

МАШИНОСТРОЕНИЕ

И. А. ТЕР-АЗАРЬЕВ, Л. М. МАКАРЯН

АНАЛИЗ ВЫКРАШИВАНИЯ РЕЖУЩЕЙ КРОМКИ
ИНСТРУМЕНТА ПРИ РЕЗАНИИ ГОРНЫХ ПОРОД

1. Анализ имеющихся исследований по изнашиванию режущего инструмента показывает, что кривые износа задней грани инструмента в зависимости от пути трения имеют две явно выраженные зоны: зону начального износа, характерную переменной интенсивностью изнашивания инструмента; зону установившейся интенсивности изнашивания инструмента. Исчерпывающих данных по выявлению механизма износа инструмента в первой зоне и причины переменной интенсивности изнашивания во второй в существующей литературе нет. Имеются данные, которые объясняют эти явления выкрашиванием режущей кромки в первой зоне. Причины выкрашивания и механизма протекания не раскрыты. Некоторые исследователи на основе опытных данных предлагают, во избежание выкрашивания острой режущей кромки инструмента, до работы притупить ее заточкой специальной флэски или округлить. Теоретического анализа явлений выкрашивания при резании камня в литературе нет. Вместе с тем такой анализ разрешил бы сделать более полноценные выводы и дать рекомендации в части выбора геометрии инструмента.

Для теоретического анализа поставленного вопроса необходимо выявить характер распределения нагрузки и режущей зоне передней грани инструмента в процессе резания и определить напряженное состояние острой режущей кромки при уже известном способе распределения нагрузки. В процессе резания режущая часть инструмента подвергается действию нормальных сил по передней и задней граням и действию сил трения. Наиболее существенной по величине является нормальная сила, действующая по передней грани инструмента, вызывающая изгиб и срез рабочей части инструмента и способствующая поломке острой кромки реза.

2. Из существующих исследований по металлообработке и резанию горных пород [1, 2] для практических расчетов можно допустить, что в направлении, перпендикулярном режущей кромке, нормальная сила на передней поверхности изменяется по закону треугольника. Такое допущение возможно поскольку при принятии другого закона нагружения режущего клина методика анализа выкрашивания и установления оптимальной геометрии инструмента не меняется.

Известно, что величина контакта между породой и резцом зависит от толщины среза и свойств породы, которая описывается эмпирическим уравнением вида [3]:

$$l_k = \varphi a^x,$$

где a — толщина среза в мм; φ — коэффициент, зависящий от свойств породы; x — показатель.

Максимальная сила, действующая на самом кончике резца определяется, исходя из равенства равнодействующей при равномерном распределении силы по длине контакта l_k и при распределении ее по закону треугольника. В соответствии с этим

$$q_{\max} = \frac{2 P_z \cos \gamma}{l_k},$$

Закон распределения нормальных сил по передней грани инструмента при принятии ширины кромки $b = 1$ мм будет:

$$q = q_{\max} \left(1 - \frac{l_1}{l_k} \right) \quad (2)$$

или

$$q = \frac{2 P_z \cos \gamma}{l_k} \left(1 - \frac{l_1}{l_k} \right).$$

Для аналитического определения напряжений по передней грани режущего клина, действующая сила разлагается на составляющие по оси симметрии клина N и по оси, перпендикулярной ей — Q . Соответственно после подстановки получим:

$$N = \frac{2 P_z}{l_k} \left(x - \frac{x^2}{2 l_k \cos \omega} \right) \cos \gamma \operatorname{tg} \omega; \quad (3)$$

$$Q = \frac{2 P_z}{l_k} \left(x - \frac{x^2}{2 l_k \cos \omega} \right) \cos \gamma,$$

где $x = l_1 \cos \omega$.

Расстояние от точек приложения сил N и Q до сечения $n-n$ (рис. 1) и оси клина будет:

$$x_1 = \frac{x}{3} \left(\frac{3 l_k \cos \omega - x}{2 l_k \cos \omega - x} \right);$$

$$h_1 = \left| x - \frac{x}{3} \left(\frac{3 l_k \cos \omega - x}{2 l_k \cos \omega - x} \right) \right| \operatorname{tg} \omega.$$

Наибольшее растягивающее напряжение в пределах контакта инструмента с породой будет:

$$\sigma = \frac{P_z \cos \gamma}{l_k} \left(1 - \frac{x}{2 l_k \cos \omega} \right) \left| \frac{1}{\operatorname{tg}^2 \omega} \left(\frac{3 l_k \cos \omega - x}{2 l_k \cos \omega - x} \right) + \frac{3 l_k \cos \omega - x}{2 l_k \cos \omega - x} - 4 \right|, \quad (4)$$

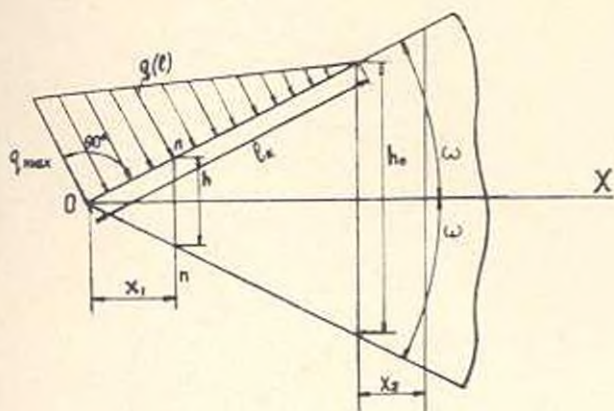


Рис. 1.

а за линией контакта

$$\sigma = \frac{P_z \cos \gamma}{2 l_k (l_k \cos \omega + x_0 \operatorname{tg} \omega)} \left[\frac{2 l_k \cos^2 \omega + 3 x_0 \cos \omega - l_k \sin^2 \omega}{(l_k \cos \omega + x_0) \operatorname{tg} \omega} - \sin \omega \right]. \quad (5)$$

Исходя из условия предельных растягивающих напряжений определяемой хрупкостью твердого сплава, можем записать:

$$\frac{P_z \cos \gamma}{l_k} \left(1 - \frac{x}{2 l_k \cos \omega} \right) \left[\frac{1}{\operatorname{tg}^2 \omega} \left(\frac{3 l_k \cos^2 \omega - x}{2 l_k \cos \omega - x} \right) + \frac{3 l_k \cos \omega - x}{2 l_k \cos \omega - x} - 4 \right] < [\sigma]. \quad (6)$$

Значения напряжений в зависимости от геометрии инструмента и положения сечения приведены на графике (рис. 2).

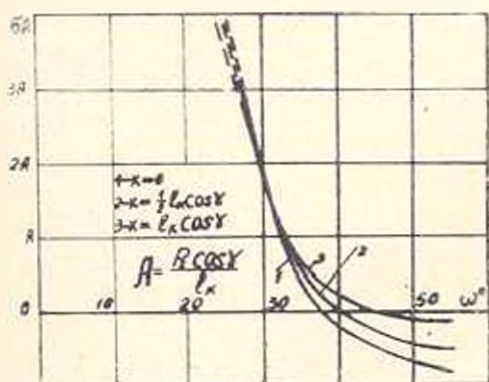


Рис. 2.

Из рис. 2 видно, что при малых значениях угла заострения инструмента в зоне нагружения, вероятность выкрашивания режущей кромки значительна. С удалением от режущей кромки возможность выкрашивания уменьшается, поэтому можно изменением геометрии самой режущей кромки достичь минимального значения напряжения.

Начиная с $\omega = 35-40^\circ$, что соответствует углу заострения режущей кромки $2\omega = 70-80^\circ$, дальнейшее его увеличение практически не влияет на величину напряжений. Исходя из этого, для уменьшения напряжений необходимо осуществить округление режущей кромки, либо придать ей соответствующие очертания. Если предположить, что на кончике инструмента сделана фаска перпендикулярно оси симметрии инструмента (клина) шириной h_0 , то вместо одного ребра O с углом 2ω появляются два ребра O_1 с углом $2\omega_1$, существенно превышающим прежнее значение ω (рис. 3).

$$2\omega_1 = 90^\circ + \omega.$$

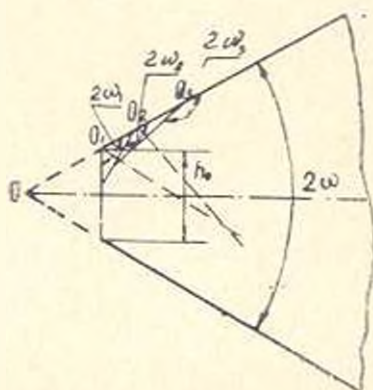


Рис. 3.

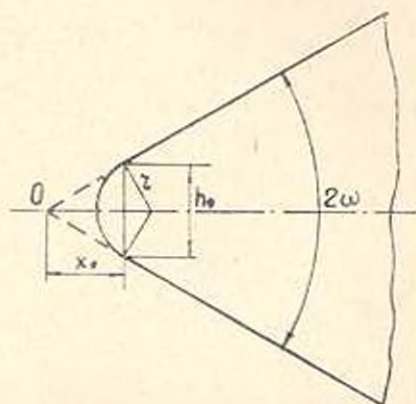


Рис. 4.

Вторичное снятие фаски с двух ребер дает четыре новых ребра с углом

$$2\omega_2 = 90^\circ + \omega_1 = 90^\circ + \frac{90^\circ}{2} + \frac{\omega}{2}.$$

При снятии фаски n раз получается $2n$ ребер, у каждого из которых угол составляет

$$2\omega_n = 180^\circ (1 - 0,5^n) + \frac{\omega}{2}.$$

При $n = 1$ коэффициент $(1 - 0,5^n)$ приближается к единице, а при $n \rightarrow \infty$ $2\omega_n = 180^\circ$, т. е. при многократном снятии фаски получается кривая поверхность с радиусом округления r (рис. 4).

$$r = x_0 \frac{\lg \omega}{\cos \omega}, \quad (7)$$

где x_0 определяется из условия прочности кромки по нормальным напряжениям, исходя из уравнения (6).

Ширина площадки, соответствующая радиусу округления r , будет

$$h_0 = 2x_0 \lg \omega.$$

При определении радиуса закругления r по формуле (7) и сопоставления его с фактическими значениями, необходимо учесть, что на

оформление радиуса округления режущей кромки влияет абразивное действие породы. Поэтому совпадения этих значений не будет и фактический радиус округления режущей кромки будет несколько больше расчетного.

НИИКС

Поступило 17.XII.1968.

Ի. Ա. ՏԵՐ-ԱՉԱՐԻԿ Լ. Մ. ՄԱԿԱՐՅԱՆ

ԱՊԱՐՆԵՐԻ ԿՏՐՈՒՆ ԺԱՄԱՆԱԿԻ ԿՈՐՄԻՔԻ ԿՏՐՈՂ ԵՋՐԻ ՓՇՐԱՄԱՇՄԱՆ ՎԵՐԱԴՆՈՒԹՅՈՒՆԸ

Ա Վ Փ Ո Փ Ո Վ

Տեսականորեն ուսումնասիրված է կտրիչի կտրող եզրի փշրամաշման մեխանիզմը ապարների կտրման ժամանակ, որի համար բացահայտված է՝ բեռնավորման բնույթը կտրիչի առջևի նիստի վրա կտրման բնթացքում և սուր փշրիչի լարվածային վիճակը առկա բեռնավորման ղեկըրում։ Ելնելով հայտնի հետազոտություններից, բեռնավորման բաշխումն առջևի նիստի վրա՝ կտրող զոտում, ընդունված է եռանկյան օրենքով։ Այլ բեռնավորման ղեկըրում հետազոտման մեթոդիկան և կտրող եզրի օպտիմալ երկրաչափության հիմնավորումը չի փոխվում։

Ստացված են հիմնական բանաձևեր և հավասարումներ, որոնք հնարավորություն են ընձեռնում որոշելու կտրիչի օպտիմալ երկրաչափությունն ու կտրող եզրի կորացման շառավիղը։

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Клушин М. И. Расчет режущей части инструментов на прочность. Журн. „Станки и инструменты“, № 2, 1958.
2. Карпичев Н. Г. Распределение удельного давления по передней грани резца при разрушении горных пород. Научные доклады высшей школы. Журн. „Горное дело“, № 4, 1958.
3. Тер-Азизов И. А. Основы эффективного резания природного камня. (Автореферат докторской диссертации). Киев, 1966.