

закон, дающий лучшую аппроксимацию как всей эмпирической кривой, так и ее участков, характеризующих брак, что позволило в целом существенно повысить достоверность прогноза.

2. Разработан алгоритм машинной программы для реализации нового метода прогнозирования надежности достижения заданного точностного показателя.
3. Разработан алгоритм машинной программы для расчета коэффициентов, используемых при расчете размерных цепей с учетом выбранного теоретического закона для аппроксимации рассматриваемой эмпирической кривой.
4. Рассчитаны по нестандартной машинной программе уточненные значения относительного среднего квадратического отклонения X и коэффициента относительной асимметрии a для звеньев сборочной размерной цепи, что позволило повысить точность расчета функционального показателя изделия.
5. Предложена оценка согласия эмпирического распределения и теоретического, удобная для практического применения.
6. Отработана система машинных программ, подготовленная для передачи на вычислительный центр предприятия для практического использования.
7. Показано, что дифференциальное уравнение, определяющее систему кривых плотности Пирсона, обобщает распределения Фишера, Стьюдента, Парето, x^2 -распределения, β -распределения и нормального распределения.

Литература

1. Копылов Л.В. "Повышение точности и надежности прогноза показателей ТС с учетом интенсивности временного дрейфа".
2. Дащенко А.И., Копылов Л.В. и др. "Технология двигателестроения"-Учебник для Вузов. М., "Высшая школа"-2006 г.

Влияние метода формообразования зубьев и формы припуска под отделочную обработку на точность обрабатываемых зубчатых колес

к.т.н. проф. Виноградов В.М., Швычков Д.В.
МГТУ «МАМИ»
(495) 223-05-23, доб. 1068

Аннотация. Описываются возможности улучшения точности и производительности зубообрабатывающих операций за счет изменения формы припуска.

Ключевые слова: зубонарезание, точность зубчатых колес, повышение производительности, шевингование, протягивание.

В условиях производства зубчатых колес для автомобилестроения приоритетной задачей является повышение производительности процесса обработки при сохранении требуемой точности зубчатого колеса.

Формообразование зубьев цилиндрических колес на предварительных этапах может осуществляться различными методами (обкатки, огибания и копирования), что ведет к изменению формы припуска на отделочную обработку. Наиболее часто имеют место равномерный или клиновой припуск. Первый получается при выполнении операций, основанных на методе обката, второй – после операций, основанных на методе копирования. Зависимость формы припуска под последующую обработку от метода формообразования зубьев можно объяснить тем, что при методе обката установочные перемещения производящего контура инструмента не влияет на погрешность профиля зуба, а только вызывает изменение толщины последнего. При методе копирования в этом случае возникает как изменение толщины зубьев, так и искажение профиля их боковых сторон.

Профиль зубьев обрабатываемого колеса, имеющий клиновой припуск, дает возмож-

ность значительно уменьшить нагрузку на периферийную режущую кромку зубьев инструмента при обработке участков, расположенных в зоне переходной кривой у дна впадины. Тем самым улучшаются условия отделочной обработки зубьев и повышается штучная стойкость инструмента.

Справочная литература по зубчатым передачам [1] рекомендует при изготовлении зубчатых колес из нелегируемых сталей применять клиновидный припуск, предусматривающий в процессе нарезания зубьев увеличение их нормального шага, что вызвано стремлением локализовать в какой-то мере вредное действие деформаций, возникающих при термической обработке.

При зубонарезании червячной фрезой клиновидный припуск можно получить корректированием зуборезного инструмента путем уменьшения угла профиля производящего контура и соответствующего увеличения радиуса основной окружности.

Рассмотрение станочного зацепления инструмента и обрабатываемого колеса при зубоотделке показывает, что условия удаления равномерного и клинового припуска на зубоотделочных операциях различны. Поэтому представляет интерес вопрос исправления погрешности предварительного формообразования зубьев на зубоотделочных операциях в зависимости от формы припуска под отделочную обработку.

При отделочной обработке зубчатых колес под действием сопротивлений, возникающих в процессе удаления припуска, инструмент и деталь нагружаются силой P , которую можно представить как результирующую составляющих P_p , P_o и P_T , где P_p – распорная составляющая (направлена перпендикулярно осям инструмента и детали), P_o – осевая составляющая (направленная вдоль оси детали) и P_T – окружная, тангенциальная составляющая (направленная по линии действия). Наибольшее влияние на выходную точность колеса при зубоотделочной обработке оказывает окружная составляющая P_T .

В случае обработки зубчатых колес с равномерным припуском, сила P_T имеет постоянную величину на всем эвольвентном участке профиля зуба. При клиновидном припуске величина силы P_T меняется в соответствии с величиной снимаемого припуска по мере перемещения линии действия к головке обрабатываемого зуба.

В процессе отделочной обработки зуб обрабатываемого колеса входит во впадину между соседними зубьями инструмента и сила P_T перераспределяется между последними, вызывая их изгиб относительно опасного сечения GG, что иллюстрирует рисунок 1.

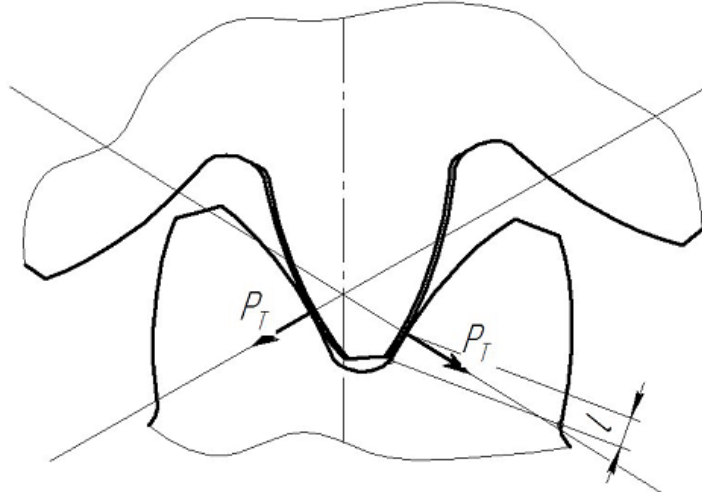


Рисунок 1 – Воздействие тангенциальной силы на зуб колеса

Величина изгиба зубьев инструмента вытекает в дальнейшем в погрешности эвольвентного профиля обрабатываемых зубьев и определяет исправляющую способность операции отделочной обработки зубьев. Так как при зубоотделке точка контакта зуба колеса и инструмента перемещается по эвольвентному профилю, величина плеча l от точки приложения

силы P_T до опасного сечения изменяется.

Изгиб зуба инструмента под действием силы P_T пропорционален изгибающему моменту $M_{изг} = P_T \cdot l$, максимальное значения которого будет при l_{max} , то есть при обработке основания зуба колеса. Вид припуска, как упоминалось выше, влияет на величину P_T , а следовательно, при обработке зубьев колес с клиновидным припуском величина $M_{изг}$ (при l_{max}) будет значительно меньше, чем при обработке колес с равномерным припуском.

Если более детально рассматривать изгибные явления зубьев, то нетрудно увидеть, что в ходе зацепления зубьев инструмента и обрабатываемого колеса оба подвергаются изгибу вследствие действия сил резания, что показано на рисунке 2. Эпюры изгибов иллюстрируют, какой элемент и в какой мере претерпевает упругий изгиб во время резания. Это значит, что в ходе взаимных отжатий инструмента и детали происходит уменьшение снимаемого припуска. При токарной обработке борьба с этими явлениями очевидна: глубина поперечной подачи увеличивается или уменьшается на величину упругих отжатий системы. То же самое происходит и в системе шеввер-зубчатое колесо. Но в отличие от токарной обработки определить изгиб зубьев заготовки и инструмента значительно сложнее.

Следует отметить, что упомянутый поперечный изгиб профиля зуба не единственное изгибное явление в системе, но оно наиболее сильно влияет на величину удаляемого припуска.

Определить величину взаимного изгиба зуба колеса и шеввера можно исходя из теории сопротивления материалов. Ведь в идеале зуб – это балка равного сопротивления изгибу с заделкой в основании зуба и для зуба колеса справедливы те же зависимости, что и для балки. Однако в ходе коррекции профиля зуба подобная идеальная зависимость может нарушаться, поэтому целесообразно рассматривать зуб как балку переменного сечения, подвергающуюся изгибу от одной сосредоточенной силы в каждый момент времени. Это так, поскольку инструмент и деталь в каждый момент времени зацепляются по линии на эвольвентной поверхности. И перпендикулярно этой поверхности на деталь действует тангенциальная составляющая P_T силы резания. Причем сила этой же величины, но противоположного знака действует и на шеввер. [2]

Теперь, когда известна сила изгиба, зная геометрические параметры шеввера и колеса можно определить собственно сам изгиб. И на суммарную величину в каждой точке эвольвентного профиля изменить толщину припуска на величину этого изгиба. Это позволит более точно определить величину снимаемого припуска при шевверинговании, следовательно, более точно обработать деталь.

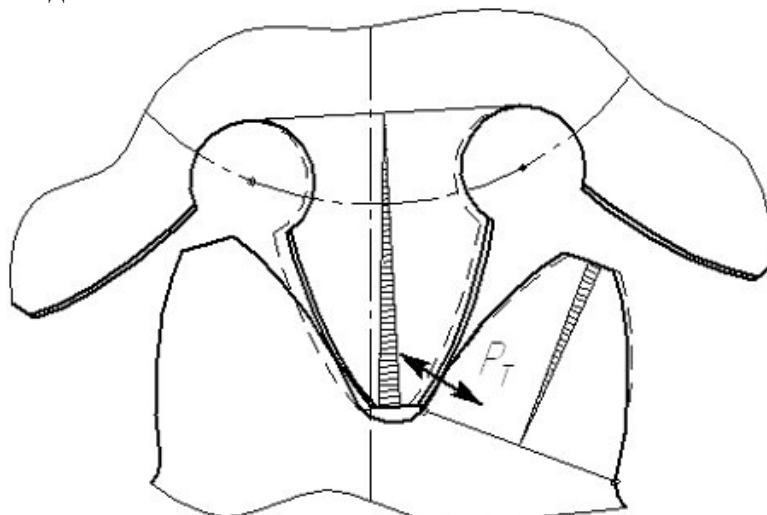


Рисунок 2 – Эпюры изгибов зубьев шеввера и обрабатываемого колеса под действием тангенциальной силы

Из сказанного можно заключить, что изгиб зубьев инструмента при удалении клино-

видного припуска значительно меньше, а исправление погрешностей предварительного формообразования зубьев колес идет более интенсивно. Следовательно, выходная точность зубоотделочных операций повышается при переходе от равномерного припуска к клиновидному. Последнее обстоятельство давно было подмечено практикой зубообработки и использовалось в производстве путем преднамеренной модификации исходного контура червячных фрез.

В условиях автотракторного производства все зубчатые колеса подвергаются промежуточному контролю до и после зубоотделочных операций. Производственный контроль чаще всего проводится с помощью приборов для комплексной двухпрофильной проверки обрабатываемого колеса при зацеплении без зазора с мерительной шестерней. На этих приборах после предварительной и отделочной зубообработки контролируется размер зубчатого колеса с учетом припуска под последующую обработку и колебания измерительного межосевого расстояния (ИМР) за оборот колеса и на шаг. [3]

Поскольку этому контролю подвергаются все колеса, представляет интерес вопрос влияния формы припуска под зубоотделку на поэтапную точность зубчатых колес. Основным критерием оценки этой точности в настоящее время являются параметры F_{ir}'' , f_{ir}'' , $F_{\beta r}$ и V_{wr} . Априорно считая, что припуск по ширине зуба равномерный, параметр $F_{\beta r}$ можно исключить из рассмотрения данного вопроса. Остальные параметры:

F_{ir}'' - колебание измерительного межосевого расстояния за оборот колеса;

f_{ir}'' - колебание измерительного межосевого расстояния на одном зубе;

$F_{\beta r}$ - колебание длины общей нормали.

Беря в основу единую систему отсчета погрешностей при зубообработке, влияние формы припуска на выходную точность предварительных и отделочных зубообрабатывающих операций можно объяснить следующим образом. Из рисунка 3 видно, что изменение отрезков линий действия на всем протяжении эвольвентного профиля зуба колеса имеет одну и ту же величину ΔF для равномерного припуска (а) и переменную величину ΔF для клиновидного (б). Диаграмма изменения длин отрезков линий действия при различной форме припуска под зубоотделку показана на рисунке 4. Из этой диаграммы можно заключить, что при двухпрофильном контроле колес с клиновидным припуском будет наблюдаться значительно большее колебание ИМР на шаг (f_{ir}'') и за оборот (F_{ir}''), чем у колес с равномерным припуском, хотя величины этих припусков могут быть равными. Следовательно, форма припуска сказывается на выходной точности предварительных операций, и оказывает существенное влияние на результаты контроля колес перед зубоотделочной обработкой, и должна учитываться при организации метрологического обеспечения производства зубчатых колес.

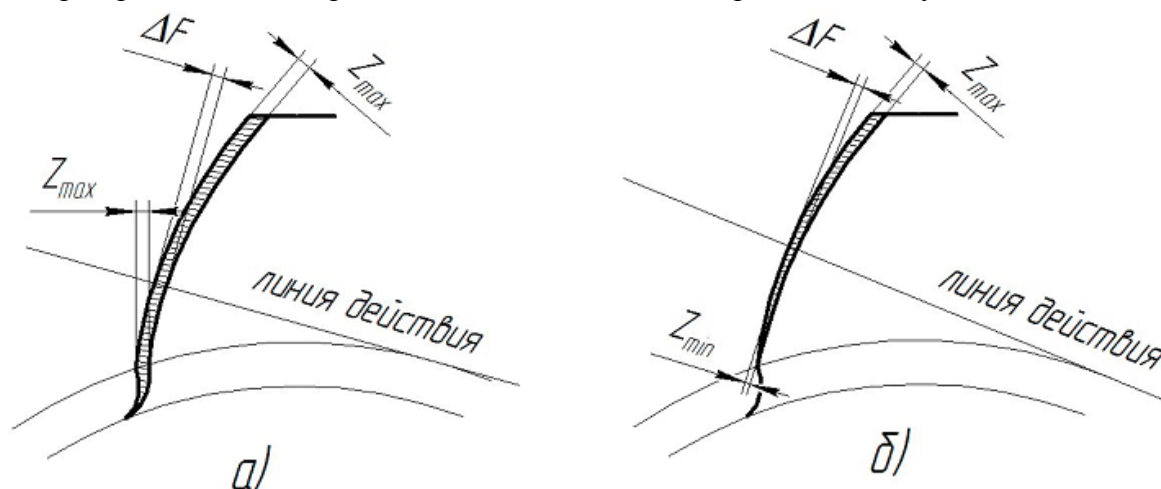


Рисунок 3 – Изменение отрезков линий действия для равномерного и клинового припусков

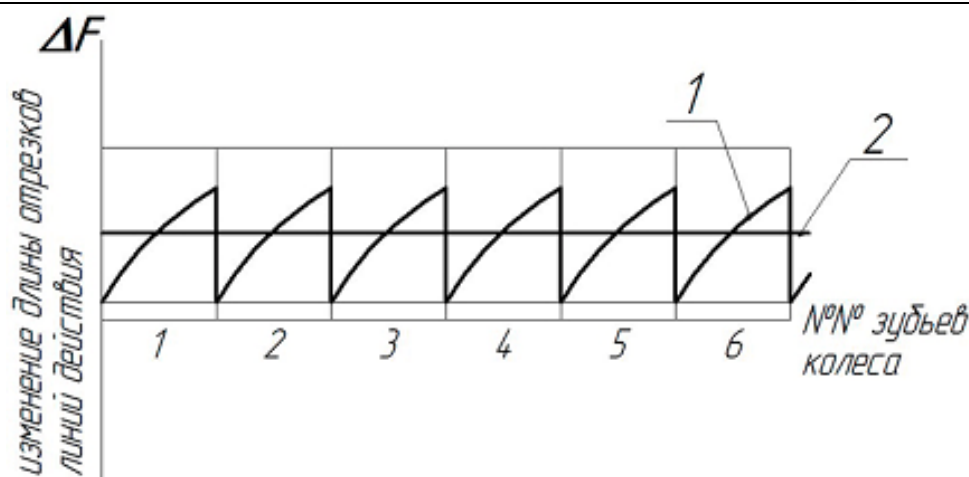


Рисунок 4 – Диаграмма изменения длин отрезков линий действия

Из-за погрешности размерной наладки зубообрабатывающих станков и других факторов происходят установочные перемещения производящего контура инструмента, что влечет за собой изменение отрезков линий действия на величины ΔF , зависящие от методов формообразования зубьев. При этом, для метода обкатки $\Delta F_l = \Delta F_n = const$ на всей длине рабочего участка профиля колеса. Для метода копирования характерно изменение ΔF на протяжении рабочего участка эвольвентного профиля, а также для правой и левой стороны зуба ($\Delta F_l \neq \Delta F_n \neq const$). Последнее проявляется в ступенчатом характере изменения комплексной погрешности и значительном увеличении f_{ir}'' .

Изменение отрезков линий действия можно объяснить тем, что при методе обкатки установочные перемещения производящего контура инструмента не влияют на погрешность профиля зубьев, а только вызывают изменение толщин последних. При методе копирования в этом случае возникает как изменение толщины зуба, так и искажение профилей его боковых сторон. Следовательно, при двухпрофильном контроле колес, обработанных по методу копирования, будут наблюдаться значительно большее колебание ИМР на шаг, чем у колес, нарезанных по методу обката, при одинаковом номинале ИМР и одинаковом припуске под шевингование. При этом в одном случае имеет место клиновидный припуск (для колес, нарезанных по методу копирования), а в другом – равномерный (для колес, обработанных по методу обката).

Проявляясь в ухудшении выходной точности операции зубонарезания, клиновой припуск под последующую отделочную обработку практически не сказывается на точности последней и в ряде случаев позволяет уменьшать размер протуберанца, улучшая условия шевингования и шлифования зубьев. Экспериментальные исследования точности шевингования зубчатых колес, нарезанных зубофрезерованием и кругодиагональным протягиванием, выполненные автором на АМО-ЗИЛ, показали значительно лучшую шевингуемость колес, нарезанных по методу копирования. В качестве объекта исследования использовалась шестерня заднего хода КПП автомобиля ЗИЛ-4331 ($z = 20$ мм, $m = 4,25$ мм, $b = 26$ мм), нарезаемая с припуском под шевингование, равным 0,1 миллиметр на зуб. При этом после зубофрезерования $F_{ir}'' = 0,07$ и $f_{ir}'' = 0,03$, а после кругодиагонального протягивания $F_{ir}'' = 0,098$ и $f_{ir}'' = 0,07$. Точность зубчатых колес (партии по 50 штук) после шевингования была на одну степень выше у протянутых колес.

Выводы

Исходя из вышеизложенного, можно заключить, что метод формообразования зубьев цилиндрических колес при прочих равных условиях оказывает существенное влияние на выходную точность операций зубонарезания. Также следует отметить, что при формировании технологического процесса зубообработки на предварительных операциях формообразова-

ния зубьев целесообразно использовать метод копирования, а на отделочных операциях – метод обката.

Следование вышеуказанным рекомендациям позволит существенно увеличить производительность черновых операций, повысить точность отделочных операций и сократить потребное количество оборудования, снизив тем самым производственные затраты на зубообработку.

Литература

1. Гинсбург Е.Г., Голованов Н.Ф.. Зубчатые передачи. Справочник. 2-е издание, переработанное и дополненное. Ленинград, «Машиностроение», 1980, 416 с.
2. Дарков А.В., Шпиро Г.С. Сопrotивление материалов. Москва, «Высшая школа», 1969, 736 с.
3. Калашников С.Н., Калашников А.С. Приборы и контроль цилиндрических зубчатых колес в процессе их изготовления. «Технология автомобилестроения», № 1 1978, с. 18-25

Механические свойства порошковых материалов после проведения многокомпонентного диффузионного насыщения Cr, Ni и Mo

д.т.н. проф. Еремеева Ж.В., доц. Ниткин Н.М., к.т.н. доц. Шарипзянова Г.Х.
МГТУ «МАМИ»

8 (495) 223-05-23, eremeeva-shanna@yandex.ru, kolia-msk@yandex.ru, guzel@mtw.ru
д.т.н. проф. Латыпов Р.А., Слуковская К.А.

МГВМИ

8 (495) 361-14-80, latipov46@mail.ru, 8 (917) 568-90-94, slukovskayakn@moesk.ru
Скориков Р.А.

ЮРГУ

8 (926) 598-68-26, scor@xaker.ru

Аннотация. В статье рассмотрены механические свойства порошковых материалов после проведения многокомпонентного диффузионного насыщения Cr, Ni и Mo.

Ключевые слова: порошковые материалы, многокомпонентное диффузионное насыщение.

Детали машин должны обладать определенным сочетанием характеристик прочности и пластичности, обеспечивающим возможность их эксплуатации при воздействии динамических и усталостных нагрузок. Для исследования влияния способов многокомпонентного насыщения хромом, никелем и молибденом технологических схем и химического состава диффузионных слоев, полученных на порошковых материалах на основе железа, на их механические свойства проводились испытания на изгибную прочность, ударную вязкость и малоцикловую усталостную долговечность.

Диффузионное насыщение Cr, Ni и Mo порошковых материалов на основе железа производилось в расплаве солей, содержащих порошки феррохрома, ферроникеля и ферромolibдена. Нагрев образцов осуществлялся за счет ТВЧ. Для диффузионного насыщения с использованием ТВЧ использовалась стандартная заводская высокочастотная установка ЛЗ-67В мощностью 60 кВт с рабочей частотой 66 ± 6 кГц. Многокомпонентное насыщение производилось в графитсодержащих тиглях марки ТГДМ, выпускаемых на предприятии ОАО «Лужский абразивный завод». Выбор указанного типа тигля обусловлен тем, что материал, из которого он изготовлен, не экранирует образцы, находящиеся в тигле с расплавом, от высокочастотного магнитного поля. При этом тигель нагревается под воздействием ТВЧ индуктора, расплавляя соли, но его нагрев происходит гораздо медленнее нагрева образцов ($V_{нагр.т.} = 8 - 10$ °С/с). Более низкая теплопроводность и магнитная проницаемость тигля позволяют