

ЗАТОЧКА ИНСТРУМЕНТОВ С КОНИЧЕСКОЙ И СФЕРИЧЕСКОЙ ПЕРЕДНЕЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ

БАЛИ. Я

Кафедра Технологии Машиностроения Будапештского Технического Университета

Поступило: 21 мая 1979 г.

Представлено: проф. д-р Хорват, М.

Как известно, заточка хвостовых зуборезных долбяков и круглых, многогранных, шлицевых, и т.п. протяжек (смотри фиг. 1, 2), из-за малых диаметров представляет определенную трудность. Передняя поверхность этих инструментов оформляется по внутренней конической поверхности, ввиду чего возникает проблема размещаемости инструмента (шлифовального круга), то есть опасность интерференции профилей инструмента и детали.

В технической литературе данный вопрос ограничивается рекомендацией по определению максимального диаметра шлифовального круга на основе теоремы Менье о радиусе кривизны в нормальном сечении поверхности. Имеются ссылки на искажение передней поверхности, на изменение (уменьшение) переднего угла, на срез режущей кромки, но суть этих явлений не раскрывается, четкое геометрическое толкование не дается. До сих пор не рассмотрен вопрос влияния среза передней поверхности на работоспособность инструмента, не выяснено, что срез вообще следует считать недопустимым, или же он, до некоторой степени, может присутствовать на инструменте.

В данной работе рассмотрены вопросы образования внутренней конической поверхности, условия получения самопересечения огибающей поверхности; выводится формула действительной передней поверхности и образующихся линейных и угловых отклонений, анализируется влияние среза на качество заточенного инструмента; даются рекомендации относительно выбора шлифовального круга и применения сферической передней поверхности.

1. Кинематика образования внутренней конической поверхности

Шлифовальный круг при обработке конической поверхности следует рассматривать как ограниченное тело вращения, совершающее вокруг оси изделия вращательное движение (см. фиг. 3). Шлифовальный

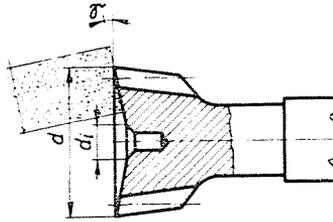


Рис. 1

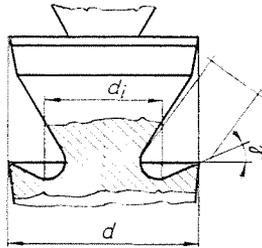


Рис. 2

круг, как твердое тело, ограничен конической поверхностью и двумя плоскостями, значит, является усеченным конусом. Такое ограниченное тело при своем движении оставляет за собой в пространстве поверхность, которую условно можно назвать «огibaющей». Нетрудно убедиться в том, что образуемая таким образом поверхность является в общем случае составленной из разных поверхностей, образованных с отдельными поверхностями, ограничивающими шлифовальный круг: Коническая часть образуется, как огibaющая семейства последовательных положений конической поверхности шлифовального круга; Сферические части являются геометрическим местом ограничивающих окружностей при их вращении вокруг оси изделия.

В зависимости от параметров шлифовального круга и изделия, то есть от геометрических соотношений, отдельные части «огibaющей» вообще могут отсутствовать и, таким образом, может получаться «чисто» коническая или сферическая «огibaющая».

С практической точки зрения значение имеет только часть поверхности, примыкающая к точке «В» на фигуре 3; через эту точку проходит окружность с центром на оси изделия, которая делит «огibaющую» на две части — коническую и сферическую поверхности. Хотя теоретически это не совсем правильно, но эту окружность можем назвать «ребром

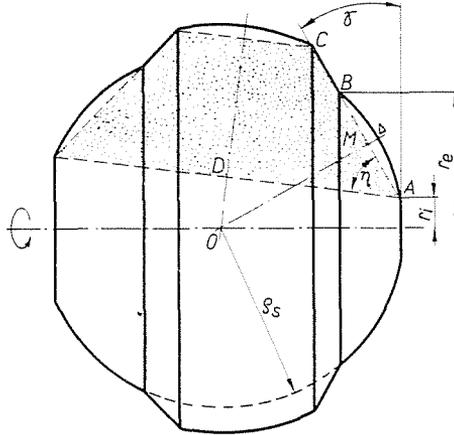


Рис. 3

возврата». На практике «ребро» очень часто расположено в пределах тела изделия, на передней поверхности, деля последнюю на две части. Таким образом: *при заточке инструментов с внутренней конической передней поверхностью, последняя в общем случае состоит из двух частей: конической и сферической поверхности, пересекающихся в «ребре возврата» в виде окружности.*

Положение «ребра возврата» легко определяется с помощью теоремы Менье: на рисунке 4 показано осевое сечение круга и изделия: с центром в точке «О» пересечения осей шлифовального круга и изделия, можем расположить сферу с радиусом ρ_m , касающуюся обеих конических поверхностей по окружности, проходящей через точку «М». Эту точку и сферу можем назвать точкой и сферой Менье.

2. Определение формы и уравнения передней поверхности

Если шлифовальный круг «залезает» за линию «ОМ», то окружность с диаметром «D» описывает сферу с радиусом ρ_s , с центром «О», большим радиуса ρ_m . Значит, сфера пересекает коническую поверхность по двум окружностям; диаметров d_i и d_p . Получающаяся таким образом интерференция поверхностей характеризуется двумя величинами: глубиной врезания «Δ», и шириной врезания «2b». Используя рисунок 4 можно вывести зависимость между этими величинами:

$$\rho_m = \frac{D_m}{2\sin\eta} = \frac{d_m}{2\sin\gamma}$$

$$\rho_s = \sqrt{l^2 + \rho_M^2}$$

$$\Delta = \rho_s - \rho_M$$

$$D_M = D - 2l \cos \eta$$

$$d_M = d_i + 2l \cos \gamma$$

$$l = \frac{D \sin \gamma - d_i \sin \eta}{2 \sin(\eta + \gamma)}$$

$$d_M = \frac{d_p + d_i}{2}$$

где:

γ — передний угол затачиваемого инструмента;

η — профильный угол шлифовального круга;

D — диаметр шлифовального круга;

d_i — минимальный диаметр шлифуемой поверхности;

d — максимальный диаметр шлифуемой поверхности.

Остальные обозначения согласно приведенным рисункам.

Следует обратить внимание на то, что при диаметре шлифовального круга $D > D_M$ коническая поверхность подвергается срезанию не только ниже точки «М», но и выше ее на такую же величину «л».

3. Анализ характера и величины врезания

В зависимости от геометрических параметров установки различают следующие случаи врезания:

а) $d_M \leq d_i$ — врезание отсутствует; получается коническая передняя поверхность;

б) $d_M \leq \frac{d + d_i}{2}$ — часть передней поверхности подвергается врезанию,

«ребро возврата» расположено в теле изделия и передняя поверхность состоит из двух участков: ниже «ребра возврата» она оформлена по сфере с радиусом « ρ_s », а выше — по конической поверхности с углом « γ ». Результат такого рода врезания можем назвать подрезом, характеризующимся величинами « $2l$ » и « Δ ». Важно отметить, что при этом действительный передний угол не изменяет свою величину, режущая кромка остается без изменения, так как след врезания не выходит за пределы тела изделия.

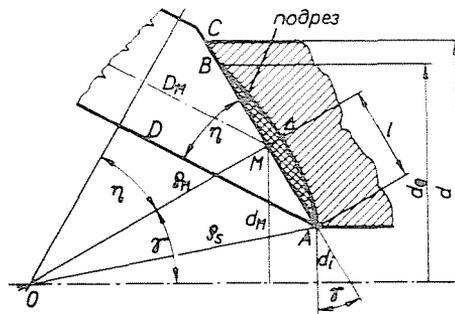


Рис. 4

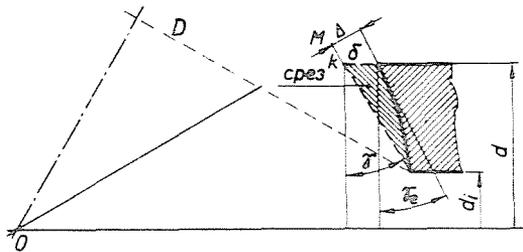


Рис. 5

в) $d_M = \frac{d+d_i}{2}$ — полный подрез. В отличие от предыдущего случая, при таком «краевом врезании» передний угол скачкообразно изменяется, причем увеличивается до максимального значения « γ_e ». Увеличение переднего угла определяется согласно рисункам 4 и 5, формулой

$$\sin \Delta\gamma_{\max} = \frac{l}{\rho_s}$$

г) $d_M > \frac{d+d_i}{2}$ — ребро возврата расположено вне тела изделия, значит передняя поверхность оформлена полностью по сфере радиуса « ρ_s » (см. рисунок 5). Этот вид врезания можно назвать срезом, так как режущая кромка при этом полностью срезается. Срез можно охарактеризовать двумя параметрами: величиной среза « δ », измеряемой вдоль оси изделия и новым, отличающимся от расчетного, передним углом « γ_e ». При увеличении среза передний угол уменьшается от значения $\gamma_{e\max}$ до значения γ (при $d = d_M$), а при дальнейшем увеличении среза передний угол продолжает уменьшаться, асимптотически приближается к своему

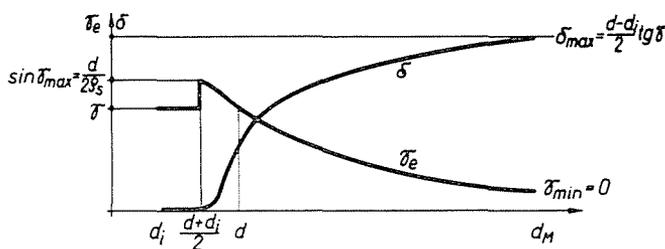


Рис. 6

предельному значению — нулю. Изменение среза так же имеет асимптотический характер с предельно возможным значением

$$\delta_{\max} = \frac{d-d_i}{2} \operatorname{tg} \gamma$$

Характер изменения параметров среза показан на рисунке 6. Согласно рисунку, зона подреза четко отделяется от зоны среза как в отношении изменения величины среза, так и переднего угла.

Определение параметров среза « δ » и « γ_e » производится на основе формул, выведенных согласно рисункам 4 и 5:

$$\delta = \frac{(l-k)(l+k)}{2\rho_s \cos \gamma}$$

$$\sin \gamma_e = \frac{d}{2\rho_s}$$

где:

$$k = \frac{d-d_M}{2 \cos \gamma}$$

4. О допустимой величине врезания

Анализ работы инструментов показывает, что вопрос о допустимой величине врезания следует решать в зависимости от типа, назначения и условий эксплуатации инструмента. Слишком осторожным и необоснованным подходом к решению проблемы является то, согласно которому любая форма врезания вредна и недопустима, с точки зрения работоспособности инструмента. Например, ограничение по выбору максимального диаметра шлифованного круга, основанное на теореме Менье, для протяжек малых диаметров нельзя соблюдать; из-за

проблемы крепления применяется круг намного больше допустимого диаметра, и приходится мириться с повреждением теоретической конической поверхности. Ниже на примере долбяков и протяжек дается подробный анализ влияния врезания на качество инструмента:

а) Хвостовые зуборезные долбяки малого диаметра

Хвостовые долбяки, как известно, затачиваются в основном периферией дискового круга ($\eta=90^\circ$). Хотя передний угол небольшой ($\gamma=5^\circ$), но из-за небольшого значения внутреннего диаметра « d_i » опасность врезания при заточке возрастает (см. рисунок 1). Передняя поверхность долбяка никакого врезания не допускает:

- если на передней поверхности долбяка образуется *срез*, то нарезаемое долбяком зубчатое колесо будет иметь искажение по профилю, поэтому срез на передней поверхности долбяка не допустим;
- долбяки контролируются по передней поверхности. При этом проверяется прямолинейность образующей конуса по длине, достаточной для точности измерения. Поэтому, подрезание передней поверхности не допускается, так как при подрезании не будет четкого перехода от теоретического к подрезанному профилю, что затрудняет контроль прямолинейности.

На практике этот вопрос решается путем образования на передней поверхности выточки определенного диаметра, что значительно уменьшает опасность подрезания. Диаметр выточки выбирается с учетом возможности контроля передней поверхности.

б) Круглые, многогранные и шлицевые протяжки

- *Подрез* передней поверхности никакого влияния на точность и на работоспособность протяжки не имеет: передний угол при подрезе не изменяется; передняя поверхность получается гладкой: «ребро возврата» не препятствует сходу стружки; режущая кромка остается без всякого изменения; глубина подрезания « Δ » небольшая и не ослабляет зуб. Поэтому — по мнению автора — *подрезание передней поверхности протяжек вполне допустимо.*
- *срез режущей кромки* до некоторой степени на работоспособность протяжки не влияет. На рисунке 9 в качестве примера, приведены результаты анализа изменения геометрии протяжки диаметра 40 (мм) с передним углом 15° . При увеличении среза передний угол уменьшается, но его значение в начале среза было больше исходной величины. Имеется такое значение среза, при котором передний угол соответствует исходному значению. По мнению автора, срез, величина которого не превышает вышеуказанную величину, с точки зрения работоспособности практически допустим.

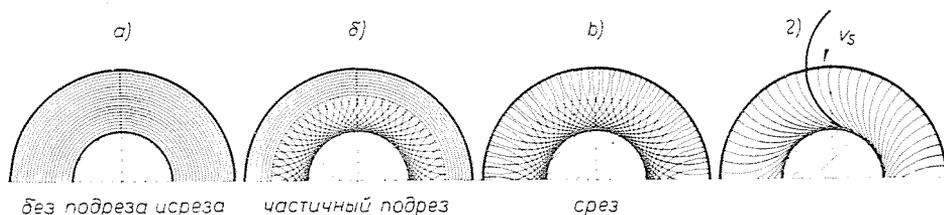


Рис. 7

Но при этом необходимо обращать внимание на следующее обстоятельство: если протяжка в новом состоянии имела коническую переднюю поверхность без среза режущей кромки, а при ее переточке получается срез, то это может сильно уменьшить число переточек инструмента (см. рисунок 9).

Выход из положения дает следующее, можно сказать оригинальное решение: *если на конической передней поверхности при заточке можно ожидать срез, то уже при проектировании протяжки оформление стружечной канавки следует проводить на основе сферической передней поверхности. Конечно, согласно вышеизложенному геометрическому анализу, заточка выполняется и в этом случае коническим кругом определенного диаметра.* Такое решение имеет и то преимущество, что на протяжках малого диаметра возможно будет выполнение требуемых передних углов, что при конической поверхности не всегда удается. *Если протяжка проектируется со сферической передней поверхностью, то само собой разумеется, что срез режущей кромки уже не происходит.*

На протяжках малых диаметров при определении радиуса сферической поверхности « r_s », целесообразно исходить из того, чтобы этот радиус соответствовал «кривому подрезу», так как при этом возможно выполнение максимальных передних углов. Если при этом шлифовальный круг получается слишком малого диаметра, то можно будет увеличивать радиус сферы, приближая его к значению, соответствующему «срезу без изменения переднего угла».

На рисунке 7 показан рельеф передней поверхности, получающейся при различных условиях заточки: при заточке без интерференции поверхностей риски на передней поверхности от режущих зерен шлифовального круга расположены в виде концентрических окружностей (рисунок а.); при неполном подрезании концентрические окружности возле режущей кромки остаются, но ниже «ребра возврата» образуется симметричная сетка от пересечения окружностей диаметра « D » (рисунок б.); при «краевом подрезе» и «срезе» вся передняя поверхность покрыта симметричной сеткой (рисунок в.); если при последнем случае ось круга и

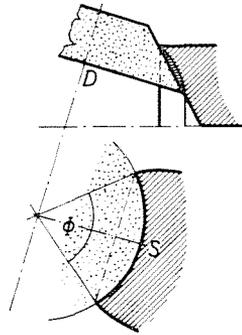


Рис. 8

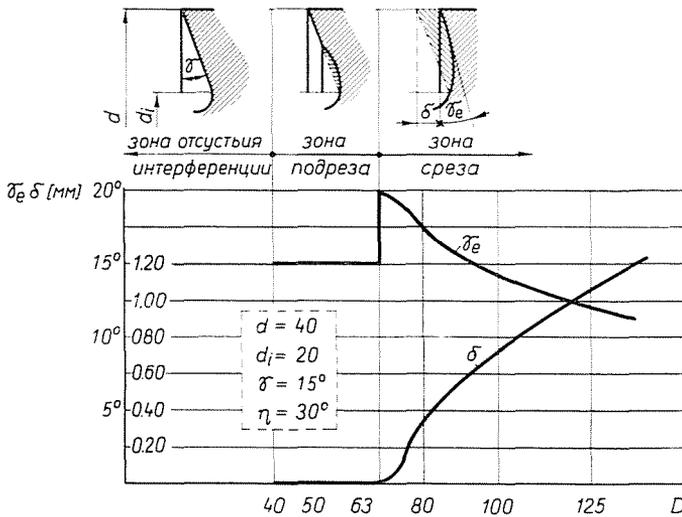


Рис. 9

протяжки не пересекаются между собой, то получаются риски в виде дуг окружностей диаметра « D »; эти риски пересекаются между собой только у края поверхности, возле диаметра « d » (рисунок г.).

С точки зрения работоспособности (стойкости и чистоты поверхности) инструмента, получающийся рельеф имеет значение; тем не менее, мнения специалистов по вопросу, к какому типу рельефа следует стремиться, сильно расходятся. Некоторые литературные источники предпочитают рельеф типа а, а другие утверждают преимущества рельеф типа в, и считают недопустимым рельеф типа г.,

При срезе или при заточке по сферической поверхности получается рельеф типа в. На рисунке 8 показан путь, пройденный зерном по передней поверхности. Этот путь довольно длинный, причем зерно входит и выходит у самой режущей кромки. Большая длина линии контакта и выход зерна у режущей кромки приводит к возрастанию опасности прижога у самой режущей кромки, особенно при заточке протяжек из быстрорежущей стали. Если заточка выполняется согласно схеме з, то линия контакта уменьшается вдвое, выходящая ветвь риски исчезает и опасность прижога по сравнению со случаем в, сильно уменьшается. Увеличение при этом зазубренности лезвия, утверждаемое некоторыми литературными источниками, не наблюдается. По мнению автора предпочтение следует отдать рельефу в виде одностороннего расположения дуг окружностей, состоящих только из входных ветвей (рисунок 7 г).

Резюме

В статье рассматриваются вопросы заточки инструментов с внутренней конической передней поверхностью. Анализируется срез передней поверхности и его влияния на работоспособность таких инструментов, как хвостовые долбяки и протяжки. Выводится математическая формула «порвежденной» передней поверхности. Доказывается, что срезанная поверхность представляет собой сферу. Дается рекомендация относительно возможности и целесообразности применения сферической передней поверхности вместо применяемой в настоящее время конической, в первую очередь, для протяжек средних и малых диаметров. Такая поверхность технологически легко получать и она дает возможность увеличивать передний угол.

Янош Бали
Будапештский Технический Университет
H-1521 Budapest