

616-121

problemas del automatismo en la concepción de una fábrica de cemento moderna

R. BATIER

Ingeniero de la Sociedad COMSIP-AUTOMATION

I INTRODUCCION

En 1963, ante el aumento importante y continuo de las ventas, el Consejo de Administración de CHAUX & CEMENTS DU HAUT-RHIN D'ALTKIRCH en Francia, decidió que se estudiase y se realizase una nueva ampliación de la capacidad de producción de su fábrica.

Después de comparar diversas posibilidades, se decidió crear una nueva unidad que trabajase por vía seca, y cuyos mandos estarían todos centralizados y cuya automatización constituiría un conjunto práctico y moderno.

Durante y después de la realización de este proyecto, nos hemos hecho cierto número de preguntas y en particular:

- ¿en qué sentido y hasta qué punto debemos llevar la automatización? ¿Será necesario un análisis general de la evolución del fenómeno?
- tomada la decisión de querer construir una fábrica automatizada, ¿cómo resolverla y qué material escoger?
- ¿cuál debe ser el esfuerzo de organización para llevar a cabo tal empresa?

El texto que sigue no tiene por objeto responder íntegramente a estas tres preguntas y a numerosas otras, sino exponer sencillamente cierto número de puntos.

1 EVOLUCION DE LA AUTOMATIZACION EN LA INDUSTRIA DEL CEMENTO

Miremos la evolución del automatismo de las fábricas de cemento a lo largo de los años. Se comprueba que esta evolución se ha hecho:

- en el mismo sentido y en el mismo orden que la de las otras industrias químicas de transformación (Petróleo, Petroquímica, Química);
- pero un poco más tarde que para otros muchos procesos.

1.1. EVOLUCION (fig. 1)

Si examinamos la marcha de una instalación muy antigua descubrimos la ausencia casi total de instrumentos de medida, incluso locales. Unicamente algunos manómetros y algunos puntos de medida de temperatura permiten “vigilar” la marcha de aquella; afortunadamente el hornero tenía “buen pie, buen ojo”. Sin embargo, tal instalación ha sido rápidamente mecanizada, lo que constituye, de hecho, la primera etapa hacia la automatización.

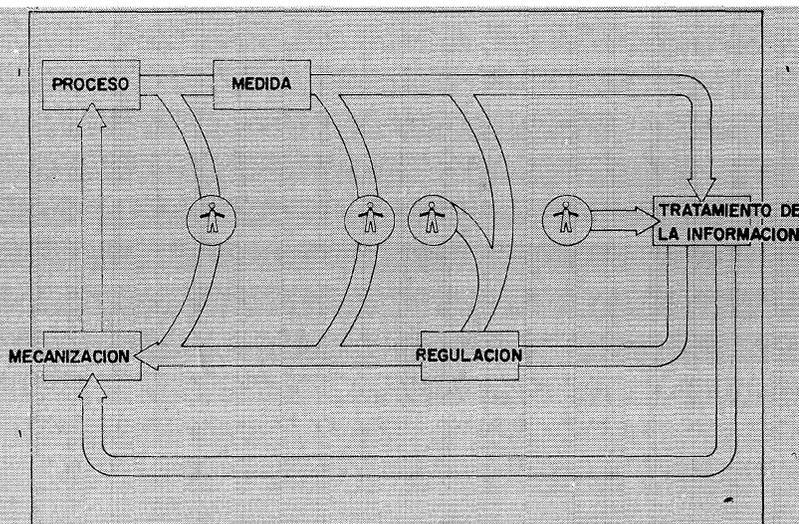


Fig. 1.—Evolución de la automatización.

Poco tiempo después los interesantes progresos conseguidos en la posibilidad de medir a distancia permiten colocar cuadros de control que se instalan, en lo que se refiere a la instalación de cocción, en la plataforma del hornero; el horno ha sido siempre el punto sensible de la fábrica.

Poco a poco, gracias a la mecanización y a la posibilidad de disponer de medidas aproximadamente válidas, se ven nacer, con más o menos éxito, las cadenas de regulación. El hornero pierde su importancia. La plataforma del hornero deja de ser el punto estratégico.

Entonces, y muy rápidamente, se plasman dos ideas en diversas fábricas nuevas o modernizadas:

- la sala de control centralizada: situada primeramente en la plataforma del hornero, y poco tiempo después en un lugar cualquiera de la instalación;

- el sistema de tratamiento de información: cuya potencia permite reunir y tratar casi simultáneamente una gran cantidad de datos.

Ante el desarrollo de esta evolución se plantean dos preguntas:

- ¿por qué existe tal evolución?
- ¿por qué existe un pequeño desfase en relación con otras industrias?

1.2. ¿PARA QUE AUTOMATIZAR?

Parece ser que se pueden encontrar cuatro razones para tender hacia una automatización cada vez más avanzada:

- disminución del precio de coste del producto acabado;
- aumento de las capacidades de las unidades de producción;
- mejora de la calidad del producto acabado;
- mantenimiento o creación de un espíritu de competencia y de investigación.

“DISMINUCIÓN DEL PRECIO DE COSTE”

En la fábrica de cemento, el precio de la tonelada de cemento es función principalmente:

- de la mano de obra necesaria;
- de la energía calorífica y eléctrica gastada para las transformaciones sucesivas;
- del coeficiente de amortización del material.

La automatización debe tender a disminuir lo más posible la influencia de los tres factores antes indicados.

El factor mano de obra es tal vez el menos favorable para introducir una automatización completa. Efectivamente, con una mecanización bien estudiada y con algunos controles se deben ya poder eliminar ciertas tareas. Al aumentar más el grado de automatización, se puede reducir en algunas unidades el número de puestos sin que por eso se disponga de una instalación muy automatizada. El límite alcanzado estos últimos años no se ha mejorado por la aplicación de las últimas posibilidades de que dispone el ingeniero de automatización; por el contrario, ha tenido que hacer su entrada en las fábricas una nueva especie de mano de obra: los especialistas en regulación y en calculadores. Por esta razón no pensamos que se deba esperar ahora un ahorro apreciable en la mano de obra.

En cambio, la automatización debe permitir disminuir la influencia de dos factores, como son la energía y la amortización del material. En efecto, la automatización elimina la influencia del factor humano asegurando reacciones programadas y, por lo tanto, siempre idénticas, inmediatas y dosificadas. Se sabe que las magnitudes perturbadoras de

un horno por ejemplo son muy numerosas, siendo, por el contrario, más reducido el número de magnitudes regulables. Se comprende la dificultad que tiene un operador para asimilar las diversas magnitudes y los valores de las medidas de las magnitudes de regulación, para apreciar y explotar los tiempos de respuesta, a veces muy largos, de las acciones de corrección y para tener en cuenta las reacciones en cadena que puede originar una sola perturbación. Un sistema de regulación clásico es por sí mismo limitado; sólo parece suficientemente potente un calculador numérico. La posibilidad que se ha dado a la automatización para dirigir la fábrica de forma estable conociendo y explotando el mayor número de parámetros, garantiza una gran regularidad de marcha y la posibilidad de trabajar con el rendimiento deseado. Por lo tanto, se puede afirmar intuitivamente que la automatización permite:

- disminuir el consumo de energía gracias a la estabilidad y a una marcha en la zona óptima;
- aumentar el coeficiente de utilización del material, permitiendo trabajar al límite de rendimiento y preservando el material gracias a la estabilidad de funcionamiento (comportamiento del refractario, por ejemplo).

“AUMENTO DE LAS CAPACIDADES DE LAS UNIDADES DE PRODUCCIÓN”

Si antiguamente era tolerable una irregularidad de marcha en un pequeño horno, ahora se hace de capital importancia lograr una estabilidad total en la marcha de las unidades de producción cuya capacidad ha pasado rápidamente de 300 a 3.000 t/día y más. Esta estabilidad es necesaria a la vez en la cantidad de la producción (como se indica más arriba), así como en la calidad del producto acabado.

“MEJORA DE LA CALIDAD DEL PRODUCTO ACABADO”

Es fácil hacer clínker. Es más difícil obtener un “BUEN” clínker. Por otro lado, los usuarios reclaman cada vez más cementos de cierta calidad, siendo incluso probable que las tolerancias se hagan cada vez más rigurosas. En este caso, únicamente podrán responder a las exigencias de la técnica actual las instalaciones modernas perfectamente equipadas.

“MANTENIMIENTO O CREACIÓN DE UN ESPÍRITU DE COMPETENCIA Y DE INVESTIGACIÓN”

Una industria moderna ha de avanzar o morir. Todas las industrias tienen que estar al tanto de las novedades técnicas que permitan producir cada vez más y más eficazmente. En esta carrera hacia el progreso, la clave del éxito radica en la modernización. Esta última crea o mantiene en el interior de la empresa y entre las propias empresas un espíritu de competencia, que es la fuente del progreso.

Con esta competencia nace la investigación. Admitamos que el hecho de colocar un calculador en una fábrica permite aumentar la rentabilidad de ésta última. Si se analiza entonces las razones de esto, es difícil decir si la mejora registrada proviene únicamente de la propia acción del calculador, o más bien del mejor conocimiento del proceso logrado

con el análisis más profundo que precede incluso a la instalación del calculador y con las mejoras técnicas que han surgido inevitablemente. La automatización crea un espíritu de investigación indispensable para la supervivencia de la sociedad.

1.3. ¿POR QUE EXISTE EL DESFASAJE?

Hasta estos últimos años, parece ser que existía en la industria cementera cierto retraso en adoptar procedimientos de automatización. Dos razones se desprenden de un análisis, que son:

- el precio de coste del producto fabricado es muy bajo;
- el problema es difícil de resolver.

“PRECIO DE COSTE”

A priori no es tanto más caro automatizar una gran unidad como una pequeña o mediana. Además la influencia del precio de la automatización disminuye; ahora bien, hemos visto que las capacidades actuales tienden a aumentar, lo que favorece ahora la introducción de una automatización más avanzada.

“PROBLEMA DIFÍCIL DE RESOLVER”

El problema de medida de magnitudes es lo primero que hay que resolver antes de intentar cualquier otra automatización, incluso pequeña. Ahora bien, numerosos parámetros han sido difíciles de controlar hasta ahora y algunos siguen siendo aún difíciles de medir continuamente; citaremos por ejemplo: la temperatura del clínker, la evolución de las temperaturas en el horno, la temperatura del aire secundario, el análisis continuo de las materias primas. Por otro lado, conviene señalar los tiempos muertos y los tiempos de respuesta importantes que existen en los procesos de una fábrica de cemento y que no favorecen la introducción de las cadenas de regulación sencillas.

La complejidad del problema por resolver, la particularidad de las técnicas a aplicar, la dificultad de encontrar soluciones sencillas y normalizadas hacen que el deseo de automatizar una fábrica de cemento sea tarea de un equipo coherente de especialistas. El ejemplo de una realización de conjunto interesante es el de la fábrica de cemento de ALTKIRCH, que pensamos marca un avance real hacia una automatización muy avanzada en la industria del cemento.

2 EJEMPLO DE UNA REALIZACION MODERNA EN UNA FABRICA DE CEMENTO

2.1. DESCRIPCION BREVE DE LA FABRICA

La nueva unidad de 1.200 t/día de clínker, instalada en ALTKIRCH, ha sustituido a la antigua instalación. La cantera así como el ensilado y expedición del cemento únicamente han sido conservados y adaptados a las nuevas necesidades.

La fábrica nueva, estudiada para ser ampliada al doble posteriormente, comprende:

LA UNIDAD DE PREPARACION DE LAS MATERIAS PRIMAS

Transporte de las materias primas de la antigua fábrica a la nueva (1.850 t/día).

Almacenajes de las materias primas en una nave dotada de un puente-grúa, sirviendo más de la mitad de su superficie para el almacenaje del clínker. Tanto las tolvas para materias primas como las de clínker y yeso están dispuestas de forma que se reduzcan al mínimo las operaciones de manipulación del puente-grúa.

LA UNIDAD DE PREPARACION DE CRUDO

Extracción de las materias primas en la parte inferior de las tolvas de la nave de almacenaje y su dosificación (4 materias primas) que proceden de tres bancos casi horizontales de la cantera: caliza margosa próxima al título, caliza superior al título, marga de bajo título y piritita.

Molienda y secado de las materias primas que se realizan en un molino vertical (85 t/hora). Se ha escogido este molino porque las materias primas no son muy duras y porque permite utilizar todo el calor contenido en los humos que salen del intercambiador, para el secado de las materias primas.

Homogeneización del crudo seco, que se efectúa en dos silos (1.000 t cada uno) mediante un sistema de inyección de aire. Estos silos están colocados por encima de los silos de acabado (2 × 2.000 t) de los que se recoge el crudo para enviarlo a la parte superior del intercambiador. Los elevadores entre molino y homogeneización y entre almacenamiento e intercambiador son elevadores de cangilones.

LA UNIDAD DE COCCION

Intercambiador de ciclones, seguido de un horno rotatorio (Ø 4,2 m y longitud, 68 m) en donde se hace la cocción.

Enfriador de parrilla inclinada a 5° a cuya salida el clínker enfriado es transportado por una cadena arrastradora, un elevador y una cinta pesadora a la nave de almacenamiento.

Calefacción con fuel-oil, con una instalación que comprende:

- un depósito de almacenamiento (4.000 t);
- una instalación de transvase por unidades completas;
- un almacenamiento diario.

Se ha reservado la posibilidad de calentar con carbón.

LA UNIDAD DE MOLIENDA DE CEMENTO

El molino de cemento, es un molino de bolas en circuito cerrado de 80 t/hora. Com-

pletan la instalación de molienda otra de recepción y de almacenaje de cenizas volantes. El cemento fabricado se envía a los silos mediante un aparato transportador de cinta colocado en un tubo de acero.

2.2. ELECCION DEL SISTEMA DE MARCHA

La fábrica de ALTKIRCH —como se ha dicho— ya no posee ahora nada más que un horno que debe asegurar por sí solo toda la producción. Por consiguiente, la Dirección ha exigido que las soluciones propuestas en particular para la automatización y la vigilancia de la unidad garanticen la máxima seguridad, siendo a la vez una realización práctica, moderna, pero no dejando la puerta abierta a ninguna experiencia nueva que conduzca a algún fracaso.

Toda la marcha de la fábrica ha sido centralizada en una sala de control. Desde esta sala es posible vigilar el funcionamiento de los órganos principales y dirigir a distancia las operaciones suprimiendo los puestos de personal en las distintas secciones.

Un operador único para toda la fábrica dispone para el mando y control de las instalaciones:

- de cuadros de control centralizados;
- de sistemas de vigilancia y de alarma;
- de un sistema de tratamiento de la información cuyas dos funciones principales actuales son la vigilancia de la unidad y el proceso de mezcla de las materias primas.

Esta realización, que data ya desde algunos años, constituye, sin embargo, una experiencia interesante en el campo de la automatización en este sentido, aplicando todas las técnicas del ingeniero de automatización.

Como el problema por resolver en tal caso no es la acumulación desordenada de material sino la creación de un conjunto completo, homogéneo, práctico y fiable, se han tenido que resolver numerosas cuestiones a la vez, tanto en lo que concierne a la concepción básica como en lo que se refiere a la elección de las soluciones.

2.3. ALGUNOS PUNTOS INTERESANTES

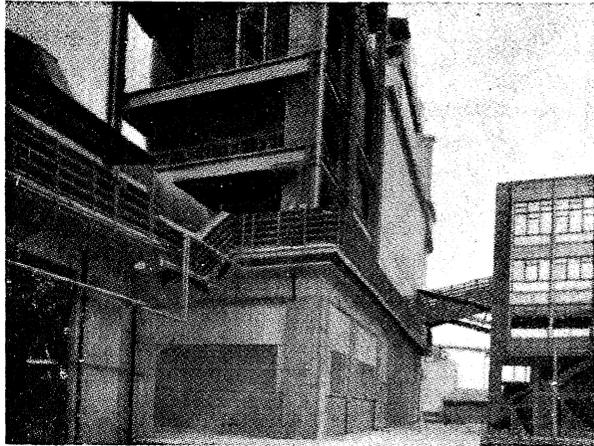
Los puntos particulares que hay que citar de esta instalación son:

2.3.1. La instalación del edificio de control

EL EDIFICIO

De concepción arquitectónica original, el edificio de servicio ha sido construido de hormigón y comprende tres pisos:

- el primer piso alberga las oficinas de explotación y el taller de electrónica;
- el segundo piso, que está conectado con la fábrica por una pasarela de cables con paso hermético, sirve, por una parte, al repartidor de cables y a la instalación de cierto número de aparatos y accesorios y, por otra, de local del computador;



Pasarela de cables - edificio de mando.
Foto Favroult - Documento COMSIP-AUTOMATION.

- en el tercer piso se encuentra la sala de control centralizada. Esta sala, de más de 100 m², está cerrada con vidrieras por tres lados. Su posición geográfica en el centro de la fábrica permite ver los distintos talleres. El alumbrado, el suelo, el conjunto de cristales y la disposición de los cuadros de control se han estudiado particularmente para hacer un conjunto funcional y agradable.

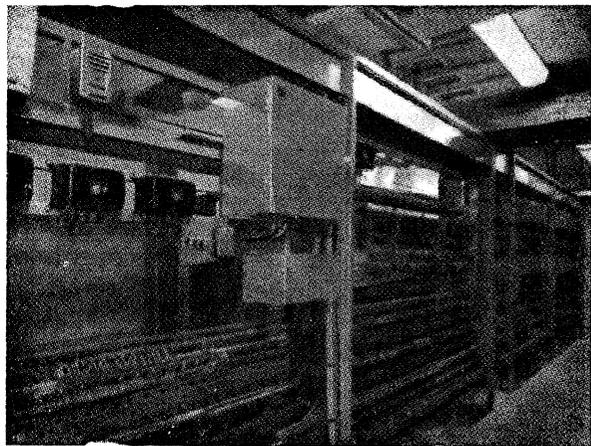
Una escalera y un ascensor ponen en comunicación a los tres pisos.

EL REPARTIDOR DE CABLES

El conjunto de multicables que llegan por la pasarela de cables está enlazado a un terminal general que sirve de repartidor.

Ante la presencia del calculador, fue necesario prever, para las medidas, cables blindados y pares trenzados con el fin de evitar las corrientes parásitas de origen inductivo. Los enlaces de los cables de medida obligan a que los blindajes sean continuos, lo que complica tanto más el cableado. Además se ha reservado especialmente un armario de empalmes para las informaciones de entradas y salidas del calculador.

No se ha previsto una terminal intermedia en los cuadros de control, y el equipo de la sala de control está unido con cables directamente al repartidor.



Repartidor.
Foto Favroult - Documento COMSIP-AUTOMATION.

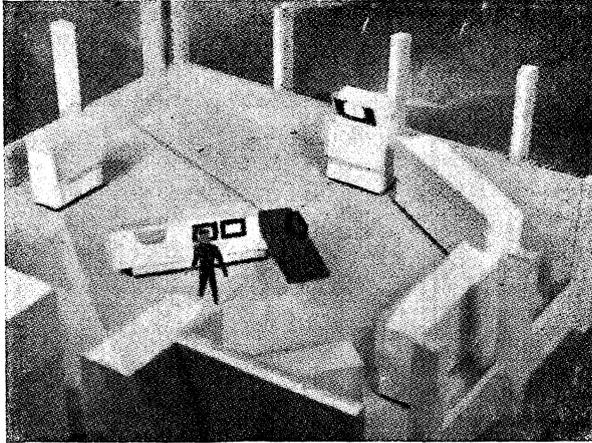
Además el bastidor sostiene cierto número de aparatos y de accesorios.

SALA DE CONTROL

Instalación

La instalación de la sala de control se ha concebido en parte según una maqueta y

unos proyectos de colores que ha realizado el Servicio Estético Industrial de la empresa encargada de la automatización.



Maqueta de la sala de mando.
Documento COMSIP-AUTOMATION.

conjunto de la sala de control y del repartidor está climatizado y presurizado.

La sala de control está cerrada con vidrieras por tres lados; de esta forma se puede tener una vista panorámica del conjunto de la fábrica. Para evitar el deslumbramiento, se han empleado cristales antisolares y persianas venecianas.

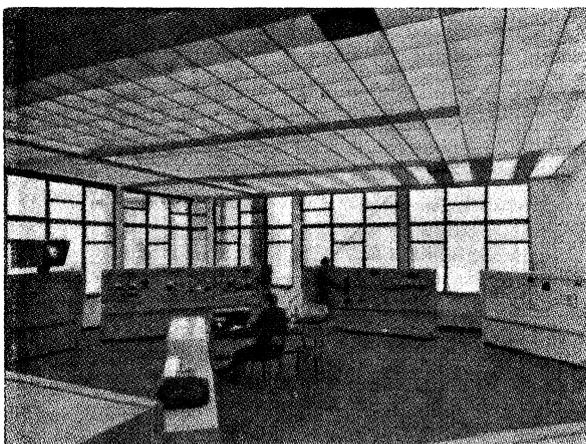
En el alumbrado artificial se ha previsto particularmente evitar sombras y reflejos, a menudo desagradables, que incidan en los cuadros de control.

El suelo de moqueta imprime a la sala de control una nota de comodidad y de tranquilidad, que pocas veces se ha logrado en una sala de este tipo. El

Cuadros de control

Están formados por armarios cerrados, dispuestos alrededor de la sala. En la concepción general se ha tenido que prever cuadros bajos que despejan la vista.

Se ha previsto asimismo un cuadro de explotación por taller principal. Un pupitre central sirve de puesto de trabajo. Desde su asiento, y sin tener que levantarse, el operador puede:



Sala de mando centralizado.
Foto Favroult - Documento COMSIP-AUTOMATION.

- observar las medidas principales;
- atender a las alarmas;
- observar el funcionamiento de los motores en el sinóptico correspondiente;
- controlar la llama del horno y el paso del clínker a la parrilla del enfriador;
- vigilar ciertas medidas principales en los registradores de tendencia;
- dialogar con el calculador mediante el pupitre de explotación;
- observar los diferentes registros en la máquina de escribir;

- teledirigir el alumbrado de todos los edificios de la fábrica;
- conversar con los puntos principales de la fábrica a través del sistema de teléfono interior.

Sin embargo, se ha previsto voluntariamente cierto número de funciones que obligan al operador a desplazarse:

- regulación de los puntos de consigna;
- puesta en servicio o interrupción del funcionamiento de talleres;
- funcionamiento de las alarmas.

La elección del mando centralizado a distancia constituía de hecho uno de los conceptos básicos de todo el proyecto e implicaba, a la vez, una revolución en el modo de dirigir la fábrica y en los tipos de material a escoger.

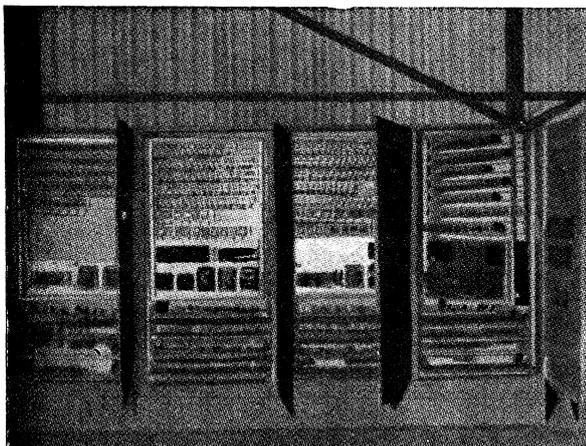
2.3.2. Los automatismos secuenciales

La fábrica de cemento ha sido proyectada para ser dirigida íntegramente desde una sala de control centralizada; tenía que ser posible que el jefe de puesto pudiera hacer funcionar rápidamente todos los talleres, en particular después de una parada fortuita total debida por ejemplo a una avería de la red eléctrica.

Se ha previsto, pues, que el conjunto de arranques y paradas de los motores pueda hacerse desde la sala de mandos, donde se dispone de algunos botones pulsadores, mediante los cuales se ponen en marcha o se detienen automáticamente los talleres.

Los instrumentos de medida, los indicadores luminosos del cuadro sinóptico de motores, diversas señales sonoras y luminosas permiten controlar localmente y en la sala de control el perfecto desarrollo de las secuencias de puesta en marcha e interrupción.

El hecho de querer poner en funcionamiento a distancia un conjunto industrial de máquinas de producción impone un gran número de condiciones de seguridad y de servidumbre. El conjunto de las secuencias automáticas se ha desarrollado muchísimo. Los esquemas adoptados prevén incluir tanto los motores, como los órganos de dos posiciones (válvulas, electroválvulas), los servomotores y ciertas cadenas de ajuste, en las diversas secuencias de puesta en funcionamiento y parada, secuencias que pueden ser diferentes para la marcha y parada de un mismo grupo.



Armario de automatismo de relés durante la instalación de cables.

Foto Favroult - Documento COMSIP-AUTOMATION.

Varios cuadros de relés están dispuestos en los talleres cerca de los armarios de contactores, de modo que se faciliten las conexiones eléctricas. La elección de los relés ha recaído en un material fuerte y sometido a toda prueba del tipo electromecánico que se presta perfectamente a la realización de las funciones previstas.

Aunque la dirección normal de explotación se haga generalmente a partir de la sala

de control centralizada, se han previsto otras dos posibilidades de mandos locales, ya sea en funcionamiento de prueba ya sea en funcionamiento manual.

Parece que las funciones complejas que se requieren para tal conjunto no pueden realizarse sino a costa de un número bastante grande de relés, y tal cableado rígido plantea cierto número de problemas si se desean efectuar modificaciones en los programas de puesta en marcha y parada, pues es difícil de fijar, de una vez para siempre durante los estudios, una instalación tan compleja como es una fábrica de cemento moderna. Esta falta de flexibilidad podría anularse en parte utilizando más a fondo las posibilidades de un calculador numérico, cuya esencia misma es de ser un sistema lógico con programa que puede cambiarse fácilmente.

2.3.3. Instrumentación

La automatización de una fábrica no tiene sentido sin la presencia necesaria de un conjunto complejo de instrumentos. Entre el material instalado en ALTKIRCH merecen señalarse particularmente algunos puntos de medida o de control.

INSTRUMENTOS CLASICOS

La utilización de aparatos neumáticos de señales moduladas 3-15 libras/pulg² presenta cierto número de inconvenientes en la fábrica de cemento donde las naves son grandes y las distancias desarrolladas de líneas de transmisión son a veces superiores a 250 m. Por este hecho, es preferible emplear material eléctrico. La instalación de un sistema numérico de tratamiento de información de hecho lo hace casi obligatorio.

La señal tipo de la mayor parte de los transmisores modernos es una corriente eléctrica modulada proporcional, en general, a la variable medida y de un nivel según los casos 1-5 mA, 10-50 mA, 4-20 mA, 0-20 mA, etc... La energía es suficiente para poder alimentar varios receptores colocados en serie.

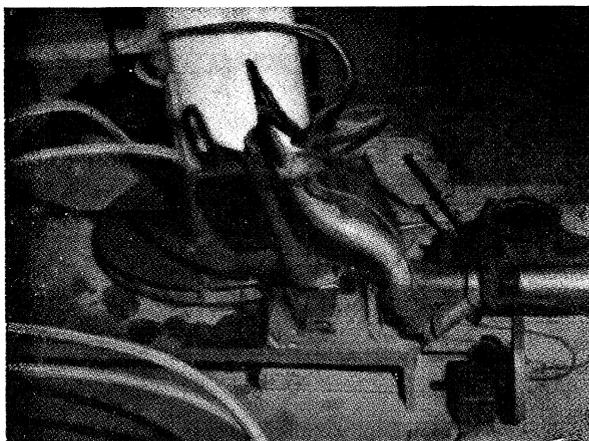
El material seleccionado para ALTKIRCH es del tipo electrónico de corriente portadora. Los servomotores utilizados son motorreductores equipados con sistemas de recuperación de posición y de los dispositivos de seguridad eléctricos y mecánicos necesarios. El conjunto de estos instrumentos: captadores (de presión, convertidores diversos, etcétera...), indicadores, reguladores, servomotores, etc... ha sido suministrado por un constructor europeo.

TEMPERATURA DEL CLINKER

La medida de la temperatura del clínker ha sido siempre un problema inquietante. La puesta a punto de la luneta pirométrica de dos colores ha permitido eliminar en gran parte la influencia del factor de absorción por el polvo y el vapor de agua. Los resultados experimentales actuales permiten deducir que esta técnica se aplica muy correctamente en la industria del cemento.

TELEVISION

La marcha de la cocción en los hornos rotatorios de cemento se vigilaba tradicionalmente por el hornero desde la plataforma del cabezal del horno. La observación directa de la forma de la llama constituía un factor importante. El traslado de este mando a una sala de control centralizada ha sido posible en parte gracias a la utilización de un circuito cerrado de televisión que permite seguir el avance del clínker en el horno y el comportamiento de la llama.



Cabeza del horno - cámara de televisión.
Foto Favroult - Documento COMSIP-AUTOMATION.

Se ha instalado en ALTKIRCH un segundo circuito cerrado para observar la caída del clínker y su avance en la parrilla del enfriador.

ANALIZADORES DE HUMOS

En un armario de análisis se encuentran dos analizadores de gas:

- un analizador de oxígeno que permite seguir la combustión;
- un analizador de monóxido de carbono que asegura la protección eventual de los filtros eléctricos.

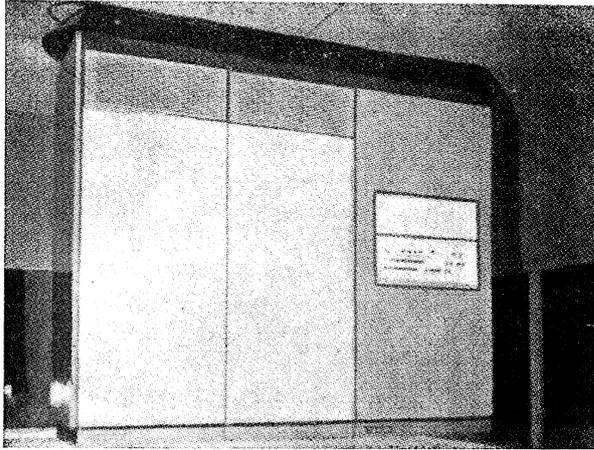
VARIOS

Se han estudiado otros dispositivos especiales:

- medida de la temperatura del aire secundario en el cabezal del horno;
- observación permanente de la temperatura de la chapa del horno, en la zona de clinkerización, mediante un carro portapirómetro;
- medida de nivel por pesada o por sistema de palpado con dispositivo electromecánico dependiente.

2.3.4. El calculador y el analizador

Para obtener un clínker de calidad y la estabilidad del horno, hay que disponer primeramente en la entrada del intercambiador una materia prima perfectamente estable. Ahora bien, el estudio de la cantera de ALTKIRCH y su modo de explotación dejan prever ciertas dificultades en la preparación del crudo. Por lo tanto, se ha previsto utilizar, para efectuar la mezcla, un analizador continuo por fluorescencia de rayos X adaptado a un calculador numérico.



Calculador.

ANALIZADOR DE RAYOS X (General Electric Company)

El análisis continuo del crudo que sale del molino se efectúa mediante un espectrómetro de fluorescencia de rayos X. El sistema completo comprende:

- un aparato: destinado a sacar de la corriente de material una muestra que conviene al analizador y que representa el conjunto de la producción;
- un sistema de transporte de muestras: en el que se debe prever un tiempo muerto mínimo;
- un analizador continuo; en el que se bombardea mediante un haz de rayos X de pequeña longitud de onda una muestra presentada automáticamente por medio de una rueda de preparación de muestras a cuya entrada llega el producto en forma de “harina”. La radiación secundaria producida, llamada de fluorescencia, está formada por rayos X cuyas longitudes de onda son características de los elementos que constituyen la muestra y cuyas intensidades son proporcionales a las concentraciones de los elementos. Las diversas rayas se separan por un cristal de difracción, y las intensidades se miden con una serie de contadores de impulsos o de cámaras de ionización. Los impulsos recibidos se suman e integran y después se tratan para llevar al sistema de alimentación unas señales moduladas proporcionales a las concentraciones.

Con el aparato se pueden obtener continuamente los análisis de calcio, silicio, hierro y aluminio del crudo producido.

Tal aparato de análisis continuo de crudo no puede explotarse continuamente sin que exista un calculador numérico.

EL CALCULADOR (Compagnie Européenne d'Automatisme Electronique)

El sistema de tratamiento de la información utilizada comprende:

- una unidad central C 90-10: que va equipada de una memoria de 8.000 palabras, de una unidad de entradas numéricas y analógicas con un convertidor A/N, de un reloj y de una unidad de salida;
- un conjunto de máquina de servicio: que está acoplado a un lector-perforador de cinta y se utiliza para comunicar con el calculador en el momento en que se introducen los programas y para los tests;
- una máquina de escribir eléctrica: la cual sirve para imprimir las informaciones;
- un pupitre de explotación: el cual permite al jefe de puesto mantener una “conversación” con el calculador.

La capacidad del material retenido podrá ampliarse con adaptaciones sencillas de material normalizado.

LAS FUNCIONES DEL CALCULADOR

En una primera etapa, el calculador se ha utilizado en la centralización de informaciones. Las diversas alarmas que pueden aparecer durante la explotación se anotan con la hora de llegada y de desaparición. Las magnitudes se exploran regularmente y se efectúa una impresión sistemática o no de esas medidas, sustituyendo así una hoja de cuarto y permitiendo a posteriori la reconstitución de la marcha de la fábrica.

El sistema asegura cierto número de funciones de cálculo dirigiendo los balances de material y energía; los resultados de la explotación de la fábrica se obtienen así automáticamente y en cada instante es posible conocer el estado de los almacenes, la producción, la marcha de la fábrica y el rendimiento.

Finalmente, el conjunto analizador-calculador dirige la preparación del crudo.

EL SISTEMA DE DOSIFICACION DE LAS MATERIAS PRIMAS (fig. 2)

El conjunto de la instalación de preparación de crudo se compone:

- de cuatro extractores-dosificadores-pesadores: que son los encargados de extraer de los silos de almacenamiento las cuatro materias primas utilizadas;
- de una tolva de regulación, de 10 t con un extractor;
- de un molino vertical.

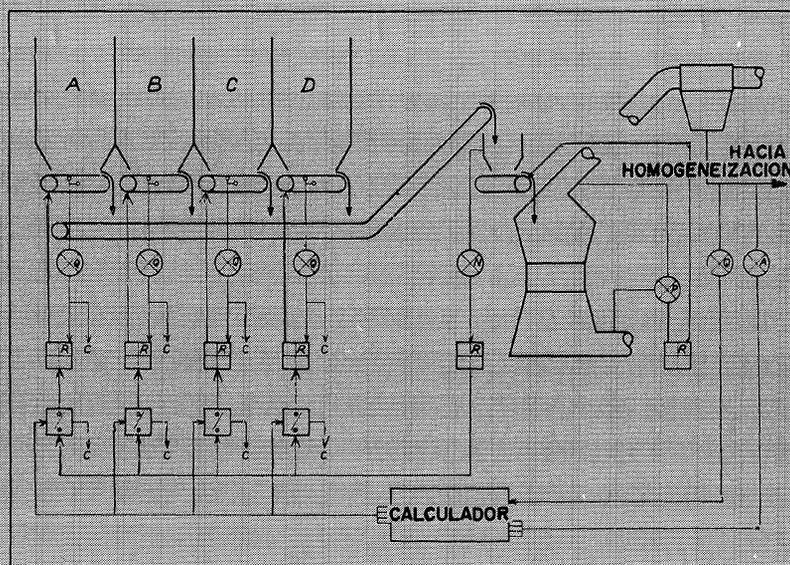


Fig. 2.—Principio de dosificación de las materias primas.

El caudal de materia prima a la entrada del molino se regula en función de la pérdida de carga de la corriente gaseosa a través del molino. El nivel de la tolva de regulación se mantiene constante regulando el valor consigna del gasto total de las cuatro materias primas. El calculador fija la proporción de los cuatro productos sabiendo que el gasto global está fijado además por la cadena de regulación antes mencionada.

El calculador para efectuar los ajustes sucesivos debe tener en cuenta:

- los contenidos deseados;
- las cantidades de material en curso de homogeneización;
- los análisis de este material y sus diferencias respecto a los valores perseguidos;
- los contenidos aproximados de las materias primas utilizadas;
- los tiempos muertos que introducen el proceso y el sistema de análisis;
- las posibilidades de corrección teniendo en cuenta los márgenes de ajuste de los dosificadores.

3 COORDINACION DE LOS PROBLEMAS DE AUTOMATIZACION

3.1. CONJUNTO DE UN PROYECTO (fig. 3)

El conjunto de la realización de un proyecto completo del tipo de la fábrica de cemento de ALTKIRCH que conduce a crear prácticamente una nueva fábrica, puede descomponerse de la siguiente forma:

- el estudio previo, que permite fijar las bases: producción deseada, procedimiento a utilizar, elección del tipo de maquinaria principal, elección del sistema de explotación. Durante esta fase se definen la silueta de la fábrica y el organigrama, y se calculan los presupuestos (la instalación automática puede calcularse, según la fábrica, del 5 al 10 %);
- la realización de los trabajos de ingeniería civil: accesos, cimentaciones, edificios, etc.;
- la realización de la parte mecánica: donde se definen y ordenan los equipos;
- la realización de la parte eléctrica: en la cual se establecen los motores, las distribuciones de energía eléctrica y los armarios de potencia;

- la realización de la parte de automatización: en que se definen la forma de mando, los instrumentos y los automatismos secuenciales.

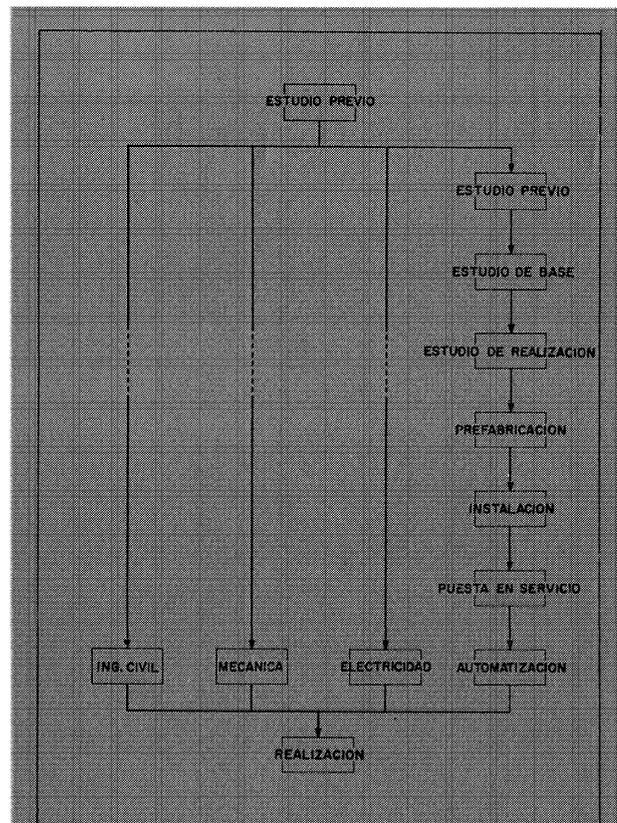


Fig. 3.—Diagrama de conjunto de un proyecto.

3.2. PUESTO “AUTOMATIZACION”

En lo que respecta más particularmente a la automatización pueden definirse las diferentes funciones como siguen:

- el estudio previo: que define la concepción general, fija los criterios económicos y los principios básicos generales. Durante esta fase del proyecto es cuando se deben definir el modo de explotación de la fábrica y las características generales del material;
- el estudio básico: el cual conduce al establecimiento de esquemas y especificaciones generales:

Un esquema de procedimiento: concerniente a la instalación simplificada con las circulaciones de los productos y fluidos con la simbolización de las diversas cadenas de medida, de alarma y de regulación. En esta fase, el proceso debe estar prácticamente fijado.

Un esquema de principio general: referente a los automatismos secuenciales con los sistemas de mando, las señalizaciones, los reagrupamientos de motores. En esta fase debe terminarse la lista de los motores y bosquejarse el funcionamiento de la instalación.

Especificaciones generales: que se refieren a las normas que hay que adoptar, los diversos documentos a realizar, las condiciones generales que conciernen al material (instrumentos, calculador, accesorios...), las condiciones generales que se refieren a la instalación (elección de un tipo de relé estático o electromagnético, cables, conductos de cables...).

Un esquema general del edificio de dirección (mando): edificio, armarios auxiliares, cuadros de control, calculador, etc...

Una especificación bastante detallada del sistema de tratamiento de la información, que define las funciones a desempeñar, las entradas y salidas, y concretado por una definición precisa del material necesario (HARDWARE). El calculador debe solicitarse en general lo antes posible debido a las demoras de fabricación.

El estudio de realización con los trabajos de ingeniería detallado y la selección del material. Este estudio conduce:

- a las especificaciones detalladas de los instrumentos y a la elección de los constructores;
- a los planos de montaje y a una relación de accesorios;
- a los planos directores de los cuadros de control y de los armarios auxiliares;
- a los esquemas de principio eléctrico de los servicios;
- a los planos de cableado de aparatos;
- a los planos de instalación que fija la posición de los aparatos, los itinerarios, los empalmes, con lista de accesorios;
- a los estudios relativos a la programación: establecimiento del diagrama en particular.

En esta fase de la realización, el proceso y todos los elementos básicos deben ser definitivos.

La prefabricación, fase durante la cual se construyen los cuadros, los armarios auxiliares, los armarios de automatismos, y se compran los diversos materiales (instrumentos, accesorios, etc...). Se puede admitir que durante este período se continúe la fabricación del calculador y se prosigan los estudios de programación; es indispensable que se lleven a cabo ensayos simulados antes de la entrega del sistema de modo que se juzgue por una parte el material y por otra la calidad de los programas elaborados y su compatibilidad con el material propuesto.

LA INSTALACION — tests y ensayos

Esta fase constituye la colocación del material, su acoplamiento y la comprobación de conformidad del trabajo realizado con los planos y las normas vigentes.

Al final del período de instalación, se inicia el del “ajuste previo” que cubre el conjunto de las operaciones preliminares a la introducción de los fluidos o materiales necesarios para poner en funcionamiento industrial una cadena de medida, de registro, de regulación, de alarma o de automatismo secuencial. El ajuste previo comprende la comprobación del buen montaje del material y la puesta en condiciones de funcionamiento; este trabajo precede a la puesta en marcha.

PUESTA EN SERVICIO

Es evidente que la primera puesta en marcha de una unidad es ante todo la del proceso, y al mismo tiempo se pone en servicio y a punto la automatización. En este momento es cuando se prueba el conjunto de la instalación y aparecen las pequeñas imperfecciones que conviene remediar en seguida.

El diagrama simplificado adjunto esquematiza el encadenamiento de las operaciones principales. Es evidente que solamente se trata en este caso de un ejemplo y que el establecimiento de un verdadero programa de articulación de los trabajos elementales es una tarea larga y delicada.

3.3. EL ESFUERZO DE COORDINACION

Referente a la automatización, se observará la estrecha unión que debe existir entre todos los responsables, durante la realización del proyecto:

- durante el estudio: es necesario celebrar reuniones con los constructores de los aparatos mecánicos y eléctricos para fijar las condiciones del funcionamiento y los diferentes parámetros. Es preciso aclarar todos los límites que atañen al suministro y responsabilidad de aquéllos;
- durante la realización: solamente se puede hacer el montaje del material de automatización si los trabajos de ingeniería civil y la instalación de los aparatos principales están suficientemente avanzados para que se pueda realizar un trabajo eficaz y sin peligro para los operarios y el material. Para ello se hacen indispensables las reuniones en obra y la presencia de un director general de obra competente;
- durante la puesta en servicio: debe reinar una cooperación total entre los diferentes proveedores de las instalaciones, y el personal encargado de la puesta en marcha de la instalación.

