

УДК 621.941.01

**ПОИСК ОПТИМАЛЬНОГО ПЕРЕДНЕГО УГЛА У ОТРЕЗНЫХ
РЕЗЦОВ ИЗ БЫСТРОРЕЖУЩЕЙ P18 ПРИ ТОЧЕНИИ
ЗАГОТОВОК ИЗ СТАЛИ 45.**

Тиморин В.В., инженер-технолог АО «Кемеровский механический завод», студент гр. МСм-241, II курс

Кулебакин Э.А., инженер АО «Сибирский инженерно-аналитический центр», г. Кемерово, студент гр. МСм-241, II курс

Елкин В.И., инженер-технолог ООО «ГидроМашСервис» г. Кемерово, студент гр. МСм-241, II курс

Научный руководитель: Коротков В. А., к.т.н., доцент
Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева,
г. Кемерово.

Целью проведенного исследования является установление оптимального переднего угла у отрезных резцов из быстрорежущей стали (марки P18 твердостью 60 HRC) при отрезном точении конструкционной стали (Стали 45) в состоянии поставки. Исследования проведены численными методами с использованием стандартной методики подсчета составляющих силы резания P_z и P_y [1-4] для резцов с различными величинами передних углов (-10° ; 0° ; 5° ; 10° ; 15° ; 20° ; 25° ; 30° ; 40°) и методики определения максимальных напряжений в 3D-моделях резцов от воздействия составляющих силы резания методом конечных элементов.

Как показывают многочисленные исследования зависимостей величин составляющих силы резания от переднего угла режущих инструментов, они выражаются через линейные или близкие к ним математические модели через изменение коэффициентов K_γ [1, 2]. Величины этих коэффициентов для различных составляющих силы резания и построенные на их основе зависимости K_γ от величин передних углов γ были использованы при расчёте составляющих силы резания P_z и P_y . Расчет производился для следующих режимов резания. Моделировалось отрезное точение заготовок диаметром 40 мм при скорости резания 25,12 м/мин (частоте вращения шпинделя 200 об/мин) и поперечной подаче $S=0,07$ мм/об. Глубина резания соответствовала ширине главной режущей кромки отрезных резцов и составляла 3 мм. Задний угол резцов во всех случаях составлял $\alpha=13^\circ$. Полученные результаты расчётов составляющих силы резания P_z и P_y у отрезных резцов в зависимости от величины переднего угла γ представлены на рис. 1. Результаты показывают, что с увеличением переднего угла у резцов составляющие силы резания существенно снижаются. Так, при переходе от $\gamma=-10^\circ$ к $\gamma=+30^\circ$ составляющая P_z снижается в 1,8 раза, а составляющая P_y уменьшается в 8 раз, что непосредственным образом отражается на величинах максимальных напряжений в режущем клине резцов.

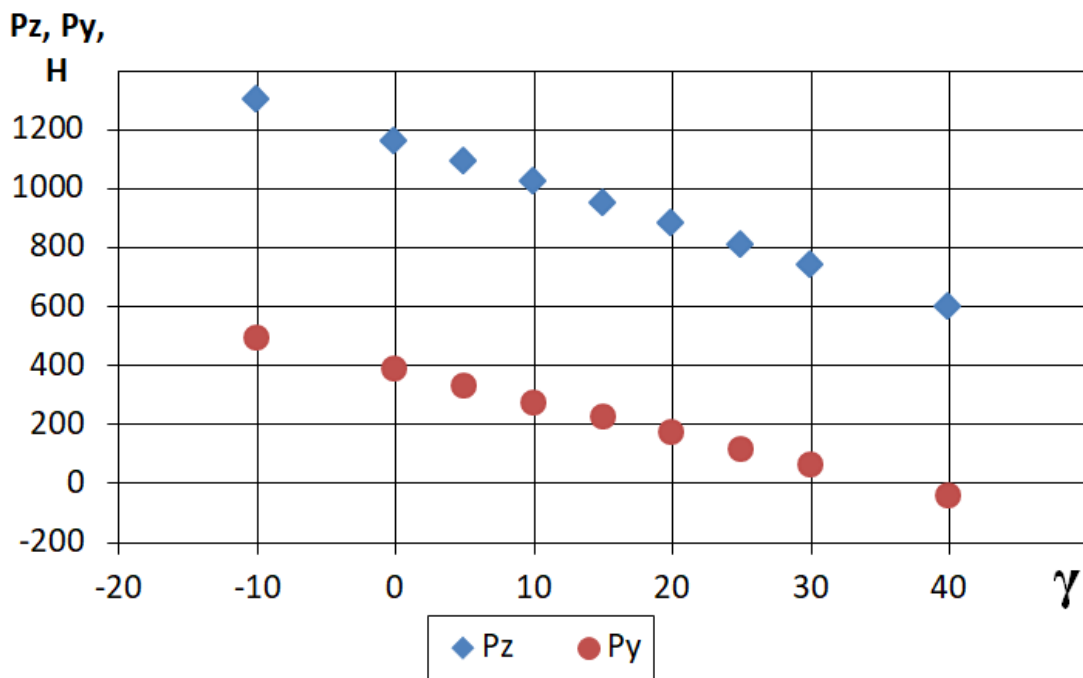


Рис. 1. Составляющие силы резания P_z и P_y у отрезных резцов из стали P18 в зависимости от величины переднего угла γ при точении заготовок из стали 45

При этом, с увеличением переднего угла толщина режущего клина существенно снижается, что отрицательным образом сказывается на его прочности. В связи с этим, для нахождения оптимального переднего угла у резцов требуется изготовить и произвести стойкостные испытания инструментов с соответствующими величинами передних углов γ , что весьма трудоемко. Другой подход заключается в использовании расчетного метода конечных элементов, где с помощью специальных программ (SolidWorks, Ansis и др.) трехмерные модели резцов нагружаются измеренными или рассчитанными величинами составляющих силы резания и определяются максимальные значения возникающих в них напряжений. Оптимальной будет считаться модель с таким значением переднего угла γ , где максимальные напряжения будут являться наименьшими среди сравниваемых моделей, поскольку величины этих напряжений напрямую влияют на условия работы и стойкость инструмента. Именно такой подход и был применен в представленной работе.

Дополнительный анализ результатов расчета составляющих силы резания P_z и P_y (рис. 1) показывает, что при γ близком к 40° составляющая P_y переходит в область отрицательных значений, что, как показывает практика, действительно бывает на некоторых типах инструментов при близких значениях передних углов [5]. Такой переход приводит к явлению подачи самозатягиванием. Например, при рассверливании отверстий спиральными сверлами и при ротационном точении, что при ненадежном креплении инструмента и наличии зазоров в механизмах подачи станков может приводить к вибрациям и поломкам инструментов.

Построение моделей отрезных резцов и прочностные расчеты методом конечных элементов проводились в программном комплексе «КОМПАС-2023» в специальном расчетном блоке «АРМ FEM». Модели резцов строились в натуральную величину, нагружались составляющими P_z и P_y , указывалась поверхность закрепления. Модели условно разбивались на конечные элементы сеткой, после чего производились прочностные расчеты и определялись максимальные величины напряжений в моделях резцов от действующих нагрузок (рис. 2).

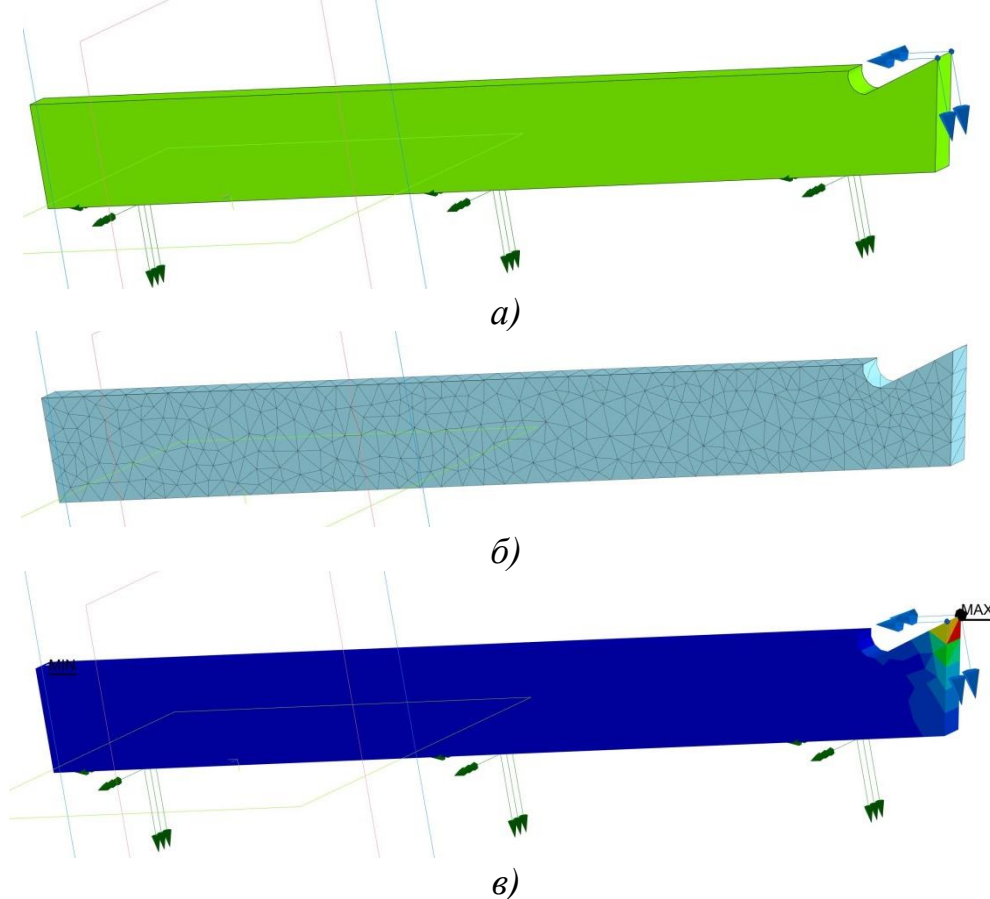


Рис. 2. Модель отрезного резца с передним углом $\gamma=20^\circ$: с приложенными составляющими P_z и P_y (а), с сеткой конечных элементов (б) и картиной напряжений после прочностного расчета (в).

Результаты расчетов максимальных напряжений в моделях отрезных резцов с различными значениями передних углов представлены на рис. 3. По результатам моделирования и расчетов методом конечных элементов установлено, что среди сравниваемых вариантов отрезных резцов с различными значениями передних углов γ (-10° ; 0° ; 5° ; 10° ; 15° ; 20° ; 25° ; 30° ; 40°) оптимальным передним углом является $\gamma=20^\circ$. При γ меньше 20° , как составляющие силы резания, так и максимальное напряжение в инструментах существенно растут. При γ больше 20° составляющие силы резания уменьшаться, но физически режущий клин становится существенно тоньше (угол заострения β уменьшается) и максимальное напряжение в нём возрастают.

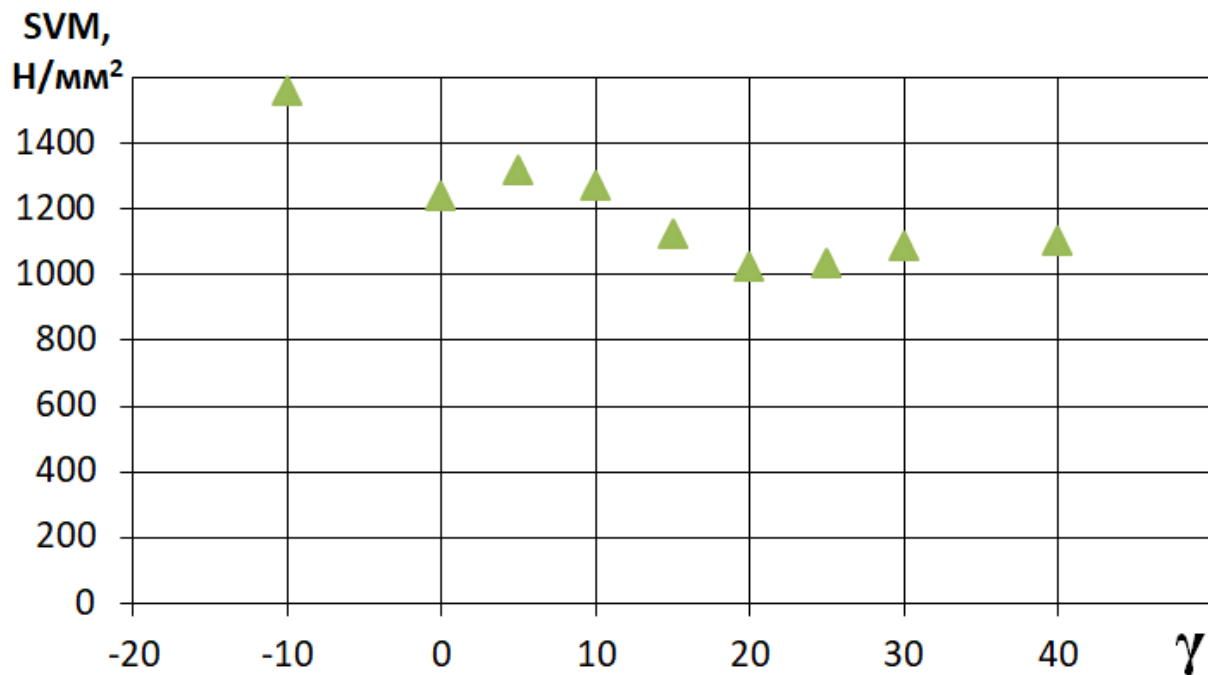


Рис. 3. Результаты расчетов максимальных напряжений в моделях отрезных резцов с различными значениями передних углов

Таким образом, резец с наименьшим возникающими максимальными напряжением будет работать в менее нагруженных условиях, изнашиваться медленнее и обладать наибольшей стойкостью. Для случая отрезных резцов из быстрорежущей стали P18 при отрезном точении заготовок из конструкционной стали (сталь 45) оптимальный передний угол составил $\gamma=20^\circ$.

Результаты наших расчетов и моделирования довольно близко согласуются с результатами экспериментальных данных по определению оптимальных передних углов при точении различных материалов резцами из разных инструментальных материалов [3], где показано, что при точении конструкционных сталей резцами из быстрорежущих сталей оптимальный передний угол составляет порядка $\gamma=18^\circ$.

При проведении исследований дополнительно было установлено, что размеры и форма конечных элементов весьма существенно влияют на абсолютные значения расчетных значений максимальных напряжений при сохранении качественной картины их распределения между моделями с различными величинами передних углов. Поэтому вспомогательной, но важной задачей при проведении исследования было установить, какие размеры конечного элемента следует брать при моделировании в расчетном блоке APM FEM при прочностных расчетах по сталям. Для этого на установке для определения прочности на растяжении-сжатии модели МСМ в лабораторных условиях кафедры «Металлорежущие станки и инструменты» КузГТУ было проведено испытание на растяжение образцов из стали 30 с диаметром шейки 5 мм (рис. 4).



Рис. 4. Установка модели МСМ примененная при проведение испытаний на растяжение

Было установлено усилие разрушение образцов и через диаметр шейки определен их фактический предел прочности на растяжении ($\sigma_b=535 \text{ Н/мм}^2$). После этого было проведено моделирование в блоке APF FEM программного комплекса «Компас-2023» методом конечных элементов с различными разновидностями форм и размерами конечных элементов. К трехмерной модели образца прикладывалось фактическое растягивающее усилие разрушения и определялись величины максимальных напряжений (рис. 5).

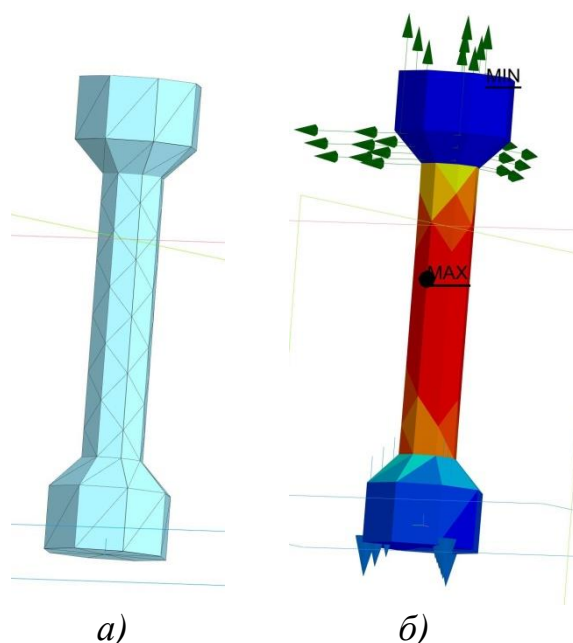


Рис. 5. Модель образца для испытание на растяжение с сеткой конечных элементов (а) и картиной напряжений после прочностного расчета (б).

Результаты исследований показали, что при моделировании напряжений в образцах из стали целесообразно использовать в качестве формы конечных элементов 4-х узловые тетраэдры с максимальной и минимальными величинами элементов, предлагаемыми по умолчанию автоматическими настройками программы (в данном случае максимальный размер элементов составил 5 мм и минимальный размер – 0,05 мм). При указанных настройках APF FEM разница расчетного значения максимальных напряжений с фактическим пределом прочности образцов на растяжения составила 2%.

Таким образом, использованные расчетные методики и программное обеспечение продемонстрировали работоспособность и пригодность для определения оптимальной геометрии лезвийных инструментов численными методами без проведения или с минимальным проведением физических экспериментов.

Список литературы

1. Справочник технолога-машиностроителя : Т. 2 / А. М. Дальский, А. Г. Косилова, Р. К. Мещеряков, А. Г. Суслов. - Москва : Машиностроение-1, 2003.
2. Марков, В. В. Расчёт режимов резания. Курсовое и дипломное проектирование по технологии машиностроения : учебное пособие / В. В. Марков, А. В. Сметанников, П. И. Кискеев [и др.]. – Москва, Вологда : Инфра-Инженерия, 2023. – 136 с.
3. Грановский, Г. И. Резание металлов / Г. И. Грановский, В. Г. Грановский. - Москва : Высш. шк., 1985. - 304 с.
4. Расчет режимов резания. Учебное пособие / Безъязычный В. Ф., Аверьянов И. Н., Кордюков А. В. – Рыбинск: РГАТА, 2009. – 185 с.
5. Кожевников, Д. В. Резание материалов / Д. В. Кожевников, С. В. Кирсанов; под общ. ред. С. В. Кирсанова. - Москва : Машиностроение, 2012. - 303 с.