

# DE INGENIEUR.

139

Orgaan

VAN HET KON. INSTITUUT VAN INGENIEURS — VAN DE VEREENIGING VAN DELFTSCHE INGENIEURS.

Weekblad gewijd aan de techniek en de economie van Openbare Werken en Nijverheid.

Het Koninklijk Instituut van Ingenieurs en de Vereeniging van Delftsche Ingenieurs stellen zich in geenen deele verantwoordelijk voor de denkbeelden in de onderscheiden bijdragen ontwikkeld of toegelicht.

Commissie van Toezicht: W. F. LEMMANS c. i., oud-hoofdinspecteur-generaal van den Rijks-Waterstaat, te 's-Gravenhage, *president*; E. H. STIELTJES c. i., lid van den Raad van Toezicht op de Spoorwegdiensten, te 's-Gravenhage, *secretaris*; J. C. DIJXHOORN w. i., hoogleeraar in de Werktuigbouwkunde aan de Technische Hoogeschool, te Delft.

Verantwoordelijk Hoofdredacteur: R. A. VAN SANDICK c. i.

Prijs per Jaargang:	Verschijnt elken Zaterdag.	Prijs der Advertentiën:
<i>Franco per post.</i>		
Voor Nederland . . . . . f 10.—	Stukken en mededeelingen, boeken, brochures, enz. te richten aan den Hoofdredacteur: <i>Diligentia</i> , Lange Voorhout, te 's-Gravenhage, (Telefoon: 2170).	Per regel . . . . . f 0.25
Voor het Buitenland met vooruitbetaling . . . . . 15.—	Voor ABONNEMENTEN zich te wenden tot de ADMINISTRATIE van dit Blad, Paveljoensgracht No. 17 & 19 te 's-Gravenhage.	Groote letters naar plaatsruimte.
Men abonneert zich voor een jaargang (1 Jan.—31 Dec.).	ADVERTENTIËN in te zenden aan de ADMINISTRATIE van dit Blad, Paveljoensgracht No. 17 & 19, te 's-Gravenhage, F. J. BELINFANTE, voorheen A. D. SCHINKEL. (Telefoon 2036).	Abonnementen volgens afzonderlijke overeenkomst.
Over het bedrag der abonnementen in Nederland wordt halfjaarlijks door de Administratie beschikt.	Afzonderlijke Nummers worden — voor zoover de voorraad strekt — het eerst aan Abonnés geleverd.	Advertentiën van <i>Aanbestedingen</i> f 0.15 per regel
Afzonderlijke nummers: Binnenland, 50 cents; Buitenland, 60 cents. — Bewijsnummers: Binnenland, 25 cents; Buitenland, 35 cents.		Idem bij 2e en 3e plaatsing f 0.10 per regel.
		Bij abonnement op Advertentiën worden bewijsnummers gratis toegezonden.
		Over het bedrag der Abonnementen op advertentiën wordt driemaandelijks beschikt.
	's-Gravenhage, 13 Februari 1909.	

## INHOUD.

Officieel: Vereeniging van Delftsche Ingenieurs. — Kon. Inst. v. Ingenieurs, Afd. voor Werktuig- en Scheepsbouw: Stoomturbines met speciale vermelding der Zoelly-stoomturbine. Voordracht van J. STRUMPHLER (*met afbeeldingen*).

Redactioneel: Uitbreiding van het gemaal voor het Ambacht van West-Friesland genaamd «De Vier Noorderkoggen» te Medemblik, door J. C. VAN DOOREN (*met afbeeldingen*). — Een groot verdeelingsnet in het Zuiden van Frankrijk, door prof. C. FELDMANN (*met afbeelding*). — Ingezonden stukken: Iets over de beveiliging van kruiswissels op spoorwegemplacements, door J. E. VAN DER BURG. — Boekbespreking: Elektr. Zeitschr. afl. 5; Electr. World afl. 4. — Weerkundige Waarnemingen. — Rivierberichten. — Binnenlandsche berichten. — Officieele berichten. — Officieele berichten uit Indië. — Personalialia. — Open betrekkingen.

**Bij dit nummer behoort voor de leden van het Kon. Inst. van Ingenieurs: Bijblad No. 28: Notulen van de Twee en dertigste vergadering van de Afd. voor Werktuig- en Scheepsbouw.**

Dit nummer heeft 24 bladzijden.

## OFFICIEEL GEDEELTE.

### VEREENIGING VAN DELFTSCHE INGENIEURS.

Aan de leden, wier adres na de laatste contributie-betaling is veranderd zonder dat zulks bij het Bestuur bekend mag worden geacht, wordt dringend verzocht daarvan vóór 1 Maart a. s. aan ondergeteekende kennis te geven. De leden in Ned.-Indië gelieven dergelijke opgave vóór 15 Mei a. s. te zenden aan den correspondent den heer B. M. BLIJDENSTEIN te Weltevreden.

Delft, 1 Februari 1909.

De Penningmeester  
J. NELEMANS.

## KONINKLIJK INSTITUUT VAN INGENIEURS.

### AFDEELING VOOR WERKTUIG- EN SCHEEPSBOUW.

#### Stoomturbines met speciale vermelding der Zoelly-stoomturbine.

Voordracht, gehouden in de vereenigde vergadering der afdelingen voor Werktuig- en Scheepsbouw en voor Electrotechniek van het Kon. Instituut van Ingenieurs en de Mijnbouwkundige Vereeniging, op 25 Sept. 1908 gehouden in het hotel Dirix te Heerlen,

DOOR HET LID

J. STRUMPHLER.

(Met afbeeldingen.)

Met het oog op het bezoek aan de centrale der Staatsmijn „Wilhelmina”, waar de eerste in Nederland vervaardigde stoomturbines zijn opgesteld, ben ik gevraagd een woord van inleiding te geven. Ik zal daarbij niet in een breede uitlegging vervallen, want dit zou hier ter plaatse geen doel hebben. Degenen, die n.l. verder op het onderwerp willen ingaan, hebben daarvoor zulke uitmuntende werken als van Prof. STODOLA uit Zürich en anderen, dat ik daar niets aan toe te voegen heb. Voor anderen, die dit doel niet voor oogen hebben, zou een eenigszins dieper gaande uiteenzetting, vooral op thermodynamischen grondslag, vervelend zijn.

In het kort zullen dus, alvorens tot de ZOELLY-turbines te komen eerst de hoofdtypen van turbines geschetst worden.

Aangezien alle lezingen en opstellen over stoomturbines met HÉRO van Alexandrië beginnen, die in de jaren vóór Christus al met turbines begon, zal ik dien hier maar laten rusten en daarmee ook de dan verder opgesomde reeksen van al of niet uitgevoerde patenten of verdere voorstellen. De groote stoot tot de vervaardiging der turbines is van het gebied der electrotechniek gekomen. Daar was behoefte aan een stoomwerktuig met een behoorlijk aantal omwentelingen, waardoor de uitmuntende eigenschappen van de dynamo's beter tot haar recht kunnen komen, en zij zijn verschenen, ofschoon nog niet geheel voldoende aan de zoo enorme eischen van den electrotechnicus. De toepassing van de stoomturbines met hoog aantal omwentelingen komt alleen voor in samenwer-

ZOELLY-STOOMTURBINE.

Doorsnede.

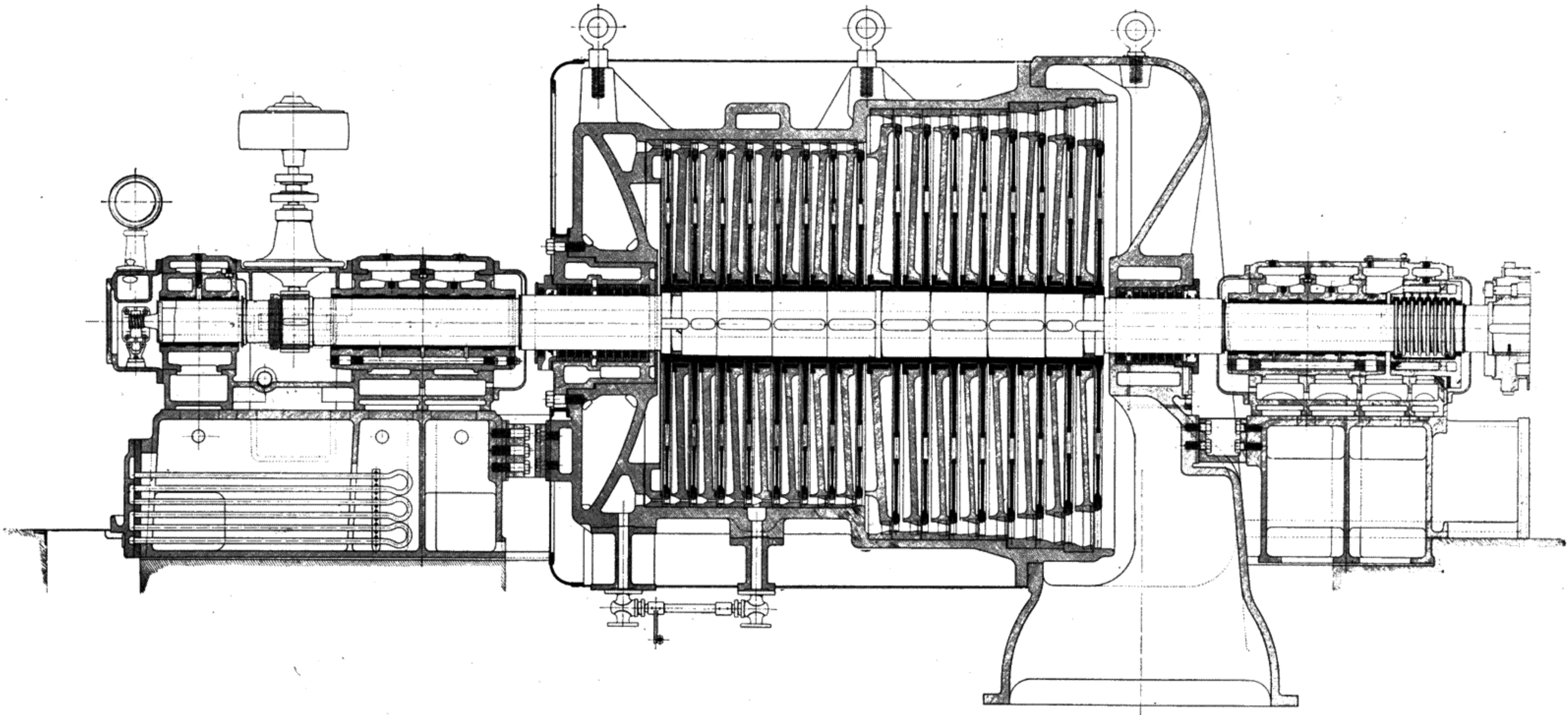


Fig. 1.

king met de electrotechniek, enkele uitzonderingen niet te na gesproken, zooals voor h et aandrijven van zeer enkele transmissies-turbo-pompen en turbo-ventilatoren. Voor schepen moeten de turbines zeer langzaam loopen om aan de eischen van de schroeven tegemoet te komen. Deze soort zullen we hier buiten beschouwing laten.

In tegenstelling van de stoommachine waar de druk van den stoom gebruikt wordt, hebben we bij de turbine te maken met het gebruik van de stroomingsenergie. Deze wordt toegepast door de twee hoofdelementen in de turbines, n.l.: de vaststaande stoomtoevoer- of leiapparaten en de roterende trommels of schijven, waarin de stoom zijn arbeid afgeeft.

De stoomturbines worden naar haar werkwijze verdeeld in druk- en overdrukturbines. De drukturbines werken zoodanig, dat de expansie en daarmee de versnelling van den stoom alleen plaats vindt in de vaststaande toevoerapparaten, genaamd straalpijpen of leiwielen. De stoomdruk voor en achter de loopschoepen blijft dan dezelfde.

Bij de overdrukturbine werken niet alleen de leischoepen doch ook de loopschoepen als expansiekanalen.

Bij de *drukturbine* is de druk voor en achter de loopschoepen dezelfde; er bestaat dus geen gevaar voor lekkageverliezen langs de schoepen. De speelruimte aan den omtrek der loopschoepen kan dus voldoende groot gemaakt worden en waarborgt een volkomen bedrijfszekerheid.

Bij de *overdrukturbine* moet de stoom nog in de loopschoepen expandeeren. De druk v or en achter de loopschoepen is daar verschillend. De stoom heeft neiging langs de loopschoepen te stroomen, waardoor een gedeelte zonder arbeid te verrichten verloren zou gaan. Om deze lekkageverliezen minimaal te houden, wordt de speling zoo klein mogelijk gemaakt, waardoor het gevaar der beruchte „Schaufelsalat”, het stukslaan der schoepen door aanraking met de wanden der turbine, kan ontstaan. Hier staan dus economie en bedrijfszekerheid lijnrecht tegenover elkaar.

*Drukturbines.* (Zie fig. 2.) Bij de beschouwing der verschillende turbine-typen merken we het eerst op de LAVAL-turbine in haar ouden vorm met  en wiel. In de straalpijpen wordt tot op den condensordruk geëxpandeerd waarbij een stoomsnelheid van c.a. 1200 M. verkregen wordt. Bij een 300 P.K. machine eischt dit een omtreksnelheid der schoepkrans van 425 M.; de rad-diameter is dan c.a. 765 m.M. Het aantal omwentelingen bedraagt c.a. 10.000. Deze abnormaal hooge cijfers wijzen er

op dat we hier met een constructie te doen hebben die verandering behoeft. Men kan nu ook, zooals dat in de RIEDLER-STUMPF-turbine tot uitvoering kwam, een groote schijf nemen en die weinig omwentelingen laten maken.

Dit systeem is echter niet economisch, daar de geheele radkrans slechts ten deele met straalpijpen bezet is.

DRUKTURBINE MET  EN EXPANSIETRAP.

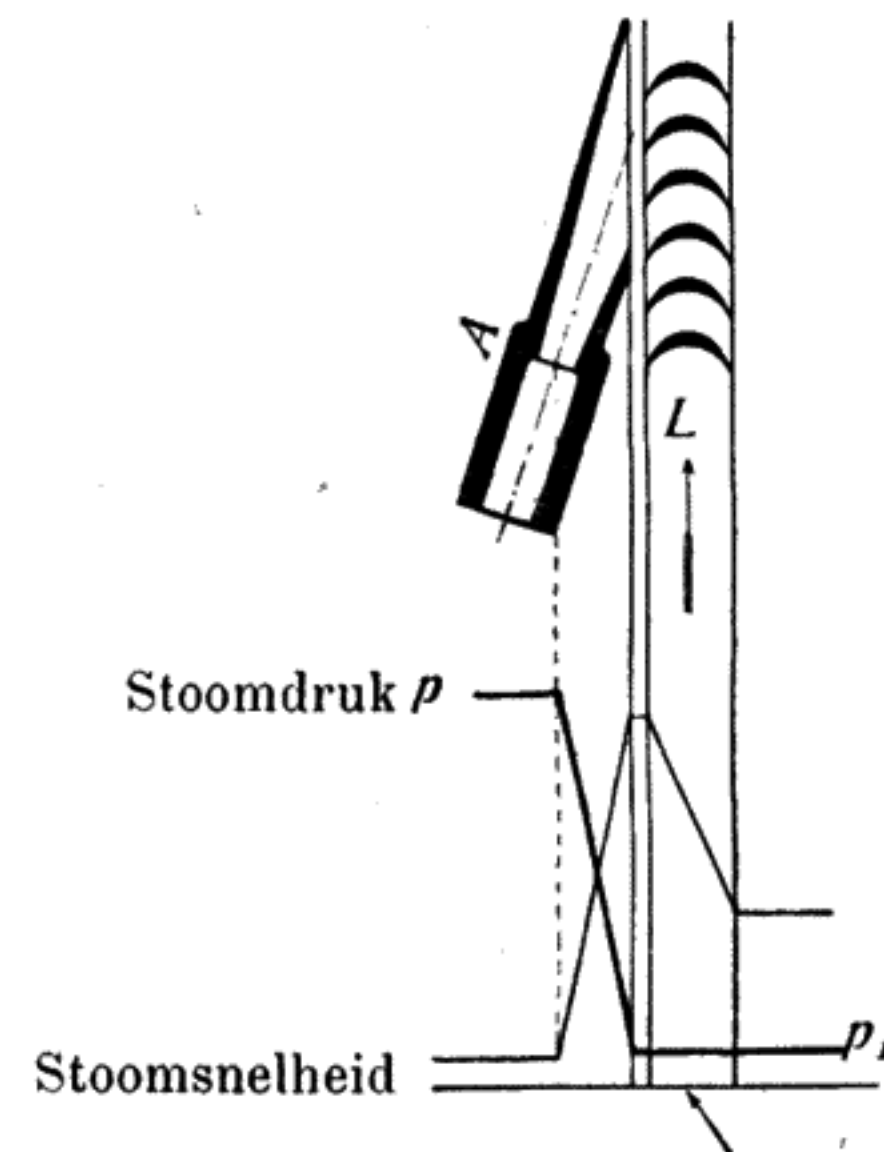


Fig. 2.

Daardoor krijgt men groote verliezen door ventilatiearbeid. Een klein deel der loopschoepen wordt toch maar door den stoomstraal gevuld, terwijl de andere leeg meelopen en een sterke ventilatiewerking veroorzaken. Een ander gevaar deed zich bij deze turbine voor, n.l. dat de ongelijke verwarming oorzaak is dat zich aan den omtrek scheurtjes vertoonen. Deze omtrek toch wordt zeer heet door den stoomstraal, terwijl de rest van het wiel op condensor-temperatuur is. Uit deze constructie is gebleken dat 400 M. een betrouwbare omtreksnelheid is waar men met de tegenwoordige materialen niet boven moet gaan. Om nu het aantal omwentelingen geschikt te maken om direct aan te drijven, verdeelt men de werking van den stoom over meerdere wielen. Dit kan in de eerste plaats verkregen worden door de verdeling van den warmteval telkens over een lei- en loopwiel.

We komen dan eerst aan de drukturbines met meerdere expansietrappen elk met een snelheidstrap, waarvan de ZOELLY- en RATEAU-turbines het voorbeeld zijn. Op elk lei- of expansie-apparaat volgt hier een loopwiel, waarin de stroomingsenergie van die eene expansie geheel wordt gebruikt. Op dit loopwiel

Drukturbine met meerdere expansietrappen elk met één snelheidstrap.

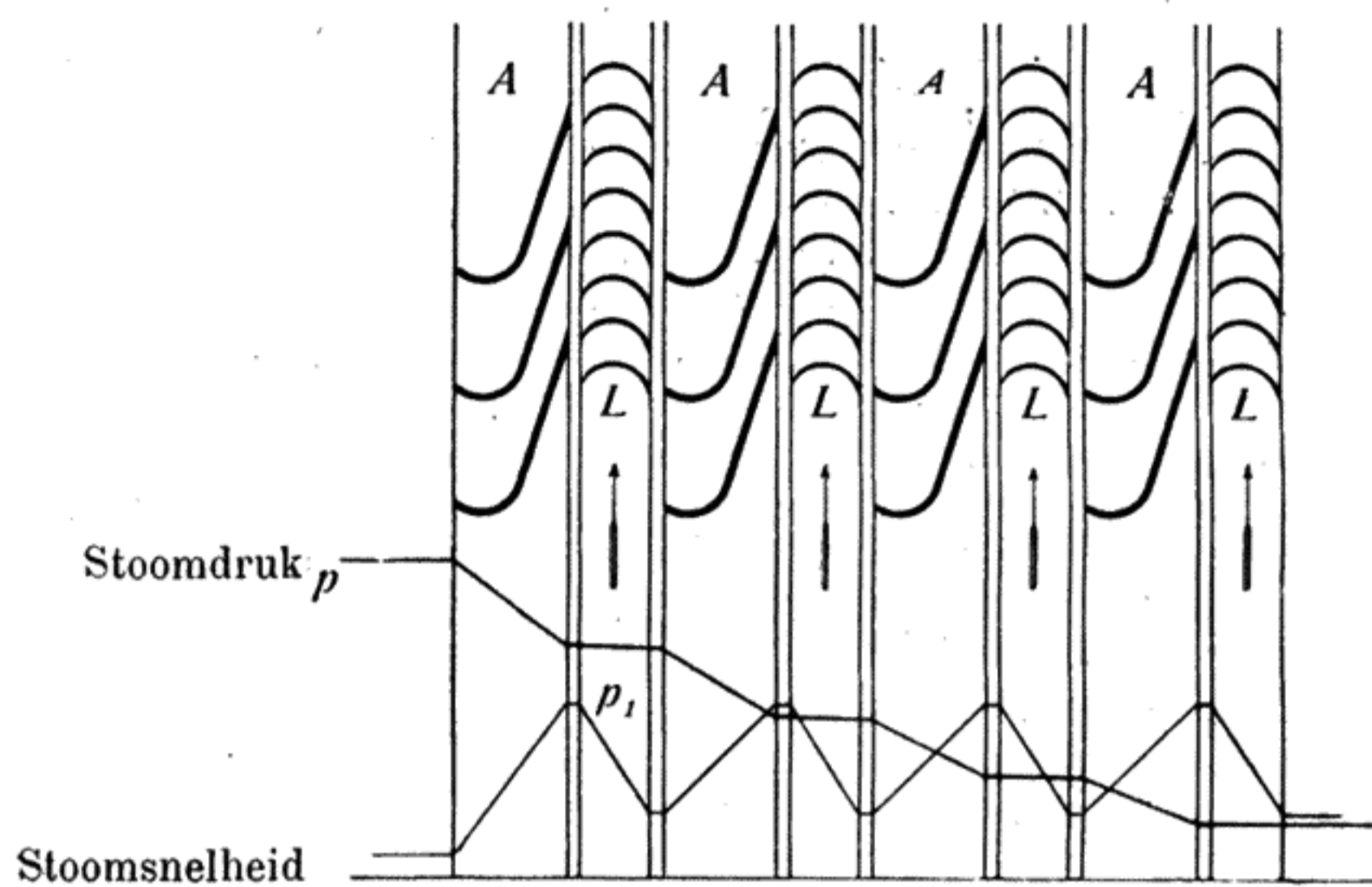


Fig. 3.

volgt een dergelijk lei- en loopwiel, waarin hetzelfde gebeurt. Het leiwiel moet nu zoodanig geconstrueerd zijn dat de stoomsnelheid weer even groot is als zij in het eerste was. Ditzelfde spel wordt zooveel malen herhaald als men expansietrappen heeft.

We hebben hier slechts met kleine stoomsnelheden te doen, n.l. ca. 300 M., daardoor kan met een omtreksnelheid der wielen van ca. 120 M. volstaan worden. Door deze constructie is dus een middel gegeven om bij gelijken diameter der loopschijven een kleiner aantal omwentelingen te maken dan bij LAVAL en wel van 1000—3000 omwentelingen varierende voor grootere tot kleinere types.

Drukturbine met één expansietrap en meerdere snelheidstrappen.

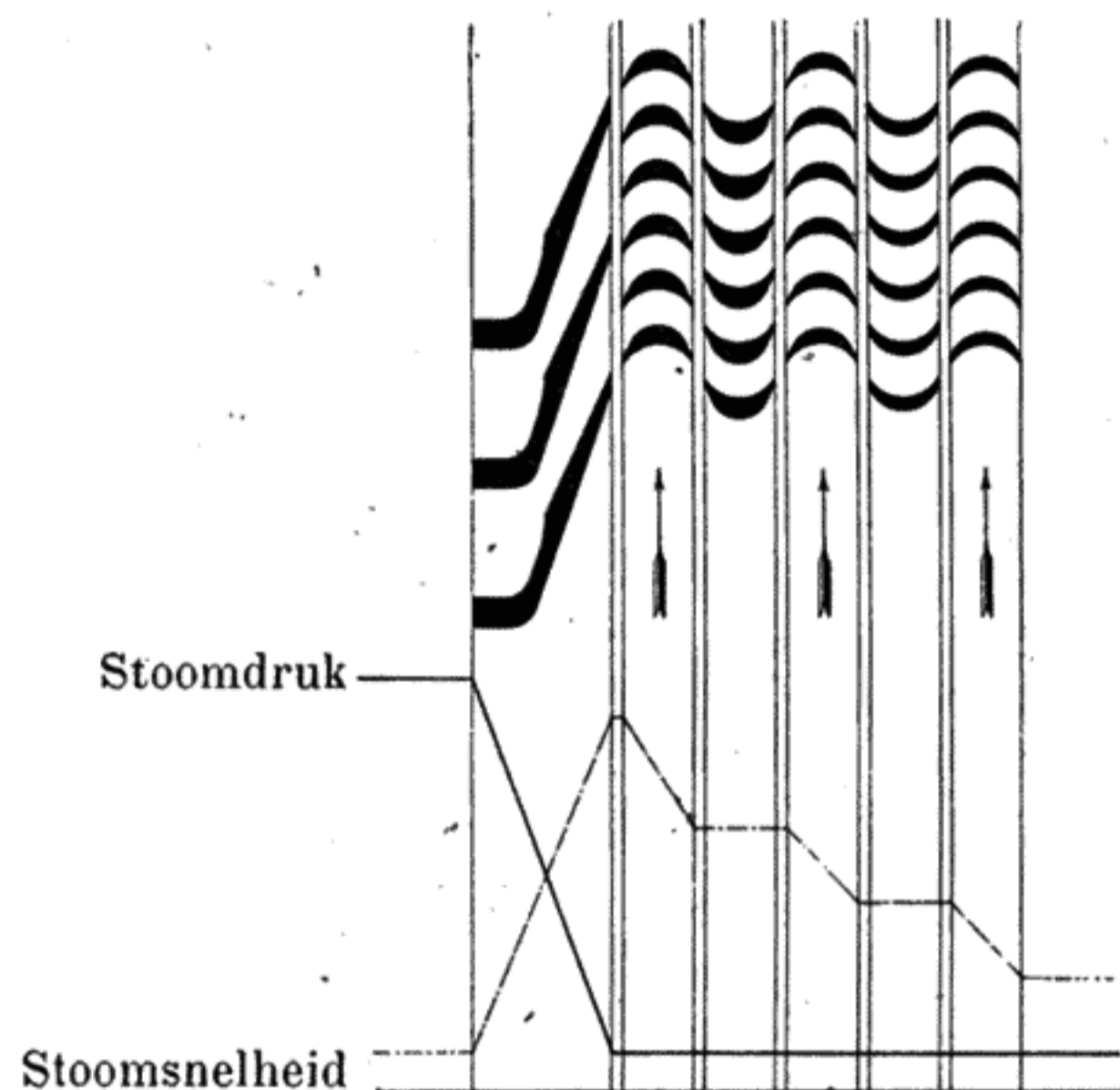


Fig. 4.

De druktribune met diverse expansietrappen elk met meerdere snelheidstrappen wordt vertegenwoordigd door de CURTIS- en A. E. G.-turbines.

Daarbij volgen echter op een leiwiel niet één, maar meestal 2 loopwielen. Tusschen de 2 loopkranzen komt een krans leischoppen, die de stoomstraal weer in de gewenschte richting brengt. In de kamer waarin de beide loopkranzen bewegen heerscht overal dezelfde druk. Hier gebruikt men dus de door drukverschil verkregen stoomsnelheid in 2 loopwielen. Bij dit type treden groote stoomsnelheden op, welke verkregen worden in straalpijpen die divergent moeten zijn om thermodynamische redenen, waarop ik hier niet verder zal ingaan. Bij de gewone drukturbine kan men daarentegen convergente kanalen gebruiken, die gevormd worden door de schoepen in de leiwielen. De stoomstraal valt direct met vorengenoemde groote snelheid op de eerste krans loopschoepen. Hierdoor worden aan het materiaal zeer hoge eischen gesteld. Bij eenzelfde materiaal toch is de levensduur omgekeerd evenredig aan het kwadraat van de stoomsnelheid. Door de achtereenvolgende sterke snelheidsverminderingen moeten de doorstroomopeningen der schoepen snel toenemen.

Men loopt nu gevaar, dat de stoomstraal de sterk divergerende begrensvlakken niet volgt, waardoor het nuttig effect zal verminderen. Met deze korte uiteenzetting afstapende van de drukturbines wil ik nog een enkel woord over de overdrukturbines zeggen.

Overdruk-(reactie)turbine.

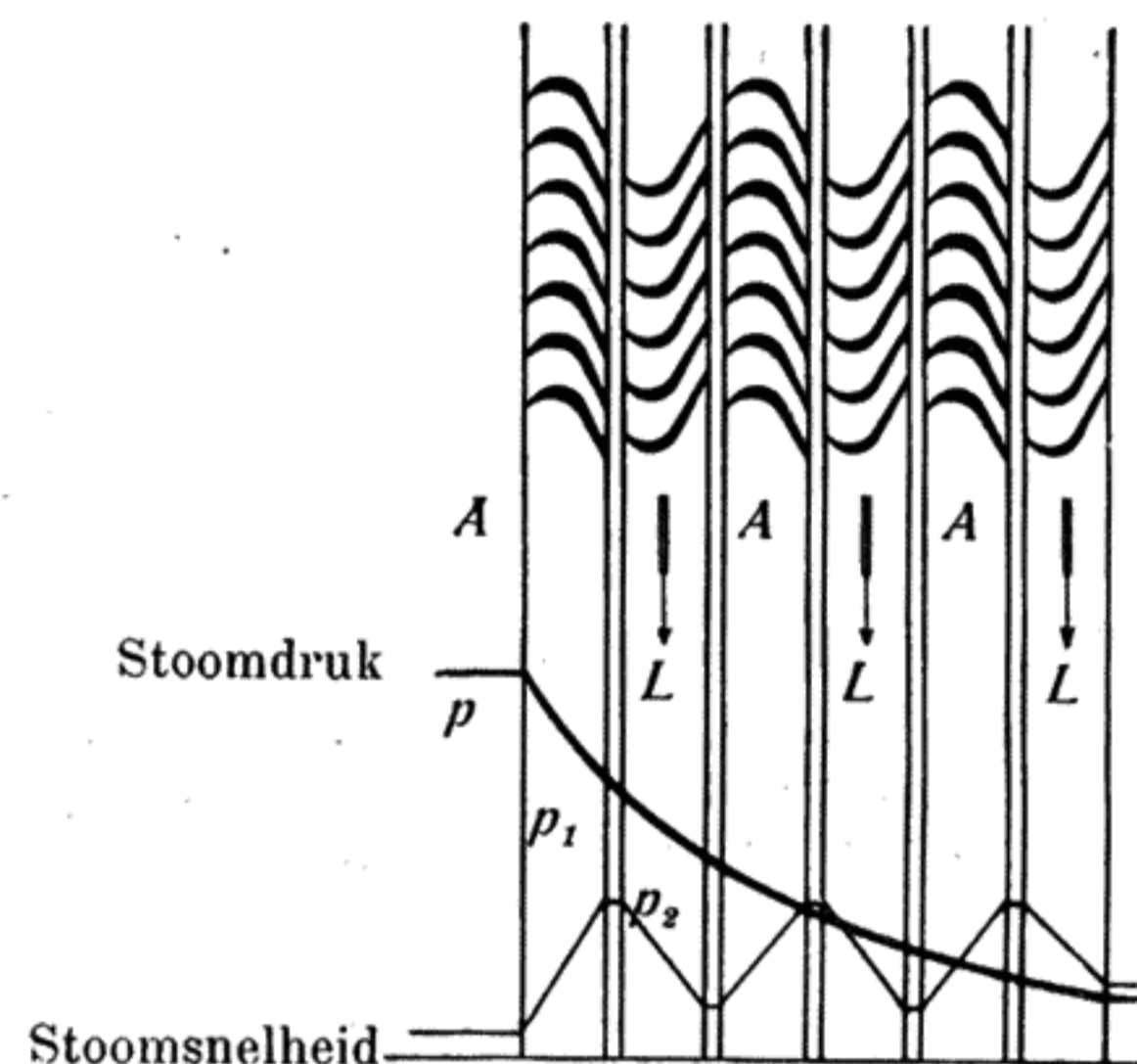


Fig. 5.

Bij de overdrukturbine, waarvan de PARSONS-turbine het uitgevoerde type voorstelt, expandeert de stoom gedeeltelijk in de leischoppen en verder in de loopschoepen. 't Nadeel, dat de radiale speelruimten van de loopschoepen aanzienlijke lekkageverliezen beteekenen, heeft bij dit turbine-systeem den onafwijsbaren eisch op den voorgrond gesteld, dat het drukverschil vóór en achter de loopschoepen slechts zeer gering mag zijn. De expansie moet dus trapsgewijze geschieden en er is een zeer groote serie van leischoppen noodig elk met een stel loopschoepen achter zich.

De reactieturbine laat niet toe, dat slechts een gedeelte van de loopschoepen stoom ontvangt uit de leischoppen. Onmiddellijk zou de stoom, die uit de leischoppen stroomt, ten gevolge van het drukverschil vóór en achter de loopschoepen naar weerszijden uitwijken en de open ruimten der loopkranzen vullen. We hebben bij deze turbine om deze en andere redenen, die ik hier niet kan behandelen, een zeer groot aantal expansietrappen met kleine stoomsnelheden. Deze zullen bij een 1000 P.K. turbine moeten loopen van 60 tot 300 à 400 M. over ca. 60 trappen.

De nieuwere turbines van deze soort zijn voorzien van ingenieuze maar gecompliceerde inrichtingen om de axiale speelruimten in te stellen door een verstelbaar kraagblok.

Deze PARSONS-constructie volgt direct uit het noodzakelijke der volbezette leikranzen en veelvuldige verdeeling van den warmteval. De hooge drukdiameter moet daarom noodzakelijk zeer klein worden, terwijl naar het laagdruk-gedeelte toe de doorsneden zeer groot moeten zijn.

Door de kleine omtreksnelheden kan de schoepbevestiging zeer eenvoudig zijn. Het groot aantal trappen is echter blijkbaar een nadeel.

Daarom worden dan ook door PARSONS-bouwende firma's uitgebreide proeven genomen om het hoogdruk-gedeelte

hunner turbines te vervangen door CURTIS-raderen of door zuivere impulswielen, waardoor een snellere expansie van den stoom verkregen wordt.

Het zeer gunstige laagdruk-gedeelte wordt behouden, terwijl het door zijn hoge temperaturen en kleine speelruimten zoo gevaarlijk hoog-drukdeel wordt vervangen door inrichtingen die genoemde bezwaren geheel opheffen. De reactieturbine wordt zoo uitgevoerd, dat de loopschoepen aan den omtrek van een trommel worden bevestigd, terwijl de leischoepen aan den binnenomtrek van het vaststaande huis worden geplaatst.

Aan het intreevlak van deze trommel heerscht keteldruk en aan het uittreevlak een luchtledig. Bovendien bestaat er op elk van de loopschoepen een axiale druk naar de uittreezijde van den stoom. Om dezen gecombineerden zeer aanzienlijken axialen druk zoo goed mogelijk op te heffen wordt de intreezijde van de trommel verlengd met eenige cilindrische schijven van toenemenden diameter.

De ringvormige ruimten, die nu ontstaan tusschen deze schijven en 't vaststaande huis, worden verbonden met ruimten der turbine, waarin verschillende drukken heerschen, zoodanig gekozen, dat de schoepentrommel een axialen druk krijgt, gelijk en tegengesteld aan den eerstgenoemde in de stroomrichting van den stoom. De roterende ringvormige lichamen, die de eene ringvormige ruimte ten opzichte van de andere moeten afdichten, hebben voor een goede bedrijfszekerheid bij de aangebrachte labyrinthdichting een zekere speelruimte nodig. Al wordt deze zeer klein gehouden, toch gaat langs dezen grooten omtrek een aanzienlijke hoeveelheid stoom verloren.

Bij een vergelijking der turbine met de stoommachine op thermodynamischen grondslag merken we op, dat de temperatuur bij den aanvang bij de turbine veel hoger kan zijn. Bij de stoommachine wordt de grens bepaald door de smering van den zuiger en van de pakkingbussen. Een grens door de smeermiddelen getrokken bestaat bij de turbine niet, omdat bij deze hoge temperatuur geen bewegende deelen gesmeerd worden.

Wat het luchtledig betreft kan men bij de stoommachines een bepaalde grens niet overschrijden. Bij deze laatste zijn de wrijvingsverliezen, het groote luchtpompvermogen en sterke afkoeling van den cylinderwand, die een volgend oogenblik den verschen stoom weer moet opnemen, niet opwegend tegen de kleine winst aan druk op den zuiger. Deze grens van het voordeel ligt niet veel hoger dan bij 90 pCt. vacuum. In een stoomturbine werkt de stoom niet direct door zijn druk, maar door zijn arbeidsvermogen van beweging.

Laat men b.v. stoom van 9 atm. en 300° expandeeren tot op 90 pCt. vacuum en daarna van 90 pCt. tot op 95 pCt. vacuum, dan blijkt deze laatste expansie nog ca. 10 pCt. van den eersten arbeid te kunnen opleveren, indien bij de beide expansies van den stoom de procentiale verliezen dezelfde zijn.

In verband met ons bezoek aan de centrale der Staatsmijn „Wilhelmina” zullen we nu overgaan tot de bespreking der ZOELLY-turbine.

Deze werd door de firma GEBR. STORK & Co. op boven in 't kort genoemde gronden gekozen, toen zij tot de vervaardiging van stoomturbines overging. Zij richtten zich geheel in voor de vervaardiging van deze bij uitstek zuiver te bewerken stoomwerktuigen. Ook voor den aanmaak der schoepen werd een complete outillage aangeschaft. Van dit type zijn er in de centrale der Staatsmijn „Wilhelmina” achtereenvolgens twee geplaatst.

Verder werd onlangs de grootste turbine in Nederland volgens dit type uitgevoerd ter stroomlevering aan de Zuid-Hollandsche Electriche Spoorweg-Maatschappij.

De uitvoering geschiedt in samenwerking met een combinatie der eerste machinefabrieken in het buitenland, waarvan de firma ESCHER WYSS & Co. in Zürich het stamhuis is. Alle ervaringen van die fabrieken staan wederzijds ten dienste van de ZOELLY-bouwende firma's.

Zooals wel bekend heeft de firma ESCHER WYSS & Co. in Zürich een wereldvermaardheid op het gebied der waterturbines. In verband met de rijke ervaringen, die deze firma mocht verzamelen op dat gebied, besloot haar directeur de heer ZOELLY 15 jaar geleden de studie van de stoomturbines te beginnen.

In den waterturbinebouw worden de turbines voor lage en gemiddelde valhoogte van het water altijd uitgevoerd naar het reactieprincipe, voor hoge valhoogte daarentegen juist volgens het druk- of impulsprincipe. Zelfs bij volkomen in-

achtneming van het feit dat wij bij stoomturbines met een elastische middenstof te doen hebben, terwijl dat bij waterturbines juist niet het geval is, blijft er toch een analogie in de oplossing van het vraagstuk bestaan. Met het oog op den grooten warmteval die bij een stoomturbine voorkomt en ook uit verdere technische overwegingen, besloot de heer ZOELLY om het gecombineerde systeem van druk en overdruk met halven reactiegraad te ontgaan en zich liever direct toe te leggen op de studie en den bouw van de zuivere druk- of impuls turbine. Ook ZOELLY trachtte eerst een turbine met één wiel te bouwen, hetwelk met een soort PELTON-schoepen bezet was, geheel in navolging van den waterturbinebouw. En al mocht ZOELLY met deze proef geen succes hebben, daar het stoomverbruik veel te hoog uitviel, zoo waren de ervaringen, die hij bij deze proeven opdeed, van dien aard, dat zij leidden tot de uitvoering der ZOELLY-turbine zooals zij heden ten dage op de markt verschijnt.

De buitengewoon solide constructie van de loopwielen maakt, dat relatief zeer groote omtreksnelheden toegepast kunnen worden en dus ook stoomsnelheden, waardoor men met een matig aantal druktrappen uitkomt.

Dit is weer oorzaak van een goede constructie van het geheel. Men gaat slechts zoo hoog met de stoomsnelheid, dat convergente leikanalen kunnen gebruikt worden; daardoor komt men bij een warmteval van 10 atm. tot op 0.1 K.G./c.M<sup>2</sup>. condensordruk tot een minimum van 9 trappen.

Om zeker te zijn van een goede werking, besloot men om 10 trappen te nemen voor alle typen, welke met 3000 omwentelingen loopen, en wel voor vermogens van 200—1800 P.K.

Voor 1500 omwentelingen, die tot 7500 P.K. toegepast worden, zijn 16 trappen gekozen, terwijl bij grootere vermogens bij 1000 omwentelingen 20 trappen toegepast worden. Bij de turbines met 1500 omwentelingen, welke 16 trappen hebben, treedt een drukverhouding of verhouding van de spanning vóór en achter het leiwiel op van ca. 1.3 bij volle belasting.

Een expansie van 9.5 tot op 7.5 atm. geeft een stoomsnelheid van ca. 300 M., maar een expansie van 0.14 K.G. tot op 0.1 K.G./c.M<sup>2</sup>, n.l. de condensordruk, geeft ook dezelfde stoomsnelheid. Deze omstandigheid is dan ook de reden, dat een zeer hoge aanvangsdruk bij turbines van niet zooveel waarde is als een zeer hoog luchtledig.

De gang der berekening voor de turbine is als volgt.

De beschikbare warmteval wordt verdeeld over het aantal trappen. Elk deel wordt daarna vermeerderd met een zekere percentage voor de verliezen die optreden: 1o. de wrijvingsverliezen die optreden in lei- en loopschoepen; 2o. de radwrijving; 3o. de uittreesnelheid van den afgewerkten stoom, die echter gedeeltelijk weer in warmte wordt omgezet en weer in een volgend wiel dienst kan doen. Uit den aanvankelijk verkregen warmteval voor elk wiel berekent men de aanvangssnelheid, welke met het snelheidsdiagram voert tot de keuze en bepaling der in- en uittreehoeken der schoepen.

In verband met den vorengenoemden warmteval en optredende verliezen worden uit het entropiediagram verder de optredende drukken en dichtheden van den stoom bepaald, waardoor men komt tot de doorsneden die in elk leiwiel nodig zijn, om het bepaalde vermogen te kunnen ontwikkelen; uit de zoo verkregen lengte der leischoepen volgen de afmetingen der loopschoepen.

Betreffende de verdere constructie der ZOELLY-turbine zij het volgende medegedeeld. De dikte van de as wordt zoo gekozen dat zij ca. 0.5 m.M. doorbuigt, als alle wielen er opzitten. Daarna wordt het kritische aantal omwentelingen bepaald langs den grafischen weg, zooals aangegeven in den 3den druk van STODOLA.

Het kritische aantal omwentelingen kenmerkt zich daardoor dat de turbine gaat vibreeren, in welke vibratie een toeneming maximum en wederafneming waar te nemen is. Daarbij bevindt de as zich voor elke doorbuiging in indifferent evenwicht. Het zwaartepunt der roterende massa ligt niet in de as van wenteling. Dientengevolge treedt er een centrifugaalkracht op, die de as doet vibreeren en uitslaan. Deze kracht zal steeds in evenwicht zijn met den elastischen weerstand van die as. Bij het verhoogen van het aantal omwentelingen boven de kritische blijkt nu dat de uitslagen van de as niet grooter worden, doch dat deze afnemen.

Dit verschijnsel is daaraan toe te schrijven dat het zwaartepunt van de roterende massa en het hart van de bewegingsas van plaats verwisselen. De as zoekt zijn eigen as van wenteling. Ook de middelpunt-vliedende kracht der schijven werkt

mede om de doorbuiging geringer te maken en daardoor sneller tot een rustigen gang te komen. Ten gevolge der doorbuiging staan de schijven eenigermate scheef en willen zich ten gevolge der centrifugaalkracht weder oprichten. De keuze van het kritische aantal omwentelingen is nog een moeilijke vraag voor vele constructeurs.

We lossen deze zoo op dat we dit aantal omwentelingen leggen beneden het normale der turbine.

LAVAL gaat met zijn aantal omwentelingen zoo hoog dat hij het zeventvoud van de kritische snelheid bereikt. Daardoor kan hij een zeer buigzame as gebruiken. Wil men de kritische snelheid voor turbines met meerdere schijven boven de bedrijfssnelheid laten, dan moet de as oorspronkelijk een zeer kleine doorbuiging hebben, b.v. 0.05 m.M. Daardoor wordt de as zeer zwaar en moet men de ashalzen ook in verhouding zeer zwaar uitvoeren. Bij de ZOELLY-constructie ligt het kritische aantal onder het normale, waardoor de constructie van het geheel in verhouding veel lichter kan worden. Bij het aan- en afzetten van de turbine moet men dus steeds de kritische snelheid passeeren. De trillingen die daarbij optreden zijn zeer gering, zoodat er niet van gevaar kan gesproken worden bij deze constructie. Het spreekt vanzelf dat bij de laatste constructie, zooals die bij het ZOELLY-type wordt toegepast, de wielen uitnuttend uitgebalanceerd moeten worden.

Er worden ZOELLY-turbines gebouwd, waarbij absoluut geen kritische snelheid optreedt, ofschoon deze er volgens berekening toch zou moeten zijn. Het toeval wil dan dat de diverse zware punten der verschillende wielen zoo ten opzichte van elkaar verschoven zijn dat zij elkaars werking opheffen. De as wordt meestal hol gemaakt uit SIEMENS-MARTIN-staal of nikkelstaal van ruim 60 K.G. trekvastheid. Dit holmaken heeft verschillende voordeelen, n.l. dat er controle bestaat op de homogeniteit van het materiaal, de gewichtsbesparing en het voorkomen van kromtrekken bij verhitting.

De loopwielen zijn met de naat uit één stuk gesmeed uit speciaal staal. Zij zijn geconstrueerd als lichamen van gelijken weerstand. Om den ventilatieweerstand zoo klein mogelijk te doen zijn, zijn alle vlakken bewerkt.

De krans van de loopwielen is voor de bevestiging der schoepen van een sponning voorzien. Achter een centreerrand grijpt de ring, die een dergelijke sponning heeft als het wiel, waarmede de schoepen onbewegelijk opgesloten worden. Deze ring wordt op het wiel geklonken. De tusschenstukken zorgen er voor dat de schoepen op goeden afstand gehouden worden. De schoepen zelve worden geheel gefraisd uit nikkelstaal-plaat. De stalen tusschenstukjes worden door een volle en holle frais van staven afgestoken, die reeds op het gewenschte profiel gefraisd zijn. Na een volgende fraisbewerking passen zij dan zoowel op de vóór- als achterzijde van de schoep.

LOOPSCHOEP EN TUSSCHENSTUK.

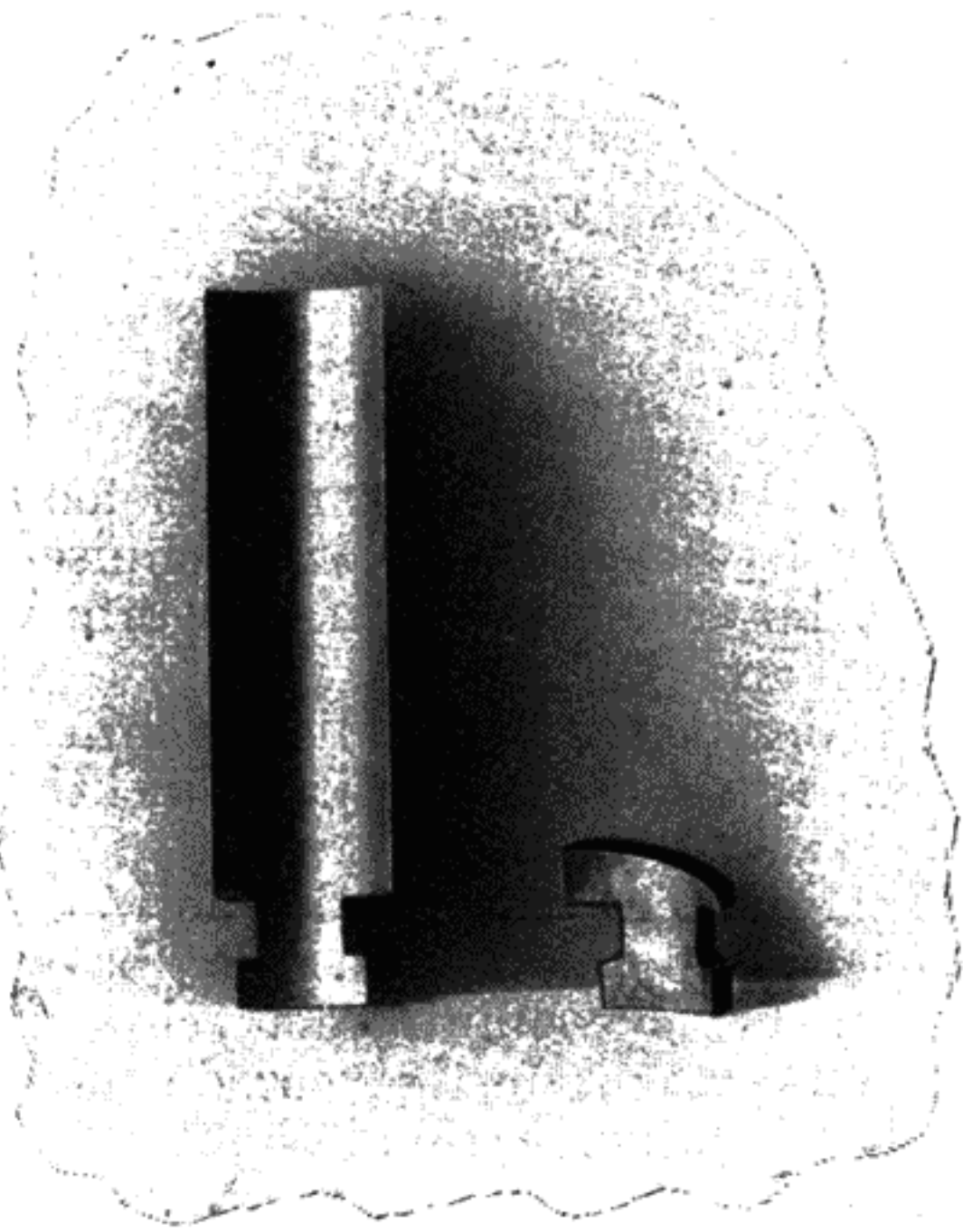


Fig. 6.

De schoepen worden eerst uit de vlakke plaat geponsd of geknipt. Dit materiaal heeft ca. 70 K.G. trekvastheid en

5 pCt. nikkelgehalte. Bij de meest ongunstige belasting dezer schoepen door de middelpunt-vliedende kracht hebben we nog altijd een 10-voudige zekerheid tegen breuk. De kracht die de schoep wil buigen is ca. 0.3 K.G.m.M<sup>2</sup>.

GEDEELTE VAN EEN LOOPWIEL.

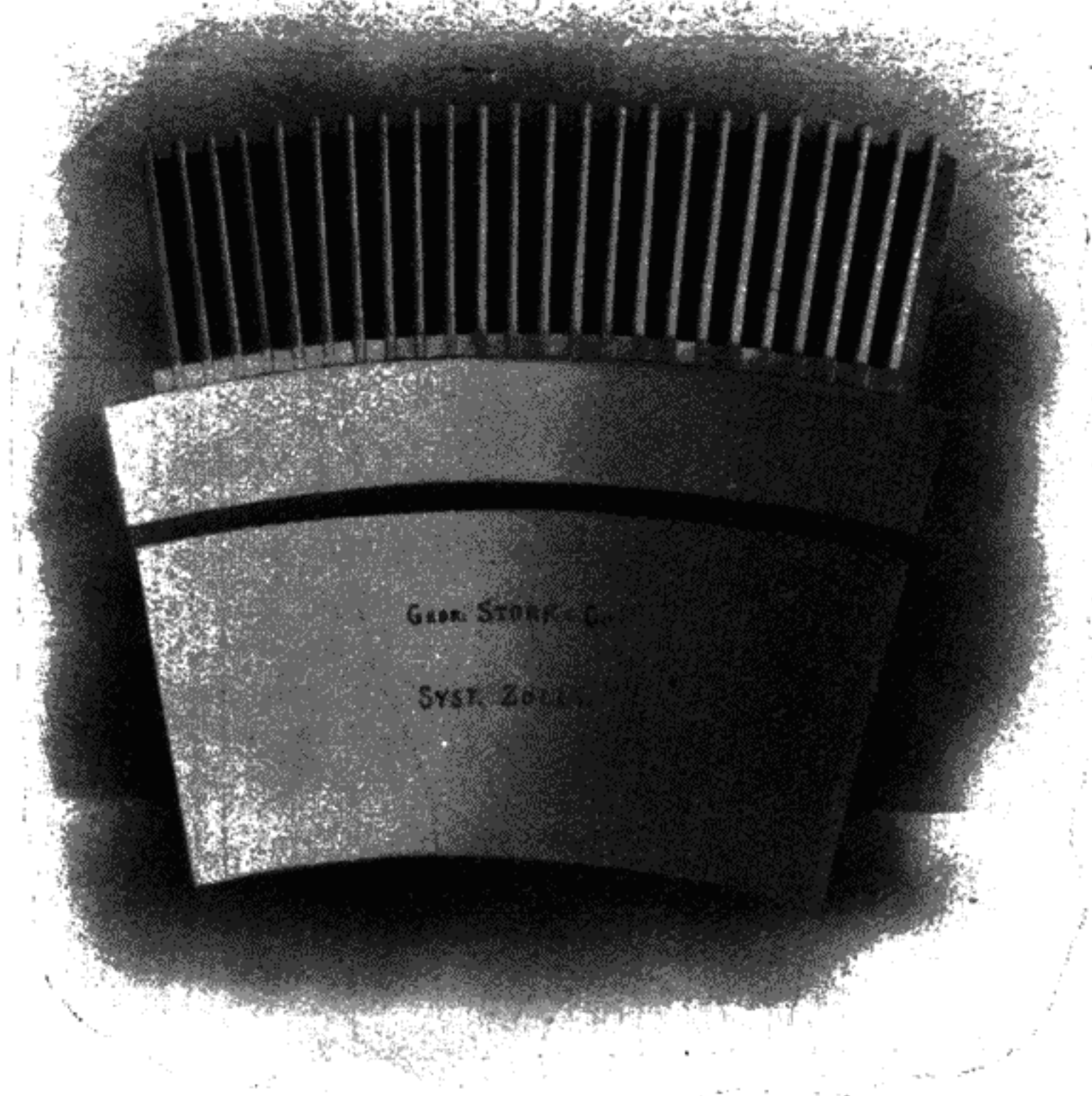


Fig. 7.

De van de pons verkregen plaatjes worden bij de grootere soorten tapsch gefraisd, zoodat zij voor de centrifugaalkracht als lichamen van gelijken weerstand optreden. Als de vlakke plaatjes voldoende bewerkt zijn worden ze gebogen in een schroef-slagmachine. Bij deze bewerking moeten alle materiaal-fouten voor den dag komen en kunnen slechte schoepen verwijderd worden. De dan volgende fraisbewerkingen zorgen voor een uiterst fijne precisiewerk, waardoor een onwrikbare bevestiging van de schoep wordt verkregen aan de hand van een bijna matematische zuiverheid der gewenschte in- en uitreehoeken.

Kenteekend is het radiaal groter worden van de loop-

LOOPSCHOEP MET TUSSCHENSTUK IN WIEL GEMONTEERD.

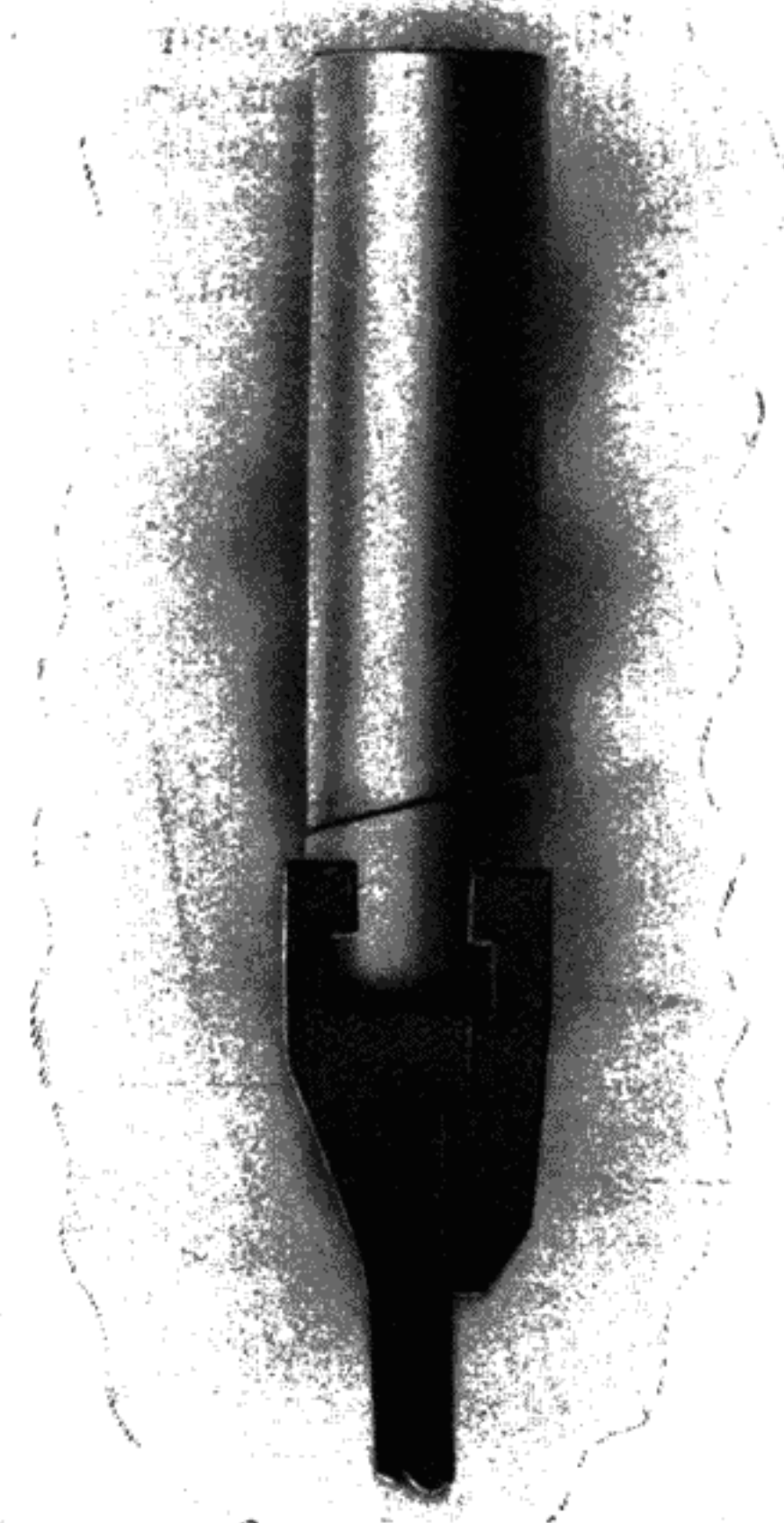


Fig. 8.

kanalen door middel van het schuin fraisen der tusschenstukken. Daardoor kan men kleinere uittreëhoeken maken, waardoor een hooger effect van den stoom verkregen wordt. Het is een der verdiensten van ZOELLY dat hij zich het eerst van den door LAVAL gebruikten schoepvorm heeft vrijgemaakt, waarbij in- en uittreëhoek gelijk zijn.

LOOPWIEL, SYSTEEM ZOELLY.

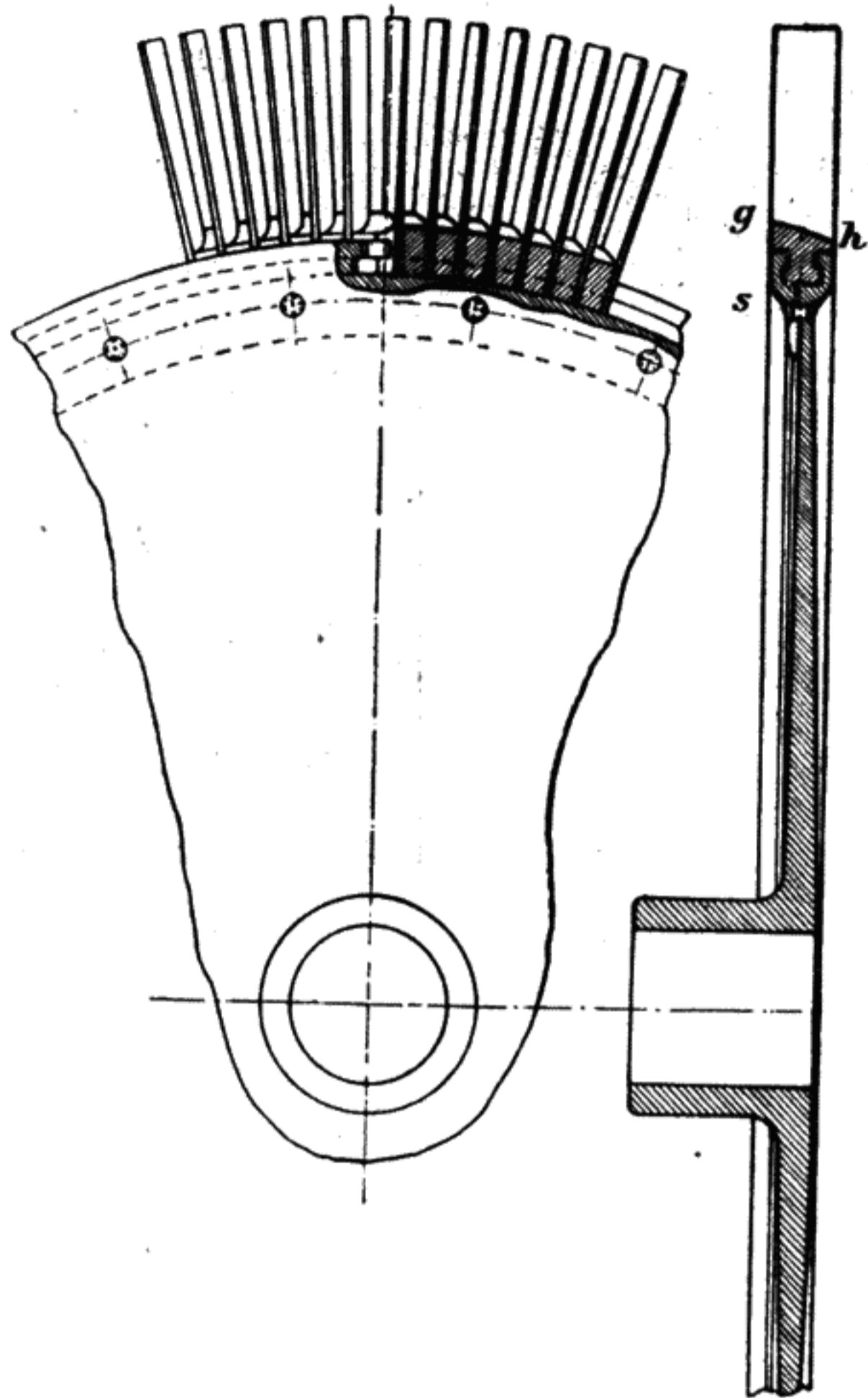


Fig. 9.

Een der laatste verbeteringen van den kanaalvorm der ZOELLY-turbine is de band, die buiten om de loopschoepen gelegd wordt. Hierdoor wordt een beter bij elkaar houden van den stoomstraal verkregen. De loopwielen hebben gaten, die er voor zorgen dat er voor en achter het wiel geen drukverschil kan optreden.

Diverse proeven hebben n.l. bewezen dat de uit het leiwiel tredende stoomstraal bij het doorstromen der tusschenruimte naar het loopwiel een soort zuigende ejecteur-werking uit-

EEN LOOPWIEL OP DE EQUILIBREER-INRICHTING.

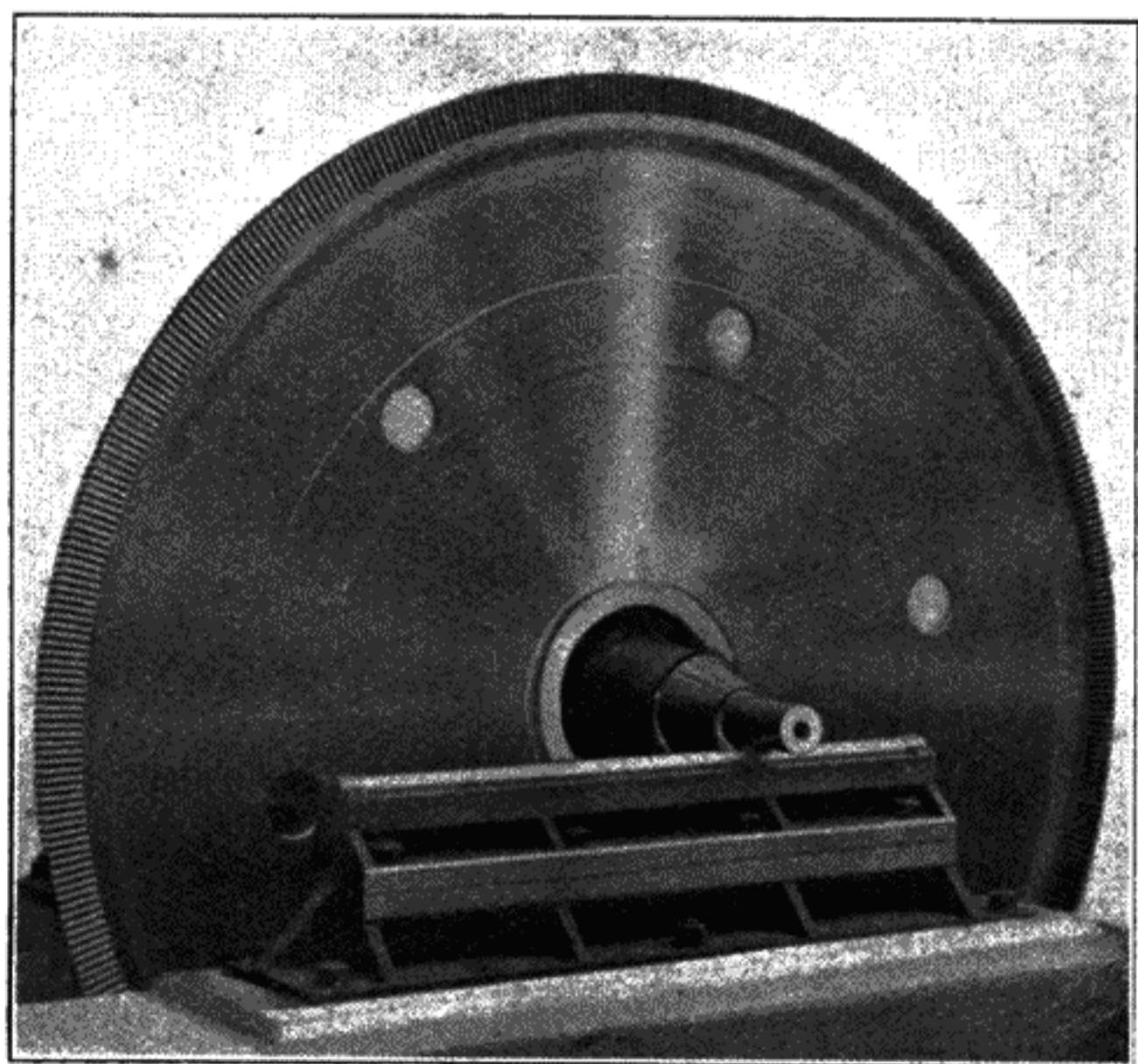


Fig. 10.

HET VORMEN VAN GEGOTEN IJZEREN LEIWIELEN.



Fig. 11.

oefent, waardoor een kleine drukvermindering aan de voorzijde van het wiel ontstaat.

De leiwielen zijn gemaakt van gietstaal of grauw gietijzer en worden in 2 helften gemaakt met bewerkte uitsparingen voor de leikanalen. De schoepen worden in de stalen wielen in een sleuf zuiver ingepast. Dit gebeurt voor zoover de

GEGOTEN IJZEREN LEIWIEL

van de intreezijde der leischoepen gezien.

van de uittreezijde der leischoepen gezien.

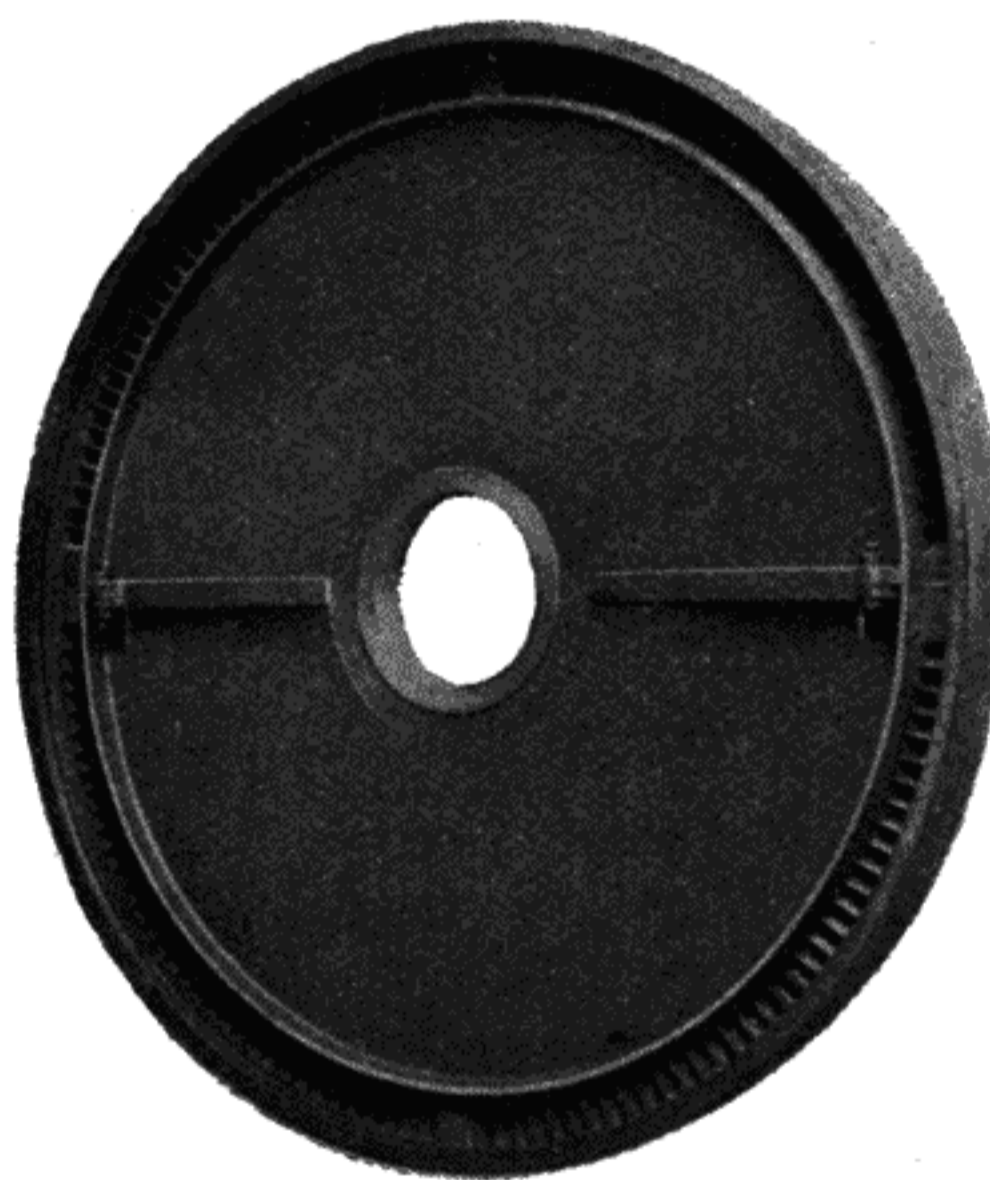


Fig. 12.

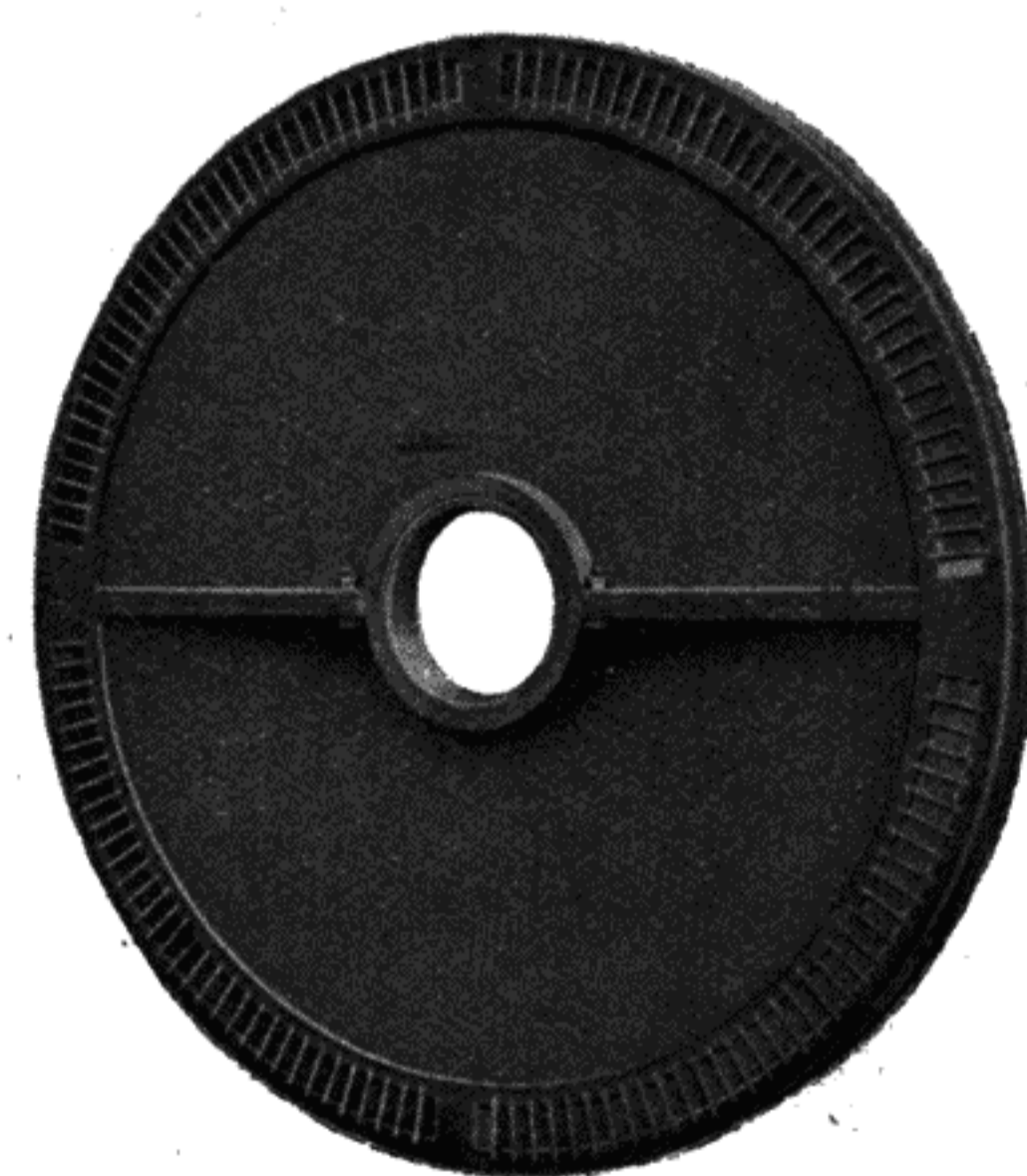


Fig. 13.

kanaalhoogte zoo klein is dat van ingieten geen sprake kan zijn. Bij de leiwielen, waar dit technisch mogelijk is, worden de stalen leischoepen in den gietvorm ingevormd en in den scheidingswand vastgegoten.

De boring in dezen wand wordt bij onze nieuwere constructie voorzien van een bewegelijke afdichting, die om de naaf van het loopwiel heengrijpt.

Het turbinehuis uit gietijzer is in den horizontalen diameter doorgedeeld evenals de leiwielen. De bovenhelften der leiwielen zijn in het bovenhuis met schroeven bevestigd. Deze constructie is zeer gunstig voor de inspectie van het loopende werk der turbine. De onderhelft van het huis kan voorzien worden van leipennen, waarlangs de bovenhelft met bovenleiwielen kan getrokken worden door de kraan zonder de loopwielen te beschadigen. Deze gedeeltelijke demontage is uiterst eenvoudig, daar de metalen niet met het huis uit één stuk zijn.

Het huis staat met 4 voeten op een fundatieplaat. Het is

TURBINEHUIS.  
Zij-aanzicht.

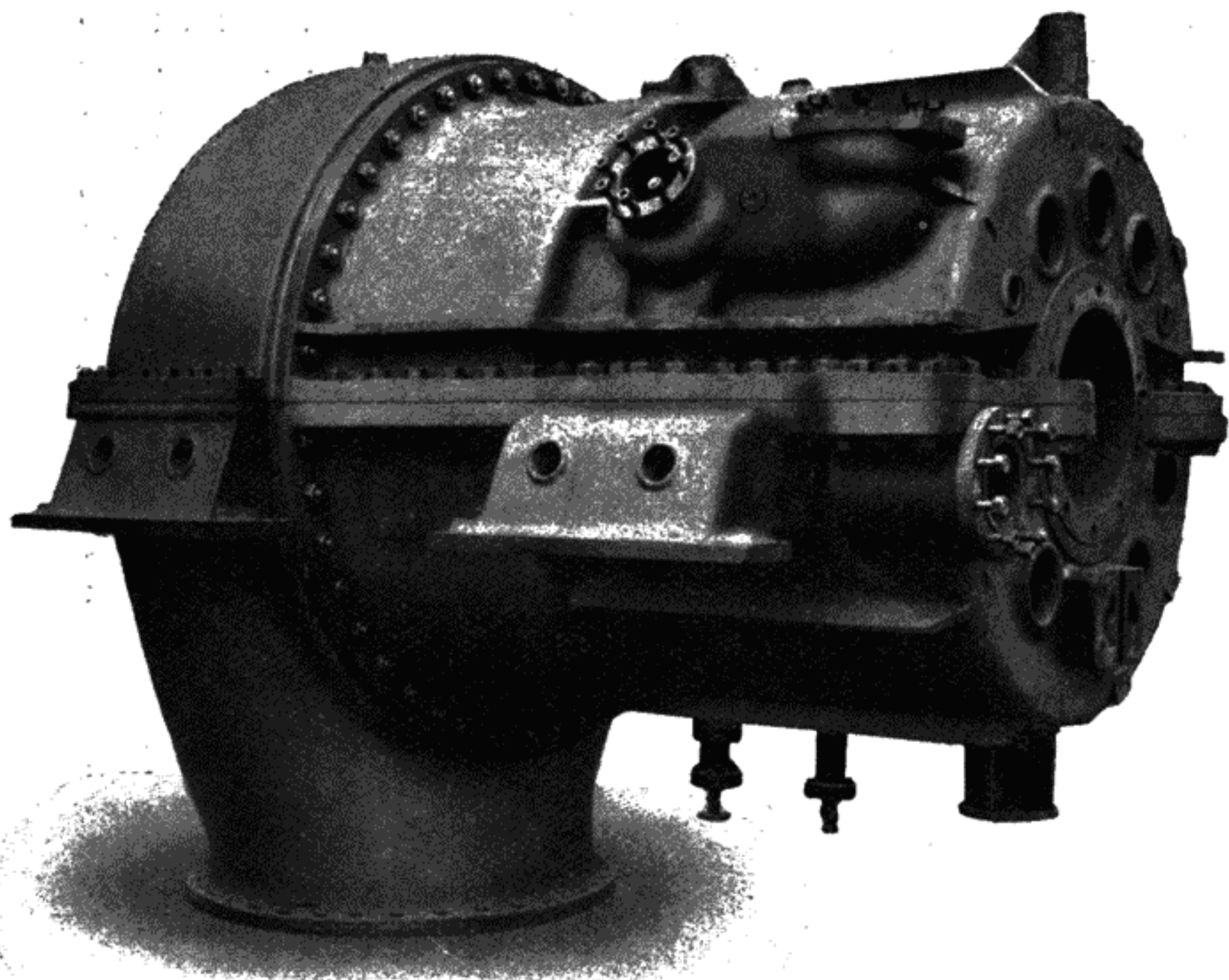


Fig. 14.

er aan de laagdrukzijde aan bevestigd en kan naar de hoogdrukzijde vrij schuiven in leistukken voor de uitzetting. In de fundatieplaat is het oliereservoir gegoten, waarin zich een oliekoeler bevindt welke volgens het tegenstroomprincipe geconstrueerd is. De kussenblokken zijn direct op de fundatieplaat gemonteerd en dus geheel onafhankelijk van het huis. Daardoor wordt vermeden dat de warmte van het huis op de metalen gebracht wordt door geleiding. Door deze constructie zijn de metalen zeer goed bereikbaar.

De metalen werden tot nog toe door een koelwatermantel omgeven, die zeer goede diensten doet. Bij de nieuwe constructies wordt het echter geprefereerd om de olie-hoeveelheid zooveel te vergrooten dat deze waterkoeling niet meer noodig is en alle ontwikkelde wrijvingswarmte door de olie alleen wordt afgevoerd. Het smeren der metalen geschiedt door drukolie, welke door een tandradpomp, van af de reguleur-

ONDERZIJDE VAN HET BOVENHUIS.  
Aanzicht.

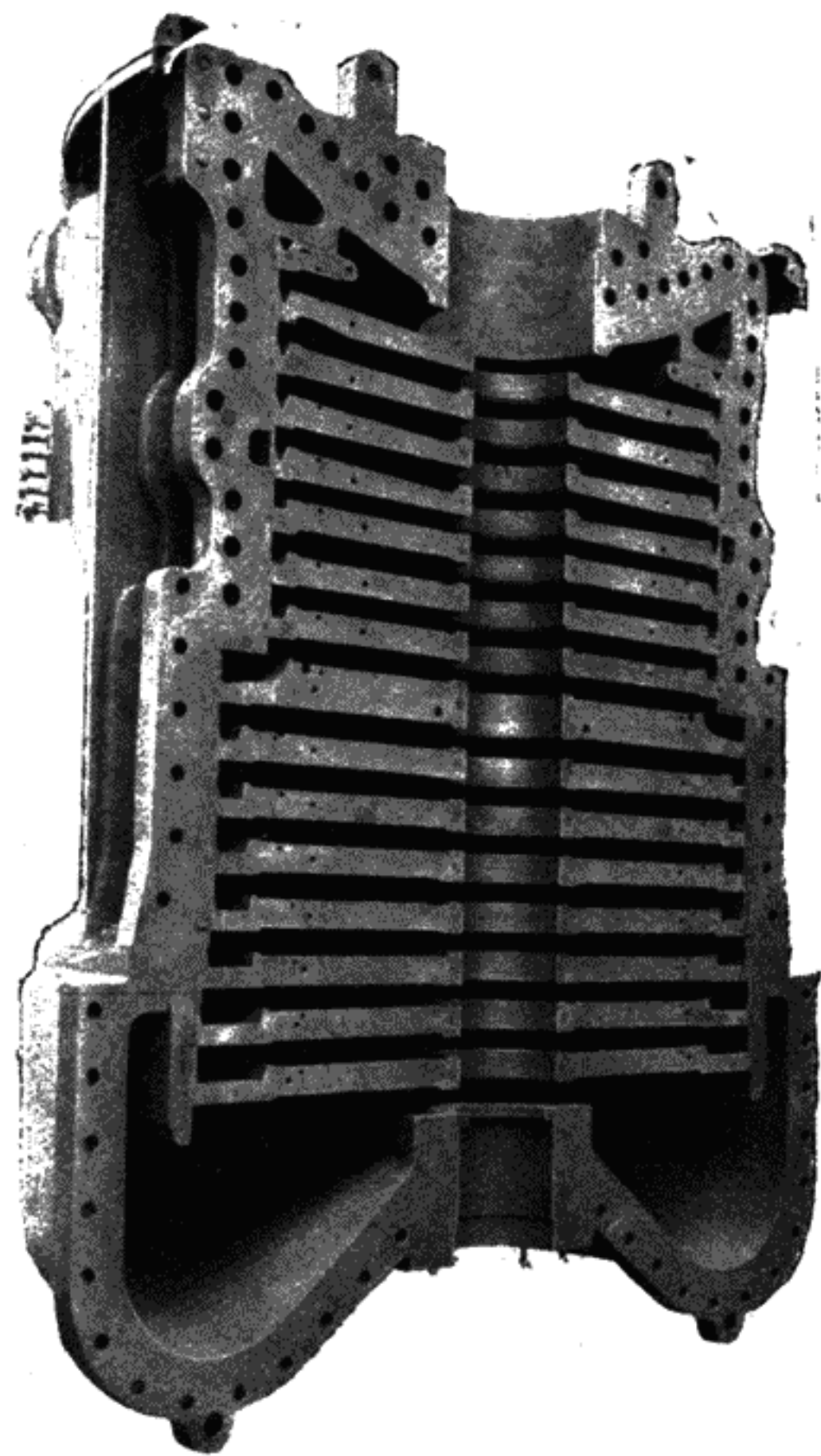


Fig. 15.

DE BOVENHELFT VAN HET TURBINEHUIS WORDT OP DE ONDERHELFT GEZET.

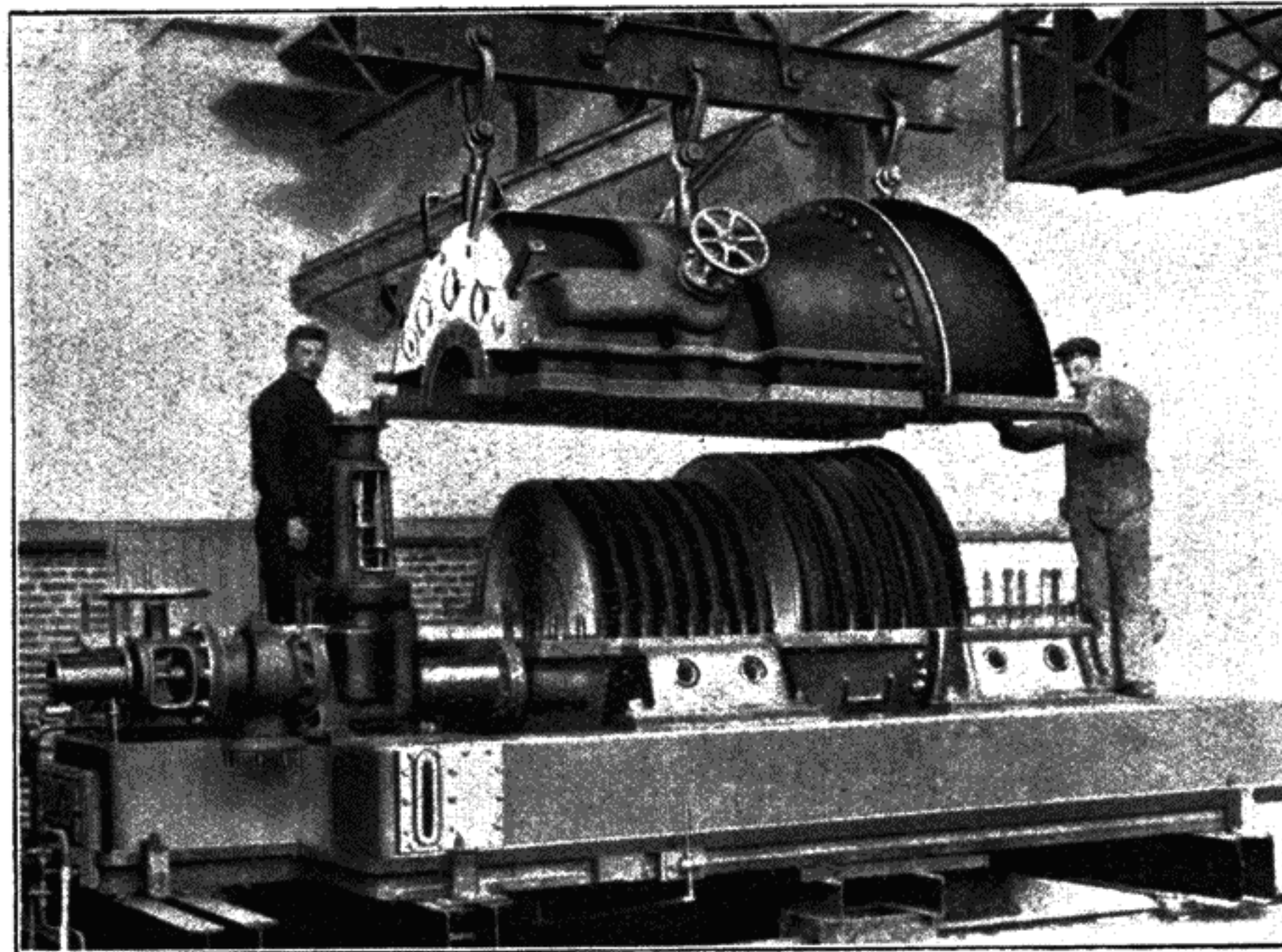


Fig. 16.

spil gedreven, de olie uit het reservoir zuigt en met ca.  $1\frac{1}{2}$  atm. druk in de metalen direct onder de as perst, zoodat deze als het ware op een oliekussen ligt. De van de metalen afvloeiende olie loopt weer in het reservoir terug om daar opnieuw gekoeld te worden en gefiltreerd voor een volgend gebruik.

Deze centrale smering is zeer effectief en kost zeer weinig, daar er geen olie verloren gaat voordat zij haar smeerkraft geheel verloren heeft. De *pakkingbussen* bestaan uit vaststaande gegoten ijzeren profielringen, die als kamers dienen voor de eigenlijke dichtingsringen, die het labyrinth vormen. Deze dichtingsringen worden gemaakt van een nikkelbronslegering, die zeer mooi op de as loopt. Deze tast de as niet aan en wordt er niet door aangetast.

De pakkingringen zijn driedeelig en worden door een spiraalveer bij elkaar gehouden. Zij zijn met een geringe speelruimte om de as pas gemaakt, zoodat zij er niet op drukken. Deze bussen vereischen een geringe smering en onderhoud. Bovendien behoeven zij door hun constructie geen nastelling, zooals dat bij andere soorten turbines het geval is. Het binnenliggende gedeelte van de laagdruppakkingbus is direct met de luchtpomp verbonden, zoodat langs deze verbinding de olie afgezogen wordt, die direct in de luchtpomp belandt zonder met den stoom in aanraking te komen. De nieuwe constructies worden gemaakt met pakkingringen uit geperste kool, waardoor de smerinrichting der bussen vervalt.

*Regeling.* De regeling is een uiterst gevoelige en wordt

TURBINE, PROEF DRAAIENDE IN DE FABRIEK.

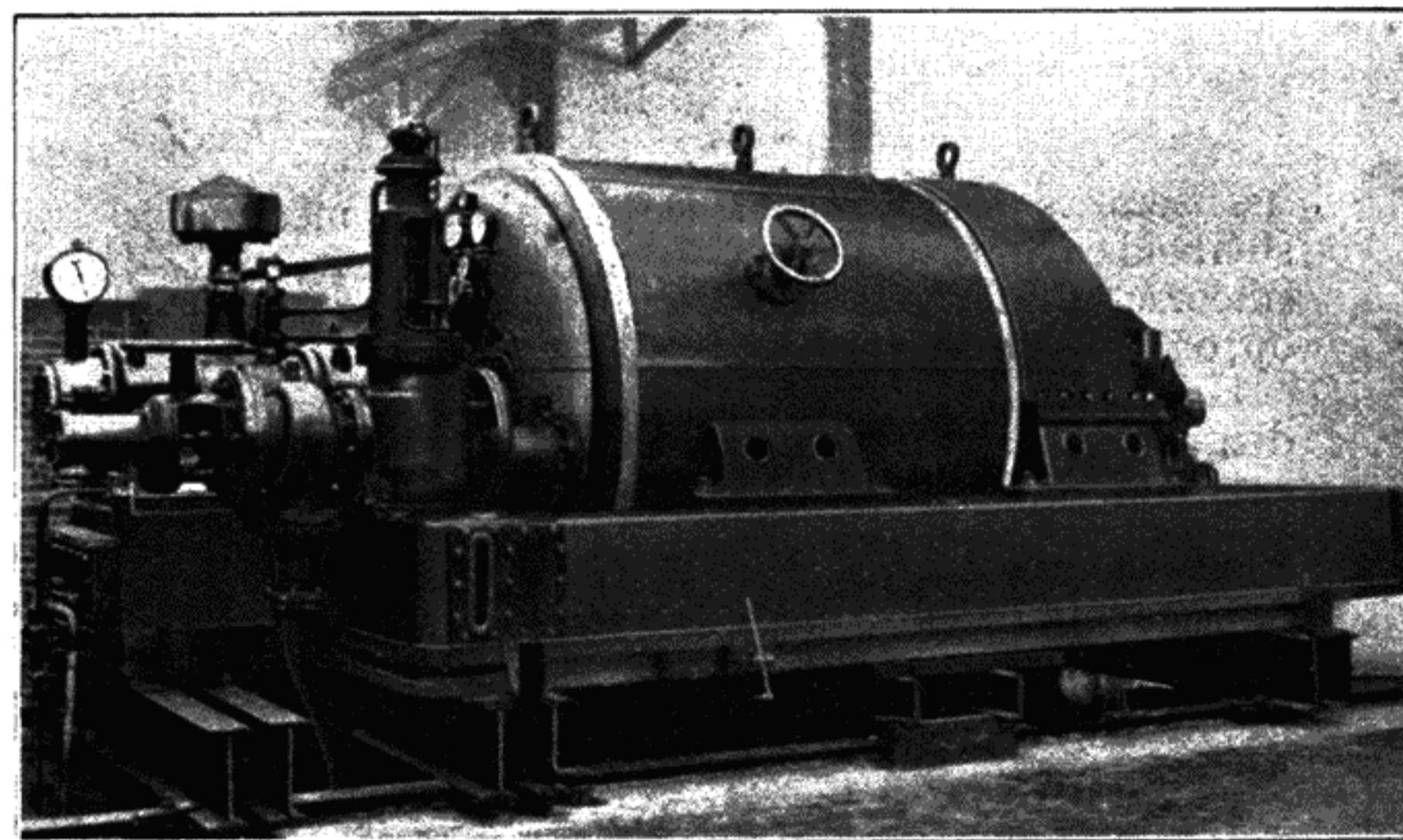


Fig. 17.

DE AS MET LOOPWIELEN WORDT IN DE KUSSENBLOKKEN GELEGD.

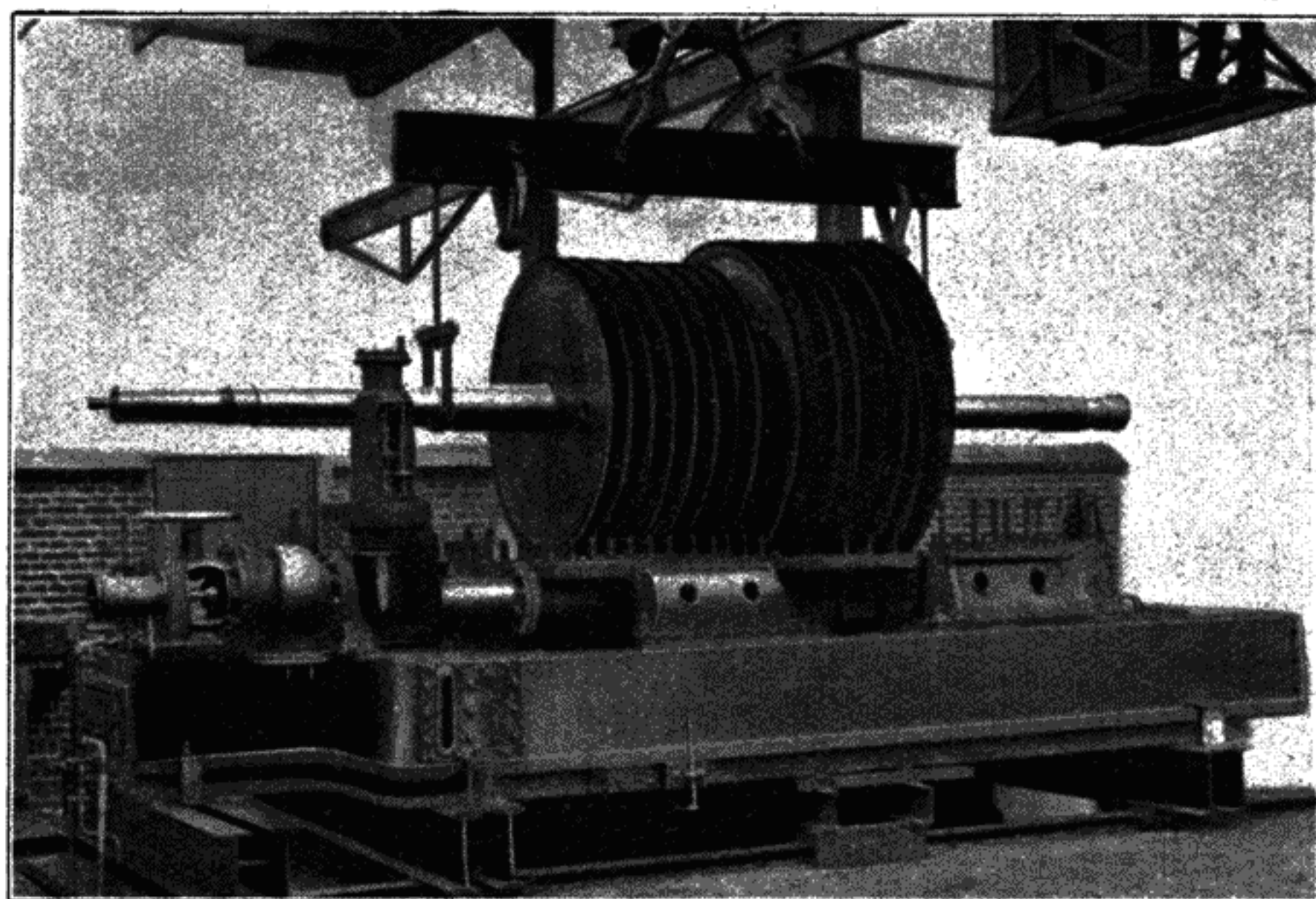


Fig. 18.

verkregen met behulp van een servomoteur, die werkt door middel van olie onder druk. De mof van den reguleur is door middel van een hefboom verbonden met een stang, die aan het eene uiteinde een zuiger draagt, welke zich in den servomotor-cylinder beweegt, en aan 't andere einde de smoorschuij, welke den stoomtoevoer der turbine regelt. De beweging van den zuiger van den servomoteur wordt bepaald door een kleine dubbele schuij, die aan bovengenoemden

REGELING DOOR MIDDEL VAN EEN SMOORSCHUIJ, DIE DOOR EEN SERVOMOTOR BEWOGEN WORDT.

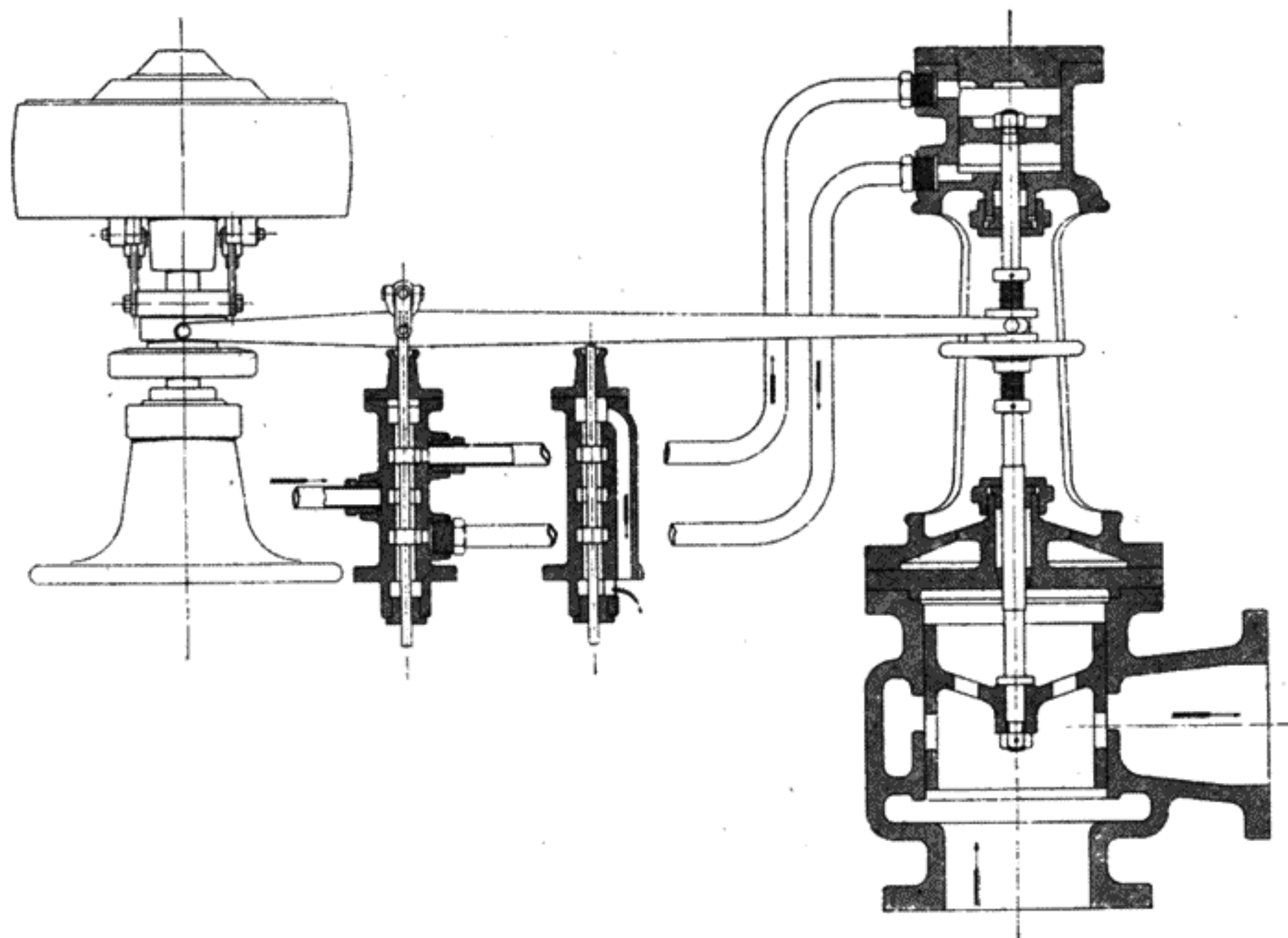


Fig. 19.

hefboom is opgehangen. De reguleur, meegaande met de snelheidswisselingen der turbine, behoeft niet de zware smoorschuij te bedienen, maar moet alleen dit kleine schuijje op of neer bewegen.

Het schuijje is door twee pijpleidingen verbonden met den cylinder van den servomoteur. Hierdoor wordt naar omstandigheden druk boven of onder den zuiger uitgeoefend, hetgeen een vernauwing of verwijding van den stoomdoorlaat ten gevolge heeft. De overtollige olie aan den anderen kant van den zuiger stroomt door de aansluitende pijp terug naar het schuijje en vandaar naar het reservoir. De verlengde hefboom van den reguleur volgt zuiger en smoorschuij, waaraan hij is verbonden, en sluit weer de openingen der pijpen van en naar den drukcylinder, zoodra de nieuwe evenwichtstoestand tusschen belasting en stoomtoevoer verkregen is.

De benodigde drukolie wordt verkregen door een pomp, die direct door de turbine wordt aangedreven.

De geheele inrichting is dus voortdurend gereed de machine in een of andere richting, zeer snel en krachtig te regelen. De schommelingen en het aantal omwentelingen der turbine zijn diensgevolge zeer klein. Zelfs bij een plotselinge belastingverandering van 100 pCt. bedraagt dit slechts hoogstens 3 pCt. Het geheel is voorzien van een inrichting, welke een verandering van het aantal omwentelingen mogelijk maakt. Deze inrichting kan met de hand bewogen worden of van het schakelbord met behulp van een kleinen motor. Het parallel schakelen van onze turbo-generatoren onderling of met zuigermachines levert dan ook niet het minste bezwaar op.

Wij brengen aan de turbine een momentsluiting aan, welke de hoofdstoomklep plotseling sluit, wanneer de machine meer dan 10 pCt. boven het gewone aantal omwentelingen loopt. Deze afsluiting kan ook uit de hand bewogen worden, hetgeen veroorlooft de machine zeer snel tot stilstand te brengen.

In tegenstelling met de stoommachines, waar de smoorklep-regeling verliezen veroorzaakt, wordt deze bij turbines met zeer veel succes toegepast. Daar bij de turbines alleen van de stroomingsenergie van den stoom gebruik wordt gemaakt, komt daarbij veel meer de omstandigheid tot zijn recht, dat bij smoren de warmte-inhoud van den stoom constant blijft.

Dat is dan ook de verklaring dat het smoren bij turbines oeconomisch blijkt te zijn, in tegenstelling met de stoommachine. Quantiteitsregeling door het openen van meerdere düssen is uit den boeze, omdat dit slechts voor één trap kan gedaan worden en daardoor noodzakelijkerwijze de werking van de volgende trappen in de war stuurt. De regeling, waarbij een bepaald aantal malen in de minuut stoom toegelaten wordt, is onnoodig gecompliceerd, daar het ten slotte toch smoren blijft.

Om een tijdelijke overbelasting te kunnen krijgen op het normale vermogen, indien zonder condensatie moet worden gewerkt, brengen wij een hulpstoomafsluiter aan, welke, hetzij met de hand, hetzij door den reguleur kan bediend worden. Door middel van dezen afsluiter kan nu versche stoom toevoeren in een volgend leiwiel.

De turbine-as wordt met de dynamo-as, die in haar verlengde ligt gekoppeld door middel van een bewegelijke koppeling. De krachten worden door middel van een staalband overgebracht, dat elke beweging van de aseinden ten opzichte van elkaar toelaat, waardoor de klemmen der koppeling-helften is uitgesloten. Alle turbines worden in onze werkplaatsen vóór de aflevering beproefd op een aantal omwentelingen van ca. 15 pCt. boven het normale. Diverse proeven met ZOELLY-turbines hebben nu bewezen dat deze zoowel technisch als oeconomisch concurreeren kunnen met elk ander turbinetype.

De turbines van de Staatsmijnen werden geleverd onder een stoomgarantie van rond 9 K.G. per K.W. voor een stoomdruk van 3 atm., 250° en een luchtledig van 90 pCt. Bij de eerste proef werd een stoomcijfer bereikt van 8.89 K.G. per K.W. Na een jaar in het bedrijf te zijn geweest werd de

750 K.W. ZOELLY TURBINE, 2500 OMWENTELINGEN, DIRECT GEKOPPELD MET TWEE GELIJKSTROOM-DYNAMO'S IN DE ELECTRISCHE CENTRALE DER GEMEENTE UTRECHT.



Fig. 20.



GEZICHT IN DE ELECTRICHE CENTRALE LEIDSCHENDAM DER H. IJ. S. M. (Z. H. E. S. M.) MET 2600 E.P.K. ZOELLY TURBO-GENERATOR.

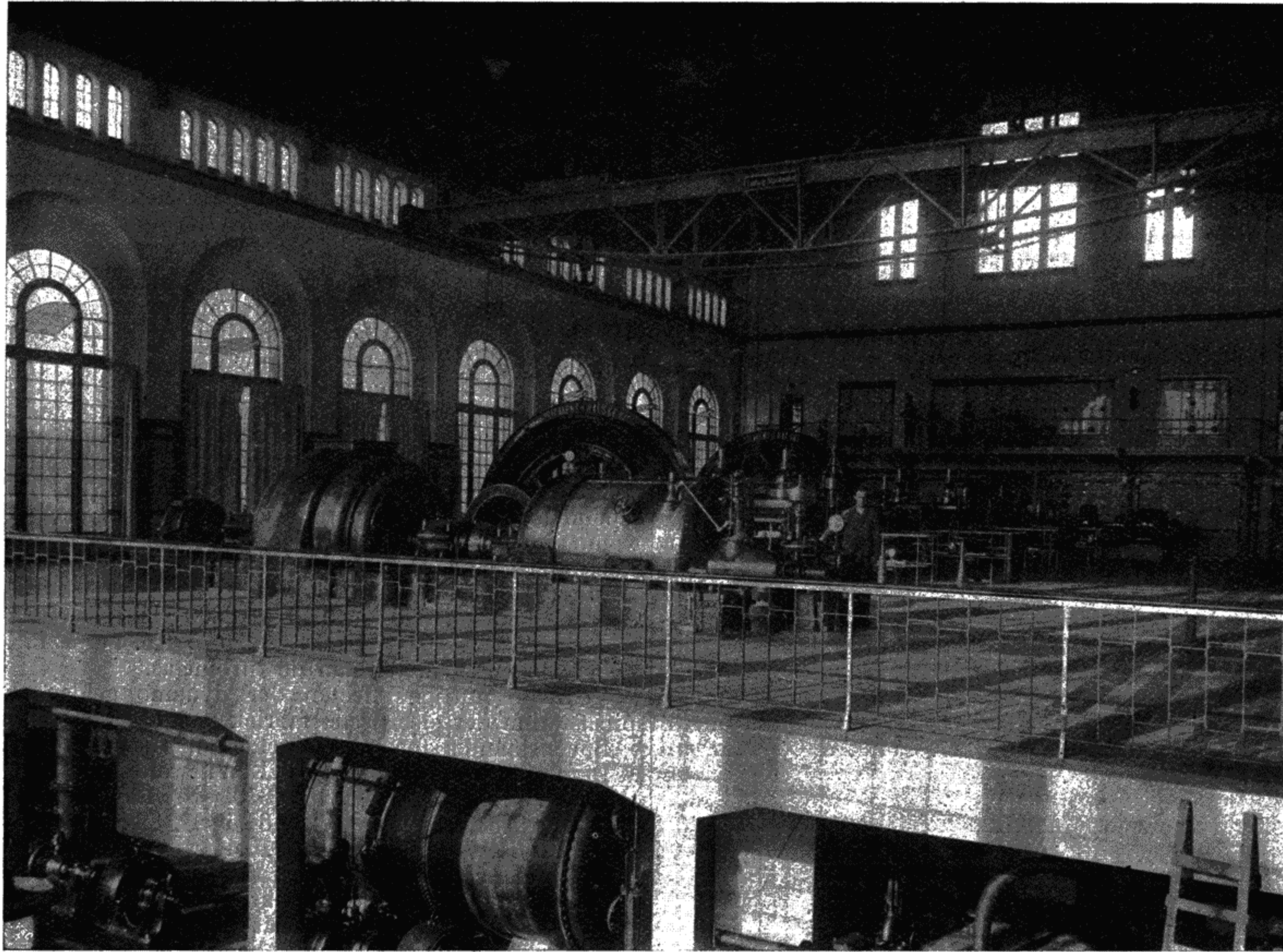


Fig. 21.

RESULTAAT DER GARANTIE-PROEVEN MET EEN 2600 E.P.K.-TURBINE TE LEIDSCHENDAM.

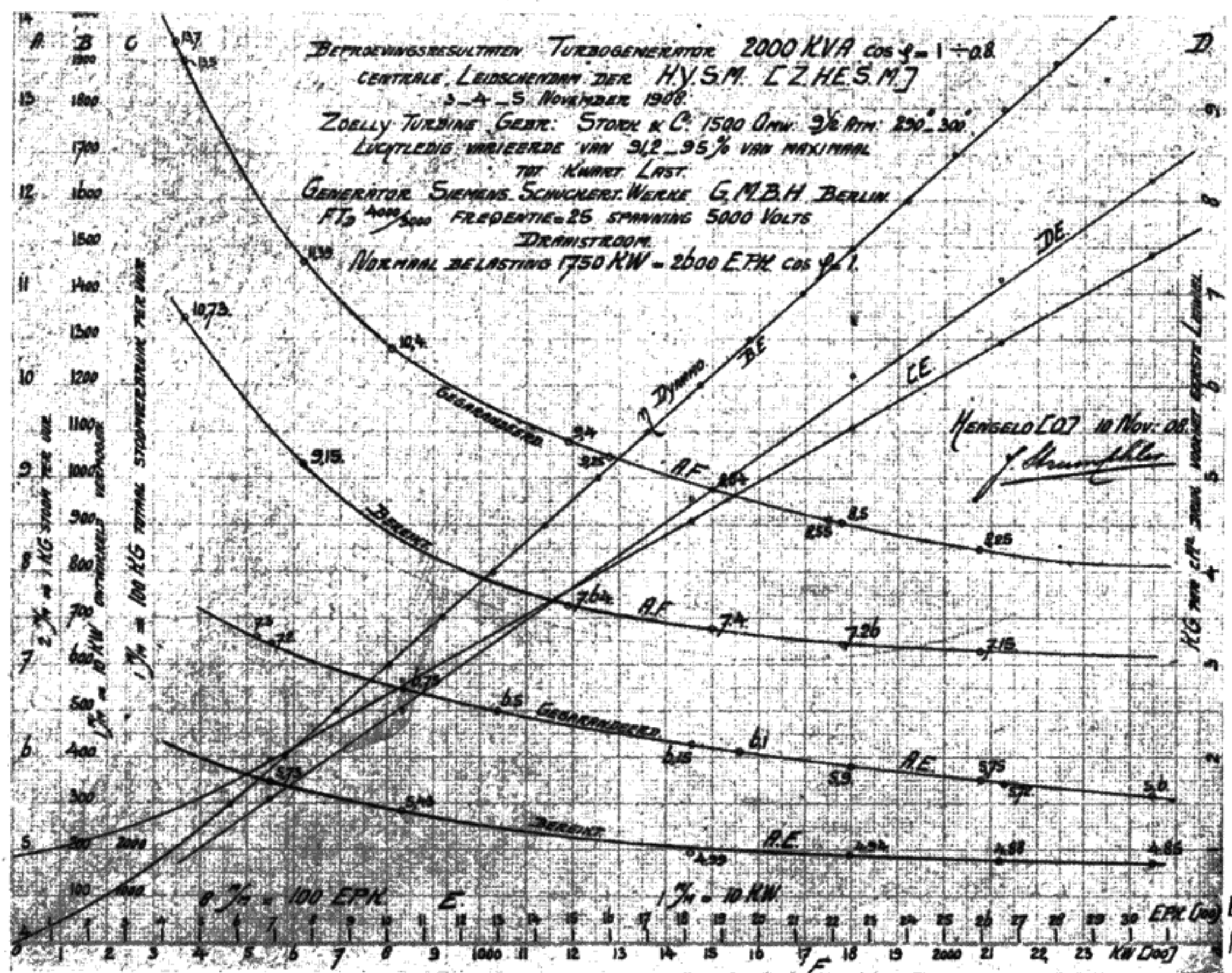


Fig. 22.

turbine nagezien, schoon gemaakt en gedeeltelijk verbeterd wat afdichtingen betreft, en nu gaven de garantieproeven dientengevolge een zeer veel verbeterd stoomcijfer en wel 8.35 K.G. per K.W., dus ca. 0.6 K.G. onder de garantie. Dit is, met het oog op de tegenwoordig steeds moeilijker jacht op tiende's, een zeer belangrijke verbetering. Sedert den bouw van deze turbines zijn hier zooveel verbeteringen aangebracht dat nu een stoomcijfer kan gegarandeerd worden voor een derg. turb. van 8.2 K.G. per K.W.

Door het Syndicaat voor ZOELLY-turbines werden nog volgende cijfers behaald en wel voor de 5000 K.W.turbine van het Rheinisch West-Phälisch Electricitätswerk in Essen, 1000 omw., 10.5 atm., 275°, 88 pCt. luchtledig voor volle en 3/4 last en 90 pCt. bij gedeeltelijke belastingen, 7.76 K.G./K.W. voor 3/4 last, 7.32 K.G./K.W. voor volle belasting;

8.27 K.G./K.W. voor 1/2 last en 10.63 K.G./K.W. voor 1/4 last. In Lille bereikte men met een 1500 K.W. generator 1500 toeren een stoomverbruik bij 13 atm., 280°, 92 pCt. luchtledig, 7 K.G./K.W.

Tot Jan. 1908 werden in het geheel 287 stuks ZOELLY-turbines in uitvoering gebracht of in bestelling genomen met een vermogen van totaal 468.500 P.K., welk getal tot op heden verhoogd werd tot ca. 540.000 P.K.

Ik wil dit overzicht niet eindigen zonder dankbaar te erkennen dat de firma Gebr. STORK & Co. het indertijd op hoogen prijs heeft gesteld dat de directie der Staatsmijnen den moed had de eerste turbines bij haar te bestellen. Voor beide partijen is de uitslag van deze bestelling zeer gunstig geweest, maar het neemt niet weg dat er toen ter tijde moed noodig was om deze bestelling, waarvan het heele bedrijf afhangt, bij ons te plaatsen.

Onder de meest recente proeven met ZOELLY-turbines vallen die welke gehouden werden op 3, 4 en 5 Nov. te Leidschendam met de 2600 P.K. turbine van Gebr. STORK & Co waarvan het verslag hieronder volgt.

**Verslag van de proefneming, gehouden met den turbogenerator No. 1 in de Centrale Leidschendam der Hollandsche IJzeren Spoorweg-Maatschappij (Z. H. E. S. M.) op 3, 4 en 5 November 1908.**

De stoomturbine systeem ZOELLY, is gebouwd bij Gebrs. STORK & Co. te Hengelo in de daarvoor door deze firma speciaal ingerichte afdeling.

De generator voor draaistroom is geleverd door de SIEMENS-SCHUCKERT-Werke, G. m. b. H. te Berlijn. Hij is gebouwd voor 5000 volt, 3 x 231 ampère, 2000 K. W. bij cos. φ = 1, aantal perioden 25, omwentelingen 1500 per minuut.

De opwekking is uitgevoerd volgens een speciaal door S.S.W. gepatenteerd compound-systeem, waardoor een zeer constante spanning wordt verkregen bij sterke en zeer snel wisselende

belastingen van het net. Deze treden op bij het plotseling aanrijden of stoppen der treinen.

Bij de levering golden de volgende garanties:

De turbine geeft bij een luchtledig van minstens 90 pCt., gemeten aan den uitlaat en met stoom van 9.5 atm. overdruk van 280° oververhitting voortdurend een vermogen van 2600 E.P.K. De turbine moet in al hare onderdeelen zoodanig geconstrueerd zijn, dat zij zonder bezwaren met de bovengenoemde oververhitting kan werken.

Trillingen, van welken aard ook, mogen niet voorkomen.

Voor de regeling gelden de volgende data:

De wisselingen in het aantal omwentelingen mogen de onderstaande waarden niet overschrijden:

bij gelijkmatige belasting: ca. 1/2 pCt. van het normale aantal omwentelingen;

bij plotselinge belastingsverandering van 25 pCt.: ca. 1.5 pCt. van het voorafgaande aantal omwentelingen;

bij plotselinge belastingsverandering van 100 pCt.: ca. 5 pCt. van het voorafgaande aantal omwentelingen.

Het verschil in omwentelingen bij vollast en leegloop in constant bedrijf mag niet meer bedragen dan 4 pCt.

Betreffende het stoomverbruik bij bedrijf met oververhitten stoom, exclusief den voor de condensatie-inrichting benodigde arbeid en exclusief het condensaat in de versche stoomleiding, wordt gegarandeerd, dat dit bij een luchtledig van instens 90 pCt., gemeten aan den uitlaat, en bij een koelwater-temperatuur van ten hoogste 25°, niet meer zal bedragen voor een belasting van:

	650	1300	1950	2600 E.P.K.
dan:	7.3	6.5	6.1	5.75 Ko. per E.P.K./uur,

de vermogens gemeten aan de turbine-as.

Voor de nuttige effecten der dynamo gelden de in het proefstation der elektrische fabriek vastgestelde waarden.

Bovenstaande stoomcijfers gelden met een marge van 5 pCt.

Deze cijfers, omgerekend op K.W., worden:

K.W.	345	810	1280	1750
nuttig effect dynamo	72	84.5	89.5	91.5
Ko./K.W./uur	13.7	10.4	9.25	8.55

Het stoomverbruik te meten door condensaatmeting.

Zoals uit deze proeven blijkt, voldeed de turbine in alle opzichten uitstekend aan de haar gestelde eischen.

Het vermogen werd ruimschoots gehaald en wel zonder dat zelfs bij 3060 E.P.K. het automatische overbelastingsventiel in werking trad. Deze turbine is dus nu in staat nog ca. 20 pCt. meer vermogen te geven met hulpstoom dan nu reeds bereikt werd.

Regeling: De turbo-generator werd plotseling ontlast met 100 pCt. door middel van een hoogspannings-olie-uitschakelaar. De slagenteller, die op 1500 toeren stond, sloeg uit naar 1560 (4 pCt.) en na 2 seconden liep de turbo-generator op 1550 (3.3 pCt.) absoluut rustig onbelast verder.

Resultaten der proeven met 2600 E.P.K.-turbine te Leidschendam.

Proef No.	1	2	3	4	5	6	—	8
Datum van de proef	4/11/08	3/11/08	3/11/08	3/11/08	5/11/08	5/11/08	4/11/08	4/11/08
Duur van de proef in minuten	45'35"	51'56"6	64'27"	64'29"	120	30 m.	30'35"	30'21"2"
Bruto-vermogen in K.W.	366	620	1190	1500	1780	2075	—	—
Krachtverbruik condensatie-inricht. in K.W.	34.5	33.6	38	41	37.5	34.5	—	—
Nuttig effect generator	72.3 pCt.	80.6 pCt.	88.8 pCt.	90.7 pCt.	91.5 pCt.	92.25 pCt.	—	—
Aan de turbine-as afgegeven E.P.K.-uur	687	1044	1820	2250	2650	3060	—	—
Totale hoeveelheid condensaat in Ko.	2990	4920	9780	12230	25940	7430	760	910
Condensaat per uur	3938	5680	9105	11120	12970	14860	1490	1820
" " " (inclusief meetbak-correctie)	—	5677	9092	11100	12930	14840	—	—
Ko.	—	5677	9092	11100	12930	14840	—	—
Stoomdruk voor den hoofdstoomafsl. atm.	9.35	9.3	8.6	9.3	9.6	9.45	9.4	10.1
" " het 1ste leiwiél	1.55	2.43	4.82	6.3	7.23	8.23	—	—
Stoomtemp. voor den hoofdstoomafsl. °C	303	299	301	301	306	290	276	294
" " a/d. uitlaat der turbine	45	30.5	32	35.5	38	40.8	73	60
Temp. van het koelwater, intrede	9.5	9.5	9.5	9.8	10	10	10	10
" " " uitrede	13.8	15.5	16.5	18.5	20	21.8	11	11.5
" " " condensaat	16.5	18	22	23	26	26.5	—	—
Luchtledig	94.5 pCt.	95 pCt.	93.5 pCt.	93 pCt.	92.2 pCt.	91.2 pCt.	93 pCt.	93.75 pCt.
Aantal omwentelingen per minuut	1500	1508	1500	1500	1500	1512	1505	1505
Gegarandeerd stoomverbr. p. K.W.-uur Ko.	13.5	11.39	9.40	8.84	8.50	8.25	—	—
" " " E.P.K.- " "	7.2	6.75	6.15	5.9	5.72	5.6	—	—
Bereikt " " K.W.- " "	10.73	9.15	7.64	7.4	7.26	7.15	—	—
" " " E.P.K.- " "	5.73	5.43	4.99	4.94	4.88	4.85	—	—

Zonder opwekking. Met opwekking.

De automatische reguleur zette de turbine buiten bedrijf bij 1680 omwentelingen.

Het condensaat was geheel vrij van olie.

Van trilling was bij de geheele installatie geen spoor te bemerken.

De oppervlak-condensor en centrifugaalpomp, welke ook onder de leverantie van de firma Gebrs. STORK & Co. behoorden, voldeden aan de gestelde eischen. De afmetingen waren zoodanig gekozen, dat een hoog luchtledig werd verkregen.

De proeven werden uitgevoerd, gecontroleerd, accoord bevonden en geteekend door de vertegenwoordigers van:

de Zuid-Hollandsche Electriche Spoorweg-Maatschappij,  
de SIEMENS-SCHUCKERT-Werke, G. m. b. H., Abt. für Electriche Bahnen, te Berlijn en  
de firma Gebrs. STORK & Co. te Hengelo.

N.B. Als gevolg van de laatste verbeteringen in de constructie der ZOELLY-turbine kunnen bovengenoemde stoomcijfers bij nieuwe uitvoeringen nog belangrijk verbeterd worden.

## REDACTIONEEL GEDEELTE.

### Uitbreiding van het gemaal voor het Ambacht van West-Friesland, genaamd „De Vier Noorderkoggen” te Medemblik.

(Met afbeeldingen.)

In de maand Juli van het jaar 1906 werd mij, namens het Bestuur, door den Dijkgraaf van bovengenoemd Ambacht de opdracht verstrekt een project uit te werken voor een nieuw watergemaal tot uitbreiding der bestaande stoominstallatie, waarbij als drijfkracht zuiggas zou worden gebruikt.

De bemaling van den polder geschiedde tot dusverre door 22 windmolens, welke gedeeltelijk schepraderen, gedeeltelijk vijzels aandreven, en een stoominstallatie met een waterverplaatsing van  $\pm 340 M^3$ . per minuut, bestaande uit twee compound-machines met condensatie, elk direct gekoppeld met twee pompen.

Zooveel mogelijk werd met wind gemalen, en bleef er dan een gemiddelde arbeidstijd van 90 etmalen per jaar voor de stoominstallatie over.

In verhouding tot de waterverplaatsing met den bestaanden toestand bereikt, werd de capaciteit van het nieuwe gemaal gekozen en vastgesteld op  $400 M^3$ . per minuut.

Hoewel een grootere reserve zou zijn bereikt, wanneer deze capaciteit over twee of meer agregaten werd verdeeld, adviseerde ik mijn lastgevers slechts één machine direct gekoppeld met één pomp op te stellen.

De fundamenten en gebouwen, in een polder als den onderhavigen geen „te onderschatten factor”, werden bij deze oplossing zóveel goedkooper, dat het voordeel der grootere reserve daartegen niet kon opwegen, te meer omdat reeds een goede reserve in de stoominstallatie bestond, en het bij een bemaling uit den aard der zaak niet van nadeeligen invloed is 24 uur of zelfs langer te stoppen om eventueele kleine reparatiën te verrichten.

Buitendien bleek, dat bij de hier te lande meest bekende constructeurs van centrifugaalpompen geen bezwaar bestond de verlangde capaciteit in één eenheid onder te brengen.

Mijn voorstellen werden door het Bestuur geaccepteerd, en het project in een bestek met teekeningen ondergebracht, waarop geheel of partiëel werd ingeschreven door tien binnen- en buitenlandsche firma's.

Het werk werd gegund aan de Gasmotorenfabriek „Deutz” in combinatie met de firma LOUIS SMULDERS & Co. te Utrecht voor de levering der centrifugaalpomp c. a. en de firma SIEMENS & HALSKE te 's-Gravenhage voor de electriche installatie.

De bouwwerken werden uitgevoerd onder leiding van den hoofdopzichter van het Ambacht, den heer A. KATER JZN.

Het gebouw (fig. 1 en 2) omvat een generatorenkamer, een reinigingslokaal en een machinekamer. Onder de beide laatste ruimten bevinden zich kelders, terwijl de vloer van de generatorenkamer ongeveer op de diepte van de keldervloeren is

aangelegd, teneinde het podium voor de bediening van den generator op de hoogte van den machinekamervloer te kunnen houden, en voor deze ruimte niet in al te groote hoogte te vervallen, omdat een gedeelte der daar geplaatste toestellen zeer hoog is.

Verder bevinden zich in den doorloop van het nieuwe naar het oude gebouw de noodige privaten, wasch- en berggelegenheden, van welke ruimte op die wijze een nuttig gebruik werd gemaakt.

In de generatorenkamer (fig. 1) zijn ondergebracht:

1<sup>o</sup>. Een generator van voldoende capaciteit om de beide nader te omschrijven machines bij volle belasting te kunnen voeden;

2<sup>o</sup>. een verdamper voor het ontwikkelen van den waterdamp, noodig voor het fabriceren van het gas;

3<sup>o</sup>. een scrubber, waarin het gas gekoeld en van de grove stofdeelen gereinigd wordt.

Verder zijn in deze ruimte geplaatst een kleine generator met scrubber voor de voeding van de nader te omschrijven gasdynamo.

In het reinigingslokaal (fig. 1) zijn opgesteld: een exhaustor en twee teereinigers, waarvan één roteerend, de koelwaterpomp en de toeschakeldynamo voor het ontwikkelen van de overspanning voor de lading van de accumulatoren, de aanblaasventilator voor het aanblazen van den grooten generator, door riemoverbrenging gekoppeld met een electromotor, en ten slotte de electromotor voor het in beweging brengen van den exhaustor, de koelwaterpomp en de toeschakeldynamo.

In de machinekamer (fig. 1 en 2) bevindt zich de direct met een dubbelwerkende tandem-gasmachine gekoppelde centrifugaalpomp. De afmetingen der machine (fig. 3) zijn:

slag 700 m.M., zuigerboring 550 m.M.  $\emptyset$ ;

zuigerstangen 140 m.M.  $\emptyset$ ;

De hoofdafmetingen der pomp (fig. 3 en 4) zijn:

Waaier (fig. 5) 1600 m.M.  $\emptyset$  met zestien schoepen, zuigbuizen 1250 m.M.  $\emptyset$ , persbuis 1750 m.M.  $\emptyset$ , afstand hart pomp tot hart kussenblok 2550 m.M.

Verder zijn in de machinekamer geplaatst de ejectieerpomp voor het ejecteren der centrifugaalpomp en de compressor voor het samenpersen der lucht, noodig voor het aanzetten der gasmachine, beiden aangedreven door één electromotor, welke door twee klauwkoppelingen of met de ejectieerpomp, of met den compressor kan worden verbonden; een gasdynamo om den noodigen stroom te ontwikkelen voor het in beweging brengen der hiervoren genoemde hulpwerktuigen en voor de electriche verlichting zoowel van het oude als het nieuwe gemaal.

De stroom wordt gevoerd naar een schakelbord, eveneens in de machinekamer geplaatst, van waaruit de verdeling naar de verschillende afdelingen plaats vindt.

In den kelder zijn ondergebracht alle buisleidingen voor den toe- en afvoer van gas, water en gecompriëerde lucht, waardoor in de machinekamer daarvan geen hinder wordt ondervonden en een beter overzichtelijk geheel is verkregen. Verder bevinden zich daarin de ketels voor de gecompriëerde lucht, en ten slotte is in een tweeden afgesloten kelder nog opgesteld de accumulatorenbatterij, om gedurende den stilstand van het bedrijf de werkzaamheden met electriche licht te kunnen uitvoeren.

De gang van het bedrijf is de volgende:

Teneinde den noodigen stroom te ontwikkelen voor het in bedrijf brengen der hulpwerktuigen, wordt allereerst de in de generatorenkamer opgestelde kleine generator aangemaakt. Zoodra het gas in dien generator van voldoende hittewaarde is, wat door een proefkraan bij den generator wordt geprobeerd, wordt de gasdynamo aangezet. Is deze in bedrijf en dus electriche stroom disponibel, dan wordt door middel van den te voren genoemden aanblaasventilator de groote generator angeblazen en, zoo geen gecompriëerde lucht meer voorradig is, wordt in denzelfden tijd lucht tot  $\pm 12$  atmosferen door middel van den compressor in de in den kelder geplaatste ketels gecompriëerd. Zoodra het gas in den generator van voldoende samenstelling is, wordt aangevangen met het evacueeren van de centrifugaalpomp en de gasmachine aangezet. Het evacueeren wordt inmiddels gecontinueerd totdat de pomp aanslaat, waarna de ejectiemachine wordt afgezet. Zoodra de machine in bedrijf is, wordt ook de roteerende teereiniger in gebruik genomen, welke als volgt werkt. Ze is gebaseerd op het principe der