

Tesis de Posgrado

Obtención de magnesia calcinada liviana y pesada, mediante horno rotatorio a fuego indirecto

Caballero, Julio César

1943

Tesis presentada para obtener el grado de Doctor en Química de la Universidad de Buenos Aires

Este documento forma parte de la colección de tesis doctorales y de maestría de la Biblioteca Central Dr. Luis Federico Leloir, disponible en digital.bl.fcen.uba.ar. Su utilización debe ser acompañada por la cita bibliográfica con reconocimiento de la fuente.

This document is part of the doctoral theses collection of the Central Library Dr. Luis Federico Leloir, available in digital.bl.fcen.uba.ar. It should be used accompanied by the corresponding citation acknowledging the source.

Cita tipo APA:

Caballero, Julio César. (1943). Obtención de magnesia calcinada liviana y pesada, mediante horno rotatorio a fuego indirecto. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis_0350_Caballero.pdf

Cita tipo Chicago:

Caballero, Julio César. "Obtención de magnesia calcinada liviana y pesada, mediante horno rotatorio a fuego indirecto". Tesis de Doctor. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. 1943. http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis_0350_Caballero.pdf

UNIVERSIDAD NACIONAL DE BUENOS AIRES
Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales

OBTENCION DE MAGNESIA CALCINADA LIVIANA Y PESADA,

MEDIANTE HORNO ROTATORIO A FUEGO INDIRECTO

FORMA

Tesis para optar al grado de Doctor en Química

por

JULIO CESAR CABALLERO

Tesis : 350

Buenos Aires

1943



1974

Quiero manifestar mi agradecimiento al profesor y
amigo Dr. Carlos J. Gini Lacorte por sus sabias con-
sejos.

1944

A MI ESPOSA, EFICAZ COLABORADORA
Y COMPAÑERA DE SIEMPRE

1944

A MIS PADRES

a quienes dedico mi carrera.

1948

1949

OBTENCION DE MAGNESIA CALCINADA LIVIANA Y PESADA, MEDIANTE

HORNO ROTATORIO A FUEGO INDIRECTO

Primera parte

F. N. A.

Es relativamente reciente el franco incremento que han tomado las industrias argentinas y soy un convencido de que ellas serán de las escenas mas aplaudidas en el teatro comercial del mundo, porque las riquezas en materias primas de nuestra tierra van en franco aumento a medida que el escudriñamiento de nuestro suelo avanza. Si a esto agregamos el deseo de independencia económica, que es quizá el grito de libertad complementario al dado por nuestros abuelos en 1810, anhelo que debe vibrar en el corazón de todo argentino, veréis porqué mi embanderamiento con las industrias.-

En estos momentos en que la necesidad agudiza aún más el ingenio, se está trabajando mucho en industrias químicas en nuestro país, pero creo se ha olvidado una rama importante de ella: me refiero a la industria químico-farmacéutica; importante desde el punto de vista de la misión que desempeña e importante desde un punto de vista económico-industrial. A uno de sus múltiples renglones he de prestar mi atención.-

La fabricación de estos productos, o mejor dicho el producto ya elaborado, debe ajustarse a un codex, que para nuestro caso es la Farmacopea Nacional Argentina (F.N.A.).-

En el comercio drogueril se denomina magnesia calcinada liviana al óxido de magnesio (MgO), denominación ésta que se halla en casi todas las farmacopeas del mundo y que la nuestra también lo es-

pecifica con claridad. En este mismo ambiente se llama magnesia calcinada pesada un hidrato de magnesio que contiene un 68% - 72% de MgO y que como consecuencia no responde exactamente a la fórmula $(OH)_2Mg$ sino que contiene a veces un mayor porcentaje de agua, debido a su higroscopicidad o mejor dicho a la adsorción de agua durante la hidratación del óxido de magnesio.

La creciente demanda local de magnesia calcinada, aumentada con las dificultades actuales de su importación ha llevado a la instalación de más de una fábrica de dicho producto.-

Según datos oficiales publicados por el Ministerio de Hacienda de la Nación y rubricados por la Dirección General de Estadística (1) revela que en el primer semestre del año 1941 se ha importado 20.400 Kg. de magnesia calcinada liviana y en igual periodo del año 1942 se ha importado tan solo 3.300 Kg.- En épocas normales, me refiero en épocas en las que el mundo no se ve convulsionado por entredichos armados, la importación de este producto alcanzaba a unos 50.000 Kg. por año, siendo el país que más nos enviaba, Italia, representada por las fábricas de Carlo Erba en Milano.

La gran merma observada en el primer semestre de 1942 no tiene otra causa que las dificultades en la importación.

Es cierto que la producción de magnesia calcinada en el país ha ido en franco aumento, pero el producto existente en plaza está muy lejos de llenar los requisitos fundamentales que exige nuestra Farmacopea.-

Ello estriba en su método de obtención, que está muy lejos de ser el más racional. Hoy se obtiene en nuestro país solamente magnesia calcinada pesada en virtud de que se hace una precipitación del $(OH)_2 Mg$ partiendo de sulfato de magnesio y lejía de soda.

El grado de hidratación que tiene este producto rebaja tanto su tenor en MgO que lo hace desechable.-

La magnesia calcinada pesada obtenida por precipitación alcanza, en el mejor de los casos a un 58% de MgO y sabemos que la F.N.A. II (2) exige no menos de un 68% de MgO .- Este elevado tenor en agua es muy razonable por cuanto el $(OH)_2 Mg$ es un coloide que adsorbe gran cantidad de agua, es liófilo o hidrófilo no ocurriendo lo mismo con el MgO que posteriormente es hidratado.-

Aparentemente un consumo anual de 50.000 Kg. de magnesia calcinada nos parece una cantidad muy grande; pero no debemos olvidar que como laxante antiácido es lo más apropiado y luego su reducido costo lo pone al alcance de todo presupuesto. Pero aparte de su empleo como magnesia calcinada sabemos que es una magnífica vía, y muy empleada, para la elaboración del citrato de magnesio en solución, más conocida como limonada Rogé. La elaboración de este purgante está especificada en Medicamenta (3) a partir de solución de ácido cítrico y magnesia calcinada.-

Hager (4) recomienda la preparación de leche de magnesio, suspendiendo OMg en agua, en una concentración de 7 - 8 % de MgO .-

La carencia de un buen producto ha llevado a hacer aceptable la magnesia calcinada pesada con bajo porcentaje en óxido de magnesio, por eso propongo continuar con la calcinación, que es como re-

comienda obtenerla casi todas las Farmacopeas del mundo, pero propongo la calcinación no en hornos estáticos sino en hornos dinámicos, que son de trabajo continuo, más económicos y más rendidores que los estáticos.-

La calcinación de la magnesita (carbonato de magnesia ligero) o la calcinación de carbonato de magnesia es o fué practicada no con la finalidad de obtener un óxido de magnesio sino para obtener CO_2 .- Hacíase esto tratando de substituir la anti-economía preparación de CO_2 a partir de carbonatos por tratamiento con ácidos.- Digo anti-económica preparación por cuanto esto era factible siempre que los subproductos que se obtenían Cl_2Ca ; Cl_2Mg ; o $\text{SO}_4 \text{Mg}$) tuvieran mercado para ser colocados; pero como las sales de Magnesio comenzaron a ser producidas en gran escala por la industria de las sales potásicas, dicho método cayó en desuso y fué reemplazado por otro en el que el producto secundario tenía más aplicación. Fué la calcinación del carbonato de magnesia quien solucionó este inconveniente, quedando como subproducto un óxido de magnesio bastante puro como para trabajos industriales.-

The Magnesite Company (Hamburgo) protegió con la D.R.P.253552 (5) un horno para calcinar piedra caliza y carbonato de magnesia con el objeto de obtener CO_2 .- Se trataba de un horno estático; se colocaba el material a calcinar en crisoles, de donde se obtenía CO_2 y en los cuales quedaba como "residuo" MgO y CaO .-

Las exigencias de pureza de los subproductos llevaron a trabajar con materias primas mas seleccionadas, pero ello no ha

modificado en forma sustancial el horno.- Aún en la actualidad la fábrica de productos químicos de Carlo Erba, Milán, trabaja con hornos estáticos.- Menciono esta fábrica porque ella es la productora de magnesia calcinada más acreditada en nuestro país; fácilmente el 90% de la magnesia calcinada que se importaba procedía de dicha fábrica.-

El horno estático fue el horno empleado en toda industria en que había un proceso de calcinación, tostación, o dicho en forma más general en todo proceso de calentamiento a elevadas temperaturas para materiales sólidos.-

Los esfuerzos realizados con el fin de acortar los tiempos de cocción, con exclusión de todo trabajo manual, condujeron a la construcción de cámaras rotativas y a realizar el proceso de calefacción en tambores rotativos. Uno de los más antiguos de estos hornos fue empleado en la fabricación de la osa. (6).-

Para la tostación y disgregación de materiales que no tienden a "amasarse", se emplean largos tambores rotativos con el nombre de hornos rotativos de tubo.-

Usanse hoy hornos rotativos en diversas industrias químicas, con pequeñas variantes ajustadas al proceso químico que en él se realiza.- Emplease éste tipo de horno en la obtención del cromato de calcio (7), pero como es fácil preveer, los hornos rotativos se hallan hoy representados principalmente por la gran industria de los cementos. (8).- Desde 1884 se aplica el horno rotativo al cocido del cemento y ello fue realizado por el inglés Ransome.-

Esta fecha nos dá una idea de lo antiguo que es el conocimiento de los tambores rotativos de cocción y puede decirse que desde entonces ha quedado establecido el empleo de los hornos dinámicos los cuales, como dije anteriormente han sufrido modificaciones o mejor dicho se han adaptado a diversas industrias.- Las adaptaciones han sido de acuerdo al proceso químico que se ha debido realizar pero su esencia es la misma.-

La industria del plomo (9) emplea un horno rotativo de tubo, con un emparrillado fijo en su interior, mientras el mineral se tuesta en una parte del revestimiento exterior del tubo.- Este tipo de horno es de tostación y los minerales a tostar son los minerales sulfurados. Es casi análogo al que se emplea en la tostación del sulfuro de cobre.-

En Monte Amianta (10) en la explotación metalúrgica Abbadia, se inauguró en 1913 un horno tubular rotativo, para la industria del mercurio (a partir del cinabrio) de Möller y Pfeiffer.-

La patente británica 488.176 otorgada el 1º de Julio de 1937 describe un horno rotativo para la destilación del cino (11).-

Otro horno de calcinación es el que se emplea para obtener bauxita y es del tipo Thomsen (12).- Es un horno rotativo en el que además de "ahorrar trabajo humano" (dice el autor) se obtiene un producto más uniforme.-

Es un tambor de hierro forjado revestido interiormente de material refractario, ligeramente inclinado entre dos cámaras de mampostería; mediante aros externos se le imprime la rotación y de la parte más alta se desprenden los gases, extremo por el cual se veri-

fica la alimentación mediante una tolva.- En el extremo bajo se halla el hogar.- La masa fundida cae a un segundo tambor que marcha al unísono con el primero y que hace de enfriador.-

En hornos más modernos éste tambor enfriador se emplea como precalentador del material que ha de introducirse en el horno propiamente dicho.-

James Mac Donald (13) dá someros detalles de un horno de calcinación rotativo, en el cual la energía térmica es suministrada por una corriente eléctrica. Dicho horno se halla protegido por la patente británica 490.678 - Agosto 17 - 1938.-

Las reacciones que se producen durante la calcinación (14) de los ingredientes son controladas por análisis químicos y físicos a fin de saber la marcha del horno en sus distintas partes y el grado de disgregación que va alcanzando el producto.-

Dentro de los controles lógicos de la producción es de suma importancia el de velocidad de rotación del horno, dato este que solo lo suministra la experiencia.-

Respecto a la calcinación del carbonato de magnesia en hornos rotativos, considero que aun no ha sido tratada o al menos no hay datos que puedan manifestarnos a ciencia cierta que dicho punto ha sido abordado al menos para elaborar un óxido de magnesio de uso farmacológico.-

Kurt R. Shöre y Paul Jordan (American Surgi Corp) U.S. 2.198.870 - Abril 30 - 1939 (15) han construido un horno dinámico para la calcinación de dolomitas muy ricas en carbonato de magne-

sia, obteniendo un MgO con un 30% de CaO, producto muy empleado en la industria como aislante térmico y que es, puede decirse, el único horno rotatorio de que reza la bibliografía, donde se obtiene un óxido de magnesio.-

Demostrada con estadísticas la importancia económica de la elaboración de la magnesia calcinada y la continuidad de trabajo de los hornos dinámicos, como así también sus ventajas industriales, abordaremos el tema ajustados al siguiente plan:

- 1) Materias primas del país para obtener magnesia calcinada liviana y pesada.-
- 2) Análisis de las distintas materias primas.-
- 3) Descripción del horno dinámico.-
- 4) Condiciones de trabajo para el horno rotatorio.-
- 5) Análisis del producto obtenido de distintas partes del horno durante su funcionamiento.-
- 6) Análisis de los productos de ambos hornos.-
- 7) Rendimiento horario del horno rotatorio y comparación con el rendimiento de un horno estático. (Conclusiones).-

Parte práctica

1)- Materias primas del país para obtener magnesia calcinada liviana y pesada.-

Como materia prima inmediata para obtener magnesia calcinada liviana y pesada, se emplea el carbonato de magnesia que recibe la siguiente denominación: magnesia blanca, tricarbonato tetramagnesio, e hidrocarbonato de magnesia (16) y que responde a la fórmula: $(\text{CO}_3\text{Mg})_3 \text{MgO}; 4\text{H}_2\text{O}.$ -

Por razones económicas este producto debe ser obtenido en la misma fábrica, para lo cual se utiliza magnesita, que tratada con ácido sulfúrico comercial hasta reacción débilmente alcalina (para asegurarse de la precipitación de los metales pesados) nos brinda una solución de sulfato de magnesio, la que tratada con solución de carbonato de sodio nos precipita el carbonato de magnesio que deseábamos.-

La razón de obtener éste producto en la misma fábrica estriba en que una vez lavado, centrifugado y secado el producto en cuestión, nos queda una solución de sulfato de sodio, que dejada evaporar en condiciones al medio ambiente, nos ofrece un sulfato de sodio cristalizado, muy preciado en el comercio.-

En el departamento de Las Heras de la provincia de Mendoza se encuentra la mina "Libertad" (17), productora de magnesita y cuya capacidad de producción es de 65 a 100 toneladas anuales.- Es esta la única mina de magnesita que hay en el país y nos ofrece un producto de alta calidad.-

Eliminando de nuestra fábrica la posibilidad de obtener el carbonato de magnesia por esta vía, podemos hechar mano a nuestros yacimientos de sulfato de magnesio que los hay muy buenos y muy rendidores.- En las alumbreras de San Juan (Barreal), hay explotación de alumbres muy ricos en sulfato de magnesio, de las que se extrae unas 12.000 a 13.000 toneladas por año.- (18).-

Este producto disuelto en agua y haciendo el medio debilmente alcalino con un poco de legia de soda por la misma razón que anteriormente, nos dá una vez filtrado una solución que es apta para ser tratada con el carbonato de sodio.-

La desventaja económica de ésta materia prima con respecto a la anterior, se debe a que para disolver el sulfato de magnesio es menester dar calor al medio (lo cual ya acarrea un gasto) y la pérdida de tiempo que importa el dejar enfriar la solución, antes de agregar el carbonato de sodio, ya que de lo contrario nos precipitaría el carbonato de magnesia liviano, que presenta ciertas desventajas en la calcinación.-

2) Análisis de las distintas materias primas.-

La magnesita procedente de Mendoza, presenta un aspecto terroso, es compacta, húmeda y a veces muy blanda. Como única impureza contiene a veces trocitos de rocas que proceden principalmente del conglomerado.-

Los análisis efectuados sobre ésta magnesita, concuerdan casi exactamente con los efectuados por el Dr. E. Tello de la Dirección de Minas y Geología. (19).- Adjunto un análisis efectuado sobre una de las partidas llegadas a la Droguería de la Estrella,

que es donde realicé mis tareas sobre el tema que abordo.-

Humedad	6,19%	6,15%	6,15%	5,06%	6,19%	6,15%
Residuo insoluble en HCl (sílice)	1,55%	1,59%	1,60%	1,60%	1,55%	1,62%
Óxido de magnesio ...	44,20%	44,20%	42,23%	43,20%	43,20%	42,32%
Oxido de calcio	vest.	vest.	vest.	vest.	vest.	vest.
Oxido de hierro	vest.	vest.	vest.	vest.	vest.	vest.
Alúmina	vest.	vest.	vest.	vest.	vest.	vest.
Anhidrido sulfúrico..	vest.	vest.	vest.	vest.	vest.	vest.
Anhidrido carbónico .	47,09%	47,05%	47,09%	47,12%	47,05%	47,05%
Carbonato de magnesio	93,05%	93,09%	93,09%	93,05%	93,09%	93,09%

Además de éste depósito hay otros más pequeños en la misma quebrada de Las Peñas, aunque la producción por ahora es reducida.

En las alumbreras de Barreal, de San Juan; se produce un sulfato de magnesio que responde al siguiente análisis:

Humedad	12,05%
Sulfato de aluminio	22,14%
Sulfato de magnesio	19,83%

El resto son pequeñas cantidades de sulfatos de hierro, sodio y potasio; carbonatos de sodio y magnesio y gran abundancia de carbonato de calcio.-

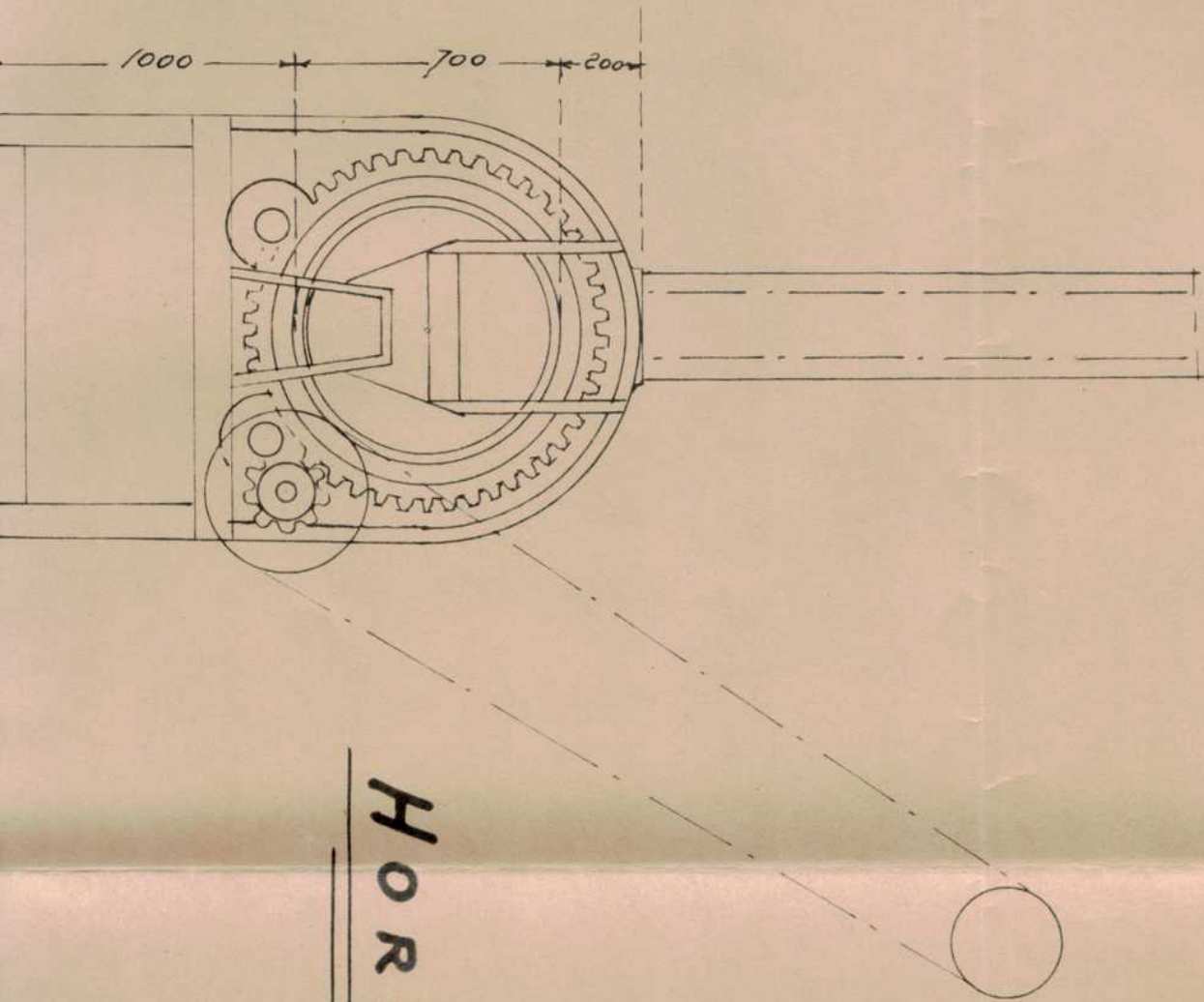
3) Descripción del horno dinámico.-

Consta esencialmente de un tambor giratorio de unos tres metros de longitud, que interiormente se halla revestido de chapa de acero inoxidable de 3 mm. de espesor y adicionada también interiormente de una aleta sinfin del mismo material, cuya razón de existencia es la del transporte del producto ya que el tambor tiene la posición horizontal.- El anhídrido carbónico producido durante la calcinación es eliminado al exterior al través de la chimenea c, la que puede hallarse provista de tela metálica de 100 mallas por cm² para impedir la salida eventual del MgO, salida esta que podría efectuarse si las revoluciones que se imprimen al horno son demasiadas, lo que provocaría el levantamiento del tenue polvo que constituye la magnesia calcinada liviana.-

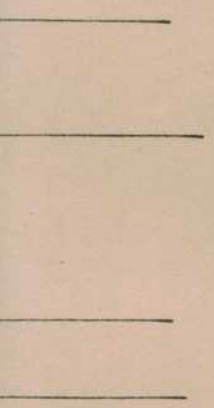
El hogar del horno se halla situado debajo de la boca de entrada del carbonato.- El altar del hogar nos permite dirigir la llama en forma tal que llegue a lamer las siete octavas partes de la longitud total del tambor; sus productos de combustión son eliminados por la chimenea Q.-

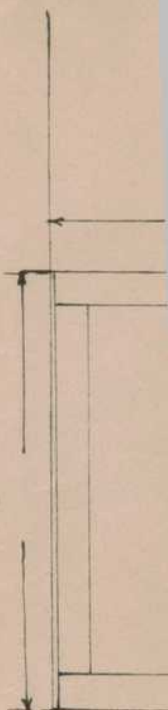
Como el calentamiento del material es indirecto, es menester revestir exteriormente con algún material que lo permita, para lo cual hechamos mano al acero en chapa de 3/8 de pulgada.- No debemos olvidar que la irradiación ha de ser muy grande para lo cual envolvemos, por así decir, al tambor con amianto, tal como se indica en el esquema.-

En su origen el horno trabajaba con combustible sólido pero por las infinitas razones que se conocen, se le hizo una pequeña modificación a fin de trabajar con combustible líquido (fuel-oil).-



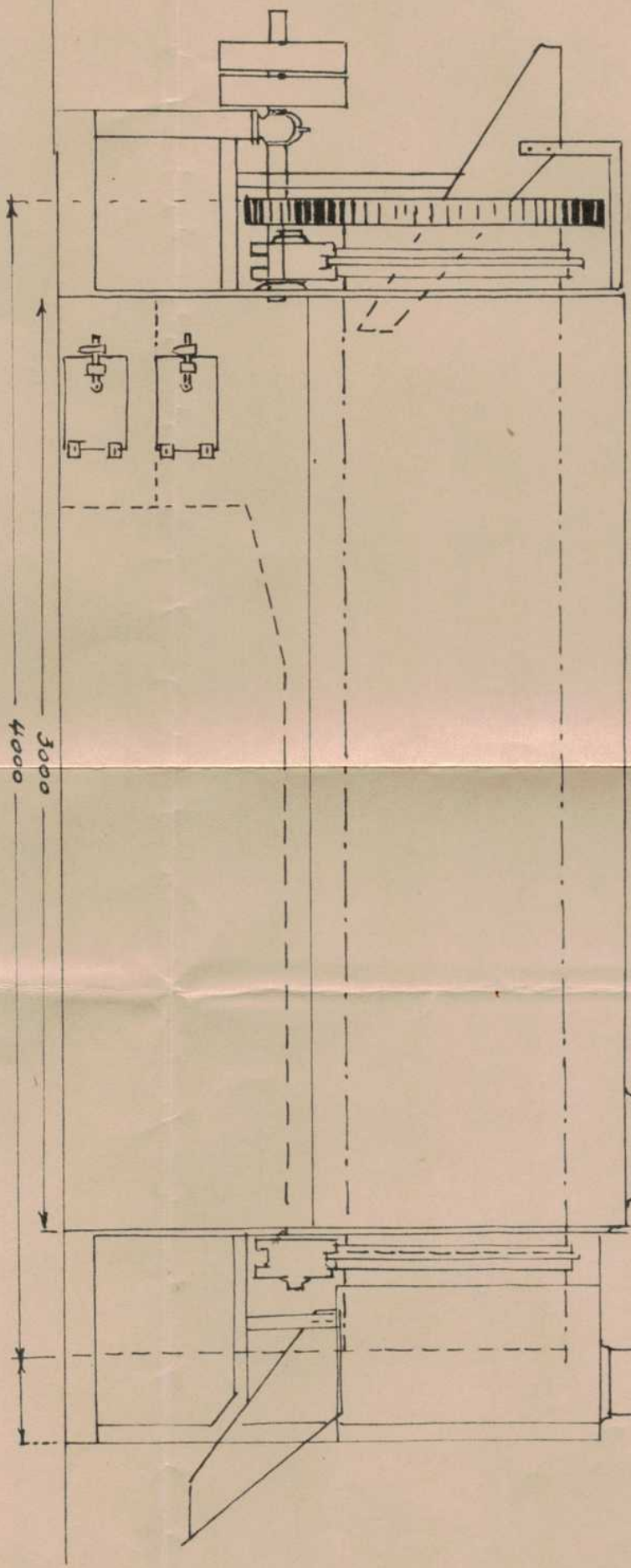
HORNO GIRATORIO





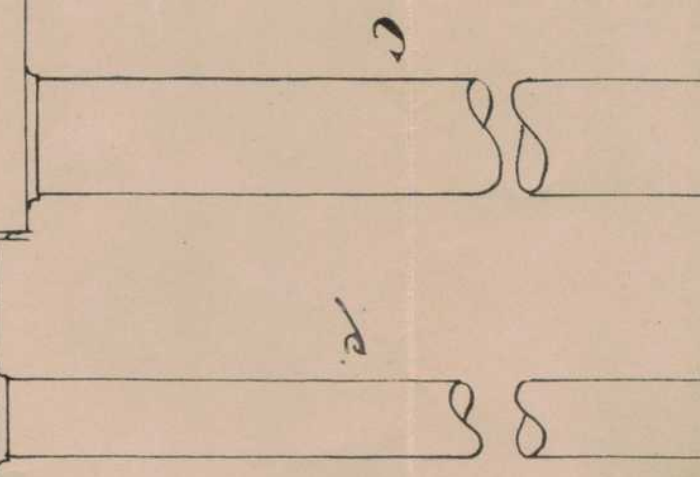
1

10 R.P.M.
 600° C. de calor
 Chapa Hº 3/8" Exterior
 Chapa acero inoxidable interior de 3mm
 incluye ~~el~~ice para conduccion y descarga.



3000
 4000

2



La tolva de entrada del carbonato puede estar acoplada de un sinfin a manera de servir regularmente al horno, que es lo más conveniente.- Ella debe estar construída de acero inoxidable, lo mismo que la tolva de salida.-

Es muy fundamental una lubricación perfecta de los engranes de rotación del horno, ya que el calor reinante en todo su ambiente hace que ellos se resequen muy facilmente con el consiguiente deterioro.-

4)- Condiciones de trabajo para el horno rotatorio.-

Razones teóricas y prácticas muy concluyentes me hicieron adoptar el horno rotatorio para la fabricación de la magnesia calcinada.-

En los hornos estáticos era menester elevaciones grandes de temperatura para poder llegar a eliminar los incidiosos vestigios de carbonato.- Esto radicaba en lo siguiente: Sabemos que en los hornos estáticos se coloca el carbonato de magnesio en crisoles que son lamidos por la llama, y cuyo diámetro interno oscila en los 35 cm.- Al calentarse estos crisoles, la porción que primero se descompone es la periférica, y allí es donde se forma una capa de MgO cuyo poder de aislación térmica es suficientemente conocido.- Esta primer capa de MgO (de unos dos centímetros de espesor) se forma a unos 600 °C.- Para que ella no sea un impedimento para la calcinación de capas posteriores es menester elevar la temperatura a unos 700 °C. y así sucesivamente y para llegar al centro del crisol resulta necesario llegar a una temperatura de 950 °C, temperatura esta que se debe mantener por espacio de cuatro horas y medias.- Si a esto agre-

gamos que para abrir las puertas del horno es necesario que la temperatura interna sea aproximadamente la atmosférica (a fin de no deteriorar el material refractario de que los crisoles están realizados), veremos una razón práctica mas para eliminar el horno estático.- Esta espera en el enfriamiento nos aumenta el tiempo de trabajo en unas 20 horas ya que éste es el tiempo que se necesita para que el horno alcance la temperatura ambiente.-

En el horno rotatorio estos inconvenientes quedan admirablemente subsanados, ya que la capa de carbonato que entra al tambor nunca pasa los cinco centímetros de espesor, además el continuo rotar de él hace que todas las partículas estén en contacto inmediato con la chapa de acero inoxidable y que por lo tanto se descompongan a los 600° C - 650° C que es la temperatura teórica de descomposición del carbonato de magnesia.-

Durante el calentamiento previo del horno, es decir durante el tiempo necesario para llegar a la temperatura de 650° C, el carbonato que pasa por el horno no se calcina totalmente, se obtiene en cambio un carbonato de magnesia liviano, que es un producto muy preciado en el comercio drogueril o bien puede mezclarse a la magnesieta que luego debe tratarse con el ácido sulfúrico.-

Calcinarla nuevamente no es recomendable, pues aunque su contenido en MgO sea mayor que el del carbonato de magnesia pesado, su temperatura de descomposición es mucho más elevada.-

Al respecto dice Federico Ephrain (20).-

Calentando los carbonatos se establece normalmente un equilibrio:



esta descomposición puede ser completada cuando el CO_2 puede desprenderse, es decir, cuando su tensión de disociación a la temperatura en que se opera es superior a la del CO_2 del aire.- Por esta causa la descomposición de los carbonatos alcalinos es ínfima sinó nula a la temperatura del mechero Bunsen.- En cambio los carbonatos alcalino-térreos poseen una elevada tensión de disociación y pueden ser transformados fácilmente en óxidos especialmente el carbonato de calcio. Era de esperar en el carbonato magnésico unas condiciones de disociación más favorables que en los demas carbonatos alcalino-térreos, pero en este caso no es posible llegar a demoler la molécula de carbonato magnésico directamente en CO_2 y MgO ya que entre el MgO y el CO_2 se forma una serie de soluciones sólidas en las cuales la tensión del CO_2 es tanto más pequeña cuanto más rica en MgO sea la solución; por ejemplo: el carbonato de magnesio puro (CO_3Mg) tiene una tensión de CO_2 igual a la atmosférica a los 230°C , pero si se va separando CO_2 de modo que la composición llegue a la fórmula $9\text{MgO}, 8\text{CO}_2$, la temperatura de disociación se eleva a 295°C ; a 340°C cuando la composición corresponde a la fórmula $7\text{MgO}, 6\text{CO}_2$; si la fórmula es de $5\text{MgO}, 4\text{CO}_2$ la temperatura de descomposición es de 405°C .- Así es como llegamos a la fórmula $4\text{MgO}, 3\text{CO}_2$, en que la temperatura de descomposición se eleva a $600-650^\circ \text{C}$. Como en el carbonato de magnesia liviano la fórmula puede ser representada por $8\text{MgO}, \text{CO}_2$, vemos que para que él sea descompuesto se necesita una temperatura mayor de $600^\circ \text{C} - 650^\circ \text{C}$ que debe ser nuestra temperatura de régimen.-

Para evitar la formación de estos óxidos es que en el lugar

de caída del carbonato de magnesia, ya debe reinar una temperatura lo suficientemente alta como para descomponer el carbonato del cual partimos; en las porciones restantes del horno han de calcinarse aquellas moléculas que en la primer porción no tuvieron oportunidad de alterarse por las simples razones físicas de no haber caído en contacto con la pared caliente del tambor.-

Para evitar también la formación de estas soluciones sólidas es que la capa de carbonato no debe exceder de los 5 cm., altura ésta que fué determinada experimentalmente.-

Como es razonable es también de suma importancia el número de revoluciones que debe darse al horno, para una capa de carbonato como la indicada; que traducido a otras palabras quiere decir el tiempo que una masa determinada de carbonato debe estar sometida a la temperatura de régimen.- Este dato, al igual que el anterior (espesor de la capa) se conoce mediante una serie de determinaciones hasta llegar por eliminación, a la situación más conveniente.- Para las condiciones anteriores de trabajo, recomiendo unas diez revoluciones por minuto para un horno que tenga un diámetro de 0.75 m. - Es lógico que la cantidad de carbonato que entra al horno debe estar de acuerdo con la cantidad de MgO que de él sale.-

Si la finalidad de la fábrica es la obtención de magnesia calcinada pesada, que es el producto de mas salida, conviene que inmediatamente de salida del horno sea sometida a la hidratación, antes de que se enfríe, para evitar que se recarbonate.- Para efectuar este paso conviene que el agua que ha de servir para realizar esta operación sea hervida a fin de eliminarle el CO₂ que tiene disuelto.-

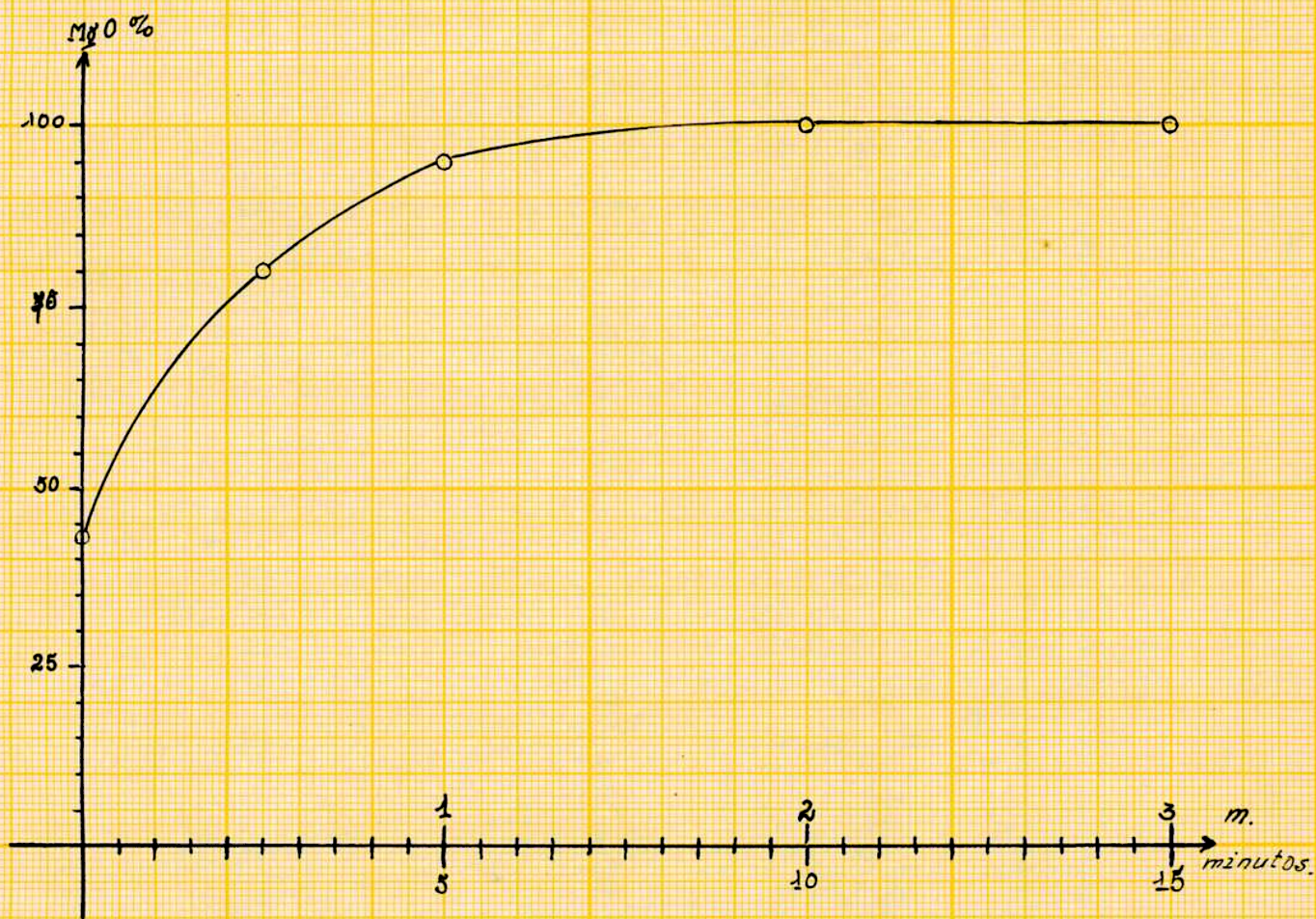
La magnesia calcinada liviana tiene como tal grandes aplicaciones y gran consumo, aunque siempre inferior a la de la magnesia pesada, y si como tal queremos obtenerla basta con hacerla enfriar lentamente y al abrigo del CO_2 del aire o sea guardarla en tambores de metal inmediatamente de salida del horno y estos lo mejor posible cerrados. Estos tambores deben ser guardados en estufas para lo cual nos sirve la misma estufa de la fábrica en la que secamos la magnesia pesada, ya que una vez hidratada la liviana, el producto debe ser centrifugado y secado en estufas o secaderos.- Una vez secada debe ser triturada y tamizada para lo cual se recomienda presentarla como polvo impalpable.- La F. N. A. no especifica el tamaño del gránulo, pero las exigencias del mercado nos recomiendan tamizar a impalpable.-

5) Muestras y análisis de las distintas partes del horno.-

La composición del carbonato de magnesia pesado, cuya fórmula es $(\text{CO}_3\text{Mg})_3; \text{MgO}; 4\text{H}_2\text{O}$, podemos sintetizarla así; 43% de MgO.- Luego de recorrer los primeros cincuenta centímetros, la composición es de 80% de MgO; al recorrer un metro ya tiene una composición de 98% de MgO; para, . . . en los dos metros restantes, perder este dos por ciento que falta, y llegar a obtener una magnesia calcinada con 100% de MgO, teóricamente.-

Como el tiempo total de recorrido de la magnesia dentro del horno, es un cuarto de hora, lo que antes expresábamos en metros ahora lo podemos expresar en tiempo y en función de éstos datos construir el gráfico adjunto.-

Descomposición del tricarbonato tetramagnésico



YCY H3

Escala $\left\{ \begin{array}{l} 1\text{mm} = 1\% \text{ de MgO} \\ 10\text{mm} = 1 \text{ minuto} \\ 50\text{mm} = 1\text{m.} \end{array} \right.$

Observado el gráfico parecería innecesario, que aún tuviere que continuar circulando un metro mas la magnesia dentro del horno, la cual ya ha cedido todo o prácticamente todo el CO₂, pero éste posterior calentamiento tiene por razón producir la llamada "calcificación a muerte", que inhabilita al MgO a combinarse nuevamente con el CO₂ y éste ocurre para con el MgO a unos 680° C, que es la temperatura que reina en ése último metro.-

6)- Análisis de los productos de ambos hornos.-

No es posible establecer una diferencia cualitativa y cuantitativa del producto ya elaborado, entre ambos hornos, ya que con los dos se llega a un MgO de cerca de un 98% de pureza, pero sí podemos establecer un parangón entre los productos de ambos hornos a una misma temperatura, para lo cual transcribo los resultados hallados para los 650° C. en ambos hornos:

	<u>Horno dinámico</u>	<u>Horno estático</u>
MgO	98,80%	67,50%
"	97,20%	68,50%
"	99,10%	65,30%
"	97,30%	62,45%
"	98,00%	68,45%
"	97,20%	65,40%
"	99,00%	66,30%
"	97,40%	62,45%
"	96,90%	65,20%
"	<u>97,40%</u>	<u>67,45%</u>
Promedio	98,18%	67,25%

Este 1,80% que debe atribuirse a impurezas en cloruros, sulfatos, carbonatos, etc. de metales alcalinos, se reducen a una vigésima parte al hidratar el MgO ya que ellos se eliminan en las aguas de lavado.- Si quisiéramos eliminar estos últimos vestigios sería menester trabajar con agua destilada y demás está decir que en estas condiciones el costo del producto aumentaría enormemente.-

Considero una redundancia manifestar las técnicas de análisis seguidas para el MgO ya que no sería otra cosa sino que transcribir las expuestas en F. N. A. II, por cuanto el producto debe hallarse ajustado a las condiciones exigidas por dicho Codex.-

7) Rendimiento horario de ambos hornos.- (Conclusiones).

Consideremos primeramente el horno estático.- El tamaño más común del hogar es de 1.50 m. de lado y al que prácticamente podemos considerar como un cubo, dentro del cual se colocan los crisoles cuyo tamaño por razones técnicas, nunca supera los 0.70 m. de alto y unos 0.30 m. de diámetro mayor.- Digo de diámetro mayor, porque afectan la forma de ligeros conos, donde a la base les corresponde el diámetro menor.- El contenido en carbonato de cada crisol, nunca supera al kilogramo, por lo tanto cada crisol nos dará en el mejor de los casos unos 430 gr. de MgO.- Para el caso de este horno, no es posible introducir dentro de él, mas de nueve crisoles, ya que de lo contrario la llama no abrazaría por igual a todos ellos. Ahora bien: si tenemos en cuenta que para elevar la temperatura hasta los 950° C es necesario cinco horas de marcha y que luego el producto debe estar sometido a esa temperatura cuatro horas, tenemos

ya que para la obtención de 3,87 Kg. de MgO, se necesitan nueve horas de trabajo continuo.- Si a esto agregamos que para poder sacar la magnesia de adentro del horno es menester esperar a que éste se enfríe, tiempo este para el cual se necesitan 20 horas, vemos que para obtener y luego hidratar 3,870 Kg. de MgO se necesitan en total 29 horas, con lo cual el rendimiento horario del horno estático queda reducido a 134 gramos, cantidad esta que resulta irrisoria para trabajos industriales y para el consumo que hay de magnesia calcinada.-

Al hacer el mismo estudio en el horno rotatorio, veremos que estas cifras se hallan totalmente aumentadas.-

Considerando que la distancia que hay entre dos aletas inmediatas en la aleta sinfin de transporte, es de 20 cm., que la altura de la capa de carbonato es de 5 cm. y que el espesor de ella es de 25 cm., tenemos que éste volumen representa aproximadamente 500 gr. de carbonato, los que nos producen unos 220 gr. de MgO por cada 15 minutos, lo que corresponde un promedio horario de 880 gr.-

En resumen, mientras el horno estático nos produce unos 134 gramos por hora de trabajo, el horno dinámico nos rinde casi ocho veces más.-

Debemos aún considerar en forma comparativa, dos puntos mas que son de fundamental importancia industrial.- Ellos son: consumo de combustible y conservación del material.-

En el horno estático tenemos un gasto mayor con la sencilla consideración de una elevación mayor de temperatura, gasto este que es mayor tanto en combustible como en deterioro del material.-

Es digno mencionar el cuidado especial que requieren los crisoles. Si estos son sometidos a pequeños cambios bruscos de temperaturas, sufren quebraduras que resultan fatales para la conservación de los crisoles, además de necesitarse un cuidado especial para su manipuleo, ya que pequeños golpes los deterioran.- Todo esto queda eliminado en el horno estático, pero consideramos en él el gasto de combustible.- Una vez alcanzados los 650 ° C. podríamos decir que el trabajo se transforma en continuo, y éste gasto de combustible para llegar a los 650° C., queda prácticamente limitado por la continuidad de las tareas, en cambio en el estático es menester repetirlo cada vez que se necesite sacar del horno el producto terminado.-

Estas son pues mis razones para adoptar el horno rotatorio.

BIBLIOGRAFIA

- 1) El Comercio Exterior Argentino en los primeros semestres de 1941 - 1942 Boletín N° 230 de la Dirección General de Estadística de la Nación (Ministerio de Agricultura)
- 2) F.N.A. II (Farmacopea Nacional Argentina, 2da. Edición) pág.: 134.-
- 3) Medicamenta II (1929)
- 4) Hager "Tratado de Química Farmacéutica" II (1940)
- 5) Ullmann "Enciclopedia de Química Industrial" II - 8 (1931)
- 6) Idem I - 505 (1931)
- 7) Idem II - 335 (1931)
- 8) Gini Lacorte "Curso de Química Industrial" 112 - 123 (1940)
- 9) Ullmann "Enciclopedia de Química Industrial" IV - 255 (1931)
- 10) Idem VII - 324 (1931)
- 11) Chemical Abstral 12⁴ (1939)
- 12) Ullmann "Enciclopedia de Química Industrial" II - 75 (1931)
- 13) Chemical Abstral 1184⁸ (1939)
- 14) Idem 5703⁸ (1940)
- 15) Idem 6789⁹ (1940)
- 16) F.N.A. II -135
- 17) Angelelli V. "Los Yacimientos de Minerales y Rocas de aplicación de la República Argentina" Ministerio de Agricultura de la Nación: Dirección General de Minas y Geología 125 - (1940)
- 18) Idem 292 - (1940)
- 19) Idem 297 - (1940)
- 20) Ephraim F. "Tratado de Química Inorgánica" 710 - (1928)

Obras de Consulta

- Holleman: "Tratado de Química Inorgánica" (1933)
- Mellor; "Química Inorgánica" (Traducción Española de E.V. Zappi)
- Perry ; "Chemical and Engeneering Handboock"