

ASIGNATURA DE MÁSTER: TRANSMISIONES AVANZADAS DE ENGRANAJES

Curso 2017/2018

(Código:28801316)

UNED

1.PRESENTACIÓN

Las transmisiones por engranajes en general, y los engranajes cilíndricos –rectos y helicoidales– en particular, han sido siempre objeto de estudio y continuo desarrollo, tanto para la mejora de los procesos de generación de los dientes como para la evaluación de la capacidad de carga –o potencia transmisible– en condiciones de operación. A ello dedican sus esfuerzos, entre otros organismos e instituciones, el Comité Técnico TC 60 de ISO (con sus distintos subcomités y grupos de trabajo) o los distintos comités y divisiones técnicas de la *American Gear Manufacturers Association*, AGMA. Y fruto de ello es el elevado grado de desarrollo de las normas que ambas publican, que permite predecir con notable precisión el comportamiento de las dentaduras. A pesar de ello, todas estas normas son objeto de permanente revisión, en busca de modelos cada vez más precisos, que permitan ajustar el diseño a los requerimientos, cada vez más exigentes, de la industria moderna.

Muchos retos permanecen planteados en el momento presente. En el terreno de la normalización, por ejemplo, llama la atención que ni ISO ni AGMA, en ninguna de sus normas, proponga un método de cálculo de la capacidad de carga para transmisiones por piñón y corona de dentado interior. Ciertamente, son engranajes que se vienen utilizando asiduamente, pero su finalidad ha venido siendo más bien la transmisión de movimiento, y no tanto la de potencia, como se empieza a demandar en la actualidad. Tampoco consideran, ni ISO ni AGMA, con la suficiente profundidad, los engranajes con alto grado de recubrimiento transversal –esto es, mayor que 2–, cuando los métodos actuales de generación de los dientes proporcionan la precisión requerida para asegurar el contacto simultáneo de tres parejas de dientes; ni los engranajes con interferencia de tallado, que si bien quedan con los dientes debilitados, ofrecen en determinadas ocasiones mayores grados de recubrimiento, lo que compensaría el debilitamiento con el reparto de la carga entre un mayor número de dientes, pudiendo aumentar la capacidad de potencia.

2.CONTEXTUALIZACIÓN

Los trabajos de esta línea de investigación en *Transmisiones avanzadas de engranajes* se encuadran dentro de los programas de trabajo de los comités técnicos internacionales de normalización de ISO y AGMA, especialmente los del primero, de los que España forma parte a través del Departamento de Mecánica de la UNED.

Como es natural, toda la línea se apoya fundamentalmente en la asignatura de *Diseño avanzado de transmisiones por engranajes*, en donde se presentan todas las bases para el desarrollo de los modelos de cálculo resistente y de distribución de carga, y se describen algunas de las transmisiones poco consideradas hasta la fecha, como las de alto grado de recubrimiento transversal o con interferencia de tallado.

A esta línea de investigación se accede exclusivamente a través del itinerario en *Ingeniería Mecánica*, que es el único que garantiza haber cursado previamente la asignatura de *Diseño avanzado de transmisiones por engranajes*. Además, se obliga a cursar, dentro de la oferta de optativas de la intensificación, las asignaturas de *Análisis actual de problemas de mecánica de medios continuos: método de los elementos finitos, método de los elementos de contorno y métodos sin malla* y *Biodinámica y biomateriales*. De esta manera, la formación previa de quien desarrolle su trabajo de investigación en esta línea, será la siguiente:

a) Las cuatro asignaturas del módulo I, de contenidos transversales:

P001 Metodología de la investigación tecnológica
P023 Ingeniería ambiental avanzada
P015 Métodos de análisis no lineal en ingeniería
P025 Métodos computacionales en ingeniería

b) Las tres asignaturas del módulo II, de contenidos específicos obligatorios del itinerario:

P017 Análisis avanzado de vibraciones en máquinas
P019 Diseño avanzado de transmisiones por engranajes
P020 Simulación numérica de flujos de fluidos en ingeniería

c) Dos asignaturas de las ofertadas como optativas en el módulo III, de contenidos específicos optativos del itinerario:

Adicionalmente, es necesario el conocimiento de la lengua inglesa, al menos con suficiente nivel para el manejo de documentación técnica. Asimismo, se precisarán conocimientos informáticos a nivel de usuario de paquetes estándar (ofimática, etc.), así como de algún producto –o lenguaje de programación– de cálculo científico.

4.RESULTADOS DE APRENDIZAJE

El objetivo final del trabajo de investigación será el desarrollo de un modelo de comportamiento, ya sea para un tipo de transmisión de características especiales o la mejora del modelo de una transmisión conocida, o la propuesta de unas condiciones de generación óptimas para unos requisitos establecidos.

Con este objetivo técnico y el desarrollo metodológico a él asociado, se pretende que el alumno alcance los siguientes objetivos de aprendizaje:

Objetivos de conocimientos: que el alumno adquiera conocimiento de:

- Modelos de comportamiento sobre los que se fundamentan los métodos de cálculo empleados en el diseño de engranajes, especialmente por los comités técnicos internacionales de normalización.
- Procesos de simulación de la generación del dentado, análisis del contacto y análisis tensional.
- Métodos energéticos para la determinación de la distribución de carga.

Objetivos de habilidades y destrezas: que el alumno adquiera capacidad de:

- Aplicar los modelos de comportamiento mecánico y de distribución de carga al desarrollo de nuevos métodos de cálculo y diseño de transmisiones especiales, o la mejora de los métodos de transmisiones convencionales.
- Simular la generación de dentaduras con geometría modificada.
- Optimizar los parámetros de generación según diferentes objetivos de capacidad de carga, nivel de ruido y vibración o localización del contacto.

Objetivos de actitudes: que el alumno adquiera capacidad de:

- Proponer metodologías de desarrollo de nuevos modelos de comportamiento y métodos de cálculo de engranajes.
- Diseñar estudios de optimización de la geometría y las condiciones de generación de dientes de engranajes.

5.CONTENIDOS DE LA AS

problema.

- Desarrollo del modelo de cálculo / método de generación: formulación del método de cálculo perseguido (determinación de las condiciones críticas de carga y de las tensiones críticas; parámetros de generación de la geometría requerida).
- Propuesta de normalización: formulación de la propuesta de método de cálculo que recoja los resultados del modelo obtenido.

6.EQUIPO DOCENTE

- [JOSE IGNACIO PEDRERO MOYA](#)
- [MIGUEL PLEGUEZUELOS GONZALEZ](#)
- [MIRYAM BEATRIZ SANCHEZ SANCHEZ](#)

7.METODOLOGÍA

La realización del trabajo de investigación se llevará a cabo individualmente, y dirigido a distancia a través del portal de enseñanza virtual *UNED-e*. Como se explica en el apartado de Evaluación de los aprendizajes, el alumno habrá de presentar y defender los resultados de su trabajo de investigación ante un tribunal en la sede de la Escuela de Ingenieros Industriales de la UNED, en Madrid.

El alumno recibirá una ficha con la descripción y el alcance del trabajo de investigación a realizar. En el curso virtual encontrará bibliografía que le servirá de base para el desarrollo del trabajo, que eventualmente podría ser completada con bibliografía adicional, específica para cada trabajo, que remitiera el equipo docente. Con dicha bibliografía y los conocimientos adquiridos en la asignatura de *Diseño avanzado de transmisiones por engranajes*, el alumno deberá estar capacitado para acometer el desarrollo del trabajo.

El plan de trabajo a seguir se puede establecer, en términos generales, como se describe a continuación (las horas de dedicación a cada una de las actividades previstas, que se indican para cada una de ellas, constituyen obviamente una estimación, que podrá oscilar dependiendo del propio alumno y de las características del trabajo):

- Estudio de la documentación aportada por el equipo docente: complemento de los conocimientos técnicos adquiridos en la asignatura de *Diseño avanzado de transmisiones por engranajes*, y guía del itinerario a seguir en el desarrollo del trabajo

Las tareas de dirección del trabajo serán desarrolladas por el equipo docente a través del curso virtual. Las consultas habrán de formularse, por lo general, a través del correo electrónico, pues en principio, al hacer referencia al trabajo en concreto del alumno que pregunta, no es de esperar que sean de interés para los restantes alumnos. No obstante, el equipo docente podrá abrir foros y colgar de ellos información que considere de interés para la generalidad de los estudiantes.

El mismo procedimiento se habrá de seguir para cualquier envío que el alumno haya de hacer al equipo docente.

8.BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

Comentarios y anexos:

La siguiente bibliografía estará a disposición del alumno en el curso virtual, aunque no necesariamente habrá de trabajar con toda ella para el desarrollo de su trabajo. En la ficha de definición del mismo encontrará información detallada de la bibliografía que hace referencia a su trabajo.

1. AGMA Standard 2001–D04, Fundamental rating factors and calculation methods for involute spur and helical gear teeth, American Gear Manufacturers Association, Alexandria, VA, 2004.
2. AGMA Information Sheet 908–B89, Geometry factors for determining the pitting resistance and bending strength of spur, helical and herringbone gear teeth, American Gear Manufacturers Association, Alexandria, VA, 1989.
3. ISO Standard 6336–2:1996, Calculation of load capacity of spur and helical gears – Part 2: Calculation of surface durability (pitting), International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland, 1996.
4. ISO Standard 6336–3:1996, Calculation of load capacity of spur and helical gears – Part 3: Calculation of tooth bending strength, International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland, 1996.
5. J. I. Pedrero, M. Estrems, A. Fuentes, “Determination of the efficiency of cylindric gear sets”, Proc. IV World Congress on Gearing and Power Transmissions, París (Francia), vol. 1, pp. 297-302, 1999.
6. J. I. Pedrero, M. Artés, A. Fuentes, “Modelo de distribución de carga en engranajes cilíndricos de perfil de evolvente”, Revista Iberoamericana de Ingeniería Mecánica, 3(1), pp. 31-43, 1999.
7. J. I. Pedrero, M. Artés, C. García-Masiá, “Determination of the effective path of

de engranajes. La ficha de definición de cada trabajo indicará aquellas que podrían tener especial relación con el mismo, y cuya adquisición o consulta podría ser recomendable.

No se incluyen aquí referencias de contenidos muy específicos que, aun pudiendo ser de interés para algunos trabajos, el equipo docente podría suministrarlos a través del curso virtual.

1. J. A. Antona, Modelo de potencial elástico de deformación en engranajes cilíndricos de perfil de evolvente, Proyecto Fin de Carrera, UNED, Madrid, 2007.
2. J. R. Beltrán, Método de cálculo del factor geométrico a flexión de engranajes cilíndricos de dentado interior, Proyecto Fin de Carrera, UNED, Madrid, 2006.
3. M. Estrems, Modelo de cálculo a presión superficial de engranajes cilíndricos de perfil de evolvente, Tesis Doctoral, Universidad de Murcia, Murcia, 1998.
4. A. Fuentes, Modelo de cálculo a flexión de engranajes cilíndricos de perfil de evolvente, Tesis Doctoral, UNED, Madrid, 1996.
5. F. L. Litvin, A. Fuentes, Gear geometry and applied theory, 2nd ed., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2004.
6. J. I. Pedrero, C. García-Masiá, A. Fuentes, "On the location of the tooth critical section for the determination of the AGMA J-factor", AGMA 1997 Fall Technical Meeting, San Diego (California), Paper 97FTM6, 1997.
7. J. I. Pedrero, M. Artés, M. Pleguezuelos, C. García-Masiá, A. Fuentes, "Theoretical model for load distribution on cylindric gears: application to contact stress analysis", AGMA 1999 Fall Technical Meeting, Denver (Colorado), Paper 99FTM15, 1999.
8. J. I. Pedrero, A. Fuentes, M. Estrems, "Approximate method for the determination of the bending strength geometry factor for external spur and helical gear teeth", Journal of Mechanical Design, 122(3), pp. 331-336, 2000.
9. J. I. Pedrero, M. Pleguezuelos, S. Aguiriano, "Load distribution model of minimum elastic potential for involute internal gears", Machine Design, Novi Sad (Serbia), pp. 245-250, 2007.
10. I. I. Vallejo, Modelo de cálculo resistente de engranajes cilíndricos de alto grado de recubrimiento transversal, Proyecto Fin de Carrera, UNED, Madrid, 2008.
11. C. Zanzi, Modelo avanzado para la generación de dientes de engran

- Martes, de 16 a 20 horas
- Dpto. de Mecánica, ETS de Ingenieros Industriales, despacho 1.47
- Tel.: 913 987 674

Prof. D.^a Miryam Beatriz Sánchez Sánchez

- Martes, de 16 a 20 horas
- Dpto. de Mecánica, ETS Ingenieros Industriales, despacho 1.43
- Tel.: 913 986 434

12.EVALUACIÓN DE LOS APRENDIZAJES

La evaluación del trabajo de investigación se llevará a cabo mediante el informe escrito que habrá de elaborar el alumno, y la presentación oral de los resultados que habrá de realizar ante un tribunal.

Del informe escrito se valorará:

- El rigor científico en el proceso seguido para la obtención de los resultados.
- La solidez en la justificación de la propuesta y de su alcance.
- La claridad en la presentación de las conclusiones.

De la presentación oral se valorará:

- La calidad de la presentación: estructuración y apoyo audiovisual.
- La claridad expositiva.
- El acierto en las respuestas a las preguntas del tribunal.

13.COLABORADORES DOCENTES

Véase equipo docente.