4.10 Schoorsteen en ketelbemetseling

4.10.1 Schoorsteen

De naam schoorsteen is een samenvoeging van schoor, een schuin gestelde steun en steen het materiaal waar het bouwwerk uit is samengesteld. Een schoorsteen dient om aan de lucht en de verbrandingsgassen de vereiste snelheid te geven en om bij het stromen daarvan door de brandstoflaag, de brander, de vlampijp en tenslotte door de rookkanalen, de weerstand hierin te overwinnen of anders gezegd: de schoorsteen moet voor de nodige trek zorgen. Bovendien dient de schoorsteen om de gassen en het eventueel daarin aanwezige stof zo hoog mogelijk af te voeren zodat zij niet hinderlijk zijn voor de omgeving.

4.10.2 Natuurlijke trek

De trek ontstaat door het verschil in soortelijk gewicht tussen de rookgassen in de schoorsteen en de buitenlucht c.q. de verbrandingslucht daar omheen. Deze rookgassen bestaan, evenals lucht , voor 79% uit stikstof en verder uit zuurstof en kooldioxide. Daar alleen CO_2 zwaarder is dan zuurstof, die gediend heeft tot het vormen daarvan, kan men het soortelijk gewicht van de rookgassen (gerekend bij 0º C en 760 mm kwikkolom) gelijk stellen aan dat van lucht.
Het soortelijk gewicht neemt bij temperatuurverhoging af en is omgekeerd evenredig aan de volume vermeerdering. Van een gas met een soortelijk gewicht = γ_0 bij 0º C en γ_t bij tº C is het gewicht steeds:

$$V_0\,\gamma_0 = V_0\left(1+\frac{t}{273}\right)\gamma_t \ [\mathrm{kg}]$$

Dus

$$\gamma_t = \gamma_0\,\frac{1}{1+\frac{t}{273}} = \gamma_0\,\frac{273}{273+t} = \gamma_0\,\frac{273}{T} \ [\mathrm{kg/\,m^3}]$$

Stellen wij:
Temperatuur van de buitenlucht ……..…….…… = t_1 º C
Temperatuur van de rookgassen in de schoorsteen ……..…… = t_s º C
Hoogte van de schoorsteen ……..…… = H m
Drukverschil aan de voet van de schoorsteen ……..….. = D kg/m²
Soortelijk gewicht van lucht en rookgassen bij 0º C ……..….. = 1,3 kg/m³

Een kolom lucht van 1 m² in doorsnede en H m hoog, oefent buiten de schoorsteen een druk uit van:

$$H\,\frac{273}{273+t_1}\,\gamma_0 \ [\mathrm{kg/\,m^2}]$$

Een kolom rookgas van 1m² in doorsnede en H m hoog, oefent in de schoorsteen een druk uit van:

$$H\,\frac{273}{273+t_s}\,\gamma_0 \ [\mathrm{kg/\,m^2}]$$

Als T_1 en T_2 de absolute temperaturen zijn dan is het drukverschil:

$$D = \left(H\,\frac{273}{273 + t_1} - H\frac{273}{273 + t_s}\right)\gamma_0\ [\mathrm{kg/\,m^2}]$$

Of

$$D = H\,.\,273\,.\,1{,}3\left(\frac{1}{273 + t_1} - \frac{1}{273 + t_s}\right)\ [\mathrm{kg/\,m^2}]$$

Uitgewerkt geeft dit:

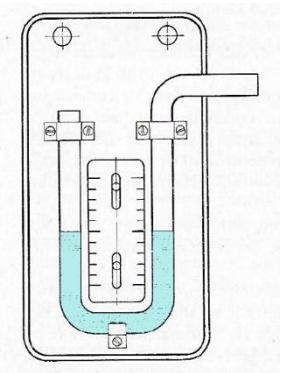
$$D = H\left(\frac{355}{T_1} - \frac{355}{T_s}\right) = [\mathrm{kg/\,m^2}]$$

$$D = 355\ H\,\frac{T_s - T_1}{T_s\ T_1}\ [\mathrm{kg/\,m^2}]$$

De aldus berekende trek noemt men de statische of theoretische trek. Deze trek blijkt dus evenredig te zijn aan de hoogte van de schoorsteen en aan het verschil in temperatuur tussen de rookgassen en de omringende (buiten)verbrandingslucht.
Is de buitentemperatuur bijvoorbeeld 20º C en die van de rookgassen 300º C dan levert de schoorsteen per meter hoogte een drukverschil van:

$$D = 355\left(\frac{1}{293} - \frac{1}{593}\right) = 1{,}205 - 0{,}615 = 0{,}6\ [\mathrm{kg/\,m^2}]$$

De druk van 1 kg/m2 komt overeen met een kolom water van 1 mm. Deze geringe drukverschillen meet men met een zogenoemde trekmeter. Deze bestaat uit een U-vormig buisje gevuld met water, dat met het ene been is aangesloten op de schoorsteen en met het andere been in verbinding staat met een ruimte in het ketelhuis. De (onder)druk wordt weergegeven in millimeters waterkolom en geschreven als mmwk.



Trekmeter

Het statische of theoretische drukverschil (h_{theor}) heeft alleen die waarde als de gaskolom geen snelheid bezit. Zodra de gaskolom beweegt moet een gedeelte van het drukverschil aan de gassen een snelheid meegeven, dus een snelheids- of dynamische druk (h_{dyn}) geven terwijl een ander gedeelte dient om de weerstand langs de schoorsteenwand en tussen de gasdeeltjes onderling te overwinnen (h_{wrijv}). Effectief is dus aan de voet van de schoorsteen slechts beschikbaar (h_{besch}):

$$h_{besch} = h_{theor} - \left(h_{dyn} + h_{wrijv}\right)\ [\mathrm{mm\ w.k.}]$$

In onderstaand overzicht zijn voor de verschillende ketelinstallatie-onderdelen de globale drukverlagingen weergegeven.

In het brandstofbed ..... 6 – 8 mm w.k.
In de rookkanalen bij vuurgangketels ..... 4 mm w.k.
In de vlamkast en de rookkast bij een Schotse ketel ..... 2 mm w.k.
In geveegde vlampijpen ..... 3 mm w.k.
In niet geveegde vlampijpen ..... 6 mm w.k.
In bundels waterpijpen ..... 6 mm w.k.
In de schoorsteen ..... 2 mm w.k.
In een afzonderlijke ketelvoedingswatervoorwarmer (economiser) ..... 6 mm w.k.
Voor het versnellen van de verbrandingslucht ..... 1 mm w.k.

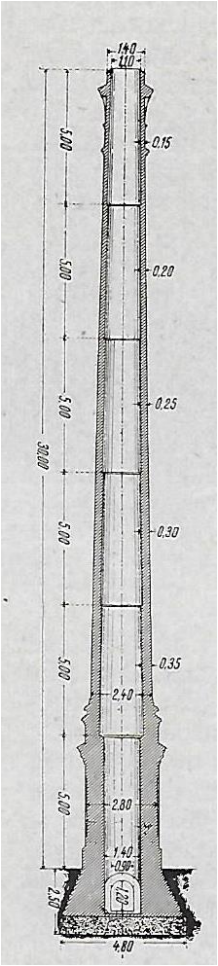
Voor een Schotse ketel met vervuilde vlampijpen is dus 8 + 6 + 2 + 2 + 1 = 19 mm w.k. aan trek nodig. Als men de pijpen raagt is dat 16 mm waaruit blijkt dat aan vervuiling in de pijpen een belangrijk deel (15%) van de trek wordt opgeofferd.
In het algemeen is een grote rookgassnelheid zeer gewenst, omdat zij de warmteoverdracht sterk verhoogt. Bij het toenemen van de luchtsnelheid nemen echter de wrijvingsverliezen kwadratisch toe. Deze extra weerstand wordt beïnvloed door het rookgasvolume, de afmetingen en tevens de vorm(en) van de rookkanalen en zal uiteindelijk overwonnen moeten worden door de trek van de schoorsteen.
Bij de berekening van die kanalen treden verschillende onbekenden op, onder andere het eerdergenoemde rookgasvolume en de temperatuur, die beide veranderlijk zijn. Een vaste formule voor het berekenen van de benodigde rookkanaal-afmeting(en) is zodoende niet beschikbaar. Men behelpt zich in de regel door te zorgen dat de doortocht van de rookgaskanalen in een bepaalde verhouding staat tot het rooster oppervlak (R.O.) van de ketel. Daarbij moet men letten op de afkoeling van de rookgassen, die het volume bij de schoorsteen belangrijk kleiner maakt dan bij het verlaten van bijvoorbeeld de vuurgang. Enige door ketelfabrikanten gehanteerde richtwaarden hiervoor zijn:

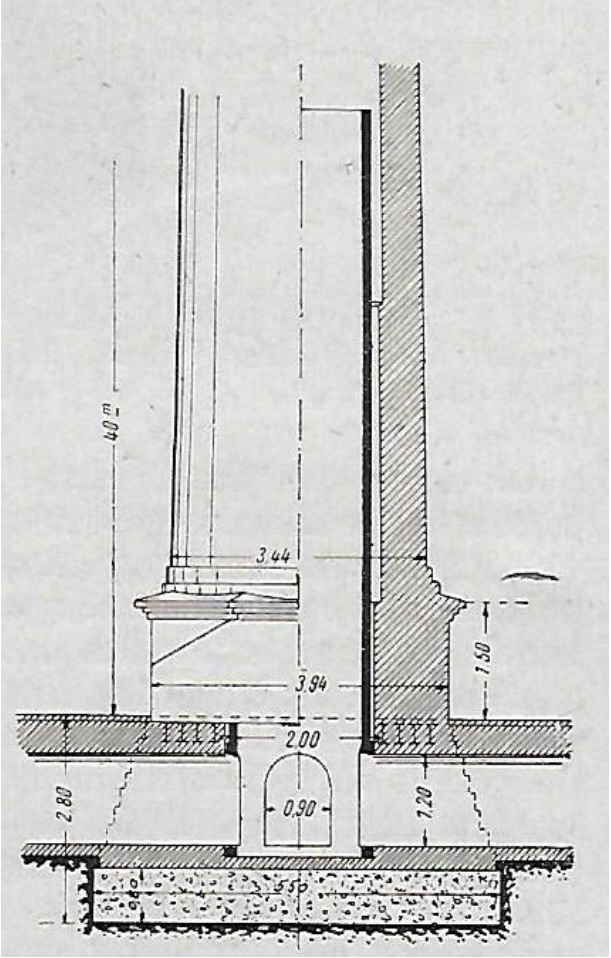
Doortocht naast en onder de ketel ..... 0,25 – 0,40 R.O.
Doortocht in de schoorsteen en boven de vuurbrug ..... 0,16 – 0,18 R.O.
Doortocht vlampijpen ..... 0,15 – 0,20 R.O.

Natuurlijke trek hangt af van de schoorsteenhoogte en de gemiddelde temperatuur van de rookgaskolom daarin. Zowel constructief als procesmatig gelden een aantal beperkingen en is de hoogte gelimiteerd. Voor voldoende trek moet de gemiddelde schoorsteen- temperatuur hoog zijn, waardoor het schoorsteen verlies groot wordt. Middelen voor brandstofbesparing zoals voedingswater voorwarmers (economisers) en luchtverhitters (Luvo's), kan men daarom bij natuurlijke trek veelal niet toepassen, omdat zij de schoorsteen- temperatuur zodanig verlagen dat de trek te gering wordt; bovendien vergroten zij de weerstand aanzienlijk.

4.10.3 Schoorsteenconstructie

Schoorstenen worden van baksteen, plaatstaal of beton gemaakt. Voorzover bekend zijn de laatste twee materialen niet bij ketelinstallaties van gemalen toegepast en zullen daarom in deze leidraad buiten beschouwing blijven.





Constructie van de schoorsteen

Een stenen schoorsteen bestaat uit een meestal onderheide fundatie, een voetstuk ,de schacht en de kop. Het voetstuk wordt verzwakt door de opening(en), van de aansluiting van de rookkanalen. Verder bevindt zich in de voet een stalen toegangsdeur voor de verwijdering van vliegas en roet. Dezelfde deur dient voor inwendige inspectie van de schoorsteen en het aanleggen van een houtvuur voor het opwarmen van de koude schoorsteen bij het in bedrijf stellen van de stoomketel. De rookgastemperatuur kan bij het binnentreden van de schoorsteen 300 ºC bedragen. De onderkant van de schacht wordt met het oog op warmtespanningen en aantasting door zure rookgasproducten voorzien van een vrijstaande binnenpijp ,schutwand genaamd. Deze schutwand kan zijn opgemetseld uit vuurvaste steen of zoals in de figuur hier voor is aangegeven uit een stalen

pijp. De schutwand kan relatief eenvoudig vervangen worden en voorkomt dat de schacht wordt aangetast en de hele schoorsteen vernieuwd moet worden. De schutwand wordt veelal tot over een derde tot een kwart van de hoogte van de schoorsteen aangebracht en heeft een ruime meestal van buitenaf geventileerde spouw ten opzichte van de schacht. De spouw is opgevuld met isolatiemateriaal of aan de bovenkant afgedekt zodat deze zich niet kan opvullen met roet of vliegas. De ruimte tussen de voering en de schacht bedraagt enkele centimeters waarmee wordt voorkomen dat bij grote wind-belasting deze elkaar raken.

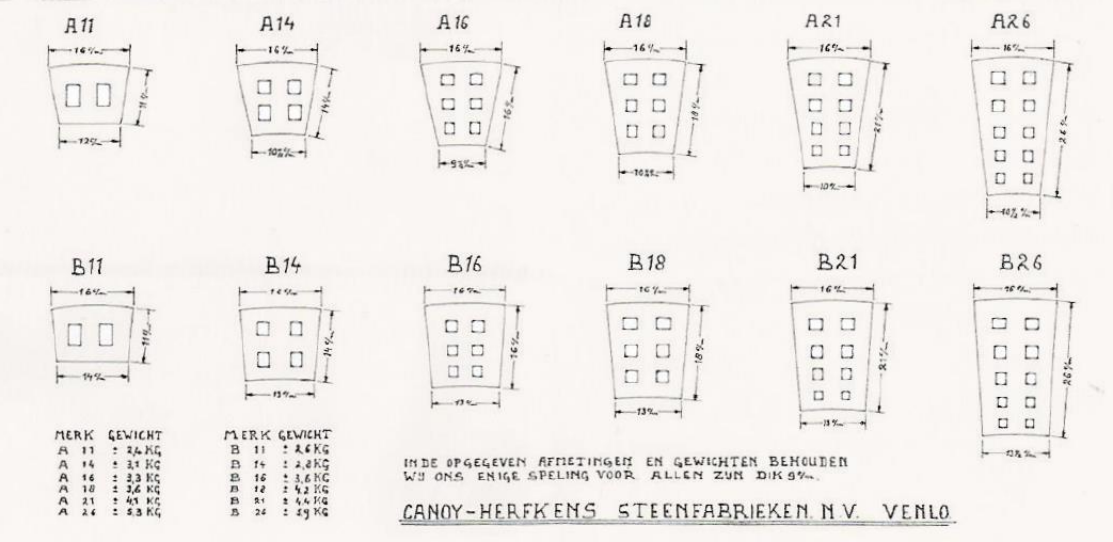
Bij sommige schoorstenen wordt de kop van de schoorsteen onder het hoogste punt verdikt uitgevoerd met het doel de langs strijkende lucht van de uitstroom-opening af te leiden en trekvermindering te verhinderen. Bovenop het metselwerk van de schoorsteenkop wordt meestal een ringvormige gietijzeren afdekplaat geplaatst om inregenen en daardoor vorstbeschadiging te voorkomen.

Omdat de schoorsteen door zijn hoogte gemakkelijk door de bliksem kan worden getroffen moet hij zelfs al tijdens de bouw worden voorzien van een bliksemafleider. Tijdens de bouw worden tevens klimijzers aangebracht om de schoorsteen te kunnen bestijgen en eventueel herstellingen uit te kunnen voeren.

Een gemetselde schoorsteen heeft een wanddikte, welke van boven naar beneden groter wordt. Aan de top is de dikte minstens 15 cm, ongeveer elke 5 meter wordt de wandikte 5 cm groter.

De schoorsteen loopt taps toe (aanloop of bevalling). Als richtlijn houdt men deze aanloop tussen de 1:40 tot 1:60, dit betekent dat de diameter gemiddeld 4 cm per meter hoogte afneemt.

Schoorstenen worden meestal van binnenuit opgebouwd met goed passende radiale vormstenen. Deze stenen zijn als gaatstenen uitgevoerd waarbij, zoals in de figuur hieronder is aangegeven, de afmetingen naar de top van de schoorsteen toe steeds kleiner worden. Met name aan de voet, dus daar waar de schoorsteenwand dikker wordt, wordt deze opgebouwd uit meerdere concentrische ringen radiaalstenen.

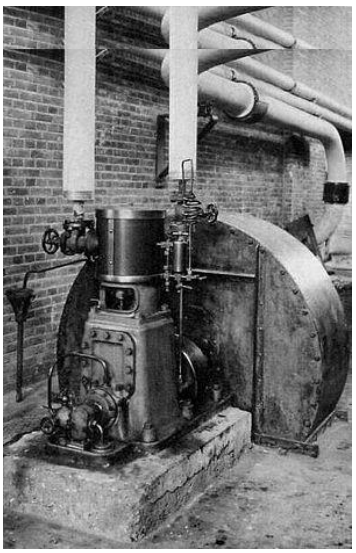


Steenformaten en gewicht

De gaten in de stenen dienen voor isolatie, door de daarin stilstaande lucht, zodat de schoorsteen niet teveel afkoelt en de trek nadelig beïnvloed wordt. De gaten worden bij het metselen gedeeltelijk met specie gevuld zodat een goede verbinding tussen de onderlinge lagen ontstaat.

4.10.4 Kunstmatige trek

Kunstmatige trek wordt toegepast als de som van de weerstanden te groot is voor natuurlijke trek. Dit kan het geval zijn als men roosters met nauwe spleten toepast om fijne steenkool te verstoken, of als er economisers of luchtverhitters worden toegepast. Als voorbeeld: een met een economiser en luchtverhitter uitgeruste waterpijpketel heeft in orde grootte 50 mm w.k. aan trek nodig om te kunnen functioneren. Als daarbij de rookgassen tot 150 ºC afkoelen dan zou men in dit hypothetische geval bij natuurlijke trek een schoorsteen nodig hebben van circa 200 m. Dit is niet realistisch waarom men in zulke gevallen overgaat tot geheel of gedeeltelijke kunstmatige trek. De energie die nodig is voor het creëren van het gewenst drukverschil wordt bij kunstmatige trek niet uit de hete rookgassen gehaald maar uit de stoom of elektriciteit die de naar het aandrijfwerktuig wordt gevoerd. Voor relatief kleine installaties past men dan zogenoemde onderwind toe, dat wil zeggen onder het rooster toegevoerde lucht. Er is dan maar één ventilator nodig die slechts met koude of voorverwarmde lucht in aanraking komt en dus eenvoudig van constructie kan zijn. De schoorsteen hoogte kan dan beperkt blijven tot de in verband met hinder voor de omgeving vereiste hoogte.



Blaasmachine (ventilator)

De capaciteit van de ventilator kan worden geregeld door:

- Kleppen in de leiding voor of na de ventilator (smoorregeling)
- Veranderen van het aantal omwentelingen van het aandrijfwerktuig (kleine stoommachine of elektromotor)
- Verstellen van de leidschoepen die de inlaatopening vergroten of verkleinen
- Verstellen van de schoepen van de waaier

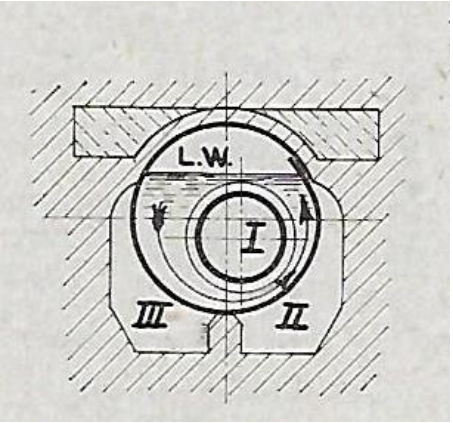
Op de foto hier voor is één van de voormalige twee zogenoemde blaasmachines afgebeeld van het ir. D.F Woudagemaal. De centrifugaalwaaier ventilatoren van deze machines die elk voor de onderwind van drie stoomketels zorgden werden door een snellopende stoommachine aangedreven. De capaciteit van de ventilator werd geregeld door de stoomtoevoer naar de machine meer of minder te knijpen. In het stookfront van de desbetreffende ketel zat bij elke vuurgang in de toevoerleiding een regelklep waarmee de hoeveelheid onderwind per vuur werd geregeld.
Welke trekmethode wordt toegepast is afhankelijk van het toegepaste keteltype en het fabricaat. Naast de toepassing van onderwind zijn er ook systemen waarbij zowel de zuig als de trek met behulp van ventilatoren in serie wordt geregeld of waarbij er in de schoorsteen parallel aan de

natuurlijke trek een ventilator wordt geplaatst. Hiervan is niet bekend of zij ooit bij gemaal-installaties zijn toegepast.

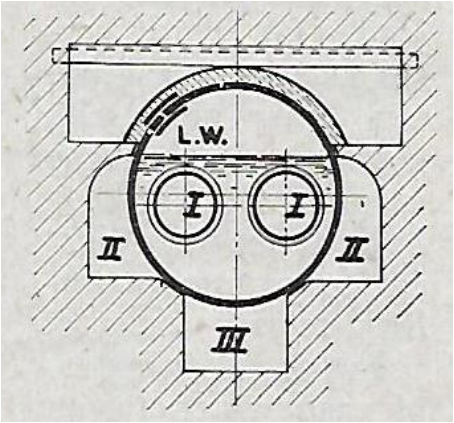
4.10.5 Stoomketel bemetseling

Het doel van de bemetseling van stoomketels is ten eerste om uitstraling van de warmte tegen te gaan en in de tweede plaats om het warmte opnemend oppervlak van de ketelwand te vergroten door de rookgassen door kanalen te voeren welke in het metselwerk worden gevormd. Een ketel welke niet wordt ingemetseld bekleedt men met een isolerende laag, welke voor het verbod op de toepassing van asbest, vaak bestond uit een tegen hoge temperaturen bestand composiet van magnesia (magnesium oxide (MgO)) en het bindmiddel asbest. Eerst wordt op de te isoleren delen kiezelgoer of diatomeeënaarde aangebracht, waarna het magnesia wordt opgestreken. Eenvoudiger aan te brengen zijn steenwolmatrassen, uit diatomeeënaarde of magnesia vervaardigde blokken en schalen. Wordt de isolatie als weke massa, vergelijkbaar met cementmortel, aangebracht, dan wordt deze gewoonlijk beschermd door plaatstalen bekleding. De bekleding van ketelfronten wordt zonder plaatafdekking uitgevoerd maar tegen beschadiging beschermd met jutedoek (gebandageerd). Een en ander kan worden vergeleken met het aanleggen van een gipsverband bij botbreuk.

Bij Cornwall- en Lancashire-ketels gaan de rookgassen van het rooster af door de vuurgangen naar de achterkant van de ketel waar ze in een nis van metselwerk, ook wel hel genoemd, uitkomen.
Bij de Cornwallketel gaan de rookgassen (zie onderstaande figuur) door kanaal II naar de voorzijde van de ketel en duiken daar onder de romp door naar kanaal III vanwaar ze aan de achterzijde naar de schoorsteen gaan. De nisvormige ruimte, evenals een gedeelte van kanaal II is voorzien van een laag vuurvast metselwerk van halfsteens dikte, omdat de temperatuur daar tot 500º a 600º C bedraagt. De bodem is niet bekleed met een vuurvaste laag omdat het uit de rookgassen neervallende roet voldoende bescherming biedt tegen de hoge temperatuur. De bovenkant van de rookkanalen moet minstens 100 mm onder de laagst toegestane waterlijn liggen. Dit is om te voorkomen dat de romp oververhit raakt omdat boven de waterlijn het plaatmateriaal slechts door stoom gekoeld wordt. De horizontale lijn, die gaat door het hoogste punt van de stoomketel, dat met de rookgassen in aanraking is noemt men de vuurlijn. De vuurlijn wordt, meestal in de buurt van het peilglas, met een roodkoperen plaatje aan de voorkant van de ketel aangegeven. Het ketelwater moet steeds boven het door deze lijn aangegeven niveau blijven.
Het voordeel van de rookgassenloop zoals hierboven beschreven, is dat men bij een Cornwallketel van een goede circulatie verzekerd is. Dezelfde loop van de rookgassen wordt door sommige fabrikanten ook bij de Lancashire stoomketel toegepast.

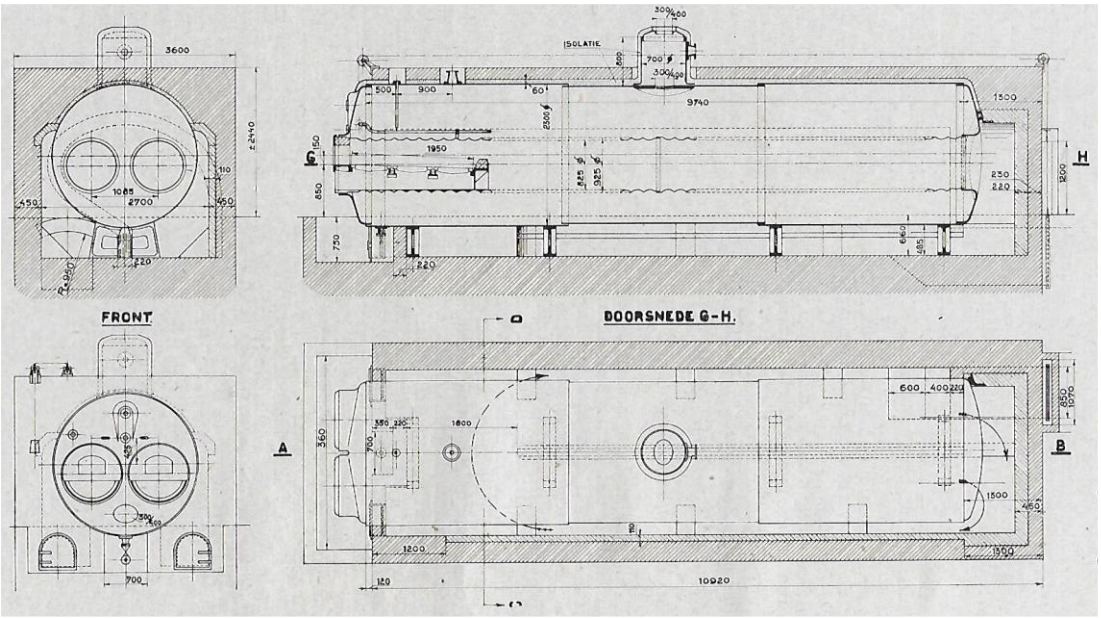


Circulatie bij Cornwall stoomketel



Circulatie bij Lancashire stoomketel

Bij sommige ketels worden de gassen vanaf de achterkant van de ketel langs beide zijden naar voren gevoerd, om dan door een gemeenschappelijk kanaal onder de ketel naar de schoorsteen te gaan. Het bezwaar van deze uitvoering is, dat de sterk afgekoelde gassen langs de onderkant van de ketel stromen waar zich ook het koude water bevindt, zodat de circulatie hierdoor niet bevorderd zal worden en het water bij het opstoken te lang koud blijft. Een andere mogelijkheid is de gassen vanaf de achterkant door een gezamenlijk kanaal onder de ketel door naar voren te voeren en ze daarna via twee zijkanalen naar de schoorsteen te leiden. Het bezwaar van deze uitvoering is dat de ketel- bodem, waarop zich gemakkelijk slib afzet, sterk verwarmd wordt waardoor het materiaal, speciaal op de plaats van de rondgaande klinknaad, een te hoge temperatuur krijgt. Slib is namelijk een slechte warmtegeleider. Ook de stoelen waarop de ketel rust worden door de langsstromende rookgassen sterk verwarmd.



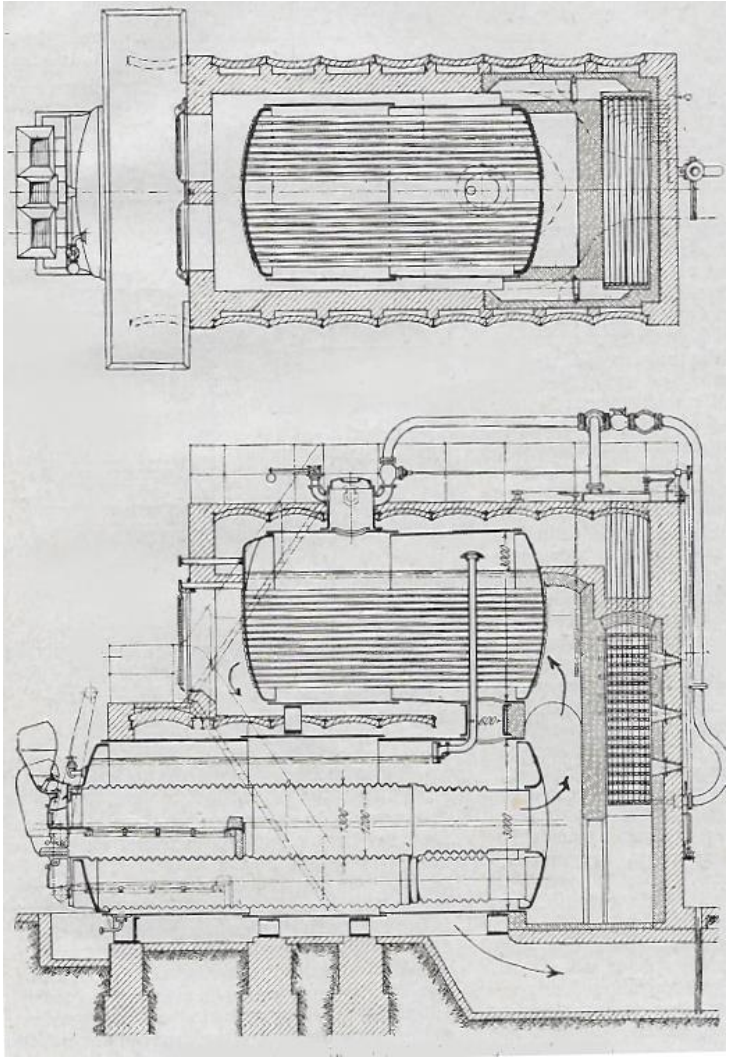
Bemetseling Lancashire ketel

De ketel moet naar de achterzijde kunnen uitzetten omdat deze aan de voorzijde waar de voedings- en spuileidingen zijn bevestigd is vastgezet. Voor afdichting tegen het metselwerk werden daarom dikke gevlochten asbestkoorden aan gebracht. De koorden aan de achterzijde zijn 50 – 70 mm dik en die voor de zijkanten circa 25 mm.

Met name bij de bemetseling van oude stoomketels werd in het verleden veelvuldig asbest gebruikt. Bij het geheel of gedeeltelijk ontmantelen van oude stoomketels voor uitgebreide inspecties zoals bijvoorbeeld het trekken van klinknagels, kan men daarom asbest tegenkomen. In deze leidraad worden dan ook de plaatsen waar asbest kan voorkomen, en in welke hoedanigheid, specifiek benoemd. Deze componenten mogen slechts door hierin gespecialiseerde en gecertificeerde bedrijven verwijderd worden. Omdat asbest niet meer mag worden toegepast is er in de loop der tijd een aantal vervangende materialen ontwikkeld met dezelfde en soms nog betere eigenschappen. Hierdoor hoeft het restaureren van oude stoominstallaties, ondanks de eventuele aanwezigheid van asbest geen probleem te zijn.

Om warmte-uitstraling van het metselwerk tegen te gaan worden de gemetselde wanden als spouwmuren, dus met isolatie door stilstaande lucht, uitgevoerd. Om de lucht in rust te houden worden deze spouwen vaak met stoffen opgevuld welke de warmte slecht geleiden. Men neemt hiervoor stoffen die niet inklinken zoals bijvoorbeeld magnesia platen. De bovenkant van de ketel wordt tussen de muren eerst bedekt met een 5 tot 10 cm dikke leemlaag waarop zand of koolas gestort wordt. Hierop wordt een laag klinkers (hard gebakken baksteen) gelegd. Ook wordt tussen de laag koolas weleens een boog gemetseld zodat er tussen de ketel en de boog een luchtlaag blijft welke weer dient om de warmte-uitstraling te verminderen. In plaats van een as- en zandvulling tussen de opstaande ketelmuren worden ook weleens togen aangebracht tussen stalen I-profielen. Deze profielen worden boven de ketel dwars op zijn lengterichting in de opstaande zijmuren gelegd. De luchtlaag tussen de ketelromp en togen werkt isolerend. Men moet hierbij zorgen dat kalkmortel en as niet direct met de ketelwand in aanraking komen omdat dit in combinatie met druipwater tot roestvorming leidt.
Door de grote temperatuurverschillen waaraan het metselwerk onderhevig is ,zullen gemakkelijk scheuren hierin ontstaan waardoor relatief koude lucht door de rookkanalen naar binnen gezogen wordt. Het scheuren van het metselwerk kan beperkt worden door sterke verankeringen , zowel in de lengterichting als de in de breedte, naast het gebogen uitvoeren van de constructies. Het metselwerk mag geen belasting opnemen door het gewicht van de ketel.
Op de vloer van de rookkanalen worden soms zogenoemde beren (gemetselde verhogingen) aangebracht om de rookgassen dooreen te wervelen, waardoor bereikt wordt dat de warme gassen in de kern van de gasstroom in aanraking komen met de ketelwand. Een nadeel is dat tussen de beren, vooral aan de schaduwzijde ervan, zich gemakkelijk roet en as afzet.
De verticale wanden van de ketelbemetseling worden meestal aan de buitenzijde gesteund door stalen U-profielen. Om het metselwerk te kunnen inspecteren aan de binnenkant en om de rookkanalen te kunnen reinigen worden op een aantal plaatsen gietijzeren deuren of deksels aangebracht. Behalve de hiervoor besproken bemetseling werd ook wel een isolatie toegepast waarbij geen stenen gebruikt worden. Het isolerend vermogen is hierbij beter, terwijl de kans op scheuren ook minder is, en verliezen door het aanzuigen van koude lucht afnemen.

Bekend zijn de systemen van Viko (Stork) en die van Zuidnim (Jaffa). Bij de Viko-isolatie worden op de bemetseling 55 mm dikke isolatieplaten geklemd tussen de U-balken van de bemetseling-verankering en Zores-staal. Bij het isolatie systeem van Zuidnim bestaat de bekleding uit gegoten ijzeren platen welke aan de buitenzijde van isolatiemateriaal en aan de binnenkant zo nodig van vuurvaste bekleding voorzien zijn.
Wanneer de ketel aan de achterzijde uitgerust is met een oververhitter welke achter de romp is geplaatst moeten de rookkanalen van kleppen worden voorzien. Deze worden met het oog op geringe vormverandering ten gevolge van temperatuurverschillen van gietijzer gemaakt. Ook kleppen van plaatstaal met opgelaste ruggen waartussen isolatiemateriaal is aangebracht voldoen, vanwege het geringe temperatuurverschil, goed. De kleppen kunnen voorzien zijn van een doorlopende as of van aangegoten of aangelaste tappen die in ruime potten draaibaar moeten zijn in verband met vervuiling door roet af asresten.



Bemetseling Piedboeuf ketel

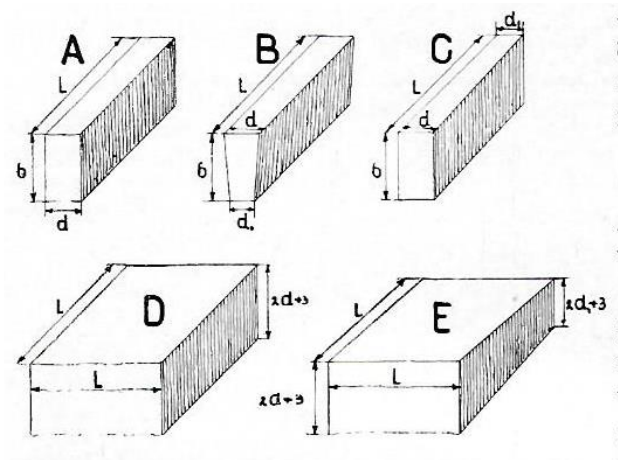
In het rookkanaal achter de ketel bevindt zich een regelschuif of demper, welk met een over wieltjes lopende staaldraad vanaf de standplaats van de stoker bedienbaar is. De draad is belast door een contragewicht voor gemakkelijke beweging van de schuif.
De ketel wordt ondersteund door gegoten ijzeren of gelaste stalen stoelen, welke geplaatst moeten worden dicht bij de rondgaande klinknaden omdat hier de ketelwand het stijfst is. Bovendien is het wenselijk de stoelen te plaatsen onder de cilindrische delen met de grootste diameter, daar bij plaatsing onder de rompdelen met de kleinste diameter door het gewicht van het water de klinknagels op trek belast worden.
Daar de uitlijning van de fundatie kan afwijken als gevolg van verzakking of kromtrekken van de ketel is het aanbevelenswaardig, indien mogelijk, slechts twee stoelen onder de ketel te plaatsen en wel zodanig dat in de overhangende en tussenliggende delen van de ketelromp dezelfde buigmomenten optreden. Men hanteert hiervoor vanuit het midden gerekend een afstand van 0,59 keer de lengte. De vlaktedruk tussen de stoelen en de fundatie mag de 5 kg /cm² niet overschrijden.
Bij lange ketels plaatst men de stoelen soms op rollen, uitgezonderd de eerste twee gerekend vanaf het front, die vastgezet worden. De stalen rollen hebben dan een diameter van 60 mm en kunnen over een in de fundatie vastgezette stalen of gegoten ijzeren plaat bewegen.

Vuurvaste steen

De binnenbekleding van een stoomketel bestaat daar waar de temperatuur de 500 ºC te boven gaat uit vuurvaste steen. Bij ketelbemetseling behoren deze uitsluitend tot de zogenoemde chamotte groep, dat wil zeggen dat ze zijn gemaakt van vuurvaste klei, chamotte, en een mengsels of verbindingen van aluminiumoxide (Al_2O_3) en siliciumdioxide (SiO_2). De keuze van de grondstoffen bepaalt de scheikundige samenstelling alsook de natuurlijke hoedanigheden. Ook de wijze van bewerking is van invloed op de uiteindelijke eigenschappen van de steen. De fabrikant heeft dus de mogelijkheid de steen aan diverse bedrijfseisen aan te passen. Een steen met een grote weerstand tegen temperatuurwisselingen moet min of meer poreus zijn terwijl een grote weerstand tegen aantasting door gesmolten slakken juist een dichte steen vraagt. Het percentage aluminiumoxide is, zoals uit het onderstaande overzicht is af te leiden, bepalend voor de hoogte van de temperatuur waaraan de steen kan worden blootgesteld en de weerstand tegen aantasting door steenkoolslakken.

Soort	Smeltpunt		Al_2O_3 gehalte	Gebruiksdoel
	SK	ºC		
SG I	29	1650	25 - 30	Vuurgangketels, behalve de vuurbrug. Alle wanden zonder bijzondere aantasting van slakken voor temperaturen niet hoger dan 1000º C
SG III	33	1730	35 - 38	Wanden van vuurhaarden, die niet aan de hoogste temperaturen worden blootgesteld.
Y	33/34	1740	37 - 40	Zijwanden van vuurhaarden in de heetste zones , gepaard gaande met aantasting door slakken en vuurbrug.
X	34/35	1760	40 - 43	Ontstekingsgewelven. Zijwanden van vuurhaarden in de heetste zones. Oliestook inrichtingen

In het verleden was het gebruikelijk de smeltpunt-temperatuur in Segerkegel (SK) uit te drukken; vernoemd naar de Duitse chemicus Hermann Seger (1839-1893). Hij ontwierp slanke kegels van keramisch materiaal die bij een bepaalde temperatuur en tijdsduur ombuigen. De kegels werden, van buitenaf zichtbaar, naast de gedroogde stenen in de steenoven geplaats. Als tijdens het stookproces de bovenste punt van de kegel knakte wist men dat de gewenste temperatuur was bereikt. De aanduidingen op de kegels stonden voor een bepaalde temperatuur uitgedrukt in graden Celsius. De vuurvaste stenen werden meestal in gangbare formaten gebakken zodat ze ook in verband met de normale baksteen konden worden verwerkt. De maten van de bijbehorende wiggen (voor het maken van gewelven) correspondeerden met die van de rechte stenen. Ook werden wel speciale vormstenen voor afwijkende vormen van gewelven van alle voorkomende stralen gemaakt in een zodanige kwaliteit als voor de bestemming en condities vereist zijn



Steenformaten voor ketelbemetseling

Men noemt de stenen in de bovenstaande afbeelding: A = normaalsteen, B=kopwig voor halfsteens gewelf, D=vierdubbele normaalsteen, en E=vierdubbele wig. Vierdubbel is vakjargon, bedoeld wordt het viervoud van de breedte van de normaal steen of wig en niet vier keer de dubbele breedte van de steen.

De verbruiker heeft er belang bij zich aan de gangbare maten te houden zodat met name bij noodreparaties de stenen snel geleverd kunnen worden. Ook zijn de kosten geringer. De stenen die vaak vervangen moeten worden zoals bijvoorbeeld bij de vuurbrug, houdt men meestal op voorraad. Vuurvaste stenen zijn ten opzichte van normale baksteen glad, vormvast en nauwkeurig aan de maat. De stenen worden min of meer verlijmd waarbij voor de stoot- en langsvoeg een ruimte wordt aangehouden van slechts 3 mm. De metselspecie waarmee de stenen worden verwerkt moet dezelfde samenstelling -en daardoor dezelfde uitzetting/krimp coëfficiënt- als de stenen hebben. Indien men de specie niet samen met de stenen betrekt van dezelfde leverancier loopt men de kans schade te berokkenen aan het metselwerk door scheurvorming.

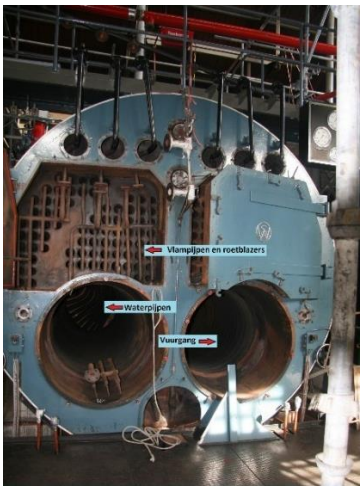
4.10.6 Roetblazers

Zodra de stoomketel in bedrijf is, zal als gevolg van onvolkomen verbranding zowel in de ketel als daarbuiten roet neerslaan. Ook wordt vliegas gevormd uit de niet brandbare delen van de brandstof dat zich tegen de onderkant van de waterpijpen bij waterpijpketels en in de dode hoeken van de rookkanalen van de ketelinstallaties afzet. Beide stoffen zijn slechte warmtegeleiders en

verminderen de overdracht van warmte uit de rookgassen naar het ketelwater. Ook kunnen roet en vliegas de vlampijpen of de rookkanalen verstoppen. Bij eenvoudige installaties is het niet lonend hiervoor speciale voorzieningen te maken, die deze reiniging tijdens het bedrijf mogelijk maken. In zulke gevallen wordt na het uit bedrijf nemen van de ketel het roet en de vliegas handmatig verwijderd. De ketelinstallaties zijn daartoe uitgerust met deuren dan wel handgaten. De vlampijpen bij een vlampijpketel worden geraagd met een ronde staalborstel waaraan een vaak uit meerdere delen bestaande lange steel wordt geschroefd.

Pijpenrager

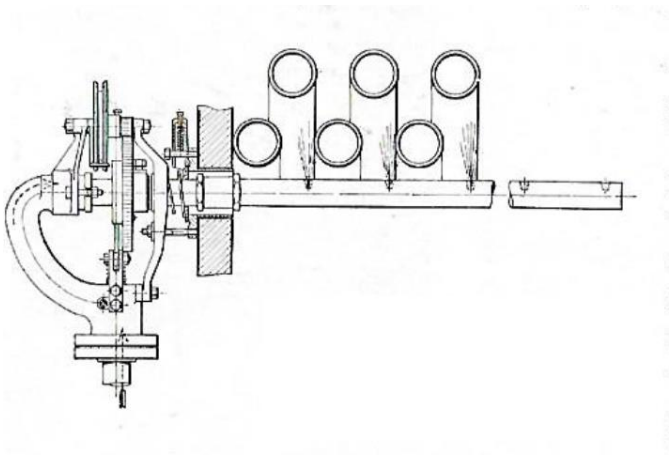
De borstel of pijpenrager wordt in een heen- en weergaande en tevens draaiende beweging door de pijp gestoken. De roet- en asresten moeten aan de achterzijde van de pijpenbundels handmatig worden verwijderd.
Om tijdens bedrijf de vlampijpen van een ketel te kunnen reinigen worden deze van roetblazers voorzien. Deze bestaan meestal uit, voor de vlampijpen geplaatste, nozzles of straalpijpjes, waarmee stoom van keteldruk of perslucht, met hoge snelheid in de vlampijpen wordt geblazen. De roet- en vliegasdeeltjes worden dan van de pijpwand losgerukt, met de rookgasstroom meegenomen en via de schoorsteen afgevoerd.
De foto's hieronder tonen de voor onderhoud deels losgenomen roetblaasinrichting van een van de vier Schotse ketels van het ir D.F. Woudagemaal in Lemmer. De vlampijpenbundels zijn hier verdeeld in drie secties die door het openen van de afsluiters op de ketel na elkaar met stoom worden schoon geblazen.

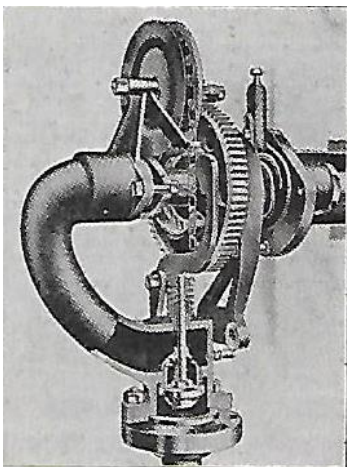


Roetblaasinrichting Schotse-ketel

Bij waterpijpketels is de situatie anders omdat de rookgassen en dus het roet en de vliegas aan de buitenzijde van de pijpen wordt afgezet en wel aan de onderkant hiervan.

Delen hiervan zetten zich af in de vorm van vogelnesten en worden daarom met de Engelse benaming birdsnestings aangeduid. Ook deze worden door middel van een krachtige stoomstraal verwijderd waarbij het roet en de meer of minder vloeibare as van de pijpwand wordt losgerukt, en met de rookgasstroom meegenomen en via de schoorsteen afgevoerd. Een veel toegepaste roetblazer is die van Diamond welke op de onderstaande figuren is afgebeeld.





Roetblazer voor waterpijpketel

Deze blazer bestaat uit een draaibare, horizontale aan het einde gesloten en van meerdere straalpijpjes voorziene blaaspijp die door middel van een ketting, nestenschijf en tandrad-overbrenging vanaf de ketelhuisvloer bedienbare is. De stoomtoevoer vindt plaats door een via een nok bediende klep. Na het openen van de hoofdstoomafsluiter in de toevoerleiding wordt de pijp drie keer heen- en teruggedraaid. Een blaasperiode duurt ongeveer 45 seconden. Gezorgd moet worden dat de toevoerleiding ontwaterd is en er met zo droog mogelijke stoom wordt geblazen.
Afhankelijk van de afmeting van de ketel en de rangschikking van de waterpijpen zijn er 3-5 blaaspijpen aangebracht. Iedere blaaspijp bestrijkt een door de lengte van de nok bepaald deel van de pijpen. Veelal is dat een cirkelboog van iets minder dan 180 º.
Aangezien de stoompijpen van de roetblazers in een vochtige ruimte met hoge temperatuur liggen, waarbij de rookgassen veel kooldioxide (CO_2) bevat, zullen gewone staalsoorten snel roesten. Dit is de reden dat deze pijpen van een speciale gelegeerde staalsoort worden gemaakt.