

С.А. Чевычелов, канд. техн. наук, В.В. Сидорова, Курск, Россия

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ПРОТЯЖНОГО ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ ОБРАБОТКИ ГРАННЫХ ОТВЕРСТИЙ

В роботі представлені результати дослідження напруги ріжучих зубів протяжки для отримання гранних отворів, що виникають в процесі різання при різних подачах на зуб, а також вплив зміни переднього кута γ і подачі на зуб на максимальні напруги зуба протяжки.

В работе представлены результаты исследования напряжений режущих зубьев протяжки для получения гранных отверстий, возникающих в процессе резания при различных подачах на зуб, а также влияние изменения переднего угла γ и подачи на зуб S_z на максимальные напряжения зуба протяжки σ .

The results of stress analysis of cutting teeth pulling to get sided holes arising in the process of cutting at different feed rates per tooth, and the impact of changes in the forward angle γ and the feed per tooth for a tooth pulling the maximum voltage.

Использование высокопроизводительных технологических процессов и применение современных конструкций режущих инструментов приводит к увеличению объема производства и качества продукции. Одним из таких процессов, которым обеспечивается стабильное получение точности в диапазоне от 11-го до 6-го квалитетов и шероховатость поверхности до Ra 1,25-0,32 мкм является протягивание. При этом протяжка является сложным и дорогостоящим режущим инструментом, конструктивные решения режущей и калибрующей частей которой напрямую влияют на качество получаемой поверхности.

В связи с многообразием профилей обрабатываемых поверхностей, вариантов конструкции режущей части и схем срезания припуска, общие рекомендации по проектированию данного инструмента не всегда являются рациональными. В настоящее время, опираясь на системы автоматизированных инженерных расчетов, актуальной задачей является исследование вариантов конструкторских решений на стадии проектирования, учитывая конкретные условия производства.

Для передачи вращающего момента в буровых установках необходима разработка протяжного инструмента, который позволил бы сформировать требуемый гранный профиль поверхности на валу-шестерне, рисунок 1.

Исходными данными для проектирования являются: материал заготовки сталь 40Х (ГОСТ 4543-71), материал протяжки быстрорежущая сталь Р18 (ГОСТ 19265-73); диаметр предварительно обработанного отверстия $D_0 = 72H9^{(+0,06)}$ мм; диаметр отверстия, получаемого протягиванием $D = 80H9^{(+0,074)}$ мм; длина отверстия, получаемого протягиванием $L = 300$ (285)

мм; длина протягиваемой поверхности $L_{np} = 170$ мм; качество отверстия в заготовке – Н9; шероховатость протянутой поверхности (плоские участки) Ra 5 мкм; номинальная тяговая сила протяжного станка $P_c = 204000$ Н.

На основании анализа заготовки, поступающей на протяжную операцию, наиболее рациональным является использование одинарной генераторно-профильной схемы снятия припуска. Согласно рекомендациям [1] в соответствии с группой обрабатываемости (II-ой группой обрабатываемости) и группой качества протягиваемой поверхности (3-ей группой качества), назначаем скорость резания $v = 9,6$ м/мин и подъем на зуб черновых ($S_z = 0,12$ мм), передний угол ($\gamma = 15^\circ$), задний угол ($\alpha = 3^\circ$).

По полученным значениям строим трехмерную модель двухпроходной протяжки, рисунок 2.

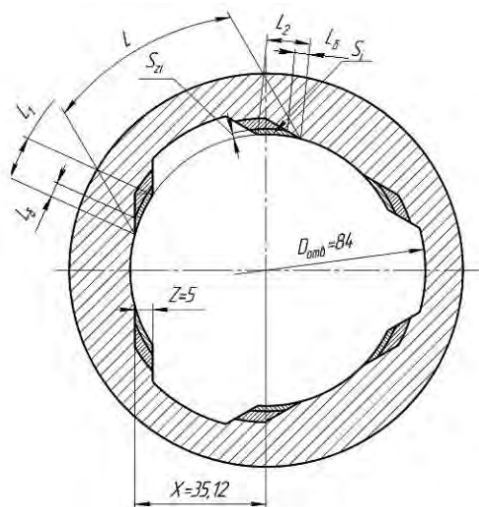


Рисунок 1 – Профиль обрабатываемой поверхности

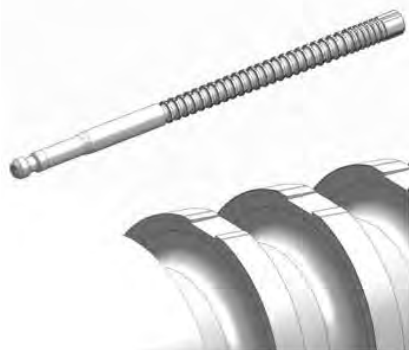


Рисунок 2 – Трехмерная модель протяжки

Для исследования влияния изменения конструктивных параметров полученной модели протяжки на напряженно-деформированное состояние (НДС) необходимо предварительно исследовать ее с целью определения статических узловых напряжений, которые не должны превышать допустимое напряжение при изгибе для быстрорежущей стали Р18, составляющее $[\sigma_{\text{н}}] = 2900$ МПа. На основании этих исследований будет приниматься решение о назначении конкретных значений геометрических параметров протяжки.

Основными факторами, влияющими на напряженно-деформированное состояние протяжки являются подача на зуб S_z и передний угол γ . Исследование проводилось в интервале значений этих параметров $0,01 < S_z < 0,4$ и $5 < \gamma < 25$.

На основании проведенного исследования построены графики влияния изменения максимальных напряжений, возникающих в зубе протяжки, при различных значениях подачи на зуб и переднего угла (рис.3). В выбранном диапазоне при малых значениях переднего угла увеличение подачи на зуб приводит к уменьшению максимальных напряжений, а при больших значениях γ увеличение S_z ведет к увеличению максимальных напряжений, что объясняется ослаблением режущего клина.

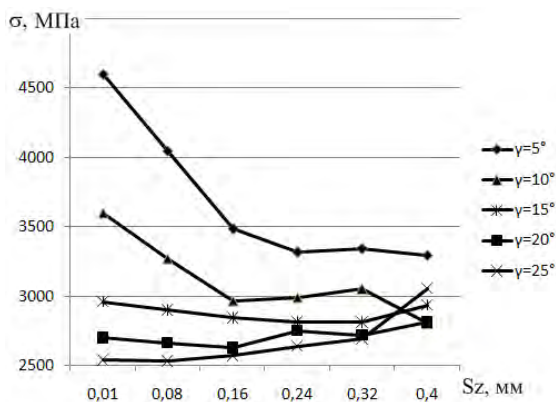


Рисунок 3 – Графики влияния изменения переднего угла γ и подачи на зуб на максимальные напряжения зуба протяжки σ

Как видно из графика, протяжка, спроектированная по стандартной методике, имеет максимальное значение напряжений $\sigma = 2876$ МПа, что практически равняется $[\sigma_{\text{н}}]$. В то же время при выбранном переднем угле $\gamma = 15^\circ$ увеличение подачи на зуб ведет к уменьшению максимальных напряжений, которые достигают своего минимума $\sigma = 2800$ МПа при $S_z = 0,27$ мм. При этом анализ напряжений вдоль режущей кромки показывает (рис.4), что при увеличении подъема на зуб с $S_z = 0,03$ мм до $S_z = 0,2$ мм, напряжения умень-

шаются на 22% с 2800 МПа до 2200 МПа, что увеличивает коэффициент запаса прочности [2]. Однако при $S_z = 0,2$ мм возникает пик напряжения (2797 МПа) на боковой режущей кромке зуба $L_{\delta} = 0,85$ мм, это объясняется тем, что на этом участке величина подачи на зуб S_z уменьшается с 0,2 мм до 0 мм.

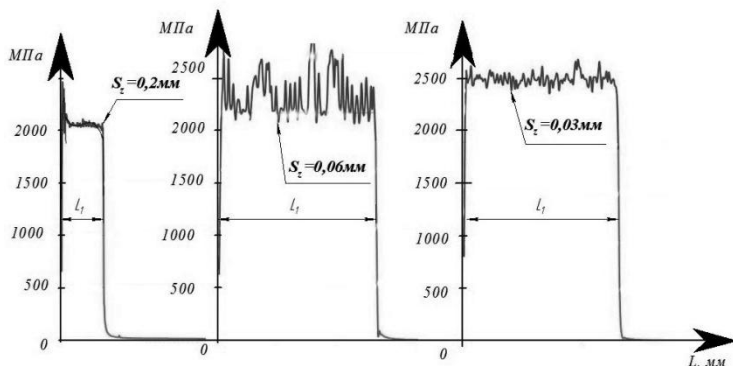


Рисунок 4 – Графики распределения напряжений режущей кромки зуба протяжки при различных S_z

Таким образом, при проектировании протяжек возникает необходимость в исследовании полученной трехмерной модели средствами автоматизированных инженерных расчетов. В приведенном примере выявлено, что назначение переднего угла $\gamma < 15^\circ$ ведет к увеличению максимальных напряжений, которые значительно превышают допустимые. Из рисунка 3 видно, что минимальные значения напряжений возникают при больших передних углах и малых подачах на зуб, однако это ведет к увеличению затрат на инструмент, так как для обработки детали потребуется изготовление трехпроходной протяжки. В то же время анализ напряжений вдоль режущей кромки зуба показывает наличие концентратора напряжений на участке l_{δ} . Таким образом, изменением конструкции режущих зубьев и схемы срезания припуска необходимо вначале избавиться от концентратора напряжений, а затем выбрать рациональные значения S_z и γ . В итоге удалось спроектировать однопроходную протяжку, которая позволяет на заданном оборудовании получить требуемое качество поверхности, при этом максимальные напряжения режущих зубьев составили $\sigma = 2129$ МПа.

Список использованных источников: 1. Маргулис Д.К. Протяжки для обработки отверстий. М.: Машиностроение, 1986. 232 с.; 2. Сидорова В.В., Селезнев Ю.Н., Чевычелов С.А. ЮЗГУ: Современные материалы, техника и технология. Материалы Международной научно-практической конференции. 2011. С. 364-367.

Поступила в редколлегию 15.06.2012