

Metodología de apoyo para la especificación del Equipamiento de Sistemas de Manufactura

García Muñoz Rafael Enrique

Instituto Tecnológico de Agua Prieta
CENIDET
Kano729@prodigy.net.mx

Resumen

La competencia en el medio industrial es una carrera sin fin. Frente a la exigencia de competitividad (condición de supervivencia), y bajo la presión de sus servicios comerciales, las empresas adoptan políticas de desarrollo continuo de nuevos productos, implicando generalmente una reducción de su vida útil. Al nivel de los servicios de ingeniería, estas políticas pasan necesariamente por una modernización del aparato productivo, a su vez propiciando un cuestionamiento acerca de los métodos utilizados tanto para el diseño de los nuevos productos, como para efectuar las necesarias adecuaciones del aparato productivo.

1. Introducción

La enorme dinámica de este sector y la extraordinaria oferta tecnológica de medios de producción dificultan la adopción de métodos apropiados. Donde la simple estrategia de reemplazo del hombre por la máquina, rápidamente ha mostrado sus límites, como lo demuestran múltiples estudios desarrollados principalmente en Europa en los años ochenta [1].

Es por estas razones, que para efectos del presente trabajo de investigación, se plantea una reconsideración completa y total del sistema de producción para intentar ofrecer propuestas adecuadas al difícil problema de la especificación del equipamiento de manufactura y en particular para el caso de los procesos de ensamblado automático.

Se sitúa el presente trabajo de investigación, más en el plano de una propuesta de reconceptualización de los elementos que intervienen en este problema, que en la mera sistematización de las tareas tradicionales de especificación.

2. Problemática

En el contexto nacional, lamentablemente, no se tiene una cultura de planeación y de análisis en lo que a manufactura se refiere. La experiencia en este tema proviene generalmente de empresas transnacionales que han permeado sus prácticas de ingeniería en nuestro medio profesional. Se observa que en las retículas de los planes de estudio de la carrera de Ingeniería Industrial que oferta el Sistema Nacional de Institutos Tecnológicos no se tiene contemplada alguna materia que cubra este perfil de egreso deseable para el futuro Ingeniero. Sin ofrecerle elementos metodológicos para un diseño sistémico de líneas de producción que tomen en cuenta en forma simultánea (en el contexto de una ingeniería concurrente) el proceso de ensamble previsto.

En la práctica del ingeniero industrial mexicano existe un vacío metodológico en lo que concierne el modelado de sistemas de manufactura con objeto de asegurar una correcta especificación del equipamiento necesario a un determinado proceso manufacturero de ensamble, que no es privativo ciertamente de nuestra cultura mexicana, ya que encontramos evidencias de que este vacío se extiende aún a la práctica de la ingeniería industrial en empresas transnacionales implantadas en México, y aún encontramos reportes de este problema en referencias bibliográficas europeas.

El hecho de no contar con estos elementos metodológicos conlleva inconvenientes de diversa índole tales como un uso ineficiente de los recursos involucrados en el sistema productivo, reconfiguraciones continuas de las instalaciones, retrasos de puesta en marcha, etc.

2.1 Conceptos

La entidad dentro de la empresa encargada de la concepción de un sistema de ensamble o sistema de ensamblado, es tradicionalmente la oficina de

métodos. Esto es, para la función de especificar los medios a emplear para ensamblar una familia de productos definidos por la entidad encargada de su concepción (tradicionalmente la oficina de estudios o de diseño del producto). Con este fin, el documento de especificaciones de (requerimientos) de la instalación especifica las características de producción tales como:

- una capacidad de producción en un horizonte temporal.
- El costo de inversión de la explotación.

Este documento de especificación induce la necesidad de una capacidad de reacción y adaptación del sistema frente a diversas situaciones, particularmente:

- A corto plazo: a fin de asegurar la correcta realización de las operaciones a efectuar.
- A mediano plazo: que tome en cuenta los eventuales o continuos cambios de producción, así como en la especificación del producto.
- A largo plazo: que considere el incremento o decremento de miembros de la familia de productos, o la integración o compactación de miembros de la familia.

Concebir un sistema de ensamblado implica generalmente la obtención de resultados intermedios según:

- Un conjunto de tareas a efectuar definidas y conectadas entre ellas por una relación de orden temporal parcial.
- Una afectación de estas tareas a los recursos a emplear, para los cuales son definidas las características técnicas requeridas y la implantación espacial.
- Una definición, y después una elección de los medios encargados del sistema de control de la instalación.
- Un rediseño de los productos.

La obtención de estos resultados constituye la trama principal de todo método de concepción de sistemas de ensamblado y representa la aportación en obra de los instrumentos o herramientas específicos.

En una instalación de ensamblado y en el curso de su funcionamiento, cohabitan un sistema de producción (personas, máquinas, herramientas) y constituyentes (componentes elementales, subensambles, ...)[2].

Todo producto terminado puede ser considerado como una estructura construida a partir de componentes elementales que lo conforman, para el establecimiento progresivo de relaciones que definen su situación en el seno de esta estructura.

Entre estas relaciones, una manera de ver el ensamblado (ensamblaje) que le otorga un significado relevante, es aquella en que estas relaciones implican un contacto permanente intermitente, o temporal entre los componentes que les conciernen, y que son llamados **enlaces geométricos**. Donde para el caso de un producto típicamente se requieren varios enlaces, mismos que son realizados a partir de **operaciones geométricas**.

Frecuentemente, los enlaces geométricos son completados por una energía de cohesión por obra de un procedimiento de solidarización (unión, soldadura, pegadura). El procedimiento empleado requiere sea una aportación de elementos específicos (tornillos, remaches, pegamento, soldadura...) sea una deformación de componentes concernientes (inserción a fuerza) sea los dos (remachado).

Esta aportación de energía está considerada como realización de un **enlace físico** que bien se superpone a un enlace geométrico y al establecimiento de uno o varios de estos enlaces, y ello se realiza por una **operación física**. Estas dos categorías de operaciones, que presentan un carácter binario y que son específicos del ensamblado son reagrupados y son llamadas "**operaciones relacionales**".

Existe otra categoría: todo proceso de ensamblado es igualmente susceptible de hacerse intervenir por otra categoría de operaciones: las **operaciones complementarias**, las cuales son de carácter unitario. Ellas se descomponen en dos subclases:

- a) Las operaciones **anexas**, que aportan las modificaciones a un constituyente: limpieza , lubricación, pulido, mecanizado, eliminar rebabas, pulido, etc ...
- b) Las operaciones **informativas**, (por ejemplo) para aquellas que verifican la buena ejecución de las operaciones precedentes, o el determinar las operaciones de control de calidad de los diferentes constituyentes del producto en el curso del proceso de ensamblado. Son igualmente clasificadas aquí los reglajes eventuales o la eliminación de constituyentes juzgados no conformes al documento de especificación.

Todas las operaciones definidas justamente aquí, operaciones relacionales y operaciones complementarias, son reagrupadas y son llamadas **operaciones constitutivas**, porque todas ellas contribuyen a la constitución de un **producto final**. Hay que remarcar y este es un punto fundamental, que todas estas operaciones son intrínsecas al producto final y el documento de especificación; ellas son realizadas de una u otra manera y condicionan la definición de procesos de ensamblado. Cada una de ellas se realizan en un lugar bien definido, y esto bajo el entendido de crear una nueva operación de ensamble: las **operaciones logísticas**, que a su vez se componen en:

- c) Operaciones posicionales, tales como las transferencias de los constituyentes de un lugar a otro, con o sin cambio de orientación.
- d) Operaciones de control, tales como la verificación de la buena ejecución de las operaciones posicionales: detección de presencia de constituyentes y eventualmente la evaluación de la orientación en el seno del sistema de transporte.

Contrariamente a las operaciones constitutivas, las operaciones logísticas dependen enteramente de la arquitectura del sistema de ensamblado definido.

3.- Modelado del producto

Entre los modelos del producto que se puede encontrar dentro de la literatura, existen dos desarrollados en el Laboratorio de Automática de Besancon (Francia), que son complementarios: El primero propuesto en 1984 por A. Bourjault [3] llamado "Modelado Funcional", y una extensión propuesta por J.M. Henrioud llamada "Modelado Operatorio". La revisión que se presenta a continuación describe estos dos modelos, los cuales servirán a continuación de referencia para describir otros trabajos existentes.

3.1.- Modelado Funcional

Existe un enlace funcional y sólo uno entre dos componentes elementales C_i y C_j de un producto P dado, si existe al menos un enlace mecánico entre estos dos componentes. Estos enlaces funcionales se denotan L_1, L_2, \dots, L_n o más simplemente $1, 2, \dots, n$.

A todo producto P se le puede asociar un grafo no orientado $G = [C, L]$ tal que al conjunto C de sus puntas corresponde de manera bi-unívoca al

conjunto C de los componentes elementales de P; y el conjunto L de sus arcos al conjunto $\{1, 2, \dots, n\}$ de los enlaces funcionales de P.

Por razones de simplificación, los elementos de solidarización (tornillos, tuercas, remaches) no son considerados como constituyentes elementales, pero sí como pertenecientes a los procedimientos (métodos) de solidarización. Un tal grafo G es denominado "**Grafo de las Uniones Funcionales**" es un grafo simple. Existe a lo más una unión funcionales entre dos constituyentes elementales c_i y c_j , y no hay unión j entre c_i y él mismo.

Una acción funcional (AF) es una acción que se realiza entre dos constituyentes y se representa en un solo enlace funcional.

3.2.- Modelado Operatorio

Este modelado comprende por separado:

- La estructura del producto, definida a partir del conjunto de los constituyentes elementales y de los enlaces geométricos.
- Las características físicas complementarias (anexas e informacionales).

La estructura del producto es modelada por un grafo definido por el conjunto C de sus componentes elementales y del conjunto T de sus enlaces geométricos. El grafo obtenido se denota $G = [C, T]$, es formalmente idéntico al grafo de enlaces funcionales, solo las etiquetas de los arcos son diferentes. Se trata igualmente de un grafo no orientado y sin bucle.

Las características físicas y complementarias son modeladas respectivamente por dos aplicaciones f y g , definidas de la manera siguiente :

+ Para las características físicas

Para todo producto constituido de un conjunto C de constituyentes se denota \sum al conjunto de sus características físicas. Este conjunto se determina al momento del análisis inicial del producto.

La aplicación f :

$$f : \sum \text{ ---- } P (C) \quad (1)$$

conjunto de las partes de C

+ Para las características complementarias

Para todo producto constituido de un conjunto C de componentes, se denota Δ al conjunto de sus características complementarias a realizar. Una característica complementaria puede concernir un constituyente elemental (aislado) o un subconjunto; un subensamble está caracterizado de la siguiente manera:

- i) De los componentes que lo constituyen, elementos de P(C).
- ii) De los enlaces geométricos debiendo necesariamente existir entre esos componentes, y eventualmente las características complementarias o físicas ya realizadas, elementos de :

$$P(TX: \sum \cup \Delta) \quad (2)$$

La aplicación g :

$$g : \Delta \text{ ---- } P(C) \times P(TX: \sum \cup \Delta) \quad (3)$$

Permite definir cuáles son los elementos de producto directa o indirectamente concernientes para cada característica complementaria.

3.3. Modelado del proceso

Existen diferentes maneras de representar los diferentes procesos de ensamblado de un producto dado. Estas diferentes representaciones inducen diferentes ventajas y diferentes inconvenientes.

Una representación rigurosa y no redundante de los diferentes procesos de ensamblado de un producto pasa en muchos trabajos de investigación por la utilización de Redes de Petri [4].

4. Análisis de resultados

El punto de partida desde el cual se pretende modelar este problema es el análisis detallado de los diferentes enfoques de modelado del producto y de los procesos de ensamblado.

Inicialmente, en esta investigación, se desarrollará una caracterización estática del trabajo de ensamblado automatizado desde un punto de vista funcional, así como una clasificación de los recursos utilizados para construir la instalación de ensamblado automatizado. Después se hará un análisis dinámico de los modelos y técnicas que permitan evaluar las

diversas soluciones candidatas, y la selección de la mejor alternativa.

5. Conclusiones

La parte final del trabajo de investigación se dedicará al estudio de casos que permitan evaluar las propuestas metodológicas producto de esta tesis. Proponemos el desarrollo de un método de especificación aplicable al contexto de instalaciones manufactureras mexicanas, en especial las dedicadas al ensamble de productos electrónicos y automotrices.

Referencias

- [1] Meunier, M. “*Elementos metodológicos para la concepción de sistemas flexibles de ensamblado*”, Univ. Franche-Comté, 1989.
- [2] Henrioud, J. “*Contribución a la conceptualización del ensamblado automatizado*”, Univ. Franche-Comté, 1989.
- [3] Bourjalt, A. “*Diseño metodológico para sistemas flexibles*”, Proceedings of the 20 th International Symposium on Industrial Robots (ISIR). Tokio, Japón, 1989.
- [4] Perrard, C.. “*Contribución metodológica de los sistemas de ensamble*”, Univ. Franche-Comté, 1992.