

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ НА ТЕМПЕРАТУРУ ПРИ ФРЕЗЕРОВАНИИ ЗАГОТОВОК ИЗ ТРУДНООБРАБАТЫВАЕМЫХ МАТЕРИАЛОВ

© 2011 В. Н. Трусов, Д. Л. Скуратов, О. И. Законов, В. В. Шикин

Самарский государственный технический университет

Проведен анализ тепловых процессов в зоне резания при фрезеровании методом конечных элементов, получены картины распределения тепловых потоков и значения температуры обработанной поверхности для различных материалов и режимов резания.

Температура резания, фрезерование, высокоскоростная обработка, распределение тепловых потоков, аналитический расчет, метод конечных элементов.

В современном авиадвигателестроении при производстве деталей предъявляются повышенные требования как к производительности, так и к точности и качеству сформированных поверхностей. При фрезеровании в наибольшей степени этим требованиям удовлетворяет высокоскоростное резание. Этот процесс благодаря высоким скоростям относительного перемещения инструмента и заготовки, а также малым силовым нагрузкам в зоне их контакта, позволяет перераспределить тепловые потоки между заготовкой, стружкой и инструментом. Снижение силовой и тепловой напряженности процесса скоростного фрезерования позволяет использовать его даже на окончательных операциях обработки. Наиболее важным при анализе тепловых процессов является определение количества тепла, поступающего в режущий инструмент и деталь, поскольку это влияет на стойкость инструмента и качество поверхностного слоя детали.

Значительное влияние на относительное распределение тепла между стружкой, инструментом и заготовкой при обработке оказывают физико-механические свойства материала детали и режимы резания.

При традиционной обработке в заготовку может поступать до 47% теплоты, а в инструмент до – 4,5%. В процессе ВСО через инструмент отводится до 20% тепла, а в заготовку поступает только 5% [1,2]. При решении поставленной задачи руководствовались схемой распределения тепловых потоков в соответствии с рис.1 [3].

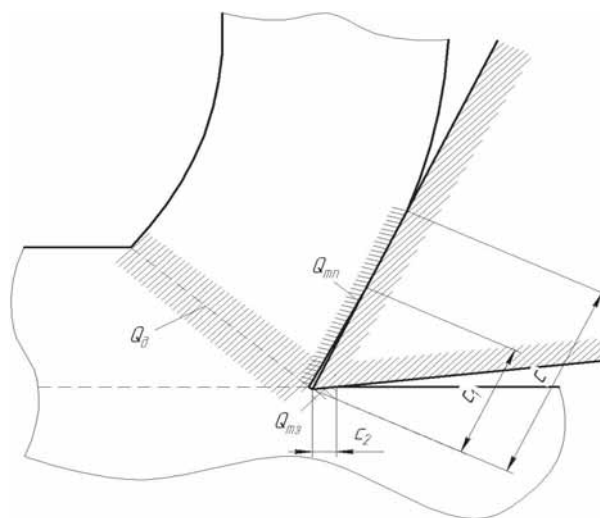


Рис. 1. Источники образования тепла в зоне резания

Аналитические методы расчета тепловых потоков и температур, разработанные А.Н. Резниковым [4], дают удовлетворительное совпадение с практикой в диапазоне скоростей резания до 200 м/мин для различных методов обработки, в том числе и фрезерования. Но для распределения температур при высокоскоростном резании они не получили распространения.

В связи с этим для определения температуры при более высоких скоростях обработки в работе использовался метод конечных элементов, позволяющий получить картину распределения температур в зоне резания. При этом в качестве программного обеспечения метода конечных элементов был выбран комплекс ANSYS [5].

Рассмотрено фрезерование заготовок специальной дисковой трехсторонней фрезой со сменными многогранными пластина-

ми квадратной формы из твердого сплава ВК8, диаметр фрезы 300 мм, число зубьев $z=10$.

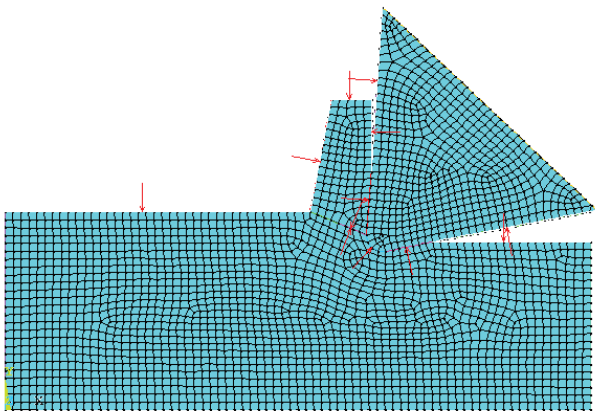


Рис. 2. Конечно-элементная модель с приложенными нагрузками

При решении были рассмотрены представители групп наиболее широко используемых в авиастроении обрабатываемых материалов, такие как сталь 30ХГСА,

титановый сплав ВТ9 и алюминиевый сплав Д16Т. В качестве инструментального материала рассмотрен твердый сплав ВК8 и Т15К6. Начальная температура полагалась равной нормальной температуре окружающей среды 20°C. В качестве нагрузок к модели прикладывались тепловые потоки, рассчитанные по формулам А.Н. Резникова [4] для поверхностей контакта стружки и инструмента, заготовки и инструмента, а также по линии сдвига. Время решения рассчитывалось в зависимости от режимов обработки. На рис. 2. представлена конечно-элементная модель с приложенными тепловыми потоками и конвекцией.

Было проанализировано распределение температур в зоне обработки для диапазонов скорости резания $v = 50 - 500$ м/мин, при этом подача составляла $S_z = 0,1$ мм/зуб и глубина $t = 1$ мм.

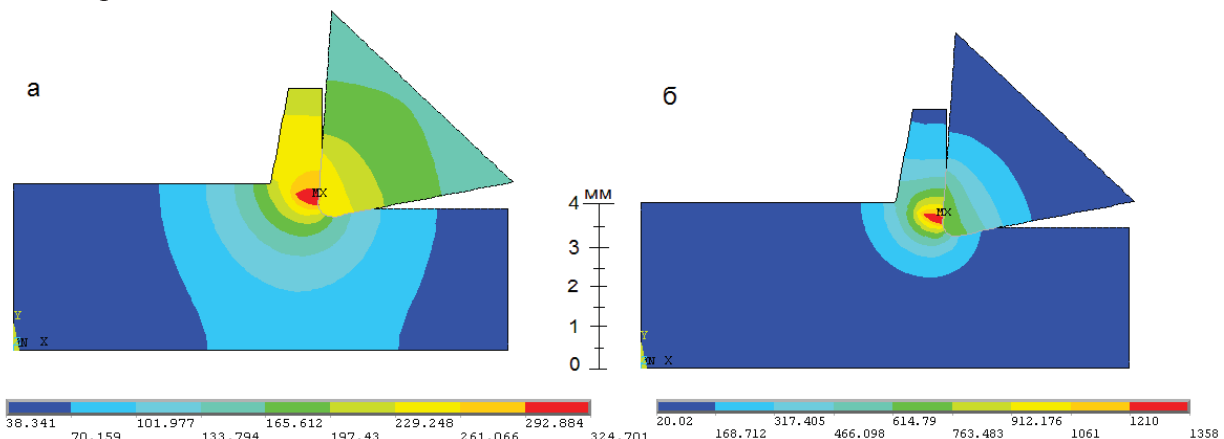


Рис.3. Распределение температур при обработке титанового сплава ВТ9 пластинами из твердого сплава ВК8: а – $v=50$ м/мин; б – $v=400$ м/мин

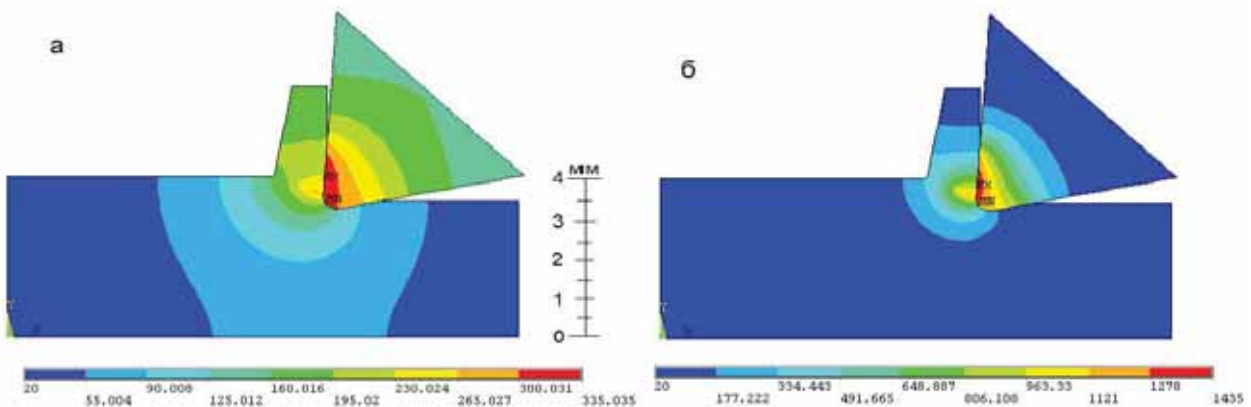


Рис.4. Распределение температур при обработке стали 30ХГСА пластинами из твердого сплава Т15К6: а – $v=50$ м/мин; б – $v=400$ м/мин

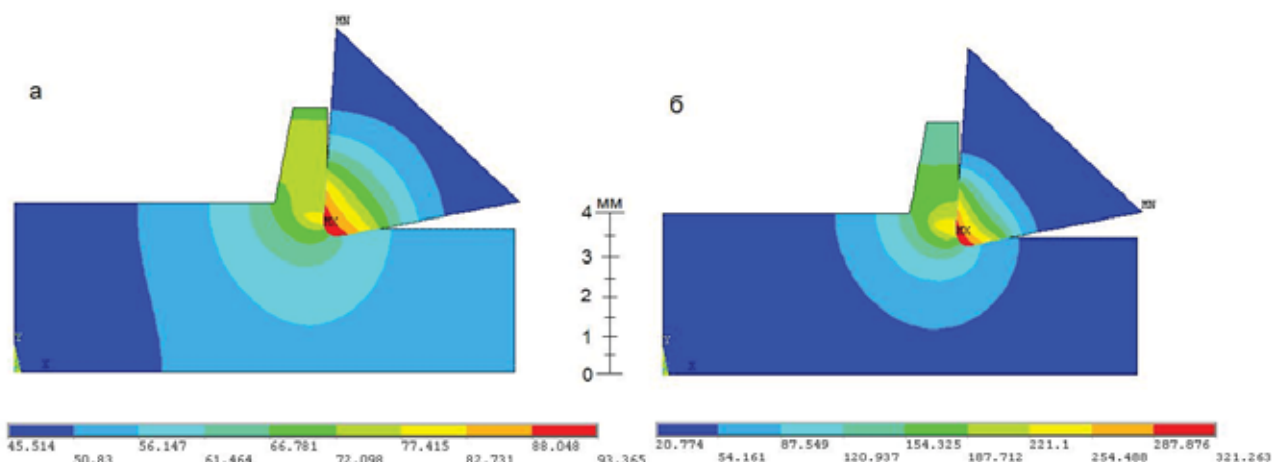


Рис.5. Распределение температур при обработке алюминиевого сплава Д16Т пластинами из твердого сплава Т15К6: а – $v=50$ м/мин; б – $v=400$ м/мин

Расчеты показывают, что при скорости 50 м/мин деталь прогрелась на большую глубину, а на площадке контакта режущего клина с заготовкой имеется область максимального нагрева. При скорости 400 м/мин область максимального нагрева значительно меньше, при этом за счет высокой скорости тепло не успевает распространиться на большую глубину в заготовку. Тем не менее увеличение скорости резания приводит к росту температуры на поверхности детали, несмотря на то, что интенсивность тепловых потоков в деталь резко снижается (см. рис. 3-5). Это соответствует теоретическим предположениям, выдвинутым ранее.

На рис. 6 приведены графики зависимости температуры на поверхности заготовок из различных обрабатываемых материалов.

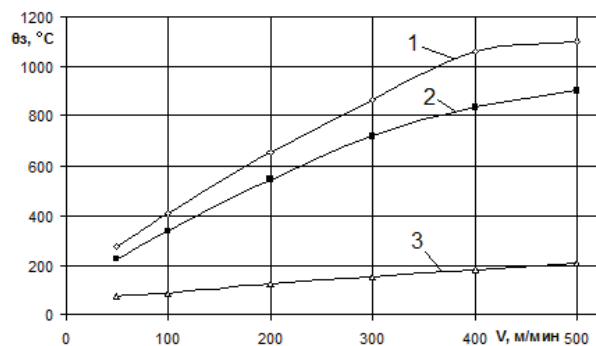


Рис.6. Зависимость температуры на поверхности заготовок от скорости резания:
1- VT9, 2- 30XГСА, 3- Д16Т

Как видно из графиков, при увеличении скорости максимальная температура в зоне резания увеличивается, температура растет практически линейно – это связано с быстротечностью процессов срезания материала и невозможностью материала нагреться до точки насыщения.

При увеличении скорости резания до 500 м/мин и выше температура резания продолжает расти до высоких значений, не нашедших подтверждения в литературе. Скорее всего это связано с тем, что методика расчета, предложенная Резниковым А.Н., не учитывает всех процессов и явлений происходящих при высокоскоростном фрезеровании материалов, хотя представленная методика дает хорошее сходство результатов (до скорости 300 м/мин) экспериментальных исследований с результатами, полученными при теоретических расчетах, так например при фрезеровании титанового сплава VT9 расхождение расчетов составляет до 8% при принятой скорости резания до 300 м/мин и более 10-15% – при более высоких скоростях. Аналогичная картина наблюдается при обработке стали 30XГСА. Расхождение расчетных значений при обработке алюминиевого сплава Д16Т не столь велико – порядка 5-10%, что связано с меньшим уровнем температур при обработке данного материала. Это связано с высокой теплопроводностью алюминия. Тепло, возникающее в зонах теплообразования,

достаточно быстро проникает вглубь заготовки, тем самым равномерно распределяясь по объему металла.

Исследования температуры были проведены также при изменении глубины резания от 0,25 мм до 1 мм и подачи от 0,05

мм/зуб до 0,1 мм/зуб. На рис. 7-9 приведены графики изменения температуры резания в зависимости от глубины резания и подачи для различных материалов.

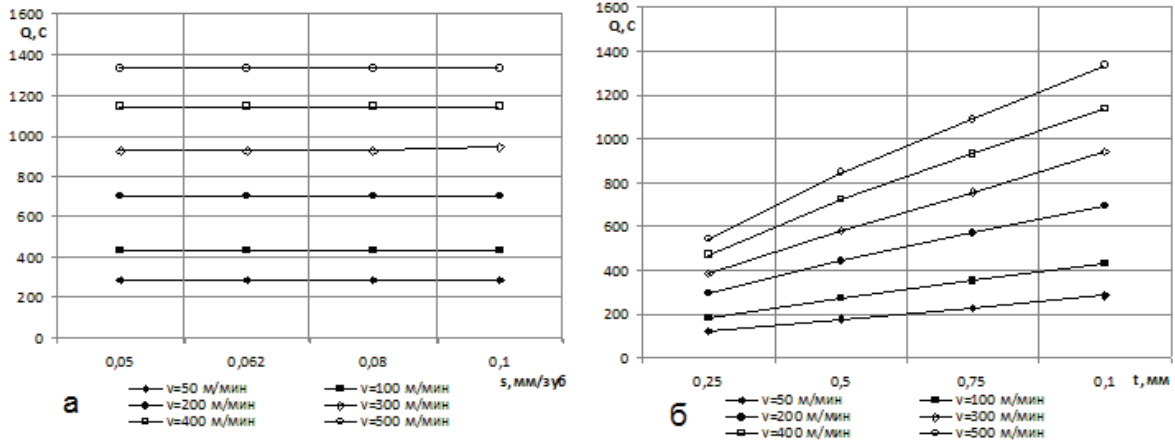


Рис. 7. Зависимости температуры резания от: а – подачи на зуб, б- глубины резания при обработке титанового сплава ВТ9 с различными скоростями резания

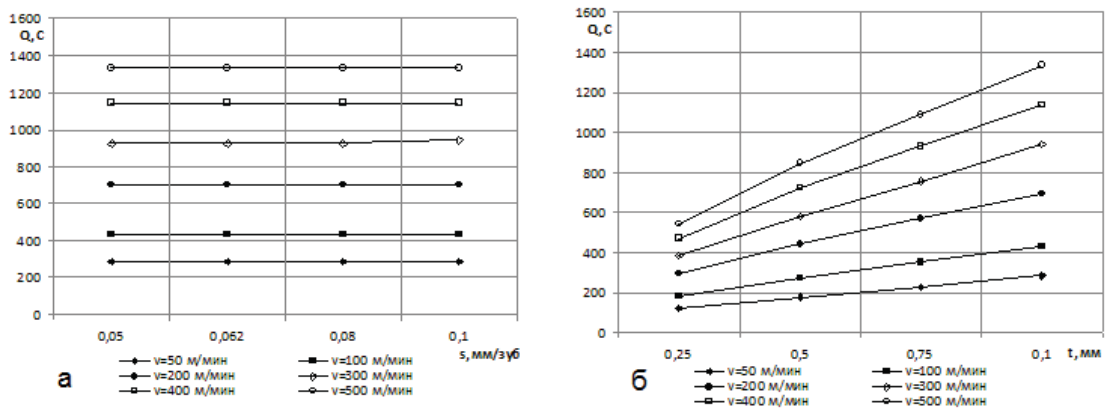


Рис. 8. Зависимости температуры резания от: а – подачи на зуб, б- глубины резания при обработке стали 30ХГСА с различными скоростями резания

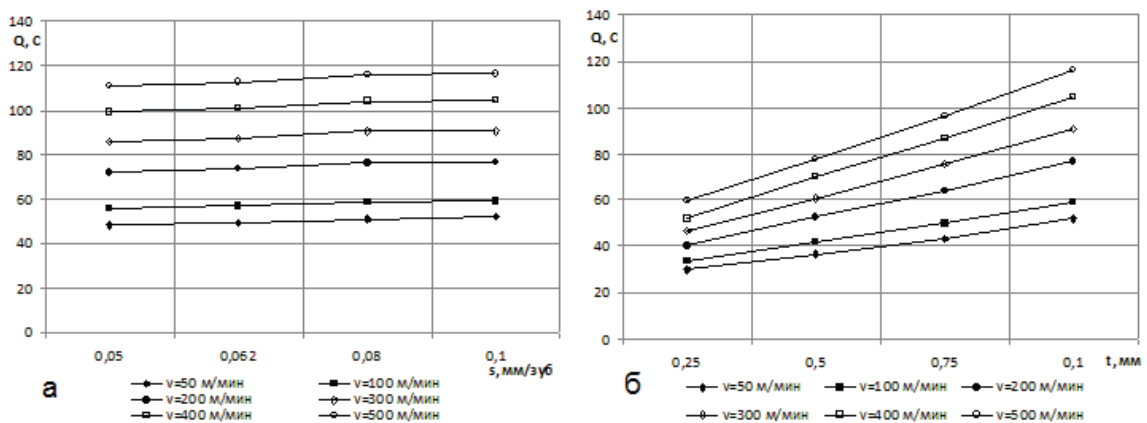


Рис. 9. Зависимости температуры резания от: а – подачи на зуб, б- глубины резания при обработке алюминиевого сплава Д16Т с различными скоростями резания

Из графиков рис. 7-9 видно, что при увеличении глубины резания температура растёт, так как растут силы резания. Силы резания, в свою очередь, увеличиваются из-за увеличения толщины срезаемого материала. Так же увеличивается время контакта инструмента с заготовкой, что приводит к повышению температуры в зоне резания.

При увеличении подачи температура в зоне резания незначительно, но растёт. Это связано с тем, что, с одной стороны повышение подачи ведёт к увеличению сечения срезаемого слоя, а следовательно к повышению сил резания и интенсивности тепловых потоков. С другой стороны, увеличение подачи ведёт к сокращению времени контакта инструмента и детали, а следовательно, к сокращению времени действия источников теплоты и снижению температуры.

При этом максимальные температуры на поверхности заготовок могут достигать значительных величин, превышающих температуры структурно-фазовых превращений.

На рис. 6 приведены графики зависимости температуры на поверхности заготовок из различных обрабатываемых материалов. При помощи данного графика можно определить температуру при обработке с различными скоростями резания, это необходимо при назначении режимов резания для учета теплового воздействия на заготовку и

предотвращения структурно-фазовых превращений материала.

Данные исследования проведены методом конечных элементов с использованием литературных данных. При наличии параметров процесса (силы резания, усадка стружки, угол сдвига и т.п.), полученных экспериментальным путем, точность расчетов должна повыситься, а конечный результат более точно отражать сущность процессов, происходящих в зоне резания при высокоскоростном фрезеровании.

Библиографический список

1. Виттингтон, К. Высокоскоростная механообработка [Текст] /К. Виттингтон, В. Власов // САПР и графика - 2002. - №10. - С. 107-113.
2. Den Beschluss der thermischen Probleme bei dem trocknen Hochgeschwindigkeitsfräsen des Stahls [Text] / T. Skopecek [at al] // Werkstatt und Betrieb. - 2003. - №.5 - P. 10-14.
3. Бобров, В.Ф. Основы теории резания металлов [Текст] / В.Ф. Бобров. - М.: Машиностроение, 1975. – 344 с.
4. Резников, А.Н. Теплофизика процессов механической обработки материалов [Текст] / А.Н. Резников - М.: Машиностроение, 1981. – 279 с.
5. Каплун, А.Б. ANSYS в руках инженера [Текст]: практическое руководство / А.Б. Каплун, Е.М. Морозов, М.А. Олферьева. - М.: УРСС, 2004. - 272 с.

CALCULATION OF CUTTING TEMPERATURE AT MILLING OF PURVEYANCES FROM HARD-PROCESSING MATERIALS

© 2011 V. N. Trusov, D. L. Skuratov, O. I. Zakonov, V. V. Shikin

Samara state technical university

The analysis of thermal processes is conducted in the area of cutting at milling of eventual elements a method, the pictures of distributing of thermal streams and value of temperature of the treated surface are got, for different materials.

Cutting temperature, milling, high-speed treatment, distributing of thermal streams, analytical calculation, method of eventual elements.

Информация об авторах

Трусов Владимир Николаевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Инструментальные системы и сервис автомобилей» Самарского государственного технического университета. Тел.: (846) 332-45-83. E-mail: isap@samgtu.ru. Область научных интересов: структурно-параметрическая оптимизация технологических процессов механической обработки, процессы абразивной и лезвийной обработки.

Скуратов Дмитрий Леонидович, доктор технических наук, профессор кафедры «Инструментальные системы и сервис автомобилей» Самарского государственного технического университета. Тел.: (846) 332-45-83. E-mail: skuratov_issa@mail.ru. Область научных интересов: структурно-параметрическая оптимизация технологических процессов механической обработки, процессы абразивной обработки.

Законов Олег Игоревич, аспирант кафедры «Инструментальные системы и сервис автомобилей» Самарского государственного технического университета. Тел.: (846) 333-34-53. E-mail: o_z@bk.ru. Область научных интересов: Процессы лезвийной обработки, высокоскоростная обработка, расчеты методом конечных элементов.

Шикин Владимир Васильевич, магистр техники и технологий Самарского государственного технического университета. E-mail: Greatpetrovich@rambler.ru. Область научных интересов: высокоскоростное фрезерование, расчеты методом конечных элементов.

Trusov Vladimir Nikolaevich, doctor of technical sciences, professor, manager by a department the «Instrumental systems and service of cars» of the Samara state technical university. Phone: (846) 332-45-83. E-mail: isap@samgtu.ru. Area of research: structural-self-reactance optimization of technological processes of tooling, processes of abrasive and cutting treatments.

Skuratov Dmitry Leonidovich, doctor of technical sciences, professor of department the «Instrumental systems and service of cars» of the Samara state technical university. Phone: (846) 332-45-83. E-mail: skuratov_issa@mail.ru. Area of research: structural-self-reactance optimization of technological processes of tooling, processes of abrasive treatment.

Zakonov Oleg Igorevich, a postgraduate student of department is the «Instrumental systems and service of cars» of the Samara state technical university. Phone: (846) 333-34-53. E-mail: o_z@bk.ru. Area of research: Process of metall cutting, high-speed treatment, calculations by the method of eventual elements.

Shikin Vladimir Vasil'evich - master's degree of technique and technologies of the Samara state technical university. E-mail: Greatpetrovich@rambler.ru. Area of research: high-speed milling, calculations by the method of eventual elements.