

Расчет и конструирование машин

УДК 621.951.7

Наростообразование и работоспособность режущего инструмента

А.Е. Древаль, М.С. Лужанский

Рассмотрена зависимость частоты образования и срывов наростов при свободном резании конструкционных сталей от скорости резания и толщины срезаемого слоя. Выполнен анализ влияния на стойкость инструмента дискретности контакта задней поверхности с поверхностью резания. Показано, что существование нароста изменяет монотонный характер стойкостной зависимости.

Ключевые слова: резание металлов, нарост, металлорежущий инструмент, износ, стойкость.

Build-up formation and cutting tool workability

A.E. Dreval, M.S. Luzhansky

The paper presents the relationship of the frequency of build-up formation and its destruction against the cutting speed for different chip thickness. The analysis of wear evolution when cutting with tool build-up has been carried out. The build-up formation is shown to change the tool wear character.

Keywords: metal cutting, build-up, cutting tool, tool wear, resistance.

Процесс наростообразования, его влияние на основные показатели точности и шероховатости поверхности обработки изучался многими исследователями [1–4]. В настоящей работе ставится более узкая задача — выявить особенности наростообразования, оказы-



ДРЕВАЛЬ
Алексей Евгеньевич
доктор технических наук,
профессор
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)

DREVAL
Alexey Evgenievich
Dr. Sc. Techn., Professor
(MSTU named
after N.E. Bauman)



ЛУЖАНСКИЙ
Максим Сергеевич
студент
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)

LUZHANSKY
Maxim Sergeevich
student
(MSTU named
after N.E. Bauman)

вающие влияние на работоспособность режущего инструмента, в частности на стойкость инструмента.

Размеры нароста, местоположение его на лезвиях, частота срывов оказывают существенное влияние на процесс обработки. На образовавшийся нарост действует система внешних сил, нормальных и касательных, а также силы трения и адгезии. В момент нарушения баланса сил происходит частичное или полное разрушение нароста. В дальнейшем нарост восстанавливается до следующего разрушения. Процесс разрушения и восстановления нароста определяется физико-химическими свойствами обрабатываемого и инструментального материалов, параметрами режима резания, геометрическими параметрами инструмента, качеством поверхности лезвий. Процесс образования и срыва нароста при резании металла непрерывен [1, 3]. Упрощенная схема наростообразования представлена на рис. 1 [3].

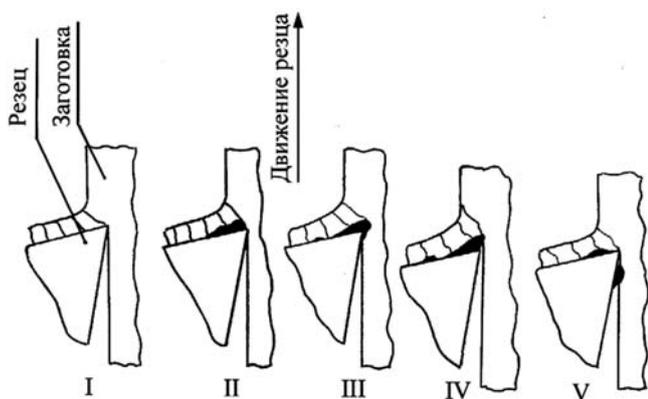


Рис. 1. Упрощенная схема наростообразования

В стадии I нароста еще нет, имеет место непосредственный контакт задней поверхности инструмента с поверхностью резания и передней поверхности со стружкой. В стадии II уже имеется нарост, его размеры таковы, что он не выходит за пределы режущего лезвия, но отодвигает контакт стружки с передней поверхностью от режущей кромки. В стадии III нарост нависает над задней поверхностью и тем самым исключает ее контакт с обрабатываемой поверхностью. В стадии IV нарост достигает наибольших размеров, при определенной его величине он начинает разрушаться. В стадии V нарост

сходит по передней и задней поверхностям. Представленная схема условно отражает возможные стадии наростообразования. Нарост может разрушиться не полностью, «срезается» часть нароста — его вершина, а затем идет его восстановление, возможны другие варианты. Количество срывов, форма и время образования и существования нароста носят случайный характер, поэтому для количественной и качественной оценки следует оперировать их средними значениями, полученными по результатам нескольких экспериментов.

С целью определения времени контакта задней поверхности инструмента с обработанной поверхностью выполнено экспериментальное исследование зависимости среднего времени контакта t_k от основных параметров режима резания при обработке конструкционной углеродистой стали 45 195 НВ резцом с углами $\gamma = 10^\circ$, $\alpha = 10^\circ$ из стали P18 при свободном резании при строгании и точении цилиндрического буртика. Точение позволяет осуществлять непрерывное протяженное резание, в то время как при строгании непрерывный путь резания ограничен длиной рабочего хода строгального станка. Схемы обработки представлены на рис. 2. Обработка проводилась без использования СОЖ. Эксперименты по схеме, изображенной на рис. 2, а, выполнены аспирантом И.В. Ткаченко, по схеме, изображенной на рис. 2, б — студентом М.С. Лужанским.

Путь инструмента с непосредственным контактом задней поверхности с поверхностью обработки L_{ki} измерялся посредством оценки шероховатости обработанной поверхности в направлении движения резца на профилографе-профилометре и оптическим способом.

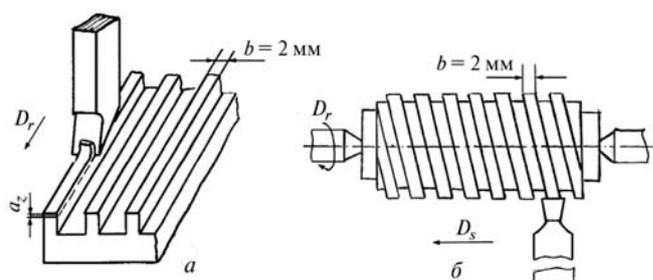


Рис. 2. Схемы исследования процесса наростообразования

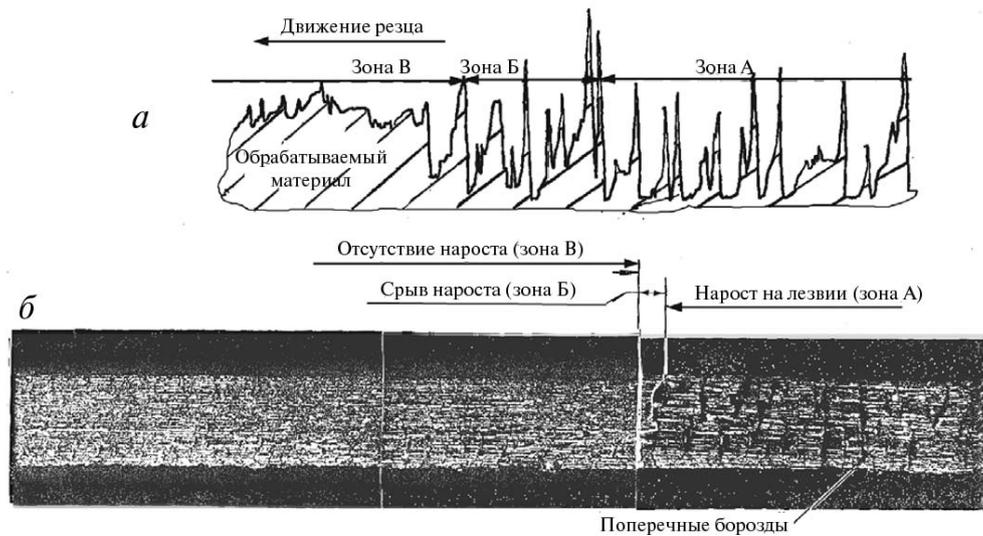


Рис. 3. Обработанная поверхность заготовки из стали 45, $V = 13,8$ м/мин, $t = 0,2$ мм:

a — профилограмма; *б* — фотография участка обработанной поверхности

Характерный вид профилограмм приведен на рис. 3, *a*.

На профилограмме можно выделить несколько зон: зона А (стадия III, IV, см. рис. 1), в которой нарост участвует в резании и предохраняет заднюю поверхность инструмента от износа. Эта зона характеризуется грубой шероховатостью обработанной поверхности. Зона Б (стадия V, см. рис. 1), в которой происходит срыв нароста. Для этой зоны характерно появление заусенца на обработанной поверхности (след сорвавшегося нароста). Зона В или L_{ki} (стадия I, II, см. рис. 1), в которой происходит непосредственный контакт задней поверхности резца и поверхности резания заготовки. Эта зона характеризуется улучшением шероховатости обработанной поверхности. Для получения более достоверных данных при строгании измерение L_{ki} дублировалось на микроскопе. Измерение L_{ki} при точении выполнялось оптическим способом. Типовая микрофотография поверхности представлена на рис. 3, *б*. Здесь можно выделить зоны А, Б и В. Конец зоны В при измерении на микроскопе определялся по появлению поперечных борозд и рытвин на обработанной поверхности. Среднюю длину пути резания, на которой осуществлялся непосредственный контакт задней поверхности резца с поверхностью резания L_k , при строгании рассчитывали по результатам 5–8 повторений. Для получения статистических оценок

опыты при косоугольном точении повторялись 25 раз.

Тогда среднее время контакта определяется по формуле:

$$t_k = \frac{\sum L_{ki}}{nV} c,$$

где n — количество повторных измерений.

Аналогично определяется время существования нароста на лезвии по среднему пути резания, когда существующий нарост исключает контакт задней поверхности инструмента с обрабатываемой поверхностью.

Результаты экспериментов представлены на рис. 4, *a*.

Зависимости $t_k = f(V)$ для острозаточенного и изношенного инструментов идентичны, имеют экстремальный характер с минимумом в области скоростей резания 13...20 м/мин. Качественное совпадение характера зависимостей средних значений t_k , экспериментально полученных по схемам строгания и точения, свидетельствует о достоверности полученных данных, так как повторяемость каждого опыта при точении достаточна. Это позволяет констатировать, что в зоне устойчивого процесса наростообразования нарост более часто срывается, но время его возникновения незначительно, а время контакта инструмента с поверхностью резания уменьшается. Время контакта t_k зависит и от других параметров процесса резания.

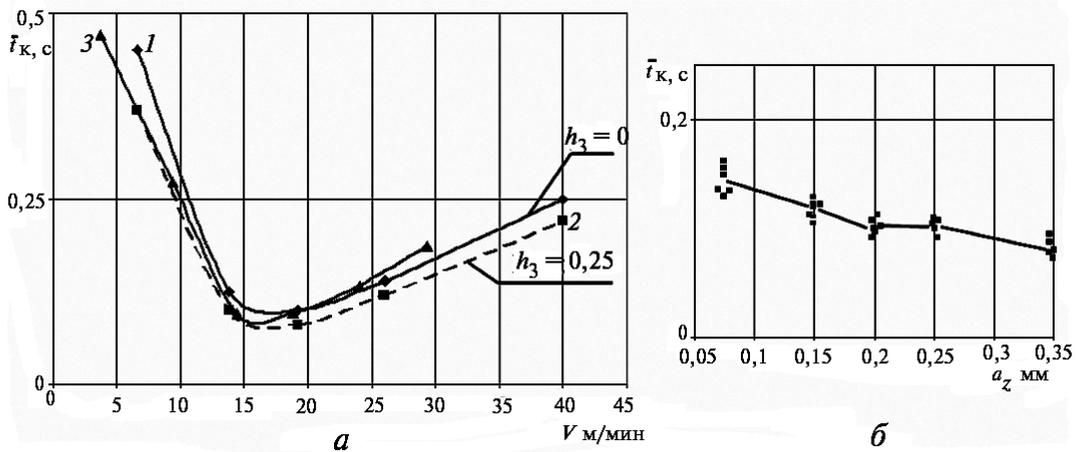


Рис. 4. Зависимость среднего времени контакта задней поверхности инструмента с поверхностью резания: а — от скорости резания: 1, 2 — строгание ($a_z = 0,2$ мм); 3 — точение ($a_z = 0,1$ мм); б — от толщины срезаемого слоя при строгании, $V = 19$ м/мин

На рисунке 4, б представлена зависимость t_k от толщины срезаемого слоя: изменение толщины срезаемого слоя от 0,075 до 0,35 мм приводит к незначительному уменьшению величины t_k , в среднем на 30%.

Проведенные серии экспериментов показывают, что наличие нароста на режущем лезвии приводит к дискретности контакта задних поверхностей инструмента с поверхностью резания. Время непосредственного контакта t_k зависит от устойчивости нароста и определяется большим числом факторов процесса обработки, которые указаны выше.

С учетом дискретности контакта процесс накопления износа задней поверхности инструмента при обработке может быть представлен схемой, изображенной на рис. 5. Выделены стадия контакта задних поверхностей инструмента с поверхностью резания t_k и стадия его отсутствия t_n , наличие которой связано с существованием нароста, его частичным или полным разрушением.

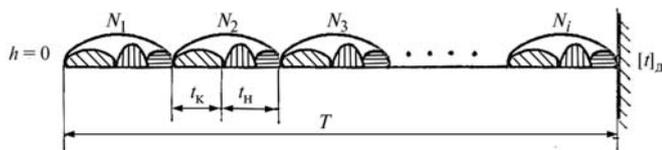


Рис. 5. Схема накопления износа

При установленной величине допустимого износа $[h]_d$ стойкость определяется в зависимости от числа циклов N_i :

$$T = (t_k + t_n)N_i.$$

Скорость изнашивания k в предположении ее постоянства в пределах стойкости инструмента определяется из соотношения

$$k = \frac{[h]_d}{t_k N_i},$$

тогда

$$N_i = \frac{[h]_d}{t_k k}.$$

Выполнив подстановки, получим

$$T = \frac{(t_k + t_n)[h]_d}{t_k k} = \frac{[h]_d}{k} + \frac{[h]_d}{k} \frac{t_n}{t_k}.$$

Указанные зависимости позволяют оценить влияние нароста на стойкость инструмента. Если k является возрастающей монотонной функцией от скорости резания и отсутствует нарост $t_n = 0$, то зависимость стойкости от скорости близка к гиперболе. Это подтверждено неоднократно видом стойкостных моделей при обработке хрупких материалов, а также специально поставленными опытами при обработке пластичных материалов, когда искусственным приемом создавались условия, при которых гарантировалось отсутствие нароста [2]. Из формулы следует, что второе слагаемое учитывает вклад дискретности контакта задней поверхности инструмента с поверхностью резания в значение его стойкости. Нарост выступает в роли своеобразного предохранителя от износа. Его

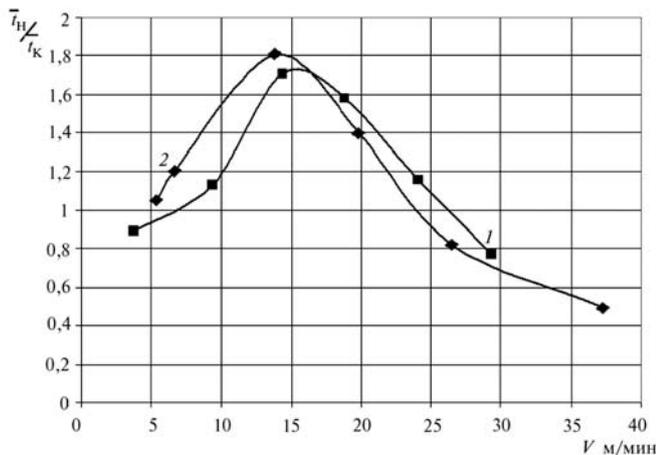


Рис. 6. Зависимость отношения средних значений \bar{t}_n / \bar{t}_k от скорости резания:

1 — строгание ($a_z = 0,2$ мм); 2 — точение ($a_z = 0,1$ мм).
Условия обработки в тексте

наличие может только повысить стойкость, так как второе слагаемое всегда равно или больше нуля. Увеличение стойкости определяется значением отношения t_n/t_k , зависящего от скорости резания и других параметров обработки, а также особенностей среза припуска. Экспериментальная зависимость t_n/t_k , полученная при указанных выше условиях обработки (рис. 6), имеет экстремальный характер.

С учетом влияния отношения t_n/t_k стойкость при обработке пластичных материалов не является монотонной зависимостью. Это подтверждают работы профессора Г.И. Грановского и его учеников по изучению стойкостных зависимостей при различных видах механической

обработки. Защитная роль нароста и его влияние на стойкость с иных позиций обосновывается в работе [2].

Таким образом, образующийся нарост обуславливает дискретный контакт и переменные значения времени контакта изнашиваемой задней поверхности инструмента с поверхностью резания, которые зависят от параметров режима резания. С учетом этого и наряду с другими факторами, сопровождающими процесс резания, существование нароста предопределяет экстремальный характер зависимости скорость — стойкость при обработке конструкционных сталей в диапазоне скоростей резания 12...20 м/мин.

Литература

1. Грановский Г.И., Грановский В.Г. Резание металлов. М.: Высшая школа, 1985. 304 с.
2. Грановский Г.И. Панченко К.П. Фасонные резцы. М.: Машиностроение, 1975. 311 с.
3. Резание металлов / Г.И. Грановский, П.П. Грудов, В.А. Кривоухов и др.; под редакцией В.А. Кривоухова. М.: Машгиз, 1954. 472 с.
4. Трент Е.М. Резание металлов: Пер. с англ. М.: Машиностроение, 1980. 263 с.

References

1. Granovskii G.I., Granovskii V.G. *Rezanie metallov* [Cutting of metals]. Moscow, Higher school Publ., 1985. 304 p.
2. Granovskii G.I., Panchenko K.P. *Fasonnye reztsy* [Shaped incisors]. Moscow, Machine building Publ., 1975. 311 p.
3. *Rezanie metallov* [Cutting of metals]. G.I. Granovskii, P.P. Grudov, V.A. Krivoukhov i dr.; pod redaktsiei V.A. Krivoukhova. Moscow, Mashgiz Publ., 1954. 472 p.
4. Trent E.M. *Rezanie metallov* [Cutting of metals]. Moscow, Machine building Publ., 1980. 263 p.

Статья поступила в редакцию 27.09.2012

Информация об авторах

ДРЕВАЛЬ Алексей Евгеньевич (Москва) — доктор технических наук, профессор кафедры «Инструментальная техника и технология». МГТУ им. Н.Э. Баумана (Россия, 105005, г. Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1, e-mail: dreval__a@mail.ru).

ЛУЖАНСКИЙ Максим Сергеевич (Москва) — студент кафедры «Инструментальная техника и технология». МГТУ им. Н.Э. Баумана (Россия, 105005, г. Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1).

Information about the authors

DREVAL Alexey Evgenievich (Moscow) — Dr. Sc. Techn., Professor «Instruments and Technology» Department. MSTU named after N.E. Bauman (BMSTU, building 1, 2-nd Baumanskaya, 5, 105005, Moscow, Russia, e-mail: dreval__a@mail.ru).

LUZHANSKY Maxim Sergeevich (Moscow) — student «Instruments and Technology» Department. MSTU named after N.E. Bauman (BMSTU, building 1, 2-nd Baumanskaya, 5, 105005, Moscow, Russia).