

Г. К. МАРКАРЯН, А. М. АРУТЮНЯН

ОПТИМИЗАЦИЯ КРИСТАЛЛОГРАФИЧЕСКОЙ ОРИЕНТАЦИИ РЕЖУЩИХ ПЛАСТИН ИЗ СИНТЕТИЧЕСКОГО ЛЕЙКОСАПФИРА

Высокая твердость, прочность на сжатие и изгиб в сочетании с хорошей теплоемкостью и удовлетворительной теплопроводностью искусственного корунда подсказывают возможность его использования в качестве режущего материала. Исследованию путей реализации этого предположения, насколько нам известно, посвящено всего несколько работ*, результатов которых, однако, недостаточно для однозначных выводов, а тем более для окончательных практических рекомендаций.

Монокристалл синтетического корунда обладает высокой степенью анизотропии, существенной хрупкостью, а его физико-механические свойства в значительной степени зависят от состава и количества примесей. Следовательно, ориентация режущих граней и кромок пластинки относительно главной кристаллографической оси монокристалла корунда, наличие внутренних остаточных напряжений и примесей в нем, чистота обработки граней пластинок должны оказывать определенное влияние на режущие способности последних.

В указанных же исследованиях эти вопросы или вовсе не затронуты, или изучены недостаточно полно.

Подобная постановка задачи и определила программу предлагаемого исследования.

В отличие от упомянутых работ, где в качестве режущего материала применялся рубин, в наших опытах для этой цели был использован искусственный лейкосапфир, отличающийся более высокими, а главное более стабильными физико-механическими свойствами.

Эксперименты проводились на токарно-винторезном станке марки SV18RA. Обрабатывалась бронза Бр. ОЦ8-4 без охлаждения при режимах чистового точения: скорости резания $V=235$ м/мин, подачи $S=0,02—0,03$ мм/об и глубины резания $t=0,10$ мм.

Как первое приближение, геометрия режущей части пластинок соответствовала рекомендуемой для резцов из монокристалла алмаза: $\gamma = \lambda = 0^\circ$, $\alpha = \alpha_1 = \varphi_1 = 8^\circ$, $\varphi = 45^\circ$, $r = 0,3$ мм и $\rho = 0$ мм.

* Работы ЦНИИТОП, Московского станкоинструментального института, Московского института электронного машиностроения и статья И. И. Капелевича, А. Ю. Коноповича, В. А. Николаева «Тонкое точение резцами из лейкосапфира» в журнале «Станки и инструмент», № 10, 1970.

Работоспособность резцов характеризовалась высотой фаски износа по задней грани — h_z и величиной износа в радиальном направлении (размерный износ) — h' , измерение которых осуществлялось через каждые $L=28000$ м пути резания, а общая его длина для данного резца составила 112000 м. Все эксперименты повторялись минимум четыре раза.

Влияние анизотропии свойств монокристалла синтетического лейкоапфира на работоспособность режущих пластинок изучалось в два этапа.

На первом этапе исследовалась зависимость параметров износа режущей пластинки от расположения ее передней грани относительно главной кристаллографической и геометрической осей монокристалла. С этой целью из двух типов булек лейкоапфира, углы между указанными осями которых равнялись $\Theta=60^\circ$ и 90° , были вырезаны режущие пластинки восьми различных кристаллографических ориентаций (табл. 1).

Таблица 1.

Наименование параметра	Условное обозначение вариантов ориентаций в °							
	A	B	C	D	E	F	G	H
Угол между главной кристаллографической и оптической осями монокристалла при выращивании	90	90	90	60	60	60	60	60
Угол между главной кристаллографической осью монокристалла и передней гранью пластинки	90	0	0	90	0	60	30	0
Угол между геометрической осью монокристалла и передней гранью пластинки	0	90	0	30	60	0	90	0

Результаты экспериментов, приведенные на рис. 1, показывают, что кристаллографическая ориентация режущих пластинок оказывает значительное влияние на интенсивность протекания износа при резании и что наилучшей износостойкостью обладают пластинки варианта «G», а наименьшей — варианта «E»*. В первом случае передняя грань резца расположена под углом 30° относительно главной кристаллографической оси и перпендикулярна к геометрической оси бульки, во втором же случае эти углы соответственно равны 0 и 60° . При этом износ пластинок варианта «G» оказался в 1,5—2,5 раза меньше, чем у остальных, как в радиальном направлении, так и по задней грани инструмен-

* На рис. 1 не приведены результаты испытания пластинок вариантов A, B и C, которые хорошо укладываются в указанную выше закономерность относительной износостойкости.

та. В этом сравнении не учтены результаты испытания пластинок варианта «Е», износ которых протекал настолько интенсивно, что уже при $L=56000$ м составил: в радиальном направлении—82 мк, по задней грани—525 мк.

Были исследованы и пластинки, изготовленные из монокристалла с совпадающими кристаллографической и геометрической осями ($\theta=0^\circ$), передняя грань которых имела оптимальное расположение относительно указанной оси— 30° . Износостойкость и в этом случае оказалась ниже, чем у пластинок варианта «G».

Установив, таким образом, оптимальные направления выращивания монокристалла лейкосапфира и расположение передней грани резца, на втором этапе исследования были испытаны режущие пластинки варианта «G» с тремя различными ориентациями кромки относительно плоскости P , проходящей через главную кристаллографическую

и геометрическую оси бульки,—параллельной, перпендикулярной и под углом 45° . Из результатов опытов (рис. 2) вытекает, что наибольшую

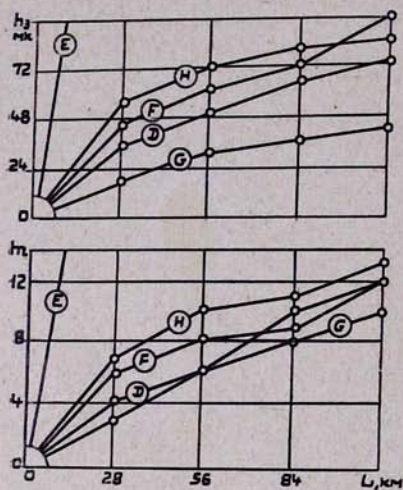


Рис. 1. Зависимость радиального износа— h_r и износа по задней поверхности— h_z от пути резания— L при различных кристаллографических ориентациях передней грани режущей пластинки.

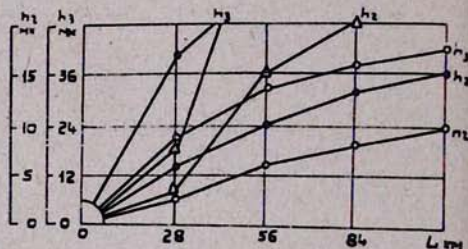


Рис. 2. Зависимость радиального износа— h_r и износа по задней грани— h_z от пути резания— L при различных кристаллографических ориентациях режущей кромки пластинки.

○—кромка параллельна плоскости P ,
 △—кромка перпендикулярна плоскости P ,
 ●—кромка составляет 45° с плоскостью P .

износостойкость имеют пластинки с режущей кромкой, параллельной плоскости P .

После оптимизации кристаллографических параметров монокристалла и ориентации режущих элементов пластинок все дальнейшие исследования проводились пластинками варианта «G», с указанной оптимальной ориентацией режущей кромки.

Влияние содержания хрома в монокристаллах искусственного корунда на процесс износа режущих пластинок исследовалось при изменении количества этой примеси от 0 до 0,836%, т. е. от лейкосапфира до различных типов рубинов, и было установлено (рис. 3 и 4), что при

этом происходит непрерывное увеличение износа как по задней грани резца, так и в радиальном направлении. Следует, однако, отметить, что износостойкость распространенных рубинов (с содержанием хрома не более 0,05%) мало отличается от износостойкости лейкосапфира, тогда как большее содержание хрома приводит к резкому увеличению этой разницы. Так, радиальный износ пластинок из рубина с 0,836% хрома в среднем в десять раз больше, чем у пластинок из лейкосапфира.

Таким образом, лейкосапфир по своим режущим свойствам выгодно отличается от рубинов, однако для практического применения, наряду с лейкосапфиром, можно рекомендовать и рубины с небольшим количеством хрома (не более 0,05%).

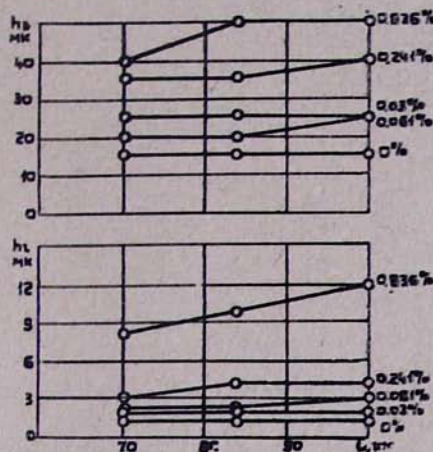


Рис. 3. Зависимость радиального износа— h_r и износа по задней грани— h_z от пути резания— L при различном содержании хрома в корунде.

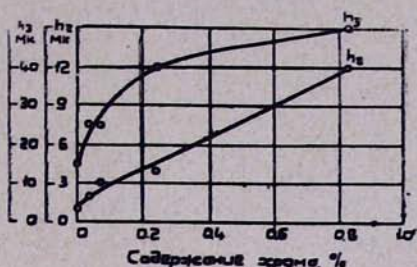


Рис. 4. Зависимость радиального износа— h_r и износа по задней грани— h_z от процентного содержания хрома в корунде при пути резания $L=100000$ м.

В процессе выращивания монокристалла лейкосапфира, а также при изготовлении режущих пластинок возникают внутренние остаточные напряжения, уровень которых зависит от режимов ведения этих процессов. Закономерности изменения износостойкости пластинок, в зависимости от уровня указанных напряжений, исследовались на трех сериях пластин с $\sigma = 1,9 \text{ кг/мм}^2$ (без термообработки), $\sigma = 1,14 \text{ кг/мм}^2$ (с однократным отжигом) и $\sigma = 0,89 \text{ кг/мм}^2$ (с двухкратным отжигом)*.

Было установлено (рис. 5), что наличие внутренних остаточных напряжений в режущих пластинках из лейкосапфира отрицательно сказывается на их износостойкости, причем с ростом этих напряжений растет и интенсивность протекания износа по обоим исследованным параметрам. Результаты экспериментов подтверждают также, что пластинки с уровнем остаточных напряжений порядка $1,5\text{--}2 \text{ кг/мм}^2$ и выше становятся непригодными для использования в качестве режущего

* Отжиг пластинок проводился на Кировоградском химкомбинате им. А. Мясникова, а остаточные напряжения измерялись в Харьковском институте монокристаллов.

материала, вследствие недостаточной их стойкости. Приведенные закономерности, очевидно, являются следствием стимулирующей роли внутренних остаточных напряжений на развитие усталостных явлений в материале пластинки.

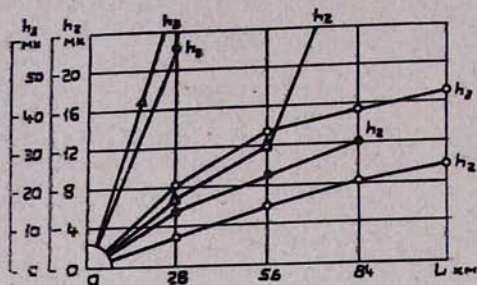


Рис. 5. Зависимость радиального износа — h_r и износа по задней грани — h_z от пути резания — L при различных уровнях внутренних остаточных напряжений — σ в пластинках.

- — $\sigma = 0,89 \text{ кг/мм}^2$,
 △ — $\sigma = 1,9 \text{ кг/мм}^2$,
 ● — $\sigma = 1,14 \text{ кг/мм}^2$,

Таким образом, с целью снижения уровня внутренних остаточных напряжений и, следовательно, обеспечения высокой износостойкости, пластинки из лейкосапфира в обязательном порядке должны подвергаться двойному отжигу.

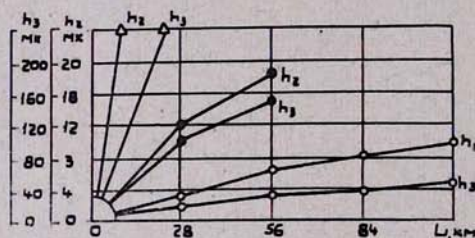


Рис. 6. Зависимость радиального износа — h_r и износа по задней грани — h_z от пути резания — L при различной чистоте обработки режущих граней пластинок.

- — ▽ 14, ● — ▽ 12, △ — ▽ 10.

Лейкосапфир отличается резко выраженной хрупкостью, следовательно, микрогеометрическое состояние режущих граней пластинок должно оказать непосредственное влияние на их износостойкость. Для выяснения этой зависимости проводились эксперименты с использованием трех серий пластинок с чистотой граней, соответствующей 10, 12 и 14-му классам по ГОСТ-2789-59. Выяснилось, что с ухудшением чистоты обработки граней инструмента износ как в радиальном направлении, так и по задней грани непрерывно и существенно растет (рис. 6). Так, при пути резания $L=56000 \text{ м}$ переход от 14-го к 12-му классам

и чистоты режущих граней привел к увеличению износа резцов в три-четыре раза.

Следовательно, чем выше чистота обработки граней режущей пластины из лейкосапфира, тем выше их износостойкость.