

The presence of a constant thickness of the oil layer and the transmission of the torque of the cylindrical gears is established; it engages, without direct contact of the involute surfaces, to guarantee the formation of an approximable involute by an adaptation method, which allows the use of high-speed gears with the replacement of a high degree of accuracy (5, 6, 7 GOST 1643-81) in the degree of accuracy 8, 9, 10 GOST 1643-81 without the use of gear grinding. For gears 8, 9, 10 GOST1643-81 degrees of precision gear grinding it is possible to replace blade processing.

Keywords: lubricants, non-Newtonian state, working liquid, rheological characteristics, thickness of the lubricating layer, gear transmissions, approximated evolvent.

Рецензент: проф., д-р техн. наук Хавін Г. Л.

Стаття поступила 23.01.2019 г.

УДК 621.914.6:621.833

Анділахай О. О., Ключко О. О., Камчатна-Степанова К. В., Старченко Є. П.

ТЕХНОЛОГІЧНІ ЗАСОБИ ОБРОБКИ КРУПНОГАБАРИТНИХ ЕВОЛЬВЕНТНИХ ШЛІЦЬОВИХ З'ЄДНАНЬ З МОДИФІКАЦІЄЮ ЗУБОРІЗНОГО ІНСТРУМЕНТУ

У статті приведені технологічні засоби що до попередньої обробки крупногабаритних евольвентних шліцьових з'єднань втулок та валів з модифікацією зуборізного інструменту, що дозволяє після попередньої обробки проводити чистову обробку тільки евольвентних поверхонь без западини зубів, що забезпечує точність, якість та продуктивність евольвентних шліцьових з'єднань (ЕШЗ) без припасування. Для забезпечення якості обробки та складання ЕШЗ розроблені технологічні засоби обробки крупногабаритних евольвентних шліцьових з'єднань з модифікацією зуборізного інструменту черв'ячної фрези для валів та зуборізного довбача для отворів валів. На основі модифікацій аналітичним шляхом визначаються їх різноманітні поєднання необхідні і можливі для кожного конкретного поєднання вихідних параметрів оброблюваної поверхні. Форма і розміри протуберанця зуборізного інструменту залежать від параметрів нарізаної поверхні.

Технологічні методи обробки крупногабаритних елементів шліцьових з'єднань шляхом впровадження прогресивних схем зубообробки та удосконаленого інструменту забезпечують підвищення продуктивності, точності та якості за рахунок з'єднань з модифікацією зуборізного інструменту черв'ячної фрези для валів та зуборізного довбача для отворів валів

Ключові слова: технологічні засоби, попередня обробка, крупногабаритні евольвентні шліцьові з'єднання, втулки, вали, модифікація зуборізного інструменту, западина зубів, точність, якість, продуктивність

Вступ. Для обробки зубів шліцьових з'єднань ГОСТ 6033-80 з центруванням по бічних поверхнях зубів (рис. 1) з піднутрінням під чистову обробку використовуються чорнові черв'ячні фрези і зуборізні довбачі без модифікацією головки зубів [1, 2, 3], що ускладнює чистову обробку з метою забезпечення точності та якості евольвентних шліцьових з'єднань (ЕШЗ) без припасування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Елементи шліцьових з'єднань становлять значну частку продукції машинобудування серед великої різноманітності інших виробів. Та

Режим доступу: <http://sap.pstu.edu>

не зважаючи на це, середня трудомісткість операцій по обробці зовнішнього та внутрішнього шліцевого профілю різанням, в прийнятих на даний час технологічних процесах, становить 50-60 % від загальної трудомісткості виготовлення деталей, що містять поверхні шліцевого профілю. Крім того, прийняті на даний момент методи, що застосовуються для отримання таких поверхонь, потребують значних матеріальних та часових затрат на проектування та виготовлення спеціального, досить складного та дорого у виготовленні інструменту [4, 5]. Тому удосконалення існуючих методів шліцеобробки, а також розробка і впровадження нових, прогресивних технологічних процесів має велике значення.

Вирішенням питання підвищення точності, якості та продуктивності виготовлення елементів шліцевих з'єднань є удосконалення технологічного обладнання та впровадження надшвидкісної обробки деталей за одну установку на високоефективному технологічному обладнанні.

Метою даної статті є розробка нових технологічних рішень стосовно обробки великогабаритних евольвентних шліцевих з'єднань, спрямованих на підвищення продуктивності, якості та зниження матеріальних і трудових затрат на їх виготовлення.

Для забезпечення якості обробки та складання ЕШЗ розроблені технологічні засоби обробки крупногабаритних евольвентних шліцевих з'єднань з модифікацією зуборізного інструменту черв'ячної фрези для валів та зуборізного довбача для отворів валів.

Застосування такого інструменту дозволяє на етапі чистової обробки виконувати обробку тільки бокових поверхонь шліців. Це значно спрощує схему чистової обробки, підвищує точність та якість поверхні шліцевих з'єднань.

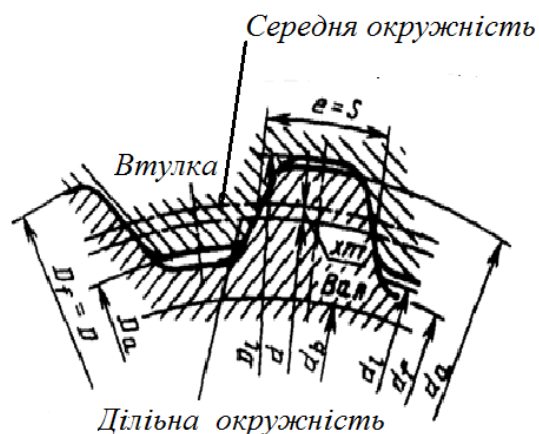


Рисунок 1 – Форма зубів валу та втулки при центруванні по бічних поверхнях зубів

На основі модифікацій аналітичним шляхом визначаються їх різноманітні поєднання необхідні і можливі для кожного конкретного поєднання вихідних параметрів оброблюваної поверхні. Форма і розміри протуберанця зуборізного інструменту залежать від параметрів нарізаної поверхні шліцевого з'єднання [1, 6, 7].

Розрахунок параметрів профільної модифікації черв'ячних фрез.

У загальному випадку профільна модифікація зуба колеса створюється профілем рейки фрези, виконаним у вигляді двох прямолінійних ділянок, кожен з яких формує на зубі колеса відповідну евольвенту: основна ділянка рейки – евольвенту робочого профілю та ділянка протуберанця – евольвенту піднутріння (рис. 2). Тому черв'ячні фрези проектують на основі синтезу основної рейки як для отримання раціонального за формою і величиною

Машинобудування і зварювальне виробництво

припуску під наступну чистову обробку зубчастого вінця, так і для створення заданої кресленням колеса модифікації профілю.

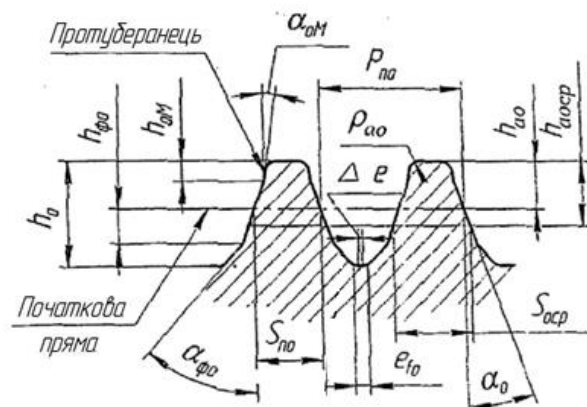


Рисунок 2 – Параметри модифікації профілю зубів черв'ячної фрези з протуберанцем

Перед початком розрахунків необхідно ввести додаткові вихідні параметри оброблюваних зубів:

f_r – розмір фаски зуба в радіальному напрямку;

f_a – розмір фаски зуба в діаметральному напрямку.

Діаметр концентричного кола колеса, що проходить через початкові точки лінії модифікації, розраховують в залежності від заданої величини фаски колеса в радіальному напрямку (рис. 3):

$$d_c = d_a - 2 \cdot f_r. \quad (1)$$

Радіус кривизни евольвенти на діаметрі початку фаски:

$$\rho_{dc} = \frac{1}{2} \sqrt{d_c^2 - d_b^2}. \quad (2)$$

Відстань від фланку до початкової прямої:

$$h_{\phi_0} = (\rho_{dc} - 0,5 \cdot d_b \cdot \operatorname{tg} \alpha_{tw}^*) \cdot \sin \alpha_{tw}^* \quad (3)$$

Кут тиску на діаметрі початку фасок колеса d_c :

$$\alpha_{cs} = \arccos \left(\frac{d_b}{d_c} \right). \quad (4)$$

Кут тиску на діаметрі вершин колеса d_a :

Машинобудування і зварювальне виробництво

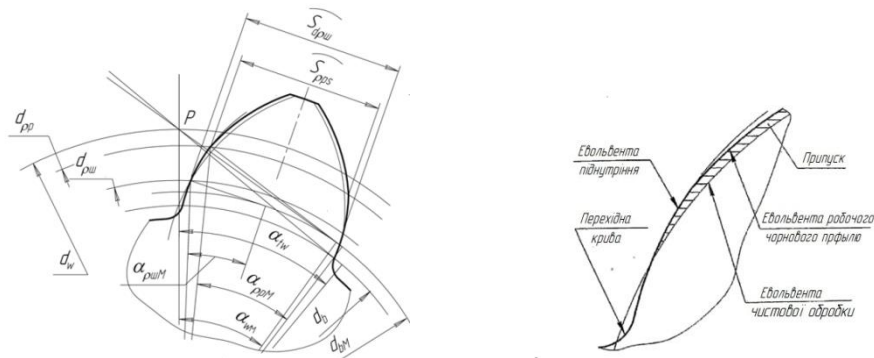


Рисунок 3 – Модифікація профілю зуба під чистову обробку

$$\alpha_{as} = \arccos\left(\frac{d_b}{d_a}\right). \quad (5)$$

Товщина зуба на діаметрі початку фасок в торцевому перерізі:

$$S_{cs} = d_c \left(\frac{S_s}{m_s \cdot z} + \text{inv}\alpha_s - \text{inv}\alpha_{cs} \right). \quad (6)$$

Товщина зуба на діаметрі вершин без урахування фасок:

$$S_{as\phi} = d_a \left(\frac{S_s}{m_s \cdot z} + \text{inv}\alpha_s - \text{inv}\alpha_{as} \right). \quad (7)$$

Товщина зуба на діаметрі вершин з урахуванням фасок:

$$S_{as\phi} = S_{as} - 2 \cdot f_d. \quad (8)$$

Кути тиску $\alpha_{as\phi}$ і $\alpha_{cs\phi}$ евольвенти фаски на діаметрах d_c і d_a зв'язані залежністю:

$$d_a \cos \alpha_{as\phi} - d_c \cos \alpha_{cs\phi} = 0. \quad (9)$$

Таким чином, для визначення параметрів фланку необхідно вирішити спільне, щодо цих кутів за допомогою двох рівнянь:

$$\begin{cases} d_a \cos \alpha_{as\phi} - d_c \cos \alpha_{cs\phi} = 0 \\ d_a \left(\frac{S_{cs}}{d_c} + \text{inv}\alpha_{cs} - \text{inv}\alpha_{as\phi} \right) - S_{as\phi} = 0 \end{cases} \quad (10)$$

Рівняння (10) трансцендентні і вирішуються відносно $\alpha_{s\phi}$ і $\alpha_{as\phi}$ по методу Ньютонa. Кут тиску евольвенти фаски на початковому циліндрі:

$$\alpha_{sw\phi} = \arccos\left(\frac{d_a \cdot \cos \alpha_{as\phi}}{d_w}\right). \quad (11)$$

Режим доступу: <http://sap.pstu.edu>

Машинобудування і зварювальне виробництво

Модифікація профілю зуба на вершині здійснюється прямолінійним фланком і є евольвентою з діаметром основного кола:

$$d_{b\phi} = d_w \cos \alpha_{sw\phi} = d_a \cos \alpha_{as\phi} = d_c \cos \alpha_{cs\phi}. \quad (12)$$

Кут фланку фрези в нормальному перерізі:

$$\alpha_{\phi o} = \alpha_{sw\phi}. \quad (13)$$

Ширина впадини на лінії початку впадини:

$$e_{\phi o} = P_{no} - S_{no} - 2 \cdot h_{fo} \cdot \operatorname{tg} \alpha_o. \quad (14)$$

Ширина впадини на лінії впадини фрези:

$$e_{fo} = e_{\phi o} - 2(h_o - h_{ao} - h_{\phi o}) \cdot \operatorname{tg} \alpha_{\phi o}. \quad (15)$$

Відстань від вершини зуба до фланку:

$$h_{a\phi} = h_{\phi o} - h_{ao} \quad (16)$$

Модифікація профілю колеса біля ніжок виконується по евольвенті, яка називається евольвентою піднутріння [1, 7, 8, 9]. Технологічне піднутріння профілю біля основи зуба колеса, що здійснюється на попередній операції зубофрезерування перед шевінгування або шліфуванням профілю зуба, необхідно для вільного виходу інструменту при чистовій обробці. Евольвента піднутріння формується прямолінійною ділянкою профілю оброблюючої рейки (протуберанцем).

Евольвента піднутріння розташовується між двома концентричними колами (рис. 3). Перше коло діаметром $d_{\rho_{ш}}$ проходить через граничні точки основної евольвенти чистового профілю, виконаного з запасом (перекриттям) активної ділянки. Друга коло діаметром $d_{\rho_{р}}$ перетинає чорновий профіль основної евольвенти в граничних точках, виконаних відповідно до креслення колеса без перекриття. Евольвента піднутріння проходить через точки перетину цих кіл з евольвентами чистового і чорнового профілів відповідно.

Перед початком розрахунків з креслення оброблюваної деталі необхідно ввести додатковий вхідний параметр – найменша довжина спільної нормалі W_{min} .

Далі визначається число впадин в найменшій довжині спільної нормалі:

$$n' = \frac{W_{min}}{\pi \cdot m_n}. \quad (17)$$

З результату виділяється ціла частина.

Товщина зуба по дузі ділильного кола мінімальна в торцевій площині:

$$S_{s\ min} = \left(\frac{W_{min}}{\cos \alpha} - \pi \cdot m_n \cdot n' - m_n \cdot z \cdot \operatorname{inv} \alpha \right). \quad (18)$$

Режим доступу: <http://sap.pstu.edu>

Машинобудування і зварювальне виробництво

Діаметр початку активної ділянки після шевінгування (або шліфування) з урахуванням перекриття:

$$d_{\rho_{ш}} = \sqrt{\left(2 \cdot \rho_p - \frac{0,2 \cdot m_s}{\sin \alpha_s}\right)^2 + d_b^2}. \quad (19)$$

Кут тиску на колі $d_{\rho_{ш}}$ основної евольвенти:

$$\alpha_{\rho_{ш}} = \arccos\left(\frac{d_b}{d_{\rho_{ш}}}\right). \quad (20)$$

Товщина зуба по дузі кола $d_{\rho_{ш}}$ в торцевій площині:

$$S_{d_{\rho_{ш}}} = d_{\rho_{ш}} \left(\frac{S_{s \min}}{d} + \operatorname{inv} \alpha_s - \operatorname{inv} \alpha_{\rho_{ш}}\right). \quad (21)$$

Діаметр початку активної ділянки профілю колеса після фрезерування:

$$d_{\rho_p} = \sqrt{4 \cdot \rho_p^2 + d_b^2}. \quad (22)$$

Кут тиску евольвенти на колі d_{ρ_p} :

$$\alpha_{\rho_p} = \arccos\left(\frac{d_b}{d_{\rho_p}}\right). \quad (23)$$

Товщина зуба по дузі кола d_{ρ_p} в торцевій площині:

$$S_{\rho_{ps}} = d_{\rho_p} \left(\frac{S_s}{d} + \operatorname{inv} \alpha_s - \operatorname{inv} \alpha_{\rho_p}\right). \quad (24)$$

З метою недопускання підрізу при визначенні діаметра d_{ρ_p} повинна виконуватися умова $S_{d_{\rho_{ш}}} > S_{\rho_{ps}}$. Якщо ця умова не виконується, то діаметр d_{ρ_p} збільшують на величину п'яти відсотків від модулю і визначають відповідне йому значення $S_{d_{\rho_p}}$, яке повинно задовольняти нерівності $S_{d_{\rho_{ш}}} > S_{d_{\rho_p}}$. З іншого боку, діаметр кола d_{ρ_p} , що обмежує ділянку модифікації, не повинен перевищувати діаметра початкового кола d_w . Таке обмеження зумовлене тим, що кут профілю протуберанця [1, 8, 9, 10] повинен бути менше кута профілю основної ділянки рейки, тобто має виконуватися умова $d_{\rho_p} < d_w$. Якщо ця умова не виконується, то необхідно збільшити параметр:

$$\rho_p = \rho_p + \frac{0,2 \cdot m_s}{\sin \alpha_s} \quad (25)$$

та повторити розрахунок спочатку.

Кути тиску $\alpha_{\rho_{шM}}$ і α_{ρ_pM} евольвенти піднутріння на колах $d_{\rho_{ш}}$ і d_{ρ_p} визначаються рішенням системи рівнянь:

$$\begin{cases} d_{\rho_{ш}} \cos \alpha_{\rho_{шМ}} - d_{\rho_{р}} \cos \alpha_{\rho_{рМ}} = 0 \\ d_{\rho_{ш}} \left(\frac{S_{\rho_{рпс}}}{d_{\rho_{р}}} + \text{inv} \alpha_{\rho_{рМ}} - \text{inv} \alpha_{\rho_{шМ}} \right) - S_{d_{\rho_{ш}}} = 0 \end{cases} \quad (26)$$

Кут профілю евольвенти піднутріння на початковому циліндрі:

$$\alpha_{wM} = \arccos \left(\frac{d_{\rho_{ш}} \cos \alpha_{\rho_{шМ}}}{d_w} \right). \quad (27)$$

Основною діаметр евольвенти піднутріння:

$$d_{bm} = d_w \cos \alpha_{wM}. \quad (28)$$

Кут профілю протуберанця в нормальному перерізі:

$$\alpha_{om} = \alpha_{wM}. \quad (29)$$

Обмеження кута профілю протуберанця:

$$\cos \alpha_{om \min} = \frac{d_{\rho_{ш}}}{d_w}. \quad (30)$$

$$\cos \alpha_{om \max} = \alpha_{tw}^*. \quad (31)$$

Відстань від вершини зуба фрези до початку протуберанця:

$$h_{oM} = h_{ao} - 0,5 \cdot \sin \alpha_{tw} (d_w \sin \alpha_{tw} - d_{\rho_{р}} \sin \alpha_{\rho_{р}}) \quad (32)$$

Відстань від вершини зуба до кінця протуберанця:

$$h'_{oM} = h_{ao} - 0,5 \cdot \sin \alpha_m (d_w \sin \alpha_{wM} - d_{\rho_{ш}} \sin \alpha_{\rho_{шМ}}) \quad (33)$$

Крім трьох прямолінійних ділянок на профілі рейки черв'ячної фрези виконується округлення поздовжньої кромки. Кромка зуба, як правило, буває окреслена дугою кола. Величину радіусу заокруглення кромки або його відсутність визначають аналітично. Черв'ячна фреза повинна забезпечувати обробку профілю в граничних точках евольвентної ділянки з запасом [2, 5, 11]. Відстань від початкової прямої до початку заокруглення вершини зуба фрези (рис. 4, а) визначають за формулою:

$$h_{\rho_{ao}} = (0,5 \cdot d_w \sin \alpha_o - \rho_{\rho_o}) \sin \alpha_o, \quad (34)$$

де ρ_{ρ_o} – радіус кривизни робочої ділянки колеса в граничній точці з урахуванням перекриття.

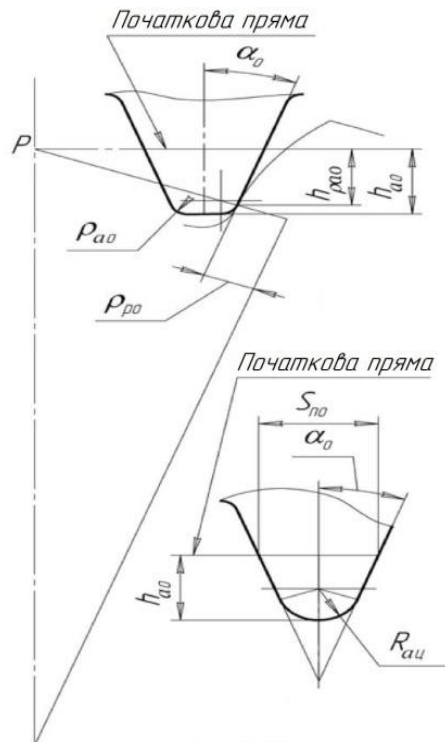


Рисунок 4 – Параметри радіуса заокруглення кромки фрези

Максимальний радіус заокруглення вершини фрези, необхідний для забезпечення обробки профілю колеса в граничних точках, визначають з урахуванням параметра $h_{\rho ao}$ за формулою:

$$\rho_{po \max} = \frac{h_{ao} - h_{\rho ao}}{\cos \alpha_o} \cdot \operatorname{tg} \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\alpha_o}{2} \right). \quad (35)$$

Параметр $\rho_{po \max}$ не може перевищувати значення радіуса заокруглення R_{ac} , центр якого розташований в площині симетрії зуба рейки (рис. 4, б), тобто має дотримуватися нерівність:

$$\rho_{po \max} \leq R_{ac}. \quad (36)$$

Якщо нерівність не виконується, то слід опрацювати можливість зменшення діаметра впадин колеса або збільшення радіусу кривизни евольвенти на початку робочої ділянки колеса. Радіус R_{ac} зв'язаний з параметрами рейки співвідношенням (рис. 4, б):

$$h_{ao} = \frac{0,5 \cdot S_{no}}{\operatorname{tg} \alpha_o} - \frac{R_{ac}}{\sin \alpha_o} + R_{ac}. \quad (37)$$

Радіус заокруглення вершини фрези з розташуванням центру в площині симетрії зуба:

$$R_{ac} = \frac{(h_{ao} \cdot \operatorname{tg} \alpha_o) \cos \alpha_o}{\sin \alpha_o - 1}. \quad (38)$$

Машинобудування і зварювальне виробництво

Розрахунок параметрів профільної модифікації зуборізних довбачів

В загальному випадку, профільна модифікація зубів колеса при зубодовбанні створюється модифікованим зубом довбача (рис. 5), виконаним у вигляді двох евольвентних ділянок з різними профільними кутами вихідного контуру. Контакт різальних кромки з оброблюваним профілем зуба здійснюється за трьома парам ліній зачеплення, які перетинаються в полюсі. Ділянки профілю довбача – основна евольвента і евольвента протуберанця – формують на зубі колеса відповідно евольвентні ділянки – робочого профілю і піднутріння.

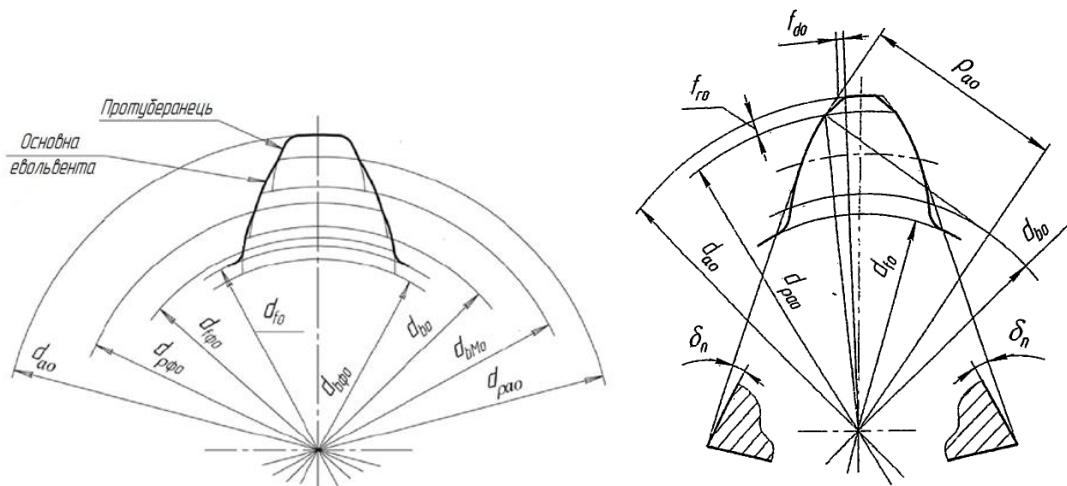


Рисунок 5 – Параметри модифікації профілю довбача

Для виконання розрахунку параметрів профільної модифікації довбачів профільні кути α_{sf} , α_M та інші параметри евольвенти піднутріння колеса визначають так само як і при розрахунку черв'ячних фрез.

Визначення радіусу округлення радіусу вершин зубів довбача.

Радіус кривизни евольвенти довбача на початку модифікації вершини:

$$\rho_{aMo} = l_{ad \max} - 0,5 \sqrt{d_{pp}^2 - d_b^2}. \quad (39)$$

Діаметр довбача на початку модифікації головки зуба:

$$d_{\rho ao} = 2 \sqrt{\rho_{aMo}^2 - (0,5 \cdot d_{bo})^2}. \quad (40)$$

Кут тиску основної евольвенти на колі $d_{\rho ao}$:

$$\alpha_{\rho ao} = \arccos \left(\frac{d_{bo}}{d_{\rho ao}} \right). \quad (41)$$

Кут тиску евольвенти модифікації на діаметрі $d_{\rho ao}$:

Машинобудування і зварювальне виробництво

$$\alpha_{\rho a M o} = \arccos\left(\frac{d_{b M o}}{d_{\rho a o}}\right). \quad (42)$$

Товщина зуба по дузі кола $d_{\rho a o}$:

$$S_{\rho a o} = d_{\rho a o} \left(\frac{S_{os \max}}{d_o} + \operatorname{inv} \alpha_s - \operatorname{inv} \alpha_{\rho a o} \right). \quad (43)$$

Початкове значення поточного діаметра:

$$d_{ax} = d_{\rho a o}. \quad (44)$$

Кут тиску на поточному діаметрі:

$$\cos \alpha_x = \frac{d_{b M o}}{d_{ax}}. \quad (45)$$

Товщина зуба в торцевій площині на діаметрі d_{ax} :

$$S_{ax} = d_{ax} \left(\frac{S_{\rho a o}}{d_{\rho a o}} + \operatorname{inv} \alpha_{\rho a M o} - \operatorname{inv} \alpha_{ax} \right). \quad (46)$$

Радіус заокруглення $R_{a\psi}$ з розташуванням його центру в площині симетрії зуба (рис. 6, б) і кут тиску α_{ψ} зв'язані між собою залежністю:

$$\cos \alpha_{\psi} = \frac{d_{bo}}{d_{ao} - 2 \cdot R_{a\psi}}, \quad (47)$$

Звідки:

$$2 \cdot R_{a\psi} = d_{ao} - \frac{d_{bo}}{\cos \alpha_{\psi}}. \quad (48)$$

Окружна товщина зуба на діаметрі d_{ψ} визначається за формулою:

$$S_{\psi} = \frac{d_{bo}}{\cos \alpha_{\psi}} \left(\frac{S_{os \max}}{m_s \cdot z_o} + \operatorname{inv} \alpha_s - \operatorname{inv} \alpha_{\psi} \right). \quad (49)$$

Товщина зуба по хорді в точках торкання радіуса заокруглення з евольвент правого і лівого профілів:

$$S_x = S_{\psi} \cdot \cos^2 \alpha_{\psi} = 2 \cdot R_{a\psi} \cdot \cos \alpha_{\psi}. \quad (50)$$

Із (3.49) визначають товщину зуба на діаметрі d_{ψ} :

$$S_{\alpha} = \frac{2 \cdot R_{\alpha\alpha}}{\cos \alpha_{\alpha}} \quad (51)$$

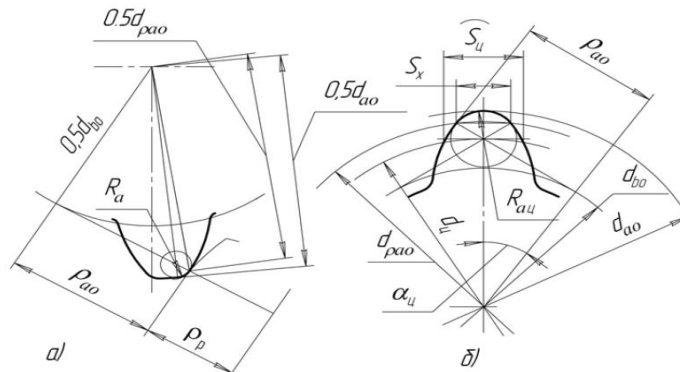


Рисунок 6 – Параметри радіуса заокруглення кромки довбача

Після підстановки (50) в (51) і перетворення:

$$S_{\alpha} = \frac{1}{\cos \alpha_{\alpha}} \left(d_{ao} - \frac{d_{ao}}{\cos \alpha_{\alpha}} \right) \quad (52)$$

Після перетворення виразу, складеного з правих частин формул (16) і (19), отримуємо рівняння:

$$\frac{S_o \max}{m_n \cdot z_o} + \operatorname{inv} \alpha_s - \operatorname{inv} \alpha_{\alpha} - \frac{d_{ao}}{d_{bo}} + \frac{1}{\cos \alpha_{\alpha}} = 0 \quad (53)$$

Кут тиску α_{α} на колі, що проходить через центри заокруглень вершин зубів довбача d_{α} , визначають з рівняння (52). Це рівняння є трансцендентним і вирішується методом послідовних наближень.

Далі визначають радіус заокруглення вершин зубів довбача з розташуванням центрів в площині симетрії зуба

$$R_{\alpha\alpha} = 0,5 \cdot d_{ao} - \frac{d_{bo}}{2 \cdot \cos \alpha_{\alpha}} \quad (54)$$

Радіус кривизни евольвенти на голівці зуба довбача ρ_{ao} визначають з урахуванням гарантованого перекриття робочої ділянки колеса і розраховують відповідний цьому радіусу діаметр окружності початку можливого заокруглення або фаски.

Параметри R_a , d_{ao} , $d_{\rho ao}$ і ρ_{ao} (рис. 6, а) зв'язані залежністю:

$$d_{bo}^2 = (d_{ao} - 2 \cdot R_a)^2 - 4(\rho_{ao} - R_a)^2 = d_{\rho ao}^2 - 4\rho_{ao}^2 \quad (55)$$

$$R_a = \frac{d_{\rho ao}^2 - d_{ao}^2}{4(2 \cdot \rho_{ao} - d_{ao})}. \quad (56)$$

Для виконання умови обробки довбачем евольвентної ділянки колеса не вище діаметра граничних точок параметри R_a і $d_{\rho ao}$ повинні задовольняти нерівностям:

$$d_{ao} \geq d_{\rho ao} \text{ і } R_a \leq R_{ac}. \quad (57)$$

ВИСНОВКИ

Технологічні методи обробки крупногабаритних елементів шлицьових з'єднань шляхом впровадження прогресивних схем зубообробки та удосконаленого інструменту забезпечують підвищення продуктивності, точності та якості за рахунок з'єднань з модифікацією зуборізного інструменту черв'ячної фрези для валів та зуборізного довбача для отворів валів.

Наведено розрахунок зуборізного інструменту для чорнової обробки та розроблено методику розрахунку модифікації цього інструменту для обробки елементів шлицьових з'єднань з кутом профілю 30° ГОСТ 6033-80.

Перелік використаних джерел:

1. Інформаційний фонд релевантності конструкторсько-технологічних видів крупногабаритних з'єднань для передачі крутного моменту // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія : Технології в машинобудуванні = Bulletin of the National Technical University «KhPI». Series: Techniques in a machine industry: зб. наук. пр. / Нац. техн. ун-т «Харків. політехн. ін-т». – Харків, 2018. – № 34 (1310). – С. 77–83.
2. ГОСТ 6033–80. Основные нормы взаимозаменяемости. Соединения шлицевые эвольвентные с углом профиля 30°. Размеры, допуски и измеряемые величины (с Изменениями N 1, 2). – Взамен ГОСТ 6033–51; введ. 1982–01–01. – М. : Изд-во стандартов, 1993. – 86 с.
3. Технология машиностроения. В 2 кн. Кн. 1. Основы технологии машиностроения: учеб. пособие для вузов / Э. Л. Жуков [и др.]; под ред. С. Л. Мурашкина. – М. : Высш. шк.? 2003. – 278 с.
4. ГОСТ 6637–80. Фрезы червячные чистовые для шлицевых валов с эвольвентным профилем. Технические условия. – Взамен ГОСТ 6637–53; введ. 01.01.1982. – М. : Изд-во стандартов, 1996. – 22 с.
5. ГОСТ 6762–79. Долбяки зуборезные чистовые для валов и отверстий шлицевых соединений с эвольвентным профилем. Технические условия. – Взамен ГОСТ 6762–65; введ. 1980–01–01. – М. : Изд-во стандартов, 1996. – 53 с.
6. Крупина, Н. П. Расчет инструментов для производства зубчатых колес, шлицевых валов и втулок. В 2 ч. Ч. 1 / Н. П. Крупина. – Челябинск, 2008. – 284 с.
7. Струтинський В. Б. Наукове обґрунтування та розробка системи моніторингу фактичного просторового положення інструменту верстата паралельної кінематики / В. Б. Струтинський, А. С. Дем'яненко // Технологічні комплекси – 2013. – № 1 (7). – С. 71–79.
8. Калашиников, А. С. Технология изготовления зубчатых колес / А. С. Калашиников. – М. : Машиностроение, 2004. – 480 с.

Машинобудування і зварювальне виробництво

9. Клочко, А. А. Технология чистовой лезвийной обработки крупномодульных закаленных зубчатых колес / А. А. Клочко // Вестник Черниг. гос. технолог. ун-та. – 2011. – № 2 (49). – С. 58–68.

10. Клочко, А. А. Повышение надежности зубчатых передач тяжелых токарных станков путем моделирование процесса формообразования состояния поверхностного слоя крупномодульных закаленных зубчатых колес / А. А. Клочко, В. А. Чмырь // Надежность инструмента и оптимизация технологических систем : сб. науч. тр. / ДГМА. – Краматорск, 2014. – Вып. 35. – С. 48–54.

Андилахай А. А., Клочко А. А., Камчатная-Степанова Е. В., Старченко Е. П.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ОБРАБОТКИ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ЭВОЛЬВЕНТНЫХ ШЛИЦЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ С МОДИФИКАЦИЕЙ ЗУБОРЕЗНОГО ИНСТРУМЕНТА

В статье приведены технологические средства, которые в предыдущей обработке крупногабаритных эвольвентных шлицевых соединений втулок и валов с модификацией зуборезного инструмента, позволяют после предварительной обработки проводить чистовую обработку только эвольвентных поверхностей без впадины зубов, обеспечивает точность, качество и производительность эвольвентных шлицевых соединений (ЕШЗ) без подгонки. Для обеспечения качества обработки и сборки ЕШЗ разработаны технологические средства обработки крупногабаритных эвольвентных шлицевых соединений с модификацией зуборезного инструмента червячной фрезы для валов и зуборезного долбяка для отверстий валов. На основе модификаций аналитическим путем определяются их разнообразные сочетания необходимые и возможные для каждого конкретного сочетания исходных параметров обрабатываемой поверхности. Форма и размеры протуберанца зуборезного инструмента зависят от параметров нарезаемой поверхности шлицевого соединения

Ключевые слова: технологические средства, предварительная обработка, крупногабаритные эвольвентные шлицевые соединения, втулки, валы, модификация зуборезного инструмента, впадина зубьев, точность, качество, производительность

Andilayahay, A. A., Klochko, A. A., Kamchatnaya-Stepanova, E. V., Starchenko, E. P.

TECHNOLOGICAL MEANS OF PROCESSING OF LARGE-SIZE EVOLUTE GUTGER CONNECTIONS WITH THE MODIFICATION OF THE TOOTH-GASTRIC TOOL

The article presents technological tools that, in the previous processing of large-sized involute splined joints of sleeves and shafts with a modification of a gear-cutting tool, allows, after preprocessing, to carry out finishing processing only of involute surfaces without a tooth cavity, ensures the accuracy, quality and performance of involute splined joints (ESHZ) without fitting. To ensure the quality of processing and assembly of the ESP, technological means of processing large-sized involute spline connections with a modification of a gear cutting tool of a worm milling cutter for shafts and a gear cutter for twisting off shafts have been developed. On the basis of modifications, analytically, their various combinations of necessary and possible for each specific combination of initial parameters of the treated surface are determined. The shape and dimensions

of the protuberance of the gear-cutting instrument depend on the parameters of the cut surface of the spline joint

In the general case, the profile modification of a wheel tooth is created by a profile of the cutter rails, made in the form of two straight sections, each of which forms a corresponding involute on the wheel tooth: the main section of the rails is the involute of the working profile and the part of the prominence is an involute of single inside. Therefore, the worm milling cutters are designed based on the synthesis of the main rail, both for obtaining a rational shape and size of the allowance for the subsequent finishing of the gear rim, and for creating a profile modification wheel specified by the drawing.

The profile modification of the teeth of the wheel during the toothing is created by a modified cutter tooth, made in the form of two involute sections with different profile angles of the initial contour. The contact of the cutting edges with the processed tooth profile is carried out along three pairs of engagement lines that intersect at the pole. The section of the cutter profile - the main involute and evolutive of the prominence - is formed on the wheel tooth, respectively, involute sections - of the working profile and lower inside. Technological methods for processing large-sized elements of spline joints by introducing advanced gear processing schemes and improved tools provide improved performance, accuracy and quality due to connections with modification of a gear cutting tool of a worm milling cutter for shafts and a gear cutting cutter for twisting shaft.

Keywords: *technological means, pretreatment, large-sized involute spline joints, bushings, shafts, modification of a gear-cutting tool, trough of teeth, accuracy, quality, performance.*

Рецензент: проф., д-р техн. наук Добротворський С. С.

Стаття постуила 24.01.2019 р.

УДК 621.91

Пермяков О. А., Іщенко М. Г., Киркач О. Б., Шепелев Д. К.

КОМПОНУВАННЯ МОБІЛЬНИХ ВЕРСТАТІВ ДЛЯ РЕМОНТУ НЕДЕМОНТУЄМИХ ДЕТАЛЕЙ ТА ВУЗЛІВ ТУРБОАГРЕГАТУ

У статті розглянуто загальний похід до аналізу і синтезу компонок металорізальних верстатів для вирішення актуального технологічного завдання механічної обробки недемонтуємих великогабаритних деталей і вузлів турбоагрегатів при їх ремонті. Агрегатно-модульний принцип створення верстатів заснований на використанні уніфікованих або нормалізованих функціонально і конструктивно закінчених вузлів і агрегатів. Даний піхід дає можливість виконати систематизацію, типізацію компонок і уніфікацію конструкцій мобільного портативного технологічного обладнання, що дозволяє ефективно вирішувати поставлене технологічне завдання.

Ключові слова: *верстат, агрегатно-модульний принцип, компоновка, турбоагрегат, ремонт недемонтуємих деталей.*

Вступ. Актуальною виробничою задачею заводу «Турбоатом» є ремонт деталей та вузлів, які експлуатують в Україні та за кордоном турбоагрегатів. Недоцільність, а іноді і технічна неможливість демонтажу великогабаритних деталей унеможливорює їх поточний ремонт в умовах заводу. У цьому випадку ефективним і єдино можливим є використання мобільного портативного технологічного обладнання для механічної обробки відновлених і приєднувальних поверхонь недемонтуємих великогабаритних деталей і вузлів

Режим доступу: <http://sap.pstu.edu>