

ОБРАЗОВАНИЕ НАРОСТА ПРИ РЕЗАНИИ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ

В. Б. ЛИВШИЦ

Представлено профессором доктором А. М. Розенбергом

Алюминиевые сплавы находят в промышленности все более широкое применение. Большой процент деталей в процессе изготовления подвергается обработке резанием. Отсюда следует, сколь важно изучение особенностей процесса резания сплавов на алюминиевой основе.

При резании алюминиевых сплавов наблюдается значительно более активное, чем при резании стали, образование нароста. Этому вопросу посвящено весьма ограниченное количество экспериментальных работ, несмотря на то, что нарост несомненно влияет на чистоту обработанной поверхности, на стружкообразование и динамические характеристики процесса.

В настоящей статье излагаются результаты исследований, проведенных при точении трех алюминиевых сплавов, относящиеся непосредственно к вопросам образования нароста:

- а) природе и строению нароста,
- б) влиянию скорости резания, подачи, переднего угла резца и свойств обрабатываемого сплава на геометрию нароста и активность его образования.

Методика исследования

Для определения геометрии нароста за основу был избран метод, разработанный Ереминым А. Н., основанный на измерении геометрии нароста непосредственно под стружкой оптическим угломер-индикатором [1].

Строение нароста изучалось по шлифам корней стружек. Для получения корней применялось приспособление „падающий резец“ [2]. В целях более детального изучения динамики образования нароста в нескольких опытах была проведена киносъемка кинокамерой СКС-1 со скоростью 500 кадров в секунду.

В качестве параметров, характеризующих геометрию нароста, избраны высота H и передний угол γ_n , измеряемые в плоскости, нормальной к передней грани и главной режущей кромке резца. Величина γ_n определялась по направлению схода стружки в пределах области ее контакта с наростом и резцом. Наблюдения проводились

в условиях несвободного резания резцами из твердого сплава ВК-8 (в опытах по измерению нароста) и из быстрорежущей стали Р18 (при получении корней стружек). Передний угол резцов имел переменные значения: 15° , 25° , 35° . Прочие элементы геометрии резцов сохранялись постоянными.

Опыты проводились с подачами 0,07 мм/об. и 0,3 мм/об. при постоянной глубине резания в 3 мм в диапазоне скоростей 1—250 м/мин. Помимо геометрии нароста в опытах определялись температура на передней грани резца (посредством естественной термопары) и усадка стружки, которая вычислялась известным весовым методом.

Характеристика исследованных сплавов приведена в табл. 1.

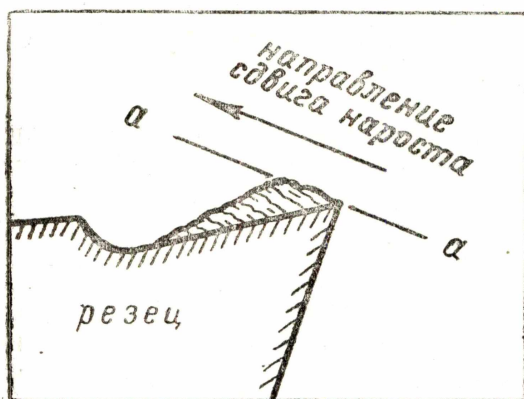
Таблица 1

Марка сплава	Химический состав, %							Твердость по Бринеллю, H_B кг/мм ²	Предел прочности на сжатие кг/мм ²
	Cu	Si	Mg	Mn	Fe	При-меси	Al		
Ал-4 ¹⁾	—	9,7	0,2	0,5	—	1,1	остальное	81	25,8
Ал-4	—	9,7	0,2	0,5	—	1,1		55	22,5
Ал-8	—	—	7,1	—	—	1,0		72	43,9
Ал-10 В	5,59	5,12	—	0,2	0,9	—		88	35,2

Все заготовки получены методом отливки в земле.

Результаты исследования

Наблюдения в микроскоп, а также киносъемка позволили установить общую картину процесса образования нароста.



Фиг. 1.

Нарост образуется уже при самых малых скоростях резания, которым соответствует температура на передней грани резца порядка 20°C . В диапазоне малых скоростей резания нарост, постепенно увеличиваясь, достигает некоторой, максимальной для данного режима высоты и затем полностью срывается с передней грани. По мере увеличения скорости резания срывы становятся все реже. Начиная со скоростей, отвечающих наиболее интенсивному образо-

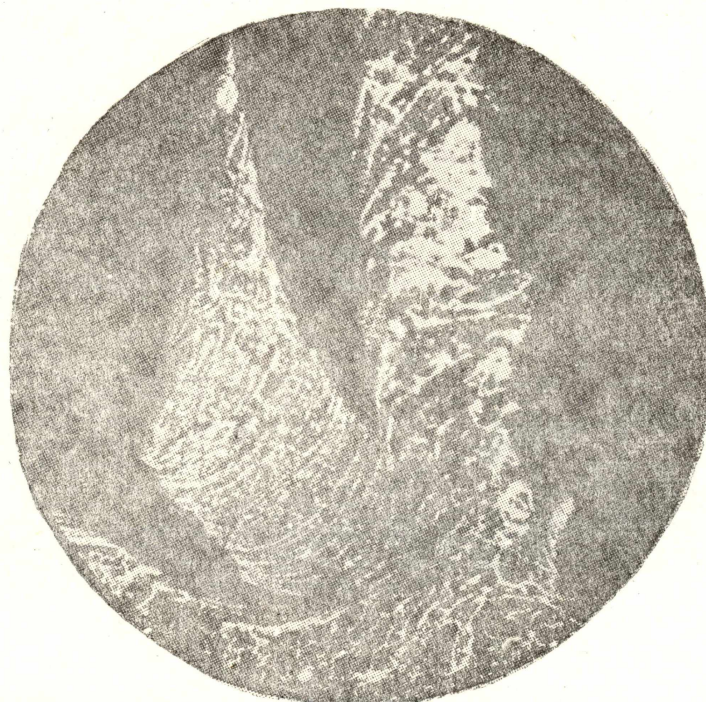
ванию нароста, на передней грани образуется налип (фиг. 1), значительно более стабильный, чем основная масса нароста, срывы которой при этих условиях происходят по некоторой плоскости $a-a$. Непосредственные замеры в процессе резания свидетельствуют о том, что плоскость $a-a$ образует отрицательный передний угол. Более

¹⁾ Термически обработан (закалка с 535° , старение при 180° в течение 6 часов). В тексте условно обозначается Ал-4Т.

четко образование налива выражено у Ал-4, наиболее пластичного и наименее легированного из исследованных сплавов. У сплавов Ал-8 и Ал-10 налив столь незначителен, что выявить его стало возможным лишь благодаря киносъемке.

В определенном диапазоне скоростей резания нарост исчезает. Анализ на металломикроскопе шлифов корней стружек, полученных при режимах активного наростообразования, свидетельствует о следующем.

Нарост имеет слоистое строение (фиг. 2). Направление слоев в массе нароста переменное. У основания слои направлены параллельно передней грани резца. В области контакта со стружкой нет четко



Фиг. 2.

выраженной границы, слои нароста переходят в текстурированный слой стружки и совпадают с ним по направлению. Аналогично расположены слои в прилегающей части нароста.

Таким образом, нарост состоит из заторможенного на передней грани резца металла, зерна которого в значительной степени деформированы и вытянуты в направлении действия сил трения. Металл, формирующий нарост, деформирован в большей степени, чем металл, образующий стружку, о чем свидетельствует более тонкая текстура нароста. Твердость нароста в 1, 2—1,3 раза превосходит твердость стружки, что говорит о его большем упрочнении.

Форма нароста у исследованных сплавов несколько различна: Чем более легирован алюминий, тем острее нарост, но в любом случае радиус при вершине соизмерим с толщиной снимаемого слоя.

При резании впереди резца образуется зона деформированного металла, которая, по мере развития нароста между срывами, резко возрастает, а действие нароста напоминает внедрение пуансона в металл.

Геометрия нароста

Изменение высоты нароста H в зависимости от скорости резания описывается кривой, имеющей максимум в зоне малых скоростей

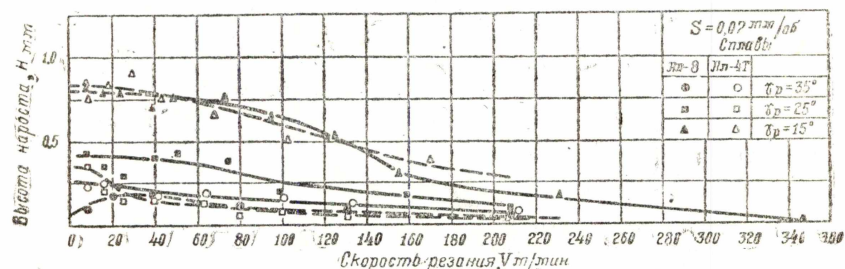
(фиг. 3, 4). Скорости, соответствующие максимуму и минимуму кривой, тем меньше, чем меньше передний угол резца γ_p и чем больше подача, и совпадают с вполне определенным для каждого из сплавов диапазоном температур (табл. 2).

Таблица 2

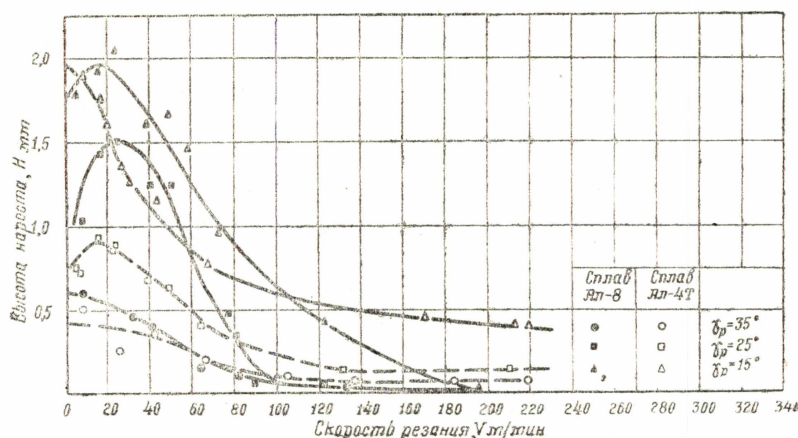
Марка сплава	Ал - 4	Ал - 4Т	Ал - 8	Ал - 10
Температура, соответствующая $H_{\max}$ ($^{\circ}\text{C}$)	30—50	30—50	55—80	45—75
Температура исчезновения нароста ($^{\circ}\text{C}$)	290	290—320	230—270	260—290

Активность процесса образования нароста возрастает с уменьшением переднего угла и увеличением подачи.

Передний угол γ_n не столько характеризует передний угол самого нароста, сколько усредненную геометрию активной части поверхности его контакта со стружкой. Как правило, контакт происходит по скругленной вершине и небольшому участку передней грани



Фиг. 3.

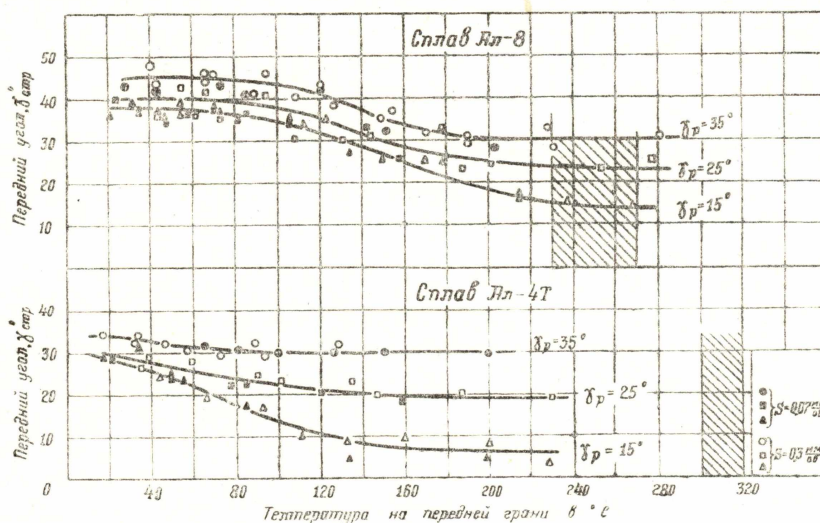


Фиг. 4.

нароста. Кривая, выражающая зависимость угла γ_n от скорости резания V , подобна кривой $H=f(V)$. Скорости, а следовательно, и температуры резания, соответствующие максимуму этих кривых, практически одинаковы.

Для иллюстрации влияния температуры на наростообразование величина угла γ_n поставлена в зависимость от температуры резания

(фиг. 5). Область исчезновения нароста отмечена штриховкой. Опыты показали, что чем меньше передний угол резца (т. е. чем интенсивнее образование нароста), тем больше диапазон изменения γ_n в пределах области наростообразования и разность ($\gamma_n - \gamma_p$) при максимуме нароста. Следует отметить, что величина γ_n при определенной температуре резания становится меньше переднего угла резца. У сплава Ал-4 (как закаленного, так и термически не обработанного) это явление выражено более резко, чем у сплавов Ал-8 и Ал-10, что объясняется, по-видимому, большим радиусом скругления нароста у сплава Ал-4 и образованием налива, о котором упоминалось выше.



Фиг. 5.

Проведенная работа позволяет заключить, что строение нароста и процесс его образования как при резании алюминиевых сплавов, так и при резании стали [1, 2, 3, 4 и др.] принципиально подобны. Однако имеются и некоторые отличия. Образование нароста у алюминиевых сплавов протекает активнее, в нарост переходит значительно большая часть деформируемого при образовании стружки металла. Так, если в зоне максимума нароста (по опытам Еремина А. Н. [1]) при резании стали 1010 отношение максимальной высоты нароста к толщине стружки составляет 0,71, то при резании сплавов Ал-4 и Ал-8 это соотношение равно соответственно 3,6 и 5,2.

Как и при резании стали, температура на передней грани является характеристикой протекания процесса, но максимуму кривых $H=f(V)$ соответствуют значительно более низкие температуры. Сопоставление процесса образования нароста у исследованных сплавов указывает на наличие ряда особенностей.

1. Чем менее легирован сплав, тем ниже температура, соответствующая $H_{\max}$, и тем выше температура резания, при которой нарост вырождается (см. табл. 2).

2. Температуры максимума нароста и его исчезновения для сплавов Ал-4 и Ал-4Т совпадают, несмотря на то, что твердость сплавов различна. С другой стороны, у сплава Ал-4Т, имеющего твердость $H_B = 81 \text{ кг/мм}^2$, и сплава Ал-10 ($H_B = 88 \text{ кг/мм}^2$) наростообразование протекает различно.

4. При равных температурах резания максимальная высота нароста для каждого из сплавов тем больше, чем выше удельное нормальное давление, которое, как известно из опытов по стали [5],

возрастает с увеличением толщины среза и уменьшением переднего угла резца.

Полученные результаты позволяют сделать некоторые предположения о факторах, определяющих интенсивность наростообразования. Известно, что алюминиевые сплавы обладают высокой способностью к схватыванию. Последняя, как следует из работы Семенова [6], зависит от химического состава сплава, термической обработки, температуры деформирования. Схватывание протекает тем активнее, чем выше нормальное давление, меньше количество примесей, находящихся в твердом растворе сплава, и более пластичен металл (при неизменном химическом составе). Повышение температуры деформирования до определенного предела также активизирует процесс.

Схватывание разноименных металлов „определяется способностью к схватыванию металла, более активного в этом отношении“ [6, стр. 148].

Аналогичный характер влияния нормального давления и температуры деформирования на схватывание (алюминия и твердого сплава, в частности) подтверждается исследованиями образования нароста при трении [7].

Образование нароста при резании протекает в иных условиях, чем процесс наростообразования при трении и схватывание при сжатии. Помимо иной схемы деформации, большое влияние оказывают меняющиеся в зависимости от режима резания условия трения между передней гранью резца и металлом, образующим стружку и нарост. Тем не менее можно предположить, что при резании образование нароста зависит от совокупности факторов, определяющих условие схватывания. Именно значительно большей способностью к схватыванию алюминиевых сплавов и объясняются отмеченные отличия от наростообразования при резании стали.

Анализ полученных результатов позволяет сделать ряд практических выводов.

1. Снижению активности образования нароста способствует уменьшение подачи и увеличение переднего угла, которое, однако, лимитируется стойкостными характеристиками инструмента.

2. Скорость резания, при которой исчезает нарост, уменьшается с увеличением подачи.

3. При данной подаче и геометрии инструмента скорость, соответствующая резанию без нароста, тем выше, чем менее легирован сплав.

4. При обработке резанием предварительно закаленных сплавов нарост образуется менее интенсивно, но полностью исчезает при тех же скоростях, что и у незакаленных сплавов.

Пункты 3 и 4 свидетельствуют о том, что при назначении режимов резания необходимо учитывать как механические характеристики, так и химический состав алюминиевых сплавов.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. Н. Еремин. Физическая сущность явлений при резании стали. Машгиз, 1951.
2. Т. Н. Лоладзе. Стружкообразование при резании металлов. Машгиз, 1952.
3. А. М. Розенберг, А. Н. Еремин. Элементы теории процесса резания металлов. Машгиз, 1956.
4. А. И. Исаев. Процесс образования поверхностного слоя при обработке металлов резанием. Машгиз, 1950.
5. Н. Н. Зорев. Вопросы механики процесса резания металлов. Машгиз, 1956.
6. А. П. Семенов. Схватывание металлов. Машгиз, 1958.
7. В. Д. Кузнецов. Наросты при резании и трении. М., 1956.