

УДК 539.1

Оглоблин Г.В.

Амурский гуманитарно-педагогический государственный университет,

Комсомольск –на – Амуре, Россия.

ТЕПЛОВЫЕ ПОЛЯ ПРИ РЕЗАНИИ МЕТАЛЛОВ

В работе рассматривается методика визуализации теплового поля в режиме резания металлов. В качестве индикатора теплового поля используются жидкие кристаллы.

UDC 539, 1

Ogloblin G. V.

Amur State Pedagogical University,

Komsomolsk- on – Amur, Russia

THERMAL FIELD AT CUTTING METALLOV

In this paper the technique of visualizing the thermal field in metal cutting. As an indicator of the thermal field using liquid crystals.

Одним из основных факторов, влияющих на режимы резания – это теплота. В зависимости от геометрии и типа резца, параметров резания и процесса деформирования материала в режиме резания всё это связано с выделением теплоты с учётом характеристик инструмента. По форме головки резцы для точения бывают прямые, отогнутые, оттянутые и изогнутые; по направлению подачи- правые, левые; по способу изготовления- цельные, составные и сборные. На малых скоростях резания применяют цельные. В составных к стержню приваривают пластинки из быстрорежущей стали или припаивают металлокерамические пластинки. Сборные резцы бывают четырёх типов: с механическим креплением пластин из твёрдого сплава; с механическим креплением сменной вставки с напаянной металлокерамической пластиной; с механическим креплением неперетачиваемых многогранных твёрдосплавных или минералокерамических пластин. Основные типы стандартных резцов регламентируются ГОСТами [1]. Геометрические параметры режущей части резцов определяются на основе исходных данных об обрабатываемой резцом геометрической поверхности детали, о материале заготовки и условиях

обработки. От этих факторов зависит форма и угол заточки режущей кромки. При точении процесс резания характеризуется,

во-первых, скоростью резания, определяемой по формуле

$$v = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{D n}{318} \frac{\text{м}}{\text{мин}}, \text{ где (1)}$$

D- диаметр обрабатываемой поверхности в мм,

n – число оборотов детали в минуту;

во-вторых, глубиной резания:

$$t = \frac{D-d}{2} \text{ мм, где (2)}$$

Dи d – диаметры детали до обработки и после в мм;

в-третьих, подачей **S** – при вспомогательном движении за один оборот обрабатываемой детали в мм/об;

в-четвертых, шириной стружки **b** – расстоянием между обрабатываемой и обработанной поверхностями, измеряемым по поверхности резания.

в-пятых, толщиной резания **a**-расстоянием между двумя последовательными положениями режущей кромки резца за 1 оборот детали, измеряемым перпендикулярно к ширине стружки.

Площадь поперечного сечения стружки

$$f = ts = bамм^2 \text{ (3)}$$

Сила резания при точении разлагается на три составляющие: P_z , P_x , P_y . Составляющая P_z – сила резания, направленная по касательной к поверхности резания. P_x -сила подачи, которая действует в направлении подачи; P_y - радиальная сила, направленная нормально к обрабатываемой поверхности. Принято считать, что

$$P_x \approx (0,125 \div 0,25)P_z \text{ и } P_y \approx (0,3 \div 0,5)P_z, \text{ где } P_z \approx kfk\Gamma, \text{ (4)}$$

(k- коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала, f- сечение стружки).

Сведём указанные параметры точения в одну таблицу 1.

Таблица 1.

Параметры точения

Параметры точения	Скорость резания $\frac{м}{мин}$	Подача мм/об	Ширина стружки мм	Толщина резания мм	Площадь поперечного сечения стружки $мм^2$	Сила резания кГ,	Сила подачи	Радиальная сила
	$v = \frac{\pi D n}{1000}$ $= \frac{D n}{318}$	S	b	a	$f = ts = ba$	$P_z \approx kf$	$P_x \approx (0,125 \div 0,25)P_z$	$P_y \approx (0,3 \div 0,5)P_z$

Тогда вполне очевидно, что источниками теплоты при резании являются пластическое деформирование в зоне стружкообразования, трение стружки о переднюю поверхность инструмента и трение поверхности резания и обработанной поверхности о задние поверхности лезвия инструмента рис. 1.

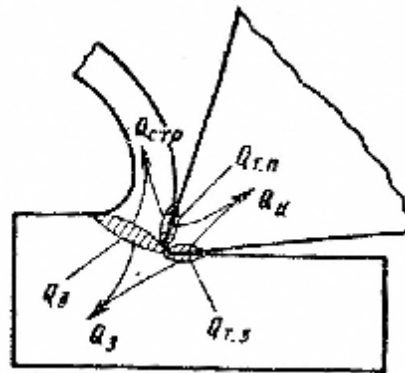


Рис.1. Распределения теплоты при резании. Где $Q_{стр}$ - количество теплоты уходящей в стружку. $Q_{тр.п}$ - количества теплоты выделенное от трения о переднюю поверхность лезвия резца. $Q_д$ - количества теплоты, уходящее в инструмент. $Q_з$ -количества теплоты, уходящее в заготовку. $Q_{тр.з}$ - количества теплоты, выделяющееся при трении задней поверхности лезвия о заготовку. $Q_д$ - количества теплоты, выделяющееся при пластическом деформировании обрабатываемого материала.

Количества тепла, которое выделяется при обработке детали,зависит от параметров точения и распределяется между деталью, резцом и стружкой следующим образом:

$$Q = Q_д + Q_{тр.п} + Q_{тр.з} , \quad (5)$$

где Q_d – количество теплоты, выделяющееся при пластическом деформировании обрабатываемого материала; $Q_{тл}$ – количество теплоты, выделяющееся при трении стружки о переднюю поверхность лезвия резца, $Q_{тз}$ – количества теплоты, выделяющееся при трении задних поверхностей лезвия о заготовку. Или это можно представить:

$$Q = Q_{стружка} + Q_{заготовка} + Q_{инст.} + Q_{среда} \quad (6)$$

Количественное выражение составляющих уравнения теплового баланса зависит от вида операции, физико-механических свойств материалов заготовки и инструмента, режимов резания, геометрических параметров режущего инструмента и условий обработки. Например: при обработке конструкционных сталей со скоростями резания до 50 м/мин количество теплоты, выделяющейся при пластическом деформировании, $Q_d=0,75Q$. При $v=200$ м/мин это количество теплоты снижается до $Q_d=0,25Q$. Следовательно, при скоростном резании основным источником теплоты является трение. Или при точении конструкционных материалов наибольшее количество теплоты уходит в стружку, а при сверлении в обрабатываемую деталь [2] рис.2.

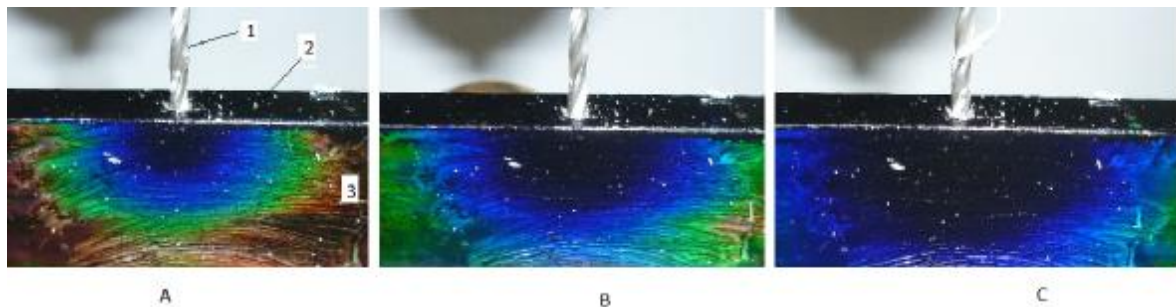


Рис.2. Температурное поле детали при сверлении. А – тепловое поле по истечению 5 с. 1-спиральное сверло. 2.-деталь. 3.Плѐнка жидкого кристалла. В-тепловое поле 10с. С –тепловое поле 15 с.

Из выше приведѐнных параметров резания таб.1 наибольшее влияние на температуру оказывает скорость резания - до 400 м/мин она повышается. При дальнейшем повышении скорости резания её влияние(скорости) на температуру заметно снижается. При увеличении подачи температура в зоне резания повышается, но менее интенсивно, чем при изменении скорости резания. Ещё меньшее влияние на температуру оказывает глубина резания. Это объясняется увеличением площади теплоотвода.

Математическую модель температуры резания можно представить в виде эмпирической формулы:

$$\theta = Cv^z S^y t^x, \quad (7)$$

где С – общий коэффициент, характеризующий условия обработки; x, y, z – показатели степени характеризующие интенсивность прироста температуры с увеличением v, S, t .

Сила резания зависит от угла заточки переднего угла резца. С его уменьшением сила резания возрастает, следовательно, возрастает температура. На рис.4 дана динамика развития теплового поля проходного резца при точении. Шаг кадрирования 10с. На рис.4А отмечено, как по прошествии 10с от начала процесса в области контакта режущей кромки резца с деталью появляется цветовая картина, отображающая нагрев резца и заготовки.. Цветовая картина состоит из нескольких изотерм. Каждая изотерма отображает свою характерную только для неё температуру[3]. Для получения данной картины использовались жидкие кристаллы с мезофазой 42-48 °С. Фиолетовый цвет характеризует 48°С, красный 42°С. Ультрафиолетовый цвет это верхняя граница разрешения данных кристаллов, красный - нижняя. Промежуточные цвета распределяются согласно спектру дневного света. Для расшифровки используют градуировочную шкалу рис.3.



Рис.3. Градуировочная шкала.

Красный цвет 42°С. Оранжевый 43°С. Желтый 44°С. Зелёный 45°С. Голубой 46°С. Синий 47°С. Фиолетовый 48°С.

На рис.4 деталь и резец покрывались жидкими кристаллами, что и предоставляет возможность оценить нагрев детали. В отличие от резца она быстрее нагревается, а жидкие кристаллы переходят в изотропное состояние рис.4 С, Д. На рис.4 показана картина в реальном времени, поэтому на ней можно наблюдать определённые помехи в виде стружки, которая прилипает к плёнке жидкого кристалла и нарушает целостную картину в области контакта.

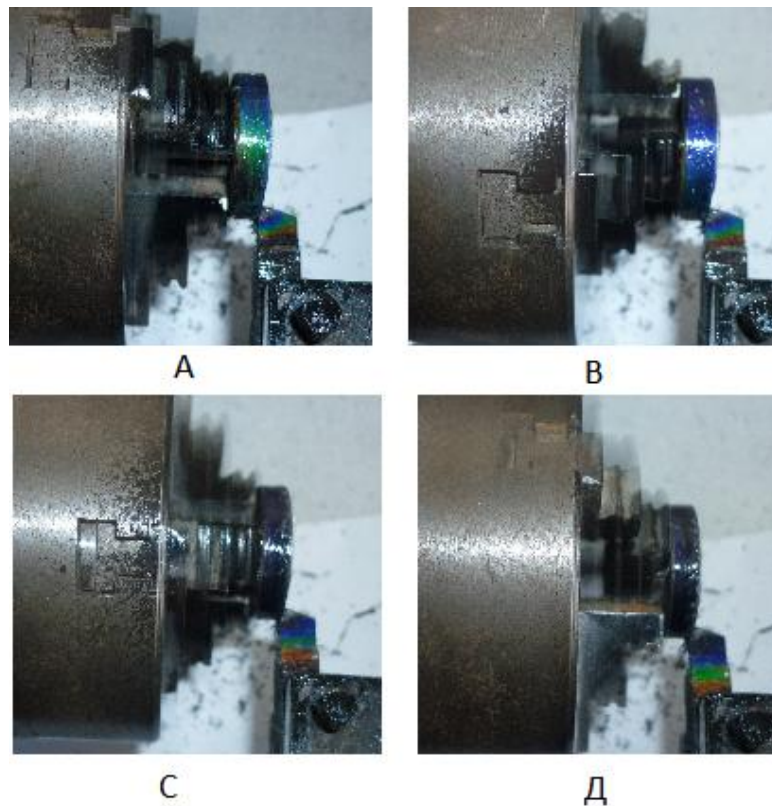


Рис.4. Динамика теплового поля проходного резца. Материал сталь. Станок настольный токарный. А - 10с. В - 20с, С - 30с. Д - 40с.

Для регистрации температуры в зоне контакта существует ряд методов: калориметрический, термопар, термокрасок, цветов побежалости, оптический, радиационный и т.д. Наиболее распространённым и точным является метод термопар. На рис.5 приведены изотермы температурного

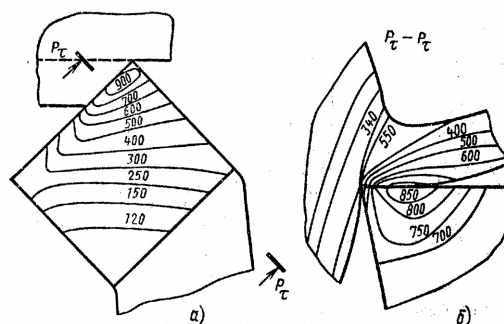


Рис.5. Температурное поле резца и стружки:

а - на передней поверхности; б - в главной секущей плоскости.

поля в зоне деформирования при точении без охлаждения резцом из твёрдого сплава Т14К8 стали ШХ15 на режиме $v=80$ м/мм, $\ell = 4,1$ мм, $S= 0,5$ мм/об.

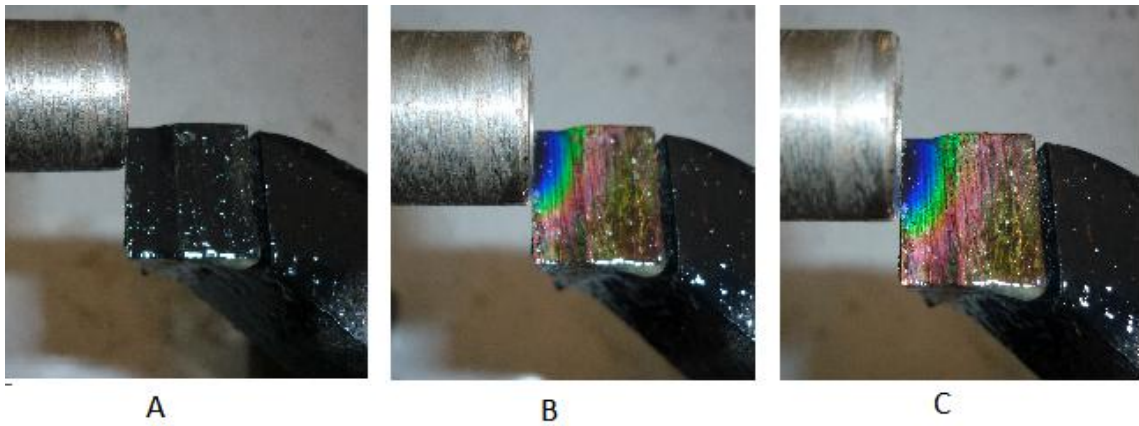


Рис.6. Моделирование теплового контакта резец –деталь. А – исходное состояние. В - через 10с. С-через 20 с.

Этот процесс можно моделировать [4] в режиме контакта резец-деталь. Деталь и резец неподвижны. Тепло к детали подводится от внешнего источника. Такой способ позволяет получить качественную картину контакта и прогнозировать развитие теплового потока в натурном образце рис.6.

Сравнивая метод термопар и метод с жидкими кристаллами, предпочтение всё же, следует отдать жидким кристаллам рис.7.

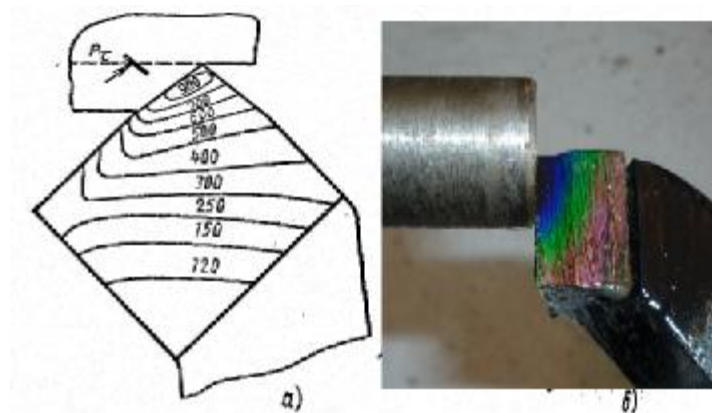


Рис. 7. Сравнение конечного результата двух методов: а) метод термопар; б) метод жидких кристаллов, где каждая изотерма информативна по температуре, длине и ширине изотермы, по фронту теплового потока.

Это обусловлено тем, что отображается пространственная картина теплового поля, набор изотерм высвечивают градиент температур от зоны контакта до оправки и детали по трём координатам и ширине изотермических полос.

Возможность в реальном времени в видимом формате получать информацию о развитии тепловых процессов при резании. Кроме того данную картину можно считывать с помощью видеотехники. При исследовании выше перечисленных параметров резания наиболее достоверным является первый вариант отображения информации, получаемой непосредственно при обработке детали.

Литература.

1.Справочник металлиста.Т.3.Под редакцией проф. Д.т.н. М.С.Ачеркана. Машиностроение. М.1966.С.812.

2.Гапонкин В.А. и др. Обработка резанием, металлорежущий инструмент и станки: Учебник для средних специальных учебных заведений по машиностроительным специальностям/ В.А.Гапонкин В.А., Л.К.Лукашёв, Т.Г. Суворова.- М.:Машиностроение, 1990. – 448с.:ил.

3.Оглоблин Г.В. Никитин Д.А., Стулов В.В. Установка для моделирования работы погружных стаканов.// Актуальные вопросы развития образовательной области «Технология»: материалы У Международной электронной заочной научно-практической конференции...Комсомольск на Амуре 19октября-10 ноября 2009 г. –Комсомольск –на- Амуре. 2009.С.134-137.

4.Стулов В.В. Одинокое В.И., Оглоблин Г.В. Физическое моделирование процессов при получении литой деформированной заготовки - Владивосток: Дальнаука,2009:-175 с.