

ARBETSMILJÖ

FONDENS

SAMMANFATTNINGAR

1197

Att bestämma energiabsorption vid hand-armvibrationer

För innehållet i sammanfattningen svarar Svante Finnveden, 3K Akustikbyrån AB, Box 3029, 172 03 Sundbyberg, tel 08-764 72 40.

Pnr 85-1334 Vibrationer (33)

September 1988

Bakgrund

Vid långvarig användning av vibrerande handverktyg, kan vibrationerna orsaka bestående skada hos operatören. Det är inte känt vilka vibrationskaraktäristika som är av betydelse för uppkomsten av olika skador.

Hittills har man i allmänhet sökt relatera skada till vibrationsnivån (hastighet, acceleration). Det har dock varit svårt att hitta tillfredsställande samband mellan vibrationsnivå och skada.

En vibrationskaraktäristika som med god grund kan tänkas vara av avgörande betydelse är den p g a vibrationerna i hand-armsystemet absorberande energin.

För att undersöka sambandet mellan absorberad energi och skada krävs att den energiabsorption som olika verktyg orsakar kan mätas. Detta kan ske på två olika sätt. Antingen mäts vibrationshastighet och den dynamiska kraft som verkar på handen samtidigt. Alternativt så antages att hand-

armsystemet kan, sett från handtaget, beskrivas med en impedans. Då räcker det med att mäta vibrationshastighetens tidsrms-värde, som funktion av frekvensen.

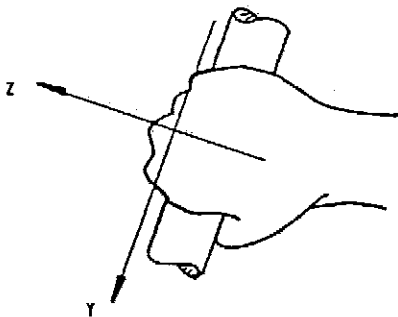
Den första metoden är i princip alltid korrekt oavsett handens karaktäristik. Men den är svår att genomföra, eftersom bra kraftgivare för tillämpningen inte finns tillgängliga. Idag kan dessa mätningar endast genomföras med specialkonstruerade handtag. Dessutom kräver metoden att mätningarna är fasmässigt riktiga, vilket erfarenhetsmässigt ställer stora krav på såväl mätutrustningen som på mätpersonalen. Det är tvivelaktigt om metoden kan tillämpas med framgång av andra än mättekniska experter.

Den andra metoden däremot kräver förhållandevis enkel mätutrustning och är lätt att tillämpa. Problemet med metoden är dels att det finns dåligt med underlag för att bestämma handens impedans, och dels att

det material som finns är ganska motsägel-sfullt. Men framförallt kan det ifrågasättas huruvida metoden är korrekt.

Impedans definieras som kvoten mellan den dynamiska kraften och vibrationshas-tigheten. För att begreppet impedans skall vara korrekt, måste handen kunna betraktas som ett mekaniskt passivt och linjärt sy-stem för de frekvenser och övriga förhållan-den som är av intresse. Dessutom är be-greppet impedans inte meningsfullt om inte hand-armsystemet är någorlunda invari-ant, dvs impedansen måste vara någorlun-da konstant för olika handtag, vibrations-amplituder, signaltyper, personer etc.

Syftet med den här undersökningen har varit att bestämma handimpedansen och dess variationsgränser för att kunna bedö-ma om handimpedans är ett relevant be-grepp att arbeta med.



Beskrivning av mätningarna och utvärderingsprinciper

Mätningarna utfördes under mars -87 i Ar-betarskyddsstyrelsens lokaler i Solna, där en försöksuppställning har iordningställt. Denna består främst av ett specialbyggt handtag vars givare registrerar såväl statiska greppkrafter och matningskrafter som den dynamiska kraft som angriper handen.

Handtagets vibrationer registrerades med accelerometer. Till försöksuppställningen fanns dessutom en vibrator för excitering av handtaget samt elektronik för styrning av denna samt för förstärkning och kondition-ering av mätsignalerna.

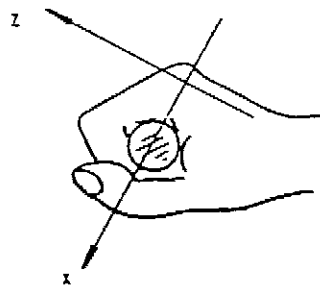
Framför försökspersonen fanns givare för de statiska krafterna, så att man kunde hålla dessa någorlunda konstanta. Dessutom kunde utrustningen höjas och sänkas så att

försökspersoner av olika längd fick likartade arbetsställningar.

Vid mätningarna mättes dynamisk kraft och handtagets acceleration i riktning från handtaget mot högra handen, i riktning mot underarmen, dvs Z-riktning enligt fi-guren.

Mätningarna utfördes på fem manliga för-sökspersoner med varierande erfarenhet av arbete med handhållna verktyg. Samtliga dessa försökspersoner fick genomgå en för-söksserie där följande parametervariationer gjordes vid mätning av handimpedansen.

- Olika vibrationsnivåer, 2 m/s^2 och 10 m/s^2 enligt ISO-norm.
- Två olika signaltyper användes
 - "skärt" bredbandigt brus
 - inspelad signal från en slaghacka som



gav en repetitiv signal av transient ka-raktär med grundfrekvens ca 50 Hz.

- Två olika matningskrafter 0 N och 50 N.
- Tre olika greppkrafter 20 N, 40 N och 75 N.

Dessutom repeterades samtliga (utom en!) mätningar en gång. Sammanlagt utfördes alltså 239 mätningar.

Utvärderingar och analyser

Vid mätningarna registrerades simultant dynamisk kraft och acceleration. Dessa sig-naler utvärderades i ett datorbaserat analys-system. Där korrigerades för systematiska mätfel varefter handimpedansens beräkna-des. Denna medelvärdesbildades sedan i

tersband fr o m 16 Hz-ter sen t o m 630 Hz-ter sen, alltså sammanlagt 17 tersband per mätning (dvs totalt drygt 4 000 st).

Den statistiska bearbetningen av materialet skedde sedan på dessa tersbandsmedelvärden. Det ansågs lämpligt att arbeta med tersband av tre skäl: tersband ger en lagom medelvärdesbildning i frekvensled, vid en smalbandsanalys upplöser man en massa detaljer som många gånger inte är signifikanta för mätobjektet utan snarare är slumpartade; den statistiska analysen skulle bli svår att genomföra med för många mätvärden; slutligen kan man tabellera resultatet och på så sätt möjliggöra för andra att utnyttja värdena.

Sammanfattning och diskussion av resultaten

Slutsatserna av arbetet kan sammanfattas i punktform:

1. Kravet på linearitet tycks vara väl uppfyllt. Det har inte gått att detektera några skillnader mellan de två signaltyperna, trots att dessa är mycket olika till sin karaktäristik.
2. När det gäller vibrationshastighetsnivån, har det gått att detektera en mindre men statistiskt sett signifikant skillnad mellan olika vibrationsnivåer på så sätt att impedansens realdel minskar något med ökande vibrationsnivå. Dock är storleken på dessa avvikelser (ca $\pm 10\%$) så små att de för praktiskt bruk får anses sakna betydelse.
3. För vissa frekvenser har vi kunnat detektera signifikanta avvikelser mellan olika försökspersoner. Dessa avvikelser är dock också små. Därför är slutsatsen grundad på detta mätunderlag, 5 försökspersoner, den att handimpedansens kan betraktas som oberoende av person.
4. Variationer av de statiska greppen och matningskrafterna har visat sig ha en stor inverkan på impedansen. Slutsatsen av dessa mätningar är att hänsyn till de statiska krafterna måste tas vid en noggrann bestämning av den till handen överförda energin med hjälp av uppmätta värden på handimpedansen. Inverkan av dessa krafter på handimpedansen är

av en sådan storlek att osäkerheten i bestämningen av deras värde, som var ungefär $\pm 5\%$, mycket väl kan förklara den uppmätta spridningen mellan olika försökspersoner och mellan olika vibrationsnivåer, detta eftersom det är möjligt att försökspersonerna kan ha varierat de statiska krafterna på ett systematiskt sätt.

Slutligen bör det noteras att det i undersökningen inte har ingått några försök att studera inverkan på handimpedansen av olika handtagsgeometrier eller av olika arbetsställningar.

Med reservation för hur handtagsgeometrier och arbetsställningar inverkar kan sammanfattningsvis sägas, att om hänsyn tas till de statiska krafternas inverkan, kan impedansmetoden användas för bestämning av till handen överförd vibrationsenergi med lika stor noggrannhet som med en direkt metod, dvs som när vibrationshastighet och dynamisk kraft mäts simultant och fasriktigt.

Förslag till metodik för mätning av till handen överförd vibrationsenergi

Enklaste metod

Ett mycket approximativt värde på handimpedansens realdel är 220 [Ns/m]. Använder vi detta värde får vi fram att den till handen överförda effekten är: $P = 220 \cdot \langle v \rangle^2$ [watt]. $\langle v \rangle^2$ är det kvadratiska tidsmedelvärdet av vibrationshastigheten vid handen. Noggrannhet i denna skattning är ca ± 6 dB (dvs på en faktor 4 när), om förutsättningarna för mätningarna inte är mycket speciella.

Denna metod är i stort sett ekvivalent med den ISO-vägda vibrationsaccelerationen.

Frekvensvägd impedansmetod

Om man vill förbättra noggrannheten i effektbestämningen kan man utvärdera vibrationshastighet i tersband och använda de i rapporten tabellerade värdena på handimpedansens realdel. Denna metod innebär fortfarande att man försöker korrelera skad-

lighet och vibrationsnivå. Men att man gör det med en frekvensvägning av vibrationshastigheten som är bestämd av handimpedansens realdel. Denna metod bör ge bättre underlag för bedömning av skadligheten.

Rekommenderad metod

För att få god noggrannhet i bestämningen av den överförda energin måste hänsyn tas till de statiska grepp- och matningskrafterna. Det finns idag inga möjligheter att mäta dessa krafter utom med specialbyggda handtag. Men eftersom det är mycket enklare att utveckla statiska givare än dynamiska, borde det gå att få fram sådana som kan appliceras på normala handtag.

Troligen kan man få en tillräcklig noggrannhet genom att göra bedömningar av de statiska krafterna. Man kan tex bygga ett handtag med inbyggda dynamometrar. På detta får försökspersonen redovisa sin bedömning av hur hårt han normalt håller i sitt verktyg.

I rapporten finns tabellerade värden, och spridningsmått, på handimpedansens realdel för de sex uppsättningar av statiska krafter som studerades. Dessutom redovisas ett enkelt funktionellt samband mellan impedans och statiska krafter.

Förslag till fortsatt arbete

De statiska grepp- och matningskrafterna har visat sig ha ett mycket stort inflytande på handimpedansen. Detta stämmer också väl med den allmänna erfarenheten, att ju hårdare man håller i ett verktyg, desto obehagligare är det.

I rapporten framläggs förslag på en matematisk modell som skulle kunna beskriva de statiska krafternas inverkan på handimpedansens frekvenskaraktäristik. Om man kunde få en sådan modell att fungera, skulle vi vara framme vid målet: att med en enkel vibrationsmätning, som analyseras i ett mätinstrument med möjlighet att ställa in rätt filterkaraktäristik, få ett ensiffervärde på överförd effekt och därmed kanske också på ett verktygs skadlighet.

Rapporten

Utveckling av metod för bestämning av energiabsorption vid hand-arm-vibrationer (17 sidor plus två appendix) kan beställas från 3K Akustikbyrå AB, Box 3029, 172 03 Sundbyberg. Tel 08/764 72 40.

Arbetsmiljöfonden

Box 1122, 111 81 Stockholm
Tel 08-796 47 00 (vx)