

ESPERIENZE DI RIPROGETTAZIONE DELLE TECNOLOGIE PRODUTTIVE PER LA PREVENZIONE DELLE PATOLOGIE DA MOVIMENTI RIPETITIVI: LE ATTREZZATURE PNEUMATICHE

Marco Placci

Responsabile Servizio Prevenzione e Protezione
Electrolux Zanussi SPA – Stabilimento di Forlì
Italia

Il Gruppo Electrolux Zanussi . ha in Italia circa venti stabilimenti suddivisi in tre settori: Elettrodomestico, Grandi impianti e Componentistica. Le problematiche correlate ai movimenti ripetitivi sono state affrontate in fasi successive. Il primo approccio si è avuto a Forlì nel 1989 nello stabilimento di produzione di elettrodomestici per l'incasso a seguito di un'epidemia di sindrome del tunnel carpale. Le soluzioni intraprese sono state eseguite utilizzando il buon senso e le tecniche dell'ergonomia note ai tempometodisti.(vd. Intervento sugli avvitatori).

INTRODUZIONE

Lo stabilimento Electrolux Zanussi SPA di Forlì produce elettrodomestici per la cottura. A seguito di un crescente incremento di produzione, a partire dal 1993 in alcuni anni, proporzionalmente, ha visto aumentare il suo organico. L'inserimento di nuovo personale (oltre quattrocento unità in quattro anni) in gran parte femminile e alla prima esperienza lavorativa, ha comportato presso le linee di assiemaggio dei prodotti, la necessità di valutare e prevenire le problematiche patologiche riassumibili nei Work Related Musculo Skeletal Disorders (WMSDs).

La realtà dello stabilimento di Forlì prevedeva in variate postazioni di lavoro, l'utilizzo giornaliero continuato degli attrezzi e poteva quindi sussistere un legame specifico tra le vibrazioni generate e assorbite dal sistema mano braccio, e l'insorgenza dei WMSDs.

AVVITATORI PNEUMATICI: TIPOLOGIE E INNOVAZIONE TECNOLOGICA

L'avvitatore pneumatico è un utensile che, alimentato da aria compressa, tramite un motore interno fa ruotare un inseritore di forma adeguata per l'avvitatura di viti, dadi, bulloni.

Caratteristiche tipiche dell'attrezzo sono:

- **LA CONFORMAZIONE:** diritta, diritta con testa angolata o a pistola;

- **IL NUMERO DI GIRI:** che determinano l'inerzia in gioco;
- **LA POTENZA DEL MOTORE:** e le conseguenti dimensioni dell'avvitatore;
- **LA METODOLOGIA DI AVVIAMENTO:** a leva, a grilletto, a spinta dell'utensile;
- **LA FRIZIONE DI ARRESTO:** al raggiungimento della coppia preimpostata

Le vibrazioni generate da un avvitatore pneumatico dipendono dalla potenza del motore interno e dalla tecnologia costruttiva della frizione che interviene al raggiungimento della coppia di serraggio.

Negli avvitatori a norma, le vibrazioni devono essere innanzitutto ridotte alla fonte. Per questo gli avvitatori più avanzati sono dotati di una frizione che arresta automaticamente ed istantaneamente l'aria di alimentazione al raggiungimento della coppia preimpostata. Gli avvitatori di tipo tradizionale impiegano invece una frizione meccanica a **saltarelli**, in cui due elementi dentati in acciaio contrapposti fra loro slittano l'uno sull'altro, provocando l'insorgere di elevati livelli di vibrazione.

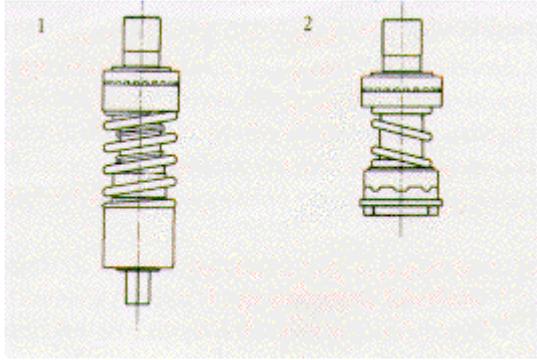


Figura n.3: 1) frizione a stacco d'aria, 2) frizione a saltarelli.

L'utilizzo di una frizione ad **arresto automatico dell'aria** tecnologicamente all'avanguardia, riduce il livello delle vibrazioni generate dall'avvitatore al disotto di 1 m/s^2 .

Qui sotto riportiamo come esempio i grafici di rilevamento del livello di vibrazioni emesse rispettivamente da un avvitatore con frizione a saltarelli e da un avvitatore ad arresto automatico ad aria di pari capacità.

Il valore medio ponderato delle vibrazioni del primo grafico è di 132 dB pari a 4 m/s^2 , il secondo valore è di 119 dB pari a $0,9 \text{ m/s}^2$.

Oltre a generare livelli notevolmente più bassi di vibrazioni, gli avvitatori dotati di arresto automatico dell'aria, riducono anche il tempo in cui l'operatore rimane esposto a questo fenomeno. Infatti, questi avvitatori si arrestano automaticamente ed istantaneamente al raggiungimento della coppia preimpostata, mentre nei cacciaviti di tipo tradizionale con frizione a saltarelli l'arresto dell'avvitatore viene lasciato alla discrezionalità dell'operatore.

Il tempo di esposizione è ridotto di circa quattro volte rispetto al tempo di esposizione con gli avvitatori tradizionali.

Nel grafico successivo è schematizzato il comportamenti delle vibrazioni rispettivamente per un avvitatore a saltarelli ed uno dotato di frizione ad arresto automatico dell'aria.

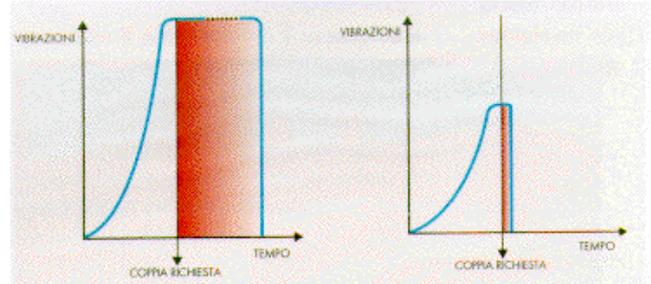


Figura n.5: grafico delle vibrazioni generate a) avvitatore a saltarelli b) a stacco d'aria.

I PROVVEDIMENTI PER LA RIDUZIONE DEL RISCHIO

L'attuazione delle direttive ha visto suddividere l'attività del gruppo di lavoro in passi successivi.

Inventario degli avvitatori

Per eseguire la sostituzione degli attrezzi che maggiormente influiscono sul sovraccarico biomeccanico dell'arto superiore, è stato censito tutto il parco avvitatori presso le A.G.I. (Aree a Gestione Integrata) montaggio, successivamente gli attrezzi sono stati suddivisi in famiglie e tipologie.

È risultato che, presso lo stabilimento di Forlì erano presenti 1167 avvitatori di differenti tipologie, di questi, **801 erano con frizione a saltarello**, i rimanenti già con frizione a stacco d'aria. Esistevano 97 differenti tipi di avvitatori, 49 a saltarello e 48 a stacco d'aria, 9 tipi di avvitatori a saltarello però coprivano il 78% della quantità presente in azienda e cioè 628 attrezzi.

Prove di vibrazione in laboratorio

Coadiuvati da una ditta fornitrice di attrezzature pneumatiche, presso il loro laboratorio sono state testate le diverse famiglie di avvitatori censite. L'attrezzatura utilizzata era composta da un analizzatore di spettro del tipo Larson Davis 3200L/1 con l'accelerometro apposto in dotazione. Per ogni tipologia di avvitatore sono state eseguite 5 avvitature utilizzando il freno meccanico definito nella ISO 8662-7. I dati teorici proposti nella bibliografia sono stati confermati.

Tipologia dell'avvitatore	Frizione	Accelerazione ponderata rilevata - I prova (m/s ²)	Accelerazione ponderata rilevata - II prova (m/s ²)
Fiam CL 25 dritto	Saltarello	4,62	5,66 c.m.
Fiam CS 5 R dritto	Saltarello	4,70	4,30
Fiam CS 5 RA dritto	Stacco aria	0,90	
Fiam CL 25 PW pistola	Saltarello	2,014	2,042
Fiam CH 25 PW pistola	Saltarello	1,82	3,28 c.m.
Atlas LUM 21 HR 15 U pistola	Stacco aria	1,05	
Ergonomico Zanussi	Saltarello	3,66	3,56
Ergonomico Zanussi	Stacco aria	1,05	

Tabella n.3: rilievi di laboratorio delle vibrazioni generate dalle famiglie di avvitatori.

Gli avvitatori a saltarello in laboratorio hanno dato valori da 2,042 a 5,66 m/s², quelli a stacco d'aria l'intervallo era da 0,9 a 2,21 m/s².

Rilievi di vibrazione in linea

Le nove tipologie testate in laboratorio sono poi state utilizzate direttamente in linea. Nelle tre A.G.I. di montaggio sono state scelte delle fasi di assembraggio rappresentative e in queste sono stati eseguiti i rilievi di vibrazione sia dai tecnici della ditta di fornitura degli utensili, che da un laboratorio specializzato certificato per potere confrontare i valori di due differenti rilevazioni.

Le prove sono state effettuate utilizzando prima **tutti gli avvitatori con frizione a saltarello e successivamente, quelli con frizione a stacco d'aria.**

Con i dati così ottenuti si è calcolata l'esposizione all'accelerazione equivalente complessiva ponderata in frequenza nelle otto ore delle fasi prescelte.

Il confronto dei valori di esposizione utilizzando i due differenti tipi di attrezzature, ha confermato che utilizzando in linea solamente attrezzature con frizione a stacco d'aria l'esposizione nelle A.G.I. di produzione poteva attestarsi al di sotto del livello di attenzione definito dalla Proposta della Direttiva C77.

Programmazione della prevenzione – Piano d'intervento

Le fasi di avvitatura presenti nelle 3 A.G.I. di montaggio sono variabili da 350 a 390 a seconda della tipologia di prodotto in assemblaggio. Utilizzando i rilievi effettuati in linea si sono calcolate le esposizioni all'accelerazione equivalente in tutte le fasi, suddividendo l'entità delle vibrazioni ponderate sulle otto ore come prescrive il disegno della Direttiva Europea e si è ottenuto:

Accelerazione m/s ²	Fasi di lavoro
Da 0 a 1	5,6 %
Da 1 a 2,5	42,7 %
Da 2,5 a 5	51,7 %

Dopo aver discusso i risultati del gruppo di lavoro, la direzione dell'azienda ha deciso di eseguire un piano sistematico di sostituzione degli attrezzi a saltarello.

Il Piano Aziendale di Prevenzione è stato suddiviso in due parti: la prima, immediata, aveva lo scopo di eliminare tutte le posizioni al di sopra del valore di azione (2,5 m/s²), la seconda, da completarsi entro l'anno successivo, prevedeva la sostituzione totale degli attrezzi per conseguire il minor livello di vibrazioni sulle linee di assemblaggio. Occorre tenere presente che in una posizione di lavoro sono presenti mediamente tre attrezzi.

Gli utensili sono stati sostituiti per tipo e/o famiglia affinché non si potessero avere possibili usi errati di avvitatori simili e quindi andare ad inficiare il piano di rientro.

Sono state studiate quali famiglie di avvitatori dovessero essere cambiate per prime, come risulta dalle tabelle sottostanti la sostituzione delle prime tre tipologie (472 attrezzi) ha ridotto allo 0% le fasi tra 4 ÷ 5 m/s² e rimanevano 19 posizioni di lavoro al disopra del livello di azione (5,4%).

Queste posizioni residue sono state oggetto di modifiche metodistiche.

Con il secondo investimento la sostituzione degli avvitatori ha comunque ridotto il valore delle vibrazioni.

ACCELERAZIONE			UTENSILI		
0 - 1	1 - 2,5	2,5 - 5	TIPOLOGIA	Q.TA'	PROG.
m/s ²	m/s ²	m/s ²		n°	n°
POSIZIONI DI LAVORO %					
5,6%	42,7%	51,7%	SITUAZIONE ODIERNA		
35,6%	41,8%	22,6%	CL 25 W DRITTO	144	
55,1%	29,7%	15,3%	ERGON Z.	158	302
70,6%	24,0%	5,4%	CS 5 R E FAM. DRITTO	170	472
83,3%	16,7%	0,0%	CL 25 PW E FAM PISTOLA	105	577
88,1%	11,9%	0,0%	C 5 /30° E FAM. ANG. 30°	51	628

Tabella n. 7: percentuale delle posizioni di lavoro suddivise secondo i livelli di soglia, azione e massimo.

La conclusione del piano ha previsto quindi che l'ottantotto per cento delle fasi di lavoro (312) presentassero vibrazioni al disotto del livello di soglia, e che circa il dodici per cento avessero un valore tra 1 e 2,5 m/s². Il completo cambiamento degli avvitatori, sostituendo i rimanenti 173 avvitatori non riconducibili a famiglie ben definite (poiché utilizzati in lavorazioni particolari) ha migliorato ulteriormente i valori, ma senza influenzare in modo determinante i dati già scritti.

Realizzazione del miglioramento tecnologico

La sostituzione degli avvitatori, oltre all'obiettivo di ridurre le vibrazioni, ha permesso di uniformare, nelle A.G.I. Produttive, la tipologia di avvitatore in funzione della vite da avvitare, del suo diametro, dello spessore della lamiera e del diametro del foro in cui andava avvitata.

Innanzitutto, si è cercato sul mercato un prodotto che soddisfacesse le esigenze interne; successivamente, ci si è indirizzati verso lo studio di un avvitatore specifico per la realtà dello stabilimento.

Questo ha fatto sì che, unitamente alle forniture della ditta FIAM di Verona produttrice di utensili pneumatici, siano stati sviluppati due attrezzi di differenti caratteristiche (potenza, coppia e numero di giri), ma che utilizzassero la stessa

struttura e avessero il maggior numero di componenti in comune per ridurre le problematiche di manutenzione e di magazzino.

Lo studio di progettazione ha avuto buon fine e si è concluso con la realizzazione di un corpo rotante "flessibile" utilizzabile - con alcuni accorgimenti - negli avvitatori dritti, a pistola e in quelli Ergonomici Zanussi.

AVVITATORE PROGETTATO ZANUSSI

ERGONOMICO DALL'INGEGNERIA

Già nel 1988 nello stabilimento di Forlì si affrontarono problematiche legate all'ergonomia del posto di lavoro. Anche allora, tramite un gruppo di lavoro formato da tecnici dell'**Ufficio Ingegneria**, furono proposte e realizzate alcune attrezzature atte a migliorare la postura dell'operatore e a ridurre lo sforzo necessario durante l'attività lavorativa.

La più importante di queste realizzazioni è stata la progettazione dell'**Impugnatura Ergonomica Rovescia**.



Figura n.6: impugnatura ergonomica rovescia.

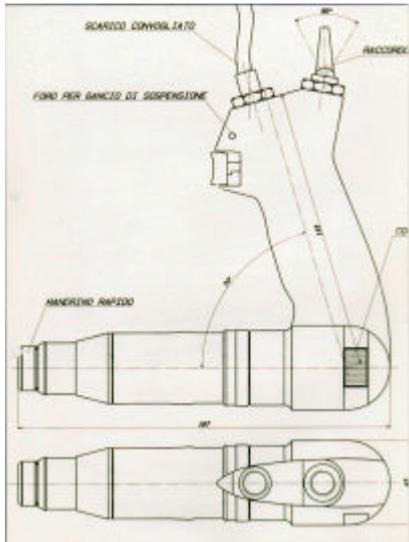


Figura n.7: impugnatura ergonomica rovescia.

Il concetto innovativo dell'impugnatura, come si vede in figura, è quello di rovesciare di 180° verso l'alto l'impugnatura di un attrezzo a pistola; questo consente all'operatore di avvitare in posizioni basse, senza che l'articolazione del polso venga posta in posizione scorretta. Si riesce così ad avvitare le viti inferiori mantenendo il polso in asse con l'avambraccio.

La struttura dell'impugnatura è stata inizialmente realizzata per le frizioni di tipo a saltarello. Con la sostituzione della frizione anche per questo attrezzo si è ottenuto un ulteriore miglioramento tecnologico. Il risultato dello studio ha evidenziato un alleggerimento della fusione, dell'accorciamento dell'avvitatore e il possibile utilizzo del corpo rotante con diverse velocità.

INTERVENTI MIGLIORATIVI A COROLLARIO DEL PIANO DI SOSTITUZIONE DEGLI AVVITATORI

Durante la valutazione del posto di lavoro, considerando la forza in gioco durante l'avvitatura, è risultato che anche i bilanciatori che sostenevano gli avvitatori fossero arrugginiti e per un certo verso obsoleti; questo faceva sì che la forza necessaria per tirare l'attrezzo in posizione di lavoro fosse di gran lunga superiore al peso dell'attrezzo stesso (oltre i tre chili) e, che lo sforzo continuato durante l'avvitatura caricasse ulteriormente l'articolazione mano-braccio.

Per evitare questo ulteriore aggravio, una ricerca dei prodotti in commercio ha rilevato l'esistenza di jolly bilanciatori che riuscivano a controbilanciare esattamente il peso dell'avvitatore. A conclusione dello studio e realizzazione dei nuovi avvitatori, in funzione del

loro peso, si sono scelti i bilanciatori più adeguati ottenendo nel posto di lavoro un sistema di avvitatura che richiedeva per il suo utilizzo il minimo sforzo.

Sono state acquistate inoltre tre attrezzature elettroniche per la rilevazione dinamica della coppia di serraggio. Infatti, è importante che gli avvitatori abbiano la coppia preimpostata sotto controllo e, tramite questi attrezzi, la verifica risulta di facile realizzazione.

È stato inoltre realizzato un corso di formazione specifico per oltre quaranta responsabili di linea di montaggio. Il corso trattava di ergonomia del posto di lavoro, di attrezzature per l'avvitatura; inoltre, sono state impartite le istruzioni per il corretto utilizzo delle attrezzature per rilevare la coppia di serraggio.

ANDAMENTO DELLE PATOLOGIE DEGLI ARTI SUPERIORI

In conseguenza di un incremento di produzione e del proporzionale inserimento di nuovi operatori nelle linee di montaggio, durante il 1996 presso lo stabilimento di Forlì sono insorte patologie riconducibili a WRMSDs.

Il gruppo di lavoro Aziendale ha supposto che le vibrazioni generate da utensili pneumatici potessero essere correlate alle patologie che stavano incrementando sempre più nello stabilimento.

Dopo essersi documentato con normative specifiche e tramite rilievi pratici, sia in laboratorio che presso le linee di montaggio, il Gruppo ha proposto la sostituzione delle attrezzature pneumatiche di vecchia concezione con nuove dotate di frizione ad **arresto automatico dell'aria**, che riducevano le vibrazioni generate al disotto dei livelli di azione definiti dalle direttive.

Il piano di intervento si è protratto per oltre due anni, fino al 1998, e ha visto la sostituzione completa di **801 avvitatori** con frizione a saltarello, con avvitatori di nuova concezione, appositamente progettati e con una manutenzione facilitata.

L'andamento dei casi di WRMSDs a partire dal 1996 è stato tenuto sotto controllo dall'infermeria di fabbrica, ed è stato monitorato mensilmente (figura 8)

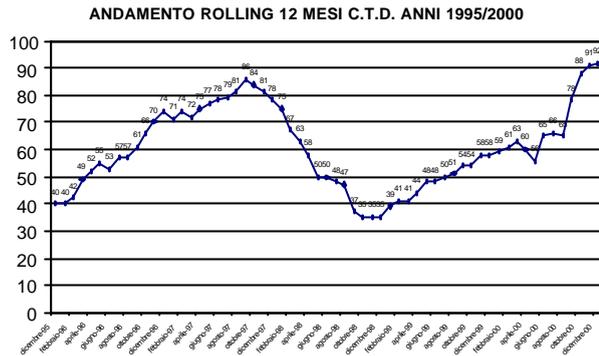


Figura 8 andamento patologie

Con l'introduzione dei nuovi avvitatori, gradualmente, il numero degli operatori colpiti dal problematiche agli arti superiori è calato, fino a **rientrare del 55%** alla fine del 1998 rispetto al massimo rilevato nel 1997.

CONCLUSIONI

Le differenti esperienze sviluppate negli anni in Electrolux Zanussi Forlì hanno evidenziato un fondamentale concetto: le patologie relative ai Cumulative Trauma Disorders segnalate in infermeria di Fabbrica avevano un andamento inversamente proporzionale all'attenzione ergonomica sul posto di lavoro. Come si può dedurre dal grafico conclusivo riportato i casi segnalati si sono ridotti notevolmente negli anni di intervento diretto sul posto di lavoro, mentre hanno un incremento immediato quando questa attenzione è decaduta.

BIBLIOGRAFIA

- 1) Mechanical vibration – Guidelines for the measurement and the assesment of human exposure to hand-transmitted vibration. ISO 5349 (1986).
- 2) WIESLANDER G.,NORBACK et al.: Carpal Tunnel Syndrome (CTS) and exposure to vibration, repetitive wrist movements, and heavy manual work: a case referent study. Br.J.Ind.Med.46:43-47,1989
- 3) Hand-held portable power tools – Measurement of vibrations at the handle – ISO/DIS 8662-7
- 4) Proposta di direttiva del Consiglio sulle norme minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi