

9. М.И. Чудаков и др. Свободные радикалы в конденсированных препаратах лигнина. — В сб.: Тр. ВНИИГС. Т. ХУ. М., 1966.

А.В. Моисеев, Л.М. Двоскин

ТЕПЛОВЫЕ ЯВЛЕНИЯ ПРИ РЕЗАНИИ ДРЕВЕСИНЫ И ТЕПЛОВЫЙ ИЗНОС ИНСТРУМЕНТА

При аналитическом исследовании тепловых явлений при резании необходимо схематизировать процесс.

При схематизации процесса желательно учесть все тела, участвующие в процессе резания: резец, стружку, обрабатываемую деталь. Резец или зуб многолезвийного инструмента можно представить в виде клина неограниченного в двух или одном направлении. Такое решение может быть принято во всех случаях, когда работают цельным инструментом и размеры контактных площадок малы по сравнению с размерами инструмента. Стружку можно представить в виде стержня, не имеющего ограничения в одном или в двух направлениях / в зависимости от толщины и теплофизических характеристик/. Изделие можно представить в виде полупространства.

В процессе резания различают три основных источника тепла (рис. 1):

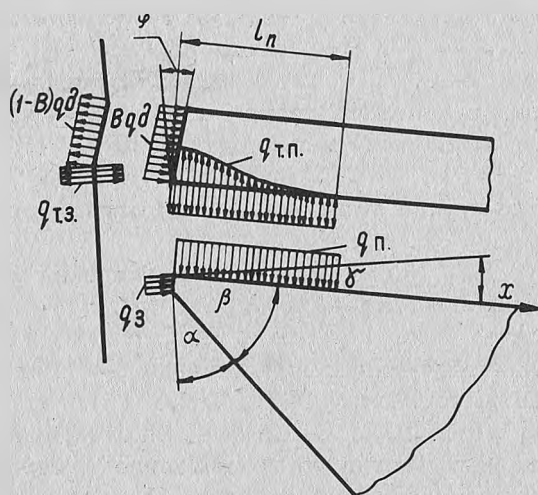


Рис. 1. Схема источников тепла.

1. Источник, эквивалентный работе деформации, Q_n .
2. Источник, эквивалентный работе сил трения по передней поверхности инструмента, $Q_{m.n}$.
3. Источник, эквивалентный работе сил трения по задней поверхности инструмента, Q_3 .

Для определения температурных полей и контактных температур необходимо учесть все источники и стоки тепла, действующие на каждое из тел.

Температурное поле в резце определяется как результат наложения температурных полей от стоков Q_n и Q_3 (рис. 1).

Математическое описание температурного поля резца будем вести, пользуясь методологическими положениями проф. А.Н. Резникова [1].

Положение любой точки в теле резца будем получать в цилиндрической системе координат. Ось X пройдет по передней поверхности клина. Температурное поле будем рассматривать в плоскости $z=0$, т.е. в плоскости симметрии источника.

Источники Q_n и Q_3 расположены неподвижно относительно поверхностей резца, поэтому, применив формулу для плоского неподвижного источника [1], получим расчетную формулу для определения температурного поля в резце

$$\theta(\kappa \epsilon) = \frac{1}{40\pi \lambda_p} \left[q_n l_n \sum_{n=0}^{n=m} T(\rho; \mu_n; \eta_p) + q_3 l_3 \sum_{n=0}^{n=m} T(\rho'; \mu'_n; \eta'_p) \right] \quad (1)$$

где λ_p — коэффициент теплопроводности материала инструмента;

$T(\rho; \mu_n; \eta_p)$ — функция, показывающая, как распределена температура в теле резца от источника Q_n ;

$T(\rho'; \mu'_n; \eta'_p)$ — функция, показывающая, как распределена температура в теле резца от источника Q_3 ;

l_n — длина площадки контакта стружки с резцом;

l_3 — длина площадки контакта изделия и резца;

m — число отраженных источников.

В выражении (1) введены безразмерные критерии:

$$\rho = \frac{r}{l_n} ; \quad \rho' = \frac{r}{l_3} ; \quad \eta_p = \frac{b}{l_n} ; \quad \eta'_p = \frac{b}{l_3} ,$$

где r — радиус-вектор;

b — ширина площадки контакта.

Значение m может быть найдено из выражения

$$m = \frac{360}{\beta} - 1, \quad (2)$$

где β — угол заострения.

Угол μ_n , определяющий положение рассматриваемой точки в теле резца относительно источника, может быть найден из следующих выражений.

Для источника, действующего на передней поверхности резца,

$$\begin{aligned} \mu_n &= n\beta - \varepsilon \quad (\text{для четных } n); \\ \mu_n &= (1-n)\beta - \varepsilon \quad (\text{для нечетных } n). \end{aligned}$$

Для источника, действующего на задней поверхности резца,

$$\begin{aligned} \mu_n' &= (1+n)\beta - \varepsilon \quad (\text{для четных } n); \\ \mu_n' &= -n\beta - \varepsilon \quad (\text{для нечетных } n). \end{aligned}$$

где ε — угол поворота радиус-вектора.

Значение величины q_n и q_s находим, исходя из предположений о равенстве температур резца и стружки в характерных точках контакта.

Как показал эксперимент, такими точками на передней поверхности являются точки в середине площадки контакта резец-стружка; на задней — точка в конце площадки контакта инструмента и изделия.

С целью проверки результатов расчетов по приведенным формулам нами были проведены экспериментальные исследования по определению температур на контактных поверхностях и в теле резца. В качестве датчиков температуры были использованы искусственные и полусинтетические микротермопары, которые укладывались в канавки в теле резца, горячий спай термопар образовался путем покрытия передней и задней поверхности резца электролитическим металлом, хромом или железом. Толщина проволок термопар составляла 40 мкм. В

резец одновременно укладывалось семь термопар, четыре из них выходили на переднюю поверхность, а оставшиеся — на заднюю. Запись показаний термопар велась при помощи усилителя постоянного тока ТУП-101 и осциллографа Н-700.

Установка для резания была изготовлена на базе токарного станка ТВ-4. Привод главного движения резания позволял получать скорости от 10 до 50 м/сек.

Заново был изготовлен механизм движения подачи и полуавтоматическая система управления им. Толщина стружки изменялась от 0,05 до 0,8 мм. Направление резания было продольное и торцовое. Влажность древесины сосны составляла 10%.

Проведенные исследования показали, что наибольшее влияние на температуру резания оказывает скорость резания. При изменении скорости резания от 10 до 40 м/сек максимальная температура на передней поверхности возросла от 300 до 800°C.

При изменении толщины стружки от 0,05 до 0,2 мм наблюдается довольно интенсивный рост температур, при дальнейшем увеличении подачи температура растет очень медленно.

Эксперимент показал, что изменение заднего угла от 30 до 8° практически мало изменяет температуру резания, дальнейшее уменьшение заднего угла вызывает рост температур за счет увеличения интенсивности источника по задней поверхности.

Температура нагрева режущей части инструмента может влиять на его износ как прямо, так и косвенно. Прямое влияние будет выражаться в размягчении некоторых структурных составляющих поверхностных слоев металла и уносе их со стружкой. Косвенное влияние будет выражаться в интенсификации окислительных процессов, появлении деструкции древесины и т.д.

Для определения прямого влияния температуры на износ инструмента нами были проведены металлографические исследования различных материалов.

Методика проведения исследований заключалась в следующем: из материалов У10, ВК15, Х6ВФ изготавливались резцы, которыми производилось торцовое фрезерование со скоростью $V = 20$ м/сек, толщина стружки 0,2 мм. Резание производилось при одинаковом пути резания (10000 м), после чего из резца изготавливался микрошлиф, который рассматривался и фотографировался при помощи металлографического микроскопа МИМ-7.

При работе углеродистыми и легированными сталями в результате размягчения лезвия резца происходит пластическое



Рис. 2. Микрошлиф реза из стали X6BF.

деформирование лезвия, загиб его в сторону задней поверхности (рис. 2). Происходит увеличение радиуса закругления режущей кромки от 5 мкм до 30 мкм.

Эти явления могут быть объяснены тем, что карбиды, входящие в состав углеродистых и легированных сталей, сравнительно легко разлагаются при нагреве выше AC_1 на диаграмме $Fe - Fe_3C$, растворяются в аустените и не оказывают защитного действия на лезвие.

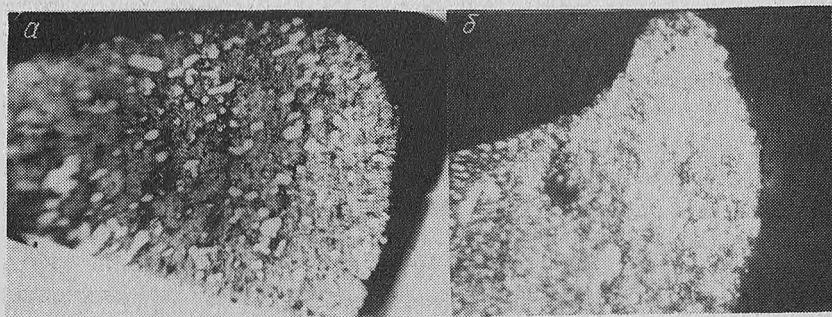


Рис. 3. Микрошлиф реза из стали P18:
а -- твердость $HRC=50$; б -- твердость $HRC=35$.

Исследования работы резцов из быстрорежущей стали показали, что карбиды стали Р18, растворение которых происходит только при 1200°C , хорошо защищают лезвие от износа. Механизм износа этой стали, вероятно, имеет следующий вид: размягчение и "вымывание" мартенсита вокруг карбидных зерен, а затем вырывание и самого карбида.

На рис. 3, а, б показаны фотографии микрошлифов стали Р18. Иногда мы наблюдали загиб режущей кромки резца у стали Р18 (рис. 3, б). Величина этой пластической деформации всегда значительно меньше, чем у углеродистых и хромистых легированных сталей, что мы объясняем большей стойкостью не только карбидов, но и мартенсита быстрорежущей стали.

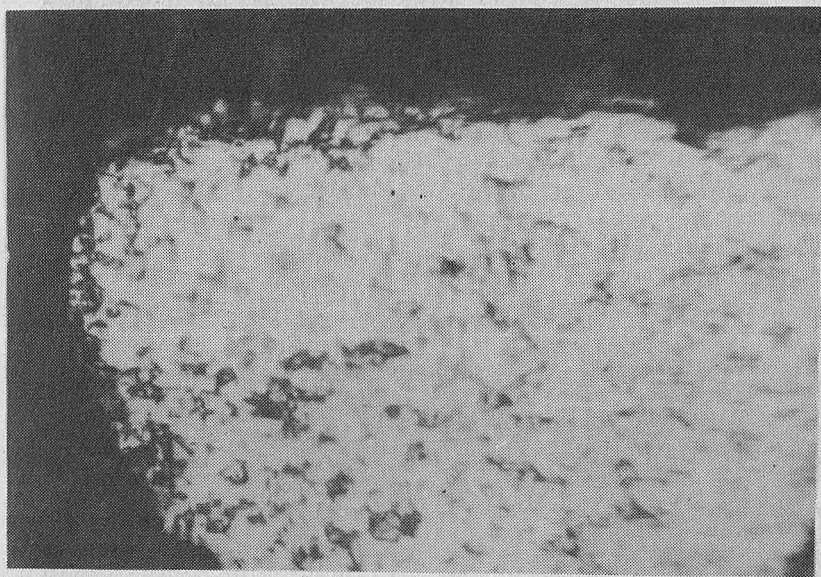


Рис. 4. Микрошлиф из сплава ВК 15.

На рис. 4 представлена фотография микрошлифа лезвия твердосплавного резца из сплава ВК 15. На снимке ясно видно (еще лучше это видно при визуальном наблюдении в микроскоп), что износ твердого сплава происходит не путем плавного истирания вершины лезвия, а путем выкрашивания относительно крупных блоков зерен.

Предположительно механизм износа твердого сплава происходит следующим образом. Высокие температуры нагрева лезвия не могут существенно повлиять на механические свойства

карбидов, входящих в состав сплавов, еще менее вероятен механический износ этих карбидов, но зерна карбидов связаны между собой мягким и малотеплостойким кобальтом.

Высокий градиент температур у лезвия резца вызывает большие термические напряжения, которые могут привести к образованию микротрещин между блоками зерен. Этому способствует также разница в коэффициентах линейного расширения карбидов и кобальта. В результате происходит выкрашивание блоков зерен.

Все эти процессы происходят в присутствии воды и водных растворов поверхностно-активных веществ, содержащихся в древесине, что, согласно теории академика Робиндера, всегда увеличивает интенсивность износа. Характер теплового износа зависит не только от состава стали, но и от ее начальной твердости. При низкой твердости течение металла под воздействием температуры распространяется на относительно большой объем металла. При высокой — в деформации участвует только поверхностный слой. Сталь с твердостью 35–45 HRC обычно образует на лезвии завернутый в сторону задней поверхности заусенец. Сталь твердостью выше 45 HRC образует на лезвии валик за счет осаживания нагретого металла. Таким образом, можно сделать вывод, что влияние температуры на износ резца при обработке древесины (если твердость в пределах нормы) идет главным образом за счет деформации металла, а не за счет его диспергирования.

Литература

1. А. Н. Резников. Теплофизика резания. М., 1969.

Н. И. Цветкова

АНАЛИТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ПРОФИЛЯ ФРЕЗЫ

При проектировании фасонных фрез сложного профиля и особенно малых размеров, например для производства деталей механики пианино, необходимо применять аналитический метод расчета профиля фрезы, так как графический оказывается недостаточно точным.

По заданию Борисовской фабрики пианино в 1972 г. кафедра станков и инструментов участвовала в выполнении темы "Раз-