

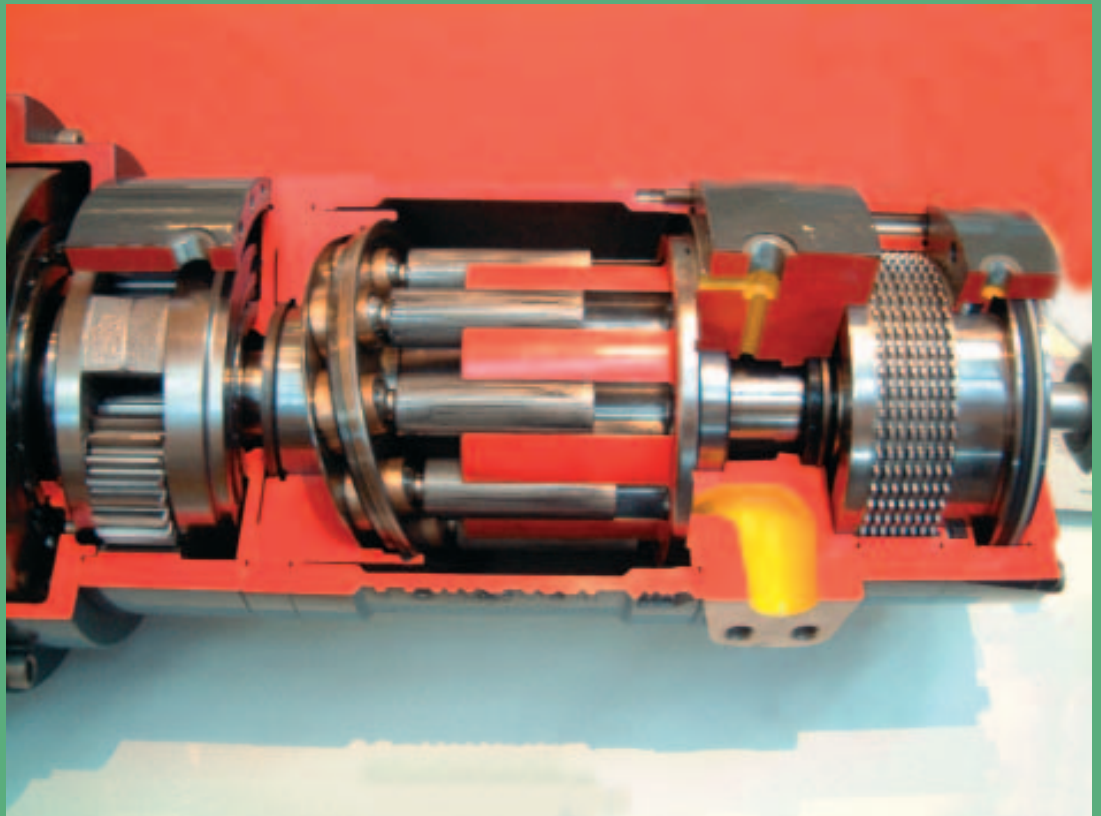


Hammaspyörä- ja mäntäpumput

Visidon arkisto

No 5

FLUID
Finland
3-2003

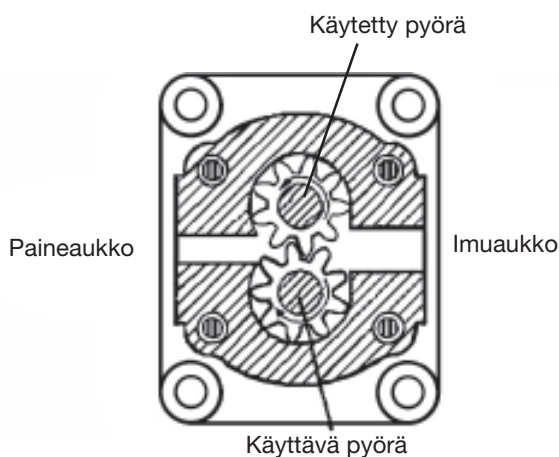


PUMPUT



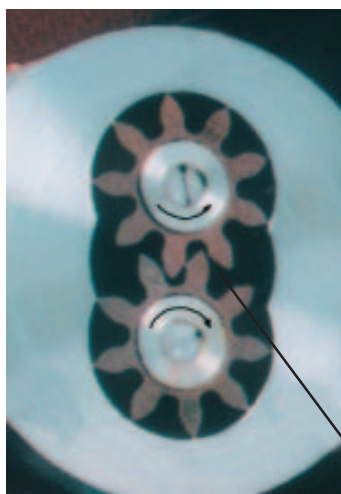
Pumpuilla kehitetään hydraulijärjestelmään tarvittava tilavuusvirta. Hydraulikassa käytettävät pumput ovat syrjäytyspumppuja.

HAMMASPYÖRÄPUMPPU



Kuva 1. Ulkoryntösen pumpun periaate

Hammasyöräpumppu on erittäin yksinkertainen rakenteeltaan ja toiminnaltaan. Kuvassa 1 on esitetty pumpun toimintaperiaate. Kun hammasyöräpumpun akselia pyöritetään jollakin ulkoisella voimakoneella, pyörii käyttävä pyörä luonnollisesti akselin mukana, kun taas käytetty pyörä pyörii vastakkaiseen suuntaan.



Kohdassa, missä hampaat erkanevat toisistaan, "kasvaa" tilavuus ja siihen syntyy näin ollen riittävä alipaine, jotta öljy nousee säiliöstä pumpun imupuolelle. Öljy kuljetetaan hammaspintojen ja kehän välissä pumpun painepuolelle ja edelleen putkistoon.

Hampaiden erkanemiskohta

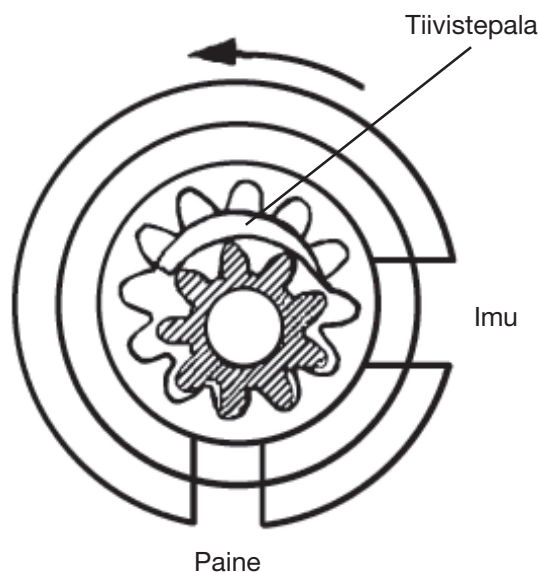
Kuva 2. Kohtaan, jossa hampaat erkanevat toisistaan, syntyy tarvittava alipaine.

Sisäryntönen hammasyöräpumppu

Sisäryntönen hammasyöräpumppu koostuu hammasyörästä, jota pyöritetään esimerkiksi sähkömoottorilla. Tämä sisempi hammasyörä taas pyörittää ulkokehällä olevaa hammasyörää. Yksinkertaista ja selvää, vai miten on? Ja kuten edellä opimme, niin kohtaan, missä hampaat erkautuvat toisistaan muodostuu muuttuva tilavuus ja öljy siirtyy säiliöstä pumpun imupuolelle. Hampaat taas kuljettavat öljyn painepuolelle ja edelleen systeemiin. Siinä kohdassa, missä hampaat eivät ole rynnössä keskenään, joudutaan käyttämään tiivistepalaa.

Toinen sisäryntönen hammasyöräpumpputyyppi on ns. gerotor -mallinen pumppu. Tässä pumpputyypissä on ulkokehällä kuusi hammaslovia ja sisäpuolisessa pyörässä on kuusi hammasta. Kun sisäpuolista hammasyörää pyöritetään ulkoisella käyttömootorilla, kulkee hammasyörä näykkimällä hammasloviesta toiseen ja kuljettaa öljyä imupuolelta painepuolelle. Hammas on näin ollen aina rynnössä, eikä tiivistepalaa tarvita.

Sisäryntöset hammasyöräpumput ovat hydraulikakäytössä melko harvinaisia, sillä tällä pumpputyypillä saavutetut tilavuusvirrat ovat suhteellisen vaatimattomia. Jos näitä kuitenkin käytetään, niin yleisin käyttökohte on syöttö- ja apupumput. Syöttöpumppuja voidaan käyttää suljetuissa hydraulijärjestelmissä mäntäpumppuja syöttämään. Näitä pienituottoisia pumppuja käytetään myös jäähdytys- ja suodatusjärjestelmien pumppuina. Sisäryntöset hammasyöräpumput ovat tiivistykseltään ja toimintaperiaatteeltaan siksi samanlaisia ulkoryntösten kanssa, että niistä ei siis enempää.



Kuva 3. Sisäryntösen pumpun periaate

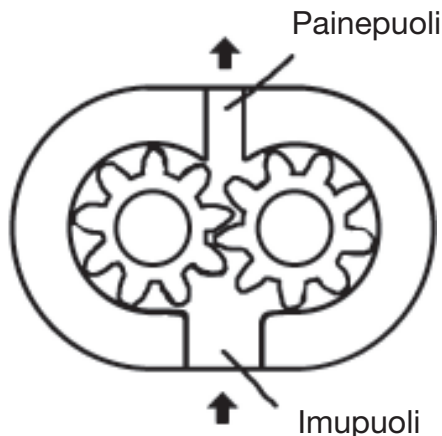
Ulkoryntönen hammaspyöräpumppu

Ulkoryntönen hammaspyöräpumppu koostuu myös kahdesta hammaspyörästä, joista toista ulkoinen käyttömootori pyörittää. Aiemmin rungot olivat pääosin valurautaisia, mutta nykyään kevytmetallit, etenkin alumiinivalut ovat vallanneet alaa. Hammaspyörät ovat yleensä teräsvalmisteisia. Tunteakseen pumpput on huoltajan syytä tietää niistä vähintään seuraavat viisi kohtaa:

1. Pumpun imu- ja paineaukon sijainti
2. Kätisyys, eli mihin suuntaan pumppua pyöritetään
3. Tiivistyskohdat
4. Laakerien ja liikkuvien osien voitelukierto
5. Kätisyyden vaihto

Imu- ja paineaukon sijainti

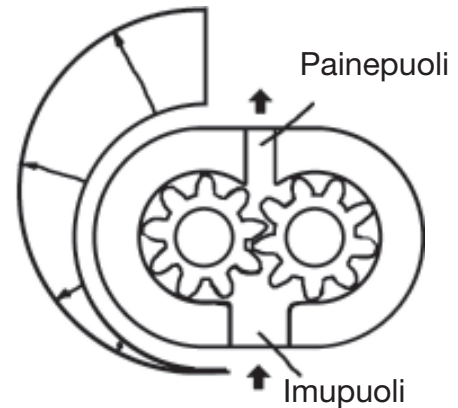
Jos on vakiotuottoinen pumppu, jossa virtaus tapahtuu vain yhteen suuntaan, niin imuaukko on aina suurempi kuin paineaukko. Jos taas aukot ovat yhtäsuuria, niin hyvin todennäköisesti pumppu toimii kaksisuuntaisesti, jolloin akselin pyörimissuunta ratkaisee kumpi aukoista on paine- ja kumpi imuaukko, eli kummasta reiästä öljy tulee ulos tai sisään.



Kuva 4. Yhteensuuntaan tuottavan pumpun imuaukko on isompi, kuin paineaukko.

Kätisyys

Yhteen suuntaan toimivaan pumppuun kätisyys on merkitty aina nuolella. Nuoli on joko valettu, "stanssattu" tai merkitty vaikkapa tarralla pumpun runkoon. Mikäli merkinnät ovat kadonneet, voidaan kurkistaa imuaukosta sisään ja pyöritetään pumpun akselia. Jos tällöin hammaspyörät pyörivät niin, että hampaat erkanevat toisistaan, on pyörityssuunta oikea. Jos taas hampaat häviävät toistensa lomaan, on pyörityssuuntaa vaihdettava.



Kuva 5. Paineen nousu hammasväleissä

Tiivistyskohdat

Tiivistyskohdat ovat tärkeitä tietää, etenkin jouduttaessa avaamaan pumppu, sillä ne on syytä tarkistaa erityisellä huolellisuudella. Tiivistyksellä ei tässä yhteydessä tarkoiteta normaalia akselitiivistystä tai vastaavaa.

Hammaspyöräpumppun yksi tärkeistä tiivistyskohdista on hampaan ja rungon välinen osa, josta välistä ei sallita öljyn vuotoa takaisin imupuolelle, sillä painevaihe alkaa uusissa hammaspyöräpumppuissa jo varhaisessa vaiheessa. Tärkeä tiivistys-elementti pumppuissa on myös ryntökohta, josta myöskään ei saa päästä öljyä takaisin imupuolelle.

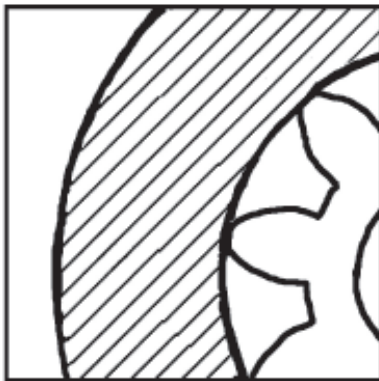
Kolmas ja ehkäpä tärkein tiivistyskohta hammaspyöräpumppuissa on ns. päittäinen tiivistys. Tämä päittäinen tiivistys saadaan aikaiseksi järjestelmän paineella. Siinä öljy painaa painelevyjen tai laakeriholkkien välityksellä hammaspyörien otsapintoja molemmilta puolilta. Painelevyjä käytettäessä on tämän kohdan paine kuitenkin optimoitu ja rajattu sellaiseksi, että tiivistys tulee nippa nappa hoidettua, mutta kuitenkin systeemin kitka ei kasva yhtään tarvittavaa suuremmaksi, jolloin kulumisen lisääntyminen voidaan eliminoida minimiin.

Hammaspyöräpumput on normaalisti laakeroitu joko neula- tai liukulaakereihin. Liukulaakeroituissa pumppuissa käytetään holkkiparia, joiden sisällä laakeri on. Tietyille alueille holkkiparin taakse järjestetään molemmille puolille paine, joka puristaa hammaspyöräpareja otsapintaa vasten. Mikäli päittäistiivistys ei pelaa kunnolla, voi painelevyjen tai hampaiden otsapinnat naarmuuntua. Näiden naarmujen vaikutuksesta vuodot kasvavat ja pumpun volumetrinen hyötysuhde laskee oleellisesti. Korjaustoimiksi soveltuu parhaiten pumpun heitto kylmän rauhallisesti roskakoriin, koska hammaspyöräpumppua on useimmiten turha korjata.

Hammaspyöräpumppu sisäänajetaan yhdeksi kokonaisuudeksi ja siten muutostyöt yleensä pahentavat alkaneita vuotoja ja kulumisia. Kustannuksiltaan hammaspyöräpumppu on siksi edullinen, että se kannattaa vaihtaa uuteen jo melko pienestä ongelmasta johtuen. Jos ei kuitenkaan ole heti saatavilla uutta pumpua, voi naarmut hioa otsapainnoista ja painelevystä pois, mutta korjaus olkoon vain tilapäinen ja uusi pumpu tulee hankkia välittömästi.

Voitelukierto

Laakereitten voitelukierto tulee yleensä painepuolen vuotona. Painelevyssä voi olla eräänlainen uurre keskellä, josta öljyä pääsee vuotamalla laakereille ja sieltä tulee olla kanava auki pumpun imupuolelle, johon öljyn on päästävä. Akselitiivisteiden taakse ei voiteluöljyä saa kerääntyä, sillä paine kasvaa liian suureksi ja akselitiiviste vaurioituu. Normaalisti hammaspyöräpumpuissa on merkitty selvästi kanavat, joista öljy pääsee imupuolelle, kun taas voitelu-uraa, josta öljy pääsee laakereille harvoin löytyy, sillä voiteluhan tapahtuu painepuolen vuotona.



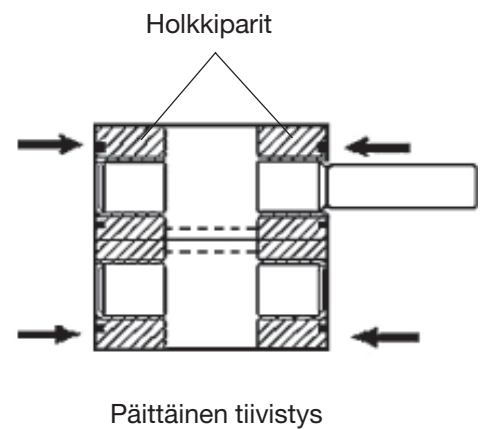
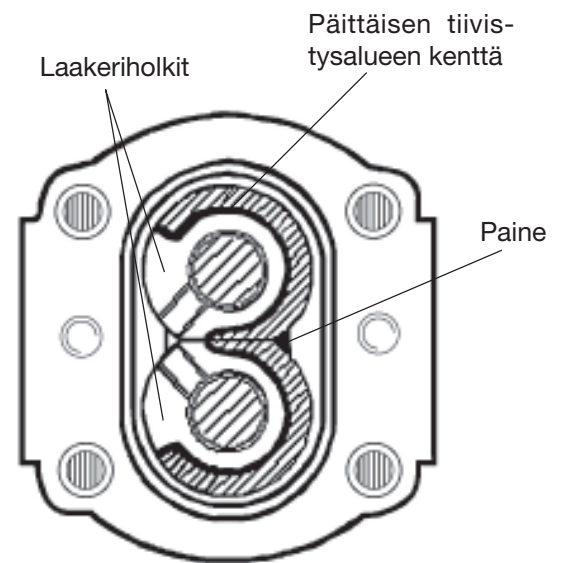
Kuva 6. Rungon ja hampaan välinen tiivistyskohta



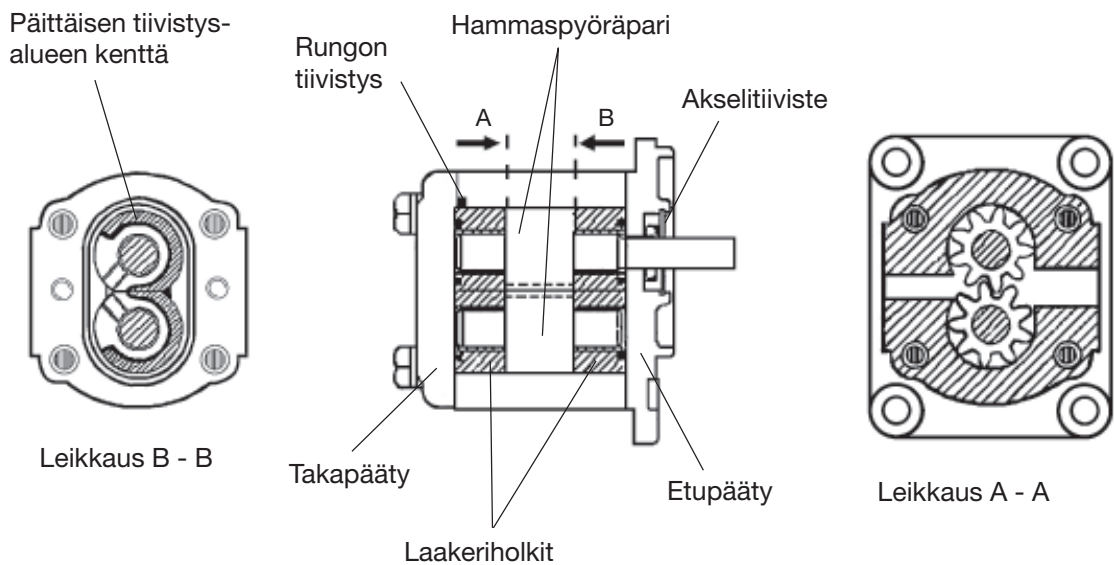
Kuva 7. Ryntökohdan kautta ei öljyä saa vuotaa takaisin imupuolelle

Kätisyyden vaihto

Joissakin hammaspyöräpumpuissa kätisyyden vaihto on helppoa, eli vaihdetaan hammaspyöräparin paikkaa keskenään. Tempu onnistuu silloin, kun pumpu on rakenteeltaan symmetrinen. Muutoin kätisyyden vaihto on hankala jopa mahdoton suorittaa, sillä pumput valmistetaan joko vasen- tai oikeakätiseksi. Joskus voidaan pyörimissuunnan käännön yhteydessä vaihtaa pumpun päätykappaleet.



Kuva 8. Tiivistysalueet



Kuva 9. Tiivistysalueet

Pumppua avattaessa huomioon otettavaa

Mikäli hammaspyöräpumppu joudutaan avaamaan, on erittäin tärkeätä merkitä ryntökohta vaikkapa tussilla, sillä pumppua kasattaessa on pyörien keskinäinen asema asetettava samaksi kuin aikaisemmin, koska hampaat ovat hioutuneet soveliaiksi toisilleen. Jos hampaat eivät ole samoissa asemissa kuin aiemmin, vuodot sekä kuluminen kasvavat voimakkaasti ja pumput käyttökäikä lyhenee oleellisesti.

Edellä olevan rituaalin jälkeen pumpusta tarkastetaan tiivistyskohdat huolellisesti. Lisäksi on syytä kokeilla sormella käytetyn pyörän kohdalta läheltä imuaukkoa rungon pintaa. Jos siellä on naarmuja, niin hyvin todennäköisesti naarmuja löytyy myös painelevyistä ja otsapinoista.

Näin siksi, että pyöriessään hammaspyörään kohdistuu erilaisia voimia. Suurin näistä voimakomponenteista suuntautuu käytetyn pyörän kohdalla suoraan alaspäin ja kuluneessa pumpussa käytetty pyörä kallistuu lähelle imuaukkoa ja nappaa silloin tällöin kiinni runkoon. Eli pieni hyvä kikka pistokoemaisesti vianetsintään.

Lopuksi hammaspyöräpumpusta

Hammaspyöräpumppu on hyvä ja melko halpa pumppu. Sen hyötysuhde on parhaimmillaan 94 prosenttia. Melutaso on 77 desibeliä. Hammaspyöräpumppu sallii maksimissaan liki 3000 kierrosta minuutissa, mikä normaalisti riittää teollisuuskäyttöön vällan mainiosti.

Kun hammaspyöräpumppu pyörii ja hammaspyörät kuljettavat öljyä painepuolelle, niin ryntökohdassa öljy joutuu pahasti puristuksiin ja näin pitkien ryntöviivaa syntyvästä vaihtelevasta painepiikistä aiheutuu hammaspyöräpumpulle tyypillinen ääni. Painepeikkiä on mahdollista pienentää siten, että painelevyihin tai laakeriholkkeihin tehdään lovet, jotka edesauttavat hampaiden väliinjäävän öljyn poistumista takaisin painepuolelle.

Hammaspyöräpumppujen tyypillisimpiä vaurioita ovat ne tutut, jotka voidaan olettaa syntyvän muunkin tyyppisille pumpuille. Öljyn seassa olevat isommat ja pienemmät epäpuhtaudet jauhavat hammasväleissä ja aiheuttavat pumpun kulumista ja väljenemistä. Väljässä pumpussa vuodot lisääntyvät ja siitä taas seuraa kuumenemisiä ja tehon menetyksiä ym. "Normaalit" laakerivauriot ja hampaiden katkeamiset saavat pahaa jälkeä aikaiseksi. Voidaanpa järjestelmää ylikuormittaa niin voimakkaasti, että pumppu yksinkertaisesti poksahdaa puhki jostain kohtaa.

MÄNTÄPUMPPU



Perusteet

Mäntäpumpun toiminta perustuu männän edestakaiseen liikkeeseen. Mäntäpumpuille on tyypillistä erittäin hyvät volymetriset hyötysuhteet, korkeat painealueet, suuret kierrokset ja isot tuotot. Teollisuudessa on normaalisti käytössä kolmen tyyppisiä mäntäpumppeja eli aksiaalimäntäpumput, joissa männät ja koko sylinteriryhmä ovat käyttöakselin suuntaisia. Kulmamäntäpumpussa taas sylinteriryhmä mäntineen on tietyssä kulmassa käyttöakseliin nähden ja radiaalimäntäpumpuissa männät ovat säteen suuntaisesti käyttöakseliin nähden.

Aksiaalimäntäpumpu

Aksiaalimäntäpumpu on esitetty periaatteitansa kuvassa 10. Eli pumpussa on sylinteriryhmä, joka on mäntineen akselin suuntainen ja männät nojaavat liukulevyyn. Tämä liukulevy puolestaan on tietyssä kul-



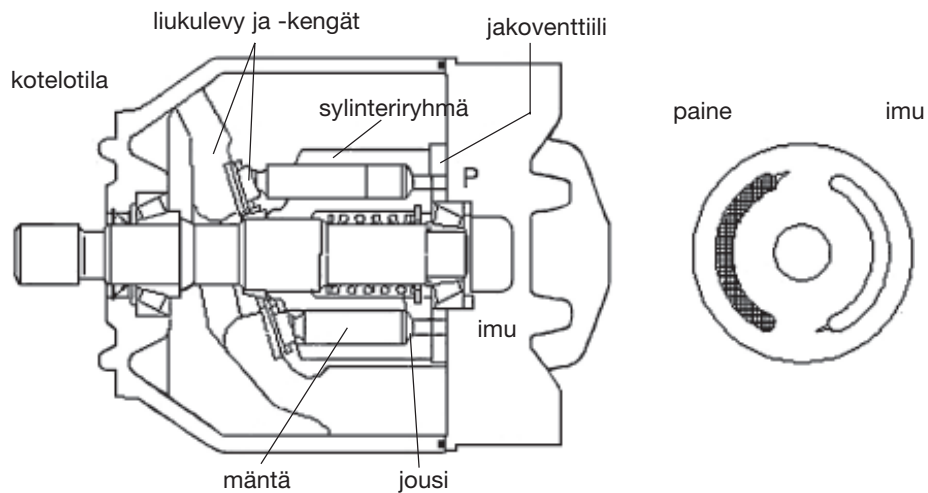
Kuva 10. Aksiaalimäntäpumpun periaate. Männät nojaavat liukulevyyn ja liukulevy on tietyssä kulmassa akseliin nähden. Kulman avulla aikaansaadaan mäntien edestakainen liike.

massa akseliin nähden. Akselia pyörittämällä saadaan aikaiseksi mäntien edestakainen liike. Pumpussa on jakoventtiili, joka jakaa paine- ja imuvaiheen. Jako menee keskeltä kahta munuaisen muotoista reikää. Kun männät nousevat, ottaa pumpu öljyä imuputkesta ja männät kuljettavat liemen toiselle puolelle munuaisen muotoista reikää, josta se puristetaan ulos ja edelleen järjestelmään.

Halkileikkauskuvasta 11 voidaan tarkastella pumpun tärkeitä kohteita, joiksi voi luokitella ainakin käyttöakselin sekä sen tiivisteen ja laakerin. Lisäksi tulevat liukulevy ja liukukengät, joiden välityksellä männät nojaavat liukulevyyn sekä tietysti sylinteriryhmä. Sylinteriryhmän keskellä on voimakas jousi, jonka voima välitetään kolmen työntöpinnan välityksellä pallomaiselle laakerilevylle, liukukengälle ja samalla jousi tiivistää sylinteriryhmän ja jakoventtiin välisen vastinpinnan. Tämä vastinpinta on muuten eräs kriittisimpiä kohtia aksiaalimäntäpumpussa, sillä naarmut pinnassa aiheuttavat pumpulle helposti suuren vuodon kotelotilaan ja silloin kotelopaine saattaa muodostua suureksi, joka rikkoo akselitiivisteiden tai vaurioittaa laakeria. Vuotoöljy menee pumpun kotelotilasta suoraan säiliöön, kuitenkin usein suodattimen kautta.

Tässä aksiaalimäntäpumpussa on kaksi vaihtoehtoista vuotoöljyliitintää toinen yläpuolella ja toinen alapuolella ja pumpun asennusasento määrää, kumpaa liitintää käytetään. Missään olosuhteissa ei pumpun kotelotila saa päästä tyhjenemään öljystä, sillä kaikki liikkuvat osat saavat voitelunsa kotelotilan kautta.

Mäntäpumpussa on periaatteessa kolme tiivistyskohtaa. Ensimmäisenä voisi olla jakoventtiin ja sylinteriryhmän välinen vastinpinta. Toisena tärkeänä tiivistyskohtana on liukulevyn ja liukukengän välinen pinta ja kolmantena sitten itse männät ja sylinteriryhmä.



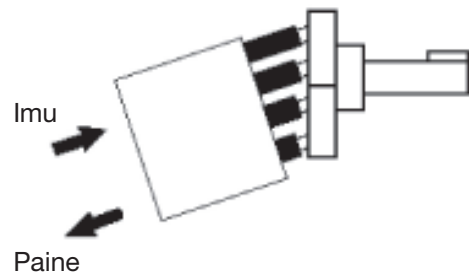
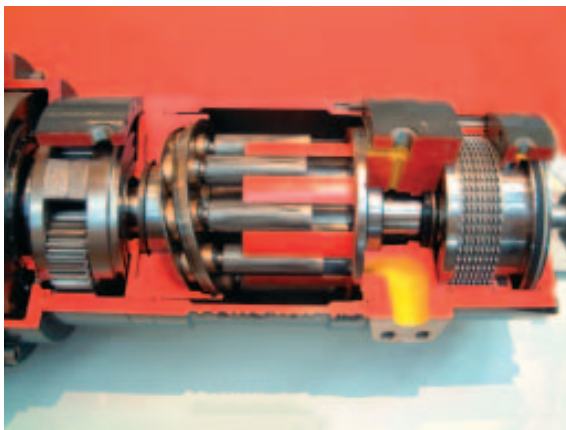
Kuva 11. Vakiotuottoinen aksiaalimäntäpumppu. Mäntiä pumpussa on yhdeksän kappaletta. Pumpun oikeapuoleissa päässä on venttiililevy jota myös jakoventtiiliksi kutsutaan. Jako-osassa on munuaisen muotoiset paine- ja imureiät (oikeapuoleinen kuva). Jos pumppu on tarkoitettu yhteensuuntaan toimivaksi, niin reiät ovat kiertyneet pyörimissuuntaansa nähden. Nuolet tai "väkäset" reikien jatkeena ovat kevennyksuria mäntien siirtyessä painepuolelta imupuolelle ja päinvastoin. Pumppu saa voitelunsa koteöljystä, joten on aina varmistettava, että kotelossa on öljyä käynnistyksen ja käytön aikana.

Lopuksi vielä kertaalleen

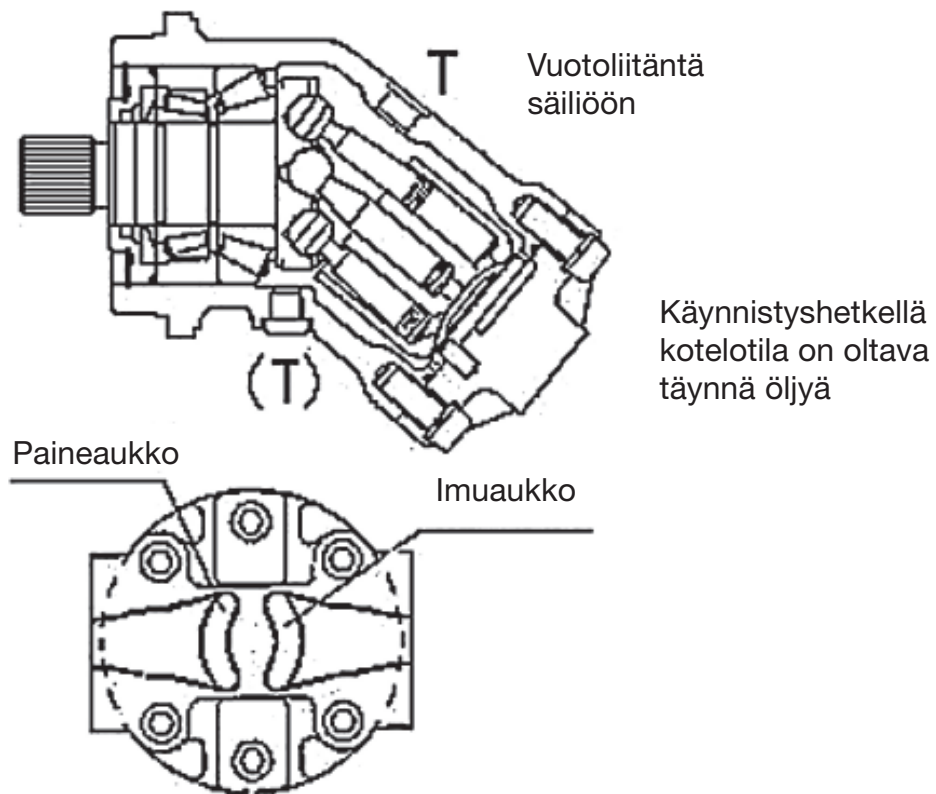
Mäntäpumppujen hyötysuhde on korkea - parhaimmillaan 97%. Aksiaalimäntäpumppujen maksimipainealue ulottuu jopa 400 bariin ja kierroksia löytyy aina 7000 kierrokseen asti. Tuotot ovat eri pumpputyypin suurimpia. Aksiaalimäntäpumpun eräs etu on myös se, että samalle jatkutulle akselille on helppo kytkeä toinenkin pumppu (myös hammaspyöräpumppuja voi kytkeä useita samalle akselille). Mäntien lukumäärä on yleisesti yhdeksän. Tämä pumpputyypin vaatii kuitenkin äärimmäisen puhtaan öljyn, sillä liukukengäthän saavat voitelunsa suoraan hydraulikkaöljystä ja jos öljyssä on vaikkapa metallisia hiukkasia, piirtää liukukenkä ympyrän liukulevyyn ja sen seurannaisena kaikki männät alkavat vuotaa. Lisäksi tämä pumpputyypin yhdessä kulmamäntäpumpun kanssa on herkkä kavitoimaan.

Kulmamäntäpumppu

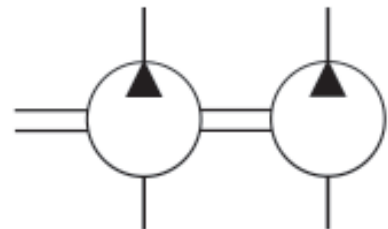
Kulmamäntäpumpussa sylinteriryhmä on tiettyssä kulmassa käyttöakseliin nähden. Murrosakseli on laakeroitu samantapaiseen jakoventtiiliin kuin aksiaalimäntäpumpussa. Jakoventtiili on kuitenkin kupera ja sylinteriryhmä kovera, jolloin sylinteriryhmä pystyy paremmin keskittämään jakoventtiiliin nähden. Männän aikaansaama suora työntö vastaanotetaan laakerilla. Pumpputyypin vaatii melko riskinsorttisen laakeroinnin. Tämä pumpputyypin sallii muuten "likaisemman" öljyn kuin aksiaalinen sisarensa, sillä käytössä ei ole liukulevyä eikä liukukenkää, joten jos "yksi mäntä menetetään, muut neljä tai kuusi toimivat edelleen."



Kuva 12. Kulmamäntäpumpun periaate. Pumppu on tiettyssä kulmassa akseliin ja liukulevyyn nähden. Kulman avulla aikaansaadaan mäntien edestakainen liike.



Kuva 13. Halkileikkauskuva aksiaalimäntäpumpusta.



Radiaalimäntäpumppu

Radiaalimäntäpumppuissa mäntien edestakainen liike saadaan aikaiseksi jousien ja epäkeskon avulla. Radiaalimäntäpumppujen painealueet ovat kaikista pumpputyypeistä suurimmat, jolloin jatkuvana työpaineena 700 baria on melko yleinen. Mäntiä on radiaalipumppuissa 3...5...7 kappaletta. Tuotoiltaan nämä pumput ovat mäntäpumppujen alapäässä ja niinpä tämän tyyppisiä pumppuja käytetään esimerkiksi puristimien loppupuristusvoiman aikaansaamiseksi hitaalla liikkeellä.

Kuva 14. Kaksoispumppusovellutus, jossa toinen toimii ns. korkeapainepumppuna, joka vastaa korkeasta paineesta, ja toinen ns. matalapainepumppu, jonka tuotto on suuri. Pumput asennetaan samalle akselille. Yleensä aksiaalimäntäpumppu toimii matalapainepumppuna ja radiaalimäntäpumppu korkeapainepumppuna



Kuva 15. Aksiaali- ja kulmamäntäpumput ovat helposti muunnettavissa tuottamaan kahteensuuntaan vaihtamalla venttiililevyä.