

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Kone- ja tuotantotalouden koulutusohjelma
Kone- ja laiteautomaatio

Opinnäytetyö

Jari Honkala

ONTELOLAATTAKONEIDEN HUOLTO-OHJELMA

Työn ohjaaja: Laboratorioinsinööri Seppo Mäkelä
Työn teettäjä: Elematic Oy, valvojana diplomi-insinööri Jonne Pöyhtäri
Tampere 2008

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotalouden koulutusohjelma

Kone- ja laiteautomaatio

Jari Honkala

Ontelolaattakoneiden huolto-ohjelma

Opinnäytetyö

37 sivua + 8 liitesivua

Työn ohjaaja

Laboratorioinsinööri Seppo Mäkelä

Työn teettäjä

Elematic Oy Ab, valvojana diplomi-insinööri Jonne Pöyhtäri

Hakusanat

kuluminen, ontelolaattakone, huolto-ohjelma

TIIVISTELMÄ

Elematic Oy Ab toimittaa koneita, laitteita, tuotantolinjoja ja tehtaita elementtiteollisuuden tarpeisiin. Näihin koneisiin kuuluu myös ontelolaattojen valukone. Valukoneet toimivat hyvin haasteellisissa olosuhteissa eri puolilla maailmaa. Niiden kunnossapito ja huoltojen suorittaminen on tärkeää tuotantokatkosten välttämiseksi. Valukoneissa on osia, jotka kulumisen vuoksi aiheuttavat vaikutuksesta sekä osia, jotka kulumisen vuoksi aiheuttavat vaikutuksesta käydessä. Näiden osien kulumista seuraamalla ja kirjaamalla niiden kestoikä kunnonvalvontajärjestelmään voidaan ennustaa tarvittavien osien seuraavat vaihto-ajankohdat.

Extruder-valukoneelle laaditun osien elinkaaren seurantakortin avulla on tarkoitus pystyä ennustamaan kulutus- ja varaosien elinkaari. Näin voidaan ennakoita osien loppuun kulumisen ja suunnitella niiden vaihtovälit etukäteen. Tarkoituksenmukaista olisi saada vaihdettua mahdollisimman paljon osista saman huoltoseisokin yhteydessä. Näin huoltoseisokkien lukumäärä voidaan vähentää ja valukoneet saadaan tehokkaampaan käyttöön.

Ontelolaattojen valmistuksessa käytettävien koneiden kuntotarkastuksien tueksi laadittujen tarkastuspöytäkirjojen tarkoitus on helpottaa tarkastuksien suorittamista. Näitä tarkastuksia suoritetaan huoltosopimuksiin kuuluvien asiakaskäyntien yhteydessä. Tarkastuspöytäkirja toimii raporttina tarkastuksesta asiakkaalle. Tarkastuspöytäkirjat on laadittu Extruder EL900E-valukoneelle.

Tavoitteena on saada valukoneille käyttöön toimiva huolto-ohjelma ja seurantajärjestelmä tehtaille eri puolilla maailmaa.

TAMPERE POLYTECHNIC
Mechanical and Production Engineering
Machine Automation
Jari Honkala
Engineering thesis
Thesis Supervisor
Commissioning Company

Extruder- casting machine service program
37 pages + 8 appendices
Elematic Oy Ab,
Supervisor: Jonne Pöyhtäri (MSc)
wearing, extruder, maintenance

Keywords

ABSTRACT

Elematic Oy Ab is the leading supplier of precast concrete machinery and equipment worldwide since more than four decades. The extruder for hollow-core slabs has been designed for the casting of prestressed hollow-core slabs, using zero-slump concrete. This machinery is used in more than 80 countries on 5 continents. Global circumstances are very challenging. Because of that machinery service and maintenance is very important.

Many kinds of parts are wearing when casting machinery are running. It is necessary to create tracking system to keep accounts of lifetime of those parts. When lifetime has found for each important part, it is possible to forecast the following exchange. Service shut-downs can plan in advance and possible unexpected shut-downs are less.

Inspection records are planned for Extruder-casting machine, Bedmaster-multi-function machine, slab saw and concrete transporting shuttle. Records can be used, when inspecting machinery condition.

ALKUSANAT

Opinnäytetyön aihe oli mielenkiintoinen ja erittäin osuva työnkuvaani huoltoinsinöörinä. Tutkiessani ja etsiessäni tietoa aiheen tiimoilta opin jatkuvasti uusia asioita valukoneista ja elementtiteollisuudesta. Näitä asioita voin hyödyntää jatkossa työssäni ja siirtää tietoani myös asiakkaille tehdaskäyntien yhteydessä. Tämä onkin opinnäytetyöni parasta antia itselleni. Tietoa keräsin keskustelemalla työtovereiden kanssa sekä lukemalla Elematic Oy Ab:n painettua ja sähköistä materiaalia valukoneista ja betoniteollisuudesta yleensäkin. Lisäksi tietoa kertyi huoltovierailuilla asiakkaiden tehtailla, sekä keskustelemalla että suorittamalla erinäisiä huoltotoimenpiteitä.

Haluan kiittää Seppo Mäkelää ja Jonne Pöyhtäriä opinnäytetyön eteenpäin viemisestä. Lisäksi kiitän vahvan työkokemuksen omaavia työtovereitani Markku Marikkaa, Michael Lainetta, Hannu Monosta ja Heikki Lehosta saamastani opastuksesta aiheeseen.

Tampereella marraaskuussa 2008

Jari Honkala

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

ALKUSANAT

SISÄLLYSLUETTELO

1	JOHDANTO	5
2	ELEMATIC OY AB	5
3	BETONIN RAAKA-AINEET	7
3.1	ONTELOLAATTABETONI	8
3.2	ONTELOLAATTABETONIN KOOSTUMUS	9
4	ONTELOLAATTA	9
4.1	ONTELOLAATAN KÄYTTÖKOHTEET	11
4.2	ONTELOLAATAN VALMISTUS	12
4.2.1	VALUPETIN VALMISTELU	13
4.2.2	ONTELOLAATAN VALAMINEN PURSOTUSTEKNIKALLA	14
4.2.3	TOIMINTA VALUN JÄLKEEN	14
4.2.4	LAATAN KATKAISU	15
5	ONTELOLAATAN VALUKONEIDEN KULUMINEN	16
5.1	EXTRUDER- VALUKONE	16
5.1.1	KULUMISEN VAIKUTUS KONEEN TOIMINTAAN	19
5.1.2	ONTELOTUURNIEN KULUMINEN	20
5.1.3	SYÖTTÖRUUVIEN KULUMINEN	21
5.1.4	MUIDEN KULUTUSOSIEN KULUMINEN	22
5.1.5	MUIDEN VARAOSIEN KULUMINEN	24
5.2	KULUMISEN KUSTANNUKSET	24
6	TUOTANTO JA KUNNOSSAPITO	26
6.1	TUOTANNON HÄIRIÖTEKIJÄT	26
6.2	KUNNOSSAPIDON HAASTEET	27
6.3	KUNNOSSAPIDOLLA SAAVUTETTAVA HYÖTY	29
7	KUNNOSSAPIDON TEHTÄVÄT JA HUOLTO-OHJELMA	29
7.1	KUNNOSSAPIDON TOIMINNOT	29
7.1.1	KÄYTTÖSEURANTA	29
7.1.2	KUNNONVALVONTA	30
7.1.3	JAKSOITETUT HUOLLOT	30
7.2	KUNNONVALVONNAN JÄRJESTELMÄ	30
7.3	KUNNONVALVONTA KULUTUSOSIEN KOHDALTA	31
7.3.1	SYÖTTÖRUUVIT	31
7.3.2	ONTELOTUURNAT	31
7.3.3	SIVULAITOJEN JA TASOITUSPALKISTON KULUTUSLEVYT ..	32

7.3.4	MASSAKOURU	32
7.3.5	VAARNALISTA JA PUNOSOHJAIMET	32
7.3.6	TÄRKEIMMÄT VARAOSAT	33
7.4	VALUKONEEN HUOLTO-OHJELMA.....	34
8	LOPPUPÄÄTELMÄT	34
	PAINAMATTOMAT LÄHTEET	36
	SÄHKÖISET LÄHTEET	36
	LIITTEET	37

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aiheena on ontelolaattateollisuudessa käytettävän Extruder-valukoneen huolto-ohjelma. Aiheen muodostuminen sai alkunsa tarpeesta laatia tarkastuspöytäkirjat ontelolaatan valmistuksessa käytettäville Bedmaster-monitoimikoneelle, Extruder-valukoneelle, ontelolaattasahalle ja betoninkuljetussukulalle. Elematic Oy Ab solmii asiakkaiden kanssa huoltosopimuksia. Sopimukseen kuuluu huoltokäyntejä asiakkaiden tehtailla. Vierailun aikana asiakkaan ontelolaattakoneiden tilaa tarkastellaan ja kartoitetaan vara- ja kulutusosien tarvetta. Tarkastuspöytäkirja toimii pohjana kartoitettaessa koneiden kuntoa ja myös raporttina suoritetusta tarkastuksesta.

Tutkintotyö kohdistuu ainoastaan Extruder-valukoneen huolto-ohjelmaan. Valukoneessa on paljon kulumia osia, jotka ovat alttiina betonimassan kuluttavalle vaikutukselle sekä tiivistysliikkeistä johtuville kulumisille. Tämän vuoksi niiden kunnossapito ja huoltojen suorittaminen on hyvin tärkeää.

Yllättävien tuotantokatkosten välttämiseksi valukoneille laaditaan kulutus- ja varaosien seurantajärjestelmä. Sitä käyttämällä voidaan ennakoida valukoneen osien kulumisen ja näin vaihtaa niitä etukäteen ennen kuin ne aiheuttavat yllättäviä tuotantokatkoksia rikkoutuessaan. Koneiden rikkoontumisesta ja kulumisesta johtuvat tuotantokatkokset aiheuttavat viivästyksiä ja raaka-aineiden, kuten betonimassan ja esijännityspunosten haaskausta. Myös laatuvaihtelut saattavat johtaa kokonaisen petillisen hylkäämiseen. Rahallisten menetysten lisäksi ympäristö kuormittuu turhasta jätteestä.

Työhön sisältyi myös laskelmia ontelotuurnien kulumisen vaikutuksesta betonin kulutukseen. Ontelotuurnien kulumisen lisää betonin kulutusta valmistuksessa ja kasvattaa ontelolaatan painoa tarpeettomasti. Tehdaskohtaisesti on laskettava missä vaiheessa ontelotuurnien kulumista vaihto tuo suurimmat säästöt.

Tarkoituksena on saada ihmiset tehtailla ymmärtämään huoltojen merkitys ja näin ohjata heitä kohti kustannussäästöjä. Kyse on kuitenkin asenteiden muuttamisesta oikeaan suuntaan. Perusteena on käytettävissä tässä työssäkin käytettyä materiaalia. Suurin hyöty saavutetaan tehtailla, jotka valukoneita käyttävät. Lisäksi yritys hyötyy toimittamalla varaosia ja huoltopalveluita näille tehtaalle.

2 ELEMATIC OY AB

Elematic Oy Ab on jo yli neljä vuosikymmentä sitten perustettu yhtiö, joka aiemmin tunnettiin nimellä PCE Engineering. Nykyään yrityksen omistaa Pamplona Capital Managementin hallinnoima pääomarahasto, jossa on osakkaana Elematic

Oy:n toimiva hallinto. Pamplona Capital Management osti yrityksen Sentica Partnersin johtamalta sijoittajaryhmältä lokakuussa 2007.

Vuosien varrella Elematic on laajentanut toimintaansa yritys hankinnoilla seuraavasti. Roth liukuvalukoneteknologia (1996); Rimera Oy muottien ja petien valmistaja (1999); Acotec väliseinä teknologia (2001); Roteco GmbH-liiketoiminta (2004); X-Tec Oy, ontelolaattakoneiden maailmanlaajuinen toimittaja (2006). Näiden sulautumien johdosta yritys pystyy tarjoamaan parempaa palvelua asiakkailleen. Lisäksi tuotevalikoimassa on nyt kaksi erilaista pursotus- ja liukuvalutekniikkaa./1/

Yritys on maailman johtava toimittaja betoniteollisuuden koneille ja laitteille sekä tuotantolinjoille ja kokonaisille tehtaille maailmanlaajuisesti toimitusten painottuessa Lähi- itään, CIS- maihin, Baltian maihin ja Länsi- Eurooppaan. Pelkästään Yhdistyneisiin Arabiemiraatteihin, Qatarin ja Bahrainiin on jo toimitettu 20 kokonaista tehdasta.

Tänä päivänä Elematic on alalla ainut kokonaistoimittaja. Se varustaa elementtirakentajia tuotteilla ja palveluilla yli kahdeksassakymmenessä maassa viidessä eri maanosassa. Toimituksiin kuuluu kaikkea lisävarusteista tai koneista aina kokonaisuun tuotelinjoihin ja täydellisiin tehtaisiin. Palvelut sisältävät asiakkaan henkilökunnan koulutuksen, asennuksen valvonnan ja laajamittaisen ylläpitopalvelun.

Yrityksellä on toimintaa myös Suomen rajojen ulkopuolella. Sillä on tytäryhtiöt Elematic Inc. Yhdysvalloissa ja Elematic GmbH. Saksassa. Dubaissa on myyntikonttori ja vuonna 2007 avattu huoltokonttori. Lisäksi eri puolilla maailmaa toimii kattava verkosto agenteja ja jälleenmyyjiä.

Elematic Oy:llä on seuraavat viisi päätuotevalikoimaa:

Ontelolaattateknologia

Betonin sekoituslaitos ja jakelu

Acotec- väliseinätekniologia

Erilaiset teknologiat yleisimmille betonielementtiseinille, julkisivuille, palkeille, pylväille, ratapölkyille

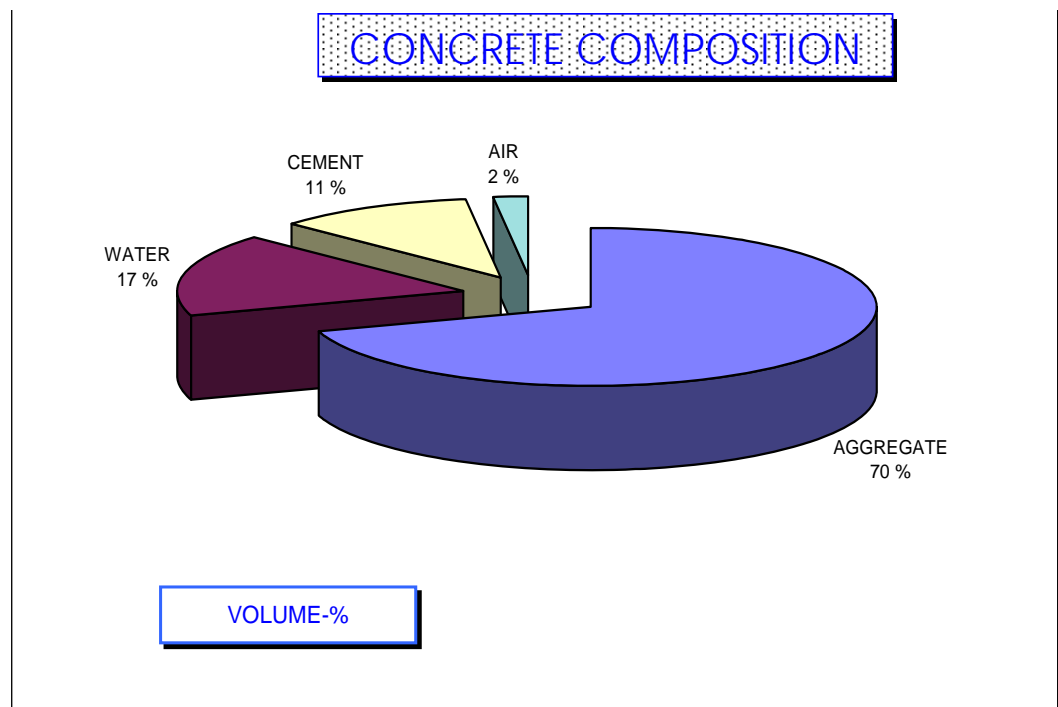
ELiPLAN- ohjelmisto.

Kaikki ratkaisut sisältävät teknisesti kehittyneet laitteet ja ohjelmistotuotteet. Kaikki yksiköt ovat standardiratkaisuja, jotka mitoitetetaan ja räätälöidään asiakkaan yksilöllisten vaatimusten mukaan. Räätälöinti tehdään myös maantieteellisen ja ilmastollisen sijainnin mukaan ympäri maapallon.

Yrityksen osuus maailman pursotukseen perustuvasta ontelolaattatuotannon teknologiasta on noin 80 % ja osuus modernin elementtituotannon teknologiasta arviolta 50 %. Elematic Oy:n liikevaihto vuonna 2007 oli noin 105 miljoonaa euroa, josta viennin osuus on 97 %. Yrityksen henkilöstön määrä vuonna 2008 on noin 220 henkeä.

3 BETONIN RAAKA-AINEET

Betoni on keinotekoinen kivi. Se on maailman eniten käytetty rakennusmateriaali. Betoni on komposiittimateriaali, joka koostuu pääasiassa väliaineesta ja siihen upotetuista partikkeleista aggregaateista (kiviaineita). Betoni koostuu ilman, veden, sementin, aggregaatin sekä lisäaineen seoksesta. Osuudet tilavuudesta ovat ilma 2 %, vesi 17 %, sementti 11 % ja aggregaatti 70 %.



Kuvio 1: Betonin raaka-aineiden suhteutus. /2/

Sementti toimii betonimassassa sideaineena aggregaattien välillä eli ikään kuin liimana. Sideaineena käytetään nopeasti kovettuvaa Portland-sementtiä, jonka lujuuden tulee olla vähintään 40 MN/m² seitsemän vuorokauden ikäisenä. Tämä koskee ontelolaattateollisuudessa käytettävää betonia. Se mahdollistaa nopeamman ontelolaattojen valurytmyksen./3/

Osa sementistä voidaan korvata teollisuuden sivutuotteilla, kuten masuunikuonajauheella, lentotuhkalla tai silicalla. Masuunikuona syntyy raakaraudan valmistuk-

sen yhteydessä sivutuotteena. Se on hienoudeltaan sementin luokkaa. Lentotuhka on kivihiihivoimalaitoksen savukaasusta eroteltu tuhka, joka on yhtä hienojakoista kuin sementti. Silicaa saadaan erotettua piiraudan valmistusreaktion savukaasuista. Se on erittäin hienojakoinen jauhe. Näillä seosaineilla sementin määrää voidaan korvata välillä 10 - 60 %, riippuen siitä mitä niistä kulloinkin käytetään. Seosaineita käytetään korvaamaan sementtiä niiden edullisuuden vuoksi. Esimerkiksi lentotuhka on noin puolet edullisempaa sementtiin verrattuna. Lisäksi edellä mainituilla seosaineilla on betonia parantavia ominaisuuksia.

Betonissa runkoaineena toimii kiviaines. Sellaiseksi ei kelpaa mikä tahansa kivilaji, vaan sen on oltava riittävän lujaa kiveä. Yleensä runkoaineena käytetään puhtaita kiviaineita, kuten graniittia, gneissia, maasälpää tai kvartsiittia. Kiviaineksi käy, joko murskattu tai luonnonsorista seulottu raaka-aine. Murskatuilla kiviaineksilla on kuitenkin saavutettu parhaat tulokset. Kiviaines ei saa sisältää epäpuhtauksia. Kiviaineksen ja hiekan raekoot ovat 0 - 12mm tai 0 -16mm. Valettavan laatan vahvuudesta riippuu kiviaineksen maksimi raekoko.

Aggregaatin pääominaisuudet ovat: /3/

- partikkelin geometria, laatu ja muoto
- lujuus
- fyysinen kestävyys. Kulutuksen ja pakkasen kestävyys
- kemiallinen kestävyys
- tasalaatuisuus
- väri.

Myös betonimassan valmistuksessa käytetyn veden täytyy olla puhdasta. Se ei saa sisältää klorideja yli 0,03 painoprosenttia.

3.1 ONTELOLAATTABETONI

Valukoneessa käytetyn betonin valmistuksen osalta tärkeimpiä ominaisuuksia on sopivan suhteutuksen löytäminen ja hallinta sekä oikeat tasalaatuiset raaka-aineet. Käytännössä on tärkeää lopullinen suhteutus ja sen pitäminen hallinnassa.

Valamisessa käytetään niin kutsuttua maakuivaa betonia, joka muistuttaa maakuivaa soraa. Sekoituksen jälkeen betoni ei muodosta enää yhtenäistä massaa, vaan muistuttaa lähinnä karkeaa kosteaa soraa. Sen etuna on hyvä koossapysyvyys ja kuormankestävyys heti valun jälkeen. Maakuiva betoni saavuttaa korkean lujuuden ennen ja jälkeen kovettumisen. Sillä on lisäksi pieni kutistuma ja kylmämyöntö sekä pitkä kestoikä. Nämä ovat tärkeitä ominaisuuksia ontelolaattaa valettaessa. Lisäksi maakuivalla betonilla saadaan hyvä loppulujuus käytettyyn sementtimäärään

nähdän. Tämä vähentää tarvittavan sementin määrää ja pienentää näin tuotantokustannuksia.

3.2 ONTELOLAATTABETONIN KOOSTUMUS

Massa koostuu murskatusta sepelistä, jonka raekoko on 6 -12mm, hiekasta, jonka raekoko 0 - 6mm, sementistä, vedestä ja mahdollisista lisäaineista, kuten lentotuhkasta, masuunikuonasta ja silicasta.

Betonimassan valmistuksessa voidaan käyttää taulukon 1 ohjeellista reseptiä. Taulukossa esitetyt määrät ovat yhden kuutiometrin valmistukseen. Yksi kuutiometri betonia painaa noin 2400 kiloa. Reseptit muokataan kuitenkin kunkin tehtaan mukaan, ottaen huomioon kiviaineksen ominaisuudet, veden tarve, sementin laatu ja betonin haluttu loppulujuus.

Taulukko 1: Maakuivan betonin sekoitusohje./4/

Basic hollow-core slab mix desing			
Rapid-hardening cement		270-330	kg/m ³
Other cement additives (fly ash etc)		0-90	kg/m ³
Aggregate		1850-1950	kg/m ³
Sand 0-6mm		40-60	%
Grushed gravel 6-12mm		40-60	%
Water		30-160	kg/m ³

4 ONTELOLAATTA

Esijännitetyt ontelolaatat ovat kehittynein tuote elementtiteollisuudessa, erityisesti perustuu niiden korkeaan laatuun ja materiaalin säästökustannuksiin. Ontelot säästävät materiaalia verrattuna umpilaattaan. Ontelolaatta on laajimmin käytetty ratkaisu lattioiden valmistuksessa. Tämän mahdollistavat tehokas suunnittelu, tuotantomenetelmät, laatan paksuuden ja kapasiteetin valinnan mahdollisuus, tasainen alapinta ja rakennustehokkuus.

Ontelolaatoissa on pitkittäiset ontelot, joiden päätarkoitus on laskea laatan painoa ja näin myös rakenteen painoa. Elematic Oy:n valmistamilla koneilla onteloita syntyy joko neljä, viisi, kuusi tai kahdeksan kappaletta, riippuen käytetyn koneen moduulista ja valettavan laatan korkeudesta. Paksuimmat laatat ovat nelionteloisia ja ohuimmat kahdeksanonteloisia.



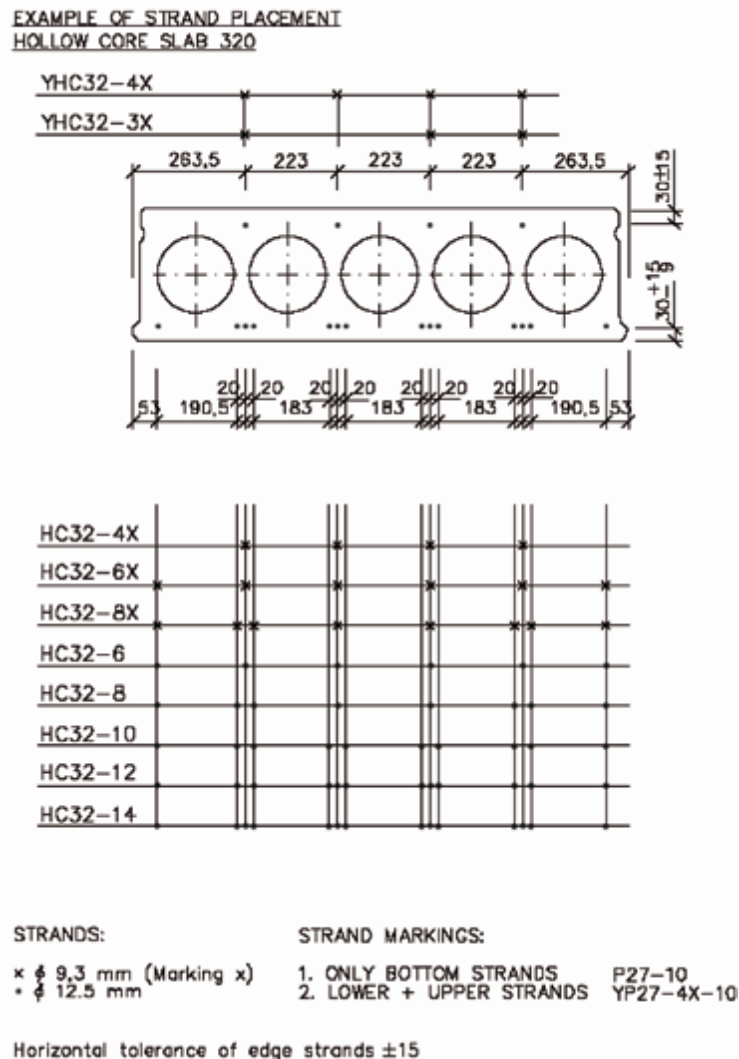
Kuvio 2: Pursotustekniikalla valmistettuja erivahvuisia ontelolaattoja./5/

Esijännitetty ontelolaatta ei myöskään tarvitse muuta raudoitusta kuin esijännitetyt punokset laatan alakannaksessa, sekä jossain tapauksissa yläkannaksessa. Ontelolaattojen sisään tulee teräspunokset, jotka vedetään petille ja esijännitetään ennen laatan valua. Näiden punosten tarkoitus on tehdä laataan esijännitys, joka aiheuttaa laataan kaarevuutta ja näin lisää laattojen kuorman kestävyyttä. Laatoissa ei ole, eivätkä ne tarvitse poikittaisraudoitusta lainkaan. Esijännitettyjä punoksia laatan yläosassa tarvitaan ainoastaan silloin kun laatta toimii kannatinpalkkina, kuten esimerkiksi parvekeulokkeena. Lisäksi yläpunoksia käytetään käsittelystä aiheutuvia voimia vastaan.

Ontelolaatan vakioleveys on 1200 mm. Niiden pituus saattaa olla jopa 20 metriä. Standardilaattojen korkeudet ovat välillä 150 - 500mm. Esijännitetyt ontelolaatat valmistetaan joko pitkän linjan pursotus- tai liukuvalutekniikalla. Teräspetit ovat 1200

mm leveitä ja niiden pituus vaihtelee noin 80 metristä 150 metriin. Jopa 200 metriä pitkiä petejä on asennettu, mutta tämä on aika harvinaista. Näissä ongelmaksi muodostuu tehokas betoninkuljetus.

Laattojen rakenteen suunnittelun päämuuttujat ovat laatan paksuus, esijännitys, punokset ja punoksien määrä.



Kuvio 3: Ontelolaatan poikkileikkaus, jossa nähtävissä teräspunosten sijainti./6/

4.1 ONTELOLAATAN KÄYTTÖKOHTEET

Ontelolaattoja käytetään pääasiassa rakennuksissa joissa tarvitaan pitkää jänneväliä. Niiden käyttökohteita ovat toimistorakennukset, sairaalat, koulut, ostoskeskukset, teollisuusrakennukset, omakotitalot, kerrostalot, varastot, parkkihallit sekä muut hyötyrakennukset ja erikoiskohteet kuten stadionit. Niistä voidaan valmistaa myös meluvalleja. Asuinrakennuksia rakennetaan ontelolaatoista kohtuullisten kustannusten ja nopean pystytyksen vuoksi. Pitkittäiset aukot poikkileikkauksessa johtavat betonimassan säästöihin noin 30–50 % verrattuna umpilaattaan. Lisäksi esijännitetyn teräksen määrä laskee noin 30 %.

Ontelolaattoja voidaan käyttää lattia-, katto- ja seinäelementteinä. Niitä voidaan käyttää myös kannatinpalkkeina tarvittaessa. Ontelolaatta voi olla osa kokonaista

elementtirakentamista tai sitä voidaan yhdistää myös muihin runkomateriaaleihin kuten teräkseen ja muuraukseen.

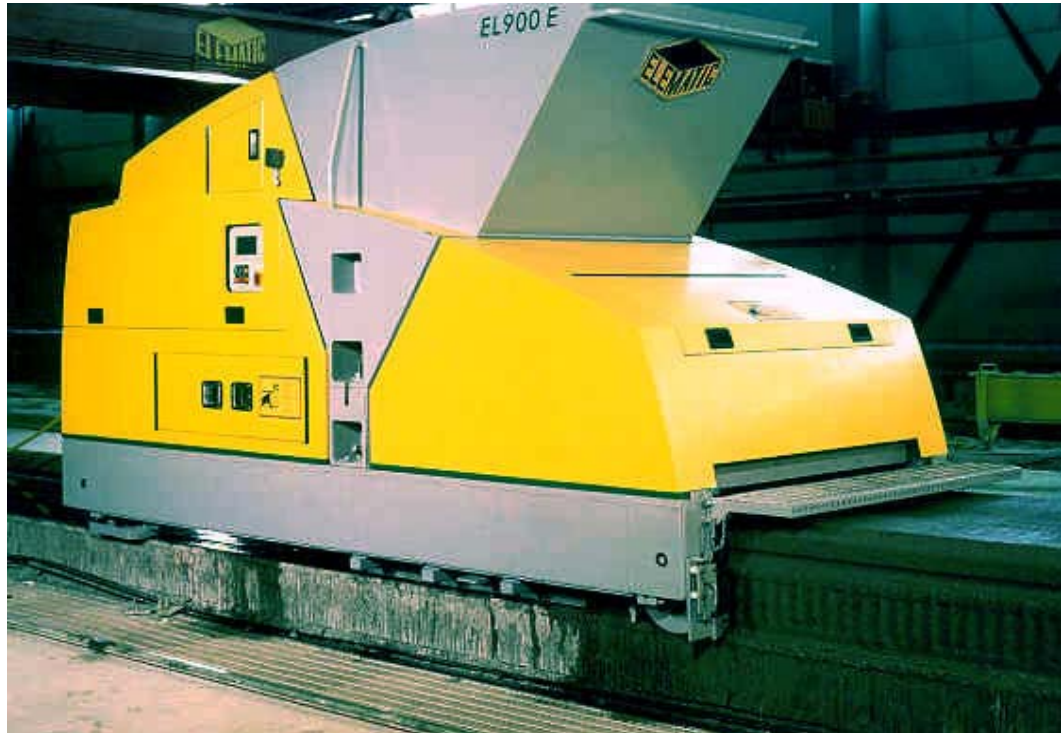


Kuviot 4 ja 5: Kuviossa 4 on ontelolaatasta valmistettu meluvalli Ylöjärvellä. Kuviossa 5 on ontelolaatasta valmistettua seinää.

4.2 ONTELOLAATAN VALMISTUS

Ontelolaattoja valmistetaan valamalla koneellisesti betonia teräksiselle valupetille. Valmistuksessa voidaan käyttää joko pursotus- tai liukuvalutekniikkaa. Pursotustekniikassa käytetään Extruder-valukonetta ja liukuvalutekniikalla valettaessa taas Slipformer-valukonetta. Laattojen paksuudet ovat pursotustekniikalla 160-500mm ja liukuvalutekniikalla 120 - 400mm. Liukuvalutekniikalla voidaan valaa myös muita tuotteita kuten onteloseinäpaneelia, T-palkkeja, umpilaattaa ja ripalaattaa.

Tehtaan laitteistosta riippuen betonimassan toimitukseen valukoneelle on useita tapoja. Kehittyneimmässä menetelmässä betoninkuljetussukkula tuo massan betoniasemalta välikuljettimelle, joka seuraa valukonetta valun ajan ja annostelee betonin valukoneen massasäiliöön.



Kuvio 6: Ontelolaatan valua pursotustekniikalla Extruder- valukoneella.

4.2.1 VALUPETIN VALMISTELU

Ontelolaattoja valetaan metallipetille, joka toimii ikään kuin valupöytänä. Valupetin reunoilla kulkevat metallikiskot, joita pitkin ontelolaattakoneet kulkevat. Petin pintalevyn alla kulkevat lämmitysputket. Valupetin lämmitykseen voidaan käyttää kuumaa vettä tai öljyä. Lämmitysjärjestelmän tarkoituksena on nopeuttaa laatan kuivumista ja näin nopeuttaa myös tuotantokiertoa.

Ennen valun aloittamista petin pinta puhdistetaan kaikesta liasta, joko käsin tai koneellisesti riippuen tehtaan laitteistosta. Elematic Oy valmistaa tähän tarkoitukseen Bedmaster- yleiskoneita, jotka on varustettu puhdistusharjalla, puhdistuskaavarilla ja öljyämislaitteella. Kun valupetin pinta on puhdistettu, seuraavaksi se öljytään muottiöljyllä. Ohuen öljykalvon tarkoitus on estää ontelolaatan tarttuminen valupetiin kiinni.

Seuraavaksi vedetään tarvittavat esijännitettävät punokset petille. Tämän jälkeen punokset esijännitetään vaadittuun kireyteen yksittäisellä vetolaitteella tai nippuvetolaitteella. Yksittäisellä vetolaitteella jokainen punos jännitetään yksitellen, ja nippuvetolaitteella jännitetään kaikki punokset yhdellä kertaa. Tämän jälkeen valupeti on valmiina valua varten.

4.2.2 ONTELOLAATAN VALAMINEN PURSOTUSTEKNIIKALLA

Seuraavassa kuvataan ontelolaatan valua pursotustekniikalla, joka on yleisemmin käytetty valmistustekniikka. Petin valmistelun jälkeen valukone nostetaan valupetille, paikoitetaan kiskoille ja ripustetaan punokset punosohjaimeen. Tämän jälkeen petille koneen eteen syötetään vettä, joka kulkee valukoneen edessä koko valamisen ajan. Betonimassa valuu massasäiliöstä syöttöruuveille, jotka pursottavat betonimassan saattoputkien ympärille. Valukoneen sivulaidat, tasoituspalkisto ja valupeti rajaavat laatan ulkomuodon. Pursotus sekä sivulaitojen ja saattoputkien edestakainen liike saavat aikaan betonimassan tiivistymisen. Tätä tiivistystä kutsutaan leikkaustiivistykseksi, joka syntyy vastakkaisiin suuntiin tapahtuvista liikkeistä. Laatan yläpinnan valmistele tasoituspalkiston edestakainen liike ja viimeistelee silotuslevy. Syöttöruuvien aiheuttama pursotusvoima työntää konetta eteenpäin valupetin kiskoja pitkin ja kone jättää jälkeensä tuoretta, kovettumatonta ontelolaattaa. Valukoneen muodostamaa laatan pintaa ei tarvitse erikseen viimeistellä.



Kuvio 7: Extruder-valukone valupetillä. Yllä välikuljetin, joka annostelee betonimassan valukoneeseen./7/

4.2.3 TOIMINTA VALUN JÄLKEEN

Heti valun jälkeen laataan merkataan katkaisukohtat, mahdolliset aukot ja upotukset joko plotterilla tai käsin merkkamalla. Mikäli ontelolaattaan tarvitaan aukkoja, esimerkiksi läpivientejä varten, tehdään ne heti valun jälkeen, joko käsin tai koneel-

lisesti. Tähän käyttöön Elematic Oy:n valikoimasta löytyy Slabmaster-kone. Tämän jälkeen laatta peitetään höyryä läpäisemättömällä kuormapeitteellä. Peitteen tarkoituksena on pitää lämpötila ontelolaatassa tasaisena ja saada näin aikaan tasainen kovettuminen kaikkialle laattaan. Laatan saavutettua tietyn kovuuden, eli laukaisulujuuden, vapautetaan jännitys punoksista katkaisemalla punokset kulmahiomakoneella valupetin päästä. Laukaisulujuus on 35 MN/m^2 C50 luokan betonilla ja 42 MN/m^2 C60 luokan betonilla.

4.2.4 LAATAN KATKAISU

Ontelolaatat katkaistaan siihen tarkoitukseen rakennetulla sahalla. Sillä voidaan myös katkaista erilaisia palkkeja ja pylviä, jotka on valettu valupetille. Sahattavat tuotteet sahataan valupetillä, koska saha on suunniteltu kulkemaan valupetin reunoilla kulkevilla kiskoilla, jotka pitävät sahan linjassa laattaan nähden.

Laatan kuivumisen jälkeen suoritetaan laatan katkaisu poikittaissahauksena. Petin mittainen ontelolaatta katkotaan halutun mittaisiksi laatoiksi valupetillä. Katkaisussa käytetään ontelolaatta sahaa. Saha voidaan käyttää myös pitkittäiseen sahaukseen laatan halkaisussa sekä vinosahaukseen haluttaessa muuta kuin kohtisuoraa sahausta.

Saha nostetaan ontelolaattapetille, kun laatta on kuivunut ja saavuttanut riittävän kovuuden. Saha kulkee valupetin reunakiskoja pitkin ja on siirrettävissä siinä olevan ajomoottorin avulla. Laatat leikataan merkatuista kohdista tai käytetään sahan mittaustarvikkeita, jos saha on sellaisella varustettu. Saha voi olla täysin manuaali, osittain manuaali tai täysin automaattinen saha; tämä riippuu käyttötarkoituksesta ja käytetyn sahan mallista.

Yleensä laatat sahataan poikki 90° :n kulmassa petiin nähden eli käytetään poikittaissahausta. Toisinaan laattojen päätyjä joudutaan sahamaan muuhunkin kuin 90° :n kulmaan. Tällöin puhutaan vinosahauksesta. Lisäksi on mahdollista käyttää sahaa pitkittäis- eli halkaisusahaukseen, kun valettua, normaalia 1200 mm leveää laattaa joudutaan kaventamaan. Kaikissa sahauksissa sahan terä kulkee pystysuorassa asennossa, eli terää ei voida kallistaa. Tämän jälkeen laatat voidaan nostaa pois petiltä ja aloittaa uuden valun valmistelu.

On myös mahdollista käyttää kiinteää sahausasemaa, jonne pitkät ontelolaatat nostetaan erikoisvalmisteisella nostopuomilla.

5 ONTELOLAATAN VALUKONEIDEN KULUMINEN

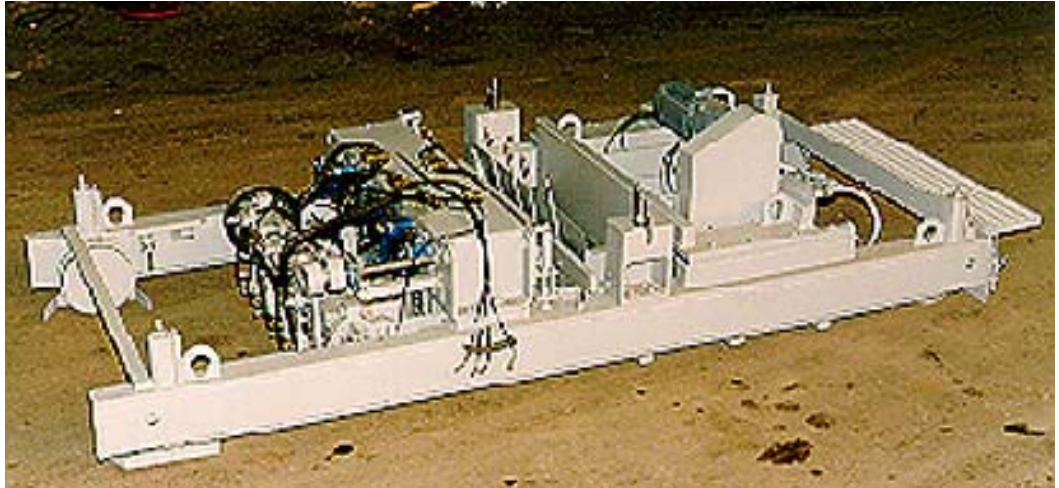
Ontelolaattateollisuuden keskeisempiä koneita ovat ontelolaatan valukone ja laattojen katkaisuun tarkoitettu saha. Valukoneita on kahta eri tyyppiä, jotka ovat Extruder-valukone ja Slipformer-valukone. Koneiden kulumisen tarkastelu keskittyy kuitenkin ainoastaan pursotustekniikkaa käyttävään Extruder-valukoneeseen. Se on ontelolaattateollisuudessa yleisemmin käytetty valukone.

Ontelolaatan valukoneet toimivat erittäin haasteellisissa olosuhteissa. Koneita toimitetaan globaalisti kaikkialle maailmaan, joten ne toimivat myös hyvin erilaisissa ilmastoissa.

Betonimassassa käytetyt raaka-aineet vaikuttavat merkittävästi koneiden kulumisosien kestoikään. Betonimassassa käytetyn aggregaatin kovuus vaihtelee eri puolilla maailmaa. Kulutusosien kulumiseen vaikuttavat siis kivilaadun kovuus ja myös sen geometrinen ulkomuoto. Kiviaines voi olla joko murskattua kiveä tai luonnonkiveä. Murskattu kiviaines on kuluttavampaa koneen kulutusosille juuri geometrisen muotonsa vuoksi. Sen muoto mahdollistaa taas lujemman sidoksen verrattuna luonnonkiveen. Rakeinen kiviaines toimii myös koneen syöttöruuvien puhdistajana. Se ikään kuin hiekkapuhaltaa syöttöruuveihin tarttuvaa hienoa betoniainesta ja näin myös samalla kuluttaa osia, jotka ovat sen kanssa tekemisissä. Myös betonimassan seostuksella on vaikutus massan virtaukseen valukoneessa ja sitä kautta koneen kulumiseen. Lisäksi kulumiseen vaikuttavat koneen nopeus, siihen tehdyt säädöt ja huollot.

5.1 EXTRUDER- VALUKONE

Extruder-valukone koostuu käyttöyksiköstä, suutinmoduulista ja massasäiliöstä. Betonimassan kulku Extruder-valukoneessa. (Liite 3.) Suutinmoduuli koostuu suutinlaitteesta, tasoituspalkistosta, laitakoonnasta ja punosohjaimesta. Erivahvuisia ontelolaattoja valmistetaan erikokoisilla suutinmoduuleilla.



Kuvio 8: Valukoneen suutinmoduuli./8/

Ontelolaatan alapinnan rajaa valupeti, koneen sivulaidat rajaavat laatan kyljet ja yläpinnan rajaajana toimii tasoituspalkisto, lisäksi on silityslevy joka viimeistelee laatan yläpinnan. Valukoneen syöttöruuvit pyörivät massasäiliön alla, josta ne siirtävät betonimassan saattoputkien eli ontelotuurnien ympärille. Näitä syöttöruuveja ja ontelotuurnia on koneessa neljä, viisi, kuusi tai kahdeksan kappaletta, riippuen siitä minkä kokoinen suutinmoduuli on kyseessä. Massa pakkautuu tiiviiksi laatan muotoon syöttöruuvien pursotuksen sekä sivulaitojen, ontelotuurnien ja tasoituspalkiston edestakaisen pitkittäisliikkeen johdosta. Massan pursotus myös työntää konetta eteenpäin valupetin kiskoilla.

Ontelotuurnien, sivulaitojen ja tasoituspalkiston edestakainen liike sekä ontelotuurnien keinuntaliike ovat välttämätön edellytys ontelolaatan valun onnistumiselle. Nämä liikkeet saadaan aikaan käyttöakselille asennetuilla epäkeskokoilkeilla. Epäkeskokoilke on valmistettu sorvaamalla ulkokehä eri keskiölle kuin sisäkehä. Tämä aiheuttaa ulkokehän vispaavan liikkeen, josta liike taas välitetään aiemmin mainituille koneen osille erilaisilla työntötangoilla. Nämä edestakaiset nykivät liikkeet aiheuttavat laakereiden, nivelten, holkkien, tappien, liitosten ja vaimentimien kulumisen. Kun näiden osien liitoskohdat kuluvat väljiksi, pienenee liike tai mahdollisesti lakkaa kokonaan. Nämä aiheuttavat valettuun laattaan virheitä tai koko laatan sortumisia. Lisäksi kulumisia osia ovat rullaketjut, ketjupyörät, laippalaakerit sekä ajopyörät ja niiden laakerit.

Näiden osien kulumisen voidaan ennustaa aika hyvin etukäteen. Kokemuksen kautta opitaan näkemään kyseisten osien kestävyys, ja niitä voidaan uusida etukäteen jo ennen rikkoutumista.

Lisäksi edellä mainittuja koneen osia saattavat vaurioittaa betonilietteen pääsy laakereiden sisään tai massan kovettuminen liikkuvien osien väliin huonon puhdistuksen jäljiltä. Myös voitelun katkeaminen voi aiheuttaa vaurioita. Näitä arvaamattomia vaurioitumisia ei pystytä ennakoimaan.

Valukoneissa on myös erilaisia sähkökomponentteja, moottoreita, kaapeleita, antureita. Lisäksi koneissa on logiikkaohjaus ja näyttöpääte. Näitä saattavat vaurioittaa vääränlainen käyttö tai veden joutuminen sähkölaitteisiin. Vioittuneet komponentit vaihdetaan tarvittaessa uusiin.

Kulutusosien kestoikään vaikuttavat useat tekijät. Näitä ovat betonimassassa käytettyjen raaka-aineiden ominaisuudet, koneen kunnossapito, koneen säädöt ja valettavan laatan tyyppi. Kulutusosien vaihtotarve havaitaan lähinnä päivittäisellä silmämääräisellä tarkastelulla. Viimeistään ne vaihdetaan kuitenkin siinä vaiheessa kun ontelolaatan laatu alkaa kärsiä.

Voidaan todeta esimerkiksi ontelotuurnan, sivulaitojen kulutuslevyjen tai tasoitus-palkiston kulutuslevyn kuluneen puhki. Syöttöruuvien kulumisen havaitaan silmämääräisesti tarkastamalla. Toinen tapa on valukoneen valunopeuden mittaaminen ja seuranta. Useissa tapauksissa valukoneen eteneminen hidastuu syöttöruuvien kulumisessa.

Kulutusosien kulumisen seurannalla opitaan tuntemaan niiden kestoikä tehdaskohteisesti. Näin voidaan ennustaa tarvittavat vaihtovälit ja suunnitella huoltoajankohdat. Lisäksi voidaan tilata kulutusosia varastoon valmiiksi.



Kuvio 9: Valukoneen uudenveroiset syöttöruuvit ja niiden perässä vasemmalla ontelotuurnat, jotka muodostavat laatan ontelot.

5.1.1 KULUMISEN VAIKUTUS KONEEN TOIMINTAAN

Kulutusosiin kuuluvat lähinnä ne osat, jotka kuluvat betonimassan kuluttavasta vaikutuksesta. Näitä ovat syöttöruuvit, ontelotuurnat eli saattoputket, sivulaitojen ja tasoituspalkiston kulutuslevyt, massakourut, punosohjaimet ja vaarnalistat. Nämä osat onkin valmistettu kulutusta kestävästä valuteräksestä. Suurin kulutusosien kulumisen tapahtuu tietyssä kohtaa valukonetta. Tämä tapahtuu syöttöruuvien loppupään kohdilla. Tällä samalla kohtaa kuluvat myös sivulaitojen ja tasoituspalkiston kulutuslevyt ensimmäisenä loppuun tai puhki. Niiden kulumisen johtuu betonimassan pursotuksesta aiheutuvasta paineesta valukoneen ja valupetin rajaamassa tilassa, jossa massan paine nousee suurimmaksi. Kulumisen aiheuttaa kovien kiviainepartikkeleiden kulkeminen vaihtelevalla nopeudella kulutusosien pintaa pitkin. Syöttöruuvien kierteen harjaksen kuluessa matalammaksi betonimassan hankaavasta vaikutuksesta pienenee myös syöttöruuvien kierroksella siirtämän massan määrä.

Ontelotuurnien kulumisen näkyy lähinnä betonimassan lisääntyneenä kulutuksena. Ontelotuurnat kuluvat poikkileikkauspinta-alaltaan pienemmäksi, tällöin myös laataan muodostuvat ontelot pienenevät. Siksi laatan valamiseen kuluu enemmän betonimassaa, ja tämä nostaa laatan valmistuskustannuksia. Lisäksi laatan paino neliötä kohti kasvaa.

Tasoituspalkiston kulutuslevyn kuluttua lopulta puhki pääsee betonimassa tunkeutumaan palkiston runkoon aiheuttaen sen kulumista ja myöhemmin jopa estää palkistoa liikkumasta. Sivulaitojen kulutuslevyjen kohdalla on vastaava tilanne. Kulutuslevyjen kuluttua loppuun alkaa niiden runko kulua. Näiden kulutuslevyjen kulumisen ei vaikuta betoninkulutukseen valettaessa, koska tasoituspalkistoa ja sivulaitoja säätämällä pidetään valettava laatta oikean mittaisena. Nämä kulutusosat vaihdetaan, kun havaitaan niiden olevan lopussa tai viimeistään kun ne kuluvat puhki.

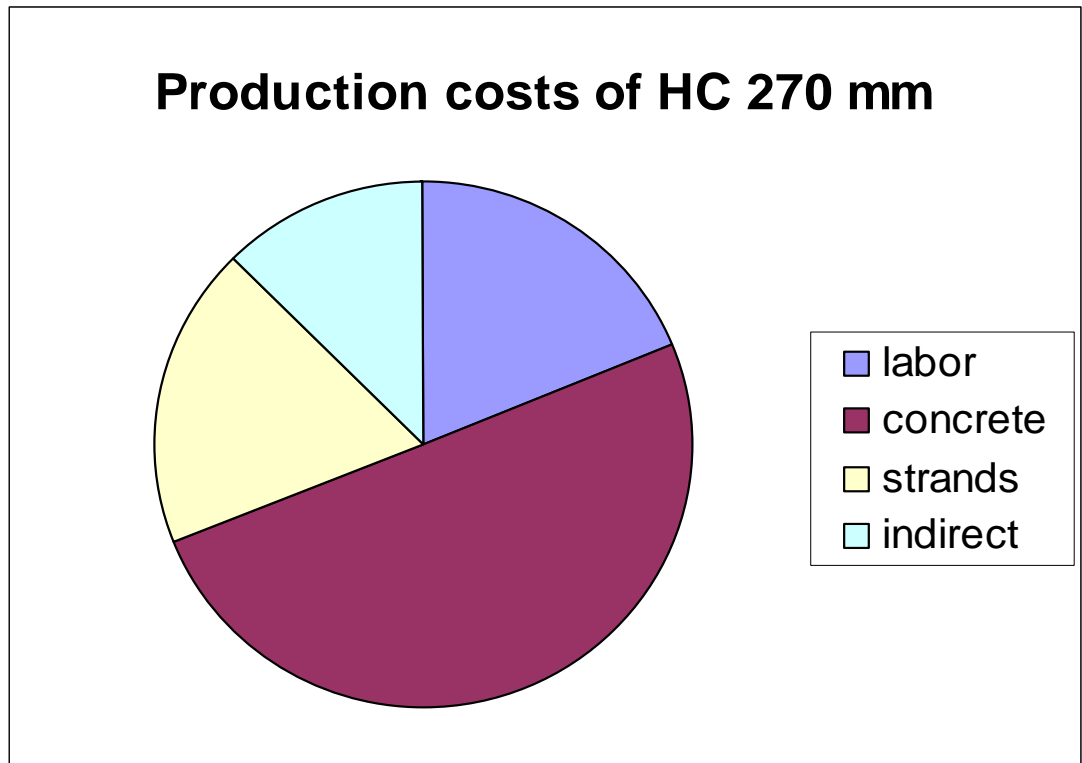
Tietyillä varaosien kulumisellakin on suuri vaikutus laatan valun onnistumiseen. Sivulaitojen työntötkojen liitosten ja epäkeskojen kulumisen väljäksi estää edestakaisen liikkeen siirtymisen sivulaitoihin. Tällöin kunnollista laatan reunaa ei muodostu, reunat sortuvat kokonaan. Tasoituspalkistossa liikkeen jäädessä pois samoista syistä, syntyy laatan pintaan repeämiä. Ontelotuurnien kulumisen pienentää onteloiden kokoa laatassa ja näin nostaa tarpeettomasti laatan painoa. Myös betonimassaa kuluu suurempi määrä, ja se nostaa valmistuskustannuksia.

5.1.2 ONTELOTUURNIEN KULUMINEN

Tarkastelin ontelotuurnien kulumisen vaikutusta betonimassan kulutukseen. Yllätyin, kuinka paljon betonimassan määrä lisääntyi jo pienellä ontelotuurnien kulumisella. Kulutusta toki selittää se, että ontelolaattaa valetaan yhdellä ontelotuurna sarjalla todella suuria neliömääriä. Tarkastelussa käytin hyväksi Elematic Oy:n asiakailta saamaa tietoa ontelotuurnasarjalla valettavista neliömääristä.

Alla olevasta kaaviosta on nähtävissä, että betonin osuus valmistuskustannuksista on noin puolet. Valmistuskustannuksia aiheuttavat lisäksi esijännitettävät punokset (keltainen alue), työvoimakustannukset (sininen alue) sekä epäsuorat kustannukset muun muassa energia ja kunnossapidon kustannukset. Ontelotuurnien kulumisen kustannusvaikutuksesta lisää kappaleessa 5.2.

Taulukko 2: Valmistuskustannusten muodostuminen 270 mm:n ontelolaatan tuotannossa. /9/



5.1.3 SYÖTTÖRUUVIEN KULUMINEN

Syöttöruuvien tehtävänä on siis työntää betonimassaa massasäiliöstä ontelotuurnien ympärille, jossa se sitten tiivistyy ontelolaatan muotoon. Syöttöruuvien loppupään kierre on kovimmalle kulutukselle alttiina, koska tässä kohtaa betonimassan pursotuksesta johtuen paine on korkeimmillaan. Tällöin myös suurin kuluminen tapahtuu sillä kohtaa. Kierteen kuluessa matalammaksi täytyy ruuvien pyöriä useammin työntääkseen saman määrän massaa kuin aiemmin. Näin valukoneen kulkema nopeus putoaa, koska syöttöruuvien työntövoima myös työntää konetta eteenpäin. Halutun tuotantomäärän valaminen vie tällöin enemmän aikaa ja aiheuttaa lisää kustannuksia.

Syöttöruuvien kuluminen vaikuttaa myös ontelolaatan laatuun. Loppuun kuluneet syöttöruuvit eivät pysty enää pursottamaan betonimassaa riittävästi, ja tällöin laatan kansi vajoaa onteloiden kohdalta. Myöskään kaikki koneessa olevat syöttöruuvit eivät kulu tasaisesti. Suurin kuluminen tapahtuu reunimmaisissa syöttöruuveissa, riippumatta siitä, montako syöttöruuvia koneessa on. Reunimmaisten syöttöruuvien kulumisen takia johtuen laatan reunat eivät tiivisty riittävästi ja tällöin laatan pinta painuu laidoistaan. Täysin loppuun kuluneet syöttöruuvit aiheuttavat jopa valetta-

van laatan reunojen sortumisen. Tämä johtuu siitä, että syöttöruuvien kierteen harja kuluu matalammaksi ja ruuvien kierroksella siirtämä betonimassan määrä pienenee.

5.1.4 MUIDEN KULUTUSOSIEN KULUMINEN

Valukoneen muita kulutusosia ovat lisäksi massakouru, tasoituspalkiston kulutuslevy, sivulaitojen kulutuslevyt, vaarnalistat ja punosohjaimet. Nämä kaikki osat on valmistettu kulutusta kestävästä erikoisteräksestä.

Massakouru sijaitsee syöttöruuvien alla ja se on painettu vasten syöttöruuveja. Se pitää betonimassan syöttöruuvien ulottuvilla ja edesauttaa paineen syntymistä syöttöruuvien työntäessä betonimassaa ontelotuurnille. Nopein kuluminen tapahtuu massakourun loppupäässä, sieltä se kuluu ensimmäiseksi puhki. Uusi massakouru joudutaan vaihtamaan, kun ei saada enää riittävästi painetta nostamaan betonimassaa laatan yläosaan. Kokemuksen kautta koneenkäyttäjä oppii näkemään, milloin massakouru on vaihdettava.



Kuvio 10: Uuden valukoneen massakouru kuvassa ylhäällä.



Kuvio 11: Täysin loppuun kulunut massakouru.

Tasoituspalkiston alapinnassa oleva kulutuslevy tasoittaa laatan yläpinnan palkiston edestakaisen liikkeen avulla. Tähän kulutuslevyyn kuluu lopulta kolot syöttöruuvien loppupään kohdalle. Näistä koloista betonimassa pääsee tunkeutumaan palkiston rungon ja kulutuslevyjen väliin. Tämä ei vaikuta laatan laatuun, koska betoni tukkii kolot. Kulutuslevy vaihdetaan kuitenkin viimeistään siinä vaiheessa, kun betonimassa alkaa kuluttaa tasoituspalkiston runkoa.

Sivulaitojen kulutuslevyjen kuluminen ei vaikuta laatan kokoon, koska sivulaitoja voidaan säätää. Mikäli laitoja ei säädetä, lisääntyy betonimassan kulutus myös sivulaitojen osalta. Näin niiden kuluminen ei myöskään vaikuta laatan laatuun. Kulutuslevyt laitoihin vaihdetaan, ennen kuin laitojen runko alkaa kulua betonin hankaavasta vaikutuksesta.

Vaarnalistan tarkoitus on tehdä ontelolaatan kylkiin noin kymmenen millimetriä syvä ura, joka on laattojen nostoja varten. Vaarnalistan kuluminen tapahtuu sen etupäässä, koneen etenemissuunnassa. Vaikka lista kuluu etupäästään, loppupää tekee laattaan edelleen tarvittavan vaarnauran. Vaarnalista on vaihdettava viimeistään siinä vaiheessa, kun lista on kulunut niin paljon, että se irtoaa kiinnityskohdastaan.

Punosohjainkoukkuja kuluttavat ainoastaan punokset ja ne eivät ole betonimassan kanssa tekemisessä. Niiden kulumisen on hankauskulumista, se aiheutuu koneen liikkeessä eteenpäin ja punosten pysyessä paikallaan. Punosohjainkoukut joudutaan vaihtamaan, kun ne ovat kuluneet niin paljon, että punosten asema laatassa ei täytä ontelolaatalle asetettuja vaatimuksia.

5.1.5 MUIDEN VARAOSIEN KULUMINEN

Suurin osa varaosien kulumisesta johtuu niin sanotusta tribologisesta ilmiöstä, jossa toisiinsa nähden liikkeessä olevat pinnat aiheuttavat materiaalin irtoamista kapaleiden pinnasta ja näin niiden dimensioiden muuttumista. Valukoneen varaosiin kuuluvat muun muassa kaikenlaiset laakerit, nivelet, epäkeskot, holkit, tapit, tiivisteet sekä kumivaimentimet. Nämä osat kuluvat koneessa tapahtuvien pyörimisliikkeiden, nivelten liikkumisen ja edestakaisten liikkeiden aiheuttamasta kuormituksesta. Valukoneessa on paljon jatkuvassa liikkeessä olevia osia. Kaikkien liikkeiden on toimittava moitteettomasti. Kuitenkin tiettyjen osien kulumisen vaikuttaa ratkaisevasti valettavan ontelolaatan laatuun.

Laatan kyljet muodostavien sivulaitojen sekä laatan ontelot muodostavien ontelotuurnien edestakainen pituusliike on erittäin tärkeää laatan tiivistymisen kannalta. Siksi liikkeet aiheuttavat epäkeskholkit täytyy vaihtaa ennen kuin niihin kulunut välitys estää liikkeen välittymisen ontelotuurnille ja sivulaidoille. Lisäksi sivulaitojen liikkeeseen ratkaisevasti vaikuttavat nivelet kuluvat käytössä, ja edestakainen liike pienenee. Nivelet on vaihdettava ennen kuin liike lakkaa kokonaan.

5.2 KULUMISEN KUSTANNUKSET

Valukoneen kulumisen aiheuttaa kustannusten kasvua. Suurimmat syyt kustannuksien kasvuun ovat lisääntynyt betonin kulutus ja valunopeuden hidastuminen. Lisääntynyt betonin kulutus on helposti laskettavissa ontelolaatan poikkileikkauksen pinta-alasta. Esimerkkinä on laskettuna kahdeksanonteloisen, 150 mm korkean ontelolaatan ontelotuurnien kulumisen vaikutusta betonin kulutukseen. Laskennassa on käytetty ontelotuurnien keskimääräistä elinikää, joka perustuu ontelotuurnasarjoilla valettuihin neliömääriin. Laskelma perustuu valettujen neliömäärien keskiarvoon; valetut määrät vaihtelevat eri tehtaiden välillä. Lisäksi on helppo laskea sivulaitojen kulumisesta aiheutuva lisääntynyt betonimassan kulutus, jos laitoja ei säädetä kulumisen mukaan.

Valunopeuden hidastuminen vaikuttaa suoraan päivän aikana valettujen neliöiden määrään. Otetaan esimerkiksi, että valunopeus on uusilla syöttöruuveilla 2,5 m/min, ja ne vaihdetaan kun valunopeus on pudonnut 0,5 m/min. Tällöin kuluneilla syöttöruuveilla yhden 120 metriä pitkän valupetin valamiseen kuluu 12 minuuttia

enemmän aikaa. Tehtailla valetaan keskimäärin viisi petiä päivässä, jolloin menetetään noin tunti tuotannosta. Näin siis voi jäädä yksi valupeti valamatta päivässä.

Seuraavasta taulukosta on helposti nähtävissä, kuinka paljon ylimääräistä betonimassaa tarvitaan laatan valamiseen, kun ontelotuurnat kuluvat. Ontelotuurnien kulumisen olen porrastanut niin, että poikkileikkaukseltaan pyöreän tuurnan säteen kulumisen on nähtävissä millimetrin välein. Tässä laskentamallissa ontelotuurnien kulumisen lisää betonimassan kulutusta noin 170 m³ niiden eliniän aikana. Esimerkiksi Suomessa betonikuution valmistuskustannukset ovat noin 50 – 55 €/m³, sisältäen kaikki valmistuskustannukset. Tällöin ontelotuurnien kulumisen lisää laatan valmistuskustannuksia noin 8500 €. Ontelotuurna sarja tälle laattakoolle maksaa 6400€ Näin voidaan tehdaskohtaisesti laskea kannattaako ontelotuurnat ajaa aivan loppuun vai vaihdetaanko ne jo huomattavasti aiemmin.

Seuraavassa esimerkissä moduuli 150/8 tarkoittaa 150 mm korkeaa laattaa, jossa onteloita on kahdeksan kappaletta. Ontelolaatan leveys on 1,2 metriä. Tällöin yhden neliömetrin valamiseen valukone kulkee noin 0,83 metrin matkan. Yleisemmin ontelolaattateollisuudessa tuotantomääristä puhuttaessa yksikkönä käytetään neliometriä.

Taulukko 3: Ontelotuurnien kuluminen vaikutus betonimassan kulutukseen.

Module 150/8	Sleeve type: L303095-C	Original cross section area m ²	0,0099	Cast 1m ² (1,2m x 0,83m)	
Sleeve set lifetime	22000 m ²		Age/8 period =	2750 m ² / 1mm wear	
Radius wearing mm	Area after wearing m ²	Increased area m ² /sleeve	Increased area m ² /cross section	Increased concrete amount m ³ /m ²	Increased concrete amount m ³ /wearing
0	0	0	0	0	0
-1	0,0095	0,0004	0,0028	0,0023	6,3910
-2	0,0092	0,0007	0,0055	0,0046	12,5994
-3	0,0088	0,0010	0,0082	0,0068	18,8078
-4	0,0085	0,0014	0,0109	0,0090	24,8336
-5	0,0082	0,0017	0,0134	0,0112	30,6768
-6	0,0079	0,0020	0,0160	0,0133	36,5200
-7	0,0075	0,0023	0,0185	0,0153	42,1806
Total increased concrete m ³ / sleeve set					<u>172,0092</u>

6 TUOTANTO JA KUNNOSSAPITO

Oikea-aikainen huolto ja ennakoiva kunnossapito ovat erittäin tärkeitä häiriöttömän tuotannon kannalta. Ennakoivaan kunnossapitoon kuuluvat kaikki ne toiminnot, joita tehdään laitteille, ilman että niissä tiedetään olevan vikaa. Koneiden huollon suunnittelu on tarpeellista liittää tuotantosuunnitelmaan. Koneiden huoltoja etukäteen suunniteltaessa otetaan huomioon tuotannon jatkuvuus. Optimi olisi huoltaa valukonetta silloin kun sitä ei tarvita tuotannossa. Yhden valukoneen tarvitsema huoltoaika on noin 10 - 30 tuntia tuhatta valettua neliötä kohti.

6.1 TUOTANNON HÄIRIÖTEKIJÄT

Erilaisia häiriötekijöitä ilmenee aika ajoin kaikkialla teollisuudessa haitaten näin tehokasta tuotantoa. Kaikki häiriöt eivät suinkaan pysäytä tuotantoa täysin, mutta

ne hidastavat sitä sekä aiheuttavat sekaannusta ja vaikuttavat valmistettavan tuotteen laatuun.

Ontelolaattateollisuudessa häiriöt johtuvat pääasiassa koneiden toimintahäiriöistä tai betonimassan laadun vaihteluista. Valukoneissa esiintyvät toimintahäiriöt johtuvat joko mekaanisista tai sähköisistä ongelmista. Mekaaniset häiriöt aiheutuvat koneen liikkuvien osien rikkoontumisesta tai kulumisesta. Toisinaan häiriöt saattavat johtua myös käyttäjän puutteellisista tiedoista ja taidoista käyttää konetta oikein.

Näitä häiriötekijöitä voidaan välttää ennakoivalla kunnossapidolla, oikeanlaisella koneen käytöllä ja huolellisella puhdistuksella. Tuotannon aikana seurataan valukoneen toimintaa, kulutus- ja varaosien kulumista, esiintyviä vikoja sekä huoltotarvetta. Tätä seurantaa suorittavat valukoneen käyttäjät normaalin toimintansa ohessa. Koneen käyttöhenkilöt oppivat kokemuksen kautta näkemään mitä muutoksia koneessa tapahtuu ja mitä koneelle tarvitsee tehdä. He välittävät tiedon huoltohenkilöstölle tai kunnossapidosta vastaavalle.

Ontelolaatan valukoneessa käytetty betonimassa voi aiheuttaa toimintahäiriöitä. Eri syistä betonimassa saattaa olla liian kuivaa, liian kosteaa tai liian liimamaista. Liian kostea betonimassa aiheuttaa laatan kannen painumista ja sivujen pullistumista. Liian kuiva massa taas ei pysy kasassa, ja laatta sortuu. Liimamainen betonimassa taas tarttuu valukoneeseen eikä virtaa valukoneessa tarkoitetulla tavalla.

Ongelmia voi myös syntyä betonimassan sekaan joutuneista liian suurista kiiviaineksen kappaleista. Tällainen yksittäinenkin kappale saattaa jumiuttaa valukoneen tai aiheuttaa jonkin koneen osan rikkoontumisen. Näin raaka-aineiden laadun tarkkailu on erittäin tärkeää valukoneiden toiminnan kannalta.

Valukoneen rikkoutuessa kesken valun se aiheuttaa tuotantokatkoksen. Noin 80 %:ssa tuotantokatkoksista ei ole mahdollista saada valukonetta toimimaan riittävän nopeasti. Tällöin menetetään loppu ontelolaattapetistä. Valmiiksi esijännitetyt punokset menevät hukkaan, jos valukonetta ei saada kuntoon pian. Rahallisten menetyksien lisäksi voidaan joutua maksamaan sakkoja, tai tehtaan maine voi kärsiä viivästymisistä.

6.2 KUNNOSSAPIDON HAASTEET

Betoniteollisuudessa käytettävät koneet joutuvat toimimaan erittäin haasteellisissa olosuhteissa. Ne ovat tekemisissä kuluttavan betonimassan kanssa. Tässä tapauksessa kulumisen on pääsääntöisesti hiovaa abraasiokulumista. Tämä kulumistyyppi johtuu terävien ja kovien partikkeleiden liukumisesta tai virtaamisesta metallipinnan yli vaihtelevalla nopeudella ja paineella, lastuten samalla materiaalia pienten

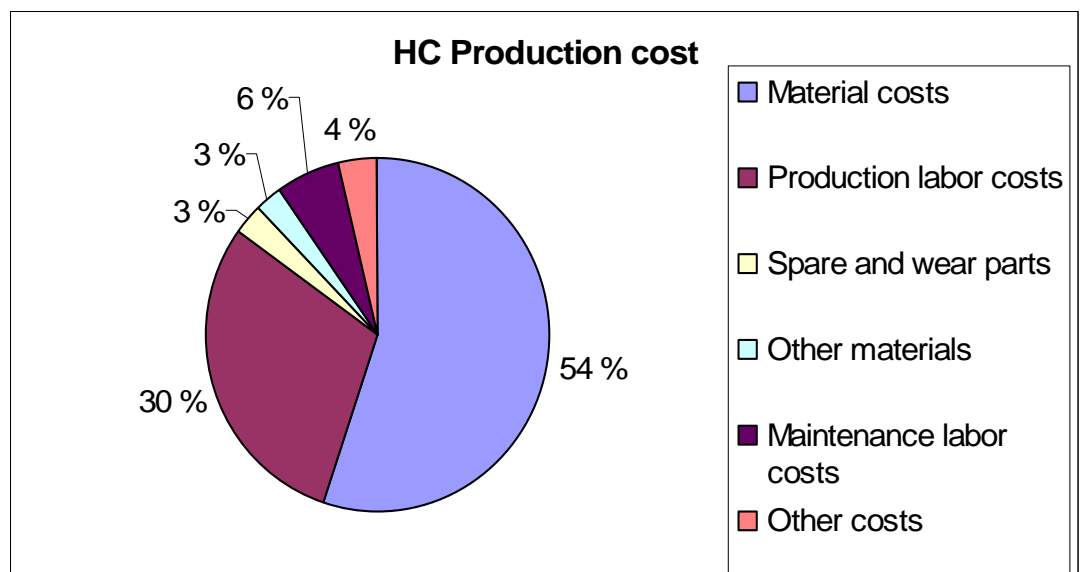
leikkausterien kaltaisesti. Mitä kovempia ja terävämpiä partikkelit ovat, sitä voimakkaampaa on massan kanssa vuorovaikutuksessa olevien osien kuluminen. Näitä osia kutsutaan kulutusosiksi. Kuluminen aiheuttaa näiden kappaleiden dimensioiden muuttumista./10

Myös valukoneille tehtävä pesu ja puhdistus saattaa aiheuttaa laitteisiin vikoja. Korkeapainepesulla pestäessä koneen laakerointiin tai sähkölaitteisiin saattaa päästä vettä. Näin laakerit rikkoontuvat ennen aikojaan tai jokin sähkölaite menee oikosulkuun. Nämä ongelmat syntyvät huolimattoman käytön seurauksena. Niitä ei voida ennakoida huoltosuunnitelmassa.

Siitä huolimatta, että huollon tarpeellisuus tiedostetaan, huoltoja ei aina kuitenkaan suoriteta laitteille. Yhtenä syynä voidaan pitää sitä, että ennakoivan huollon hyötyä ei ole laskettu. Jos ei ole näyttää selkeitä lukuja rahamääristä, joita ennakoivalla kunnossapidolla voidaan säästää, on vaikea saada asiasta päättäviä uskomaan sen tarpeellisuuteen. Usein pidetään turhana työnä korjata koneita, jotka eivät kerran ole vielä rikkoutuneet. Myös resurssien puute voi olla yksi syy huoltojen laiminlyöntiin. Koneiden kehittyessä vaaditaan yhä enemmän kouluttamista, huoltojen suunnittelua ja ennakointia.

Seuraavasta taulukosta on nähtävissä tuotantokustannusten jakautuminen valmistettaessa 370 mm korkeaa ontelolaattaa. Kunnossapidon työvoimakustannusten osuus ontelolaatan tuotantokustannuksista on noin kuusi prosenttia.

TAULUKKO 4. Ontelolaatan tuotantokustannusten jakautuminen./11/



6.3 KUNNOSSAPIDOLLA SAAVUTETTAVA HYÖTY

On vaikea laskea kaikkea kunnossapidolla saavutettua rahallista tuottoa. Rahassa laskettuna on vaikea osoittaa parantuneen toimintavarmuuden tuomaa markkinaosuuden kasvua. Selvästi kasvanut tuotanto ja parantuneen laadun vaikutukset pysytään laskemaan taloudellisilla laskelmilla. Tärkein kunnossapidolla saavutettu etu on tietenkin kokonaiskustannuksissa saavutetut kustannussäästöt. Ontelolaattojen valmistuksessa oikea-aikaisella valukoneen kulutusosien vaihdolla säästetään betonimassan kulutuksessa, ja sitä kautta myös päästöt ympäristöön vähenevät. Näin parannetaan myös koneen toimintavarmuutta.

Kunnossapitoon kuuluu olennaisesti myös kunnonvalvonta. Koneiden toimintaa seurataan jatkuvasti, tehdään tietyin väliajoin tarkistusmittauksia ja tarkastuksia. Saatuja mittaus- ja tarkastelutuloksia voidaan hyödyntää laadun vaihtelun pienentämiseen ja toiminnan kehittämiseen. Erityisen hyödyllistä olisi yhdenaikaistaa vara- ja kulutusosien vaihtoja. Näin tarvittavien huoltoseisokkien määrää saadaan vähennettyä ja valukoneet saadaan tehokkaampaan käyttöön.

7 KUNNOSSAPIDON TEHTÄVÄT JA HUOLTO-OHJELMA

7.1 KUNNOSSAPIDON TOIMINNOT

Ennakoiva kunnossapito voidaan jakaa kolmeen tekijään, jotka ovat käyttöseuranta, kunnonvalvonta ja jaksotetut huollot. Kunnossapito pitää sisällään hallinnollisia, taloudellisia ja teknisiä toimintoja.

7.1.1 KÄYTTÖSEURANTA

Käyttöseuranta on kunnossapitotoiminnan lähtökohta. Sitä suorittaa pääasiassa valukoneen käyttäjä normaalin toimintansa ohessa, mutta myös kunnossapidon henkilöt osallistuvat siihen. Se sisältää tarkkailua, hoitoa ja huoltoa. Koneen käyttäjä tarkkailee laitteessa tapahtuvia muutoksia silmiensä ja korviensa avulla ja tiedottaa niistä kunnossapidon henkilöstölle. Käyttöseuranta muodostaa perustan koko kunnossapitotoiminnalle.

Valukoneiden käyttöseuranta sisältää seuraavanlaisia toimenpiteitä:

- valukoneiden ja valupetien yleinen siistiminen
- pienet säädöt ja kunnostukset, kuten hihna- ja ketjuvälityksien tarkistus ja säätö
- laattakorkeuden mittaaminen
- kunnon seuranta, tarvittaessa havaintojen kirjaaminen
- yhteydenpito kunnossapidon kanssa.

Käyttöseuranta vaatii koko henkilökunnan panostusta, asennemuutoksen ja koulutusta./12/

7.1.2 KUNNONVALVONTA

Kunnonvalvonnassa kohteen toimintaa tarkkaillaan ja mitataan joko jatkuvasti tai määrääjain. Tavoitteena on alkavan vikaantumisen havaitseminen ja vian korjaaminen ennen kuin se estää kohteen halutun toiminnon toteutumisen.

Kunnonvalvonta on jatkuvaa toimintaa, jossa valukoneen tilaa seurataan erilaisten mittausten avulla. Mittaukset voivat olla jatkuvia tai tietyin välein suoritettavia. Toimenpiteet ovat laajempia kuin käyttöseurannassa.

Kunnonvalvontaan kuuluu ontelolaatan mittojen tarkastus. Seuranta suoritetaan mittaamalla laatan ulkomittoja, onteloiden halkaisijoita, onteloiden keskeisyyttä, punosten sijaintia sekä vaarauran syvyyttä ja sen sijaintia. Tarkastellaan silmämääräisesti ontelotuurnien, syöttöruuvien ja massakourun kuluneisuutta.

7.1.3 JAKSOTETUT HUOLLOT

Jaksotetut huollot muodostavat selvästi etukäteen ohjelmoidun, suunnitellun toimenpidekokonaisuuden. Huollot suoritetaan systemaattisesti. Huoltotoimenpide tehdään kohteen tilasta riippumatta. Esimerkiksi öljynvaihto on jaksotettua huoltoa, ja öljyt vaihdetaan vaikka kone toimiikin. Tarvitaan riittävä huolto-organisaatio, jotta huoltotyöt voidaan suorittaa sekä niiden tulokset ja toteutuminen voidaan todeta./12/

Huoltoihin kuuluu puhdistusta, tarkistuksia, mittauksia, testauksia, huoltotoimenpiteitä, korjauksia, vara- tai kulutusosien vaihtoa, voitelua ja suunnittelua.

Huoltojen jaksotuksen perusteena voidaan käyttää kalenteriaikaa, käyttöaikaa, käyttömääriä, käyttötilanteita tai kunnonvalvonnan tuloksia. Tässä tapauksessa valukoneiden huoltojen jaksotukseen on syytä käyttää koneella valettuja neliömääriä. Lisänä käytetään kunnonvalvonnasta saatuja tuloksia, koska esimerkiksi kulutusosien kulumisessa saattaa esiintyä suuriakin eroja./13/

7.2 KUNNONVALVONNAN JÄRJESTELMÄ

Kunnonvalvonnan järjestelmään määritellään ainakin seuraavat tekijät:

- Valitaan mitattavan kohteen tilaa parhaiten mittaavat tunnusuurat.
- Valituille tunnusuurille määritellään mittauksen suoritustaaajuudet sekä hälytysrajat.

- Luodaan mittausten suoritusjärjestelmä sekä tulosten tulkinta- ja taltiointijärjestelmä.
- Luodaan toteutusjärjestelmä mittaustulosten vaatimille päätöksille ja toimenpiteille.

Kunnonvalvonnan mittauksia suoritettaessa myös tulkitaan ovatko mitatut tulokset sallitulla alueella. Tuloksia verrataan aikaisempiin mittaustuloksiin ja nähdään mikä on mittaustulosten trendi./14/

7.3 KUNNONVALVONTA KULUTUSOSIEN KOHDALTA

Kulutusosat on valmistettu erikoisesta valuteräksestä. Niiden kulumiskestävyydelle ei voida määritellä tarkkaa kestoikää. Niiden kulumista seurataan kunnonvalvonalla ja käyttöseurannalla. Tehtaalle luodaan seurantajärjestelmä, jonne syötetään kaikki kulutusosat, tärkeimmät varaosat, suoritettavien mittausten jaksot, hälytysrajat ja valetut neliömäärät

7.3.1 SYÖTTÖRUUVIT

Syöttöruuvien kulumista seurataan pääasiassa silmämääräisesti. Suurin kuluminen tapahtuu syöttöruuvien kierteen viimeisessä harjaksessa. Harjaksen korkeus vaihtelee syöttöruuvien koon mukaan. Pienimmissä syöttöruuveissa sen korkeus on noin 10 mm ja isoimmissa noin 30 mm. Kun tämä harjas on kulunut pois, ei valukone enää tiivistä betonimassaa riittävästi tai valunopeus hidastuu.

Syöttöruuvien kulumista voidaan seurata kierteen harjaksen kulumisella. Vaihdon rajaksi voidaan asettaa vaikka 5 millimetrin harjankorkeus. Harjaksen korkeutta mitataan vaikkapa joka kymmenennen valetun petin jälkeen. Toinen vaihtoehto on mitata valukoneen nopeuden muutosta syöttöruuvien kuluessa. Hälytysrajaksi voidaan asettaa valunopeuden putoaminen esimerkiksi 0,5 m/min. Näille ei voida antaa yhtä arvoa hälytysrajaksi, koska esimerkiksi valunopeus vaihtelee eri tehtaiden välillä ja riippuu monesta tekijästä, kuten massan ominaisuuksista ja koneen säädöistä. Tämän vuoksi on tehdaskohtaisesti etsittävä parhaiten sopivat rajat ja päätettävä kumpaa seurantaa käytetään. Syöttöruuvisarjalla valaa karkeasti arvioiden noin 10000 – 70000 m² ontelolaattaa. Kulumisnopeus vaihtelee syöttöruuvien koon mukaan. Pisimpään kestävät keskikokoiset syöttöruuvit, joita käytetään 265 mm:n ja 320 mm:n ontelolaattojen valuun.

7.3.2 ONTELOTUURNAT

Myös ontelotuurnien eli tiivistysholkkien kulumista seurataan pääsääntöisesti silmämääräisesti. Niiden puhki kuluminen havaitaan silmämääräisesti, jos vaihtoa ei

ole tehty ajoissa. Kohdassa 5.2 on esimerkkinä laskelma, josta on nähtävissä, paljonko ontelotuurnien kulumisen lisää betonimassan kulumista. Tiivistysholkkien kuluessa laatan ontelot pienenevät, onteloiden halkaisijaa mittaamalla voidaan seurata ontelotuurnien kulumista. Voidaan määrittää ontelon halkaisijalle jokin tietty alaraja, jonka saavuttamisen jälkeen vaihdetaan ontelotuurnat. Ontelotuurnien kuluessa puhki on hälytysraja ylitetty.

Yhdellä ontelotuurna sarjalla saadaan valettua noin 15000 – 100000 m² ontelolaattaa. Näissäkin pisimpään kestävät 265 mm:n ja 320 mm:n laattojen valamiseen käytetyt ontelotuurnat.

7.3.3 SIVULAITOJEN JA TASOITUSPALKISTON KULUTUSLEVYT

Kulutuslevyt sivulaidoissa ja tasoituspalkistossa kuluvat epätasaisesti. Niiden suurin kulumisen tapahtuu sivulaitojen ja tasoituspalkiston keskivaiheilla. Tämä on se kohta valukoneesta, jossa kaikkien kulutusosien kulumisen nopeinta. Asiaa käsittelemme aiemmin kohdassa 5.1.1. Kulutuslevyjen uusiminen tapahtuu viimeistään siinä vaiheessa, kun ne ovat kuluneet puhki jostain kohtaa. Tällä pyritään välttämään lisävaurioiden syntyminen, eli sivulaitojen ja tasoituspalkiston rungon kulumisen. Myös kulutuslevyjen seuranta suoritetaan silmämääräisesti, koska niiden kulumisen mittaaminen on hankalaa juuri kulumisen epätasaisuuden vuoksi. Kulutuslevyjä vaihdettaessa kirjataan kunnonvalvontajärjestelmään niillä siihen asti valetut neliömäärät.

Sivulaitojen kulutuslevyt kestävätkä noin 30000 – 100000 m²:n valamisen. Myös näiden kulumiseen vaikuttaa valettavan ontelolaatan vahvuus. Tasoituspalkiston kulutuslevyjen kestoikä vaihtelee 20000 m²:stä jopa 150000 m²:iin. Tässä suuri vaihtelu johtuu kulutuslevyjen erilaisuudesta. Isoimpien laattojen valuun käytetään muotoiltuja kulutuslevyjä, ja pienempien laattojen valuun käytetyt kulutuslevyt ovat suorina.

7.3.4 MASSAKOURU

Massakourun kulumista seurataan silmämääräisesti valukoneen puhdistuksen yhteydessä. Massakourun kuluva osuus on valmistettu neljä millimetriä vahvasta kulumista kestävästä metallilevystä. Se vaihdetaan kun havaitaan puhki kulumista jossain kohtaa massakourua. Yhdellä massakourulla voidaan valaa noin 10000- 25000 m²:ä ontelolaattaa.

7.3.5 VAARNALISTA JA PUNOSOHJAIMET

Myös vaarnalistan kulumista seurataan silmämääräisesti. Se kuluu toisesta päästään, eli lista lyhenee kuluessaan. Koska vaarnalistan loppupää ei kulu kuten etu-

pää, tekee se ontelolaattaan vaadittavan vaarnauran. Lista on vaihdettava viimeistään siinä vaiheessa, kun se on kulunut niin paljon että yksi sen kolmesta kiinnitysrivistä on kulunut irti. Vaarnalistat joudutaan uusimaan noin 8000 – 15000 valetun neliön jälkeen.

Punosohjaimet kuluvat punosten liukuessa niiden läpi. Niiden tehtävänä on kannatella punoksia, ja näin niiden kulumisen tapahtuu ohjaimessa olevan kolon alaosaan. Punosten asemaa mitataan valmiista ontelolaatoista tietyin väliajoin. Mittausten jaksotus voi olla vaikkapa joka kymmenennen petin välein. Kulumisen seurauksena punosohjaimia on nostettava ylemmäksi, koska niiden aseman laatussa täytyy pysyä samana. Maakohtaisista määräyksistä riippuu, paljonko punosten vähimmäisetäisyyden täytyy olla ontelolaatan alapinnasta. Punosohjaimet vaihdetaan, kun niitä ei enää saada säädettyä oikeaan korkeuteen. Niillä voidaan valaa noin 12000 - 40000 m² ontelolaattaa, riippuen valettavan laatan korkeudesta.

7.3.6 TÄRKEIMMÄT VARAOSAT

Myös kriittisimmät varaosat kirjataan kunnossapidon seurantajärjestelmään. Näitä ovat käyttöakseli, sen laakerit ja tiivisteet, rullaketjut, ketjupyörät, muut laakerit ja tiivisteet, kiilahihnat ja hihnapyörät sekä epäkeskoholkit. Niitä vaihdettaessa kirjataan kunnossapidon seurantajärjestelmään niillä valetut neliömäärät. Niiden perusteella voidaan jatkossa ennustaa osien kestävyys ja suunnitella tarvittavien vaihtoseisokkien ajankohdat niin, että osat vaihdetaan jo ennen kuin ne on kulutettu loppuun.

Laakereiden, ketjuvälitysten, hihnavälitysten, holkkien, akseleiden, kumivaimentimien ja tiivisteiden kunnan tarkkailuun ei ole järkevää mittausten menetelmää. Niiden kulumista seurataan huoltojen yhteydessä silmämääräisesti ja kokeilemalla esimerkiksi, onko koneen osissa väljyyttä. Lisäksi valukoneen käytön aikana seurataan kuuntelemalla koneen toimintaa. Koneessa olevat laakerit vaihdetaan mahdollisimman pian siitä, kun niiden huomataan lämpenevän normaalia enemmän tai pitävän tavallisesta käyntiäänestä poikkeavaa ääntä. Epäkeskoholkit on vaihdettava kun huomataan, etteivät ne aiheuta enää riittävää edestakaista liikettä tarkoitettuun kohteeseen. Näiden liikkeiden toimivuutta seurataan jatkuvasti koneen käytön yhteydessä.

Lisäksi valukoneista on seurattava sähkömoottoreiden, sähkökaapeleiden, sähköpistokkeiden, induktiivisten lähestymiskytkinten, voiteluletkujen sekä voiteluainekajajien kuntoa säännöllisin väliajoin.

7.4 VALUKONEEN HUOLTO-OHJELMA

Valukoneiden käyttäjien, kunnossapito- ja huoltohenkilöiden on tutustuttava koneen käyttöohjeeseen, sen toimintaan sekä koneen rakenteeseen. Käyttöohjeesta löytyvät huolto-ohjeet sekä ohjeet valukoneelle tehtävistä tarkastuksista.

Liitteenä oleva seurantakortti on tarkoitettu valukoneen kulutus- ja varaosien kulumisen seurannan tueksi. Käyttöohjeessa mainitut huoltotoimenpiteet ja tarkastukset tehdään joka tapauksessa valukoneille. Seurantakortissa on lueteltu kulutus- ja varaosia, joiden kulumista tarkkaillaan tiettyjen valettujen neliömäärien jälkeen. Nämä määrät ovat ohjearvoja. Tarkkaa kulumista näille ei voida määrittää. Kuluminen nopeus riippuu koneiden huolloista, niiden säädöistä, puhdistuksesta, paikallisista olosuhteista sekä betonimassan ominaisuuksista.

Valettaessa ontelolaattaa valukoneilla kirjataan kullakin koneella valetut ontelolaattojen neliömäärät järjestelmään. Tämän vaiheen aikana, jonkin osan kuluessa loppuun, kirjataan seurantakorttiin kyseisellä osalla valettujen ontelolaattojen neliömäärät. Kerätään järjestelmään kolme kestoikää kyseisestä osasta. Näiden kolmen lukeman keskiarvon perusteella voidaan ennustaa kyseisen kulutus- tai varaosan keskimääräinen kestoikä. Tällöin pystytään ennakoimaan osien loppuun kulumisen ja osat voidaan vaihtaa etukäteen suunnitelluissa huoltoseisokeissa. Näin voidaan minimoida osien loppuun kulumisen tai rikkoantumisen aiheuttamat yllättävät tuotantokatkokset.

8 LOPPUPÄÄTELMÄT

Huoltojen ja korjauksien tarkoituksena on säilyttää koneiden toimintakyky. Toimintakyky muodostuu hyvästä laitesuunnittelusta, oikeanlaisesta koneen käytöstä, kunnossapidon suunnittelusta ja sen toteutuksesta. Kaikki tämä vaatii koulutusta

Tärkeintä olisi saada kunnossapidon tarpeellisuudesta päättävät henkilöt ymmärtämään kunnossapidolla saavutettava hyöty. Hyvin laadittu huolto-ohjelma kunnossapidon seurantajärjestelmineen auttaa saavuttamaan säästöjä tuotannossa. On huomattavasti edullisempaa vaihtaa huonokuntoinen kiilahihna tai rullaketju etukäteen valukoneeseen ennen sellaisen rikkoutumista. Näiden rikkoutuessa kesken valun menetetään tehokasta tuotantoaikaa, ja saatetaan menettää paljonkin raaka-aineita.

Tutkiessani koneiden kulumisen vaikutusta tuotantoon yllätyin, kuinka paljon ontelotuurnien pienikin kulumisen lisää betonimassan kulutusta tuurnien elinkaaren aikana. Tällöin ontelolaatan paino kasvaa tarpeettomasti ja aiheuttaa ylimääräisiä kustannuksia, kuten kohdan 5.2 tarkastelusta käy ilmi.

Jatkossa olisi mielenkiintoista tehdä laskelmia siitä, kuinka suuri rahallinen hyöty saavutetaan hallituilla huoltoseisokeilla. Vertailuna voitaisiin käyttää tapausta, jossa valukoneeseen vaihdetaan osia vasta niiden aiheuttamaa katkoksia tuotantoon.

Kehitettävää löytyisi myös muiden laitteiden huolto-ohjelmista. Lisäksi tietokonepohjaisen vara- ja kulutusosien seurantajärjestelmän luominen olisi tarpeellinen. Haasteita riittänee jatkossa työskenneltäessä tehtailla ja yritettäessä ohjata huoltohenkilöstöä tässä opinnäytetyössä esitettyyn suuntaan.

PAINAMATTOMAT LÄHTEET

- /1/ Elematic Oy Ab, 2007 Company profile.
- /2/ Consolis Technology 2008, Kurssilaisten materiaali, 2 Perusteet, 1 Concrete Materials, Concrete materials in Hollow-Core Slab production.
- /3/ Kankkunen Heikki, Lohja Parma Engineering LPE OY 1990, Betonin teknologiset vaatimukset 1.0 Yleistä
- /4/ Consolis Technology Oy Ab and Elematic Oy Ab 2007, Precast Academy, The desing, manufacture and use of Hollow-Core Slabs, 5 Principles of concrete material technology in Holow-Core Slab, Production 5.3 Mix desing
- /5/ Elematic Oy Ab 2008, Precast Academy, The desing, manufacture and use of Hollow-Core Slabs, 1 General, 1.1 Product types, 1.1.1 Cross-sections, Example cross sections of extruded hollow-core slabs, page 7.
- /6/ Elematic Oy Ab 2008, Precast Academy, The desing, manufacture and use of Hollow-Core Slabs, 1 General, 1.1 Product types, 1.1.1 Cross-sections, Example of strand placement, page 7.
- /8/ Elematic Oy Ab 2006, EL 900E Käyttö, turvallisuus ja huolto, 7.1, kuva 4: Suutinmoduuli.
- /9/ Käppi Aulis, Consolis Technology, 24.11.2005, Importance of concrete costs.
- /11/ Elematic Oy Ab 11/2005, Hollow-Core seminaari.

SÄHKÖISET LÄHTEET

- /7/ <http://media.digtator.fi/digtator/frameset/machinery.lines/extruder/extruder>
- /10/ http://www.esab.com/fi/fi/support/upload/Korjaushitsaus_kovahitsaus.pdf
- /12 http://www.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/perusteet_2-1_kunnossapidon_kasitteet_ja_maaritelmat.html
- /13 http://www.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/perusteet_2-3_kunnossapidon_toiminnot_ennen_vian_ilmenemista.html
- /14 http://www.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/perusteet_2-1_kunnossapidon_kasitteet_ja_maaritelmat.html

LIITTEET

- 1 Life time of wear and spare parts
- 2 Inspection record for EL900E Extruder
- 3 Extruder EL900E chart

LIFETIME OF WEAR AND SPARE PARTS					
Object	Check after casting m ²	I part cast m ²	II part cast m ²	III part cast m ²	Average of lasting part
Outermost feeding screws	10000				
Middle feeding screws	10000				
Shafts for feeding screws	80000				
Bearings for feeding screws	40000				
Shaft gaskets	40000				
Chain wheels of feed.screws	100000				
Roller chains of feed.screws	20000				
V-belts of feed.screws	25000				
V-belt pulleys	200000				
Following tube	15000				
Eccentrig of longitudinal movement	20000				
V-belt of movement	25000				
V-belt pulleys	200000				
Eccentrig of side swing	20000				
Side plates					
Wear plate, sides	30000				
Dowel bar	6000				
Rubber dambers	30000				
Eccentrigs	20000				
Joints	20000				
Levelling beam					
Wear plate	20000				
Chamfer strip	40000				
Eccentrigs	20000				
Shaft	50000				
Bearings	30000				
Joint	60000				
Gogged belt	40000				
Strand hooks	10000				
Mass guide	10000				

INSPECTION RECORD

EXTRUDER EL 900E

CUSTOMER:

POWER UNIT

IDENTIFICATION

Type:

Machine type plate:

INSPECTIONS

The objects to be checked for condition and operation

	OK	√	Remarks
Machine's general cleanliness and condition	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Emergency stop push buttons	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Safety equipments	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Function of doors and hatches	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Touch screen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Transport drive equipments			
Gear motor	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Fastening of drive motor	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Flange bearings of drive shaft	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Rotation of feeding screws			
Feeding screw motors			
	left	right	
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Belt pulleys	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Belt condition and tension	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

INSPECTION RECORD

Motor for longitudinal movement	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Cable drum	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Cable	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Control enclosure	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Cables and connectors	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Central lubrication	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lubricant amount (touch screen)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lubrication hoses and pipes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lubrication operation sensor	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lubrication distributor	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Water feeding unit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Water pump	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Pressure switch	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Flow meter	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Concrete level sensor (Automatic start and stop)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

NOZZLE MODULE

IDENTIFICATION

Type:

Machine data plate:

INSPECTION

The objects to be checked for condition and operation

General condition and cleanliness	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
-----------------------------------	--------------------------	--------------------------

INSPECTION RECORD

Page 3

Safety equipment	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Transpor drive equipments		
Roller chain and sprocket	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Rail gauge front (clearance +2/-0)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Rail gauge rear	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Condition of wheels	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fastening of wheels	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bearing of wheels	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Roller chains of feeding screw (Tension and lubrication)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sprockets of feeding screw	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Roller chains and sprockets of gear box (If gear box opened)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Flange bearings of gear box	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sideways swing		
Connecting rods (clearances)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bearings and eccentric of drive	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bearings of connecting rods	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bearings of rotating shaft	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Clearances of hollow core tube (0,1-0,4mm)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bearings of rotating shaft	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Side plate assembly		
Rocker bearings and joints	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Dampers	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Position of side plates	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

INSPECTION RECORD

Levelling beam assembly	
Bearings of connecting rod	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Dampers	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Cogged belt	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Fastening of motor	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Function of strand guide	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Hydraulic of strand guide lifting device	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

Objects to be checked for condition

Wearing parts:

Feeding screws middle	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Feeding screws sides	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Hollow-core sleeves	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Wear plate of levelling beam	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Wear plate of smoothing beam	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Wear plate of side formers	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Dowel bars	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Mass guide	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Strand guide hooks	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

Objects to be measured

Height of frame from casting bed (± 1 mm)	
Front right/left	<input type="text"/> <input type="text"/>
Rear right/left	<input type="text"/> <input type="text"/>

INSPECTION RECORD

Height of levelling beam wear plate from casting bed (+2/-0mm)	
Front right/left	<input type="text"/> <input type="text"/>
Rear right/left	<input type="text"/> <input type="text"/>
Distance of beam assembly front beam to mass plate (±2mm)	
Right/left	<input type="text"/> <input type="text"/>
Height of feeding screw centers to casting bed (±1mm)	
Right/left	<input type="text"/> <input type="text"/>
Distance of hollow core sleeve from side former (±2mm)	
Right/left (centered)	<input type="text"/> <input type="text"/>
Height position of wear plate of side former (±1mm)	
Front left/right	<input type="text"/> <input type="text"/>
Rear left/right	<input type="text"/> <input type="text"/>
Height of dowel bars from bed (±2mm)	
Front left/right	<input type="text"/> <input type="text"/>
Rear left/right	<input type="text"/> <input type="text"/>
Strand guide lower grooves center from bed (±1mm)	
Middle guides	<input type="text"/> <input type="text"/>
Side guides	<input type="text"/> <input type="text"/>
	Ok ✓
Vertical clearance of hollow core tube shaft	<input type="text"/> <input type="text"/>
Lifting hollow core sleeve end (max. 10mm)	
Longitudinal movement of hollow core tube	<input type="text"/> <input type="text"/>
(min. 5mm)	
Longitudinal movement of side former	<input type="text"/> <input type="text"/>
assembly (min. 5mm)	
Longitudinal movement of beam assembly	<input type="text"/> <input type="text"/>

INSPECTION RECORD

FUNCTIONS

	Ok	√
Rotating direction of feeding screws	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Concentricity of feeding screws/hollow core sleeves	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Longitudinal movement of hollow core sleeves	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sideways swing movement of hollow core sleeves	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Movement of levelling beam assembly	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Synchronizing of side formers	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Strand guide		
Lifting and lowering	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Turning open and close	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Concrete level sensor	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Inspector

Date

Remarks

