

$$\begin{aligned}
 \ddot{\xi}_c &= -\frac{c}{m}(\xi_c + Z_{c4} \cdot \psi) + [\xi_c \dot{\psi}^2 - \eta_c \ddot{\psi} \cdot \varphi - 2\eta_c \dot{\varphi} \dot{\psi} - 2\eta_c \omega \dot{\varphi} - \zeta_c \ddot{\psi} \\
 &\quad + 2\zeta_c \dot{\varphi} \dot{\psi} - 2\zeta_c \omega \dot{\varphi} + \xi_c \omega^2 + \zeta_c \omega^2 \psi] - 2\dot{\xi}_c(\dot{\psi} + \omega\varphi) + \\
 &\quad + 2\dot{\eta}_c(-\dot{\psi}\varphi + \omega) + \frac{P}{m}\psi; \\
 \ddot{\eta}_c &= -\frac{c}{m}(\eta_c - Z_{c4} \cdot \varphi) + [\xi_c \ddot{\psi}\varphi + \eta_c \varphi^2 - 2\eta_c \omega \dot{\varphi} + \zeta_c \dot{\psi}^2\varphi + \zeta_c \ddot{\varphi} \\
 &\quad + 2\xi_c \omega \dot{\varphi} - 2\eta_c \omega \dot{\psi} - 2\xi_c \omega \dot{\psi} + \eta_c \omega^2] - 2\dot{\xi}_c(-\dot{\psi}\varphi + \omega) + \\
 &\quad + 2\dot{\zeta}_c(\dot{\varphi} - \omega\psi) - \frac{P}{m}\varphi; \\
 \ddot{\zeta}_c &= -\frac{c}{m}(\zeta_c - Z_{c4}) + [\xi_c \omega^2\psi - \eta_c \omega^2\varphi - 2\zeta_c \omega \dot{\varphi} + \xi_c \ddot{\psi} + \eta_c \dot{\psi}^2\varphi - \\
 &\quad - \eta_c \ddot{\varphi} + \zeta_c \psi^2 + \zeta_c \dot{\varphi}^2 + 2\zeta_c \omega \dot{\varphi}] - 2\dot{\eta}_c(\dot{\varphi} - \omega\psi) + \\
 &\quad + 2\dot{\xi}_c(\dot{\psi} + \omega\varphi) - \frac{P}{m}.
 \end{aligned} \tag{12}$$

Вывод

Полученные результаты показывают, что в случае, когда законы движения звеньев сборочного вибрационного устройства обеспечивают асимптотически перемещение центра масс устанавливаемой детали к оси базовой детали, точка первоначального контакта детали с плоскостью ориентирующего диска также асимптотически приближается к отверстию базовой детали. Такой характер движения устанавливаемой детали по отношению к базовой позволяет обеспечить условия собираемости.

Данная публикация подготовлена по результатам работ, выполненных при реализации Госконтракта № П-879 в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России 2009-2013 г.г.».

Литература

1. Божкова Л.В., Варганов М.В., Бакена Мбуа Ж.К. Совершенствование технологии сборки цилиндрических профильных деталей с применением вибрационных колебаний и пассивной адаптации// «Сборка в машиностроении, приборостроении», 2010, № 7, с. 26 – 31.
2. Коловский М.З., Слоущ А.В. Основы динамики промышленных роботов. – М.: Наука, 1988. - 240 с.

Выбор наиболее рациональной схемы холодного профильного накатывания зубьев

Буянов А. С., к.т.н. проф. Виноградов В.М., к.т.н. доц. Черепяхин А.А.
МГТУ «МАМИ»

(495) 223-05-23 доб. 1387, 1377; tkm1410@yandex.ru

Аннотация. Рассмотрены схемы холодного профильного накатывания одним, двумя и тремя гладкими роликами с поперечным или продольным движением подачи. Показано, что продольное движение подачи обеспечивает меньшие погрешности обработки, чем поперечное движение подачи.

Ключевые слова: зубчатое колесо, накатывание, спираль, движение подачи, погрешность профиля.

В настоящее время повышение эффективности производства невозможно без развития современных методов чистовой обработки. В области зубонарезания таким методом является профильное накатывание зубьев, так как оно обладает существенными преимуществами перед шевингованием: оно в несколько раз более производительное, обеспечивает большую износостойкость и прочность зубьев и увеличивает коэффициент использования материала.

Для обработки мелко модульных зубчатых венцов применяется профильное накатывание двумя профильными роликами (рисунок 1).

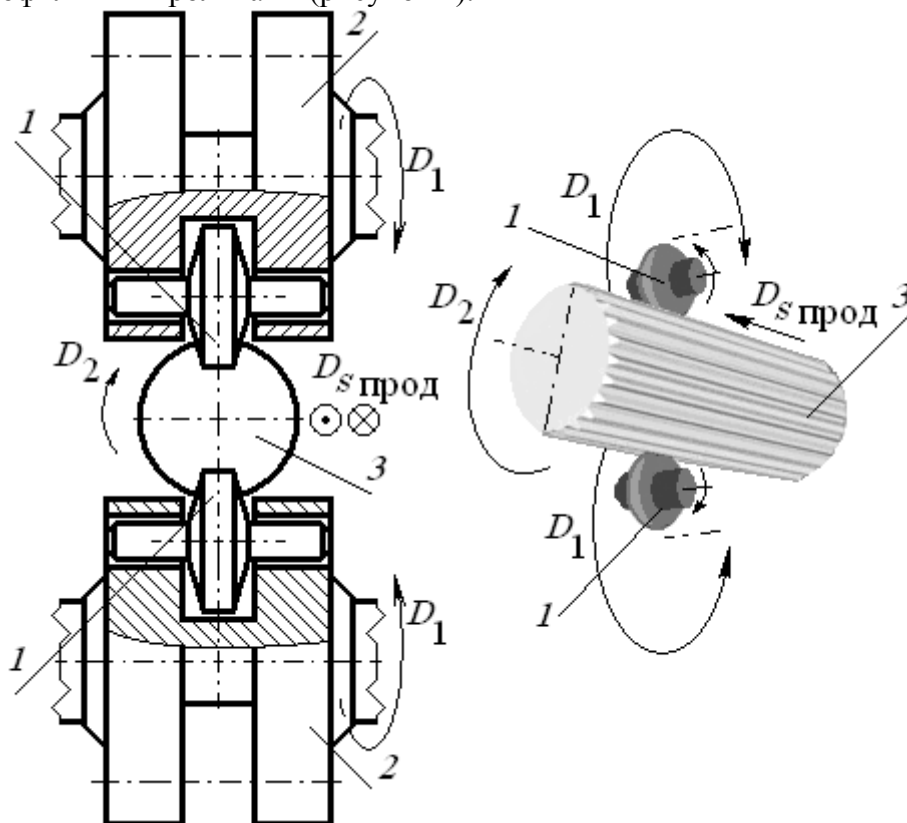


Рисунок 1 – Схема накатывания мелко модульных зубчатых венцов двумя профильными роликами: 1 – ролик; 2 – накатная головка; 3 – заготовка; D_1 , D_2 – вращательные движения соответственно оправки и заготовки; $D_{s \text{ прод}}$ – продольное движения подачи.

Две симметрично расположенные накатные головки 2 оснащены свободно вращающимися роликами 1. Сочетание планетарного вращения (движение D_1) роликов и вращения заготовки 3 (движение D_2) обеспечивает кратковременный контакт роликов с заготовкой. Соотношение движений D_1 и D_2 подбираются таким образом, чтобы каждый новый контакт инструмента с деталью происходит в новой впадине между зубьями. Продольная подача заготовки $D_{s \text{ прод}}$ обеспечивает равномерное распространение процесса холодного пластического формообразования по всей длине заготовки. При каждом проходе роликов происходит частичная пластическая деформация, которая представляет собой продольный участок впадины между зубьями, соответствующий величине подачи. Благодаря этому деталь подвергается пластической деформации только в краевой зоне, в то время как ее сердцевина остается неизменной.

Формирование профиля зубчатого венца происходит при многократном силовом воздействии пары роликов на предварительно обточенную заготовку.

При черновой обработке автомобильных трансмиссионных колес (модуль 2,5 ... 5 мм) формирование впадины между зубьями требует перемещения (удаления) большого объема металла. При профильном черновом накатывании холодное пластическое деформирование

большого объема металла впадины приведет к значительным силам деформирования. Применение горячего пластического деформирования не обеспечит требуемой точности зубчатого венца.

Поэтому холодное профильное накатывание среднемодульных зубчатых венцов применяется как чистовая обработка венцов, предварительно полученных фрезерованием или долблением.

В промышленности применяются три основные схемы холодного профильного накатывания (рисунок 2):

1. одним накатником с поперечным движением подачи по методу «Монорол»;
2. двумя накатниками с поперечным движением подачи по методу Форда;
3. тремя накатниками с продольным движением подачи.

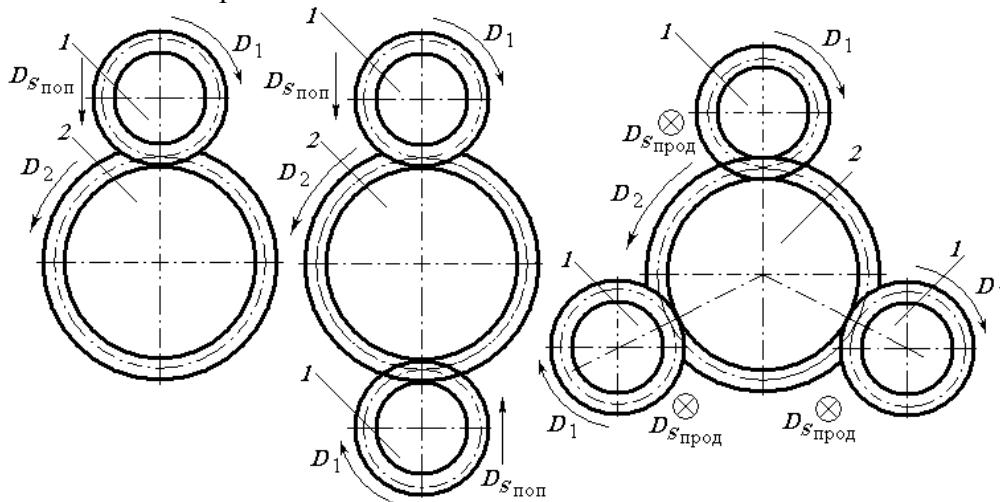


Рисунок 2 – Схемы холодного профильного накатывания среднемодульных зубчатых колес: 1 – накатник; 2 – заготовка; D_1, D_2 – вращательные движения соответственно накатника и заготовки; $D_{s\text{ поп}}, D_{s\text{ прод}}$ – поперечное и продольное движения подачи накатника

В процессе профильного накатывания одним или двумя накатниками инструменту сообщают два движения: главное движение – вращательное – и движение подачи – поперечное поступательное. В результате сложения этих движений траектория следа зуба накатника на заготовке представляет собой спираль (рисунок 3).

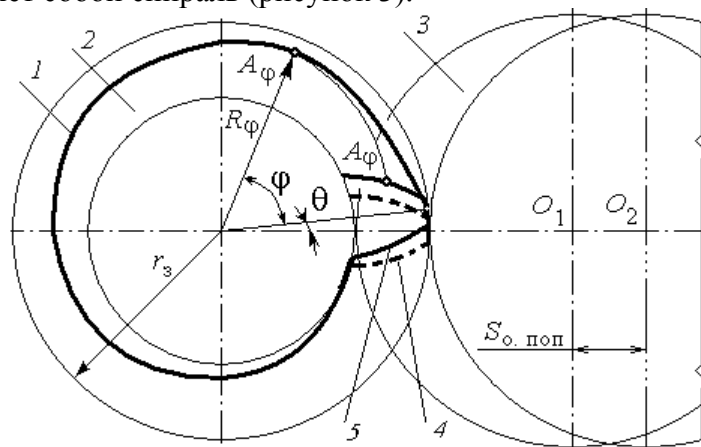


Рисунок 3 – Траектория следа зуба накатника на заготовке: $r_з$ – радиус заготовки; R_ϕ – переменный радиус следа зуба накатника на заготовке; ϕ – угол, определяющий положение точки контакта; A_ϕ – точка контакта; θ – угол завала зуба; 1 – траектория следа зуба накатника на заготовке; 2 – заготовка; 3 – накатник; 4 – теоретической профиль; 5 – реальный профиль

Радиус следа зуба накатника на заготовке равен:

$$R_{\varphi} = r_3 - \frac{S_{0,\text{поп}}\varphi}{2\pi}, \quad (1)$$

где: R_{φ} – переменный радиус точки контакта; r_3 – радиус заготовки; $S_{0,\text{поп}}$ – скорость поперечного движения подачи (подача на оборот); φ – угол, определяющий положение точки контакта.

Так как траектория следа накатника не окружность, а спираль (переменный начальный радиус), то формирование бокового профиля будет отличаться от теоретического эвольвентного. Отклонение бокового профиля от теоретического выражается в «завале» зуба колеса в сторону, противоположную направлению вращения заготовки. Величина «завала» определяется углом Θ - углом «завала» (угол между осями симметрии зуба колеса в теоретической и реальном положении между нормальными к спирали и окружности заготовки):

$$\Theta = \text{arctg} \frac{S_{0,\text{поп}}}{2\pi r_3 - S_{0,\text{поп}}\varphi}. \quad (2)$$

Величина завала зависит от скорости движения поперечной подачи, и наибольшее значения угол «завала» принимает в конце рабочей подачи (момент формирования впадины зубчатого венца):

$$\Theta = \text{arctg} \frac{S_{0,\text{поп}}}{\pi D_k}. \quad (3)$$

Профильное накатывание с поперечным движением подачи характеризуется значительными радиальными усилиями обработки, что сопровождается увеличенными деформациями в технологической системе СПИД и увеличенным проскальзыванием между зубьями накатника и обрабатываемого колеса.

Это проскальзывание имеет различные направления на правой и левой стороне: на одной боковой стороне зуба заготовки материал течет к начальной окружности, на другой стороне – от нее. Поэтому в районе начальной окружности на одной стороне зуба возникает скопление материала, а на другой – выемка. Это явление особенно сильно проявляется при прямозубом зацеплении колес, меньше – при косозубом. Характер течения материала при профильном накатывании зубьев колес показан на рисунке 4.

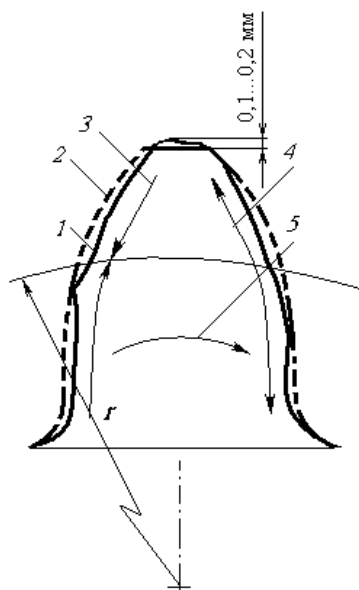


Рисунок 4 – Характер течения металла зуба вследствие пластического деформирования при накатывании: 1 – профиль накатанного зуба; 2 – профиль фрезерованного зуба; 3, 4 – направления течения металла на приводной и не приводной стороне зуба; 5 – направление вращения заготовки; r – радиус начальной окружности.

Величина изменения формы зуба заготовки под действием пластического деформирования поверхностного слоя металла определяется, в основном, припуском под обработку. Наилучшие результаты получаются при припуске на обработку в пределах от 0,02 до 0,04 миллиметра с каждой стороны зуба заготовки. При завышении припусков на обработку металл может накапливаться в районе ножки зуба, что может привести к поломке накатника.

При профильном накатывании с продольным движением подачи ($S_{\text{прод}}$) наличие на накатниках заборного конуса предопределяет появление и радиального движения подачи, скорость которого ($S_{\text{пп}}$) зависит от величины угла заборного конуса:

$$S_{\text{пп}} = S_{\text{прод}} \operatorname{tg} \beta, \quad (4)$$

где: $S_{\text{пп}}$ – скорость движения поперечной подачи; $S_{\text{прод}}$ – скорость движения продольной подачи; β – угол заборного конуса накатника.

Угол заборного конуса обычно лежит в пределах 5 ... 15 град. Поэтому величина скорости поперечной подачи равна: $S_{\text{пп}} = (0,09 \dots 0,2)S_{\text{прод}}$.

Следовательно, при накатывании с продольным движением подачи величина поперечной подачи (а следовательно, и завал зуба), будет значительно меньше, чем при накатывании с поперечным движением подачи.

Для накатывания тремя накатниками типично обжатие детали, что дает возможность работать с большей скоростью деформаций, большими применяемыми силами и, следовательно, с меньшим временем на обработку.

За счет установки накатников по вершинам равностороннего треугольника в процессе обработки создается центрирующий эффект, что хорошо разгружает технологическую систему СПИД.

Выводы

1. Холодное профильное накатывание с продольным движением подачи обеспечивает большую точность обработки по сравнению с накатыванием с поперечным движением подачи.
2. Накатывание тремя накатниками обеспечивает большую производительность обработки, чем накатывание одним или двумя накатниками.

Обеспечение качества изготовления буровых долот

д.т.н., проф. Вержанский А.П., Махненко А.Н.
Московский государственный горный университет
(499) 2302492

Аннотация. В статье рассмотрена методика расчета точности неподвижных соединений с использованием метода групповой взаимозаменяемости

Ключевые слова: зубчатое колесо, накатывание, спираль, движение подачи, погрешность профиля.

Одним из характерных изделий, выпускаемых для горнодобывающей отрасли, является трехшарошечное долото Ш-244.5 ОК-ПГВ с твёрдосплавными шарошками, которое является буровой насадкой к специальным станкам для буровзрывного способа добычи руды. Долото обеспечивает бурение в очень крепких горных породах и рудах с $f \geq 15$ по Протодьяконову. Основными деталями данного изделия являются корпус долота, три лапы, на которых располагаются три шарошки с многочисленными зубцами (рисунок 1).

В корпус шарошки запрессовываются твердосплавные зубцы, а сам корпус шарошки устанавливается на лапу. Для снижения трения между лапой и корпусом шарошки установлены цилиндрические и сферические тела качения. На рисунке 1 приведена размерная цепь, определяющая тепловой зазор B_{Δ} , создаваемый в роликовой опоре шарошки: