

Установа адукацыі
«БЕЛАРУСКІ ДЗЯРЖАЎНЫ ТЭХНАЛАГІЧНЫ УНІВЕРСІТЭТ»

АПРАЦОЎКА МЕТАЛАЎ РЭЗАННЕМ

**Метадычныя ўказанні да лабараторных работ
па курсу «Тэхналогія канструкцыйных матэрыялаў»
для студэнтаў спецыяльнасцяў 1-36 05 01 «Машыны
і абсталяванне ляснога комплексу», 1-46 01 01
«Лесаінжынерная справа», 1-46 01 02 «Тэхналогія
дрэваапрацоўчай вытворчасці»**

Мінск 2006

УДК 621.9.02(0.73)
ББК 34.63 А77 я7
А 77

Разгледжаны і рэкамендаваны да выдання рэдакцыйна-выдавецкай радай універсітэта

Складальнік	<i>С. І. Карповіч</i>
Навуковы рэдактар	дацэнт <i>А. І. Гараст</i>
Рэцэнзент	дацэнт кафедры дрэваапрацоўчых станкоў і інструментаў БДТУ, кандыдат тэхнічных навук <i>А. П. Фрыдрых</i>

Па тэматычным плане выданняў вучэбна-метадычнай літаратуры універсітэта на 2006 год. Паз. 67.

Для студэнтаў спецыяльнасцяў 1-36 05 01 «Машыны і абсталяванне ляснога комплексу», 1-46 01 01 «Лесаінжынерная справа», 1-46 01 02 «Тэхналогія дрэваапрацоўчай вытворчасці».

© УА «Беларускі дзяржаўны
тэхналагічны універсітэт», 2006

УВОДЗІНЫ

Апрацоўка матэрыялаў рэзаннем з'яўляецца адной з асноўных тэхналогій атрымання дэталей патрэбнай формы, памераў і якасці паверхні. Шырока выкарыстоўваецца на машынабудаўнічых заводах і ў рамонтных майстэрнях, характарызуецца наступнымі асаблівасцямі:

1) металарэжучае абсталяванне мае шырокую універсальнасць, на адных і тых жа станках апрацоўваюць розныя тыпамеры дэталей, што асабліва важна ў рамонтнай справе;

2) большасць рэжучага інструменту з'яўляецца універсальным, гэта значыць прыгодным для выканання розных аперацый;

3) рэзанне забяспечвае высокую дакладнасць апрацоўкі і якасць паверхні дэталей;

4) на сённяшні дзень, добра распрацаваны асноўныя тыпы канструкцый металарэжучых станкоў і інструменту;

5) сабекошт вырабляемай прадукцыі пры механічнай апрацоўцы мала залежыць ад сярэднясці партыі;

б) механічная апрацоўка звязана з выкарыстаннем высокакваліфікаванай працоўнай сілы;

7) вялікі адыход металу ў стружку;

8) у апошні час намецілася тэндэнцыя атрымання заготовак з памерамі, блізкімі да памераў дэталі, што вядзе да значнай эканоміі металу, напрыклад, выкарыстанне пракату перыядычнага профілю на 25% памяншае адыход металу ў стружку;

9) у апошнія гады намецілася павелічэнне выкарыстання апрацовачных цэнтраў і станкоў з праграмным забеспячэннем;

10) павелічэнне хуткасці рэзання патрабуе распрацоўкі высакахуткасных шпіндэляў для станочнага парку;

11) прагрэс у металаапрацоўцы рэзаннем у першую чаргу звязаны з магчымасцямі інструментальных матэрыялаў. Пасля перыяду выкарыстання вугляродзістай інструментальнай сталі новы этап у механічнай апрацоўцы звязаны з укараненнем хуткарэзнай сталі ў пачатку 20-га ст., а з 30-х гг. мінулага стагоддзя пачаўся этап шырокага выкарыстання цвёрдых сплаваў. Гэтыя інструментальныя матэрыялы з'яўляюцца і сёння асноўнымі ў металаапрацоўцы;

12) выкарыстанне інструменту са звышцвёрдых сучасных матэрыялаў забяспечвае новыя магчымасці ў галіне апрацоўкі рэзаннем.

Лабараторная работа № 1 ІНСТРУМЕНТАЛЬНЫЯ МАТЭРЫЯЛЫ

Мэта работы — пазнаёміцца з маркіроўкай, асноўнымі ўласцівасцямі і выкарыстаннем інструментальных матэрыялаў; па заданню выкладчыка правесці параўнальны аналіз інструментальных матэрыялаў, звярнуць увагу на іх асаблівасці, назваць рэжымы рацыянальнай эксплуатацыі і прыклады эфектыўнага выкарыстання.

Пры выкананні лабараторнай работы трэба карыстацца наступнымі ўказаннямі.

Атрымайце ад выкладчыка ўзоры інструментальных матэрыялаў, правядзіце іх макрааналіз, апішыце знешнія адзнакі.

Разгледзьце прынцып маркіроўкі асноўных груп інструментальных матэрыялаў, прывядзіце іх хімічны склад.

Пералічыце асноўныя фізіка-механічныя ўласцівасці кожнай групы інструментальных матэрыялаў.

Выберыце матэрыялы, прыгодныя для вырабу металарэжучага інструменту для апрацоўкі сталяў, чыгуноў, а таксама інструментальныя матэрыялы для вырабу дрэваапрацоўчага інструменту.

Пералічыце галіны выкарыстання вугляродзістых інструментальных сталяў, звярніце ўвагу на адрозненні легіраваных інструментальных сталяў, прынцып іх маркіроўкі.

Разгледзьце асноўныя ўласцівасці хуткарэзных сталяў, вылучыце асноўны легіраваны элемент у складзе гэтых сталяў, асаблівасці тэрмічнай апрацоўкі хуткарэзных сталяў, пералічыце наменклатуру інструменту, які вырабляюць з іх.

Разгледзьце прынцыповае адрозненне стэлітаў ад інструментальных матэрыялаў іншых груп, магчымыя галіны іх выкарыстання.

Пазнаёмцеся з тэхналогіяй вырабу металакерамічных цвёрдых сплаваў, атрымання металічнага парашку, прасавання і спякання заготовак. Разгледзьце прынцыпы маркіроўкі адна-, двух- і трохкарбідных цвёрдых сплаваў.

Удакладніце ўплыў кобальту на ўласцівасці сплаву. Уласцівасці аднакарбідных цвёрдых сплаваў у параўнанні з двух- і трохкарбіднымі, перспектывы выкарыстання безвальфрамавых цвёрдых сплаваў пры вырабе металарэжучага інструменту.

Разгледзьце магчымасці выкарыстання мінералакерамікі для вырабу лязовага інструменту з улікам яго асаблівасцяў.

Пазнаёмцеся з групай сучасных інструментальных матэрыялаў пад агульнай назвай «звышцвёрдыя матэрыялы», разгледзьце іх хімічны склад, тэхналогію вырабу, уласцівасці і перспектывы выкарыстання ў інструментальнай гаспадарцы.

Разгледзьце назначэнне рэжымаў рэзання з улікам асаблівасцяў розных марак цвёрдых сплаваў, хуткасці рэзання, велічыні падачы, глыбіні рэзання.

Патрабаванні да інструментальных матэрыялаў

У залежнасці ад умоў эксплуатацыі да матэрыялаў прад'яўляюць розныя патрабаванні, часцей за ўсё ў комплексе.

Інструментальныя матэрыялы павінны мець:

- 1) высокую цвёрдасць;
- 2) высокія механічныя паказчыкі, у тым ліку на згіб і ўдар;
- 3) дастатковую цеплаўстойлівасць — здольнасць інструментальных матэрыялаў мала мяняць свае ўласцівасці, і ў першую чаргу цвёрдасць, пры павышэнні тэмпературы;
- 4) цеплаправоднасць — уласцівасць матэрыялу адводзіць цяпло з зоны рэзання ў цела інструменту;
- 5) зносатрываласць — здольнасць інструменту захоўваць сваю геаметрыю і памеры ў працэсе работы;
- 6) хімічную трываласць — уласцівасць інструментальнага матэрыялу не ўступаць ва ўзаемадзеянне з апрацоўваемым матэрыялам;
- 7) нізкія каэфіцыенты трэння ў зоне кантакту «інструмент — апрацоўваемы матэрыял», якія ўплываюць на цепланапружанасць працэсу рэзання;
- 8) здольнасць інструментальнага матэрыялу да пайкі і зваркі;
- 9) здольнасць да загартоўкі, у тым ліку і аб'ёмнай;
- 10) здольнасць захоўваць сваю форму і памеры падчас тэрмічнай апрацоўкі;
- 11) здольнасць да апрацоўкі ціскам, рэзаннем, асабліва шліфаваннем.

У працэсе эксплуатацыі ўлічваецца кошт інструментальнага матэрыялу. Асабліва дакладна трэба ажыццяўляць выбар інструментальнага матэрыялу па ўласцівасцях і кошту пры вырабе масавага, серыйнага інструменту як у металаапрацоўчай, так і ў дрэваапрацоўчай галінах народнай гаспадаркі.

Класіфікацыя інструментальных матэрыялаў

Звычайна інструментальныя матэрыялы класіфікуюць па назначэнню, хімічнаму складу, уласцівасцях і г. д.

Па назначэнню яны дзеляцца на *матэрыялы для рэжучага інструменту, для штампавання халоднага і гарачага дэфармавання, для мернага інструменту.*

Па хімічнаму складу — *вугляродзістыя і легіраваныя сталі.*

Па паходжанню — *металічныя і неметалічныя.*

Па спосабу вытворчасці — *літыя і керамічныя.*

Па цеплаўстойлівасці — *нецеплаўстойлівыя, адносна цеплаўстойлівыя і цеплаўстойлівыя.*

Вугляродзістыя і нізкалегіраваныя сталі захоўваюць рэжучыя здольнасці пры награванні да 200°C .

Высокалегіраваныя хуткарэзныя сталі маюць большую цеплаўстойлівасць — да 600°C .

Цвёрдыя сплавы ў залежнасці ад маркі маюць цеплаўстойлівасць у межах $800\text{--}1200^{\circ}\text{C}$, а звышцвёрдыя матэрыялы пераходзяць гэтую мяжу.

Вугляродзістыя інструментальныя сталі

Вугляродзістыя інструментальныя сталі — адны з першых шырокараспаўсюджаных танных інструментальных матэрыялаў.

Іх маркіруюць літарай У, а наступная лічба абазначае колькасць вугляроду ў дзесятых долях працэнта. Літара А ў канцы маркіроўкі абазначае больш высокую якасць сталі, у гэтым выпадку ўтрыманне шкодных рэчываў S і P менш за 0,02%.

Вугляродзістыя сталі ў стане пастаўкі маюць невысокую цвёрдасць, добра апрацоўваюцца ціскам, рэзаннем, што ў тэхналагічным плане не стварае асаблівых праблем пры вырабе з іх інструменту (табл. 1).

Павелічэнне колькасці вугляроду мала ўплывае на цвёрдасць вугляродзістай інструментальнай сталі ($\text{HRC} = 60\text{--}65$), пры гэтым некалькі памяншаюцца яе паказчыкі на ўдар, згіб. Цікавасць да гэтых сталяў можа ўзрасці з улікам дасягненняў у тэхналогіі нанясення плёначных пакрыццяў, якія надаюць паверхні металу высокай цвёрдасці, зносатрываласці, цеплаўстойлівасці. З улікам пералічаных абставін ажыццяўляюць выбар маркі сталі (табл. 2).

Табліца 1

**Хімічны склад і ўласцівасці вугляродзістых інструментальных
сталяў**

Марка	Хімічныя элементы, %								Цвёрдасць пасля загартоўкі, HRC	Цеплаўстойлівасць, °C
	C	Mn	Si	Cr	Cu	Ni	S	P		
У7А	0,65– 0,74	0,15– 0,3	0,15– 0,3	0,15	0,2	0,02	0,02	0,03	60–62	200
У7		0,2– 0,4	0,15– 0,35	0,2	0,25	0,25	0,03	0,035		
У8А	0,75– 0,84	0,15– 0,3	0,15– 0,3	0,15	0,2	0,2	0,02	0,03	62–64	200
У8		0,2– 0,4	0,15– 0,35	0,2	0,25	0,25	0,03	0,035		
У12А	1,15– 1,24	0,15– 0,3	0,15– 0,3	0,15	0,2	0,2	0,02	0,03	62–65	200
У12		0,2– 0,4	0,15– 0,35	0,2	0,25	0,25	0,03	0,035		
У13	1,25– 1,35	0,15– 0,35	0,3	0,15	0,2	0,2	0,02	0,02	62–65	200

Табліца 2

Выкарыстанне вугляродзістых інструментальных сталяў

Марка	Прыклады выкарыстання
У7, У7А	Інструмент для апрацоўкі дрэва: сякеры, калуны, долаты Ручны інструмент: зубілы, кернеры, барадкі
У8, У8А	Мантажны інструмент: адвёрткі, кусачкі, пласкагубцы Накатныя ролікі, формы для ліцця пад ціскам з каляровых сплаваў і інструмент, што і са сталяў У7
У12, У12А	Напільнікі, рашпілі, шаберы, ціхахадныя штампы для халоднай штампоўкі
У13	Напільнікі, метчыкі ручныя, нажы

Магчымае выкарыстанне інструменту з вугляродзістых сталяў абмяжоўваецца іх нізкай цеплаўстойлівасцю, звычайна да 150–200⁰С.

Пры гэтым яны захоўваюць цвёрдасць да HRC = 56–64. Такая цеплаўстойлівасць забяспечвае магчымыя хуткасці рэзанання інструменту — да 10 м/хвіл, а на лёгкіх рэжымах — да 20 м/хвіл.

Недахопам вугляродзістых сталяў з'яўляецца іх здольнасць загартоўвацца на невялікую глыбіню — да 25 мм у вадзе і да 5 мм у масле, да таго ж вырабы значна дэфармуюцца пры загартоўцы ў вадзе.

Легіраваныя інструментальныя сталі

Маркіруюць па наступнаму прынцыпу.

Першыя лічбы абазначаюць колькасць вугляроду ў дзесятых долях працэнта, калі лічбы няма, то колькасць вугляроду ў сталі часцей за ўсё каля аднаго працэнта. Наступныя літары абазначаюць легіраваны элемент, а лічба за літарай — утрыманне гэтага элемента ў цэлых працэнтах. Калі лічба адсутнічае, то легіраванага элемента ўтрымліваецца каля аднаго працэнта. Пры агульнай колькасці легіраваных элементаў да 3–5% сталі называюць *нізкалегіраванымі*, да 10% — *сярэднелегіраванымі*, а звыш 10% — *высокалегіраванымі*. Хімічны склад асобных легіраваных сталяў прыведзены ў табл. 3.

Табліца 3

Хімічны склад і асноўныя механічныя паказчыкі легіраваных інструментальных сплаваў

Марка сталі	Хімічны склад, %							Цвёрдасць, HRC	Цеплаўстойлівасць, °С
	C	Mn	Si	Cr	V	W	Ni		
9ХС	0,9	0,5	0,4	1,1	—	—	—	63–64	230–240
ХВ5	1,35	0,25	0,25	0,55	0,25	4,5	—	65–67	200
ХВГ	—	—	0,3	1,1	—	1,4	—	63–64	200
85ХФ	0,85	0,45	0,25	0,55	0,22	—	—	63–64	200
В2	1,2	0,3	0,35	0,2	—	—	—	63–65	230–240
Х6ВФ	1,1	0,3	0,3	—	0,5	1,3	—	61–63	500
9Х5ВФ	0,9	0,3	0,3	—	0,2	—	—	61–63	550
Х12М	1,6	0,3	0,3	12	0,25	0,5	—	62–63	500
5ХНВ	0,55	0,65	0,25	0,6	—	0,55	1,6	40–46	450

Нізкалегіраваныя сталі ў параўнанні з вугляродзістымі маюць лепшыя механічныя паказчыкі, большую цеплаўстойлівасць, каразійную ўстойлівасць. Гэтыя сталі захоўваюць цвёрдасць да $HRC = 61-65$ пры награванні да $200-250^{\circ}C$, канкрэтнае выкарыстанне іх прыведзена ў табл. 4.

Табліца 4

Выкарыстанне легіраваных інструментальных сталяў

Марка	Прыклады выкарыстання
85ХФ	Пілы рамныя і круглыя па дрэве
9ХС	Свердлы, клеймы
ХВ5	Прашыўкі, дорны, інструмент для рэзання пластмас
ХВГ	Фрэзы па дрэве, працяжкі, мерны інструмент
Х6ВФ	Штампы, нажы, фрэзы
9Х5ВФ	Штампы, фрэзы
Х12М	Штампы для працы пры высокім ціску, выцяжныя штампы, фільтэры, дрэваапрацоўчы інструмент
5ХНВ	Дрэваапрацоўчы інструмент, штампы для гарачай штампоўкі

Сталі большай цеплаўстойлівасці (да $300-400^{\circ}C$) дзеляць на сталі высокай цвёрдасці і сталі павышанай пластычнасці.

Высокія паказчыкі гэтыя сталі атрымліваюць пасля тэрмічнай апрацоўкі за кошт мартэнсітнага пераўтварэння, як у цеплаўстойлівых сталяў, з той розніцай, што пры водпуску ($250-400^{\circ}C$) выдзяляюцца карбіды хрому і легіраваныя цэментыт, які не схільны да ўзбруення, дзякуючы чаму высокая цвёрдасць захоўваецца да больш высокіх тэмператур. Падрабязна разглядаць іх не будзем, паколькі яны ў асноўным выкарыстоўваюцца не для рэжучага інструменту, а для вырабу штампаў.

Хуткарэзныя сталі

Па свайму хімічнаму складу хуткарэзныя сталі — гэта легіраваныя сталі, але па значэнню іх выдзяляюць у асобную групу. Асноўны легіраваны элемент у такіх сталях — вальфрам. У хуткарэзных сталях для рэжучага інструменту вугляроду ўтрымліваецца звыш $0,6\%$, а ў сталях для штампаванага інструменту — менш за $0,6\%$.

Хімічны склад хуткарэзных сталяў быў прапанаваны на пачатку

20-га ст., але шырокае распаўсюджанне інструменту з гэтых сталяў пачалося з распрацоўкі інжынерам Тэйларам рэжыму тэрмічнай апрацоўкі.

Высокія паказчыкі сталь атрымлівае дзякуючы падвоенаму механізму ўздзеяння на яе структуру: на першай стадыі — пры загартоўцы за кошт мартэнсітнага пераўтварэння, а на другой — пры наступным трохкратным водпуску за кошт выпадзення ўзмацняльных фаз у выглядзе складаных карбідаў W, Mo, V або інтэрметалідаў.

Хімічны склад хуткарэзных сталяў прыведзены ў табл. 5.

Табліца 5

Хімічны склад хуткарэзных інструментальных сталяў

Марка	Утрыманне хімічных элементаў, %					
	W	Mo	V	Co	C	Cr
P9	8,5–10,0	1,0	2,0–2,5	—	0,85–0,95	3,8–4,4
P12	12,0–13,0	1,0	1,5–1,9	—	0,80–0,90	3,1–3,6
P18	17,0–18,5	1,0	1,0–1,4	—	0,70–0,80	3,8–4,4
P9Ф5	9,0–10,5	1,0	4,3–5,1	—	1,40–1,50	3,8–4,4
P14Ф4	13,0–14,5	1,0	3,8–4,1	—	1,20–1,30	4,0–4,4
P18Ф2	17,0–19,0	0,5–1,0	1,8–2,4	—	0,95–0,95	3,8–4,4
P6M3	5,5–6,5	3,0–3,6	2,0–2,5	—	0,85–0,95	3,0–3,6
P6M5	5,5–6,5	5,0–5,5	1,0–2,1	—	0,80–0,88	3,8–4,4
P6K5	9,0–10,5	1,0	2,0–2,6	5,0–6,0	0,90–1,00	3,8–4,4
P9K10	9,0–10,5	1,0	2,0–2,6	9,0–10,5	0,90–1,00	3,8–4,4
P10K5Ф5	10,0–11,5	1,0	4,3–5,1	5,0–6,0	1,45–1,55	4,0–4,6
P18K5Ф2	17,0–18,0	0,5–1,0	1,5–1,8	4,8–5,3	0,75–0,85	3,8–4,3
P6M5K5	6,0–7,0	4,8–5,3	1,7–2,2	4,8–5,3	0,80–0,88	3,8–4,3
P9M4K8Ф	8,5–9,5	3,8–4,3	2,1–2,5	7,5–8,5	1,00–1,10	3,0–3,6

Да нядаўняга часу асноўнай хуткарэзнай сталлю была марка P18 (забяспечвае добрае спалучэнне фізіка-механічных уласцівасцяў з тэхналагічнымі, напрыклад высокая якасць шліфавання). З мэтай паніжэння кошту пачалі паніжаць утрыманне вальфраму, а для падтрымання ўласцівасцяў на патрэбным ўзроўні замест вальфраму — уводзіць малібдэн, ванадый, кобальт. У складзе хуткарэзных сталяў заўсёды ўтрымліваецца каля 4% хрому, які спрыяе ўтварэнню спецыяльных карбідаў.

Выдзяленне дысперсійных карбідаў пры павышаных

тэмпературах вядзе да павелічэння цвёрдасці, якую назвалі другаснай у адрозненне ад павышэння цвёрдасці за кошт карбідаў вальфраму і малібдэну.

Ванадый пры водпуску выдзяляецца ў выглядзе карбідаў, якія ўзмацняюць дысперсійнае цвярдзенне. Кобальт не ўтварае карбідаў, але запавольвае іх рост і павялічвае дысперсійнасць.

Сённяя асноўнай маркай выступае сталь Р6М5, кошт якой ніжэй за кошт сталі Р18 прыблізна ў паўтара разу. Перспектыўнай з'яўляецца тэхналогія атрымання інструменту з хуткарэзнай сталі метадам парашковай металургіі. Такая малаадыходная тэхналогія забяспечвае аднароднасць будовы і ўласцівасцяў сталі па ўсяму сячэнню; гэтыя загатоўкі добра шліфуюцца.

Канчатковыя ўласцівасці хуткарэзных сталяў фарміруюцца пры тэрмічнай апрацоўцы, якая складаецца з загартоўкі і трохразовага водпуску. Награванне пад загартоўку ажыццяўляюць паэтапна — да тэмпературы 760–800⁰С павольна з-за нізкай цеплаправоднасці хуткарэзных сталяў, а далейшае награванне да ~1250⁰С з большай хуткасцю, каб не вызваць рост зерня і абезвугляроджванне. Тэмпературны рэжым вытрымліваецца з дакладнасцю ±5⁰С.

На практыцы інструмент з хуткарэзнай сталі ахалоджваюць у масле або ў расплаве солі для прадухілення аб'яднення цвёрдага раствору легіраванымі элементамі, у выніку чаго памяншаецца цеплаўстойлівасць сталі. З мэтай памяншэння тэрмічных напружанняў складаны інструмент з хуткарэзнай сталі загартоўваюць ступеньчатым або ізатэрмічным спосабам. Пасля загартоўкі колькасць астаткавага аўстэніту складае 20–30%, а ў вальфрама-кобальтавых сталяў яшчэ больш — 35–40%, што значна зніжае іх цвёрдасць. Зніжэнне астаткавага аўстэніту да 3–5% дасягаецца наступным трохразовым водпускам пры тэмпературы ~560⁰С на працягу адной гадзіны. Структура сталі пасля загартоўкі — мартэнсіт і карбіды.

Асноўная станоўчая рыса хуткарэзных сталяў (табл. 6) — высокая цеплаўстойлівасць, у 2,5–3 разы вышэй, чым у вугляродзістых і нізкалегіраваных інструментальных сталяў, што дазваляе павысіць хуткасць рэзанання да 30, а ў асобных выпадках да 50 м/хвіл.

Шырокае распаўсюджанне інструмент стаў набываць пасля міжнароднай выстаўкі 1910 г. у Бруселі.

Сталь мае высокі кошт і складаны рэжым тэрмічнай апрацоўкі. На сённяшні дзень з хуткарэзнай сталі можна вырабляць амаль любы

рэжучы інструмент, і ён у большай ці меншай ступені будзе задавальняць нас.

З хуткарэзнай сталі вырабляюць каля 66% інструменту, а аб'ём здымаемай стружкі складае каля 28%. Сёння самай распаўсюджанай хуткарэзнай сталлю з'яўляецца сталь Р6М5.

Табліца 6
Фізіка-механічныя паказчыкі хуткарэзных сталяў

Марка	σ_2 пры расцяжэнні, ГПа	σ_i пры згібе, ГПа	Цвёрдасць, HRC	Цеплаўстойлівасць, °С
Р9	2,5	3,35	62–63	620
Р18	2,5	2,9–3,1	62–63	620
Р6М5	2,5	3,3–3,4	63–64	620
Р9Ф5	2,5	2,6–2,9	64–65	620
Р9К5	2,5	2,5	63–64	640
Р9К10	2,5	2,05–2,1	63–64	640

Цвёрдыя сплавы

Па спосабу вытворчасці цвёрдыя сплавы дзеляць на літыя і спечаныя.

Характэрнай асаблівасцю літых сплаваў (табл. 7) з'яўляецца іх высокая цвёрдасць адразу пасля ліцця без тэрмічнай апрацоўкі.

Табліца 7
Хімічны склад і цвёрдасць літых цвёрдых сплаваў

Сплаў	C	Cr	W	Co	Si	Ni	Mn	Fe	HRC
Стэліт	1,8–2,5	27–33	13–17	47–53	1,0–2,0	—	—	астат.	да 65
ВЗКР*	1,82	29,2	9,1	—	1,1	—	0,83	астат.	46–50
Сармайт	2,5–3,3	25–31	—	—	2,8–4,2	3,5	—	астат.	да 65
Сармайт 1	3	30	—	—	3	5	—	астат.	50
Сармайт 2	1,7	15	—	—	2	2	—	астат.	40

* Дадаткова ўтрымліваецца В = 0,13%, Sb = 0,05%.

Літыя сплавы выкарыстоўваюць для наплаўкі нажоў бульдозераў, экскаватараў, элементаў каменедрабілак, галовак акорачных станкоў. Для вырабу рэжучага інструменту сёння іх

ужываюць мала з-за высокай крохкасці, у асноўным наплаўляюць рамныя пілы.

Металакерамічныя цвёрдыя сплавы

У другой палове 20-х гг. мінулага стагоддзя з'явіліся інструментальныя матэрыялы, вырабленыя па тэхналогіі парашковай металургіі. Іх называлі ў розных краінах па-рознаму: у ЗША — па назве фірмы «карбалой», у Германіі — «відзіа», у СССР — «пабедыт», сёння іх называюць *цвёрдымі сплавамі*.

Спачатку цвёрдыя сплавы выраблялі на аснове WC — хімічнага злучэння, якое характарызуецца высокай цвёрдасцю і добрай цеплаправоднасцю. У якасці звязкі выкарыстоўвалі парашок Co ($t_{пл} = 1494^{\circ}\text{C}$), які мае высокую пластычнасць і добрыя механічныя паказчыкі.

Пасля прасавання брыкеты (загатоўкі пласцінак) для павелічэння механічных паказчыкаў спякаюцца пры $t \approx 1450^{\circ}\text{C}$ у атмасферы інертнага газу або вадароду для прадухілення акісляльных рэакцый. У далейшым з мэтай замены дарагога і дэфіцытнага W у склад сталі дабаўляць карбіды Ti, Ta. З'явіліся двух- і трохкарбідныя цвёрдыя сплавы (табл. 8).

Аднакарбідныя цвёрдыя сплавы (WC) абазначаюць літарамі BK. Яны маюць больш высокія механічныя паказчыкі ў параўнанні з іншымі цвёрдымі сплавамі, меншую цвёрдасць і цеплаўстойлівасць да 800°C .

Вальфрамавыя цвёрдыя сплавы рэкамендуюць для апрацоўкі чыгуну, сплаваў каляровых металаў, неметалічных матэрыялаў, у тым ліку і на аснове драўніны.

Двухкарбідныя цвёрдыя сплавы (WC + TiC) маркіруюць літарамі ТК. Яны маюць больш высокую цеплаўстойлівасць (да 1000°C). Інструмент з двухкарбідных цвёрдых сплаваў выкарыстоўваюць пры апрацоўцы сталяў.

Трохкарбідныя цвёрдыя сплавы (WC + TiC + TaC) абазначаюць літарамі ТТК. Яны маюць лепшыя паказчыкі трываласці ў параўнанні з ТК, лепш працуюць пры ўдарах, вібрацыях. Іх рэкамендуюць выкарыстоўваць пры цяжкіх умовах апрацоўкі сталёвых зліткаў, пакоўкаў, літых заготовак.

Распрацавана група цвёрдых сплаваў, якія не ўтрымліваюць дарагога вальфраму — безвальфрамавыя цвёрдыя сплавы.

Табліца 8

Хімічны склад і фізіка-механічныя ўласцівасці цвёрдых сплаваў

Марка	Хімічны склад, %				Шчыльнасць, г/см ³	Мяжа трываласці пры згібе, ГПа	Цвёрдасць, HRA	Цеплаўстой- лівасць, °С
	WC	TiC	TaC	Co				
BK3	97	—	—	3	14,8–15,3	1,00	89,0	1100
BK6	94	—	—	6	14,5–15,0	1,20	88,0	1050
BK8	92	—	—	8	14,4–14,8	1,30	87,5	950
BK15	85	—	—	15	—	1,80	86,0	800
BK20	80	—	—	20	—	1,95	84,0	800
T5K10	85	6	—	9	12,2–13,2	1,15	88,5	1100
T14K8	78	14	—	8	11,2–12,0	1,15	89,5	1150
T15K6	79	15	—	6	11,0–11,7	1,10	90,0	1150
T30K4	66	30	—	4	9,5–9,8	0,90	91,0	1200
T60K6	34	60	—	6	6,5–7,0	0,75	90,0	1250
TT7K12	81	4	3	12	13,0–13,3	1,65	87,0	—

Ад іншых інструментальных матэрыялаў цвёрдыя сплавы адрозніваюцца наступнымі асаблівасцямі:

- 1) высокай цвёрдасцю;
 - 2) высокай цеплаўстойлівасцю, пры $t = 1000^{\circ}\text{C}$ цвёрдыя сплавы маюць такую ж цвёрдасць, што і хуткарэзныя сталі пры $t = 20^{\circ}\text{C}$;
 - 3) хуткасцю рэзання да 150 м/хвіл, а ў асобных выпадках да 250 м/хвіл, што ў 3–5 разоў вышэй, чым інструментам з хуткарэзных сталяў;
 - 4) тэхналогіяй вырабу, якая дазваляе мяняць іх хімічны склад па сячэнню, павялічваць колькасць карбідаў на паверхні пласцінак;
 - 5) у апошні час на рабочыя паверхні пласцінак цвёрдага сплаву наносіць слой нітрыду тытану і іншыя звышцвёрдыя матэрыялы. Пры апрацоўцы чыгуну трываласць такога інструменту павялічваецца ў 6 разоў, а пры апрацоўцы сталяў — да 3 разоў;
 - 6) іх высокай крохкасцю ў параўнанні са сталямі. На згіб цвёрдыя сплавы маюць σ_i у 2,5–3,2 разу меншыя паказчыкі;
 - 7) высокім коштам цвёрдых сплаваў з утрыманнем вальфраму;
- 3 агульнага аб'ёму на долю цвёрдасплаўнага інструменту прыходзіцца каля 32%, а аб'ём здымаемай стружкі — 68%.

Безвальфрамавыя цвёрдыя сплавы

У якасці цвёрдай складаючай безвальфрамавыя цвёрдыя сплавы ўтрымліваюць TiC, TiN, NbC, а ролю сувязнага выконваюць Ni, Mo, Fe. Безвальфрамавыя цвёрдыя сплавы маюць большую цвёрдасць (да HRA = 87–94), высокую зносацываласць і каразійную ўстойлівасць. Яны валодаюць меншай шчыльнасцю ў параўнанні з вальфрамавымі цвёрдымі сплавамі. Хімічны склад і ўласцівасці сплаваў прыведзены ў табл. 9.

Табліца 9

Хімічны склад і фізіка-механічныя паказчыкі безвальфрамавых цвёрдых сплаваў

Марка	Хімічны склад, %								Шчыльнасць, т/м ³	Мяжа трываласці пры згібе, ГПа	Цвёрдасць, HRA
	Ti(CN)	TiC	Ni	Fe	Cr	Mo	TiN	(TiNb)C			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ТНМ20		79	16			5			5,5	1,08– 1,13	91
ТНМ25		74	20			6			5,7	1,23– 1,28	90
ТНМ30		70	23			7			5,9	1,28– 1,37	89
ТНМ50		52	38			10			6,3	1,57– 1,67	87
КТНМ-30А		26	24			8	42		5,8	1,47	88
КТНМ-39Б		43	24			8	25		5,9	1,72	87
ТМ1			5			5		90	5,8	0,78	91,5
ТМ3			21			15		64	5,9	1,18	89
КНТ16	74		19,5			6,5			5,8	1,08– 1,18	89
КНТ20	68		24			8			5,9	1,28– 1,37	88,5
КНТ30	56		33			11			6,2	1,57– 1,77	88

Заканчэнне табл. 9

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ТС20ХН		80	1,8	14,6	3,6				5,5	1,08– 1,18	90,5
ТСХН		70	2,7	21,9	5,4				5,7	1,13– 1,23	89,5
ТС40ХН		60	3,6	29,2	7,2				5,9	1,23– 1,37	88
ТВ3									5,7	1,18– 1,28	88,5
ТВ4									5,9	1,28– 1,37	88

Разам з тым трэба адзначыць іх больш высокую крохкасць, яны горш паяюцца, патрабуюць выкарыстання больш актыўных флюсаў і маюць меншую цеплаправоднасць. Большасць з гэтых сплаваў рэкамендуюць выкарыстоўваць на лёгкіх рэжымах апрацоўкі ва ўмовах безударнай работы. Канкрэтныя эфектыўныя галіны іх выкарыстання для рэжучага інструменту на сённяшні час удакладняюцца.

Мінералакераміка

Вышэй праводзіўся параўнальны аналіз інструментальных матэрыялаў на аснове металаў, а самым цвёрдым матэрыялам на Зямлі з'яўляецца алмаз, арабы называюць яго «фарый» — найцвярдзейшы, належыць да неметалаў. У 40-х гг. мінулага стагоддзя на гэту акалічнасць у інструментальнай вытворчасці звярнулі ўвагу.

У выніку навуковых распрацовак быў атрыманы штучны матэрыял на аснове крышталічнага аксиду алюмінію (Al_2O_3) з дабаўкай у якасці звязкі шкла. Электракарунд выкарысталі ў выглядзе парашку памерамі каля 1 мкм з дабаўкай (0,5–1)% MgO . Пасля спякання пры $t = 1500–2200^{\circ}C$ утвараюцца маналітныя пласцінкі белага колеру. Матэрыял атрымаў абазначэнне ЦМ-332. Яго асноўныя ўласцівасці: цвёрдасць $HRA = 90–94$, цеплаўстойлівасць — $1200^{\circ}C$, высокая крохкасць, паказчыкі на згіб ЦМ-332 у 10 разоў меншыя, чым у хуткарэзнай сталі, і ў 3–4 разы горшыя, чым у цвёрдых сплаваў, пласцінкі не паяюцца, іх замацоўваюць на корпусе інструменту механічнай фіксацыяй, інструмент з гэтага матэрыялу заточваецца

толькі алмазным шліфаваннем.

Такім інструментам рэкамендуюць апрацоўваць адбеленыя чыгуны на хуткасцях 180 м/хвіл і загартаваныя сталі цвёрдасцю $HRC = 50-63$ на хуткасцях да 300 м/хвіл пры невялікіх нагрузках на рэжучы край без удараў і вібрацыі. Шырокага выкарыстання ЦМ-332 на сённяшні час не знайшоў.

З мэтай павелічэння механічных паказчыкаў мінералакерамікі ў яе склад сталі ўводзіць W, Ti, Mo, Ta, Cr або іх карбіды з наступным спяканнем пры $t = 1870^{\circ}\text{C}$ у асяроддзі вадароду.

Пласцінкі маюць бліскучую паверхню амаль чорнага колеру. Яны атрымалі назву «керметы». Іх маркіруюць ВЗ (60% Al_2O_3 + 40% MeC), ВСК60 і г. д.

У параўнанні з ЦМ-332 керметы маюць прыблізна ў два разы вышэйшыя паказчыкі на згіб ($\sigma_i = 600-700$ МПа), практычна аднолькава-выя цвёрдасць і цеплаўстойлівасць, малую адгезію да апрацоўваемага матэрыялу. Яны не паяюцца, інструмент з керметаў заточваецца на алмазных кругах, іх рэкамендуюць выкарыстоўваць на чыставых аперацыях пры безударнай апрацоўцы.

Звышцвёрдыя інструментальныя матэрыялы

Характэрнай асаблівасцю матэрыялаў гэтай групы з'яўляецца высокая цвёрдасць, блізкая да цвёрдасці алмазу. Пры вырабе лязовага алмазнага інструменту патрэбна ўлічваць яго значную анізатропнасць, высокую крохкасць, нізкія паказчыкі на згіб ($\sigma_i = 300$ МПа), сцісканне ($\sigma_{\text{сц}} = 2000$ МПа). Алмаз мае высокую цеплаправоднасць, што спрыяе добраму адводу цяпла з зоны рэзання, і малыя цеплавыя дэфармацыі, што, у сваю чаргу, забяспечвае высокую дакладнасць апрацоўкі. Трываласць лязовага алмазнага інструменту складае да 2000 гадз пры апрацоўцы каляровых сплаваў, пластмас. Да недахопаў алмазу як інструментальнага матэрыялу патрэбна аднесці яго нізкую цеплаўстойлівасць. Пры награванні звыш 800°C на паветры алмаз згарае. Алмазны інструмент нельга выкарыстоўваць для апрацоўкі жалеза і жалезавугляродзістых сплаваў з-за яго здольнасці растварацца ў іх.

Прыродныя алмазы — дэфіцытны матэрыял, маюць высокі кошт, таму сёння для патрэб тэхнікі распрацаваны тэхналогіі вырабу штучных алмазаў. Сыравінай для атрымання алмазу служыць графіт з дабаўкай каталізатара або без яго. У аснове тэхналогіі атрымання сінтэтычных алмазаў ляжыць выкарыстанне высокай тэмпературы

(каля 2500⁰С) і высокага ціску (да 1000 ГПа). Прадукт атрымліваюць у выглядзе парашку параметрамі да 1–2 мм.

З дапамогай гэтай тэхналогіі сталі вырабляць звышцвёрдыя матэрыялы на аснове кубічнага нітрыду бору (КНБ). Хімічны склад КНБ наступны: 56% В + 44% N. На аснове гэтага злучэння выпускаюць многа марак інструментальных матэрыялаў: эльбор, баразон, кубаніт, белбор, гексаніт і інш. Іх вырабляюць у выглядзе цыліндраў дыяметрам 4–8 мм, таўшчынёй да 6 мм.

Эфектыўнасць працэсу механічнай апрацоўкі залежыць ад магчымых параметраў рэжымаў рэзання пры апрацоўцы заготовак з высокай цвёрдасцю пры выкананні чыставых даводочных, фінішных аперацый інструментам са звышцвёрдых матэрыялаў узамен абразіўнай апрацоўкі алмазнымі або эльборавымі кругамі металічных і неметалічных матэрыялаў. Для такарнай апрацоўкі рэжымы рэзання прыведзены ў табл. 10.

Табліца 10

Прыкладныя рэжымы рэзання разцамі з эльбору-Р пры тачэнні і расточванні розных матэрыялаў

Апрацоўваемы матэрыял	Від апрацоўкі	Хуткасць рэзання, м/хвіл	Падача, мм/аб	Глыбіня, мм
Сталі інструментальныя, легіраваныя з HRC = 40–60	Чыставая тонкая	60–120 80–180	0,05–0,08 0,005–0,02	0,3–0,6 0,03–0,05
Сталі хуткарэзныя, высокалегіраваныя з HRC = 58–70	Чыставая тонкая	60–120 80–150	0,04–0,07 0,005–0,02	0,1–0,4 0,05–0,1
Чыгуны адбеленыя, загартаваныя з HB = 4000–6000	Чыставая	100–200	0,02–0,07	0,2–0,6
Цвёрдыя сплавы для штампаў, прэс-форм	Тонкая	8–12	0,005–0,02	0,05–0,1

Інструмент са звышцвёрдых матэрыялаў (кампазіт 01) забяспечвае высокую хуткасць рэзання — у сярэднім каля 100 м/хвіл, глыбіню — дзесятыя долі міліметра, падачу — сотыя долі міліметра, што ўяўляе практычную каштоўнасць пры выкананні чыставых аперацый. З’явілася магчымасць апрацоўваць лязовым інструментам загартоўкі з цвёрдых сплаваў на мяккіх рэжымах.

Параўнальныя ўласцівасці звышцвёрдых матэрыялаў натуральнага і штучнага паходжання на аснове кубічнага нітрыду бору прыведзены ў табл. 11.

Табліца 11

Фізіка-механічныя ўласцівасці ЗЦМ

Матэрыял	Шчыльнасць, т/м ³	Мікрацвёрдасць, ГПа	σ пры сцісканні, МПа	σ_i пры згібе, МПа	Цеплаўстойлівасць, °С
Алмаз	3,48–3,56	100	20	3	800
Эльбор-Р кампазіт 01	3,31–3,39	70–80	19–21	4–5	1200
Белбор кампазіт 02	3,27–3,45	60–90	40–65	4–5	1100
ПТНБ кампазіт 09	3,49	50–75	40–60	6–10	1500
Гексаніт-Р	3,28–3,36	40–50	30–50	7–10	900

Эльбор і белбор утрымліваюць звыш 98% КНБ і характарызуюцца павышанай цвёрдасцю і крохкасцю.

Гексаніт і ісміт утрымліваюць ад 95% КНБ і 5% в'юрцытнага нітрыду бору. Гэтыя матэрыялы маюць меншую цвёрдасць і пластычнасць.

Матэрыял на аснове 75% КНБ і 25% Al₂O₃ атрымаў абазначэнне кампазіту 05, пласцінкі якога маюць форму цыліндра да 8 мм у дыяметры і да 6 мм у таўшчыню.

Перспектыўным напрамкам з'яўляецца атрыманне кампазіцыі на аснове КНБ з другімі элементамі. Разцамі з кібарыту апрацоўваюць наплаўленыя паверхні дэталей з хуткасцю рэзання 60–80 м/хвіл, падачай 0,15–0,18 мм/аб, глыбінёй рэзання да 2 мм; пры гэтым трываласць разца складае 60–80 хвіл.

У апошні час з'явіўся матэрыял на аснове нітрыду крэмнію, які стаў называцца «сілініт-Р». Атрымліваюць сілініт-Р метадам гарачага прасавання ў графітавых прэс-формах у выглядзе пласцінак рознай формы і памераў. Пласцінкі сілініту замацоўваюцца на корпусе інструменту механічным спосабам, наклейкай; пры напайцы іх патрэбна папярэдне металізаваць. Паказчыкі сілініту: $\sigma_{сц} = 2500$ МПа, $\sigma_i = 500–700$ МПа, НРА = 94–96. У сілініту адсутнічае адгезія да большасці сталяў, медных і алюмініевых сплаваў. Невысокі кошт

сілініту, добрыя рэжучыя якасці могуць спрыяць яго шырокаму выкарыстанню.

Добрымі тэхналагічнымі ўласцівасцямі валодае матэрыял «славуціч», з якога можна атрымліваць загатоўкі любой формы. Спачатку яго выкарыстоўвалі для бурэння газавых і нафтавых свідравін, а затым для вырабу інструменту, якім ажыццяўляюць праўку шліфавальных кругоў. Ролікі для праўкі кругоў маюць дыяметры да 150 мм, шырыню да 100 мм. Іх выкарыстанне забяспечвае павышэнне прадукцыйнасці апрацоўкі ў 2–5 разоў з тэрмінам эксплуатацыі да 2 гадоў; магчыма яго выкарыстанне ў якасці канструкцыйнага матэрыялу.

Асноўныя паказчыкі інструментальных матэрыялаў розных класаў ў параўнанні з алмазам прыведзены ў табл. 12.

Табліца 12

Фізіка-механічныя паказчыкі розных груп інструментальных матэрыялаў

Матэрыял	Шчыльнасць, т/м ³	Мікрацвёрдасць	Цвёрдасць па HRA	σ_i пры згібе, МПа	σ пры сцісканні, МПа	Цеплаўстойлівасць, °C	Каэфіцыент цеплаправоднасці, °C Дж/см · с
Алмаз	3,48– 3,56	10000	—	300	2000	750	1,42
Эльбор-Р	3,45	6000– 8000	—	1000	—	1200	0,42
ВК8	14,4– 14,6	1400– 1500	87,5	1600	4800	800–850	0,59
T15K16	11,1– 11,6	1500– 1600	90	1150	3700	850–900	0,272
ЦМ332	3,96– 3,98	2000– 2300	91–93	350–400	5000	1200	0,193
Керметы В3, ВОК60	4,2– 4,6	—	92–93	450–700	—	1000	—
P18	8,7	—	83	3000	4000	620	0,21

У заходніх краінах выпускаюць двухслаёвыя пласцінкі на аснове цвёрдага сплаву са слоём полікрысталёў алмазу таўшчынёй прыкладна 0,7 мм або полікрысталёў КНБ таўшчынёй да 0,5 мм.

Інструментам з такіх матэрыялаў можна апрацоўваць загартаваныя сталі і загатоўкі з адбеленага чыгуну.

У выніку параўнальнага аналізу (табл. 12) асноўных груп інструментальных матэрыялаў можна зрабіць наступныя высновы. Сучасныя інструментальныя матэрыялы па цвёрдасці наблізіліся да алмазу, па цеплаўстойлівасці амаль у 2 разы перавысілі яго магчымасці. Чакаць з'яўлення інструментальных матэрыялаў з лепшымі паказчыкамі малаверагодна, значыць, шлях павышэння эфектыўнасці працэсу рэзання за кошт інструментальных матэрыялаў вычарпаны. Можна спадзявацца на спалучэнне лепшых паказчыкаў розных інструментальных матэрыялаў у адным: удакладненне тэхналогіі нанясення плёначных пакрыццяў і аптымізацыю іх складу, распрацоўку кляеў для фіксацыі інструментальных пласцін на корпусе інструменту ўзамен пайкі і зваркі.

Лабараторная работа № 2 ГЕАМЕТРЫЯ ТАКАРНЫХ РАЗЦОЎ

Мэта работы — пазнаёміцца з канструкцыяй і асноўнымі тыпамі такарных разцоў, іх геаметрычнымі параметрамі; вывучыць уплыў геаметрыі інструменту на працэс рэзаньня і якасьць апрацоўкі, па заданьню выкладчыка правесці параўнальны аналіз розных тыпаў разцоў і па чарцяжы дэталі падабраць патрэбны камплект інструменту для яе апрацоўкі.

Пры выкананні лабараторнай работы кіруйцеся наступнымі ўказаньнямі і адкажыце на пытанні.

Атрымайце ад выкладчыка ўзоры такарных разцоў або іх макеты, штангельцыркуль ШЦ-2 з дакладнасцю адліку 0,05 мм і вугламер канструкцыі Сямёнава.

Прывядзіце назву разца, яго прызначэньне і вобласць прымянення, зрабіце эскіз разцоў у дзвюх праекцыях.

З дапамогай вугламера замераўце вуглы ў плане — вугал пры вяршыні ε , галоўны і дапаможны вуглы ў плане φ , φ_1 , вуглы ў галоўнай сякучай плоскасьці — вугал завастрэньня β , пярэдні вугал γ , задні вугал α , разлічыце вугал рэзаньня $\delta = \alpha + \beta$. Пры знаходжанні на разцы фаскі штангельцыркулем замераўце яе шырыню.

Удакладніце ўплыў вугла нахілу галоўнага ляза λ на працэс стружкаўтварэньня.

Звярніце ўвагу на ўзаемасувязь вуглавых параметраў, на механічную трываласць рэжучага кліна, размеркаваньне складовых сілы рэзаньня, шурпатаць апрацаванай паверхні.

Адкажыце на пытанні:

1. У чым прынцыповыя геаметрычныя адрозненні прахаднога ўпорнага разца ў параўнанні з Вашым?

2. Што дае нам канструкцыя прахаднога адагнутага разца ў параўнанні з прамым прахадным?

3. Пералічыце прынцыповыя адрозненні геаметрыі адрозных разцоў ад другіх тыпаў, адрозненні геаметрыі і кінематыкі апрацоўкі падразнымі разцамі.

4. Што можна прапанаваць, каб чыстая тарцовая паверхня была на адрэзанай дэталі або, наадварот, на загатоўцы?

5. Геаметрычныя асаблівасці разьбовых разцоў; чаму пярэдні вугал γ у разьбовых разцоў роўны нулю?

6. У чым асаблівасць канструкцыі радыяльных прызматычных і

дыскавых фасонных разцоў, як ажыццяўляюць іх заточку?

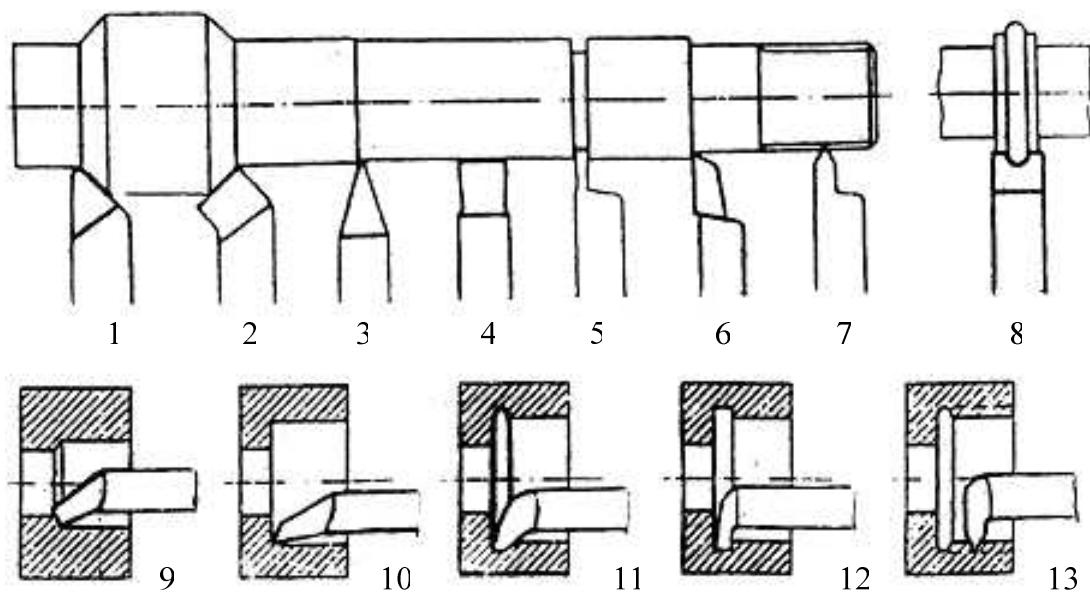
7. Расточныя разцы бываюць дзвюх мадыфікацый — для расточки скразных і глухіх адтулін. У чым асаблівасці іх геаметрыі?

8. Што дае канструкцыя разца з механічнай фіксацыяй цвёрдасплаўнай пласцінкі і ў чым яе недахопы?

9. У чым асаблівасці геаметрыі разцоў для чыставой і чарнавой апрацоўкі?

10. Расшыфруйце марку інструментальнага матэрыялу, якая маецца на корпусе інструменту і дайце яго кароткую характарыстыку.

Канструкцыі такарных разцоў



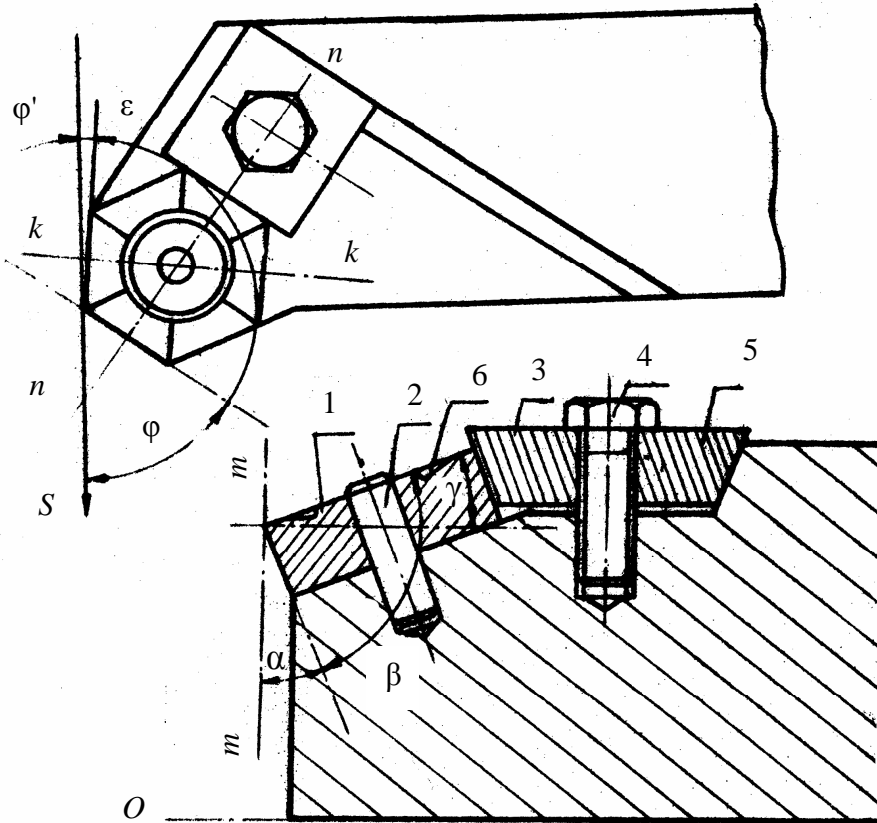
Мал. 1. Тыпы такарных разцоў:

- 1 — левы праходны прамы; 2 — правы праходны адагнуты;
- 3 — чыставы з вузкім лязом; 4 — чыставы з шырокім лязом;
- 5 — адразны; 6 — праходны ўпорны; 7 — разбовы;
- 8 — фасонны; 9 — расточны для скразных адтулін;
- 10 — расточны для глухіх адтулін; 11, 12 — для праточки канавак;
- 13 — для наразання ўнутранай разьбы

Па прызначэнню такарныя разцы дзеляць на праходныя, якімі апрацоўваюць бакавыя цыліндрычныя, канічныя і фасонныя паверхні; падразныя — для апрацоўкі тарцовых паверхняў; адразныя — для адразання заготовак і праточки канавак; расточныя — для апрацоўкі скразных і глухіх адтулін; разбовыя — для наразання разьбы як вонкавай, так і ўнутранай; галтэльныя — для злучэння дзвюх

паверхняў па радыусе; фасонныя — для апрацоўкі профільных паверхняў. Па выкарыстанню — на чарнавыя і чыставыя. Па напрамку рабочага руху — на левыя і правыя.

Цэла разцоў вырабляюць са сталі 45, 40Х. Пярэдняя частка разца, дзе мацуецца пласцінка з інструментальнага матэрыялу, называецца галоўкай. Першае патрабаванне да цэла разца — забеспячэнне жорсткасці канструкцыі інструменту, што дае дакладнасць апрацоўкі і трываласці інструменту.



Мал. 2. Канструкцыя разца з механічнай фіксацыяй цвердасплаўнай пласцінкі:

- 1 — цвердасплаўная пласцінка; 2 — цэнтруючы штыфт;
- 3 — клінавая накладка; 4 — прыціскны болт

Па спосабу фіксацыі інструментальнай пласцінкі на галоўцы разца іх дзеляць на паяныя і з механічным замацаваннем рэжучых пласцінак.

Паяная канструкцыя забяспечвае большую жорсткасць інструменту, спрыяе ўзнікненню меншых вібрацый у зоне рэзання, а

значыць, павышае дакладнасць апрацоўкі і забяспечвае большую трываласць інструменту.

З дапамогай пайкі можна вырабляць мініяцюрны інструмент, напрыклад, на круглых пілах напайваюць цвёрдыя пласціны шырынёй каля 3 мм.

Канструкцыя паянага інструменту працуе як адно цэлае. Аднак для заточкі паяны інструмент патрэбна здымаць са станка, цэла разца фактычна выкарыстоўваецца адзін раз, а рэшткі цвёрдага сплаву для паўторнага выкарыстання патрэбна адпайваць. Гэта прывяло да распрацоўкі канструкцыі такарных разцоў з механічнай фіксацыяй інструментальнай пласцінкі на галоўцы разца.

Пасля затуплення адной грані пласцінкі адпускаецца болт 4, і ў работу ўводзяць новую грань. Такім чынам, выкарыстоўваюць усе грані пласцінкі, пасля чаго яе замяняюць на новую, не здымаючы разец са станка, а пласцінку адпраўляюць на перапрацоўку. Корпус інструменту выкарыстоўваецца шмат разоў. Да недахопаў такой канструкцыі можна аднесці меншую жорсткасць фіксацыі інструментальнай пласцінкі на галоўцы разца і тое, што корпус інструменту павінен мець дастатковыя памеры.

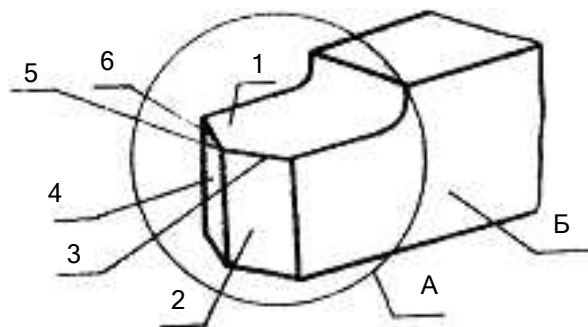
Безумоўна, выклікае цікавасць выкарыстанне клею для замацавання інструментальных пласцінак на корпусе інструменту. Для гэтага патрэбны клеі з дастатковымі механічнымі паказчыкамі і цеплаўстойлівасцю.

Геаметрыя разцоў

У залежнасці ад прызначэння і ўмоў работы такарныя разцы адрозніваюцца адзін ад другога сваёй канфігурацыяй і геаметрычнымі параметрамі. Рабочая частка разца паказана на мал. 3.

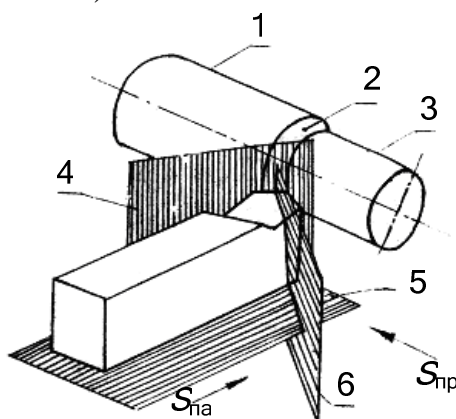
Пярэдняй паверхняй называюць паверхню, па якой сходзіць стружка, а галоўнай задняй — паверхню, якая датыкаецца да апрацоўваемай дэталі. Дапаможная задняя паверхня знаходзіцца з боку апрацаванай дэталі. Перасячэнне пярэдняй паверхні з галоўнай задняй утварае галоўны рэжучы кант (галоўнае лязо), перасячэнне з дапаможнай задняй паверхняй — дапаможнае лязо. Пункт скрыжавання галоўнага і дапаможнага ляза носіць назву вяршыні разца.

У разцоў можа быць адна вяршыня або дзве, па два могуць быць галоўныя і дапаможныя лязы, ў залежнасці ад канкрэтных умоў рэзання.



Мал. 3. Паверхні на рабочай частцы разца:
 А — галоўка; Б — цела разца; 1 — прэдняя паверхня; 2 — галоўная задняя паверхня; 3 — галоўнае лязо; 4 — дапаможная задняя паверхня; 5 — вяршыня разца; 6 — дапаможнае лязо

Пры апрацоўцы рэзаннем разглядаюць наступныя паверхні і плоскасці пры тачэнні (мал. 4).



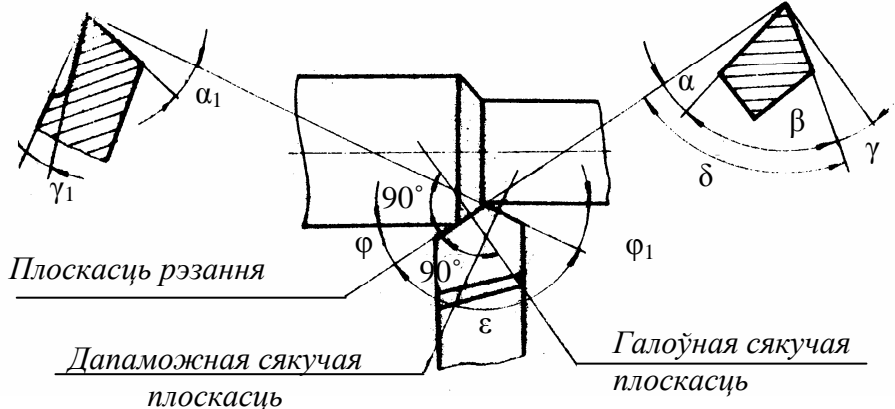
Мал. 4. Паверхні і плоскасці пры тачэнні:
 1 — апрацоўваемая паверхня; 2 — паверхня рэзання; 3 — апрацаваная паверхня;
 4 — плоскасць рэзання, якая датыкаецца да паверхні рэзання і праходзіць праз галоўнае лязо; 5 — асноўная плоскасць, паралельная падоўжанаму і папярочнаму перамяшчэнню разца; 6 — галоўная сякучая плоскасць, якая праходзіць перпендыкулярна да галоўнага лязо і перпендыкулярна да асноўнай плоскасці

Геаметрычныя параметры разцоў разглядаюць як у галоўнай сякучай плоскасці, так і ў дапаможнай, якая праходзіць перпендыкулярна дапаможнаму лязу. Літарныя абзначэнні вуглоў такія, як у галоўнай сякучай плоскасці з дапаўненнем індэкса адзін. Такая неабходнасць узнікае пры разглядзе профільнага інструменту.

Разгледзім геаметрычныя памеры разцоў на прыкладзе прамога праходнага разца.

Разрѣз на дапаможнай
сякучай плоскасці

Разрѣз на галоўнай
сякучай плоскасці



Мал. 5. Вуглавыя параметры прахаднога прамога разца

Вуглавыя параметры разцоў разглядаюць у плане і ў галоўнай сякучай плоскасці:

φ — галоўны вугал у плане — вугал паміж праекцыяй галоўнага ляза на асноўную плоскасць і напрамкам падачы;

φ_1 — дапаможны вугал у плане — вугал паміж праекцыяй дапаможнага ляза на асноўную плоскасць і напрамкам падачы;

ϵ — вугал пры вяршыні — вугал паміж праекцыямі ляза на асноўную плоскасць.

Далей разгледзім вуглы, якія размяшчаюцца ў галоўнай сякучай плоскасці:

γ — пярэдні вугал — вугал паміж пярэдняй паверхняй разца і гарызанталлю;

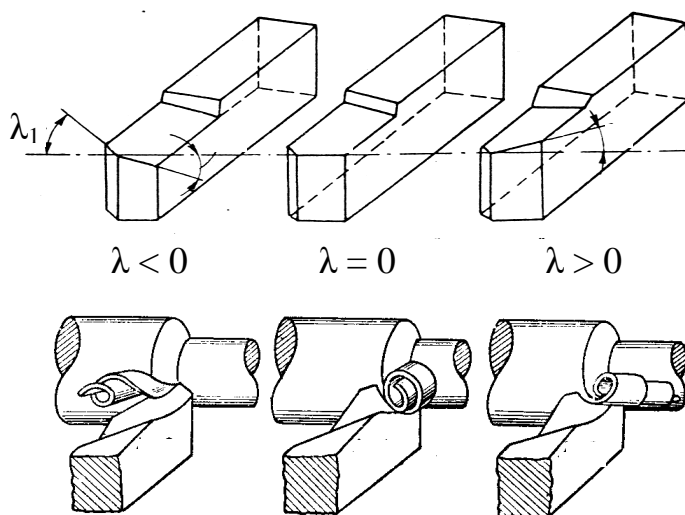
α — задні вугал — вугал паміж задняй паверхняй разца і плоскасцю рэзання;

β — вугал заточкі — вугал паміж пярэдняй і галоўнай задняй паверхнямі;

$\delta = \alpha + \beta$ — сумарны вугал, які носіць назву вугла рэзання і знаходзіцца паміж плоскасцю рэзання і пярэдняй паверхняй.

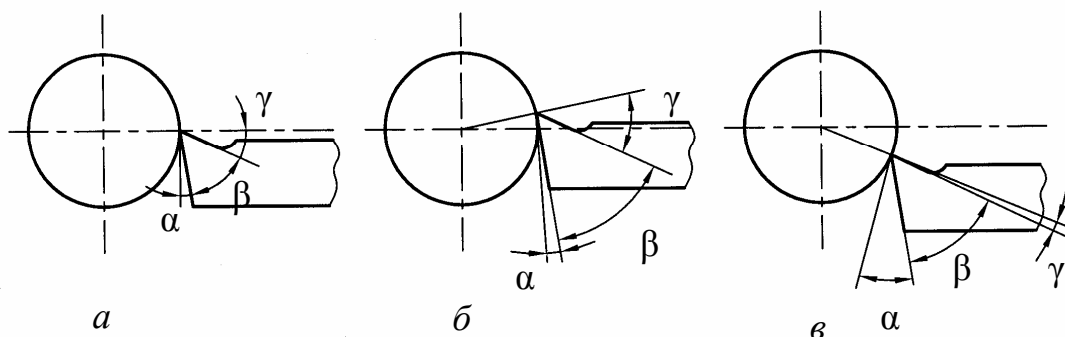
На працэс стружкаўтварэння ўплывае вугал нахілу галоўнага ляза λ — вугал паміж галоўным лязом і гарызанталлю.

Станоўчае або адмоўнае значэнне вугла λ у першую чаргу патэбна ўлічваць пры механічнай апрацоўцы на станках-аўтаматах.



Мал. 6. Уплыў вугла нахілу галоўнага ляза на працэс стружкаўтварэння

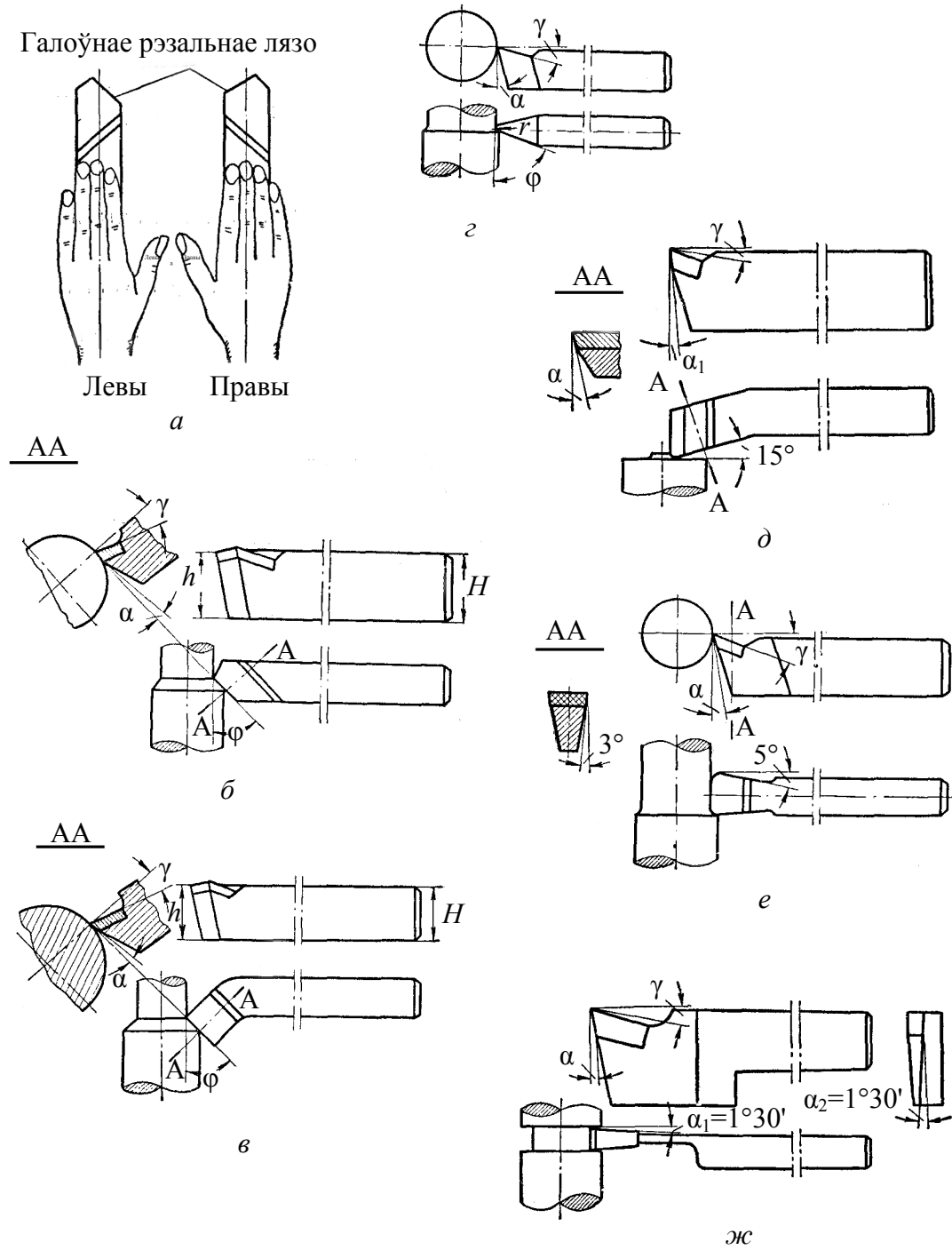
На мал. 6 відаць, як гэты вугал уплывае на характар стружкаўтварэння. З павелічэннем вугла $+\lambda$ стружка нахіляецца ў бок апрацаванай паверхні. Пры вугле $-\lambda$ стружка нахіляецца да апрацоўваемай паверхні, што аблягчае драбленне стружкі і ў тэхналагічным плане больш спрыяльнае.



Мал. 7. Змяненне пярэдніх і задніх вуглоў разцоў у залежнасці ад дакладнасці ўстаноўкі

Разглядаючы геаметрычныя параметры разцоў, трэба ўлічваць адну акалічнасць. Рэальныя вуглавяя велічыні разцоў залежаць ад дакладнасці ўстаноўкі разца на супарце і супадаюць з тэарэтычнымі значэннямі, калі вяршыня разца супадае з воссю сіметрыі загатоўкі (мал. 7, а).

Галоўнае рэзальнае лязо



Мал. 8. Схемы работы і асаблівасці геаметрыі такарных разцоў розных тыпаў:

а — левы і правы; б — праходны прамы; в — праходны адагнуты;
 з — чыставы з шырокім лязом; д — падразны; е — чыставы з вузкім лязом;
 ж — адразны

З малюнка бачна, што калі вяршыня разца знаходзіцца вышэй за цэнтр загатоўкі (мал. 7, б), то рэальны задні вугал α памяншаецца, а пярэдні павялічваецца. Калі ж вяршыня разца знаходзіцца ніжэй за цэнтр загатоўкі (мал. 7, в), то наадварот, задні вугал памяншаецца, а пярэдні павялічваецца.

Праходны адагнуты разец (мал. 8, в) мае галоўку, адагнутую адносна цела ўправа або ўлева (левы, правы), што дае магчымасць працаваць імі як пры апрацоўцы бакавых паверхняў на падоўжнай падачы, так і тарцовых на папярочнай падачы; па астатніх параметрах прыцыповых адрозненняў няма.

Пры выкананні чыставых аперацый карыстаюцца разцамі з вузкім (мал. 8, з) і шырокім (мал. 8, е) лязом. Разцы з вузкім лязом ствараюць мінімальныя сілавыя параметры рэзання пры тачэнні малажорсткіх заготовак на малых падачах, велічыня якіх абмяжоўваецца шырынёй ляза.

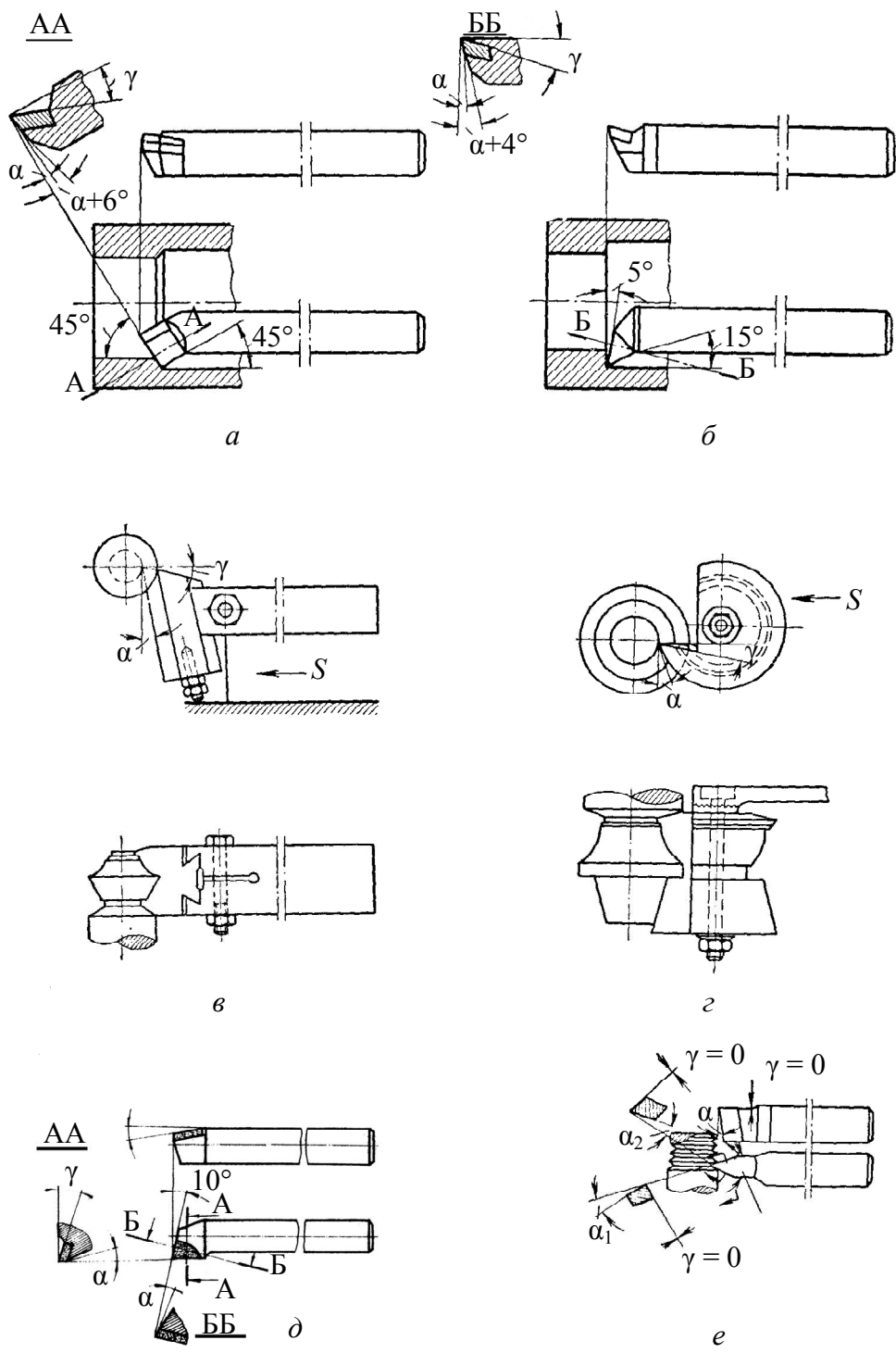
Чыставыя разцы з шырокім лязом (мал. 8, з) працуюць на вялікіх падачах (загатоўкі павінны быць дастаткова жорсткімі) і забяспечваюць мінімальныя дэфармацыі.

Падразнымі разцамі (мал. 8, д) працуюць на папярочнай падачы, праточваюць тарцовыя паверхні, знешні выгляд іх можа быць розным у залежнасці ад велічыні вугла ϕ у межах ад вострага да тупога; ад іх значэння залежыць механічная трываласць вяршыні разца.

Адрозныя разцы (мал. 8, ж) маюць значныя адрозненні ад астатніх — адно галоўнае лязо і два дапаможныя, дзве вяршыні, два галоўныя і дапаможныя вуглы ў плане, галоўка разца тонкая малатрывалая, для павышэння механічнай трываласці ў раёне галоўкі яе таўшчыня можа быць большай у параўнанні з таўшчынёй цела разца. Адрознымі разцамі працуюць на ручной папярочнай падачы.

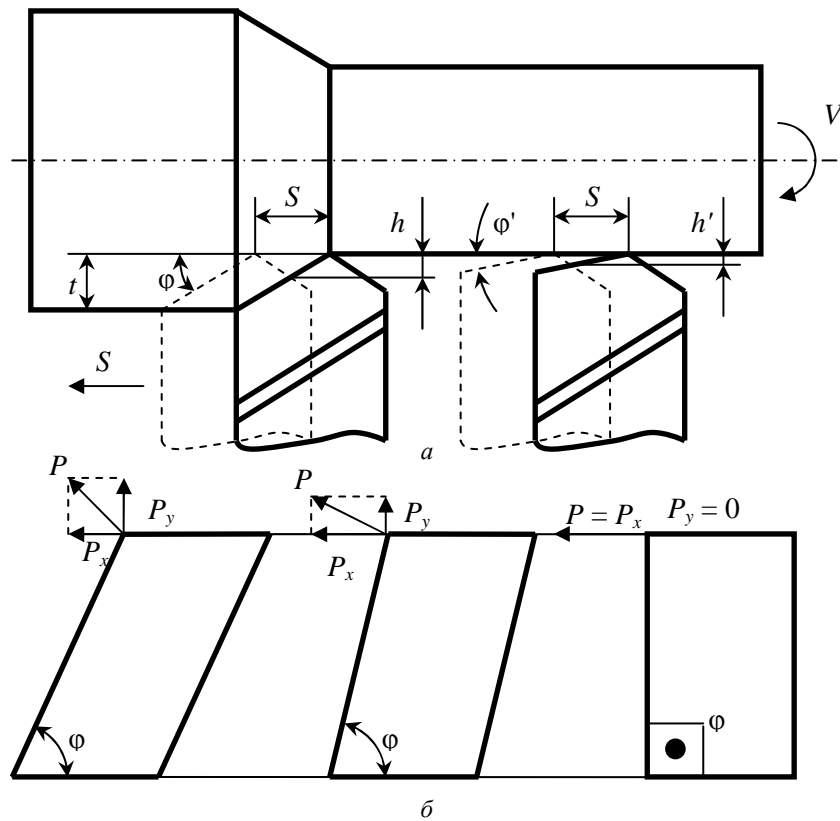
У залежнасці ад віду выконваемай работы разцы маюць розную канфігурацыю і геаметрычныя асаблівасці. Разгледзім гэтыя асаблівасці ў параўнальным плане з прамым праходным разцом (гл. мал. 5).

Расточныя разцы (мал. 9, а, б) для скразных і глухіх адтулін адрозніваюцца галоўнымі вугламі ў плане, велічыня якіх змяняецца ад вострага да тупога вугла, корпус расточных разцоў мае большыя памеры, пярэдняя частка цела адцягнутая і меншага сячэння, каб не датыкалася да сценак адтуліны. Для апрацоўкі адтулін значнай даўжыні выкарыстоўваюць такі спецыфічны інструмент, як бортштангі з механічнай фіксацыяй рэжучага элемента.



Мал. 9. Схеми роботи і асаблівасці геаметрії такарних різцоў розных тыпаў:
a — расточны для скразных адтулін; *б* — расточны для глухіх адтулін;
в — прызматычны радыяльны фасонны; *г* — дыскавы радыяльны фасонны;
д — прахадны ўпорны; *е* — разьбовы

Для апрацоўкі фасонных паверхняў невялікай даўжыні карыстаюцца прызматычнымі радыяльнымі разцамі (мал. 9, в) і дыскавымі (мал. 9, з), яны маюць складаную геаметрыю галоўнага ляза (у залежнасці ад патрэбнай канфігурацыі паверхні дэталі), заточваюць іх па пярэдняй паверхні, каб не мянялася канфігурацыя галоўнага ляза пры ператочках, імі працуюць толькі на папярочных падчах.



Мал. 10. Уплыў геаметрычных параметраў на складовыя сілы рэзання і якасць апрацоўкі паверхні

Праходны ўпорны разец (мал. 9, д) забяспечвае апрацоўку дзвюх паверхняў — бакавой і тарцовай пад прамым вуглом, што неабходна пры тачэнні дэталей тыпу ступеньчатага вала. Геаметрычнае адрозненне такіх разцоў — галоўны вугал у плане $\phi = 90^\circ$, што, у сваю чаргу, памяншае радыяльную складовую сілы рэзання P_y да нуля (мал. 10); значыць, у гэтым выпадку дэфармацыя загатоўкі ў радыяльным напрамку будзе мінімальнай, гэта важна пры апрацоўцы малажорсткіх заготовак. Разьбовыя разцы (мал. 9, е) адрозніваюцца ад

астатніх тым, што вугал пры вяршыні залежыць ад тыпу наразаемай разьбы, маюць два галоўныя лязы, два галоўныя вуглы ў плане, пярэдні вугал роўны нулю, гэта забяспечвае магчымасць пры ператочках па задніх паверхнях кантраляваць вугал пры вяршыні з дапамогай шаблону, такая методыка гарантуе пастаянства профілю наразаемай разьбы не залежна ад колькасці ператочак разца.

Усе вуглавыя параметры ў комплексе ўплываюць як на велічыню магутнасці рэзання і напрамак дзейнасці сілы рэзання, так і на якасць апрацоўкі. Геаметрычныя параметры разцоў уплываюць на ўсе бакі працэсу рэзання. Напрыклад, памяншэнне вугла φ да велічыні φ' (мал. 10, *a*) зніжае кінематычную шурпатасць апрацаванай паверхні ад значэння h да h' пры аднолькавых падачах S і глыбіні рэзання t . На мал. 10, *б* паказана, як велічыня гэтага вугла змяняе расклад сілы ў зоне стружкаўтварэння: з павелічэннем вугла φ да 90° радыяльная складовая сілы рэзання памяншаецца да нуля, што зніжае адцісканне загатоўкі ад разца, а гэта, у сваю чаргу, дазваляе больш дакладна апрацоўваць малажорсткія загатоўкі.

Такарныя разцы розных тыпаў могуць мець як станоўчыя, так і адмоўныя пярэднія вуглы.

Пярэднім вуглом называюць вугал паміж пярэдняй паверхняй і гарызанталлю, і калі пярэдня паверхня знаходзіцца ніжэй за гарызанталь, яго ўмоўна абазначаюць $+\gamma$, а калі вышэй — $(-\gamma)$.

Адмоўны пярэдні вугал забяспечвае большае значэнне вугла завастрэння β і, як вынік — большую механічную трываласць рэжучага кліна, што асабліва неабходна пры чарнавых аперацыях, калі пажадана зняць большы прыпуск за адзін праход.

Станоўчы пярэдні вугал спрыяе памяншэнню сілавых параметраў рэзання, павышэнню чысціні апрацаванай паверхні, а з мэтай павышэння зносатрываласці рэжучага канта такога інструменту на пярэдняй паверхні здымаюць невялікую фаску пад адмоўным вуглом — $(3-5)^\circ$.

Канструкцыі такарных разцоў удасканальваюцца з мэтай павелічэння іх трываласці, сумяшчэння чарнавой і чыстай апрацоўкі, удакладнення геаметрыі, схемы заточкі, тэхналагічнасці вырабу інструменту.

Лабараторная работа № 3 ІНСТРУМЕНТ ДЛЯ АПРАЦОЎКІ АДТУЛІН

Мэта работы — пазнаёміцца з прызначэннем і канструкцыямі спіральных свердлаў, зенкераў, разгортак; вывучыць геаметрыю інструменту і яго тэхналагічныя магчымасці, па заданню выкладчыка разгледзець асаблівасці геаметрыі інструменту для апрацоўкі адтулін і ўплыў геаметрычных параметраў на якасць апрацоўкі.

Пры выкананні лабараторных работ кіруюцца наступнымі метадычнымі ўказаннямі.

Лабараторныя работы № 3, 4 аб'ядноўвае тое, што разглядаецца канструкцыя восевага інструменту — пры рабоце ён уяўляе сабой цела вярчэння са шматзубым рэжучым вянцом.

Пачынаць работу трэба з разгляду асноўных канструкцыйных элементаў свердлаў, зенкераў, разгортак.

З дапамогай вугламера замераўце геаметрычныя параметры рэжучых элементаў, разгледзьце, чым яны прынцыпова адрозніваюцца ў зенкераў і разгортак.

Звярніце ўвагу, як мяняецца пярэдні вугал у свердла ад стужкі на бакавой паверхні да пяпярочнага канта.

Што дае двойная заточка і падточка папярочнага канта?

Чым забяспечваецца высокая дакладнасць апрацоўкі і чысціня паверхні адтуліны пры разгортванні? Правядзіце аналіз магчымых спосабаў заточкі свердлаў. Як гэта ўплывае на іх працэсаздольнасць?

Расшыфруйце маркіроўку на шыйцы свердла, прывядзіце кароткую характарыстыку інструментальнага матэрыялу.

Фрэзерны інструмент характарызуецца разнастайнасцю як па прызначэнню, размерах, так і па геаметрыі рэжучых элементаў.

Спачатку трэба пералічыць асноўныя тыпы фрэз, іх прызначэнне, замаляваць схему работы фрэз, выдадзеных выкладчыкам. На эскізе правесці галоўную сякучую плоскасць і абазначыць вуглы — пярэдні γ , задні α , вугал завастрэння β і рэзання δ . Вугламерам замераць значэнні гэтых вуглоў, шаг зубоў.

Растлумачце асаблівасці работы фрэз са шрубавым зубам, востраканечнымі і атылаванымі зубамі, спосабы іх заточкі.

Разгледзьце канструкцыі дыскавых і канцавых фрэз, асаблівасці іх геаметрыі.

Удакладніце асаблівасці канструкцыі і геаметрычных параметраў модульных дыскавых і канцавых фрэз.

Уясніце сэнс шматлязовага інструменту з пераменным шагам. Як гэта ўплывае на працэс рэзання ў параўнанні з інструментам з аднолькавым шагам?

Разгледзьце канструкцыю фрэзерных галовак, асаблівасці і магчымасці гэтага інструменту, магчымыя шляхі іх удасканалення.

Расшыфруйце маркіроўку фрэз, якая маецца на корпусе інструменту, дайце кароткую характарыстыку інструментальнага матэрыялу, з якога зроблена фрэза.

Прывядзіце прыклады выкарыстання фрэзерных галовак новых канструкцый для апрацоўкі неметалічных матэрыялаў.

Апрацоўка адтулін — шырокараспаўсюджаная аперацыя, якую праводзяць як на вытворчасці, так і ў хатніх умовах. Выконваюць яе з дапамогай спецыяльнага інструменту, часцей за ўсе свердлаў.

Канструкцый свердлаў даволі многа, самымі распаўсюджанымі на сёння з'яўляюцца спіральныя свердлы са шрубавай канаўкай для выхаду стружкі (мал. 1).

Абзначэнне вуглавых параметраў такое ж, як і на рэзцах. Свердзел мае два рэжучых ляза і перамычку. Задні вугал знаходзіцца паміж задняй паверхняй і плоскасцю, перпендыкулярнай да восі свердла. Велічыня задняга вугла павялічваецца ад бакавой паверхні да цэнтра.

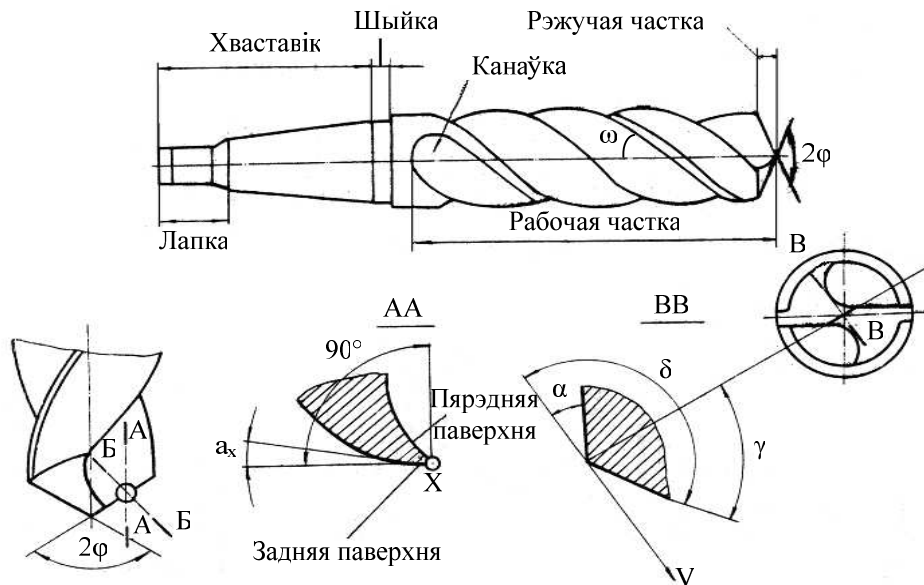
Пярэдняя ў свердла з'яўляецца паверхня шрубавай канаўкі, а вугал паміж ёю і воссю свердла — гэта пярэдні вугал.

Умовы работы свердла залежаць ад параметраў гэтых вуглоў і велічыні перамычкі.

Для памяншэння памераў перамычкі праводзяць яе падточку, а адтуліны дыяметрам звыш 40 мм свідруюць у два прыёмы — спачатку свердлам меншага дыяметра, а затым патрэбнага. Гэтыя прыёмы памяншаюць сілавыя параметры рэзання і павялічваюць трываласць інструменту. Дакладнасць апрацоўкі павялічвае і двайная заточка.

Рэжучы кант свердла павінен быць аднолькавай даўжыні, інакш будзе працаваць толькі адно лязо. У гэтым выпадку з-пад свердла выходзіць адна стружка, а радыяльныя складовыя сілы рэзання не будуць ураўнаважвацца і свердзел будзе адхіляцца ад вертыкалі.

Па канструкцыі і прызначэнню выдзяляюць спіральныя, цэнтровачныя, спецыяльныя свердлы. Простымі па канструкцыі з'яўляюцца пярэвыя свердлы, рабочая частка якіх уяўляе сабой лапатку. Для апрацоўкі адтулін дыяметрам звыш 80 мм выкарыстоўваюць кальцавыя свердлы, тарэц рабочей зоны якіх мае сячэнне трубы.



Мал. 1. Канструкцыя спіральнага свердла

Дыяметры свідравальных адтулін заўжды большыя за дыяметр свердла. Велічыня пагрэшнасці залежыць ад якасці заточкі свердла. Пры рабоце правільна заточанымі свердламі гэтая недакладнасць будзе складаць:

Дыяметр свердла, мм	1–3	3–10	10–18	18–30	30–80
Павелічэнне дыяметра, мм	0,08	0,1	0,14	0,2	0,32

Для апрацоўкі розных матэрыялаў рэкамендуюць заточваць свердлы з рознымі вугламі пры вяршыні, прыкладны выбар якіх ажыццяўляюць па табліцы.

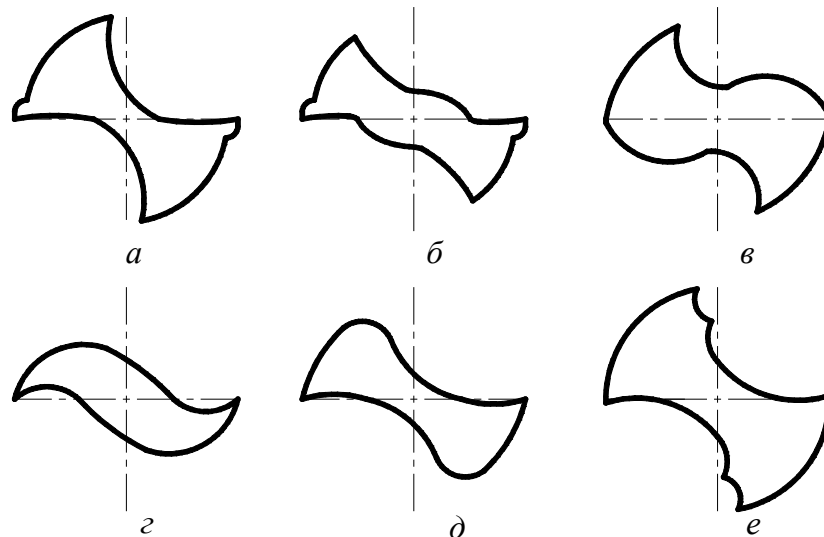
Табліца

Параметры вуглоў

Апрацоўваемы матэрыял	2φ
Сталь, чыгун	116–120
Алюміній	130–140
Медзь	120
Тэксталіт	100
Эбаніт	50–60
Мармур, шыфер	80–90
Пластмасы	50–60
Гума цвёрдая	30–50

Вугал нахілу шрубавай канаўкі адносна восі інструменту

абазначаецца ω і значна ўплывае на яго жорсткасць, а значыць, і на дакладнасць апрацоўкі ім. Пры $\omega = 20^\circ$ гэты паказчык роўны 1,2 у параўнанні з прамымі канаўкамі, пры $\omega = 30^\circ$ складае 1,5, а пры $\omega = 40^\circ$ — 1,8. Такім чынам, пры аднолькавым папярочным сячэнні свердла за кошт нахілу шрубавай канаўкі жорсткасць інструменту на кручэнне можна павялічыць амаль у два разы.



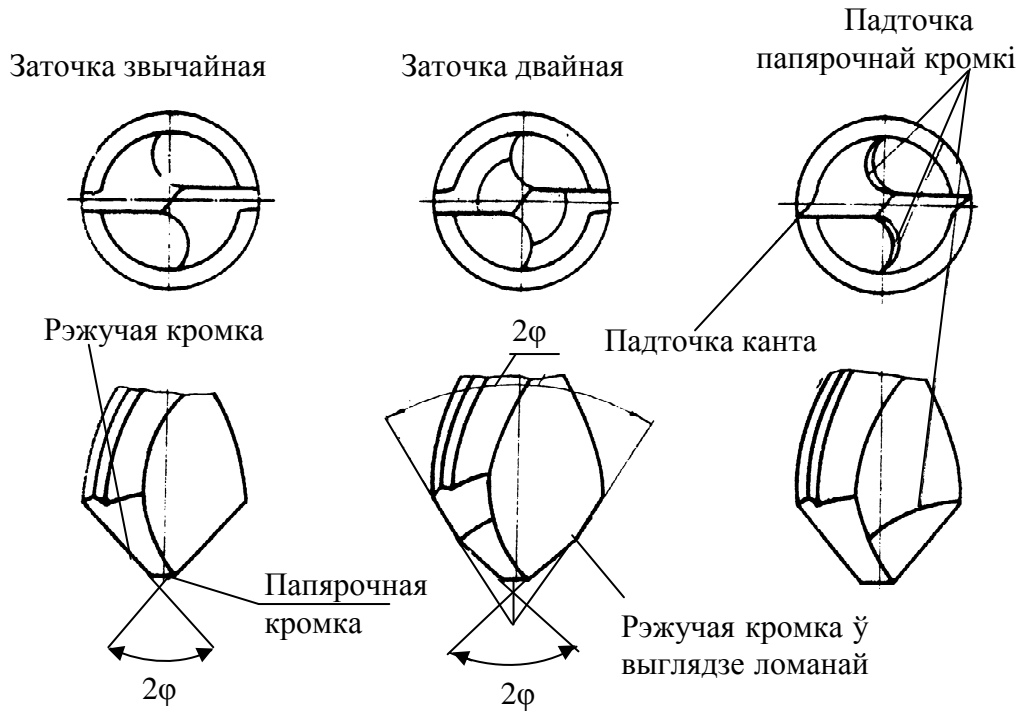
Мал. 2. Магчымыя профілі папярочнага сячэння спіральных свердлаў:
a — стандартны; *б* — НПЛ; *в* — з выпуклай пярэдняй паверхняй;
г — шнэкавы; *д* — універсальны; *е* — са стружкаломам

У стандартных свердлаў (мал. 2, *a*) большая частка сячэння знаходзіцца не ў цэнтры сячэння, а збоку. Такое сячэнне мае паніжаны момант супраціўлення і паніжаную жорсткасць на кручэнне. Тэарэтычна для забеспячэння большай жорсткасці найбольшае сячэнне павінна быць у цэнтры свердла. Прапанаваныя іншыя сячэнні забяспечваюць большую жорсткасць, свердлы могуць працаваць на большых падачах і забяспечваць больш высокую эфектыўнасць работы, але папярочны кант у гэтым выпадку мае большыя памеры, што патрабуе яго падточкі. Даўжыня папярочнага канта пры падточках звычайна складае $0,1 \times d$, і на яе долю прыходзіцца да 80% восевай складовай сілы рэзанання.

Пры рабоце даволі часта прыходзіцца праводзіць заточку свердлаў. Назва спосабу заточкі залежыць ад формы задняй паверхні свердла (мал. 3). Больш простым спосабам заточкі з'яўляецца аднаплоская, гэта значыць, задняя паверхня кожнага зуба ўяўляе

плоскасць. Па такой тэхналогіі рэкамендуець заточваць свердлы дыяметрам да 3 мм. На практыцы такой заточкай можна карыстацца пры ўмове $\theta/2 \geq \psi - \mu$; калі $\theta/2 < \psi - \mu$, то свердлы працаваць не могуць.

Недахопам дадзенай заточкі з'яўляецца прамалінейнае пярэдняе лязо, што не забяспечвае самаэнтроўку такога свердла пры рабоце.

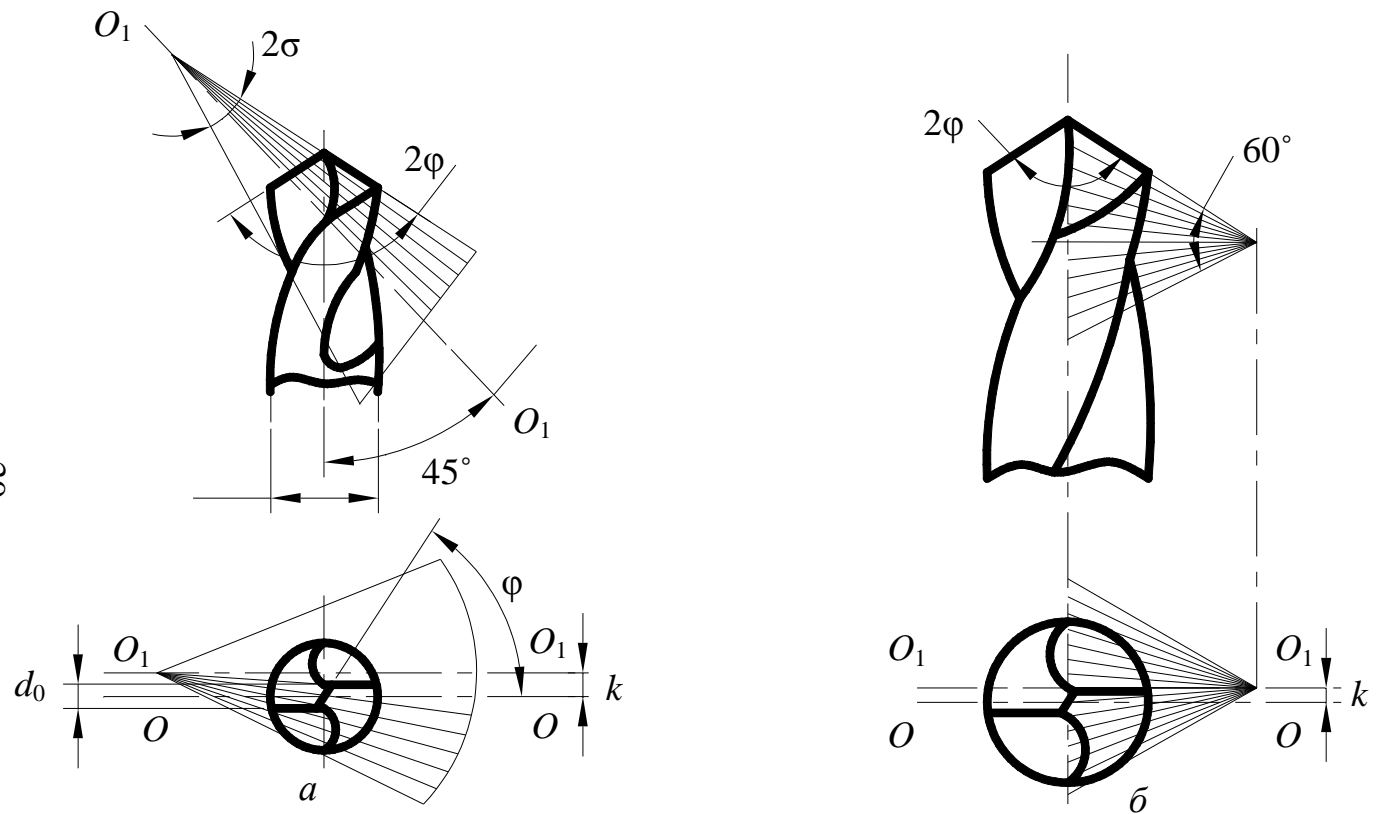


Мал. 3. Магчымыя варыянты заточкі

Двухплоскасная заточка мае плоскасць, якая ўтварае галоўнае лязо з вуглом нахілу $5-10^\circ$, і плоскасць, якая паніжае заднюю паверхню свердла з вуглом нахілу $20-30^\circ$.

Перавагай такой заточкі з'яўляецца магчымасць атрымліваць практычна любыя заднія вуглы, форма вяршыні забяспечвае самаэнтраванне свердла. Рэкамендуецца такая форма заточкі і для цвердасплаўных свердлаў.

Канічная заточка, пры якой задняя паверхня свердла ўяўляе сабой канічную паверхню, найбольш распаўсюджаная на практыцы. Ажыццяўляюць заточку па такой тэхналогіі двума варыянтамі: паводле Вашбурна (мал.4, а) і Вейскера (мал. 4, б), у спецыяльных прыстасаваннях.

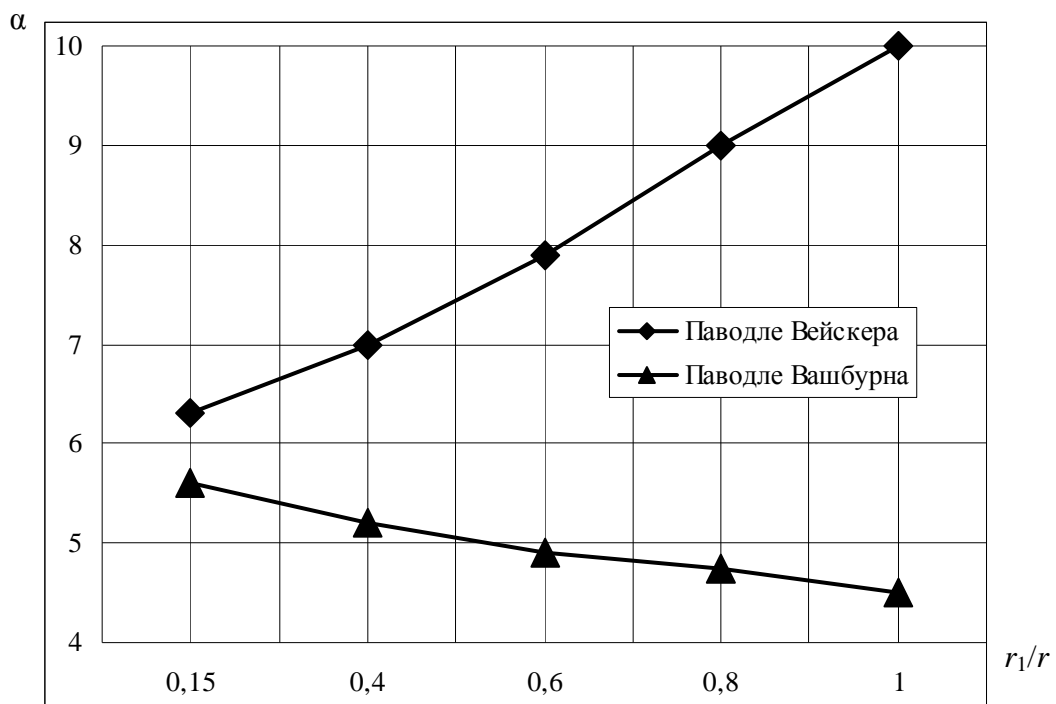


Мал. 4. Схеми заточки свердла:
a — паводле Вашбурна; *б* — паводле Вейскера

Пры заточцы паводле Вашбурна свердзел кладзецца на нахіленую падстаўку і падстаўка разам са свердлам уручную пракручваецца вакол восі O_1O , якая супадае з воссю конуса заточкі (вугал 2σ знаходзіцца пад вуглом 45° да восі свердла, а вяршыня конуса заточкі — вышэй за вяршыню свердла).

Пры заточцы паводле Вейскера вось конуса заточкі перпендыкулярна да восі свердла, а вяршыня конуса заточкі ніжэй за вяршыню конуса свердла.

Варыянты канічнай заточкі ўплываюць на велічыню задняга вугла.



Мал. 5. Значэнні задніх вуглоў у залежнасці ад схемы канічнай заточкі

Пры заточцы па першаму варыянту задні вугал павялічваецца з прыбліжэннем да восі інструменту, а па другому — памяншаецца. Абодва варыянты забяспечваюць дастатковыя заднія вуглы (мал. 5), дзе α — велічыня задняга вугла, а r_1/r — адносіны радыуса кропкі на лязе, у якой знаходзяць велічыню задняга вугла да радыуса свердла (r).

Пры цыліндрычнай заточцы задняя паверхня свердла з'яўляецца цыліндрычнай, вось цыліндра знаходзіцца ніжэй за вось свердла і нахілена пад вуглом. Заднія вуглы атрымліваюцца пастаяннымі па

даўжыні рэжучага канта. Такая схема заточкі выкарыстоўваецца рэдка.

Пры шрубавай заточцы задняя паверхня выглядае таксама, як шрубавая. Папярочны кант у гэтым выпадку больш выпуклы, што паляпшае самаэнтраванне свердла і дакладнасць апрацоўкі, круцячы момант зніжаецца на 5%, а восевая сіла таксама зніжаецца да 23%, трываласць свердла павялічваецца да 5 разоў, заднія вуглы павялічваюцца ад краю да цэнтра. Шрубавая заточка выкарыстоўваецца пры заточцы свердлаў, зенкераў, метчыкаў.

Зенкеры

Недахопам свердлаў як інструменту з'яўляецца іх недастатковая жорсткасць у выніку значнай глыбіні шрубавых канавак для выхаду стружкі, а гэта ўплывае на дакладнасць апрацоўкі і патрабуе памяншэння велічыні падачы. Для апрацоўкі грубых адтулін з цвёрдай паверхняй, атрыманых ліццём ці пры штампоўцы, распрацаваны спецыяльны інструмент — зенкер.

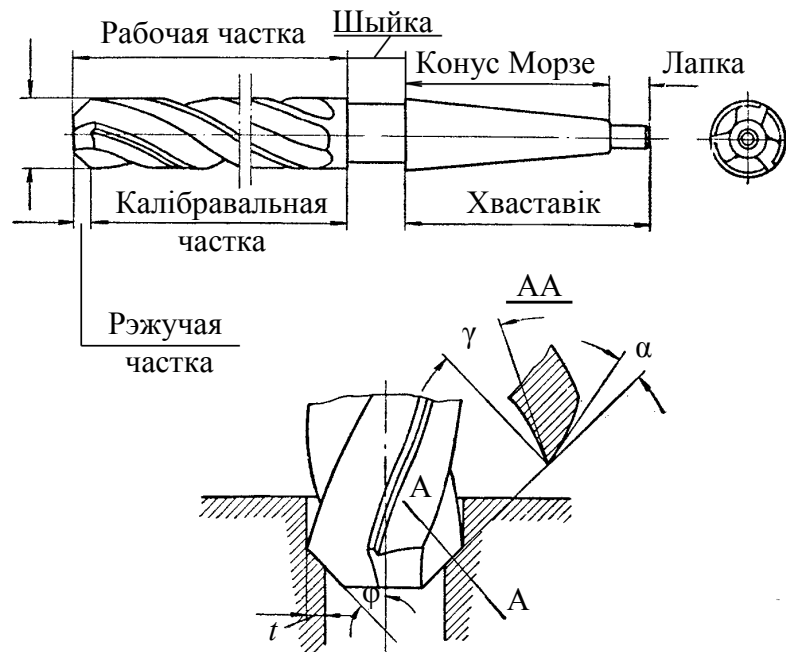
Канструкцыйна зенкеры могуць быць *суцэльнымі* — дыяметрам да 30 мм і *насаднымі* — дыяметрам ад 30 да 80 мм.

Зенкер — шматлязовы інструмент, які мае часцей за ўсё 3 або 4 рэжучыя канты, стружкавыя канаўкі могуць быць прамымі, нахіленымі і шрубавымі. Прамыя канаўкі больш тэхналагічныя як пры вырабе, так і пры заточцы. Зенкеры з такімі канаўкамі выкарыстоўваюцца пры апрацоўцы матэрыялаў, якія даюць пры гэтым стружку надлому. Зенкеры з нахіленымі канаўкамі часцей за ўсё зборныя, з механічнай фіксацыяй цвердасплаўных пласцінак. Найбольш распаўсюджанымі з'яўляюцца зенкеры са шрубавымі канаўкамі (мал. 6).

Магчымасці зенкераў залежаць ад іх геаметрычных памераў. Для апрацоўкі большасці матэрыялаў вугал $\phi = 45\text{--}60^\circ$. Пры апрацоўцы сталяў з высокімі механічнымі паказчыкамі рэкамендуюць вугал ϕ памяншаць да 30° , што вядзе да павелічэння трываласці інструменту. Той жа вынік атрымліваюць пры падвойнай заточцы $\phi = 60^\circ$, $\phi' = 30\text{--}45^\circ$.

Біццё рэжучых кантаў у залежнасці ад дыяметра зенкера дапускаецца ў межах 0,04–0,063 мм. Вугал нахілу рэжучага канта можа быць такім, як і ў такарных разцоў: $\lambda = 0$, λ_+ , λ_- . Для зенкераў з хуткарэзнай сталі $\lambda = 0$, для цвердасплаўных зенкераў $\lambda > 0$. Пры

адмоўным значэнні λ стружка будзе рухацца ў напрамку падачы, пры станоўчым значэнні λ — супраць напрамку падачы. Звычайна прыпуск на зенкераванне выбіраюць $(0,1-0,22)d$ у залежнасці ад дыяметра зенкера, але не вышэй за 5 мм.



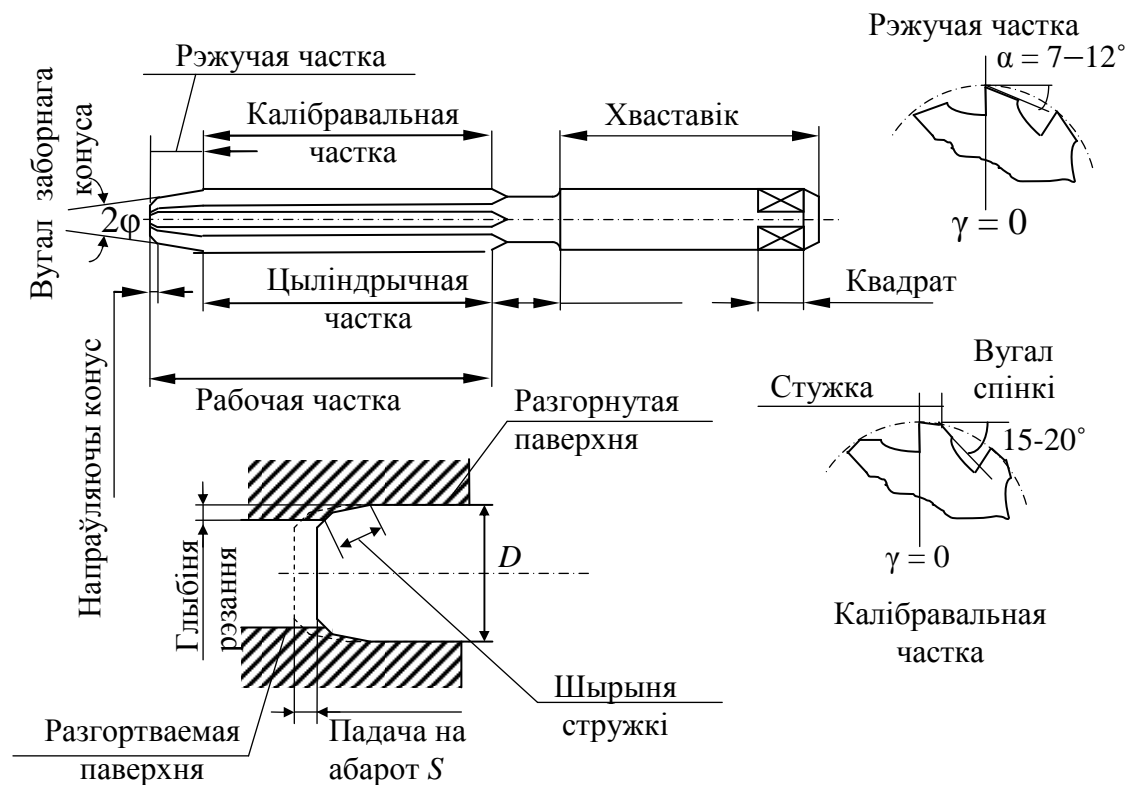
Мал. 6. Канструкцыя і схема работы зенкера

Разгорткі

Разгорткі — шматлязовы інструмент для дакладнай апрацоўкі цыліндрычных і канічных паверхняў. У залежнасці ад прываду іх дзеляць на *ручныя* і *механічныя*, канструкцыйна — на *суцэльныя* і *насадныя*.

Рабочая частка разгорткі дзеліцца на рэжучую і калібравальную. Рэжучая частка разгорткі выконвае асноўную работу, геаметрыя гэтай часткі характарызуецца вуглом у плане ϕ , пярэднім і заднім вугламі ў нармальным сячэнні зуба. У ручных разгортках вугал $\phi = 1-1,5^\circ$, у машынных разгортках для апрацоўкі крохкіх і цвёрдых матэрыялаў $\phi = 3-5^\circ$, а пры апрацоўцы пластычных матэрыялаў рэкамендуюць разгорткі з $\phi = 12-15^\circ$. Пярэдні вугал $\gamma = 0$, а задні — $\alpha = (10-12)^\circ$. Геаметрыя калібравальнай часткі зуба адрозніваецца ад рэжучай

часткі фаскай $f = 0,2-0,3$ мм, што гарантуе большую стабільнасць памераў адтулін. Недахопам такой канструкцыі разгорткі з'яўляецца памяншэнне дыяметра пасля 2–3 заточак. Канструкцыя рэгуляванай разгорткі дазваляе кампенсаваць велічыню зносу. Унутры корпуса разгорткі ёсць канічная адтуліна, дзе знаходзіцца шарык, становішча якога рэгулюецца нацяжной шрубай, што дае магчымасць павялічваць дыяметр да 1 мм. Магчымы і іншы спосаб рэгулявання дыяметра разгорткі — за кошт перамяшчэння ўстаўных нажоў па канічных пазах. Для дакладнай апрацоўкі выкарыстоўваюць простыя па канструкцыі адназубыя разгорткі.



Мал. 7. Канструкцыя ручной цыліндрычнай разгорткі

З мэтай павелічэння трываласці разгортак іх рэжучыя элементы вырабляюцца з цвёрдых сплаваў ці звышцвёрдых матэрыялаў (кампазітаў). Значнае павелічэнне трываласці разгортак забяспечвае падача ў зону рэзанія змазачна-ахалоджвальнай вадкасці пад ціскам.

Канічныя адтуліны атрымліваюць апрацоўкай цыліндрычных адтулін канічнымі разгорткамі. Канічныя адтуліны пад штыфты з конуснасцю 1 : 50 разгортваюць з дапамогай адной разгорткі.

Разгорткі пад большы конус апрацоўваюць камплектам інструменту, у склад якога ўваходзяць да трох разгортак. На чарнавой разгортцы маецца ступеньчаты рэжучы кант, які пераўтварае цыліндрычную адтуліну ў ступеньчатую, а чыстая разгортка прыдае адтуліне патрэбную конуснасць. У канічных разгортках адсутнічае калібравальная частка.

Вырабляюць разгорткі з хуткарэзнай сталі, сталі 9ХС і цвёрдых сплаваў ВК6, ВК6М, ВК8, ВК10.

Працяжкі

Канструкцыя вышэйразгледжанага інструменту дае магчымасць атрымліваць адтуліны цыліндрычнай і канічнай формы. Для атрымання адтулін больш складанага сячэння карыстаюцца працяжкамі — шматлязовым інструментам, кожны наступны рэжучы элемент якога па вышыні большы за папярэдні на велічыню S_z (мал. 8, в), у выніку чаго велічыня здымаемага слоя складае значны размер A (мал. 8, а).

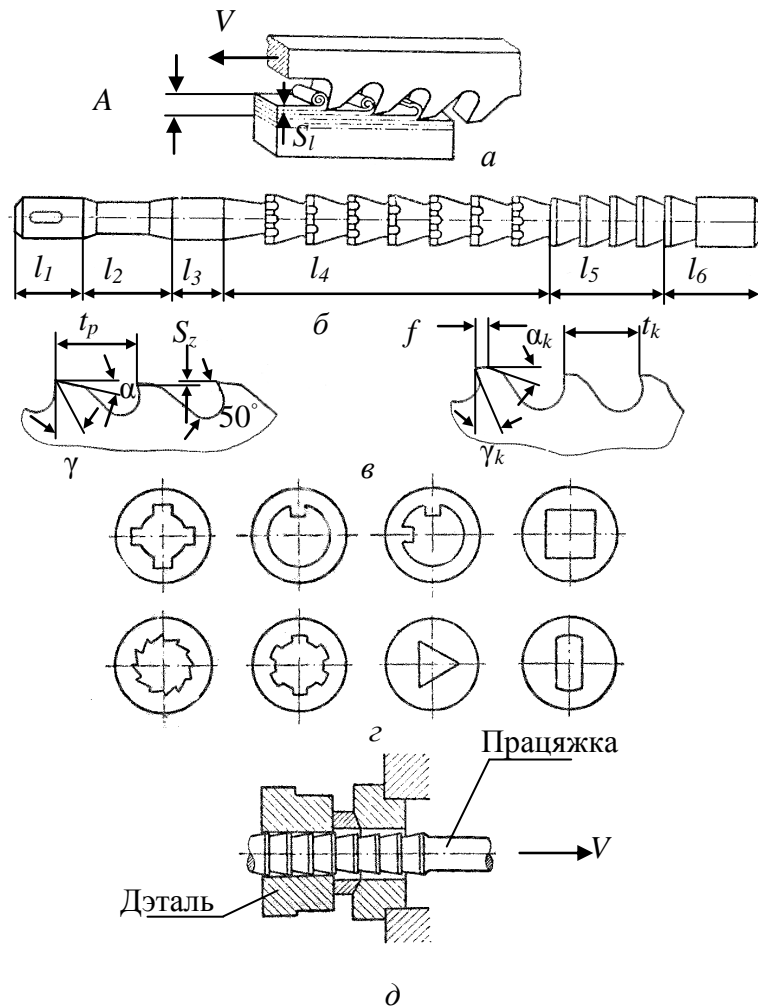
Па характару рэзання працяжкі дзеляць на *ўнутраныя* і *наружныя*; па форме — *круглыя*, *шліцавыя*, *шпоначныя*, *мнаагранныя*, *плоскія*; па геаметрыі зубоў — *рэжучыя*, *выгладжваючыя* і *дэфармуючыя*, апошнія дзве маюць скруглены рэжучы кант і працуюць па прынцыпу пластычнай дэфармацыі. Працяжкі вырабляюць часцей за ўсё суцэльнымі або з устаўнымі рэжучымі элементамі з цвёрдага сплаву.

Асноўнымі рабочымі часткамі працяжкі з'яўляюцца рэжучая зона l_4 і калібравальная l_5 (мал. 8, а), адрозненне апошняй — фаска f , якая спрыяе памяншэнню яе зносу.

Схема працэсу працяжкі прыведзена на мал. 8, д. У загатоўцы дэталі свідруецца адтуліна, праз якую прапускаюць хваставік працяжкі, загатоўка праз сістэму рухомах апор упіраецца ў кансоль, і працяжка з дапамогай гідрапрывада працягваецца ў напрамку V . Кожны рэжучы элемент здымае тонкі слой металу, і сячэнне рэжучых элементаў працяжкі можа мяняцца да самай складанай формы, у выніку чаго цыліндрычнай адтуліне можна прыдаць практычна любое сячэнне. Танкасценныя загатоўкі нельга працягваць, таму што пад уздзеяннем радыяльнага ціску яны дэфармуюцца.

Магчымыя формы сячэнняў адтулін, атрыманых працяжкай, прыведзены на мал. 8, з. Працяжкі — складаны спецыялізаваны

інструмент, які мае значны кошт, выкарыстанне іх эканамічна апраўдана пры серыйнай і масавай вытворчасці.



Мал. 8. Схема працяжкі і канструкцыя інструменту:
a — прынцып працяжкі; *б* — канструкцыя інструменту;
в — геаметрыя рэжучай і калібравальнай частак працяжкі;
г — сячэнне апрацаваных паверхняў; *д* — схема працяжкі

Хуткасць рэзання пры працягванні ляжыць у шырокіх межах — ад 2 да 15 м/хвіл у залежнасці ад апрацоўваемага матэрыялу.

Лабараторная работа № 4

АСНОЎНЫЯ ТЫПЫ ФРЭЗ, ІХ ГЕАМЕТРЫЧНЫЯ ПАРАМЕТРЫ І АСАБЛІВАСЦІ КАНСТРУКЦЫІ

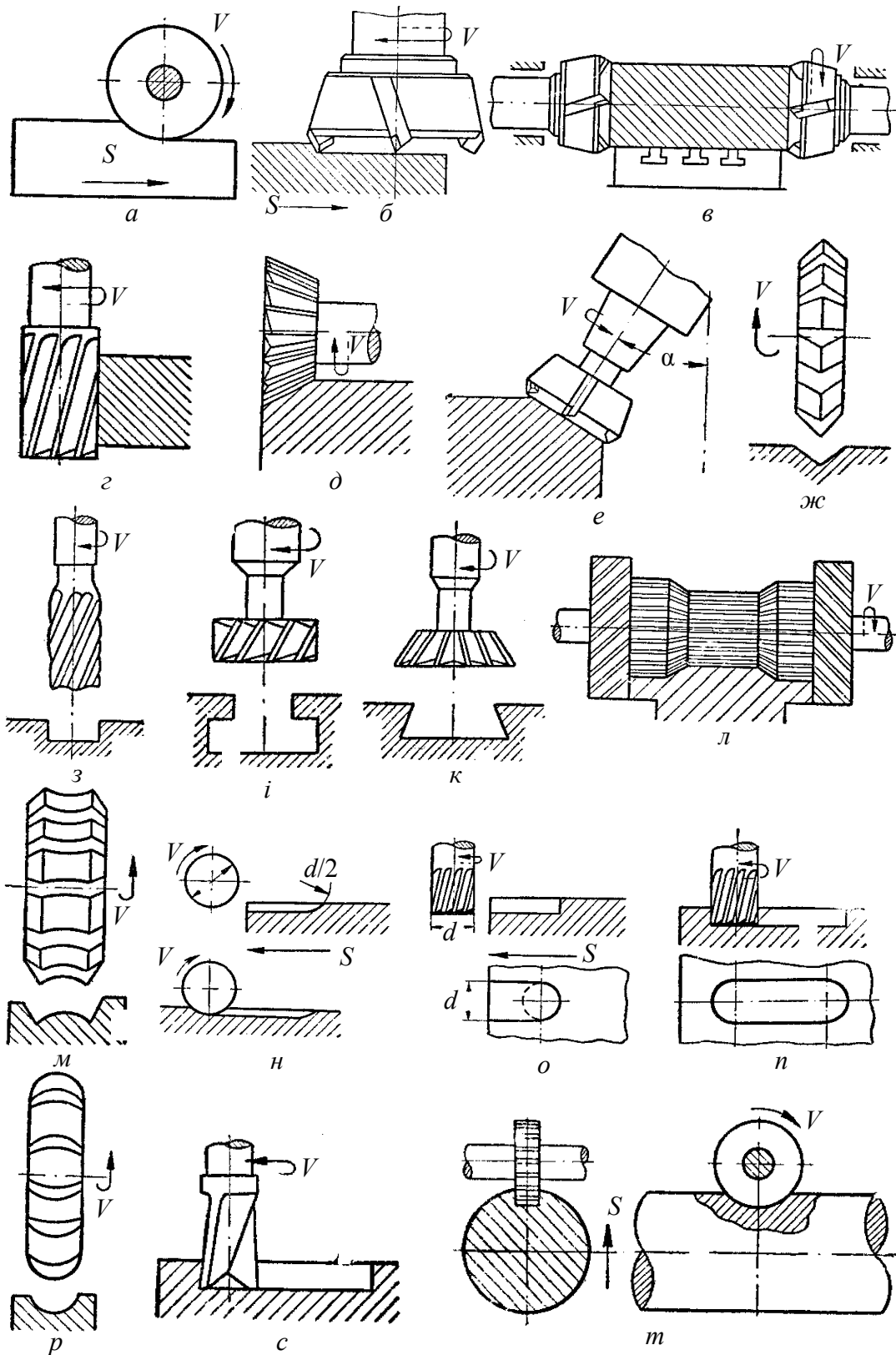
Мэта работы – пазнаёміцца з канструкцыямі, прызначэннем і геаметрычнымі параметрамі фрэзернага інструменту, па заданню выкладчыка правесці параўнальны аналіз розных тыпаў фрэз, іх геаметрычных параметраў і ўплыву гэтых параметраў на якасць апрацоўкі.

Фрэзераванне — спосаб механічнай апрацоўкі матэрыялаў з дапамогай шматлязовага інструменту, названага фрэзамі (ад франц. fraise). Тэхналогія фрэзеравання характарызуецца высокай эфектыўнасцю і эканамічнасцю працэсу, дазваляе апрацоўваць як плоскія, так і фасонныя паверхні пры чарнавой і чыставой аперацыях. Сучасныя інструментальныя матэрыялы дазваляюць сканструяваць фрэзерны інструмент для рэзання матэрыялаў з цвёрдасцю да HRC = 60. Загатоўкі такой цвёрдасці да нядаўнага часу можна было апрацоўваць толькі шліфаваннем. Шырокія магчымасці фрэзеравання забяспечваюцца разнастайнасцю фрэзернага інструменту.

Тыпы і канструкцыі фрэз

Прамысловасцю выпускаецца шырокая наменклатура фрэзернага інструменту, які класіфікуюць па розных прыкметах: канструкцыі корпуса (фрэзы *суцэльныя* — рабочая частка і хваставік злучаюцца і працуюць як адно цэлае, фрэзы *зборныя*, рэжучыя элементы якіх замацоўваюцца на корпусе інструменту механічна); спосабу фіксацыі ў шпіндэлі станка (*насадныя* і *хваставыя*); канфігурацыі цела (*цыліндрычныя* і *тарцовыя*); форме рэжучага канта (*прамазубыя* і *шрубавыя*); форме зуба (*востраканечныя*, задняя паверхня іх уяўляе сабой плоскасць, з *затылаваным* зубам, задняя паверхня іх фарміруецца па крывых другога парадку); прызначэнню і спецыялізацыі (*адразныя*, *шпоначныя*, *вуглавыя*, *модульныя*, *шліцавыя* і г. д.).

Шырокі асартымент фрэзернага інструменту забяспечвае выкананне розных работ (мал.1), дзякуючы разнастайнасці канструкцый, наменклатуры і геаметрычным параметрам, якія даюць магчымасць апрацоўваць плоскія, нахіленыя, профільныя паверхні на вертыкальных і гарызантальных баках заготовак.

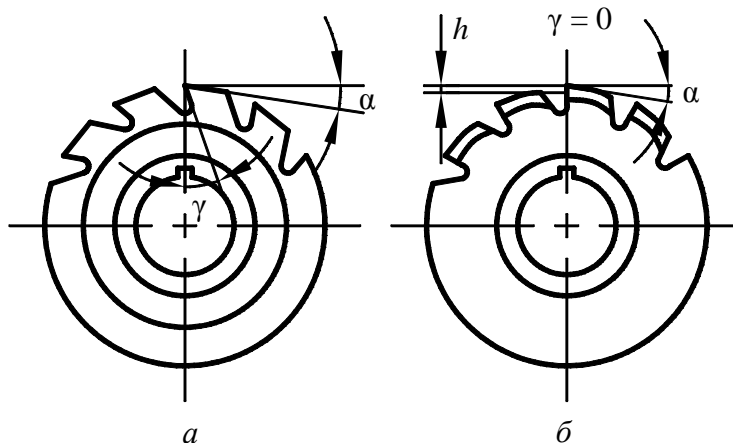


Мал. 1. Види работ, виконуваних на фрезерних станках

У канструкцыйным плане фрэзерны інструмент эфектыўна ўдасканалваецца і па сённяшні дзень асноўнымі параметрамі фрэз з'яўляюцца: дыяметр фрэзы, колькасць зубоў, параметры рэжучых элементаў і іх геаметрыя, механізм фіксацыі рэжучых элементаў на корпусе інструменту, складанасць ператочкі інструменту. Дыяметры зборных фрэз звычайна большыя за суцэльныя, у першую чаргу з-за неабходнасці размяшчэння рэжучых кантаў адносна адзін другога. Для суцэльных фрэз радыяльнае біццё двух памежных зубоў складае $\delta_n = 0,02-0,06$ мм, для зборных фрэз — $\delta_n = 0,05-0,15$ мм, а недакладнасць траекторыі руху процілеглых зубоў — $\delta_{пр} \approx 0,1$ мм для зборных. Тарцовае біццё ў суцэльных фрэз дапускаецца да $0,02-0,04$ мм, у зборных — $0,05-0,1$ мм.

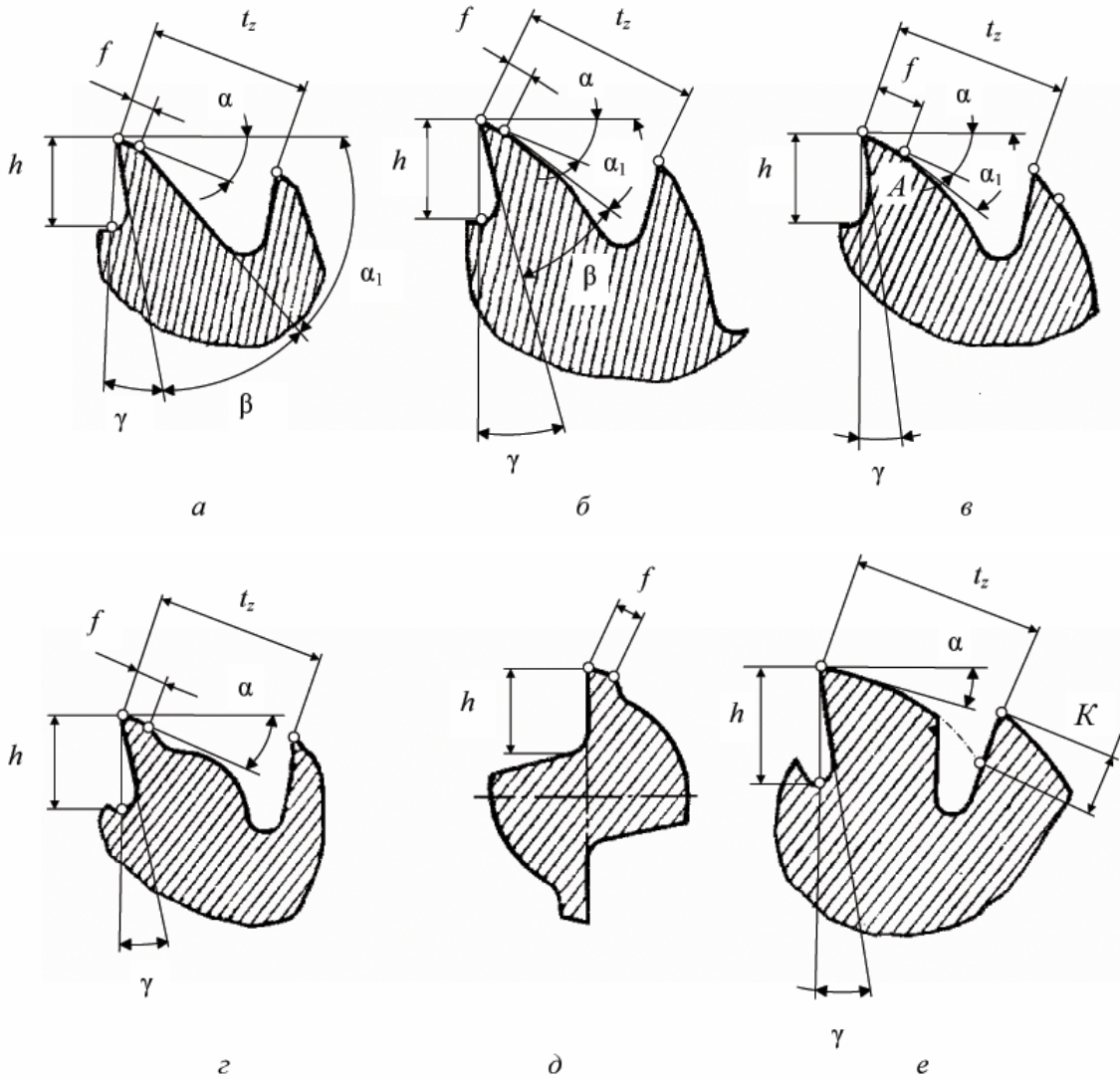
Як відаць з гэтых лічбаў, зборныя фрэзы па дакладнасці сваіх параметраў уступаюць суцэльным фрэзам.

У сувязі са з'яўленнем звышцвёрдых інструментальных матэрыялаў сталі распрацоўвацца і канструкцыі адпаведнага інструменту. Што датычыць фрэз, то гэта тарцовыя насадныя фрэзы, на якіх звышцвёрдая пласцінка напайваецца на трымальнік, а апошняя замацоўваецца на корпусе фрэзы, тарцовых канцавых фрэзах. Звышцвёрдыя рэжучыя пласцінкі механічна замацоўваюцца ў спецыяльных гнёздах на корпусе фрэзы і маюць форму цыліндраў або шасцівугольнікаў. Рэкамендуецца выкарыстоўваць такі інструмент для чыставага і тонкага фрэзеравання заготовак з чыгуну, тэрмаапрацаванай сталі з $HRC = 60$, пластмас і кампазіцыйных матэрыялаў.



Мал. 2. Фрэзы з востраканечным зубам (а) і затылаваным (б)

Фрэзы любога прызначэння і канструкцыі характарызуюцца тымі ж вуглавымі параметрамі γ , α , β , δ , што і такарныя разцы. На практыцы выкарыстоўваюць фрэзы з двума профілямі зубоў (мал. 2).



Мал. 3. Рэкамендуемыя формы зубоў фрэз

Фрэзы з востраканечным зубам заточваюцца па задняй паверхні, што вядзе да змянення сячэння зуба, і як вынік — мяняюцца параметры фрэзуюмага сячэння.

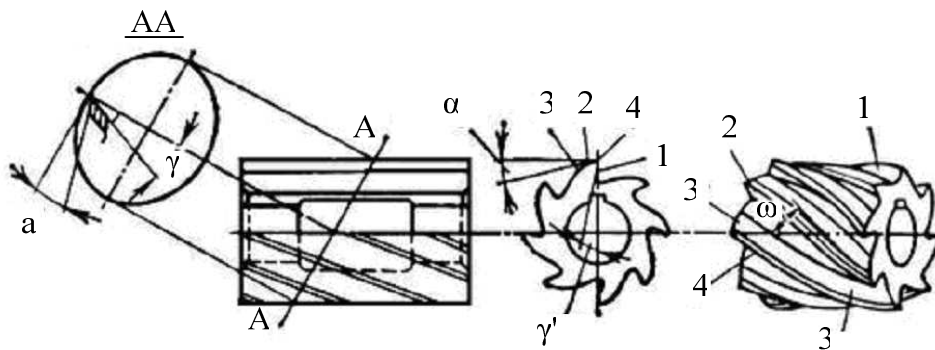
У фрэз з затылаваным зубам задняя паверхня спланавана па спіралі Архімеда і ператочка фрэз праводзіцца па пярэдняй паверхні. У такім выпадку профіль пярэдняй грані захоўваецца пастаянным і заднія вуглы не мяняюцца пры ператочках, што асабліва важна пры выкананні такой масавай аперацыі, як наразанне зубоў шасцерняў.

Для фрез з затылаваным зубам важным параметрам з'яўляецца адрэзак h , велічыня якога ўплывае на кантакт задняй паверхні зуба фрэзы ў працэсе рэзання. Пры праектаванні фрез звяртаецца ўвага на профіль зубоў. Сячэнне зубоў востразабочаных фрез паказана на мал. 3, *a, б, в, г, д*, а затылаваных — на мал. 3, *е*.

Эфектыўнасць формы зуба фрэзы ацэньваюць па механічных паказчыках зубоў, аб'ёме стружкавай канаўкі, тэхналагічнасці атрымання рэжучага вянца фрэзы і прастаце заточкі. Сячэнне (мал. 3, *a*) найбольш тэхналагічна простае, сячэнні (мал. 3, *б, в*) забяспечваюць большыя механічныя паказчыкі зубоў пры дастаткова вялікіх пазухах зубоў, дзе размяшчаецца стружка, але такія сячэнні больш складаныя ў тэхналагічным плане; формы сячэння, паказаныя на мал. 3, *г, д*, выкарыстоўваюцца больш рэдка, у асноўным замежнымі фірмамі.

Цыліндрычныя фрэзы

Цыліндрычныя фрэзы выкарыстоўваюцца галоўным чынам для апрацоўкі плоскіх паверхняў. Больш простымі з'яўляюцца фрэзы з прамымі зубамі, але працуюць яны з ударам, кожны зуб уваходзіць у кантакт з загатоўкай адначасова па ўсёй даўжыні. Гэты недахоп адсутнічае ў фрез са шрубавым зубам (мал. 4).



Мал. 4. Цыліндрычная фреза са шрубавым зубам

Шрубавы зуб забяспечвае плаўнасць работы інструменту, адначасова ў рабоце ўдзельнічаюць некалькі зубоў, але ў такіх фрезях пры рэзанні ўзнікае восевая складовая сілы рэзання P_x , якая ўздзейнічае на шпіндэль станка. Вугал нахілу шрубавага зуба ω ўплывае на плаўнаць работы фрэзы, яго аптымальнае значэнне:

$$\operatorname{tg} \omega = \frac{\pi \cdot D \cdot K}{B \cdot z},$$

дзе D — дыяметр фрэзы, мм; B — шырыня фрэзеравання, мм; z — колькасць зубоў; $K \geq B/20$ — цэлы лік.

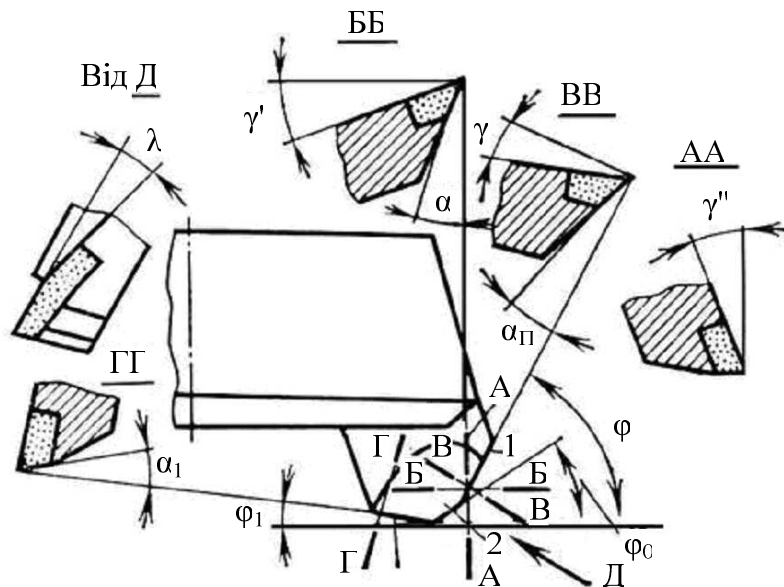
Для большасці фрэз ω складае 20–30°. З павелічэннем вугла ω ад 10° да 60° трываласць фрэзы павялічваецца да 5 разоў, забяспечваецца больш плаўная работа інструменту за кошт большай колькасці зубоў, якія ўдзельнічаюць адначасова ў працэсе рэзання. Павелічэнне вугла ω вядзе да павелічэння пярэдніх вуглоў, што ўплывае на памяншэнне механічнай трываласці зубоў.

На практыцы для розных тыпаў фрэз прымяняюць наступныя значэнні вугла ω

Тып фрэзы	$\omega, ^\circ$
Цыліндрычныя драбназубыя фрэзы	20–30
Цыліндрычныя канцавыя фрэзы	30–45
Цыліндрычныя насадныя фрэзы	45–60
Дыскавыя двух- і трохбаковыя фрэзы	10–20

Тарцовыя фрэзы

У тарцовых фрэз рэжучыя канты знаходзяцца як на тарцовай паверхні, так і на бакавой цыліндрычнай частцы (мал. 5).



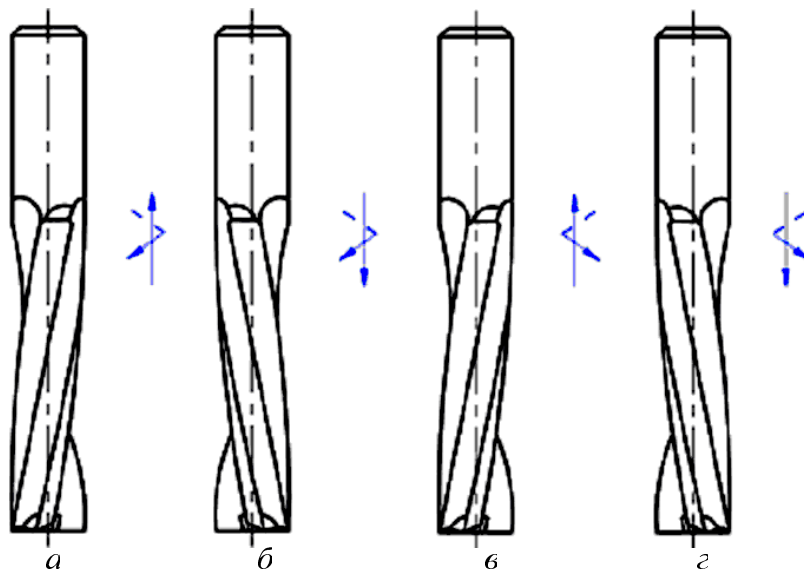
Мал. 5. Геаметрычныя параметры тарцовай фрэзы

Галоўнае лязо размяшчаецца пад вуглом ϕ да плоскасці фрэзеравання, дапаможнае лязо да гэтай плоскасці размяшчаецца пад вуглом ϕ_1 , а злучаюцца яны пераходным кантам. Пераходны кант павялічвае трываласць інструменту. На цыліндрычнай паверхні таксама знаходзяцца рэжучыя канты з пярэднім вуглом γ_2 і заднім α_2 .

У зуба тарцовай фрэзы можа быць больш складаная форма — рэжучы кант, пераходны і дапаможны, што дазваляе атрымліваць тупыя вуглы пры вяршынях. Большыя вуглы пры вяршынях забяспечваюць ім большую механічную трываласць і зносацываласць.

Канцавыя фрэзы

Канцавыя фрэзы маюць рабочую частку ў выглядзе цыліндра і хваставік (пры дыяметрах фрэзы менш за 15 мм – цыліндрычны, а канічны пры большых дыяметрах). У залежнасці ад напрамку рабочага руху яны бываюць правымі (па гадзіннікавай стрэлцы) і левымі (пры супрацьлеглым напрамку руху) (мал. 6).

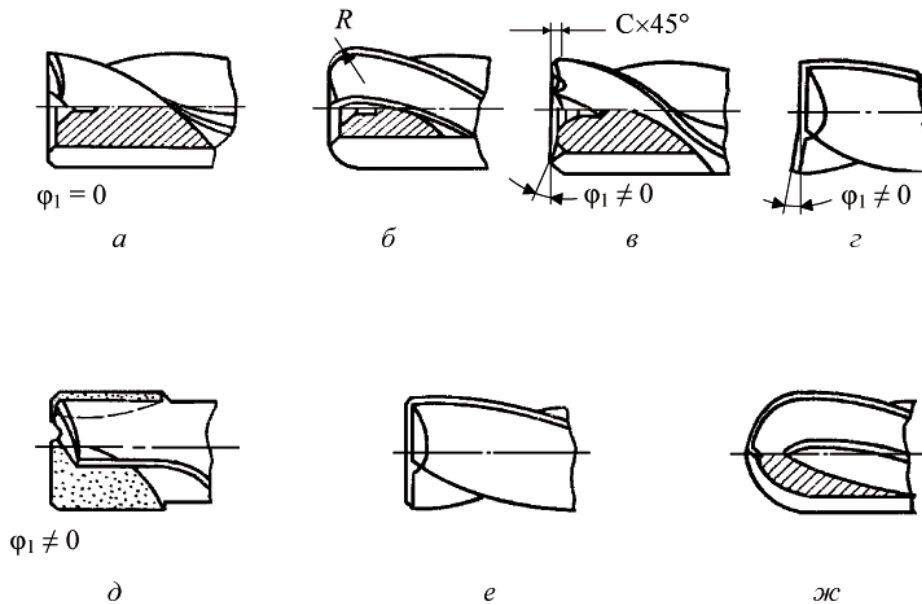


Мал. 6. Канцавыя фрэзы

У правай фрэзы восевая складовыя сілы рэзання P_0 будзе ўціскаць інструмент у шпіндэль станка, забяспечваючы яго надзейную фіксацыю. Недахопам такіх фрез з'яўляюцца вялікія вуглы рэзання ($\delta > 90^\circ$) на тарцовых зубах і тое, што стружка забіваецца паміж зубамі.

У левай фрэзы P_0 накіравана на выцягванне інструменту з гнязда, што непажадана, але ў гэтым выпадку стружка выціскаецца з зоны рэзання. Тарцовай частцы канцавых фрез прыдаюць розную форму.

У сваю чаргу кожная з гэтых фрез можа быць правага або левага выканання. Пры правым выкананні спіраль стружачнай канаўкі выкідвае стружку ўверх, а пры левым — уніз.



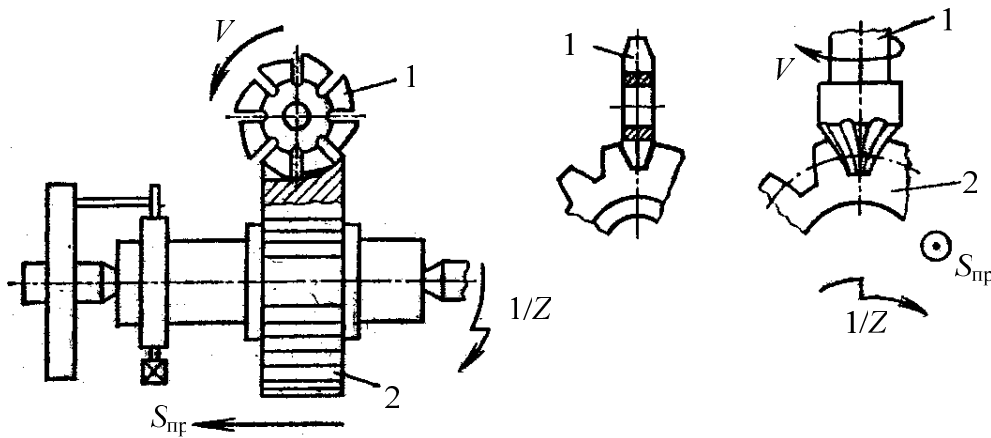
Мал. 7. Формы тарцовай часткі канцавых фрез

На працаздольнасць канцавых фрез робіць уплыў пераходная частка, якая злучае рэжучы кант на тарцы з бакавым зубам. Для дробных і шпоначных фрез гэта частка заостраная (мал. 7, а) або закругленая (мал. 7, б). З павелічэннем радыуса R форма рэжучага канта набліжаецца да закругленага (мал. 7, ж). Для крупных фрез пераходная частка выконваецца ў выглядзе фаскі $C \times 45^\circ$, дзе $C = 0,5 \div 1,5$ мм (мал. 7, в). Тарцовыя фрэзы дзеляць на фрэзы з сіметрычна і несіметрычна размеркаванымі рэжучымі кантамі (мал. 7 г, д), у апошнім выпадку адзін з кантаў на $0,5-1$ мм перакрывае вось сіметрыі фрэзы, а другі не даходзіць да цэнтра. Такая канфігурацыя тарца фрэзы забяспечвае зразанне ўсяго металу да яе цэнтра сіметрыі, што стварае ўмовы работы з восевай падачай.

Для паляпшэння ўмоў работы інструменту на рэжучым канце праражаюць канаўкі ў шахматным парадку, каб атрымалася дробная стружка, а на апрацаванай паверхні не заставаліся канцікі. Замежныя фірмы выпускаюць канцавыя фрэзы з хвалепадобным рэжучым кантам.

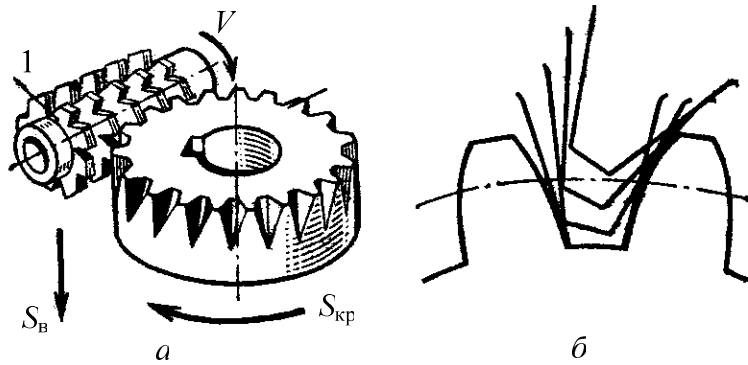
Інструмент для наразання зубоў шасцярон

Шырока распаўсюджанай тэхналогіяй з'яўляецца выраб зубчастых колаў двума метадамі — капіраваннем (мал. 8) і абкаткай (мал. 9). Метад капіравання заснаваны на прафіліраванні ўпадзіны паміж зубамі з дапамогай модульных дыскавых і канцавых фрэз, яны маюць часцей эвальвентны профіль, а тэарэтычна — любы фасонны профіль. Асаблівасцю геаметрыі модульных фрэз з'яўляецца нулявы пярэдні вугал. Ператочку фрэз выконваюць па пярэдняй паверхні. Работа гэтымі фрэзамі ажыццяўляецца па дыскрэтнаму цыклу — пасля фрэзеравання першай упадзіны працэс рэзання перапыняецца, загатоўка паварочваецца на патрэбны вугал і цыкл паўтараецца да наразання ўсяго зубчастага вянца. Тэхналогія не забяспечвае высокую дакладнасць апрацоўкі і прадукцыйнасць працы.

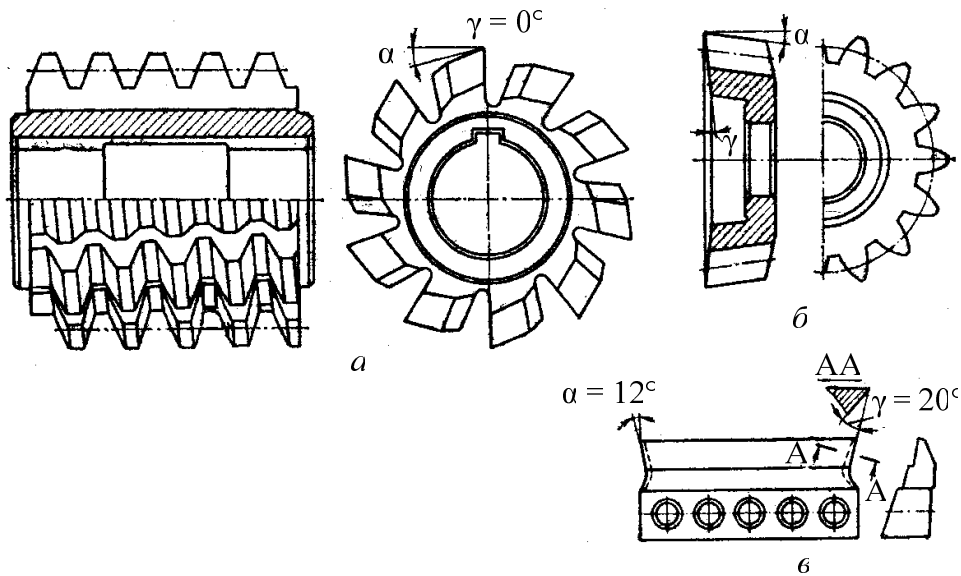


Мал. 8. Схема фрэзеравання зубоў па метадзе капіравання:
1 — фрэза; 2 — наразаемая шасцярон

Метад абкаткі заснаваны на фарміраванні паверхні зуба ў выніку спалучэння двух рухаў — кругавога інструменту і загатоўкі (мал. 9). У якасці інструменту прымяняюць модульныя чарвячныя фрэзы (мал. 10, а), даўбякі (мал. 10, б), зубастругальныя рэйкі, разцы (мал. 10, в). Абкаткай ажыццяўляюць бесперапынную апрацоўку зубчастага вянца да заканчэння аперацыі. Апрацоўка зубчастых колаў гэтым метадам атрымала шырокае распаўсюджанне як тэхналогія, што забяспечвае высокую дакладнасць апрацоўкі і прадукцыйнасць працы. Сёння на практыцы выкарыстоўваюць гэтыя дзве тэхналогіі ў залежнасці ад маштабаў вытворчасці.



Мал. 9. Схема формаўтварэння зубоў па метаду абкаткі:
 а — наразанне шасцерні чарвячнай модульнай фрэзай;
 б — кінематыка фарміравання эвальвентнай паверхні зуба

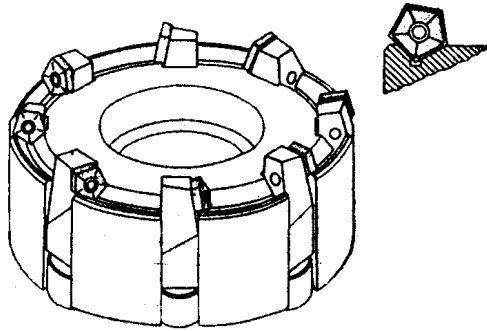


Мал. 10. Інструмент для нарэзкі зубчастых колаў па метаду абкаткі:
 а — чарвячная модульная фрэза; б — даўбяз; в — зубастругальная рэйка

Фрэзерныя галоўкі

Фрэзерныя галоўкі — высокаэфектыўны інструмент для апрацоўкі вялікіх плоскіх паверхняў. Па канструкцыі іх дзеляць на *дыскавыя*, *цыліндрычныя* і *тарцовыя галоўкі*, якімі карыстаюцца больш шырока (мал. 11).

Рэжучыя элементы фрэзерных галовак вырабляюць з хуткарэзнай сталі, цвёрдага сплаву, а ў апошні час і са звышцвёрдых матэрыялаў. Геаметрыя зубоў галоўкі прынцыпова не адрозніваецца ад геаметрыі такарнага разца. Канструкцыя фрэзернай галоўкі дазваляе мяняць профіль рэжучай зоны гэтага інструменту.

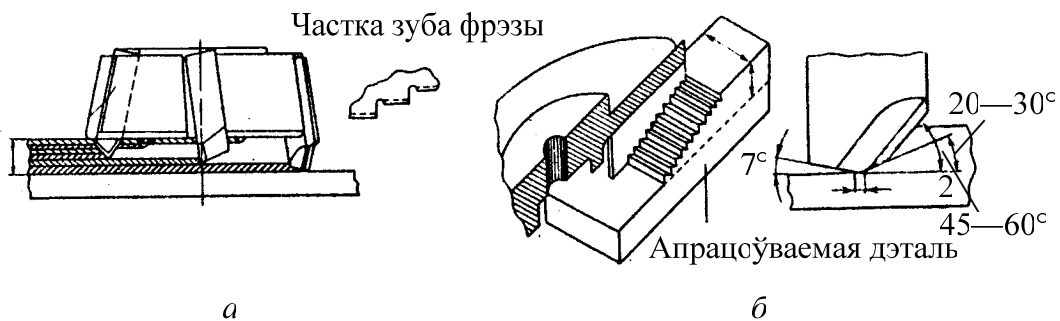


Мал. 11. Фрезерная галоўка з паваротнымі цвёрдасплаўнымі пласцінкамі

Ступеньчатая форма рэжучай зоны (мал. 12, *а*) дае магчымасць працаваць з вялікімі падачамі на зуб (S_z), паколькі таўшчыня здымаемага слоя дзеліцца паміж усімі зубамі галоўкі.

На мал. 12, *б* паказана фрезерная галоўка са ступеньчатымі зубамі, якія здымаюць тонкія слаі з вялікімі падачамі, але ў гэтым выпадку ўзнікаюць цяжкасці з заточкай інструменту і патрабуецца высокая жорсткасць і магутнасць абсталявання. Вядуцца распрацоўкі новых канструкцыйных фрезерных галовак.

Разглядаюцца ідэі распрацоўкі фрезерных галовак са складанай кінематыкай руху рэжучых элементаў. Корпус галоўкі атрымлівае рух ад шпіндэля станка па існуючых схемах і, у сваю чаргу, перадае круцячы момант з дапамогай набору шасцерняў на рэжучыя элементы, зманціраваныя на меншых шпіндэлях.



Мал. 12. Магчымыя варыянты фрезерных галовак:

а — са зменнымі рэжучымі элементамі; *б* — з суцэльным рэжучым вянцом

Разгледжаная канструкцыя фрезернай галоўкі дазволіць адначасова ажыццяўляць рэзанне па схеме сустрэчнага і спадарожнага фрезеравання. Фрезерныя галоўкі дазваляюць разгледзець магчымасці ажыццяўляць рэзанне без дэфармацыі і прасавання стружкі.

Такая канцэпцыя дае магчымасць разлічваць на значнае памяншэнне энергаёмкасці працэсу фрезеравання.

Лабараторная работа № 5 АБРАЗИЎНЫЯ МАТЭРЫЯЛЫ І ІНСТРУМЕНТ

Мэта работы — пазнаёміцца з абразіўнымі матэрыяламі і інструментам; вывучыць методыку выбару шліфавальных кругоў; па заданню выкладчыка для апрацоўкі канкрэтнай дэталі ажыццявіць выбар і даць абгрунтаванне неабходнага абразіўнага інструменту.

Пры выкананні лабараторных работ па абразіўных матэрыялах і інструменту рэкамендуецца прытрымлівацца наступнага парадку.

Разгледзьце вядучыя групы інструментальных матэрыялаў, іх асноўныя ўласцівасці і маркіроўку.

Пазнаёмцеся з прынцыпам маркіроўкі абразіўнага інструменту на прыкладзе ўзораў, атрыманых ад выкладчыка.

Падбярыце абразіўныя матэрыялы, найбольш прыгодныя для апрацоўкі сталяў, чыгуноў, каляровых сплаваў, металакерамічных цвёрдых сплаваў, драўніны, матэрыялаў на яе аснове, керамікі, пластмас, а таксама для заточкі лязовага інструменту.

Пазнаёмцеся з прынцыпам выбару зярністасці абразіўнага інструменту, з уплывам зярністасці на цепланапружанасць зоны шліфавання.

Разгледзьце методыку выбару шліфавальных кругоў па цвёрдасці, уплыў гэтага паказчыка на награванне апрацаванай паверхні.

Прывядзіце маркіроўку структуры шліфавальных кругоў, разгледзьце прыклады рацыянальнага выкарыстання кругоў з закрытай, сярэдняй, адкрытай і высакапорыстай структурамі, уплыў нумару структуры на якасць апрацоўкі, забруджванне рабочай паверхні круга, знос рабочага канта, велічыню расцягвальных напружанняў на шліфаванай паверхні.

Пералічыце асноўныя віды звязкі, іх маркіроўку, уласцівасці кругоў у залежнасці ад тыпу звязкі, прынцып выбару абразіўнага інструменту па тыпу звязкі.

Пералічыце асаблівасці алмазнага і эльборавага інструменту, яго ўласцівасці, разгледзьце галіны рацыянальнага выкарыстання гэтых кругоў.

Засвойце прынцып маркіроўкі алмазных парашкоў, прывядзіце маркіроўку алмазных кругоў і асноўныя параметры, па якіх ажыццяўляюць іх выбар, пры заточцы як металарэжучага, так і дрэваапрацоўчага рэжучага інструменту. Пры маркіроўцы алмазных і

эльборавых кругоў карыстаюцца такім паказчыкам, як канцэнтрацыя. Разгледзьце методыку выбару алмазных кругоў па гэтым параметры, звярніце ўвагу на магчымасці эльборавага інструменту ў параўнанні з алмазным, асаблівасці рэжымаў шліфавання эльборавымі кругамі.

Засвойце методыку маркіроўкі шліфавальнай шкуркі для апрацоўкі металічных і неметалічных матэрыялаў.

Звярніце ўвагу на асаблівасці працэсу рэзання шліфавальнай шкуркай, уплыў параметраў шліфавання на якасць апрацоўкі.

Абразіўная апрацоўка бярэ пачатак у неаліце і на сённяшні дзень з'яўляецца адной з самых сучасных і перспектыўных тэхналогій. Яна забяспечвае высокую дакладнасць і якасць апрацоўкі матэрыялаў любой цвёрдасці, у тым ліку і алмазу пры вырабе з яго дыямантаў. Гэтыя магчымасці забяспечвае інструмент.

Асноўнымі відамі абразіўнага інструменту з'яўляюцца шліфавальныя кругі, сегменты, галоўкі, брускі, асялкі, пасты, парашкі, шліфавальная папера.

Асновай любога абразіўнага інструменту з'яўляецца абразіўны матэрыял, па паходжанню ён можа быць прыродным або штучным.

Прыродныя матэрыялы: карунд, наждак, гранат, кварц, пясчанікі, крэмень, пемза, вапна, тальк.

Карунд — крышталічны аксід алюмінію з прыmesямі, якія надаюць яму каляровыя адценні ад ружовага, сіняга да бурага, белага. Выкарыстоўваюць карунд пры вырабе пастаў, шкурак.

Наждак — прыродны матэрыял чорнага або чорна-шэрага колеру, складаецца з зярнят карунду з прыmesсю пірыту, магнетыту, ліманіту і іншых злучэнняў. Лепшыя гатункі наждаку ўтрымліваюць да 60% аксиду алюмінію. Зараз з яго вырабляюць шліфавальныя шкуркі, выкарыстоўваюць пры паліраванні і прыцірцы кантактных паверхняў дэталей.

Гранаты належаць да складаных сілікатаў, і іх утрыманне ў пародзе павінна быць не менш за 85–90%. Выкарыстоўваюць парашок з гранатаў пры вырабе шліфавальных шкурак для апрацоўкі драўніны, скуры, шкла, пластмас.

Кварц — абязвожаны крэменязём з прыmesямі, якія надаюць яму розную афарбоўку. Пасля драблення і сарціроўкі выкарыстоўваюць у выглядзе парашку для шліфавання шкла, фарфору, для вырабу шліфавальных шкурак.

Пясчанікі складаюцца з кварцавага пяску, злучанага ў горную пароду прыроднай звязкай. З іх блокаў выраблялі абразіўны

інструмент для ручных прылад.

Крэмень — прыродны крэменязём, у якім не менш за 96% SiO_2 , можа выкарыстоўвацца пры вырабе шліфавальнай шкуркі для апрацоўкі драўніны і другіх неметалічных матэрыялаў.

Пемза — прадукт вулканічнай дзейнасці, з якой вырабляюць ручны інструмент.

Вапна (венская вапна) і тальк выкарыстоўваюцца ў якасці мяккіх, тонкіх паліруючых матэрыялаў, якія дабаўляюць у пасты, і пры вырабе алмазных інструментаў.

Прыродныя абразівы знаходзяць абмежаванае прымяненне, паколькі цяжка гарантаваць стабільнасць іх хімічнага складу і, як вынік — уласцівасцяў.

Масавым штучным абразіўным матэрыялам з'яўляецца *электракарунд*, выраб якога пачаўся з 1901 г. Атрымліваюць яго электраплаўкай гліназёму пры $t = 2050^\circ\text{C}$.

У залежнасці ад прымесяў яго дзеляць:

– электракарунд нармальны (Al_2O_3) з утрыманнем прымесі (у асноўным TiO_2) звыш 5%. Маркі — 12АР, 13А, 14А, 15А, 16А, з павелічэннем нумара ўласцівасці паляпшаюцца, літара Р абазначае, што ён атрыманы з астаткаў выкарыстаных электракарундавых кругоў;

– электракарунд белы ўтрымлівае каля 99% Al_2O_3 . Маркі — 22А, 23А, 24А, 25А, з яго вырабляюць інструмент для хуткаснага і чыстага шліфавання вугляродзістых, легіраваных і хуткарэзных сталяў;

– электракарунд легіраваны (часцей злучэннямі тытану і хрому). Хромісты электракарунд атрымліваюць электраплаўкай гліназёму з (0,3–0,5)% Cr_2O_3 , яго называюць яшчэ тэхнічным рубінам. Маркі — 32А, 33А, 34А;

– электракарунд тытаністы выплаўляюць з сумесі гліназёму, двааксиду тытану і антрацыту. Маркі — 37А (тэхнічны сапфір), электракарунд цырконіевы — 38А.

Легіраваныя электракарунды маюць лепшыя паказчыкі на ўдар, лепш самазаточваюцца, інструмент з іх характарызуецца больш высокімі вытворчымі паказчыкамі. Кругамі з легіраваных электракарундаў шліфуюць загатоўкі з цвёрдых, загартаваных канструкцыйных і інструментальных сталяў, эфектыўнасць іх у 1,5–2 разы вышэй, чым кругоў з нелегіраваных карундаў.

Монакарунд атрымліваюць сплаўленнем баксіту з серністым

жалезам (FeS — пірыт) з утрыманнем Al_2O_3 не менш за 97%. У параўнанні з электракарундамі белым і нармальным монакарунд мае большую цвёрдасць, механічную трываласць і абразіўную здольнасць.

Маркі монакарунду 43А, 44А, 45А маюць малыя памеры зярнят правільнай геаметрычнай формы, інструментам з яго апрацоўваюць загатоўкі з загартаванай легіраванай, жаратрывалай і кіслотаўпорнай сталі пры выкананні фінішных аперацый.

На другім месцы па аб'ёму выкарыстання знаходзіцца карбід крэменю (SiC), яго хімічны склад — 70,04% Si і 29,96% С. Сыравінай для атрымання SiC з'яўляюцца кварцавы пясок, кварцыт, жыльны кварц, сплаўлены з антрацытам, нафтавым коксам і дабаўкамі (павараная соль, апілка, семечкавая лузга). Яго заводская вытворчасць пачалася з 1891 г. Тэхнічны карбід крэменю мае колер ад чорнага да зялёнага.

Чорны карбід крэменю маркіруюць 53С, 54С, 55С, а зялёны — 62С, 63С, 64С.

Уласцівасці карбіду крэменю — высокая цвёрдасць (вышэй за цвёрдасць карунду), высокая трываласць, абразіўная здольнасць.

Інструментам з карбіду крэменю апрацоўваюць матэрыялы з невысокімі паказчыкамі на разрыў, такія, як латунь, бронза, чыгун, цвёрдыя сплавы, камень, шкло, эбаніт і іншыя крохкія матэрыялы. Зялёны карбід крэменю больш крохкі ў параўнанні з чорным і мае лепшую абразіўную здольнасць.

Карбід бору з'яўляецца хімічным злучэннем B_4C , атрымліваюць яго электраплаўкай борнай кіслаты з нафтавым коксам. Па цвёрдасці і абразіўнай здольнасці ён вышэй за электракарунд і карбід крэменю, высокая крохкасць забяспечвае рэжучую здольнасць зярнят на доўгі час.

Недахоп карбіду бору — нізкая цеплаўстойлівасць (да 400–500⁰С). Яго выкарыстоўваюць у выглядзе парашку для вырабу пасты, суспензіі, пры вырабе алмазнага інструменту, у якасці напаяльнага. Карыстаюцца ім для прыціркі, даводкі цвёрдых сплаваў, апрацоўкі рубіну, агату, тапазу, кварцу.

Другімі важнымі ўласцівасцямі абразіўных матэрыялаў з'яўляюцца цвёрдасць, цеплаўстойлівасць, абразіўная здольнасць (табл. 1).

Абразіўная здольнасць з'яўляецца абагульняючым паказчыкам эфектыўнасці абразіўнага матэрыялу і ўяўляе сабой адносіны сашліфаванага матэрыялу з узору карундавага шкла да масы зрасходаванага пры гэтай аперацыі абразіўнага матэрыялу.

Уласцівасці розных абразіўных матэрыялаў

Матэрыял	Цвёрдасць, 10^{-3} МПа	Цеплаўстой- лівасць, °С	Абразіўная здольнасць
Электракарунд нармальны	18–20	1250–1300	0,2–0,22
Электракарунд белы	20–21	1700–1800	0,18–0,2
Монакарунд	21–26	1700–1800	0,22
Карбід крэменю	28–36	1300–1400	0,55
Карбід бору	33–45	700–800	0,71
Кубічны нітрыд бору	73–100	1200–1500	0,8
Алмаз	100	700–800	1

Выбар шліфавальных кругоў

Выбар шліфавальных кругоў ажыццяўляюць згодна з іх маркіроўкай, якую наносяць на бакавую паверхню інструменту.

Прыклад маркіроўкі абразіўных кругоў:

1, 150-16-32, 25A, 40H, СМ1, 6, К5, 35, A, 2
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

1. Лічба 1 абазначае тып круга; асноўныя тыпы кругоў прыведзены ў табл. 2.

Абразіўныя сегменты выпускаюць наступных тыпаў: СП — прамавугольныя, 1С — выпукла-ўвагнутыя, 3С — выпукла-плоскія, 4С — плоска-выпуклыя, 5С — трапецападобныя, 6С — для шліфавання падлогі, 7С — для плоскага шліфавання, 9С — для шліфоўкі рэльсаў.

Тыпы брускоў: БП — прамавугольныя, БКв — квадратныя, БТ — трохвугольныя, Бкр — круглыя.

2. Размеры круга: D — наружны дыяметр, T — вышыня, H — дыяметр пасадачнай адтуліны. У нашым выпадку 150 мм, 16 мм, 32 мм.

3. Трэцяя пазіцыя пры маркіроўцы круга абазначае абразіўны матэрыял.

Электракарундавыя кругі выкарыстоўваюць для шліфавання сталі, а з карбіду крэменю — чыгуну і цвёрдых металаў.

Асноўныя тыпы і назначэнне шліфавальных кругоў

Кругі	Абзначэнне	Выкарыстанне
Прамы профіль	Тып 1 (ПП)	Круглае знешняе і ўнутранае шліфаванне, плоскае перыферыяй круга пры абдзірачых і чыставых аперацыях
Кальцо	Тып 2 (К)	Плоскае шліфаванне тарцом круга
Канічны профіль	Тып 3 (ЗП)	Заточка піл
Двухбаковы канічны профіль	Тып 4 (2П)	Шліфаванне разьбы, зубчастых элементаў, зубарэзнага інструменту
З вытачкай	Тып 5 (ПВ)	Круглае ўнутранае шліфаванне, бясцэнтравае
Чаша цыліндрычная	Тып 6 (ЧЦ)	Плоскае шліфаванне, заточка інструменту
З двухбаковай вытачкай	Тып 7 (ПВД)	Круглае знешняе і ўнутранае шліфаванне, вядучыя кругі пры бясцэнтравым шліфаванні
Чаша канічная	Тып 11 (ЧК)	Плоскае шліфаванне, заточка інструменту
Талерчатая	Тып 12,13,14 (1Т, 2Т, 3Т)	Заточка шматлязовага рэжучага інструменту, даводка
З канічнай вытачкай	Тып 23 (ПВК)	Круглае шліфаванне шыйкі і тарца вала
Адрозныя кругі дыскавыя	Д	Адрозныя работы

4. Абразіўныя матэрыялы выкарыстоўваюць у выглядзе парашку, які класіфікуюць па велічыні і аднароднасці размераў зярнят, маркіроўка прыведзена ў табл. 3.

Зярністасць кругоў выбіраюць з улікам аперацыі, велічыні прыпуску, дакладнасці апрацоўкі і якасці паверхні. Буйназярністыя кругі забяспечваюць большы аб'ём здымаемага металу ў адзінку часу, але ствараюць грубую паверхню. Дробназярністыя кругі забяспечваюць атрыманне гладкай паверхні, але здымаюць меншы аб'ём металу.

Напрыклад, для папярэдняга шліфавання выбіраюць кругі зярністасцю 50–40, а чыставое шліфаванне ажыццяўляюць кругамі 25–12. Мяккія, пластычныя матэрыялы лепш апрацоўваць буйназярністымі кругамі, а цвёрдыя і крохкія — дробназярністымі, з памяншэннем зярністасці павялічваецца цепланапружанасць зоны рэзання.

Зярністасць абразіваў

Буйная	Размер, мм	Сярэдняя	Размер, мм	Дробная	Размер, мм	Мікра-парашкі	Размер, мкм
200 (F10)	2,5–2,0	50 (F36)	0,63–0,5	12 (F100)	0,16–0,12	M63 (F230)	60–50
160 (F12)	2,0–1,6	40 (F40)	0,5–0,4	—	—	M50 (F280)	50–40
125 (F16)	1,6–1,25	32 (F54)	0,4–0,32	10 (F120)	0,12–0,1	M40 (F360)	40–28
100 (F20)	1,25–1,0	25 (F60)	0,32–0,25	8 (F150)	0,1–0,08	M28 (F400)	28–20
80 (F22)	1,0–0,8	20 (F70)	0,25–0,2	6 (F180)	0,08–0,06	M20 (F500)	20–14
63 (F30)	0,8–0,63	16 (F90)	0,2–0,16	5 (F220)	0,06–0,05	M14 (F600)	14–10

У залежнасці ад утрымання асноўнай фракцыі пасля нумара зярністасці ставіцца літара:

В — асноўнай фракцыі 55–60%;

П — асноўнай фракцыі 45–55%;

Н — асноўнай фракцыі 40–45%;

Д — асноўнай фракцыі 39–41%.

Часцей за ўсё вырабляюць кругі з індэксамі Н і П.

Большае ўтрыманне асноўнай фракцыі забяспечвае лепшыя эксплуатацыйныя паказчыкі абразіўных кругоў, а павелічэнне ў крузе дробнай фракцыі спрыяе павелічэнню трываласці канта круга.

5. Цвёрдасцю круга называюць механічную здольнасць звязкі круга ўтрымліваць абразіўныя зярняты ў шліфавальным інструменце. Калі абразіў утрымліваецца моцна — круг цвёрды, слаба — мяккі (табл. 4). Цвёрдымі кругамі апрацоўваюць мяккія матэрыялы, мяккімі, надварот, — цвёрдыя.

Пры апрацоўцы цвёрдых матэрыялаў абразіўныя зярняты хутка затупляюцца і павінны лёгка вырывацца з паверхні круга. Мяккія кругі маюць меншую механічную трываласць звязкі, пры павелічэнні сілы рэзання затуплення зярняты лёгка вырываюцца з круга, забяспечваючы самазаточванне шліфавальных кругоў.

Вельмі мяккія і мяккія кругі выкарыстоўваюць пры апрацоўцы медзі, алюмінію і іх сплаваў. Мяккія кругі ствараюць меншы нагрэў

зоны рэзання, што важна пры шліфаванні танкасценных загатоўак. З павелічэннем плошчы кантакту інструменту і дэталі перавагу аддаюць мяккім кругам таксама і пры рабоце без ахалоджвання.

Пры заточцы інструменту, апрацоўцы шасцерняў лепш браць мяккія кругі. Цвёрдыя кругі менш зношваюцца і лепш трымаюць профіль рабочай зоны.

Табліца 4

Цвёрдасць шліфавальных кругоў

Абзначэнне	Цвёрдасць круга
ВМ1, ВМ2 (F, G)	Вельмі мяккі
М1, М2, М3 (H, i, j)	Мяккі
СМ1, СМ2 (K, L)	Сярэдняй мяккасці
С1, С2 (M, NN)	Сярэдні
СТ1, СТ2, СТ3 (O, P, Q)	Сярэдняй цвёрдасці
Т1, Т2 (R, S)	Цвёрды
ВТ1, ВТ2 (T, U)	Вельмі цвёрды
ЧТ1, ЧТ2 (VW, YZ)	Надзвычай цвёрды

6. Структура круга характарызуе адносіны аб'ёму абразіўных зярнят і звязкі да аб'ёму інструменту (табл. 5).

Табліца 5

Структура абразіўных кругоў

Нумар структуры	Структура
1, 2, 3, 4	Закрытая
5, 6, 7	Сярэдня
8, 9, 10	Адкрытая
11, 12	Высакапорыстая

З павышэннем нумара структуры на адзінку аб'ём зярнят памяншаецца на 2%. Закрытая структура забяспечвае добрую апрацоўку цвёрдых матэрыялаў пры чыставых аперацыях профільных паверхняў.

Сярэднія структуры лепш падыходзяць для шліфавання металаў з высокімі паказчыкамі на разрыў. Адкрытая структура выбіраецца для апрацоўкі загатоўак з вязкіх матэрыялаў; такія кругі менш забруджваюцца, добра адводзяць стружку, ствараюць лепшыя ўмовы для ахалоджвання зоны рэзання; пры гэтым адбываецца большы знос круга і павялічваецца шурпатаць паверхні металу.

Адкрытыя структуры памяншаюць цеплананпружнасць зоны рэзання, зніжаюць у 5–6 разоў расцягваючыя напружанні на шліфаванай паверхні. Кругі з высакапорыстай структурай вырабляюць па заказу. На практыцы часцей за ўсё карыстаюцца кругамі з нумарамі структур ад 4 да 6.

7. Звязка выконвае прамы абавязак — утрымлівае абразіўныя зярняты ў масе круга і адначасова актыўна ўплывае на працэс шліфавання.

Керамічныя звязкі абазначаюць літарай К і лічбай: К4, К5 — на аснове борнага шкла, К6 — барыевага шкла і г. д. Яны адносяцца да плаўкіх звязак і выкарыстоўваюцца пры вырабе электракарундавых кругоў. Для кругоў з карбіду крэменю бяруць спякаючую звязку, якая пры адпале круга толькі часткова аплаўляецца (К3, К10).

Керамічныя звязкі — трывалыя, вода- і вогнетрывалыя, хімтрывалыя, крохкія, баяцца ўдараў.

Бакелітавыя звязкі на аснове фенолафармальдэгіднай смалы і напайняльнікаў маюць добрую трываласць і пругкасць, баяцца шчолачных раствораў; максімальная рабочая тэмпература да 250⁰С.

На гэтай звязцы вырабляюць адрозныя кругі, галоўкі, кругі для заточкі інструменту, эльбораваыя і алмазныя кругі. Кругамі на бакелітавай звязцы праводзяць як абдзірачныя, так і чыставыя аперацыі. Іх маркі: Б1 — з напайняльнікам карбідам бору, Б2 — з напайняльнікам жалезным парашком, Б3 — з напайняльнікам электракарундам, Б4 — з напайняльнікам карбідам крэменю.

Вулканітавая звязка на аснове каўчука і серы добра ўспрымае ўдарныя нагрузкі, прымяняецца для разьбовых кругоў, адрозных, пры выкарыстанні чыставых аперацый, шліфаванні пазоў; іх маркі В1, В2, В3.

Металічная звязка М1, М5, МИ, МК на аснове Cu-Sn-Al-Ni і другіх металаў з напайняльнікам SiC-звязка МИ, з Al₂O₃-звязка МК. Выкарыстоўваюць металічныя звязкі для эльбораваых і алмазных кругоў.

8. Дапусцімая хуткасць рэзання кругам, м/с.

9. Клас дакладнасці абразіўных кругоў абазначаюць: АА — высокі, А — сярэдні, Б — нізкі, ён характарызуе дакладнасць размераў абразіўных кругоў.

10. Клас ураўнаважанасці абазначаюць лічбамі 1, 2, 3, 4 у залежнасці ад аднароднасці і шчыльнасці круга.

Лабараторная работа № 6 АЛМАЗНЫ, ЭЛЬБОРАВЫ ИНСТРУМЕНТ І ШЛІФАВАЛЬНАЯ ШКУРКА

Мэта работы — пазнаёміцца з алмазным інструментам і шліфавальным інструментам са звышцвёрдых матэрыялаў; навучыцца расшыфроўваць маркіроўку спецыяльнага інструменту і ажыццяўляць выбар для правядзення чыставых і давадных аперацый.

Сучасны ўзровень машынабудавання нельга забяспечыць без алмазнага інструменту. Асноўная маса прыродных і сінтэтычных алмазаў выкарыстоўваецца ў тэхніцы, толькі 10–15% ідзе на выраб ювелірных упрыгожванняў, каля 70% тэхнічных алмазаў выкарыстоўваюць у выглядзе парашку. Значэнне алмазнага інструменту можна пацвердзіць наступнымі прыкладамі: алмазныя долаты для свідравання нафтавых, газавых свідравін павялічваюць хуткасць праходкі ў 10–15 разоў, заточка цвёрдасплаўнага інструменту алмазнымі кругамі павялічвае яго зносацываласць у 1,5–2 разы; пры апрацоўцы дэталей з магневай бронзы колькасць апрацаваных дэталей разам з цвёрдых сплаваў складае 40 шт., а алмазным — 3000 шт. Пра значэнне алмазнай сыравіны гаворыць і той факт, што кошт алмазаў з 2002 да 2003 г. павялічыўся на 7–9%. Перадавыя ў тэхналагічным плане дзяржавы маюць стратэгічны запас алмазнай сыравіны для вырабу інструменту. Аб'ёмы здабычы прыродных алмазаў прыведзены ў табл. 1.

Табліца 1

Здабыча прыродных алмазаў заходнімі кампаніямі

Гады	Мільёны карат
1920	3 580
1930	7 719
1940	13 041
1950	15 517
1960	27 700
1970	39 060
1980	33 350
1983*	14 000 000
2000*	118 000 000
2003*	140 000 000

* З 1983 г. прыведзены лічбы выкарыстання прыродных і сінтэтычных алмазаў.

Наглядаецца паступовае павелічэнне аб'ёму здабычы прыродных алмазаў, але гэтыя магчымасці абмежаваныя, і далейшы рост алмазнай апрацоўкі можа базавацца на сінтэтычных алмазах. Маркіроўка прыродных алмазаў пачынаецца з літары А, а сінтэтычных — з літар АС. Мікрапарашкі з сінтэтычных алмазаў абазначаюць АСМ і АСН, а прыродных — АН і АМ. Калі маркіроўка заканчваецца літарай Н, гэта абазначае іх лепшую абразіўную здольнасць. Распрацаваны тры тэхналогіі атрымання сінтэтычных алмазаў:

1) сінтэз вугляродзістай загатоўкі пад уздзеяннем высокай тэмпературы і ціску на працягу некалькіх секунд;

2) сінтэз вугляродзістай загатоўкі пад уздзеяннем высокай тэмпературы і ціску на працягу доляў секунды, які прыкладваецца метадам выбуху;

3) сінтэз у вобласці тэрмадынамічнай стабільнасці графіту пры атмасферным або ніжэйшым ціску і высокай тэмпературы шляхам фізіка-хімічнага нарошчвання алмазу на затраўках, падложках.

Сінтэтычныя алмазныя парашкі маркіруюць наступным чынам: АСО, АСР, АСВ, АСК, АСС (табл. 2).

Табліца 2

Уласцівасці алмазных парашкоў

Марка	Размеры зярнят, мкм	Трываласць, Н
АСО	40–160	1,5–2,2
АСР	50–250	2,6–7,0
АСВ	63–315	4,3–13,0
АСК	80–400	9,0–27,0
АСС	100–630	20,0–60,0

Маркіроўка алмазных кругоў

Алмазныя кругі вырабляюць на металічным корпусе, на які наносіцца маркіроўка круга або прыкладваецца пашпарт з тэхнічнымі параметрамі:

- форма круга;
- тыпарамер, у тым ліку размер алмазнага слоя, яго таўшчыня ў мм;
- марка алмазнага парашку і яго зярністаць;

- канцэнтрацыя алмазу ў рабочым слоі;
- звязка;
- маса алмазаў у крузе (карат 0,2 г);
- рабочая хуткасць, м/с;
- нумар круга, дата вырабу;
- таварны знак завода.

Алмазныя кругі выпускаюць наступнай формы:

- плоскія прамога профілю 1A1 (АПП);
- плоскія прамога профілю без корпуса А8 (А1ПП);
- плоскія прамога профілю трохбаковыя 14VI (А2ПП);
- чашачныя канічныя 12A2 = 45 (АЧК);
- талерчатыя 12A2 = 20 (АТ);
- плоскія з двухбаковым канічным профілем 14EE1X (А2П);
- плоскія з паўкругла-выпуклым профілем 1FF1X (А5П).

У дужках прыведзена старая маркіроўка формы круга. Форму круга выбіраюць у залежнасці ад канфігурацыі апрацоўваемай дэталі.

Зярністасць алмазнага парашку абазначаецца дзвюма лічбамі, напрыклад: 100/80, дзе 100 — размер ячэек верхняга сіта, праз якое праходзяць зярняты парашку, а 80 — размер ячэек ніжняга сіта, на якім яны затрымліваюцца.

Зярністасць алмазнага інструменту ўплывае на чысціню апрацаванай паверхні дэталі, расход алмазу і прадукцыйнасць шліфавання. Выбар зярністасці ажыццяўляюць па прынцыпу: папярэдняю апрацоўку праводзяць буйназярністым інструментам, а чыставую — дробназярністым.

Канцэнтрацыя алмазаў у рабочым слоі ўплывае на рэжучую здольнасць інструменту, прадукцыйнасць працэсу шліфавання, час эксплуатацыі круга і яго кошт. За 100%-ную канцэнтрацыю прынята ўтрыманне 0,88 мг/мм³, або 4,4 карата алмазу ў 1 см³ рабочага слоя. Вырабляюць кругі з велічынямі канцэнтрацыі ад 25% да 200% з шагам 25. Выбар канцэнтрацыі ажыццяўляюць па эканамічных паказчыках. Павышэнне канцэнтрацыі забяспечвае часцей за ўсё павышэнне прадукцыйнасці працы, зніжае затраты і ўдзельны расход алмазаў.

Лепшыя паказчыкі маюць кругі на арганічнай звязцы з канцэнтрацыяй алмазаў 100–150%, на металічнай — 125–200%, на керамічнай — 100%. Пры шліфаванні неметалічных матэрыялаў і іх рэзцы дастатковай з'яўляецца канцэнтрацыя алмазаў у межах 12,5–75%.

З павелічэннем канцэнтрацыі алмазаў павялічваецца трываласць

профілю і канта кругоў. Пры невялікай паверхні кантакту інструменту з загатоўкай павялічваецца ціск на рабочы слой і, як вынік — памяншаецца яго трываласць. Павелічэнне канцэнтрацыі спрыяе павышэнню трываласці алмазных кругоў, але вядзе і да павышэння іх кошту. Цяпер канцэнтрацыю абазначаюць лічбамі 1, 2, 3, 4.

Пры аднолькавай канцэнтрацыі алмазаў у буйна- і дробназярністых кругах колькасць дробных зярнят у адзінцы аб'ёму большая, чым у буйназярністых алмазных кругах. Гэта значыць, што пры выбары дробназярністых кругоў іх канцэнтрацыя можа быць ніжэйшай, чым пры рабоце буйназярністымі кругамі. Шліфаванне з ахалоджваннем павышае зносатрываласць алмазу да 200%.

Звязка разам з зярністасцю і канцэнтрацыяй з'яўляецца асноўным параметрам, які забяспечвае прадукцыйнасць працэсу алмазнага шліфавання.

Вырабляюць алмазныя кругі на арганічнай звязцы, часцей за ўсё на аснове фенолафармальдэгіднай смалы з напаяльнікамі з белага электракарунду, карбіду бору, алмазнага парашку. Іх маркіруюць Б1, Б2, Б3 і г. д. Інструменты на арганічнай звязцы працуюць як з ахалоджваннем, так і без.

Керамічныя звязкі вырабляюць з парашку шкла, вогнетрывалых глін. Звязка маркі К1 добра працуе пры заточцы цвердасплаўнага інструменту разам са стальным корпусам. Такімі кругамі часцей за ўсё працуюць з ахалоджваннем. Кругі на металічных звязках схільны ў большай ступені да самаабруджвання, і карыстаюцца імі пры электрахімічных спосабах шліфавання.

Алмазным інструментам апрацоўваюць цвёрдыя сплавы, паўправаднікі, кераміку, шкло, сіталы і другія звышцвёрдыя крохкія матэрыялы.

Кубічны нітрыд бору (КНБ) дапаўняе магчымасці алмазнага інструменту, атрымліваюць яго па тэхналогіі, блізкай да сінтэзу алмазаў. У хімічным плане — гэта злучэнне 44% азоту з 56% бору. Па цвёрдасці і абразіўнай здольнасці мала ўступае алмазу, а па цеплаўстойлівасці вышэй за яго — да 1200–1500⁰С. У залежнасці ад тэхналагічных параметраў вырабу і каталізатараў уласцівасці яго могуць адрознівацца і носяць назву — эльбор, кубаніт, баразон. Маркі эльбору — ЛО, ЛП. Кубічны нітрыд бору выкарыстоўваюць для вырабу абразіўнага інструменту, якім шліфуюць загатоўкі з чорных металаў.

Эльборавыя кругі на керамічнай звязцы вырабляюць рознай

цвёрдасці, у адрозненне ад алмазных кругоў, што пашырае іх тэхналагічныя магчымасці. Імі шліфуюць стальных дэталі, заточваюць інструмент з хуткарэзнай сталі. Кругамі на арганічнай звязцы праводзяць чыстае шліфаванне, даводку інструменту з хуткарэзнай сталі. Для шліфавання разьбы, заточки фрэз карыстаюцца эльборавымі кругамі на металічнай звязцы. Кругамі на керамічнай і арганічнай звязках можна працаваць як з ахалоджваннем, так і без яго, а на металічнай — толькі з ахалоджваннем.

Маркіроўка кругоў з эльбору і другіх матэрыялаў гэтага класа праводзіцца па той жа методыцы, што і алмазных.

Як пры алмазным, так і пры эльборавым шліфаванні на эфектыўнасць працэсу робяць вялікі ўплыў параметры рэжымаў рэзання. У табл. 3 прыведзены рэжымы рэзання эльборавымі кругамі на арганічнай звязцы зярністасцю 16–12 пры канцэнтрацыі 100%.

Табліца 3

Аптымальныя рэжымы шліфавання эльборавымі кругамі

Спосаб шліфавання	V круга, м/с	S падоўжнай, м/хвіл	S папярочнай, мм/дв. ход
Круглае наружнае	30–50	0,5–1,0	0,002–0,01
Плоскае перыферыяй круга	30–40	3,0–5,0	0,005–0,01
Плоскае тарцом круга	20–35	1,0–3,0	0,005–0,01

Памяншэнне канцэнтрацыі круга павялічвае шурпатасць апрацаванай паверхні, а памяншэнне падачы спрыяе павышэнню якасці паверхні.

Маркіроўка шліфавальнай шкуркі

Шліфавальная шкурка як інструмент выкарыстоўваецца для апрацоўкі металічных сплаваў і неметалічных матэрыялаў, часцей за ўсё для чыстай апрацоўкі плоскіх паверхняў.

Прыклад маркіроўкі папяровай шліфавальнай шкуркі:

<u>1</u>	<u>C</u>	<u>1000 × 50</u>	<u>П2</u>	<u>15A</u>	<u>25H</u>	<u>M</u>
1	2	3	4	5	6	7

1.1 Шліфавальная шкурка для машынай і ручной апрацоўкі

неметалічных матэрыялаў (у тым ліку дрэва, пластмас і іншых матэрыялаў).

1.2 Шліфавальная шкурка для машыннай і ручной апрацоўкі металічных сплаваў.

2. С — суцэльны рабочы слой абразіву;

Р — рэльефны слой (абразіўны слой не сплашны, а перарывсты).

3. 1000 × 50 — размеры шкуркі, шырыня 1000 мм, даўжыня 50 м.

4. П2 — аснова шкуркі папера; 2 умоўнае абазначэнне яе маркі.

5. 15А — абразіўны матэрыял, электракарунд нармальны, абазначэнне абразіўных матэрыялаў як і для кругоў, пры вырабе шкуркі ў якасці абразіўнага матэрыялу выкарыстоўваюць шкло, якое абазначаюць 71 Ст.

6. 25Н — зярністасць абразіўнага парашку; Н — нармальнае ўтрыманне асноўнай фракцыі; П — павышанае.

7. М — маркіроўка звязкі, мяздровы клей;

К — камбінаваная;

СФЖ — фенолафармальдэгідная смала, водаўстойлівая;

КФЖ — фенолафармальдэгідная смала, неводаўстойлівая;

ПФ-587 — пентафталіевы клей, водаўстойлівы.

Прыклад маркіроўкі шліфавальнай шкуркі на аснове тканіны:

<u>В</u>	<u>С</u>	<u>2</u>	<u>700 × 50</u>	<u>У1</u>	<u>14А</u>	<u>35Н</u>	<u>СФЖ</u>
1	2	3	4	5	6	7	8

1. В — водаўстойлівая.

2. С — суцэльны рабочы слой абразіву;

3. Р — рэльефны слой.

3.1. Для машыннай і ручной апрацоўкі матэрыялаў на аснове драўніны і мяккіх сплаваў.

3.2. Для машыннай і ручной апрацоўкі цвёрдых і выса-кацвёрдых сплаваў.

4. 700 × 50 — 700 мм шырыня шкуркі, 50 м — даўжыня.

5. У1 — аснова тканіны — саржавая цяжкая № 1;

Л1 — аснова тканіны — саржавая лёгкая № 1;

С1 — аснова тканіны — саржавая сярэдняя № 1;

П7 — папяровая аснова, неводаўстойлівая;

Л4 — папяровая на латакснай аснове, водаўстойлівая.

6. 14А — абразіўны матэрыял, электракарунд нармальны.

7. 35Н — зярністасць абразіўнага парашку:

буйная — 125, 100, 80, 63;

сярэдняя — 50, 40, 32, 25, 20, 16;

дробная — 12, 10;

тонкая — 5, 4, 3, М50, М40, М28.

8. СФЖ — сувязнае, фенолафармальдэгідная смала (водаўстойлівая — вдўст. тк., неводаўстойлівая — невдўст. тк.). Другія магчымыя звязкі разгледжаны раней.

Шліфавальныя шкуркі выбіраюць па тых жа параметрах, што і шліфавальныя кругі. Буйназярністая шліфавальная шкурка выкарыстоўваецца пры чарнавых аперацыях, а дробназярністая — пры чыставых, максімальны прыпуск на шліфаванне складае да 1,5 мм. З другіх параметраў уплыў на якасць апрацоўкі робяць хуткасць шліфавальнай стужкі, сіла прыціску загатоўкі. Апрацоўка шліфавальнай шкуркай як эластычным інструментам стварае меншую цепланатружанасць у зоне рэзання.

ЛІТАРАТУРА

1. Филиппов Г. В. Режущий инструмент. Л.: Машиностроение, 1981.
2. Гароновский Г. И., Гароновский В. Г. Резание металлов. М.: Высшая школа, 1985.
3. Лахтин Ю. М. Металловедение и термическая обработка. 3-е изд. М.: Металлургия, 1984.
4. Комаров О. С. Технология конструкционных материалов. Минск: Дизайн ПРО, 1998.
5. Гараст А. І. Матэрыялазнаўства. Мінск: БДТУ, 1999. Ч. 1.
6. Гараст А. І. Матэрыялазнаўства. Мінск: БДТУ, 2001. Ч. 3.
7. Карповіч С. І. Апрацоўка металаў рэзаннем. Мінск: БДТУ, 1999.

ЗМЕСТ

Уводзіны.....	3
Лабараторная работа № 1. Інструментальныя матэрыялы.....	4
Лабараторная работа № 2. Геаметрыя такарных разцоў.....	22
Лабараторная работа № 3. Інструмент для апрацоўкі адтулін...	34
Лабараторная работа № 4. Асноўныя тыпы фрэз, іх геаметрычныя параметры і асаблівасці канструкцыі.....	46
Лабараторная работа № 5. Абразіўныя матэрыялы..... і інструмент.....	57
Лабараторная работа № 6. Алмазны, эльборавы інструмент і шліфавальная шкурка.....	66
Літаратура.....	75

АПРАЦОЎКА МЕТАЛАЎ РЭЗАННЕМ

Складальнік **Карповіч** Сямён Іванавіч

Рэдактар Я. І. Гоман

Падпісана да друку 08.12.2006. Фармат 60×84¹/₁₆.
Папера афсетная. Гарнітура Таймс. Друк афсетны.
Ум. друк. арк. 4,2 . Ул.-выд. арк. 4,4.
Тыраж 200 экз. Заказ

Установа адукацыі
«Беларускі дзяржаўны тэхналагічны ўніверсітэт».
220050. Мінск, Свярдлова, 13а.
ЛИ № 02330/0133255 ад 30.04.2004.

Аддрукавана ў лабараторыі паліграфіі ўстановы адукацыі
«Беларускі дзяржаўны тэхналагічны ўніверсітэт».
220050. Мінск, Свярдлова, 13.
ЛП № 02330/0056739 ад 22.01.2004.