

УДК 618.718.4

П.К. Сопин, доцент, канд. техн. наук*Севастопольский национальный технический университет**ул. Университетская 33, г. Севастополь, Украина, 99053**E-mail: victorius86@inbox.ru*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ РЕЖУЩЕЙ ЧАСТИ ПРОШИВКИ, ФОРМИРУЮЩЕЙ РАБОЧУЮ ЧАСТЬ ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ВИНТОВ С ОБЛОМАННОЙ ГОЛОВКОЙ

Актуальной задачей при хирургическом вмешательстве с использованием металлоконструкций является удаление остатков крепежных элементов с минимальной травматичностью. Рассмотрена геометрия прошивки для получения профиля инструмента для удаления винтов с обломанной головкой.

Ключевые слова: винт, инструмент, прошивка, стружечная канавка, режущая кромка

При лечении некоторых заболеваний опорно-двигательного аппарата человека оперативным путем для совмещения и фиксации костных отломков в медицинской практике используются различные металлоконструкции, например, специальные пластины. Крепление костных отломков с элементами металлоконструкций выполняется винтами диаметром 2,5...6,5 мм с полусферической головкой. Известны случаи, когда во время постановки пластин или при их извлечении после окончания лечения головки винтов обламываются, и для извлечения остатков винта требуется дополнительное хирургическое вмешательство с рассечением части кости.

С целью уменьшения травматичности требуемого хирургического вмешательства впервые предлагается использовать комбинированный инструмент для извлечения остатков винтов с обломанной головкой, рабочая часть которого показана на рисунке 1.

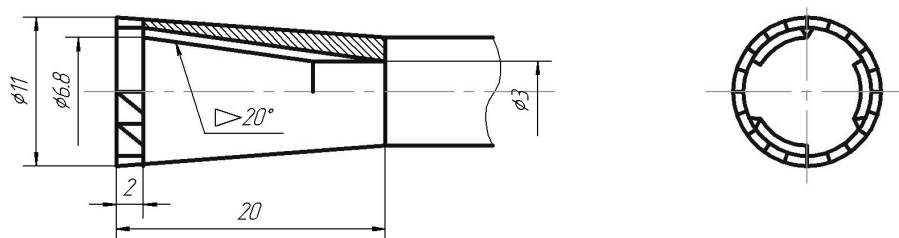


Рисунок 1 – Рабочая часть комбинированного инструмента

Комбинированный инструмент (далее – инструмент) представляет собой коническую втулку, передний конец которой выполнен как торцовая фреза. На внутренней конической поверхности втулки расположены клиновые выступы, имеющие левую навивку с углом подъема около 10 градусов. Такой инструмент позволит формировать кольцевое освобождение вокруг обломанного винта и, по мере проникновения в кость, клиновые выступы будут внедряться в витки винта. За счет конической поверхности этот процесс происходит до тех пор, пока усилие проворачивания инструмента в левом направлении не позволит обломку винта заклинить в инструменте. При дальнейшем вращении инструмента в левом направлении обломок винта будет выворачиваться из фрагмента кости.

Формирование торцовой режущей части инструмента может быть выполнено на заточных станках с применением дополнительных устройств.

Формирование же внутренней конической поверхности с клиновыми выступами, расположенными по спирали с левой навивкой, представляет определенные технологические сложности.

Предлагается для формирования такой поверхности использовать прошивку. Дальнейшие рассуждения связаны с винтом диаметром 6,5 мм. Таким образом, геометрия спиральной части винта выбрана следующая: наружный диаметр – 6,5 мм; диаметр тела винта – 4,5 мм; высота витка – $1^{+0,15}$ мм; угол при вершине – 40 град.

Произведем оценку количества клиновых выступов инструмента. Расчеты показали, что количество выступов должно быть более трех. Принято количество выступов равное шести. Такое увеличенное количество выступов позволит инструменту меньше внедряться в кость до наступления заклинивания. Оценка выполнена по условию смятия витков винта [1]:

$$\sigma_{см} = \frac{F}{S_{см}} \leq [\sigma_{см}],$$

где $\sigma_{см}$ – расчетное напряжение смятия, МПа; F – предполагаемое усилие, Н; $S_{см}$ – площадь смятия, мм²; $[\sigma_{см}]$ – допускаемое напряжение смятия для материала винта, МПа.

Практика показывает, что усилие выворачивания может составлять 50...80 Н. Винты изготавливают из нержавеющей стали 18ХН3А, разрешенной к применению в качестве имплантатов. Для этой стали $[\sigma_{см}] = 100...120$ МПа.

Предположим, что выступы инструмента, при наворачивании его на винт, внедрятся в первый виток на $\frac{1}{2}$ его высоты, т.е. на 0,5 мм. Тогда согласно расчетной схеме, представленной на рисунке 2, площадь смятия одним выступом $S'_{см}$ составит:

$$S'_{см} = (0,364 \cdot 0,5) / 2 = 0,091 \text{ мм}^2.$$

С учетом того, что предполагается на внутренней поверхности инструмента иметь шесть выступов, площадь смятия на первом витке винта составит: $S_{см} = S'_{см} \cdot 6 = 0,546 \text{ мм}^2$.

Расчетная величина напряжения смятия: $\sigma_{см} = \frac{70}{0,546} = 128,2 \text{ МПа}.$

Расчет показывает, что возникающие напряжения в витках винта, в местах контакта с выступами инструмента, близки к допускаемым. Однако, по характеру работы инструмента при наступлении смятия, выступы будут внедряться глубже, увеличивая тем самым площадь смятия, и, по мере перемещения инструмента вдоль его оси вглубь кости, могут достигать, при необходимости, второго витка винта. Тем самым выполняется условие смятия витка и обеспечено надежное его заклинивание в инструменте.

Некоторые технологические аспекты изготовления такого инструмента.

Традиционно втулки со сложным профилем внутренней поверхности, например шлицевые, получают протягиванием или прошиванием. Однако для описанного инструмента сложный профиль внутренней части должен быть получен на конической поверхности, что значительно усложняет задачу. Кроме этого, треугольные выступы должны иметь винтовую поверхность с левой навивкой для обеспечения выворачивания винта.

Из приведенных выше расчетов предполагается следующая геометрия внутренней поверхности инструмента: начальный диаметр конуса – 6,8 мм; высота треугольного выступа – 0,8 мм; угол при вершине выступа – 45°; направление витка выступа – левое; угол подъема витка выступа – 10°; конусность внутренней поверхности – 20°; длина рабочей части – ~11 мм; общая длина инструмента – 20 мм (рисунок 1).

Инструмент предполагается изготавливать из инструментальной стали 40Х с последующей термообработкой с достижением твердости 50...55 HRC. Исходная коническая поверхность инструмента может быть получена сверлением и развертыванием.

Для формирования винтовых выступов высотой 0,8 мм припуск на обработку составит 1,6 мм. Рабочая часть прошивки должна иметь коническую поверхность с конусностью 20°, шесть винтовых пазов с углом подъема витка 10°. Форма винтового паза показана на рисунке 3.

Исходные данные для расчета прошивки следующие: больший диаметр конической прошивки, $D = 6,8 + 1,6 = 8,4$ (мм); малый диаметр конической поверхности прошивки, $d = 2,9 + 1,6 = 4,5$ (мм); общая длина резания, $l_p = 20 - 8,82 \approx 11$ (мм); глубина канавки, $\delta = 0,8$ мм.

По рекомендациям Грановского Г.И. [2] припуск на одну секущую секцию зубьев протяжки не должен превышать 0,4 мм, поэтому для формирования внутренней части инструмента необходимо иметь три прошивки – черновую, полустистовую и чистовую, которые будут удалять соответствующие припуски 0,35; 0,3; 0,15 мм.

Определим размеры черновой прошивки: больший диаметр, $D_1 = 6,8 + 0,7 = 7,5$ (мм); малый диаметр, $d_1 = 2,9 + 0,7 = 3,6$ (мм); глубина канавки, $\delta_1 = 0,35$ мм; угол подъема витка выступа – 10°; угол при вершине канавки – 40°; длина режущей части прошивки – 11 мм.

Поскольку коническая прошивка будет работать не на проход, то ее перемещение вдоль оси заготовки должно выполняться с контролем глубины внедрения или до упора. Вершины зубьев прошивки располагаются на конической поверхности. Толщина среза для каждого зуба будет

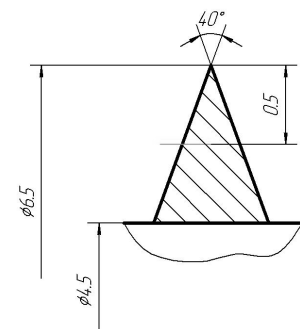


Рисунок 2 – Расчетная схема для определения площади смятия винта

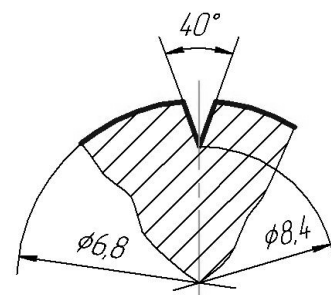


Рисунок 3 – Профиль винтовой канавки прошивки

переменной – от 0 до 0,35 мм. Длина резания l_p^1 первого и остальных зубьев по мере вхождения в контакт с заготовкой составит $l_p^1 = \frac{0,35}{\operatorname{tg} 10^\circ} = 1,985$ (мм).

Исходя из рекомендаций [2], форма зубьев прошивки показана на рисунке 4:

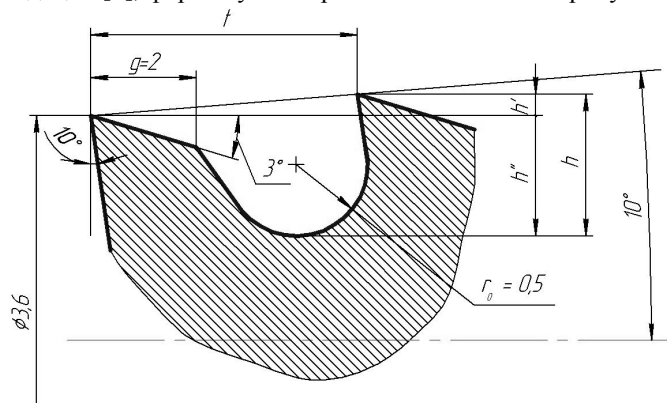


Рисунок 4 – Форма зубьев прошивки

При длине рабочей части прошивки 11 мм на ней можно сформировать 5 зубьев (см. рисунок 5).

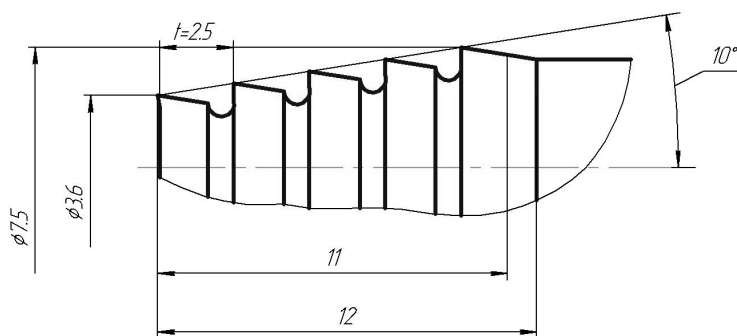


Рисунок 5 – Профиль рабочей части прошивки

Определим глубину стружечной канавки. Согласно рисунку 4 имеем: $h' = 2,5 \cdot \operatorname{tg} 10^\circ = 0,44$ (мм).

Если принять $h'' = 0,1$ мм, то $h = h' + h'' = 0,44 + 0,1 = 0,54$ (мм).

Проверим условие размещения стружки в стружечной канавке [2]:

$$r = \sqrt{\frac{\xi \zeta a l_p'}{\pi}} \leq r_0,$$

где $\xi = 3$; $\zeta = 0,5$ – коэффициенты для стали 40X; $a = 0,35$ мм – глубина канавки (величина припуска);

$l_p' = 1,985$ мм – длина резания; $r_0 = 0,5$ мм – радиус стружечной канавки; $r = \sqrt{\frac{3 \cdot 0,5 \cdot 0,35 \cdot 1,985}{3,14}} = 0,576$ (мм).

С учетом того, что фактическая глубина канавки больше на величину $h'' = 0,1$ мм, условие [2] выполняется. Произведем оценку усилия прошивания. По данным Ящерицына П.И. [3] сила прошивания

P_z может быть определена, как: $P_z = C_p a^X \sum_{i=1}^n (b_i z) \cdot K_v K_j K_{из} K_{созж}$, где $a = 0,35$ – величина удаляемого

припуска; $C_p = 169$; $X = 0,69$; $K_v = 1$; $K_j = 1,06$; $K_{из} = 1$; $K_{созж} = 0,89$ – коэффициенты; $\sum_{i=1}^n (b_i z)$ – суммарная ширина зубьев, участвующих в резании, $z = 5$.

Определяем длину режущей кромки зубьев b_i : $b_1 = \pi d_1 = 3,14 \cdot 3,6 = 11,31$ (мм);
 $b_2 = \pi d_2 = 3,14 \cdot 4,48 = 14,07$ (мм); $b_3 = \pi d_3 = 3,14 \cdot 5,36 = 16,84$ (мм); $b_4 = \pi d_4 = 3,14 \cdot 6,24 = 19,6$ (мм);
 $b_5 = \pi d_5 = 3,14 \cdot 7,12 = 22,37$ (мм); $\sum_{i=1}^n (b_i z) = 84,19$ (мм).

Усилия прошивания равно:

$$p_z = 169 \cdot 0,35^{0,69} \cdot 84,19 \cdot 1,06 \cdot 0,89 = 65050 \text{ (Н)}.$$

Усилия прошивания может быть снижено, если работать черновой прошивкой не за один проход, а за несколько проходов.

Геометрия получистовой и чистовой прошивки.

1. Получистовая прошивка: большой диаметр, $D_2 = 7,5 + 0,6 = 8,1$ (мм); малый диаметр, $d_2 = 3,6 + 0,6 = 4,2$ (мм); глубина канавки, $\delta_2 = 0,3 + 0,35 = 0,65$ (мм); угол подъема канавки – 10° ; угол при вершине канавки – 40° ; длина режущей части прошивки – 11 мм.

2. Чистовая прошивка: большой диаметр, $D_3 = 8,1 + 0,3 = 8,4$ (мм); малый диаметр, $d_3 = 4,2 + 0,3 = 4,5$ (мм); глубина канавки, $\delta_3 = 0,15 + 0,65 = 0,8$ (мм); угол подъема канавки – 10° ; угол при вершине канавки – 40° ; длина режущей части прошивки – 11 мм.

Для формирования клинового выступа инструмента, расположенного на винтовой поверхности, необходимо обеспечить сочетание двух движений – прошивку и поворот прошивки вокруг оси. Согласование этих движений может быть достигнуто применением копира. Кинематическая схема такого процесса показана на рисунке 6.

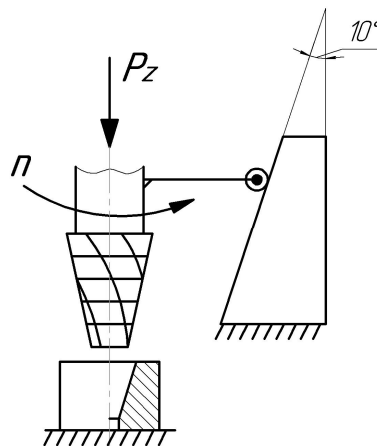


Рисунок 5 – Профиль рабочей части прошивки

Для формирования внутренней части малоинвазивного инструмента для извлечения винтов с обломанной головкой были определены параметры режущего инструмента типа прошивка. Профиль инструмента предполагается получить набором из трех прошивок: черновой, получистовой и чистовой.

В силу актуальности задачи и новизны ее решения предполагается изготовление опытного образца, его клинических испытаний и проведение дальнейших исследований по оптимизации геометрии рабочей части инструментов.

Библиографический список

1. Курсовое проектирование деталей машин: Учебно-справочное пособие / Г.М. Ицкович [и др.]. — 4-е изд. — М.: Машиностроение, 1964. — 595 с.
2. Грановский Г.И. Резание металлов: Учебник для машиностр. и приборостр. спец. вузов / Г.И. Грановский, В.Г. Грановский. — М.: Высш. шк., 1985. — 304 с.
3. Ящерицын П.И. Основы резания материалов и режущий инструмент/ П.И. Ящерицын, М.Л. Еременко, Н.И. Жигалко. — 2-е изд., доп. и перераб. — Минск: Вышэйш. шк., 1981. — 560 с.

Поступила в редакцию 31.03.2010 г.