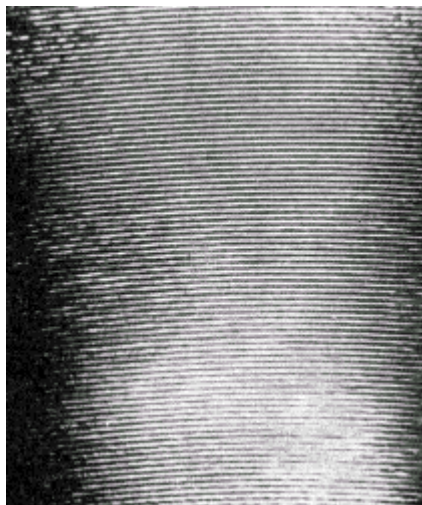


Az új gramofon

A technika nemcsak az ember munkáját könnyíti meg, hanem szórakozását is változatosabbá teszi. Nyáron az erdő hús mélyében, a strandon és nyaralókban vidám gramofonzene üdíti fel az embert, a komolyzene barátja pedig otthonában hallgatja a klasszikus műveket. Vizsgáljuk meg, hogy min alapszik a gramofon működése. Ha ez a kérdés nem is olyan nehéz, mint például a rádió megértése, a technikai megoldás érdekességei mégis joggal felkelthetik érdeklődésünket.

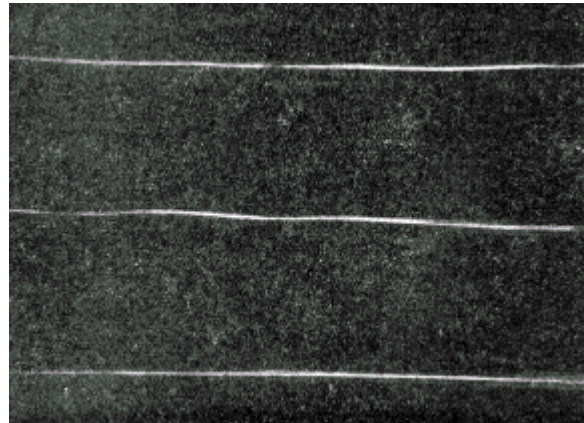
A hang a levegő sűrűsödéséből és ritkulásából áll, melyek a hangforrás körül minden irányban tovább terjednek. Ezek a hanghullámok. A hanghullámok megörökítése anyagba karcolt barázdák segítségével EDISON találmánya (1879). Eljárása szerint a felvételkor a hang egy vékony lemezt rezegtet meg, az ehhez erősített tű karcol azután nyomot egy forgó viaszhenger felületére. A rezgő lap mozgása szerint a karcoló tű többé-kevésbé mélyen vág bele a viaszba, tehát a barázda feneké hullámos lesz. Minél magasabb a hang, annál sűrűbbek a hullámok, a hang erőssége szerint pedig a barázdák mélysége változik. Lejátszáskor a barázda fenekén végigsikló tű hegye ugyanolyan mozgást végez, mint az eredetileg karcoló tű, tehát a hozzáerősített vékony lapocska is úgy rezeg, mint a felvevőszerkezet rezgő lemeze és ennek következtében ugyanolyan hangot kelt.



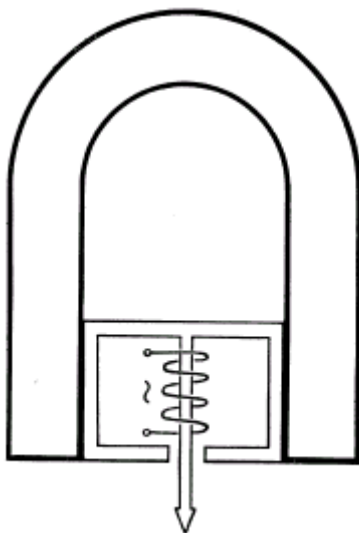
1. kép. Gramofonlemez kis részlete 4-szeres nagyításban. A barázda olyan sűrű menetű csigavonal, hogy egyes meneteit köröknek tekinthetjük. (Szerző felvétele.)

EDISON találmánya, a mélységírás helyett BEBLINER már tíz év múlva az oldalírást vezette be. Ma csak ezt használják. A felvételre kör alakú lemez szolgál, a barázda pedig sűrű menetű csigavonal alakjában megy rajta végig. A barázda mindenütt egyforma mély, de a hang rezgései szerint mindkét oldalra kitér. Szigorúan véve tehát a barázda hullámos menetű, de csigavonal mentén megy körbe a lemezen (1. ábra). A hang magassága szerint a hullámok rövidebbek vagy hosszabbak, az oldalkitérés nagysága pedig a hang erősségétől függ. A felvétel elvben ugyanúgy történik, mint EDISON rendszerénél, csak hogy a tű nem fel-le, hanem jobbra-balra billeg. A barázda nyomán a lejátszó tű is végigcsinálja ezt a mozgást és megrezegtet egy vékony csillám- vagy fémlapot, amely azután hangot kelt. A barázdák közepeinek egymástól való távolsága elég kicsiny, körülbelül egy negyed milliméter (0,26 mm). Éppen ezért egy gramofonlemez optikai rács gyanánt is használható, ferdén beeső fény mellett a visszavert sugárban. elhajlási jelenségeket, színes csíkokat észlelhetünk rajta. A lemez szabályos fordulatszáma percenként 78, a menetek száma átlag körülbelül 300 és a barázda egész hosszúsága néhány száz méter. A barázdának a tűhöz viszonyított sebessége a külső meneteknél nagyobb, mint a belsőknél, hiszen a külső menetek sugara nagyobb. A sebesség kívül körülbelül 120 cm/mp, belül 50 cm/mp. Ennek megfelelően az egy és ugyanazon hangtól okozott hullámok a külső meneteknél hosszabbak, mint a belsőknél; a 435 rezgésszámú *a* hang hullámjai a külső körön körülbelül 2,6 mm, a legbelsőn körülbelül 1,2 mm hosszúak (12 cm átmérőjű lemezen). Három szomszédos barázda 100-szoros nagyítású mikrofotográfiáját mutatja a 2. ábra.

A gramofonlemezen ma egy különös rendszer szerint örökítik meg a hangot. Ha egyforma erősségű magas és mély hangokat veszünk fel, akkor a barázda kitérése a két esetben nem egyforma, hanem a magas hang esetében annyiszor kisebb, ahányszor nagyobb a rezgésszám. Tehát ha a 435-ös rezgésszámú a hang felvételekor 0,04 mm-nyire tér ki a tő, akkor az ugyan olyan erősen rezgő 870-es hang esetén csak 0,02 mm-es kitérés jön létre. Minden felvevőszerkezet olyan, hogy betartja ezt a szabályt. Ebből azonban semmi baj sem származik, mert a lejátszószerkezetek viszont mind olyanok, hogy annyiszor erősebb hangot keltenek, ahányszor magasabb a rezgésszám, tehát az elkövetett hibát pontosan jóváteszik. Más rendszerű, például mikrofonos lejátszószerkezetet közönséges gramofonlemezhez éppen ezért nem használhatnánk, mert ez a magasabb hangot nem adná vissza a rezgésszámmal egyenes arányban levő erősséggel. Ez a rendszer (német nevén Schnellenschrift) okozza, hogy a mikroszkópban nem jól látszanak a barázda kitérései (2. ábra), mert ha magasak a hangok, a fordított arányban való feljegyzés miatt kicsinyek a kitérések, ha pedig mélyek, akkor olyan hosszúak a hullámok, hogy nem férnek bele a mikroszkóp látómezejébe. Ha több különböző magasságú hang egyforma erősségű, akkor a gramofonlemezen karcolt hullámuk mértanilag hasonló alakú, mert ahányszor rövidebb a magasabb hang hulláma, ugyanannyiszor kisebb a kitérése. Tulajdonképpen a hang erőssége a tő kitérésének kezdősebességével arányos. A fordított arányú rendszer alól csak a 200-as rezgésszám alatt fekvő, mély hangoknál tesznek kivételt, mert ezeknél fokozatosan áttérnek a hang rezgésszámától független kitérés rendszerére.



2. kép. Gramofonlemez barázdáinak mikrofotografiája 100-szoros nagyítással. A fehér vonal a barázda fenekét jelzi. A barázda bal-jobboldali kitérése alig észrevehető. (Szerző felvétele.)



3. ábra. Lemezvágó-szerkezet vázlatos rajza. A rezgő nyelven levő tekercsbe vezetik a hangáramokat. Az árammal átjárt tekercset a mágnespatkó úgy vonzza, mint egy mágnesűt és ezért oldalt kitéríti.

A gramofonlemez felvétele ma már csak elektromos úton megy végbe, (úgynevezett villamos lemezek). A stúdióban mikrofon előtt énekel a művész, vagy játszik a zenekar. A keletkezett hangáramokat a rádióban szokásos erősítővel rendkívül megerősítik. Az elektromos felvétel nagy előnye éppen abban rejlik, hogy vele erős váltóáramot nyerünk, amellyel a karcolás sokkal jobban sikerül, mintha csak az eredeti hangenergiát használtuk volna fel erre a célra. A megerősített hangáramokat vezetik a vágószerkezetbe. Ennek egyik szokásos kivitelét a 3. ábra mutatja. Egy erős mágnes sarkai között rezgő acélnyelv foglal helyet. A nyelvre erősített tekercsbe vezetik a hangáramot. A hangáram váltóáram, tehát iránya 1 másodperc alatt annyiszor változik meg, ahányszor azt a hang rezgésszáma megkívánja. Mivel az áramtól átjárt tekercs mágneses tulajdonságokat mutat, a nyelv alsó vége hol egy mágnesű északi, hol pedig déli sarka gyanánt viselkedik és ennek megfelelően jobbra, illetőleg balra lendül ki. A tő hegyére erősített zafir vagy gyémánt, a szerkezet alatt forgó viaszkorongba a hangnak megfelelő hullámvonalat karcol bele. Az egészet egy gépezet lassan a

korong közepe felé tolja és így a csigavonal egyes menetei pontosan egymás mellé rajzolódnak. A viaszforgácsot egy csővel szívják el a tű útjából.

De hogyan jön létre a hang rezgésszámával fordított arányban álló felrajzolás? A nyelven levő tekercs lényegében véve önindukciós tekercs és mint ilyen annál nagyobb ellenállást jelent a váltóáram számára, minél nagyobb ennek a rezgésszáma. Nagyobb rezgésszám esetén csak gyengébb áram mehet a tekercsen keresztül, tehát kisebb a mágneses erő és kisebb a kitérés. Mély hangok esetében tehát kis rezgésszámú váltóáramok alkalmával a tekercs ohmos ellenállása is érezteti hatását, ez azonban független a rezgésszámtól. Így érték el azt, hogy egészen mély hangok felvételekor a kitérés nincs fordított arányban a rezgésszámmal. A vágószerkezet készítésekor nagy gondot fordítanak arra, hogy a nyelv saját rezgése ne okozzon torzítást. Mint minden rezgő szerkezet, úgy a nyelv is jobban követi azokat a rezgéseket, amelyek közel fekszenek önrezgésének rezgésszámához. A nyelv saját rezgésszámát elég magasnak választják és az elkerülhetetlenül mégis létrejövő torzításokat az elektromos erősítő megfelelő beállításával szüntetik meg. A mozgó vágószerkezetet sokszor gumilappal csillapítják. A motor forgató erejének a viaszba merülő kés közegellenállását kell leküzdenie, az oldalkitérés végrehajtására azonban alig kell erő, mert a kés gyémánt- vagy zafirhegye olyan keresztmetszetű, hogy a hullámok vésésekor is elülső oldalával vág a viaszba. A kész lemez barázdájának kitéréseit legkönnyebben a visszavert fénysugár fénysávjának szélességéből határozhatjuk meg.

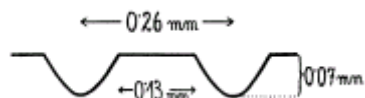
A karcolt viaszlemezt ezüsttartalmú grafitréteggel vezetővé teszik és elektrolízis útján mindig vastagabb és vastagabb rézréteggel vonják be. Ebből a célból rézgálic oldatába mártják, és negatív saroknak kapcsolják. Eleinte gyengébb áramot használnak, hogy a bevonat erősebb legyen, később azután mindig erősebb árammal választják ki a rézet a mintára. Ha a réteg elég vastag; a mintát elválasztják a viaszból való eredeti lemeztől. A rézminta negatív másolat, erről újabb elektrolitikus eljárással pozitív, majd megint negatív másolatot készítenek. Ezt használják a préselésre. A lemez anyaga sellak, amelyet töltőanyaggal, például korommal kevernek. Újabban vinylklorid és vinylacetát kondenzációjával előállított mesterséges gyantákat is használnak. A préselő negatívokat igen nagy nyomással szorítják a sellaktömegbe. A préselés pillanatában melegítik, rögtön utána pedig hűtik az anyagot. Nagyon lényeges, hogy a tengely számára való lyuk pontosan a lemez közepén legyen; különben a hangmagasság ingadozik. Ha a lejátszáskor nem tartjuk be pontosan a fordulatszámot, akkor nemcsak az ütem gyorsul vagy lassul, hanem a hangmagasságok is arányosan emelkednek vagy süllyednek (transzponálás más skálába).



4. kép. A gramofon lejátszó-szerkezete. A barázdához képest balra-jobbra billegő tű a két csúcsra helyezett és csavarokkal lazán tartott vaslemezkét billegtetí. Erről vezet egy vékony rúd a hangdoboz lemezének középhez. (Szerző felvétele.)

A lejátszó szerkezet túje legegyszerűbb esetben egy billegő fémlemez segítségével (4. ábra) vékony csillám- vagy bádoglemezt mozgat és ezt rezgésbe hozza. A hanghullámok nagy része a kar belsejében és a dobozba rejtett tölcészerű csatornán megy végig, azután szétterjed a levegőben. A nagyon elterjedt elektromos levevők (pickup) túje erős mágnes sarkai között egy tekercset mozgat. Az ebben indukált áramot egy rádiókészülék rácskörébe vezetik. A hangot a rádió hangszórója hozza létre. Az elektromos levétel nagy előnye, hogy könnyen megy az erősítés, azonkívül kihasználhatjuk a hangszóró hangtanilag kiváló szerkezetét. Mindegyik hanglevevő, az egyszerű mechanikus és az elektromos egyaránt olyan, hogy a rezgésszámmal egyenes arányban levő hangerősséget hoz létre. Az elsónél a mechanikai rezgések sajátása, a másodíknál pedig az indukció törvénye követeli meg, hogy kétszer olyan nagy rezgésszámnál kétszer erősebb hatás keletkezzék. Ezzel

biztosítva van a fordított arányú rendszer érvényessége.



6. ábra. Gramofonlemez keresztmetszetének rajza.



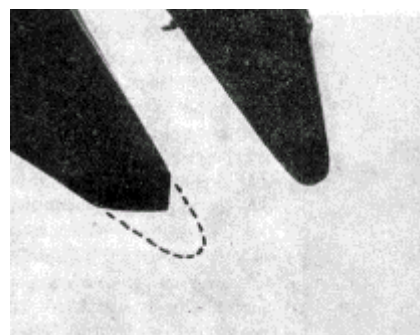
6. ábra. Gramofonlemez keresztmetszetének mikrofotográfiája 100-szoros nagyításban. (Szerző felvétele.)

Nagy érdekesek a gramofon hangot visszaadó képességének a határai. Mivel a barázdák közepeinek a távolsága 0,26 mm, a barázdák szélessége pedig 0,13 mm, a közöttük levő üres hely is csak 0,13 mm, (5. és 6. ábra). A megengedhető legnagyobb kitérés legfeljebb ennek a fele lehet,

vagyis 0,065 mm, azaz 65 μ . (1 μ = 1 ezred mm). A gramofontól visszaadott leggyengébb és legerősebb hang kitéréseinek az aránya legfeljebb 1: 100. Ez azt jelenti, hogy a legkisebb kitérések nagysága 0,65 μ . Ez éppen annyi, mint a vörös fény hullámhosszája. Tehát a barázda kitérései a fény hullámhosszájának nagyságrendjébe érnek el, vagyis a mikroszkóp feloldóképességének a határa alá esnek. A leggyengébb hangnál a barázda kitérései már láthatatlanok! Még kisebb

kitérésekkel nem dolgozhatnak az anyag elkerülhetetlen egyenetlenségei miatt, hiszen éppen ezek okozzák azt, hogy üres barázdák is hallatnak sustorgást, tűzőrejt. A zenének ebből a folytonos zörejből ki kell emelkednie. Az 1: 100 arány a fül észrevevési területéhez képest nagyon kicsiny, mert energia-arányban 1 : 10000-t, vagyis 40 phont jelent, a fül észrevevési területe pedig kitérésben 1 : 10 millió, energiában 1 : 100 billió, phonban 140. A rezgésszámok terén a gramofon visszaadó képessége rendszeresen 100-tól 5000-ig terjed. Ennek részben határt szab az, hogy a belső meneteknél, ahol a hullámzások a legrövidebbek, a nagy rezgésszámú hangok hullámaiba a tű hegye nem fér el, hanem kiemelődik belőle. A barázda mélysége körülbelül 0,07 mm.

Lényeges a gramofon tűjének a szerepe. Az acéltű hegye kicsiny sugarú gömbben végződik és kitölti a barázda nagy részét. Néhány menet után a kemény acéltű hegye hozzácsiszolódik a barázda keresztmetszetéhez és mindig durvább lesz (7. ábra). Ezért olyan lényeges, hogy a tű állása a lemez lejátszása közben mindig egyforma maradjon és hogy minden lemezhez új tűt használjunk, különben hamar tönkretesszük lemezeinket. Még a viaszban dolgozó, gyémánt hegyű vágószerkezet is lekopik idővel. Célszerűbbek az olyan lemezek, amelyeknek barázdái belülről kifelé haladnak, mert a kényesebb belső menetek lejátszásakor a tű még hegyesebb. A levevőkar elég súlyos és a tű kis hegye következtében a függőleges nyomás 3000 atmoszféra körül van. A barázda oldalfalára kifejtett nyomás eléri a 20000 atmoszférát is, 50000 atmoszféra nyomásnál pedig keresztül szakadnak a barázdák.



7. ábra. Fenn egy új, lenn egyszer lejátszott gramofontű mikrofotográfiája 100-szoros nagyításban. Az egyszer lejátszott tű élesre csiszolódott, eredeti alakját a pontozott rajz mutatja. (Szerző felvétele.)

A felsorolt adatok a gramofonban csak szórakozását kereső ember előtt is világossá teszik, hogy ennek a találmánynak a kidolgozása mennyi munkát kívánt. Azt sem szabad elfelejtenünk, hogy a gramofon a tudomány szolgálatában is áll, mert sok művelődéstörténeti szempontból nevezetes jelenséget örökít meg, azonkívül hangtani kutatások értékes segédeszköze.