

Заключение

Как показывает расчет, подтвержденный опытом внедрения данных методов повышения точности цилиндрических шестерен в условиях ВГТЗ, МТЗ, МЗШ, их использование на операциях зубофрезерования и шевингования позволяет получить годовой экономический эффект около 2 тыс. руб. в ценах на 1.01.1991 г. при выпуске 100 тыс. прямозубых цилиндрических зубчатых колес типичной для отечественного тракторостроения конструкции при применении современной технологии их изготовления.

При условии использования данных методов в масштабах МТЗ при изготовлении цилиндрических зубчатых колес тракторных трансмиссий и учитывая, что потребность в подобных колесах на 1.01.2005 г. составляет около 1,6 млн. штук, суммарный годовой экономический эффект от внедрения указанных методов на МТЗ может достичь порядка 32 тыс. руб. (в ценах на 1.01.1991 г.) или около 35 тыс. долл. США.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кане М.М. Технологическое обеспечение качества высоконагруженных передач с эвольвентными цилиндрическими зубчатыми колесами. Диссертация на соискание ученой степени докт. техн. наук. –Мн., БГПА, 1996. –506 с.
2. Кане М.М., Медведев А.И., Каганер А.А. Точность и стоимость цилиндрических зубчатых колес.// Теория и практика машиностроения, №2, 2004. –С. 36-40.
3. Методика определения экономической эффективности использования в народном хозяйстве новой техники, изобретений и рационализаторских предложений. –М.: Госкомитет СМ СССР по науке и технике, 1977. –55 с.
4. Гамрат-Курек Л.И., Иванов К.Ф. Выбор варианта изготовления изделий и коэффициенты затрат. –М.: Машиностроение, 1985. –275 с.

УДК 621.993-187

Шагун В.И.

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ РЕЖУЩЕЙ ЧАСТИ МЕТЧИКА НА ОТКЛОНЕНИЕ ШАГА РЕЗЬБЫ В ЧУГУНЕ

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь*

Резьбовые сопряжения широко распространены в машино- и приборостроении. Статическая прочность и выносливость резьбовых соединений может изменяться на 50% и более в зависимости от точности параметров профиля

резьбы и фактических значений зазоров и натягов в резьбовых парах [1]. Отклонение шага и половины угла профиля резьбы понижают износостойкость резьбовых пар и в итоге сказываются на точности преобразования вращательного движения винта в поступательное. Поэтому изучение причин погрешностей нарезаемой резьбы и абсолютных значений этих погрешностей актуально как с научной, так и с практической точек зрения.

В Белорусском национальном техническом университете методом однофакторного эксперимента выполнены исследования по изучению влияния параметров четырехперого метчика М16х2 на отклонения шага резьбы в чугуне СЧ18, поскольку метчик является практически единственным инструментом для образования внутренних резьб малых диаметров. Резьбу нарезали на вертикально-сверлильном станке 2А125 методом самозатягивания с креплением метчика в плавающем патроне. Скорость резания – 10 м/мин, смазывающе-охлаждающая жидкость – сульфозфрезол, подача поливом, расход – 10 л/мин. Исходные параметры метчиков: длина рабочей части - 35 мм; ширина пера - 4,4 мм; передний угол $\gamma = 10^\circ$; задний угол $\alpha = 5^\circ$; угол заборной части $\varphi = 14^\circ 50'$; обратная конусность $\Delta d = 0,001$; величина затылования по профилю на угловом шаге перьев $K_1 = 0,135$ мм для метчиков типа А (затылованы по профилю на всей ширине пера) и 0,4 мм для метчиков типа Б (затылованы по профилю на 2/3 ширины пера). С целью повышения разрешающей способности экспериментов, устранения «шумовых» эффектов метчики изготовлены с точностью резьбовых калибров, радиальное биение главных режущих кромок не превышало 0,01 мм, а радиальное биение по среднему диаметру резьбы и хвостовику – не более 0,005 мм. Отклонения углов заточки метчика – $\pm 6'$. Смещение оси метчика с оси нарезаемого отверстия не превышало 0,015 мм. Диаметр отверстий под резьбу выполнен по 6-му качеству точности. Шпиндель сверлильного станка был тщательно статически уравновешен. Усилие врезания метчика во всех случаях было постоянным.

От воздействия осевых сил, выталкивающих метчик из нарезаемого отверстия, боковые режущие кромки метчика, обращенные в сторону хвостовика, плотно прижимались к сопряженным (опорным О, рисунок 1) сторонам витков нарезаемой резьбы и срезали с них дополнительную стружку. Шаг резьбы по этим сторонам практически равен шагу резьбы по опорным боковым кромкам метчика Р. Неопорные кромки метчика постепенно уходили от формируемых ими сторон резьбы П, впадины нарезаемой резьбы В уширялись ($V_d > V$), средний диаметр резьбы d_2 увеличивался ($d_{2d} > d_2$). По мере продвижения метчика в отверстие значения осевых сил, отнесенные к единице длины опорных кромок метчика, понижались, разбивание резьбы и уширение впадин от первого к последнему нарезаемому витку уменьшались, шаг резьбы по неопорным сторонам R_d становился меньше шага резьбы метчика Р, самые большие отклонения имели место на первых нитках. Отклонения шага определены расчетом по значениям.

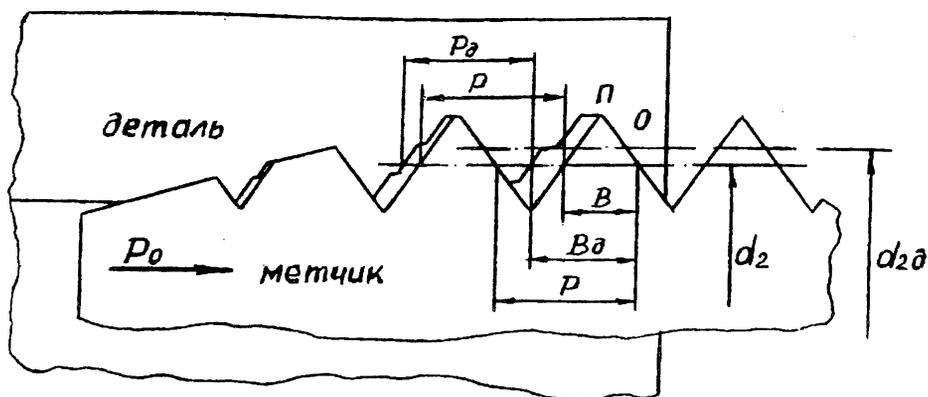


Рисунок 1 – Положение метчика в отверстии при нарезании резьбы

От воздействия осевых сил, выталкивающих метчик из нарезаемого отверстия, боковые режущие кромки метчика, обращенные в сторону хвостовика, плотно прижимались к сопряженным (опорным O , рисунок 1) сторонам витков нарезаемой резьбы и срезали с них дополнительную стружку. Шаг резьбы по этим сторонам практически равен шагу резьбы по опорным боковым кромкам метчика P . Неопорные кромки метчика постепенно уходили от формируемых ими сторон резьбы Π , впадины нарезаемой резьбы B уширялись ($B_d > B$), средний диаметр резьбы d_2 увеличивался ($d_{2d} > d_2$). По мере продвижения метчика в отверстие значения осевых сил, отнесенные к единице длины опорных кромок метчика, понижались, разбивание резьбы и уширение впадин от первого к последнему нарезаемому витку уменьшались, шаг резьбы по неопорным сторонам P_d становился меньше шага резьбы метчика P , самые большие отклонения имели место на первых нитках. Отклонения шага определены расчетом по значениям уширения впадин на каждом витке резьбы, которые в свою очередь вычислены по результатам измерения специальным прибором [2] собственно среднего диаметра резьбы. Два первых и последних витка в расчет не принимались, так как погрешности резьбы на этих витках стандартом не регламентируются. Результаты экспериментов представлены графиками на рисунках 2, 3 и номограммами на рисунках 4, 5. На номограммах приведены накопленные ошибки шага нарезанной резьбы и ошибки на третьем витке. Графики (рисунки 2 и 3) дают представление о характере изменения ошибок шага по длине отверстия.

В условиях опыта местные ошибки шага резьбы изменялись от нуля до 38 мкм, а накопленные – от нуля до 146 мкм. Местные отклонения шага резьбы, нарезанной метчиками типа Б, от двух до тридцати раз меньше, чем у нарезанной метчиками типа А, а накопленные меньше до 70 раз при всех прочих равных условиях. Объясняется это почти полной нечувствительностью метчиков типа Б к воздействию осевых сил, так как они опираются на резьбу не боковыми режущими кромками, а развитыми незатылованными опорными площадками. Только значительное сокращение длины калибрующей части от 15 до 5 шагов вызвало подрезание опорных сторон нарезаемой резьбы и увеличение накопленной ошибки шага до 56 мкм (рисунок 4), а ошибки шага на третьем витке –

до 20 мкм (рисунок 5), в результате значительного сокращения опорной площади незатылованных участков профиля резьбы метчика. По этой же причине сокращение ширины незатылованной части пера метчиков типа Б также несколько увеличило ошибки шага нарезанной ими резьбы (рисунки 4, 5). Остальные параметры метчиков типа Б, как видно на рисунках 4 и 5, на отклонение шага нарезаемой резьбы практически не влияют.

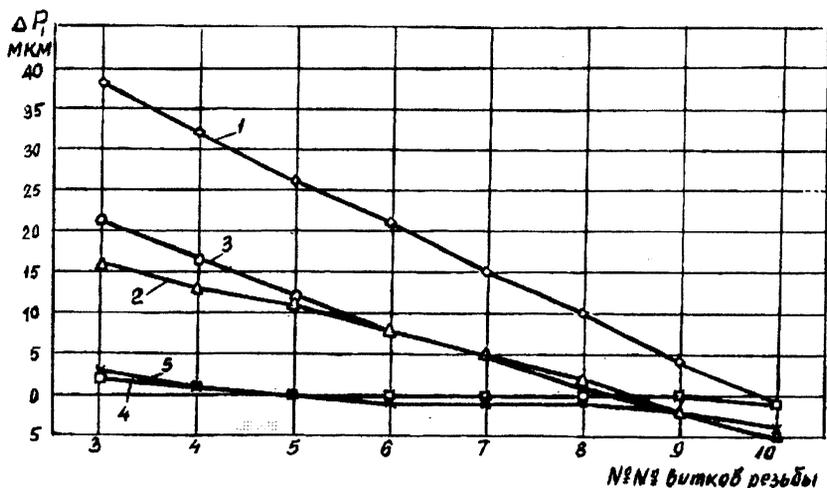


Рисунок 2 – Влияние формы заборной части метчика на отклонение шага нарезаемой резьбы: 1 – метчик А, исходная форма; 2 – метчик А, полнопрофильная форма; 3 – метчик А, с бочкообразными зубьями на ведущей части; 4 – метчик Б, исходная форма и метчик А после заваливания опорных кромок; 5 – метчик Б, полнопрофильная форма и исходная форма после заваливания опорных кромок

Метчики типа А очень чувствительны к воздействию осевых сил, так как они опираются на нарезаемую резьбу не площадками, а боковыми режущими кромками. Поэтому накопленные ошибки шага резьбы, нарезанной метчиками с исходными параметрами, и составляющие 146 мкм практически уменьшались до нуля при ограничении режущей способности опорных кромок заваливанием (притуплением оселком). Ошибки шага на третьем витке также уменьшились от 38 до 1 мкм (рисунок 4). Радиальное биение главных режущих кромок метчика не сказалось на отклонениях шага нарезанной резьбы, так как радиальные колебания метчика не могут увеличить боковое резание вспомогательными кромками из-за сильного уширения впадин нарезанной резьбы от действия осевых сил.

Некоторое уменьшение ошибок шага при сокращении длины калибрующей части метчиков типа А вызвано уменьшением бокового резания в связи с сокращением числа опорных режущих кромок.

Полнопрофильная заборная часть (II) метчика и бочкообразные зубья метчика на ведущей части (затылование по профилю от середины пера в сторону передней поверхности и спинки пера) позволили ослабить действие осевых сил

и значительно уменьшить ошибки шага резьбы, нарезанной метчиками типа А (рисунок 4 и 5).

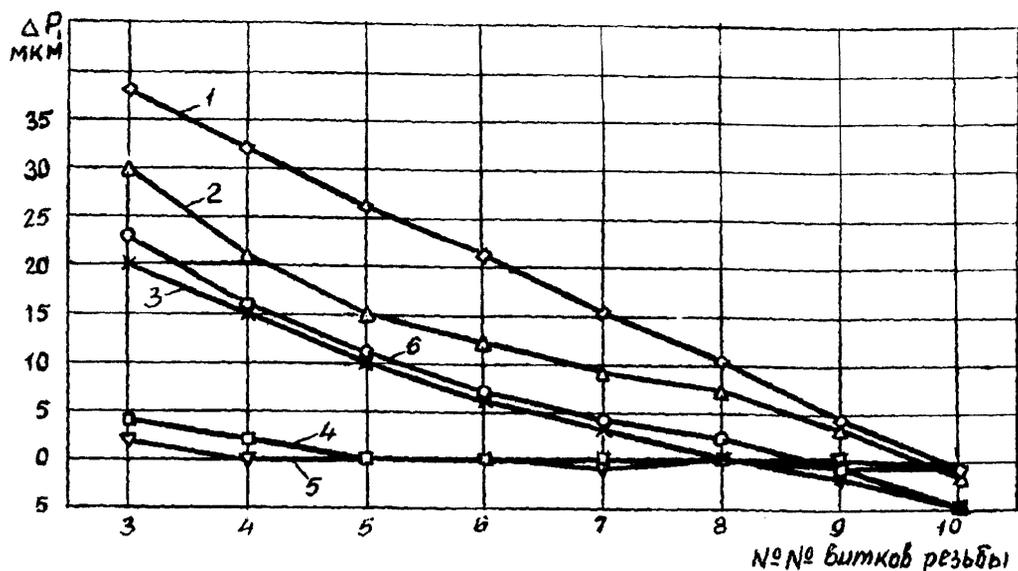


Рисунок 3 – Влияние длины калибрующей части метчика на отклонения шага нарезанной резьбы: метчики А: 1 – 15Р; 2 – 10Р; 3 – 5Р; метчики Б: 4 – 15Р; 5 – 10Р; 6 – 5Р

В результате выполненных исследований установлено, что характер изменения накопленных ошибок шага резьбы в зависимости от параметров метчика такой же, как и характер изменения среднего диаметра и определяется теми же причинами [3]. Наибольшее влияние на отклонение шага нарезаемой резьбы оказывают те параметры метчика, которые изменяют свою чувствительность к воздействию осевых сил. Именно осевые силы приводят к значительному увеличению ошибок шага резьбы, нарезаемой метчиками с такими же параметрами. Это подтверждается нарезанием резьбы метчиками типа Б, метчиками с заваленными опорными кромками и нарезанием резьбы по копиру, обеспечивающему принудительную точную осевую подачу метчику (один шаг за один оборот метчика). Ошибки шага в этих случаях не превышают 4-5 мкм при всех прочих равных условиях с исходными параметрами метчиков.

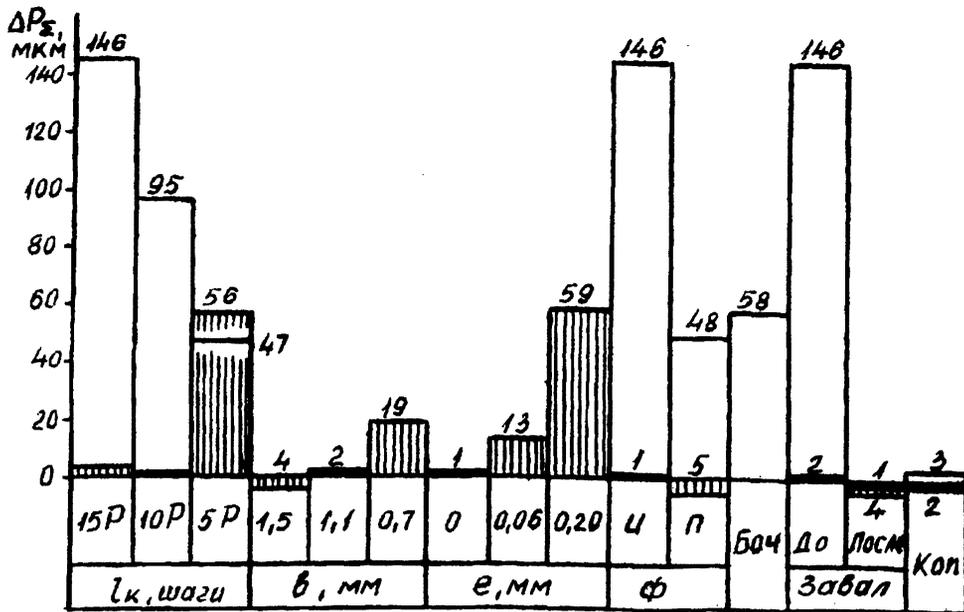


Рисунок 4 – Влияние параметров метчика на накопленную ошибку шага нарезанной резьбы

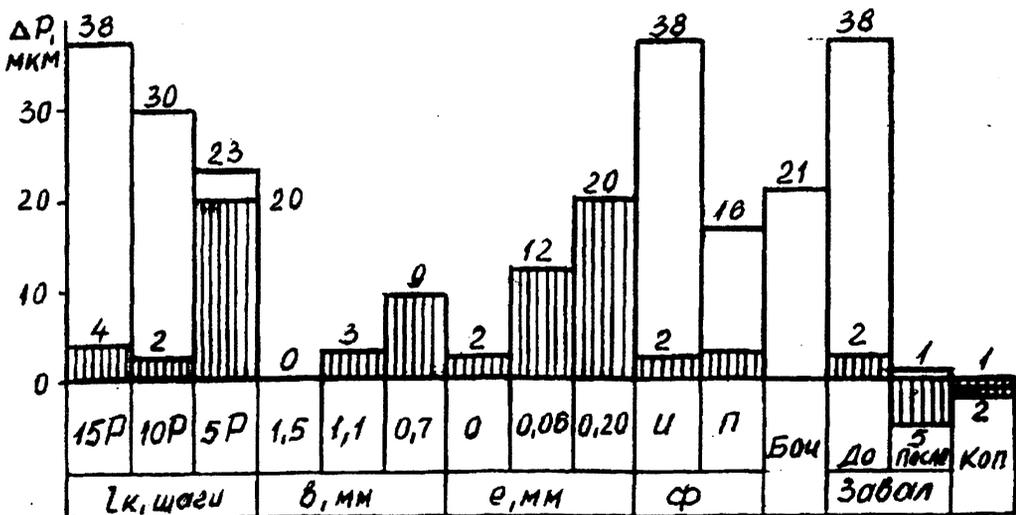


Рисунок 5 – Погрешности шага на третьем витке нарезанной резьбы в зависимости от параметров метчика

Принятые обозначения на рисунках 4 и 5: l_k – длина калибрующей части; b – ширина незатылованной по профилю части пера метчика B ; e – радиальное биение режущих кромок на заборной части; Φ – форма заборной части (И – исходная, П – полнопрофильная); Боч – бочкообразные зубья на ведущей части метчика; Завал – заваленные опорные режущие кромки; Коп – нарезание резьбы по копиру. Незаштрихованные поля – метчик типа А, заштрихованные поля – метчик типа Б.

Радиальные силы, вызывающие радиальное биение метчика, влияют на ошибки шага нарезаемой резьбы только в условиях ограничения влияния осевых сил.

ЛИТЕРАТУРА

1. Якушев А.И., Мустаев Р.Х., Мавлютов Р.Р. Повышение прочности и надежности резьбовых соединений. М., 1979, 215 с. 2. Шагун В.И., Фельдштейн Э.И. Прибор для измерения внутренних резьб. Измерительная техника, 1963, №7, с.7-10. 3. Шагун В.И. Влияние геометрических и конструктивных параметров машинных метчиков на размеры резьбы, нарезаемой в стали. - В сб.: Резьбообразующий инструмент. - М., 1968, с. 229-241.

УДК 621.315.592.049.77

Колешко В.М., Гулай А.В., Полюнкова Е.В.

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ КОМПЛЕКС ЭЛИТ-ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ СЕНСОРНЫХ МИКРОСИСТЕМ

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь*

Одним из перспективных направлений минимизации размеров, увеличения надежности и снижения стоимости электронных изделий является объединение микроэлектронных процессорных схем и микрообработанных чувствительных элементов в единую приборную микроструктуру с целью получения полностью интегрированных сенсорных устройств с интеллектуальной специализированной системой обработки информации (рис. 1) [1-3]. Для этих целей предложен ЭЛИТ-процесс и автоматизированный комплекс изготовления объемных (трехмерных) микроструктур и сенсорных микросистем в едином технологическом цикле [2, 4, 5]. В основу данного процесса положен принцип сочетания возможностей методов обработки микроэлектронных структур с помощью лазерного излучения, электронного и ионного пучков при обеспечении выбора и изменения параметров каждого из указанных типов воздействия в широких пределах.