monoassiale per generare la sollecitazione. Le caratteristiche del segnale sono impostate per mezzo del software Vibrationview 2.1 ed il segnale è verificato con un accelerometro di chiusura dell'anello del circuito di controllo marca PCB modello 353M197. Sulla piastra dello shaker è stato fissato un supporto con fori filettati per collegare le maniglie allo shaker. Il supporto ha dimensioni 100 x 30 x 30 mm tali da consentire la corretta impugnatura delle maniglie da parte di soggetti dotati di dimensione della mano differente. Il sistema shaker-piastra-supporto-maniglia e gli assi di riferimento sono mostrati in Figura 1.

La misura della vibrazione, limitata all'asse z in ossequio alle caratteristiche dello shaker, è stata effettuata con accelerometri PBC tipo SEN026 fissati sulla piastra, sul

supporto filettato ed all'interno di un adattatore palmare posto tra il palmo della mano e la maniglia.

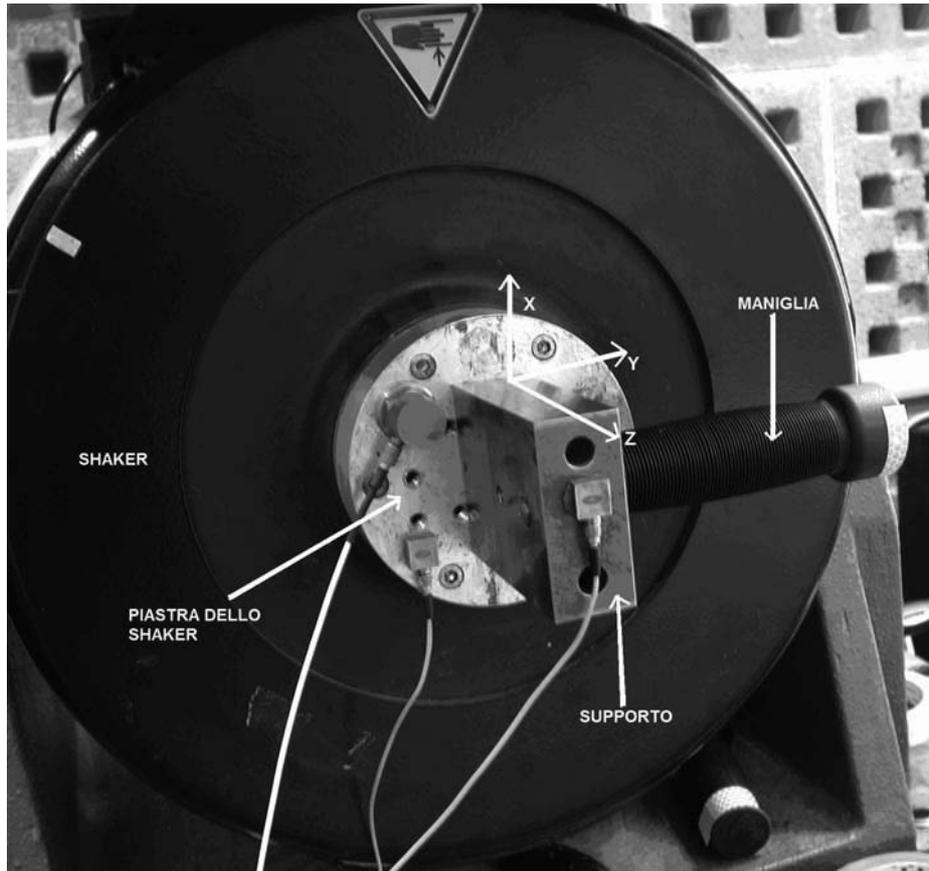


Figura 1: Sistema shaker-piastra-supporto-maniglia.

Tali adattatori sono stati progettati e realizzati dalla RMP di Acilia (Roma) su indicazioni del nostro Laboratorio oltre che sulla base dei disegni contenuti nella norma EN ISO 10819:1996 [2]. Inoltre è stata misurata la vibrazione trasmessa alla maniglia tramite l'interferometro laser della Polytec. Tali misure sono state fatte per valutare le prestazioni di misurazione accelerometrica del supporto rispetto alla piastra dello shaker, della maniglia rispetto al supporto e della mano rispetto alla maniglia. Infatti le misure fatte con gli accelerometri subiscono la variazione fisica indotta dalla presenza della

massa della mano e dell'accelerometro, mentre il laser non aggiunge alcuna massa e pertanto esclude la possibilità di variazioni. Dal confronto tra le due situazioni si può desumere la correttezza delle misure effettuate con gli accelerometri piezoelettrici. La caratterizzazione della catena di misura mediante l'analisi della propagazione delle vibrazioni attraverso le diversi componenti della catena stessa (shaker-piastra-supporto-maniglia) consente di evidenziare l'eventuale presenza di risonanze strutturali della catena di misura.

Tutti i segnali di accelerazione sono stati registrati ed analizzati (in *real time* ed in postelaborazione) con il sistema di acquisizione a 32 canali OR38 della Oros.

Le misure sono state effettuate su 5 soggetti maschi, ai quali è stato chiesto di mantenere una forza di prensione costante, visualizzabile su un oscilloscopio HP54603B, con braccio teso ed angolo alla spalla (tra l'avambraccio ed il tronco) di 90 gradi (Figura 2). Per mantenere questa postura con soggetti eventi altezza differente si è usata una pedana regolabile a compasso.



Figura 2: Rappresentazione della postura di misurazione.

Per ogni maniglia è stata quindi valutata la trasmissibilità in frequenza utilizzando come segnale di sollecitazione uno spettro piatto tra le frequenze 6,3 - 1250 Hz di interesse della ISO 5349-1 [3], come riportato in Figura 3, con una velocità di sweep pari a 1 ottava/minuto. L'analisi è stata eseguita calcolando la Fast Fourier Transform con una risoluzione di 2,5 Hz ed un'analisi in bande di terzi d'ottava.

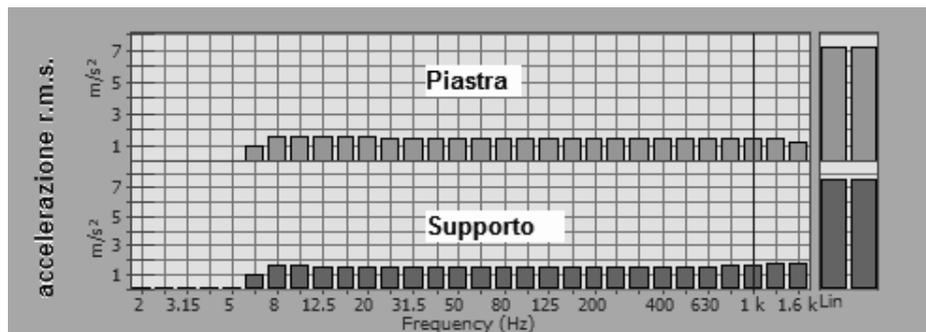


Figura 3: Andamento delle accelerazioni sulla piastra dello shaker e sul supporto per il fissaggio delle maniglie da provare, in terzi d'ottava.

3. RISULTATI

La determinazione della trasmissibilità della vibrazione delle maniglie smorzanti prodotte dalle due aziende ha richiesto preliminarmente la valutazione della linearità del comportamento del supporto fissato sulla piastra dello shaker. Per tale misurazione si è utilizzato lo stesso spettro piatto tra 6,3 e 1250 Hz impiegato per le prove delle maniglie. In Figura 4 è mostrata la trasmissibilità del supporto, che risulta pressoché unitaria nello spettro di frequenze indagato: il valore massimo del rapporto tra le accelerazioni rilevate sul supporto e quelle rilevate sulla piastra dello shaker risulta essere 1,24 in corrispondenza di una sollecitazione di 1250 Hz.

Gli andamenti in frequenza della trasmissibilità delle maniglie della ditta A sono esposti in figura 5. Questa tipologia di maniglie è caratterizzata da un sistema d'attenuazione dovuto alla variazione dello smorzamento visco-elastico. Di questa ditta sono stati misurati due modelli disponibili, denominati M14 e M10, con riferimento al tipo di filettatura adottata per il fissaggio all'utensile. Sempre in Figura 5 è riportato il confronto tra i risultati di trasmissibilità ottenuti per lo stesso tipo di maniglia nelle due versioni: standard e con dispositivo smorzante.

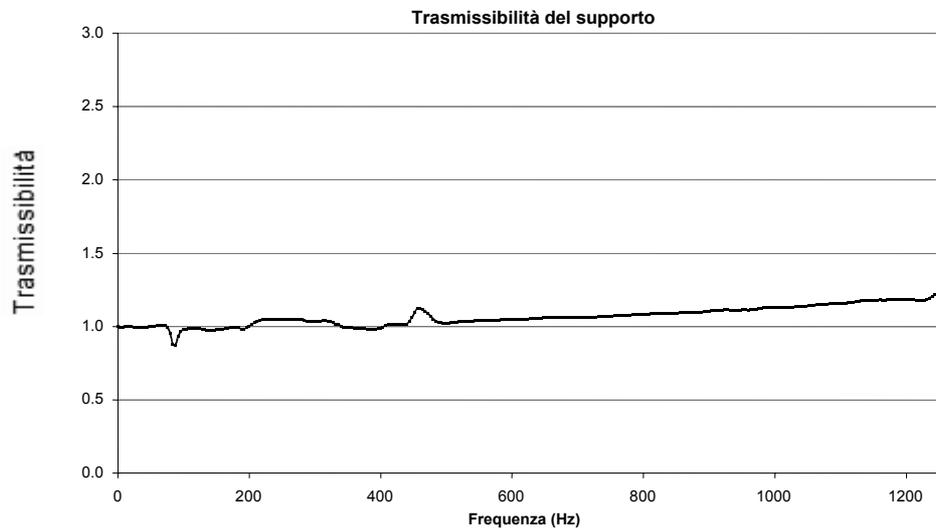


Figura 4: Andamento in frequenza della trasmissibilità del supporto per il fissaggio delle maniglie calcolata come rapporto tra i valori di accelerazione sul supporto riferito a quello sulla piastra dello shaker.

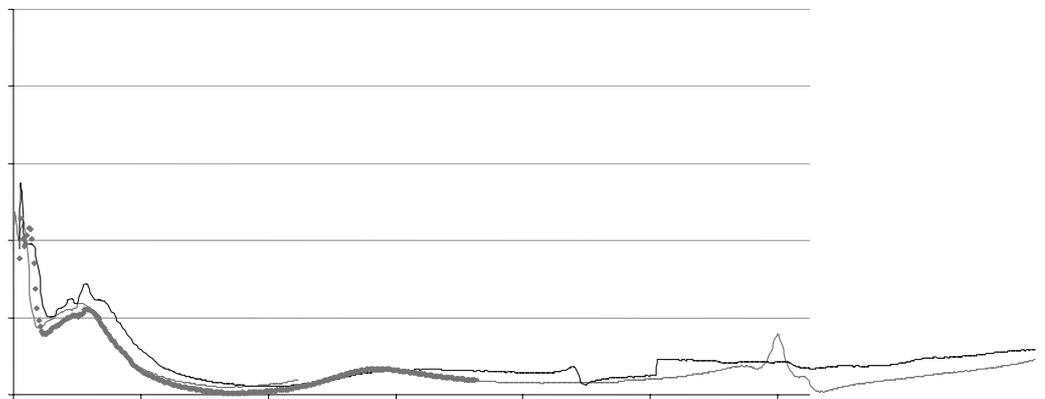


Figura 5: Trasmissibilità in frequenza delle maniglie dell'azienda A calcolata come rapporto tra le accelerazioni r.m.s.