

ПОВЫШЕНИЕ ПРОЧНОСТИ КРЕПЕЖНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПУТЕМ ИЗМЕНЕНИЯ ФОРМЫ ЛУЧЕЙ

Непомнящих Е.В., Ильиных В.А.

Забайкальский институт железнодорожного транспорта, Чита

Ключевые слова: сборный вспомогательный и режущий инструмент, типы крепежных соединений, прочность, профиль, лучи (шлицы), момент затяжки.

Аннотация. В работе рассматриваются задачи повышения надежности сборного вспомогательного и режущего инструмента металлорежущих станков за счет применения инновационных крепежных соединений. Проводится анализ применения винтов повышенной прочности, позволяющих применять большой момент затяжки. Особое внимание уделяется крепежным соединениям типа Торкс и его модификациям. Предлагаются к внедрению в качестве крепежных, соединения с синусоидальной криволинейной плоской кривой с количеством лучей (шлицев) равным пяти.

INCREASING THE STRENGTH OF FASTENING JOINTS BY CHANGING THE SHAPE OF THE BEAMS

Nepomnyashchikh E.V., Ilyinykh V.A.

Zabaikalsky railway transport institute, Chita

Keywords: prefabricated auxiliary and cutting tools, types of fastener joints, strength, profile, beams (splines), torque loads.

Abstract. The paper deals with the problems of increasing the reliability of assembled auxiliary and cutting tools of metal-cutting machine tools through the use of innovative fasteners. The application of screws of increased strength, allowing the use of high tightening torque, is analyzed. Special attention is paid to the Torx type fastening joints and its modifications. Connections with sinusoidal curvilinear flat curve with the number of rays (splines) equal to five are proposed for introduction as fasteners.

Совершенствование технологического оборудования и инструментальной оснастки отечественного машиностроения является актуальной научно-технической задачей. В последнее время отечественное машиностроение столкнулось с серьезными рисками остаться без западных технологий, без сотрудничества с иностранными инвесторами, с ограничениями на закупку импортной техники и комплектующих изделий. Необходимо отметить, что в 2022 году в сравнении с 2021 годом динамика производства крепежных изделий в России уменьшилась (рис.1) [1]. Вместе с этим в настоящее время российскими учеными созданы необходимые предпосылки для изготовления и применения инновационных профильных крепежных соединений деталей машин в различных узлах станков, инструменте, а также технологической оснастке.

Для анализа принимаемых решений на различных этапах проектирования инструментальной оснастки используют комплекс критериев, который служит для оценки принимаемых решений. «Прочность и жесткость являются одними из основных критериев работоспособности крепежных соединений определяющих качество вспомогательного и режущего инструмента. От их выполнения зависят собственные упругие деформации сменных пластин, державки, крепежной части

инструмента. Жесткость и виброустойчивость режущей и крепежной частей инструмента существенно влияют на его стойкость. Уменьшение жесткости инструмента при концевом фрезеровании в 10 раз приводит к увеличению амплитуды автоколебаний в 20÷25 раз. Увеличение амплитуды автоколебаний приводит к снижению стойкости инструмента» [2].

В современном производстве, операции сборки резьбовых соединений обладают одним из самых высоких показателей трудоемкости. Качество технологического оборудования зависит в частности от качества изготовления крепежных деталей и резьбовых соединений, что значительно влияет на надежность первых при эксплуатации.

Как было указано выше, динамика объема производства крепежа в России имеет волнообразный характер. Тем не менее, в последние годы наблюдается тренд на увеличение данного показателя (рис. 1). Структура потребления метизов (крепежных изделий) определяется объемом выпуска легковых и грузовых автомобилей, металлорежущих станков, протяженностью железных дорог.



Рис. 1. Динамика объема производства метизов (крепежных изделий) в России, (тонн) [1]

Для машиностроительного крепежа предъявляются более строгие требования согласно ГОСТ [3]. Очевидно, что в скором будущем требуется оперативное улучшение технологий производства и модернизация мощностей, что в свою очередь будет способствовать улучшению качества российской продукции и расширению сортамента крепежных изделий, в перспективе сокращая долю импортной продукции на рынке.

Рассмотрим известные элементы и виды резьбовых крепёжных соединений. К деталям общего назначения относятся: болты, гайки, винты, шурупы и др. Принципиальное отличие заключается в исполнении конструктивной формы резьбы, а также формы головок и шлицев (лучей).

Рассмотрим детали крепежных соединений с профильной формой отверстий в головке винта под ключ.

Широко распространены винты и шурупы с шестигранной головкой, как под обхватывающий ключ, так с внутренним шестигранником (Аллена). Существуют также шлицы улучшенной формы в виде звёздочки с различным числом шлицев (лучей) 6; 8; 12. Это соединения типа Torx T, Torx TX или защищённой формой Torx TR, а также косым треугольником типа Tri-Wing, обычный квадрат или шлиц-розетка (под вилочный ключ).

Традиционные виды шлицев имеют следующие недостатки:

– срыв шлица (луча) при попытке сообщить повышенный момент затяжки;

- затруднительное удержание закручивающего инструмента соосно с телом изделия;
- преждевременное изнашивание стенок внутри шлица;
- необходимость уменьшения скорости закручивания в конце сборки.

Значительную часть недостатков устраняет использование крепежных изделий с применением более современных шлицев типа Torx и Torx Plus, а также шаровой Torx под углом до 20 градусов.

Известно, что конструктивно вид углубления в головке резьбовых крепежных изделий выполняется в форме шести лучевой звезды с закругленными и не скругленными (плоскими) лучами (рис. 2). Благодаря конструктивной форме отверстия с лучами типа Torx, крепежное соединение имеет возможность передачи больших моментов затяжки [4].

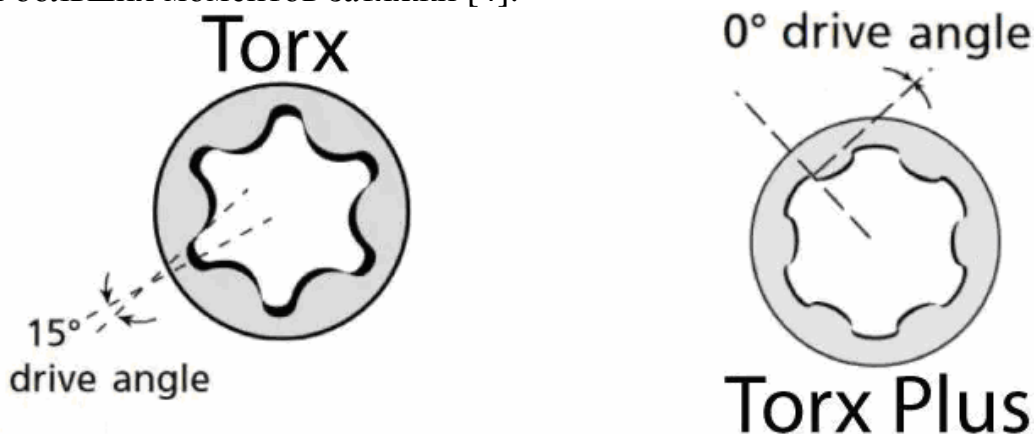


Рис. 2. Конструктивные виды отверстий с профилем TORX

Технологический способ изготовления данных отверстий заключается в прошивании фигурными прошивками на специальном оборудовании. Недостатками этой технологии является необходимость предварительного получения в заготовке круглого отверстия, наличие дорогостоящего специального оборудования с возможностью передачи больших осевых усилий [5].

В настоящее время на базе известного решения [6] разработан инновационный вид отверстия, подобный Торкс с антивандальной формой, имеющей пять лучей. Профиль отверстия имеет лучи, которые представляют не равноосную замкнутую кривую, а его лучи описываются синусоидальной замкнутой кривой. Профиль лучей отверстия головки винта, можно описать с помощью параметрических уравнений вида [6]:

$$\begin{aligned} X(D, f) &= (0.5D - e \cos(N \cdot f)) \cdot \cos(f); \\ Y(D, f) &= (0.5D - e \cos(N \cdot f)) \cdot \sin(f), \end{aligned} \quad (1)$$

где D – диаметр описанной окружности; f – угловой параметр; e – эксцентриситет профиля; N – количество лучей.

При заданных параметрах: $D = 50$ мм; $N = 5$; $e = 2,0$ мм и f изменяется с шагом 0,01, от 0 до 2π , рад. Профиль, описанный синусоидальной кривой, имеет вид, представленный на рисунке 3.

При увеличении эксцентриситета профиля до 4 мм, синусоидальная кривая примет вид, приведенный на рисунке 4.

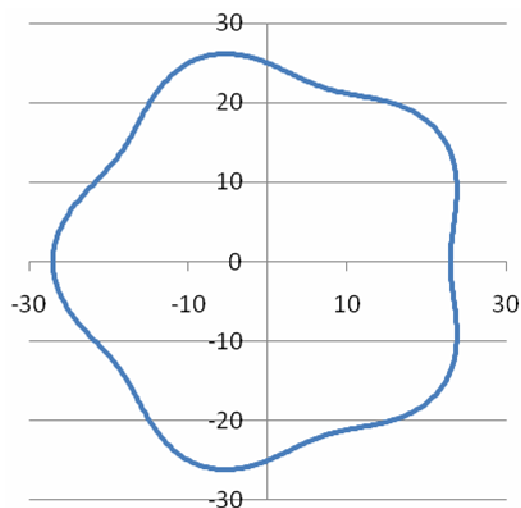


Рис. 3. Вид синусоидальной кривой с профилем отверстия с пятью лучами при $e = 2,0$ мм

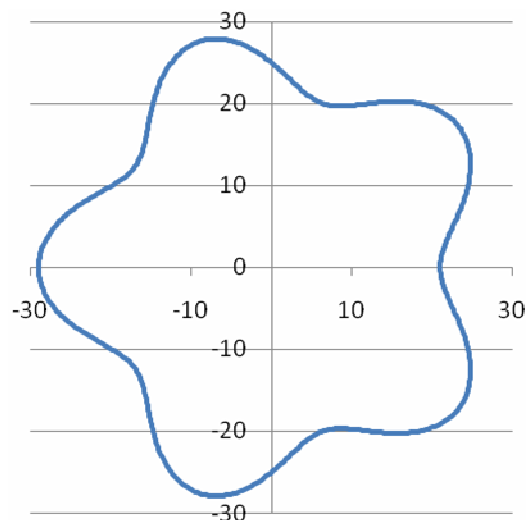


Рис. 4. Вид синусоидальной кривой с профилем отверстия с пятью лучами при $e = 4,0$ мм

Предварительные исследования данного вида профиля крепежных соединений показали их высокую прочность на смятие лучей до 4 раз при передаче значительных моментов затяжки при многократном отвинчивании и завинчивании в сравнении с известными решениями.

Опираясь на известные эксплуатационные преимущества моментопередающих профильных соединений изготовленных в виде равноосных и синусоидальных кривых [7], представляется возможным проведение дальнейших исследований по разработке методики расчета и аддитивных технологий изготовления отверстий в деталях крепежных соединений, с синусоидальным профилем лучей.

Список литературы

1. Рынок метизов (крепежных изделий) в России. Текущая ситуация и прогноз 2024-2028 гг.
2. Жарков И.Г. Вибрации при обработке лезвийным инструментом. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд.-ние, 1986. – 184 с.
3. ГОСТ Р 52643-2006 Болты и гайки высокопрочные и шайбы для металлических конструкций. Общие технические условия.
4. Hexalobular internal driving feature for bolts and screws [Electronic resource]. Access mode: https://willrich.com/wp-content/uploads/2017/11/ISO-10664_.pdf. – Date of access: 01.03.2024
5. Полторацкий С.Г., Шеменков В.М. Основные способы получения гранных отверстий в современном машиностроении // Менеджмент качества производственных, социально-экономических и технических систем: развитие и совершенствование. – Брянск: БГТУ, 2022. – 260 с.
6. Сахаров Г.Н., Ильиных В.А., Конюхов В.Ю. Совершенствование крепления в сборном режущем инструменте (статья) // Станки и инструменты. –1990. – №11. – С. 22-23.
7. Тимченко А.И. РК-профильные соединения и их применение в различных отраслях промышленности // СТИН. – 1993. – № 2. – С. 13-18.

Сведения об авторах:

Непомнящих Евгений Владимирович – старший преподаватель;
Ильиных Виктор Анатольевич – доцент.