

Piëzo in consumentenartikelen

J. Verkerk Piëzo-actuators zijn compacte en goedkope krachtbronnen, die grote krachten kunnen genereren. Belangrijke nadelen zijn de geringe slag en de hoge bedrijfsspanning. Daardoor lenen ze zich niet direct voor toepassing in consumentenartikelen. Desondanks worden ze met succes toegepast voor de aandrijving van zoomlenzen en het automatisch focuseren van fotocamera's. Canon heeft daarin voor een belangrijke doorbraak gezorgd door een tweetal miniatuurmotoren te fabriceren op met piëzomateriaal voor de drijvende kracht. Een belangrijke doorbraak in de toepassing van piëzo in consumentenproducten wordt op dit moment veroorzaakt door het Amerikaanse bedrijf ACX. Zij hebben een aantal onverwachte toepassingen ontwikkeld die interessant zijn om eens nader te bekijken.

*Figuur 1.
Ski's met piëzo-
elektrische dempers
op de markt
gebracht door K2.
Bij skiën met hoge
snelheid beginnen
de ski's te trillen en
zijn daardoor moei-
lijker te besturen.
Ook snowboard's
met piëzo-elektri-
sche dempers zijn
sinds kort op de
markt.*



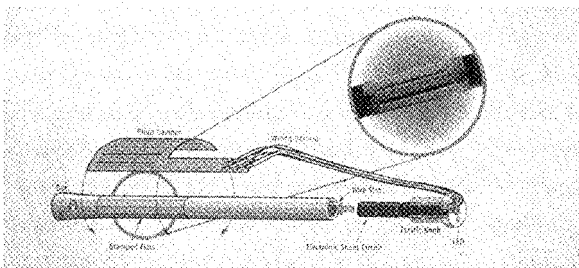
Mensen komen in hun vrije tijd steeds meer in beweging en zoeken spanning en sensatie bij de dingen die ze doen. Dit uit zich onder andere in het beoefenen van dynamische sporten, als skiën, het fietsen op ongebaande wegen tot hoog in de bergen met een mountain bike, het naar beneden springen aan een lang elastiek (bungie jumpen), maar ook sporten als golf, tennis, honkbal. Wat deze sporten gemeen hebben is dat het uiterste van de materialen van de gebruikte sportartikelen wordt gevegd en dat de consument bereid is relatief veel geld te betalen voor het nieuwste snuffje techniek. Dit is een stevige stimulans voor producenten om hun producten doorlopend te vernieuwen. Een aantal noviteiten in de toepassing van piëzomaterialen in sportartikelen liggen in passieve en actieve demping, waarvan hier een aantal voorbeelden wordt gegeven.

Ski's en snowboards

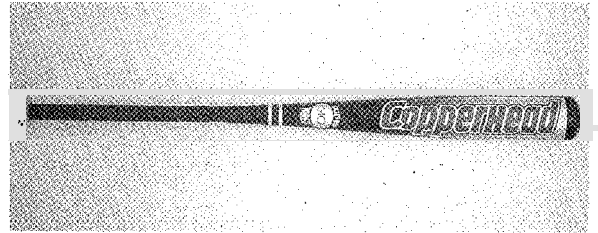
Met name bij snelle afdalingen op harde sneeuw en ijs komen ski's in trilling. Door de

trilling verminderd het contact van de zijkant van de ski met de sneeuw en wordt de besturing moeilijker. Dit heeft een negatief effect op de beheersbaarheid van de afdaling waardoor de snelheid wordt beperkt. De oplossing daarvoor is het inbouwen van een demper, door op het midden van de ski een strip met piëzomateriaal te plakken, figuur 1. De door het trillen in het piëzomateriaal opgewekte elektrische energie wordt in een weerstand vernietigd. Deze oplossing is toegepast door skiproducent K2 en eind 1995 werd de eerste piëzo-elektrisch gedempte ski (K2 Four) op de markt gebracht. In deze allereerste uitvoering werd de eerste trillingsmode gedempt met een weerstand. In het daaropvolgende seizoen is een verbetering aangebracht door ook een spoel in de schakeling op te nemen, waardoor ook trillingen met hogere frequentie werden gedempt. Met name racers en zeer goede skiërs hadden hier baat bij.

Figuur 2. Het aanbrengen van een piëzo-elektrische demper op een honkbal knuppel op circa 15 cm vanaf het uiteinde van het handvat dempt de hinderlijk pijnlijke trillingen die ontstaan bij het niet goed raken van de bal.



Het succes van deze toepassing was aanleiding om piëzo-elektrische demping ook op snowboards toe te passen (K2 Electra). Bijzonderheid is dat tijdens het skiën een rood LEDje oplicht als teken dat de piëzodemper actief is. Mechanisch gezien is de toepassing van piëzo-elektrische demping eleganter en veel eenvoudiger dan het toepassen van mechanische dempers. Doordat het piëzomateriaal in goed geïsoleerde platte stripen wordt vervaardigd, kan de strip door verlijming aan de ski worden bevestigd. Door simulatie met eindige elementen software is het effect en de dimensionering van de piëzodemper onderzocht. Na optimalisatie bleek dat met dempers met een betrekkelijk klein oppervlak kon worden volstaan, mits op de juiste plaatsen aangebracht. Bij de snow-



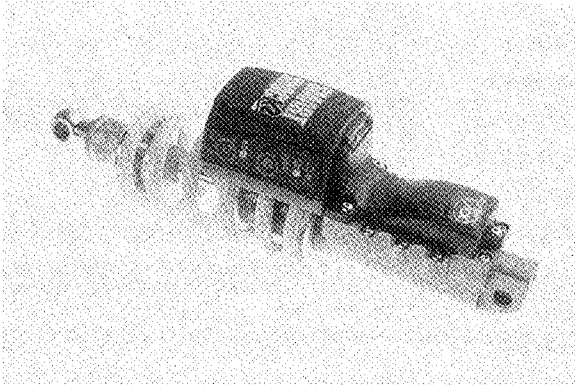
Figuur 3. De honkbal knuppel wordt onder de naam Copperhead op de markt gebracht.

boards bleek het mogelijk de trillingsamplitude met 80% te reduceren, als resultaat van vergelijkende metingen met rekstrookjes tijdens het snowboarden.

Honkbal knuppel en vliegtuigstaart

Met name als de bal slecht geraakt wordt kunnen er zeer hinderlijke trillingen ontstaan bij het slaan met een honkbal knuppel. De bal krijgt een maximum snelheid en de trillingen in de knuppel zijn minimaal als de knuppel de bal raakt op ongeveer 150 mm vanaf het uiteinde. Naarmate meer van dit ideale punt wordt afgeweken wordt de snelheid van de bal lager en treden er sterkere trillingen in de knuppel op die zeer pijnlijk kunnen zijn. Door nu op de steel van de knuppel een piëzo-elektrische demper aan te brengen, zie figuur 2, kunnen deze pijnlijke trillingen aanzienlijk worden gereduceerd; de eerste eigenfrequentie met ongeveer 50% en de volgende met 70%. De knuppel wordt onder de naam Copperhead op de markt gebracht door de firma Worth Inc., zie figuur 3. Ook hier is de actieve demping zichtbaar door middel van een rood LEDje dat in de kop van het handvat is aangebracht. Bij gevechtsvliegtuigen worden extreme eisen gesteld aan de wendbaarheid. Onder extreme omstandigheden treden turbulenties op in de lucht langs de staartvlakken van de F18. Deze veroorzaken hinderlijke trillingen, die de besturing bemoeilijken. Met experimenten is aangetoond dat het mogelijk is om door het aanbrengen van piëzostrips op de staartvlakken de trillingen te reduceren door actieve demping.

Figuur 4.
"Intelligente" demper voor een mountain bike. De demping van de hydraulische demper wordt met een piëzo-elektrisch ventiel gestuurd.

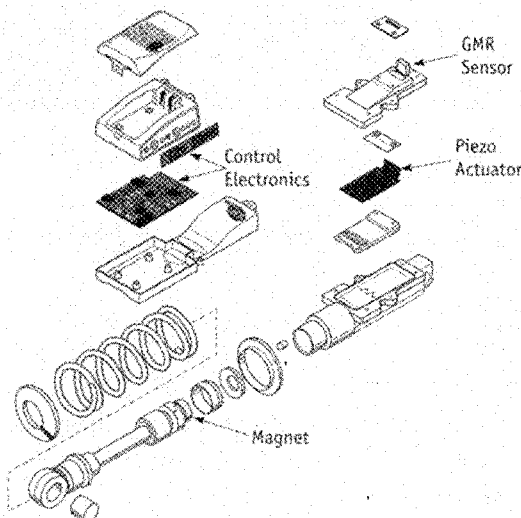


Mountain bike

Om de zware schokken tijdens het rijden over ruw terrein op te vangen zijn mountain bikes uitgerust met een zware schokdemper. De demper wordt door de gebruiker ingesteld afhankelijk van het soort terrein dat hij gaat bereiden. En daar zit een groot probleem: staat de demper te hard ingesteld, dan is de demping bij een wasbord oppervlak slecht, staat hij te zacht ingesteld dan wordt bij een grote kuil de stoot te slecht opgenomen en schiet hij door tot de eindaanslag. Een demper die zijn demping automatisch aan de omstandigheden kan passen zou daarom ideaal zijn. Samen met de bedrijven K2 Bike, Noleen Shocks heeft ACX de Smart shock ontwikkeld, een actief gestuurde schokdemper die zich automatisch aanpast aan de omstandigheden, zie figuur 4.

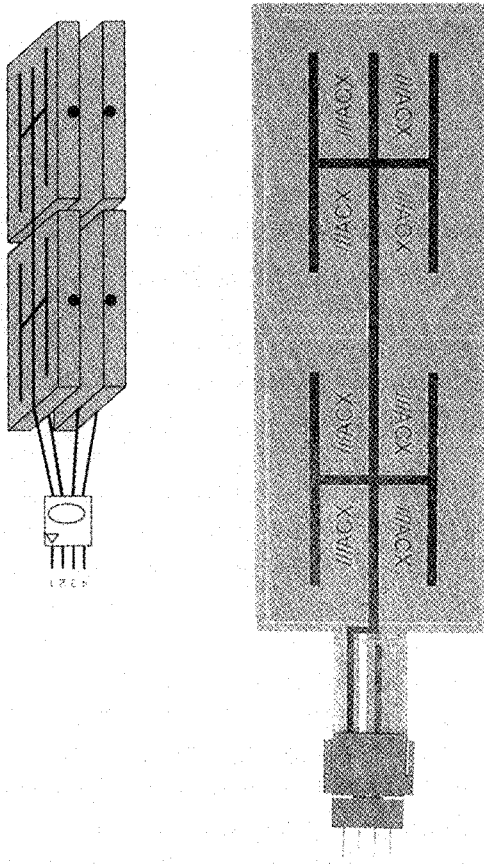
De regelaar op de smart shock schokdemper kent drie mogelijkheden: harde demping, zachte demping en 'intelligente' demping. De eerste geeft een vaste demping en wordt toegepast bij het rijden over steenblokken en bulten, de zachte demping is ook vast en is prettig bij het rijden over een hobbelig terrein. De 'intelligente' demping meet de positie van de zuiger en de verplaatsingssnelheid en een elektronische schakeling bepaalt dan de gewenste mate van demping. Op de demper is een regelventiel aangebracht waarbij de stand van het ventiel met een piëzo-actuator wordt gestuurd. Door de snelle (milliseconden) en actieve terugkoppeling wordt de demping continu aan de situatie aangepast. De elektrische voeding wordt geleverd door een 9 V batterij die in de behuizing van de smart shock is opgenomen. De sensor bestaat uit een magneet aan het einde van de zuigerstang en een sensor in de behuizing van het ventiel. De sensor, gebaseerd op het 'giant magnetorestrictive effect' (GMR) meet de sterkte van de magnetische flux en zet die om in een elektrische spanning. Uit deze spanning kunnen positie en snelheid van de zuiger met voldoende nauwkeurigheid worden bepaald. Figuur 5 geeft een beeld van de onderdelen in schokdemper en het regelventiel. De fabrikant heeft gekozen voor een regelstrategie die in de elektronische schakeling is ingebouwd en voor een maximaal comfort zorgt voor de berijder.

Figuur 5. Exploded view van de intelligente demper. Rechts de piëzo-actuator die de doorlaat van het ventiel stuurt.



Piëzostrips

Het toepassen van piëzomaterialen is vaak lastig omdat er een aantal fysieke belemmeringen zijn die het gebruik belemmeren. Piëzomaterialen worden los verkocht, maar de ontwerper moet ze zelf geschikt maken voor een toepassing. Het piëzomateriaal is bros en wil hij enige kracht kunnen uitoefenen, dan heeft hij bovendien met een hoge bedrijfsspanning (enkele honderden volts) te maken, waardoor een zeer goede elektrische isolatie noodzakelijk is. Het is daarom niet goed mogelijk om een mogelijke toe-



Figuur 6.

Quick pack, strip bimorf piëzomateriaal. De strip is goed geïsoleerd, zodat hij direct kan worden bevestigd op mee te experimenteren.

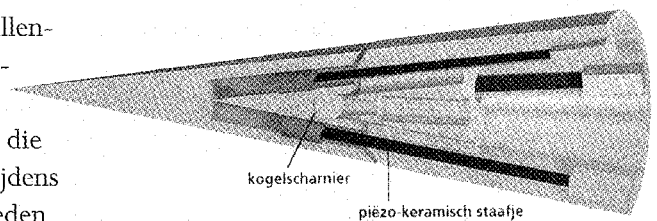
passing snel uit te proberen. Om die reden heeft ACX een assortiment piëzostrips (Quick pack) van verschillende afmetingen samengesteld dat bestaat uit geïsoleerde platte bimorfe en daardoor flexibele piëzostrips en de bijbehorende elektrische voedingen. Deze strips, zie figuur 6, kunnen worden besteld voor een toepassing, maar het is ook mogelijk om een set van verschillende afmetingen te bestellen om mee te experimenteren. Voordelen zijn: stekerverbinding en dus geen soldeerverbindingen te maken die kunnen afbreken, bescherming tegen breuk tijdens assemblage en bescherming tegen het optreden van haarscheurtjes tijdens bedrijf.

Een aardige bijkomstigheid is dat piëzomateriaal zowel als actuator en als sensor kan worden toegepast, omdat het elektrische spanning afgeeft bij belasting. Bij een combinatie van piëzostrips kan de ene strip als actuator worden gebruikt en de andere als sensor voor de optredende krachten of vervormingen. Via een eenvoudige regelkring kan de actuator daarmee vrij

precies gestuurd worden. Doordat de piëzostrips bijvoorbeeld op een metalen buigstrip geplakt kunnen worden, is de montage zeer eenvoudig.

Sturing van projectielen

Om de trefzekerheid te vergroten van projectielen die op bewegende doelen worden afgeschoten, wordt tegenwoordig een besturing ingebouwd. Een van de meest recente ontwikkelingen bij de Amerikaanse defensie industrie is het sturen van de neus van het projectiel met piëzoactuators. Een zeer kleine hoekverdraaiing van de punt van het projectiel is voldoende om de baan aan te passen aan de verplaatsing van het doel, zie figuur 7. Door het volgen van een laserstraal waarmee het doel wordt aangewezen wordt het projectiel in de juiste richting gestuurd. Bij het beschieten van vijandelijke tanks vanuit een vliegtuig is het zeer moeilijk direct raak te schieten, omdat de neus van het vliegtuig wordt weggedrukt door de terugslag van het kanon. Om die reden wordt met een snelvuurkanon een tapijt van granaten op een tank afgeschoten in de hoop dat tenminste een ervan een voltreffer zal zijn. Door nu besturing op het projectiel aan te brengen, is in principe elk schot een voltreffer, wat een enorme besparing aan munitie oplevert.



Figuur 7. Piëzo-elektrische sturing in de neus van een projectiel (Bron: Kijk).

Noot

Active Control eXperts Inc. (ACX) is gevestigd op 215 First street, Cambridge, MA 02142. Internet: www.acx.com.