

गियर का अभिकल्पन

Design of Gear

प्रश्न 1. अमेरिकन गियर मैन्यूफैक्चरिंग एसोसिएशन (AGMA) के अनुसार गियर को परिभाषित कीजिए।

उत्तर AGMA के अनुसार गियर वे मशीनी अवयव हैं जो उत्तरोत्तर मिलते हुए दाँतों द्वारा गति का पारेषण करते हैं।

प्रश्न 2. गियर चालन के अनुप्रयोग बताइए।

उत्तर विभिन्न गियर-चालनों का उपयोग धातु-कटाई मशीन औजारों, ट्रांसपोर्टिंग तथा वहन मशीनों, ऑटोमोबाइलों, ट्रैक्टरों, समुद्री इंजनों, रोलिंग मिलों तथा अनेक परिशुद्ध यन्त्र-विन्यासों तथा मापक यन्त्रों में होता है।

प्रश्न 3. समान्तर शाफ्ट-अक्षों वाले गियरों के नाम लिखिए।

उत्तर स्पर गियर, सिंगल हेलिकल गियर, डबल हेलिकल अथवा हेरिंगबोन गियर।

प्रश्न 4. बेवेल गियर को समझाइए।

उत्तर परस्पर काटने वाली शाफ्ट-अक्षों वाले गियरों की अक्षें एक ही समतल में परन्तु असमान्तर होती हैं। इन्हें बेवेल गियर कहते हैं।

प्रश्न 5. गियर सतह पर दाँतों की स्थिति के आधार पर गियर कितने प्रकार के होते हैं?

उत्तर गियर सतह पर दाँतों की स्थिति के आधार पर गियर निम्न तीन प्रकार के होते हैं

(i) सीधे दाँते गियर (Straight teeth gear)

(ii) नत दाँते गियर (Inclined teeth gear)

(iii) वक्र दाँते गियर (Curved teeth gear)

प्रश्न 6. सीधे दाँतों वाले स्पर गियर को परिभाषित कीजिए।

उत्तर यदि गियर दाँतों के अवयव शाफ्ट-अक्ष के समानान्तर हैं, तो सीधे दाँतों वाले स्पर गियर कहलाते हैं।

प्रश्न 7. गियरिंग के आधार पर गियर कितने प्रकार के होते हैं?

उत्तर गियरिंग के आधार पर गियर निम्न तीन प्रकार के होते हैं

(i) बाह्य गियरिंग (External gearing)

(ii) अन्तः गियरिंग (Internal gearing)

(iii) रैक तथा पिनियन (Rack and pinion)

प्रश्न 8. रैक तथा पिनियन को परिभाषित कीजिए।

उत्तर जब किसी शाफ्ट पर गियर का मिलान सरल रेखा में एक गियर से होता है, तो इस प्रबन्ध को रैक तथा पिनियन कहते हैं।

प्रश्न 9. अल्प गति, मध्यम गति तथा उच्च गति गियरों को समझाइए।

उत्तर साधारणतया 3 m/s से कम गति वाले अल्प गति गियर, 3 m/s से 15 m/s के बीच गति वाले मध्यम गति गियर तथा 15 m/s से अधिक गति वाले उच्च गति गियर कहलाते हैं।

प्रश्न 10. पिच वृत्त (pitch circle) को परिभाषित कीजिए।

उत्तर किसी गियर के लिए यह वह काल्पनिक वृत्त है जो घूमने पर वही गति उपजाता है जोकि उस पिच वृत्त पर बने गियर द्वारा उपजती है।

प्रश्न 11. अडैन्डम तथा डिडैन्डम किसे कहते हैं?

उत्तर अडैन्डम Addendum पिच वृत्त से दाँतें के ऊपरी किनारे तक की त्रैज्य दूरी अडैन्डम कहलाती है।

डिडैन्डम Dedendum पिच वृत्त से दाँतें की जड़ तक की त्रैज्य दूरी डिडैन्डम कहलाती है।

प्रश्न 12. सामान्य उपयोगी गियरों के लिए दाब कोण कितना रखा जाता है?

उत्तर 14.5°

प्रश्न 13. गियर पदार्थ के चुनाव में किन कारकों पर विचार करना पड़ता है?

उत्तर गियर पदार्थ के चुनाव के लिए लागत, सामर्थ्य, घिसाई रोधता (wear resistance) तथा चालन में शेर का स्तर आदि कारकों पर विचार करना पड़ता है।

प्रश्न 14. लेविस समीकरण को कब और किसने स्थापित किया था?

उत्तर लेविस समीकरण को सन् 1892 में विलफ्रेड लेविस (Wilfred Lewis) ने स्थापित किया था।

प्रश्न 15. गियर की पिच रेखा पर स्पर्शीय भार F_T का सूत्र लिखिए।

उत्तर
$$F_T = \frac{1000 \times P}{V \times K_s} . \text{ जहाँ, } v = \frac{\pi D N}{60 \times 1000} \text{ m/s} .$$

प्रश्न 16. गतिक भार को बकिंघम समीकरण के रूप में लिखिए।

उत्तर गतिक भार,
$$F_D = F_T + F_I = F_T + \frac{21 \times v (bc + F_T)}{21 \times v + \sqrt{(b \times c + F_T)}}$$

प्रश्न 1. गियर के पदार्थ का चयन करते समय किन-किन बातों का ध्यान रखना चाहिए ?

What are some things to keep in mind while selecting gear substances?

उत्तर गियर के पदार्थों का चयन निम्नलिखित गुणों के आधार पर किया जाता है

- (i) पदार्थ को सरलता से मिलिंग किया जा सके।
- (ii) पदार्थ का घर्षण-गुणाक निम्न होना चाहिए।
- (iii) पदार्थ की तनन-सामर्थ्य (tensile strength) उच्च होनी चाहिए ताकि पदार्थ स्थैतिक भार पर असफल न हो।

(iv) गतिज भार को सहन करने हेतु पदार्थ की श्रांति सामर्थ्य उच्च होनी चाहिए।

(v) पदार्थ की घिसाई रोधकता (wear resistance) उच्च होनी चाहिए।

(vi) पदार्थ की लागत कम तथा चालन में शोर भी कम होना चाहिए।

गियर निर्माण में धातु तथा अधातु दोनों प्रकार के पदार्थों का प्रयोग किया जाता है। धात्विक गियर प्रायः ढलवाँ लोहे (cast-iron), इस्पात (steel), तथा ब्रॉन्ज (bronze) के बनाये जाते हैं। अधात्विक गियर लकड़ी, कच्चे चर्म (raw hide), संपीड़ित कागज (compressed paper), सिंथेटिक रेजिन (नायलोन) तथा प्लास्टिक आदि पदार्थों से बनाये जाते हैं। अधात्विक गियरों से शोर कम होता है। ये अच्छे कम्पनरोधी तथा धक्कारोधी (shock resistance) होते हैं तथा इनके निर्माण में लागत भी कम आती है।

ढलवाँ लोहे का प्रयोग, गियर निर्माण में उसकी उच्च घिसाई-प्रतिरोधकता (wear-resistant), अच्छे मशीनन गुण, जटिल आकृति बनाने में आसानी तथा कम शोर आदि गुणों के कारण बहुतायत से किया जाता है।

साधारण कार्बन इस्पात अथवा मिश्र धातु इस्पात का प्रयोग गियर निर्माण में उसकी उच्च सामर्थ्य के लिए किया जाता है। दाँतों में कठोरता तथा कड़ापन लाने के लिए दाँतों का ऊष्मा उपचार (heat treatment) किया जाता है।

फॉस्फर ब्रॉन्ज का प्रयोग वर्म-गियरों के निर्माण में बहुतायत से किया जाता है। यह उच्च संक्षारणरोधी तथा स्लाइडिंग गतिकी परिस्थितियों हेतु अधिक उपयोगी होता है। गियरों की ढलाई (casting) द्वारा, मिलिंग मशीन या गियर हॉबिंग मशीन (gear hobbing machine) इत्यादि पर दाँते काटकर बनाया जाता है।

गियर चालन के लाभ तथा हानियाँ बताइए।

Describe the advantages and disadvantages of gear moving.

उत्तर पट्टा, रस्सा तथा चेन चालनों की अपेक्षा गियर-चालन के प्रमुख लाभ एवं हानि निम्न प्रकार हैं

लाभ Advantages इसके लाभ निम्न प्रकार हैं

1. गियर-चालन की क्रिया सरल है।
2. गियर-चालन का उपयोग अपेक्षतया कम दूरी पर शाफ्टों के बीच गति तथा शक्ति पारेषण में किया जा सकता है।
3. शाफ्टों की गति बहुत कम अथवा अधिक होने पर भी गियर-चालन का प्रयोग उचित है।
4. गियर-चालन में गति की परिशुद्धता (accuracy) प्राप्त होती है।
5. गियर-चालन द्वारा शाफ्टों के बीच परिशुद्ध (exact or accurate) वेग अनुपात प्राप्त होता है।
6. शाफ्टों के बीच स्थिर वेग अनुपात प्राप्त होता है।
7. गियर-चालन द्वारा निम्नतम से उच्चतम शक्ति-पारेषित की जा सकती है।
8. गियर-चालन उच्च दक्षता (efficiency) वाला (सामान्यतया 99%) होता है।
9. गियर-चालन एक विश्वसनीय (reliable) चालन है।
10. गियर-चालन संहत (compact) होता है अर्थात् कम स्थान घेरता है।
11. गियर-चालन का सेवाकाल (service life) अधिक होता है।
12. गियर-चालन की रख-रखाव लागत कम होती है।

हानियाँ Disadvantages इसकी हानियाँ निम्न प्रकार हैं

1. गियर निर्माण में विशेष उपकरणों एवं औजारों की आवश्यकता होती है, अतः यह एक महँगा चालन है।
2. गियर-दाँतों के निर्माण में थोड़ी त्रुटि होने पर उनकी क्रिया के अन्तर्गत कम्पन (vibrations) एवं शोर होने लगता है।
3. गियर-चालन की क्रिया के अन्तर्गत उपयुक्त स्नेहक (lubricant) का प्रयोग आवश्यक है।
4. गियर-चालन की प्रभावी क्रिया के लिए स्नेहन की प्रभावी विधि का प्रयोग भी आवश्यक होता है।

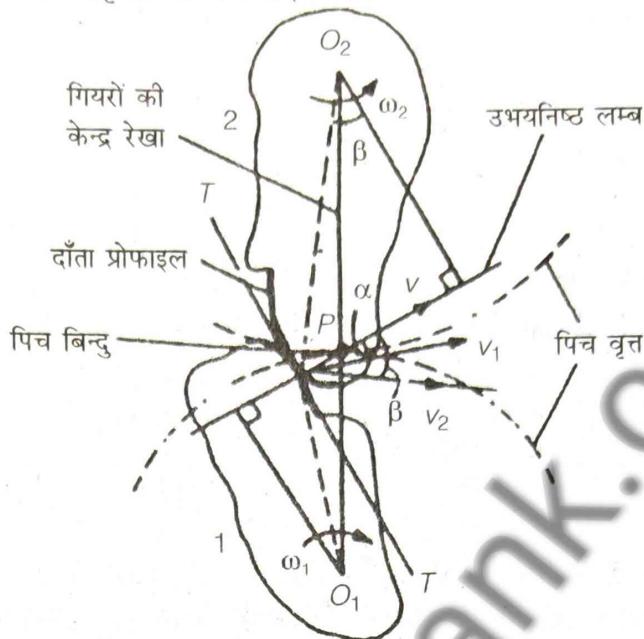
गियरिंग के नियम को समझाइए।

Describe the law of gearing.

उत्तर गियरिंग का नियम Law of Gearing दो मिलने वाले गियरों में स्थिर वेगानुपात हेतु “गियरिंग का नियम” सदैव संतुष्ट होना चाहिए। यह नियम अग्र प्रकार है

दो गियरों में स्थिर वेगानुपात हेतु उनके दाँतों का प्रोफाइल इस प्रकार होना चाहिए कि दाँतों के किसी भी सम्पर्क-बिन्दु (point of contact) पर दाँता प्रोफाइलों के लिए उपभनिष्ट-लम्ब (common normal), गियरों की केन्द्र-रेखा (centre line) को सदैव पिच-बिन्दु (pitch point) पर ही काटे। यह पिच-बिन्दु, मिलने वाले गियरों के पिच-वृत्तों का स्पर्श-बिन्दु (point of tangency) होता है [चित्र 8.1]।

गियर दाँतों के प्रोफाइल या वक्र की आकृति का डिजाइन करते समय गियरिंग का नियम संतुष्ट होना चाहिए।



चित्र 8.1 गियरिंग का नियम

इनवॉल्यूट दाँता तथा साइक्लॉयडल दाँता प्रोफाइल गियरों की तुलना कीजिए।

Compare profile gears of involute teeth and cycloidal.

उच्चर

इनवॉल्यूट दाँता तथा साइक्लॉयडल दाँता प्रोफाइल गियरों की तुलना

इनवॉल्यूट दाँता प्रोफाइल गियर

- वेगानुपात को प्रभावित किये बिना मिलने वाले गियरों की केन्द्र-दूरी (centre distance) कुछ सीमा तक बदली जा सकती है।
- दाँतों के सम्पर्क के आरम्भ से अन्त तक दाब कोण (pressure angle) एकसमान रहता है जिससे गियरों का कम घिसाव तथा सुगम (smooth) चालन प्राप्त होते हैं।
- दाँते के फेस तथा फ्लैंक पर एक इनवॉल्यूट वक्र रहता है अतः इस वक्र के प्रोफाइल वाले दाँतों का निर्माण सरल होता है।
- दाँतों के फ्लैंक कम चौड़े होते हैं, अतः ये गियर साइक्लॉयडल की अपेक्षा कमजोर होते हैं।
- दाँते की ऊपरी किनार द्वारा, मिलने वाले दाँते की जड़ पर कटाई अर्थात् इन्टरफेरेन्स (interference) की सम्भावना हो सकती है।

साइक्लॉयडल दाँता प्रोफाइल गियर

- गियरों की निर्धारित केन्द्र-दूरी बनाये रखना आवश्यक होता है।
- दाँतों के सम्पर्क के अन्तर्गत दाब कोण एकसमान नहीं रहता वरन् बदलता है, अतः गियरों की अधिक घिसाई होती है तथा सुगम चालन भी प्राप्त नहीं होता।
- दाँते के फेस तथा फ्लैंक हेतु अलग-अलग साइक्लॉयड वक्र होते हैं।
- समान पिच के लिए दाँतों के फ्लैंक अपेक्षतया अधिक चौड़े होने के कारण गियर मजबूत होते हैं अतः ये दाँता ढलाई हेतु उपयुक्त हैं।
- दाँतों के इन्टरफेरेन्स (interference) की कोई सम्भावना नहीं होती।

गियरों का निर्माण करने के लिए कौन-कौन-सी विधियों का प्रयोग किया जाता है?

Which methods are used to prepare the gears?

उच्चर साधारणतया गियर दाँतों का निर्माण ढलाई (casting) या मिलिंग मशीन पर मिलिंग कटरों द्वारा किया जाता है। आवश्यकतानुसार गियरों हेतु विशेष मशीनें भी प्रयोग की जाती हैं। गियर निर्माण हेतु प्रमुख विधियाँ अग्र प्रकार हैं

- (i) मिलिंग कटर, (ii) जनरेटिंग रैक तथा गियर शेपर कटर (iii) हॉबिंग (hobbing), (iv) ड्राइंग (drawing),
 (v) एक्स्ट्रूडिंग (extruding), (vi) डाई कास्टिंग (die casting), (vii) स्टैम्पिंग (stamping), (viii) सिंटरिंग
 (sintering) तथा (ix) इंजेक्शन मॉल्डिंग (injection moulding) आदि।

‘छ. उच्च सेवा कार्य गियरों के लिए गियर दाँतों का पृष्ठ दृढ़ीकरण (case hardening) क्यों आवश्यक होता है? Why case hardening of gear teeth is necessary for high service work gears? (2008)

उत्तर अनेक इन्जीनियरी उपयोगों में इस्पात के बने ऐसे अंगों की आवश्यकता होती है जिनकी बाह्य सतह तो कठोर हो परन्तु आन्तरिक पदार्थ अथवा क्रोड (core) मृदु और कड़ा या दुर्नम्य (tough) हो। सतह की कठोरता के कारण अंग घिसाईरोधी (wear resistant) बनेगा, जबकि मृदु और दुर्नम्य (tough) आन्तरिक पदार्थ के कारण वह धक्कारोधी (shock resistant) भी बन जायेगा। अर्थात् पृष्ठ कठोरीकरण द्वारा एक ही समय में धातु में निम्न गुण विद्यमान होते हैं

(i) धातु अंग की बाह्य सतह कठोर हो जाती है जिससे वह घिसाईरोधी बन जाता है।

(ii) धातु अंग का आन्तरिक पदार्थ मृदु एवं दुर्नम्य (tough) बनता है जिससे वह धक्कारोधी हो जाता है।

.. गियर स्नेहन (lubrication) पर एक संक्षिप्त टिप्पणी लिखिए।

Write a brief note on gear lubrication.

उत्तर गियरों के लम्बे जीवन काल हेतु उनका उपयुक्त स्नेहन आवश्यक है। स्नेहक ऐसा होना चाहिए जो दाँतों के बीच तेल-फिल्म (oil film) बना सके तथा घर्षण की ऊष्मा भी अपने साथ ले जा सके। क्रिया के अन्तर्गत अधिक सम्पर्क के कारण गियर की अपेक्षा पिनियन शीघ्र गर्म हो जाती है। स्नेहक को निरन्तर साफ रखा जाना भी आवश्यक है क्योंकि उपयोग के अन्तर्गत स्नेहक में मिले धूल तथा धातुकण दाँतों की सतह पर रगड़ने वाली क्रिया (abrasive action) करते हैं।

उपरोक्त बातों को ध्यान में रखते हुए साधारण खुली अवस्था में गियरों पर स्नेहक को तेल-कुप्पी, ड्रीप-आयलर (drip oiler) अथवा ब्रश द्वारा लगाया जाता है।

सामान्यतया बन्द गियर-चालनों हेतु स्प्लैश (splash) तथा फोर्स-फीड स्नेहन प्रयोग किया जाता है। कम गतियों के लिए स्प्लैश तथा अधिक के लिए पम्प द्वारा स्नेहन उपयुक्त रहता है।

गियरों हेतु अधिकतर ग्रीज (grease) तथा तेल स्नेहकों का प्रयोग करते हैं। प्रमुख स्नेहकों के रूप में खनिज-तेल (mineral oils) तथा सिन्थेटिक तेलों का प्रयोग होता है। उच्च गति तथा निम्न भारों के लिए निम्न श्यानता वाले तेल तथा निम्न गति तथा उच्च भारों के लिए उच्च श्यानता वाले तेल उपयुक्त होते हैं। दाँतों के बीच उच्च सम्पर्क-दाब की परिस्थितियों में विशिष्ट एक्स्ट्रीम-प्रेशर स्नेहकों का प्रयोग किया जाता है।

.. गियर चालन की सामान्य विशिष्टियाँ बताइए तथा डिजाइन हेतु विचारणीय बातों को लिखिए।

Describe the general specifications of gear movement and write the idea for the design.

उत्तर एक गियर चालन की सामान्य विशिष्टियों में निम्न बातें सम्मिलित की जाती हैं और डिजाइन में सामान्यतया ये ज्ञात होती हैं

1. पारेषित (transmit) की जाने वाली शक्ति (power),
2. चालक गियर (driver) की गति,
3. चालन वेगानुपात (velocity ratio),
4. गियरों की परस्पर केन्द्र-दूरी (Centre distance)।

शक्ति स्रोत (power source); जैसे— टरबाइन, इन्जन तथा विद्युत मोटर आदि उच्च गति वाले और उनके द्वारा चलाई जाने वाली मशीनें साधारणतया निम्न गति वाली ही होती हैं। अतः अधिकांश प्रायोगिक चालन गति-न्यूनीकरण (speed reduction) वाले होते हैं। विशेष परिस्थितियों; जैसे— सेन्ट्रीफ्यूज (centrifuge) आदि के लिए ये चालन गति बढ़ाने वाले (speed increase) प्रयोग किये जाते हैं।

साधारणतया किसी उपयोग हेतु गियर डिजाइन के लिए अग्र प्रमुख बातों को ध्यान में रखा जाता है अथवा उन्हें सुनिश्चित या निर्धारित किया जाता है।

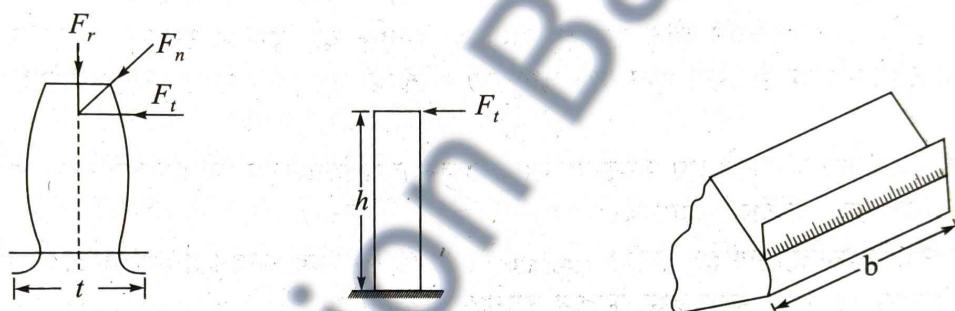
- गियर पर क्रिया करने वाले सभी प्रकार के भारों (स्थैतिक तथा गतिक भार) के लिए उसकी सामर्थ्य पर्याप्त होनी चाहिए।
- गियर दाँतों में अच्छा घिसाई प्रतिरोध होना चाहिए जिससे गियर का संतोषजनक सेवाकाल (service life) प्राप्त हो सके। इस हेतु उपयुक्त पदार्थ तथा निर्माण विधि का चयन करना चाहिए।
- गियर चालन शांत होना चाहिए।
- गियर चालन की क्रिया सुगम होनी चाहिए।
- गियर चालन संहत (compact) अर्थात् कम स्थान धेरने वाला होना चाहिए।
- गियर चालन की सीध (alignment) ठीक होनी चाहिए जिसके लिए शाफ्टों के विक्षेप पर भी विचार करना चाहिए।
- गियर चालन हेतु उपयुक्त स्नेहन का प्रबंध किया जाना चाहिए।
- स्पर गियरों के लिए लेविस समीकरण व्युत्पन्न कीजिए।

(2016)

Derive Lewis equation for spur gears.

उत्तर लेविस समीकरण की संकल्पनाएँ

- छोटे फलक की चौड़ाई 'b' के लिए गियर के दाँते पर अभिलम्ब बल (F_n) को दो घटकों में चित्र 8.2 के अनुसार वियोजित कर सकते हैं अर्थात् F_t या F_r में। इसमें स्पर्श रेखीय घटक (F_t), फेस की चौड़ाई पर समान रूप से आवंटित होता है, परन्तु वास्तव में यह बल फेस पर समान रूप से आवंटित नहीं होता है।



चित्र 8.2

- बल F_n का ऊर्ध्वर्धर घटक F_r , प्रत्यक्ष रूप से सम्पीड़न प्रतिबल उत्पन्न करता है। इसे गणना में नगण्य मानते हैं।
- गियर के दाँतों को अधिकल्पन के लिए कैन्टीलीवर धरन की तरह माना जाता है।
- प्रतिबल सान्द्रता एवं उत्पादन त्रुटियों के प्रभाव को भी नगण्य माना जाता है।
- अधिकतम प्रतिबल कार्य करने की दशा में गियर के दाँते के ऊपरी भाग पर, समस्त भार कार्य करता हुआ माना जाता है। वास्तव में एक युगल (pair) दाँतों से एक समय में एक से अधिक दाँते सम्पर्क में रहते हैं, जबकि भार सभी दाँतों पर आवंटित रहता है। जैसे-जैसे दाँते अपने पथ पर अग्रसर होते हैं, बल एवं आघूर्ण का परिणाम एवं दिशा परिवर्तित होती रहती है।

चित्र 8.2 के अनुसार,

दाँते की जड़ में अधिकतम नमन घूर्ण

$$M = F_t \times h \quad \dots(i)$$

तथा नमन प्रतिबल

$$\sigma_b = \frac{My}{I} \quad \dots(ii)$$

दाँतों को आयताकार मानते हुए जड़त्व आघूर्ण,

$$I = \frac{bt^3}{12}$$

एवं नमन प्रतिबल

$$\sigma_b = \frac{(F_t \times h)(t/2)}{(bt^3/12)} \quad \dots(iii)$$

अतः स्पर्श-रेखीय नमन बल,

$$F_1 = \frac{b \cdot \sigma_b \cdot \tau}{6h} \quad \dots(iv)$$

अंश और हर को माड्यूल 'm' से गुणा करके पुनः लिखने पर,

$$F_t = b \cdot m \cdot \sigma_b \left(\frac{t^2}{6h \cdot m} \right) = b \cdot m \cdot \sigma_b \cdot Y \quad \left(\text{जहाँ } Y = \frac{t^2}{6h \cdot m} \right) \dots (v)$$

यही लेविस का अभीष्ट समीकरण है। लेविस गुणांक (Y) का मान किसी गियर ट्रेन में दाँते में दबाव कोण एवं दाँतों की संख्या पर भी निर्भर करता है।

J. संशोधित लेविस समीकरण (Lewis equation) का उपयोग करते हुए गियर की सामर्थ्य निकालने हेतु विधि का वर्णन कीजिए। (2013)

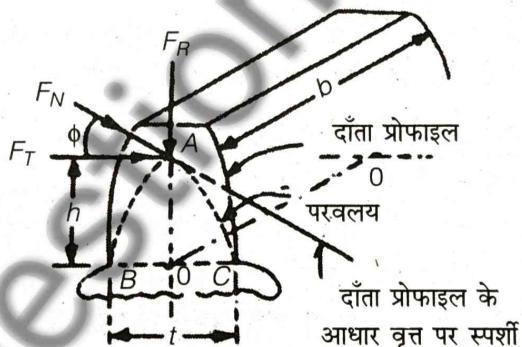
Describe the method to remove the power of gear using the modified Lewis equation.

अथवा संकल्पनाओं को स्पष्ट करते हुए स्पर गियर दाँते में बंकन सामर्थ्य हेतु मूल लेविस समीकरण विकसित कीजिए। (2008, 09)

Develop basic Lewis equation for bending strength in spur gear teeth while explaining the concepts.

उत्तर गियर दाँतों की सामर्थ्य ज्ञात करने के लिए यह माना जाता है कि एक गियर से दूसरे गियर पर बल का आदान-प्रदान (पारेषण) एक दाँते द्वारा ही होता है। अर्थात् चालक गियर (driver) के एक दाँते द्वारा ही सारा बल चलित-गियर के दाँते पर लगाया जाता है।

चित्र 8.3 के अनुसार गियर दाँते को एक कैटीलीवर धरन मानिये जिसके किनारे पर बिन्दु A पर अभिलम्ब-बल F_N कार्य कर रहा है। F_N को क्रमशः त्रैज्य तथा स्पर्शीय अवयवों F_R तथा F_T में विभक्त करिये। अवयव F_R दाँते की केन्द्र-रेखा पर तथा F_T इसके लम्बरूप है। F_R द्वारा दाँते में सीधा संपीड़न प्रतिबल (direct compressive stress) उपजाया जाता है, जबकि F_T द्वारा नमन प्रतिबल उपजता है। नमन प्रतिबल की तुलना में संपीड़न प्रतिबल का मान बहुत कम होता है अतः इसे नगण्य मानते हैं। नमन प्रतिबल दाँतों को झुकाकर तोड़ने का प्रयास करता है और डिजाइन गणनाओं का आधार माना जाता है।



चित्र 8.3

नमन प्रतिबल के अधिकतम मान वाली काट (section) ज्ञात करने के लिए बिन्दु A से गुजरता हुआ एक परवलय (parabola) खींचिये जो बिन्दुओं B तथा C पर दाँते के वक्रों पर स्पर्शीय है। चित्र 8.3 में यह बिन्दुदार वक्र द्वारा दिखाया गया है। यह परवलय एकसमान सामर्थ्य वाली धरन की बाह्य रेखा प्रदर्शित करता है। अर्थात् यदि दाँता इस परवलय की आकृति का हो, तो इसकी सभी काटों पर नमन प्रतिबल समान होंगा। परन्तु चित्र 8.3 में हम देखते हैं कि BC के अतिरिक्त सभी काटों पर दाँता परवलय से बड़ा ही है। इसलिए दाँते की BC काट पर ही नमन प्रतिबल अधिकतम होगा।

अतः दाँते पर अधिकतम नमन प्रतिबल या अनुमेय कार्यकारी प्रतिबल (permissible working stress),

$$f_w = \frac{M}{I} \times \frac{t}{2}$$

जहाँ, M = काट BC पर अधिकतम नमन घूर्ण = $F_T \times h$
 h = दाँते की लम्बाई

$$\therefore \frac{t}{2} = BC \text{ पर दाँते की मोटाई का आधा}$$

तथा $b =$ दाँते की फेस चौड़ाई।

सभी मान रखने पर,

या

इस समीकरण में t तथा h चल राशियाँ हैं जो दाँते के साइज अर्थात् वृत्तीय-पिच (circular pitch) (p) तथा दाँता-प्रोफाइल पर निर्भर करती हैं।

माना कि,

तथा

तब

या

यहाँ,

अतः

या

(यहाँ, $p = \pi m = \pi \times$ मॉड्यूल)

उपरोक्त समीकरण (ii) या (iii) को सन् 1892 में विलफ्रेड लेविस (Wilfred Lewis) ने स्थापित किया था। अतः इसे लेविस समीकरण (Lewis equation) कहते हैं। इस समीकरण में स्पर्शीय बल या भार F_T गियर दाँते की धरन-सामर्थ्य (beam strength) कहलाता है।

अब लेविस फॉर्म फैक्टर,

या

$$I = \text{काट } BC \text{ का } 0-0 \text{ पर जड़ताघूर्ण} = bt^3/12$$

$$f_w = \frac{(F_T \times h) \times (t/2)}{(bt^3/12)} = \frac{6F_T h}{bt^2}$$

$$F_T = \frac{f_w \times bt^2}{6h} \quad \dots\dots(i)$$

$$t = x \times p$$

$$h = k \times p$$

$$F_T = f_w \times b \times \frac{(xp)^2}{6kp}$$

$$F_T = f_w \times b \times p \times \frac{x^2}{6k}$$

$$\frac{x^2}{6k} = y = \text{स्थिरांक}$$

= दाँता फॉर्म फैक्टर (tooth form factor)

= लेविस फॉर्म फैक्टर (Lewis form factor)

$$F_T = f_w b p y \quad \dots\dots(ii)$$

$$F_T = f_w b \cdot \pi m \cdot y \quad \dots\dots(iii)$$

$$y = \frac{x^2}{6k} = \frac{t^2}{p^2} \times \frac{p}{6h} = \frac{t^2}{6hp} \quad \dots\dots(vi)$$

$$y = \frac{t^2}{6ph} = \frac{t^2 \times T}{6h\pi D} \quad \text{जहाँ, } P = \frac{\pi D}{T}$$

D = पिच वृत्त व्यास

T = गियर पर दाँतों की संख्या

इस आधार पर ध्यान रखिये कि लेविस फॉर्म फैक्टर y गियर पर दाँतों की संख्या T तथा दाँतों की प्रणाली (system) पर निर्भर करता है। साधारणतया y का मान निम्न प्रकार ज्ञात किया जा सकता है

$$y = 0.124 - \frac{0.684}{T} \quad (14.5^\circ \text{ इनवॉल्यूट सिस्टम के लिए})$$

$$y = 0.154 - \frac{0.912}{T} \quad (20^\circ \text{ फुल डैष्ट्रिंग इनवॉल्यूट सिस्टम के लिए})$$

$$y = 0.170 - \frac{0.95}{T} \quad (20^\circ \text{ स्टब सिस्टम के लिए})$$

तथा

स्पर गियर दाँते पर स्पर्शीय भार, कार्यकारी प्रतिबल तथा वेग गुणांक कैसे ज्ञात करते हैं ?

How to find tangential load, working stress and velocity factor on spur gear teeth?

उत्तर गियर दाँते पर स्पर्शीय भार Tangential Load गियर की पिच रेखा पर स्पर्शीय भार F_T की गणना इस प्रकार की जा सकती है:

$$F_T = \frac{1000 \times P}{v \times K_s}$$

जहाँ, P = पारेषित शक्ति, kW में

$$v = \frac{\pi D N}{60 \times 1000} \text{ m/s}$$

D = पिच व्यास, mm में

N = गियर के चक्कर प्रति मिनट

तथा

K_s = सेवा गुणांक (service factor)।

सेवा गुणांक K_s का मान गियर पर भार के प्रकार (एकसमान, हल्का झटका, मध्यम तथा भारी झटका भार) और गियर सेवा अवधि पर निर्भर करता है।

कार्यकारी प्रतिबल Working Stress लेविस समीकरण में गियर दाँते का अनुमेय कार्यकारी प्रतिबल f_w , गियर के पदार्थ, उसके ऊष्मा-उपचार, गियर मशीनिंग की परिशुद्धता तथा पिच-रेखीय वेग पर निर्भर करता है। बहुत कम गतियों पर सामान्यतया सुरक्षात्मक कार्यकारी प्रतिबल या अनुमेय स्थैतिक प्रतिबल का मान निम्न प्रकार प्रयोग करते हैं

$$f_0 = \frac{f_u}{3}$$

जहाँ, f_u = गियर पदार्थ का अन्तिम तनाव प्रतिबल,

f_0 = गियर पदार्थ का अनुमेय स्थैतिक प्रतिबल (allowable static stress) या प्रत्यास्थता सीमा पर प्रतिबल।

वेग गुणांक Velocity Factor दाँता प्रोफाइल में अशुद्धियों, दाँतों के बीच असमान दूरी, भार के प्रभाव में दाँते का विक्षेप, दाँते पर भार में परिवर्तन तथा बार-बार भार लगाने के कारण दाँते में संघट्टन (impact) और फटीग (fatigue) प्रतिबल उपजते हैं। गियर के पिच रेखीय वेग में वृद्धि के साथ इन प्रतिबलों में भी वृद्धि होती है। सरल रूप में इन अतिरिक्त प्रतिबलों की गुंजाइश या समायोजन हेतु लेविस समीकरण के साथ वेग गुणांक C_v का प्रयोग करते हैं

अतः

$$F_T = (f_0 \times C_v) b \cdot \pi m \cdot y$$

यहाँ

$$f_0 \times C_v = f_w$$

वेग गुणांक C_v का मान इकाई से कम होता है और निम्न प्रकार प्राप्त किया जा सकता है जबकि गियर का औसत पिच रेखीय वेग $v \text{ m/s}$ है।

$$C_v = \frac{3}{3 + v} \quad (\text{सामान्य गियरों हेतु, } 10 \text{ m/s पिच रेखीय वेग तक})$$

$$C_v = \frac{6}{6 + v} \quad (\text{परिशुद्ध (accurate) दाँतों के लिए,})$$

20 m/s के पिच रेखीय वेग तक

$$C_v = \frac{0.75}{1 + v} + 0.25 \quad (\text{अधातु पदार्थों (non-metallic) गियरों हेतु})$$

स्पर गियर दाँते पर गतिक भार को समझाइए तथा इसको कैसे ज्ञात करते हैं?

(2005)

Explain the dynamic load on spur gear teeth and how to find it?

उत्तर गियर दाँतों के निर्माण में अशुद्धियों तथा भार के प्रभाव में दाँते के विक्षेप आदि के कारण दाँते पर भार एक समान या स्टेडि के बजाय झटके (shock) और संघट्टन के रूप में लगता है। इस अवस्था में लगाने वाले भार को गतिक भार (dynamic load) कहते हैं। दाँते पर इस गतिक भार का मान स्टेडि पारेषित भार (steady transmitted load) से अधिक होता है।

दाँते पर गतिक भार लगाने के प्रमुख कारण निम्नलिखित हैं

(i) गियर दाँता प्रोफाइल में अशुद्धियाँ,

- (ii) दाँतों के बीच दूरी में असमानता,
- (iii) भार के प्रभाव में दाँतों का विक्षेप,
- (iv) भार के प्रभाव में शाफ्ट तथा माउटिंग्स का विक्षेप,
- (v) दाँते के फेस पर भार का एकसमान वितरण (distribution) न होना।

गतिक भार का बकिंघम समीकरण Buckingham Equation अनेक प्रकार के परीक्षणों के परिणामस्वरूप बकिंघम समीकरण के रूप में गतिक भार को निम्न प्रकार संबंधित किया जाता है

गतिक भार,

$$F_D = F_T + F_I = F_T + \frac{21 \times v(bC + F_T)}{21 \times v + \sqrt{(b \times C + F_T)}}$$

जहाँ, F_D = कुल गतिक भार, N में

F_T = शक्ति पारेषण के कारण स्टैडी भार (steady load), N में

F_I = गतिक प्रभाव के कारण अतिरिक्त भार, N में

v = m/s में, पिच रेखीय वेग

b = mm में, गियर की फेस चौड़ाई

C = N/mm में, विरूपण (deformation) या गतिक गुणांक (dynamic factor)

प्रश्न 13. गियर दाँते की धरन-सामर्थ्य क्या है तथा इसका व्यंजक लिखकर समझाइए?

What is the beam strength of gear teeth and explain its expression?

उत्तर

धरन-सामर्थ्य अथवा स्थैतिक दाँता भार Beam Strength or Static Tooth Load अनुमेय कार्यकारी

प्रतिबल f_w के स्थान पर गियर पदार्थ की प्रत्यास्थता सीमा (elastic limit) के प्रतिबल f_{el} का प्रयोग करने पर दाँते की धरन सामर्थ्य (beam strength) अथवा स्थैतिक दाँता भार प्राप्त होता है। इस प्रकार,

धरन सामर्थ्य अथवा दाँते का स्थैतिक भार,

$$F_S = f_{el} \cdot b \cdot p \cdot y = f_{el} b \cdot \pi m \cdot y$$

यदि धरन-सामर्थ्य F_S का मान गतिक भार F_D से कम है, तो गियर दाँता नमन में असफल हो जायेगा। इस असफलता या टूटने के प्रति दाँते की सुरक्षा के लिए स्थैतिक दाँता भार या धरन सामर्थ्य F_S का मान गतिक भार F_D की तुलना में निम्न प्रकार अधिक होना चाहिए।

$$F_S \geq 1.25 \times F_D$$

(स्टेडी भार के लिए)

$$F_S \geq 1.35 \times F_D \quad (\text{रुक-रुक कर या स्पन्दी (pulsating) भार के लिए})$$

$$F_S \geq 1.5 \times F_D \quad (\text{अक्समात् (shock) भार के लिए})$$

प्रश्न 14. प्रतिबल संकेन्द्रण (stress concentration) पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखिए।

Write a brief note on stress concentration.

उत्तर

दाँते की जड़ पर, जहाँ यह गियर बॉडी से जुड़ा होता है, प्रतिबलों का संकेन्द्रण हो जाता है। इस कारण दाँते में उपजे वास्तविक प्रतिबल का मान गतिक भार F_D की अवस्था से दोगुना तक हो जाता है। प्रतिबलों का संकेन्द्रण गियर के पदार्थ, जड़ पर दाँते की मोटाई, जड़ पर फिलेट त्रिज्या, दाब कोण तथा दाँते पर बल या भार की स्थिति पर निर्भर करता है। प्रतिबल संकेन्द्रण के समायोजन हेतु लेविस समीकरण के साथ प्रतिबल संकेन्द्रण गुणांक K_{sc} का प्रयोग किया जाता है।

इस प्रकार प्रतिबल संकेन्द्रण के प्रभाव पर विचार करते हुए दाँते पर गतिक भार,

$$F_D = \frac{(f_0 \times C_v) \cdot b \cdot \pi m \cdot y}{K_{sc}}$$

प्रश्न 15. गियर दाँते की घिसाई से आप क्या समझते हैं? घिसाई के कारण दाँता सतहों पर उपजे दोष व बचाव के उपायों को बताइए।

What do you understand by wear of the gear teeth? Explain the measures to prevent the yield defect on the donor surface due to wear.

उत्तर दाँते की घिसाई Wear of the Tooth शक्ति पारेषण के अन्तर्गत गियर दाँतों की लगातार घिसाई होती रहती है। सीमा से अधिक घिसाई के कारण गियर दाँते असफल हो जाते हैं। अतः घिसाई के कारण असफल होने से पूर्व गियर द्वारा पर्याप्त समय तक संतोषजनक सेवा प्रदान की जानी चाहिए। गियर दाँतों की घिसाई निम्न घटकों पर निर्भर करती है

1. गियर दाँतों के पदार्थ,
2. दाँत सतहों की वक्रता,
3. दाँत सतहों की फिनिश,
4. दाँत सतहों पर स्लाइडिंग क्रिया की मात्रा तथा
5. दाँतों के बीच स्नेहन।

गियर दाँतों की घिसाई, मिलने वाले दाँतों की परस्पर रोलिंग तथा स्लाइडिंग क्रिया के कारण होती है। इसके परिणामस्वरूप गियर दाँतों की सतह पर निम्न प्रकार के दोष उपज सकते हैं

- (i) **पिटिंग** Pitting दाँतों की वक्र सतहों के बीच अधिक तथा बार-बार दाब लगने के कारण सतह के ठीक नीचे के पदार्थ की फटीग-असफलता (fatigue failure) हो जाती है और सतहों की स्लाइडिंग क्रिया के कारण उस स्थान का पदार्थ उखड़कर गड्ढा (pit) बना देता है। पिटिंग का दोष अधिकतर पिच-रेखा के निकट उपजता है।
- (ii) **स्कोरिंग** Scoring मृदु पदार्थ की दशा में अधिक गति तथा सतह-दाब के कारण अथवा स्नेहन की असफलता से उपजी ऊष्मा के कारण दाँते की स्लाइडिंग क्रिया द्वारा धातु को पिच-रेखा की ओर धकेला जाता है। पिच-रेखा पर स्लाइडिंग की क्रिया रोलिंग में बदल जाती है। पिच-रेखा से आगे चलने पर यही क्रिया विपरीत क्रम में घटित होती है। इस प्रकार स्लाइडिंग क्रिया द्वारा पिच-रेखा के निकट धातु इकट्ठी होकर ढेर (hump) का निर्माण करती है। इसके कारण दाँतों की क्रिया के अन्तर्गत अत्यधिक शोर होता है।
- (iii) **एब्रेसिव घिसाई** Abrasive Wear स्नेहक में धातु तथा धूल के कण दाँते की सतह पर रगड़कर खुरें (scratches) आदि बनाते हैं जिससे दाँता सतह की आकृति बिस्फूल जाती है।
- (iv) **कोरोसिव घिसाई** Corrosive Wear स्नेहक तेल में कोरोसिव तत्वों की उपस्थिति द्वारा दाँते की सतहों पर संक्षारण (corrosion) होता है।

दाँता घिसाई के कारण उपजे दोषों से बचाव के उपाय इसके बचाव के उपाय निम्न प्रकार हैं

1. उपरोक्तानुसार पिटिंग, स्कोरिंग तथा एब्रेसिव घिसाई से बचाव के लिए दाँतों पर सतह संपीडन प्रतिबल (surface compressive stress) तथा गियरों की गति को उपयुक्त सीमाओं में रखा जाता है।
2. स्कोरिंग से बचाव के लिए दाँता-सतह का तापमान कम रखा जाता है। इस हेतु स्नेहक का पर्याप्त मात्रा में प्रवाह सुनिश्चित किया जाता है।
3. एब्रेसिव घिसाई से बचाव के लिए फिल्टर (filter) की सहायता द्वारा स्नेहक में से धूल तथा धातु कणों को लगातार हटाने रहते हैं। इस हेतु उच्च श्यानता (high viscosity) तेल के प्रयोग से भी दाँता सतह पर तेल की मोटी फिल्म बनाकर हानिकारक कणों को सतह-सम्पर्क से बचाते हैं।
4. कोरोसिव घिसाई से बचाव के लिए स्नेहक में उपयुक्त एंटी-कोरोसिव (anti-corrosive) पदार्थ मिलाये जाते हैं।
5. दाँता प्रोफाइल को ठीक बनाये रखने के लिए गियर की अपेक्षा पिनियन को कठोर पदार्थ का बनाया जाता है।
6. यदि गियर पर दाँतों की संख्या पिनियन पर दाँतों की सरल गुणक (simple multiple) है, तो गियर के प्रत्येक चक्कर में उसी दाँता-जोड़ी का मेल होगा जिससे घिसाई की मात्रा बढ़ जायेगी। अतः घिसाई को समान रूप से बांटने के लिए यदि सम्भव हो, तो एक अतिरिक्त दाँते का प्रयोग करते हैं। जिसे हंटिंग-दाँता (hunting tooth) कहते हैं।

स्पर गियर डिजाइन की प्रक्रिया को समझाइए।

(2014)

Explain the process of spur gear design.

उत्तर स्पर गियर डिजाइन की प्रक्रिया साधारणतया निम्न चरणों में अपनायी जा सकती है

1. सर्वप्रथम गियर द्वारा पारेषित शक्ति P के लिए दाँते पर आवश्यक स्पर्शीय-भार F_T ज्ञात करिये।

स्पर्शीय भार,

$$F_T = \frac{1000P}{v \times K_s}$$

यहाँ, v = पिच रेखीय वेग = $\frac{\pi DN}{60 \times 1000}$ m/s

$$= \frac{\pi m TN}{60 \times 1000} \text{ m/s} = \frac{p TN}{60 \times 1000} \text{ m/s}$$

D = पिच व्यास, mm में

N = गियर के चक्कर प्रति मिनट

m = माइूल mm में

T = दाँतों की संख्या

P = वृत्तीय-पिच, mm में

K_s = सेवा गुणांक

2. लेविस समीकरण का निम्न प्रकार प्रयोग करिये

$$F_T = f_w b \cdot p \cdot y = f_w b \cdot \pi m \cdot y = (f_0 \times C_v) \cdot b \cdot p \cdot y$$

(i) लेविस समीकरण गियर अथवा पिनियन में से जो भी कमजोर हो उसके लिए ही प्रयोग करिये। दोनों के लिए समान पदार्थ की दशा में पिनियन कमजोर होती है।

(ii) दोनों पहियों के पदार्थ भिन्न हैं, तो $(f_w \times y)$ अथवा $(f_0 \times y)$ में से जिसका भी मान किसी पहिये के लिए कम हो, वही कमजोर होगा।

(iii) फेस चौड़ाई का मान निम्न प्रकार प्रयोग कर सकते हैं

$$b = 3p \text{ से } 4p \text{ कटाई वाले दाँतों हेतु}$$

$$\text{तथा } b = 2p \text{ से } 3p \text{ ढलाई वाले दाँतों हेतु।}$$

3. बकिंघम समीकरण के प्रयोग से दाँते पर गतिक भार ज्ञात करिये।

$$F_D = F_T + F_I$$

F_D की गणना हेतु F_T का मान बिना सेवा-गुणांक (K_s) के ही ज्ञात कर सकते हैं।

4. दाँते की धरन सामर्थ्य अथवा स्थैतिक दाँत भार ज्ञात करिये।

$$\text{धरन सामर्थ्य } F_S = f_{el} b \cdot p \cdot y = f_{el} b \cdot \pi m \cdot y$$

सदैव $F_S > F_D$ प्रयोग करें।

5. दाँते का घिसाई भार ज्ञात करिये।

$$\text{घिसाई भार}, F_W = D_p \cdot b \cdot Q \cdot K$$

सदैव $F_W > F_D$ प्रयोग करें।

हेलिकल गियर (helical gear) को सचित्र समझाइए तथा हेलिकल गियर में प्रयुक्त पदों का वर्णन कीजिए। (2010)

Explain the helical gear with help figure and describe the terms used in helical gear.

हेलिक्स कोण तथा सामान्य पिच का वर्णन कीजिए।

(2015)

Describe the helical angle and general pitch.

उत्तर हेलिकल गियर पर दाँते उसकी घुमाव अक्ष के परितः हेलिक्स की आकृति में होते हैं जबकि स्पर गियर में दाँते अक्ष के समान्तर सरल रेखीय होते हैं। स्पर गियरों की भाँति दो हेलिकल गियर दो समान्तर शाफ्टों को सम्बंधित करने में प्रयुक्त हो सकते हैं। इनमें एक गियर पर हेलिक्स दक्षिणहस्त तथा दूसरे पर वामहस्त होते हैं। हेलिकल गियर पर पिच-सतह स्पर गियर की भाँति बेलनाकार ही होती है, जबकि इस बेलनाकार सतह पर हेलिक्स दाँते स्क्रू-चूड़ी की भाँति होते हैं।

ये सिंगल हैलिकल तथा डबल हैलिकल प्रकार के हैं। सिंगल हैलिकल गियरों में दाँते पर सिरे के अक्षीय दाब को निरस्त करने के लिए डबल हैलिकल गियर का प्रयोग करते हैं। डबल हैलिकल गियर हेरिंगबोन गियर भी कहलाते हैं।

स्पर गियरों में दाँतों का सम्पर्क पूर्ण दाँते पर गियर-अक्ष के समान्तर एक रेखा पर होता है जिस कारण दाँते पर भार अकस्मात् लगता है और क्रिया में शोर होता है। परिणामतः उच्च संघटन प्रतिबल उपजते हैं, जबकि हैलिकल गियरों में दाँते के एक सिरे पर सम्पर्क प्रारम्भ होता है और गियर घुमाव के साथ धीरे-धीरे (क्रमिक या gradual) दाँते के फेस पर विकर्णतः एक रेखा पर आगे बढ़ता है। दाँतों के इस धीरे सम्पर्क के कारण दाँते पर भार भी धीरे से लगता है जिससे भार के गतिक-प्रभाव (dynamic effect) में कमी आती है और शोर भी कम होता है। इसी कारण हैलिकल गियरों का प्रयोग स्मृथ तथा उच्च-गति चालन के लिए होता है। स्पर गियर की तुलना में हैलिकल गियर चालन द्वारा अधिक दक्षता तथा उच्च बलों का पारेषण भी प्राप्त होते हैं।

हैलिकल-गियर सम्बन्धी प्रमुख पद ये पद निम्न प्रकार हैं

1. हैलिक्स कोण Helix Angle दाँते की हैलिक्स रेखा

द्वारा गियर-शाफ्ट की केन्द्र-रेखा से बनाया गया कोण हैलिक्स कोण α कहलाता है (चित्र 8.4)। हैलिक्स कोण का मान 15° से 30° तक रखा जाता है।

2. अनुप्रस्थ, वास्तविक अथवा वृत्तीय पिच

Transverse Real or Circular Pitch दो लगातार दाँतों के समान स्थिति में बिन्दुओं के बीच, शाफ्ट-अक्ष के लम्ब समतल में मापी गयी दूरी को अनुप्रस्थ, वास्तविक अथवा वृत्तीय पिच (p) कहते हैं।

3. सामान्य पिच Normal Pitch दो लगातार दाँतों के समान स्थिति में बिन्दुओं के बीच दाँते के हैलिक्स कोण के लम्बरूप समतल में (अथवा दाँता एलीमेन्ट के लम्ब समतल में) मापी गयी दूरी को सामान्य पिच (normal pitch) p_N कहते हैं, चित्र 8.4 के अनुसार।

$$p_N = p \cdot \cos \alpha$$

4. अक्षीय पिच Axial Pitch दो लगातार दाँतों के समान स्थिति में बिन्दुओं के बीच शाफ्ट-अक्ष के समान्तर दूरी अक्षीय पिच कहलाती है (चित्र 8.4)। अतः

$$P_a = \frac{p}{\tan \alpha}$$

5. लम्ब व्यासीय पिच Normal Diametral Pitch,

उपरोक्त आधार पर,

$$p_{dN} = \frac{P_d}{\cos \alpha}$$

तथा

$$p_{dN} \times p_N = p_d \times p = \pi$$

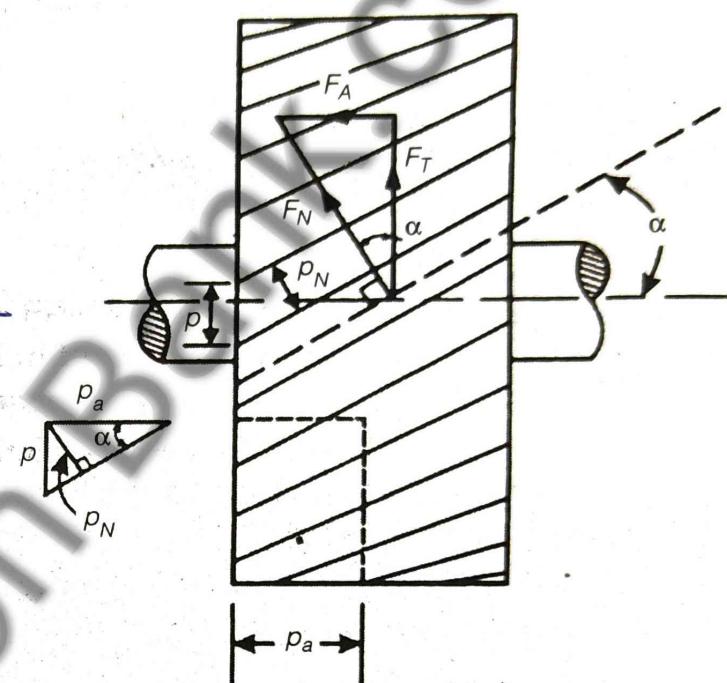
6. लम्ब माइयूल Normal Module,

$$m_N = m \cos \alpha$$

7. लम्ब दाब कोण Normal Pressure Angle लम्ब दाब कोण (ϕ_N) दाँता अवयव के लम्ब समतल में मापा जाता है जबकि दाब कोण (ϕ) गियर के घुमाव समतल अथवा व्यासीय समतल (plane of rotation or diametral plane) में मापते हैं।

इस प्रकार,

$$\tan \phi_N = \tan \phi \times \cos \alpha$$



चित्र 8.4 हैलिकल गियर

8. फेस चौड़ाई Face Width गियर के पूर्ण क्रियाकारी फेस पर दाँत सम्पर्क हेतु (चित्र 8.4 के अनुसार), फेस चौड़ाई b का न्यूनतम मान अथवा अक्षीय पिच,

$$b_{\text{न्यूनतम}} = \frac{P}{\tan \alpha} = p_a$$

"AGMA" के अनुसार फेस चौड़ाई का न्यूनतम मान $\frac{p}{\tan \alpha}$ से 15% अधिक प्रयोग किया जाना चाहिए।

अतः

$$b_{\text{न्यूनतम}} = \frac{1.15p}{\tan \alpha} = 1.15p_a$$

9. गियर पर अक्षीय भार या सिरा दाब End Thrust,

चित्र 8.4 से, अक्षीय भार

$$F_A = F_T \tan \alpha = F_N \sin \alpha$$

10. हेलिकल गियर के लिए समतुल्य अथवा फॉरमेटिव दाँतों की संख्या
समतुल्य दाँतों की संख्या,

$$T_E = \frac{T}{\cos^3 \alpha}$$

जहाँ, T = वास्तविक दाँतों की संख्या

α = हेलिक्स कोण

(2005, 10)

प्रश्न १. हेलिकल या कुण्डलित गियरों की अभिकल्पन विधि समझाइए।

Explain the design process of helical gear or sprical gear.

अथवा हेलिकल गीयर (Helical Gear) की अभिकल्पन प्रक्रिया को संक्षेप में समझाइए। (2015)

Explain the design process of helical gear in brief.

उत्तर हेलिकल गियरों की अभिकल्पन प्रक्रिया Design Process for Helical Gears हेलिकल गियरों के सामान्य अनुपात निम्न हैं

(i) एडेन्डम (addendum) = 0.8 m (Max.), जहाँ m = module है।

(ii) डिडेन्डम = m

(iii) कुल न्यूनतम गहराई = 1.8 m

(iv) न्यूनतम अवकाश = 0.2 m

(v) दाब कोण (ϕ) = 15° से 25° तक

(vi) हेलिक्स कोण (α) = 20° से 45° तक

हेलिकल गियरों की सामर्थ्य सामर्थ्य ज्ञात करने के लिए संशोधित लेविस समीकरण का प्रयोग करेंगे। अतः स्पर्शीय दाँत भार $W_T = (\sigma_0 \times C_v)b \times \pi my$, जहाँ σ_0 = अनुमेय स्थैतिक प्रतिबल, C_v = वेग गुणांक, b = फेस चौड़ाई, m = मॉड्यूल, y = दाँत फार्म फैक्टर

1. वेग गुणांक $C_v = \frac{6}{6 + v}$ (यहाँ $v = 5$ से 10 m/sec)

$$= \frac{15}{15 + v} (v = 10 \text{ से } 20 \text{ m/sec}) = \frac{0.75}{0.75 + \sqrt{v}} \quad (v > 20 \text{ m/sec})$$

$$= \frac{0.75}{(1 + v)} + 0.25 \quad (\text{अधात्विक गियर के लिए})$$

2. हेलिकल गियर पर गतिक दाँत भार $W_D = W_T = \frac{21v(b \cdot c \cdot \cos^2 \alpha + W_T) \cos \alpha}{21v + \sqrt{b \cdot c \cdot \cos^2 \alpha + W_T}}$ जहाँ v, b, c के अर्थ स्पर

गियर की भाँति हैं।

3. स्थैतिक दाँत भार अथवा दाँत की धरन सामर्थ्य

$$\text{स्थैतिक दाँता भार } W_s = \sigma_e \cdot b \cdot \pi m y$$

जहाँ σ_e , b , m के अर्थ स्पर गियर की भाँति हैं।

4. अधिकतम अथवा चरम दाँता घिसाई भार

$$\text{अधिकतम दाँता घिसाई भार } W_W = \frac{D_P \cdot b \cdot Q \cdot k}{\cos^2 \alpha}$$

जहाँ D_P , b , Q तथा K का अर्थ स्पर गियर की भाँति है।

$$\text{जहाँ } K = \frac{(\sigma_{es})^2 \cdot \sin \phi \cdot n}{1.4} \left[\frac{1}{E_P} + \frac{1}{E_G} \right] \text{ होगा। जहाँ } \phi_n = \text{लम्ब दाब कोण।}$$

स्पर (spur) और कुण्डलीदार गियरों के बारे में निम्न की व्याख्या कीजिए

(i) लेविस समीकरण (Lewis equation) और

(ii) गीयर दंत की बीम (Beam) शक्ति (strength)।

Explain the following about the spur gear and helical gear.

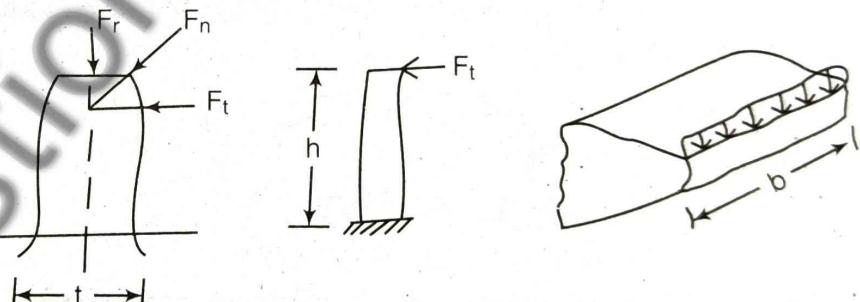
(i) Lewis equation.

(ii) Beam strength of gear teeth.

उत्तर (i) लेविस समीकरण Lewis Equation स्पर (spur) तथा कुण्डलीदार (helical) गियरों से सम्बन्धित

लेविस समीकरण स्थापित करने से पूर्व कुछ संकल्पनाएँ की जाती हैं, जो अग्र प्रकार हैं

- छोटे फलक की चौड़ाई 'b' के लिये, गियर के दाँते पर अभिलम्ब बल (F_n) को दो घटकों में चित्र 8.5 अनुसार वियोजित कर सकते हैं अर्थात् F_t या F_r में। इसमें स्पर्श रेखीय घटक (F_t), फेस की चौड़ाई पर समान रूप से आवंटित होता है, परन्तु वास्तव में यह बल फेस पर समान रूप से आवंटित नहीं होता है।
- बल F_n का ऊर्ध्वाधर घटक F_r , प्रत्यक्ष रूप से सम्पीड़न प्रतिबल उत्पन्न करता है। इसे गणना में नगण्य मानते हैं।
- गियर के दाँतों को अभिकल्पन के लिये कैण्टीलीवर धरन की तरह माना जाता है।
- प्रतिबल सान्द्रता एवं उत्पादन त्रुटियों के प्रभाव को भी नगण्य माना जाता है।
- अधिकतम प्रतिबल कार्य करने की दशा में गियर के दाँते के ऊपरी भाग पर, समस्त भार कार्य करता हुआ माना जाता है। वास्तव में एक युगल (pair) दाँतों से एक समय में एक से अधिक दाँते सम्पर्क में रहते हैं, जबकि भार सभी दाँतों पर आवंटित रहता है। जैसे-जैसे दाँते अपने पथ पर अग्रसर होते हैं, बल एवं आघूर्ण का परिमाण एवं दिशा परिवर्तित होती रहती है।



चित्र 8.5

चित्र 8.5 के अनुसार दाँते की जड़ में अधिकतम नमन घूर्ण $M = F_t \times h$... (i)

तथा नमन प्रतिबल $f_b = \frac{M_y}{I}$... (ii)

दाँतों को आयताकार मानते हुए जड़त्वा आघूर्ण, $I = \frac{bt^3}{12}$

एवं नमन प्रतिबल $f_b = \frac{(F_t \times h)(t/2)}{(bt^3/12)}$... (iii)

अतः स्पर्श रेखीय नमन बल, $F_t = \frac{b \cdot f_b \cdot t^2}{6h}$... (iv)

अंश और हर को module 'm' से गुण करके पुनः लिखने पर,

ITI Question Bank.com

$$F_t = b \cdot m \cdot f_b \left(\frac{t^2}{6hm} \right) = b \cdot m \cdot f_b \cdot Y \quad \text{जहाँ, } Y = t^2 / 6 hm$$

यही लेविस का अभीष्ट समीकरण है। लेविस गुणांक (Y) का मान किसी गियर ट्रेन में दाँते में दबाव कोण एवं दाँतों की संख्या पर भी निर्भर करता है। इस समीकरण का प्रयोग कर स्पर्शीय दाँता भार की गणना की जाती है।

(ii) **गियर दंत की बीम शक्ति Beam Strength of Gear Teeth** लेविस समीकरण में स्पर्शीय दाँता भार F_t को गियर दाँते की धरन सामर्थ्य (beam strength) कहते हैं। इसका मान जितना अधिक होगा, गियर दाँते की सामर्थ्य उतनी ही अधिक होगी।

स्पर गियर (Spur gear) की व्यंजक विधि (Design Method) बताइए चित्र बनाकर और उसके उपयोग भी बताइए। (2017)

उत्तर स्पर गियर डिजाइन की प्रक्रिया स्पर गियर डिजाइन की प्रक्रिया साधारणतया निम्न चरणों में अपनायी जा सकती है—(1) सर्वप्रथम गियर द्वारा पारेषित शक्ति P_{KW} के लिए दाँते पर आवश्यक स्पर्शीय भार ज्ञात कीजिए।

स्पर्शीय भार,

$$F_T = \frac{1000P}{v \times K_s}$$

यहाँ v = पिच रेखीय वेग = $\frac{\pi DN}{60 \times 1000} = \frac{\pi mTN}{60 \times 1000} = \frac{pTN}{60 \times 1000}$ m/s

D = पिच व्यास mm में, N = गियर के चक्कर प्र० मि०, m = मॉड्यूल mm में, T = दाँतों की संख्या, p = वृत्तीय-पिच mm में, K_2 = सेवा गुणांक।

(2) लेविस समीकरण को निम्न प्रकार प्रयोग कीजिए—

$$F_T = f_w b \cdot p \cdot y = f_w b \cdot \pi m \cdot y = (f_0 \times C_v) b \cdot p \cdot y$$

नोट—(1) लेविस समीकरण गियर अथवा पिनियन में से जो भी कमज़ोर हो उसके लिए ही प्रयोग कीजिए। दोनों के लिए समान पदार्थ की दशा में पिनियन कमज़ोर होती है।

(2) दोनों पहियों के पदार्थ भिन्न हैं तो ($f_w \times y$) अथवा ($f_0 \times y$) में से जिसका भी मान किसी पहिए के लिए कम हो वही कमज़ोर होगा।

(a) फेस चौड़ाई का मान निम्न प्रकार प्रयोग कर सकते हैं—

$$b = 3p \text{ से } 4p \text{ कटाई वाले दाँतों हेतु \quad \text{तथा} \quad b = 2p \text{ से } 3p \text{ ढलाई वाले दाँतों हेतु}$$

(3) बंकिंघम समीकरण के प्रयोग से दाँते पर गतिक भार ज्ञात कीजिए—

$$F_D = F_T + F_1$$

F_D की गणना हेतु F_T का मान बिना सेवा-गुणांक (K_2) के ही ज्ञात कर सकते हैं।

(4) दाँते की धरन. सामर्थ्य अथवा स्थैतिक दाँत भार ज्ञात कीजिए

$$\text{धरन सामर्थ्य } F_S = f_{el} b \cdot p \cdot y = f_{el} \cdot b \cdot \pi \cdot m \cdot y$$

(सदैव $F_S > F_D$)

(5) दाँते का घिसाई भार ज्ञात कीजिए—

$$\text{घिसाई भार } F_W = D_p \cdot b \cdot Q \cdot K$$

(सदैव $F_W > F_D$)

स्पर गियर के उपयोग इन गियरों का उपयोग शक्ति पारेषण, गति परिवर्तन यन्त्रविन्यासों में फिसलने वाले गियरों (Sliding gears), अधिचक्रिक गियर ट्रेन (epicyclic gear train), विभिन्न प्रकार के मशीन औजार (m/c tools), क्लचों (clutches) एवं कपलिंग (coupling) आदि में होता है।