

УДК 621.941.1

ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ КОРУНДОВЫХ РЕЖУЩИХ ПЛАСТИН В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ИХ КРИСТАЛЛОГРАФИЧЕСКОЙ ОРИЕНТАЦИИ

А.М. Арзуманян, О.С. Манукян, С.А. Акопян, Т.А. Мирвелян

Национальный политехнический университет Армении, Гюмрийский филиал

Приведены результаты исследований по износостойкости корундовых режущих пластин в зависимости от кристаллографической ориентации монокристалла. Для выявления наилучшей ориентации кристаллов, обеспечивающей максимальную стойкость корундовых режущих пластин при тонколезвийной обработке цветных металлов, исследования условно проводились по пяти ориентационным схемам, охватывающим все возможные ориентации кристалла. Доказано, что при разных положениях режущего лезвия и передней поверхности режущей пластины износ по задней грани резко отличается. Уточнена рациональная ориентация, при которой режущий инструмент имеет максимальную износостойкость.

Ключевые слова: износостойкость, кристаллография, ориентация, корунд, пластина, цветные металлы.

Введение. Известно, что в разных монокристаллах износ зависит от кристаллографических направлений [1]. В работах [1,2] показано, что пока недостаточно полно изучена рациональная ориентация режущих пластин из кристалла корунда при тонколезвийной обработке цветных металлов, а рекомендуемые оптимальные ориентации противоречивы.

В связи с недостатком подобных исследований в данной области и в целях эффективного использования синтетического корунда при тонколезвийной обработке цветных металлов были проведены эксперименты для выявления рациональной ориентации корундового кристалла, при которой режущие пластины имели бы наибольшую стойкость. При этом создавались условия для правильной резки, шлифовки и доводки режущих пластин из заготовок корундовых полубулек.

Методы исследования и обсуждение результатов. Для выявления наилучшей ориентации кристаллов корунда, обеспечивающей максимальную стойкость корундовых режущих пластин при тонколезвийной обработке цветных металлов, исследования условно проводились по пяти ориентационным схемам, охватывающим все возможные ориентации кристалла [1,2].

Режущие пластины из синтетического корунда разрезали на полубульки, которые имели плоскозеркальные плоскости раскола. Такие полубульки

выбирались с целью облегчения определения ориентации кристаллов, принимая во внимание, что в плоскости раскола находится или ось второго порядка L_2 , или плоскость симметрии P .

После ориентации кристаллов корунда, т.е. после определения направлений L_3^6, L_2 и P (ось второго порядка L_2 у всех полубулек находилась в плоскости раскола), полубульки и стержни синтетического корунда разрезали так, чтобы полученные режущие пластины соответствовали пяти ориентационным схемам [1,2].

Во время опытов с помощью пластин из синтетического корунда тонколезвийной обработке подвергались бронза БрАЖ9-4 и латунь ЛС59-1, имеющие для всех пяти ориентационных схем единую геометрию $\alpha = 6^\circ, \alpha_1 = 6^\circ, \gamma = -6^\circ, \lambda = 0^\circ, r = 0,3 \dots 0,5 \text{ мм}$ и $\rho = 0,7 \dots 1,2 \text{ мкм}$. Резание осуществлялось при глубине $t = 0,10 \text{ мм}$ и подаче $s_{\text{пр}} = 0,021 \text{ мм/об}$.

Для получения по каждой ориентационной схеме различных ориентаций кристалла корунда относительно обрабатываемого материала, т.е. для поворота режущих пластин вокруг нормали к передней поверхности, применялись резцовые головки, обеспечивающие разные геометрические углы с использованием разных вершин режущей пластины (рис. 1) [3].

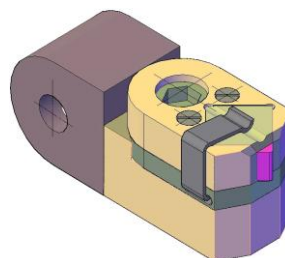


Рис. 1. Резцовая головка с механическим креплением режущей пластины

Согласно первой ориентационной схеме, передняя поверхность реза была параллельна осям L_3^6 и L_2 и перпендикулярна плоскости симметрии P , а главная режущая кромка составляла с оптической осью угол 60° [1,2] (рис. 2а).

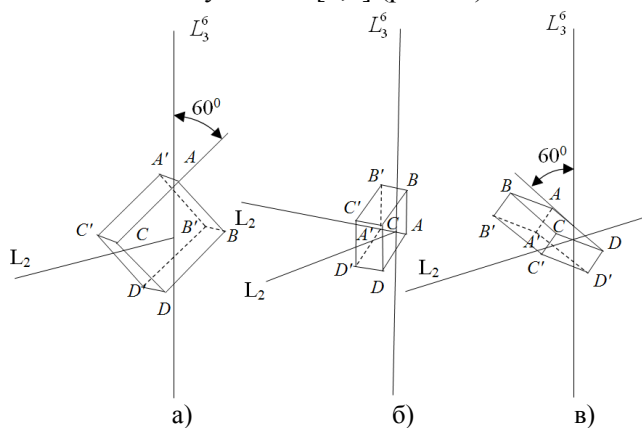


Рис. 2. Расположение плоскостей режущих пластин относительно элементов симметрии кристалла при ориентационных схемах: а - первой, б - второй и третьей, в - четвертой и пятой

Обозначим угол между оптической осью L_3^6 и осью обрабатываемого материала через θ , а угол между L_3^6 и секущими P_A и P_B – соответственно через ξ_A и ξ_B (рис. 3).

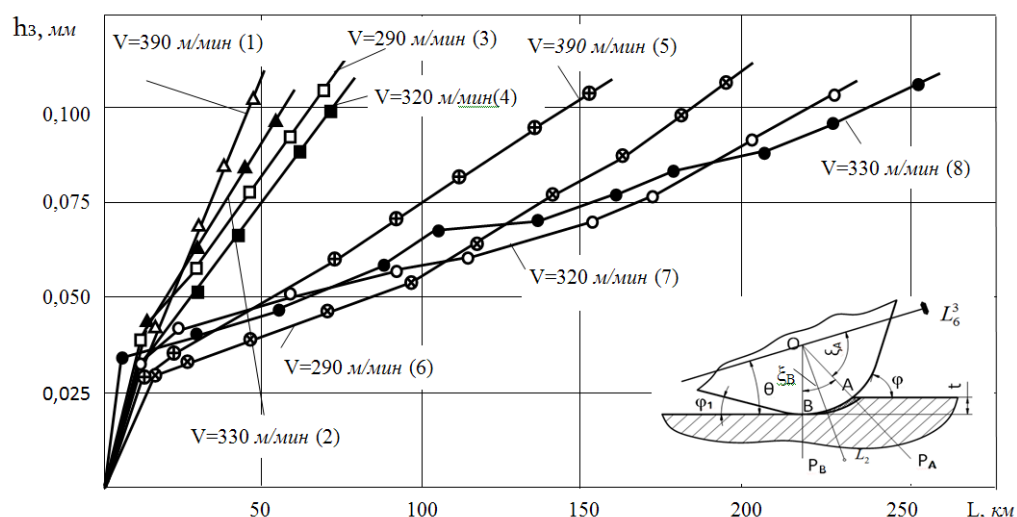


Рис. 3. Зависимость износа задней поверхности режущей пластины от длины пути резания при первой ориентационной схеме: 1 – БрАЖ9-4 – рубин “P2” ($\theta=120^\circ$, $\xi_A=0^\circ$), 2 – ЛС59-1 – рубин “Роза” ($\theta=120^\circ$, $\xi_A=0^\circ$), 3 – БрАЖ9-4 – лейкосапфир ($\theta=120^\circ$, $\xi_A=0^\circ$), 4 – ЛС59-1 – лейкосапфир ($\theta=120^\circ$, $\xi_A=0^\circ$), 5 – БрАЖ9-4 – рубин “P-2” ($\theta=30^\circ$, $\xi_A=90^\circ$), 6 – БрАЖ9-4 – лейкосапфир ($\theta=30^\circ$, $\xi_A=90^\circ$), 7 – ЛС59-1 – лейкосапфир ($\theta=30^\circ$, $\xi_A=90^\circ$), 8 – ЛС59-1 – рубин “Роза” ($\theta=30^\circ$, $\xi_A=90^\circ$)

В ряде случаев, принимая в качестве критерия затупления величину износа по задней поверхности режущей пластины $h_3 = 0,1$ мм, определялась также длина пути резания (рис. 3). При ориентации $\theta=30^\circ$ длина пути резания находилась в пределах $L=120\dots200$ км – при точении бронзы БрАЖ9-4 и $L=150\dots250$ км – при точении латуни ЛС59-1, а при ориентации $\theta=120^\circ$ – $L=35\dots70$ км при обработке указанных сплавов.

Согласно второй ориентационной схеме, оптическая ось L_3^6 и плоскость симметрии P параллельны передней поверхности режущей пластины, которая, в свою очередь, перпендикулярна оси второго порядка L_2 (рис. 2б). Передняя поверхность режущей пластины представляет собой плоскость призмы $(1\bar{2}10)$, одна режущая кромка которой совпадает с оптической осью L_3^6 , а другая – с направлением $[10\bar{1}0]$ базисной плоскости (0001) .

Обозначим для второй ориентационной схемы угол между оптической осью L_3^6 и осью обрабатываемого материала через θ , а углы между L_3^6 и секущими плоскостями P_A и P_B - соответственно через ξ_A и ξ_B .

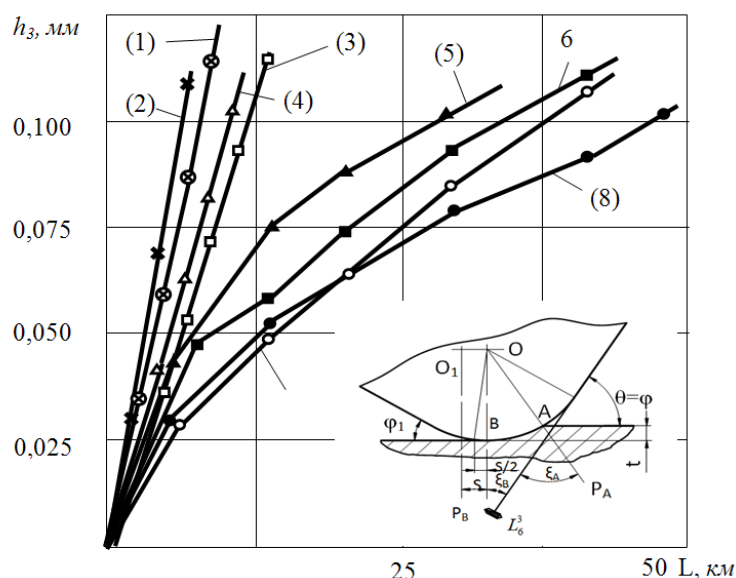


Рис. 4. Зависимость износа задней поверхности резца от пути резания при второй ориентационной схеме: 1 - ЛС59-1 - рубин "Роза" ($\theta=120^\circ, \xi_A=0^\circ$), 2 - ЛС59-1-лейкосапфир ($\theta=120^\circ, \xi_A=0^\circ$), 3 - БрАЖ9-4 - лейкосапфир ($\theta=120^\circ, \xi_A=0^\circ$), 4 - БрАЖ9-4-рубин "Роза" ($\theta=120^\circ, \xi_A=0^\circ$), 5 - БрАЖ9-4 - лейкосапфир ($\theta=30^\circ, \xi_A=90^\circ$), 6 - ЛС59-1 - лейкосапфир ($\theta=30^\circ, \xi_A=90^\circ$), 7 - БрАЖ9-4 - рубин "Роза" ($\theta=30^\circ, \xi_A=90^\circ$), 8 - ЛС59-1-рубин "Роза" ($\theta=30^\circ, \xi_A=90^\circ$)

Исследования показали, что относительный износ для режущих пластин, оснащенных пластинами рубина "Роза" и лейкосапфира, приблизительно одинаков при тонколезвийной обработке бронзы БрАЖ9-4 и латуни ЛС59 -1. Длина пути резания в случае второй ориентационной схемы при ориентации $\theta = 30^\circ - L = 30 \dots 55$ км, а при ориентации $\theta = 120^\circ (\xi_A = 0^\circ) - L = 7 \dots 13$ км.

При третьей ориентационной схеме ось второго порядка L_2 параллельна передней поверхности резца, а последняя перпендикулярна оптической оси L_3^6 и плоскостям симметрии Р (рис. 2б). Первая режущая кромка АВ параллельна плоскости симметрии Р, т.е. имеет направление $[10\bar{1}0]$, а вторая АА' - направление $[11\bar{2}0]$ базисной плоскости (0001), которая, в свою очередь, параллельна передней поверхности режущей пластины.

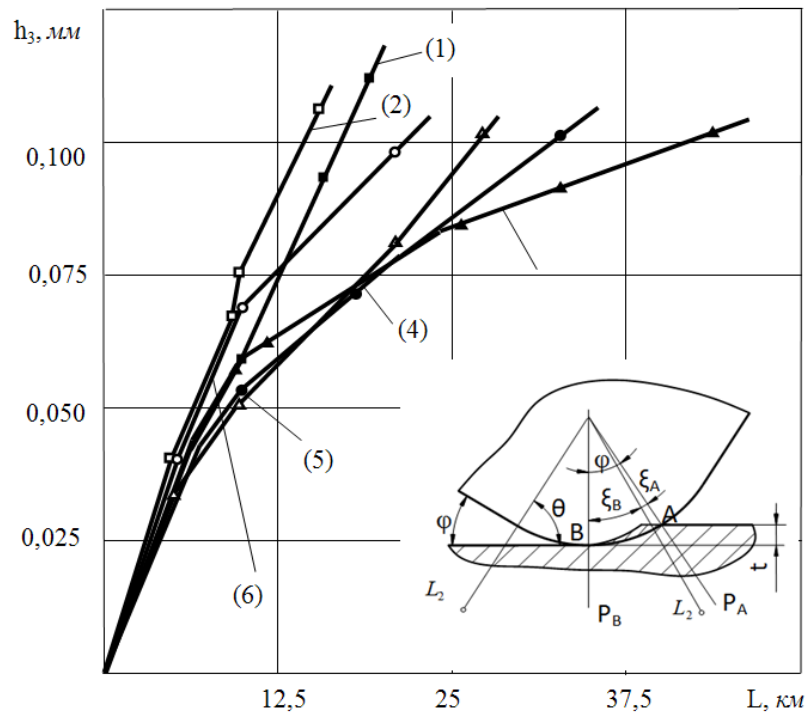


Рис. 5. Зависимость износа задней поверхности резца от пути резания при третьей ориентационной схеме: 1 - ЛС59-1- лейкосапфир ($\xi_A=0^0$), 2 - ЛС59-1 - рубин "Роза" ($\xi_A=0^0$), 3 - БрАЖ9-4 - рубин "Роза" ($\xi_A=15^0$), 4 - БрАЖ9-4 - лейкосапфир ($\xi_A=0^0$), 5- ЛС59-1 - лейкосапфир ($\xi_A=15^0$), 6 - БрАЖ9-4- рубин "Роза" ($\xi_A=0^0$)

Обозначим угол между прямолинейной частью главной режущей кромки, т.е. осью L_2 , и осью заготовки через θ , а с секущими P_A и P_B - соответственно через ξ_A и ξ_B (рис. 5).

При ориентации $\xi_A = 30^0$ износ задних поверхностей резцов происходит по плоскости призмы (1120), а при ориентации $\xi_A = 0^0$ - по плоскостям призмы (1010) в направлении оптической оси L_3^6 . При ориентации $\xi_A = 15^0$ износ происходит по плоскости, составляющей с плоскостями призмы (1120) и (1010) углы 15^0 , в направлении оси L_3^6 .

При тонколезвийной обработке бронзы БрАЖ9-4 износ по задней грани в 1,5 ...2,0 раза меньше по сравнению с износом режущих пластин при обработке латуни ЛС59-1 при скорости резания $v=285$ м/мин. Длина пути резания при тонколезвийной обработке латуни ЛС59 - 1 (износ задней поверхности $h_3 = 0,1$ мм) составляет $L=12...20$ км, а при БрАЖ9-4 - $L=24...35$ км (рис. 5).

При четвертой ориентационной схеме передняя поверхность режущей пластины составляет с плоскостью симметрии $P = 60^0$ (рис. 2в). Первая задняя

поверхность реза параллельна плоскости призмы $(10\bar{1}0)$, а вторая задняя поверхность - плоскости гексагональной дипирамиды $(22\bar{4}3)$.

Обозначим угол между проекцией оптической оси L_3^6 (прямолинейная часть главной режущей кромки) на переднюю поверхность реза и осью заготовки через θ , а углы между прямолинейной частью режущей кромки и секущими P_A и P_B - соответственно через ξ_A и ξ_B (рис. 6).

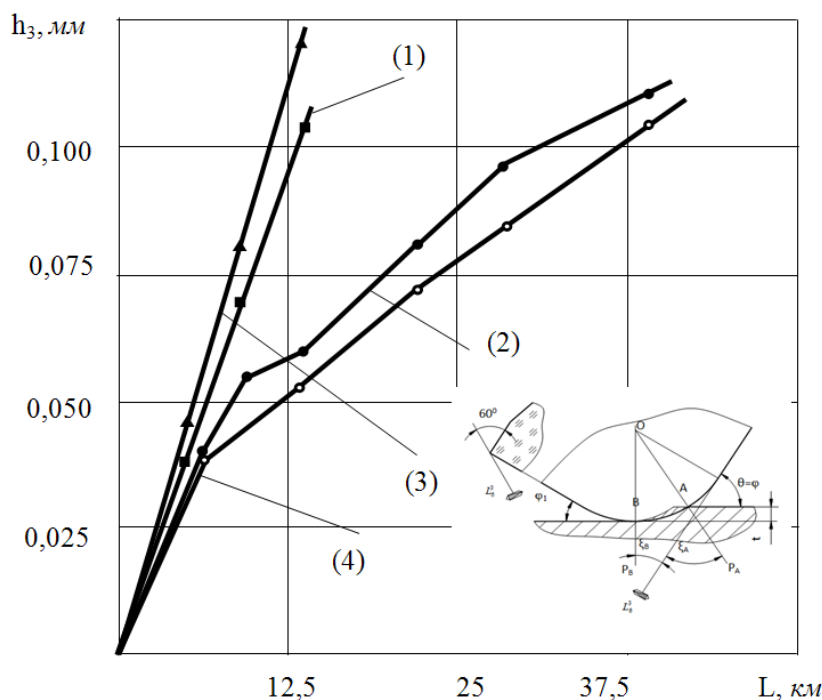


Рис. 6. Зависимость износа задней поверхности от длины пути резания согласно четвертой ориентационной схеме: 1 - ЛС59-1 - рубин "Роза" ($\theta=60^\circ, \xi_A=60^\circ$), 2 - БрАЖ9-4 - рубин "Роза" ($\theta=60^\circ, \xi_A=60^\circ$), 3 - ЛС59-1 - лейкосапфир ($\theta=60^\circ, \xi_A=60^\circ$), 4 - БрАЖ9-4 - лейкосапфир ($\theta=60^\circ, \xi_A=60^\circ$)

При кристаллографической ориентации $\theta = 30^\circ$ ($\xi_A=60^\circ$) износ задних поверхностей резцов происходит по плоскостям призмы (1010) , а при ориентации $\theta = 120^\circ$ ($\xi_A=0^\circ$) - по плоскостям гексагональной дипирамиды (2243) . Стойкость режущих пластин при четвертой ориентационной схеме получается меньше, так как износ происходит по направлениям наименее плотной упаковки ионов кислорода кристалла синтетического корунда. Эксперименты показали, что при тонколезвийной обработке бронзы БрАЖ9-4 относительные износы режущих пластин из синтетического корунда получались ниже по сравнению с относительными износами во время течения латуни

ЛС59-1. Длина пути резания при тонколезвийной обработке бронзы БрАЖ9-Н (при $h_3 = 0,1 \text{ мм}$) составляла $L = 30 \dots 38 \text{ км}$, а при латуни ЛС59-1 - $L = 10 \dots 28 \text{ км}$ (рис. 6)

Стойкость режущих пластин при ориентации $\theta = 30^\circ$ по четвертой ориентационной схеме в 3,5...6 раз меньше при тонколезвийной обработке бронзы БрАЖ9-4 и в 10...15 раз меньше при обработке латуни ЛС59-1 по сравнению со стойкостью режущих пластин, ориентационных $\theta = 30^\circ$ согласно первой ориентационной схеме.

При пятой ориентационной схеме передняя поверхность режущей пластины составляет с плоскостью симметрии $P = 30^\circ$ (рис.2в), т.е. передняя поверхность является плоскостью гексагональной дипирамиды (2243). Первая задняя поверхность режущей пластины параллельна плоскости призмы (1010), а вторая задняя поверхность составляет с плоскостью базиса (0001) угол 30° .

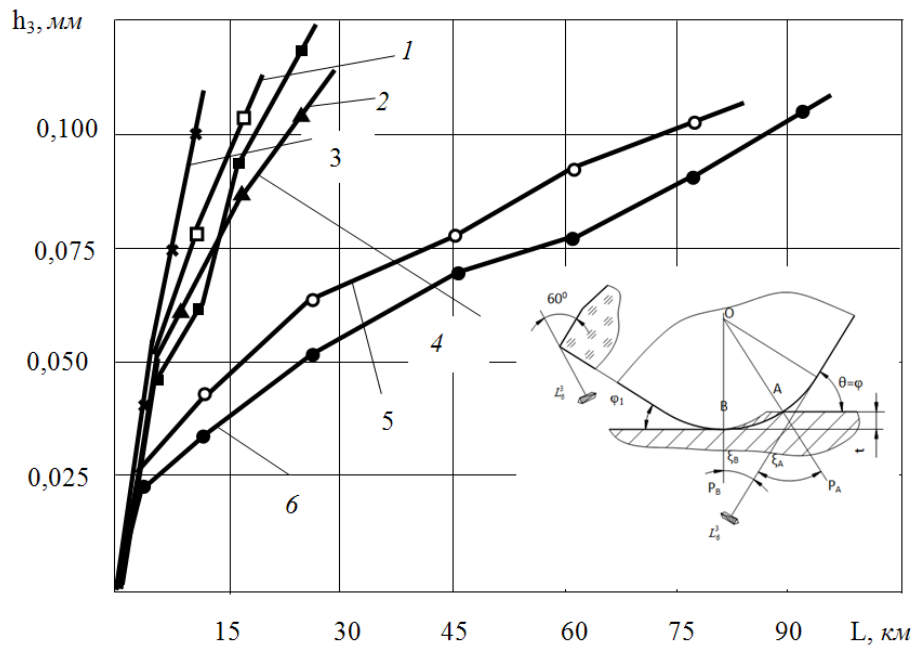


Рис. 7. Зависимость износа задней поверхности резцов от длины пути резания согласно пятой ориентационной схеме: 1 - ЛС59-1 – лейкосапфир ($\theta = 90^\circ$, $\xi_A = 30^\circ$), 2 - БрАЖ9-4 – рубин “Роза” ($\theta = 90^\circ$, $\xi_A = 30^\circ$), 3 - ЛС59-1 – лейкосапфир ($\theta = 60^\circ$, $\xi_A = 60^\circ$), 4 - БрАЖ9-4 – лейкосапфир ($\theta = 90^\circ$, $\xi_A = 30^\circ$), 5 - БрАЖ9-4 – рубин “Роза” ($\theta = 30^\circ$, $\xi_A = 90^\circ$), 6 - БрАЖ9-4 – лейкосапфир ($\theta = 30^\circ$, $\xi_A = 90^\circ$)

Как в случае четвертой ориентационной схемы, так и в пятой схеме обозначим угол между проекцией оптической оси θ на переднюю поверхность

резца и осью заготовки через θ , а углы между проекцией L_3^6 и секущими P_A и P_B - соответственно через ξ_A и ξ_B (рис. 7).

Для всех исследуемых ориентаций величина относительного износа при тонколезвийной обработке бронзы БрАЖ9-Н получается меньше, чем при обработке латуни ЛС59-1. Длина пути резания (при $h_3 = 0,1$ мм) при обработке бронзы БрАЖ9-4 при ориентации $\theta = 30^0$ и 60^0 составляла $L = 65 \dots 95$ км, а при ориентации $\theta = 90^0$ - $L = 15 \dots 25$ км. У режущей пластины латуни ЛС59-1 при вышеуказанных ориентациях длина пути резания соответственно составляла $L = 20 \dots 35$ км и $L = 10 \dots 20$ км (рис. 7).

Пятая ориентационная схема по стойкости занимает второе место после первой схемы, так как стойкость режущих пластин при ориентации $\theta = 30^0$ получается наибольшей по сравнению с остальными ориентационными схемами. При тонколезвийной обработке бронзы БрАЖ9-4 длина пути резания при ориентации $\theta = 30^0$ составляет (при $h_3 = 0,1$ мм) $L = 65 \dots 95$ км, а при обработке латуни ЛС59-1 - $L = 20 \dots 35$ км.

Выводы

Сравнение результатов исследования показало, что:

- наибольшая стойкость режущих пластин наблюдается в случае первой ориентационной схемы при ориентации $\theta = 30^0$;
- второй по стойкости является пятая ориентационная схема при $\theta = 30^0$;
- третьей по стойкости является пятая ориентационная схема при $\theta = 30^0$;
- при остальных ориентационных схемах стойкость резцов получается в несколько раз меньше.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Государственного комитета по науке МОН РА в рамках научного проекта № SH 15-006

Литература

1. Арзумян А.М., Мирвелян Т.А. Особенности кристаллографии и физико-механических свойств синтетического корунда // Национальная ассоциация ученых (НАУ): Ежемесячный журнал. - Екатеринбург, 2015. - №4(9), часть 2. - С. 43-46.
2. Арзумян А.М., Акопян С.А., Манукян О.С., Мирвелян Т.А. Износостойкость
3. корундовых фрез в зависимости от кристаллографической ориентации режущих пластин // International scientific-practical conference "Modernen gineering technologies and environmental protection". - Kutaisi, Georgia, 2016. - Part II. - P. 583-586.
4. ՀՀ գյուտի արտոնագիր №2065. Մաքրամշակման կտրիչագլխիկ / Ա.Մ.Արզումանյան, Հ.Ս. Մանուկյան, Ա.Հ. Հալոբյան. - 2008:

*Поступила в редакцию 23.08.2016.
Принята к опубликованию 05.12.2016.*

**ԿՈՐՈՒՆԴԵ ԿՏՐՈՂ ԹԻԹԵՂԻԿՆԵՐԻ ՄԱՇԱԿԱՅՈՒՆՈՒԹՅՈՒՆԸ՝ ԿԱԽՎԱԾ ԴՐԱՆՑ
ԲՅՈՒՐԵՂԱԲԱՆԱԿԱՆ ԿՈՂՄՆՈՐՈՇՈՒՄԻՑ**

Ա.Մ. Արզումանյան, Հ.Ս. Մանուկյան, Ս.Հ. Հակոբյան, Տ.Ա. Միրվելյան

Ներկայացված են կորունդե կտրող թիթեղիկների մաշակայունության հետազոտությունների արդյունքները՝ կախված միաբյուրեղի բյուրեղաբանական կողմնորոշումից: Գունավոր մետաղների՝ նրբասայր մշակման դեպքում կորունդե կտրող թիթեղների առավելագույն կայունություն ապահովելու համար, բյուրեղների լավագույն կողմնորոշման նպատակով, հետազոտվել են բյուրեղի բոլոր հնարավոր կողմնորոշումներն արտացոլող հինգ պայմանական սխեմաներ: Հիմնավորվել է, որ կտրող թիթեղիկի հետին նիստի մաշումը նրա կտրող սայրի և առջևի մակերևույթի տարբեր դիրքերում կտրուկ տարբերվում է: Ճշգրտված է այն նպատակահարմար կողմնորոշումը, որի դեպքում կտրող գործիքն ունի առավելագույն մաշակայունությունը:

Առանցքային բաներ. մաշակայունություն, բյուրեղաբանություն, կողմնորոշում, կորունդ, թիթեղիկ, գունավոր մետաղներ:

**WEAR RESISTANCE OF CORUNDUM CUTTING PLATES DEPENDING ON
THEIR CRYSTALLOGRAPHIC ORIENTATION**

A.M. Arzumanyan, H.S. Manukyan, S.H. Hakobyan, T.A. Mirvelyan

The investigation results of wear resistance of corundum cutting plates, depending on the crystallographic orientation of a single crystal are introduced. To reveal the best orientation of crystals, providing maximal stability of corundum cutting plates at fine-blade cutting of nonferrous metals, the investigations were conventionally carried out according to five orientation schemes, embracing all the possible orientations of crystals. It is proved that the wear on the back edge definitely differs according to different positions of the cutting blade and the front surface of the cutting plate. The rational orientation is specified according to which the cutting instrument has maximum wear resistance.

Keywords: wear resistance, crystallography, orientation, corundum, plate, nonferrous metals.