

4. Быстрорежущие стали рационально применять путем напайки пластин твердыми припоями с одновременным нагревом под закалку и последующим процессом азотирования.

Л и т е р а т у р а

1. Демьяновский К.Н. Износостойкость инструмента для фрезерования древесины.

В.А. Кириченко

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ ПАЙКИ ДЕРЕВОРЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА, СОСТАВА ФЛЮСОВ И ПРИПОЕВ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПАЯНОГО СОЕДИНЕНИЯ

Прочность паяных соединений зависит от состава припоя, ширины зазора, качества очистки поверхности паяемых металлов от окисных пленок, пористости. Кроме этого, прочность паяных соединений зависит от степени взаимодействия паяемых металлов и припоя (диффузия, образование интерметаллидов, растворимость взаимодействующих металлов).

Диффузия компонентов припоя в основные металлы и компонентов основных металлов в припой часто протекает одновременно с растворением жидким припоем поверхностей паяемых металлов. Диффузия зависит от свойств взаимодействующих металлов, температуры пайки, скорости нагрева, времени выдержки и величины зазора между паяемыми металлами [1].

Растворимость тугоплавких металлов в легкоплавких зависит в основном от температуры пайки, наличия на поверхностях паяемых металлов окисных пленок и ориентировки зерен. В многокомпонентных сплавах составляющие их металлы растворяются избирательно в зависимости от свойств взаимодействующих металлов [1].

Целью настоящей работы является изучение диффузионных процессов в припое и паяемых металлах при пайке дереворежущих инструментов и влияние этих процессов на прочностные свойства и работоспособность последних. Поскольку дереворежущий инструмент может изготавливаться путем напайки быстрорежущей стали или твердого сплава на державку из малолегированных инструментальных сталей, для выяснения интере-

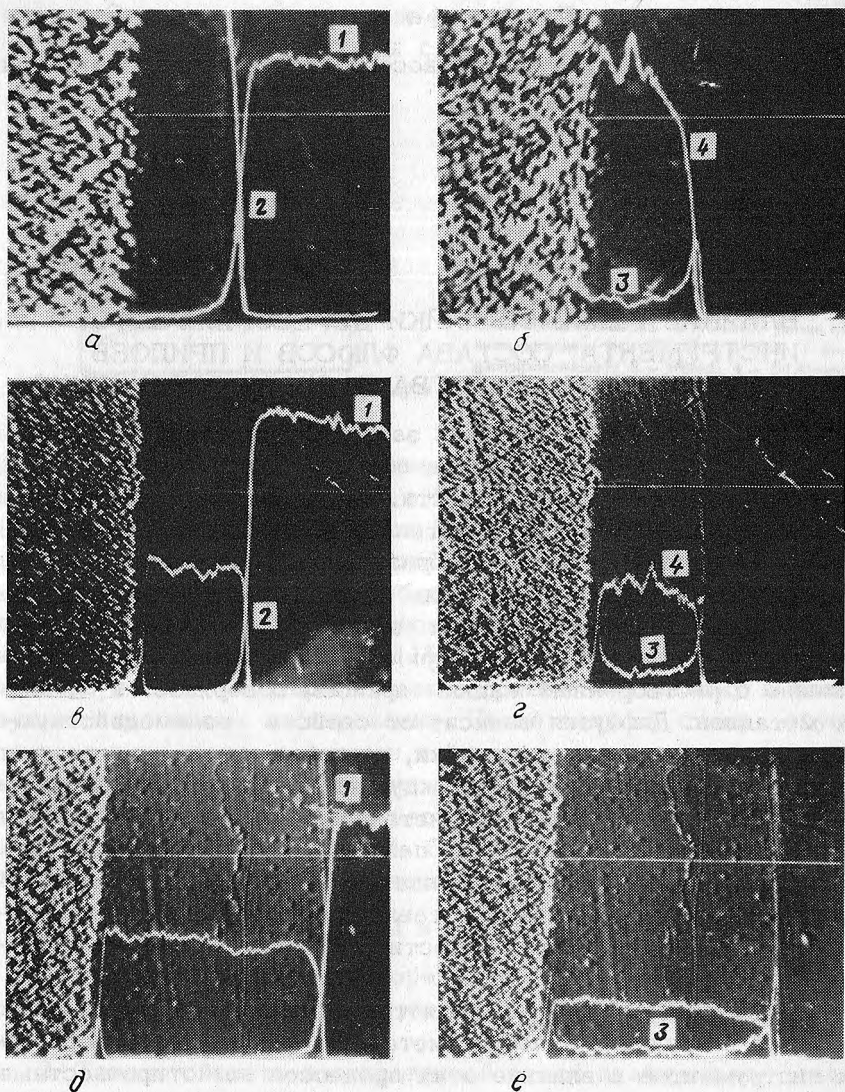


Рис. 1. Распределение металлов в паяном соединении при пайке латунию Л-62 твердого сплава ВК8 на малолегированную сталь 9ХФ: а, б - флюсом № 1, x1600; в, г - с флюсом № 2, x800; д, е, - с флюсом № 3, x800.

сующих нас вопросов были изготовлены две группы образцов. Первая группа образцов: сталь 9ХФ - твердый сплав ВК8, вторая: 9ХФ - быстрорежущая сталь Р6М5.

Малолегированная инструментальная сталь 9ХФ и твердый сплав ВК8 применяется для изготовления дереворежущего инструмента. Выбор быстрорежущей стали Р6М5 обуславливался относительно меньшей дефицитностью и стоимостью ее по сравнению с быстрорежущей сталью Р18.

Пайка образцов осуществлялась на ТВЧ установке ЛПЗ67-2. Режим нагрева поддерживался с помощью автомата, установленного на этом генераторе. Выдержка $t = 12$ с определяла скорость нагрева $100^{\circ}/с$ до температуры пайки быстрорежущей стали Р6М5 ($T_{п} = 1225^{\circ}C$) и скорость нагрева $75 - 80^{\circ}/с$ до температуры пайки твердого сплава ВК8 ($T_{п} = 950^{\circ}C$). Контроль температуры пайки образцов осуществлялся оптическим пирометром.

После кристаллизации припой образцы охлаждались на воздухе со скоростью $40 - 45^{\circ}/с$.

После охлаждения и термообработки из паяных образцов обычным способом изготавливались микрошлифы.

Образцы, оснащенные твердым сплавом ВК8 (рис. 1), паялись латуню Л-62 с применением трех различных по составу флюсов [2].

Флюс № 1, изготовленный нами и внедренный на Борисовской фабрике пианино, состоит из натрия тетраборнокислого (бура обезвоженная) - 65%; борного ангидрида - 15%; фтористого натрия - 10%; фтористого лития - 10%; вазелина - 5 - 10% от общего веса флюса.

Флюс № 2 состоит из буры - 35%; борной кислоты - 50%; фтористого натрия - 15%.

Флюс № 3 состоит из буры - 100%.

Для уменьшения хрупкости после пайки образцы подвергались двукратному кратковременному отпуску в индукторе при температуре $400^{\circ}C$ с последующим охлаждением на воздухе.

Для пайки образцов из быстрорежущей стали применялись припой трех составов.

1. Образцы (рис. 2, а, б, в, д), паянные медно-никелевым припоем (медь - 93 - 95%, никель - 5 - 7%), с разработанным нами пастообразным флюсом следующего состава: бура - 63%; борный ангидрид - 15%; фтористый литий - 10%; фтористый натрий - 10%; окись кремния - 2; вазелин - 5 - 10% от общего веса флюса. Температура пайки $T_{п} = 1225^{\circ}C$.

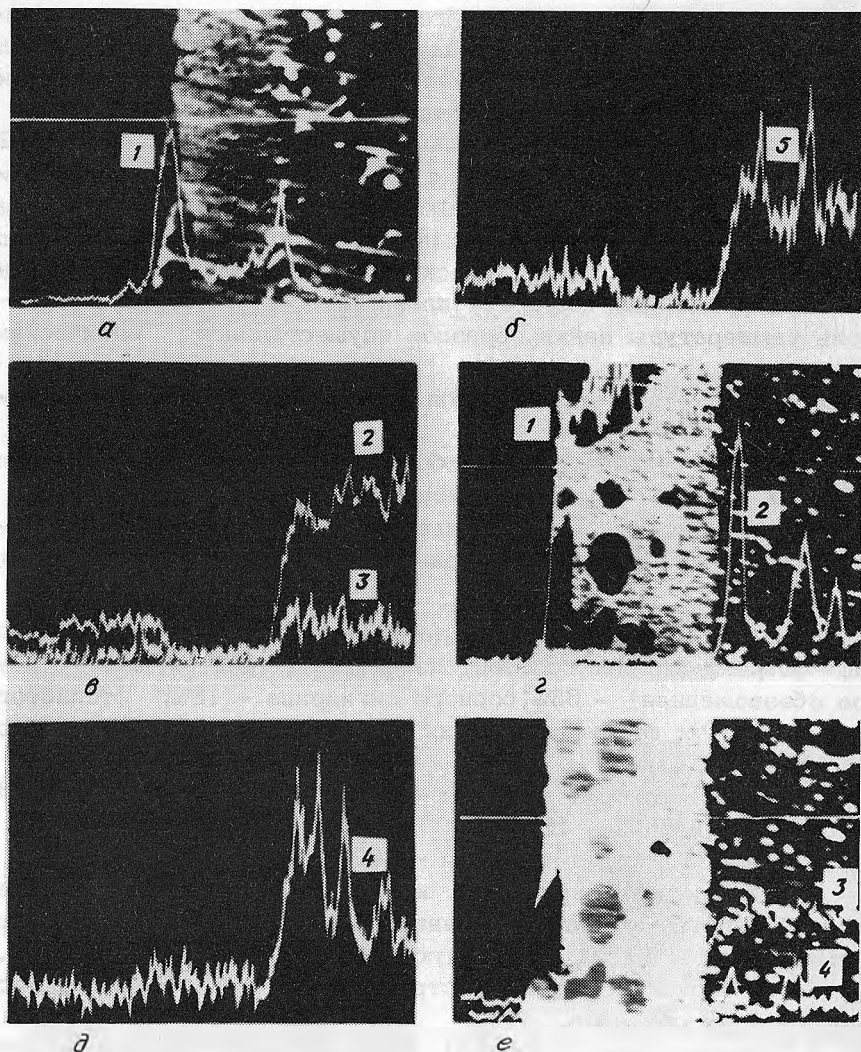


Рис. 2. Распределение металлов в паяном соединении при пайке быстрорежущей стали Р6М5 на сталь 9ХФ: а, б, в, д - медноникелевым припоем, х1600; г, е - серебряным припоем ПСр40, х1600.

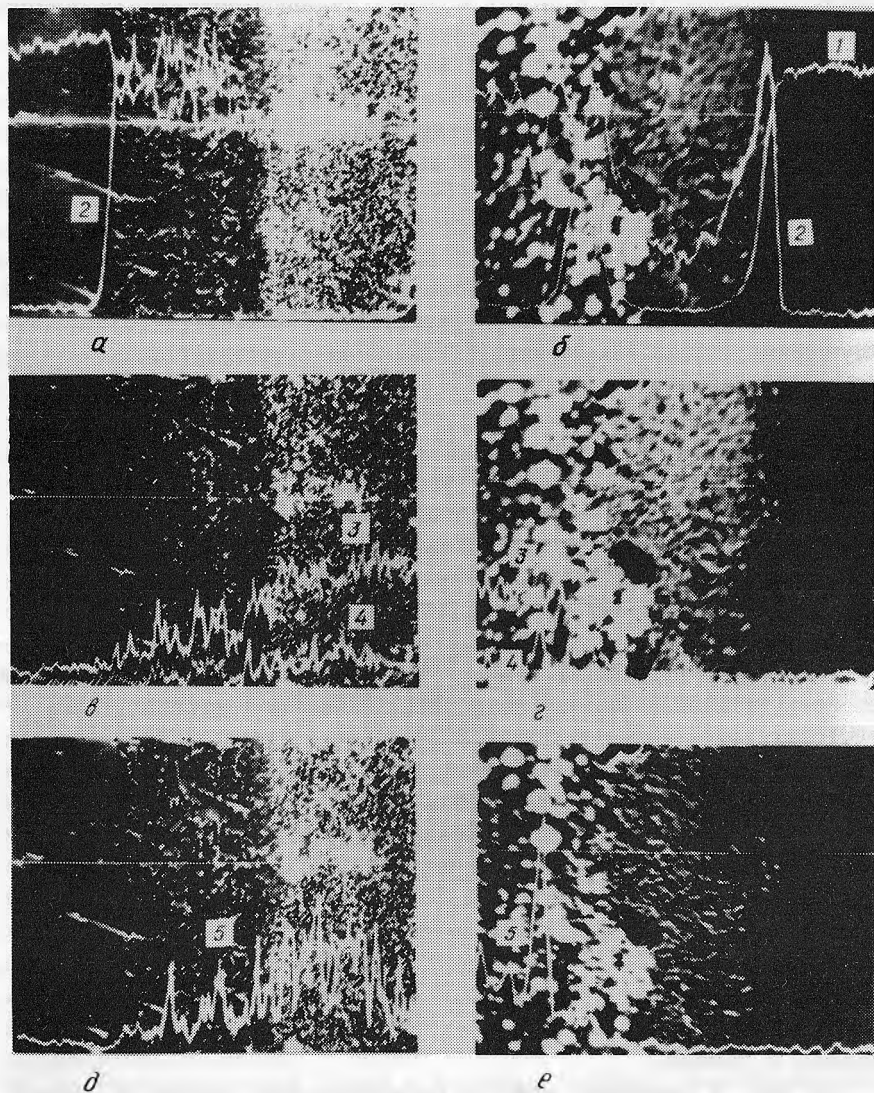


Рис. 3. Распределение металлов в лаяном соединении при пайке быстрорежущей стали Р6М5 на сталь 9ХФ: а, в, д - ферромарганцевым припоем, $\times 400$; б, г, е - медно-никелевым припоем при $T_{\text{п}} = 1270^{\circ}\text{C}$, $\times 1600$.

2. Образцы (рис. 2, г, е), паянные серебряным припоем ПСр 40, с тем же флюсом. Температура пайки $T_{\text{п}} = 670^{\circ}\text{C}$.

3. Образцы (рис. 3, а, в, д) паялись порошковым ферромарганцевым припоем следующего образца: ферромарганец - 75 - 80%, бура - 20 - 25%.

При пайке быстрорежущей стали Р6М5 медноникелевым и ферромарганцевым припоем температура пайки $T_{\text{п}} = 1225^{\circ}\text{C}$ является и температурой закалки данной стали, твердость которой после закалки составляет 63 - 65 HRC, при которой эта сталь имеет повышенную хрупкость.

Как показали наши исследования, твердость режущей части дереворежущих инструментов, изготовленных из быстрорежущей стали Р6М5, не должна превышать 55 - 58 HRC. С целью улучшения структуры стали Р6М5 образцы подвергались отпуску до получения твердости HRC 55 - 58.

В образцах, паянных серебряным припоем ПСр40, применялась предварительно термообработанная до HRC 55 - 58 сталь Р6М5.

С целью выяснения влияния перегрева при пайке на работоспособность дереворежущего инструмента, оснащенного быстрорежущей сталью Р6М5, нами были разработаны образцы (припой медно-никелевый, флюс вышеуказанного состава, рис. 3, б, г, е), температура пайки которых составляла 1270°C с последующей термообработкой до HRC - 55 - 58. Во время пайки ко всем образцам прикладывалось сжимающее усилие $R_{\text{сж}} = 0,15 \text{ кг/мм}^2$.

Подготовленные по вышеуказанной методике образцы исследовались на рентгеновском микроанализаторе XMA - 5B "Хитачи" в лучах отраженных электронов. Диаметр пучка электронов, направляемого на исследуемую поверхность, равен 3 мкм. Прямая белая линия посередине фотографий - линия анализа. Длина линии анализа при увеличении $\times 1600$ составляет 75 мкм: при увеличении $\times 800$ - 150 мкм; при увеличении $\times 400$ - 300 мкм.

В результате исследований были записаны кривые распределения основных элементов, входящих в состав паяемых металлов и припоя.

На рис. 1 показаны кривые распределения железа 1, меди 2, кобальта 3 и цинка 4 в основных металлах и припое. Справа на фотографиях - сталь 9ХФ, слева - твердый сплав - ВК8, посередине - латунный припой. Темная составляющая твердого сплава ВК8 - кобальт, светлая - карбид вольфрама.

Как видно из фотографии (рис. 1), железо диффундирует в припой на глубину 10 – 12 мкм. Диффузия кобальта наблюдается по всей толщине паяного шва во всех трех образцах, однако наибольший процент кобальта заметен в шве образца, паянном с флюсом № 3 (до 0,8%). Кроме того, диффузия кобальта в сталь 9ХФ на глубину до 7 мкм наблюдается в образце, паянном с флюсом № 1. Диффузия меди и цинка из припоя в сталь 9ХФ не наблюдается, однако эти металлы диффундируют в твердый сплав ВК8 на глубину 15 – 20 мкм в образце, паянном с флюсом № 1, и 10 – 14 мкм в образцах, паянных флюсом № 2 и № 3, причем содержание их в последнем случае незначительно.

Увеличение на границе фаз твердый сплав ВК8 – припой карбида вольфрама (белые пятна) в образцах, паянных флюсами № 2 и 3, свидетельствует о том, что эти флюсы смачивают только кобальт, в отличие от флюса № 1, смачивающего как кобальт, так и карбид вольфрама. О последнем говорит также постепенное уменьшение количества кобальта от твердого сплава ВК8 к припою (при пайке с флюсами № 2 и № 3 наблюдается скачкообразное увеличение кобальта на границе фаз твердый сплав – припой). Анализируя толщину паяного шва во всех образцах, можно сделать вывод о том, что более активный флюс № 1 способствует лучшему растеканию припоя и соответственно уменьшению толщины паяного шва (15 мкм) по сравнению с флюсами № 2 (38 мкм) и № 3 (80 мкм).

Совокупность факторов – уменьшение толщины паяного шва, диффузия меди и цинка в твердый сплав на большую глубину, отсутствие на границе фаз твердый сплав – припой повышенной концентрации хрупкого карбида вольфрама и повышенное содержание кобальта в припое определяет большую прочность паяного соединения, а соответственно и работоспособность дереворежущего инструмента, паянного латунию Л62 с флюсом № 1, по сравнению с другими исследованными флюсами (№ 2 и № 3).

На рис. 2, а, б, в, д показано распределение никеля 1, молибдена 2, хрома 3, вольфрама 4 и ванадия 5. Справа на фотографиях быстрорежущая сталь Р6М5, слева – инструментальная сталь 9ХФ, посередине – медно-никелевый припой. Белые участки на быстрорежущей стали – сложные карбиды вольфрама, молибдена, ванадия, хрома, что подтверждается скачкообразным повышением содержания вышеуказанных металлов на кривых распределения их при пересечении указанных участков линией анализа.

Как видно из фотографий, содержание никеля на границе фаз припой – Р6М5 и припой – 9ХФ скачкообразно возрастает до

12 - 15% и 17 - 20% соответственно с последующей диффузией его в основные металлы на глубину 10 - 15 мкм.

Хром в припой диффундирует со стороны 9ХФ на глубину 8 - 10 мкм. Диффузия молибдена и хрома в припой со стороны быстрорежущей стали составляет около 5 - 8 мкм. Вольфрам диффундирует на всю ширину припоя, и содержание его в паяном шве находится в пределах 0,8 - 1%. Молибден при пайке медно-никелевым припоем в паяный шов не диффундирует.

Анализируя распределение металлов в припое, можно предположить, что в данном случае происходит неравновесная кристаллизация (поскольку диффузионное выравнивание припоя не достигается). При этом замечается наращивание на основном металле твердого раствора переменной концентрации с постепенным уменьшением в нем к середине паяного шва основных металлов (хрома, молибдена) [1]. Распределение вольфрама по ширине паяного шва способствует выравниванию прочности соединения по сечению ($P_{cp} = 40 - 42 \text{ кг/мм}^2$).

Представленные на рис. 2, г, е образцы, паянные припоем ПСр40, обладают слабыми прочностными свойствами. Диффузия серебра 1 в основные металлы, молибдена 3 и хрома 4 в припой не наблюдается.

Вольфрам 2 диффундирует на всю ширину паяного шва (около 0,3 - 0,52). Образованные в паяном шве крупные блоки интерметаллидов системы Cu-Ag (темные пятна в шве) делают более хрупким паяное соединение и существенно снижают его прочность ($P_{cp} = 10 - 15 \text{ кг/мм}^2$).

На рис. 3, а, б, д представлены образцы, паянные ферромарганцевым припоем. На этих фотографиях показано распределение железа 1, марганца 2, молибдена 3, хрома 4 и вольфрама 5. Марганец в основные металлы не диффундирует, однако наблюдается диффузия хрома, молибдена и вольфрама из быстрорежущей стали Р6М5 в припой, причем скачкообразное изменение концентрации вышеуказанных металлов при прохождении линии анализа через белые участки микрошлифа как в стали Р6М5, так и в припое свидетельствует о распаде сложных карбидов в стали Р6М5, о диффузии вольфрама, молибдена, хрома и углерода в припой и образовании новых сложных карбидов в припое при его кристаллизации. Скачкообразное изменение концентрации железа в припое говорит о том, что в состав сложных карбидов входит и карбид железа. Сложные карбиды в припое распределены неравномерно, их концентрация по припою уменьшается в сторону стали 9ХФ. Вследствие этого паяный

шов становится хрупким. Испытания на разрыв показывают, что образцы рвутся в основном по паяному шву, прилегающему к стали Р6М5, с переходом плоскости разрыва в сталь Р6М5. Прочность соединения составляет $P_{ср} = 35 - 38 \text{ кг/мм}^2$.

На рис. 3,б,г,е представлены фотографии образцов, паянных медно-никелевым припоем при температуре пайки $T_{п} = 1270^{\circ}\text{C}$.

Слева на фотографиях сталь Р6М5, справа - сталь 9ХФ, по середине - припой.

Распределение и диффузия никеля 2 в основные металлы, молибдена 3 и хрома 4 в припой такая же, как и при пайке образцов медно-никелевым припоем при температуре $T_{п} = 1225^{\circ}\text{C}$.

Вольфрам диффундирует в припой с постепенным уменьшением концентрации на глубину до 17 - 20 мкм. Диффузия железа 1 из основных металлов в припой составляет 10 - 12 мкм. При такой температуре пайки наблюдается интенсивное растворение основных металлов в припое, коагуляция сложных карбидов в крупные блоки на поверхности стали Р6М5, прилегающей к паяному шву, интенсифицируется газообразование, что ведет к образованию пор (темные пятна на границе Р6М5 - припой). Вследствие этого сталь Р6М5 приобретает повышенную хрупкость, прочность паяного соединения существенно уменьшается, работоспособность паяного дереворежущего инструмента снижается. Разрушение паяного соединения в этом случае происходит в значительной степени по стали Р6М5.

В ы в о д ы

Применение при пайке более активных флюсов (в частности флюса № 1, разработанного нами) способствует лучшему смачиванию припоем паяемых металлов, усилению взаимной диффузии компонентов припоя и основных металлов и, как следствие, увеличению прочности соединения.

Относительно низкотемпературная пайка предварительно закаленной быстрорежущей стали Р6М5 серебряными припоями не обеспечивает хорошего смачивания припоем быстрорежущей стали Р6М5, взаимной диффузии компонентов, что снижает прочность паяного соединения часто до недопустимых пределов.

Ферромарганцевые припои обладают повышенной по сравнению с медно-никелевыми припоями хрупкостью и не могут быть рекомендованы для пайки дереворежущего инструмента.

Перегрев при пайке абсолютно недопустим, так как вызывает резкое повышение хрупкости шва.

Л и т е р а т у р а

1. Петрунин И.Е. Физико-механические процессы при пайке. М., 1972. 2. Кириченко В.А. Разработка припоев и флюсов для пайки твердого сплава. - В сб.: Механическая технология древесины, вып. 5. Минск, 1975.

А.Г. Лахтанов, В.И. Микулинский, Н.В. Бурносов

ГЕОМЕТРИЯ РЕЗЦА ДЛЯ БРУСУЮЩЕ-РУБИТЕЛЬНЫХ МАШИН

Геометрия резцов брусующе-рубительных машин (БРМ) оказывает большое влияние на усилия резания и качество технологической щепы. Это обусловлено тем, что толщина стружек и подача на один резец здесь в десятки раз больше, чем на других дереворежущих станках. В процессе резания возникают большие усилия, вызывающие удары и даже поломки в БРМ. Изысканию рациональной конструкции режущих органов таких

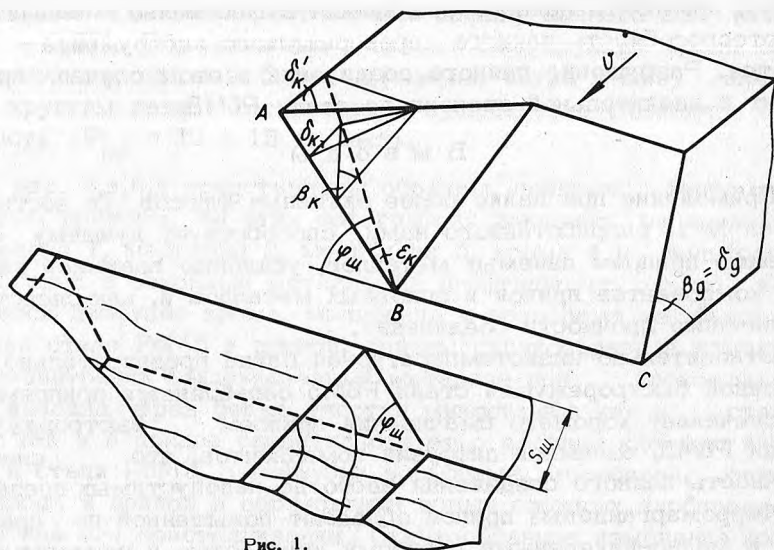


Рис. 1.

машин в последнее время уделяется значительное внимание [1, 2]. Нами был разработан и испытан резец [3, 4], показанный на рис. 1. Особенности, отличающими этот резец от извест-