

2. РФ № 2006109703/28, 28.03.2006. Устройство для измерения температуры в виде термоэлектрического преобразователя // Патент России № 2299408. 2007. Бюл. №14./ Каржавин А.В., Каржавин В.А., Богатов В.В., Белевцев А.В..
3. ГОСТ 6616-94. Преобразователи термоэлектрические. Общие технические условия. Дата введения 01.01.1999. -М.: ИПК Издательство стандартов, 1998.
4. Дмитриева В.Ф., Прокофьев В.Л. Основы физики. -М.: Высш.шк., 2001. -527 с.

Ю Цзяньюй, Ци Мэнсюй, Чэнь Юэчжоу, Козлов Виктор Николаевич
Томский политехнический университет, г. Томск
Научный руководитель: Козлов Виктор Николаевич, к.т.н., доцент

ПРОЧНОСТЬ СМЕННЫХ МНОГОГРАННЫХ ПЛАСТИН ПРИ ОБРАБОТКЕ СТАЛИ

Сменные многогранные пластины (СМП) широко используются при металлообработке благодаря нескольким режущим кромкам, которые увеличивают срок службы режущей пластине и уменьшение себестоимости обработки.



Рис. 1. Торцовая фреза с пятигранными пластинами

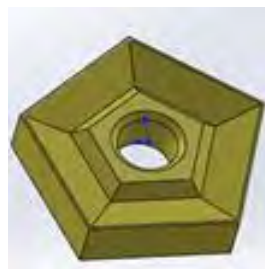


Рис. 2. Пятигранная сменная режущая пластина

Надёжность работы СМП определяется её гарантированной стойкостью при рациональных режимах резания. В свою очередь стойкость зависит не только от интенсивности износа (сравнительно медленного изменения первоначальной геометрии), но и от хрупкого разрушения, когда происходит одномоментное (очень быстрое) изменение геометрии. Для предотвращения выкрашивания режущей кромки (удаления небольших объёмов режущего материала на режущей кромке) или скола

(удаления больших объёмов режущего материала) необходим расчёт СМП или режущего клина на прочность.

Прочность оценивается коэффициентом запаса прочности, т.е. отношением предела прочности инструментального материала при рабочей температуре к величине действующих наибольших напряжений. Чаще всего учитывается предел прочности инструментального материала на изгиб (σ пред, МПа), но иногда на растяжение (σ , МПа) или сжатие (σ -в, МПа), если в опасной области действуют только напряжения растяжения или сжатия [1, 2, 3].

Для расчёта напряжений в СМП необходимо знать физические составляющие силы резания (H): нормальную силу к передней поверхности N_p и касательную силу к передней поверхности F_p , которые измеряются в главной секущей плоскости режущего клина. Экспериментально силы резания измеряются динамометром, при этом измеряются технологические составляющие силы резания: тангенциальная составляющая P_z , направленная вертикально вниз при токарной обработке; радиальная составляющая P_y , направленная от оси вращения заготовки в сторону оператора в основной плоскости (т.е. горизонтально); осевая составляющая P_x , направленная вдоль оси вращения заготовки от шпинделя в основной плоскости.



Рис. 3. Динамометр токарный трёхкомпонентный конструкции В.Н. Сбоева и В.В. Брюхова (ТПИ)

Для измерения технологических составляющих силы резания используются динамометры (рис. 3). Указанный на рисунке динамометр называется трёхкомпонентным потому, что можно измерить три составляющие (компоненты) силы резания – P_z , P_y и P_x .

Динамометр состоит из чувствительных упругих элементов, которые упруго деформируются от действующей на них силы резания. На упругие элементы наклеиваются тензометрические датчики. У тензорезистивных датчиков его длина изменяется при деформации контактных поверхностей упругих элементов, на которые эти датчики наклеены, что приводит к изменению сопротивления, а значит и к изменению силы то-

ка или напряжения. Эти весьма малые изменения силы тока или напряжения усиливаются усилителем и подаются на регистрирующие приборы.

При расчёте державки токарного резца можно оперировать (использовать) сосредоточенной нагрузкой, действующей на инструмент. Однако для оценки напряжённо-деформированного состояния (НДС) режущей пластины резца гораздо большее значение имеет распределение контактных нагрузок на рабочих поверхностях инструмента.

Контактных нагрузки на рабочих поверхностях инструмента могут быть измерены тремя методами: поляризационно-оптическим, интерференционным и методом разрезного резца. Каждый из этих методов имеет свои достоинства и недостатки, но более информативным и универсальным является последний [1, 2, 3]. Для расчётов НДС наибольшее распространение получили численные методы, особенно метод конечных элементов. Это связано и с большей точностью расчёта, и с наличием готовых универсальных программ для его реализации.

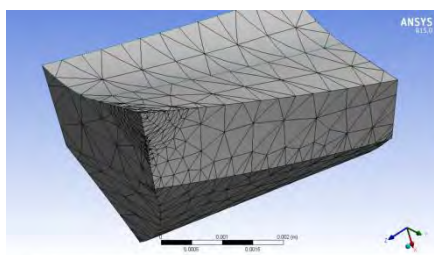


Рис. 3. Разбивка режущего клина на треугольные элементы для расчёта НДС

Сущность метода конечных элементов (МКЭ) заключается в том, что рассматриваемая область разбивается на большое число отдельных элементов простой геометрической формы, связанных в узловых точках налагаемыми связями. Каждому элементу предписываются конкретные свойства, неизменные внутри каждого элемента. На узлы, являющимися общими для выделенного элемента и остальным телом инструмента, налагаются необходимые связи. К элементам рабочих поверхностей прикладываются контактные нагрузки, после чего определяются деформации и напряжения в каждом элементе [3].

Режущий клин разбивается на прямоугольные и треугольные элементы (в зависимости от геометрии режущего клина). Чем их больше, тем выше точность расчётов, поэтому их обычно 500...1000 штук. При слишком большом числе элементов возрастает трудоёмкость описания исходных данных, время счета и вероятность сбоя компьютера. В то же

время размеры элементов должны быть достаточно малы с целью увеличения точности расчета и разрешающей способности.

Поэтому при использовании компьютера небольшой мощности может выполняться расчёт всей СМП при делении её модели на крупные элементы, и отдельно только небольшой области (3-6 мм) режущего клина вблизи режущей кромки для более детального анализа НДС. В последнем случае допускается, что за пределами этой ограниченной зоны деформаций режущего материала нет, т.е. далее идёт абсолютно жёсткое тело, поэтому нет необходимости увеличивать размеры исследуемой области. Это допущение при создании модели приводит к увеличению напряжений в режущем клине.

На переднюю поверхность неизношенного инструмента прикладываются внешние нагрузки в виде эпюр нормальных σ_N и касательных τ_F контактных напряжений на участке длиной c_y (длина контакта стружки с передней поверхностью) и шириной b_y (ширина контакта стружки с передней поверхностью) (рис. 4) [4].

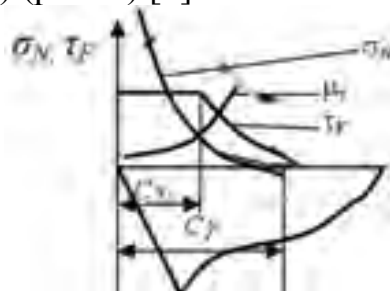
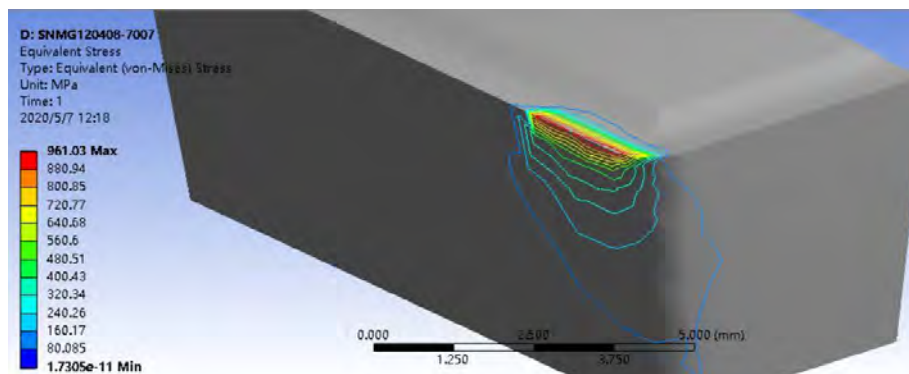
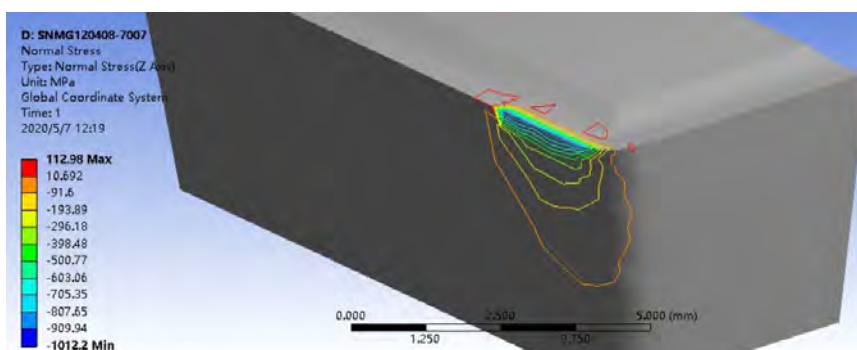


Рис. 4. Распределение нормальных σ_N и касательных τ_F контактных напряжений на передней поверхности при переднем угле $\gamma = 0^\circ$

Расчёты НДС выполнялись с использованием программного обеспечения ANSYS. Расчёты показали, что при увеличении подачи s с 0,05 мм/об до 0,52 мм/об наибольшие внутренние напряжения увеличиваются почти в 1,5 раза и приближаются к предельно допустимым на изгиб (рис. 5 и 6).



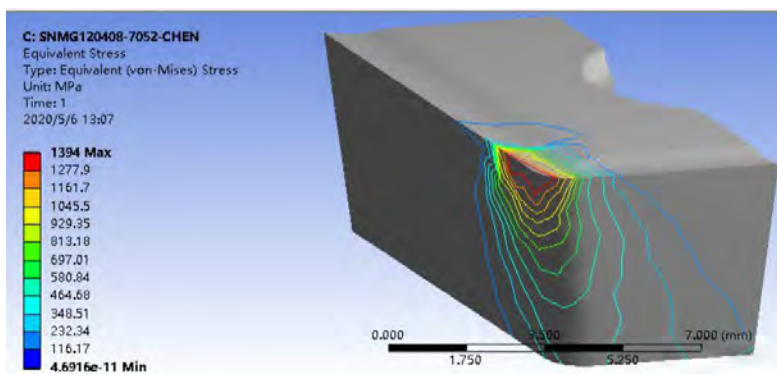
a



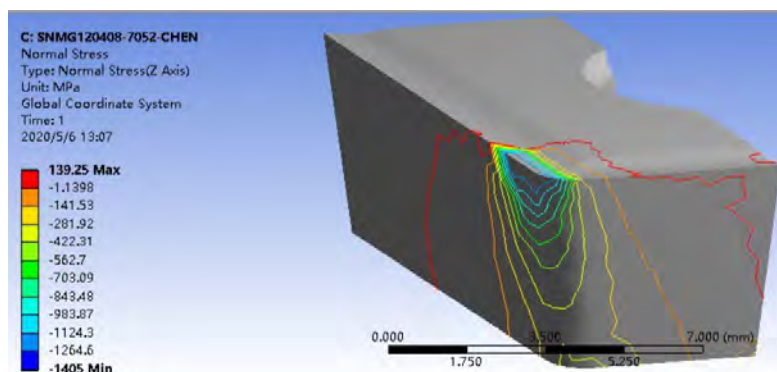
б

Рис. 5. Распределение эквивалентных напряжений $\sigma_{\text{экв}}$ (а) и нормальных σ_z (б) напряжений (МПа) в СМП с передним углом $\gamma = 7^\circ$. Сталь 40Х – Т15К6, $v = 120$ м/мин, $t = 1,9$ мм, $s = 0,07$ мм/об. $\sigma_{\text{экв max}} = 961$ МПа; $\sigma_z \text{ max} = -1012$ МПа

Для повышения работоспособности СМП в настоящее время практически всегда используются износостойкие покрытия. Тонкие покрытия позволяют создавать новые композиционные инструментальные материалы, характеризующиеся высокой прочностью в сочетании с высокой износостойкостью. В настоящее время известно много вариантов покрытий, различающихся по составу (карбиды, нитриды и карбонитриды титана, карбиды и нитриды молибдена, циркония, гафния, ванадия, ниобия окись алюминия и др.), количеству и толщине слоев, по технология нанесения покрытий [4].



а



б

Рис. 6. Распределение эквивалентных напряжений $\sigma_{\text{э}}$ (а) и нормальных σ_z (б) напряжений (МПа) в СМП с передним углом $\gamma = 7^\circ$. Сталь 40Х – Т15К6, $v = 120$ м/мин, $t = 1,9$ мм, $s = 0,52$ мм/об. $\sigma_{\text{экв max}} = 1\,394$ МПа; $\sigma_z \text{ max} = -1405$ МПа

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Трибология резания / В. Н. Латышев ; М-во образования и науки Российской Федерации, Федеральное агентство по образованию, ГОУ ВПО "Ивановский гос. ун-т". - Иваново : Ивановский гос. ун-т, 2009-. - 24 с.
2. Kozlov V. N., Zhang J., Zhang J., Guo Y., Sabavath S. K. Research of Contact Stresses Distribution on Plunge-Cutting into a Steel Workpiece [Electronic resource] / V. N. Kozlov [et al.] // Key Engineering Materials : Scientific Journal. — 2018. — Vol. 769 : High Technology: Research and Applications (HTRA 2017). — [284-289].
3. Кожевников Д. В., Гречишников В. Л., Кирсанов С. В., Кокарев В. И., Схиртладзе А. Г. Режущий инструмент: Учебник для вузов / Под редакцией С. В. Кирсанова. - 2-е изд. доп. М.: Машиностроение, 2005. - 528 с: ил.
4. Зубарев Ю. М. Современные инструментальные материалы: Учебник. СПб.: Издательство «Лань», 2008. — 224 с.: ил. — (Учебники для вузов. Специальная литература).