

Экспериментальное исследование температурного поля в очаге резания при фрезеровании сплава ВТ-6

© А.В. Афонин, Е.А. Носова

Самарский государственный аэрокосмический университет
им. академика С. П. Королева (национальный исследовательский университет),
Самара, 443086, Россия

Обработка материалов резанием до настоящего времени является основным способом изготовления изделий машиностроения. В результате научных исследований в различных областях обработки материалов резанием повышается эффективность процесса резания. Описан эксперимент исследования температурного поля в очаге резания при фрезеровании сплава ВТ-6. На основании полученных данных построена зависимость максимальной температуры нагрева сплава в очаге резания для каждого прохода фрезы. Установлено, что с увеличением числа проходов фрезы по поверхности заготовки повышается максимальная температура нагрева в очаге.

Ключевые слова: обработка материалов, резание, температурное поле, очаг резания.

Главная задача современного машиностроительного производства — создание высококачественной, конкурентоспособной техники. Качество изготавливаемых деталей, входящих в состав изделий, при требуемых показателях производительности и экономичности в большинстве случаев обеспечивается за счет использования операций механической обработки резанием. Несмотря на значительные достижения в использовании методов литья и обработки металлов давлением, обработка материалов резанием до настоящего времени является основным способом изготовления продукции машиностроения. В результате такой обработки обеспечивается заданная точность геометрических параметров, формы и расположения поверхностей, требуемое состояние поверхностного слоя. Поэтому дальнейшее повышение эффективности процесса резания, особенно в условиях автоматизированного производства, является актуальной задачей. Важный вклад в повышение эффективности процесса резания вносят научные исследования в различных областях обработки материалов резанием. Изучение температурного поля в очаге резания позволяет сопоставить компьютерные модели процесса механической обработки, а также установить наиболее благоприятный режим подачи СОЖ.

В качестве материала обработки при проведении исследования применяли сплав ВТ-6, химический состав которого представлен ниже:

Массовая доля элементов в исследуемом сплаве (ГОСТ)

Ti	Основа
Al	5,5-7,0
V	4,2-6,0
C	≤0,10
Fe	≤0,30
Si	≤0,15
O ₂	≤0,20
N ₂	≤0,05
H ₂	≤0,015
Сумма прочих смесей	≤0,30

Зарубежные аналоги титанового сплава ВТ-6 приведены ниже.

США	Германия	Япония	Франция	Англия
–	DIN, WNr	JIS	AFNOR	BS
Al-4V	3.7164	SAT-64	T-A6V	Ti-Al-V
rade5	3.7165	Ti-6Al-4V	Ti-P.63	–

В качестве заготовки использовали горячекатаный пруткок диаметром 60 мм длиной 1 м. Заготовка закреплялась на рабочей поверхности фрезерного станка. Далее на заготовке была сформирована горизонтальная плоскость для проведения последующего фрезерования. Затем торцевая фреза диаметром 100 мм, заняв исходное положение, совершала полный проход вперед, снимая слой материала толщиной 0,5...1,0 мм. После чего без отрыва от заготовки совершалось обратное движение в исходное положение.

Режимы резания были выбраны исходя из рекомендаций по фрезерованию титанового сплава ВТ-6 [1]. Поскольку титан, как правило, обрабатывается при высоких оборотах шпинделя, скорость последнего была установлена экспериментальным путем так, чтобы исключить самопроизвольное возгорание титана. Подача также была определена экспериментальным путем и составляла 20...25 мм/мин.

Температуру в очаге измеряли с помощью тепловизора марки Teslo 875-2.

Дальнейшее исследование температуры в зоне резания проводили методом структурного анализа. При смешивании стружки с эпоксидным был получен микрошлиф для исследования его микроструктуры под микроскопом. Аналогичным образом был получен микрошлиф части необработанного материала путем заливки в эпоксидную смолу.

Результаты съемки очага резания, полученные с помощью тепловизора, представлены на рис. 1. На рисунке видно, что температурное поле в очаге неравномерно и имеет максимальную температуру

192,8 °С. Аналогичные картины распределений температуры были получены для предыдущих проходов.

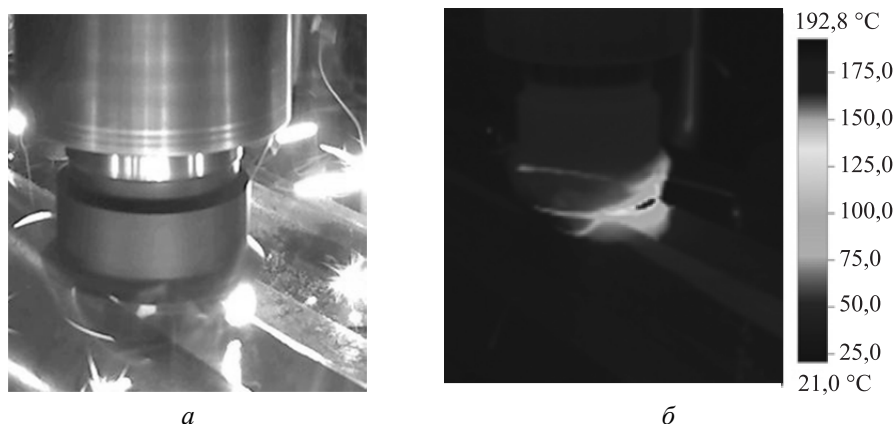


Рис. 1. Изображение очага резания на шестом проходе фрезы: *а* — съемка обычной камерой; *б* — съемка с помощью тепловизора

На основании этих данных построен график изменения максимальной температуры в очаге резания для каждого прохода фрезы (рис. 2). На рисунке видно, что с увеличением числа проходов фрезы по поверхности заготовки повышается максимальная температура нагрева в очаге.

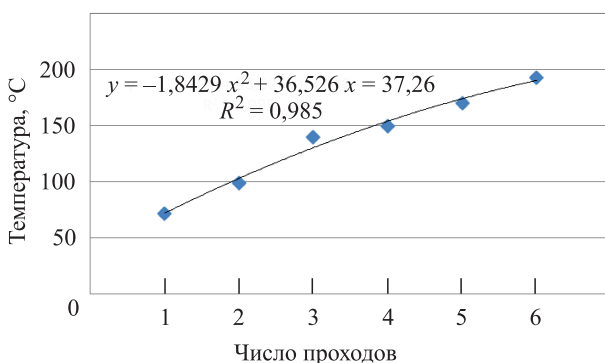


Рис. 2. Изменение максимальной температуры нагрева сплава в очаге резания в зависимости от цикла обработки

Методом наименьших квадратов была выбрана параболическая зависимость, имеющая наименьшее расхождение с экспериментальными точками (см. рис. 2). С помощью математического анализа полученной функции установлено, что ее максимум достигается при числе проходов $n = 10$ и температуре 218 °С. Реальный эксперимент показал, что в интервале температур 200...250 °С происходит самовозгорание стружки металла, что неблагоприятно влияет на условия

обработки. Таким образом, максимальное значение выбранной функции находится в интервале температур возгорания сплава.

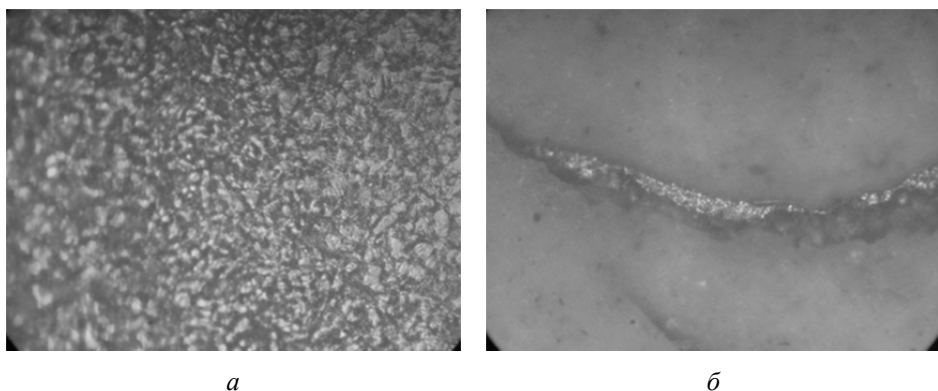


Рис. 3. Изображение микроструктуры образцов $\times 500$:

а — микроструктура исходного материала; *б* — микроструктура стружки

Были проанализированы микроструктуры микрошлифов стружки (рис. 3) и необработанной части материала. На рисунке видно, что микроструктура исходного материала заметно измельчилась, что свидетельствует о структурном превращении в обрабатываемом материале.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Ткаченко П.В., Локтик А.В. Исследование чистового торцового фрезерования титанового сплава. [Электронный Ресурс]. 2006. № 5. URL: [http://www.kdu.edu.ua/statti/2006-5-1\(40\)/69.pdf](http://www.kdu.edu.ua/statti/2006-5-1(40)/69.pdf) (дата обращения 18.09.2015).
- [2] Колачёв Б.А., Елагин В.И., Ливанов В.А. *Металловедение и термическая обработка цветных металлов и сплавов*. Москва, МИСИС, 1999, 416 с.
- [3] Ильин А.А., Колачёв Б.А., Полькин И.С. *Титановые сплавы*: справочник. Москва, ВИЛС – МАТИ, 2009, 520 с.
- [4] Кривоухов В.А., Чубаров А.Д. *Обработка резанием титановых сплавов*. Москва, Машиностроение, 1970, 180 с.

Статья поступила в редакцию 12.10.2015

Ссылку на эту статью просим оформлять следующим образом:

Афонин А.В., Носова Е.А. Экспериментальное исследование температурного поля в очаге резания при фрезеровании сплава ВТ-6. *Инженерный журнал: наука и инновации*, 2015, вып. 7.

URL: <http://engjournal.ru/catalog/mesc/temp/1418.html>

Афонин Александр Викторович — студент Самарского государственного аэрокосмического университета им. академика С. П. Королева.
e-mail: afonin.alecksander@yandex.ru

Носова Екатерина Александровна — канд. техн. наук, доцент кафедры «Материаловедение» Самарского государственного аэрокосмического университета им. академика С. П. Королева.

Experimental study of temperature field in the cutting hearth when milling alloy VT-6

© A.V. Afonin, E.A. Nosova

Samara State Aerospace University (National Research University),
Samara, 443086, Russia

Up to now processing of materials by cutting is the basic method for manufacturing engineering products. Cutting efficiency of the cutting process increases as a result of research in various areas of material processing. The article describes an experiment of studying temperature field in the cutting hearth when milling alloy VT-6. Based on these data the dependence of maximum heating temperature of the alloy in the hearth of cut for each pass of the milling cutter has been plotted. It was established that the maximum heating temperature in the hearth increases with increase of the number of passes of the cutter over the surface of the workpiece.

Keywords: processing of materials, cutting, temperature field, hearth of cutting.

REFERENCES

- [1] Tkachenko P.V., Loktik A.V. *Issledovanie chistovogo tortsovogo frezerovaniya titanovogo splava* [Research of the finish face milling of titanium alloy]. [Electronic resource], 2006, no. 5. Available at: [http://www.kdu.edu.ua/statti/2006-5-1\(40\)/69.pdf](http://www.kdu.edu.ua/statti/2006-5-1(40)/69.pdf) (accessed September 18, 2015).
- [2] Kolachev B.A., Elagin V.I., Livanov V.A. *Metallovedenie i termicheskaya obrabotka tsvetnykh metallov i splavov* [Metal Science and heat treatment of nonferrous metals and alloys]. Moscow, MISIS, 1999, 416 p.
- [3] Ilyin A.A., Kolachev B.A., Polkin I.S. *Titanovye splavy. Spravochnik* [Titanium alloys. Handbook]. Moscow, VILS – MATI, 2009, 520 p.
- [4] Krivoukhov V.A., Chubarov A.D. *Obrabotka rezaniem titanovykh splavov* [Machining of titanium alloys]. Moscow, Машиностроение, 1970, 180 p.

Afonin A.V., a student of Samara State Aerospace University.
e-mail: afonin.alecksander@yandex.ru

Nosova E.A., associate professor of the Material Sciences Department at Samara State Aerospace University.