

Міністерство освіти і науки України
Національний університет водного господарства та
природокористування

В.Л. Пахаренко, М.М. Марчук, П.І. Івасюк

**Матеріалознавство та
технологія конструкційних
матеріалів (обробка
металів різанням, тиском
та зварювання)**

Навчальний посібник

Рівне 2013

УДК 621.7 : 621.9 (075)
ББК 34.5я7
П21

*Затверджено вченою радою Національного університету водного господарства та природокористування.
(Протокол № 4 від 26 квітня 2013 р.)*

Рецензенти:

Рижий О.П., кандидат технічних наук, доцент Національного університету водного господарства та природокористування, м. Рівне

Сиротинський О.А., кандидат технічних наук, доцент Національного університету водного господарства та природокористування, м. Рівне

В.Л. Пахаренко, М.М. Марчук, П.І. Івасюк

П21. Матеріалознавство та технологія конструкційних матеріалів (обробка металів різанням, тиском та зварювання). **Лабораторний практикум.** Навчальний посібник – Рівне: НУВГП, 2013. – 126 с.

Практикум до виконання лабораторних та практичних робіт з дисципліни «Матеріалознавство та технологія конструкційних матеріалів (обробка металів різанням, тиском та зварювання)» підготовлено відповідно до чинної програми дисципліни за напрямами підготовки 6.070106 «Автомобільний транспорт» і 6.050503 «Машинобудування» денної та заочної форм навчання включає 17 лабораторних робіт та довідковий матеріал. Наведено теоретичні відомості про загальні принципи обробки металів різанням, тиском, пристрої, інструменти та основи зварювання. Посібник містить методики розрахунку при різних видах обробки.

Табл.29. Іл. 55. Бібліогр.9 назв.

УДК 621.7 : 621.9(075)
ББК 34.5я7

- © Пахаренко В.Л., Марчук М.М., Івасюк П.І. 2013
- © Національний університет водного господарства та природокористування, 2013

З М І С Т

Передмова.....	4
Лабораторна робота №1. Загальні відомості про кінематику верстатів.....	5
Лабораторна робота №2. Будова і геометричні параметри токарних різців.....	34
Лабораторна робота №3. Вплив режимів різання при точінні на шорсткість обробленої поверхні.....	39
Лабораторна робота №4. Перевірка токарно-гвинторізного верстата на точність.....	41
Лабораторна робота №5. Деформація зрізання шару металу	45
Лабораторна робота №6. Нарізання зубів на фрезерному верстаті за допомогою ділильної головки УДГ – 135.....	49
Лабораторна робота №7. Будова і принцип дії лабораторного прокатного стану.....	54
Лабораторна робота №8. Визначення коефіцієнтів деформації металу при прокатуванні	58
Лабораторна робота №9. Вивчення конструкції та роботи гідравлічного преса.....	60
Лабораторна робота № 10. Гнуття листового матеріалу.....	63
Лабораторна робота № 11. Визначення основних технологічних параметрів роздільних операцій листового штампування.....	66
Лабораторна робота №12. Ручне електродугове зварювання.....	69
Лабораторна робота № 13. Вольт–амперна характеристика дуги (ВАХ) при ручному дуговому зварюванні.....	84
Лабораторна робота № 14. Автоматичне зварювання під флюсом	88
Лабораторна робота № 15. Газове зварювання.....	92
Лабораторна робота № 16. Газокисневе різання металу	108
Лабораторна робота № 17. Визначення впливу параметрів режиму точкового контактного зварювання на міцність точки.....	115
Використана література.....	126

Передмова

Високу точність виготовлення деталей машин та механізмів забезпечує лише обробка різанням. Вона дозволяє із заготовки, яка відрізняється за формою і розмірами від деталі, отримувати деталь потрібної точності. Розширення масштабів виробництва дозволяє одночасно займатись практичними і теоретичними питаннями обробки різанням. Російський механік А.К.Нартов створив прототип токарного верстата з самохідним супортом. Я.Батищев, Л.Собакин і П.Захава сконструювали багатошпиндельні свердлильні і хонінгувальні верстати. Великий вклад у розвиток теоретичних питань обробки різанням внесли вчені І.Л.Тіме, К.А.Зворикін і Я.Г.Ісачов, які запропонували модель стружкоутворення, обґрунтували її розрахунками і визначили сили різання. А.В.Годолін теоретично обґрунтував принцип використання геометричного ряду частот обертання в ступінчатих приводах головного руху верстатів.

Зварювання є одним з основних технологічних процесів в машинобудуванні, що дало змогу внести докорінні зміни в технологію виробництва, створити принципово нові конструкції машин. Російський вчений В.В.Петров у 1802 р. вперше виготовив “вольтів стовп”. Ця батарея була найпотужнішим джерелом електричного струму на той час. Практично застосував електричну дугу М.М.Бенардос у 1881р. між вугільним електродом і металом для зварювання. Майже одночасно з М.М.Бенардосом працював видатний винахідник М.Г.Слав'янов, який розробив спосіб дугового зварювання металевим електродом із захистом зварювальної зони шаром порошкоподібної речовини (флюсу). На сучасному етапі розвитку зварювального виробництва виріс діапазон зварювальних товщин, матеріалів, видів зварювання. Нині зварюють матеріали завтовшки від кількох мікрометрів (у мікроелектроніці) до кількох метрів (у важкому машинобудуванні). Поряд з традиційними конструкційними сталями зварюють спеціальні сталі та сплави на основі титану, цирконію, молібдену, ніобію та інших матеріалів, а також різноманітні матеріали. Зварювання виконують в умовах високих температур, радіації, під водою, в глибокому вакуумі, в умовах невагомості. Розвиваються нові види зварювання—лазерне, електронно—променеве, іонне, світлове, дифузійне, ультразвукове, електромагнітне, вибухове.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1

Загальні відомості про кінематику верстатів

Мета роботи: ознайомитись із основними поняттями та визначеннями кінематичних схем, вивчити будову і умовні позначення металорізальних верстатів.

Забезпечення роботи: кінематичні схеми металорізальних верстатів 1К62, 6Н81, 2А135.

Види рухів в металорізальних верстатах

При обробці заготовок з метою отримання деталей необхідної геометричної форми і розмірів необхідно, щоб заготовка і різальний інструмент здійснювали певні взаємозв'язані рухи. Ці рухи діляться на робочі (основні), при яких з оброблюваної заготовки зрізається шар металу та допоміжні, які служать для підготовки до процесу різання. До допоміжних належать рухи, зв'язані з встановленням, затисканням та переміщенням заготовки та різальних інструментів, а також робочих органів верстата при підготовці до різання.

Робочі (основні) рухи поділяються на головний рух та рух подачі, які можуть бути обертовими чи поступальними. Головним називається рух, при якому зрізається стружка. Рух подачі дозволяє поширити процес різання на всю оброблювану поверхню та забезпечує безперервність процесу різання.

Приклади головного руху та руху подачі для основних операцій різання наведено в таблиці 1.

Таблиця 1
Головний рух та рух подачі для основних операцій

Вид обробки	Головний рух	Рух подачі
1	2	3
Точіння	Обертання заготовки	Поступальне переміщення різця
Свердління (на токарних верстатах)	Обертання заготовки	Осьове переміщення свердла

продовження табл. 1

1	2	3
Свердління (на свердлиль-них верстатах), зенке-рування, розвірчування	Обертання свердла, зенке-ра, розвертки	Осьове переміщення свердла, зенкера, розвертки
Фрезерування	Обертання фрези	Переміщення заготов-ки відносно осі фрези
Поперечне стругання	Зворотньо-поступальний рух свердла	Періодичне поперечне переміщення заготовки
Довбання	Зворотньо-поступальний (вверх-вниз) рух різця	Періодичне переміщення заготовки у поперечному, поздовжньому чи круговому напрямі

Приводи і передачі, які застосовуються у металорізальних верстатах

Приводом називається сукупність пристроїв, які передають рух від джерела руху до робочих органів верстата.

В сучасних металорізальних верстатах застосовуються індивідуальні приводи, які характеризуються застосуванням на кожному верстаті індивідуального електродвигуна. Різновидністю індивідуального приводу є багатомоторний, який характеризується використанням на одному верстаті декількох електродвигунів, кожен з яких приводить в рух певний орган верстата.

Зміна швидкості виконавчого органу верстата може здійснюватись шляхом ступінчастого чи безступінчастого регулювання.

При безступінчастому регулюванні можна отримувати будь-яке значення швидкості у встановлених межах, що забезпечує вибір найвигіднішої швидкості різання чи подачі. При ступінчастому регулюванні можна отримати певний ряд значень, які дають ступінчастий перепад, а значить, в більшості випадків приходится вибирати значення швидкості різання чи подачі більше чи менше найвигіднішого через відсутність в ряду необхідного значення.

Безступінчасте регулювання здійснюється за допомогою електричного і гідравлічного приводу, а також механічних варіаторів.

Ступінчасте регулювання здійснюється за допомогою коробки швидкостей, змінних зубчастих коліс та електродвигунів з декількома різними частотами обертання.

Передачами називають механізми, які перетворюють чи передають рух від одного елемента до другого. В металорізальних верстатах знайшли поширення пасові, ланцюгові, черв'ячні, гвинтові, зубчасті та рейкові передачі.

Передаточним відношенням передачі називається число, яке показує у скільки разів частота обертання веденого елемента менша чи більша частоти обертання ведучого елемента:

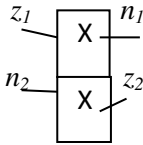
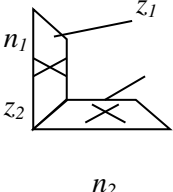
$$i = \frac{n_2}{n_1}, \quad (1)$$

де n_2 – частота обертання ведучого елемента, n_1 – частота обертання веденого елемента.

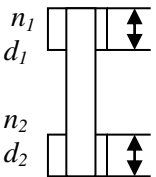
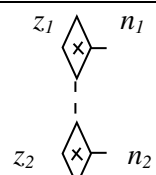
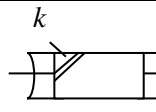
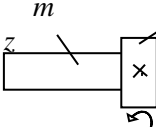
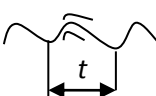
Основні схеми передач, що застосовуються у металорізальних верстатах, їх призначення та розрахункові залежності параметрів наведені в таблиці 2.

Таблиця 2

Основні схеми передач

Назва передачі	Схема	Призначення передачі	Розрахункові формули
1	2	3	4
Зубчаста циліндрична		Передача обертання між паралельними валами; ведений вал обертається в протилежну сторону по відношенню до ведучого	$i = \frac{z_1}{z_2}$ $n_2 = n_1 \cdot i$
Зубчаста конічна		Передача обертання між перпендикулярними валами; ведений вал обертається в протилежну сторону по відношенню до ведучого	$i = \frac{z_1}{z_2}$ $n_2 = n_1 \cdot i$

продовження табл. 2

1	2	3	4
Пасова		Передача обертання між паралельними валами; ведений вал обертається в ту ж сторону що і ведучий	$i = \frac{d_1}{d_2}$ $n_2 = n_1 \cdot i \cdot j$
Ланцюгова		Передача обертання між паралельними валами; ведений вал обертається в ту ж сторону що і ведучий	$i = \frac{z_1}{z_2}$ $n_2 = n_1 \cdot i$
Черв'ячна		Передача обертання між непересічними валами; ведучий елемент – черв'як, ведений – черв'ячне колесо	$i = \frac{k}{z}$ $n_2 = n_1 \cdot i$
Рейкова		Для перетворення обертового руху у поступальний та навпаки	$V = \pi \cdot m \cdot z \cdot n$
Гвинтова		Для перетворення обертового руху гвинта у поступальний рух гайки	$V = t \cdot n \cdot k$

Позначення: n – частота обертання, хв^{-1} ; z – число зубів; d – діаметр шківів, мм ; k – число заходів черв'яка чи гвинта; m – модуль зубчастих коліс, мм ; V – швидкість поступального руху, мм/хв ; t – крок гвинта, мм ; j – коефіцієнт який враховує проковзування паса відносно поверхні шківів ($j = 0.98$)

Рівняння кінематичного балансу

Кінематична схема металорізального верстата – це умовне зображення передач та механізмів з метою виявлення їх взаємного зв'язку і принципів роботи. Сукупність всіх передач верстата називається кінематичним ланцюгом. Передаточне відношення

кінематичного ланцюга визначається як добуток передаточних відношень всіх елементарних передач (пар) :

$$i_{заг} = i_1 \cdot i_2 \cdot i_3 \cdots = \frac{n_{\kappa}}{n_{\rho\omega\chi}}, \quad (2)$$

де $n_{\rho\omega\chi}$ – частота обертання початкової ланки, n_{κ} – частота обертання кінцевої ланки.

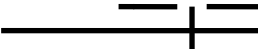
Таким чином, знаючи частоту обертання ведучої (початкової) ланки та передаточне відношення всіх проміжних передач, можна за допомогою цієї залежності визначити розрахункові переміщення веденої (кінцевої) ланки кінематичного ланцюга. Таке рівняння називається рівнянням кінематичного балансу ланцюга.

В металорізальних верстатах кінематичним ланцюгам даються назви в залежності від виконуваних ними функцій. Відповідно, є такі кінематичні ланцюги:

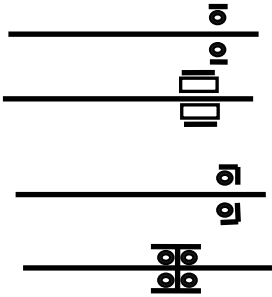
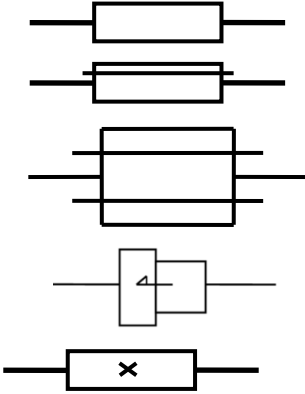
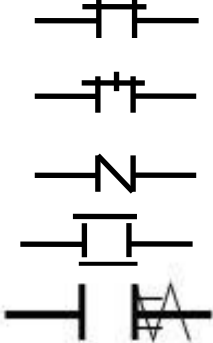
- а) кінематичний ланцюг головного руху;
- б) кінематичний ланцюг руху подач;
- в) кінематичний ланцюг допоміжних рухів.

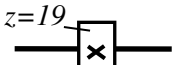
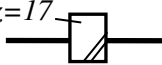
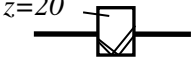
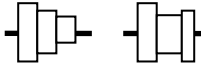
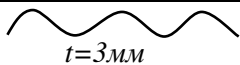
Умовні позначення елементів кінематичних схем наведені в таблиці 3.

Таблиця 3

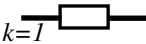
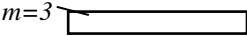
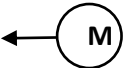
Умовні позначення елементів кінематичних схем	
Найменування 1	Позначення 2
Вал, вісь, стержень	
Підшипник ковзання та кочення (без уточнення типу)	
а) радіальний	
б) радіально-упорний односторонній	
двохсторонній	
в) упорний односторонній	
двохсторонній	

продовження табл. 3

1	2
Підшипник ковзання радіальний	
Підшипник кочення а) радіальний (загальне позначення) б) радіальний роликовий в) радіально – упорний (загальне позначення) односторонній двохсторонній	
З'єднання деталі з валом а) вільне б) рухоме на шпонці в) рухоме на шліцах г) при допомозі витяжної шпонки д) нерухоме	
З'єднання двох валів а) нерухоме (глухе) б) нерухоме із запобіганням від перевантаження в) еластичне г) зубчастою муфтою д) запобіжною муфтою	

1	2
Муфти зчеплення фрикційні а) загальне позначення б) односторонні в) двохсторонні г) дискові двохсторонні д) двохсторонні електромагнітні	    
Зубчасті колеса а) циліндричне прямозубе б) циліндричне косозубе в) циліндричне шевронне г) конічне Блок зубчастих коліс	    
Гвинт, що передає рух	
Гайка на гвинті а) нерознімна б) рознімна	 

продовження табл. 3

1	2
Черв'як	
Черв'ячне колесо	
Рейка	
Рейкове колесо	
Пружина циліндрична стиску	
Електродвигун	

Позначення: z - число зубів колеса; m - модуль зубчастої передачі; t - крок різьби гвинта (гайки); k - число заходів черв'яка.

Токарно-гвинторізний верстат 1К62

Призначення, технічна характеристика та будова верстата

Токарно-гвинторізний верстат 1К62 дозволяє виконувати зовнішнє точіння, свердління, розточування, Zenкерування і розвірчування отворів, нарізання внутрішньої та зовнішньої різьби, а також (при наявності спеціальних пристроїв) – копіювальні роботи. Верстат переважно використовується в одиничному (ремонтному) та серійному виробництві.

ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ВЕРСТАТА

Висота центрів над станиною, мм	250
Найбільший діаметр заготовки, яка встановлюється над станиною, мм	400
Віддаль між центрами, мм	710, 1000, 1400
Найбільший діаметр оброблюваного прутка, мм	50
Число швидкостей шпинделя	23
Діапазон частот обертання шпинделя, хв^{-1}	2000
Число подач:	
поздовжніх	49
поперечних	49
Діапазон подач, мм/об.	
поздовжніх	0,07...4,16
поперечних	0,035...2.08

Привідний електродвигун

частота обертання, хв^{-1}

1450

потужність, кВт

10

Головними частинами верстата 1К62 є станина, передня та задня бабка, коробка подач, супорт з фартухом.

Станина, встановлена на передній та задній тумбах, несе на собі всі основні вузли верстата. По її направляючих переміщуються супорт і задня бабка. В передній бабці розміщено коробку швидкостей і головний вал верстата – шпиндель. На передньому кінці шпинделя може закріплюватись патрон, або в його конічний отвір вставляється передній центр. У задній бабці розміщена піноль, де встановлюється задній центр (для підтримання довгої заготовки) або інструмент для обробки отворів (свердло, зенкер, розвертка).

У супорті за допомогою різцетримача закріплюється інструмент, який може здійснювати поздовжню або поперечну подачу.

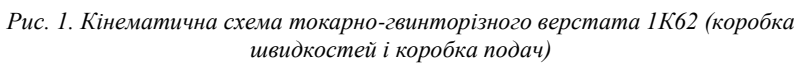
Фартух має механізми, що перетворюють обертальний рух ходового гвинта у поздовжній рух супорта (при нарізанні різьб) або обертальний рух ходового вала у поздовжній рух супорта чи поперечний рух його поперечних полозків (при механічній подачі).

Коробка подач призначена для виконання необхідної поздовжньої або поперечної подач.

Кінематичний ланцюг головного руху

Первинний вал I (рис. 1) коробки швидкостей отримує рух від електродвигуна ($N=10\text{кВт}$, $n=1450\text{хв}^{-1}$) через клинопасову передачу із шківками $d_1=142\text{ мм}$ і $d_2=254\text{мм}$. На валу I вільно встановлений блок зубчастих коліс 56-51 та зубчасте колесо 50, які з допомогою багатодискової фрикційної муфти M_1 двохстороннього включення можуть з'єднуватись з валом I. Муфта M_1 може займати 3 положення. В лівому положенні муфта M_1 з'єднує вал I з блоком зубчастих коліс 56-51 і при цьому шпиндель здійснює пряме обертання. В правому положенні муфта M_1 з'єднує з валом I зубчасте колесо 50 і шпиндель буде здійснювати зворотне обертання. В середньому положенні муфти блок 56-51 та зубчасте колесо 50 роз'єднані з валом I і рух на шпиндель не передається.

Розглянемо шлях передачі руху для отримання прямого обертання (муфта M_1 у лівому положенні). Обертання від вала I на вал II



передається через блок зубчастих коліс 56-51 та рухомий (на шліцах) блок зубчастих коліс 34-39. В залежності від положення блока B_1 вал II може отримати дві різних швидкості: через зубчасті пари 56-34 чи 51-39. На валу II нерухомо закріплено три зубчастих колеса – 29, 21 і 38, з допомогою яких можна передати три різних швидкості обертання на вал III, який має рухомий (на шліцах) потрібний блок B_2 із зубчастими колесами 47, 55 і 38 (відповідно, передачі 29-47, 21-55 та 38-38). Таким чином, вал III може отримувати 6 різних швидкостей обертання.

Подальший рух (з вала III на шпindel VI) може передаватись двома способами:

1) напряду, через зубчасту пару 65- 43 (при переміщенні блока B_5 у крайнє ліве положення). В результаті, на шпindel передається 6 частот обертання.

2) через перебор. В цьому випадку рух від вала III передається на вал IV з допомогою рухомого блока B_3 в залежності від положення якого можливі два варіанти передачі: 22-88 чи 45- 45. Обертання з вала IV на вал V передається за допомогою рухомого (на шліцах) блока B_4 двома способами : 22-88 чи 45- 45. Подальша передача руху здійснюється через зубчасту пару 27- 54 (при переміщенні блока B_5 вправо).

Передаточні відношення перебору (при передачі і руху вала III на вал V) будуть такими:

$$i_1^{nep} = \frac{22}{88} \cdot \frac{22}{88} = \frac{1}{16} \quad i_2^{nep} = \frac{22}{88} \cdot \frac{45}{45} = \frac{1}{4}$$

$$i_3^{nep} = \frac{45}{45} \cdot \frac{22}{88} = \frac{1}{4} \quad i_4^{nep} = \frac{45}{45} \cdot \frac{45}{45} = 1$$

Як видно, $i_2^{nep} = i_3^{nep} = \frac{1}{4}$, тому перебор має всього три різних

передаточних відношення, і відповідно через нього передається 18 значень частот обертання ($6 \times 3=18$).

Всього шпindel може отримувати (згідно схеми) 24 різних частоти обертання (6 напряду – від 2000 до 360 хв^{-1} та 18 через перебор – три діапазони частот: 630...200, 160...50, $40...12,5 \text{ хв}^{-1}$). Фактично ж верстат має 23 різних частоти обертання шпинделя (величина 630 хв^{-1} повторюється двічі).

Рівняння кінематичного ланцюга головного руху має вигляд:

$$n_{\text{шт}} = n_{\text{дв}} \cdot \frac{d_1}{d_2} \cdot j \cdot i_{\text{кш}}, \quad (3)$$

де $n_{\text{шт}}$ – частота обертання шпинделя, хв^{-1} ; $n_{\text{дв}}$ – частота обертання електродвигуна, хв^{-1} ; d_1, d_2 – відповідно, діаметри ведучого та веденого шківів клинопасової передачі; j – коефіцієнт, що враховує проковзування паса відносно шківів; $i_{\text{кш}}$ – загальне передаточне відношення коробки швидкостей.

Значення $i_{\text{кш}}$ визначається такими формулами:

1) при передачі руху напряму (з вала III на вал VI):

$$i_{\text{кш}} = i_{\text{кш}}^{I-III} \cdot \frac{65}{43},$$

де $i_{\text{кш}}^{I-III}$ – передаточне відношення при передачі руху з валу I на вал III.

2) при передачі руху через перебор:

$$i_{\text{кш}} = i_{\text{кш}}^{I-III} \cdot i^{\text{пер}} \cdot \frac{27}{54}$$

Для отримання зворотного обертання шпинделя муфта M_1 переміщається у крайнє праве положення і рух передається через проміжний блок 24-36, змінюючи напрям обертання на протилежний. Далі рух на шпиндель передається аналогічно прямому обертанню. Шпиндель отримує, таким чином, 12 частот обертання, тому що з вала I на вал II передається лише одна швидкість.

Кінематичний ланцюг руху подач

Привід механізму подач складається з ланки збільшення кроку, двохшвидкісного механізму реверса, гітари змінних коліс, коробки подач і механізму фартуха (рис.2). Рух подач започатковується або від шпинделя (вал VI) через зубчасті колеса 60-60 (коли блок B_6 ланки збільшення кроку знаходиться у крайньому лівому положенні), або від вала III через шестерні 45-45 (коли блок B_6 знаходиться у крайньому правому положенні). В останньому випадку, в залежності від передаточного відношення перебору (включення блоків B_2 та B_4) величина подачі та крок різьби збільшується в 2, 8 чи 32 рази.

Механізм реверсування призначений для зміни напрямку обертання ходового гвинта при нарізанні правих і лівих різьб.

Нарізання правих різьб здійснюється при передачі обертання через зубчасті передачі 42 – 42 чи 28 – 56 (від вала VII на вал VIII); нарізання лівих – при переміщенні блока Б₇ вправо, передача через проміжну шестерню 28 : 35 – 28 – 35.

Подальший рух вала VIII здійснюється через гітару змінних коліс (блоки зубчастих коліс 64 – 42, 97 – 50 та проміжне зубчасте колесо 95).

При налагодженні верстата для нарізання стандартних метричної та дюймової різьб та отримання механічної подачі при точінні змінні блоки зубчастих коліс встановлюються так, як показано на кінематичній схемі, і рух від вала VIII на вал IX здійснюється через зубчасті колеса 42 – 95 – 50. При нарізанні стандартних модульних і пітчевих різьб рух з вала VIII на вал IX передається через зубчасті колеса 64 – 95 – 97 (блоки перевертаються).

Нарізання нестандартних різьб та різьб підвищеної точності досягається включенням муфт М₂, М₃ та М₅ коробки подач. При цьому обертання від вала IX до ходового гвинта (вал XVI) передається напряму, а передаточне відношення гітари змінних коліс визначається рівнянням балансу цього ланцюга :

$$i_{зм} = \frac{P_p}{P_{хгв}}, \quad (4)$$

де P_p – крок різьби, що нарізається, мм; $P_{хгв}$ – крок ходового гвинта, мм.

В цьому випадку зубчасті колеса коробки подач не приймають участі у передачі руху до ходового гвинта, тим самим виключається можливість похибки передачі.

Рух від первинного вала коробки подач (вал IX) при нарізанні стандартних різьб до ходового гвинта передається двома шляхами.

1. При нарізанні дюймових та пітчевих різьб муфти М₂, М₃ та М₄ виключені і обертання передається на вал X через зубчасті колеса 35 – 37 – 35. Подальший рух (на вал XI) передається через зубчасті колеса 28 – 25 та зубчасте колесо 36 накидної обойми на одне із коліс зубчастого конуса 26 – 28 – 32 – 36 – 40 – 44 – 48 (механізм Нортонa).

Накидна обойма може переміщатись вздовж вала X із одночасним поворотом в площині, перпендикулярній до осі вала. Така посадка обойми дозволяє з'єднувати зубчасте колесо 36 із

будь-яким колесом зубчастого конуса, отримуючи таким чином, на валу XI сім різних швидкостей обертання.

Від вала XI через зубчасті пари 35 – 28 та 28 – 35 рух передається на вал XII, і далі, через зубчасті колеса рухомого блока Б₈ – на вал XIII (передачі 28 – 35 чи 18 - 45). Від вала XIII на вал XIV рух передається через зубчасті колеса рухомого блока Б₉ – передачі 15 – 48 чи 35 – 28.

При нарізанні дюймових та пітчевих різьб обертання з вала XIV передається на вал XVI (при включеній муфті М₅), при нарізанні торцевої різьби (спіраль Архімеда) рух передається на вал XV (при переміщенні блока Б₁₀ вліво) через зубчасту пару 28 – 56, і далі, через обгінну муфту М₀ на вал XVII.

2. Для нарізання метричних та модульних різьб коробка подач налагоджується в такому порядку. Включаються муфти М₂ і М₄, одночасно зубчасте колесо 35 виводиться із зачеплення з зубчастим колесом 37. Обертання від вала IX передається на вал XI через муфту М₂ і далі, на вал X через механізм Нортонa. З вала X рух передається через муфту М₄ на вал XIII (через зубчасті пари 28 – 35 чи 18 - 45). З вала XIII на вал XIV рух передається через зубчасті колеса блока Б₁₀ – передачі 35 – 28 чи 15 – 48. Подальша передача руху здійснюється через муфту М₅ на ходовий гвинт (вал XVI).

Для налагодження верстата на механічну подачу при точінні використовують обидва ланцюги. Двохвінчне зубчасте колесо 28 блока Б₁₀ передає обертання ходовому валу XVII через двухвінчне зубчасте колесо 56 і обгінну муфту М₀ (вал XV).

Подальша передача руху від ходового гвинта XVI та ходового вала XVII супорта здійснюється за допомогою механізму фартуха.

Від ходового вала XVII обертання через зубчасті колеса

27 – 20 – 28, запобіжну муфту М₃ та черв'ячну передачу 4 – 20 передається на вал XIX. Останній зв'язаний нижнім (по схемі) зубчастим колесом 40 безпосередньо із зубчастими колесами 37, зв'язаними з валами XX та XXII через кулачкові муфти М₇ та М₉, а верхнім колесом 40 – через проміжне колесо 45 із тими ж валами через муфти М₆ та М₈.

Щоб отримати пряму поздовжню подачу, включають муфту М₇ і рух в цьому випадку від вала XIX через зубчасту передачу

40 – 37 – 14 – 66 передається на рейкову передачу. Рейкове колесо 10 буде котитись по зубчастій рейці m=3мм, нерухомо

закріпленій на станині верстата і переміщати фартух із супортом по напрямним станини.

Для отримання поздовжньої подачі у зворотньому напрямку включається муфта M_6 і обертання від вала XIX на вал XX передається через проміжну шестерню 45: 40 – 45 – 37 і далі на рейкову передачу по шляху 37 – 14 – 66. За рахунок введення проміжного колеса 45 вал XX, а відповідно і рейкове колесо будуть обертатись у зворотньому напрямку.

Рівняння балансу кінематичного ланцюга поздовжньої подачі має вигляд:

$$S_{позд} = I_{об.шп.} \cdot i_{заг} \cdot \pi \cdot t \cdot z, \text{ мм/об} \quad (5)$$

де $i_{заг} = i_{тр} \cdot i_{зм} \cdot i_{кп} \cdot i'_{\phi}$ – загальне передаточне відношення ланцюга подачі; $i_{тр}$ – передаточне відношення механізму трензеля (реверса подач); $i_{зм}$ – передаточне відношення гітари змінних коліс; $i_{кп}$ – передаточне відношення коробки подач; i'_{ϕ} – передаточне відношення механізму фартуха (при включенні поздовжньої подачі); t – модуль рейки, мм; z – число зубів рейкового колеса.

Пряма поперечна подача здійснюється включенням муфти. При цьому гвинт поперечної подачі XXII (різьба трапецеїдальна, крок 5мм) обертається від вала XIX через зубчасті колеса 40 – 37 – 40 – 61 – 20. Зворотній напрям поперечної подачі отримують включенням муфти M_8 : 40 – 45 – 37 – 40 – 61 – 20.

Рівняння балансу кінематичного ланцюга поперечної подачі має вигляд:

$$S_{non} = I_{об.шп.} \cdot i_{заг} \cdot t, \text{ мм/об} \quad (6)$$

де $i_{заг} = i_{тр} \cdot i_{зм} \cdot i_{кп} \cdot i''_{\phi}$; t – крок гвинта поперечної подачі, мм; i''_{ϕ} – передаточне відношення механізму фартуха при включенні поперечної подачі.

Ручні подачі досягаються обертанням маховичків на відповідних валах (при включених муфтах).

При нарізанні різьб – метричної, дюймової, пітчевої, модульної – поздовжня подача здійснюється від ходового гвинта XVI з кроком $t = 12$ мм через маточну гайку, закріплену на станині.

Рівняння балансу кінематичного ланцюга нарізання різьби таке:

$$S = l_{об.шп.} \cdot i_{заг} \cdot t, \text{ мм/об} \quad (7)$$

де $i_{заг} = i_{тр} \cdot i_{зм} \cdot i_{кп}$; t – крок гвинта XVI.

Допоміжний рух

Допоміжним рухом у верстаті ІК62 є прискорене переміщення каретки супорта і поперечних полозків супорта по каретці. Він здійснюється від окремого електродвигуна ($N=1\text{кВт}$, $n=1410\text{ хв}^{-1}$) без виключення ланцюга подач. Обертання вала двигуна через зубчасту пару постійного зачеплення 85 – 147 передається на вал XVII і, відповідно, на механізм фартуха. Розміщена на валу XV муфта обгону M_0 роз'єднує в цей момент вал XV і подвійний блок зубчастих коліс 56.

Універсально-фрезерний верстат 6Н81

Призначення, технічна характеристика та будова верстата

Універсально – фрезерувальний верстат 6Н81 призначений для фрезерування заготовок малих та середніх розмірів циліндричними, дисковими, кутовими, фасонними і модульними фрезами в умовах одиничного (ремонтного) та серійного виробництва. Наявність поворотного стола дозволяє нарізати спіральні канавки при виготовленні косозубих шестерень, фрез, зенкерів, розверток і т.п.

ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ВЕРСТАТА.

Найбільша віддаль від осі шпинделя до поверхні стола, мм	350
Число робочих швидкостей шпинделя	12
Діапазон чисел обертів шпинделя хв^{-1}	65 - 1800
Число подач	16
Діапазон вертикальних подач, мм/хв.	12...380
Діапазон поперечних подач, мм/хв.	25...765
Діапазон поздовжніх подач, мм/хв.	35...980
Електродвигун головного руху	
потужність, кВт	5,7
частота обертання, хв^{-1}	1450
Електродвигун подач	
потужність, кВт	1,7
частота обертання, хв^{-1}	1420

Основними частинами верстата 6Н8І є станина, хобот, консоль із столом, привідні електродвигуни.

У станині верстата розміщені коробка швидкостей та шпіндельний вузол. По вертикальних напрямних станини може переміщатись консоль, яка має в своєму корпусі коробку подачі з привідним електродвигуном. На верхній частині консолі розміщені поперечні полозки, які переміщуються по напрямній консолі в горизонтальній площині. На поперечних полозках розміщені поворотні полозки та стіл, який переміщається горизонтально в поздовжньому напрямку. Для закріплення довгої оправки з фрезами служить хобот.

Кінематичний ланцюг головного руху

Головним рухом у верстаті є обертання шпінделя (рис. 3). На валу І коробки швидкостей, який отримує рух від привідного електродвигуна ($N=5,7$ кВт, $n=1420$ хв⁻¹), на шліцах розміщується рухомий блок Б₁, з допомогою якого можна передати на вал ІІ дві частоти обертання через зубчасті передачі 38 – 24 чи 24 – 38. З вала ІІ на вал ІІІ обертання передається через рухомі блоки зубчастих коліс Б₂ та Б₃, розміщені на валу ІІІ. В залежності від їх положення, рух передається через зубчасті пари 34 – 28 чи 31 – 31 (коли включено блок Б₂), або через зубчасті пари 28 – 34 чи 24 – 38 (коли включено блок Б₃). Таким чином, вал ІІІ отримує 8 швидкостей обертання шпінделя.

Обертання з вала ІІІ на вал ІV передається через зубчасту пару постійного зачеплення 20 – 20, і далі, на вал V – через клинопасову передачу (діаметри шківів $d_1=140$ мм, $d_2=210$ мм). Завдяки тому, що вал ІV змонтовано у кронштейні, який може повертатись відносно осі вала ІІІ, забезпечується можливість натягу клинопасової передачі.

Обертання з вала V на співвісно з ним розміщений шпіндель (вал VII) передається одним із двох можливих шляхів:

1) при включеній кулачковій муфті М₁, яке здійснюється поворотом рукоятки рейкового механізму із одночасним виведенням із зачеплення зубчастих пар 30 – 64 та 25 – 69, рух передається безпосередньо із вала V на вал VII;

2) при включеній муфті M_1 рух від вала V на вал VII здійснюється через зубчасті пари 30 – 64, вал перебору VI і зубчасту пару 25 – 69.

Кінематичний ланцюг руху подач

Привід механізму подач (робочих і прискорених) розміщений у консолі і складається із електродвигуна ($N = 1,7\text{кВт}$, $n=1420\text{ хв}^{-1}$), коробки подач та механізмів, які здійснюють вертикальну, поперечну та поздовжню подачу.

На валу VIII, зв'язаного муфтою з валом електродвигуна, розміщено рухомий блок Б4, з допомогою якого можна передати на вал IX дві швидкості обертання через зубчасті пари: 24 – 38, чи 38 – 24. Вал X отримує рух завдяки переміщенню блоків Б5 чи Б6 і відповідному з'єднанню зубчастих пар: 28 – 34, 31 – 31, 34 – 28 чи 38 – 24. На кінці вала X, який отримує, таким чином, 8 швидкостей, закріплене широке зубчасте колесо 18, яке знаходиться у постійному зачепленні із зубчастим колесом 37 рухомого блока на валу XI. Колеса цього блока можуть утворювати з'єднання із зубчастими колесами 15 чи 37, нерухомо закріпленими на валу XII (відповідно, зубчасті пари 37 – 15 чи 15 - 37). Вал XII отримує 16 значень швидкостей обертання.

Від вала XII рух передається через черв'ячну передачу 2 – 36 та обгінну муфту M_0 на вал XIII, а з нього через зубчасті пари 22 – 42 та 42 – 42 – на центральний (роздатковий) вал XIV коробки реверсів. Широке розподільче зубчасте колесо 42 закріплене на валу XIV через нормально замкнену запобіжну муфту $M_{зап.}$, яка при перевищенні зусиль подач понад допустимі, розмикається, тим самим від'єднуючи колесо 42 від вала XIV.

Від вала XIV рух передається на гвинт вертикальної, поперечної та поздовжньої подач (відповідно, вали XVI, XVIII та XXII).

Вертикальна подача включається кулачковою муфтою M_3 , розміщеною на валу XV. Обидва зубчасті колеса 42 вала XV отримують рух від колеса 42 вала XIV, причому праве (по схемі) зубчасте колесо 42 вала XV отримує рух безпосередньо від розподільчого колеса 42, а ліве – через зубчасті колеса 30 – 30 проміжного вала XVII. Муфта M_3 , яка служить для реверсування вертикальної подачі, має три положення:

при крайньому правому положенні праве зубчасте колесо 42

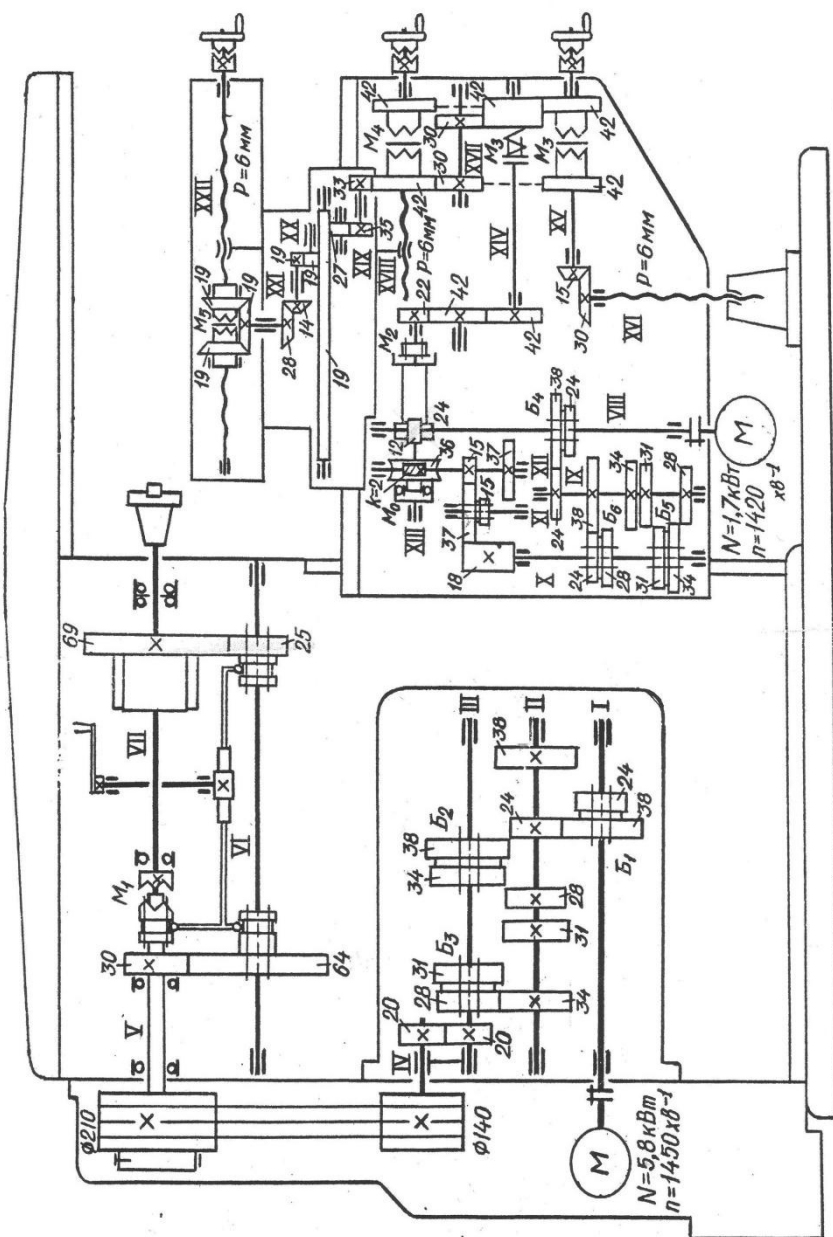


Рис. 3. Кінематична схема універсально-фрезерного верстата 6Н81

з'єднується з валом XV і подача буде направлена вгору;

при крайньому лівому положенні ліве зубчасте колесо 42 з'єднується з валом XV і подача буде направлена вниз;

при середньому положенні муфти обидва колеса 42 від'єднані від вала XV.

Від вала XV рух передається через конічну зубчасту пару 15 – 30 та гвинтову передачу ($t = 6\text{мм}$), гайка якої закріплена в станині верстата. В результаті переміщення гвинта, що обертається у гайці, консоль верстата разом із столом переміщається вертикально відносно станини.

Для отримання поперечної подачі необхідно привести в обертання гвинт XVIII ($t = 6\text{мм}$), який утворює гвинтову передачу із гайкою, з'єднаною із поперечними ползками. В цьому випадку гайка разом із поперечними ползками буде переміщатись у поперечному напрямі.

Передача на гвинт XVIII здійснюється від розподільчого колеса 42 вала XIV двома шляхами:

а) напряму (вказано на схемі штриховою лінією) при переміщенні муфти M_4 в крайнє праве положення;

б) через зубчасті колеса 30, нерухомо закріплені на проміжному валу XVII (зубчасті пари 42- 30 і 30 - 42) – при переміщенні муфти M_4 у крайнє ліве положення.

При середньому положенні муфти M_4 обидва колеса 42 від'єднані від вала XVIII і поперечна подача виключена.

Поздовжня подача стола здійснюється за допомогою гвинта XXII, який утворює гвинтову передачу з гайкою, з'єднаною з столом. Рух на гвинт передається від розподільчого зубчастого колеса 42 через зубчасті колеса 30 – 30 – 42 – 33 – 35 – 27 – 19 – 19 – 19 – 19 – 14 – 28 на реверс поздовжньої подачі, який складається із трьох конічних коліс 19. Праве і ліве колеса посаджені на вал XXII вільно і отримують від горизонтального конічного колеса обертання у взаємно протилежних напрямках. При переміщенні муфти із середнього положення в ту чи іншу сторону включається відповідна поздовжня подача.

Кінематичні рівняння ланцюгів подач стола

$$S_e = n_{oe} \cdot i'_{kn} \cdot \frac{15}{30} \cdot t', \quad \text{мм/хв} \quad (7)$$

$$S_{\text{нон}} = n_{\text{дв}} \cdot i''_{\text{кп}} \cdot t'', \quad \text{мм/хв} \quad (8)$$

$$S_{\text{позд}} = n_{\text{дв}} \cdot i'''_{\text{кп}} \cdot t''', \quad \text{мм/хв} \quad (9)$$

де $n_{\text{дв}}$ – частота обертання вала привідного електродвигуна, хв^{-1} ; $i'_{\text{кп}}$, $i''_{\text{кп}}$, $i'''_{\text{кп}}$ – передаточні відношення коробки подач до відповідних гвинтів подач; t' , t'' , t''' – кроки різьби відповідних гвинтів подач, мм.

Вертикальна, поперечна та поздовжня подачі можуть також здійснюватись вручну при обертанні маховичків, розміщених на відповідних валах (XV, XVIII та XXII) при встановленні муфт М₃, М₄ та М₅ у середньому положенні.

Допоміжні рухи

Допоміжними рухами у верстаті 6Н8І є швидкості переміщення стола, поперечних полозків та консолі (прискорення подачі). В цьому випадку обертання від електродвигуна, минаючи вали IX – XII, безпосередньо передається через вал VIII на гвинтові колеса 12 – 24 та включену муфту М₂ на вал XIII.

Вертикально - свердильний верстат 2А135

Призначення, технічна характеристика та будова верстата

Верстат 2А135 призначений для свердління, розсвердлювання, зенкерування отворів та нарізання різьби мітчиками в умовах одиничного, серійного та (рідше) масового виробництва.

ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ВЕРСТАТА

Найбільший діаметр оброблюваного отвору, мм	35
Найбільше переміщення шпинделя, мм	225
Число швидкостей шпинделя	9
Діапазон частот обертання шпинделя, хв^{-1}	68...1100
Число подач	11
Діапазон подач, мм/об.	0,115...1,6
Потужність привідного електродвигуна, кВт	4,5

Основними частинами верстата 2А135 є станина, коробка швидкостей, шпиндельна бабка та стіл. Станина служить для встановлення верстата на фундаменті і є основою для закріплення всіх його вузлів. Коробка швидкостей призначена для отримання різних частот обертання шпинделя. У шпиндельній бабці розміщена коробка подач, яка забезпечує отримання ступінчастих значень

подач шпинделя. Останній має діаметр 90мм і внутрішній конус Морзе №4 (для закріплення осьових різальних інструментів). Стіл верстата (розміром 450x450мм) служить для установки та закріплення оброблюваної заготовки і може переміщуватись по станині у вертикальній площині, що дозволяє обробляти різні по висоті заготовки. Верстат 2A135 має ручну та механічну подачу.

Кінематичний ланцюг головного руху

Головним рухом у верстаті є обертання шпинделя (рис.4). Вал I коробки швидкостей отримує рух від привідного електродвигуна ($N=4,5$ кВт, $n=1440$ хв⁻¹) через клинопасову передачу (діаметри шківів $d_1=140$ мм, $d_2=178$ мм). На валу I встановлено рухомий блок зубчастих коліс B_1 , з допомогою якого на вал II можна передати три значення частоти обертання (через зубчасті пари 27 – 55, 34 – 48 або 21 – 61). Обертання з вала II на вал III передається через зубчасту пару постійного зчеплення 34 – 48 і далі, на вал IV через рухомий блок B_2 за допомогою зубчастих пар 17 – 68, 65 – 34 чи 35 – 50. З полим валом IV з'єднаний шпиндель, який отримує, таким чином, 9 значень частот обертання.

Кінематичне рівняння ланцюга головного руху має вид :

$$n_{um} = n_{ov} \cdot \frac{d_1}{d_2} \cdot j \cdot i_{ки}, \quad \text{хв-1} \quad (10)$$

де – передаточне відношення коробки швидкостей.

Напрямок обертання шпинделя змінюється реверсуванням електродвигуна.

Кінематичний ланцюг руху подач

Рухом подач у верстаті є прямолінійне переміщення шпинделя вздовж осі. Рух подач започатковується від шпинделя V і через зубчасті пари 27 – 50 – 27 – 50 передається на вал VI коробки подач. На валу VI (рис.5), встановлені зубчасті колеса 21, 25 і 30, які входять у зачеплення, відповідно з колесами 60, 56 і 51. Вал VI має витяжну шпонку 1 (рис.5), яка за допомогою пружини 2 фіксує одне із трьох коліс на валу.

Таким чином, механізм із витяжною шпонкою дозволяє отримати три частоти обертання вала VII. Подальший рух на вал VIII передається через аналогічний механізм з витяжною шпонкою,

який дозволяє передати чотири швидкості обертання за допомогою зубчастих пар 60 – 21, 51 – 30, 35 – 46 чи 21 – 60. Вал VIII отримує

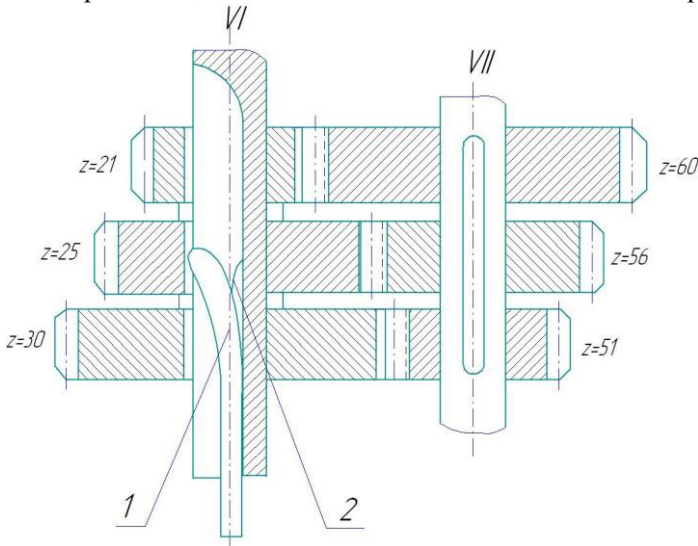


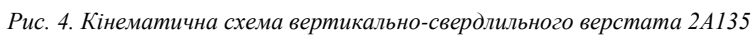
Рис. 5 Коробка подач свердильного верстата

12 швидкостей, але фактично має лише 2 різні швидкості, тому що передаточні відношення з вала VI на вал VII 21 – 60 – 21 та 30 – 51 – 30 однакові. Рух з вала VIII через запобіжну кулачкову муфту М передається на вал IX, на якому закріплений однозаходний черв'як. Обертання через черв'ячну пару I – 45 і муфту М передається на вал X із нерухомо закріпленим рейковим колесом 18, яке входить у зачеплення із рейкою ($m = 2.5\text{мм}$), нарізаною на гільзі шпинделя. З допомогою рейкової передачі обертальний рух вала X перетворюється у поступальний рух подачі шпинделя. Муфта М служить для запобігання механізму подач від поломок при перевантаженнях, а також для автоматичного виключення подачі при роботі на упорах.

Кінематичне рівняння ланцюга подач:

$$S_{\text{позд}} = I_{\text{об.шп.}} \cdot i_{\text{кл}} \cdot \pi \cdot m \cdot z, \quad \text{мм/об} \quad (11)$$

де $i_{\text{кл}}$ – передаточне відношення коробки подач.



Допоміжні рухи

Допоміжними рухами у вертикально – свердлильному верстаті 2АІ35 є переміщення шпинделя бабки, вертикальне переміщення стола та швидке переміщення шпинделя при ручній подачі.

Переміщення шпиндельної бабки здійснюється рукояткою P_1 через черв'ячну передачу $I - 32$ та рейкове колесо 18, яке з'єднується з рейкою ($m = 2\text{мм}$), закріпленою на станині.

Вертикальне переміщення стола досягається поворотом рукоятки P_2 через вал XI, конічну передачу $16 - 43$ та ходовий гвинт XII, який входить у зачеплення з гайкою, закріпленою в основі станини.

Швидке переміщення шпинделя із гільзою здійснюється штурвалом III, зв'язаним спеціальним замком з валом X. Замок дозволяє штурвалу вільно повертатись на валу X на кут $30...40^\circ$, після чого зв'язує їх в одне ціле.

Крім цього штурвал зв'язаний з кулачковою муфтою M_3 . При швидких переміщеннях шпинделя в початковий момент (при повороті штурвала в межах вільного ходу) муфта M_3 , завдяки скосам кулачків відходить, розриваючи тим самим кінематичний ланцюг механічної подачі. При подальшому повороті штурвала III через вал X та рейкову передачу здійснюється підйом (чи опускання) гільзи з циліндром. По закінченні швидкого переміщення шпинделя під дією пружини кулачкова муфта M_3 , а з нею і зубчаста муфта M_2 повертаються у початкове положення, відновлюючи механічну подачу.

Складання з натури кінематичних схем металорізальних верстатів

У практичній діяльності часто зустрічаються випадки, коли в наявних механізмах, в тому числі і металорізальних верстатах, відсутні технічні паспорти чи кінематичні схеми. В такому випадку необхідно відновити їх кінематичну схему з натури.

Нижче наведено, як приклад, порядок складання кінематичної схеми ланцюга головного руху (коробки швидкостей) металорізального верстата.

1. Відключити живлення верстата. Зняти огороження, кожухи, відкрити кришку для доступу до привода головного руху.

2. Ознайомитись із будовою коробки швидкостей, визначити призначення і принцип дії кожного механізму.

3. Прослідкувати шлях передачі руху електродвигуна до шпинделя.

4. Визначити механізми, з допомогою яких змінюються частоти обертання шпинделя, вивчити будову цих механізмів та способи керування ними.

5. Визначити тип, будову та розміщення опор всіх валів.

6. Скласти ескізну кінематичну схему коробки швидкостей, зберігаючи пропорцію деталей. Вказати характер посадок на вали шківів, зубчастих коліс, муфт, гальм та інших деталей.

7. Зобразити на схемі опори валів.

8. Послідовно, починаючи від джерела руху, визначити параметри ланок кожної кінематичної пари: діаметри шківів, числа зубів і діаметри зубчастих коліс.

9. Визначити модулі зубчастих коліс.

Модулі зубчастих коліс визначаються за такими формулами:

$$m = \frac{P}{\pi}, \quad m = \frac{h}{2.25}, \quad m = \frac{D}{z + 2}, \quad (2)$$

де P – крок зубчастого зчеплення, мм; z – числа зубів зубчастого колеса; h – висота зуба зубчастого колеса, мм.

Розрахунки, зв'язані з визначенням модулів, зводяться в таблицю:

Позначення	Кількість зубів	Зовнішній діаметр, мм	Модуль, мм
Вал I			

10. Визначити всі частоти обертання шпинделя.

11. Графічно оформити кінематичну схему відповідно із вимогами ЄСКД (ГОСТ 2.770 – 68 та СТ СЕВ 2519 - 80) табл. 3

Побудова графіка швидкості руху виконавчих органів металорізальних верстатів

Графік швидкості руху виконавчих органів (графік швидкості головного руху та графік подач) дає можливість по заданих значеннях швидкостей головного руху чи подачі скласти рівняння кінематичного балансу відповідного ланцюга. На ньому показані всі можливі значення цих параметрів та передаточні відношення всіх

кінематичних пар. Користуючись цим графіком, можна знайти також швидкісні характеристики будь-яких елементів механізму.

Побудова графіка ґрунтується на кінематичному розрахунку відповідного механізму. Для такого розрахунку використовують найчастіше графоаналітичний метод, який дозволяє швидко знаходити найкращі варіанти вирішення задачі.

Побудову графіка швидкості руху розглянемо на прикладі побудови графіка частоти обертання шпинделя токарно-гвинторізного верстата, схема якого зображена на рис. 6.

На однаковій віддалі один від одного проводять вертикальні лінії число яких рівне числу валів коробки швидкостей плюс вал електродвигуна (при наявності пасової чи ланцюгової передачі). На віддалі, рівній величині $lg\varphi$, проводять горизонтальні лінії, по числу частот обертання шпинделя, яким присвоюють (знизу вверху) порядкові номери частот обертання (з n_1 до n_k), де k – число частот обертання.

Примітка. Величина φ - це знаменник геометричної прогресії, який визначається згідно з формулою:

$$\varphi = k - l \sqrt{\frac{n_{max}}{n_{min}}} = k - l \sqrt{\frac{n_k}{n_1}} \quad (3)$$

Промені, проведені між вертикальними лініями, позначають передачу між двома валами відповідним передаточним відношенням, яке визначається по кінематичній схемі.

Горизонтальні промені позначають передаточні відношення i .

При $i > 1$, (збільшуюча передача) промені спрямовані вверху під кутом, при $i < 1$ (зменшуюча передача) промені спрямовані під кутом донизу.

На променях вказують відповідні передаточні відношення.

На рис.7 представлено графік частоти обертання валів коробки швидкостей верстата, схема якого зображена на рис. 6

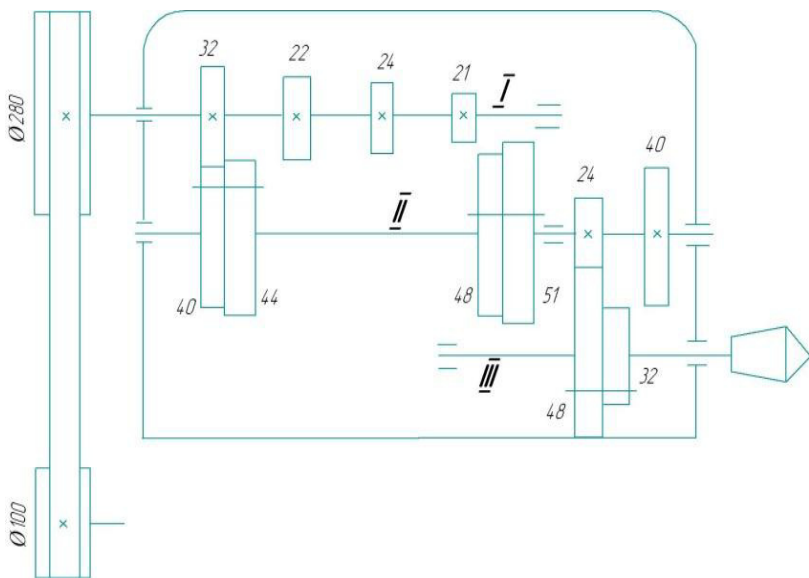


Рис. 6. Кінематична схема токарно-гвинторізного верстата

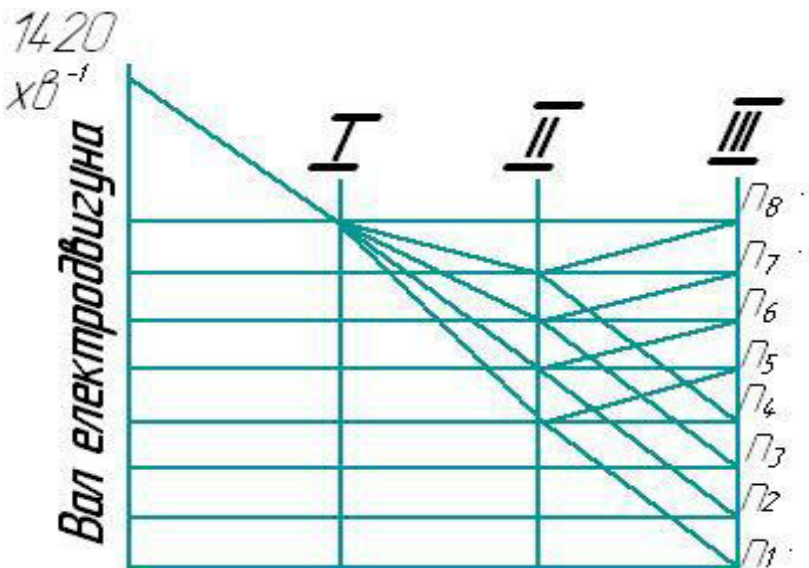


Рис. 7. Графік частоти обертання валів коробки швидкостей токарно-гвинторізного верстата

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2

Будова і геометричні параметри токарних різців

Мета роботи: вивчити будову токарних різців, їх призначення і отримати практичні навички по вимірюванню їх геометричних параметрів.

Забезпечення роботи: прилад типу ПКР ТУ2-034-625-82; різець прохідний; різець відрізний; різець розточний; різець підрізний; транспортер; штангенциркуль.

Загальні відомості

Різальна частина будь-якого інструменту виконана в формі клину. Геометрія різального інструменту характеризується формою його різальної частини та кутами, визначає положення робочих площин. Ці параметри впливають на стійкість інструменту, умови утворення стружки, сили різання і якість обробленої поверхні. Найбільш поширеними різальними інструментами і найбільш простими по будові є різці. В зв'язку з цим геометрія різального інструменту розглядається на прикладі токарного різця (рис.8). Елементами робочої частини (головки І) є передня поверхня 1, головна 3 і допоміжна 4 задня поверхня, головна 2 і допоміжна 5 різальна кромки і вершина 6 різця.

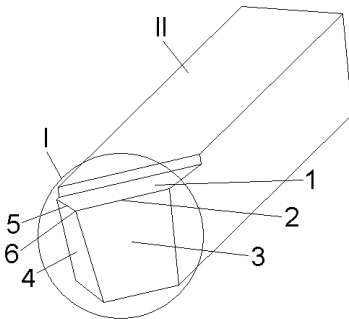


Рис. 8. Елементи токарного різця

Передньою поверхнею називається поверхня різця, по якій сходить стружка в процесі різання. Головною задньою поверхнею називається поверхня різця, обернена до поверхні різання. Допоміжною задньою поверхнею називається поверхня, обернена до обробленої поверхні. Різальні кромки утворюються перетином

граней різця. Головна різальна кромка утворюється перетином передньої поверхні з головною задньою поверхнею; допоміжна різальна кромка утворюється перетином передньої поверхні з допоміжною задньою поверхнею. Вершина різця утворюється перетином головної і допоміжної різальних кромок. Спряження різальних кромок може бути виконане по радіусу. Геометрія різця характеризується слідуочими кутами (рис. 9): 1) головний передній кут γ ; 2) головний задній кут α ; 3) кут загострення β ; 5) головний кут в плані φ ; 6) допоміжний кут в плані φ_1 ; 7) кут при вершині різця ϵ ; 8) кут нахилу різальної кромки λ .

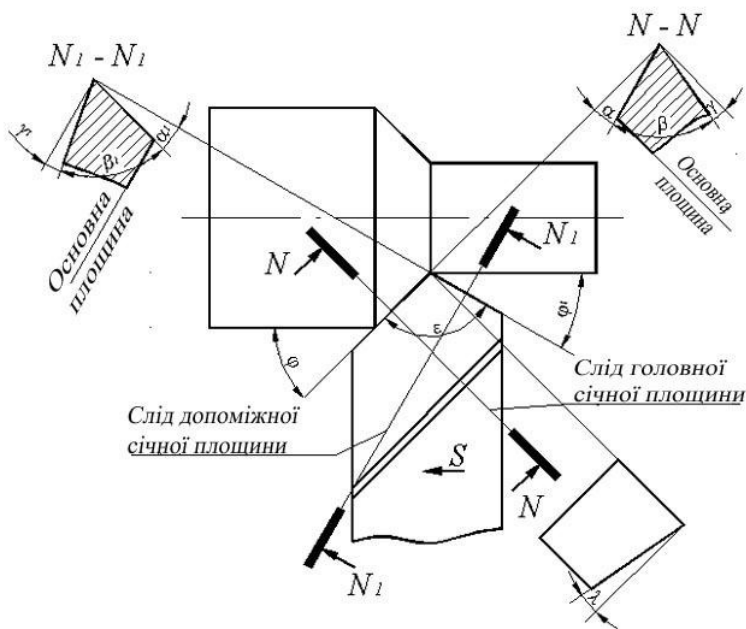


Рис. 9. Куты токарного різця

Для визначення кутів різця встановлені слідуочі координатні площини: площина різання, головна січна площина ($N - N$), головна площина в плані і допоміжна січна площина ($N_1 - N_1$). Площиною різання називається площина, дотична до поверхні різання і яка проходить через головну різальну кромку. Головною січною площиною називається площина, перпендикулярна площині

різання і проекції головної різальної кромки на основну площину. Головною площиною в плані називається площина, паралельна поздовжній і поперечній подачі.

Кути в головній січній площині:

а) передній кут γ – кут між передньою поверхнею і площиною, перпендикулярною до площини різання і яка проходить через головну різальну кромку;

б) головний задній кут α – кут між площиною різання і головною задньою поверхнею;

в) кут загострення β – кут між передньою і головною задньою поверхнею;

г) кут різання δ – кут між передньою поверхнею і площиною різання.

Головний кут в плані ϕ – кут між проекцією головної різальної кромки на основну площину і напрямком подачі.

Допоміжний кут в плані ϕ_1 – кут між проекцією допоміжної різальної кромки на основну площину і напрямком, оберненим напрямку подачі.

Кут при вершині різця ε – кут між проекціями головної і допоміжної різальної кромки на основну площину.

Кут нахилу різальної кромки λ – кут між головною різальною кромкою і лінією, проведеною через вершину різця паралельно основній площині. Кути різальної частини різця вимірюються приладом типу ПКР (кутомір на стояку) ТУ2-034-625-82 (рис. 10).

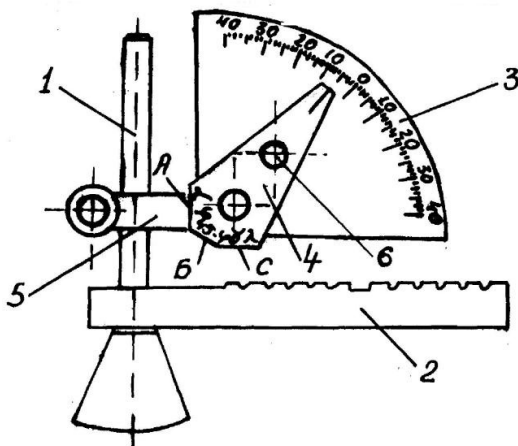


Рис. 10. Прилад типу ПКР (кутомір на стояку)

Прилад типу ПКР (кутомір на стояку) складається із стояка 1, на якому рухомо закріплений стіл 2, кутомір 3 з шаблоном 4, які зв'язані зі стояком рухомим кронштейном 5. Шаблон 4 фіксується стопорним гвинтом 6. Кутомір 3 проградуировано від 0° до 40° в двох напрямках, з ціною поділки 1° і може рухатися у вертикальній площині. Стіл 2, для зручності вимірювання, обертається у горизонтальній площині. Грань А шаблона 4 використовується для вимірювання кутів α і φ , грань В - кута φ_1 , грань С – кутів γ і λ .

Порядок виконання роботи

В процесі виконання роботи необхідно вивчити будову різців та їх призначення. В характеристиці різця обов'язково вказати назву, марку матеріалу різальної частини і форму передньої поверхні. В назві різця повинні бути відображені: тип різця (прохідний, підрізний, відрізний, розточний і т.д.), розміщення головної різальної кромки (правий чи лівий) і розміщення осі різця (прямий, відігнутий, відтягнутий). Ескізи різців необхідно виконати в двох проекціях з перерізом, достатнім для позначення всіх елементів його різальної частини. Дані занести в таблицю 4.

Таблиця 4

Характеристика вимірювальних різців

№ з/п	Характеристика різців	1	2	3	4
1.	Назва				
2.	Форма передньої поверхні				
3.	Марка матеріалу різальної поверхні				

Довжину різця L , довжину головки різця l_1 , довжину стержня різця l_2 , ширину B , висоти H і h , вимірюють штангенциркулем і записують у таблицю 5. Після цього необхідно вивчити будову кутоміра на стояку (прилад типу ПКР) і методику вимірювань ними кутів.

Виміряти геометричні параметри різців: передній кут γ ; головний задній кут α ; головний кут плані φ ; допоміжний кут в плані φ_1 ; кут

нахилу різальної кромки λ і записати в таблицю 5. Визначити кут загострення β ; кут різання δ ; кут при вершині різця ε , виходячи з рівнянь 1; 2; 3 і записати в таблицю 5.

$$\alpha + \beta + \gamma = 90^\circ \quad (1)$$

$$\alpha + \beta = \delta \quad (2)$$

$$\varphi + \varepsilon + \varphi_1 = 180^\circ \quad (3)$$

Таблиця 5

Результати вимірювання

№ з/п	Вимірювальні величини	Показники	Величини для різців			
			1	2	3	4
1	Довжина різця	L, мм				
2	Довжина головки	L ₁ , мм				
3	Довжина стержня	L ₂ , мм				
4	Переріз стержня	HxВ, мм				
5	Головний передній кут	γ^0				
6	Головний задній кут	α^0				
7	Кут загострення	β^0				
8	Кут різання	δ^0				
9	Головний кут в плані	φ^0				
10.	Допоміжний кут в плані	φ_1^0				
11.	Кут при вершині	ε^0				
12.	Кут нахилу різальної кромки	λ^0				
13.	Радіус загострення вершини різця	r, мм				

Зміст звіту

1. Найменування роботи.
2. Характеристика вимірювальних різців (таблиця 4).
3. Ескіз різців.

4. Будова приладу типу ПКР (кутоміра на стояку) і методика вимірювання кутів.
5. Геометричні параметри різців (таблиця 5).
6. Висновок про область застосування різців.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3

Вплив режимів різання при точінні на шорсткість обробленої поверхні

Мета роботи: вивчення впливу режимів різання при точінні (швидкість різання та подача) на шорсткість обробленої поверхні.

Забезпечення роботи: токарний верстат; різець прохідний; ступінчаті валики; зразки чистоти.

Загальні відомості

Під шорсткістю поверхні розуміють сукупність мікронерівностей (впадин та виступів) з різними кроками. Шорсткість поверхні має великий вплив на експлуатаційні можливості деталей машин, такі як довговічність, міцність, контактна шорсткість, антикорозійна стійкість та ряд інших. Із зменшенням шорсткості перераховані властивості, в більшості випадків, покращуються.

Першоснова утворення мікронерівностей при токарній обробці – невеликі залишкові гребінці, висота яких залежить від величини швидкості різання, подачі та геометрії різця. Певний вплив на шорсткість поверхні мають матеріал оброблюваної деталі, зношення різця і т.д. Поверхні за шорсткістю поділяються на 14 класів.

Найпоширенішим методом контролю шорсткості поверхні є метод порівняння оброблюваної поверхні з еталонними зразками чистоти. Для точної оцінки шорсткості поверхні застосовують спеціальні прилади (подвійний мікроскоп, інтерференційний мікроскоп, профілометр - профілограф).

Порядок виконання роботи

Вплив подачі на шорсткість поверхні

1. Встановити валик в токарний патрон і піджати центром задньої бабки. Виміряти діаметр оброблювальної частини.

2. Встановити режими різання: $S_{\text{позд.}} = 0,08$ мм/об, частота обертання шпинделя $n = 450$ об/хв, глибина різання $t = 0,5$ мм.
3. Проточити першу ступінь валика (до виходу різця в канавку).
4. Встановити слідувачу подачу і проточити другу ступінь валика.
5. Повторити пункт 4 для всіх заданих подач.
6. Зняти валик і за допомогою еталонних зразків визначити значення шорсткості його ступеней.
7. Результати занести у таблицю 6.

Таблиця 6

Значення шорсткості при різних подачах

Ступінь	1	2	3	4	5
Подача, мм/об	0,8	0,30	0,65	1,0	1,25
Клас чистоти					

Діаметр валика до обробки $d = \dots$ мм,Швидкість різання $V = \pi d n / 1000 =$

Вплив швидкості різання на шорсткість поверхні

1. Встановити валик у токарний патрон і піджати центром задньої бабки. Виміряти діаметр оброблюваної частини.
2. Встановити режим різання: частота обертання шпинделя $n = 46$ об/хв, подача $S_{\text{позд.}} = 0,16$ мм/об, глибина різання $t = 0,5$ мм
3. Проточити першу ступінь валика (до виходу різця в канавку).
4. Встановити слідувачу частоту обертання шпинделя і проточити другу ступінь валика.
5. Повторити пункт 4 для всіх заданих частот обертання шпинделя.
6. Зняти валик і за допомогою еталонних зразків визначити значення шорсткості його ступеней.
7. Результати занести в таблицю 7.

Таблиця 7

Значення шорсткості при різних швидкостях

Ступінь	1	2	3	4	5
Частота обертання шпинделя, об/хв.	46	230	600	955	1200
Швидкість різання, v , мм/хв.					
Клас чистоти					

Діаметр валика до обробки $d = \dots$ мм.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4

Перевірка токарно-гвинторізного верстата на точність

Мета роботи: вивчити методи перевірки верстата на точність та оцінити його стан за його показниками.

Забезпечення роботи: токарно – гвинторізний верстат 1К62 (1616); індикатор годинникового типу; набір оправок; магнітна стійка.

Загальні відомості

Нові або відремонтовані верстати проходять перевірку якості виготовлення чи ремонту верстата. З цією метою верстат випробовують на геометричну точність, точність геометричної форми оброблюваних деталей, на жорсткість.

Геометричну точність верстата визначають перевіркою точності взаємного розміщення, переміщення та співвідношення рухів робочих органів, які несуть заготовку та інструмент. Точність геометричної форми оброблюваної деталі визначають при обробці спеціальних зразків. Параметри, які перевіряються, методи контролю і норми точності в залежності від конструкції верстата та його точності регламентуються відповідними ГОСТами та технічними умовами.

Токарні (в тому числі токарно – гвинторізні) верстати загального призначення класів точності Н (нормальної), П (підвищеної), В (високої) перевіряють на точність і жорсткість згідно ГОСТ 18097 – 72, який передбачає 17 перевірок на точність, дві перевірки верстата в роботі (на точність оброблюваних зразків) і одну перевірку на жорсткість.

В даній роботі виконується 6 найбільш характерних перевірок точності токарно – гвинторізного верстата.

Порядок виконання роботи

1. Перевірка радіального биття центруючої поверхні шпинделя передньої бабки під патрон (рис. 11,а).

На верстаті встановлюється індикатор так, щоб його вимірювальний стержень дотикався центруючої шийки шпинделя і був перпендикулярним до твірної. Шпиндель приводиться в рух.

2. Перевірка осевого биття шпинделя передньої бабки (рис.11,б).

На верстаті встановлюється індикатор так, щоб його вимірювальний стержень дотикався торцової поверхні буртика шпинделя передньої бабки на максимальному віддаленні від центра. Заміри осьового биття проводяться не менше як в двох діаметрально протилежних точках одного діаметру (індикатор переставляється).

3. Перевірка радіального биття конічного отвору шпинделя передньої бабки (рис. 11,в).

В отвір шпинделя передньої бабки щільно вставляється циліндрична оправка. Вимірювальний стержень індикатора, встановленого на верстаті, вводиться в контакт з поверхнею оправки. Шпиндель приводиться в рух. Вимірювання проводиться біля торця шпинделя, та на відстані 300 мм від нього.

4. Перевірка паралельності осі обертання шпинделя передньої бабки поздовжньому переміщенню супорта у вертикальній та горизонтальній площинах (рис .11,г).

На супорті верстата встановлюється індикатор так, щоб його вимірювальний стержень дотикався поверхні оправки, встановленої в отвір шпинделя, у двох площинах.

а) по її верхній твірній;

б) по її бічній твірній.

Супорт переміщається від передньої бабки до задньої. Вимірювання проводиться у обох площинах по діаметрально протилежних твірних (при повороті шпинделя).

5. Перевірка паралельності переміщення пінолі задньої бабки поздовжньому переміщенню у вертикальній та горизонтальних площинах (рис. 11,д).

Піноль вставляють в задню бабку і затискають. На супорті встановлюється індикатор так, щоб його вимірювальний стержень дотикався до пінолі в точках, розміщених:

а) по її верхній твірній;

б) по її бічній твірній.

Піноль вивільняють, висовують на половину її максимального переміщення і знову затискають. Супорт переміщається в поздовжньому напрямку так, щоб стержень індикатора знову дотикався твірної пінолі в початкових точках. Похибка визначається як алгебраїчна різниця показів індикатора в обох точках.

6. Перевірка одновисотності осі обертання шпинделя передньої бабки та осі отвору пінолі задньої бабки по відношенню до направляючих станини у вертикальній площині (рис. 11.е).

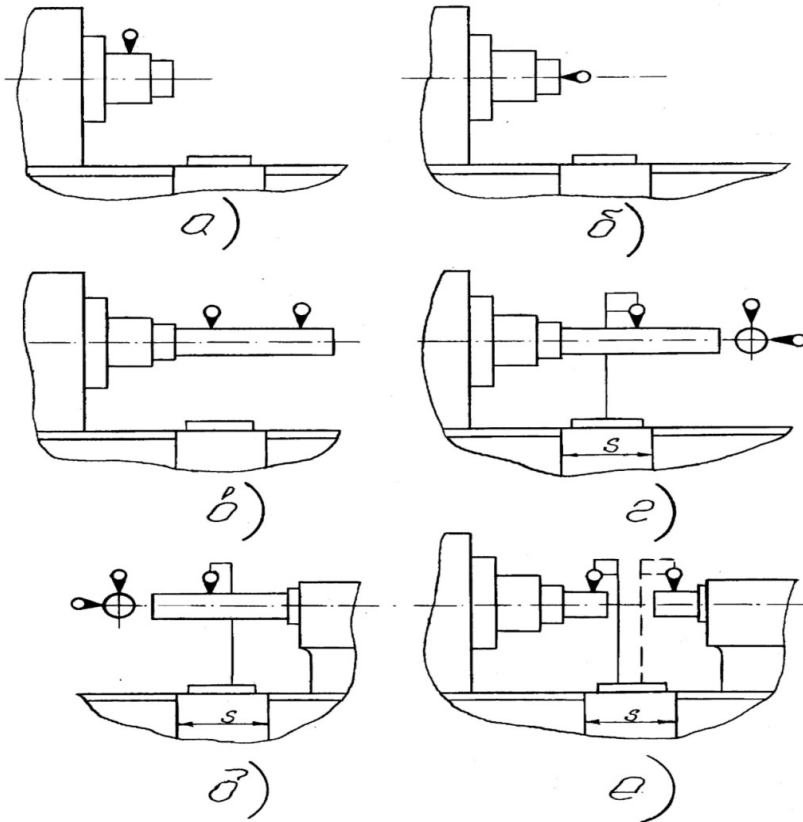


Рис. 11. Методи перевірки верстата на точність:

а) перевірка радіального биття центруючої поверхні шпинделя передньої бабки під патрон; б) перевірка осьового биття шпинделя передньої бабки; в) перевірка радіального биття конічного отвору шпинделя передньої бабки; г) перевірка паралельності осі обертання шпинделя передньої бабки по довжінню переміщенню супорта у вертикальній та горизонтальній площинах; д) перевірка паралельності переміщення пінолі задньої бабки по довжінню переміщенню у вертикальній та горизонтальних площинах; е) перевірка одновисотності осі обертання шпинделя передньої бабки та осі отвору пінолі задньої бабки по відношенню до направляючих станини у вертикальній площині.

На супорті встановлюється індикатор так, щоб його вимірювальний стержень дотикався до твірної циліндричної оправки, закріпленої між центрами задньої та передньої бабки. Супорт переміщається від передньої бабки до задньої.

Дані всіх вимірювань заносяться у таблицю 8.

Таблиця 8

Результати перевірок			
№ з/п	Параметр	Дійсне значення величини мм	Допустиме значення, мм
1	2	3	4
1	Радіальне биття центрувальної поверхні		
2	Осьове биття шпинделя передньої бабки		
3	Радіальне биття конічного отвору шпинделя передньої бабки		
4	Паралельність осі обертання шпинделя передньої бабки поздовжньому переміщенню супорта у вертикальній та горизонтальній площинах		
5	Паралельність переміщення пінолі задньої бабки поздовжньому переміщенню у вертикальній та горизонтальній площинах		
6	Перевірка одновисотності осі обертання шпинделя передньої бабки та осі отвору пінолі задньої бабки по відношенню до направляючих станини у вертикальній площині		

Зміст звіту

1. Найменування роботи.
2. Схема перевірок.
3. Протокол перевірок.
4. Висновок про придатність верстата для подальшої експлуатації.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5

Деформація різання шару металу

Мета роботи: Ознайомитись з методами визначення коефіцієнтів усадок стружки. Дослідити вплив режимів різання на усадку стружки.

Забезпечення роботи: токарно – гвинторізний верстат ІК62; різець прохідний; штангенциркуль; пружний сталевий дріт діаметром 0,25мм; мікрометр; аналітична вага.

Загальні відомості

В процесі різання внаслідок пружних і пластичних деформацій проходить зміна фізико – механічних властивостей стружки і поверхневого шару оброблюваної деталі.

На рисунку 12 показана зона деформації. Вона охоплює частину оброблюваного металу перед різцем, під обробленою поверхнею і стружку. В результаті пластичної деформації довжина стружки отримується коротшою того участка, з якого вона зрізана ($l_1 < l$), а товщина стружки більша товщини зрізу ($a_1 > a$), ширина стружки незначно відрізняється від ширини зрізу ($b_1 \approx b$).

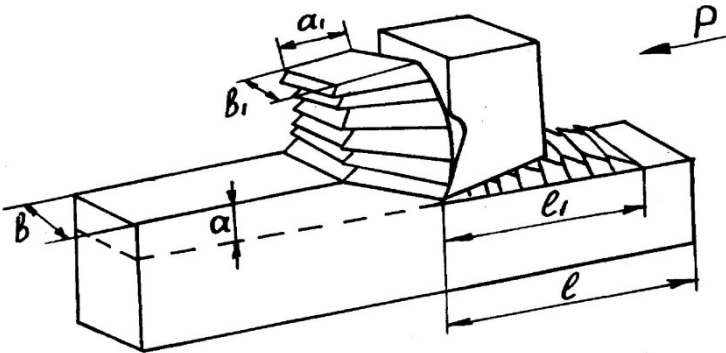


Рис. 12. Схема для визначення усадки стружки

Зменшення довжини стружки прийнято називати поздовжньою усадкою стружки, величина її характеризується коефіцієнтом усадки стружки. Коефіцієнт усадки K є відношення довжини ділянки, з якої зрізана стружка, до довжини самої стружки. Коефіцієнт поздовжньої усадки стружки рівний $K = l / l_1$

Якщо не врахувати зміну щільності металу у процесі різання, то

об'єм зрізуваного шару (зрізу) можна прирівняти до об'єму уже зрізаного шару (стружки), а тому зміна довжини стружки повинна супроводжуватись збільшенням її площі поперечного перерізу, що прийнято називати поперечною усадкою стружки

$$\frac{l}{l_1} = \frac{f_c}{f} = \frac{a_1 \cdot b_1}{a \cdot b} = \frac{a_1}{a} = K, \quad (1)$$

де $K = \frac{a_1}{a}$ – коефіцієнт поперечної усадки стружки; f – номінальна площа поперечного перерізу зрізу в мм²; f_c – площа поперечного перерізу стружки в мм².

Із формули (1) випливає, що поздовжня усадка стружки рівна її поперечній усадці. Коефіцієнт усадки стружки в залежності від умов обробки може бути рівний 1...10. Коефіцієнт усадки дозволяє виявити вплив деяких факторів на протікання процесу різання і пояснити ряд явищ, які супроводжують стружкоутворення.

Коефіцієнт усадки стружки є в деякій мірі оцінкою ступеня пластичної деформації при різанні металів, а тому, чим менша усадка стружки, тим з меншими пластичними деформаціями проходить процес різання і більш сприятливі умови для стружкоутворення, також менші питомі затрати потужності на обробку даної заготовки.

Вплив різних факторів на коефіцієнт усадки стружки

На усадку стружки впливають:

- 1) геометричні параметри різальної частини різця;
- 2) елемент режиму різання;
- 3) змашувально – охолоджуюча рідина;
- 4) оброблюваний метал і його фізико – механічні властивості.

Із елементів режиму різання найбільший вплив на усадку стружки має швидкість різання. При збільшенні швидкості різання в областях невеликих її значень з'являється наріст, який зменшує кут різання, знижує усадку стружки. При подальшому збільшенні швидкості усадка збільшується. З подальшим збільшенням швидкості (в областях зниження наросту) усадка зменшується. При збільшенні швидкості різання вище 200...300 м/хв. усадка стружки майже постійна.

При збільшенні подачі, при відсутності наросту, коефіцієнт усадки зменшується. Глибина різання в незначній мірі впливає на

усадку стружки. Змашувально – охолоджуюча рідина знижує усадку, так як з її застосуванням зменшується тертя.

Методи визначення коефіцієнта усадки стружки

Для експериментального визначення коефіцієнта усадки стружки існує декілька методів.

1. Вимірюванням довжини шляху різця l , на якому знімається стружка і довжини отриманої при цьому стружки l_1 , довжина вимірюється штангенциркулем (про струганні), чи на шляху різання (при точінні), а довжина стружки пружною мірою (пружний сталевий дріт діаметром 0,25 мм чи пружною сталюю стрічкою товщиною 0,05 мм).

Коефіцієнт усадки стружки в цьому випадку визначається як відношення:

$$K = \frac{l}{l_1} . \quad (2)$$

2. Вимірюванням товщини стружки за допомогою мікрометра. Знаючи теоретичну товщину зрізаного шару a і вимірявши товщину стружки a_1 можемо визначити коефіцієнт усадки стружки за формулою:

$$K = \frac{a_1}{a} . \quad (3)$$

3. Ваговим методом, в якому для визначення коефіцієнта усадки стружки використовується відношення площі поперечного перерізу стружки знятого шару

$$K = \frac{a_1 \cdot b_1}{a \cdot b} . \quad (4)$$

При визначанні K цим методом від досліджуваної стружки відділяють прямолінійний відрізок довільної довжини l_1 і зважують на торсіонних чи аналітичних вагах. Нехай вага цього відрізка стружки буде Q , тоді:

$$a_1 \cdot b_1 = \frac{Q}{\gamma \cdot l_1} \cdot 10^3 , \quad (5)$$

де l_1 – довжина відрізка стружки в мм; γ – питома вага в г/см³;
 Q – вага стружки в г.

Звідки

$$K = \frac{Q \cdot 10^3}{\gamma \cdot l_l \cdot a \cdot b} . \quad (6)$$

Приймаючи до уваги, що стружка знімалась різцем з кутом $\lambda = 0^\circ$ і $\varphi = 90^\circ$, можна записати

$$K = \frac{Q \cdot 10^3}{\gamma \cdot l_l \cdot S \cdot t} . \quad (7)$$

Порядок виконання роботи

В процесі виконання роботи необхідно дослідити залежність коефіцієнта усадки стружки від режимів різання (v, s, t) ваговим методом. Для цього студентам видаються готові зразки стружки, отримані при різанні сталі при різних режимах різання, для визначення залежності коефіцієнта усадки стружки від v, s, t і вказуються ці режими.

Для визначення залежності $K=f(v)$ необхідно для трьох зразків стружки, отриманих при різних значеннях v і постійних s, t , визначити довжину l_l (по середній лінії) і вагу Q , після чого визначають K .

Для визначення залежності $K=f(t)$, визначають K для трьох зразків стружки, отриманих при різних значеннях t і постійних значеннях v, s .

Для визначення залежності $K=f(s)$, визначають K для трьох зразків стружки, отриманих при різних значеннях s і постійних значеннях v, t .

Всі отримані результати заносяться в таблицю 9 і за ними будують графіки залежності режимів різання від коефіцієнта усадки стружки.

Таблиця 9

Параметри стружки

№ з/п	Матеріал	Режим різання			Довжина стружки, мм	Вага стружки, кг	Коефіцієнт усадки стружки
		V, м/хв	S, мм/об	t, мм			

Для цього в прямокутній системі координат відкладають на осях абсцис значення змінних факторів (швидкість різання – V , м/хв, подача – S , мм/об, глибина різання – t , мм), а на осях ординат – значення коефіцієнтів усадки стружки – K . З'єднавши точки, отримаємо графіки залежності $K=f(v)$; $K=f(s)$; $K=f(t)$. По цих графіках робиться висновок про вплив перерахованих параметрів на величину пластичної деформації зрізуемого шару металу.

Зміст звіту

1. Найменування роботи.
2. Схема для визначення усадки стружки.
3. Коефіцієнт усадки стружки і методи їх визначення.
4. Залежність коефіцієнта усадки стружки від швидкості, дані занести в таблицю 9.
5. Залежність коефіцієнта усадки стружки від подачі, дані занести в таблицю 9.
6. Залежність коефіцієнта усадки стружки від глибини різання, дані занести в таблицю 9.
7. Побудувати графіки залежності коефіцієнта усадки стружки від режимів різання.
8. Зробити висновок.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6

Нарізання зубів на фрезерному верстаті за допомогою ділильної головки УДГ – 135

Мета роботи: вивчити будову ділильної головки УДГ–135, порядок простого і диференційного ділення при нарізанні зубчастих коліс на фрезерному верстаті.

Забезпечення роботи: фрезерний верстат 6Н8І; ділильна головка УДГ–135; дискова модульна фреза; заготовка.

Загальні відомості

Ділильні головки служать для періодичного повороту заготовки навколо власної осі при її поділі на рівні або нерівні частини. Застосовується ділильна головка при нарізанні зубчастих коліс, фрезеруванні багатогранників, нарізанні спіральних канавок.

Кінематична схема ділильної головки наведена на рис. 13. Основними частинами ділильної головки є корпус, поворотна

частина 1, шпindel 2 з центром 3, ділильний диск 4, рукоят 5 і фіксатор 6. На шпинелі кріпиться кулачковий чи поводковий патрон. Поворот заготовки 7 здійснюється обертанням рукояті 5, закріпленої на валу 8. На останньому закріпленні черв'як 9, через який рух передається на черв'ячне колесо 10, шпindel 2 і оправку 11 із заготовкою 7. Для фіксації рукояті 5 у необхідному положенні служить фіксатор 6, який може входити в отвір ділильного диска 4.

На універсальній ділильній головці можна виконувати просте і диференційне ділення.

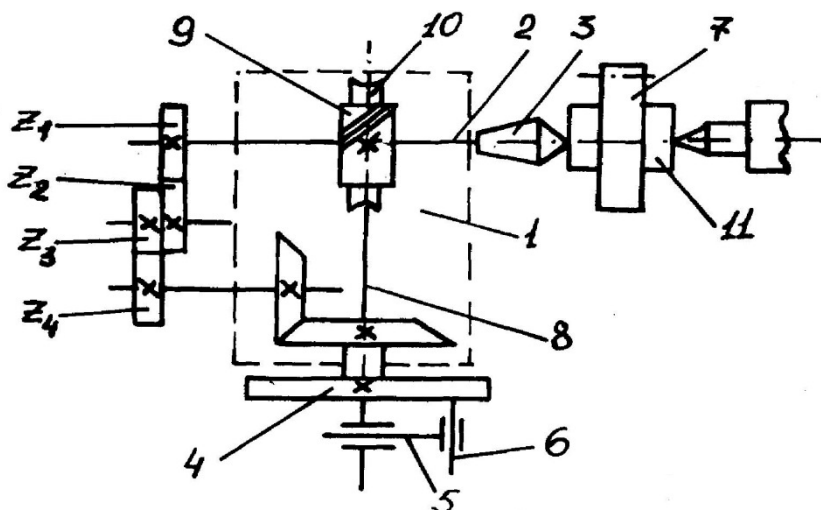


Рис. 13. Кінематична схема ділильної головки

Просте ділення

Для визначення числа обертів n рукояті 5 для повороту шпинделя 2 на $1/z$ частину кола служить формула:

$$n = \frac{N}{z} = A + \frac{a}{b} = A + \frac{a \cdot m}{b \cdot m}, \quad (1)$$

де N – характеристика ділильної головки. Вона характеризує число обертів рукояті, яке забезпечує один повний оберт шпинделя і визначається передаточним відношенням черв'ячної пари

$$N = \frac{z}{k} = \frac{40}{1} = 40, \quad (2)$$

де A – ціле число обертів рукояті; a/b – правильний простий

нескоротний дріб; m – множник, вибраний так, щоб добуток $b \cdot m$ дорівнював одному із чисел отворів, яке є на ділильному диску; $a \cdot m$ – число поділок, на яке треба повернути рукоять по колу, де є $b \cdot m$ отворів.

Число отворів на ділильних головках УДГ – 135 і УДГ – 160 :
перша сторона – 24;25;28;30;37;39;41;42;43
друга сторона – 46;47;49;51;53;54;57;58;59;62;66.

Для зручності відліку поділок по ділильному диску служить поворотний сектор (рис.14), розсувні планки якого встановлюються так, щоб число потрібних поділок $a \cdot m$ було в проміжку між планками.

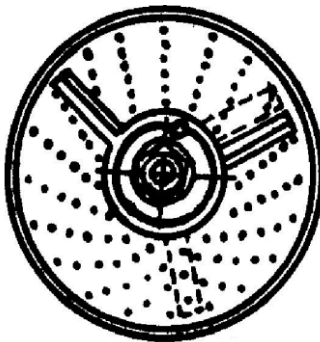


Рис. 14. Ділільний диск

Диференційне ділення

Даний метод застосовують тоді, коли через відсутність потрібного числа отворів на ділильному диску просте ділення здійснити неможливо.

Суть методу полягає в тому, що необхідний поворот заготовки виконується як результат двох рухів:

- 1) обертання рукояті відносно ділильного диска;
- 2) додаткового обертання ділильного диска, яке здійснюється через

змінні зубчасті колеса з передаточним відношенням $i_{зм} = \frac{z_1}{z_2} \cdot \frac{z_3}{z_4}$ та

постійну кінчну зубчасту передачу.

Для визначення числа обертів рукояті використовується формула простого ділення:

$$n = \frac{N}{z_{наб}}, \quad (3)$$

де $Z_{наб}$ – значення кількості зубів, яке можна поділити методом простого ділення. Значення $Z_{наб}$ необхідно вибирати як можна ближче до заданого числа зубів.

При одному повороті рукояті, шпindel повертається на $1/z_{наб}$ замість необхідного $1/z$. Похибку $\left(\frac{1}{z} - \frac{1}{z_{наб}}\right)$ необхідно компенсувати поворотом ділильного диска, яке здійснюється за допомогою змінних коліс z_1, z_2, z_3, z_4 .

Їх передаточне відношення дорівнює:

$$i_{зм} = \frac{N}{Z_{наб}} (Z_{наб} - Z). \quad (4)$$

При $Z_{наб} \leq Z$ значення $i_{зм}$ від’ємне і ділильний диск повинен повертатись у напрямку, протилежному обертанню рукояті. Це досягається введенням проміжного зубчастого колеса.

При $Z_{наб} \geq Z$ ділильний диск повертається в тому ж напрямі як і рукоять і проміжне зубчасте колесо не потребується.

Приклад. Необхідно нарізати зубчасте колесо із $Z = 97$, характеристика головки $N = 40$.

Відношення $\frac{40}{97}$ є нескоротним дробом, тому необхідне диференційне ділення.

Приймаємо $Z_{наб} = 100$. Тоді число обертів рукояті:

$$n = \frac{N}{Z_{наб}} = \frac{40}{100} = \frac{2}{5} \cdot \frac{5}{5} = \frac{10}{25}$$

Визначаємо $i_{зм}$:

$$i_{зм} = \frac{N}{Z_{наб}} (Z_{наб} - Z) = \frac{40}{100} (100 - 97) = \frac{6}{5}$$

Із набору змінних коліс підбираємо такі, щоб їх передаточне

відношення було рівне $\frac{6}{5}$. Це досягається при слідуєчих парах
зубчастих коліс: $\frac{30}{25}$ або $\frac{60}{40}$ або $\frac{90}{75}$.

Оскільки $Z_{наб} \geq Z$, то потреби у проміжному зубчастому колесі
нема.

Технічна характеристика ділильних головок наведена в таблиці 10.

Таблиця 10

Технічна характеристика ділильних головок

Конструкційні дані		УДГ - 100	УДГ - 135	УДГ - 160
Висота центрів в мм		100	135	160
Конус в шпинделі (Морзе)		3	4	5
Різьба кінця шпинделя		М 39х4	М 45х4,5	М 64х4,5
Кут вертикального повороту шпинделя в град		+90;- 10	+90;-10	+90;-10
Характеристика головок		40	40	
Число отворів в дисках	Диск 1	Сторона А	24,25,28,30,34,37	24,25,28,30,34,37,38,39,41,42,43
		Сторона Б	38,39,41,42,43	46,47,49,51,53,54,57,58,59,62,66
	Диск 2	Сторона А	46,47,49,51,53,54	
		Сторона Б	57,58,59,62,66	-
Ціна ділення диску безпосереднього ділення в град.		1	1	1
Вага ділильної головки в кг.		42	85	93
Габарити основи головки в мм		140*210	206*260	206*295
Примітка. З 1958 р. на головках УДГ- 135 та УДГ- 160 встановлюються диски з числом отворів: 16.17.19.21.23.29.30.31.33.37.39.41.43.47.49.54.				

Порядок виконання роботи

1. Вивчити будову універсальної ділильної головки.
2. Вивчити просте та диференційне ділення.
3. Для заданого значення Z виконати необхідні розрахунки.
4. Нарізати зубчасте колесо.

Зміст звіту

1. Найменування роботи.
2. Схема ділильної головки УДГ – 135.
3. Формули розрахунку простого та диференційного ділення.
4. Розрахунок по заданому числу.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 7

Будова і принцип дії прокатного стану

Мета роботи: ознайомитись із сутністю процесу поздовжнього прокатування, будовою і класифікацією прокатних станів та їх продукцією, скласти паспорт лабораторного прокатного стану.

Забезпечення роботи: лабораторний прокатний стан; штангенциркуль; кронциркуль; секундомір.

Загальні відомості

При поздовжньому прокатуванні пластична деформація металу здійснюється при його проходженні між двома валками перпендикулярно до осей, які обертаються назустріч один одному.

В процесі прокатування штаба металу з початковою висотою безперервно втягується у зазор між металом і валками (рис. 15).

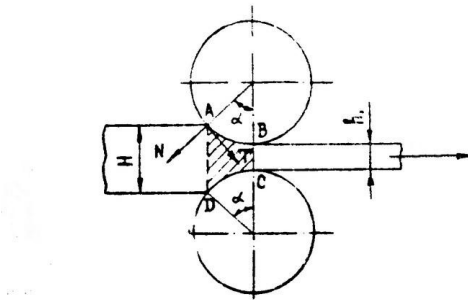


Рис. 15. Схема поздовжнього прокатування

Заштрихована зона ABCD – зона деформації. Вона обмежена площинами входу AD і виходу BC та дугами контакту AB і CD, які опираються на центральний кут α . У зоні деформації штаба змінює свою форму, збільшуючись у довжину та ширину при відповідному зменшенні висоти.

Умову захвачування металу валками можна записати, спроектувавши на горизонтальну вісь нормальну силу N і силу тертя T , які діють на заготовку зі сторони валків:

$$N \cdot \sin \alpha < T \cdot \cos \alpha. \quad (1)$$

Кут α називається кутом захвачування. Виразивши силу тертя як $T = f \cdot N$, де f – коефіцієнт тертя, та підставивши цей вираз у формулу (1), отримаємо:

$$\sin \alpha < f \cdot \cos \alpha \text{ або } f > \operatorname{tg} \alpha. \quad (2)$$

Таким чином, для здійснення захвачування металу валками необхідно, щоб коефіцієнт тертя між валками і заготовкою був більшим за тангенс кута захвачування.

Для здійснення процесу прокатування застосовується комплекс технологічних машин – прокатний стан.

Крім основної операції – пластичної деформації, на прокатному стані виконують різноманітні допоміжні операції. Пристрої, які забезпечують деформацію металу у валках, називають основним обладнанням, а лінія, по якій їх розміщують – головною лінією прокатного стану. Основні елементи такої лінії наведені на рис. 16.

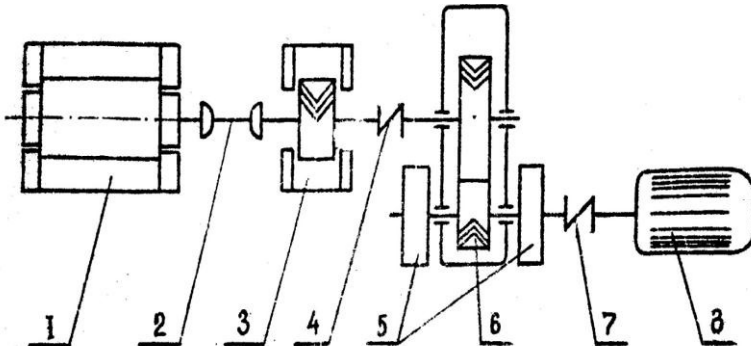


Рис. 16. Схема розміщення основних вузлів головної лінії:

1 – робоча кліть з валками; 2 – шпиндель; 3 – шестеренна кліть; 4 – головна муфта; 5 – маховики; 6 – редуктор; 7 – корінна муфта; 8 – двигун прокатного стану

Основним інструментом при прокатуванні є валки, які поділяють на гладкі та калібровані. На гладких валках (рис. 17, а) прокатують листи, стрічку і широку штабу, а на каліброваних (рис. 17, б) всі види сортового прокату. Калібровані валки мають на робочій поверхні канавки – рівчаки, сукупність яких утворює калібр (рис. 17, в).

Валки мають робочу частину – бочку 1, шийки 2 для підшипників і хрестоподібні кінці (трефи) 3 для з'єднання за допомогою муфти з приводом або сусідньою парою валків. Комплект прокатних валків із станиною утворює робочу кліть.

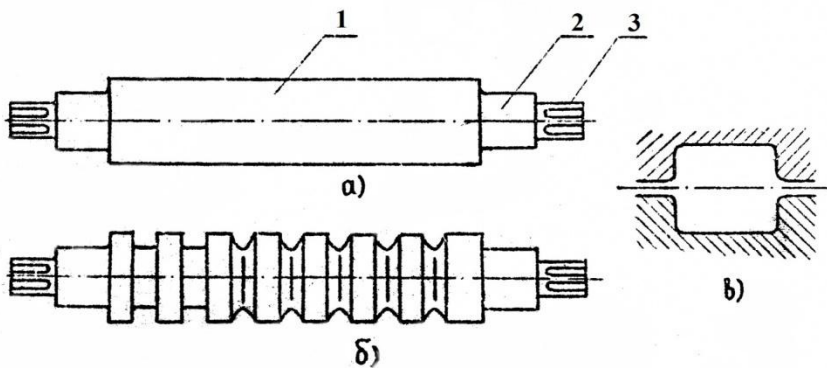


Рис. 17. Робочий інструмент для прокатування:
а) гладкі валки; в) калібрувальні валки; в) калібр

Робочі кліті по числу і розміщенню валків можуть бути двохвалкові (рис. 18,а), трьохвалкові (рис. 18,б), чотирьохвалкові (рис. 18,в), у яких два валки робочих і два опорних, та багатовалкові (рис. 18,г) у яких також два валки робочих, а інші – опорні. Використання опорних валків дозволяє застосувати робочі валки малого діаметру, завдяки чому зменшується зусилля деформації та збільшується витяжка.

За основний параметр обтискних сортових прокатних станів звичайно приймають діаметр бочки валків, наприклад, блюмінг 1500 (діаметр бочки валка 1500 мм), а листових станів – довжину бочки валків, яка визначає максимальну ширину прокатуваного листа чи штаби, наприклад слябінг 3600 (довжина бочки валка 3600 мм).

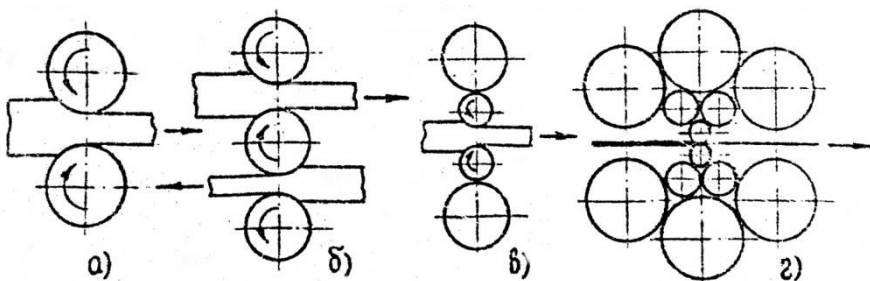


Рис. 18. Схема робочих клітей:

а) двохвалкові; б) трьохвалкові; в) чотирьохвалкові; г) багатовалкові

Порядок виконання роботи

1. Ознайомитись з сутністю поздовжнього прокатування, умовою захватування металу валками і з будовою та призначенням основних частин прокатного стану;

2. Скласти схему лабораторного прокатного стану, вказавши його основні частини;

3. Визначити основні параметри лабораторного прокатного стану:

- тип прокатного стану;
- вид робочої кліті і кількість валків;
- діаметр валків, мм;
- довжина бочки валків, мм;
- число обертів валків, об/хв.;
- тип, потужність та число обертів електродвигуна;
- передаточне число редуктора та шестеренної кліті (загальне передаточне число прокатного стану).

4. Зробити висновки по роботі.

Контрольні запитання

1. У чому сутність процесу поздовжнього прокатування?
2. За рахунок чого метал втягується у зазор між валками?
3. Що називається зоною деформації і де проходять її границі?
4. Як математично записується умова захватування металу валками?
5. Із яких основних вузлів складаються головна лінія прокатного стану? Для чого вони служать?
6. Що є основним інструментом для прокатування? Види інструменту.

7. Які бувають робочі кліті за числом і розміщенням валків?
8. Який параметр приймається за основний на листових і сортових прокатних станах?
9. Які переваги багатовалкових робочих клітей?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 8

Визначення коефіцієнтів деформації металу при прокатуванні

Мета роботи: навчитись оцінювати поздовжнє прокатування різними коефіцієнтами; встановити взаємозв'язок відносних коефіцієнтів з абсолютними.

Забезпечення роботи: лабораторний прокатний стан; досліджувані свинцеві штаби; штангенциркуль.

Загальні відомості

Штаба металу, яка пластично деформується в зоні деформації, змінює свою форму та розміри. Оцінка деформації виконується коефіцієнтами деформації, які розділяються на абсолютні та відносні.

До абсолютних коефіцієнтів відносяться:

- а) абсолютне обтискання, мм

$$\Delta h = h_0 - h_1 ; \quad (1)$$

- б) абсолютне розширення, мм

$$\Delta b = b_1 - b_0 ; \quad (2)$$

- в) абсолютне видовження, мм

$$\Delta l = l_1 - l_0 \quad .$$

(3)

У цих формулах h_0 , b_0 , l_0 – розміри штаби металу до прокатування; h_1 , b_1 , l_1 – розміри штаби металу після прокатування (рис.19), мм

Відношення абсолютних коефіцієнтів до початкових величин дозволяє отримати відносні коефіцієнти:

- а) відносне обтискання

$$\varepsilon = \frac{\Delta h}{h_0} = \frac{(h_0 - h_1)}{h_0} ; \quad (4)$$

- б) відносне розширення

$$a = \frac{\Delta b}{b_0} = \frac{(b_1 - b_0)}{b_0}; \quad (5)$$

в) відносне видовження

$$e = \frac{\Delta l}{l_0} = \frac{(l_1 - l_0)}{l_0}. \quad (6)$$

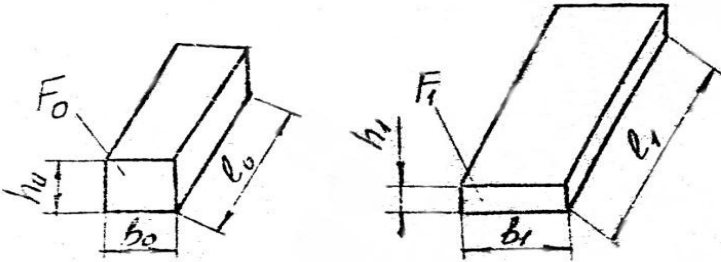


Рис. 19. Штаби металу до і після прокатування

Одним із основних коефіцієнтів, що характеризує процес прокатування, є коефіцієнт витяжки $\lambda = \frac{l_1}{l_0}$. Цей коефіцієнт пропорційний площі поперечного перерізу до і після прокатування:

$$\lambda = \frac{l_1}{l_0} = \frac{F_0}{F_1}. \quad (7)$$

При прокатуванні широких тонких штаб розширення незначне, тобто $b_1 \approx b_0$, тоді:

$$\lambda = \frac{F_0}{F_1} = \frac{h_0 \cdot b_0}{h_1 \cdot b_1} \approx \frac{h_0}{h_1}. \quad (8)$$

Теоретичні дослідження показали, що коефіцієнти поздовжнього прокатування залежать перш за все, від абсолютного обтискання Δh .

Порядок виконання роботи

1. Ознайомитись із методикою визначення коефіцієнтів деформації.
2. Послідовно прокатати свинцеві штаби, збільшуючи абсолютне обтискання від однієї штаби до другої (0.5 мм; 1.0 мм; 1,5 мм; 2.0 мм).

3. Записати результати у табл. 11.
4. Визначити значення всіх коефіцієнтів деформації.
5. Побудувати графічні залежності відносних коефіцієнтів та коефіцієнта витяжки в функції абсолютного обтискання.
6. Зробити висновок по роботі.

Контрольні запитання

1. Що відноситься до абсолютних коефіцієнтів деформації при прокатуванні? Як вони визначаються?
2. Що відноситься до відносних коефіцієнтів деформації? Як вони визначаються?
3. Як визначається коефіцієнт витяжки?

Таблиця 11

Таблиця результатів вимірів та обчислень

Початкові розміри штаб, мм			Кінцеві розміри штаб, мм			Площі поперечного перерізу, мм ²		Абсолютні коефіцієнти, мм			Відносні коефіцієнти			Коефіцієнт витяжки
h_0	b_0	l_0	h_0	b_0	l_0	F_0	F_1	Δh	Δb	Δl	ε	a	e	λ

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 9

Вивчення будови гідравлічного преса

Мета роботи: Ознайомитись з будовою гідравлічного преса ОКС-1671М; отримати практичні навички по керуванню пресом; зняти основні параметри преса.

Забезпечення роботи: прес гідравлічний ОКС-1671М; штангенциркуль; лінійка; секундомір.

Загальні відомості

Гідравлічні преси складають значну групу ковальсько – пресових машин, які застосовуються для виконання різноманітних технологічних процесів обробки тиском (витягування, гнуття, пробивка, вирубка, відбортровка, формування), а також для правки та монтажно - демонтажних робіт в ремонтній технології.

Дія гідравлічного пресу ґрунтується на використанні закону

Паскаля: зусилля на поршень зі сторони рідини визначається за формулою:

$$P = p \cdot F, \quad (1)$$

де p – тиск рідини, Н/м²; F - площа поперечного перерізу поршня, м².

При роботі преса необхідно враховувати його механічний к.к.д. Тоді зусилля на штоці преса рівне:

$$P = \eta \cdot p \cdot F, \quad (2)$$

де η – механічний к.к.д преса.

В залежності від приводу гідравлічні преси розділяють на чисто гідравлічні та гідравлічні з мультиплікатором. Робоча рідина для чисто гідравлічних пресів подається насосом під тиском 15...30 МПа через акумулятор. Малопотужні чисто гідравлічні преси виготовляють без акумулятора. У гідравлічних пресах з мультиплікатором останній підвищує тиск робочої рідини, що поступає від звичайного насоса, до 30...60 МПа.

Основна перевага гідравлічних пресів полягає у статичному характері їх дії, при якому тривалість деформації може складати від десятих долей секунди до декількох десятків секунд.

Будова преса ОКС-1671М

Широке застосування у ковальському та ремонтному виробництвах має прес гідравлічний ОКС-1671М (гаражний прес) зусиллям 0.39 МН.

Прес представляє собою двохстояковий зварний каркас з переставним столом, положення якого відносно стояків фіксується двома пальцями. Для підйому та опускання стола використовується рух поршня, який двома ланцюгами з'єднується із шпильками стола. На столі встановлена опорна (підштампова) плита.

На каркасі преса змонтовано електродвигун з кнопковою станцією та прилади гідравлічної системи, принципова схема якої зображена на рис. 20. В нейтральному положенні золотника 3.1 розподільника 3 робоча рідина, яка подається насосом 2 в розподільник 3, повертається назад у бак 1. При переміщенні золотника вниз (по схемі) робоча рідина із насоса 2 нагнітається в розподільник 3, із якого поступає в безштокову порожнину гідроциліндра 4. Під дією тиску рідини поршень опускається вниз (робочий хід), витискаючи рідину із штокової порожнини у розподільник 3, звідки вона поступає через фільтр 6 у бак 1. При

переміщенні золотника 3.1 вгору (по схемі) рідина із насоса 2 через розподільник 3 подається в штокову порожнину, переміщуючи поршень вгору. Із безштокової порожнини рідина витаскається через розподільник 3 та фільтр 6 у бак 1.

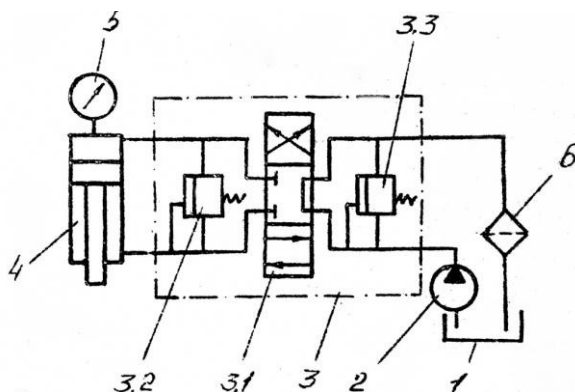


Рис. 20. Гідравлічна схема преса ОКС-1671:

1 – бак; 2 – насос; 3 – розподільник (3.1 – золотник; 3.2 – запобіжний клапан робочого ходу; 3.3 – запобіжний клапан зворотного ходу); 4 – гідроциліндр; 5 – манометр; 6 – фільтр

Гідросистема має два запобіжних клапани – клапан робочого ходу, відрегульований на тиск 20 МПа, та клапан зворотного ходу, відрегульований на тиск 25 МПа, які служать для запобігання механічних поломок при різкому підвищенні тиску в системі.

Насос – плунжерний із ексцентриковим приводом. Робоча рідина, яка поступає із бачка, всмоктується через клапан при русі плунжера під дією пружини вгору. Нагнітання відбувається при русі плунжера під дією ексцентрикового вала вниз.

Порядок виконання роботи

1. Ознайомитись з теоретичними відомостями про гідравлічні преси.
2. Ознайомитись з будовою преса ОКС-1671М, його основними частинами, їх розміщенням та призначенням.
3. Практично засвоїти керування пресом.
4. Зняти основні параметри преса:
 - 4.1. Марка.
 - 4.2. Максимальне зусилля, МН.
 - 4.3. Максимальний робочий тиск в гідравлічній системі, МПа.

- 4.4. Хід поршня, мм.
- 4.5. Швидкість руху поршня при робочому ході, мм/с.
- 4.6. Найбільша віддаль між столом та гвинтом поршня, мм.
- 4.7. Найбільша величина перестановки стола, мм.
- 4.8. Розміри просвітів між стояками, мм.
ззаду наперед,
зліва направо.
- 4.9. Розміри опорної (підштампової) плити, мм.
- 4.10. Робоча рідина.
- 4.11. Насос:
тип,
продуктивність, $\text{дм}^3/\text{хв.}$,
номінальне число обертів, хв.^{-1} ,
споживана потужність, кВт,
- 4.12. Габаритні розміри, мм.
- 4.13. Маса, кг.

Контрольні запитання

1. Призначення та принцип дії гідравлічних пресів. Їх переваги перед механічними.
2. Як визначається зусилля на поршень зі сторони рідини?
3. Яким основним технологічним параметром характеризуються гідравлічні преси?
4. Охарактеризуйте чисто гідравлічні преси.
5. Яка особливість гідравлічних пресів із мультиплікаторами?
6. Призначення преса ОКС-1671М.
7. Основні частини преса ОКС-1671М та їх призначення.
8. Як працює гідравлічна системи преса?
9. Для чого служать запобіжні клапани?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 10

Гнуття листового матеріалу

Мета роботи: ознайомитись з гнуттям листового матеріалу та явищем пружинення; вивчити вплив механічних властивостей металу, радіуса та кута гнуття на величину кута пружинення.

Забезпечення роботи: прес гідравлічний ОКС-1971; зразки листової сталі та кольорових металів різної товщини.

Загальні відомості

Гнуття – одна з найбільш поширених формозмінних операцій листового штампування, в результаті якої змінюється кривизна заготовки. Це процес пружно – пластичної деформації, яка протікає по різному з обох сторін заготовки. Зовнішні шари металу (зі сторони матриці) розтягуються, а внутрішні (зі сторони пуансона) – стискуються. Із зменшенням радіуса кривизни гнуття величина деформації розтягу зовнішніх шарів збільшується до критичних значень, в результаті чого відбувається розрив заготовки.

Мінімально допустимий радіус гнуття залежить від багатьох факторів, а саме: механічних властивостей матеріалу заготовки, кута гнуття, напрямку лінії гнуття відносно напрямку волокон, наявності заусениць на кромках заготовки та їх розміщення і визначається за формулою:

$$R_{min} = k \cdot S, \quad (1)$$

де k – коефіцієнт, який залежить від механічних властивостей металу; S – товщина матеріалу, м.

Мінімально допустимі радіуси гнуття можна застосовувати лише у випадках крайньої необхідності. Оптимальними радіусами гнуття є такі:

для матеріалів товщиною до 1,5 мм

$$R \geq S, \quad (2)$$

для матеріалів товщиною понад 1,5 мм

$$R \geq 2 \cdot S. \quad (3)$$

По закінченню процесу гнуття заготовки пружна деформація зникає і заготовка частково відновлює свою форму. Це явище має назву пружинення.

Теоретичний кут нахилу збільшується на величину кута пружинення (рис. 21).

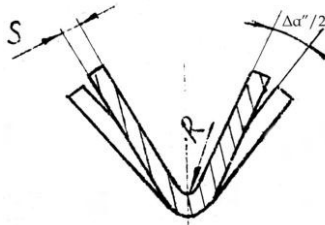


Рис. 21. Кут пружинення

Кут пружинення залежить від механічних властивостей та товщини матеріалу, радіуса гнуття, форми деталі та способу гнуття. Практично кут гнуття можна визначити як різницю між величиною кута деталі після штампування та кута пуансона штампа.

Зусилля гнуття розраховують за формулою:

$$P = k' \cdot B \cdot S \cdot \sigma_p, \quad (4)$$

де k' – коефіцієнт, який залежить від схеми гнуття (для однокутового гнуття 0,2; для двокучового – 0,6); B – ширина деталі, м; S – товщина матеріалу, м; σ_p – тимчасовий опір на розрив, МПа.

На рис. 22 показані схеми вільного гнуття та гнуття з калібруванням

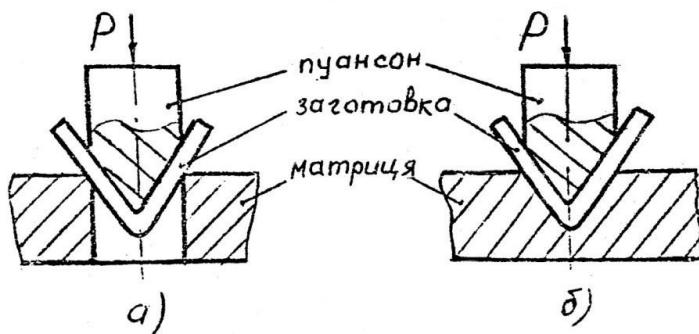


Рис. 22. Схеми гнуття:
а) вільне гнуття; б) гнуття з калібруванням

Вільне гнуття (без калібрування) не забезпечує правильної геометричної форми деталі та точних розмірів і тому використовується для невідповідальних деталей.

Порядок виконання роботи

1. Ознайомитись з теоретичними відомостями про гнуття.
2. Ознайомитись з будовою та роботою штампа.
3. Визначити зусилля гнуття.
4. Визначити оптимальний радіус гнуття.
5. Гнути заготовки, використовуючи змінні пуансони.
6. Виміряти кути зігнутих заготовок та кути пуансонів. Визначити кути пружинення.
7. Результати вимірювань та обчислень занести у табл. 12

Таблиця 12

Параметри гнуття листового матеріалу

Матеріал заготовки	Товщина зразка S , мм	Тимчасовий опір на розрив σ_p , МПа	Кут гнуття α , град.	Кут деталі α' , град.	Кут пружинення, α'' град.	Радіус R , м	Зусилля P , МН

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 11

Визначення основних технологічних параметрів розділювальних операцій листового штампування

Мета роботи: ознайомитись з операціями листового штампування та методикою визначення основних технологічних параметрів процесу вирубки та пробивки; визначити опір зрізу листового матеріалу.

Забезпечення роботи: прес гідравлічний ОКС-1671М; ручні гільйотинні ножиці; експериментальний вирубний штамп із змінними пуансонами; мікроскоп МІБ-2; штангенциркуль; сталінні та алюмінієві заготовки.

Загальні відомості

Листовим штампуванням називається метод виготовлення виробів з допомогою штампів із листового матеріалу. При цьому широко застосовуються низьковуглецеві та леговані сталі, мідь, алюміній, нікель та їх сплави.

Переваги листового штампування:

а) висока продуктивність праці (до декількох десятків тисяч деталей за зміну);

б) можливість автоматизувати штампувальні роботи та створення поточних автоматизованих ліній;

в) висока точність та чистота поверхні виробу.

Всі операції листового штампування діляться на дві групи: розділювальні, у яких одна частина заготовки відділяється від другої та формозмінювальні, у яких одна частина заготовки переміщується відносно другої без руйнування заготовки.

До основних розділювальних операцій відносять відрізання, вирубка та пробивка, до основних формозмінювальних операцій – гнуття, витяжка, обтискання, відбортовка.

Відрізання – це операція відділення частини заготовки по незамкнутому контуру. Застосовується для розділення листа на смуги заданого розміру. Виконується дисковими ножицями та ножицями з паралельними та нахиленими (гільйотинними).

Вирубка – операція відділення частини заготовки по замкнутому контуру, причому частина, що відділяється, є виробом.

Пробивка – операція відділення частини заготовки по замкнутому контуру, причому частина, що відділяється, є відходом.

Вирубка та пробивка здійснюється у штампах відносним зміщенням двох робочих деталей – пуансона та матриці – у напрямі, перпендикулярному площині заготовки. Це зміщення в початковій стадії супроводжується пластичною деформацією, а закінчується руйнуванням заготовки. Пластичній стадії відповідає блискучий поясок на бічній поверхні отриманого виробу, а матова поверхня – стадії руйнування.

Пуансон – робоча деталь штампа, яка охоплює заготовку. Їх робочі кромки мають бути гострими, між пуансоном та матрицею повинен бути технологічний зазор, який залежить від механічних властивостей матеріалу та товщини заготовки. Зазор, який лежить в межах 5...10% товщини заготовки, забезпечує чистий зріз по периметру та збільшує стійкість штампа.

Зусилля, необхідне для вирубки чи пробивки, визначається за формулою:

$$P = 1,25 \cdot L \cdot S \cdot \sigma_{zp}, \quad (1)$$

де 1,25 – коефіцієнт, що враховує затуплення різальних кромок пуансона та матриці; L – периметр вирубного контуру, м;
 σ_{zp} – опір матеріалу заготовки зрізу, МПа.

Опір зрізу σ_{zp} – технологічна характеристика, величина якої в основному залежить від механічних властивостей матеріалу заготовки, визначається за методом проб. Із формули (1), прийнявши, що затуплення робочих кромок пуансона та матриці відсутнє, слідує, що опір зрізу дорівнює:

$$\sigma_{зр} = \frac{P}{L \cdot S} \quad . \quad (2)$$

Значення величини $\sigma_{зр}$ визначається за допомогою експериментального штампа (рис. 23).

Мездоза 5 в процесі руйнування заготовки залишає відбиток на еталонній пластині 6, по величині якої і визначається величина зусилля P вирубки:

$$P = 0,5 \cdot HB \cdot \pi \cdot D \cdot (D - \sqrt{D^2 - d^2}), \quad (3)$$

де HB – твердість еталонної пластини, кгс/мм²; D – діаметр кульки мездози, м; d – діаметр відбитка на еталонній пластині, м.

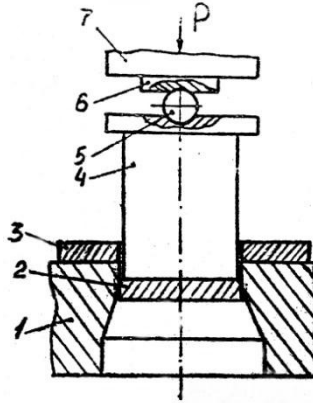


Рис. 23. Схема вирубного штампа:
1 – матриця; 2 – деталь; 3 – заготовка; 4 – пуансон; 5 – мездоза;
6 – еталонна пластинка; 7 – шток преса

Порядок виконання роботи

1. Ознайомитись з теоретичними відомостями про листове штампування.
2. Ознайомитись з будовою експериментального штампа.
3. Виконати вирубку деталей із різних матеріалів та з різними зазорами (0,2 мм; 0,4 мм).
4. Виміряти діаметри відбитків на еталонній пластині.
5. Заповнити таблицю результатів вимірів та обчислень (табл. 13).
6. Побудувати графічні залежності опору зрізу від величини відносного зазору.

Таблиця 13

Технологічні параметри розділювальних операцій

Матеріал зразка	Товщина S , мм	Зазор $u/2$, мм	$\frac{u}{S} \cdot 100$, %	d , мм	P , МН	σ_{zp} , МПа

Контрольні запитання.

1. Що таке листове штампування? Його види, область застосування та переваги.
2. Які операції називаються розділювальними? Перерахуйте їх.
3. Які операції називаються формозмінними? Перерахуйте їх.
4. Що таке відрізання, вирубка, пробивка? Якими інструментами вони здійснюються?
5. По якій формулі визначається зусилля вирубки та пробивки?
6. Від чого залежить величина зазору між пуансоном та матрицею?
7. Як визначається опір зрізу? Від яких факторів він залежить?
8. Будова штампа для експериментального визначення опору зрізу.
9. Методика визначення опору зрізу.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 12***Ручне електродугове зварювання***

Мета роботи: вивчити суть способу, обладнання, прилади та інструменти ручного електродугового зварювання.

Забезпечення роботи: обладнання, прилади і інструменти поста ручного електродугового зварювання.

Загальні відомості

Зварюванням називається технологічний процес отримання нероз'ємних з'єднань деталей за рахунок встановлення міжатомних зв'язків між з'єднувальними частинами при їх нагріванні або пластичній деформації.

Існуючі способи зварювання поділяються на три класи: термічний, термомеханічний і механічний. До термічного відносять зварювання з використанням теплової енергії (дугова, електрошлакова, плазмова, газова і інші, які виконуються плавленням кромки); термомеханічного – теплової енергії і тиску (контактна, дифузійна, газопресова і др.); механічного – механічної

енергії і тиску (холодна, вибухом, тертям і др.).

По виду захисту зварювальної ванни, зони дуги і зварювального металу розрізняють зварювання в захисних газах і їх сумішах, під флюсом, в вакуумі і ін.

По степені механізації зварювання буває ручне, механізоване і автоматичне. Ручне дугове зварювання виконується електродами, переміщення яких і підтримання постійної довжини дуги виконується вручну; механізоване – при механічній подачі електродного дроту з катушок і ручному переміщенні дуги; автоматичне – при механічній подачі електродного дроту і переміщення дуги.

По виду використовуваних електродів розрізняють зварювання плавкими і неплавкими електродами. За умовами спостереження за процесом горіння дуги розрізняють зварювання відкритою і закритою дугою. В першому випадку за дугою спостерігають через спеціальні захисні світлофільтри (темне скло). Відкритою дугою ведеться ручне дугове зварювання покритими електродами, дротом суцільного перерізу в захисному газі, порошковим дротом. В другому випадку зварювання виконують під флюсом.

За видом струму зварювання здійснюється постійним і змінним струмом. Зварювання постійним струмом виконується при прямій (мінус на електроді) чи оберненій (плюс на електроді) полярності.

Ручне дугове зварювання металевими електродами з покриттям

Найпоширенішим серед інших видів зварювання є ручне дугове зварювання – зварювання плавкими штучними електродами, при якому подача електрода та переміщення дуги вздовж зварювальних кромek виконується вручну. Схема процесу приведена на рис.24.

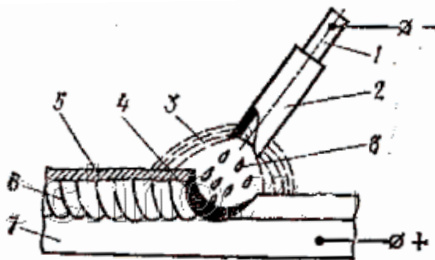


Рис. 24. Ручне дугове зварювання металевим електродом з покриттям

Дуга горить між стержнем 1 електрода та основним металом 7. Під дією теплоти дуги електрод і основний метал плавляться, утворюючи металеву зварювальну ванну 4. Краплі 8 рідкого металу з електродного стержня, що розплавляється, переносяться в ванну через дуговий проміжок. Одночасно із стержнем плавиться покриття 2 електрода, утворюючи газовий захист 3 навколо дуги та рідку шлакову ванну на поверхні розплавленого металу. Металева та шлакова ванни разом утворюють зварювальну ванну. По мірі руху дуги метал зварювальної ванни кристалізується і утворюється зварний шов 6. Рідкий шлак після охолодження утворює на поверхні шва тверду шлакову кірку 5, яка видаляється після охолодження шва.

Зварювальні з'єднання та шви

З'єднання виконані зваркою плавленням, складається із чотирьох зон: метал шва, зона сплавлення, зона термічного впливу і основний метал (рис. 25).

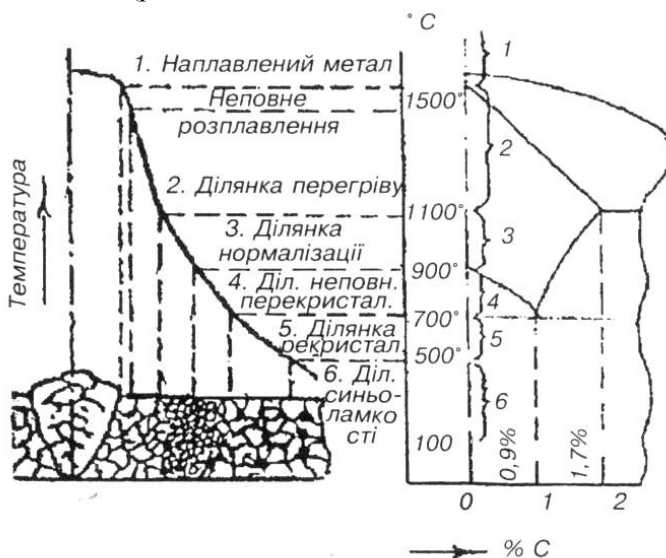


Рис. 25. Будова зони термічного впливу зварного з'єднання

У зоні шва метал перебуває у розплавленому стані, застигаючи, утворює структуру із стовпчастих кристалів.

1. Зона сплавлення або ділянка неповного розплавлення – перехідна від наплавленого металу до основного. На цій ділянці утворюється з'єднання і проходить межа сплавлення, це дуже обмежена зона (0.1...0.4 мм) основного металу, нагрітого до часткового оплавлення зерен. Тут спостерігається значне зростання зерен, накопичення домішок, тому ця ділянка, звичайно, найслабкіше місце зварного з'єднання з пониженою міцністю та пластичністю. Ділянка неповного розплавлення знаходиться в твердо-рідкому стані і визначає якість зварного з'єднання.

2. Ділянка перегріву — це область основного, сильно нагрітого (1100-1500°C) металу з крупнозернистою структурою і зниженими механічними властивостями. Ці властивості тим нижчі, чим крупніше зерно і ширша зона перегріву. В цій зоні можливе утворення гартованих структур.

3. Ділянка нормалізації — область основного металу (930-1100°C), набирає дрібнозернистої структури з найвищими механічними властивостями.

4. Ділянка неповної перекристалізації — область основного металу (720~930°C), в якій навколо крупних зерен розташовуються дрібні, утворені в результаті перекристалізації. Метал цієї ділянки має нижчі механічні властивості, ніж метал попередньої ділянки.

5. Ділянка рекристалізації — частина основного металу (450-720°C), для якої є характерним відновлювання форми і розмірів зруйнованих зерен металу, який раніше піддавався обробці тиском.

6. Ділянка синьоламкості — видимих структурних змін не має (200-450°C), але характеризується зниженням пластичних властивостей і є зоною переходу від зони термічного впливу до основного металу. В цій зоні можуть проходити процеси старіння в зв'язку з випаданням карбідів заліза та нітридів, внаслідок чого механічні властивості металу цієї зони знижуються. Якщо метал перед зварюванням було відпалено, то істотних змін на ділянках 5 та 6 не відбувається.

Ширина зони термічного впливу залежить від товщини металу, виду та режимів зварювання. При ручному дуговому зварюванні вона становить звичайно 5...6 мм, при зварюванні під флюсом середніх товщин – близько 10 мм, при газовому зварюванні – до 25 мм.

В залежності від марки електрода ручне дугове зварювання

може виконуватися в нижньому або будь-яких інших просторових положеннях – вертикальному, горизонтальному, стельовому чи проміжних між ними (рис.26).

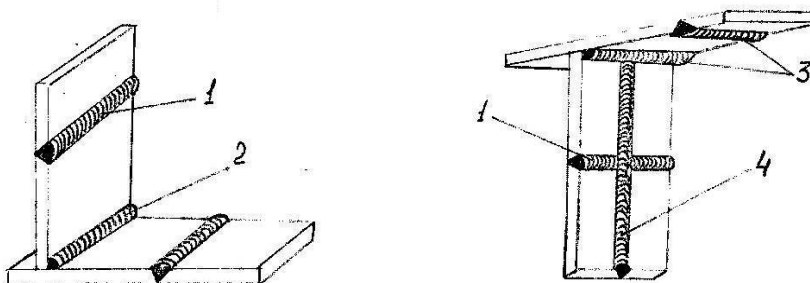


Рис. 26. Розміщення зварних швів в просторі:
1 – горизонтальне; 2 – нижнє; 3 – стельове; 4 – вертикальне

В залежності від взаємного розміщення заготовок (їх частин) зварювальні з'єднання можна розділити на наступні види (рис. 27).

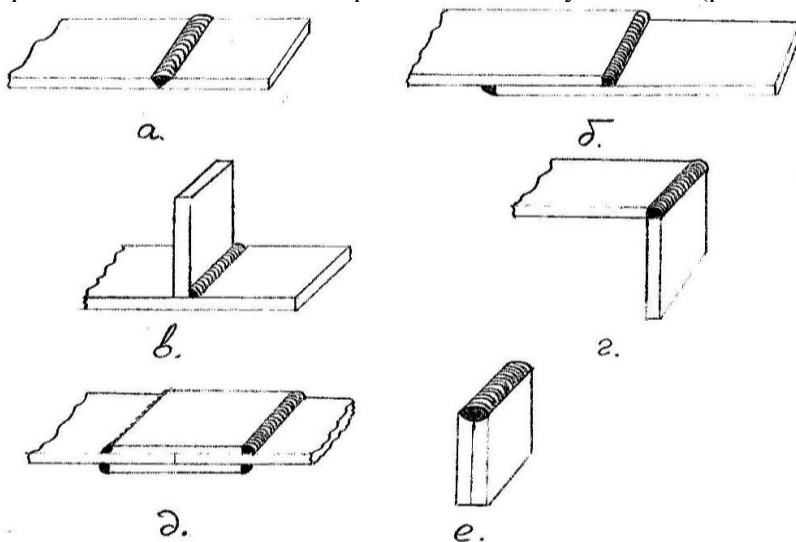


Рис. 27. Основні види з'єднання:
а – стикове; б – напусткове; в – таврове; г – кутове; д – стикове з накладними деталями; е – торцове

Зварювальний пост для ручного дугового зварювання

Зварювальний пост для ручного дугового зварювання (рис. 28) оснащують джерелом живлення 1, струмовідводом 2, електродотримачем 3, щитом з приладами контролю та регулювання параметрів зварювання, зварюючим столом 4.

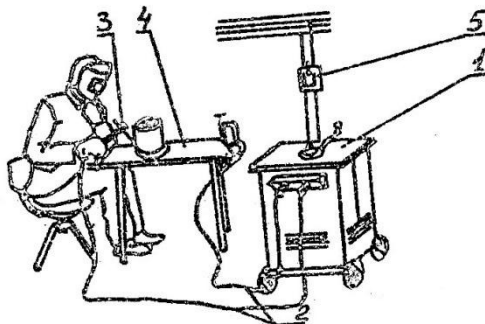


Рис. 28. Зварювальний пост для ручного дугового зварювання

Джерело живлення підключається до електромережі через магнітний пускач або перемикач 5. Зварювальник повинен мати спецодяг: куртку, штани, чоботи або черевики та рукавиці. Обличчя повинно бути закрито щитком або маскою з захисним склом.

Зварювальний, наплавочний дріт і електроди

Для дугового зварювання та наплавлення застосовується спеціальний зварювальний та наплавочний дріт. Передбачено 77 марок сталевого зварювального дроту різного хімічного складу: 6 марок з низьковуглецевої сталі (Св-08, Св-08А, Св-08АА, Св-08ГА, Св-10ГА, Св-10Г2); 30 марок з легованої сталі: (Св-08ГС, Св-08Г2С, Св-18ХГС та ін.); 41 марку з високолегованої сталі: Св-12Х11НМФ, Св-10Х17Г, Св-06Х19Н9Г. В легованій сталі легуючих елементів міститься від 2,5 до 10 %, в високолегованій – більше як 10%.

Букви та цифри в приведених марках дроту означають: Св - зварювальний, цифра після Св – вміст вуглецю в сотих долях відсотка (наприклад, 08 означає 0,08 % вуглецю); А – знижений, АА – ще більш знижений вміст сірки та фосфору; букви – умовні позначення легуючих елементів; цифри після буквенних позначень – середній вміст легуючих елементів у відсотках.

Хімічні елементи в сталях умовно позначаються так:

Алюміній	Al	Ю	Мідь	Cu	Д
Азот	N	А	Нікель	Ni	Н
Бор	B	Р	Ніобій	Nb	Б
Ванадій	V	Ф	Селен	Se	Е
Вольфрам	W	В	Хром	Cr	Х
Кобальт	Co	К	Титан	Ti	Т
Кремній	Si	С	Фосфор	P	П
Молібден	Mo	М	Цирконій	Zr	Ц
Марганець	Mn	Г			

Стальний зварювальний дріт випускається діаметрів: 0,3; 0,5; 0,8; 1,0; 1,2; 1,4; 1,6; 2,0; 2,5; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0; 8,0; 10,0 та 12,0 мм. Дріт поставляється скрученим у мотки з внутрішнім діаметром від 0,3 до 8,0 мм: з вуглецевої сталі – 9 марок (Нп – 25, Нп – 40 та ін.), з легованої сталі – 11 марок (Нп - 40Г, Нп – 50Г, Нп – 30ХГСА та ін.), з високолегованої сталі – 11 марок (Нп – 20Х14, Нп – 30Х13, Нп – 3Х13, Нп – 13Х10Н0Т та ін.). Дріт використовується для плавлення під флюсом, у захисних газах, електрошлакового плавлення та виготовлення покритих електродів для ручного наплавлення. Марку дроту вибирають залежно від призначення та потрібної твердості наплавленого металу.

Електроди для ручного дугового зварювання

Плавкі електроди для ручного дугового зварювання – це стержні завдовжки до 450 мм із зварювального дроту, на які нанесено шар покриття – суміш речовин для підсилення іонізації, захисту від шкідливої дії повітря та металургійної обробки зварювальної ванни. У покриття входять такі компоненти: газоутворюючі – неорганічні речовини (мармур CaCO_3 , магнезит MgCO_3 та ін.) та органічні речовини (крохмаль, харчове борошно та ін.); шлакоутворюючі, що складають основу покриття – звичайно це руди (марганцева, титанова), мінерали (ільменитовий та рутиловий концентрати, польовий шпат, кремнезем, граніт, крейда, плавиковий шпат та ін.);

легуючі елементи та елементи-розкислювачі – Si, Vn, Ti та ін., що використовуються у вигляді сплавів цих елементів із залізом, так званих феросплавів; Al вводиться в покриття у вигляді порошку-пудри;

зв'язуючі компоненти – водні розчини силікатів натрію та калію,

які називаються натрієвим і калієвим рідким склом, а також формові добавки – речовини, що надають покриттю кращі пластичні властивості (бетоніт, каолін, декстрин, слюда та ін.).

Стальні покриті електроди для ручного дугового зварювання та наплавлення поділяються за призначенням:

для зварювання вуглецевих і низьколегованих конструкційних сталей з тимчасовим опором розриву до 600 МПа (Э38, Э42А, Э46, Э46А, Э 50, Э50А, Э55, Э60), що позначаються спільним індексом У;

для зварювання легованих теплостійких сталей – з тимчасовим опором розриву вище 600 МПа (Э70, Э85, Э100, Э125, Э150), індекс Л;

для зварювання високолегованих сталей – індекс В;

для наплавлення поверхневих шарів – індекс Н. Цифри у позначеннях типів електродів для зварювання конструкційних сталей вказують гарантовану межу міцності металу шва.

За видом покриття електроди класифікуються: з кислим покриттям А; основним Б; целюлозним Ц; рутиловим Р; змішаного виду – відповідне подвійне позначення, іншими видами покриттів П. Якщо покриття містить залізний порошок у кількості більше ніж 20 %, до позначення виду покриття додають букву Ж.

Кислі покриття А (електроди АНО-2, СМ-5 та ін.) складаються в основному з оксидів заліза та марганцю (звичайно у вигляді руди), кремнезему, феромарганцю. Електроди з кислим покриттям технологічні, проте оксиди марганцю роблять їх токсичними.

Рутилові покриття Р (електроди АНО-3, АНО-4, ОЗС-3, ОЗС-4, ОЗС-6, МР-3, МР-4 та ін.) мають у своєму складі переважку кількість рутилу TiO_2 . Рутилові покриття технологічні, менш шкідливі для дихальних органів зварювальника, ніж інші.

Целюлозні покриття Ц (електроди ВСЦ-1, ВСЦ-2, ОЗЦ-1 та ін.) складаються з целюлози, органічної смоли, феросплавів, тальку та ін. Ці покриття зручні для зварювання у будь-якому просторовому положенні, але дають наплавлений метал зниженої пластичності.

Основні покриття Б (електроди УОНИ-13/45, УП-1/45, ОЗС-2, ДСК-50 та ін.) не містять оксидів заліза, марганцю. Наприклад, покриття марки УОНИ-13/45 складається з мармуру, плавикового шпату, кварцевого піску, феросиліцію, феромарганцю, феротитану, рідкого скла. Метал шва, виконаний електродом з основним

покриттям, має більшу пластичність. Цими електродами зварюють відповідні конструкції. За товщиною покриття, залежно від співвідношення діаметра електрода (D) до діаметра сталого стержня (d), розрізняють електроди: з тонким покриттям ($D/d \leq 1,2$) – M ,

із середнім покриттям ($1,20 < D/d \leq 1,45$) – C ,

з товстим покриттям ($1,45 < D/d \leq 1,85$) – D ,

з особливо товстим покриттям ($D/d \leq 1,88$) – G .

За якістю, тобто точністю виготовлення, станом поверхні покриття, суцільності виконаного даними електродами металу шва, за вмістом сірки та фосфору в наплавленому металі, електроди поділяють на групи 1, 2 і 3. Чим вищий номер, тим краща якість.

За допустимими просторовими положеннями зварювання та наплавлення електроди поділяються на такі групи: 1 – для всіх положень; 2 – для всіх положень, крім вертикального зверху до низу; 3 – для нижнього, горизонтального на вертикальній площині та вертикального знизу вгору; 4 – для нижнього та нижнього «в човник».

Джерела живлення для дугового зварювання

Джерелами живлення для дугового зварювання є зварювальні трансформатори, зварювальні випрямлячі і зварювальні генератори.

Зварювальні трансформатори. Це спеціальні понижувальні трансформатори, зовнішня характеристика яких забезпечує живлення зварювальної дуги та регулювання зварювального струму.

Трансформатор складається з осердя (рис.29) – магнітопроводу з трансформатної сталі, на якому розміщуються дві обмотки – первинна (1) і вторинна (3). Змінний струм з мережі проходить через первинну обмотку трансформатора, намагнічує осердя, створюючи в ньому змінний магнітний потік, який, перетинаючи витки вторинної обмотки, індукуює в ній змінний струм. Напруга індукованого струму залежить від числа витків вторинної обмотки: чим менше витків, тим напруга індукованого струму буде меншою і, навпаки, чим більше витків, тим напруга вища. Регулювання величини зварювального струму і створення зовнішньої характеристики забезпечується зміною потоку магнітного розсіяння

або вмиканням у зварювальний ланцюг додаткового індуктивного опору (4).

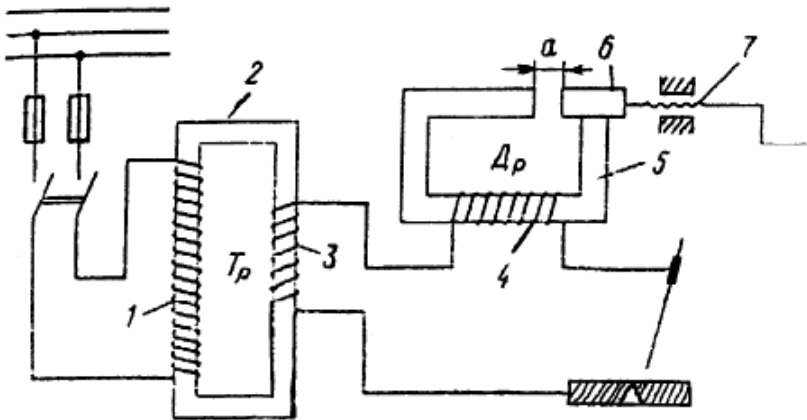


Рис. 29. Зварювальний апарат з окремим дроселем:

1 — первинна обмотка; 2 — магнітопровід (сердечник); 3 — вторинна обмотка; 4 — обмотка дроселя; 5 — нерухома частина дроселя; 6 — рухома частина дроселя; 7 — гвинтова пара

Відповідно до цього, зварювальні трансформатори поділяють на дві основні групи. До першої групи належать трансформатори з підвищеним магнітним розсіюванням (рис. 30). Трансформатори цієї групи можна поділити на три основних види: трансформатори з магнітними шунтами, рухомими котушками та витковим (ступінчастим) регулюванням (ТС, ТД, СТШ, ТСК, ТСП).

До другої групи належать трансформатори з нормальним магнітним розсіюванням і додатковою котушкою — дроселем 2 (СНТ, ТСД) (рис. 30). Розглянемо будову трансформатора ТСК-500 (рис. 30) з підвищеним магнітним розсіюванням, з рухомою котушкою, при переміщенні якої регулюється зварювальний струм. У нижній частині осердя 1 знаходиться первинна обмотка 3, що складається з двох катушок, розміщених на двох стержнях магнітопроводу. Катушки первинної обмотки закріплені нерухомо. Вторинна обмотка 2, що також складається з двох катушок, розміщена на значній відстані від первинної. Катушки як первинної, так і вторинної обмоток з'єднанні паралельно. Вторинна обмотка

рухома і може переміщатись по осерддю за допомогою гвинта, з яким вона зв'язана, і рукоятка, що знаходиться на кришці кожуха трансформатора.

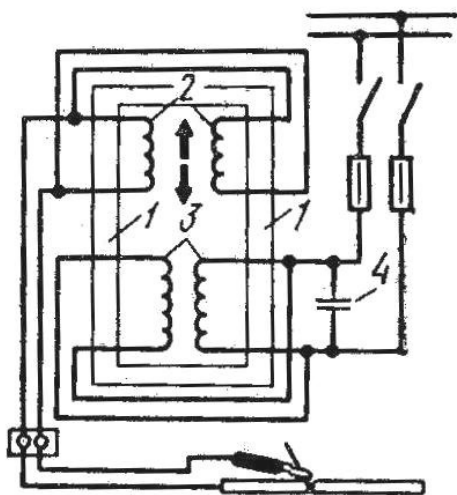


Рис. 30. Зварювальний трансформатор з підвищеним магнітним розсіюванням

Зварювальний струм регулюють зміною відстані між первинною та вторинною обмотками. При обертанні рукоятки за годинниковою стрілкою, вторинна обмотка наближається до первинної, магнітний потік розсіювання та індуктивний опір зменшуються, зварювальний струм зростає. При обертанні рукоятки проти годинникової стрілки, вторинна обмотка віддаляється від первинної, індуктивний опір і магнітний потік розсіювання зростають і зварювальний струм зменшується. Межі регулювання зварювального струму 165...650А.

Послідовне з'єднання катушок первинної та вторинної обмоток дозволяє діставати незначні зварювальні струми з межами регулювання 40...165А. Для наближеного встановлення сили зварювального струму на кришці кожуха розміщена шкала з поділками. Точніше, струм встановлюють за амперметром.

Для підвищення коефіцієнта потужності зварювальний трансформатор ТСК-500 має у первинному ланцюгу конденсатор 4 великої потужності.

Зварювальні випрямлячі

Це джерела постійного зварювального струму, що складаються із зварювального трансформатора з регулюючим пристроєм і блока напівпровідникових випрямлячів (рис. 31).

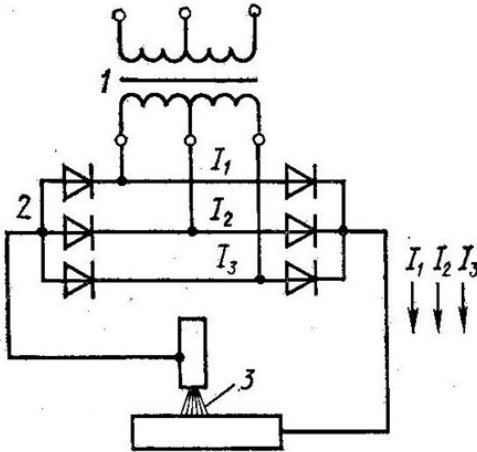


Рис. 31. Схема трифазного випрямляча:

1 – знижувальний трансформатор; 2 – блок селенових або кремнієвих випрямлячів; 3 – зварювальна дуга

Іноді в комплект зварювального випрямляча входить дросель, який вмикається в ланцюг постійного струму.

Дія зварювальних випрямлячів ґрунтується на тому, що напівпровідникові елементи проводять лише в одному напрямі. Найпоширеніші в зварювальних випрямлячах селенові та кремнієві напівпровідники. Зварювальні випрямлячі виконують переважно за трифазною схемою, переваги якої полягають у великій кількості пульсацій напруги та рівномірному завантаженні трифазної мережі.

Зварювальні випрямлячі мають ряд переваг перед зварювальними генераторами. В них кращі енергетичні, динамічні та масові показники, вищий ККД, прості в обслуговуванні, надійніші, через відсутність обертових частин, безшумні.

Зварювальні випрямлячі залежно від зовнішніх характеристик можна поділити на три типи: з крутопадаючими (ВСС-300-3, ВСС-120-4, ВКС-500 та ін.), жорсткими (або пологопадаючими) характеристиками (ВС-200, ВС-300, ВС-600, ВС-1000, ИПП-120,

ИПП-300, ИПП-500, ИПП-1000) та універсальні (ВСУ-300, ВСУ-500). Універсальні випрямлячі забезпечують можливість отримання як жорстких, так і падаючих зовнішніх характеристик, тому їх можна застосовувати для різних видів дугового зварювання. Цифра в марці випрямляча означає силу номінального струму.

Зварювальні генератори

Це спеціальні генератори постійного струму, зовнішня характеристика яких дозволяє одержати стійке горіння дуги, що досягається зміною магнітного потоку генератора залежно від зварювального струму. Зварювальний генератор постійного струму складається із статора з магнітними полюсами та якоря з обмоткою та колекторами. Під час роботи генератора якор обертається в магнітному полі, що створюється полюсами статора. Обмотка якоря перетинає магнітні лінії полюсів генератора, і тому в витках обмотки виникає зовнішній струм, який за допомогою колектора перетворюється в постійний. Обертання якоря зварювального генератора забезпечується в зварювальних перетворювачах електродвигуном, а в зварювальних агрегатах двигуном внутрішнього згорання. До колектора притиснуті вугільні щітки, через які постійний струм підводиться до затискачів. До цих затискачів приєднують зварювальні проводи, що йдуть до електродотримачів і виробу.

Зварювальні генератори виконують за різними електричними схемами. Вони можуть бути з парною характеристикою (генератори ГСО у перетворювачах ПСО-300, ПСО-500 та ін.), з жорсткою та пологопадаючою характеристикою ГСГ у перетворювачах ПСГ-500 та універсальні (перетворювачі ПСУ-300, ПСУ-500).

Найпоширеніші зварювальні генератори працюють за такими схемами: з незалежним збудженням і розмагнічуючою послідовною обмоткою; із самозбудженням і розмагнічуючою послідовною обмоткою.

Схема генератора з незалежним збудженням і розмагнічуючою послідовною обмоткою наведена на рис.32, а.

Генератор має обмотку незалежного збудження НО, що живиться від окремого джерела постійного струму, та послідовну розмагнічуючу обмотку РО, яка ввімкнута у зварювальне коло послідовно з обмоткою якоря. Сила струму в колі незалежного

збудження регулюється реостатом P . Магнітний потік Φ_n створюється розмагнічуючою обмоткою HO . Результуючий потік – це різниця потоків $\Phi_{рез} = \Phi_n - \Phi_p$.

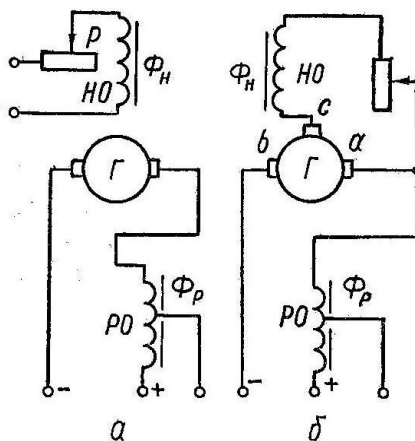


Рис. 32. Принципова схема зварювального генератора:

a – з незалежним збудженням і розмагнічуючою послідовною обмоткою; b – із самозбудженням і розмагнічуючою послідовною обмоткою; Γ – генератор; P – реостат; HO – намагнічуюча обмотка; PO – розмагнічуюча обмотка; a , b , c – щітки

Із збільшенням струму в зварювальному колі збільшуватиметься, Φ_p , а Φ_n залишається незмінним, результуючий потік $\Phi_{рез}$, ЕРС та напруга на затискачах генератора падатимуть, створюючи падаючу зовнішню характеристику генератора. Зварювальний струм у генераторах цієї системи регулюється реостатом P і секціонуванням послідовної обмотки, тобто зміною числа ампер - витків. У генераторах із самозбудженням і розмагнічуючою послідовною обмоткою збудження (рис.32,б) використовується принцип самозбудження. Напруга на намагнічуючу обмотку збудження H знімається із щіток та з самого генератора, ця напруга майже стала за величиною, а тому магнітний потік практично не змінюється.

Контрольні запитання

1. Якими способами збуджують зварювальну дугу?
2. За допомогою яких засобів збільшують стійкість горіння

зварювальної дуги?

3. Чи можливо збуджувати зварювальну дугу, не торкаючись електродом зварюваного виробу?

4. Із яких основних областей складається дуговий проміжок зварюваної дуги?

5. Що називається довжиною дуги і який вплив вона створює на якість зварювального шва при ручному дуговому зварюванні?

6. Які використовують засоби захисту розплавленого металу від шкідливих елементів?

7. В яких випадках використовують з'єднання зварювального ланцюга з прямою полярністю і в яких випадках з оберненою полярністю?

8. Від чого залежить і як змінюється зона термічного впливу при зварюванні?

9. Якими показниками характеризується зварювальна дуга?

10. Як зв'язані між собою зварювальний струм і діаметр електрода при ручному дуговому зварюванні?

11. Як впливає розміщення зварювального шва в просторі на необхідний для зварювання зварочний струм?

12. Із якої сталі виготовляють сталений зварювальний дріт при зварюванні?

13. Із якої сталі виготовляють низьковуглецевий зварювальний дріт?

14. Як розшифровуються умовні позначення деяких зварювальних дрітів?

15. Які наплавочні дроти найбільш поширені?

16. Що являє собою зварювальний дріт (порошковий)?

17. Як поділяються електроди за товщиною шару покриття?

18. Які матеріали входять в склад покриття електроду і яке їх значення?

19. За рахунок яких елементів обмазки утворюють шлак ?

20. Як розшифрувати умовні позначення електродів Э42А УОНИ – 13/45 – 4,0?

21. Якими електродами рекомендується зварювати сталь з чавуном і ремонтувати дефекти лиття в чавунних виливках?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 13

Вольт-амперна характеристика (ВАХ) дуги при ручному дуговому зварюванні

Мета роботи: вивчити вольт - амперну характеристику дуги; отримати графічні залежності напруги і струму при різних видах зварювання і різання металу.

Забезпечення роботи: зварювальний випрямляч ВД - 306УЗ; вольтметр; прилади та інструменти поста ручного електродугового зварювання; електроди різного діаметра; металеві заготовки різної товщини.

Загальні відомості

Для забезпечення стійкості горіння дуги джерела живлення для дугового зварювання повинні мати напругу холостого ходу, тобто напругу на затискачах джерела струму при розімкненому зварювальному ланцюгу, достатню для легкого збудження дуги та стійкого її горіння, яка не перевищує норм безпеки праці, тобто не більше 80...90 В. Всі джерела живлення мають спеціальну зварювальну зовнішню характеристику, під якою розуміють залежність між напругою на вихідних клеммах джерела і струмом у зварювальному колі.

Зовнішні характеристики (рис. 33) можуть бути таких основних видів: круто падаюча 1, пологопадаюча 2, жорстка 3, зростаюча 4. Вимоги до виду зовнішніх характеристик визначаються типом електроду (плавкий, неплавкий); середовищем, в якому виконується зварювання (відкрита дуга, під флюсом, в захисних газах); ступенем механізації процесу. Джерело живлення і його зовнішню характеристику вибирають в залежності від статичної характеристики дуги.

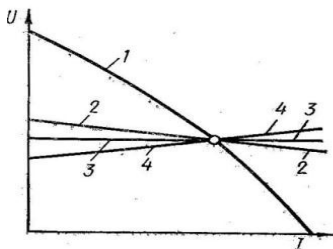


Рис. 33. Основні типи зовнішніх характеристик джерела живлення для дугового зварювання

Вольт – амперна (ВАХ) характеристика дуги визначається зв'язком між напругою на дузі і силою зварювального струму (рис. 34). При малих значеннях сили зварювального струму, який протікає в зварювальному ланцюгу і електроді (обл. I) характеристика падаюча. При середніх значеннях сили струму, напруга на дузі залишається постійною (обл. II – жорстка характеристика). Великі сили струму характеризуються зростаючою характеристикою (обл. III).

Криві I і II характеристики дуги відносяться до режимів, які використовуються при рухомому дуговому зварюванні покритими електродами, а також неплавкими електродами в захисних газах. Автоматичне зварювання під флюсом відповідає області II і частково області III.

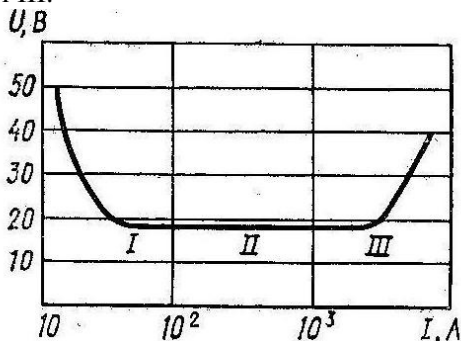


Рис. 34. Вольт - амперна (ВАХ) характеристика дуги

Зварювання в захисних газах, а також зварювання самозахисним порошковим дротом відноситься до області III.

Вольт–амперну характеристику дуги також називають статичною характеристикою дуги.

Три зони ВАХ пов'язані з тим, що в дуговому розряді опір не є сталою величиною, так як кількість заряджених частинок в ньому залежить від інтенсивності іонізації, головним чином від струму, тому електрична дуга в газах не підпорядковується закону Ома і ВАХ є, звичайно, нелінійна. При малих струмах до 100 А (I зона) із збільшенням струму інтенсивно зростає число заряджених частинок (головним чином у результаті розігрівання та зростання емісії катода), опір стовпа дуги зменшується, тому що падає потрібна для підтримання розряду напруга і характеристика дуги буде падаючою. При подальшому зростанні струму (II зона) стовп дуги

починає стискатися, об'єм газу, що бере участь у перенесенні заряду, зменшується, що в результаті призводить до меншої швидкості зростання числа заряджених частинок. Тому напруга дуги стає малозалежною від струму, а характеристика стає пологою та жорстокою. Подальше збільшення струму характеризується сильним стисканням стовпа дуги (III зона) і вольт - амперна крива стає зростаючою, що вказує на збільшення енергії, яка витрачається всередині дуги.

Порядок виконання роботи

1. Ознайомитись і законспектувати поняття про зовнішню характеристику і ВАХ дуги.
2. Підібрати діаметр електродів в залежності від товщини зварювальних заготовок.
3. Призначити елементи режиму зварювання і занести в таблицю 14.
4. Виконати зварювання заготовок і занести дані U_{δ} , I_{δ} в табл. 14.
5. Побудувати графічно ВАХ для зварювання (два графіки, для різних діаметрів електродів).
6. Призначити елементи режиму різання і занести в таблицю 14.
7. Виконати розрізання заготовок і занести дані U_{δ} ; I_{δ} в таблицю 14.
8. Побудувати графічно ВАХ для різання (три графіки, для різних діаметрів електродів).
9. Призначити елементи режиму зварювання (різні способи зварювання – лівий або правий) і дані занести в таблицю 15.
10. Виконати зварювання заготовок і занести дані U_{δ} ; I_p в табл. 15.
11. Побудувати графічно ВАХ для зварювання (два графіки в залежності від способу зварювання).
12. Призначити елементи режиму зварювання (різні просторові способи зварювання) і дані занести в таблицю 16.
13. Виконати зварювання заготовок і дані U_{δ} ; I_p занести в табл. 16.
14. Побудувати графічно ВАХ для зварювання (три графіки в залежності від просторового розміщення).
15. Виміряти твердість зварного шва і дані занести в табл. 14, 15, 16.

Таблиця 14

Елементи режимів зварювання

№ з/п	d, діаметр електрода, мм	Вид роботи (зварю- вання або різання)	Товщина заготов- ки, мм	$V_{x.x},$ В	$V_p,$ В	$I_p,$ А	Твер- дість HR
1							
2							
3							
4							
5							
6							

Таблиця 15

Елементи режимів зварювання

№ з/п	d, діаметр електрод а,мм	№ з/п	Товщина заготовки, мм	$V_{x.x},$ В	$V_p,$ В	$I_p,$ А	Твер- дість HR
1							
2							

Таблиця 16

Елементи режимів зварювання

№ з/п	d, діаметр елект рода, мм	Просторовий вид зварю- вання (стельовий, вертикальний горизонталь- ний)	Товщ ина загото вки, мм	$V_{x.x},$ В	$V_p,$ В	$I_p,$ А	Твер- дість HR
1							
2							
3							

Контрольні запитання

1. Якими параметрами характеризується режим ручного дугового зварювання?
2. Яка напруга холостого ходу при дуговому зварюванні?

3. Як зв'язані між собою сила струму і напруга дуги?
4. Що таке зовнішня характеристика джерела живлення?
5. Які бувають види зовнішньої характеристики і яким видам зварювання вони притаманні?
6. Поясніть фізичну суть взаємної зміни напруги і струму статичної характеристики дуги.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 14

Автоматичне зварювання під флюсом

Мета роботи: визначити суть способу, обладнання, прилади та інструменти автоматичного зварювання під флюсом; отримати графічні залежності напруги і струму при холостому і робочому режимах роботи.

Забезпечення роботи: перетворювач ПСО-500; прилади та інструменти поста автоматичного зварювання під флюсом; зварювальний дрiт; металеві заготовки різної товщини.

Загальні відомості

Зварювання під флюсом – це дугове зварювання, при якому дуга горить під шаром зварювального флюсу, який забезпечує захист зварювальної ванни від повітря, стабілізує дугу, забезпечує розкислення, легування та рафінування розплавленого металу зварювальної ванни.

Схема процесу автоматичного зварювання під флюсом приведена на рис. 35.

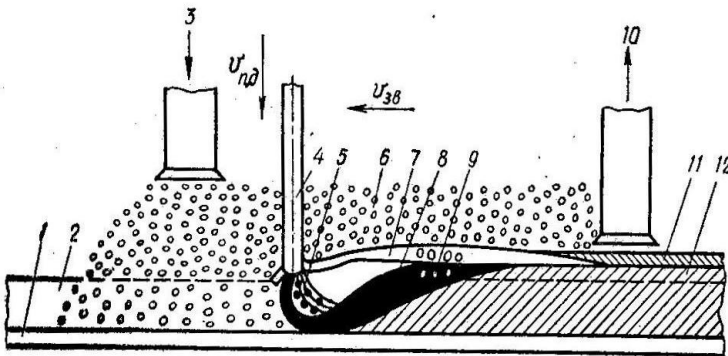


Рис. 35. Схема процесу автоматичного зварювання під флюсом

Електродний дріт автоматично подається в зону зварювання. Дуга горить між кінцем електрода 4 та виробом 2 під шаром зварювального флюсу 6, який подається на виріб із бункера 3. Під дією теплоти, що виділяється зварювальною дугою, плавляться електродний дріт, основний метал, а також частина флюсу, що перебуває в зоні дуги. В зоні горіння дуги утворюється порожнина, обмежена у верхній частині оболонкою розплавленого флюсу 7. Ця порожнина заповнена паром металу, флюсу і газами, їх тиск підтримує флюсове склепіння, що утворюється над зварювальною ванною. Дуга 5 горить безпосередньо близько від переднього краю ванни, трохи відхиляючись від вертикального положення в бік, зворотний напрямку зварювання. Під впливом тиску дуги рідкий метал також відтискується в бік, протилежний напрямку зварювання, утворюючи зварювальну ванну 8. Під електродом створюється кратер з тонким шаром розплавленого металу, а основна маса розплавленого металу займає простір від кратера до поверхні шва 12. Розплавлений флюс 7 внаслідок значно меншої густини спливає на поверхню розплавленого металу і покриває його щільним шаром. Розплавлений флюс, маючи низьку теплопровідність, уповільнює процес охолодження шва, що полегшує шлаковим включенням і розчиненим у металі газам 9 піднятися на поверхню ванни, сприяючи очищенню металу шва від забруднення. Нерозплавлений в процесі зварювання надлишковий флюс пневматичним пристроєм 10 відсмоктують із шва і використовують потім при наступному зварюванні. Розплавлена та затверділа частина флюсу утворює на шві товсту шлакову кірку 11. Після припинення зварювання та охолодження металу шлакова кірка легко відокремлюється від металу шва 12. Зварювання проводиться на підкладці 1 чи флюсовій подушці.

Флюси за способом виготовлення поділяються на плавкі та неплавкі. Плавкий флюс отримують сплавленням його складових. Сплавлену масу після охолодження подрібнюють на зерна потрібного розміру. Неплавкі флюси - це механічна суміш порошкоподібних і зернистих матеріалів. До них належать і керамічні флюси для дугового зварювання, які дістають перемішуванням порошкоподібних матеріалів із зв'язуючою речовиною.

Плавкі флюси розрізняють за вмістом в них оксидів різних

елементів. За вмістом оксиду кремнію SiO_2 флюси поділяються на висококременисті (до 40...45 %) SiO_2 , низькокременисті (до 0,5 % SiO_2) і безкременисті. За вмістом оксиду марганцю MnO - на високо марганцеві (містять MnO в межах 15...30%) та низькомарганцеві.

Низькокременисті флюси застосовують для зварювання легованих сталей. Для зварювання низьковуглецевої сталі застосовують переважно низьковуглецевий зварювальний дріт у поєднанні з високо кременистим флюсом.

Прикладом сучасних висококременистих марганцевих флюсів можуть бути флюси ОСЦ - 45 та АН - 348А, шихта яких складається з марганцевої руди (MnO), кварцевого піску (SiO_2) та плавикового шпату (фтористого кальцію CaF_2).

За призначенням розрізняють флюси для зварювання низько вуглецевих, легованих, спеціальних сталей та кольорових металів.

Оскільки хімічний склад металу шва тісно пов'язаний з хімічною активністю флюсу та складом зварювального дроту, флюс для зварювання різних марок вуглецевої та низьколегованої сталі вибирають одночасно, тобто вибирають систему флюс – дріт, виходячи з того, що метал шва містить не менш 0,2...0,4% Si. Для запобігання утворення пор використовують три основні системи:

1. Низьковуглецевий дріт (СВ - 08, СВ - 08А) та ін. та високомарганцевистий (35...45% MnO), висококременистий (40...45% SiO_2) флюс. Легування шва кремнієм і марганцем відбувається за рахунок флюсу;
2. Низьковуглецевий дріт легований до 2% Mn (типу СВ - 10Г2) та високо кременистий (40...45% SiO_2) флюс, який містить не більш як 15% MnO . В цьому разі легування шва марганцем відбувається за рахунок дроту, а кремнієм – за рахунок флюсу;
3. Середньомарганцевистий електродний дріт (1% Mn) та середньомарганцевистий (30% Mn) кременистий флюс. Легування шва марганцем відбувається за рахунок дроту і флюсу, кремнієм – за рахунок флюсу.

Перевагами зварювання під флюсом є:

висока продуктивність завдяки застосуванню великих струмів, великої глибини проплавлення, а також майже повної відсутності

втрат металу на вигорання і розбризкування;
 механізація процесу зварювання;
 висока якість зварних швів за рахунок захисту флюсом зварювальної ванни від повітря;
 поліпшення умов праці зварювальників.

Недоліком зварювання під флюсом є можливість зварювання лише в нижньому положенні (нахил до 15°).

Порядок виконання роботи

1. Ознайомитись і законспектувати загальні поняття про зварювання під флюсом.
2. Підібрати зварювальний дріт і тип флюсу в залежності від виду зварювального матеріалу.
3. Призначити елементи режиму зварювання і занести в табл. 17.
4. Виконати зварювання заготовок і занести дані U_δ ; I_δ в табл. 17.
5. Побудувати графічні залежності напруги і струму при холостому і робочому режимах роботи.
6. Порівняти силу струму в електроді при ручному дуговому зварюванні та зварюванні під флюсом.
7. Виміряти твердість зварного шва і дані занести в табл. 17.

Таблиця 17

Елементи режимів зварювання

№ з/п	d, діаметр зварювального дроту, мм	Товщина заготовок, мм	$U_{x.x}$ В	U_p В	I_p А	Твердість, HR
1						
2						
3						

Контрольні запитання.

1. При яких умовах досягається стійке горіння зварювальної дуги?
2. Які відбуваються явища при порушенні рівності швидкості подачі і плавлення електродного дроту?
3. Які фактори впливають на порушення рівності швидкостей подачі і плавлення електродного дроту?

4. Як змінюється напруга дуги і зварювальний струм при зварюванні під флюсом?
5. Що таке система флюс - дріт, від чого залежить її вибір?
6. Яку роль відіграє флюс в формуванні хімічного складу металу шва при зварюванні?
7. Як розділяються флюси для зварювання?
8. Які флюси застосовуються для зварювання вуглецевих, легованих і кольорових металів?
9. Які флюси найбільш поширені і які властивості вони мають?
10. Як поділяють флюси по вмісту кремнію і марганцю?
11. Якими двома способами виготовляють флюси?
12. Які флюси називають керамічними?
13. Які переваги мають керамічні флюси?
14. Від чого залежить витрати флюсу при зварюванні?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 15

Газове зварювання

Мета роботи: вивчити суть способу, обладнання, прилади та інструменти газового зварювання.

Забезпечення роботи: обладнання, прилади та інструменти поста газового зварювання; листова сталь товщиною 2,5...3 мм і 6...10 мм; листовий алюміній товщиною 3..5 мм , чавунні пластинки товщиною 6...10мм, мідні пластини товщиною 5...8 мм, листові латуні товщиною 1...2 мм; зварювальний дріт діаметром 2...3 мм; алюмінієвий дріт діаметром 2...4 мм; чавунний пруток діаметром 6...12мм; карбід кальцію, бора і флюс для зварювання алюмінію.

Загальні відомості

При газовому зварюванні нагрів основного і присадаючого металу до розплавлення виконується теплом газового полум'я, яке отримується при згорянні різних горючих газів (табл. 18) в суміші з чистим киснем. Технічний кисень для зварювання отримують глибоким охолодженням повітря. Цей спосіб базується на використанні різниці температури кипіння (випаровування) рідкого кисню і азоту.

Газоподібне очищене повітря охолоджується до температури –

192° С при нормальному тиску. В результаті чого воно перетворюється в рідину. При зниженні температури до – 196° С із рідкого повітря випаровується азот, а кисень, який залишається, переходить в газоподібний стан при температурі 183° С. Газоподібний кисень транспортується і зберігається в кисневих балонах ємністю 40 л. при максимальному тиску 15 МПа. Балони зафарбовані в голубий колір і чорною фарбою написано кисень.

Таблиця 18

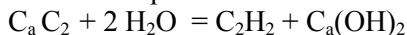
Основні властивості горючих газів і рідин для зварювання та різання металів

Газ	Температура полум'я в суміші з киснем, °С	Кількість кисню на 1 м³ газу	Застосування	Транспортування та зберігання
1	2	3	4	5
Ацетилен	3100...3200	1,0...1,3	Усі види газополуменової обробки	Розчинений в ацетоні у балонах під тиском до 1,9 МПа
Водень	2400...2600	0,3...0,4	Для зварювання сталей товщин. до 2мм, чавуну, алюмінію, латуні	Газоподібний у балонах під тиском 15 МПа
Коксовий	2100...2300	0,6...0,8	Зварювання легкоплавких металів, паяння, кисневе різання	По газопроводу
Міський	2000...2300	1,5...1,6	Те саме	По газопроводу під тиском до 0,3МПа і в балонах під тиском 15 МПа
Нафтовий	2000...2400	1,5...1,6	- ^{с2} -	По газопроводу
Бензин	2400	2,6	Газове різання сталі, зварювання та паяння легкоплавких металів	У рідкому вигляді в цистернах або бочках

1	2	3	4	5
Пропан	2600...2750	3,4...3,8	Газове різання і паяння кольорових металів, зварювання сталі завтовшки до 6мм, металізація, виправлення, гнуття, вогневе зачищення.	У рідкому вигляді в балонах під тиском 1,6 МПа
Бутан	2400...2500	3,2...3,4	Те саме	Те саме
Пропан - бутан	2500...2700	3,5	- '- -	- '- -
Гас	2300	2,55	Те саме	Те саме

Ацетиленові генератори

Найбільш поширеним горючим газом при зварюванні і різанні є ацетилен. Технічний ацетилен без кольору, має неприємний запах за рахунок вмісту в ньому сірководню, в 1.1 рази легший від повітря, розчиняється в рідинах. В 1 л ацетона розчиняється 23 л ацетилену при нормальному тиску і температурі. Ацетилен отримують в основному на місці зварювальних робіт з карбіду кальцію в апаратах, які називаються ацетиленовими генераторами. При розкладанні карбіду кальцію водою виділяється ацетилен і утворюється гашене вапно за рівнянням:



В залежності від принципу взаємодії карбіду кальцію з водою ацетиленові генератори поділяють на три системи: «вода на карбід», «карбід у воду», «витіснення».

За величиною тиску генератори поділяють на генератори низького тиску (до 10 кПа) та середнього (від 70 до 150 кПа).

За способом застосування генератори є пересувні з продуктивністю 0,5...3 м³/год та стаціонарні – 5...160м³/год.

Залежно від взаємодії карбіду кальцію з водою – генератори системи КВ (карбід у воду), в яких розкладення карбіду кальцію здійснюється при подачі певної кількості карбіду кальцію у воду,

що знаходиться в реакційному просторі, генератори системи ВК (вода на карбід), в яких розкладення карбіду кальцію відбувається при подачі певної кількості води в реакційний простір, де знаходиться карбід кальцію; генератори системи ВВ (витиснення води) в яких розкладання карбіду кальцію здійснюється при контакті його з водою залежно від зміни рівня води, що знаходиться в реакційному просторі і витісняється газом, що утворюється ; комбіновані генератори.

Усі ацетиленові генератори, незалежно від системи, мають такі основні частини: газоутворювач, газозбірник, запобіжний затвор, автоматичне регулювання вироблюваного ацетилену залежно від його витрат. Схеми найбільш поширених ацетиленових генераторів наведені на рис. 36.

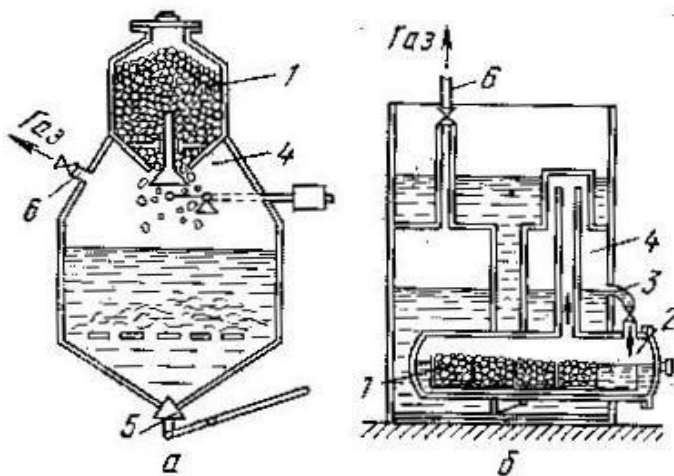


Рис. 36. Схеми найбільш поширених ацетиленових генераторів:
 а – (карбід у воду); б – (вода на карбід); 1 – бункер або барабан з карбідом кальцію;
 2 – реторта; 3 – система подачі води; 4 – газозбірник; 5 – випуск мулу; 6 –
 відбирання газу

Запобіжні затвори – пристрої, що захищають ацетиленові генератори та газопроводи від попадання в них вибухової хвилі при зворотніх ударах полум'я із зварювального пальника чи різака.

Зворотнім ударом називається займання горючої суміші в каналах пальника чи різака і розповсюдження полум'я по шлангу

горючого газу. Горюча суміш газів при зворотньому ударі спрямовується по ацетиленовому каналу пальника чи різака в шланг і при відсутності запобіжного затвора – в ацетиленовий генератор, що може призвести до вибуху ацетиленового генератора. Зворотній удар може відбутися тоді, коли швидкість витіснення горючої суміші стане меншою від швидкості її згоряння, і від перегріву та засмічення каналу мундштука пальника.

Запобіжні затвори бувають рідинні та сухі. Рідинні затвори заливаються водою, сухі – заповнюються дрібнозернистою металокерамічною масою. Затвори класифікують за пропускною здатністю – 0,8; 1,25; 2,0; 3,2 м³/год; за граничним тиском – низького тиску, в яких граничний тиск ацетилену не перевищує 10 кПа, середнього тиску – 70 кПа і високого тиску – 150 кПа. Запобіжні затвори встановлюються між ацетиленовим генератором або ацетиленопроводом (при багатопостовому живленні) і пальником чи різак.

Принцип дії водяного затвору показано на рис.37.

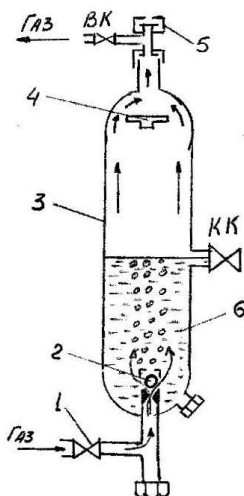


Рис. 37. Схема водяного затвору

Корпус 3 затвору заповнений водою до рівня контрольного крана КК. Ацетилен підводиться по трубці 1, проходить через зворотній клапан 2, розташований у нижній частині корпусу. У верхню частину корпусу газ проходить крізь відбивач 4. Ацетилен

відводиться до місця споживання через видатковий кран ВК. У верхній частині корпусу є трубка, закрита мембраною 5 з алюмінієвої фольги. При зворотньому ударі мембрана розривається і вибухова суміш виходить назовні. Тиск вибуху через воду 6 передається газу від генератора. Після видалення вибухової суміші мембрану замінюють.

Балони для стиснутих газів

При газовому зварюванні та різанні найчастіших використовують балони місткістю 40 дм³. Балони - це сталіні циліндричні посудини, в горловині яких є конусний отвір з внутрішньою різьбою, куди вкручується запорний вентиль різної конструкції для горючих газів і кисню. Кожному горючому газу відповідає умовний колір балона та колір газу, наприклад, ацетиленові балони фарбують у білий колір, напис роблять червоною фарбою, водневий - у темнозелений і червоною фарбою, пропан - у червоний і білою фарбою.

Живлення постів газового зварювання та різання від ацетиленових генераторів пов'язане з рядом незручностей, тому значного поширення набуло живлення ацетиленом від ацетиленових балонів. Ацетиленові балони наповнюють пористою масою (деревне вугілля, пемза, інфузорна земля), що утворює мікропорожнини, які потрібні для безпечного зберігання ацетилену. Масу в балоні просочують ацетоном (225...300 г на 1 дм³ місткості балону), в якому добре розчиняється ацетилен. За нормальних умов в одному об'ємі ацетону розчиняється 23 об'єми ацетилену. Тиск розчиненого ацетилену в наповненому балоні не повинен перевищувати 1.9 МПа при 20⁰С.

Балони мають вентиля - запірні пристрої, які дозволяють зберігати в балоні стиснутий або зріджений газ. Кожний вентиль має шпindel, який переміщується при обертанні маховика, відкриваючи або закриваючи клапан.

Кисневий редуктор

Для нормальної роботи пальника чи різачка необхідно понизити високий тиск кисню до робочого тиску і підтримувати його під час роботи.

Прилади, в яких виконується зниження тиску кисню, називаються кисневими редукторами. На рис.38 представлена схема

кисневого редуктора, який знижує тиск кисню до 0,1...1,5 МПа.

Принцип роботи кисневого редуктора оснований на підтримуванні в процесі роботи рухомої рівнодії між силою стиснення головної пружини 8, яка хоче відкрити клапан 2, і силою стиснення зворотньої пружини і тиску кисню, який діє на мембрану 6, і хоче закрити її. Величина робочого тиску в камері низького тиску 4 залежить від положення установочного гвинта 9, який міняє силу стиснення затискної пружини 8..

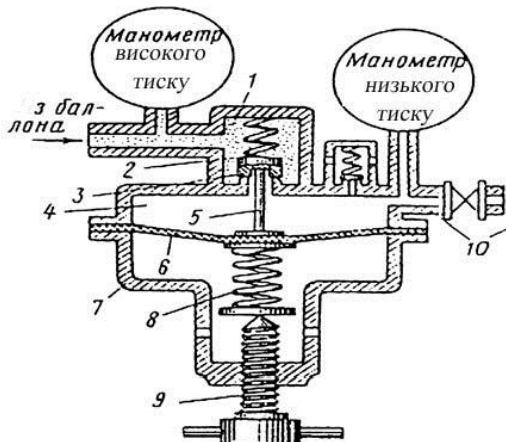


Рис. 38. Однокамерний кисневий редуктор:

1 — камера високого тиску; 2 — клапан; 3 — сидло клапана; 4 — камера низького тиску; 5 — передатний штифт; 6 — мембрана; 7 — кришка корпусу; 8 — затискна пружина; 9 — регулювальний гвинт; 10 — корпус

Зварювальні пальники

Зварювальний пальник — це пристрій, який служить для змішування горючого газу чи пари горючої рідини з киснем і утворення зварювального полум'я. Кожний пальник дозволяє регулювати потужність, склад і форму зварювального полум'я. Зварювальні пальники класифікуються: за способом подачі горючого газу та кисню в змішувальну камеру — інжекторні та без інжекторні; за родом застосовуваного газу; за призначенням — універсальні та спеціалізовані; за числом полум'я - однополумєневі та багатополумєневі; за потужністю — малої потужності (витрата ацетилену 25...400 дм³/год), середньої потужності (400...2800 дм³/год).

Найширше застосування мають інжекторні пальники, що працюють на суміші ацетилену з киснем. В інжекторних пальниках горючий газ всмоктується у змішувальну камеру струменем кисню, що подається в пальник з більшим тиском, ніж горючий газ. Схема інжекторного пальника показана на рис 39.

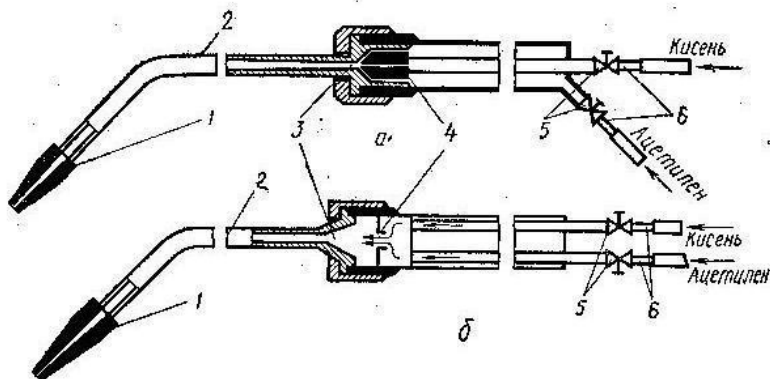


Рис. 39. Схеми ацетиленових пальників:
а – інжекторні; б – безінжекторні

Кисень під тиском надходить до пальника і крізь приєднувальний штуцер 6 та регулювальний вентиль 5 подається до інжектора 4. Виходячи з великою швидкістю з вузького каналу інжекторного конуса, кисень створює значне розрідження в камері 3 і засмоктує горючий газ, який надходить крізь ацетиленові канали пальника до камери 3 змішувача, де й утворюється горюча суміш. Потім горюча суміш надходить по наконечнику 2 до мундштука 1, на виході з якого, при згорянні утворює зварювальне полум'я.

Пальники цього типу мають змінні наконечники з різними діаметрами вихідних отворів інжектора та мундштука, що дозволяє регулювати потужність ацетиленово-кисневого полум'я.

В безінжекторних пальниках горючий газ і кисень подають приблизно під однаковим тиском до 100 кПа. В них інжектор замінено простим соплом, яке вгвинчується в трубку наконечника пальника.

Газове полум'я

Ацетиленове полум'я складається з трьох зон (рис 40): ядра

полум'я, середньої відновлювальної зони, факела полум'я – окислювальної зони. Ядро являє собою газову суміш сильно нагрітого кисню та дисоційованого (розкладеного) ацетилену - $2C + H_2 + O_2$. Ядро виділяється різким обрисом і яскравим свіченням. Горіння починається в відновлювальній зоні. В ній відбувається перша стадія згоряння ацетилену за рахунок кисню, що надходить із балона, за реакцією $2C + H_2 + O_2 = 2CO + H_2$. Вуглець згоряє не повністю, а водень, як такий, що має меншу спорідненість до кисню порівняно з вуглецем, у цій зоні не окислюється (не згоряє). Зона відновлення, яка має найвищу температуру і відновлювальні властивості, називається зварювальною або робочою зоною.

В окислювальній зоні (факелі) відбувається друга стадія горіння ацетилену за рахунок атмосферного кисню за реакцією: $2CO + H_2 + 3/2O_2 = 2CO_2 + H_2O$. Вуглекислий газ та пара води при високих температурах окислюють залізо, тому цю зону називають окислювальною.

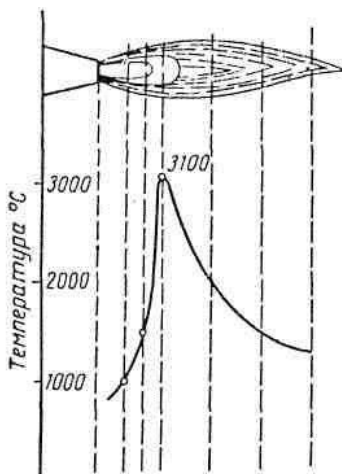


Рис. 40. Схема нормального ацетилено-кисневого полум'я та розподілу температур

Для повного згоряння одного об'єму ацетилену потрібно два з половиною об'єми кисню, один об'єм надходить з кисневого балона і півтора об'єму – з повітря. Для повного згоряння однакового об'єму різних газів потрібна різна кількість кисню (табл.19). Також в цій таблиці приведено вибір номера наконечника в залежності від

товщини зварювального металу.

Газове полум'я нагріває метал внаслідок процесів теплообміну – змушеної конвекції та випромінювання. Теплові характеристики газового полум'я (температура, ефективна теплова потужність, розподіл теплового потоку полум'я по плямі нагріву) залежать від теплотворної здатності горючого газу, частоти кисню та їх співвідношення у суміші.

Таблиця 19

Витрата газів при зварюванні сталі пальниками
типу РС-53 та ГСМ - 53

Номер наконечника	Товщина металу, мм.	Робочий тиск, кПа	Витрати газів, л/год	
			кисню	ацетилену
1	2	3	4	5
0	0,2...0,7	50...400	22...70	20...65
1	0,5...1,5	100...400	55...135	50...125
2	1...2,5	150...400	130...260	110...210
3	2,5...4	200...400	260...440	230...400
4	4...7	100...400	430...750	400...700
5	7...11	200...400	740...1200	670...1100
6	10...18	200...400	1150...1950	1050...1750
7	17...30	200...400	1900...3100	1700...2800

Сама висока температура в другій зоні на відстані 2..4 мм від кінця ядра. Вона сягає тут 3150...3200° С. Цією частиною полум'я виконується нагрів і розплавлення металу в процесі зварювання.

При рівних пропорціях кисню і ацетилену, які поступають із пальника, друга зона складається із окису вуглецю і водню, і має відновлювальний характер. Таке полум'я називається нормальним.
($B = V_{O_2}/V_{C_2H_2} = 1.1...1.3$)

При надлишку кисню утворюється окислювальне полум'я (більше 1,3), а при надлишку ацетилену – науглецьовувальне полум'я. Всі три види полум'я показані на рис.41.

Технологія газового зварювання

Газове зварювання - це зварювання плавленням, при якому метал у зоні з'єднання нагрівається до розплавлення газовим полум'ям

(рис. 42).

При нагріванні газовим полум'ям 4 зварювальні заготовки розплавляються разом із присаджувальним металом 2, який може додатково вводитись в полум'я пальника. Після затвердіння рідкого металу утворюється зварний шов 5.

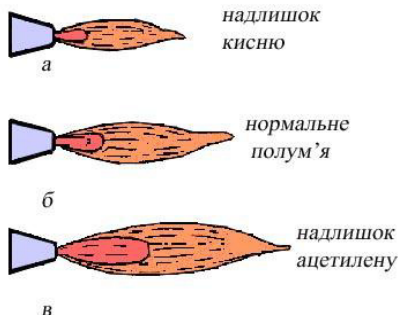


Рис. 41. Види ацетилено-кисневого полум'я:
а – нормальне; б – кисле; в – науглецювальне

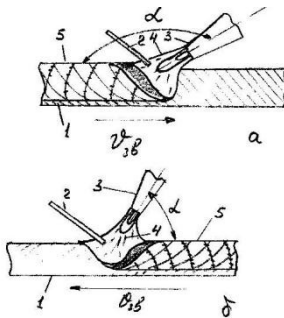


Рис. 42. Схеми газового зварювання:
а – правим; б – лівим способом

До переваг газового зварювання належить простота способу, простота обладнання, відсутність джерела електричної енергії. Обладнання поста для газового зварювання показано на рис. 43.

До недоліків газового зварювання належать: менша продуктивність, складність механізації, більша зона нагрівання та нижчі механічні властивості зварних з'єднань, ніж при дуговому зварюванні.

Газове зварювання використовують при виготовленні та ремонті виробів з тонколистової сталі завтовшки 1..3 мм, зварюванні чавуну, алюмінію, міді, латуні, наплавлення твердих сплавів, виправлення лиття на ін.

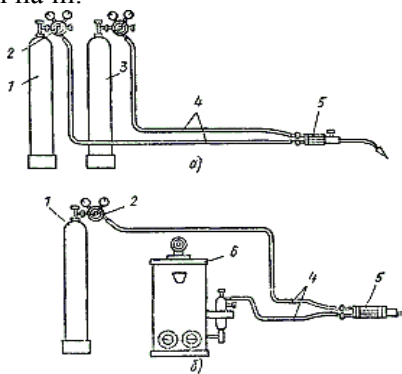


Рис. 43. Схема газоживлення пересувного зварювального поста:
а – від балонів, б – від ацетиленового генератора; 1 – балон з киснем, 2 – кисневий і ацетиленовий редуктори, 3 – балон с ацетиленом, 4– рукави, 5 – пальник, 6 – пересувний ацетиленовий генератор

Вибір режиму і техніка газового зварювання

Діаметр присаджувального металу визначають за залежностями:
 $d = S/2 + 1$ – для лівого способу зварювання; $d = S/2 -$ для правого способу, де S - товщина металу в мм. При товщині металу більше 15 мм діаметр дроту беруть рівним 6..8 мм.

Для того, щоб в процесі зварювання встановлений зазор і положення деталей не мінялись, перед зварюванням роблять попередню “прихватку” - зварювальні деталі зєднують одну з другою в декількох місцях короткими швами. Довжину прихватки і відстань між ними вибирають в залежності від товщини зварювального металу і довжини шва. При зварюванні тонких листів і коротких швів довжина прихваток складає не більше 5 мм, а відстань між ними 80...100 мм. При зварюванні сталі товщиною 3...4 мм і значній довжині шва довжину прихваток збільшують до 20..30 мм, а відстань між ними – до 300...500мм.

Стикові з’єднання товщиною 2...3 мм можуть виконуватись і без присаджувального металу. При зварюванні деталей товщиною до 5..6 мм в нижньому положенні пальник переміщують по шву прямолінійно, без поперечних рухів. Кут нахилу пальника і

присаджувального металу при цій товщині складає близько 30...40°.

При великих товщинах кінцю зварювального дроту надають зигзагоподібний рух, протилежний руху пальника.

При товщині металу 2..3 мм кінці присаджувального металу періодично занурюють в зварювальну ванну і виймають з неї. При великих товщинах він весь час залишається занурений в зварювальну ванну.

Теплову потужність зварювального полум'я визначають витратою ацетилену, що проходить за одну годину через пальник. Вона регулюється змінними наконечниками пальника (номером наконечника). Потужність визначають за емпіричною формулою $Q_a = A \cdot S$, де: Q_a - витрата ацетилену, S - товщина металу, мм; A - коефіцієнт, що визначається дослідом, $\text{дм}^3 / \text{год} \cdot \text{мм}^2$, для вуглецевих сталей $A=100..130$; для міді -150, для алюмінію 75. Знаючи потрібну потужність полум'я, за табл. 19 вибирають потрібний номер наконечників.

Нормальним полум'ям зварюють більшість сталей. Окислювальним полум'ям, яке має блакитний відтінок і загострену форму ядра користуються при зварюванні латуні. Навуглецювальне полум'я, яке стає кіптявим, подовжується і має червонуватий відтінок, використовують в основному при зварюванні чавуну для компенсації вуглецю, що вигоряє.

Зварювання чавуну

Для зварювання чавуну вибирається наконечник пальника із розрахунку 100 - 120 л/год ацетилену на 1 мм товщини металу. Полум'я встановлюється нормальним з невеликим надлишком ацетилену. Присадочним матеріалом є чавуновий пруток діаметром від 6 до 12 мм. Для виділення утворених окислів заліза, марганцю і кремнію застосовується флюс – прожарена бура ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$) або суміш: 56% бури, 22% вуглекислого натрію і 22% вуглекислого калію. Бура при розкладанні в зоні зварювання виділяє Na_2O та B_2O_3 , які взаємодіють з окислами, перетворюючи їх у шлак.

Зварювання алюмінію і його сплавів

Зварювання алюмінію і його сплавів утруднюються утворенням на поверхні зварювальної ванни тугоплавких окислів алюмінію, які мають температуру плавлення 2050° С, більшу температури плавлення алюмінію (680° С).

Зварювальні кромки і присаджувальний метал при зварюванні алюмінію необхідно перед зварюванням очистити і обезжирити 10% розчином їдкого натрію на протязі 1 хв. Після обезжирення детальню промивають в проточній воді і підсушують. Потужність пальника береться із розрахунку 100..120 л/год на 1мм товщини металу. Полум'я повинно бути строго нормальне.

При зварюванні застосовується флюс марки АФ – 4а, що містить 50% хлористого калію, 14% хлористого літію, 8% фтористого натрію, 28% хлористого натрію. Флюс розводять дистильованою водою і наносять на зварювальні кромки та присаджувальний прутук у вигляді пасти.

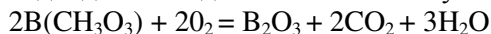
Таблиця 20

Діаметри присаджувального металу при зварюванні алюмінію

Товщина металу, мм.	Діаметр дроту, мм.
До 1,5	1,5
1,5...3	2...3
3...5	3...4
5...7	4...4,5
7...10	4,5...5,5

Зварювання міді та її сплавів

При зварюванні міді та її сплавів поряд з порошкоподібними флюсами на основі бури високу якість отримують при застосуванні флюсу БМ - 1, що складається з 25% метилового спирту та 75% метилборату, або флюсу БМ - 2, що складається лише з метилоборату $B(CH_3O_3)$. Ці флюси вводяться в зварювальну ванну у вигляді пари разом з ацетиленом за допомогою спеціального флюсоживильника, крізь який пропускається ацетилен перед надходженням до пальника. У полум'ї флюс згоряє за реакцією:



Борний ангідрид B_2O_3 - флюсуюча речовина.

Паяння твердими припоями

При паянні металів з'єднання деталей в нагрітому стані виконується за допомогою присаджувального металу, який має температуру плавлення меншу температури плавлення з'єднувальних металів.

Паяння металів поділяється на паяння твердими і м'якими

припоями. Тверді припої мають температуру плавлення вище 500°С, м'які - нижче 400°С. Крім цього, паяння твердими припоями забезпечує міцність при розриві 500 МПа. при паянні м'якими припоями межа міцності не перебільшує 50...70 МПа.

Паяння твердими припоями за допомогою зварювального пальника широко застосовують, замінивши ним інколи зварювання, лиття і ковку.

В якості твердих припоїв для паяння чорних і деяких кольорових металів і сплавів застосовують латуні марок Л62, Л68, ЛОК 62 - 0,6 – 0,4 і ЛОК 59 – 1 – 0,3, склад яких наведений в табл. 21.

Таблиця 21

Склад твердих припоїв

Марка припою	Склад в %			
	Мідь	Цинк	Кремій	Олово
Латунь Л62	60,5...63,5	решта	-	-
Латунь Л68	67...70	решта	-	-
Латунь ЛОК 62-0,6-0,4	60...63	решта	0,3...0,4	0,4...0,6
Латунь ЛОК 59-1-0,3	58...60	решта	0,2...0,4	0,7...1,1

Ці припої мають температуру плавлення 905...938⁰, а межа міцності, яку вони забезпечується, знаходяться в межах 300...350 МПа. Для запобігання окислення металу в процесі нагріву, а також для видалення окислів, які утворюють при паянні, обов'язково застосовують флюс, який наноситься на поверхню металу. При паянні сталі і мідних сплавів мідно-цинковими та іншими припоями, найбільш часто застосовують буру і борну кислоту. Для запобігання при паянні кипіння бури, її використовують в прокатному виді.

Порядок виконання роботи

1.Ознайомитись і законспектувати властивості газів, які

використовують при газовому зварюванні.

2. Ознайомитися з будовою і замалювати схеми обладнання , яке використовується при газовому зварюванні.

3. Вивчити і замалювати будову газового полум'я.

4. Підібрати горючий газ, номер наконечника, розрахувати режими і техніку газового зварювання для листової сталі товщиною 2,5...3 мм і 6...10мм, листового алюмінію товщиною 3...5 мм, чавунних пластинок товщиною 6...10 мм, мідних пластинок товщиною 5...8 мм, листової латуні товщиною 1...2 мм, дані занести в таблицю 22.

5. Виконати зварювання заготовки.

Таблиця 22

Таблиця результатів вимірювання

№ з / п	Зварювальний матеріал	Товщина, мм.	Горючий газ	Номер мунштука	Вид полум'я	Флюс	Спосіб зварювання /лівий, правий/	Потужність пальника дмЗ/год. мм	Вид припою, його марка	Робочий тиск, кПа	Діаметр присаджувального матеріалу, мм	Марка присаджувального матеріалу
1	Сталь	2.5-3										
2	Сталь	6..10										
3	Алюміній	3..5										
4	Чавун	6..10										
5	Мідь	5..8										
6	Латунь	1..2										

Контрольні запитання

1. Поясніть будову та властивості газового полум'я.
2. Які гази використовуються для газополуменевої обробки ?
3. Назвіть основні параметри режиму газового зварювання.
4. У чому полягають лівий та правий способи зварювання?
5. Яка будова газового пальника?
6. Яка будова газового редуктора?

7. Як класифікують способи добування ацетилену?
8. Поясніть будову ацетиленового генератора.
9. Поясніть будову водяного затвору.
10. Які флюси використовуються при зварюванні чавуну?
11. Які флюси використовуються при зварюванні алюмінію?
12. Які флюси використовуються при зварюванні міді?
13. Пояснити суть паяння твердими припоями.
14. Назвіть марки припою і поясніть їх склад.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 16

Газокисневе різання металу

Мета роботи: вивчити суть способу, обладнання, прилади та інструменти газокисневого різання.

Забезпечення роботи: обладнання, прилади та інструменти поста газокисневого різання; листова сталь товщиною 2,5...3 мм і 6...10 мм; чавунні пластинки товщиною 6...10 мм; мідні пластинки товщиною 5...8 мм; листова латунь товщиною 1...2 мм; порошкоподібний флюс для різання чавуну і кольорових металів.

Загальні відомості

Кисневим різанням називається спосіб відокремлення металу, що ґрунтується на використанні для його нагрівання до температури займання теплоти газового полум'я та екзотермічної (з виділенням теплоти) реакції окислення металу, а для видалення оксидів – кінетичної енергії різального кисню.

За характером і спрямованістю кисневого струменя розрізняють три основних види різання: роздільне, при якому утворюються наскрізним розрізи; поверхнєве, при якому знімається поверхневий шар металу; кисневим списом, що полягає в пропалюванні в металі глибоких отворів.

На рис. 44 показана схема роздільного різання. Метал 3 нагрівається в початковій точці розрізу до температури займання (у кисні для сталі до 1000...1200°C) підігрівальним ацетиленокисневим полум'ям 2, потім спрямовується струмінь різального кисню 1 і нагрітий метал починає горіти з виділенням значної кількості теплоти за реакцією: $3\text{Fe} + 2\text{O}_2 = \text{Fe}_3\text{O}_4 + Q$

Теплота Q від горіння заліза разом з підігрівальним полум'ям розігріває шари, що лежать нижче і розповсюджується на всю

товщину металу. Чим менша товщина розрізуваного металу, тим більша роль підігрівального полум'я (при товщині 5 мм - до 80% загальної кількості теплоти, що виділяється при різанні, при товщині більше як 50 мм - лише 10%). Оксиди 5, що утворюються, а також частково розплавлений метал видаляються із зони – розрізу 4 під дією кінетичної енергії струмення кисню. Безперервне підвищення теплоти та різального кисню забезпечують неперервність процесу.

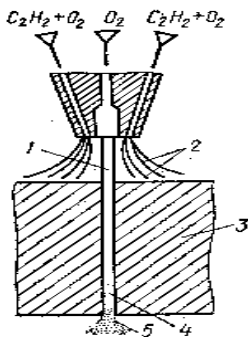


Рис. 44. Схема роздільного різання

Умови різання

Для забезпечення нормального процесу різання мають бути виконані наступні умови:

1. Джерело теплоти має бути потрібної потужності, щоб забезпечити нагрівання металу до необхідної температури реакції зварювання металу, а кількість теплоти, що виділяється при зварюванні металу в кисневому струмені має бути достатньою для підтримання безперервного процесу різання.

2. Температура плавлення металу має бути вищою за температуру його окислення (горіння) в кисні, інакше метал при нагріванні плавиметься і примусово видалятиметься з розрізу без характерного для процесу різання окислення, що є головним джерелом теплоти.

3. Температура плавлення металу має бути вищою за температуру плавлення оксидів, що утворюються в процесі різання, інакше тугоплавкі оксиди ізолюють метал від контакту з киснем і утруднюють процес різання.

4. Оксиди та шлаки, що утворюються, мають бути рідкотекучими

й легко видуватися струменем різального кисню, інакше контакт кисню з рідким металом буде уповільненим або зовсім неможливим.

Усім переліченим умовам задовольняє вуглецева сталь, тому її можна різати киснем.

Першу умову при газовому різанні не задовольняє мідь у зв'язку з її високою теплопровідністю, що сильно утруднює початок процесу різання, і високим тепловиділенням при окисленні.

Другу та четверту умови не задовольняє чавун. В міру підвищення вмісту вуглецю в залізі процес різання значно погіршується внаслідок зниження температури плавлення та підвищення температури займання. Чавун, що містить більше як 1,7% вуглецю, кисневим різанням не обробляється. Крім того, в'язкість шлаку значно зростає при збільшенні вмісту кремнію, який обов'язково міститься в чавуні, що також є однією з причин неможливості вести кисневе різання чавуну.

Третя умова не задовільняється при різанні алюмінію, магнію та їх сплавів, а також сталей з великим вмістом хрому та нікелю. При нагріванні цих сплавів у процесі різання на їх поверхні утворюється плівка тугоплавкого оксиду, що перешкоджає надходженню кисню до неокисленного металу.

Основні параметри кисневого роздільного різання: характеристика підігрівального полум'я - потужність, горючий газ, співвідношення суміші горючого газу та кисню; характеристика струменя різального кисню – тиск, витрати, форма, чистота, швидкість різання.

Киснево-флюсове різання

Для різання хромистих, хромо-нікелевих, нержавіючих сталей, чавуну та кольорових металів, які не задовільняють умовам кисневого різання, застосовують спосіб киснево-флюсового різання, суть якого полягає в тому, що в зону розрізу разом з різальним киснем вводиться спеціальний порошкоподібний флюс, при згорянні якого виділяється додаткова теплота і підвищується температура в зоні розрізу. Крім того, продукти згоряння флюсу, взаємодіючи з тугоплавкими оксидами, легко видаляються із зони розрізу, не перешкоджаючи нормальному перебігу процесу.

Основними компонентами порошкоподібних флюсів,

застосовуваних при різанні металів, є залізний порошок, який, згоряючи, виділяє велику кількість теплоти (близько 180 ккал/кг). Для поверхневого та роздільного різання нержавіючих сталей використовують як флюс суміш алюмінієво – магнієвого порошку з феросиліцієм або силікокальцієм. Алюмінієвий порошок, який входить до складу флюсової суміші, згоряючи в струмені кисню, підвищує температуру полум'я, а феросиліцій або силікокальцій діють на оксиди хрому як флюсуюча суміш.

Основне завдання флюсу при різанні чавуну полягає в розчиненні флюсу залізом на ділянці розрізу, знижені в сплаві вмісту вуглецю, а також розрідження шлаку, в якому міститься багато кисню. До складу флюсів для різання чавуну входить залізний та алюмінієвий порошки, кварцовий пісок і ферофосфор.

Кольорові метали і сплави піддають киснево–флюсовому різанню лише із застосуванням флюсів. Склад флюсів для киснево–флюсового різання наведено в табл. 23.

Таблиця 23

Склад флюсів для киснево – флюсового різання

Метал	Склад флюсу, %, за масою						
	Залізний порошок	Алюмінієвий порошок	Алюмінієво-магнієвий порошок	Ферофосфор	Феросиліцій	Силікокальцій	Кварцовий пісок
Чавун	65...75	-	-	35..25	-	-	-
	65...75	10...5	-	-	-	-	25..20
Нержавіюча сталь	100	-	-	-	-	-	-
	80...90	10...10	-	-	-	-	-
	-	-	60...80	-	40...20	-	-
	-	-	25...30	-	40...20	75..70	-
Мідь	70...80	30...20	-	-	-	-	-
Латунь	70...80	10...5	-	-	-	-	20..15
Бронза	65...75	10...15	-	15..10	-	-	-

Установки для киснево – флюсового різання складаються з двох

основних частин: різака (ручного чи машинного) та флюсоживильника, що забезпечує подачу та регулювання витрат флюсу.

Різак для газового різання

Різак служить для змішування горючого газу з киснем для утворення підігрівального полум'я та подачі до розрізуваного металу струменя різального кисню. Технічні дані різаків наведені в табл. 24.

Ручні різак для газового різання класифікують за такими ознаками:

- родом горючого газу, на якому працюють – для ацетилену, газів
- заміників, рідкого пального;
- принципом змішування горючого газу та кисню – на інжекторні та безінжекторні;
- призначеннями – універсальні та спеціальні;
- видом різання – для роздільного, поверхневого, киснево-флюсового, списового.

Таблиця 24

Технічні дані різаків РР-33; “Полум’я”

№ з/п	Товщи на розрізує-мого металу	Номер мундштука		Тиск кисню в МПа	Витрата в м ³ /год		Приблизна шири-на різа, мм.	Середня швид-кість різання, мм/хв..
		Внутріш-нього	Зовніш-нього		O ₂	C ₂ H ₂		
1	5	1	1	0,3	2,6	0,8	2...2,5	550
2	25	2	1	0,4	5,2	0,9	2,5...3,5	370
3	50	3	1	0,6	8,5	1,0	3,5...4,5	260
4	100	4	2	0,8	18,5	1,0	4,5...7	165
5	200	5	2	1,1	33,5	1,1	7...10	105
6	300	5	2	1,2	42,0	1,2	8...11	80

Широкого застосування набули інжекторні різак, що

дозволяють різати сталь завтовшки від 3 до 300 мм. Схема різача наведена на рис. 45. У різачу конструктивно об'єднані підігрівальна та різальна частини. Підігрівальна частина аналогічна за будовою до зварювального пальника. Різальна частина складається з додаткової труби 5 для подачі різального кисню та вентиля 4 для регулювання подачі. У мундштуку 3 є два концентрично розташованих отвори для виходу підігрівального полум'я 1 та різального струменя 2. Гази в мундштук подають і регулюють за допомогою відповідних вентилів.

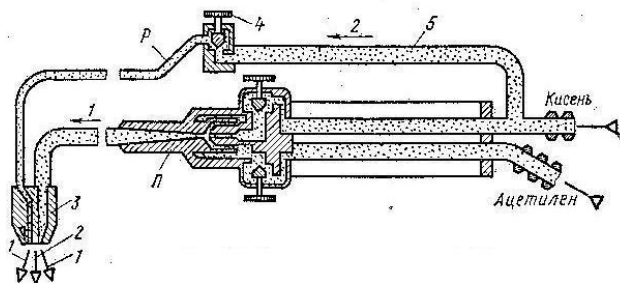


Рис. 45. Схема різача

Поверхнево-кисневе різання металу

Поверхнево-кисневим різанням називається процес зняття кисневим струменем шару металу. В цьому разі струмінь кисню спрямований по його поверхні обробки під гострим кутом ($15 - 40^\circ$), але на відміну від роздільного різання напрям струменя збігається з напрямом різання, і метал, розміщений попереду різача, нагрівається нагрітим шлаком (рис. 46), що переміщується.

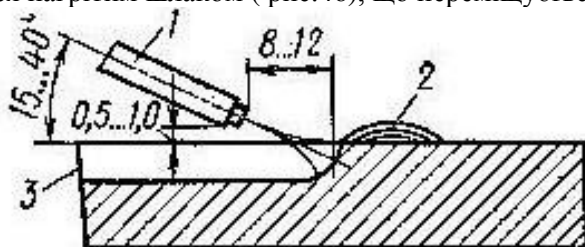


Рис. 46. Схема поверхнево - кисневого різання:
1 – мундштук; 2 – шлак; 3 – канавка

Різання кисневим списом

Різання кисневим списом (рис, 47) виконують тонкостінною сталюю трубою (списом) із зовнішнім діаметром 20..35 мм. Трубку приєднують до рукоятки з вентилям для кисню і по ній подають кисень до місця розрізу.

До початку різання кінець трубки нагрівають газовим пальником чи електричною дугою до температури займання. Кисневий спис гарячим кінцем притискають з досить великим зусиллям до виробу (метал, бетон, залізобетон) і пропалюють таким чином отвір.

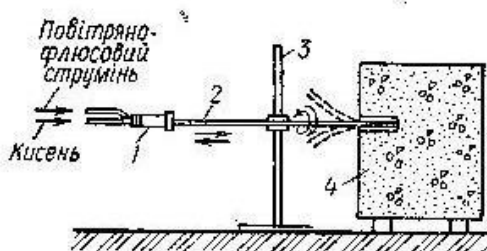


Рис. 47. Схема пропалювання отвору в бетоні кисневим списом:
1 – тримач списа; 2 – спис; 3 – захисний екран; 4 – бетонний виріб

Утворювані в процесі пропалювання отвору шлаки тиском кисню та газів виносяться назовні з зазору між списом і стінкою пропалюваного отвору. Цьому процесу сприяють зворотньо-поступальні та обертальні рухи списом.

Порядок виконання роботи

1. Ознайомитися і законспектувати суть процесу різання металу.
2. Ознайомитися з будовою і замалювати схеми обладнання, яке використовується при газовому різанні.
3. Ознайомитися і законспектувати основні поняття киснево-флюсового різання.
4. Ознайомитися і замалювати схеми видів кисневого різання.
5. Підібрати горючий газ, номер мундштука, розрахувати режими і техніку газового різання для листової сталі товщиною 2,5...3 мм і 6...10 мм, чавунних пластинок 6...10мм, мідних пластинок товщиною 5...8 мм, листової латуні товщиною 1...2 мм, дані занести в таблицю 25.
6. Виконати різання заготовок.

Контрольні запитання

1. Поясніть суть процесу кисневого різання.
2. Назвіть і поясніть основні умови виконання кисневого різання.
3. Які з умов не задовільняють процес різання чавуну, алюмінію, магнію та сплавів.
4. Поясніть суть процесу киснево - флюсового різання.

Таблиця 25

Таблиця результатів вимірювання

№ з/п	Матеріал для розрізування	Товщина, мм	Горючий газ		Номер мудштука	Вид полум'я	Флюс	Потужність дм ³ /год. мм	Тиск кисню МПа	Приблизна швидкість Різання.мм/хв	Витрата газів, м ³ /год		Час нагрівання металу до температури закипання, С	Ширина різку, мм
			Зовнішній	Внутрішній							Кисню	Горючих газів		
1	сталь													
2	сталь													
3	чавун													
4	мідь													
5	латунь													

5. Назвіть основні компоненти порошкоподібних флюсів для різання різних металів.
6. Будова і принцип роботи газового різачка.
9. Приведіть класифікацію ручних різаків.
10. Суть поверхневого різання.
11. Суть різання кисневим списом.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 17

Визначення впливу параметрів режиму точкового контактного зварювання на міцність точки

Мета роботи: вивчити суть способу, обладнання точкового контактного зварювання. Вивчити вплив зусиль стиснення, густини

зварюваного струму і часу включення і шунтування на міцність зварювальної точки.

Забезпечення роботи: машина точкового контактного зварювання; прилад для вимірювання зусиль стиснення зварювального струму; секундомір; штангенциркуль; комплект змінних електродів; набір пластин із низьковуглецевої сталі.

Загальні відомості

Точкове контактне зварювання – контактне зварювання, при якому з'єднання елементів відбувається на ділянках, обмежених площею нагріву електродів, які проводять струм і передають зусилля стиску (рис.48).

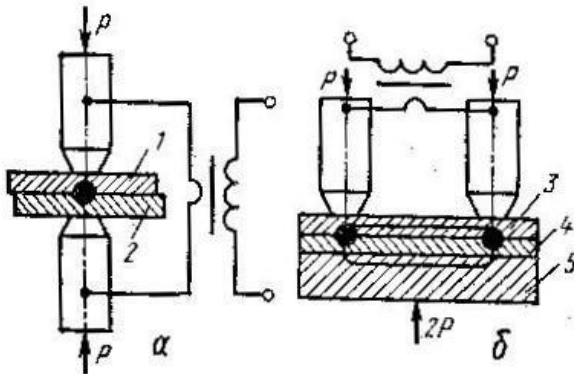


Рис. 48. Схема точкового контактного зварювання:
а) двохстороннього; б) одностороннього

Точковим контактним зварюванням звичайно з'єднують листові конструкції з однорідних або різнорідних чорних та кольорових металів однакової та різної товщини або листи з катанями, пресованими, кованими чи обробленими різанням деталями.

За кількістю одночасно зварюваних точок, точкове зварювання може бути одно - , дво - , та багатоточковим. При точковому зварюванні деталі складають внапуск, затискають між електродами, з'єднаними із зварювальним трансформатором, при вмиканні якого деталі нагріваються короточасним (0,01...0,5с) імпульсом струму до появи розплавленної зони в місці контакту деталей або ядра точки. Зусилля після виникнення струму зберігається деякий час для того, щоб кристалізація розплавленого

металу точки відбувалася під тиском, що запобігає появі усадочних дефектів – тріщин і дірчастості. Точкове з'єднання залежно від розташування електродів відносно зварюваних деталей може бути двостороннім і одностороннім. При двосторонньому зварюванні (рис. 48,а) дві чи більшу кількість заготовок 1 і 2 стискають між електродами точкової машини. При односторонньому зварюванні (рис. 48,б) струм розподіляється між верхнім і нижнім листами 3 і 4, при чому нагрів здійснюється струмом, що проходить через нижній лист. Для збільшення цього струму передбачається струмопровідна мідна підкладка 5. Одностороннім зварюванням можна з'єднувати деталі одночасно двома точками.

Параметрами режиму точкового зварювання є: зусилля стиску, густина струму та час проходження струму. Одна з циклограм точкового зварювання показана на рис 49.

Весь цикл зварювання складається з таких стадій: стискання зварювальних деталей між електродами; вмикання струму та розігрівання місця контакту до температури плавлення з утворенням литого ядра точки; вмикання струму та збільшення зусилля стиску для поліпшення структури зварювальної точки; знімання зусилля з електродів.

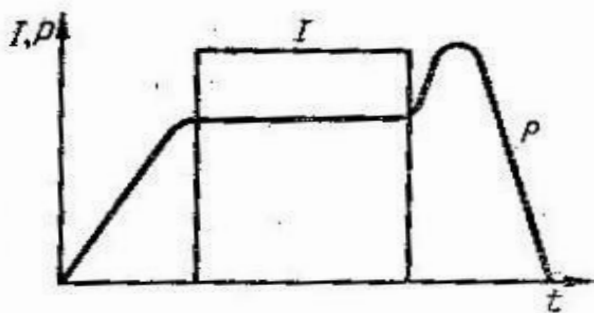


Рис. 49. Циклограма точкового зварювання:
 I – зварювальний струм; P – зусилля стиску; t – час

Режим точкового зварювання визначається наступними основними параметрами:
 зусилля стискання – P , Н;
 діаметр контактної поверхні електрода – d_e ;
 зварювальний струм і його густина I, A ; $I/F, A/m^2$;

тривалість включення – t , с.

Режим точкового зварювання може бути: м'яким – невеликий струм і тиск, але тривале включення зварювального струму; жорстким – великий струм, тиск і короткочасне включення зварювального струму.

М'які режими застосовують на машинах з педальним приводом механізму стиснення. Жорсткі - на машинах з електромеханічним і пневматичним приводами.

В процесі зварювання між деталями утворюється лите ядро (рис. 50), розміри якого в основному визначають міцність точки.

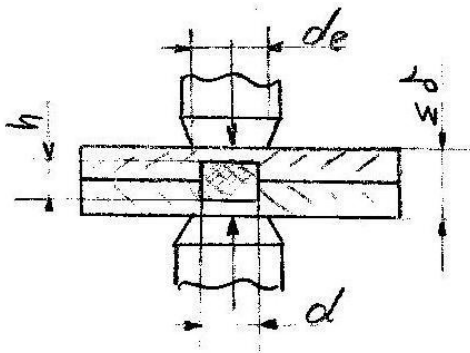


Рис. 50. Схема зварювальної точки:
 d – діаметр ядра; h – товщина ядра; d_e – діаметр контактної поверхні електрода; $\sum \delta$ – сумарна товщина зварювальних деталей

Зусилля стиснення

Зусилля стиснення суттєво впливає на електричний опір зварювального контакту (на міцність зварювальної точки). З збільшенням зусиль стиснення, при незмінних останніх параметрах, зменшується опір зварювального контакту, виділення тепла в ньому, і розміри зварювальної точки. Це приводить до зниження міцності. При недостатньому зусиллі стиснення можлива відсутність контакту і виникнення електричної дуги. Температура дуги набагато вища температури контактної точки і виникає ймовірність згоряння з'єднаних листів і контактів. Питомий тиск рівний:

$$p = P/F ; \text{ н/м}^2, \quad (1)$$

де P – зусилля стиснення, н; F – площа контакту, м^2 .

При зварюванні низьковуглецевої сталі величина питомого тиску

складає 40...120 МПа. Більші значення використовуються при зварюванні листів більшої товщини на більш жорстких режимах.

Зусилля стиснення вимірюється пристроєм, наведеним на рис. 51. Контрольну пластину 2 і оправку 4 з кулькою 3 діаметром 10 мм стискають між електродами 1. Після цього, за допомогою мікроскопу Брінелля вимірюють діаметр відбитка і порівнюють його з еталоном. Діаметр контактної поверхні електроду вимірюють штангенциркулем чи спеціальним шаблоном.

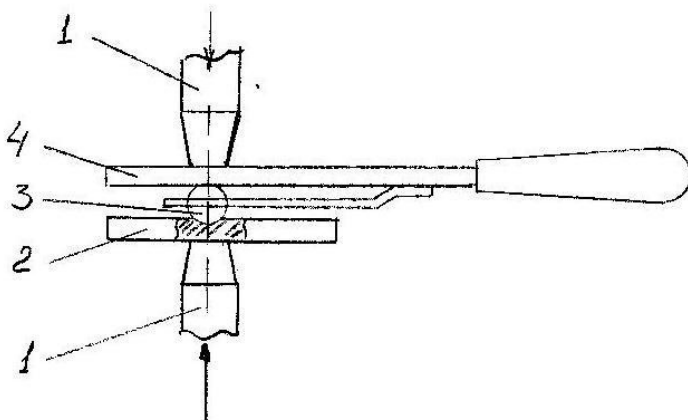


Рис 51. Пристосування для визначення зусилля стиснення по відбитку

Діаметр контактної поверхні електродів залежить від товщини зварювального металу і приблизно визначається за формулою:

$$d_c \approx 5.5\sqrt{\delta}, \text{ м} \quad (2)$$

де δ – товщина найбільш тонкого місця, м.

Зварювальний струм і його густина впливають на кількість тепла, яке виділяється на нагрів металу. Необхідний струм визначають як залежність товщини зварювальних листів і тиску. Найбільш характерним параметром точкового зварювання є густина струму в зварювальному контакті. При зварюванні низьковуглецевої сталі на м'яких режимах густина струму складає 80...160 А/мм², а на жорстких – 160...400 А/мм². Величину зварювального струму можна вибрати по таблиці 26 і виміряти за допомогою амперметра. При зварюванні сталі товщиною 0,001...0,003 м зварювальний струм можна визначити із співвідношенням: $I \approx 6500\delta$, А.

Тривалість включення струму

Одним із основних параметрів режиму зварювання є тривалість включення струму. Вона залежить від товщини металу і суттєво впливає на розміри ядра зварювальної точки і її міцність. Недостатня тривалість включення не дає можливості сформуватись нормальному ядру. Значне збільшення тривалості струму може викликати перегрів металу.

Таблиця 26

Режим точкового зварювання низьковуглецевої сталі

№ з/п	Товщи на пластини $\Sigma \delta$, мм	Діаметр контактної поверхні електрода d_e , мм	Тривалість включення струму t , С	Зусилля стиснення P , н	Зварювальний струм I , А
М'який режим					
1.	0,5+0,5	5	0,8	300...400	3000...4000
2.	1,0+1,0	5	1,0	800...1200	4500...5000
3.	1,5+1,5	6	1,0	1000...1400	5000...6000
4.	2,5+2,5	8	2,0	1800...2400	7500...9000
5.	2,0+2,0	7	2,0	1600...2000	6200...7000
6.	3,0+3,0	10	2,0	2000...3000	9000...10000
7.	4,0+4,0	12	2,0	3000...4000	10000...11800
8.	5,0+5,0	12	2,0	4000...5000	13000...14000
9.	6,0+6,0	14	2,0	5000...6000	15000...16000
Жорсткий режим					
1.	0,5+0,5	5	0,2...0,3	300...400	4000...5000
2.	1,0+1,0	5	0,2...0,35	800...1200	6000...7000
3.	1,5+1,5	6	0,25...0,35	1200...1600	7000...8000
4.	2,0+2,0	7	0,25...0,35	1600...2000	8000...9000
5.	2,5+2,5	8	0,40...0,60	2000...2500	11000...12000
6.	3,0+3,0	10	0,60...1,00	5000...6000	12000...16000
7.	4,0+4,0	12	0,80...1,10	6000...8000	14000...18000
8.	5,0+5,0	12	0,90...1,20	8000...9000	17000...27000
9.	6,0+6,0	14	1,0...2,50	9000...12000	20000...25000

При зварюванні низьковуглецевих сталей на жорстких режимах тривалість включення струму можна визначити за залежністю:

$$t = (0,2 \dots 0,4) \Sigma_{\delta}, \text{ с} \quad (3)$$

де Σ_{δ} – сумарна товщина зварювальних листів, мм

Для визначення тривалості включення струму застосовують секундомір. Орієнтовні м'які і жорсткі режими точкового зварювання низьковуглецевої сталі наведені в табл. 26.

Опір зони зварювання

Великий вплив на характер нагріву деталей (на якість зварювання) має загальний опір зони зварювання R_0 (рис.52).

$$R_0 = R_K + 2R_D + 2R_e, \text{ ом} \quad (4)$$

де R_K – опір контакту між деталями; R_D – опір металу деталей; R_e – опір контакту між електродом і деталлю.

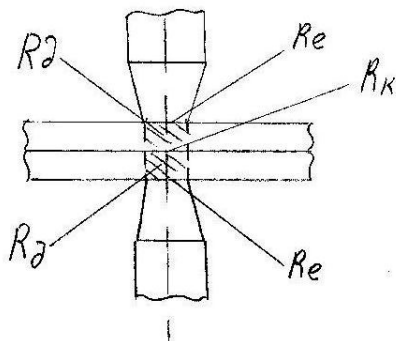


Рис. 52. Опір зони зварювання

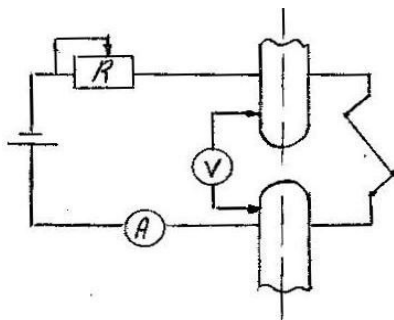


Рис. 53. Вимірювання контактного опору

Опори R_k і R_e збільшуються з зменшенням тиску, погіршенням чистоти підготовки деталей і самих електродів. Контактний опір вимірюють методом амперметра-вольтметра (рис.53). При вимірюванні контактного опору деталі затискаються між електродами з певним зусиллям, незмінним в процесі вимірювання. При цьому, один електрод повинен бути ізольованим від вторинного контуру машини.

Вплив шунтування струму на розміри і міцність зварювальної точки

При шунтуванні частина зварювального струму проходить через суміжні, раніше зваренні точки (рис.54). При цьому струму I_2 проходить по електроді, розгалуджується і зварювальний $I_{зв}$ зменшується. Чим менша відстань між точками, тим більша частина струму відгалудження і тим більше тепла безцільно затрачується на нагрів деталей поза зварюванням. Струм в шунті може досягати значних величин:

$$I_{ш} = (0.3 \dots 0.4)I \quad (5)$$

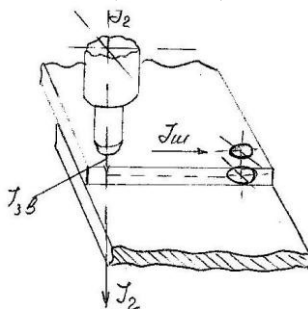


Рис. 54. Вплив шунтування струму на розміри і міцність зварювальної точки

Оцінка якості точкового зварювання

Якість зварювальної точки оцінюється по зовнішньому виду і контрольними іспитами зразків. Зразки досліджують на зріз (рис.55 а), на відрив (рис.55 б), а також на скручування (рис.55 в). Відрізають і маркують зразки згідно схеми (рис.55 г). Такий порядок вирізання дає можливість одночасно визначати вплив шунтування струму на міцність зварювальної точки. Для технологічних досліджень зварних точок в лещатах застосовується зубило з вирізом (рис.55 д).

Порядок виконання роботи

Визначення впливу зусилля стиснення і чистоти поверхні деталей на загальний опір зони зварювання.

1. Зібрати схему досліду (рис. 53).

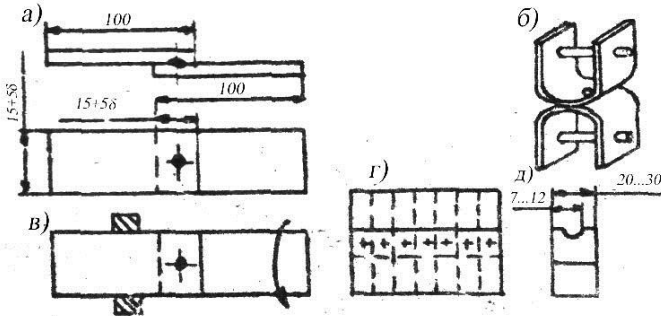


Рис. 55. Зразки для дослідження точкового зварювання:

а) зразки на зріз; б) зразки на відрив; в) зразки на скручування; г) маркування зразків; д) зубило з вирізом

2. Затиснути між електродами під невеликим тиском дві незачищенні пластини із низьковуглецевої сталі, ізолювавши один із електродів за допомогою фібрової прокладки від корпусу машини, і виміряти загальний опір зони зварювання.

3. Поступово збільшити тиск до максимального, повторити заміри опору 5...8 раз.

4. Зачистити пластини і контактні поверхні електродів до металевого блиску і виміряти опір при тому ж тиску.

5. Всі дані занести в таблицю 27 і побудувати графік залежності опору зони зварювання від зусиль стиснення.

Визначення впливу окремих параметрів режиму точкового зварювання на міцність точки

1. Підібрати для даної товщини пластини за табл.26 режим зварювання і встановити його на машині .

2. Визначити діаметр контактної поверхні електродів.

3. Провести зварювання 3-х пар пластин.

4. Визначити якість зварювальних точок за зовнішнім виглядом і результатами досліджень їх на зріз, відрив і скручення, і дані

занести в таблицю 28.

Виявлення впливу шунтування струму на розміри і міцність зварювальної точки

1. Для даної товщини металу підібрати по таблицях режим зварювання і встановити його на машині.
2. Зачистити поверхні обох пластин, розмітити їх для зварювання 3..5 точками з кроком 6..10 мм (рис.55 г) і зварити їх.
3. Розрізати зварені пластини на полоски, дослідити кожну із них на відрив і виміряти діаметри, дані занести в таблицю 29.

Таблиця 27

Визначення впливу зусилля і чистоти поверхні пластин на загальний опір зони зварювання

Метал	Товщина $\delta, \text{м}$	Стан поверхні	Зусилля стиснення	Загальний опір зони зварювання				Примітка
				1-й замір	2-й замір	3-й замір	Середнє значення	
		брудна чиста						

Таблиця 28

Залежність окремих параметрів режиму точкового зварювання на міцність точки

Товщина $\delta, \text{мм}$	Режим	Ступінь потужності	Діаметр контактн. поверхні електр. $\phi_e, \text{мм}$	Зварювальн. струм $I, \text{А}$	Густина струму $A/\text{мм}^2$	Зусилля стиснення $P, \text{Н}$	Питомий тиск $p, \text{Н}/\text{мм}^2$	Тривалість включення струму $t, \text{С}$	Результати дослідження
	Нормальний								
	Із зменшенням одного параметру								
	Із збільшенням одного параметру								

Таблиця 29

Вплив шунтування струму на розміри і міцність зварювальної точки

Товщина, м	Номер точки	Режим зварювання				Діаметр ядра після відриву, м				Примітка
		Зварювальн. струм I_z, A	Тривалість вклоч. струму t, C	Зусилля стиснення P, H	Крок точок, м	1-й замір	2-й замір	3-й замір	Середнє значення	
	1									
	2									
	3									

Контрольні запитання

1. Що входить в основні параметри режиму точкового зварювання?
2. Дайте характеристику м'якого і жорсткого режимів точкового зварювання.
3. Як впливають на міцність і якість зварювальної точки зусилля стиснення, зварювальний струм, тривалість включення, чистота зварюваних поверхонь, шунтування струму.
4. Поясніть будову приладу для визначення зусилля стиснення.
5. Що входить в загальний опір зони зварювання і як він визначається?
6. Назвіть види точкового зварювання.

Використана література

1. Обработка металлов резанием. Справочник технолога (Под ред. А.А. Панова – М.: Машиностроение, 1988. - 736 с.
2. Дриц М.Е., Москалев И.А. Технология конструкционных материалов и материаловедение. –М.: “Висшая школа”, 1990. –440с.
3. Пахаренко В.Л. Лабораторний практикум з обробки металів різанням (свердління,стругання, шліфування і протягування).Рівне: РДТУ, 1999. – 96 с.
4. Пахаренко В.Л. Лабораторний практикум з обробки металів різанням (точіння, фрезерування). Рівне: РДТУ, 1997. – 140 с.
5. Пахаренко В.Л. Матеріалознавство та технологія конструкційних матеріалів (обробка металів різанням). Рівне: РДТУ, 2001. – 160 с.
6. Технология конструкционных материалов / А. М. Дальский, И. А. Арутюнова, Т. М. Барсукова и др. – М. : Машиностроение, 1985. – 448 с.
7. Технологія металів та інших конструкційних матеріалів /Г.О. Прейс, М. А. Горпенюк, П. П. Єднерал та ін. К. : Вища школа, 1975. – 372 с.
8. Романовский В. П. Справочник по холодной штамповке. Л.: Машиностроение, 1979. – 520 с.
9. Зубов М. Е. Листовая штамповка, Л. : Машиностроение, 1980, – 432 с.