


Лекция №3

Тепловые явления Наростообразование


Пластические деформации и трение на контактных площадках режущих инструментов сопровождаются сильным выделением теплоты

почти вся механическая энергия, затрачиваемая на деформирование, разрушение и трение, переходит в тепловую




**инструмент и заготовка
нагреваются до весьма
высоких температур**

инструмент




износ, уровень допустимых режимов резания и производительность обработки

заготовка

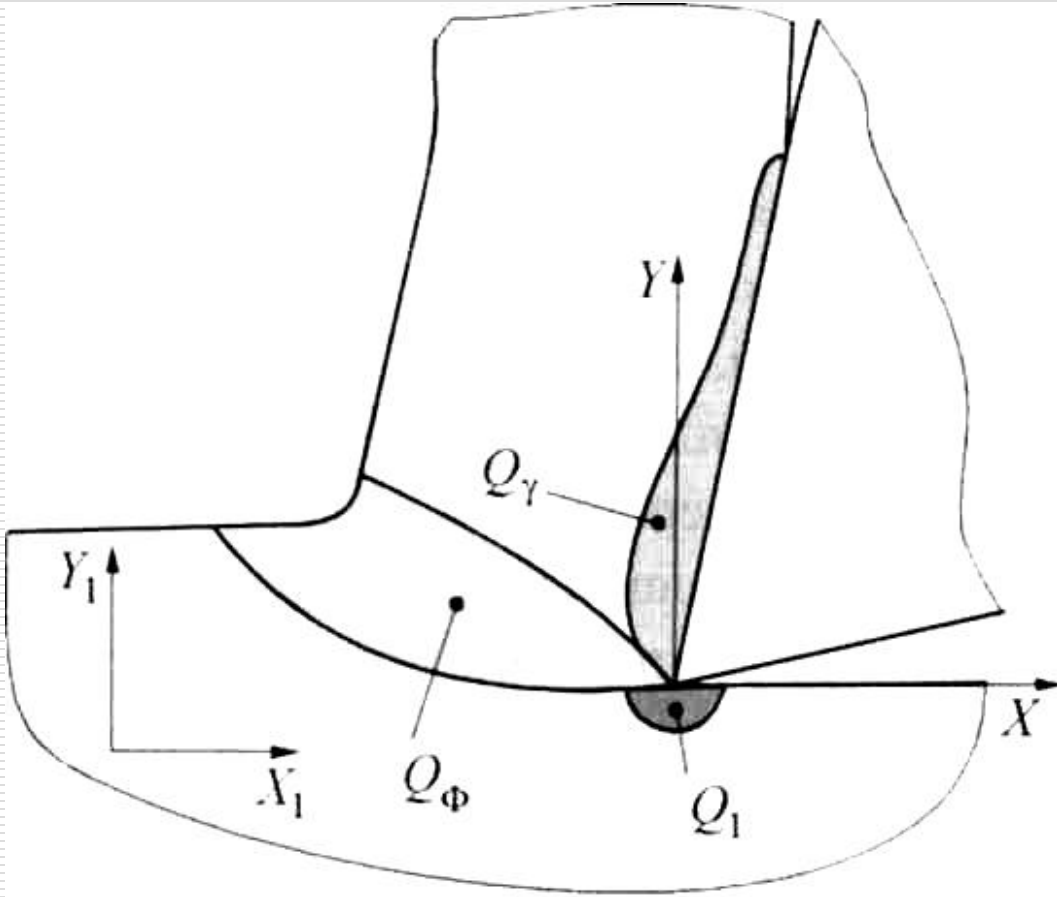


точность обработки и уровень технологических остаточных напряжений в обработанных поверхностях



закономерности наростообразования, изменения деформаций и сил резания

Источники теплоты



1. зона основной пластической деформации, Q_ϕ
2. зона трения стружки о переднюю поверхность инструмента, Q_γ
3. зона трения задней поверхности инструмента о заготовку, Q_1

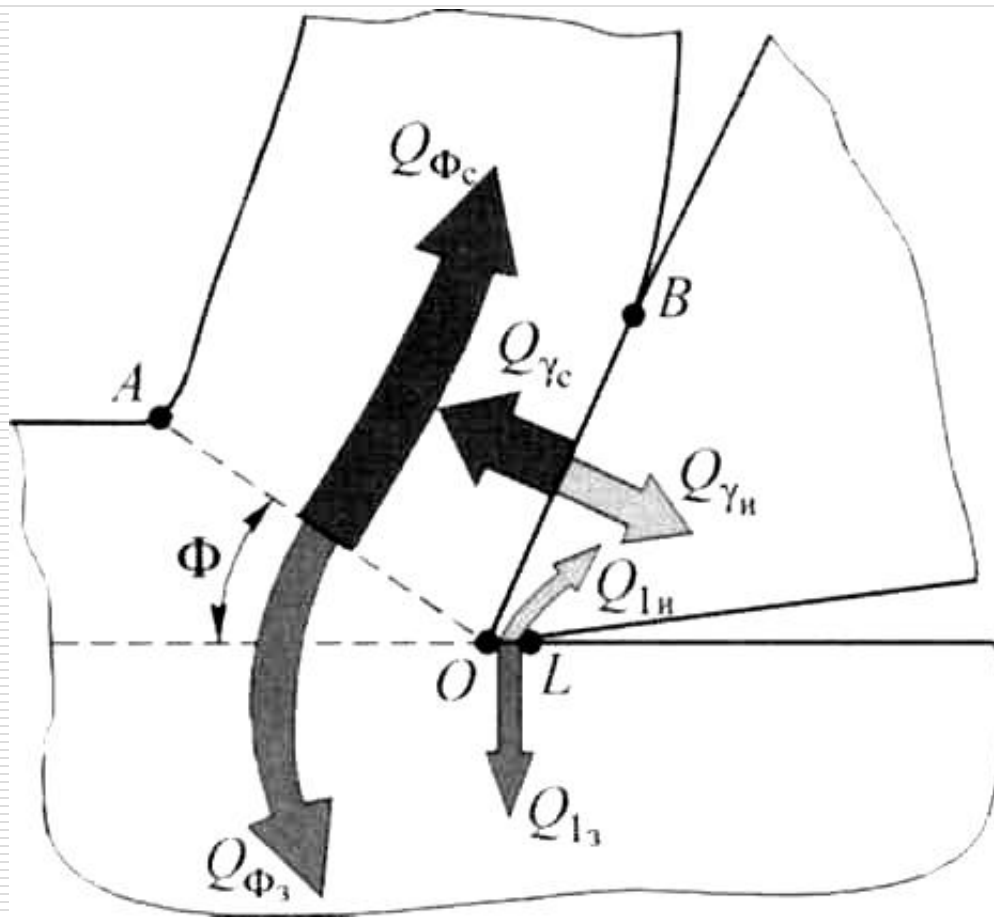
в окружающую среду

$$Q = Q_{\phi} + Q_{\gamma} + Q_1$$

в заготовку

в стружку

в инструмент

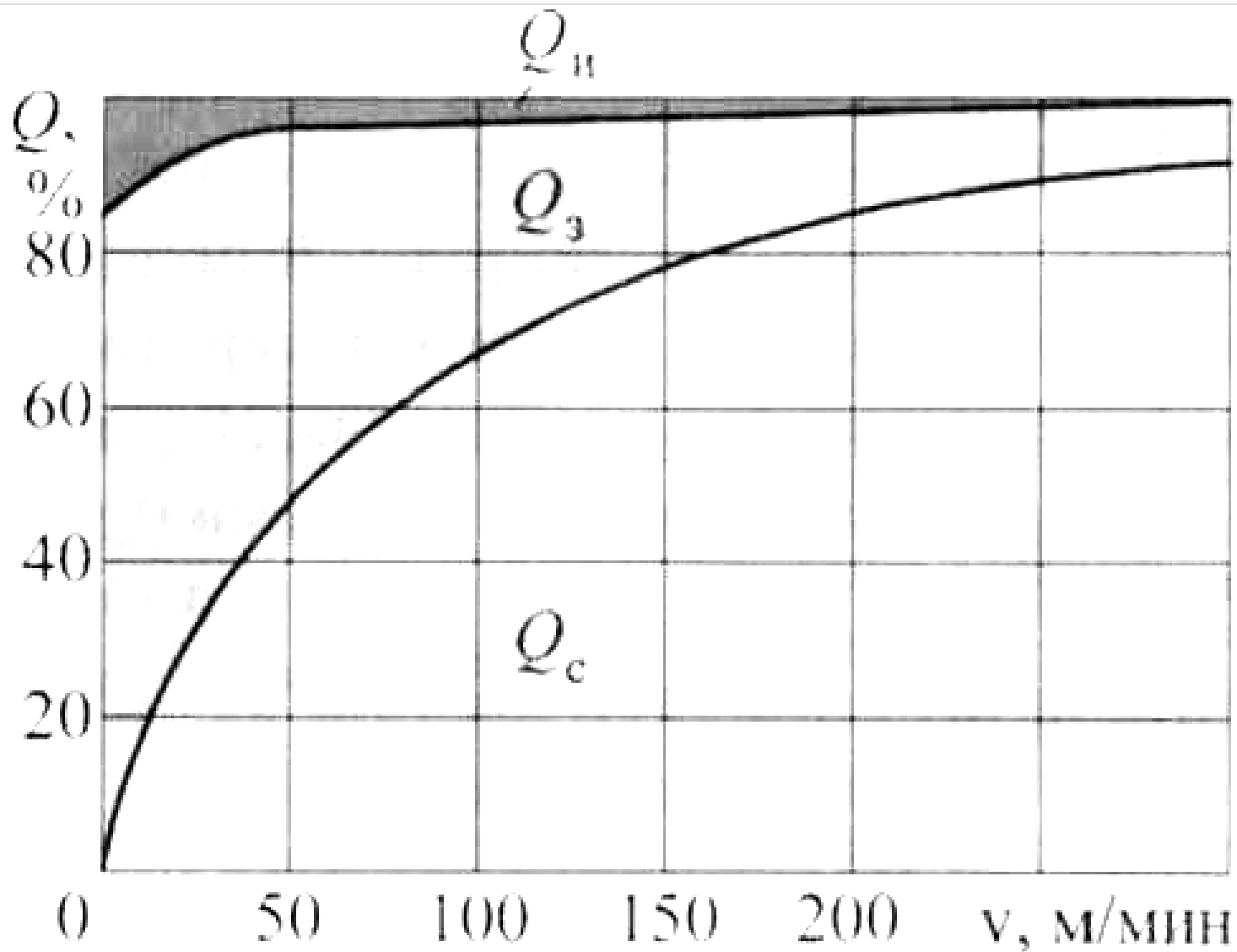


Уравнение теплового баланса:

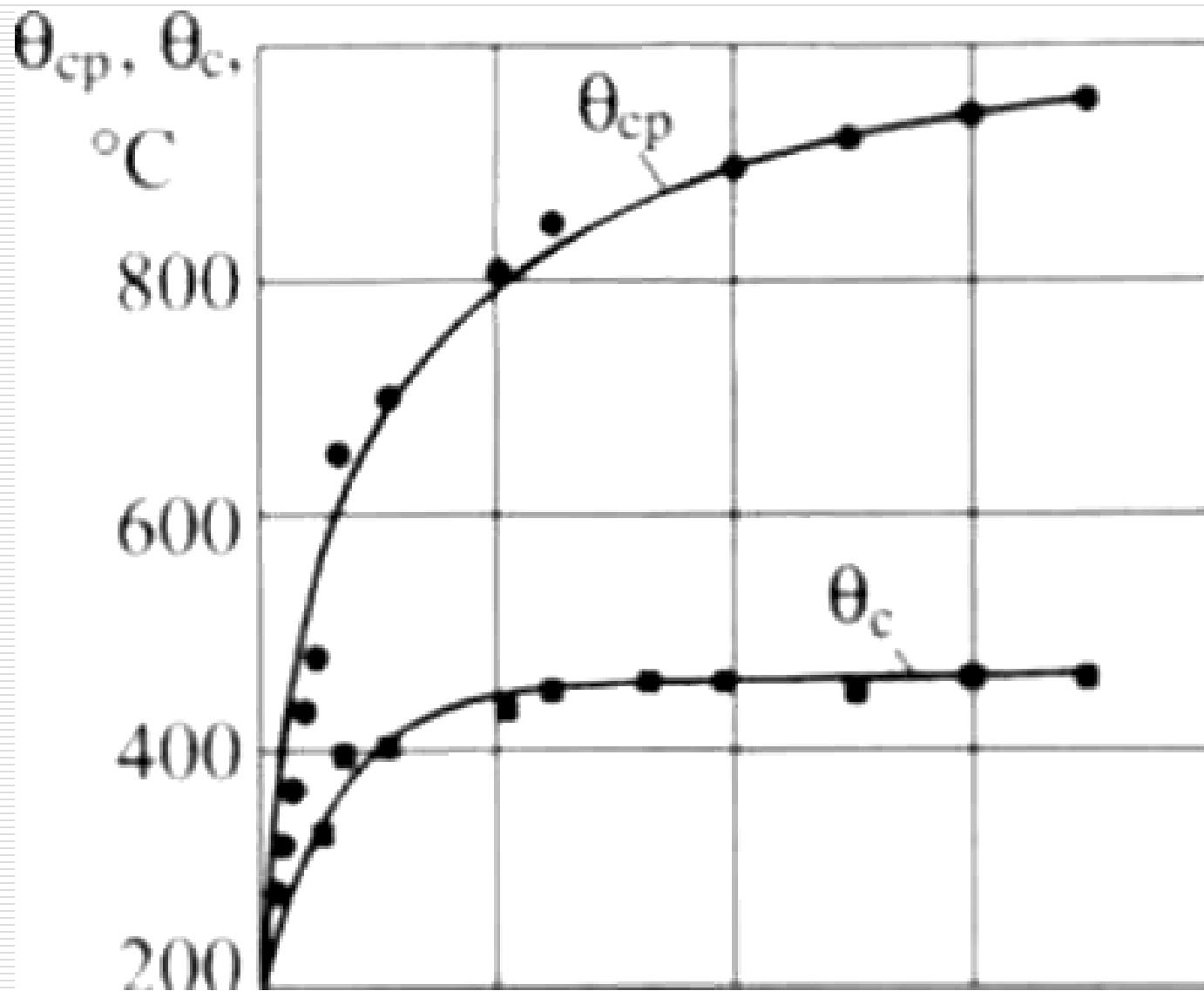
$$Q_{\Phi} + Q_{\gamma} + Q_1 = Q_3 + Q_c + Q_{и} + Q_{ос}$$

Тепловой баланс зависит от физико-химических свойств материалов заготовки и инструмента, геометрических параметров режущего инструмента, режимов резания и условий обработки.

При резании различных конструкционных материалов и сплавов наибольшее количество тепла уходит со стружкой, а в процессе шлифования – в деталь. При резании жаропрочных и титановых сплавов, имеющих плохую теплопроводность и низкие коэффициенты температуропроводности, значительное количество тепла концентрируется в контактной зоне или переходит в режущий инструмент.



точение стали 40X



Влияние скорости резания V на среднюю температуру резания и температуру стружки

Распределение тепловых потоков при резании некоторых металлов

Обрабатываемый материал	Скорость резания, м/мин	Количество теплоты, %		
		в стружке	в инструменте	в заготовке
Сталь 40Х	21...51	45	4,5	47
	102...312	75	1,5	22
Жаропрочная сталь	3...15	25	30	45
Алюминий	100	21	2,2	73

-
- физико-химические свойства материалов заготовки и инструмента;
 - геометрические параметры режущего инструмента;
 - режимы резания;
 - условия обработки

жаропрочные и титановые сплавы

плохая теплопроводность и низкие коэффициенты температуропроводности

значительное количество тепла концентрируется в контактной зоне или переходит в режущий инструмент

СПОСОБЫ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ РЕЗАНИЯ

Исследования тепловых явлений при механической обработке металлов сложно из-за высоких контактных давлений и температур в зоне резания. Поэтому используемые методы определения температур дают только относительные представления о температурных явлениях при резании.

Температура резания – средняя температура на контактных площадках режущего инструмента.

Наиболее просто температуру резания можно определить экспериментально - путем измерения

ПРЯМЫЕ

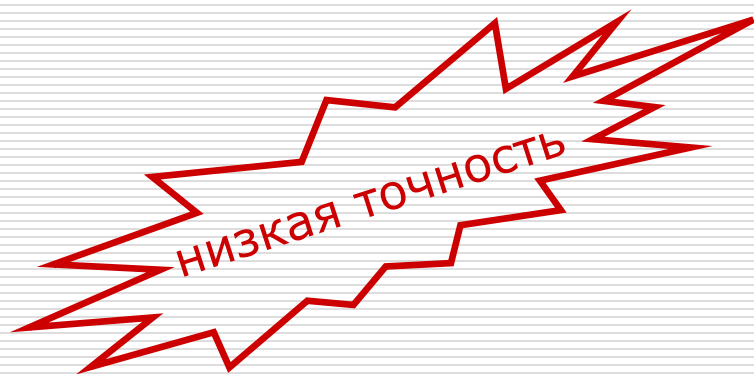
Термопары:

- искусственные
- полуискусственные
- естественные

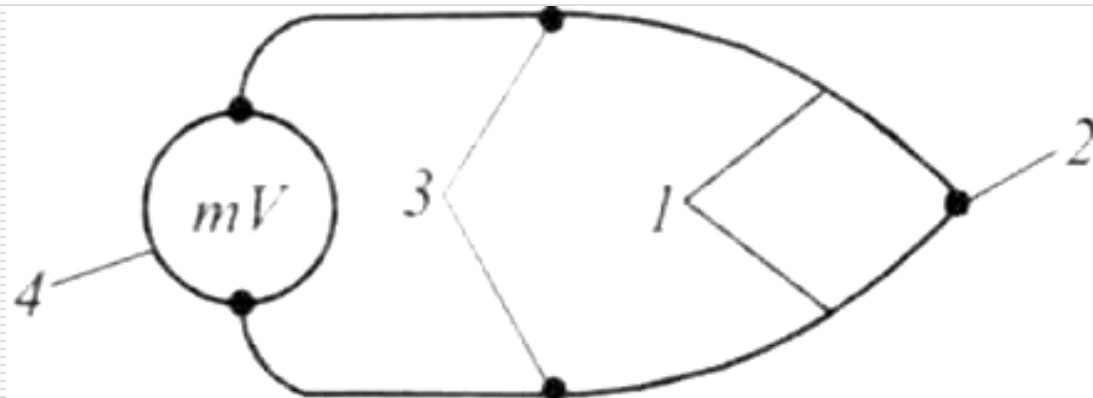
КОСВЕННЫЕ

Оценка температуры:

- по цветам побежалости (термокраски)
- измерением инфракрасного излучения (пирометры)
- измерением микротвердости



Термопара (1912)



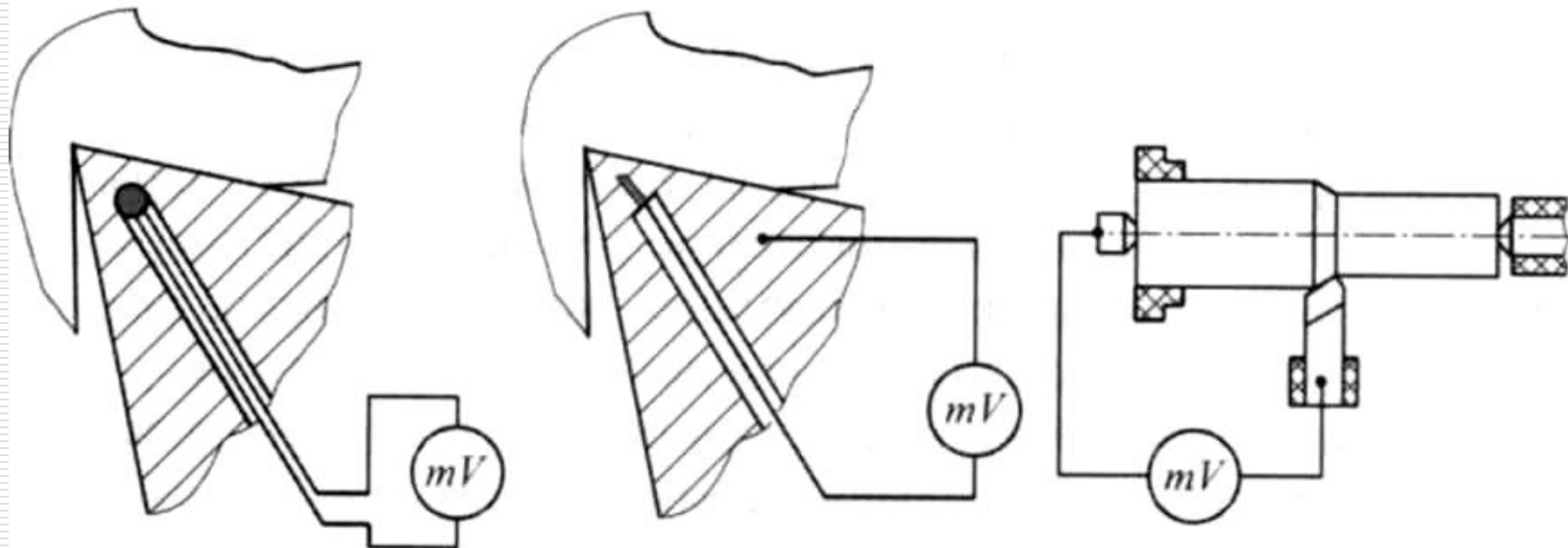
1 - термоэлектроды

2 - «горячий» спай

3 - «холодные» спаи

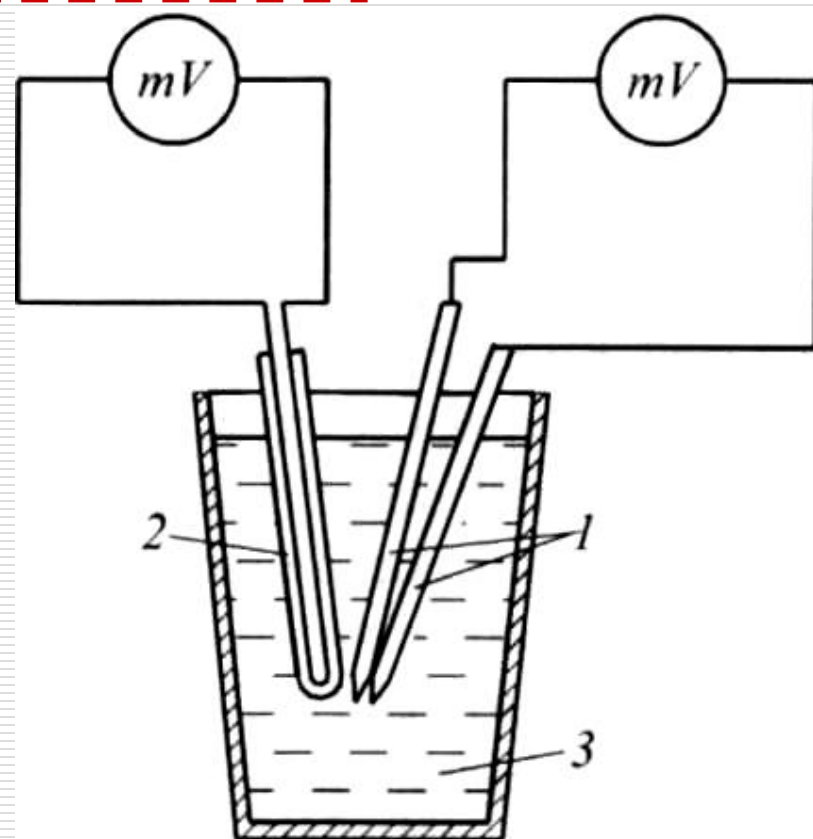
4 - регистрирующий прибор

отличаются
химическим
составом или
физическими
свойствами



+ срезаемые термопары

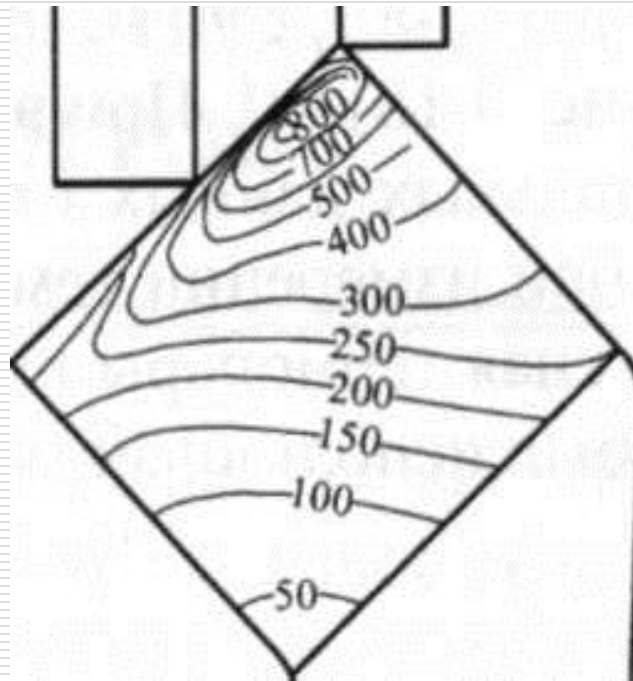
Способом естественной термопары измеряют не максимальную, а некоторую усредненную температуру на контактных площадках инструмента, которая достаточно близка к максимальной температуре



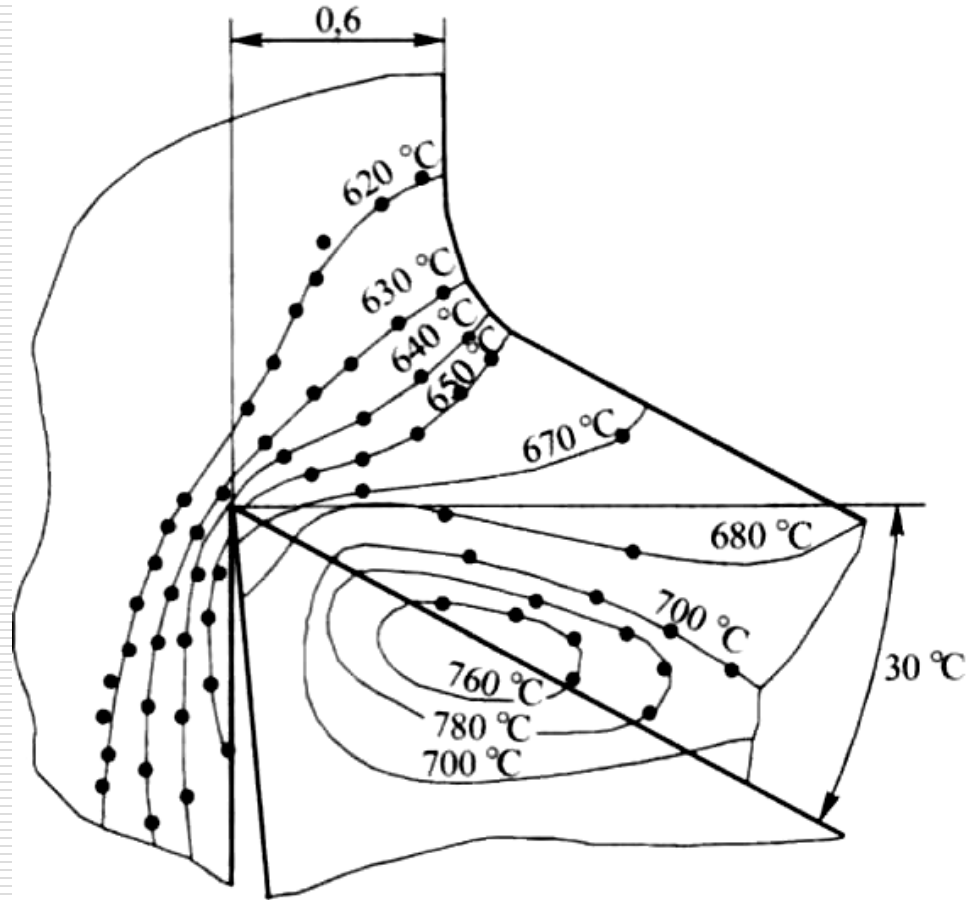
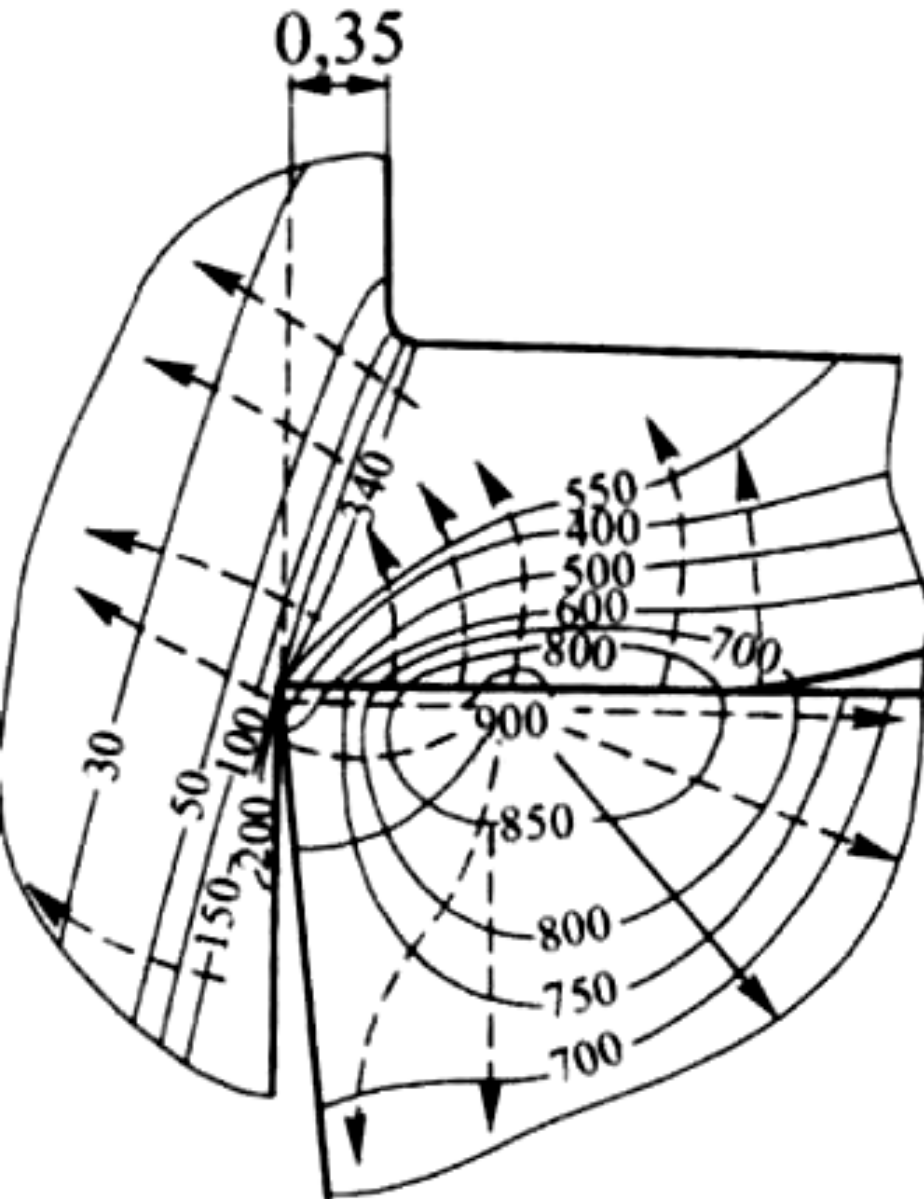
Измерение температуры резания термопарами не позволяет точно замерять температуры на площадках контакта и получать точные картины распределения температуры в режущем клине, заготовке и стружке.

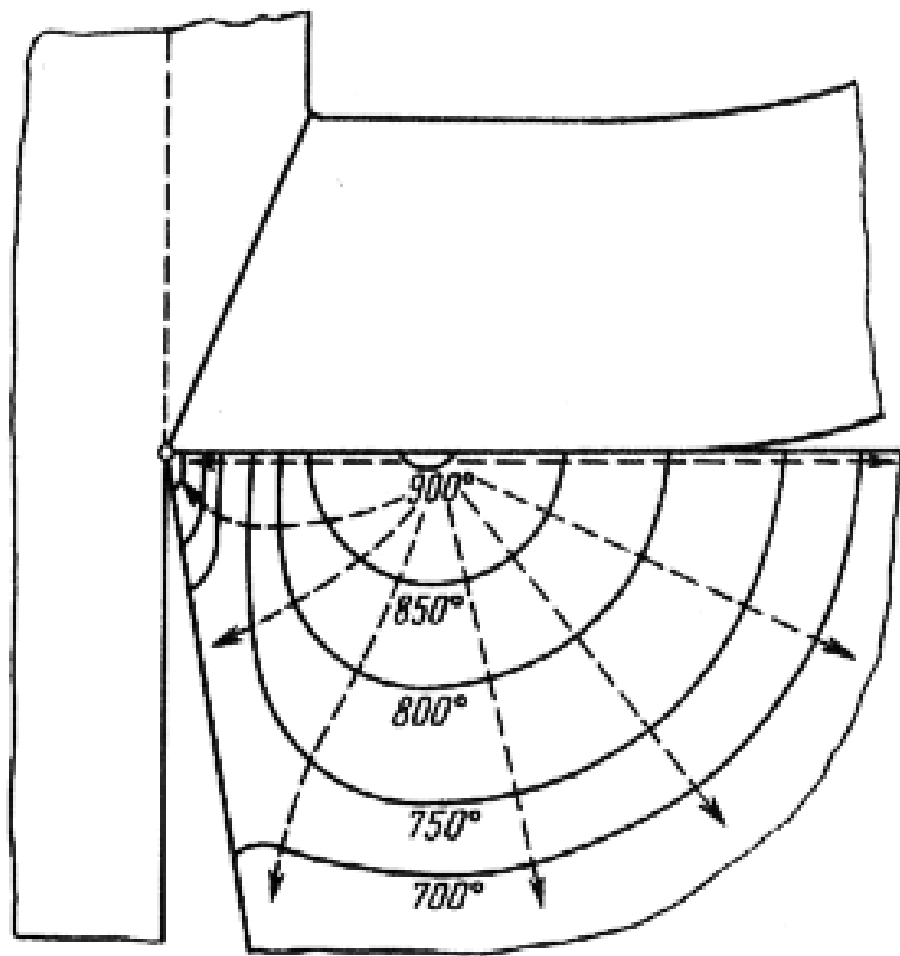
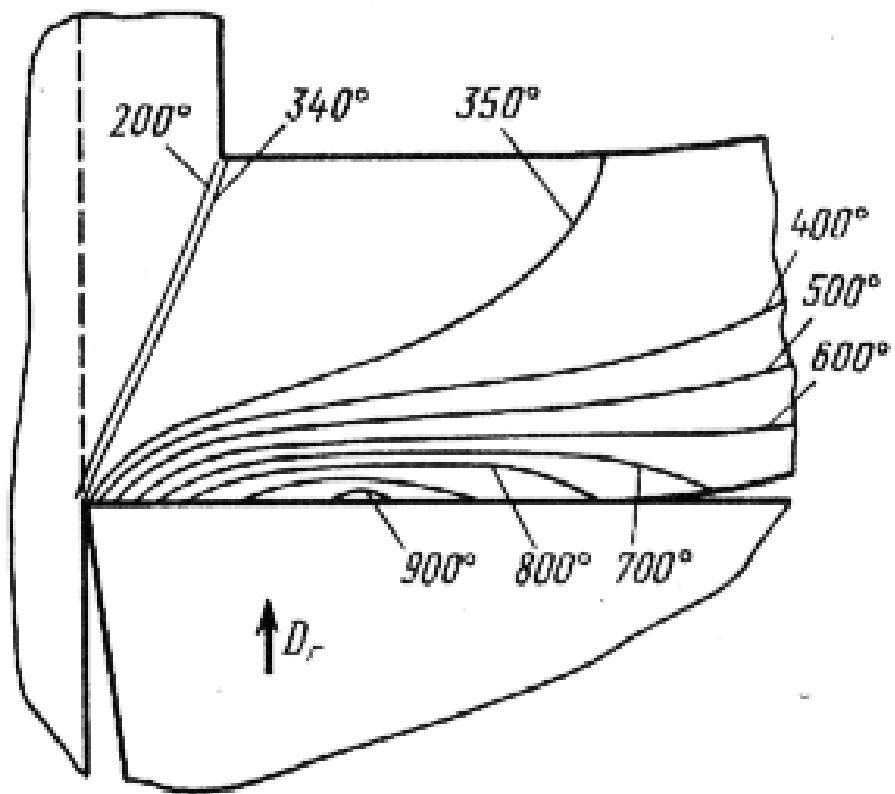
Это очень важно знать при оценке интенсивности износа отдельных участков инструментов с целью выбора их оптимальных геометрических параметров и назначения оптимальных режимов резания.

Частичное решение этой задачи дает применение метода термочувствительных покрытий (термоиндикаторов) и радиационного метода.

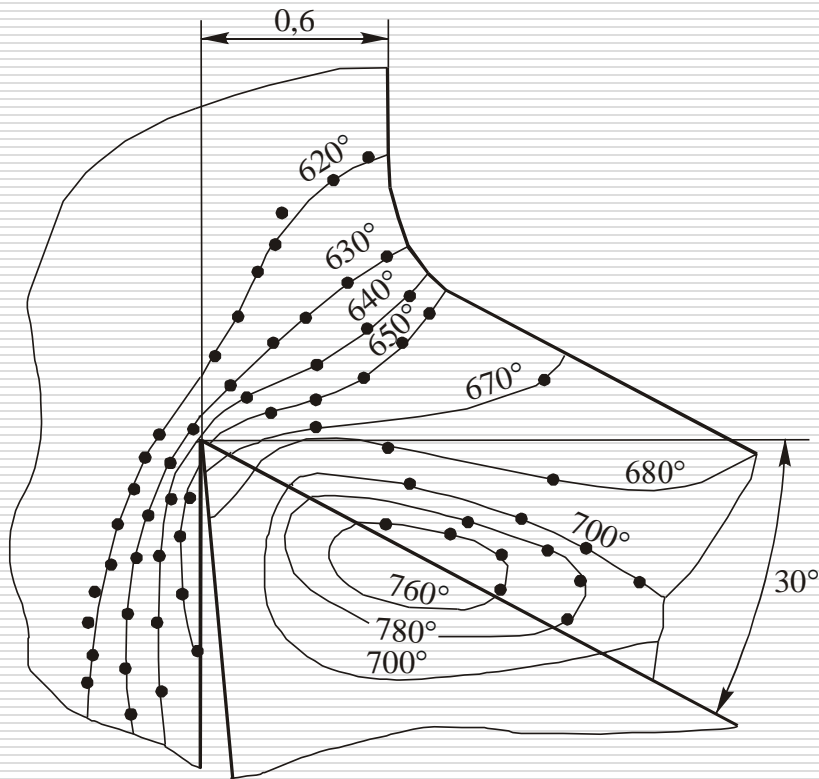


радиационный метод





Оптические фотоэлектрические датчики, специальные приборы



температура в инфракрасной части спектра в отдельных точках боковой поверхности резца и зоны резания

- Низкая разрешающая способность;
- блики;
- невозможно измерить температуру резания непосредственно на площадках контакта...

Термокраски и термопокрытия



- набор красок;
- тарировочные таблицы;
- инструментальный микроскоп.

Метод определения температуры резания недостаточно точен при определении температуры вблизи контактных поверхностей режущего клина

АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОЛЕЙ В ЗОНЕ РЕЗАНИЯ

Первые попытки расчета поля температур сводились к использованию решений классических задач теории теплообмена в твердых телах. Температура резания определялась решением общего уравнения теплопроводности:

$$\frac{\partial \Theta}{\partial t} = -\alpha \left(\frac{\partial^2 \Theta}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Theta}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \Theta}{\partial z^2} \right)$$

где: $\alpha = \lambda / (c \rho)$ – коэффициент температуропроводности;

λ – коэффициент теплопроводности;

c – теплоемкость;

ρ – плотность материала;

Граничные условия, связанные с характеристиками реального процесса резания.

Математическое описание условий теплообмена на граничных поверхностях зоны деформации представляет значительные трудности.



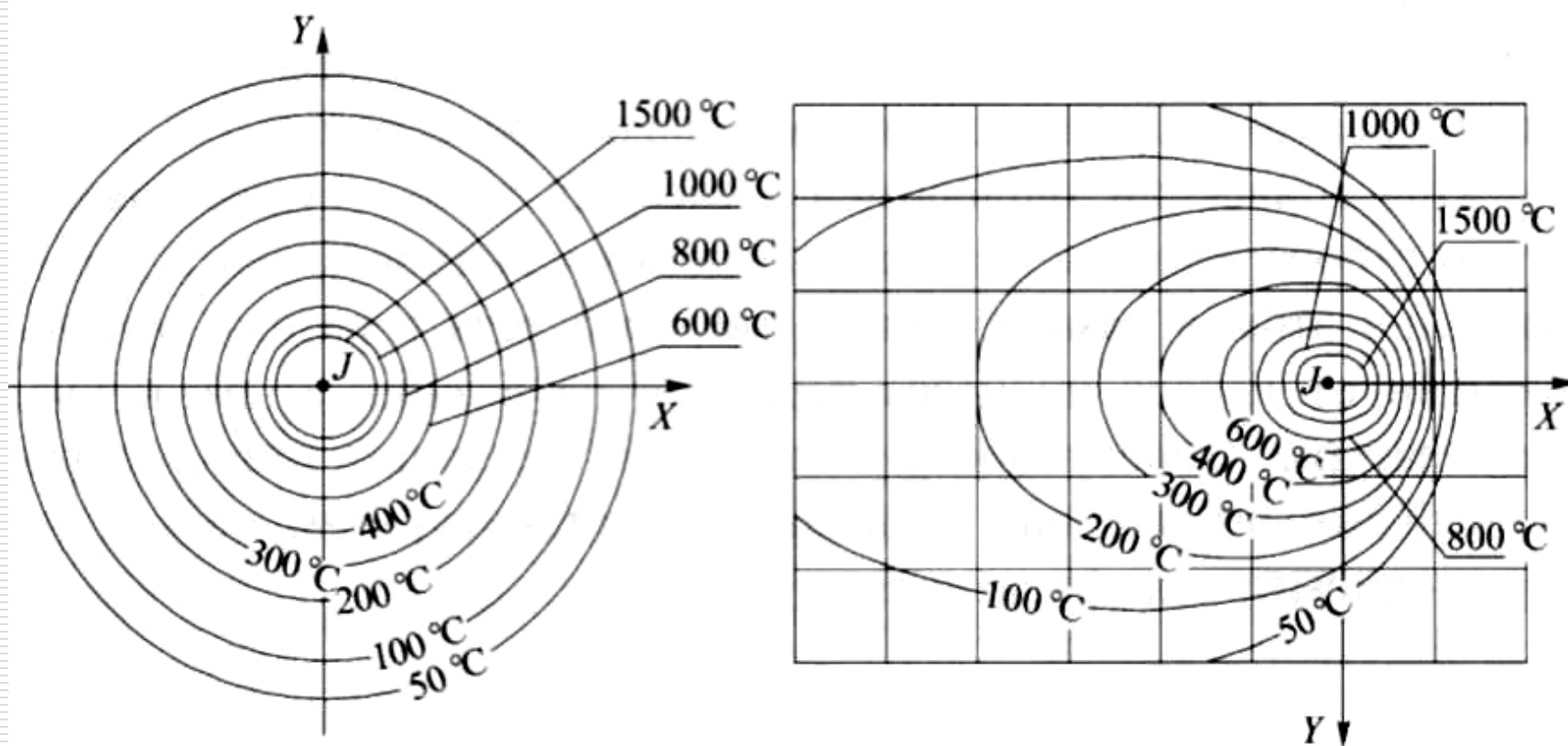
допущения и упрощения

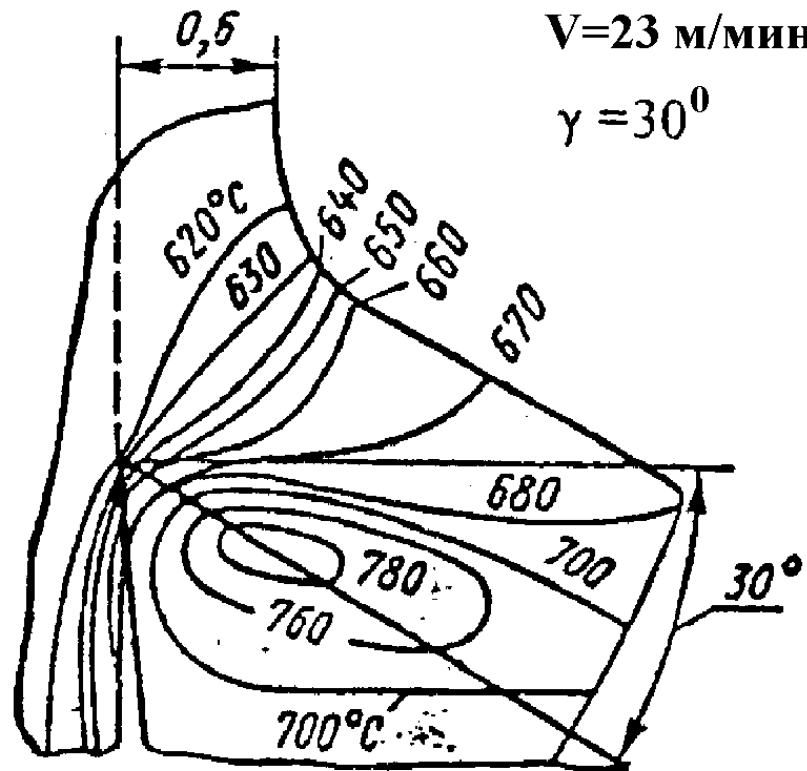
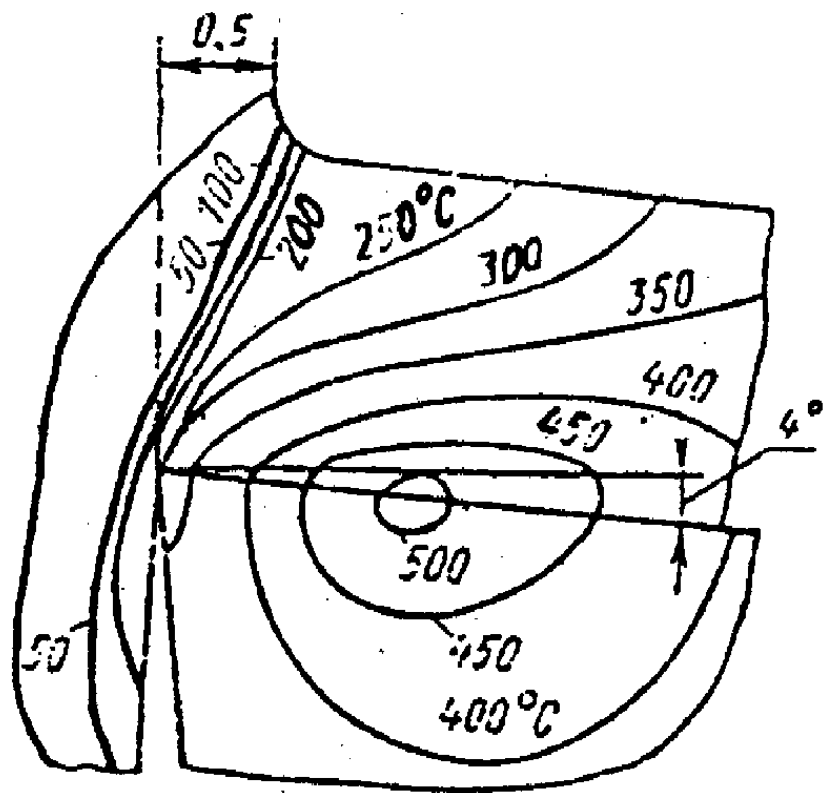


значительное снижение ценности решения задачи, громоздкость, большое количество трудноопределяемых коэффициентов

Метод источников тепла

Источники тепла рассматриваются как местные, сосредоточенные или распределенные, неподвижные и подвижные, мгновенные и длительного действия.

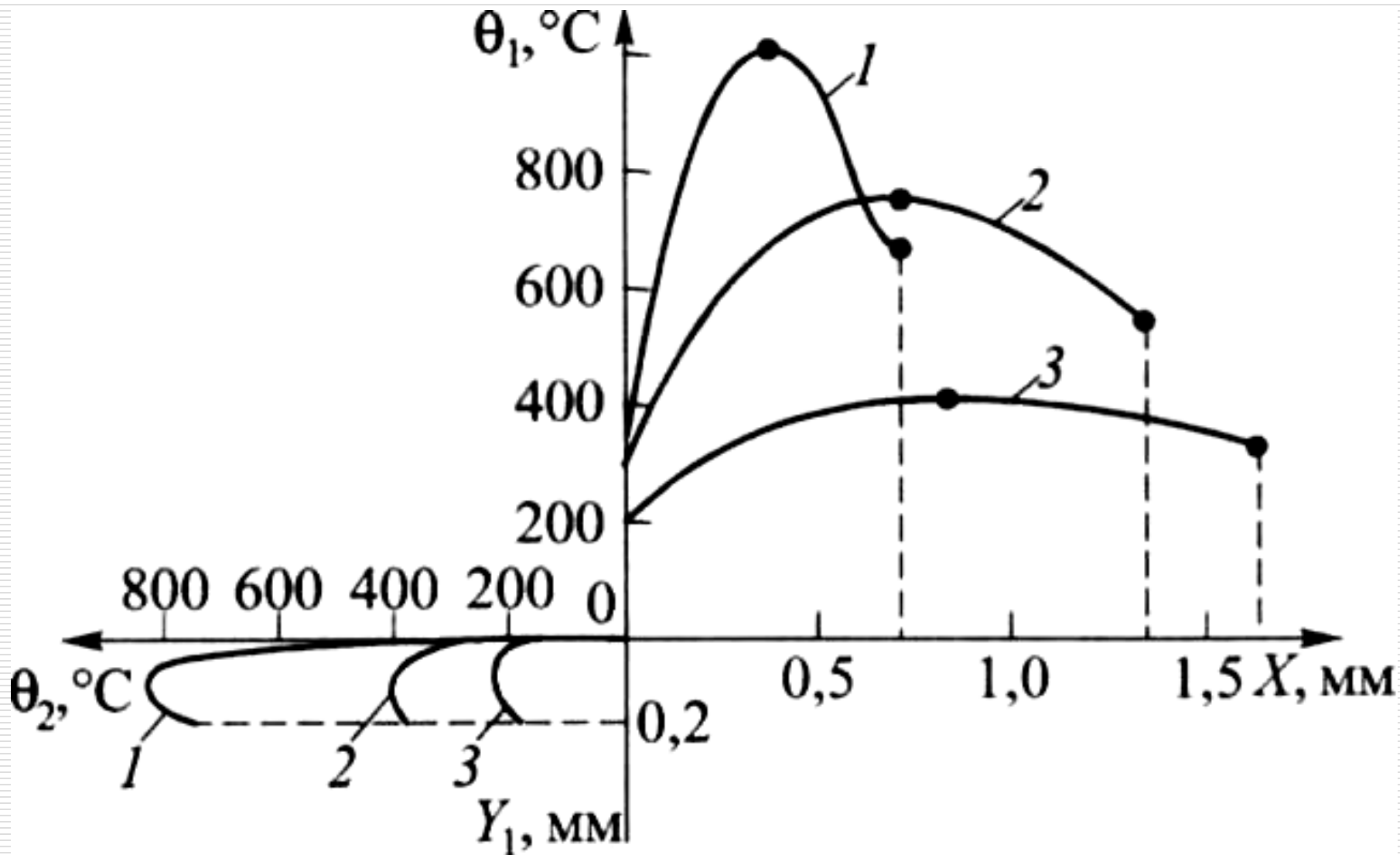




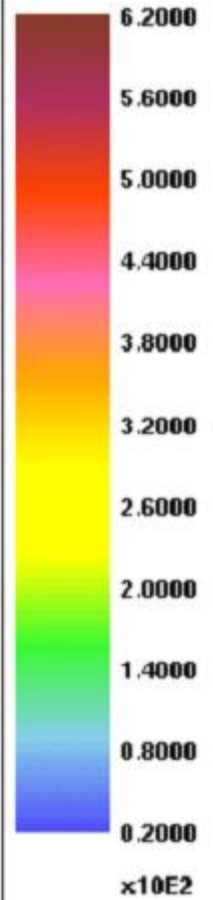
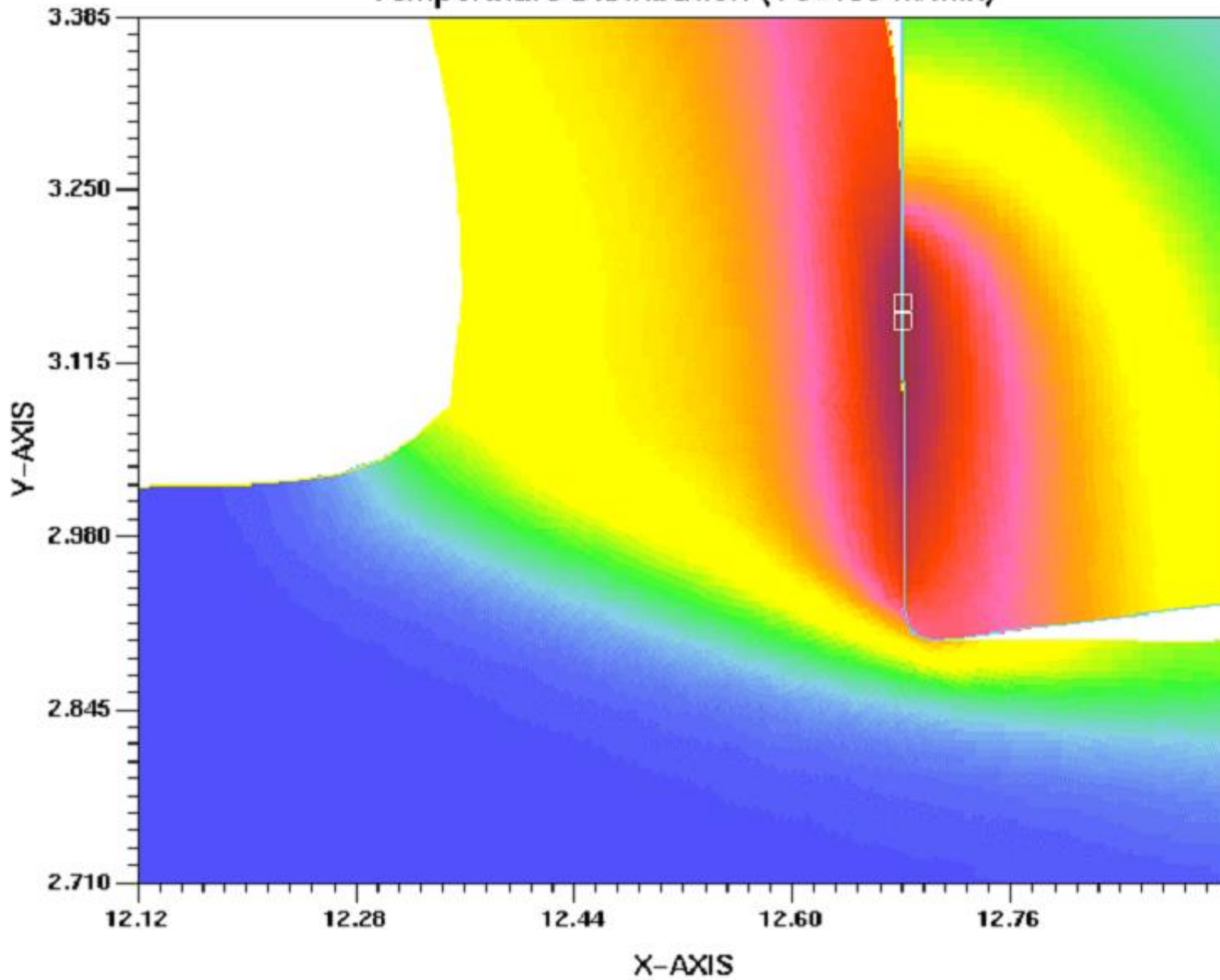
Температурное поле в зоне резания (материал Ст 45, $V=23$ м/мин), полученное: а) расчетным путем; б) радиационно-оптическим методом

- Налипы и наросты;
- коррозия;
- упрочнение и разупрочнение поверхностных слоев;
- диффузия;
- адгезия;
- эрозия;
- окисление;
- и другие физико-химические явления

Распределение температуры по передней и задней поверхностям

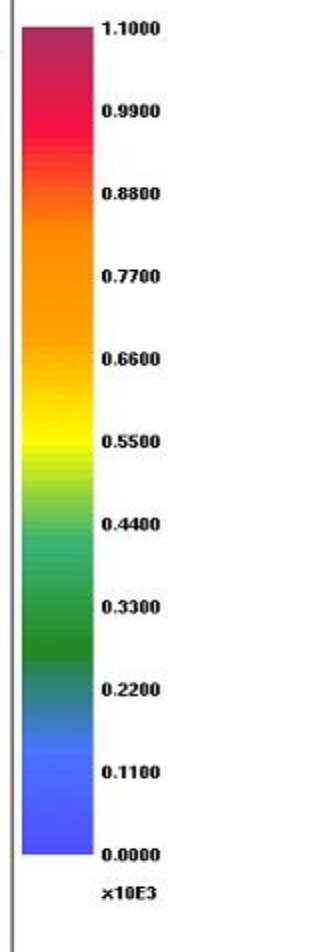
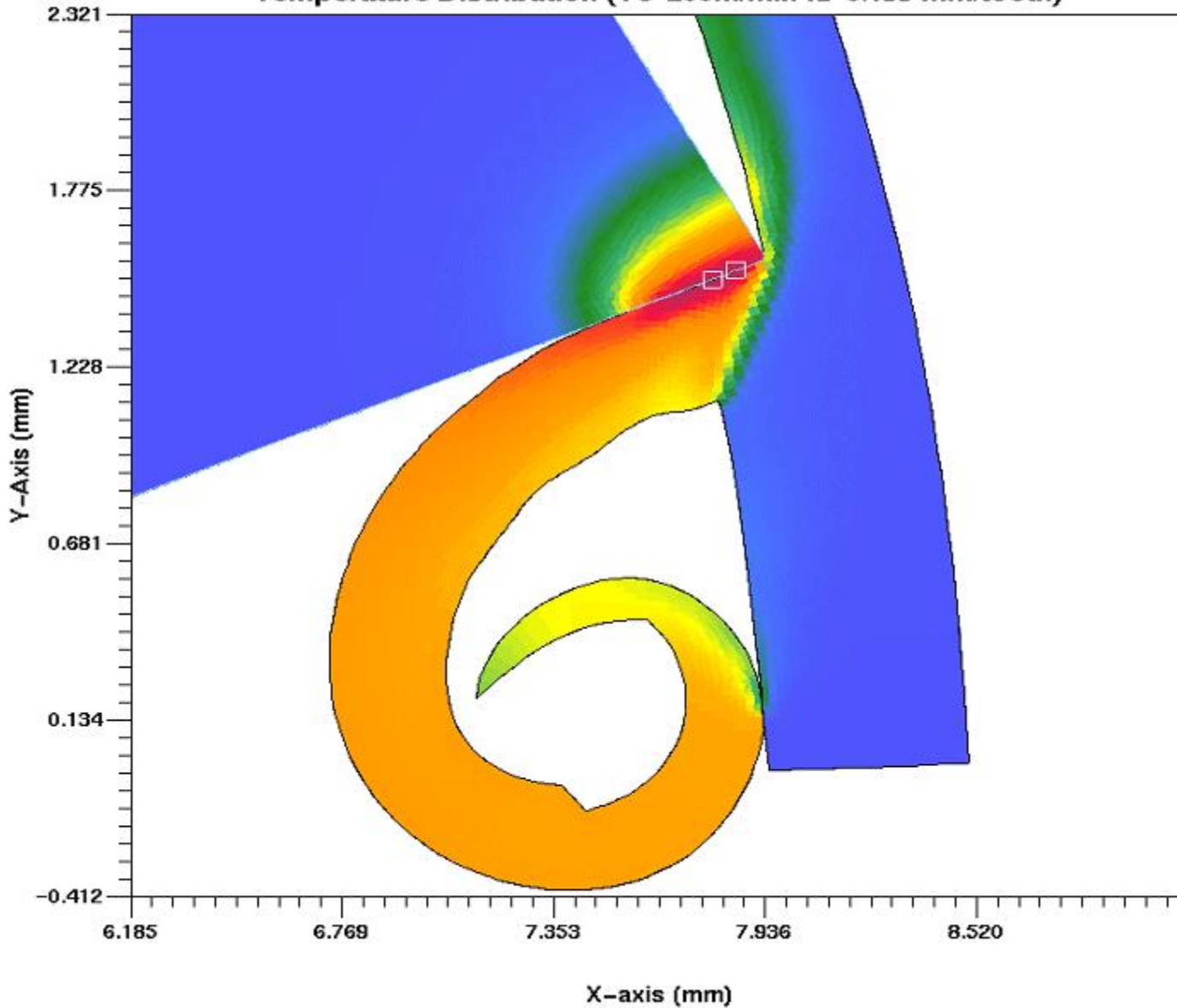


Temperature Distribution (Vc=150 m/min)



- Object 1**
△ 0.2000E02
□ 6.0053E02
- Object 2**
△ 0.2000E02
□ 6.0474E02

Temperature Distribution ($V_c=200\text{m/min}$ $f_z=0.155\text{ mm/tooth}$)



- Object 1
△ 0.0200E03
□ 1.1034E03
- Object 2
△ 0.0200E03
□ 1.0814E03



ВЛИЯНИЕ НА ТЕМПЕРАТУРУ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ

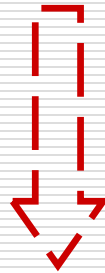
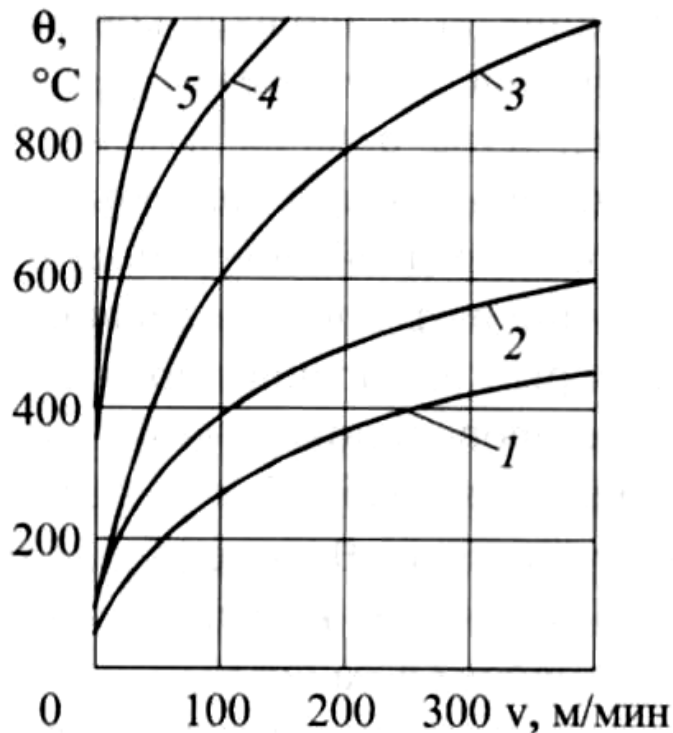
$$\Theta = C \cdot V^m \cdot S^n \cdot t^q \cdot K_\gamma \cdot K_{\text{СОТС}}$$

$$\Theta = 148,8 \cdot V^{0,4} \cdot S^{0,24} \cdot t^{0,1}$$

$$\Theta = 314 \cdot V^{0,23} \cdot S^{0,4} \cdot t^{0,04}$$

v > s > t

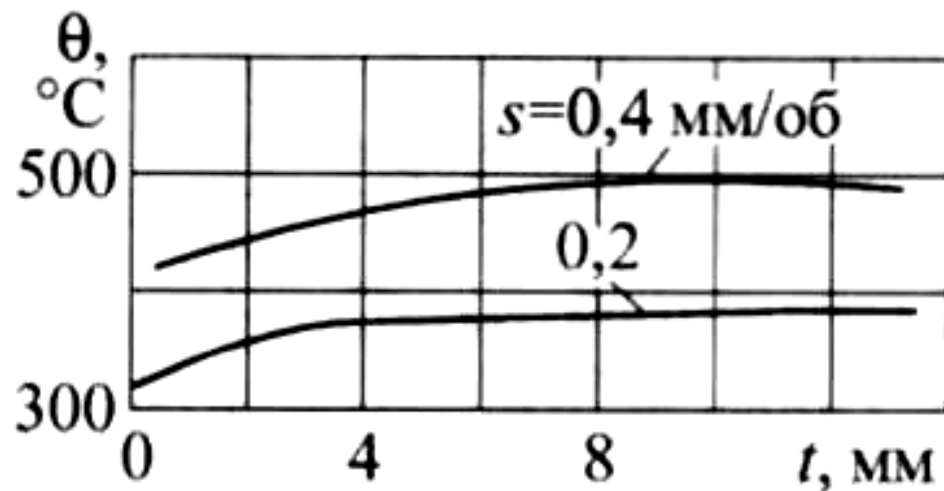
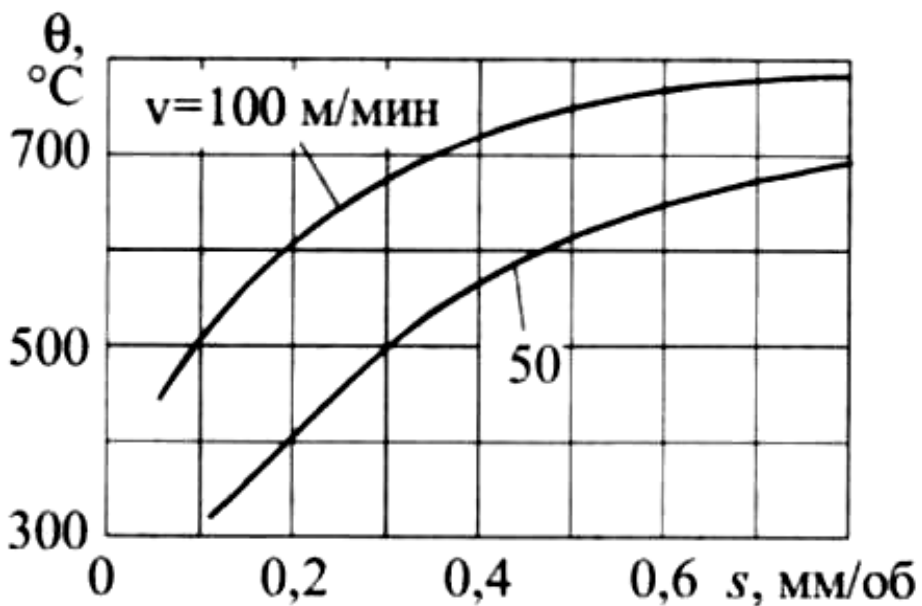
Наибольшее влияние на температуру резания оказывают скорость и свойства обрабатываемого и инструментального материалов, в частности их теплопроводность, прочность и пластичность.



- 1** – алюминий
- 2** – латунь
- 3** – малолегированная сталь
- 4** – высоколегированная сталь
- 5** – титановый сплав ВТ3-1

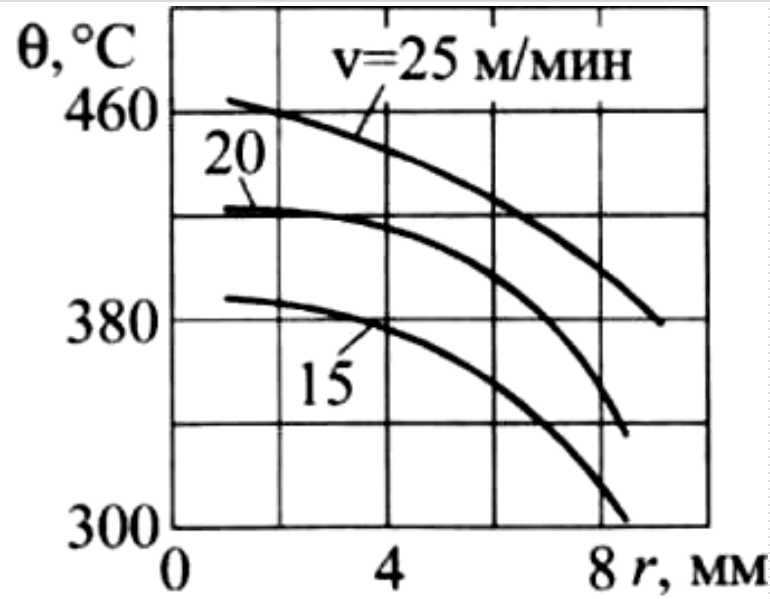
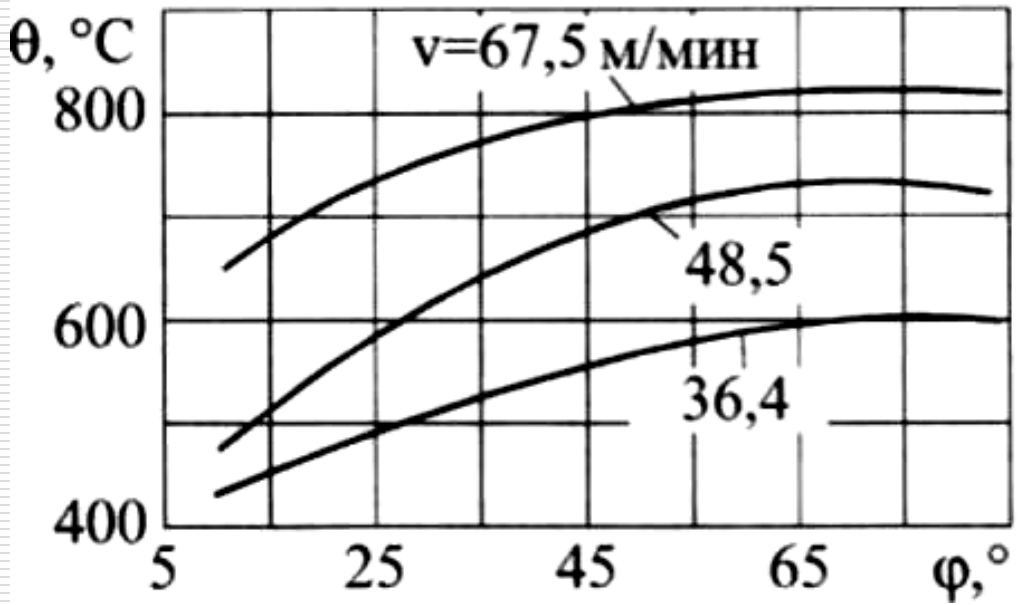
Влияние скорости подачи и глубины резания

менее заметно



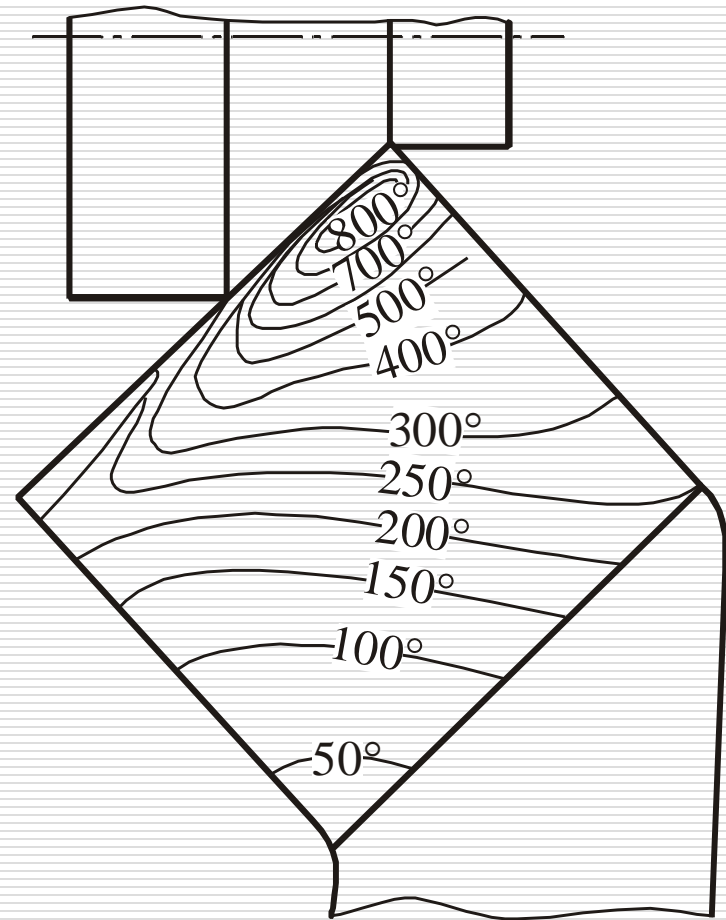
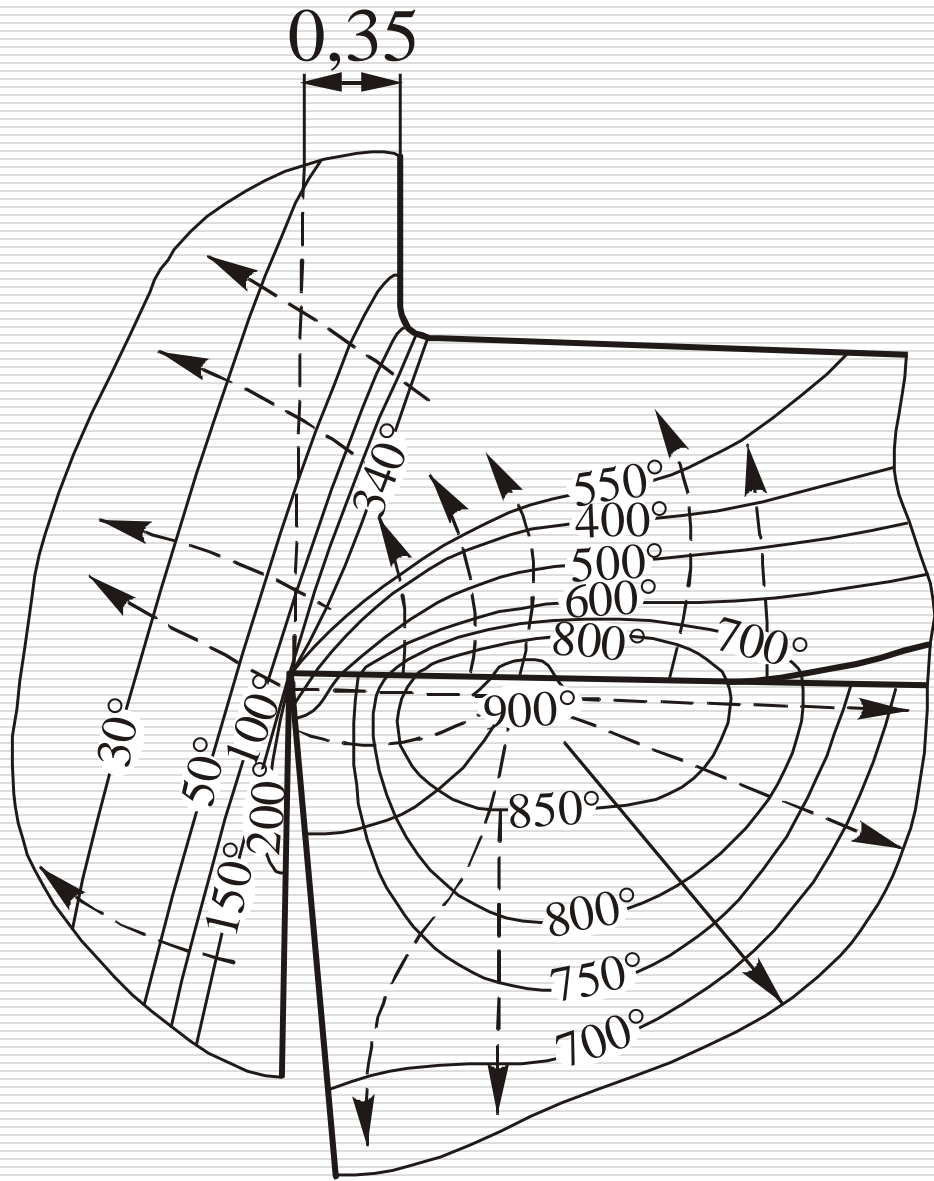
увеличивается площадь контакта
инструмент/стружка

Влияние главного угла в плане и радиуса при вершине

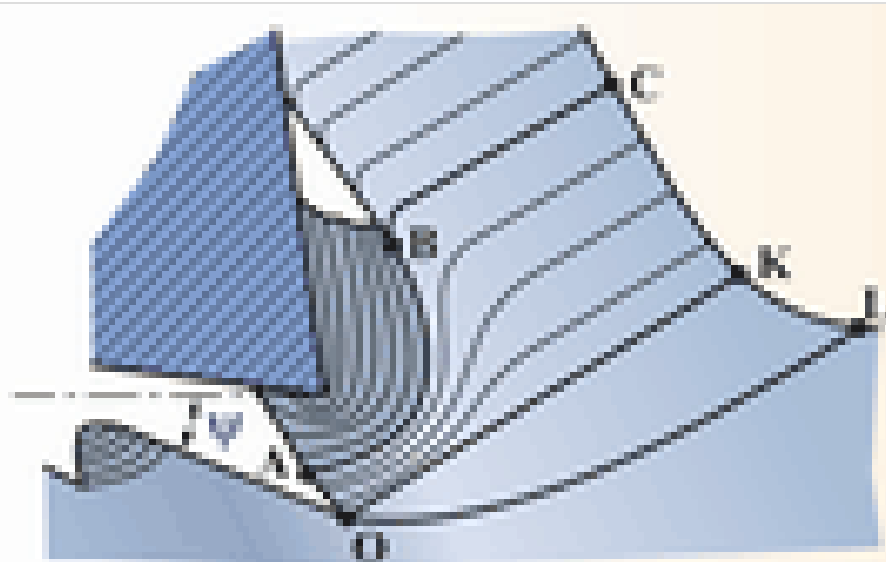
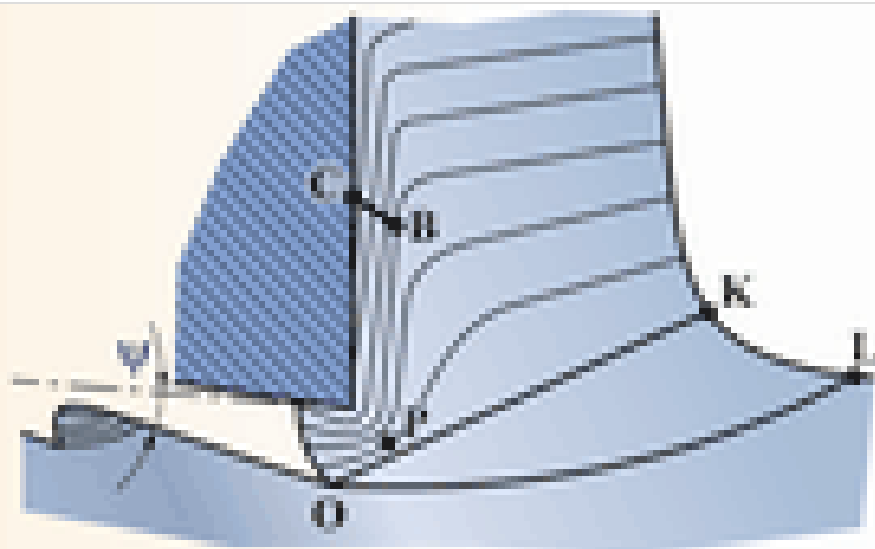


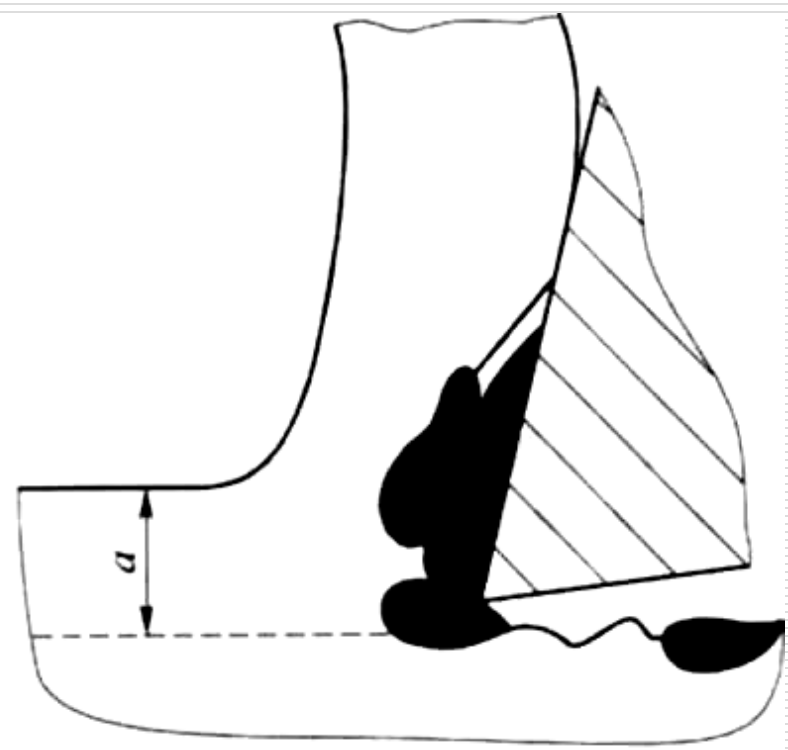
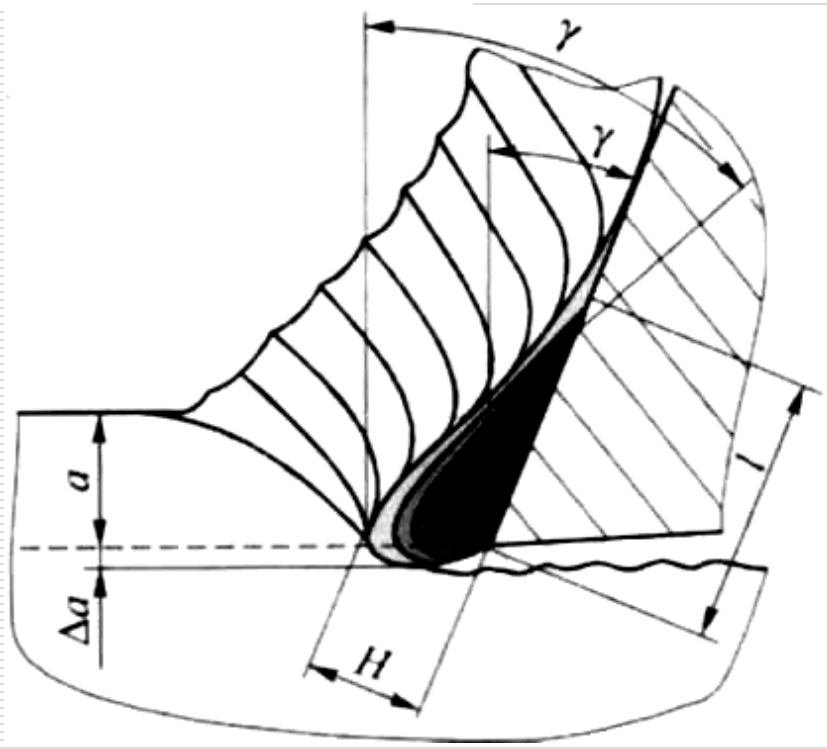
Передний угол существенно не влияет на температуру резания.

- снижается мощность источника теплообразования
- несколько ухудшаются условия отвода теплоты в инструмент



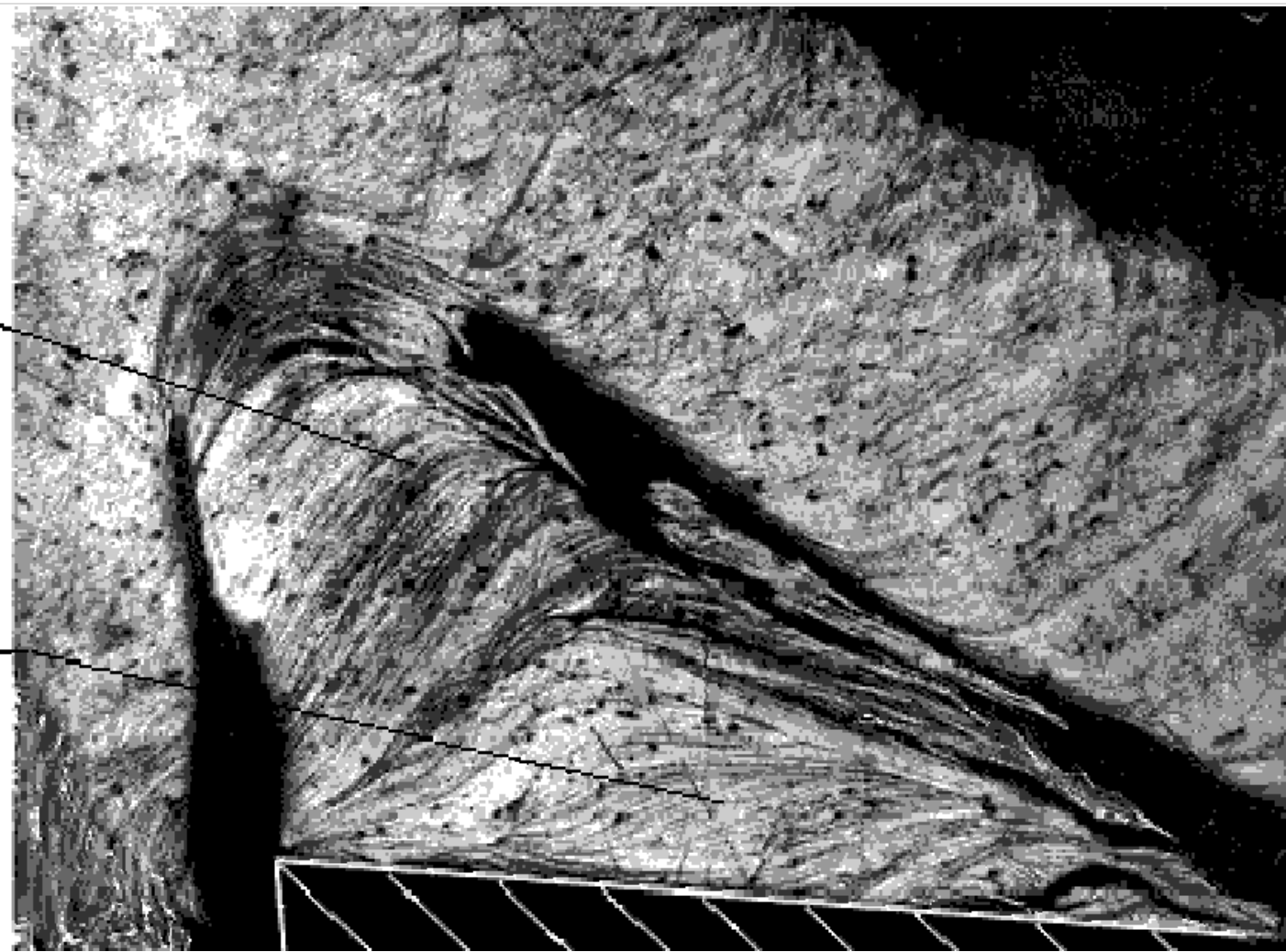
НАРОСТООБРАЗОВАНИЕ

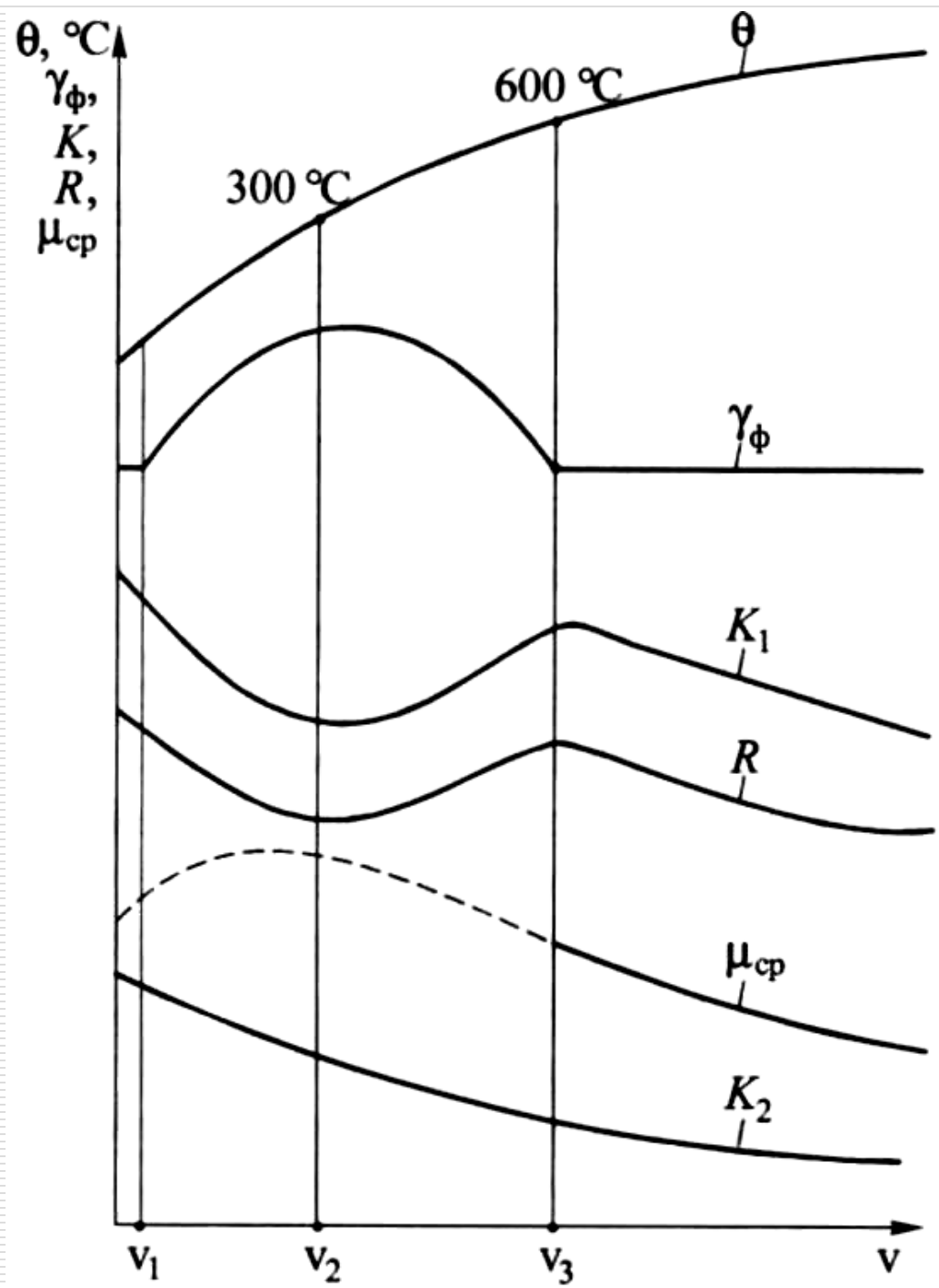
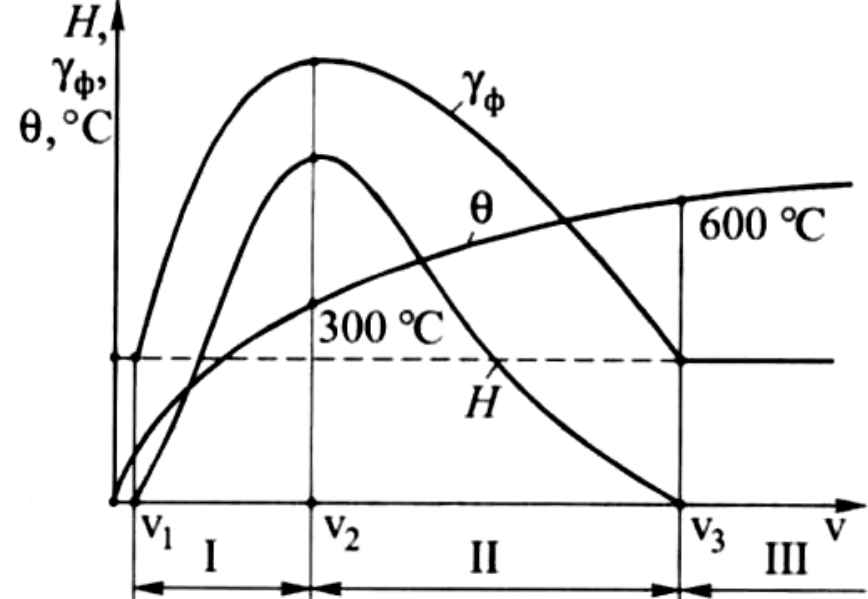




Вершина нароста

Основание
нароста





Следующая лекция «**Износ и стойкость инструмента**»

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ
