

ENGRANAIA ZILINDRIKO ZUZENEN FORMA ETA TAILAKETA

1. ENGRANAIGINTZA

Engranaia zilindriko zuzenak guztiz aspaldidanik izan dira erabiliak. Hasiera batetan, zurezkoak ziren. Gaur egun, ordea, altzairu arrunt eta bereziz egiten dira batik bat.

Engranaia zilindriko zuzenei forma emateko, bi sistema nagusi daude: "moldeaketa" eta "tailaketa".

A) MOLDEAKETAZ EGINDAKO ENGRANAIAK

Sistematik zaharrena da, eta gaur egun gutxien erabilia. Modulu guztiz handiko engranaiak lortzeko da egokia sistema hau. Moldea egin ondoren burdina edo altzairu urtua botatzen da, eta hoztutakoan ateratzen. Hortzak ukitu eta hobetu beharra izaten da, sistema honetaz hortz zehatzak ateratzen ez direlako.

B) MEKANIKOKI TAILATUTAKO ENGRANAIAK

Gaur egun sistema hau da erabiliena engranaigintzan, abantaila handiak bait ditu. Batetik, hortzen arteko lasaiera ez dago utzi beharrik, eta lasaierarik gabe lan egiten dutelarik, engranaiek ez dute makinan bibrazioak sortzen. Beraz, makinak hobeto lan egiten du. Bestetik, neurritz gaineko indarra eragiten denean ez da hortz bakar bat hausten, bi edo hiru baizik. Hortzak, gainera, errotik hausten dira eta luzera osoan. Beraz, engranaiaaren erresistentzia askoz ere handiagoa da.

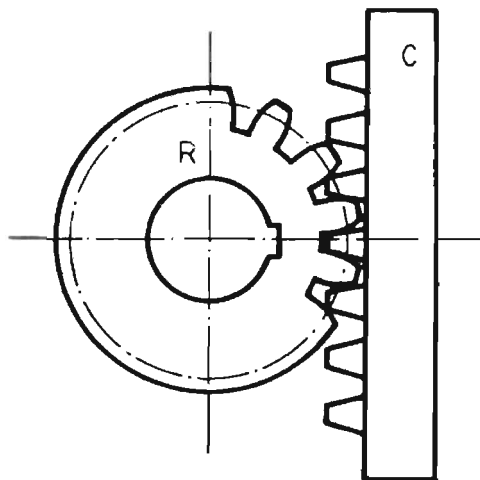
P pinoi metalikoa disko plastiko batetan biratzen dela pentsa dezagun. Biraketa eta presioari esker, diskoaren ertzari forma berria ezarriko zaio engranaia metalikoarekin ongi funtziona dezan. Diskoaren ertzeko hortzak, sortzailearenak bezalakoak izango dira.

Pinoi sortzailearen hortzak, zirkulu bilkariaren formakoak baldin badira, diskoak modulu berdineko beste edozein engranaiarekin ere funtziona dezake; pinoi txiki batekin edo kremailerarekin adibidez.

Egin dezagun orain entseiu berbera disko metaliko batetan. Pinoi-sortzailea, altzairu tailatuzkoa da. Hortz guztiak zorroztuak ditu, eta makina batetan muntatua dago. Pinoia gora eta behera dabil bertikalki, mortaiatzeko makinetan bezala.

Lehendabizi hortzarte bat tailatzen du disko metalikoan; eta orduan, erreminta nahiz pieza bata bestearengan poliki-poliki biratzen hasten da, bi gurpil engratzen ariko balira bezala. Piezak bira osoa ematen duenean, pinoiarekin engratatzeko moduan dago.

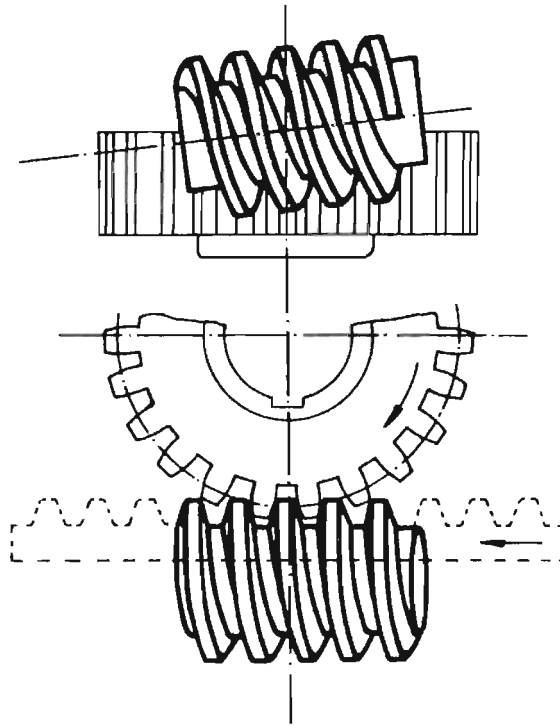
b) Kremailerarena. (Sunderland makina). Sistema honetan, erreminta kremailera da (ik. 2. irudia). Lehengo sistemaren oinarri berdina du. Hemen hortzak ez dira etengabe sortzen, kremailera luzera txikikoa izaten delako. Erreminta gora eta behera ibiltzen da R gurpileko hortzak tailatuz. Kremailera eta gurpila, elkarrekin engratutako balute bezalaxe desplazatzen dira. Noiz-behinka, kremailera hortz-neurri jakin batzuk atzeratu beharra dago, beste hortz berri batzuk taila ditzan.



2. IRUDIA

Honela tailatutako engranaiak, modulu berdineko beste edozeinekin funtziona dezake. Sistema honen abantailak bat erremintaren zorrozketak da. Hartzaren profila zuzena bait da.

c) Torlojo amaigabearena. Sistema honen oinarria 3. irudian ikus daiteke. Hor, kremaiera bat gurgil batekin engranatzan ari dela eta bide batez hartzak tailatzen ari zaiola pentsa dezakegu. Kremaieraren hartzak marra etenez irudikatuak daude, eta torlojo amaigabearen profilaren pare-parean daude. Torlojo amaigabea lerro jarraiz marraztua dago, eta inklinaturik ipintzen da. Torlojoaren inklinazio-angelua eta helizearena berdina dira. Ikusten denez, torlojoaren hartzak eta kremaierarenak pare-parean daude.



3. IRUDIA

Torlojo amaigabea eta pieza abiadura egokiz biratzen baldin baditugu (torlojoaren espirak eta gurgilaren hartz-kopurua kontutan izanik), gurgilaren hartzak luzetarako desplazatu dira, kremaierak gurgilarekin engranatu balu bezalaxe.

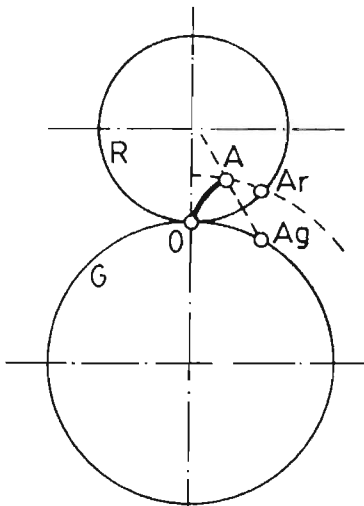
Praktikan, torlojo amaigabea gurpilearekin sinkronizaturik biratzen da, eta emeki-emeki desplazatzen da gurpilaren zirkulu batetik bestera.

Sistema honen bidez lortutako gurpilek modulu berdineko beste edozeinek in engrana dezakete.

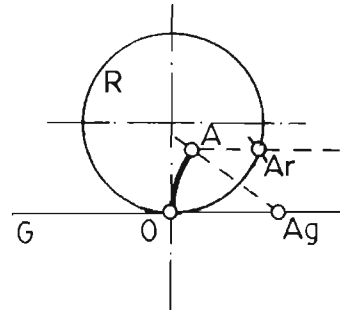
II. LERRO MAKUR ZIKLIKOAK

Lerro makur ziklikoetan bost mota desberdin daude: 1. Epizikloidea. 2. Zikloidea. 3. Hipozikloidea. 4. Perizikloidea. 5. Zirkulu bilkaria.

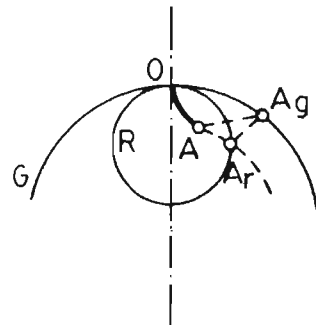
R zirkulua beste G oinarritzko zirkulu baten kanpokaldean biratzen bada, epizikloidea sortzen du (Ik. 4. irudia). R zirkulua G lerro zuzen batetan biratzen bada, zikloidea sortzen du (ikus. 5. irudia). R zirkulua G oinarritzko zirkuluaren barnekaldean biratuz gero, hipozikloidea izango dugu (ik. 6. irudia). G oinarritzko zirkulua biratzen den R zirkuluaren barruan badago, perizikloidea izango dugu (ikus 7. irudia). Eta azkenik, biratzen den R zirkuluak diametroa infinitu bada (lerro zuzena baldin bada, bestela esan) G oinarritzko zirkuluan biratzen denean, zirkulu-bilkaria sortzen da (ikus 8. irudia).



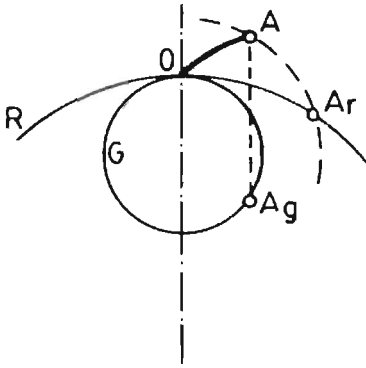
4. IRUDIA. Epizikloidea



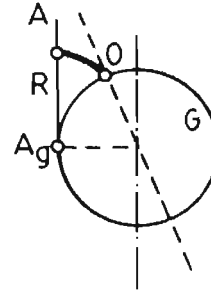
5. IRUDIA. Zikloidea



6. IRUDIA. Hipozikloidea



7. IRUDIA. Perizikloidea



8. IRUDIA. Bilkaria

Irudietan, biratzen den zirkulari R letra ezarri zaio, eta oinarrizko zirkulari G letra. R zirkulua OAg bitartean biratu denean, OA zikloidearen zatia sortu da; eta, irudi guztietan, ondoko ekuazio hauek betetzen dira:

$$\begin{aligned} AgO &= ArO \\ OA &= AgAr \end{aligned}$$

Froga bezala, A puntuak zirkunferentzia jakin batetan egon behar duela pentsa daiteke. Zirkunferentziaren zentrua oinarrizko zirkuluarena da, eta zirkunferentziak "Ar" puntutik pasa behar du. 5. irudiko kasuan, zirkunferentzia G lerro zuzenaren paralelo bihurtzen da. 8. irudian, berriz (bilkariaren kasuan), $AgA = AgO$ ekuazioa betetzen da.

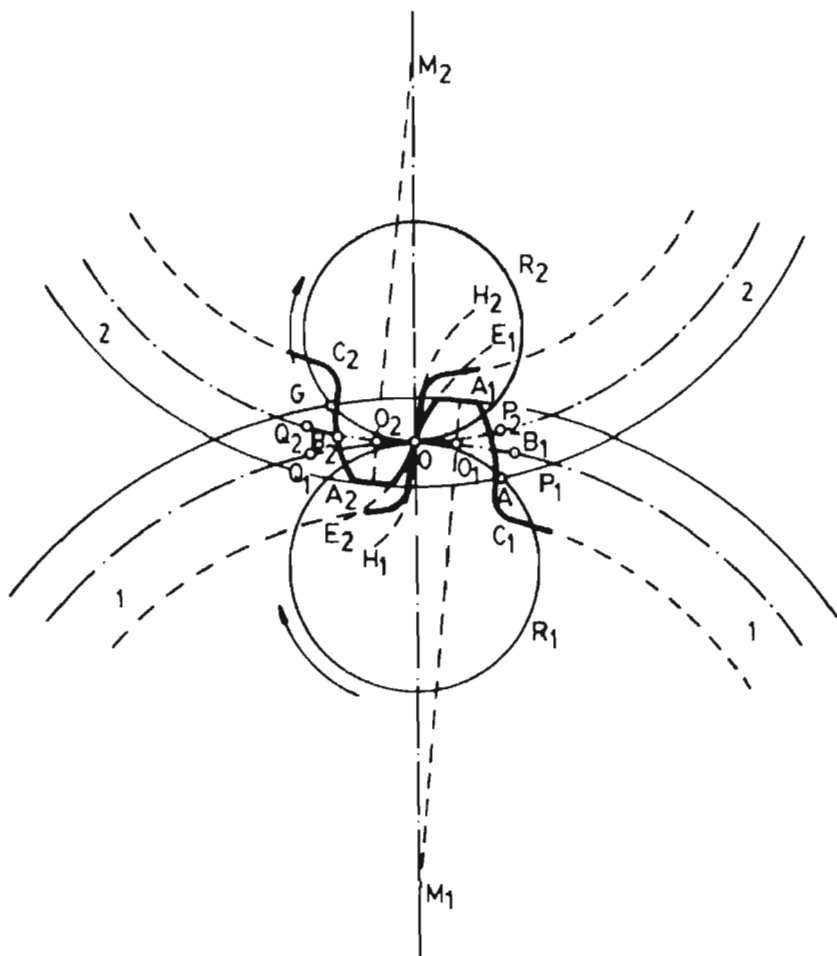
Lerro ziklikoaren A puntuan elkartzuta marratzen badugu, elkartzut hori Ag puntutik pasatzen dela ikusiko dugu; bi zirkuluen instante bateko ukigunetik alegia. Horregatik hain zuzen erabiltzen dira lerro ziklikoak engranai horzen profila marrazteko.

4, 5, 6 eta 7. irudietako lerro makurrekin engranaia zikloidalak osatzen dira, eta 8. goarekin zirkulu-bilkarizko engranaia.

A) ENGRANAIA ZIKLOIDALAK

Egin dezagun 1 eta 2, engranatu behar duten gurrupilak direla, eta R_1 eta R_2 zirkunferentzia sortzaileen erradioak (ikus. 9. irudia).

R_1 zirkulua 1 zirkuluaren barnekaldean biratzen denean OH_1 hipozikloidea sortzen du, eta 2 zirkuluaren kanpokaldean biratzen denean OE_2 epizikloidea. Era berean, R_2 zirkulua 2 zirkuluaren barnekaldean biratzen denean



9. IRUDIA

OH_2 hipozikloidea sortzen da; eta 1 zirkuluaren kanpokaldean biratzen denean, OE_1 epizikloidea.

$OO_1 = O_1B_1$ dela kontutan izanik, eta era berean $OO_2 = O_2B_2$ (hortzaren lodieraren erdia), M_1O_1 nahiz M_2O_2 egiazko simetri ardatzak dira. Beraz:

$$\begin{array}{ll} A_1B_1 = OE_1 \text{ epizikloidea} & B_1C_1 = OH_1 \text{ hipozikloidea} \\ A_2B_2 = OE_2 \text{ epizikloidea} & B_2C_2 = OH_2 \text{ hipozikloidea} \end{array}$$

Ondoren, engranaien kanpo eta barne-zirkunferentziak marraztuz bi hortzen profila mugatuko dugu.

Hemen, engranatze-lerroa eta AO nahiz OG zirkulu sortzaileen arkuak berdinak dira. Beren AOG luzera (engranaien kanpo-zirkunferentziek mugatua), P_1OQ_1 edo P_2OQ_2 engranai arkuarena bezalakoa da.

Engranaia zikloidelek berezitasun nagusi hauxe dute: beren engranai lerroa zirkuluaren arku izatea.

Zirkunferentzia sortzailearen erradioa edozein izan daiteke, eta R_1 nahiz R_2 ren balioak (bi gurpil bakarrik direnean) desberdinak izan daitezke. Baina, beti ere, modulu berdineko beste edozein gurpilekin engranatu ahal izatea (gurpil harmonikoak izatea) komeni da; eta, horretarako, zirkunferentzia sortzaileek erradio berdinak izan behar dituzte. Bestela, engranai lerroak ez lirateke berdinak izango.

Normalean, bietan gurpil txikiaren erradioaren erdia izan ohi da zirkunferentzia sortzailearena. Hala ere, modulu jakineko gurpil handietan zirkunferentzia sortzaileak handiagoak dira. Baita oso gurpil txikietan ere, hortzaren punta forma estuegi gera ez dadin.

Jatorrizko zirkunferentzia eta zirkunferentzia sortzaileak berdinak direnean, engranaiarik iraunkorrenak lortzen dira. Bestetik, gurpil txikietan hortz kopurua gutxi daiteke.

B) BILKARIZKO ENGRANAIK

Har dezagun 10. irudia. 1 eta 2 jatorrizko zirkunferentziak ditugu, beren zentruak M_1M_2 lerro zuzenak lotzen dituelarik. Bi zirkunferentzien ukigunea O puntua da. Puntu horretan S_1S_2 lerro zuzena marraztuko dugu, M_1M_2 lerroarekin angelu bat osatuz. Normalean, 75° takoa izaten da angelu hori.

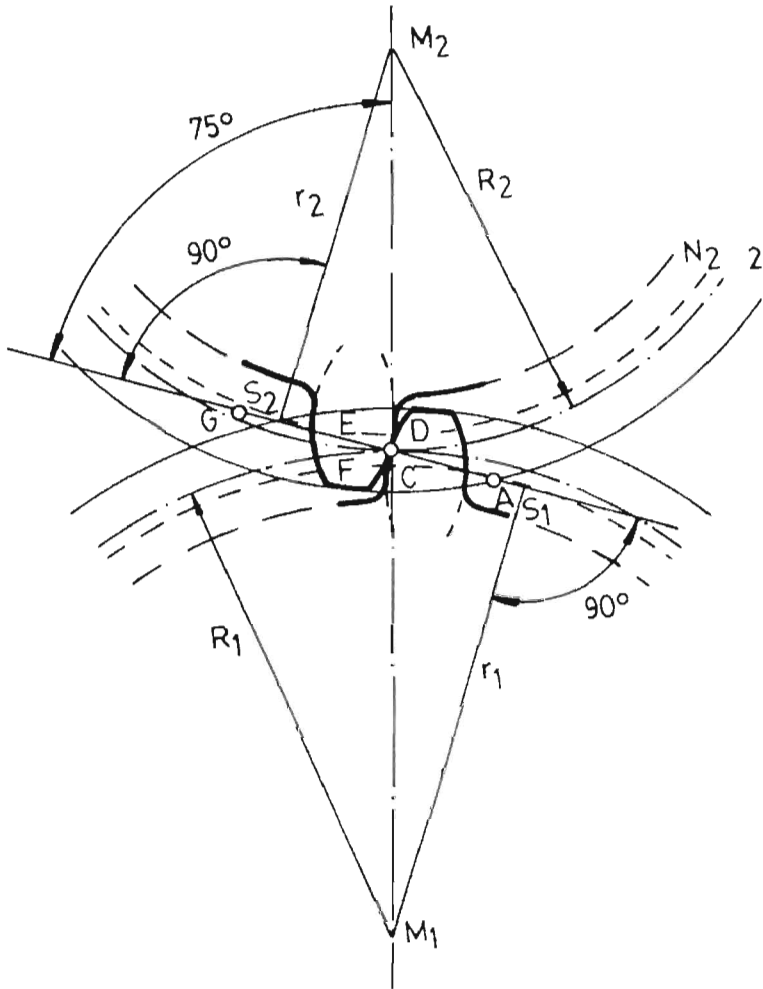
M_1 eta M_2 zentruetatik, M_1S_1 eta M_2S_2 elkartzutak ezarriko ditugu. Elkartzuten balioak honako hauek izango dira:

$$M_1S_1 = r_1 = R_1 \cdot \sin 75^\circ = R_1 \cdot 0,996$$

$$M_2S_2 = r_2 = R_2 \cdot \sin 75^\circ = R_2 \cdot 0,996$$

Zentruak M_1 eta M_2 harturik, eta erradioak r_1 eta r_2 izanik, N_1 eta N_2 zirkunferentziak lortuko ditugu. S_1S_2 lerro zuzena N_1 zirkunferentzian biratuz, berriz, EOF bilkaria. Engranaia zikloideetan bezalaxe, simetriaz baliaturik hortzen beste alde mugatuko dugu. Engranaien kanpo eta barne-zirkunferentziak marraztuta, hortzen profil osoa osatzen da.

Bilkariak oinarritzko zirkunferentzien C eta E puntuetan bukatzen direnez gero, barne-zirkunferentziak txikiagoak direnean (10. irudiko kasuan bezalaxe) lerro zuzenez osatu behar da profila.



10. IRUDIA

Engranai lerroa, S_1S_2 lerro zuzena da, eta bere luzera AG . kanpo-zirkunferentziaz mugatua bait dago.

Bilkarizko engranaia hauen berezitasun nagusia, engranai lerroa lerro zuzena izatea da.

Oinarrizko zirkulu bakoitzari, S_1S_2 lerro sortzaileak duen posizioa duela, bilkari bakarra dagokionez gero, modulu berdineko gurpil guztiak harmonikoak izango dira. M_1 eta M_2 zentruak urreratu eta urrutiratu egin daitezke

Ondoren, O zirkunferentzia ipintzen da. "Eraikuntza"ko zirkunferentzia dela esaten zaio honi, eta bere R'erradioa jatorrizko zirkunferentziaren R erradioa baino txikiagoa da. Baina; $R' = 29/30 \cdot R$ erlazioaz loturik daude.

$$\text{Bera, } a = R - R' = R/30.$$

Gero, eraikuntzako zirkunferentzian zentru eginik eta "b" erradioa harturik, 1 eta 2 puntuen arteko arkua marrazten da (2 puntua jatorrizko zirkunferentzian dago), hortzaren buruari profila mugatuz. Era berean, eraikuntzako zirkunferentzian zentru eginik eta "c" erradioa harturik, 2 eta 3 puntuen arteko arkua marrazten da. 3. puntua eraikuntzako zirkunferentzian dago. 3 puntutik B₁ barne-zirkunferentziaraino lerro zuzenak mugatzen du profila. Lerro zuzena erradialki ipinia dago, baina hondoan borobilunea du. Borobilaren erradioen balioak aurkitzeko, ondoko taularen "b₁" eta "c₁" balioak "m" moduluz biderkatu behar dira. Beraz, $b = b_1 \cdot m$ eta bestetik, $c = c_1 \cdot m$.

"b₁" eta "c₁"en balioak, hortz-kopuruaren arauerakoak dira.

Orain arte esandakoak hortz-kopurua 36 baino txikiagoa denerako balio du. Baina hortz-kopurua 36 baino handiagoa baldin bada, "c" erradiodun bigarren arkua ez dago marraztu beharrik, 1-2 arkua 3 punturaino erradio berdinez luzatzea nahikoa bait da. Hortz-kopuru handi hauen erradioa kalkulatzeko ere, taulan daude balioak.

Hortz-kopurua	b ₁ burua	c ₁ oina
10	2,28	0,69
11	2,40	0,83
12	2,51	0,96
13	2,62	1,09
14	2,72	1,22
15	2,82	1,34
16	2,92	1,46
17	3,02	1,58
18	3,12	1,69
19	3,22	1,79
20	3,32	1,89
21	3,41	1,98
22	3,49	2,06
23	3,57	2,15
24	3,64	2,24
25	3,71	2,33
26	3,78	2,42
27	3,85	2,50
28	3,92	2,59

Hortz-kopurua	b ₁ burua	c ₁ oina
29	3,99	2,67
30	4,06	2,76
31	4,13	2,85
32	4,20	2,93
33	4,27	3,01
34	4,33	3,09
35	4,39	3,16
36	4,45	3,23
37tik 40ra	4,20	
41etik 45era	4,63	
46tik 51ra	5,06	
52tik 60ra	5,74	
61etik 70era	6,52	
71etik 90era	7,72	
91etik 120ra	9,78	
121etik 180ra	13,38	
181etik 360ra	21,62	

I. AZKUNE

HIZTEGIA

- **abiadura** = velocidad
- **barne-zirkunferentzia** = circunferencia interior
- **bilkari** = evolvente
- **doitasun** = precisión
- **ebale** = cortante
- **elkartzut** = perpendicular
- **engranaia zilindriko zuzen** = engranaje cilíndrico recto
- **eten** = discontinuo
- **formadun fresa** = fresa de forma
- **higidura** = movimiento
- **hortz-kopuru** = número de dientes
- **hortz-neurri** = paso entre dientes
- **jatorrizko zirkunferentzia** = circunferencia primitiva
- **kanpo-zirkunferentzia** = circunferencia exterior
- **lasaiera** = juego, holgura
- **lerro makur** = línea curva
- **marra eten** = trazo interrumpido
- **moldeaketa** = moldeado
- **mortaiatu** = mortajar
- **profil** = perfil
- **sortzaile** = generador
- **tailaketa** = tallado
- **torlojo amaigabe** = tornillo sin-fin
- **ukigune** = punto de contacto
- **ukipen-azal** = superficie de contacto
- **zatigailu** = aparato divisor
- **zirkulu-bilkari** = evolvente de círculo
- **zirkunferentzia sortzaile** = circunferencia generadora
- **zur** = madera